



# Réalisation de l'“état zéro” des zones de non-prélèvement du Parc national des Calanques

Rapport final

2015





# REALISATION DE L'ETAT ZERO DES ZONES DE NON-PRELEVEMENT DU PARC NATIONAL DES CALANQUES

ANNEE 2013-2014

## Etude entre

### PARC NATIONAL DES CALANQUES

Bâtiment A4 – Parc Valade  
Impasse Paradou  
13009 Marseille  
Tél : 04.20.10.50.00 ; [www.calanques.parcnational.fr](http://www.calanques.parcnational.fr)

et

### GIS POSIDONIE

Groupement d'Intérêt Scientifique pour l'environnement marin, MIO  
Parc Scientifique et Technologique de Luminy, Case 901  
13288 Marseille Cedex 09  
Secrétariat & administration :  
Tél. (33)4.86.09.05.73/78 - Fax. (33)4.86.09.06.43 – <http://gisposidonie.org>

## Sous-traitance

### Septentrion Environnement

Maison de la Mer  
Plage du Prophète  
244 Corniche Kennedy  
13007 Marseille  
Tél. (33)4.91.71.06.32 – Courriel : [contact@septentrion-env.com](mailto:contact@septentrion-env.com)

### COMEX

36, Boulevard des Océans  
BP 143  
13275 Marseille Cedex 9  
Tél. (33)4.91.29.75.00 - Courriel : [comexsa@comex.fr](mailto:comexsa@comex.fr)

**Titre de l'étude**

Réalisation de l'état zéro des zones de non-prélèvement du Parc national des Calanques Année 2013-2014.

**Responsable scientifique du partenariat**

Professeur Charles-François BOUDOURESQUE,  
MIO – Institut Méditerranéen d'Océanographie

Tel : (33)4.86.09.05.74 – Courriel : [charles.boudouresque@univ-amu.fr](mailto:charles.boudouresque@univ-amu.fr)

**Responsable étude**

Patrick Bonhomme, GIS Posidonie

Tel : (33)4.86.09.05.76 – Courriel : [patrick.bonhomme@univ-amu.fr](mailto:patrick.bonhomme@univ-amu.fr)

**Remerciements**

Aux agents du Parc national des Calanques pour leur aide dans l'obtention des différentes autorisations administratives.

Au Comité régional des pêches, aux prud'homies pour l'intérêt qu'ils portent à ce travail.

Aux pêcheurs, pour avoir répondu à l'appel à candidature, pour leur disponibilité à participer aux pêches scientifiques et pour nous avoir permis de suivre leur activité lors de journées d'embarquement.

Dossier : 1315

**Citation du document**

BONHOMME P., BERMAN L., LE DIREACH 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. : 1-300.

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE</b>	<b>7</b>
1.1	Cœur marin du Parc et zones de non-prélèvement	7
1.2	Objectifs de l'étude	8
<b>2</b>	<b>MATERIEL ET METHODES</b>	<b>10</b>
2.1	Suivi du peuplement de poissons	10
2.1.1	Stratégie	10
2.1.2	Méthodologie	11
2.1.3	Planning des campagnes de terrain	14
2.1.4	Position des stations	16
2.1.5	Description des stations échantillonnées	19
2.2	Suivi par pêches scientifiques standardisées (PSS)	25
2.2.1	Stratégie	25
2.2.2	Moyens logistiques	26
2.2.3	Engins de pêche utilisés	27
2.2.4	Stations de pêche expérimentale	30
2.2.5	Traitement des captures	32
2.2.6	Dates de réalisation des pêches	34
2.3	Suivi du corail rouge	34
2.3.1	Information générale sur le corail rouge dans la littérature scientifique	35
2.3.1.1	Biologie générale	35
2.3.1.2	Habitat	35
2.3.1.3	Distribution	36
2.3.1.4	Reproduction asexuée : croissance des colonies	37
2.3.1.5	Reproduction sexuée : capacité de dispersion et recrutement	38
2.3.1.6	Menaces : exploitation commerciale et perturbations climatiques	38
2.3.1.7	Protection de l'espèce	39
2.3.1.8	Eléments de synthèse	40
2.3.2	Place du corail rouge dans les objectifs du Parc national des Calanques	40
2.3.2.1	Objectif 1 : description des populations	41
2.3.2.2	Objectif 2 : comparaison ZNP vs. hors ZNP	41
2.3.3	Evaluation quantitative en plongée	41
2.3.3.1	Stratégie	41
2.3.3.2	Déroulement des campagnes de terrain	42
2.3.3.3	Les sites d'étude	44
2.3.3.4	Design expérimental	48
2.3.3.5	La photogrammétrie	48
2.3.3.6	Acquisition des données	49
2.3.3.7	Distances écologiques et distances géographiques	52
2.3.3.8	Statistiques	52
2.3.4	Evaluation qualitative en ROV	53
2.3.4.1	Déroulement des campagnes de terrain en ROV	53
2.3.4.2	Les moyens logistiques	55
2.3.4.3	Protocole d'observation et de relevé	56
2.3.4.4	Carte et descriptif des sites	57

<b>3</b>	<b>SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE - PHASE 1</b>	<b>60</b>
3.1.1	Peuplement de poissons	60
3.1.1.1	Suivi du peuplement de poissons des Calanques 2008	60
3.1.1.2	Autres études	63
3.1.2	Pêcheries	72
3.1.2.1	Caractérisation des pêcheries du quartier maritime de Marseille	72
3.1.2.2	Récifs de la baie du Prado	75
3.1.3	Corail rouge	77
3.1.3.1	Contexte général	77
3.1.3.2	Données bibliographiques dans les Calanques	78
<b>4</b>	<b>ACQUISITION ET ANALYSE DE NOUVELLES DONNEES - PHASE 2&amp;3</b>	<b>81</b>
4.1	Suivi du peuplement de poissons – Comptages visuels toutes espèces	81
4.1.1	Analyse de la richesse spécifique entre 5 et 20 m de profondeur	81
4.1.1.1	Occurrences des espèces par transect	81
4.1.1.2	Richesse spécifique par station	84
4.1.1.3	Importance des espèces planctonophages	85
4.1.1.4	Composition globale du peuplement	87
4.1.2	Analyse de l'abondance entre 5 et 20 m de profondeur	89
4.1.3	Analyse de la biomasse entre 5 et 20 m de profondeur	92
4.1.4	Importance de l'habitat dans la structuration du peuplement	95
4.1.5	Analyse des espèces cibles entre 5 et 20 m de profondeur	97
4.1.5.1	Nombre d'espèces cibles de 5 à 20 m	97
4.1.5.2	Biomasse des espèces cibles de 5 à 20 m	97
4.1.5.3	Les sars <i>Diplodus sargus</i> et <i>D. vulgaris</i>	98
4.1.5.4	Le sar à museau pointu <i>Diplodus puntazzo</i>	100
4.1.5.5	Le mérou <i>Epinephelus marginatus</i>	101
4.1.5.6	La girelle <i>Coris julis</i>	101
4.1.5.7	Le serran <i>Serranus cabrilla</i>	103
4.1.5.8	Les grands labres <i>Labrus merula</i> et <i>L. viridis</i>	104
4.1.5.9	Les crénilabres <i>Symphodus mediterraneus</i> et <i>S. tinca</i>	104
4.1.5.10	Le rouget de roche <i>Mullus surmuletus</i>	105
4.1.6	Spécificités du peuplement de poissons superficiel de 0 à 5 m	107
4.1.6.1	Nombre d'espèces cibles de 0 à 5 m	111
4.1.6.2	Biomasse des espèces cibles de 0 à 5 m	112
4.1.7	Classement des stations d'après le peuplement d'espèces cibles	113
4.1.7.1	Entre 5 et 20 m de profondeur	113
4.1.7.2	Entre 0 et 5 m de profondeur	114
4.1.8	Comparaisons entre années 2008 et 2013	116
4.1.8.1	Richesse spécifique	116
4.1.8.2	Abondance	117
4.1.8.3	Biomasse	119
4.1.9	Autres caractéristiques du peuplement de poissons	121
4.1.9.1	Structure trophique du peuplement de poissons entre 5 et 20 m	121
4.1.9.2	Structure trophique du peuplement de poissons entre 0 et 5 m	122
4.1.9.3	Structure trophique des espèces cibles	123
4.1.9.4	Evolution de la structure trophique du peuplement de poissons entre 2008 et 2013	126
4.1.9.5	Influence de l'emplacement des stations	127
4.1.9.6	Effet des 'îles'	128
4.1.10	Chiffres clefs du suivi des poissons - TRA – UVC linéaire	129
4.1.11	Chiffres clefs du suivi des poissons cibles - PMT – UVC temps	130

<b>4.2 Suivi du peuplement de poissons – Comptages visuels d'espèces cibles au temps</b>	<b>132</b>
4.2.1 Richesse spécifique des espèces-cibles	132
4.2.2 Occurrence des espèces cibles	133
4.2.3 Comparaison des données d'observation d'espèces-cibles entre 2008 et 2013	138
4.2.4 Focus sur deux espèces-cibles	141
4.2.5 Chiffres clefs du suivi des poissons cibles - TPS – UVC temps	147
<b>4.3 Suivi par pêches scientifiques standardisées (PSS)</b>	<b>149</b>
4.3.1 Enquête préalable	149
4.3.2 Biomasses totales des captures	151
4.3.3 Abondances totales des captures	152
4.3.4 Abondance moyenne des captures	153
4.3.5 Richesse spécifique totale et moyenne des captures	154
4.3.6 Composition spécifique des captures	157
4.3.7 Biomasse des principales espèces capturées	163
4.3.7.1 Groupe des stations 'roche/herbier'	163
4.3.7.2 Groupe des stations 'herbier'	164
4.3.7.3 Groupe des stations 'canyon'	164
4.3.7.4 Espèces singulières	166
4.3.8 Captures par unité d'effort	167
4.3.9 Type de rejets	170
4.3.10 Chiffres clefs du suivi par pêches standardisées - PSS	171
<b>4.4 Suivi du corail rouge</b>	<b>172</b>
4.4.1 Caractérisation quantitative des populations superficielles de corail : état 2013	172
4.4.1.1 Vue d'ensemble	172
4.4.1.2 Description des biométries mesurées	174
4.4.1.3 Densité des colonies	175
4.4.1.4 Taille des branches et diamètre basal	179
4.4.1.5 Classification et positionnement multidimensionnel	180
4.4.1.6 Nombre de branches	182
4.4.1.7 Comparaison ZNP vs. hors ZNP	185
4.4.2 Exploitation quantitative de données antérieures (2009-2009)	186
4.4.2.1 Comparaison sur le long terme	187
4.4.2.2 Comparaisons sur le court-terme	190
4.4.2.3 Discussion et conclusion	193
4.4.3 Calibration de la méthode pour la mise en place d'un suivi à long terme	195
4.4.3.1 Taille maximale	196
4.4.3.2 Diamètre basal	197
4.4.3.3 Nombre de branches	198
4.4.3.4 Discussion	199
4.4.3.5 Conclusion	200
4.4.4 Caractérisation qualitative des populations profondes de corail : état 2013	201
4.4.4.1 Description des sites	201
4.4.4.2 Description des populations de corail rouge	204
4.4.4.3 Conclusions	206
4.4.5 Fiches de synthèse des sites à <i>Corallium rubrum</i>	207
<b>4.5 Développement d'une base de données.</b>	<b>217</b>

<b>5</b>	<b>ELEMENTS DE SYNTHÈSE ET DISCUSSION GÉNÉRALE</b>	<b>220</b>
5.1	Suivis du peuplement de poissons (TPS, TRA, PMT)	220
5.2	Suivi par pêches scientifiques standardisées (PSS)	233
5.3	Suivi du corail rouge	238
5.3.1	Discussion sur l'objectif 1 : Description des populations	238
5.3.2	Discussion sur l'objectif 2 : Comparaison ZNP vs. Hors ZNP	241
<b>6</b>	<b>RECOMMANDATIONS</b>	<b>242</b>
6.1	Suivi du peuplement de poissons (TRA, PMT, TPS)	242
6.2	Suivi par pêches scientifiques standardisées (PSS)	243
6.3	Suivi du corail rouge	243
6.3.1	Axe 1 : Veille biologique – Protocole annuel	243
6.3.2	Axe 2 : Analyse fine – Protocole quinquennal ou en cas d'évènement majeur	245
6.3.3	Axe 3 : Prospection de nouveaux sites profonds	245
<b>7</b>	<b>CONCLUSION</b>	<b>246</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>249</b>
<b>9</b>	<b>ANNEXES</b>	<b>258</b>
<b>10</b>	<b>LISTE FIGURES</b>	<b>290</b>
<b>11</b>	<b>LISTE TABLEAUX</b>	<b>298</b>

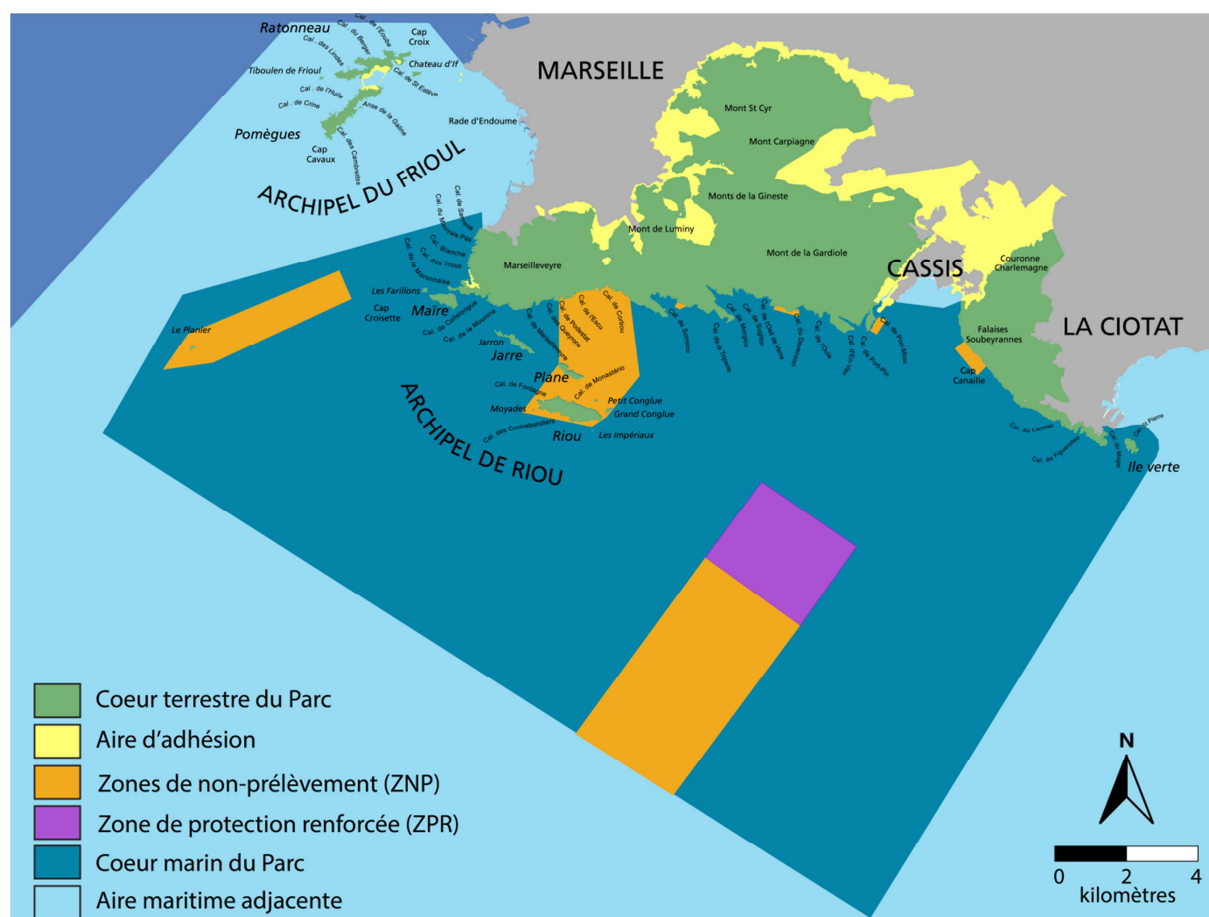
## 1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

### 1.1 Cœur marin du Parc et zones de non-prélèvement

Le Décret n° 2012-507 du 18 avril 2012 (modifié) crée le Parc national des Calanques (PNCal) et délimite ses périmètres de cœur marin et d'aire maritime adjacente. Il définit également, au sein du cœur marin, sept zones de non-prélèvement (ZNP) où la pêche maritime professionnelle et la pêche maritime de loisir sont interdites, à l'exception des prélèvements effectués pour des besoins d'études scientifiques (Figure 1). Elles visent à protéger des sites et des habitats clés, parfois continus, parfois isolés, mais indispensables pour assurer le maintien de la biodiversité et pour le renouvellement des ressources halieutiques : petits fonds autour des îles où de nombreuses espèces se rassemblent afin de se reproduire favorisant ainsi le brassage génétique des populations ; zones plus éloignées, plus au large, offrant de nouveaux milieux à coloniser ; zones de nutrition, etc. L'herbier de posidonie et le coralligène sont deux habitats prioritaires et indispensables au développement de nombreuses espèces marines. Pour certaines, ils constituent un lieu de vie permanent alors que d'autres ne viendront s'y abriter que périodiquement pour se reproduire ou pour se nourrir.

Les écosystèmes bénéficiant d'un statut de ZNP peuvent mieux résister et se reconstituer plus rapidement suite à des perturbations naturelles (événements météo-climatiques) ou anthropiques que des écosystèmes affaiblis par d'autres pressions. Cela tient au fait que, au sein des ZNP, les populations ont tendance à croître et à augmenter leur potentiel reproducteur ; lors d'une perturbation, il y a moins de risque que la totalité d'une population soit éliminée et la reconstitution des populations est globalement plus rapide. Il est, d'autre part, évident qu'il s'établit dans ces zones un réseau trophique équilibré, respectant ainsi tous les compartiments de l'écosystème.

Pour l'ensemble de ces raisons (augmentation de la biodiversité, accroissement des ressources halieutiques, augmentation de la résilience des écosystèmes) les ZNP constituent des secteurs d'importance prioritaire au sein du périmètre du PNCal.



**Figure 1 :** Carte du Parc national des Calanques. Cette carte montre comment se répartissent les cœurs terrestre et marin ainsi que leurs aires adjacentes autour des trois communes (Marseille, Cassis et La Ciotat). Le cœur marin du Parc regroupe sept zones de non-prélèvement (ZNP).

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 visant à améliorer cette protection, notamment :

- l'extension des périmètres des ZNP,
- la création de nouvelles ZNP, ainsi que de nouvelles zones d'interdiction de pêche maritime professionnelle et de pêche maritime de loisir. Et ceci, en particulier dans les espaces identifiés comme concernés par un 'habitat marin remarquable' et dans ceux correspondant au 'canyon remarquable' de la Cassidaigne.

## 1.2 Objectifs de l'étude

Les instances du Parc national des Calanques (PNCaI), souhaitent pouvoir disposer d'un état zéro dans les zones de non prélèvement (ZNP) et dans la zone de prélèvement renforcée (ZPR) avant que la mise en place de l'interdiction de pêche, à l'intérieur de leurs périmètres, ne produise les effets positifs attendus ('effet réserve' : augmentation de la richesse spécifique, de l'abondance et de la biomasse des peuplements de poissons et d'invertébrés).

Cet état zéro porte sur le peuplement ichtyologique et le corail rouge. Il s'articule autour de 3 volets : (i) le suivi par comptage visuel des peuplements de poissons, (ii) le suivi par pêches scientifiques standardisées (PSS) et (iii) le suivi du corail rouge.

Pour réaliser ce programme d'étude, le GIS Posidonie s'est entouré des compétences de Septentrion Environnement pour le suivi du corail rouge, en tant que sous-traitant principal. Les pêches scientifiques standardisées ont été réalisées avec la collaboration du Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CRPMEM) et des pêcheurs professionnels dont les compétences ont été indispensables pour la mise en œuvre des engins de pêche. Les compétences de COMEX SA ont également été sollicitées pour la prospection du corail rouge à l'aide d'un ROV (Remotely Operated Vehicle).

Le présent document constitue le rapport final, des phases 1, 2 et 3, prévues dans le cahier des charges de l'appel d'offre, à savoir une synthèse bibliographique relative aux différents volets d'étude (phase 1) et le traitement et l'analyse des nouvelles données pour chaque filière d'acquisition (phases 2 et 3).

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 Suivi du peuplement de poissons

L'ensemble de la stratégie d'échantillonnage relative à ce volet a été validé par le Comité Technique (COTEC), lors de la réunion de démarrage de l'étude le 29 août 2013. Elle est présentée ci-après.

#### 2.1.1 Stratégie

L'objectif du suivi par comptage visuel en plongée est d'évaluer l'état initial des peuplements de poissons à la mise en place du Parc national, en tenant compte du zonage établi dans la charte de création de celui-ci (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. Le travail porte en particulier sur l'évaluation de 'l'effet réserve' dans les ZNP, en vue de pouvoir adapter, le cas échéant, les mesures de gestion et le zonage actuel.

Le choix des stations d'échantillonnage qui a été proposé vise à être représentatif des différentes configurations présentes sur le territoire du Parc national. Pour cela, les paramètres suivants ont été pris en considération :

<b>Le zonage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ pour une comparaison avant tout temporelle (cinétique par site) mais aussi spatiale, de l'efficacité des ZNP, avec des stations à l'intérieur et à l'extérieur des ZNP ;</li> <li>→ pour une évaluation du report d'activité vers certaines zones hors ZNP dans le cœur de parc ou dans l'aire marine adjacente.</li> </ul>
<b>La nature des habitats</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ pour rechercher une homogénéité de la nature des fonds, dans la mesure du possible, et rendre possible les comparaisons spatiales notamment entre des stations proches dans les ZNP et hors ZNP ;</li> <li>→ pour diminuer autant que faire se peut, la part de variabilité des peuplements liée à la structure des habitats.</li> </ul>
<b>La profondeur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ pour le même motif d'homogénéisation des caractéristiques des stations et parce que ce paramètre est prépondérant dans la structuration des peuplements de poissons ;</li> <li>→ en proposant deux échelles bathymétriques de suivi : <ul style="list-style-type: none"> <li>- entre -10 et -20 m, pour l'état zéro de référence par comptage de 'toutes' les espèces ;</li> <li>- dans les très petits fonds, par la mise en place d'un suivi en plongée libre de 'toutes' les espèces en palmes, masque, tuba (PMT) qui pourra ultérieurement être assuré par les agents du Parc national.</li> </ul> </li> </ul>
<b>La configuration géomorphologique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ en choisissant des stations sur les îles et à la côte ;</li> <li>→ en répartissant le nombre de stations entre l'est et l'ouest du territoire.</li> </ul>
<b>Les études antérieures</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ 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 ;</li> <li>→ 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.</li> </ul>

Ainsi, 24 stations d'échantillonnage ont été proposées pour le suivi du peuplement 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. De manière analogue, 12 stations ont été proposées pour l'étude des petits fonds (0-3 m) en plongée libre (PMT), soit un total de 36 stations suivies.

Trois types de comptages ont été effectués :

1. comptage sur transect, dit 'de référence', réalisé sur 24 stations en scaphandre autonome ;
2. comptage d'espèces cibles' au temps, réalisé sur ces mêmes 24 stations en scaphandre autonome ;
3. comptage en plongée libre dans les petits fonds, réalisé sur 12 stations.

## 2.1.2 Méthodologie

### Comptage de référence sur transect linéaire métré (TRA)

Les comptages visuels sur transects ont été réalisés de façon parfaitement comparable à la méthode utilisée en 2008 par Astruch *et al.* (2009), à ceci près que les transects ont été disposés de façon aléatoire. Il n'est pas indispensable que le point de départ ainsi que le cap de chaque transect soit connu, la majeure partie du peuplement étant mobile. Cette méthode, mise au point il y a maintenant 40 ans (Harmelin-Vivien et Harmelin, 1975 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1985), a été affinée notamment dans le cadre du programme européen BIOMEX (BIOMEX, 2006), et éprouvée dans la plupart des Aires Marines Protégées (AMP) de Méditerranée nord occidentale.

Le peuplement a été considéré 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. L'unité d'échantillonnage est donc le transect de 125 m<sup>2</sup>.

Cette augmentation du nombre de transects par rapport à la précédente étude dans les Calanques (4 transects en 2008, Astruch *et al.*, 2009) est essentielle, compte tenu des objectifs de la présente étude. En effet, en 2008, il s'agissait, avec des moyens réduits, d'obtenir une vision du peuplement de poissons limitée aux secteurs des calanques de Marseille à Cassis et de l'archipel de Riou. En revanche, dans le cadre de cette étude, il s'agit de mettre en place un 'état zéro' des ZNP, suffisamment robuste pour une analyse spatiale et temporelle. Les périmètres des ZNP n'étaient pas connus en 2008 au moment de la précédente étude.

Afin de prendre en compte une possible variabilité temporelle, les 10 réplicats ont été réalisés en deux fois à chaque station (comme dans le suivi de la réserve de Couronne sur la Côte Bleue). Ainsi, 5 transects ont été parcourus lors de chaque retour sur un site à deux dates rapprochées de la même campagne (Figure 2).

Lors de chaque comptage, chaque observateur recense l'ensemble des espèces de poissons présentes à l'exception des espèces cryptiques de petite taille (principalement les gobiidés, blennidés et tryptéridés), mal évaluées par cette méthode. Les invertébrés mobiles d'intérêt halieutique (mollusques céphalopodes et crustacés décapodes) sont également recensés. 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 afin de caractériser l'habitat selon :

- la nature du substrat (pourcentage de recouvrement de roche, d'herbier, de sable, et de gravier, le total = 100%) ;
- Le nombre et la taille des blocs (petit <1 m, moyen de 1 à 2 m et gros >2 m de diamètre).

Pour chaque transect, l'habitat est fractionné en 5 tronçons de 5 m. La caractérisation de l'habitat selon cette méthode est primordiale dans un tel suivi, en particulier au sein du PNCal, puisque le paramètre habitat structure significativement le peuplement et peut masquer certains résultats liés aux mesures de gestion (García Charton et Pérez-Ruzafa, 1998, 1999 et 2001).

### **Comptage d'espèces cibles au temps (TPS)**

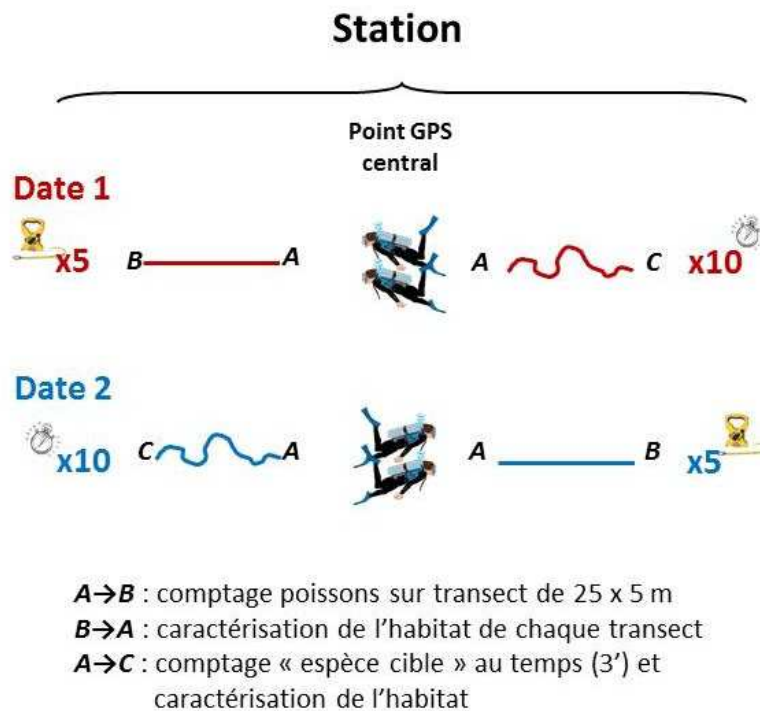
En complément du comptage visuel sur transects linéaires, un suivi simplifié des principales espèces cibles a été réalisé sur les mêmes 24 stations. Le protocole développé par le Parc Marin de la Côte Bleue et J.G. Harmelin (Harmelin *et al.*, 1995 ; Harmelin, 1999 ; Daniel *et al.*, 2002) et déjà utilisé en 2008 par Astruch *et al.* (2009) a été appliqué.

A chaque station, 20 parcours aléatoires de 3 minutes (longueur estimée du parcours :  $46 \text{ m} \pm 9 \text{ m}$ ) ont été réalisés en plongée sous-marine (Figure 2). 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 (Annexe 2). 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).

Pour certaines espèces, cibles de la chasse, telles que le mérrou brun, le corb 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 relevés.

Ce protocole permet d'évaluer l'occurrence de l'observation des espèces cibles des principales techniques de pêche (chasse sous-marine, pêche récréative et pêche professionnelle). Ce protocole, simple à mettre en œuvre, s'avère très adapté pour mettre en évidence l'efficacité de la mise en place de mesure d'interdiction et de gestion de la pêche. Les données individuelles relatives aux espèces cibles de la chasse ont été demandées lors de la réunion de démarrage du 29 août 2013 par le COTEC.

Les comptages ont été réalisés à la suite des recensements de référence, lors des mêmes journées de comptage.

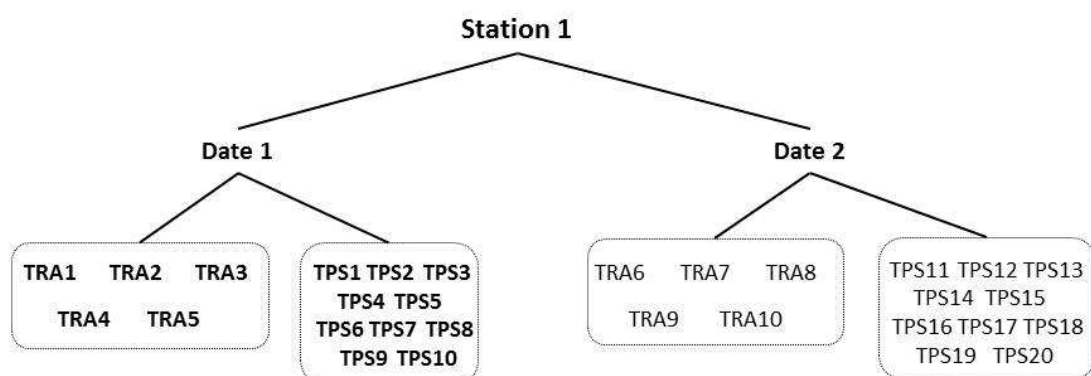


**Figure 2.** Schéma de la stratégie d'échantillonnage adoptée pour les comptages de poissons sur transect linéaire (référence) et les comptages d'espèces cibles' au temps.

### En résumé

Pour chacune des 24 stations d'échantillonnage proposées, deux campagnes ont été menées. Lors de chacune d'elles, ont été réalisés (Figure 3) :

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



**Figure 3.** Stratégie d'échantillonnage du suivi des peuplements de poissons ; TRA = comptage visuel toutes espèces sur transect linéaire selon le protocole BIOMEX (BIOMEX, 2006) ; TPS = comptage visuel au temps des espèces cibles selon le protocole de Daniel *et al.* (2002) + 2 espèces.

**Comptage en plongée libre dans les petits fonds (PMT)**

Un suivi des petits fonds a également été réalisé en plongée libre avec palmes, masque, tuba (PMT). Cette zone bathymétrique superficielle (0-3 m de profondeur) est directement soumise aux prélèvements, en particulier de la pêche récréative du bord, 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 méthodologie et de logistique, afin qu'il puisse être reconduit à l'avenir, en routine, par les agents du Parc.

12 stations ont été définies pour les comptages proches du bord, dont 5 en ZNP.

Les comptages ont été réalisés généralement par deux observateurs en plongée libre (PMT) au cours de 10 parcours minutés (5 chacun) de 3 minutes. Les observateurs ont suivi le trait de côte. L'abondance des principales espèces observées ainsi que leur taille à 2 cm près ont été relevées.

**2.1.3 Planning des campagnes de terrain**

**Les acquisitions de données sur le terrain pour le volet poisson ont été conduites lors de 2 périodes distinctes. Les deux campagnes de terrain ont été réalisées entre le 2 et le 8 septembre 2013 pour la première et entre le 1er et le 10 octobre 2013 pour la seconde (**

Tableau 1).

Les mêmes compteurs entraînés à la méthode ont réalisé l'ensemble des comptages.

En fonction de leur disponibilité, les agents du Parc national ont pu se joindre à l'équipe de terrain lors des investigations afin de se familiariser dès cette année avec les protocoles, en particulier avec celui de 'comptage en plongée libre dans les petits fonds'. Mathieu Imbert et Benjamin Durand sont venus lors de la première campagne, respectivement le 2 et le 4 septembre 2013. Noémie Frachon est venue lors de la seconde campagne, le 9 octobre 2013.

Durant la première période de comptage, les conditions météorologiques ont été très calmes. Le vent de secteur sud était compris entre 1 et 3 Beaufort. La campagne s'est terminée juste avant un coup de Mistral de 4 à 5 Beaufort en moyenne et d'une durée de 5 jours. Les températures au milieu de la journée étaient comprises entre 24 et 27°C. La seconde campagne s'est déroulée après une semaine de temps calme suite à deux semaines de temps agité. Du 1er au 5 octobre, le vent était de secteur sud-est de force 2 à 4. Le vent s'est ensuite orienté au nord-ouest sur la seconde partie de la période et est resté modéré force 2 à 3. La campagne s'est achevée avec l'arrivée d'un nouveau coup de Mistral. Les températures au milieu de la journée étaient comprises entre 20 et 23°C.

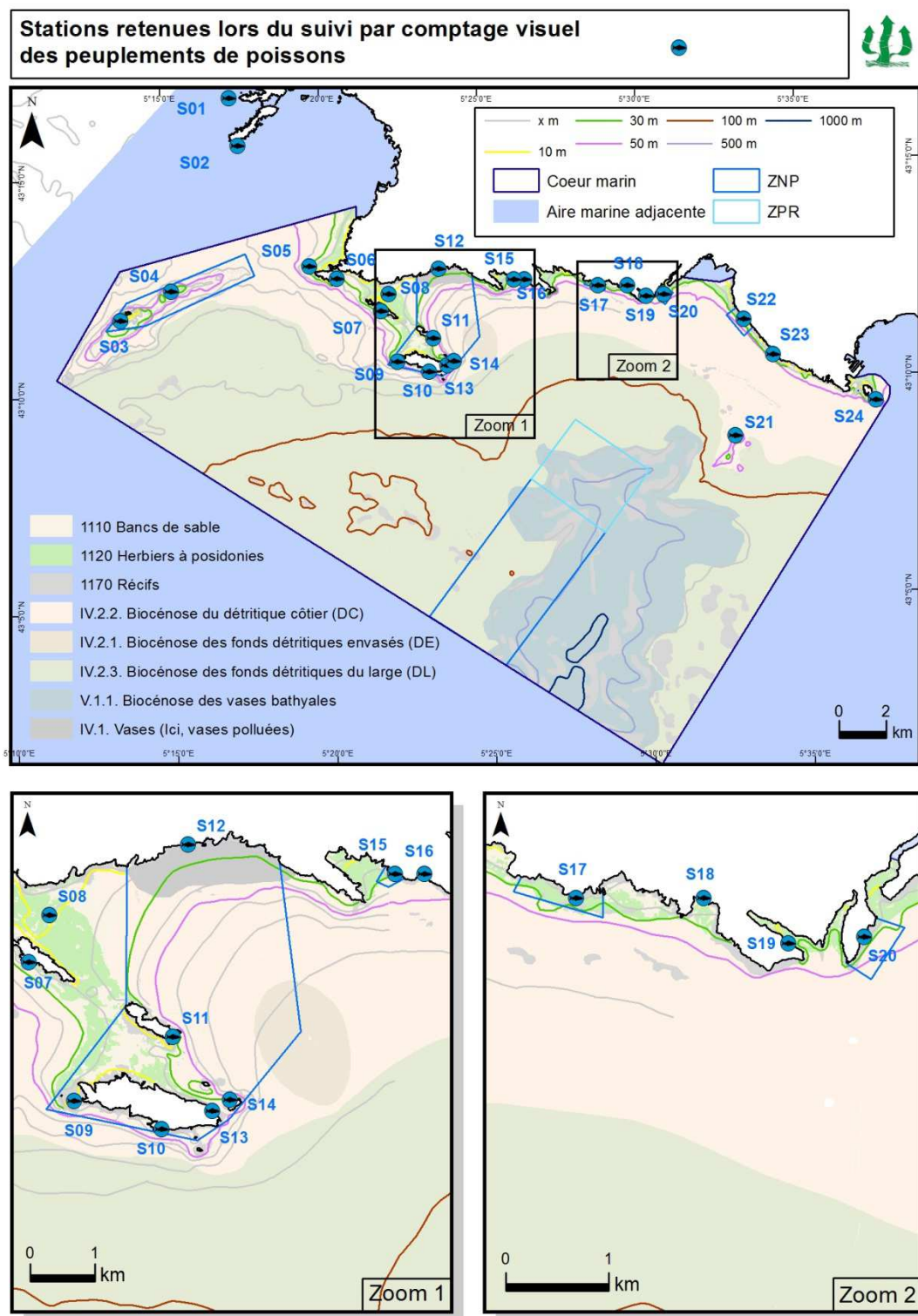
**Tableau 1.** Dates des sorties et numéro et nom des stations échantillonnées lors des comptages de référence et d'espèces cibles et des comptages en PMT.

Campagne 1		
Date	Code	Nom du site (* = st 2008)
02/09/2013	S01	Tiboulén Frioul
	S02	Frioul-Cambrettes
	S05	Tiboulén de Maire*
	S06	Les fromages
	PMT01	Frioul 1
	PMT02	Château If
03/09/2013	S03	Planier
	S04	Veyron
	S07	Jarre Briançon*
	S08	Plateau des Chèvres
	PMT03	Planier
	PMT05	Marseilleveyre
04/09/2013	S09	Moyades*
	S10	Sud Riou*
	S13	Nord Caramassaigne*
	S14	Grand Conglue*
	PMT06	Sablière
	PMT07	Plane Sud
05/09/2013	S21	Phare Cassidaigne
	S21	Cap Soubeyrane
	S23	Soubeyrane
	S24	Ile Verte - Roustaud
	PMT10	Cap Soubeyrane
	PMT11	Soubeyrane
	PMT12	Mugel-Negue Foume
06/09/2013	S17	Devenson
	S18	Calanque de l'Oule*
	S19	En Vau
	S20	Pointe Cacao
	PMT08	Pierres tombées
	PMT09	Devenson
08/09/2013	S11	Plane
	S12	Cortiou
	S15	Sormiou-Réserve Falco
	S16	Ouest Figuier*
	PMT04	Samena

Campagne 2		
Date	Code	Nom du site (* = st 2008)
01/10/2013	S01	Tiboulén Frioul
	S02	Frioul-Cambrettes
	S05	Tiboulén de Maire*
02/10/2013	S03	Planier
	S04	Veyron
	S06	Les fromages
	S08	Plateau des Chèvres
07/10/2013	S17	Devenson
	S18	Calanque de l'Oule*
	S19	En Vau
	S20	Pointe Cacao
	S11	Plane
08/10/2013	S21	Phare Cassidaigne
	S21	Cap Soubeyrane
	S23	Soubeyrane
	S24	Ile Verte - Roustaud
	S12	Cortiou
09/10/2013	S07	Jarre Briançon*
	S09	Moyades*
	S10	Sud Riou*
	S13	Nord Caramassaigne*
10/10/2013	S14	Grand Conglue*
	S15	Sormiou-Réserve Falco
	S16	Ouest Figuier*

### 2.1.4 Position des stations

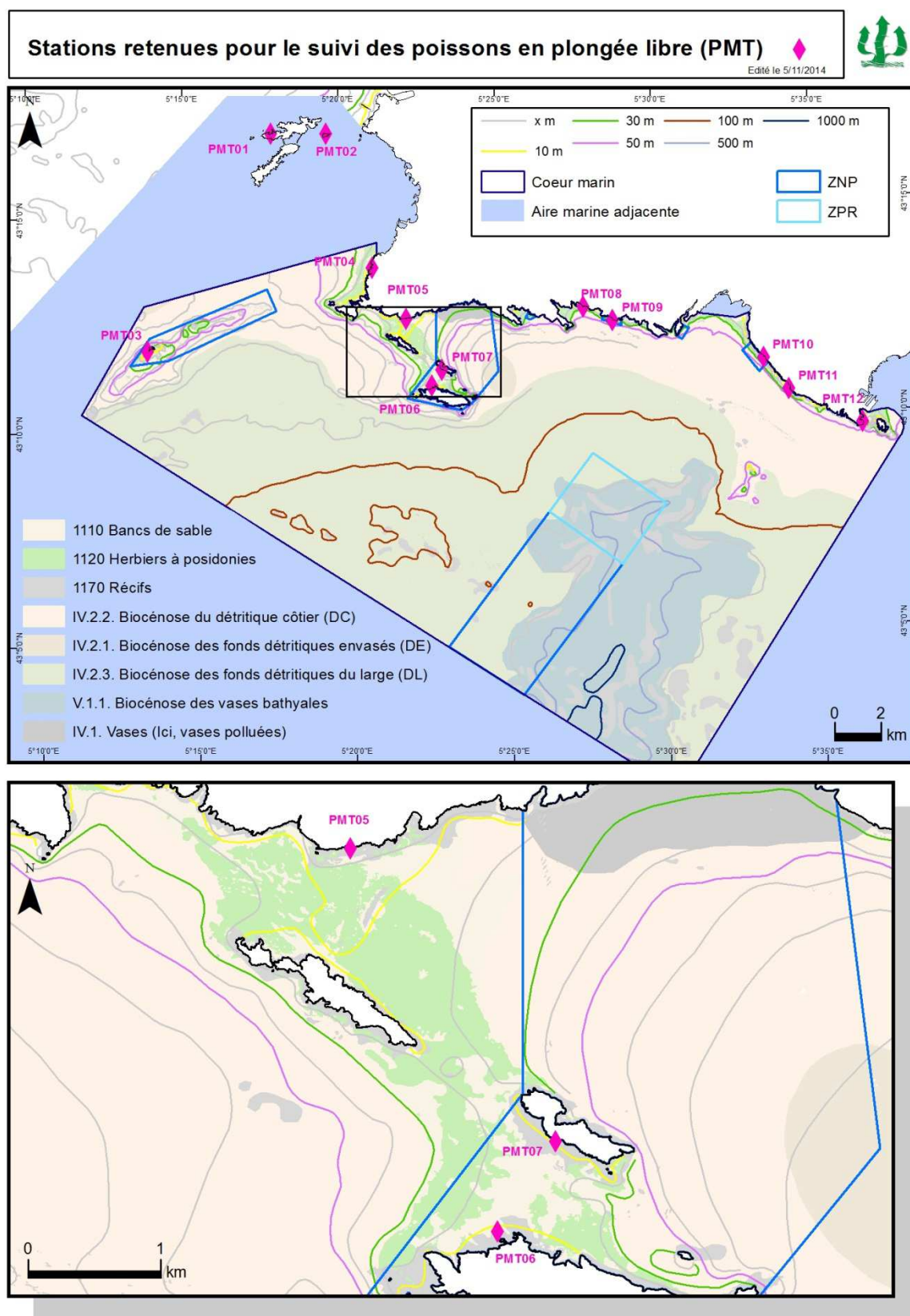
La position centrale des stations a été relevée au moyen d'un GPS pour les comptages de référence et d'espèces cibles (Figure 4, Tableau 2) et pour les comptages PMT (Figure 5, Tableau 3).



**Figure 4.** Localisation des stations de comptage de référence et d'espèces cibles (24 stations).

**Tableau 2.** Coordonnées GPS (WGS84) des 24 stations étudiées pour les comptages de référence et d'espèces cibles. La position 'centrale' correspond au point de départ des transects des comptages de référence. Les positions Fin C1 et Fin C2 correspondent aux extrémités de la zone prospectée lors des comptages d'espèces cibles. La profondeur est exprimée en mètres.

Code	Nom du site (* = st 2008)	Statut	Profondeur	Cap comptage total	Position WGS84 centrale		Position WGS84 Fin C1		Position WGS84 Fin C2	
S01	Tiboulén Frioul	Hors-ZNP	9-18	260	05°17,190' E	43°16,816' N	43°16,807' N	05°17,248' E	43°16,769' N	05°17,124' E
S02	Frioul-Cambrettes	Hors-ZNP	6-17	140	05°17,410' E	43°15,713' N	43°15,740' N	05°17,499' E	43°15,645' N	05°17,401' E
S03	Planier	ZNP	5-10	90	05°13,569' E	43°11,747' N	43°11,779' N	05°13,468' E	43°11,757' N	05°13,709' E
S04	Veyron	ZNP	17-23	90	05°15,190' E	43°12,393' N	43°12,416' N	05°15,186' E	43°12,407' N	05°15,237' E
S05	Tiboulén de Maître*	Hors-ZNP	8-17	60	05°19,567' E	43°12,880' N	43°12,855' N	05°19,545' E	43°12,891' N	05°19,655' E
S06	Les fromages	Hors-ZNP	6-21	350	05°20,425' E	43°12,578' N	43°12,537' N	05°20,383' E	43°12,641' N	05°20,401' E
S07	Jarre Briançon*	Hors-ZNP	9-22	10	05°21,785' E	43°11,800' N	43°11,774' N	05°21,892' E	43°11,811' N	05°21,685' E
S08	Plateau des Chèvres	Hors-ZNP	7-10	sud	05°22,037' E	43°12,186' N	43°12,281' N	05°22,168' E	43°12,099' N	05°22,019' E
S09	Moyades*	ZNP	6-18	320	05°22,255' E	43°10,629' N	43°10,590' N	05°22,269' E	43°10,623' N	05°22,211' E
S10	Sud Riou*	ZNP	14-24	90	05°23,246' E	43°10,367' N	43°10,361' N	05°23,160' E	43°10,354' N	05°23,352' E
S11	Plane	ZNP	8-18	60	05°23,409' E	43°11,140' N	43°11,100' N	05°23,349' E	43°11,160' N	05°23,486' E
S12	Cortiou	ZNP	8-15	270	05°23,649' E	43°12,741' N	43°12,746' N	05°23,755' E	43°12,735' N	05°23,559' E
S13	Nord Caramassaigne*	ZNP	10-16	130	05°23,833' E	43°10,509' N	43°10,469' N	05°23,882' E	43°10,563' N	05°23,777' E
S14	Grand Conglue*	ZNP	10-21	210	05°24,036' E	43°10,598' N	43°10,606' N	05°24,135' E	43°10,569' N	05°24,016' E
S15	Sormiou-Réserve Falco	ZNP	15-22	270	05°26,002' E	43°12,442' N	43°12,431' N	05°26,056' E	43°12,454' N	05°25,926' E
S16	Ouest Figuier*	Hors-ZNP	12-22	90	05°26,341' E	43°12,432' N	43°12,392' N	05°26,250' E	43°12,389' N	05°26,379' E
S17	Devenson	ZNP	9-19	270	05°28,662' E	43°12,240' N	43°12,285' N	05°28,735' E	43°12,247' N	05°28,613' E
S18	Calanque de l'Oule*	Hors-ZNP	9-15	280	05°29,573' E	43°12,218' N	43°12,181' N	05°29,600' E	43°12,211' N	05°29,504' E
S19	En Vau	Hors-ZNP	10-20	330	05°30,169' E	43°11,970' N	43°11,940' N	05°30,247' E	43°12,029' N	05°30,108' E
S20	Pointe Cacao	ZNP	10-22	200	05°30,713' E	43°11,990' N	43°12,048' N	05°30,787' E	43°11,928' N	05°30,694' E
S21	Phare Cassidaigne	Hors-ZNP	11-18	280	05°32,838' E	43°08,690' N	43°08,631' N	05°32,888' E	43°08,738' N	05°32,800' E
S22	Cap Soubeyrane	ZNP	4-11	330	05°33,214' E	43°11,368' N	43°11,315' N	05°33,296' E	43°11,435' N	05°33,143' E
S23	Soubeyrane	Hors-ZNP	6-9	160	05°34,115' E	43°10,535' N	43°10,692' N	05°34,066' E	43°10,452' N	05°34,203' E
S24	Ile Verte - Roustaud	Hors-ZNP	14-25	150	05°37,305' E	43°09,413' N	43°09,352' N	05°37,246' E	43°09,442' N	05°37,328' E



**Figure 5.** Localisation des stations de comptage en PMT (12 stations).






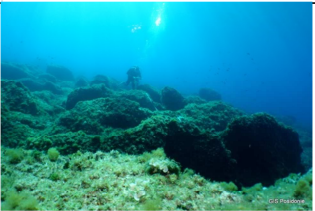


**Tableau 3.** Coordonnées GPS (WGS84) des 12 stations étudiées pour les comptages en palmes, masque, tuba. La position 'centrale' correspond au point de départ des transects, avec 5 transects placés de part et d'autre de ce point.











Code	Nom du site	Statut	Position WGS84 réelle		Date
P01	Frioul 1	Hors-ZNP	43°16.868' N	05°37.816' E	02/09/2013
P02	Château If	Hors-ZNP	43°16.833' N	05°37.568' E	02/09/2013
P03	Planier	ZNP	43°11.853' N	05°11.653' E	03/09/2013
P04	Samena	Hors-ZNP	43°13.659' N	05°20.927' E	08/09/2013
P05	Marseilleveyre	Hors-ZNP	43°12.439' N	05°21.966' E	03/09/2013
P06	Sablière	ZNP	43°10.858' N	05°22.723' E	04/09/2013
P07	Plane Sud	ZNP	43°11.218' N	05°23.061' E	04/09/2013
P08	Pierres tombées	Hors-ZNP	43°12.595' N	05°27.637' E	06/09/2013
P09	Devenson	ZNP	43°12.262' N	05°28.568' E	06/09/2013
P10	Cap Soubeyrane	ZNP	43°11.289' N	05°33.352' E	05/09/2013
P11	Soubeyrane	Hors-ZNP	43°10.541' N	05°34.137' E	05/09/2013
P12	Mugel-Nègue Foume	Hors-ZNP	43°09.714' N	05°36.464' E	05/09/2013


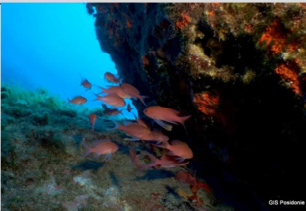






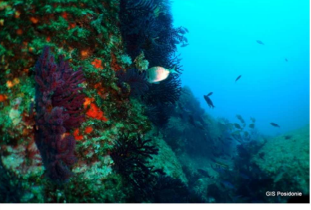
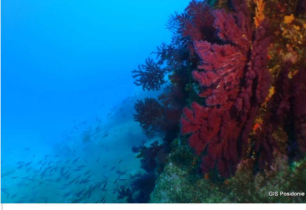
### 2.1.5 Description des stations échantillonnées






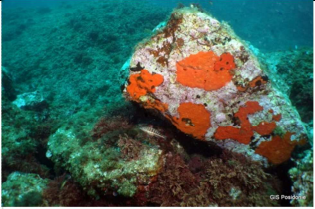




Chaque station échantillonnée a été décrite dans le Tableau 4 (topographie du fond, principaux représentants des communautés benthiques) Le statut de réglementation et la profondeur de prospection sont également indiqués.


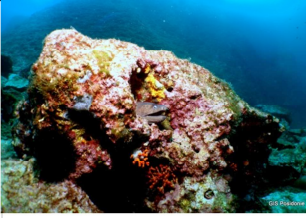



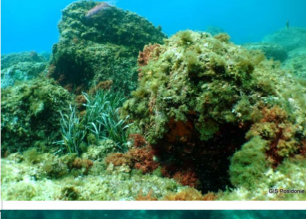




**Tableau 4.** Description des habitats au niveau des 24 stations échantillonnées lors des comptages de référence et d'espèces cibles.

Station	Profondeur		Statut	Description	Illustrations	
	UVC	EC				
S01 : Tiboulén 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 assez étendues, 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 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 cylindracea</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 offre un relief et un cachet très particuliers au site. Un important faciès à <i>Eunicella singularis</i> colonise ces fonds rocheux. Quelques zones de sables sont observées soit au pied des gros blocs, soit entre deux dalles rocheuses. Les arches et surplombs sont colonisés par une faune sciaphile composée de <i>Parazoanthus axinellae</i> et d'éponges comme <i>Haliclona mediterranea</i> , <i>H. fulva</i> . Quelques petites taches d'herbier de posidonie sont également présentes.		

Station	Profondeur		Statut	Description	Illustrations	
	UVC	EC				
S05 : Tiboulon de Maire	9-15 m	8-17 m	hors ZNP	Zone rocheuse majoritairement composée de blocs de petite taille (0.2 à 1 m), parfois colonisés par des bioconcretions coralligènes. Les substrats meubles de types sables et galets représentent une fraction importante du substrat, par endroit des portions d'environ 10 m² ont été observées. Une strate algale buissonnante relativement peu développée ainsi que des colonies d' <i>Eunicella singularis</i> colonisent le substrat. Le dénivelé atteint par endroit 45-50°.		
S06 : Les fromages	11-21 m	6-18 m	hors ZNP	Au pied de la falaise de l'île de Maire, zone d'éboulis rocheux de différentes tailles sur 80 à 100% des transects, ainsi que des galets sur 10-20%. Le dénivelé est faible. Les communautés de macrophytes constituent une strate relativement rase peu développée et peu diversifiée. Au pied de la falaise, sur les faces ombragées, des colonies d' <i>Eunicella cavolini</i> ont été observées. Plusieurs individus d' <i>Holothuria tubulosa</i> étaient en train de se reproduire (émission de gamètes dans la colonne d'eau).		
S07 : Jarre Briançon	10-19 m	9-22 m	hors ZNP	La station est située à cheval entre le bas d'une falaise accore et des éboulis rocheux majoritairement composés de blocs de petite taille (0.2 - 1 m). Sur la partie au pied de la falaise, relativement plane, des galets sont présents au milieu des blocs rocheux et de la dalle. Des dictyotales et des <i>Codium bursa</i> composent la 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 composés 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</i> sp.		

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 500 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 encrustantes dont <i>Lithophyllum incrustans</i> 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 Caramassagne	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) tailles, 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 développe 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, la proximité de la falaise limitant l'accès de la lumière sur le site.		

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 essentiellement gazonnnnates. 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. Localement, les blocs présentent une plus grande taille.		
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 dominée par <i>Padina pavonica</i> 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 supérieur de l'herbier de posidonie et d'autre part le trait de côte. La communauté algale est bien développée et présente une strate érigée composé de <i>Sphaerococcus coronopifolius</i> , <i>Halopteris scoparia</i> , <i>Dictyota</i> sp., 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 présentes au pied des blocs. <i>Sphaerococcus coronopifolius</i> y est très développé.		
S24 : Ile Verte Roustaud	15-25 m	14-24 m	hors ZNP	Zone composée 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 secteur, un tombant colonisé de gorgones ( <i>Eunicella cavolini</i> et <i>Paramuricea clavata</i> ) conduit à une zone sableuse au Nord et un deuxième secteur rocheux, concretionné, plus profond, à l'Est et au Sud.		

## 2.2 Suivi par pêches scientifiques standardisées (PSS)

### 2.2.1 Stratégie

L'échantillonnage par pêches scientifiques standardisées (PSS) a pour objectif principal de compléter l'évaluation du peuplement réalisée par comptages visuels en plongée dans les petits fonds. Les pêches permettent d'échantillonner des espèces réparties plus en profondeur, qui se déplacent la nuit ou qui sont plus difficiles à évaluer en plongée (comportement plus méfiant, espèces erratiques et comportement grégaire). Ces pêches, reproduites dans le temps selon une méthode la plus standardisée possible permettent de suivre l'évolution des densités et des biomasses capturées en fonction des mesures de gestion appliquées aux stations.

Les résultats de cette méthode d'échantillonnage sont aussi plus faciles à appréhender par les pêcheurs professionnels que les recensements visuels. Enfin, la mise en œuvre d'engins de pêche requiert une technicité particulière, souvent perçue comme contraignante, mais faire appel aux pêcheurs professionnels est aussi une occasion de les impliquer dans le suivi et ce 'faire ensemble' leur permet de constater par eux-mêmes l'efficacité de la protection, par l'évolution de la qualité et de la quantité des captures.

Pour une meilleure efficacité et dans l'objectif d'implication des usagers de la zone, il a été proposé de réaliser les pêches scientifiques de l'état zéro des ZNP avec les pêcheurs professionnels des prud'homies environnantes, connaissant et fréquentant le Parc national des Calanques.

Pour ce faire, le CRPMEM PACA (Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins de Provence-Alpes-Côte d'Azur) a été rencontré le 1er juillet 2013 (période de préparation de la réponse à l'appel d'offre), afin de définir :

- les pratiques et les engins de pêche les plus utilisés dans le Parc national des Calanques
- organiser les pêches expérimentales avec les pêcheurs.

M. Molinero (Président CRPMEM) et Mme Hénissard-Souffir (Directrice) étaient nos interlocuteurs.

Un ensemble de questions ont été ensuite transmises au CRPMEM afin qu'il puisse, par la voie des prud'homies, directement solliciter les pêcheurs en activité sur la zone du Parc national. Etant donné le laps de temps relativement court pour rendre la réponse à l'appel d'offre et la demande saisonnière de poissons (les pêcheurs professionnels étaient tous en mer à cette période), le retour de la part des pêcheurs au CRPMEM n'a pu se faire dans les délais.

Au démarrage de l'étude, peu de données étaient finalement disponibles sur les caractéristiques de la pêche dans les eaux du Parc national des Calanques. En accord avec le CRPMEM, une enquête préalable a été réalisée avant le début des pêches expérimentales, afin de définir objectivement quels sont les engins de pêche, les espèces cibles, les maillages utilisés, les zones et les périodes de pêche dans les eaux du Parc national (caractérisation des 'métiers' de la pêche). Le questionnaire a été élaboré par le GIS Posidonie (annexe 3), validé par le Parc (4 septembre 2013), et transmis au CRPMEM, pour diffusion auprès des prud'homies et des pêcheurs.

Les données de l'enquête préalable (c.f. 4.3.1) étaient nécessaires pour affiner et valider la stratégie d'échantillonnage qui avait été initialement proposée. Trois réunions de travail ont été réalisées aux mois d'octobre et novembre 2013 avec le PNCal, les pêcheurs professionnels candidats et le GIS Posidonie afin d'organiser la réalisation des PSS. L'objectif et les décisions relatives à ces réunions sont rappelés en Annexe 4.

Pour des questions d'organisation et de disponibilité des pêcheurs professionnels, les PSS initialement envisagées à l'automne 2013 ont dû être repoussées au printemps 2014. Avant le démarrage des PSS, des embarquements avec les pêcheurs professionnels candidats ont pu être réalisés du mois de mars au mois de mai. Ces embarquements ont permis : (i) de maintenir le contact avec les pêcheurs avant le démarrage des PSS, (ii) de finaliser la mise en œuvre des PSS et (iii) de caractériser plus précisément leur activité (engins, effort, capture) dans les eaux du Parc national. Les résultats propres à ces embarquements sont présentés dans un rapport indépendant du présent rapport d'état zéro.

## 2.2.2 Moyens logistiques

Les pêcheurs professionnels ayant pris part aux pêches expérimentales sont ceux qui ont répondu à un appel à candidature. Cet appel a été transmis par le CRPMEM aux Prud'homies concernées (Marseille, Cassis, La Ciotat, Bandol, Le Brusc et Sanary-sur-mer), au mois de juillet 2013. Pour répondre à cet appel à candidature, les pêcheurs devaient respecter une liste de critères (nombre de jours déclarés à l'embarquement, représentativité de la 'qualité' de pêcheur, nombre de pièces de filet, financement, période, etc.), qu'avait défini le CRPMEM. Cette liste de critères avait été transmise au Parc et à la DIRM (Direction Interrégionale de la Mer).

Les PSS ont été réalisées avec 6 pêcheurs professionnels ayant répondu à l'appel à candidature. Ils appartiennent aux prud'homies de Marseille, Cassis et de La Ciotat (Tableau 5). Quatre pêcheurs ont participé à la réalisation des pêches au niveau de deux stations d'étude, deux pêcheurs ont participé à la réalisation des pêches au niveau d'une station. Les bateaux utilisés sont des bateaux de pêche traditionnels aux petits métiers (Figure 6), dont la taille était comprise entre 7.5 et 11.9 m.



**Figure 6.** Exemple de deux bateaux de pêche mobilisés lors des PSS dans le Parc national des Calanques. A gauche le 'Laisse-Dire' à Cassis, à droite le 'Peicoa' à la Ciotat.

**Tableau 5.** Stations de pêches scientifiques standardisées réalisées et pêcheurs professionnels impliqués.

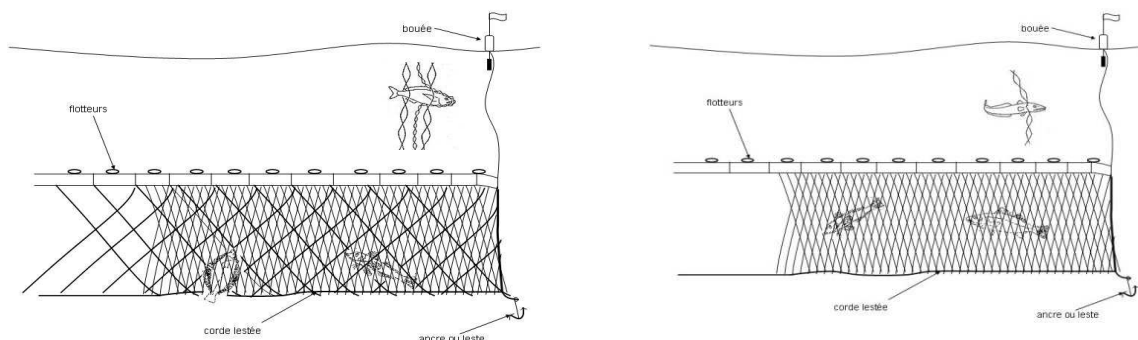
Zone	N° station	Nom station	Nom pêcheur	Nom bateau	Longueur bateau (m)	Prud'homie
A	1	Frioul	GIORGI Jean	EL NINO	11.9	Marseille
	2	Planier				
B	3	Plateau des Chèvres	CRIMON Eric	SONNY-NINO	7.5	Marseille
	4	Riou				
C	5	Cassidaigne ZNP	SILVESTRI Alain	LEA	11.9	Cassis
	6	Cassidaigne ZPR				
D	7	Cassidaigne Est	BOUKHENIFRA Djamel	LAISSE DIRE	8	Cassis
	8	Soubeyrane	LETESTU Guillaume	MARGOT JEANETTE	8	
E	9	Cap Soubeyrane	GASTAUD Marc	PEICOA	10	La Ciotat
	10	Ile Verte				

Les pêcheurs professionnels ont été rétribués selon un forfait journalier pour une prestation comprenant la calée et la levée de l'engin, la mise à disposition d'un pêcheur professionnel, une embarcation de pêche et le gasoil. Le produit de la pêche a été conservé par chaque pêcheur.

### 2.2.3 Engins de pêche utilisés

Deux engins de pêche différents ont été utilisés (Figure 7) :

- le filet trémail 7, pour les zones de roche de 15 à 35 m et d'herbier/roche de 10 à 30 m ;
- le filet droit de maille 7 pour les 3 stations du canyon de Cassidaigne entre 180 et 320 m de profondeur.



**Figure 7.** Schéma du type d'engins de pêche utilisés lors des PSS dans le Parc national des Calanques, à droite le filet trémail, à gauche le filet droit.

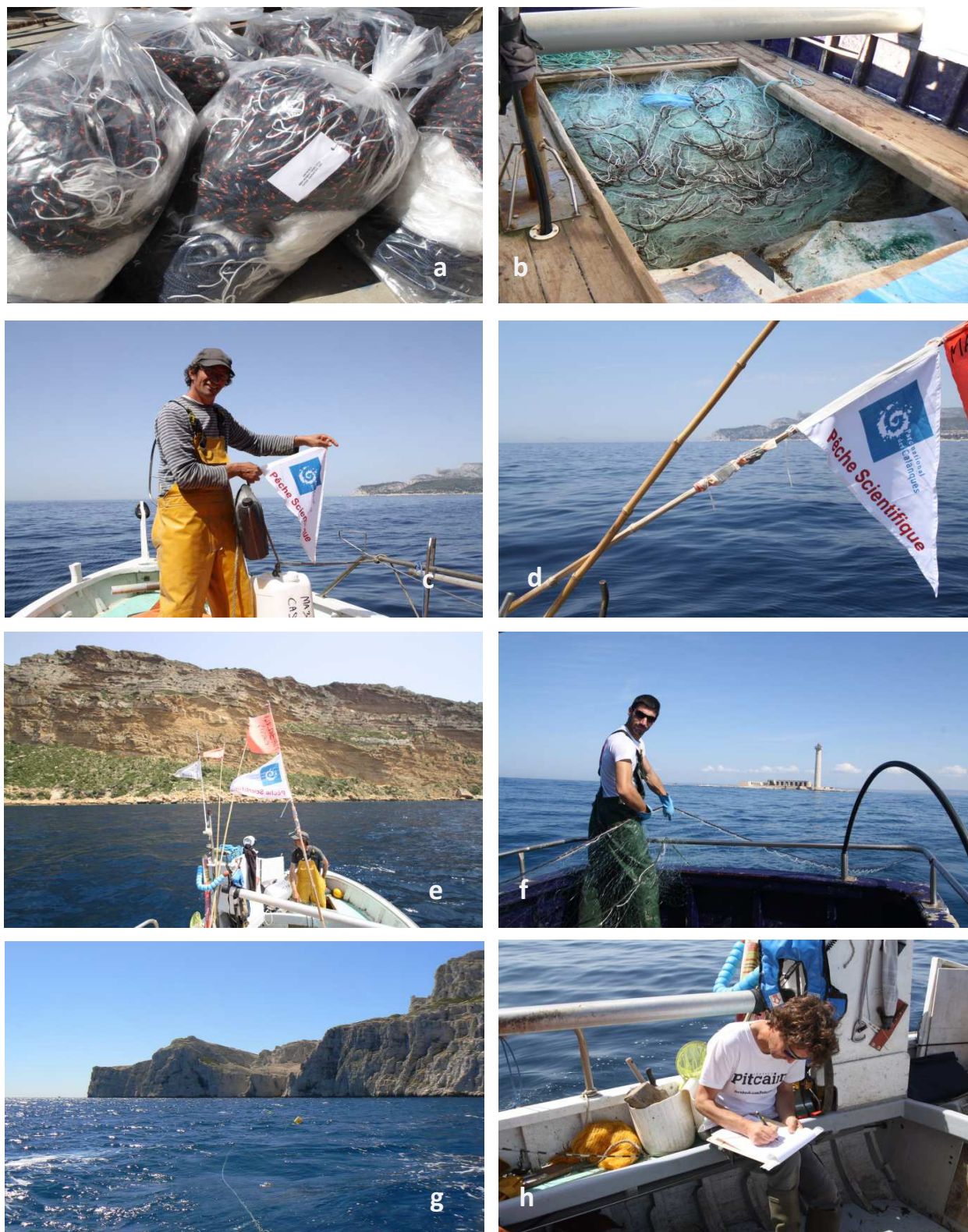
L'utilisation de la maille de 7 a finalement été retenue, avec les pêcheurs professionnels candidats à l'issue de la réunion de démarrage des PSS (8 novembre 2013), comme un standard pour les différentes zones de pêche.

Etant donné que les pêcheurs ne disposaient pas tous des mêmes mailles ou type de filets, un jeu complet de filet (5 pièces + 2 de secours) a été fourni par le Parc à chaque pêcheur et pour chaque station étudiée, pour la réalisation des pêches expérimentales (Figure 8). Les filets ont été fabriqués

par la Société Mondiet et livrés au niveau des différents ports d'attache. Les caractéristiques techniques des deux types de filet sont présentées en Annexe 5.

Une pièce de filet mesure 100 mètres de longueur et 50 mailles de hauteur (2 m environ). L'unité de base de l'échantillonnage est la 'pièce' de 100 m. Chaque filet comporte 5 pièces, soit une longueur totale de 500 m. La calée est réalisée le matin et la levée après une nuit, soit un cycle d'environ 24 heures. Pour chaque station, 6 opérations de pêche de 24 heures ont été réalisées. Les filets étaient relevés le matin à partir de 6 heures, sauf ceux de la ZNP Soubeyrane qui ont été relevés aux alentours de midi, avec un second pêcheur, suite aux opérations de pêche réalisées à la station de la Cassidaigne est.

Les positions géographiques des extrémités de chaque engin ont été enregistrées à l'aide d'un GPS, afin de permettre un retour ultérieur sur la même zone de pêche.



**Figure 8.** Mise en place des filets de pêche scientifique standardisée dans le Parc national des Calanques. a : livraison des filets en sac d'une pièce ; b : montage des filets et embarquement dans les soutes du bateau, c : installation du fanion 'pêche scientifique' sur les pavillons de pêche, par G. Letestu, d : pavillon de pêche équipé prêt à être calé, e : calée d'un filet sur la ZNP de Soubeyrane, f : calée d'un filet sur la ZNP de Planier, g : mise en place du filet sur la ZNP de Riou, h : enregistrement des coordonnées géographiques du filet lors de sa mise à l'eau.

## 2.2.4 Stations de pêche expérimentale

Etant donnée la variabilité temporelle et spatiale des captures et afin de pouvoir mieux mettre en évidence les effets de la protection sur les captures (qualité et rendement), le choix d'un nombre restreint de stations et d'un plus grand nombre de réplicats a été privilégié.

En fonction des connaissances disponibles avant l'enquête préalable, 6 stations d'étude avaient été initialement retenues, pour la mise en place des pêches expérimentales, dans la réponse à l'appel d'offre.

Lors de la réunion de démarrage du programme (29 août 2013), 3 stations d'étude complémentaires ont été demandées par le Parc et le COTEC. Ces stations sont celles du Plateau des Chèvres, de la ZNP du Cap Soubeyrane et d'une station témoin le long des Falaises de La Ciotat (Soubeyrane).

Les stations de pêche ont été regroupées en 5 zones en fonction de leur géographie et de la compétence des pêcheurs candidats. Etant donné que chaque secteur de pêche peut comprendre 2 stations d'étude, une dixième station a finalement été proposée, afin de rentabiliser les moyens mis en œuvre : la ZPR de Cassidaigne, qui avait été écartée lors de la première élaboration du plan d'échantillonnage.

Le plan d'échantillonnage des PSS retenu porte donc au final sur 10 stations. Chaque station a été échantillonnée à 6 reprises, avec un jeu de filet de 5 pièces, soit au total 300 pièces de filet échantillonnées. La position des stations d'échantillonnage est représentée sur la Figure 9 à l'échelle de la zone du Parc. La position précise des pièces de filets est représentée pour chaque site, en Annexe 6.

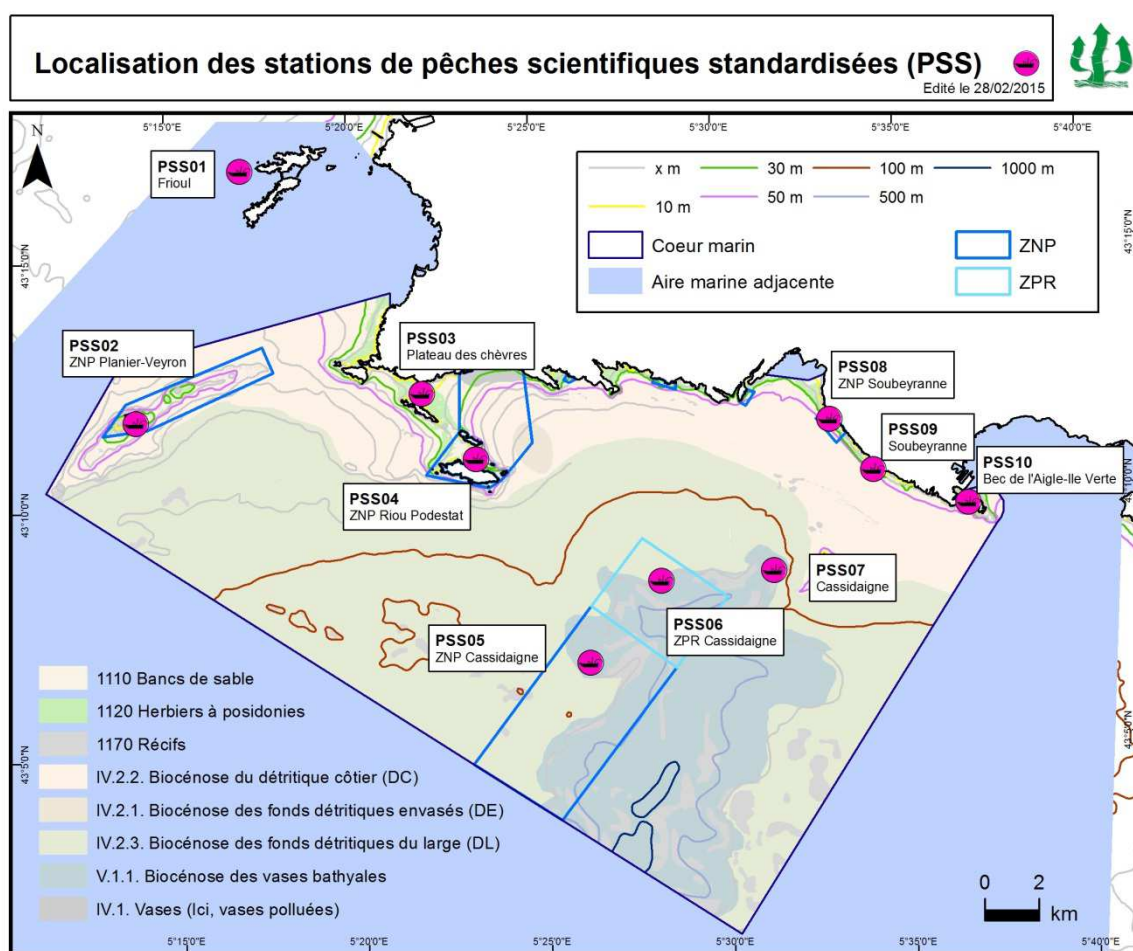
L'ensemble des 10 stations comprend (Tableau 6, Figure 9 et annexe 7) :

- 4 stations en ZNP (Planier, Riou, Cassidaigne ZNP, Soubeyrane) ;
- 5 stations en dehors des ZNP (Frioul, Plateau des Chèvres, Cassidaigne Est, Cap Soubeyrane, Ile Verte) ;
- la station Cassidaigne ZPR.

Parmi ces 10 stations, 7 stations correspondent à des stations côtières de faible profondeur (de 10 à 35 m) et 3 sont situées au niveau du canyon de Cassidaigne entre 180 et 320 m de profondeur. Chaque station retenue correspond à une zone de pêche, qui a été proposée et validée avec les pêcheurs professionnels candidats aux PSS.

**Tableau 6.** Caractéristiques des 10 stations de pêche scientifique standardisée, suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014.

Zone	N° station	Station	Statut	Habitat dominant	Profondeur (m)	Observations de la calée
A	1	Frioul	Hors ZNP	Roche/Herbier	20-35	Sud-Est Tiboulén
	2	Planier	ZNP	Roche/Herbier	15-35	Est Planier
B	3	Plateau des Chèvres	Hors ZNP	Herbier	10-12	Ouest des roches du plateau
	4	Riou	ZNP	Roche/Herbier	15-35	Au tour de la Bigue
C	5	Cassidaigne ZNP	ZNP	Canyon	180-320	Perpendiculaire isobathes, 6000 m exutoire Altéo
	6	Cassidaigne ZPR	ZPR	Canyon	180-320	Perpendiculaire isobathes, 3000 m exutoire Altéo
D	7	Cassidaigne Est	Hors ZNP	Canyon	180-320	Perpendiculaire isobathes, 2000 m exutoire Altéo
	8	Soubeyrane	ZNP	Herbier	14-30	Limite supérieure vers limite inférieure de l'herbier
E	9	Cap Soubeyrane	Hors ZNP	Herbier	14-30	Limite supérieure vers limite inférieure de l'herbier
	10	Ile Verte	Hors ZNP	Roche/herbier	10-30	Nord balise



**Figure 9.** Localisation des 10 stations d'étude échantillonnées lors des pêches scientifiques standardisées dans le Parc national des Calanques, au printemps 2014.

## **2.2.5 Traitement des captures**

Lors de chaque journée de pêche, un à deux observateurs (un à deux scientifiques, accompagné d'un agent du Parc si possible) accompagnaient le pêcheur sur le site pour l'assister lors de la calée et de la levée des engins de pêche et le conditionnement des prises (Figure 10).

Les captures ont été traitées par unité d'échantillonnage (par pièce de filet). Elles ont été démaillées soit en mer, soit à terre à quai, en fonction de la taille du bateau de pêche, des habitudes du pêcheur et des conditions météorologiques. Toutes les prises appartenant à une pièce ont été stockées avant traitement dans une 'caisse plastique' numéroté ; 10 'caisses plastiques' étaient nécessaires pour le stockage de deux stations (2 x 5 pièces) (Figure 10).

Lorsque les captures étaient peu abondantes pour une pièce et une station donnée, leur identification (au niveau de l'espèce ou au taxon le plus proche en cas de difficulté particulière), et leur mesure (au demi-centimètre) ont été effectuées en mer sinon de retour au port. La longueur standard et la longueur totale des individus ont été notées. Afin d'obtenir un poids de précision inférieur à 10 g, les pesées ont été effectuées de retour à quai, avant que le poisson ne soit vendu. La détermination des espèces a été faite à l'aide des principaux ouvrages de référence (Bauchot et Pras, 1980 ; Louisy, 2005 ; FNAME ; fiches FAO ; Iglesias, 2013a ; Iglesias , 2013b) disponibles au laboratoire.



**Figure 10.** Opérations de levée des filets, de démaillage et de mensuration des captures des filets PSS calés dans le Parc national des Calanques. a : levée d'un filet à bord du bateau 'El Nino'; b : démaillage des prises par J. Giorgi et son marin, c : démaillage d'une prise par un scientifique, d : mesure d'un 'chien espagnol' (*Galeus melastomus*), e : mesure d'un requin sagre (*Etmopterus spinax*), f : pesée d'un roucaou (*Symphodus tinca*), g : mesure des captures à quai par un agent du Parc (B. Durand), h : stockage des captures par pièce dans des caisses plastiques.

## 2.2.6 Dates de réalisation des pêches

L'ensemble des pêches scientifiques standardisées ont été effectués entre le 25 mai et le 18 juin 2014 au cours de 36 sorties de pêche (Tableau 7). Une sortie correspond à l'échantillonnage au cours d'une journée d'une ou de deux stations avec un pêcheur professionnel. Plusieurs équipes de terrain ont été constituées afin de pouvoir échantillonner plusieurs zones lors d'une même journée. Treize personnes au final ont participé aux pêches, dont 6 agents du Parc national des Calanques.

**Tableau 7.** Date des sorties en mer lors des pêches scientifiques standardisées, réalisées au printemps 2014 dans le Parc national des Calanques. Les initiales des observateurs présents en mer sont indiquées - AG : Adrien Goujard, BD : Benjamin Durand, CP : Celia Pastorelli, DB : Denis Bonhomme, ER : Elodie Rouanet, JB : Julien Bonhomme, JPD : Jean Patrick Durand ; LLD : Laurence Le Diréach, MI : Mathieu Imbert, NF : Noémie Frachon, PA : Patrick Astruch, PB : Patrick Bonhomme, TC : Thimothé Cuchet.

Sortie	Zone	Stations	N° calée	Date	Ob. 1	Ob. 2	Bateau
1	A	Frioul /Planier	1	25/05/2014	PB	PA	El Nino
2			2	26/05/2014	PA	JB	
3			3	02/06/2014	ER		
4			4	03/06/2014	ER	TC	
5			5	04/06/2014	PA	CP	
6			6	05/06/2014	PA		
7	B	Plateau des Chèvres/Riou	1	25/05/2014	LLD		Sonny Nino
8			2	26/05/2014	LLD		
9			3	29/05/2014	PB	BD	
10			4	30/05/2014	PB	MI	
11			5	31/05/2014	PB		
12			6	01/06/2014	PB	NF	
13	C	Cassidaigne ZNP/ZPR	1	03/06/2014	PA	AG	Léa
14			2	04/06/2014	AG	ER	
15			3	05/06/2014	PB	ER	
16			4	09/06/2014	PA	DB	
17			5	10/06/2014	AG	JPD	
18			6	11/06/2014	AG	JB	
19	D	Cassidaigne Est	1	09/06/2014	PB		Laisse-Dire
20			2	10/06/2014	PB		
21			3	11/06/2014	PB		
22			4	12/06/2014	PB		
23			5	13/06/2014	PB		
24			6	14/06/2014	PB		
25	D	Soubeyrane	1	09/06/2014	PB		Margot-Jeanette
26			2	10/06/2014	PB		
27			3	11/06/2014	PB		
28			4	12/06/2014	PB		
29			5	13/06/2014	PB		
30			6	14/06/2014	PB		
31	E	Cap Soubeyrane/Ile Verte	1	26/05/2014	PB	ER	Peicoa
32			2	10/06/2014	ER	DB	
33			3	11/06/2014	DB		
34			4	12/06/2014	DB	JB	
35			5	13/06/2014	JB		
36			6	18/06/2014	DB	JB	

## 2.3 Suivi du corail rouge

L'ensemble de la stratégie d'échantillonnage relative à ce volet a été validé par le Comité Technique (COTEC), lors de la réunion de démarrage de l'étude le 29 août 2013. Elle est présentée ci-après.

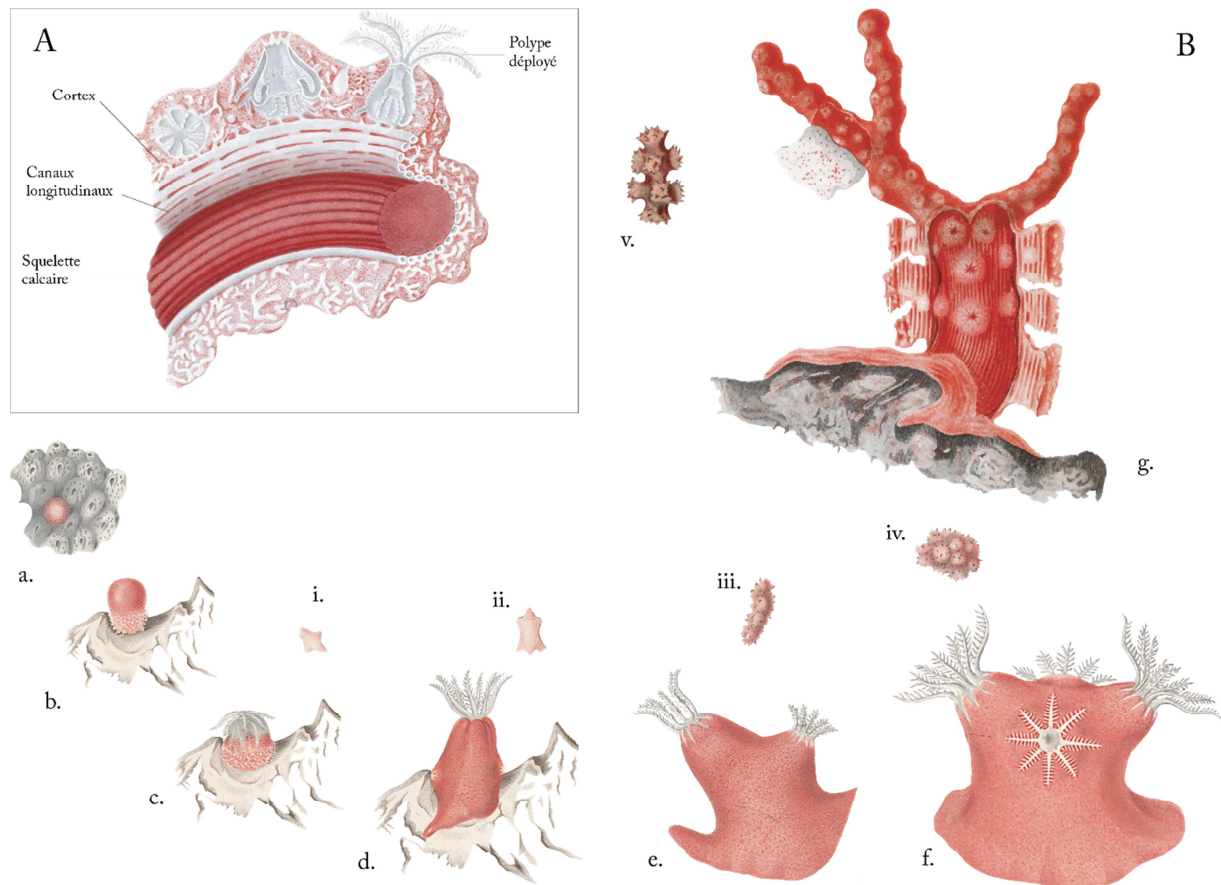
## 2.3.1 Information générale sur le corail rouge dans la littérature scientifique

### 2.3.1.1 *Biologie générale*

Le corail rouge de Méditerranée est un cnidaire arborescent proche des gorgones qui appartient à la classe des octocoralliaires (*Cnidaria*, *Anthozoa*, *Octocorallia*, *Alcyonacea*, *Scleraxonia*, *Coralliidae*, *Corallium rubrum*) (Linnaeus, 1758). Les individus sont des polypes blancs transparents en forme de colonne creuse, surmontée d'un disque oral entouré de 8 tentacules (Lacaze-Duthiers, 1864) (Figure 11-A). Ces dernières filtrent l'eau de mer passivement en capturant de petites proies planctoniques et des particules organiques inertes. Les polypes vivent en colonies clonales qui peuvent parfois rassembler plusieurs centaines d'individus (Torrents, 2007). Des sclérites externes (petits grains de calcaire de 30 à 90  $\mu\text{m}$ ) et un axe squelettique interne, constitué de carbonate de calcium, soutiennent l'ensemble, formant un squelette rigide (Figure 11-B). Ce squelette est un 'bio-minéral' qui contient également une 'matrice organique' composée en partie d'éléments ferriques et de caroténoïdes qui donnent à l'édifice une couleur rouge intense, caractéristique du corail (Torrents, 2007 ; Debreuil *et al.*, 2011 ; Debreuil *et al.*, 2012). Les cavités internes des polypes communiquent entre elles, ce qui permet aux produits de la digestion de profiter au reste de la colonie (Torrents, 2007).

### 2.3.1.2 *Habitat*

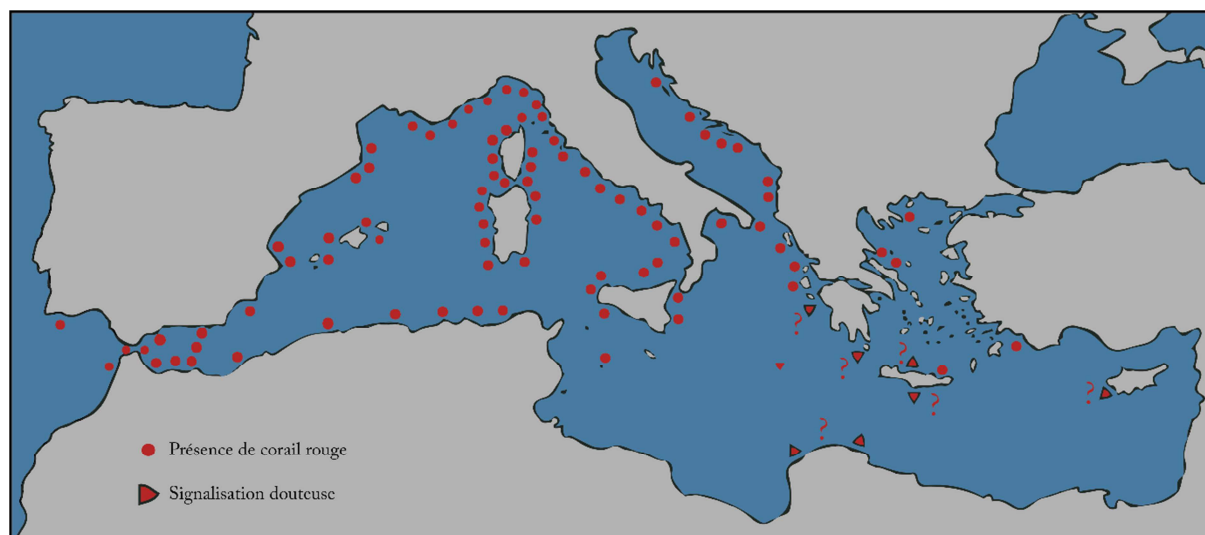
*Corallium rubrum* est une espèce sessile. Elle vit fixée, dans des endroits à faible luminosité, à fort hydrodynamisme et à faible température (<24°C, seuil thermique de survie d'après Torrents, 2007 ; Linares *et al.*, 2013). Elle colonise principalement les surplombs, les anfractuosités et les entrées de grottes des substrats durs des étages infralittoral et circalittoral (Ballesteros, 2006). Son aire de répartition bathymétrique couvre un large panel de profondeurs. La majorité des populations semble se situer entre 10 et 200 m (Carpine & Grasshoff, 1975; Rossi *et al.*, 2008; Priori *et al.*, 2013) mais l'espèce a été récemment observée jusqu'à 800 m dans le canal de Sicile (Costantini *et al.*, 2010b). Les populations des grandes profondeurs restent à ce jour mal connues. Il est envisageable que les estimations des stocks et des limites de répartitions soient vouées à évoluer avec l'avancée des techniques d'exploration en profondeur.



**Figure 11.** Illustration de *Corallium rubrum*. (A) Anatomie de la colonie. (B) Recrutement de la larve et croissance de la colonie : (a) colonie à l'état de bourgeon vue du dessus, (b) colonie juvénile en développement, (c) jeune colonie avec son polype déployé, (d) colonie dont le cortex commence à recouvrir le substrat, (e) jeune colonie à deux polypes, (f) jeune colonie à quatre polypes (g) colonie mature avec de nombreux polypes et dont le cortex recouvre le substrat. Développement des sclérites du squelette : (i, ii, iii, iv) sclérites en formation, (v) sclérites à symétrie radiale appelés 'cabestans'. Illustrations d'après Lacaze-Duthiers (1864).

### 2.3.1.3 Distribution

Le corail est une espèce considérée comme endémique de la Méditerranée bien que sa distribution soit assez localisée sous forme de 'patches' et dépasse légèrement des frontières du bassin. Cette espèce est retrouvée essentiellement en Méditerranée occidentale et en Adriatique (Marchetti, 1965 ; Cudoni & Chessa, 1991) tandis qu'en Méditerranée orientale, on ne la connaît qu'au Nord de la mer Egée et dans quelques sites profonds (Chintiroglou *et al.*, 1989). Les populations identifiées en Atlantique se trouvent notamment sur les côtes portugaises et autour des îles du Cap Vert (Zibrowius *et al.*, 1984) (Figure 12).



**Figure 12.** Distribution géographique de *Corallium rubrum* au sein et autour du bassin méditerranéen. La présence de populations de *C. rubrum* est signalée sur des zones localisées formant des 'patches' (points rouges). Cette carte a été construite d'après Torrents, 2007.

#### 2.3.1.4 Reproduction asexuée : croissance des colonies

En tant que cnidaire, ce corail peut croître par reproduction asexuée (les individus d'une même colonie sont des clones) à raison d'une progression très lente (Figure 11). Selon un suivi à long terme réalisé par Garrabou & Harmelin en 2002, il faut 22 ans aux colonies pour grandir de 1.3 à 7 cm et prendre 4 à 8 mm de diamètre, renvoyant à un taux de croissance annuel de  $1.78 \pm 0.7$  mm/an en taille et de  $0.24 \pm 0.05$  mm/an en diamètre basal (Garrabou & Harmelin, 2002). A l'issue de l'expérience, les colonies âgées de 22 ans présentaient entre une et huit branches, donnant une idée du temps nécessaire à cette espèce pour 'structurer' son habitat. Cependant, les individus étudiés se trouvaient dans un environnement particulier (une grotte) avec relativement peu de courant. Le corail étant suspensivore, sa nutrition ne dépend pas seulement de la quantité de nourriture disponible ; l'hydrodynamique joue également un rôle primordial (Gili & Coma, 1998 ; Tsounis *et al.*, 2006b). L'apport énergétique à la colonie, et par conséquent le taux de croissance, est donc largement dépendant des conditions au sein de l'habitat (Tsounis *et al.*, 2006b) mais aussi de facteurs propres à la génétique et à la biologie des individus (Ledoux *et al.*, 2010b). D'autres études expérimentales ont ainsi montré que le taux de croissance au cours des quatre premières années qui suivent la fixation est deux à trois fois plus important que celui des stades plus avancés et que celui-ci est variable d'une population à l'autre mais reste globalement faible ( $< 1$  mm/an) (Santangelo *et al.*, 2012b). Ce constat concerne autant la longueur des branches que la largeur du diamètre basal. Une étude de Marschal *et al.* (2004), utilisant une technique de sclérochronologie basée sur la coloration de la matrice organique du squelette, fournit une estimation précise de la croissance au niveau du diamètre basal. En prenant en compte différents environnements, ceux-ci mettent une nouvelle fois en évidence une grande variabilité de la croissance basale selon les environnements, allant de 0.1 à 0.6 mm/an avec une moyenne de 0.35 mm/an (Marschal *et al.*, 2004). On estime donc que les colonies de grande taille, et en particulier celles dont le diamètre à la base est supérieur à 2 cm, peuvent être âgées de plus de cent ans (Garrabou & Harmelin, 2002).

### 2.3.1.5 **Reproduction sexuée : capacité de dispersion et recrutement**

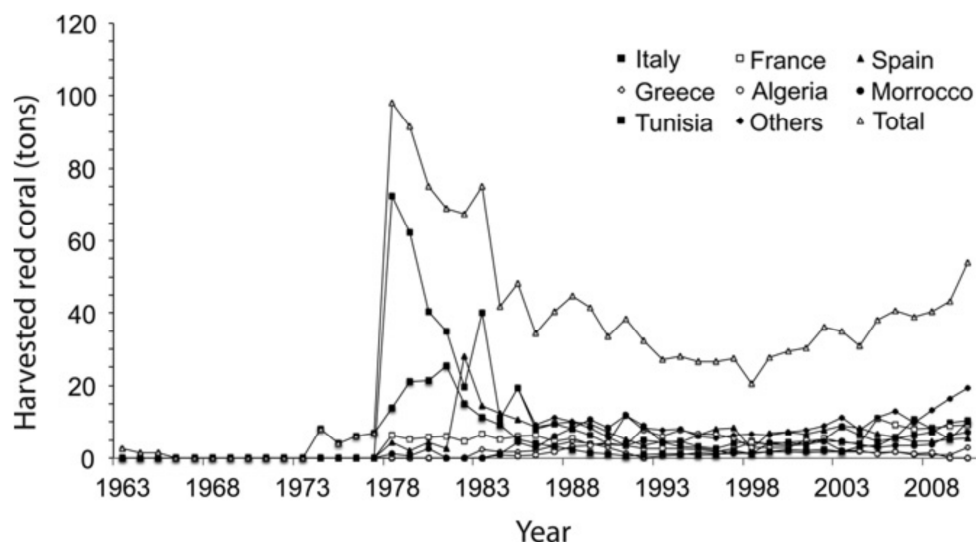
*Corallium rubrum* peut aussi se reproduire sexuellement et se disperser en émettant des gamètes mâles et femelles dans son environnement proche (Gili & Coma, 1998). Les données existantes dans la littérature indiquent que la phase libre ne dure au maximum que quelques jours, ce qui limite considérablement la dispersion. Des études montrent, en effet, une structuration génétique entre populations proches et ce, autant en profondeur (Costantini *et al.*, 2011) que dans une tranche bathymétrique équivalente (del Gaudio *et al.*, 2004). La structuration génétique est par ailleurs très marquée, observable sur l'échelle de la centaine ou de la dizaine de mètres (Calderon *et al.*, 2006 ; Costantini *et al.*, 2007 ; Costantini *et al.*, 2010a ; Ledoux *et al.*, 2010b ; Aurelle *et al.*, 2011). Des études récentes ont même mis en évidence des motifs de structuration à l'échelle du mètre (Ledoux *et al.*, 2010a ; Costantini *et al.*, 2013). Des contraintes physiques et environnementales sont susceptibles d'intervenir comme, par exemple, l'existence d'une thermocline qui se déplace entre 20 et 40 m en fonction des conditions climatiques et pourrait représenter une barrière thermique pour la dispersion des larves sur l'axe vertical (Costantini *et al.*, 2011).

La larve planula issue de la fécondation des gamètes se fixe sur un substrat dur et donne un petit polype qui forme par bourgeonnement une nouvelle colonie (Figure 11). On parle de recrutement pour qualifier les individus qui s'ajoutent à la population au cours de ce processus (Bramanti *et al.*, 2003). Ce taux de recrutement apparaît également très variable sur le plan spatial et temporel (Bramanti *et al.*, 2005) avec des valeurs pouvant varier d'un facteur 10 entre les populations – e.g.  $0.56 \pm 0.21$  individus/dm<sup>2</sup> aux Îles Medes, en Espagne, contre  $6.06 \pm 1.75$  individus/dm<sup>2</sup> à Calafuria, en Italie (Santangelo *et al.*, 2012b). La structure du substrat, la compétition pour les ressources et la prédation des larves seraient des facteurs déterminants.

### 2.3.1.6 **Menaces : exploitation commerciale et perturbations climatiques**

Le corail rouge a marqué l'histoire entre les hommes et la mer en Méditerranée. Tout au long de l'antiquité, il était utilisé par les égyptiens, les grecs et les romains pour sa beauté et les pouvoirs mystiques qu'on lui attribuait (Tescione, 1973). Cette fascination exceptionnelle pour ce que l'on nomme 'l'or rouge de Méditerranée' a alimenté une exploitation continue du corail rouge depuis plusieurs siècles (Marchetti, 1965 ; Tescione, 1973 ; Liverino, 1983 ; Wells, 1983 ; Grigg, 1984). *Corallium rubrum* présente cependant des singularités biologiques et écologiques qui le distinguent des autres ressources halieutiques. A l'inverse des poissons, des bivalves ou des éponges, c'est un organisme sessile caractérisé par une croissance très lente, un recrutement faible et une dispersion limitée (cf. ci-dessus).

Ces particularités font du corail rouge une ressource vulnérable et peu durable. Ce constat a cependant mis beaucoup de temps à être accepté. Jusqu'à dans les années 2000, il n'existait encore aucune preuve scientifique concernant la précarité et non-durabilité des stocks de coraux (Tsounis *et al.*, 2013). Une des explications à cela réside dans le fait que, pendant longtemps, la taille des coraux n'était pas relevée, et que les rendements des pêches restaient stables, créant l'illusion que les stocks se renouvelaient (comme le montre la Figure 13 tirée de Tsounis *et al.*, 2013, données de la FAO).



**Figure 13.** Relevé des pêches de corail rouge dans les pays méditerranéens. Les rendements des pêches restent globalement constants entre les années 1980 et 2000. Une augmentation des rendements est même observée à partir des années 2000, donnant l'impression que les stocks de coraux se régénèrent suffisamment rapidement pour être durables dans le temps. (FAO, 2013).

Le fait est que les colonies de coraux étaient de plus en plus petites en taille, pêchées de plus en plus loin et de plus en plus profondément (Santangelo, 1993). C'est ce qui a retardé la prise de conscience de la surexploitation des populations de coraux (Santangelo *et al.*, 2007 ; Tsounis *et al.*, 2007; Santangelo & Bramanti, 2010). Ce constat était d'autant plus polémique qu'il représentait un obstacle réel au commerce du corail. Rapidement, l'émergence d'un conflit opposant une exploitation durable aux intérêts économiques à court terme a imposé la mise en place d'une réglementation spécifique pour le corail rouge.

Par ailleurs, l'expansion et la pérennité des populations dépendent de la stabilité des conditions environnementales et de l'habitat. Des perturbations climatiques ou anthropiques, même ponctuelles, peuvent entraîner une mortalité importante des colonies (Crisci *et al.*, 2011 ; Bramanti *et al.*, 2013 ; Cerrano *et al.*, 2013 ; Linares *et al.*, 2013 ; Teixido *et al.*, 2013). Par exemple, deux événements climatiques marquants en 1999 et en 2003 ont profondément bouleversé la dynamique des populations à l'échelle de la Méditerranée (Perez *et al.*, 2000; Garrabou *et al.*, 2001; Crisci *et al.*, 2011). En 2012, Santangelo *et al.* se sont basés sur une série temporelle relevée à Calafuria en Italie, remontant à 1987, pour construire un modèle mathématique de la dynamique démographique des populations de *Corallium rubrum*. En modélisant les effets de mortalité associés à des événements climatiques ponctuels (*e.g.* canicules sus-mentionnées) et les effets de la pêche sur les classes de taille (tendance à déplacer la distribution vers des tailles plus petites), les auteurs ont montré que le rétablissement des populations peut prendre entre 20 et 60 ans, voire être complètement perdu si un seuil est dépassé (Santangelo *et al.*, 2012a).

#### 2.3.1.7 Protection de l'espèce

L'interdiction de la pêche par la Croix de Saint-André ou par dragage, en parallèle du développement important de la plongée sous-marine au cours de la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, a permis de passer progressivement d'une pêche aveugle et destructrice à une exploitation sélective des stocks (Tsounis *et al.*, 2013). Certaines règles, visant à encadrer la récolte professionnelle, telles que des quotas de pêche, des tailles et des profondeurs minimum à respecter ont ainsi été mises en place (Tsounis *et al.*, 2010). Par exemple, la Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée (CGPM) de la FAO imposait, à l'issue de la 13<sup>ème</sup> commission de son conseil scientifique, et concernant l'ensemble de la Méditerranée, de récolter les colonies de corail rouge au-delà de 80 m et dont la base atteignait au minimum 10 mm.

*Corallium rubrum* a également été inclus dans trois conventions internationales pour la protection et la conservation d'espèces (Convention de Berne (1979), Directive Européenne 'Habitats, Faune, Flore' (1994), Convention de Barcelone (1995) et, en France, dans plusieurs réserves marines, soucieuses de gérer les populations de corail rouge en présence (*e.g.* Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls (1974), Réserve Naturelle de Scandola (1975), Parc Marin de la Côte Bleue (1982), Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio (1999), Parc national des Calanques (2012). Malheureusement, l'évolution des mesures prises par la CGPM (Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée) reflètent les conflits d'intérêts auxquels est exposé le corail rouge. Par exemple, depuis 2011 la taille minimale autorisée pour l'activité de corailage a été abaissée à 7 mm (FAO, 2011a) et la profondeur minimale de récolte autorisée est passée à 50 m (FAO, 2011b). Ce sont par ailleurs des problématiques qui concernent l'ensemble des coraux précieux exploités (Tsounis *et al.*, 2013). Les enjeux économiques impliqués et la progression incontrôlable du braconnage font des coraux une ressource complexe à protéger. C'est principalement pour cette raison que l'inclusion du genre *Corallium* (dont *C. rubrum* fait partie) dans la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) n'a jamais reçu la majorité des parties votantes – ni en 2007, ni en 2009 (FAO, 2009, 2010 ; CITES, 2011).

#### 2.3.1.8 *Éléments de synthèse*

*Corallium rubrum* est une espèce d'intérêt patrimonial et commercial fort dont les enjeux de gestion sont souvent difficiles à concilier. Les enjeux socio-économiques associés à son exploitation en tant que bijou complexifient la protection de l'espèce dans son milieu naturel. Un défi rendu d'autant plus difficile par les spécificités écologiques qui caractérisent l'espèce (répartition limitée, croissance lente, faible dispersion des larves, faible recrutement des juvéniles, vulnérabilité aux changements de température, etc.). La littérature scientifique met également en lumière le fait que les populations de *C. rubrum*, même dans un espace restreint, peuvent présenter des histoires de vie, des fonds génétiques et des caractéristiques démographiques différentes. C'est un paramètre de première importance car il signifie que les populations de corail rouge ne sont pas égales en termes de dynamique et de résilience<sup>1</sup>. Dans ce contexte, les scientifiques et les écologues ont pour rôle d'apporter des informations précises et fiables sur la biologie de cette espèce et l'état actuel des populations en vue d'appliquer des mesures de gestion pertinentes et renforcer l'aménagement local.

### 2.3.2 Place du corail rouge dans les objectifs du Parc national des Calanques

Les objectifs d'aménagement du Parc s'inscrivent dans la volonté de concilier la préservation des patrimoines naturels et culturels du territoire avec les activités humaines. Cela implique d'identifier la nature des interactions qui lient le corail rouge aux différentes problématiques traitées par le Parc national des Calanques.

D'abord, dans un souci de conserver le caractère exceptionnel du cœur de Parc en termes d'intérêts paysager et culturel, le PNCaI tient à préserver les éléments naturels qu'il qualifie de 'grande valeur patrimoniale'<sup>2</sup>. Le corail rouge, de par son endémisme, sa nature emblématique, sa vulnérabilité biologique et son exposition à de multiples perturbations (*Cf. Information générale*), correspond de manière évidente aux critères définissant ces mêmes éléments naturels.

<sup>1</sup> **Résilience** : ici employée sous sa définition écologique *i.e.* la capacité d'une population à retourner à un état d'équilibre après une perturbation.

<sup>2</sup> D'après la charte du Parc national des Calanques p.71

Par ailleurs, préserver ou restaurer le bon fonctionnement des écosystèmes constitue un des objectifs principaux du Parc. Or, *Corallium rubrum* est une espèce caractéristique du coralligène, une bio-structure propre aux fonds Méditerranéens (Boudouresque, 2004). En précipitant le carbonate de calcium présent dans l'eau pour former son exosquelette, il contribue à la consolidation de cet édifice bâti par les algues calcifiées et structure l'habitat de nombreuses espèces (Gibson *et al.*, 2006). Au niveau écosystémique, le corail rouge s'insère donc dans un réseau d'interactions complexe, qui rassemble des milliers d'espèces d'algues, d'invertébrés, de poissons et de micro-organismes. Il contribue au développement d'une richesse spécifique qui fait de la Méditerranée un des pôles de biodiversité les plus importants du monde (Boudouresque, 2004).

Enfin, l'attraction paysagère des sites à corail pour le tourisme sous-marin constituent un enjeu de gestion auquel le Parc s'efforce de veiller.

L'objectif de cette étude est de définir l'état zéro de dix populations de *Corallium rubrum* au sein du cœur du Parc national des Calanques et de mettre en place un protocole de suivi de ces populations sur le long terme. Cela consiste à caractériser un état de référence pour chaque site à corail visant à mettre en évidence les effets futurs associés aux réglementations appliquées au sein et en dehors des ZNP.

#### 2.3.2.1 **Objectif 1 : description des populations**

Les données récupérées à partir des relevés photogrammétriques (*cf. Matériel & méthodes*) nous permettent d'obtenir une description poussée des dix populations. Des données relatives à la morphologie des colonies (taille maximale, diamètre basal, nombre de branches), sont relevées. Le morphotype, la densité de colonies, la taille moyenne des branches, la taille médiane et la variance des tailles de branches sont également pris en compte (*cf. Matériel & méthodes*). Les populations sont également comparées entre elles à l'aide d'outils informatiques et statistiques (*cf. Matériel & méthodes*) afin de connaître leurs relations et de mieux comprendre les facteurs qui les distinguent et ceux qui les rapprochent.

#### 2.3.2.2 **Objectif 2 : comparaison ZNP vs. hors ZNP**

Les populations au sein des ZNP sont comparées aux populations en dehors des ZNP au niveau de la taille maximale, du diamètre basal et du nombre de branches. Pour chaque variable un état zéro est défini. Il permettra, au cours du suivi à long terme, de tester si l'interdiction de prélèvement entraîne des effets observables sur les colonies de corail rouge.

### 2.3.3 **Evaluation quantitative en plongée**

#### 2.3.3.1 **Stratégie**

La photogrammétrie en milieu sous-marin, par rapport aux méthodes classiques, permet d'obtenir une représentation quasi complète de l'objet. La quantité d'information enregistrée est très grande. Elle fournit un document facilement utilisable, et réutilisable pour des mesures complémentaires. Elle offre des possibilités d'archivage très importantes. La répétitivité des mesures et l'analyse de nouveaux paramètres, auxquelles les observateurs n'auraient pas pensé, est aussi un avantage de cette méthode. Le temps de travail sous l'eau est considérablement réduit.

Il existe toutefois des données qui ne peuvent pas être obtenues comme des parties cachées ou non visibles sur les deux photos. La photogrammétrie reste une mesure indirecte. Elle nécessite des moyens informatiques ainsi qu'un temps d'analyse assez important.

Un quadrat muni de cibles spécifiques est utilisé pour le traitement des photos. Chaque quadrat est photographié (dans les transects permanents et les échantillonnages aléatoires) deux fois, sous deux angles légèrement différents, sur chaque photo il doit apparaître le quadrat entier ainsi que l'ensemble des cibles. Une troisième photo est réalisée afin de garantir l'obtention d'un modèle fiable si l'une ou l'autre des deux photos principales était non utilisable. Tous les réglages sont manuels afin d'éviter des changements de caractéristique entre deux photos. Afin de pouvoir utiliser les deux clichés, ceux-ci doivent avoir entre eux un maximum de recouvrement et de zones communes identifiables. Un angle d'environ 30° est un bon compromis pour avoir un maximum de zones communes et une mesure en 3D fiable.

### 2.3.3.2 Déroutement des campagnes de terrain

Les opérations de terrain étaient prévues pour la fin d'année 2013. Le mauvais temps de septembre et d'octobre a induit un décalage des sorties de Septentrion, prévues jusqu'à fin novembre-début décembre. Les acquisitions de données ont été réalisées entre le 4 novembre et le 11 décembre 2013 (Tableau 8, Figure 15).

Une première campagne de terrain a été menée entre le 4 novembre et le 2 décembre 2013, afin de réaliser une prospection des sites sélectionnés et de valider le choix de ceux-ci. Cette première mission a permis de constater que l'un des sites de suivi permanent a été dégradé. Les marques identifiant les transects ont toutes disparu. Septentrion est retourné sur le site de la Grotte à Corail dans le but de réinstaller le site, pour pouvoir ensuite acquérir les données photographiques. Ce travail a nécessité plusieurs plongées supplémentaires.

Lors de la prospection autour de l'Île Verte, nous avons pris l'initiative de faire une plongée supplémentaire. Il nous a semblé intéressant d'acquérir des données de terrain sur deux sites proches, mais très contrastés par leur géomorphologie. Les plongées ont été réalisées sur le site de la Balise et dans la Grotte de la Vierge.

Lors des plongées sur les sites 'marseillais' nous avons défini deux contextes :

- les surplombs et entrées de grotte où les populations sont très denses,
- les roches isolées où les populations sont plus éparpillées.

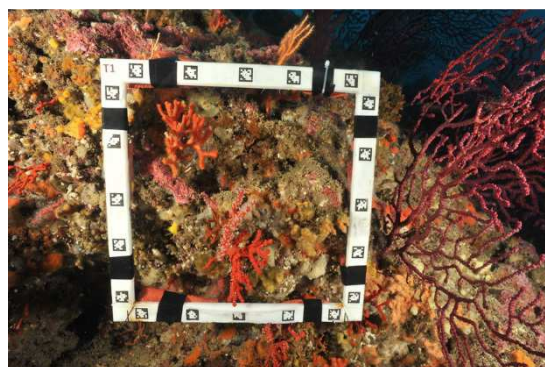
**Tableau 8.** Dates de sortie et sites échantillonnés lors du suivi corail rouge. Sont également indiqués le statut de protection, le type d'échantillonnage, le nom des plongeurs, le nombre de photos réalisées et les coordonnées géographiques des stations en WGS 84. Initiales des plongeurs : NK : Nadège Kokel ; OB : Olivier Bianchimani ; SBB : Solène Basthard-Bogain. Sup : station supplémentaire.

N°	Site	Code site	Profondeur investification	Statut de protection	Type d'échantillon	LatWGS84_DM	LonWGS84_DM	Prospection		Prise de vue		Nbre de photos
								Date	Plongeurs	Date	Plongeurs	
0	Riou sud transect 20m	RRS_20	20 m	ZNP	transect permanent	43°10,363'N	5°23,421'E	13/11/2013	OB+NK	08/12/2013	SBB+OB	60
1	Riou sud transect 22m	RRS_22	22 m	ZNP	transect permanent	43°10,363'N	5°23,421'E	13/11/2013	OB+NK	08/12/2013	SBB+OB	66
2	Riou sud transect 40m	RRS_40	40 à 50	ZNP	quadrats aléatoires	43°10,363'N	5°23,421'E	13/11/2013	OB+NK	08/12/2013	SBB+OB	63
3	Plane grotte Péres	PGP	15 à 20	ZNP	transect permanent	43°11,195'N	5°23,472'E	25/11/2013	OB+SBB	07/12/2013	SBB+OB	168
4	Petit Congloue	PCG	30 m environ	ZNP	quadrats aléatoires	43°10,757'N	5°23,694'E	04/11/2013	OB+SBB	10/12/2013	SBB+OB	78
5	Planier tombant Planier	PTP	30 m environ	ZNP	quadrats aléatoires	43°11,956'N	5°13,721'E	02/12/2013	SBB+NK	09/12/2013	SBB+OB	66
6	Maire Pharillons	MPH	40 m	Hors ZNP	quadrats aléatoires	43°12,439'N	5°20,279'E	25/11/2013	SBB+NK	07/12/2013	SBB+OB	102
7	Grotte corail	MGC	15 m	Hors ZNP	transect permanent	43°12,627'N	5°19,942'E	25/11/2013	OB+NK	18/06/2014	OB+NK	66
8	Figuier	FIG	15 à 30 m	Hors ZNP	quadrats aléatoires	43°12,319'N	5°26,779'E	04/11/2013	OB+NK	10/12/2013	OB+NK	81
9	Île Verte balise	IVB	15 à 30 m	Hors ZNP	quadrats aléatoires	43°09,601'N	5°36,734'E	11/12/2013	OB+SBB	11/12/2013	SBB+NK	78
10	Castelviel	CAS	15 à 30 m	Hors ZNP	quadrats aléatoires	43°11,856'N	5°29,945'E	04/11/2013	SBB+NK	10/12/2013	SBB+NK	57
SUP	Île Verte (grotte vierge)	IVG	15 à 30 m	Hors ZNP	quadrats aléatoires	43° 9.525'N	5° 36.808'E	Prospection faite avant la prise de vue dans la même plongée		11/12/2013	OB+NK	57

L'acquisition des photos a fait l'objet d'une deuxième campagne. Pour chaque station, les séries photographiques représentent plusieurs dizaines de couples de photos permettant de garantir une centaine de données biométriques par site (Tableau 8). Quelques exemples de photos acquises durant la campagne sont présentés dans la Figure 14 à titre d'exemple.



Pharillons (40 m)



Tombant de Planier (30 m)

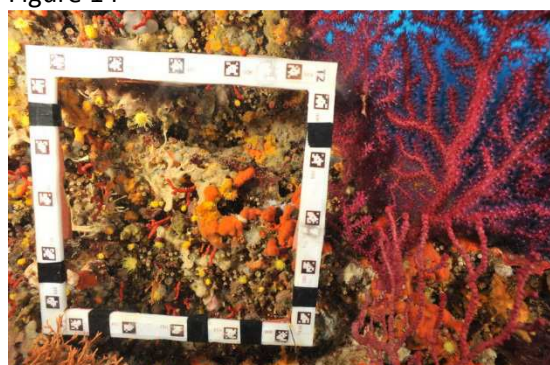


Transect permanent à Grotte Pérès

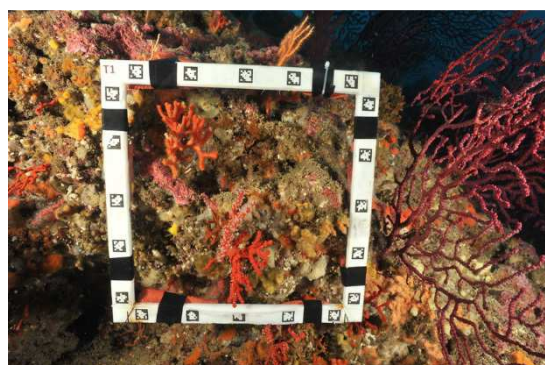


Riou Sud (transect à 22 m)

Figure 14



Pharillons (40 m)



Tombant de Planier (30 m)



Transect permanent à Grotte Pérès



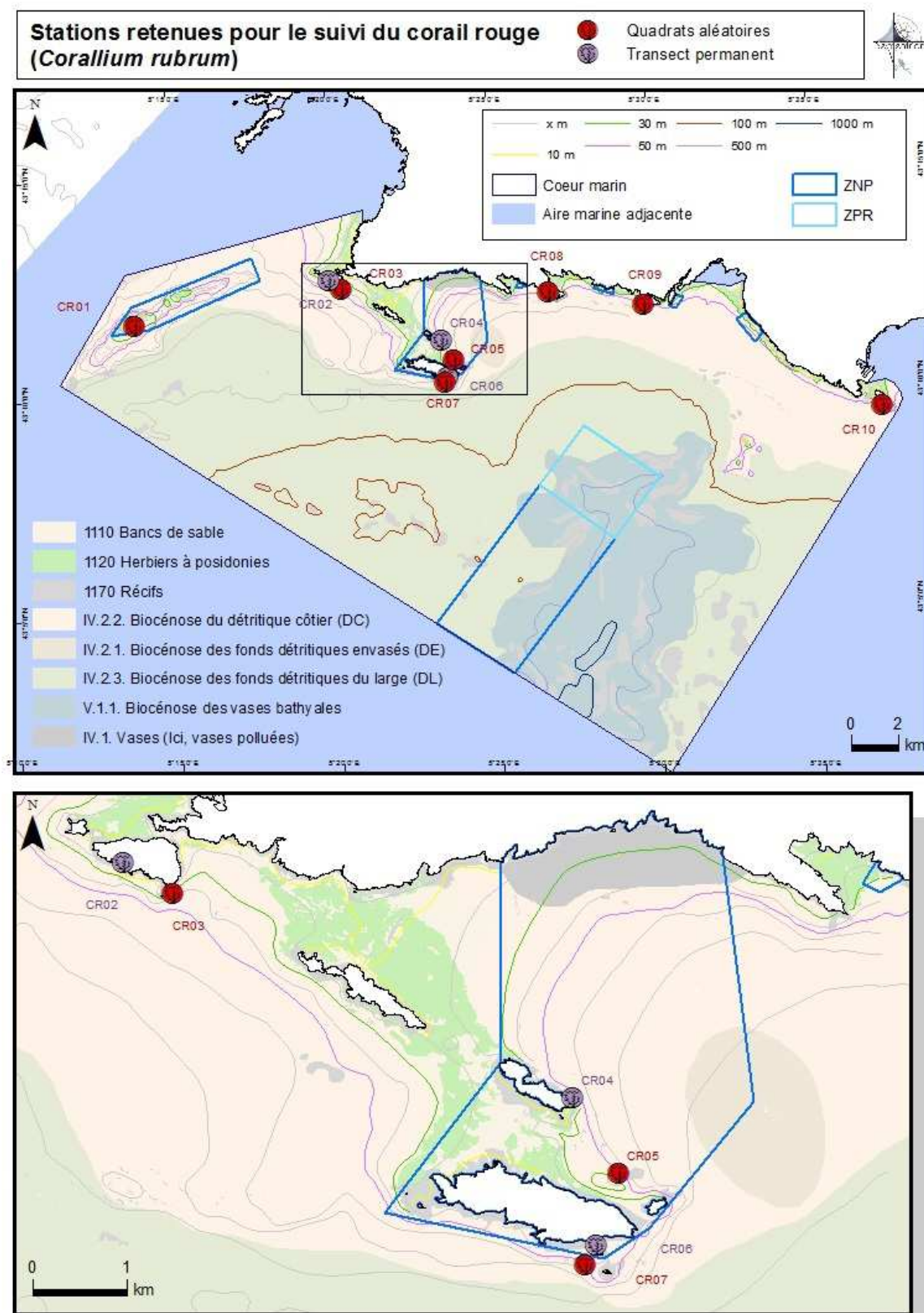
Riou Sud (transect à 22 m)

**Figure 14.** Exemples de photos quadrat des colonies de corail rouge, acquises durant la campagne de terrain, au niveau de 4 stations dans le Parc national des Calanques.

### 2.3.3.3 **Les sites d'étude**

#### 2.3.3.3.1 *Sites hors ZNP*

Cinq sites hors ZNP ont été étudiés (Figure 15 et annexe 8) :



**Figure 15.** Localisation des 10 stations d'échantillonnage pour l'étude quantitative du corail rouge en plongée.

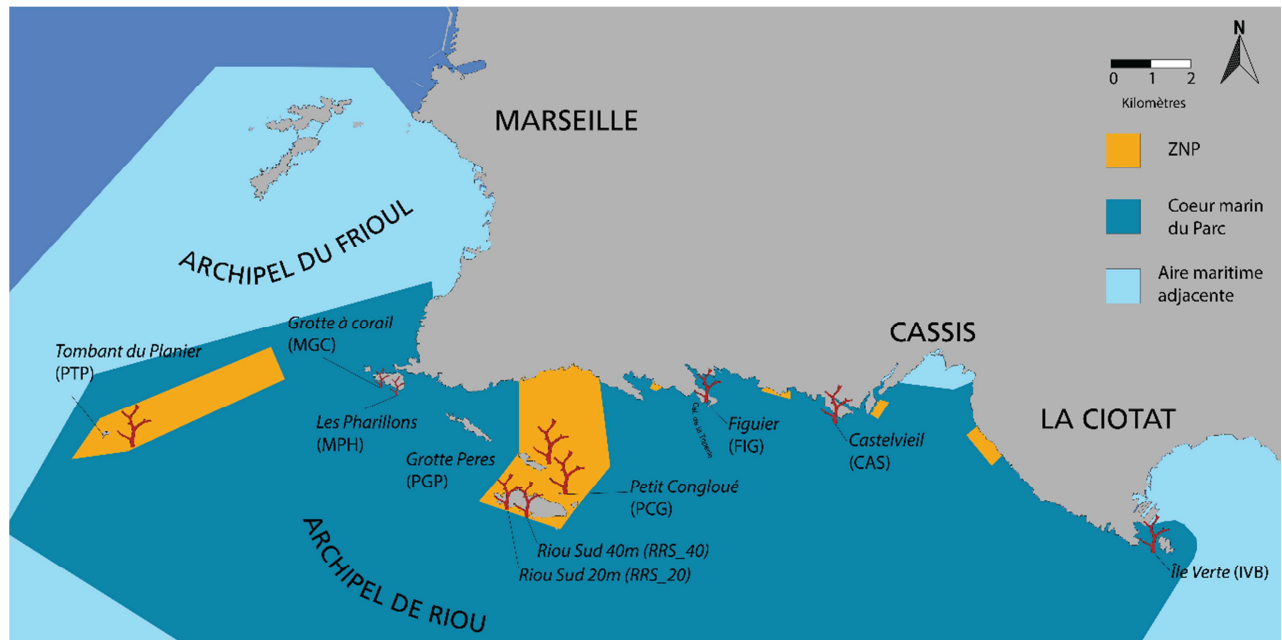
- **CR09 Castelvieil (CAS).** La population sélectionnée a été échantillonnée à l'entrée de la grotte à corail de Castelvieil. Cette cavité, non-traversante, se caractérise par un large surplomb où les colonies se développent. Cette grotte se trouve à une profondeur de 15 m environ sur une grande paroi verticale, qui, quant à elle, est assez dénudée. Ce site est assez fréquenté pour les clubs cassidains notamment car elle se trouve très proche du port. Toutefois, l'affluence des clubs de plongée reste limitée par rapport à la fréquentation observée sur le secteur marseillais.
- **CR08 Figuier (FIG).** La population étudiée se trouve à l'entrée d'une grande cavité sur la partie surplombante. Malgré la faible profondeur (15 m environ) et l'abri qu'offre cette crique, la population semble être relativement préservée. En effet, la distance et la récente mesure de protection dont bénéficie le site (interdiction de plongée sur l'ensemble du secteur de la Calanque de la Triperie) limite la fréquentation et les risques de destruction mécanique.
- **CR10 La Balise de l'Île Verte (IVB).** Il s'agit d'un tombant de 5 à 35 m de profondeur. Ce site est équipé de deux anneaux immergés pour l'ancrage des bateaux de plongée. Ce site est très fréquenté du fait des différentes profondeurs d'évolution qu'il propose. Le tombant présente de nombreuses anfractuosités et des concrétionnements de coralligène. Les colonies de corail rouge ont donc été échantillonnées aux niveaux de différentes anfractuosités et de petits surplombs entre 20 et 30 m de profondeur à partir de l'ancrage situé le plus au Sud, au niveau du tombant orienté plein Ouest.
- **CR02 Grotte à Corail (MGC).** La Grotte à Corail peut se définir comme un immense surplomb circulaire. Elle possède deux entrées principales orientées vers le large et possède un 'cratère' central d'une dizaine de mètres de diamètre. La profondeur de la grotte n'excède pas 16 m. Le transect se situe à une douzaine de mètres dans l'alignement de l'entrée la plus profonde. Ce site est relativement fréquenté, notamment par des plongeurs débutants du fait de la faible profondeur d'évolution.
- **CR03 Les Pharillons de l'Île Maïre (MPH).** Le tombant des pharillons se caractérise par une paroi verticale allant de la surface jusqu'à 40 m de profondeur environ. Il s'agit sans doute du site le plus fréquenté de cette étude. Le tombant offre des abondances d'espèces très variables, allant en s'accroissant lorsque l'on s'éloigne des zones de mouillage aménagées pour la plongée. La population étudiée se situe en dessous de la grande arche, entre 30 et 40 m de profondeur. Sur cette partie, le site se caractérise par des anfractuosités de taille moyenne et des grandes failles.

### 2.3.3.2 Sites au sein des ZNP

Cinq sites au sein de ZNP ont été étudiés (Figure 16 et annexe 8) :

- **CR05 Le Petit Congloué (PCG).** Le site du Petit Congloué est très peu fréquenté par la plongée de loisir (limite de zone d'interdiction de plongée et profondeur peu adaptée à l'évolution de niveaux 1 – trop profond – ou de niveaux supérieurs – pas assez profond). Le site se caractérise par un tombant assez uniforme autour de l'îlot. Les colonies étudiées se situent plus au Nord sous de gros blocs rocheux créant de petits à moyens surplombs très peu élevés.
- **CR04 Grotte Pérès (PGP).** Le site de la Grotte Pérès se caractérise par une grande cavité, assez profonde par endroit. L'ouverture se situe entre 10 et 25 m de profondeur. Les trois transects (de 4 crochets chacun) se situent sur la partie la plus verticale de la grotte. Ils se superposent entre 12 et 16 m de profondeur. Le site de la Grotte Pérès est bien fréquenté de par la richesse du site et une profondeur d'évolution adaptée à tous les niveaux.
- **CR01 Le Planier (PTP).** Le tombant du Planier est constitué d'une paroi verticale partant de la surface et allant jusqu'à presque 40 m de profondeur pour la partie la plus profonde. Par son éloignement le Planier est moins fréquenté que les sites de l'archipel de Riou. De plus, les plongeurs privilégient souvent l'exploration des épaves qui gisent à proximité du tombant. Ce dernier présente des anfractuosités de tailles intermédiaires et quelques failles, propices à l'installation de colonies de corail rouge. Il est à noter la forte abondance de *Caulerpa cylindracea* par comparaison aux autres sites.
- **Riou Sud.** Le site de Riou Sud se caractérise par un tombant de 30 à 40 m de profondeur et par la présence d'une grande cavité. Ce site est peu fréquenté par la plongée de loisirs du fait de la difficulté de l'ancrage et de l'accessibilité du site aux plongeurs qualifiés niveau 1 ainsi que par son exposition au vent. Toutefois il s'agit d'un site atelier de référence pour les études menées par les scientifiques de la Station Marine d'Endoume. En effet, de nombreux travaux de recherche et de suivis biologiques à long terme sont conduits sur ce site : suivi corail rouge, cadre de Jean-Georges Harmelin, prélèvements de gorgones et relevés de température. Deux stations à des profondeurs différentes ont été suivies :
  - **CR06 Riou Sud 20 m (RRS\_20).** Le site de Riou Sud 20 m se caractérise par une très grande cavité non traversante de 15 m de profondeur jusqu'à 35 m et profonde de plusieurs dizaines de mètres. La population étudiée se situe sur la partie surplombante. Le premier transect se situe à 18 m de profondeur dans la partie la plus élevée, et est composé de 4 crochets. Le second transect se situe à 20 m de profondeur, sous le premier. Le troisième transect se situe à 22 m de profondeur à l'Est des deux précédents, à la limite entre population de corail rouge et de gorgones. Il est composé, quant à lui, de 5 crochets davantage espacés que ceux composant les deux transects précédents.

- **CR07 Riou Sud 40 m (RRS\_40).** Un large épaulement scinde le tombant de Riou Sud entre 25 et 30 m de profondeur environ. La partie la plus profonde se caractérise par un concrétionnement très important et riche offrant de nombreuses anfractuosités propices au développement de colonies de corail rouge.



**Figure 16.** Carte des différents sites d'études au sein du Parc national des Calanques. ZNP (en jaune) : le tombant du Planier (PTP), la Grotte Pérès (PGP), le Petit Congloué (PCG), Riou Sud à 20 m (RRS\_20) et Riou Sud à 40 m (RRS\_40). Hors ZNP : la Grotte à Corail de l'Île Maire (MGC), Les Pharillons de l'Île Maire (MPH), la Calanque de la Triperie au Figuier (FIG), Castelvieuil (CAS) et la Balise de l'Île Verte (IVB).

#### 2.3.3.4 Design expérimental

Chaque site a été échantillonné à l'aide de quadrats de 20 cm × 20 cm (0.04 m<sup>2</sup>) disposés de manière aléatoire au niveau des colonies de corail rouge présentes sur le site. Au cours des sessions d'échantillonnage, chaque quadrat est pris en photo plusieurs fois pour le besoin de la photogrammétrie (cf. ci-dessous).

#### 2.3.3.5 La photogrammétrie

##### 2.3.3.5.1 Principe

La photogrammétrie se base sur la construction de modèles 3D à partir d'un jeu de photos en 2D. Ces modèles permettent ensuite de réaliser des mesures d'une grande précision (de l'ordre du 1/10 de millimètre). Une fois les photos orientées et mises à l'échelle (*i.e.* pour chaque photo une matrice de translation et une matrice de rotation sont calculées), la photogrammétrie permet de produire un point 3D à partir de points 2D homologues en utilisant le principe de la triangulation : Si on considère un point sur l'objet photographié depuis deux positions différentes (*e.g.* la base d'une même colonie sur deux photos d'un même quadrat), le rayon reliant ce point à l'appareil photo est appelé 'ligne de vue'. L'intersection des 'lignes de vue' (ou triangulation) permet de déterminer la position dans l'espace (en 3 dimensions) du point photographié.

Pour un résultat optimal, les photos d'un même quadrat doivent être prises avec deux angles de vue différents mais préserver entre elles un maximum de recouvrement et de zones communes identifiables.

#### 2.3.3.5.2 Matériel photographique

Les relevés photogrammétriques ont été réalisés à l'aide de deux appareils :

- Un appareil Nikon D700 avec un objectif de 20 mm, un caisson Nauticam étanche et une optique hémisphérique grand angle éclairée par 2 flashes Ikelite DS160 ;
- Un appareil Nikon D700 avec un objectif de 20 mm, un caisson Sea&Sea étanche et une optique hémisphérique grand angle éclairée par 2 flashes Ikelite DS125.

Les appareils photographiques ont été utilisés en mode manuel en fixant la focale afin d'éviter des changements des caractéristiques entre deux photos. Les réglages effectués permettent d'obtenir la netteté de l'objet photographié lorsqu'il est à 25 cm de distance de l'appareil photographique. L'ensemble du dispositif (appareil photo, objet choisi et caisson étanche) est calibré grâce à une mire de calibration conçue pour définir une nouvelle focale en milieu marin.

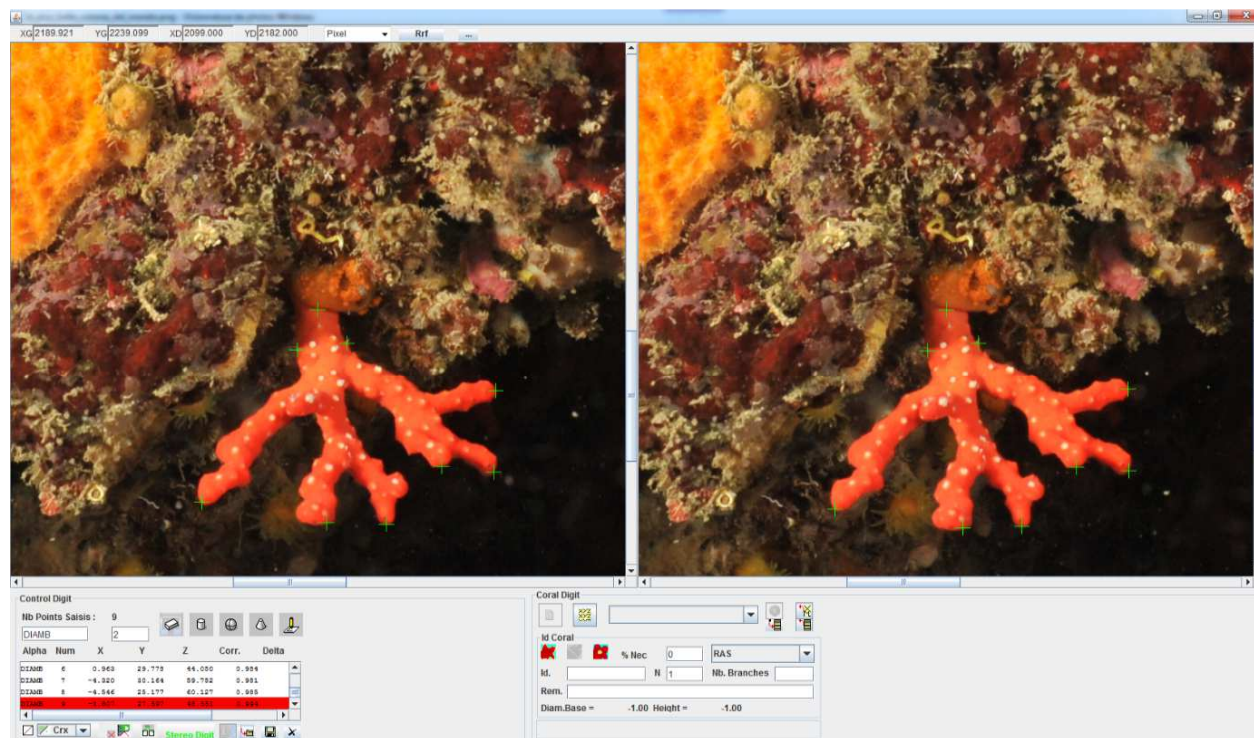
#### 2.3.3.5.3 Avantages de la méthode

La photogrammétrie donne accès à une quantité importante de données de grande précision. C'est un progrès sur les plans quantitatifs et qualitatifs pour l'échantillonnage en 'milieu contraignant' (tels que les milieux subaquatiques) qui se répercute inévitablement sur la puissance des traitements statistiques. De plus, cette méthode est non intrusive et non impactant sur le milieu. Cette méthode a été validée lors d'une étude menée en 2010 sur les espèces benthiques à longue durée de vie (Linares *et al.*, 2010).

#### 2.3.3.6 Acquisition des données

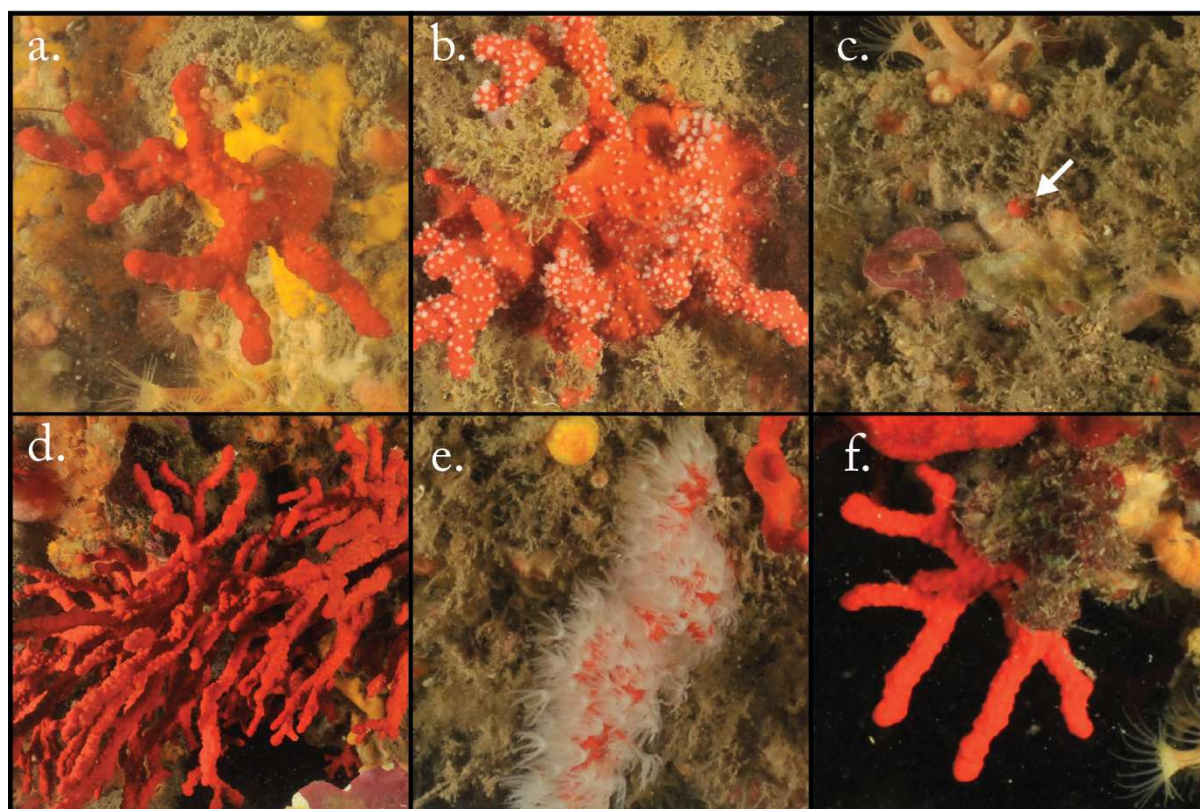
##### 2.3.3.6.1 Arpenteur

La construction des modèles 3D et l'acquisition des données ont été réalisées à l'aide du logiciel Arpenteur. Grâce aux cibles présentes sur le quadrat, l'orientation et la mise à l'échelle des photos ont été automatisées (Drap *et al.*, 2013). Pour chaque couple de photos du même quadrat (*i.e.* pour chaque modèle 3D), les points homologues de chaque colonie ont été manuellement détectés et pointés (Figure 17).



**Figure 17.** Exemple de mesures réalisées sur une colonie avec le logiciel Arpenteur. Les photos à droite et à gauche correspondent aux deux angles de vue. Les croix vertes correspondent aux points homologues qui ont été manuellement détectés et placés sur la colonie. Les zones pointées correspondent, de haut en bas, à la base de la colonie, aux extrémités du diamètre basal et à l'apex de chaque branche.

Un 'morphotype' a également été associé à chaque individu parmi trois morphotypes possibles (Figure 18.a). Le type 'RAS' renvoie aux colonies arborescentes classiques, ne présentant aucune particularité morphologique. Le type 'plaque' a été utilisé pour désigner les colonies qui se développent horizontalement, formant des plaques parsemées de petits bourgeonnements (Figure 18.b). Le type 'bourgeon' désigne les colonies très récemment fixées qui se distinguent difficilement et forment un petit patch de cortex rouge sur le substrat qui deviendra par la suite le socle d'une colonie (Figure 18.c). Ces juvéniles présentent un intérêt particulier dans la mesure où ils nous donnent des indices sur le niveau de recrutement au sein de la population. Enfin, le type 'non mesurable' désigne les colonies qui, pour diverses raisons, n'ont pas pu être mesurées (Figure 18.d,e,f). Ces quatre types nous ont ainsi permis de relever l'ensemble des individus présents au sein des quadrats. Cela nous a permis d'obtenir une estimation fiable de la densité totale. Le Tableau 9 résume la nature des points homologues utilisés pour caractériser chaque type de colonie.



**Figure 18.** Types de colonies relevées dans nos quadrats. (a) Colonie 'RAS' qui correspond à une colonie arborescente classique. (b) Colonie 'plaque'. (c) Bourgeon, indiqué par la flèche blanche. (d, e, f) Colonies non mesurables pour diverses raisons. Respectivement : branches trop nombreuses, polypes déployés et colonie en partie cachée. Les colonies non mesurables ont tout de même été relevées pour permettre une estimation correcte de la densité totale de colonies.

**Tableau 9 : Description des relevés photogrammétriques réalisés sur chaque morphotype**

Morphotype	Points homologues
RAS	Base, extrémités du diamètre basal, apex de chaque branche
Plaque	Extrémités du diamètre le plus large
Bourgeon	Présence
Non mesurable	Présence

#### 2.3.3.6.2 Programmation en python

Les coordonnées 3D des points relevés avec Arpenteur ont été traitées à l'aide du langage de programmation Python (Van Rossum & Drake, 2001). Les fonctions du module Pandas (McKinney, 2011) et l'environnement de Canopy (Enthought Canopy, 2012) ont été utilisés. Cela a permis de systématiser le calcul des distances entre les points pour chacun des individus relevés. Seuls les types 'RAS' et 'plaque' ont été mesurés, tandis que les types 'bourgeons' et 'non mesurables' ont été relevés. En plus des variables classiques : taille maximale des branches et diamètre basal, les variations au niveau de plusieurs nouvelles variables prenant en compte l'information portée par les autres branches ont été explorées. Le nombre de branches donne une idée de comment se structure chaque colonie. La taille moyenne des branches prend en compte la longueur de toutes les branches plutôt que de se focaliser sur celle de la branche la plus longue. Pour chaque colonie, les variables calculées sont décrites dans le Tableau 10.

**Tableau 10.** Liste des variables mesurées sur les différents types de colonies.

Morphotype	Nom de la variable	Description
RAS	Nombre de branches	Nombre de branche(s)
	Diamètre basal	Distance entre les deux extrémités du diamètre basal
	Taille maximale	Distance maximale entre la base et l'apex d'une branche
	Taille moyenne	Distance moyenne entre la base et les apex des branches
	Taille médiane	Distance médiane entre la base et les apex des branches
	Variance des tailles	Variance des distances entre la base et les apex des branches
Plaque	Diamètre basal	Distance entre les deux extrémités du diamètre basal
Bourgeon	-	-
Non mesurable	-	-

#### 2.3.3.7 Distances écologiques et distances géographiques

Pour représenter la répartition des colonies et des populations dans l'espace en fonction de leurs caractéristiques, les techniques de **hiérarchie ascendante** et d'**analyse en coordonnées principales** ont été appliquées. Les '**distances écologiques**' ont été calculées en prenant les distances euclidiennes des données morphologiques mesurées sur l'ensemble des colonies de la population ainsi que les proportions des différents types de colonies présents dans la population (*i.e.* densité totale, densité de colonies plaques, densité de bourgeons, taille moyenne des 30 plus grandes colonies, diamètre basal moyen des 30 plus larges colonies, largeur moyenne des plaques, longueur moyenne des plus longues branches, diamètre basal moyen, pourcentage de colonies au diamètre supérieur à 7 mm et pourcentage de colonies de taille supérieure à 40 mm). Les distances géographiques ont été calculées à partir des coordonnées GPS.

#### 2.3.3.8 Analyses statistiques

Nous avons utilisé le modèle linéaire pour analyser les variations des variables réponses (*i.e.* taille maximale, taille moyenne, diamètre basal et nombre de branches) en fonction des variables qualitatives et quantitatives, suivant la forme suivante :

$$Y_i = \mu_i + E_i$$

Où  $i$  est le numéro de l'unité expérimentale,  $\mu_i$  est l'espérance de la variable réponse  $Y_i$  qui s'écrit comme une combinaison linéaire des variables explicatives et  $E_i$  est une variable aléatoire résiduelle appelée erreur, incluant la variabilité du matériel expérimental, celle due aux variables explicatives non incluses dans le modèle, et celle due aux erreurs de mesure.

Les résultats obtenus ont été validés en vérifiant les suppositions qu'implique le modèle linéaire :

- i. **Les variables aléatoires  $E_i$  doivent être indépendantes.** Les résultats de l'estimation des paramètres du modèle et des tests  $\chi^2$  sont sensibles, surtout si les corrélations sont élevées. Dans notre protocole expérimental, chaque colonie a été échantillonnée une unique fois et la

mesure d'un individu n'influe en rien sur la mesure d'un autre. Nous pouvons ainsi assurer l'indépendance des erreurs résiduelles.

- ii. **Les variables aléatoires  $E_i$  doivent suivre une loi Normale centrée et de variance constante  $\sigma^2$ .** Le modèle linéaire tolère plus ou moins bien un écart sur ce point. Un écart modéré de  $E$  à la loi normale a peu d'impact sur la qualité des résultats, d'autant moins que la 'vraie' distribution des variables résiduelles est symétrique. En analyse de la variance, l'inégalité de la variance résiduelle  $\sigma^2$  pour différents niveaux d'un facteur peut avoir des conséquences importantes si le dispositif n'est pas équilibré. Si le dispositif est équilibré, comme c'est le cas dans notre étude, les résultats obtenus seront convenables.

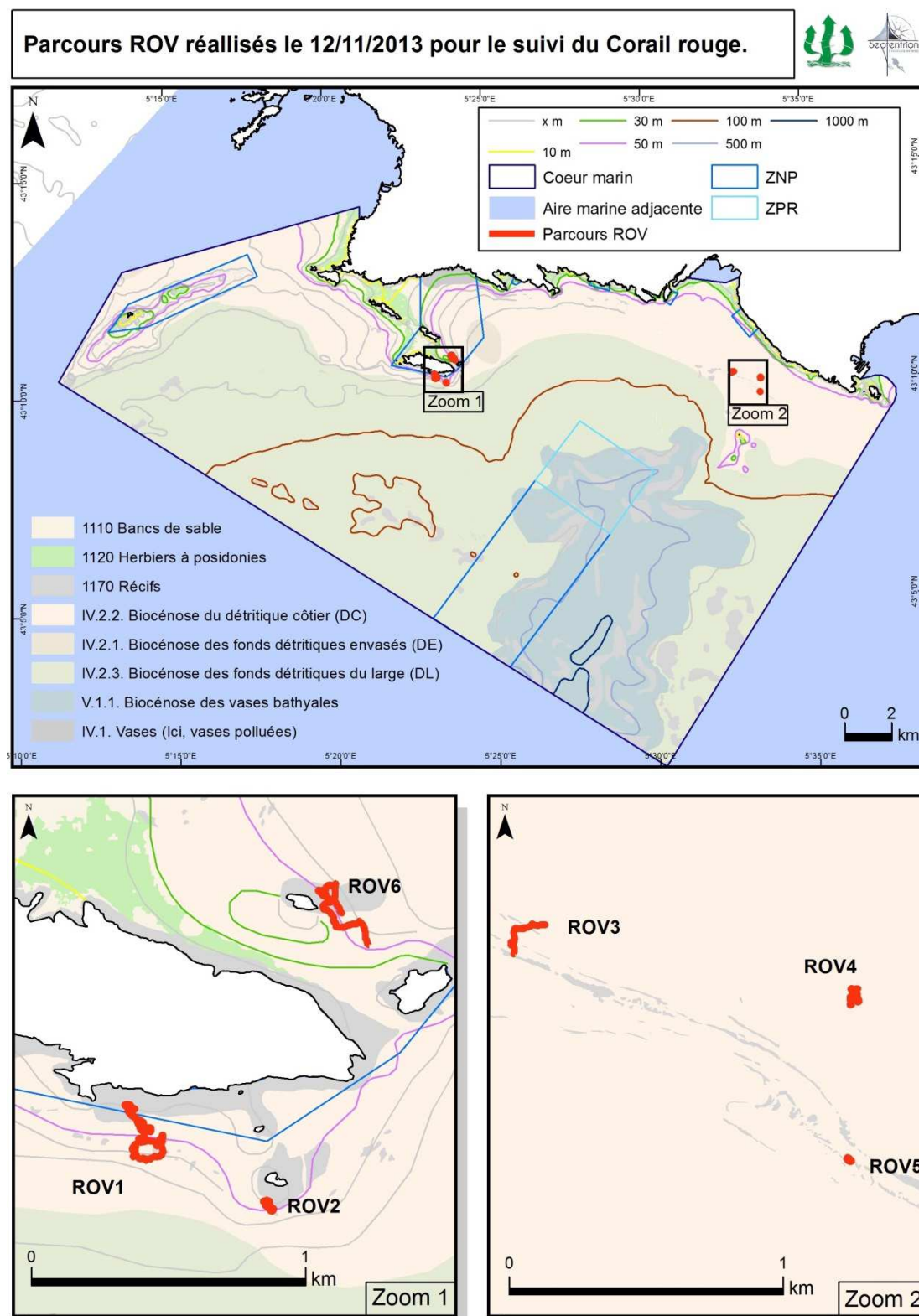
Les tests à disposition pour tester ces contraintes, comme le  $\chi^2$ , Shapiro-Wilks ou Kolmogorov-Smirnov, présentent le défaut d'être ciblés sur une hypothèse alternative particulière et peuvent difficilement prendre en compte la diversité des situations possibles. Pour cette raison, nous avons privilégié le 'diagnostic' de nos modèles par analyse graphique subjective, en nous basant sur notre connaissance des statistiques linéaires. Seule la variable 'Nombre de branches' ne semblait pas satisfaire les hypothèses du modèle linéaire. Cela nous a conduit à utiliser le test non-paramétrique de Kruskal-Wallis pour tester cette variable. L'ensemble des analyses a été réalisé à l'aide du logiciel R (R Core Team, 2013).

### 2.3.4 Evaluation qualitative en ROV

En complément des stations suivies par transects photo, des prospections dans les zones profondes (entre 50 et 100 m) ont été proposées. Cette zone accessible à un nombre restreint de plongeurs est aujourd'hui potentiellement exploitée par la pêche professionnelle. De plus, elle constitue une zone 'refuge', du fait de la profondeur, face à d'éventuels nouveaux événements de mortalité massive liés aux anomalies thermiques positives de la zone superficielle. L'objectif est de localiser les différents faciès à corail rouge en ROV à large échelle sur deux sites parmi les plus emblématiques des Calanques. La réalisation d'images permet d'apprécier qualitativement les populations (observation de secteurs coraillés), et d'appréhender un aspect paysager de ces faciès.

Ce complément a été réalisé avec les moyens et savoir-faire de la COMEX (Minibex + ROV Super Achille). En outre, il sera possible de revenir dans l'avenir sur ces stations pour suivre leur évolution ainsi que d'identifier des zones de travail de corailleurs. Grâce à un positionnement des images photos et vidéos, la COMEX est en mesure de proposer un retour aisé sur les stations, comme cela a déjà été fait dans le canyon de la Cassidaigne pour le programme MEDSEACAN.

#### 2.3.4.1 Déroulement des campagnes de terrain en ROV



**Figure 19.** Localisation des 6 stations d'échantillonnage pour l'étude qualitative du corail rouge en ROV.

Le secteur du Parc national des Calanques présente des zones profondes propices au développement du corail rouge. La face Sud de Riou se caractérise par des parois verticales pouvant atteindre 80 mètres de profondeur et par des ensembles rocheux isolés entre 60 et 70 m. Plus à l'Est, aux alentours du Canyon de Cassidaigne, entre le phare et le Cap Canaille, on trouve des ensembles rocheux à des profondeurs de l'ordre 60 m. A l'Ouest du phare se trouve le canyon qui peut atteindre plusieurs centaines de mètres de profondeur à proximité immédiate.

Ces zones, vraisemblablement connues et prospectées par les corailleurs, restent toutefois très peu étudiées. La caractérisation de l'état de conservation de ces populations nous donne pourtant des indications importantes sur :

- i. la richesse du peuplement dans les Calanques (aires de répartition, distribution bathymétrique, démographie) ;
- ii. les différentes perturbations que ces populations peuvent ou ont pu subir (dégradation par des engins de pêches, corailage, etc.).

Une campagne en mer a ainsi été menée avec la participation des différents acteurs de cette étude (Parc national des Calanques, GIS Posidonie, COMEX SA, Septentrion Environnement). Le 12 novembre 2013, une journée a été dédiée à l'acquisition d'images ROV sur plusieurs sites du Parc national des Calanques, à partir du Minibex. En accord avec l'ensemble des participants, il a été décidé d'élargir l'investigation, initialement prévue sur deux sites, à six sites. Cela nous offre la possibilité d'avoir une vision plus large de la répartition de l'espèce malgré un temps d'observation par site plus court.

Les six stations ont été prospectées entre le Sud de l'archipel de Riou et les affleurements rocheux situés au large des Falaises de La Ciotat, entre 40 et 75 m de profondeur.

### 2.3.4.2 *Les moyens logistiques*

La campagne de prospection en ROV a été conduite avec les moyens nautiques de COMEX. Pour cette opération, la société a affrété le Minibex et le ROV 'super Achille'. Les équipements mis en œuvre permettent un positionnement dynamique au-dessus des sites d'étude tout en géoréférençant les observations. Le ROV est équipé d'une caméra pour l'acquisition d'images en haute définition (Figure 20).

Les logbooks de navigation réalisés à la fin de la campagne de terrain par la COMEX sont présentés en Annexe 8 pour les 4 immersions ROV réalisés sur les zones de corail rouge (ROV 1, 2, 5 et 6).



**Figure 20 :** Photos des équipements de l'exploration ROV. Le Minibex en mer avec le ROV en œuvre, le ROV dans sa cage avant immersion, le ROV en immersion.

#### 2.3.4.3 *Protocole d'observation et de relevé*

A chaque immersion du ROV, une prospection a été réalisée pour trouver des colonies de corail rouge. Lorsque la présence d'une population était établie, un enregistrement vidéo était déclenché. Le ROV effectuait alors un déplacement le long de l'habitat. Des photos ont été réalisées tout au long du parcours lorsque des éléments remarquables étaient identifiés (e.g. engin de pêche).

La caractérisation des colonies de corail rouge a été effectuée *a posteriori* en laboratoire. La bancarisation des données photos et vidéos, ainsi que les logbooks ont été intégrés dans la plateforme ZOODEX (Fourt et Goujard, 2013) du GIS Posidonie pour une analyse biologique optimale. Le visionnage de l'ensemble des séquences vidéo a permis d'obtenir des observations qualitatives sur les colonies présentes. A partir des photos, nous avons dénombré sept types de colonies :

- Les colonies de taille inférieure à 3 cm
- Les colonies de taille comprise entre 3 et 6 cm
- Les colonies de taille supérieure à 6 cm
- Les colonies en forme de plaque (*cf. matériel & méthodes*)
- Les bourgeons (*cf. matériel & méthodes*)
- Les colonies nécrosées
- Les colonies cassées

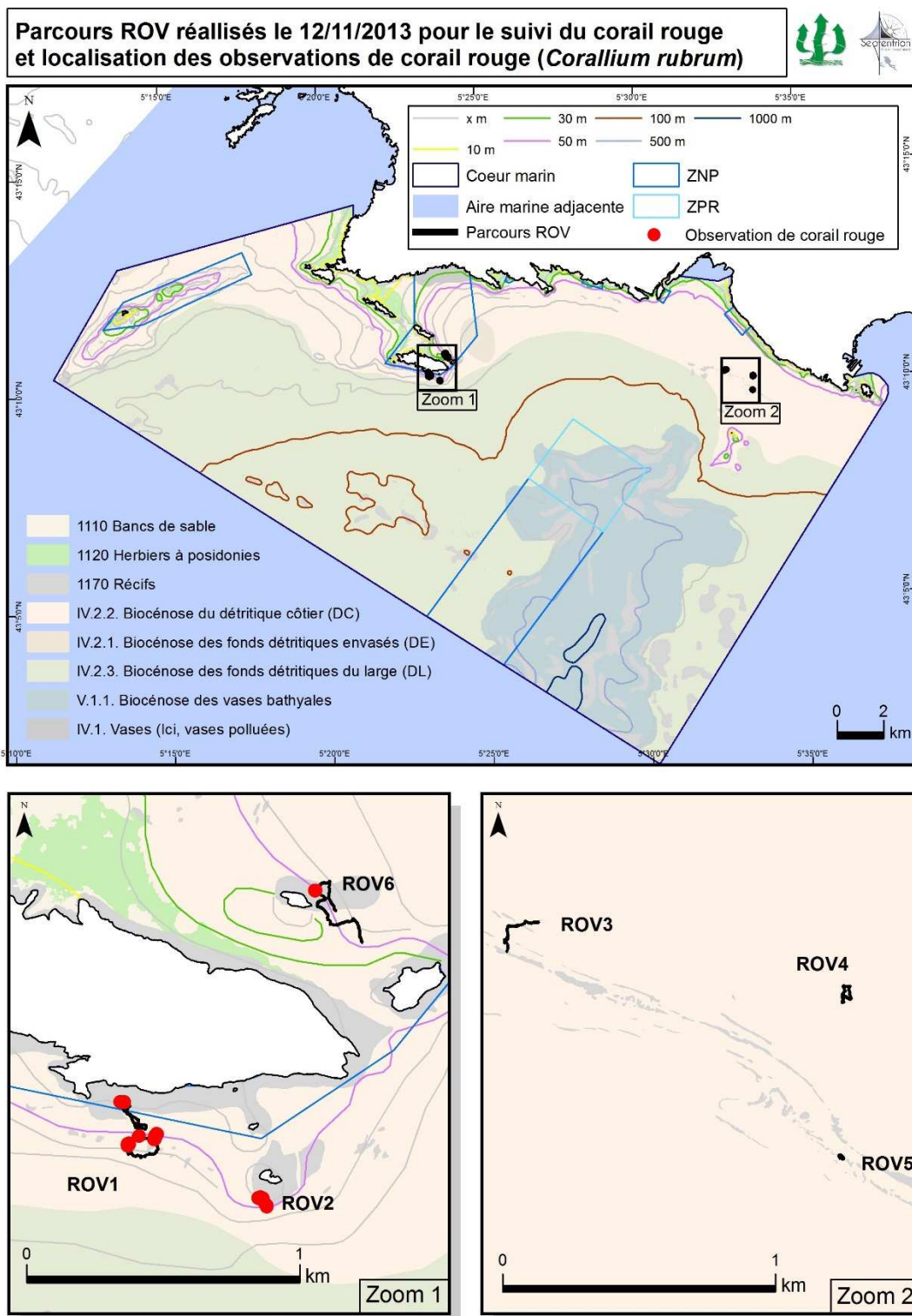
L'évaluation de la taille a été rendue possible grâce à la présence d'un système de pointeur laser donnant une échelle sur l'image.

#### 2.3.4.4 Carte et descriptif des sites

La sélection des sites d'immersion a été faite en combinant les informations fournies par la cartographie des habitats marins de la région (Astruch *et al.*, 2012), par les témoignages d'anciens corailleurs et de scientifiques et par les plongées déjà réalisées au moyen du ROV par la COMEX. La durée moyenne des 'parcours plongées' en ROV a été de l'ordre de 30 à 50 min et les phases d'acquisition vidéo de l'ordre de 15 à 20 min (Tableau 11). La Figure 21 présente le tracé des différentes prospections.

**Tableau 11.** Profondeurs et durées des parcours plongées réalisés avec le ROV.

Sites	Profondeur min (m)	Profondeur max (m)	Profondeur moy (m)	Durée d'observation (hh:mm)	Nom de la plongée
Riou Sud tombant	39,7	41,7	40,8	00:30	CAL_ACH_P01_20131112
Riou Sud roches isolées	60,1	65,8	61,8	00:49	CAL_ACH_P01_20131112
Impérial du Large	54,3	70,7	66,2	00:42	CAL_ACH_P02_20131112
Petit Congloué	35,8	49,4	40,7	00:43	CAL_ACH_P06_20131112
Cassidaigne 1	67,8	74,6	71,2	00:16	CAL_ACH_P03_20131112
Cassidaigne 2	78	78	78	00:16	CAL_ACH_P04_20131112
Cassidaigne 3	61	64	63,6	00:17	CAL_ACH_P05_20131112



**Figure 21 :** Récapitulatif des 'parcours plongées' réalisés par le ROV et des observations de corail rouge.



Banc de sars (Riou sud)

### 3 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE - PHASE 1

#### 3.1.1 Peuplement de poissons

L'analyse bibliographique présentée ci-après porte sur les principales études réalisées sur les peuplements de poissons, au niveau de sites intégrés dans le Parc national des Calanques ou situés à proximité. Cette analyse reprend et complète celle réalisée en 2008, sur le peuplement de poissons des Calanques, pour le GIP Calanques (Astruch *et al.*, 2009).

##### 3.1.1.1 *Suivi du peuplement de poissons des Calanques 2008*

#### **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)

A la demande du GIP des Calanques, le suivi du peuplement de poissons autour de l'archipel de Riou et le long des calanques de Marseille à Cassis a été réalisé en septembre 2008. Les objectifs de cette étude sont (i) l'édification d'un état zéro du peuplement avant la mise en place de mesures de gestion (ii) l'identification d'un éventuel impact des activités humaines sur la structure et la dynamique du peuplement.

#### **Méthodes**

Deux méthodes d'évaluation du peuplement ont été utilisées dans 12 stations d'échantillonnage. La première correspond au comptage visuel du peuplement complet le long de transects de 25 m de long par 5 m de large. Quatre réplicats sont réalisés par stations. La taille et l'abondance de chaque espèce sont relevées ainsi que les paramètres de l'habitat (pourcentage des différents substrats, taille et nombre des blocs) (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). La seconde méthode correspond au suivi d'une liste d'espèces cibles de la pêche professionnelle, de la pêche récréative (à la ligne) et/ou de la chasse sous-marine (Harmelin *et al.*, 1995 ; Daniel *et al.*, 2002). A chaque station, 30 parcours aléatoires de 3 minutes sont réalisés. La présence des espèces cibles est notée ainsi que la classe de taille correspondante parmi les petits/moyens et les grands individus. Parmi les 12 stations suivies, 10 se situent sur un substrat rocheux majoritaire et deux exclusivement sur herbier de posidonie.

#### **Résultats des comptages de poissons**

- **Comparaison entre stations**

A partir de ces deux protocoles d'échantillonnage, les données acquises ont permis une analyse fine du peuplement de poissons. La richesse spécifique est plus importante au Devenson alors que les valeurs les plus faibles sont observées dans les deux stations d'herbier. Dans l'ensemble, les valeurs observées sont élevées et témoignent de la richesse du site. Les densités d'individus observées sont les plus élevées au Devenson et à Tiboulén de Maïre, alors qu'elles sont particulièrement faibles à Port-Miou (station sur herbier). La biomasse calculée par transect montre les mêmes tendances avec de plus fortes valeurs pour Tiboulén de Maïre. Il semble y avoir une différence entre les stations à la côte, où la densité et la biomasse sont plus faibles, et les îles qui présentent des valeurs globalement

plus élevées (présence de plus d'espèces cibles, biomasse plus importante). D'après les analyses, la différence de densité entre la côte et les îles pourrait être liée à l'abondance sporadique des espèces planctonophages.

- **Impacts potentiels de la pêche**

L'étude de la structure des populations de certaines espèces cibles donne des indications sur la sensibilité de certains sites face aux activités de prélèvements. La taille moyenne des girelles *Coris julis* est globalement moyenne et comparable à celle observée dans d'autres zones non protégées soumises à la pêche à la ligne. Cependant, elle varie entre les stations. Le Grand Conglue et Riou Sud (15 à 16 cm en moyenne) recèlent les plus grandes tailles alors que Tiboulén de Maire, malgré une forte densité, abrite les plus petites tailles de girelle mâle (12 cm en moyenne). Ce constat laisse supposer un impact de la pêche à la ligne sans occulter un effet non négligeable de l'habitat et notamment de la profondeur sur la répartition de cette espèce. Les conclusions sont les mêmes pour le serran chevrette *Serranus cabrilla* qui montre aussi une structure démographique différente entre les îles et la côte. En effet, les stations côtières possèdent davantage d'individus juvéniles (8 cm en moyenne).

Le sar commun, *Diplodus sargus*, cible de toutes les activités de prélèvement, montre une structure démographique variable dans la zone pour une taille moyenne de 22 cm (supérieure aux tailles moyennes mesurées dans le cadre du suivi de Cap Couronne). Le Grand Conglue se détache avec la taille moyenne la plus élevée alors que la station des Sablières de Riou possède les plus petites tailles. Ces observations sont cohérentes avec les observations de Harmelin *et al.* (1999) qui ont montré le rôle de nourricerie de la face Nord de Riou.

Les autres espèces cibles, en particulier les espèces nobles (mérou *Epinephelus marginatus*, corb *Sciaena umbra*, loup *Dicentrarchus labrax*, dorade *Sparus aurata*, denti *Dentex dentex*) sont présentes mais avec de très faibles abondances. La mobilité de ces espèces et leur comportement fuyant vis-à-vis de l'homme induit leur observation plus en profondeur, hors d'atteinte des chasseurs sous-marins, par exemple. Cette répartition est identique à celle observée dans d'autres zones non protégées (La Ciotat, Porquerolles).

## **Résultats du suivi d'espèces cibles'**

- **Comparaisons entre stations**

La richesse spécifique par station varie avec un maximum pour Moyades et un minimum pour Port Miou. Le rapport entre le nombre d'occurrence de la catégorie 'grand' et de la catégorie 'petit/moyen' est le plus important dans les stations Riou Sud, Jarre et Moyades. Il est faible pour les stations Port Miou et Sablières de Riou. Concernant Port Miou, cette valeur faible pourrait être due à plusieurs facteurs (habitat uniquement constitué d'herbier, pression de pêche à la ligne) et sans doute aussi liée à la faible densité générale observée à cette station. Sablière de Riou a un nombre d'observations globales relativement élevé, ce rapport faible pourrait donc être le reflet du rôle de nourricerie de cette zone, déjà souligné.

D'après le suivi 'espèces cibles', le site de Port Miou se différencie des autres, probablement parce que l'habitat est dominé par l'herbier, ce qui structure différemment la communauté de poissons. Les stations Riou Sud et Grand Conglue sont semblables entre elles d'après les indices mais différentes des autres. L'espèce qui contribue le plus à l'écart entre ces deux sites et les autres est *Symphodus tinca*. Cette différence serait due au fait que ces deux sites sont plus profonds que les autres, la communauté de poissons y est donc différente.

La répartition des occurrences de grands *Diplodus puntazzo* est hétérogène et on pourrait y voir une différence entre les stations de la côte et les stations des îles à confirmer avec des occurrences respectivement de 3% et de 28%.

- **Comparaisons entre habitats**

La comparaison entre les habitats souligne que les parcours sont plus homogènes dans des habitats structurés par des roches que dans l'herbier. Au niveau des sites, d'ailleurs, la station la moins homogène est Port Miou, qui est uniquement constituée d'herbier.

### **Rôle de l'habitat**

Les analyses de l'habitat évalué pour chaque transect confirment son rôle prépondérant dans la structuration du peuplement de poissons, comme c'est généralement le cas en Méditerranée. Dans le site des Calanques, les paramètres du peuplement sont dépendants de la nature du substrat et en particulier de la rugosité. Une station à dominante rocheuse et possédant un nombre important de gros blocs possède une plus forte richesse spécifique, une densité et une biomasse importantes. A l'opposé, une station dans l'herbier de posidonie et présentant peu de blocs de grande taille, observera des valeurs plus faibles des variables de son peuplement.

### **Comparaison aux études antérieures**

Les paramètres du peuplement obtenus dans le cadre de cette étude ont été comparés à différentes études, en particulier au suivi du Cap Couronne (Jouvenel *et al.*, 2005) sur la Côte Bleue. La comparaison donne des valeurs de richesse spécifique, de biomasse et de densité supérieures à celles observées entre 1995 et 2004 au sein de la réserve de Cap Couronne. En comparaison avec d'autres suivis, le peuplement de poissons des calanques se caractérise comme un site impacté par les activités humaines (densité et biomasse plus faibles que dans les réserves). Encore faut-il nuancer selon les espèces (les densités de sars y sont importantes) et parce que ce site possède une grande diversité d'habitat et un fort potentiel de renouvellement (paramètres plus élevés que dans d'autres zones non protégées).

### 3.1.1.2 Autres études

#### Etude 1 - 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).

L'objectif de cette étude était de comparer le peuplement de poissons du plateau des chèvres, site directement influencé par les rejets de l'émissaire de Cortiou, avant (1980-1981) et après (1999-2000) la mise en service de la station d'épuration. L'échantillonnage a été réalisé à l'aide d'un petit chalut expérimental avec, pour chacune des deux périodes, une campagne en été et une campagne en hiver.

L'étude a fourni les résultats suivants :

- la composition spécifique du peuplement n'a pas significativement évolué ;
- la taille moyenne des poissons échantillonnés est plus importante en 1999-2000 qu'en 1980-1981 ;
- en 1999-2000, l'abondance (densité pour 100 m<sup>2</sup>) de *Coris julis* (girelle), *Scorpaena porcus* (rascasse brune), *Serranus scriba* (serran écriture), *S. cabrilla* (serran chevrette), et *Chromis chromis* (castagnole) a augmenté alors qu'elle est plus faible pour *Boops boops* (bogue), *Spicara sp.* (mendole et picarel) et *Symphodus cinereus* (crénilabre cendré) ;
- une modification de la structure trophique est observée en 1999-2000. Une baisse importante des mésocarnivores de type 1 (Labridae) ainsi qu'une forte augmentation des macrocarnivores (rascasses, serrans) sont observées ;
- les planctonophages étaient représentés majoritairement par la mendole et le picarel *Spicara sp.* en 1980-1981 alors qu'en 1999-2000, ce groupe trophique est dominé par la castagnole *Chromis chromis*. Ce constat serait un effet direct de la mise en service de la station d'épuration, la castagnole tolérant mieux les eaux claires que la mendole et le picarel ;
- certaines espèces à affinité méridionale (*Serranus scriba* et *Symphodus ocellatus*) présentent une forte augmentation de leur densité en 1999-2000. Les auteurs interprètent ce résultat comme une conséquence du réchauffement climatique.

Une nouvelle étude par pêche scientifique au chalut a été réalisée en 2012 (Ourgaud *et al.*, 2015) dans le cadre d'une thèse doctorale au MIO en cours de rédaction. Cette étude, réalisée après la mise en place du traitement biologique (2007), met en évidence une diminution de la richesse spécifique totale, de la densité et de la biomasse de poissons depuis 30 ans. A la suite de ce nouveau traitement, alors que l'abondance des planctonophages et des méso-carnivores a diminué, celle des macro-carnivores a augmenté. Cette évolution du niveau trophique du peuplement de poissons est comparable, selon les auteurs à ce qui s'observent dans des AMP. Là aussi, les auteurs n'écarteront pas l'hypothèse d'un impact de la pêche (baisse de la taille moyenne de *Coris julis*, *Symphodus rostratus*, *S. tinca* et *Scorpaena porcus* entre 1980 et 2012) et du changement climatique (augmentation de l'abondance de *Symphodus ocellatus* et *Serranus scriba* de 1980 à 2012) sur les assemblages de poissons de l'herbier de posidonie du plateau des Chèvres.

## Etude 2 - 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)

Cette publication (Letourneur *et al.*, 2003), parue en 2003 dans le *Journal of Marine Biology*, traite d'une étude réalisée sur les peuplements de poissons de l'archipel du Frioul. Trois techniques de comptage visuel en plongées sont employées :

1. **Relevé de présence/absence, taille et abondance de toutes les espèces** dans 17 sites. Chaque site comprend 3 profondeurs différentes (5, 10 et 20 m), 3 d'entre eux comportent une quatrième profondeur (30 m). Sur chaque profondeur, 4 parcours aléatoires de 5 minutes sont réalisés. Lors de chaque parcours, chaque espèce est dénombrée et la taille est estimée selon 4 classes (juvénile, petit, moyen, gros) ;
2. **Recensement semi-quantitatif des juvéniles de labridae** dans les 17 sites. Seuls les labridae sont considérés en raison de la faible occurrence d'autres espèces juvéniles. 5 classes d'abondances sont utilisées pour dénombrer les effectifs.
3. **Recensement quantitatif.** Six des 17 stations sont suivies selon cette méthode à 15/20 m pour l'ensemble ; d'autres mesures sont faites en outre à 5 m pour 3 des 6 stations. La méthode consiste à échantillonner, sur ces 9 séries, 6 transects de 20 m de long par 2 m de large. Toutes les espèces sont comptées à l'exception des petites espèces cryptiques (gobiidae, blennidae, trypterigidae). La taille est estimée à 0.5 cm près pour les poissons de moins de 2 cm, puis à 1 cm près (jusqu'à 10 cm) puis à 2 cm près (jusqu'à 30 cm) puis à 5 cm près.

Pour les trois méthodes, les caractéristiques environnementales sont relevées (exposition, pente, profondeur, habitat). Au cours de 294 comptages visuels, 62 espèces ont été dénombrées. La richesse spécifique tend à augmenter de 5 à 20 m puis à diminuer plus en profondeur. En fonction des classes de taille, la richesse spécifique suit différentes tendances. Elle est plus importante dans la tranche 5/10 m pour les juvéniles et les petits individus alors qu'elle augmente en profondeur pour les grands individus.

Lors d'une série d'analyses canoniques de concordances, les auteurs tentent d'identifier les facteurs structurant la distribution de la taille et des espèces. Des différences sont mises en évidence entre les stations à 20 m et à 10 m. Par exemple, *Anthias anthias*, les grands individus de *Diplodus puntazzo* et de *Ctenolabrus rupestris* caractérisent les stations de 30 m et 20 m alors que *Serranus hepatus* et *Symphodus cinereus* caractérisent les stations de 20 m et 10 m. Quant aux analyses de correspondance structurant la distribution des labridae juvéniles, des différences marquées sont mises en évidence entre les stations 30 et 20 m et les stations de 5 et 10 m. *Symphodus ocellatus* et *Coris julis* ont été rencontrés plus en profondeur que les autres espèces. La présence de juvéniles de labridae est conditionnée par la présence d'habitats rocheux, en particulier pour *S. tinca*. *S. roissali* qui préfèrent occuper des substrats à fort recouvrement de macrophytes alors que *Coris julis* et *S. ocellatus* s'accommodent mieux au sein de l'herbier de posidonie que les autres espèces. L'abondance de juvéniles de labridae reste dépendante de la pente et de la présence de roche. Les auteurs notent la répartition des petits individus dans les plus faibles profondeurs et inversement pour les plus grandes tailles. Il s'agirait (i) soit d'un 'ontogenic shift' dans l'utilisation de l'habitat en fonction de la taille (protection de la prédation, ressources trophiques particulières, etc.) (ii) soit d'une réponse du peuplement aux pressions de prélèvement des chasseurs sous-marins et des pêcheurs à la ligne, les grands individus (cibles) évitant les zones les moins profondes.

L'échantillonnage a eu lieu durant l'été 1999. Cette période est caractérisée par une température des eaux maintenue exceptionnellement élevée. Une atteinte sur les peuplements benthiques a d'ailleurs été mise en évidence (épisode de mortalité ; Pérez *et al.*, 2000 et Garrabou *et al.*, 2001). Il

est probable que le compartiment ichthyologique ait subi des modifications (disponibilité de ressources trophiques plus importante en raison d'un développement algal exceptionnel, meilleure recrutement grâce à l'absence de pertes de larves, liées à l'absence de courants, etc.).

### Etude 3 - 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)

Aucun suivi exhaustif du peuplement de poissons de la baie de La Ciotat n'a été réalisé à l'exception d'observations ponctuelles (scientifiques et retour d'expérience des usagers) et de suivis localisés. Dans le cadre de la réalisation de l'état des lieux du patrimoine marin environnant les domaines départementaux de l'île Verte et du Mugel (Bernard *et al.*, 2003), une synthèse bibliographique est réalisée (Bernard *et al.*, 2004), dans laquelle figure un état des lieux des connaissances sur les principaux compartiments dont le peuplement de poissons.

Plusieurs inventaires à l'échelle de la Baie de La Ciotat montrent que le nombre total d'espèces est plus important dans les secteurs, très localisés, qui présentent une bonne exposition aux courants, une variation de profondeur importante et des biotopes diversifiés, tels les pointes et les tombants rocheux. Ainsi les poissons dits 'nobles' sont plus fréquemment rencontrés autour des secteurs rocheux ouvrant sur le large : falaises du Bec de l'Aigle, face Sud de l'île Verte, Pointe Grenier, Pointe Fauconnière, Pointe des Trois Fours, Pointe du Défens, ainsi que dans certains petits fonds préservés, comme la Calanque du Mugel et la Baie des nations.

Par ailleurs, les enrochements artificiels (digues des chantiers navals et ports de plaisance) présentent un habitat complexe qui, à proximité immédiate de l'herbier de Posidonie, peut leur conférer une grande diversité d'espèces de poissons. Ces zones seraient, en particulier, le lieu de croissance privilégié de quelques espèces de labridae malgré la pression de pêche et de chasse (présence en abondance de juvéniles de *Labrus viridis* et de *L. merula*) (Atelier Bleu, 2002).

Le mérou (*Epinephelus marginatus*) a fait l'objet de nombreux recensements dans la baie de La Ciotat, et notamment autour de l'île Verte : en 1999, sur le site des Trois-Fours (Saint-Cyr-sur-Mer) un groupe de 5 mérous a été signalé (Bernard *et al.*, 1999). En 2000 le Groupe de Plongée et d'Etude Sous-marine (GPES-La Ciotat) recensait 3 individus au niveau du Grand Moure, 8 individus au Rousteau et à la Pierre du Jas, 12 individus sur les Rosiers et 16 sur la Pierre du Levant (Broquière, 2001). Le Groupe d'Etude du Mérou (GEM) mène également de façon régulière un inventaire des populations de mérous autour de l'île Verte, 80 individus ont ainsi été recensés en 2014, sur les différents sites (Ganteaume *et al.*, 2014). La zone la plus riche correspond aux pierres situées derrière l'île Verte (81%) du fait de la richesse en habitats et de la profondeur plus importante (fréquentation moins importante des chasseurs sous-marins). Des individus de grande taille ont pu être observés, mais un seul individu de petite taille (40 cm). Comme le mérou, les espèces nobles tels que le denti (*Dentex dentex*) et le pagre (*Pagrus pagrus*) semblent être plus abondantes et moins craintives sur des sites profonds et/ou fréquentés régulièrement par les plongeurs sous-marins, que sur les zones plus accessibles (moins profondes) et fréquentées par les chasseurs sous-marins.

Enfin, un inventaire bibliographique des principales espèces de poissons présentes sur les tombants rocheux, grottes, roches de surface et herbier de Posidonie de l'île Verte et du Bec de l'Aigle recense plus de 60 espèces.

**Description – espèces en présence :**

Les zones rocheuses comprises entre 0 et 20 m de profondeur, situées entre la Calanque des Capucins et l'île Verte et entre la Pointe Grenier et la Pointe du Défens, offrent une grande hétérogénéité en abris (topographie) et en nourriture (Bonhomme *et al.*, 2001 ; Bernard *et al.*, 1999). L'ichtyofaune rencontrée y est donc très diverse : les labres (*Symphodus* spp., *Coris julis*, *Labrus merula* et *L. viridis*) et les sars (*Diplodus sargus*, et *D. vulgaris* et *D. puntazzo*) dominant. Les serrans (*Serranus cabrilla* et *S. scriba*) et les rascasses (*Scorpaena notata* et *S. porcus*) sont également fréquents dans les petits fonds. De nombreuses cavités et surplombs sciaphiles, jusque dans de très petits fonds (Calanque du Mugel), abritent apogons (*Apogon imberbis*), petites rascasses (*Scorpaena* spp) et murènes (*Muraena helenae*). De nombreux individus de murène ont été signalés entre la Pointe Grenier et la Pointe du Défens (Bernard *et al.*, 1999). Généralement présents dans des profondeurs plus importantes, au niveau des zones de coralligène et des tombants, la daurade royale (*Sparus aurata*), le sar tambour (*Diplodus cervinus*), le denti (*Dentex dentex*), le pagre (*Pagrus pagrus*), le canthare (*Spondylusoma cantharus*), le saint-pierre (*Zeus faber*) et le mérrou (*Epinephelus marginatus*) sont bien représentés.

Le corb (*Sciaenops ocellatus*), relativement rare, a été observé à plusieurs reprises sur le site du Canonier du Nord et sur les tombants du Grand et du Petit Moure (Bonhomme *et al.*, 2001) ainsi qu'à la Pointe Fauconnière (Les Grottes) et dans la Baie des Nations (La Table) (Bernard *et al.*, 1999).

Dans les zones exposées aux courants, et en particulier au niveau de remontées rocheuses, des espèces pélagiques telles que la sériole (*Seriola dumerili*) ou le barracuda (*Sphyraena viridensis*) peuvent être rencontrées. Des poissons lune (*Mola mola*) sont fréquemment observés dans la Baie de La Ciotat, principalement pendant la saison chaude.

**Éléments connus de leur évolution :**

Le suivi du peuplement de mérrou réalisé tous les deux ans dans la baie de La Ciotat depuis 1997 (Ganteaume *et al.*, 2014) par le Groupe d'Etude du Mérrou montre une nette augmentation sauf sur la Pierre du Jas. Les effectifs de petits mérrou ont plutôt tendance à baisser et au mieux se stabilisent, selon les sites. Les résultats montrent une stabilisation de l'effectif total des mérrou bruns sur les sites de La Ciotat et confirment la tendance à l'augmentation de la plupart des classes de taille menant à l'équilibre de la population avec un stock important de femelles et de mâles matures (en forte augmentation en 2014).

Les récifs artificiels immergés dans la Baie de La Ciotat en 1986 et en 1989, ont également fait l'objet d'un suivi de l'ichtyofaune présente (Ganteaume, 2000). Les récifs artificiels de la baie de La Ciotat présentent ainsi, un peuplement bien diversifié mais toutefois moins riche que ceux observés sur les récifs artificiels de la Côte Bleue ou des Alpes Maritimes. Ils seraient fortement dégradés.

Les auteurs de cette synthèse sur le peuplement de poissons de la baie de La Ciotat énoncent plusieurs sources d'intérêt par rapport au site des calanques :

- la différence de contexte et la différence structurelle des habitats de la zone malgré la proximité géographique par rapport aux calanques ;
- la baie de La Ciotat est prévue dans le périmètre du futur Parc National. Il apparaît donc comme primordial de considérer les caractéristiques des différents peuplements de cette zone en vue d'une gestion adéquate.

## Etude 4 - Compte rendu de la 8<sup>ème</sup> campagne d'inventaire des populations de mérours et de corbs dans les îles marseillaises

(Charbonnel E., 2011)

Cette huitième mission d'inventaire d'espèces patrimoniales marines a été suscitée par le Comité Départemental Biologie-Environnement de la FFESSM (Christine Roche), le GIP Calanques, l'Office de la Mer de Marseille et le CEN Riou-Frioul, avec la participation du Parc Marin de la Côte Bleue, du Centre d'Océanologie de Marseille et du Groupe d'Etude du Mérour (GEM) pour superviser sur le plan scientifique l'inventaire des mérours bruns (*Epinephelus marginatus*) et des corbs (*Sciaena umbra*) présents dans les calanques et îles Marseillaises.

L'objectif de cette campagne de recensement était d'obtenir une quantification des populations locales de ces deux espèces sur certains sites, une évaluation de la taille des individus et une connaissance de la localisation et de la nature de leurs habitats. Il convient de préciser que ces inventaires ne rentrent pas dans une mission 'classique' du GEM, plus rigoureuse sur le plan scientifique (manque d'entraînement des plongeurs de loisir, prospection non systématique des sites, protocole de comptage allégé) mais permettent surtout de sensibiliser et de fédérer les clubs de plongée autour d'une action commune.

L'intérêt porté à ces deux espèces est justifié par différentes caractéristiques :

- (i) elles attestent, par leur présence, de la protection du milieu et constituent donc de bons indicateurs pour les réserves marines ;
- (ii) ce sont des espèces patrimoniales typiques des fonds marins de Méditerranée, populaires auprès des plongeurs pour leur rareté, leur grâce ou leur 'capital sympathie', leur taille et leur comportement ;
- (iii) leur relative rareté est principalement due à leur vulnérabilité aux différentes techniques de pêche, ce qui a conduit ces dernières années à l'adoption d'un moratoire interdisant la chasse sous-marine du mérour brun depuis 1993, et depuis 2002, sa pêche à l'hameçon. Le corb est inscrit dans l'annexe 3 de la Convention de Barcelone et de Berne ('espèce exploitée dont les stocks peuvent être amoindris à l'échelle locale') et un projet de moratoire pour le corb est actuellement à l'étude par le GEM, sur le même modèle que celui du mérour.

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, 15 sites ont été préalablement choisis par le GIP des Calanques et le CODEP 13. Les conditions météorologiques ont été favorables (température de l'eau à 19°C et mer belle).

Au total, 51 mérours ont été répertoriés en 2011 dans les îles marseillaises (archipel de Riou, Frioul et Planier), dont 48 autour de l'archipel de Riou et des calanques, et 3 pour l'archipel du Frioul.

Les tailles des mérours recensés sont comprises entre 25 et 100 cm. La taille moyenne des effectifs est de  $53 \pm 18$  cm. La structure démographique caractérise une population jeune, mais néanmoins assez bien équilibrée, avec une prédominance de la classe 50-55 cm (21 individus sur 51, soit 41 % du stock), mais également la présence de quelques grands spécimens mâles reproducteurs (8 % du stock a une taille supérieure ou égale à 90 cm) et de petits individus (20 % de taille inférieure ou égale à 45 cm).

En regroupant les effectifs en 4 classes de tailles (<30 cm, 30-60, 65-85 et >90 cm) et en considérant les pourcentages de fréquence, on remarque que la classe 30-60 cm est dominante (69 % en 2011), suivi par la classe 65-85 cm (21 %). Les classes extrêmes (petits et très gros individus) sont très faiblement représentées. A noter une légère augmentation des gros individus (>90 cm), qui constitue près de 8 % de la population, contre 4 % en 2007 et seulement 2 % en 2010.

On peut noter que la profondeur moyenne de rencontre ( $22.4 \pm 5.6$  m) demeure élevée mais variable selon les sites. Les mérous rencontrés ont un comportement très farouche : fuite rapide vers un refuge, ou très caché dans les abris. Par comparaison, un comportement neutre vis-à-vis de l'observateur sous-marin est classiquement observé dans les aires marines protégées ouvertes à la plongée. Ce comportement fuyant des mérous des calanques indique une pression de chasse sous-marine, malgré son interdiction. En l'absence de surveillance, le braconnage illégal semble en effet répandu, notamment sur la face Sud de Riou et plusieurs clubs de plongée ont signalé ce phénomène.

En considérant l'ensemble des campagnes de recensement depuis 2003 par une approche sectorielle, on peut noter que les mérous ne sont pas rassemblés sur certains sites, mais sont uniformément dispersés sur l'ensemble des sites de plongée. Néanmoins, il existe 3 sites où les effectifs sont de l'ordre de la dizaine d'individus : Impériaux, Moyades/Moyadons et Jarre. Ainsi en 2011, le nombre de mérous est en augmentation spectaculaire au niveau de Jarre Sud-Ouest, avec 13 mérous recensés, soit un doublement des effectifs connus (maximum de 6 mérous en 2005-2007).

En considérant uniquement le secteur des Calanques et des îles, l'évolution des effectifs montre une montée en charge rapide entre 2003 (seulement 1 individu observé) et 2005 (pic à 56 mérous), puis semble assez stable depuis cette année 3 (44 mérous en 2007, 38 en 2010, 48 cette année). Néanmoins, il convient de rester très prudent dans l'analyse et l'interprétation de ces résultats, car les sites suivis ne sont pas toujours les mêmes d'une campagne à l'autre et plusieurs sites non pas été inventoriés en 2010 et 2011 : Plane, Maire, Conglue, Impérial du large. Mais surtout, l'effort d'échantillonnage a varié : jusqu'en 2007, la campagne d'inventaire se déroulait durant 3 jours, contre une seule journée depuis 2009.

Les mérous sont les plus abondants au niveau des Impériaux (Impérial de terre, du milieu et du large) avec un record de 16 individus en 2010. Le nombre est fluctuant selon les campagnes d'inventaires, mais il est au minimum de 9 mérous pour 3 campagnes sur 7 (2005, 2010 et 2011). Sur les Moyades/Moyadons, le stock maximal observé atteint 14 mérous (inventaires 2006), et il est au minimum de 9 mérous pour 4 campagnes sur 7 (2004, 2006, 2007 et 2011). Sur l'île Maire (Pharillon-Liban), le nombre maximum atteint est de 12 en 2005, dont 5 à 7 mérous observés uniquement sur l'épave du Liban entre 2006 et 2009, mais qui ne semblent pas seulement inféodés sur l'épave (échange avec les Pharillons à proximité).

Un seul corb a été recensé durant cette campagne 2011 de 30 cm, sur les Moyades, à une profondeur de -23 m. Si l'on exclut l'année 2010 où un groupe de 30 individus avait été recensé sur un seul site (pointe de la Luque au Frioul), les effectifs de l'espèce restent extrêmement réduits dans l'aire marseillaise. Les populations devraient être beaucoup plus importantes, au regard de la potentialité des sites en habitats favorables et variés : éboulis, accumulations de blocs de tailles variables, failles et abris sous roche, fonds mixtes roche/herbier de Posidonie.

Cette huitième campagne d'inventaire des mérous et des corbs des calanques et des îles Marseillaises a permis de répertorier 51 mérous en septembre 2011, dont 48 autour de l'archipel de Riou et des calanques et 3 pour l'archipel du Frioul. Ces effectifs sont globalement stables, mais fluctuent selon les sites. Malgré la présence régulière des plongeurs sur ces sites réputés, le comportement fuyant des mérous pourrait indiquer une pression de pêche et une persistance du braconnage, malgré le moratoire dont bénéficie l'espèce depuis 1993.

Le nombre d'habitats favorables étant très important et varié : les éboulis, les accumulations de blocs de tailles variables, les failles et les abris sous roche sont largement répandus dans le secteur des calanques, il n'y a pas de limitation de l'effectif liée à l'habitat. L'abondance de petits poissons «fourrage» exclut également une limitation due aux ressources alimentaires. Compte tenu de ces éléments le nombre de mérous pourrait augmenter notablement lorsqu'une structure de gestion du milieu marin se mettra en place de manière effective (projet de Parc National des Calanques).

Le mérou et le corb sont deux indicateurs d'efficacité des mesures de protection. Le suivi de l'évolution de leur population sera utile pour l'évaluation des futures mesures de gestion.

La mission d'inventaire des mérous dans les Calanques se poursuit chaque année. En 2013, 65 mérous ont été répertoriés. En 2014 l'opération de comptage a mobilisé 212 plongeurs et apnéistes, 33 sites ont été explorés dont des sites à La Ciotat et Cassis pour un résultat final de 177 mérous et 17 corbs (Charbonnel *et al.*, 2013).

## Etude 5 – 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)

Entre 2007 et 2008, plus de 27 000 m<sup>3</sup> de récifs artificiels ont été immergés dans la rade Sud de Marseille (opération RECIFS PRADO) dans une concession de 220 ha gérée par la Ville de Marseille. Cette concession se situe donc dans l'Aire Marine Adjacente du Parc national des Calanques. Quatre cents modules de 6 types différents (amas de cubes, fakir, panier acier, chicane, filière haute, enrochements) ont ainsi été immergés, formant 6 villages reliés entre eux par des liaisons. Un suivi obligatoire de la colonisation des modules immergés a débuté en 2009. Dans le cadre de ce suivi, le peuplement de poissons est suivi à chaque saison.

Au total, 22 campagnes de comptage de poissons auront été réalisées à la fin du programme de suivi (printemps 2014). Lors de chaque campagne, 36 récifs (6 répliqués de chaque type de récifs répartis équitablement dans la partie nord et la partie sud de la concession) sont suivis. Les observateurs recensent en plongée sous-marine le peuplement de poissons en évaluant l'abondance et la taille des espèces présentes (ainsi que les grands crustacés et les mollusques céphalopodes d'intérêt halieutique). Les gobiidés, blennidés et triptérygides ne sont pas évalués dans le protocole.

Les données disponibles actuellement correspondent aux 12 premières campagnes du suivi (Rouanet *et al.*, 2012) de l'hiver 2009 à l'automne 2011. Les données des autres campagnes ne sont pas encore acquises, traitées ou restituées à la Ville de Marseille.

Les résultats de ces observations montrent une évolution des paramètres biologiques du peuplement (richesse spécifique, densité, biomasse) conditionnés dans un premier temps par les variations saisonnières. La richesse spécifique moyenne est minimale au printemps, elle atteint son maximum autour de l'automne ou de l'hiver. La densité moyenne est également maximale à l'automne, tout comme la biomasse moyenne. Au total, 60 taxons ou espèces de poissons ont été dénombrés entre 2009 et 2011, 3 espèces de crustacés décapodes (langouste, galathée et petite cigale) et 2 mollusques céphalopodes (poulpe et seiche). Parmi ces taxons, 33 peuvent être considérés comme ciblés par la pêche professionnelle ou récréative.

Il est à noter que l'abondance des poissons planctonophages, très abondants en 2009, a très nettement diminué à partir de 2010.

L'analyse des données montre que le type de récif a une forte influence sur la structure du peuplement. Par exemple, la taille moyenne d'un poisson recensé a tendance à augmenter au sein des récifs de grande taille (fakir et panier acier) alors qu'elle reste stable ou diminue sur les récifs de petite taille (amas de cubes ou chicane). Ce qui peut s'expliquer par des temps de résidence différents selon les espèces fréquentant ces récifs. La richesse spécifique moyenne est également nettement plus importante sur les grands récifs comme les paniers acier, les fakirs et les enrochements (entre 12 et 15 espèces par relevé) que sur les petits, amas de cubes et chicanes (entre 4 et 8 espèces par relevé). Les récifs filières hautes abritent également une richesse spécifique moyenne relativement faible (moins de 7 espèces par relevé).

Globalement, la densité et la biomasse d'espèces d'intérêt halieutique ont augmenté au sein des récifs artificiels. Cependant, la pente de cette augmentation reste modérée et témoigne d'un processus de colonisation et de maturation des récifs relativement lent. En considérant l'ensemble des espèces (hors planctonophages), la densité et la biomasse ont plutôt diminué de 2009 à 2011.

Malgré une interdiction de toutes les formes de pêche, la structure démographique de certaines espèces cibles reste comparable à celle observée dans une zone naturelle non protégée (cas des sars *Diplodus* spp.). Les auteurs concluent à une évolution lente de la colonisation des récifs, sans exclure

la probabilité d'un impact significatif d'une pêche illégale récurrente (les engins de pêches, filets, lignes et palangres abandonnées sont nombreux sur les récifs).

Le suivi de 5 ans de la colonisation des récifs du Prado s'est achevé au printemps 2014. Un rapport très complet sur les différents compartiments suivis (herbier, benthos, poissons) est disponible (Le Diréach *et al.*, 2014). En ce qui concerne les poissons cibles, la richesse spécifique, la densité et la biomasse a progressé significativement. Le moratoire sur la zone des récifs bénéficie principalement aux espèces carnivores, sédentaires ou à déplacements réduits. Malgré les prélèvements illégaux qui ont lieu sur la zone aménagée, le peuplement de poissons continue à progresser. La diminution de l'abondance des espèces planctonophages est aussi observée sur les récifs du Prado et semble être une tendance générale dans la région marseillaise.

### 3.1.2 Pêcheries

#### 3.1.2.1 Caractérisation des pêcheries du quartier maritime de Marseille

### Contribution à l'élaboration de la 'Charte' du Parc national des Calanques pour la partie marine

Le travail de Pastorelli (2009) détaille les principaux modes de pêche du quartier maritime de Marseille et leur réglementation.

#### Principales pratiques

Les pratiques des pêcheurs professionnels sont variées :

- **Fileyeurs**, souvent des navires de petite taille (moins de 12 m de long) polyvalents (autres pratiques possibles). Le pêcheur choisit son filet en fonction de l'espèce ciblée, en général un trémail près de la côte et un filet de type 'battude' ou 'palamidière' plus au large. **Atout** : pêche assez sélective à impact modéré sur le fond. **Impact potentiel** : filet accroché 'fantôme' (continue de pêcher et recouvre la faune et la flore fixées).
- **Senneurs**, comprenant les sennes tournantes et coulissantes de surface, pour encercler des bancs de poissons. Elles peuvent dépasser un kilomètre de long pour 100 à 200 mètres de longueur. De nuit, cette technique, utilisée avec un dispositif lumineux est appelée 'lamparo'. **Atout** : pêche assez sélective sans impact sur le fond. **Impact potentiel** : prise accidentelle de cétagés ou de tortues, rejets et risque de mortalité importants si la composition des captures est décevante (espèces non ciblées) ; fort impact sur le peuplement côtier, si utilisation près du bord en ciblant les espèces démersales.
- **Chalutiers**, le principe est de trainer un chalut (filet formant une poche) sur le fond ou entre deux eaux depuis l'arrière du bateau. Le chalutage n'est pas sélectif et il est destructeur pour les fonds (en particulier le chalut de fond). **Atout** : pas d'impact sur le fond (uniquement pour le chalut pélagique). **Impact potentiel** : capture accidentelle de cétagés, rejets importants liés à une faible sélectivité, impact sur les fonds importants (chaluts de fond).
- **Palangriers**, il s'agit de mettre à l'eau une ligne mère munie de lignes secondaires équipées d'hameçons appâtés (jusqu'à plusieurs centaines). La palangre peut être de fond ou dérivante. **Atout** : peu d'impact sur les fonds, bonne sélectivité de l'espèce et de la taille (moins évident pour les palangres dérivantes). **Impact potentiel** : les appâts peuvent engendrer la capture accidentelle d'oiseaux marins.
- **Caseyeurs**, une filière reliant plusieurs casiers lestés (jusqu'à plusieurs centaines) est posée depuis une petite embarcation. Il cible essentiellement des crustacés et des mollusques. **Atout** : pêche en général sélective et sans impact sur les fonds, les captures trop petites peuvent être rejetées vivantes. **Impact potentiel** : aucun.
- **Pêche en scaphandre autonome**, cible de façon saisonnière les oursins (et/ou violets) à l'aide d'une grappe et le corail à l'aide d'une martelette. Ces pratiques sont très réglementées. **Atout** : méthode très sélective. **Impact potentiel** : aucun.

#### Réglementation (non exhaustive) :

La pêche maritime est régie par des textes aux niveaux communautaire, national et régional. En Méditerranée se rajoutent les règles fixées par les prud'homies de pêche. Au niveau communautaire,

les spécificités méditerranéennes ne sont pas prises en compte via la Politique Commune des Pêches (PCP).

Une licence de pêche est obligatoire pour une pratique professionnelle avec un engin défini autorisé (chalut, trémail, senne, ligne, casier, nasse, couteau, crochet, etc.). Un permis de mise en exploitation (PME) est également nécessaire, il définit les zones d'exploitation autorisées pour un navire de pêche professionnelle.

Il existe également un Permis de Pêche Spécial (PPS) qui permet à un navire d'exercer ses activités pendant une période, dans une zone et pour une pêcherie déterminées. Un navire peut détenir plusieurs PPS. En Méditerranée, le PPS est un frein à la polyvalence des pêcheurs professionnels, polyvalence qui permet de ne pas exercer une trop forte pression sur les espèces les plus prisées.

Chaque pays méditerranéen membre de l'Union Européenne est tenu d'adopter des plans de gestion dans ses eaux territoriales pour la pêche au chalut, la senne, le filet tournant, la drague.

La pêche peut être pratiquée en tous lieux, en accord avec la réglementation en vigueur (exemples de règlements, non exhaustifs) :

- Dans la zone des 3 milles, la réglementation est plus sévère, en particulier pour les arts trainants ;
- Le chalutage ou l'utilisation de dragues remorquées sont donc interdits à moins de 3 milles des côtes ou moins de 100 mètres (lorsque cette profondeur est atteinte à une moindre distance de la côte) et à plus de 1000 mètres de profondeur. Cette pêche est également interdite les week-ends et les jours fériés de 20h30 à 04h00 et dans la zone du triangle interdit dans l'archipel de Riou (quartier maritime de Marseille).
- La senne coulissante est interdite à moins de 300 m de la côte ou moins de 50 m de profondeur, un seul canot porte lampe est autorisé pour le lamparo.
- Les petits métiers sont limités à l'utilisation de 1600 hameçons pour la pêche à la palangre. Pour la pêche au filet, palangre et autres petits métiers, les prud'homies définissent les postes. Les prud'homies et le CLPMEM définissent la maille, la longueur et l'horaire des battudes par exemple.
- La pêche aux oursins, aux violets ou au corail rouge est interdite dans la zone insalubre classée D entre la pointe Rouge et le cap Morgiou (quartier maritime de Marseille). La pêche aux oursins est autorisée uniquement dans la zone A (propre à la consommation), de mi-octobre à mi-avril, du mardi au dimanche, du lever du soleil à midi pour le quartier maritime de Marseille.
- Il est interdit de pêcher au-dessus de prairies sous-marines (herbier de posidonie), de fonds coralligènes, de banc de maërl à l'aide de méthodes impactant potentiellement les fonds (chaluts, sennes coulissantes, dragues, etc.). Il existe des régimes dérogatoires si les techniques utilisées ne touchent pas les herbiers. La pêche au corail rouge est interdite là où sont mouillés des filets, casiers ou à moins de 500 m d'épaves connues. Elle est également interdite sur le site archéologique du Grand Conglue, comme toute pêche professionnelle.

Des quotas peuvent être définis par arrêté ministériel, sur une durée de 12 mois (exemple du thon rouge en Méditerranée). Les tailles minimales de captures des organismes marins sont définies dans le règlement communautaire. La capture des espèces visées par l'annexe IV de la directive 92/43/CE (Directive Habitat Faune Flore) est interdite (inclus la datte de mer, les pholades, les femelles de langoustes et de homards œuvées).

**Pression de pêche dans le quartier maritime de Marseille**

La flotte du quartier maritime de Marseille comptait 140 navires en 2007 dont 8 inactifs pour 326 marins embarqués. Majoritairement, les embarcations rentrent dans la catégorie 7 à 9 m (34 %) et 9 à 12 m (33 %). Au total, 81 % des navires mesurent moins de 12 m. La majorité des embarcations travaillent dans la zone des 3 milles (68 %).

70 % des navires actifs pratiquent la pêche au filet, 14 % en scaphandre autonome, 13 % à l'hameçon, 6 % le chalut de fond et 6 % la senne. Les autres pratiques sont plus anecdotiques.

Captures en fonction de la saison :

- Printemps et été : poissons de roche et 'soupe', ainsi que thon, bonite et maquereau ;
- Septembre-octobre : merlan, baudroie, seiche et calmar ;
- Automne et hiver : poissons nobles : dorade (octobre-novembre), loup (janvier-février), sole, pageot, denti, sar, Saint Pierre, mais aussi sardine, anchois et oursin ;
- Toute l'année : poulpe, congre, langouste.

Espèces ciblées en fonction de la pratique :

- Moins de 3 milles :
  - o Plongée sous-marine : oursin (bande côtière), corail rouge (20 à 60 m de profondeur, plus rarement jusqu'à 80 à 90 m) ;
  - o Filet trémail : rouget, saupe, pagre, pageot, bogue, sole, dorade, sar, saint-pierre, chapon ;
  - o Palangre de fond : dorade, loup, sar, pageot, congre et galinette ;
  - o Senne tournante ou coulissante : dorade, sar, sérieole, limon, mullet ;
  - o Casier, nasse, pot à poulpe : crustacés, coquillages, poulpe ;
- 3 à 12 milles :
  - o Filet calé au fond : rouget, sole, dorade, sar, pageot, baudroie ou 'poissons de soupe' ;
  - o Battude et palamidière : bonite ou palamide ;
  - o Palangre de surface : thon, espadon, grande castagnole ;
  - o Chalut de fond : ensemble des espèces présentes dont langoustine, baudroie, poulpe, merlan, loup ;
  - o Senne tournante ou coulissante : sardine et anchois ;
  - o Chalut pélagique : sardine, anchois et maquereau ;
  - o Casier, nasse, pot à poulpe : crustacés, coquillages, poulpe ;
- Au-delà des 12 milles :
  - o Thonniers senneurs : thon rouge et espadon.

**Commercialisation**

L'estimation de la production locale se fait soit par les déclarations de captures (flux déclaratif) et d'effort des pêcheurs professionnels (journaux de bords ou fiches de pêche, mal remplis la plupart du temps par les pêcheurs (d'après l'auteur du rapport), donc difficile à quantifier de façon fiable), soit par les ventes en criée, là aussi, ne représentant pas une source d'information exhaustive (en raison de l'existence d'autres modes de commercialisation).

NB : depuis 2009, le report d'effort de pêche à la côte en raison des quotas appliqués à la pêche au thon ont modifié les pratiques et augmenté l'effort de pêche au filet et à la senne près du bord.

### 3.1.2.2 Récifs de la baie du Prado

#### Réalisation d'un suivi de la pêche artisanale aux petits métiers - Rapport Final - Campagne 2010 – 2011 (Jouvenel et Roche, 2011)

Le programme d'aménagement en récifs artificiels du Prado, qui vise à la fois la valorisation économique et écologique de la baie du Prado, constitue le plus vaste champ de récifs artificiels en France et un des plus importants de Méditerranée. Afin d'évaluer l'impact de ces structures immergées sur les activités de pêche locales, l'Etat oblige le maître d'ouvrage à mettre en œuvre des suivis scientifiques et techniques avant et après immersion.

Les résultats présentés ci-après concernent les pêches scientifiques réalisées dans la baie du Prado lors de l'état zéro, avant immersion des récifs (Juppeau et Kahoul, 2004, 2005) et lors du suivi, deux années après leurs immersions en 2010/2011 (Jouvenel et Roche, 2011).

Les mêmes méthodes de captures ont été utilisées lors des deux périodes, à savoir un filet trémail ou 'thys' de maille 12, calé sur une demi-journée (prime) et une palangre de fond, constituée d'une ligne mère en nylon monofil de 150 centièmes d'une longueur de 1000 m comportant 200 hameçons. Les trois zones étudiées sont les deux zones des récifs (Z1 : zone protégée interdite à tous les usages en dehors de la navigation de surface, Z2 : zone à vocation de pêche réglementée, dans le futur) et une zone de référence (Z3) située à l'extérieur de la zone témoin, sans aménagement mais considérée comme écologiquement comparable (Ouest de la Pointe-Rouge). Les zones de pêche sont comprises entre 20 et 30 m de profondeur.

Une pêche au filet et une pêche à la palangre ont été réalisées au niveau de chaque station une fois par mois, sur deux périodes de trois mois : juillet, août et septembre puis décembre, janvier et février. 6 opérations de pêche ont donc été réalisées chaque mois, soit un total de 36 opérations sur l'ensemble du suivi.

#### Diversité spécifique des pêches

Les années 2005 et 2010 présentent un nombre global d'espèces comparable : 52 espèces en 2005 et 51 en 2010 (Tableau 12). Toutefois, la richesse spécifique en zone Z1 a diminué en 2010, zone destinée à devenir une réserve de pêche intégrale.

**Tableau 12.** Diversités spécifiques comparées 2005 et 2010 en fonction des zones (cumulé été et hiver, palangre et filet), ratio en % du nombre total d'espèces cumulé entre 2005 et 2010.

	Zone 1	Zone 2	Zone 3
<b>Campagne 2005</b>	40 (63 %)	38 (60 %)	35 (55 %)
<b>Campagne 2010</b>	32 (51 %)	38 (60 %)	39 (62 %)

Malgré l'effort d'échantillonnage important, certaines espèces, pouvant être considérées comme très communes n'ont pas été retrouvées en 2010 et inversement en 2010, malgré les aménagements, des espèces très communes comme la girelle, la castagnole ou le labre vert n'ont pourtant pas été capturées. Seulement 62 % des espèces ont été observées dans les deux campagnes de PSS. La richesse spécifique est un indicateur à réponse lente et la richesse spécifique globale des observations par PSS diminue même dans le cadre du suivi de la réserve du Cap Couronne, passant de 27 espèces en 1995 à 22 en 1998 (Jouvenel *et al.*, 2005).

### Structure des assemblages de poissons

En 2005, les assemblages (groupes d'espèces inventoriées) par station, avaient des structures relativement similaires pour les deux saisons et les trois stations. Les espèces occupaient toutes, à peu de chose près, le même rang dans les trois assemblages. En ce qui concerne la diversité trophique, elle était également équivalente pour les trois stations, démontrant une réelle homogénéité en termes d'espèces présentes sur l'ensemble du site d'étude. La campagne 2005 a été marquée par l'abondance des espèces pélagiques grégaires, et notamment la bogue, qui ont conditionné les structures trophiques (microcarnivores) et les répartitions par familles basées sur les effectifs et les biomasses.

En 2010, des changements importants sont observés dans les structures des peuplements. Les abondances ont été plus faibles en particulier pendant la période hivernale. Certaines espèces se sont retrouvées en très petits effectifs, le cas du poulpe est très démonstratif. Dans les zones aménagées, l'hypothèse principale serait une moindre accessibilité de certaines espèces et une sédentarisation dans (pots à poulpes?) ou aux abords immédiats des structures. Cependant les abondances chutent également dans les zones témoins.

La structure des assemblages ne semble pas encore stabilisée. Les résultats observés ne sont pas surprenants étant donné le peu de temps écoulé entre l'installation des récifs artificiels (2007), le respect effectif de la réglementation des zones en réserve de pêche, leur balisage effectif (2010) et le suivi de 2010 (fin 2010-début 2011).

### Abondances

Entre 2005 et 2010, 6 espèces ont vu leur abondance augmenter sur les 18 espèces particulièrement recherchées par les pêcheurs, parmi elles le loup et les rascasses. Deux espèces ont vu leur abondance diminuer, le sar et la galinette. Les espèces dont les abondances ont progressé entre 2005 et 2010 sont plus nombreuses en zone Z1 et Z2 qu'en zone Z3. La zone Z3 se distingue des autres zones de manière plus significative en 2010 qu'en 2005.

La variabilité saisonnière reste discriminante et explique en partie la variabilité de l'échantillonnage. Des espèces comme *Diplodus annularis*, *Diplodus vulgaris* ou *Sparus aurata* montrent des différences significatives de leur abondance d'une saison à l'autre.

Les auteurs concluent qu'il est indéniable que les récifs artificiels associés à l'effet réserve de pêche ont eu des effets bénéfiques sur un nombre non négligeable d'espèces et notamment les espèces les plus recherchées par les pêcheurs. Une partie des espèces a donc pu bénéficier directement de cet aménagement, mais il reste un nombre non négligeable d'espèces pour lequel ce bénéfice n'a pu encore être démontré.

La rade Sud de Marseille a vu sa ressource diminuer de 2005 à 2010. La relative stabilité observée au niveau de la Z1 en particulier, serait un équilibre avec une augmentation de la productivité dans un contexte défavorable (surexploitation, pollution, pêche illégale liée à un défaut de balisage en Z1).

### 3.1.3 Corail rouge

#### 3.1.3.1 Contexte général

Des changements environnementaux ont été mis en évidence par l'augmentation de la fréquence et de l'ampleur de régimes de perturbation. Ces changements globaux vont avoir de lourdes répercussions sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes, ainsi que sur la biodiversité (Jackson *et al.*, 2001). Ce processus de dégradation du milieu est d'autant plus marqué au niveau des zones côtières, qui sont de plus en plus surpeuplées, tel que le pourtour méditerranéen. Plus particulièrement, les communautés benthiques des substrats durs subissent les effets de destructions mécaniques liées aux engins de pêche ou par la fréquentation de plus en plus importante des plaisanciers et des plongeurs sous-marins (Harmelin et Marinopoulos, 1994 ; Bavestrello *et al.*, 1997). D'autres facteurs affectent ces populations. Notamment, des cas de mortalités massives sans précédent ont affectés de nombreuses espèces aux niveaux des communautés benthiques des substrats durs (Cerrano *et al.*, 2000; Perez *et al.* 2000; Garrabou *et al.*, 2001; Garrabou *et al.*, 2003; Laubier *et al.*, 2003). La communauté scientifique et les gestionnaires s'interrogent aujourd'hui sur le devenir de ces populations qui présentent une grande fragilité face à ces perturbations de plus en plus fréquentes (Garrabou *et al.*, 2003). Leur maintien dans le temps, et plus particulièrement à faible profondeur, va dépendre de la capacité des gestionnaires à définir des plans de gestion durable.

Bien que la Méditerranée ne représente qu'une petite partie de la surface des océans, elle se caractérise par une forte diversité spécifique et un fort taux d'endémisme. L'un de ces compartiments les plus riches est celui des communautés des substrats durs. Ces communautés, caractérisées par des espèces d'invertébrés sessiles et dominées par des espèces longévives, présentent une grande fragilité face aux perturbations environnementales de plus en plus nombreuses et importantes. Plus particulièrement, la survie de nombreuses espèces ou associations d'espèces pourraient être fortement remise en questions dans les prochaines décennies, du moins au niveau de faibles tranches de profondeurs. Leur déclin causerait de lourdes modifications structurelles des communautés marines.

Face à ce constat de dégradation massive de l'environnement, une prise de conscience générale a induit la mise en place de mesures de gestion de la part d'instances internationales, nationales ou locales. Actuellement plusieurs conventions internationales (convention de Bernes, Rio, Barcelone, etc.) visent à préserver la biodiversité et les habitats ainsi qu'à déterminer une gestion raisonnée des ressources. Dans ce cadre, la création d'aires marines protégées s'est avéré un moyen efficace de préserver les écosystèmes et leur habitat (Palumbi, 2001).

Une Aire Marine Protégée (AMP) est une zone maritime délimitée dans laquelle s'applique une réglementation spécifique qui vise à protéger non seulement les espèces animales et végétales, mais aussi le milieu naturel dans lequel elles vivent. Cependant, la protection de l'environnement ne signifie pas la fermeture de ce dernier. La réglementation doit toutefois concilier les objectifs de protection et l'ouverture de la zone aux activités humaines, l'objectif étant de limiter les prélèvements et le dérangement des espèces au sein de la réserve ainsi que de permettre la restauration du milieu.

Le corail rouge (*Corallium rubrum*, Linnaeus 1758) est une des espèces emblématiques de la Méditerranée de par son utilisation dans la bijouterie depuis l'antiquité et plus récemment par l'attraction paysagère des sites à corail pour le tourisme sous-marin. L'exploitation continue des populations dans différentes régions de la Méditerranée occidentale a provoqué une forte diminution de l'abondance et de la taille maximale des colonies dans les sites exploités par rapport au potentiel de l'espèce (Garrabou et Harmelin, 2002).

Le corail rouge est inclus dans l'annexe 3 de la Convention de Barcelone et sa pêche est soumise à plusieurs réglementations nationales ou locales, notamment dans les Pyrénées Orientales et récemment dans le Parc national de Calanques autour de l'île Verte. Sa grande valeur patrimoniale demande une gestion raisonnée des populations qui nécessite une connaissance approfondie du cycle de vie, et des informations précises sur la dynamique et la structure des populations.

Malgré l'intérêt commercial et patrimonial de cette espèce, il existe peu de données disponibles sur la dynamique et la structure des populations. Il est établi que ce cnidaire colonial vivant principalement dans la partie occidentale de la Méditerranée a une croissance lente, une très longue durée de vie (> 100 ans), ainsi qu'un cycle de reproduction complexe et encore mal connu (Garrabou et Harmelin, 2002 ; Torrents, 2002 ; Marschal *et al.*, 2004). L'utilisation de techniques telles que l'analyse photogrammétrique, les suivis photographiques annuels ou encore la détermination de l'âge des colonies permet l'acquisition continue de données précises sur la dynamique de population du corail rouge.

### 3.1.3.2 **Données bibliographiques dans les Calanques**

Le territoire du Parc national des Calanques constitue un site exceptionnel pour l'étude des populations de corail rouge. En effet, les calanques et notamment l'Archipel de Riou, abritent de nombreuses populations, présentent sur certains sites à seulement 10 mètres de profondeur.

De nombreuses études et suivis ont été menés durant plusieurs dizaines d'années principalement par le Centre d'Océanologie de Marseille puis par d'autres laboratoires.

Ces travaux ont permis notamment de caractériser la biologie et l'écologie de l'espèce à travers des études à long terme. Les techniques de suivis *in situ* et en laboratoire ont permis par exemple d'évaluer notamment la vitesse de croissance de cette organisme ainsi que de nombreux paramètres.

Le projet de recherche MEDCHANGE, mené par le Centre d'Océanologie de Marseille, a eu la vocation de rassembler les connaissances acquises sur 4 espèces d'Alcyonacea dont *Corallium rubrum*, mais aussi de mener des investigations plus poussées. Les calanques de Marseille et l'Archipel de Riou ont été l'un des sites ateliers choisis notamment sur les aspects démographiques. L'objectif général de ce projet de recherche était l'analyse de l'impact du changement climatique à moyen et long terme sur la biodiversité marine. Les calanques de Marseille et l'Archipel de Riou ont été l'un des sites ateliers majeurs de ce projet.

Les thématiques scientifiques portaient sur :

- la compréhension du contexte environnemental, notamment les aspects thermiques,
- la cartographie à grande échelle,
- l'estimation de la biodiversité et la dynamique de population des écosystèmes dominés par les gorgonaires,
- la sensibilité de ces organismes et leur capacité d'adaptation,
- la résilience de ces populations.

Quelques éléments de résultats sont abordés dans les points suivants.

**Effets des perturbations environnementales sur les populations de gorgonaires et de corail rouge**

Lors des dernières décennies des événements de mortalité massive ont pu être observés en Méditerranée nord-occidentale, notamment en 1999 et 2003. Plus d'une trentaine d'espèces benthiques ont été affectées. Ces mortalités massives ont été reliées à des anomalies thermiques positives en période estivale. Les résultats des suivis menés depuis lors et analysés durant MEDCHANGE ont montré que les populations affectées n'ont pas montré de récupération ni de régression significative jusqu'en 2008. En effet ces espèces à croissance lente montrent des capacités de récupération très faibles.

**Utilisation de la photogrammétrie pour la géolocalisation des espèces de gorgonaires et de corail rouge**

La face sud de Riou, caractérisée par des populations de gorgonaires abondantes, a fait l'objet d'un travail de cartographie poussé. Une approche multi-échelle a été utilisée afin de pouvoir positionner de manière précise un individu au sein d'une population elle-même au sein d'un habitat. Ainsi un relevé bathymétrique réalisé à l'aide d'un sondeur multifaisceaux a été le support pour positionner dans l'absolue des images réalisées à l'aide d'un ROV. Ces images ont permis de délimiter des populations cibles (limite de répartition et positionnement sur le relevé bathymétrique). Les marques permanentes des sites d'études, permettant de positionner les colonies suivies (dans ce cas *Corallium rubrum*) dans le cadre des analyses démographiques. Ces marques étant aussi relevées par le ROV permettent d'associer les différentes échelles d'observation.

**Dynamique de populations : le cas du corail rouge**

Les suivis démographiques des populations de corail rouge ont été réalisés en photogrammétrie. Le projet MEDCHANGE a permis d'adapter cet outil à l'étude des organismes marins. La précision et la quantité des mesures acquises ont permis d'obtenir des données inédites sur des populations se développant dans des contextes environnementaux variés et à l'échelle de la Méditerranée Nord-Occidentale (Réserve/hors Réserve, Zones affectées/Zones non-affectées par des mortalités massives, populations vivant à différentes profondeurs).

Les résultats principaux obtenus mettent en évidence :

- Que l'effet réserve est très marqué en terme de structure de taille des populations.  
En zone de réserve les colonies se répartissent dans les différentes classes de taille avec une dominance au niveau des classes de taille moyenne. On constate la présence de colonies de grande taille, pouvant atteindre de l'ordre de 15 cm en hauteur. Hors réserve (exemple des populations marseillaises) les colonies de corail rouge dépassent rarement 6 cm de hauteur avec plus de la moitié des colonies mesurées ne dépassant pas 2 cm.
- Que les populations hors zone de réserve sont plus soumises aux régimes de perturbations. On observe, hors zone de réserve, des colonies présentant plus de cassures qu'en zone de réserve. Les mortalités totales (disparition et nécrose) sont plus importantes hors zone de réserve.



Comptages de poissons (Riou sud)

## 4 ACQUISITION ET ANALYSE DE NOUVELLES DONNEES - PHASE 2&3

### 4.1 Suivi du peuplement de poissons – Comptages visuels toutes espèces

L'évaluation du peuplement de poissons repose sur l'ensemble des espèces observées sur :

- 240 transects de 125 m<sup>2</sup> (24 stations x 5 comptages x 2 dates rapprochées) réalisés entre 5 et 20 m de profondeur, soit 30 000 m<sup>2</sup> explorés en scaphandre autonome ;
- 120 transects de 125 m<sup>2</sup> (12 stations x 5 comptages au temps x 2 dates rapprochées) réalisés entre 0 et 5 m de profondeur en palmes-masque-tuba (PMT) (15 000 m<sup>2</sup>).

Les 10 comptages ont été réalisés en 2 séries de 5 transects afin de prendre en compte la variabilité temporelle. Au total 53 298 téléostéens ont été dénombrés entre 5 et 20 m de profondeur et 19 996 entre 0 et 5 m.

Les principaux indicateurs de l'état des peuplements de poissons côtiers sont la richesse spécifique exprimée en nombre de taxons observés par transect, la densité ou l'abondance par transect et la biomasse exprimée ici en kg de poissons par transect.

L'analyse rend compte en premier lieu des résultats obtenus dans la tranche plus profonde (entre 5 et 20 m de profondeur). Les particularités du peuplement superficiel entre 0 et 5 m de fond seront mentionnées dans un deuxième temps.

#### 4.1.1 Analyse de la richesse spécifique entre 5 et 20 m de profondeur

Entre 5 et 20 m, 53 taxons ont été recensés parmi lesquels de petites espèces benthiques (gobiidés, blennidés et tryptérygiidés) non prises en compte dans l'analyse quantitative des données (Tableau 13).

##### 4.1.1.1 Occurrences des espèces par transect

Les espèces présentes à toutes les stations sont : *Chromis chromis*, *Coris julis*, *Diplodus sargus* et *Diplodus vulgaris* et *Serranus cabrilla*. Ces espèces ont des occurrences qui atteignent fréquemment 80 à 100% des transects pour la plupart des stations échantillonnées.

*Apogon imberbis*, *Labrus merula*, *Mullus surmuletus*, *Sarpa salpa*, *Symphodus doderleini*, *Symphodus mediterraneus*, *Symphodus melanocercus* et *Symphodus tinca* ont été observés pratiquement à toutes les stations.

Sur les 240 transects, les taxons *Ctenolabrus rupestris*, *Dicentrarchus labrax*, *Labrus mixtus*, *Pagellus acarne* et *Pagrus pagrus*, *Seriola dumerili* et *Trachurus* sp. n'ont été observés que dans une ou deux stations. Le mérou *Epinephelus marginatus* a été observé dans 8 stations dont 7 en ZNP et 1 hors ZNP (S24-Ile Verte Roustaud). Au total, 18 mérours ont été comptabilisés sur les 240 transects. Aucun corb *Sciaena umbra* n'a été dénombré lors de cet inventaire, ce qui montre sa rareté dans les Calanques.

Aucune espèce de poisson allochtone n'a été observée. Seulement 11 girelles paon *Thalassoma pavo*, espèce à affinité d'eaux chaudes ont été dénombrées dans 6 stations.

Deux invertébrés ont été occasionnellement rencontrés lors des comptages de poissons : *Palinurus elephas* et *Octopus vulgaris*.

**Tableau 13.** Liste et occurrence par transect des espèces observées entre 5 et 20 m (UVC) dans le Parc national des Calanques. 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**.

Espèces/Stations	S01_Tiboul Frioul	S02_Frioul Cambrettes	S03_Planier	S04_Veyron	S05_Tiboul de Maire	S06_Les Fromages	S07_Larrie Briancou	S08_Plateau des Chèvres	S09_Moyades	S10_Sud Riou	S11_Plane	S12_Cortiou	S13_Nord Caramassagne	S14_Grand Congloue	S15_Sormiou Réserve Falco	S16_Ouest Figulier	S17_Devenson	S18_Calanque de l'Ouille	S19_En Vau	S20_Pointe Cacau	S21_Phare Cassidaigne	S22_Cap Soubeyrane	S23_Soubeyrane	S24_Ile Verte Roustaud	Total
<i>Anthias anthias</i>	0	0	0	70	0	0	0	0	20	100	0	0	40	100	0	10	0	10	10	10	40	0	0	40	3 431
<i>Apogon imberbis</i>	30	30	10	20	10	40	30	20	40	50	60	30	20	40	20	0	70	50	50	10	40	0	0	10	237
<i>Boops boops</i>	0	0	20	20	40	40	20	0	10	0	0	0	20	70	30	10	10	20	0	40	20	0	0	30	4 318
<i>Chromis chromis</i>	90	100	80	80	70	80	60	100	100	70	100	90	100	100	100	50	100	50	30	100	100	100	100	90	21 757
<i>Coris julis</i>	100	100	100	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	11 487
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Dentex dentex</i>	0	0	20	0	0	0	0	10	0	10	10	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	40	19
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Diplodus annularis</i>	10	10	0	0	0	50	0	10	0	0	20	30	30	0	0	0	20	20	0	0	0	0	20	0	40
<i>Diplodus cervinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Diplodus puntazzo</i>	0	20	40	40	50	30	30	0	60	50	50	20	40	60	30	10	30	30	0	40	0	30	30	60	147
<i>Diplodus sargus</i>	80	100	60	60	100	100	90	40	100	90	100	60	90	100	100	90	100	100	100	100	20	90	90	80	1 245
<i>Diplodus vulgaris</i>	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	70	100	100	100	100	70	70	2 901
<i>Epinephelus marginatus</i>	0	0	0	40	0	0	0	0	20	10	0	10	40	10	0	0	0	0	0	0	0	10	0	20	18
<i>Gobiidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Gobius cruentatus</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	1
<i>Gobius geniporus</i>	0	10	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	7
<i>Gobius xanthocephalus</i>	10	20	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Labrus merula</i>	10	0	60	30	10	40	30	30	60	40	70	0	40	10	10	30	70	60	10	10	50	90	80	40	134
<i>Labrus mixtus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Labrus viridis</i>	10	10	30	10	0	0	0	10	20	0	20	0	10	0	10	0	10	0	0	0	0	40	10	10	24
<i>Mugil sp.</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	30	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	31
<i>Mullus surmuletus</i>	20	50	20	10	30	90	30	60	40	30	50	60	10	10	40	70	30	50	70	30	0	50	20	0	244
<i>Muraena helena</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	20	10	0	0	0	20	20	0	0	0	0	0	20	0	10	0	12
<i>Oblada melanura</i>	0	10	10	0	30	50	0	50	0	10	0	30	20	0	0	40	40	10	20	0	10	50	60	0	470
<i>Pagellus acarne</i>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
<i>Pagrus pagrus</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5

# Annexe 1/CCTP\_suiviPOISSONS\_PNCaI\_2016\_T0+3

Réalisation de l'état zéro des zones de non prélèvement du Parc national des Calanques

Année 2013-2104

<i>Parablennius gattorugine</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Parablennius pilicornis</i>	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	30	9
<i>Parablennius rouxi</i>	0	10	0	0	20	10	10	0	0	0	20	0	10	30	20	0	10	0	10	10	0	0	10	0	29
<i>Phycis phycis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Sarpa salpa</i>	20	70	0	10	40	60	40	0	50	60	60	10	30	60	40	10	30	40	30	70	0	40	30	0	2 642
<i>Scorpaena notata</i>	10	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	30	40	20	10	20	20	0	30	10	0	10	0	34
<i>Scorpaena porcus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	20	20	0	0	0	20	0	0	10	0	20	10	0	17
<i>Scorpaena scrofa</i>	0	0	0	0	0	10	0	0	0	30	0	0	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10
<i>Seriola dumerili</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
<i>Serranus cabrilla</i>	50	40	70	90	90	80	90	60	100	90	100	90	100	100	80	100	90	90	100	80	90	100	100	0	562
<i>Serranus scriba</i>	0	0	0	0	10	0	0	20	20	0	0	0	0	0	30	0	20	10	0	0	0	20	20	0	18
<i>Sparus aurata</i>	10	0	0	10	0	0	10	0	80	30	50	10	40	0	0	0	0	0	0	10	10	10	0	20	42
<i>Spicara maena</i>	20	20	0	10	0	30	20	40	20	30	20	30	50	10	30	0	30	10	10	20	0	10	0	10	1 029
<i>Spicara smaris</i>	0	0	0	0	0	30	50	0	0	20	0	10	20	40	20	20	20	0	0	0	0	0	0	10	986
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0	0	0	10	10	10	30	10	0	0	10	0	30	20	10	10	10	0	20	0	10	20	0	10	38
<i>Symphodus cinereus</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	3
<i>Symphodus doderleini</i>	10	20	10	10	50	30	0	30	50	40	40	20	20	10	30	50	50	50	10	30	60	30	10	40	97
<i>Symphodus mediterraneus</i>	50	20	60	60	70	40	30	70	80	30	90	0	60	60	100	40	80	80	40	60	80	60	30	90	266
<i>Symphodus melanocercus</i>	30	0	70	20	20	20	50	50	100	20	60	0	40	0	60	10	80	90	70	40	50	70	60	60	215
<i>Symphodus ocellatus</i>	10	20	20	0	10	20	10	0	10	10	20	0	20	0	0	0	20	40	10	0	30	60	70	30	225
<i>Symphodus roissali</i>	0	10	80	0	0	10	10	20	20	20	40	0	10	0	10	0	80	50	0	10	50	70	40	40	122
<i>Symphodus rostratus</i>	10	0	10	10	10	0	0	20	20	0	30	0	0	0	10	0	70	40	20	0	10	30	40	30	68
<i>Symphodus tinca</i>	30	90	80	30	30	50	70	90	80	10	100	20	100	0	70	20	80	80	30	30	20	60	70	20	263
<i>Thalassoma pavo</i>	0	10	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	10	0	0	0	0	0	0	10	10	0	11
<i>Trachurus trachurus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	3
<i>Tripterygiidae</i>	10	10	10	0	0	10	10	0	0	0	30	0	20	20	0	0	0	10	0	0	0	10	10	0	23
<b>Abondance totale poissons</b>																									<b>53 298</b>
<b>Richesse spécifique totale</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>21</b>	<b>36</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>27</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>25</b>	<b>53</b>
<i>Octopus vulgaris</i>	10	20	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Palinurus elephas</i>	0	10	0	10	0	0	0	0	0	20	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5

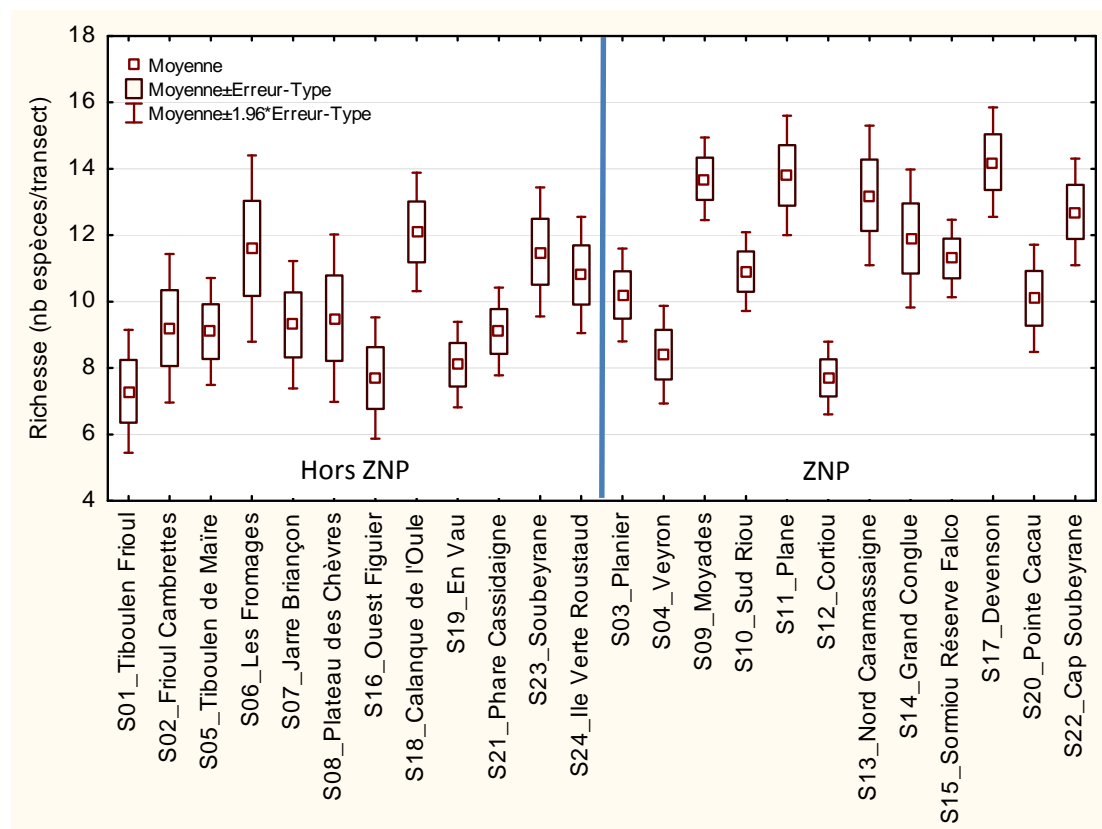
4.1.1.2 *Richesse spécifique par station*

La richesse spécifique moyenne dans les Calanques est de 10 espèces par transect (Tableau 14, Figure 22). Au maximum 19 espèces différentes ont pu être observées dans un transect à une station donnée. La richesse spécifique est significativement différente entre les stations des Calanques (KW ; H (23, 240)=85.99 ;  $p < 0.001^{***}$ ).

Les valeurs les plus faibles du coefficient de variation dans les stations de ZNP (agrégation des stations en ZNP et S09-Moyades, S10-Sud Riou, S15-Sormiou, S17-Devenson) montrent que la richesse spécifique varie moins dans les zones de non prélèvement, ce qui atteste d'une plus grande stabilité du peuplement. Le coefficient de variation n'est pas différent entre la côte et les îles, il est moins important dans les stations comportant une plus grande proportion d'herbier, mais il n'est pas différent entre les 3 tranches de profondeur suivantes : 5-10 m, 10-15 m et 15-20 m.

**Tableau 14.** Richesse spécifique moyenne et maximale par transect (125 m<sup>2</sup>) observées à chaque station. Toutes les stations ont une dominance d'habitat rocheux ; les stations de roche comportant une proportion de galets ou d'herbier relativement plus importante qu'aux autres stations sont regroupées sous le titre 'présence de galets' et 'présence d'herbier'.

	Transect	Rs moy	Rs ect	Cv	Rs max
Hors ZNP	S01_Tiboulén Frioul	7.3	3.0	40.9	11
	S02_Frioul Cambrettes	9.2	3.6	39.3	18
	S05_Tiboulén de Maire	9.1	2.6	28.6	13
	S06_Les Fromages	11.6	4.5	39.0	19
	S07_Jarre Briançon	9.3	3.1	33.3	14
	S08_Plateau des Chèvres	9.5	4.1	42.8	16
	S16_Ouest Figuiér	7.7	2.9	38.3	12
	S18_Calanque de l'Oule	12.1	2.9	23.8	15
	S19_En Vau	8.1	2.1	25.7	13
	S21_Phare Cassidaigne	9.1	2.1	23.4	12
	S23_Soubeyrane	11.5	3.1	27.3	17
	S24_Ile Verte Roustaud	10.8	2.8	26.1	16
ZNP	S03_Planier	10.2	2.3	22.1	14
	S04_Veyron	8.4	2.4	28.2	12
	S09_Moyades	13.7	2.0	14.6	17
	S10_Sud Riou	10.9	1.9	17.5	14
	S11_Plane	13.8	2.9	21.0	18
	S12_Cortiou	7.7	1.8	22.9	10
	S13_Nord Caramassaigne	13.2	3.4	25.7	18
	S14_Grand Conglue	11.9	3.3	28.1	17
	S15_Sormiou Réserve Falco	11.3	1.9	16.7	14
	S17_Devenson	14.2	2.7	18.7	19
	S20_Pointe Cacao	10.1	2.6	25.8	14
	S22_Cap Soubeyrane	12.7	2.6	20.3	16
	<b>Zone d'étude PNCaI</b>	<b>10.6</b>	<b>3.4</b>	<b>32.1</b>	<b>19</b>
	Hors-ZNP	9.6	3.4	35.0	19
	ZNP	11.5	3.2	27.5	19
	Côte	10.5	3.4	32.2	19
	Îles	10.6	3.4	32.2	19
	Présence de galets	8.7	3.0	34.9	18
	Présence d'herbier	11.6	2.8	24.5	17
	Roche dominante	10.9	3.4	31.4	19
	15-20 m	9.5	2.9	30.4	17
	10-15 m	11.6	3.7	31.7	19
	5-10 m	11.0	3.2	29.3	17



**Figure 22.** Richesse spécifique moyenne par station (nb espèces/transect) entre 5 et 20 m.

La richesse spécifique moyenne est très significativement différente entre les groupes de stations ZNP et Hors-ZNP (MW ; N=120, Z ajusté=-4.43 ; p=0.00001\*\*\*).

La station S01-Frioul est significativement moins diversifiée que les stations S09-Moyades, S11-Plane et S17-Devenson.

La station S09-Moyades est aussi significativement plus diversifiée que les stations S12-Cortiou, S16-Ouest Figuier et S19-En Vau.

La station S11-Plane abrite une richesse spécifique significativement supérieure aux stations S12-Cortiou, S16-Ouest Figuier et S19-En Vau.

La station S17-Devenson abrite une richesse spécifique significativement supérieure aux stations S12-Cortiou, S16-Ouest Figuier et S19-En Vau.

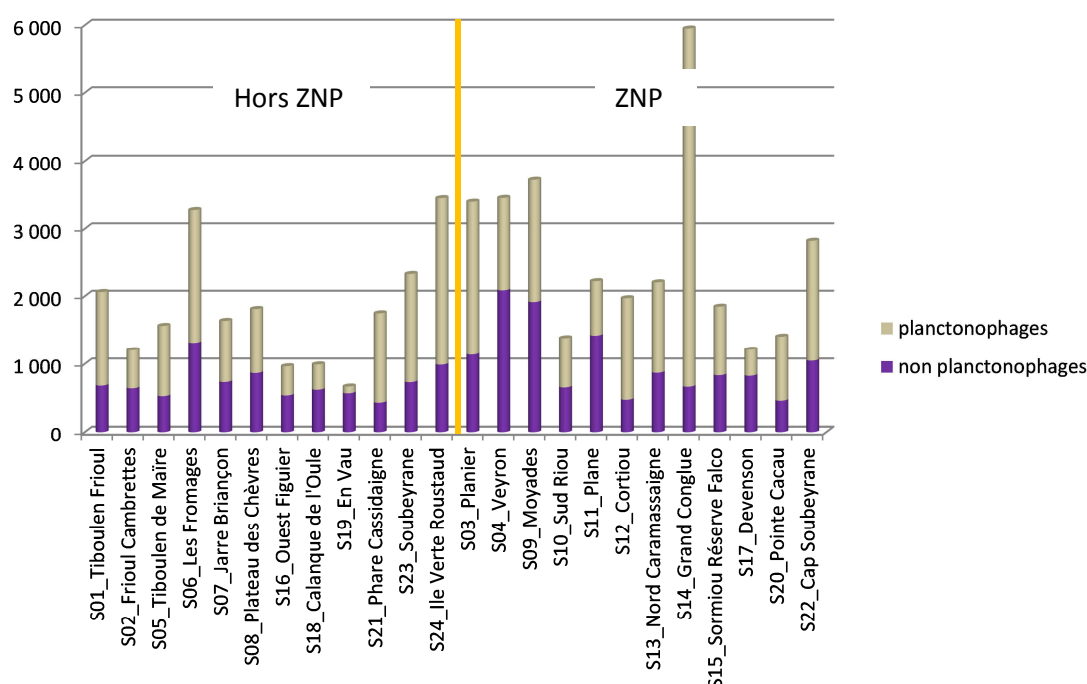
S12-Cortiou est la station qui présente la plus faible richesse spécifique de la ZNP alors que les stations S09-Moyades, S11-Plane, S13-Nord Caramassaigne et S17-Devenson présentent les richesses spécifiques les plus élevées.

#### 4.1.1.3 Importance des espèces planctonophages

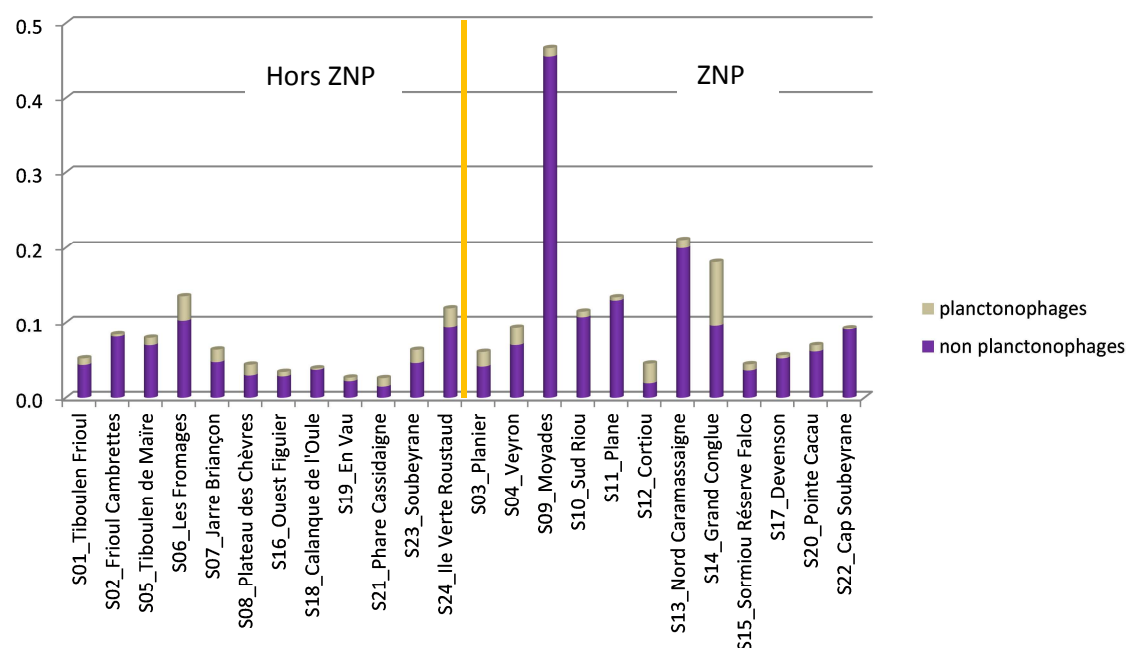
Le peuplement de poissons des Calanques est dominé en nombre par les espèces planctonophages *Chromis chromis*, *Boops boops* et *Spicara* spp. dont l'abondance est plus élevée (Figure 23), que la biomasse (Figure 24) proportionnellement aux espèces non planctonophages.

L'espèce *Chromis chromis* est présente à toutes les stations avec une fréquence d'occurrence qui atteint le plus souvent entre 80 et 100%, alors que *Boops boops* n'est pas présent à toutes les stations et a une fréquence d'occurrence de l'ordre de 10 à 40% des transects réalisés. Le genre *Spicara* est représenté à toutes les stations sauf celles des îles éloignées du bord : S03-Planier et S21-Cassidaigne.

A certaines stations comme S02-Frioul-Cambrettes, S07-Jarre, S08-Plateau des chèvres, S09-Moyades, S10-Sud Riou, S13-Nord Caramassaigne et S15-Sormiou, la proportion de planctonophages est moins élevée et un équilibre est observé entre les 2 groupes d'espèces (Figure 23).



**Figure 23.** Contribution des espèces planctonophages et non planctonophages à l'abondance totale par station (nombre total d'individus pour 10 transects) entre 5 et 20 m dans le peuplement de poissons des Calanques.



**Figure 24.** Contribution des espèces planctonophages et non planctonophages à la biomasse totale par station (somme en kg des 10 transects) entre 5 et 20 m, dans le peuplement de poissons des Calanques.

Les espèces planctonophages *B. boops* et *C. chromis* ne sont pas uniformément réparties entre les stations des Calanques. Les biomasses de *B. boops* sont plus importantes aux stations S05-Tiboulens de Maire, S06-Fromages, S07-Jarre, S14-Grand Congloue, alors que *C. chromis* domine aux stations S21-Phare Cassidaigne à S24-Ile Verte, S03-Planier, S04-Veyron et S09-Moyades et autour de S12-Cortiou (Figure 25).

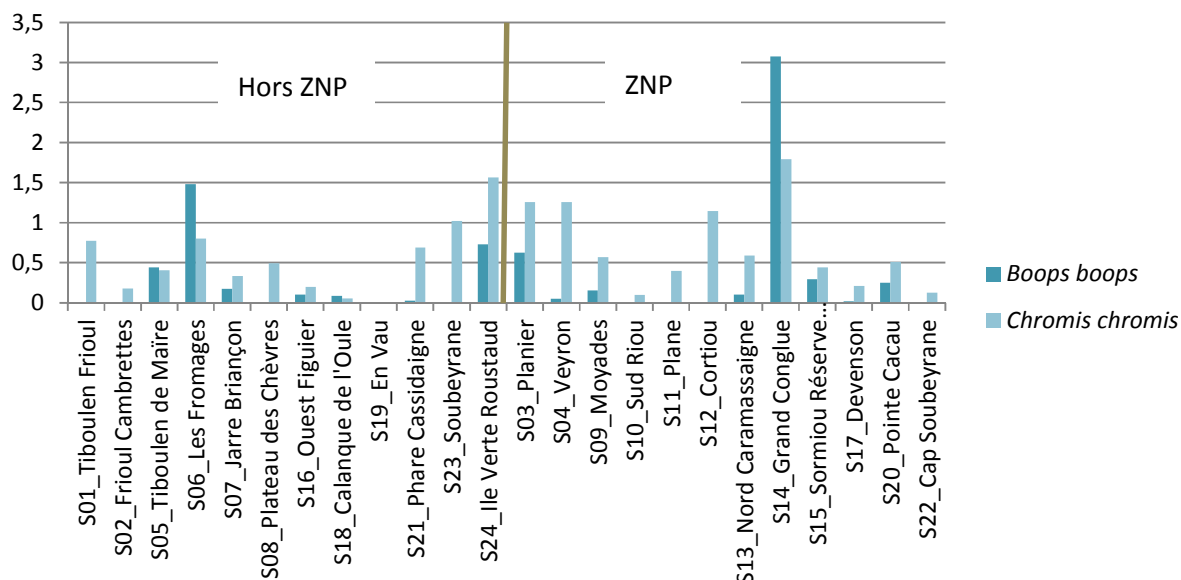
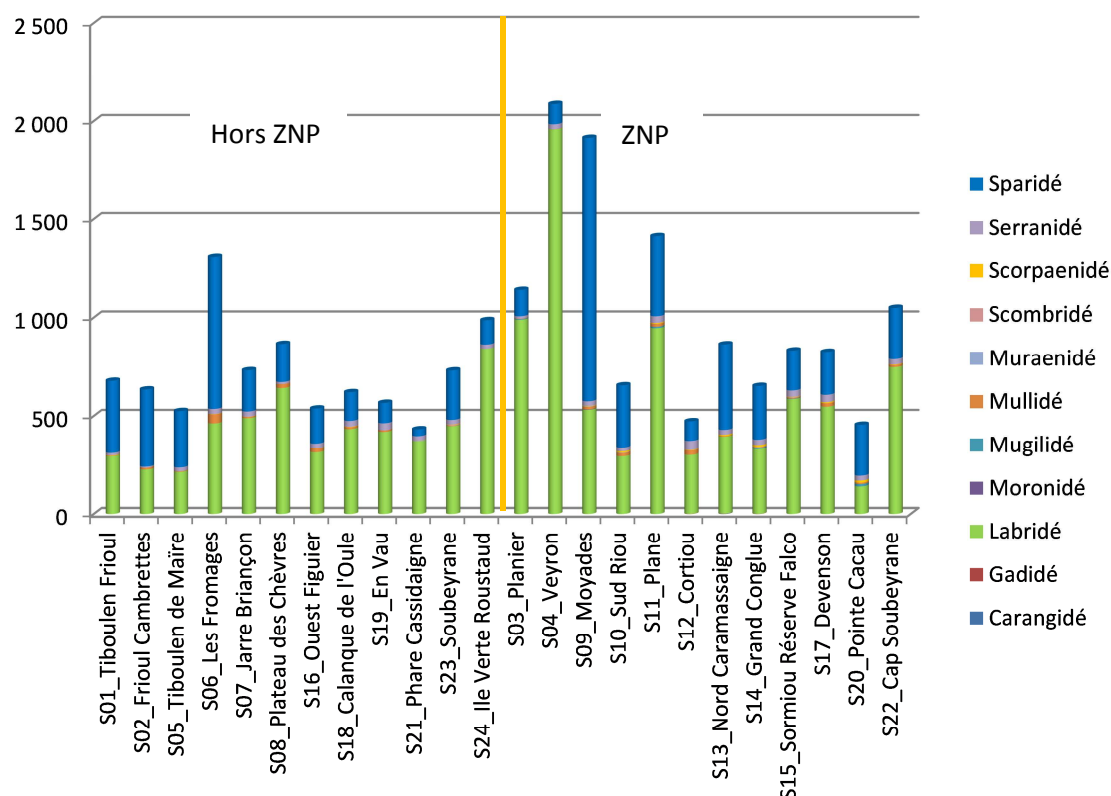


Figure 25. Biomasse moyenne (kg/transect) des 2 espèces planctonophages *B. boops* et *C. Chromis*.

Pour la suite de ce chapitre, l'analyse du peuplement se fera en excluant les espèces planctonophages.

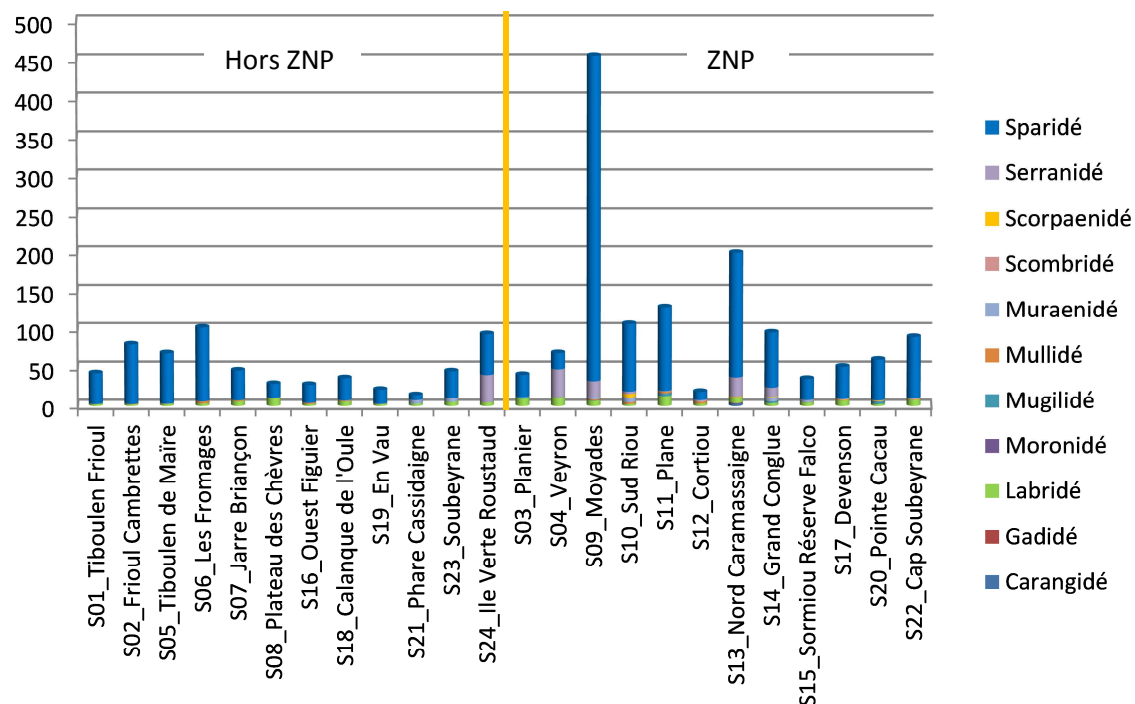
#### 4.1.1.4 Composition globale du peuplement

Ainsi, hors espèces planctonophages, les abondances sont, à la plupart des stations, dominées par les labridés (Figure 26). Les labridés et les sparidés représentent la quasi-totalité des poissons échantillonnés visuellement dans cette tranche de profondeur, alors que la biomasse globale des poissons recensés visuellement est constituée, pour une majorité écrasante, par les sparidés (Figure 27).



**Figure 26.** Principales familles composant les abondances (nb total/10 transects) de poissons du Parc national des Calanques entre 5 et 20 m (hors espèces planctonophages).

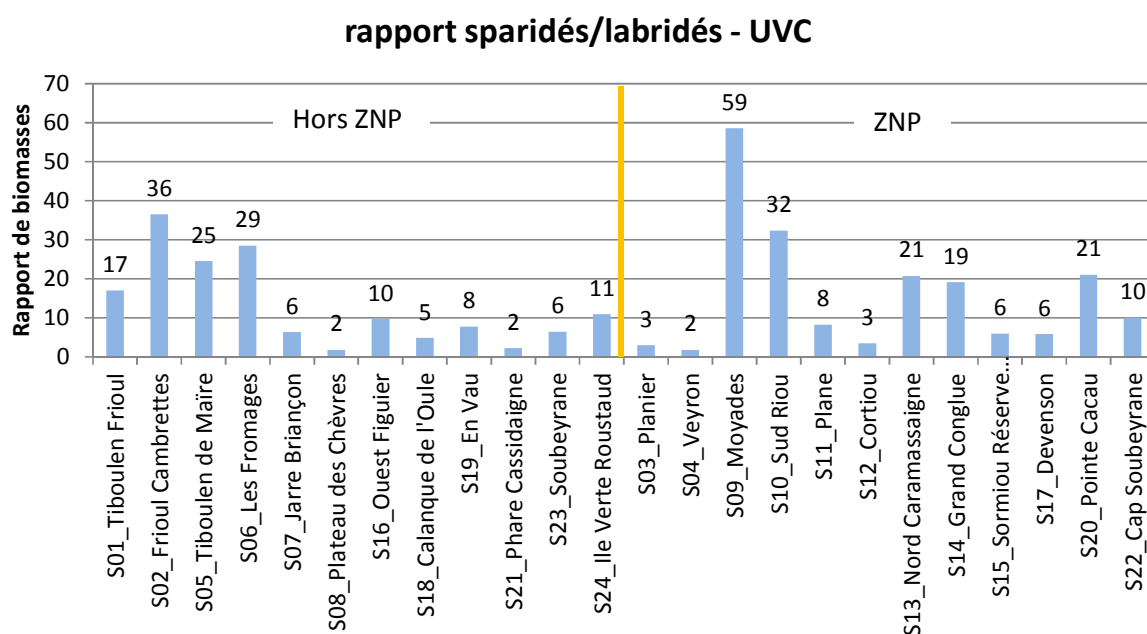
Les sparidés dominent le peuplement en biomasse et sont plus abondants dans la ZNP.



**Figure 27.** Principales familles composant les biomasses (biomasse totale kg/240 transects) de poissons du Parc national des Calanques entre 5 et 20 m.

Le rapport de biomasse entre sparidés et labridés non planctonophages est un autre descripteur du peuplement : la représentation des sparidés est plus faible dans l'herbier tant sur le plan qualitatif que quantitatif que sur les fonds de roche (Harmelin, 1987). Ce rapport rend compte de façon synthétique de différences entre le peuplement de poissons des stations liées à l'habitat.

C'est aussi un indicateur de l'effet de la protection. En effet les sparidés ont tendance à dominer en biomasse dans les sites moins impactés par les différents types de pêche. L'interprétation doit cependant tenir compte de la présence des saupes *Sarpa salpa* (sparidé) à certaines stations, qui ne sont pas des cibles de la pêche. Cela peut faire partie des variables intéressantes à suivre dans le temps. Ce rapport est particulièrement élevé aux stations S02-Frioul et S06-Fromages, S09-Moyades (celle-ci est liée à la présence d'une grande quantité de saupes), S10-Riou, S13-Nord Caramassaigne, S14-Grand Conglue et S20-Pointe Cacau (Figure 28).

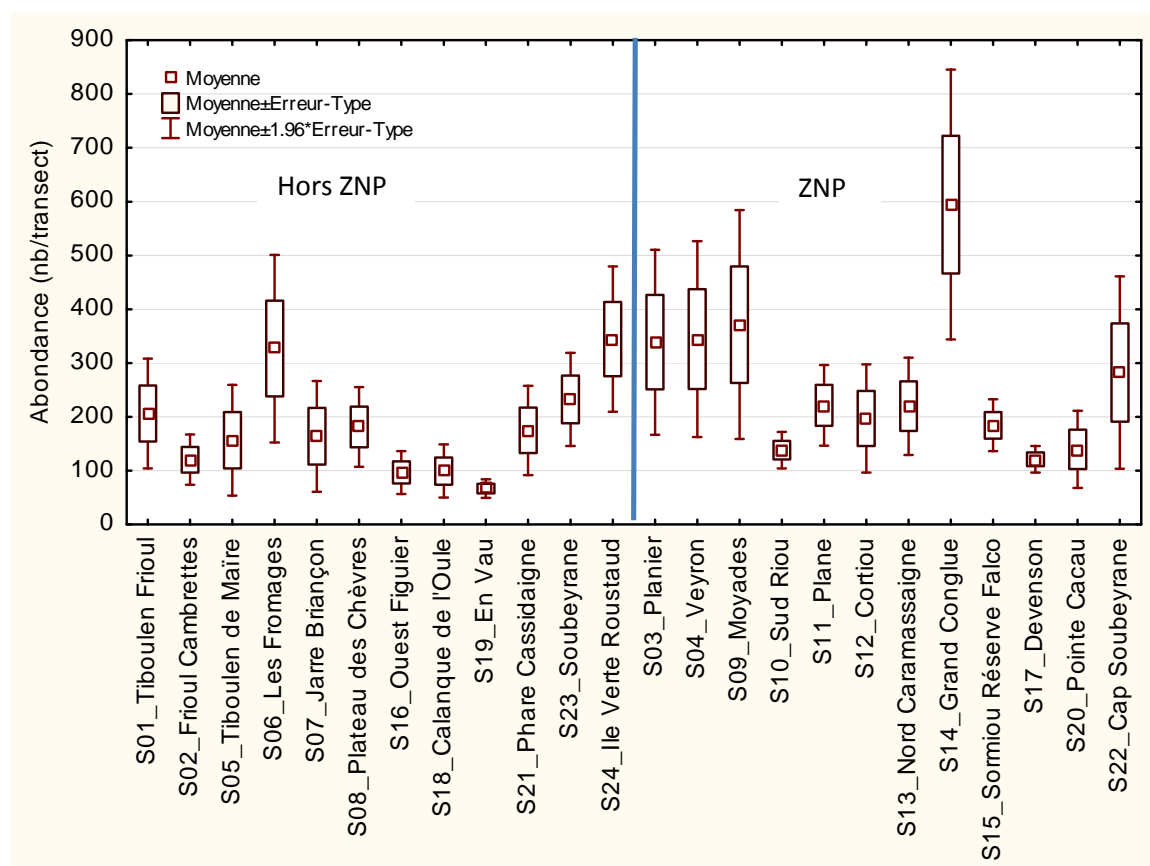


**Figure 28.** Rapport entre les biomasses de sparidés et de labridés non planctonophages aux différentes stations échantillonnées en scaphandre autonome entre 5 et 20 m de profondeur dans le Parc national des Calanques.

#### 4.1.2 Analyse de l'abondance entre 5 et 20 m de profondeur

L'abondance des poissons est significativement différente entre les stations des Calanques (KW, H(23, 240)=65.09 ;  $p=0.00001^{***}$ ). Plusieurs stations situées dans la ZNP présentent des abondances moyennes élevées, ainsi que les stations S06-Fromages et S24 Ile Verte, hors ZNP. On notera une assez forte variabilité des abondances à ces stations.

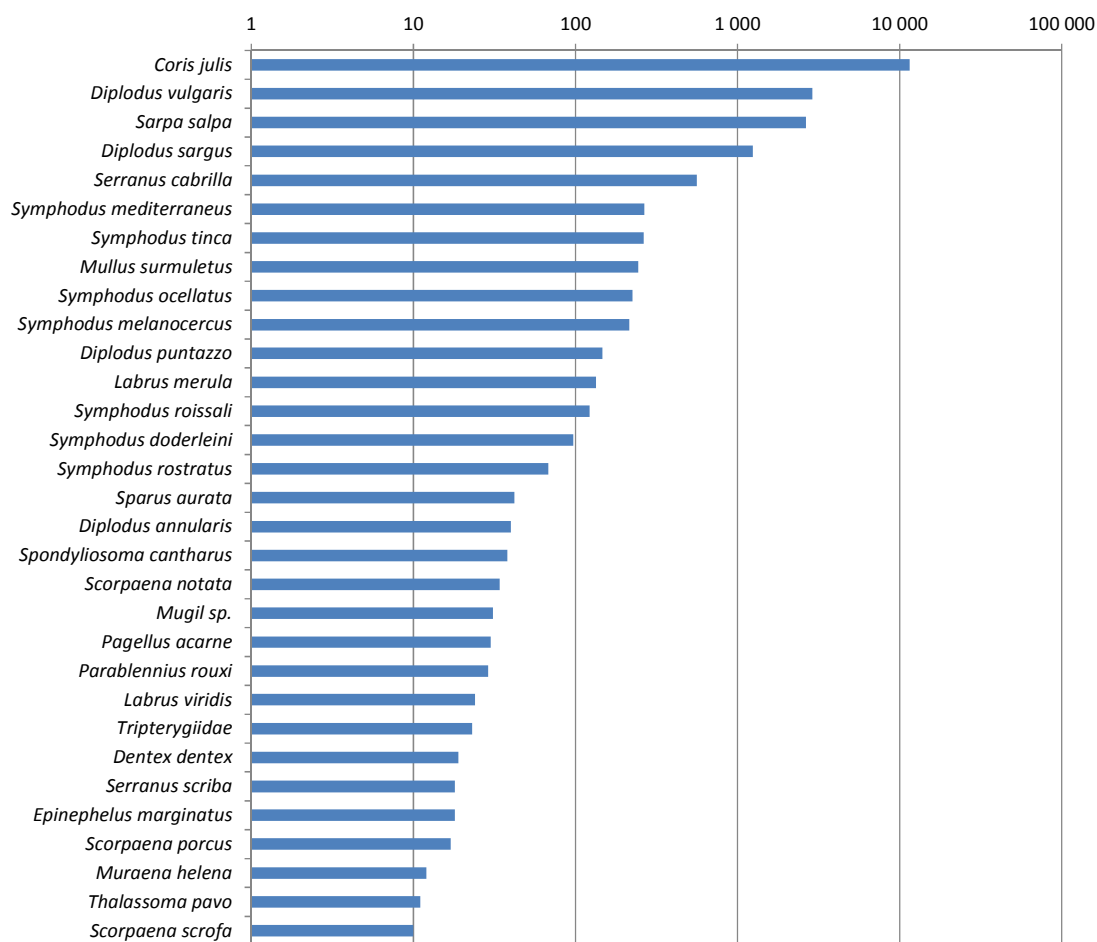
L'abondance des poissons est significativement supérieure à la station S09-Moyades par rapport à S19-En Vau, à la station S14-Grand Conglue par rapport aux stations S16-Ouest Figuier, S18-Calanque de l'Oule, S19-En Vau. S24-île Verte présente aussi des abondances significativement supérieures à S19-En Vau (Figure 29).



**Figure 29.** Abondance moyenne (nb individus/transect) à chaque station entre 5 et 20 m.

Le regroupement des stations selon le mode de gestion (Hors-ZNP/ZNP) fait apparaître une différence hautement significative des abondances entre ZNP et Hors-ZNP (MW, N=120, Z ajusté=-3.44 ;  $p=0.0006^{***}$ ).

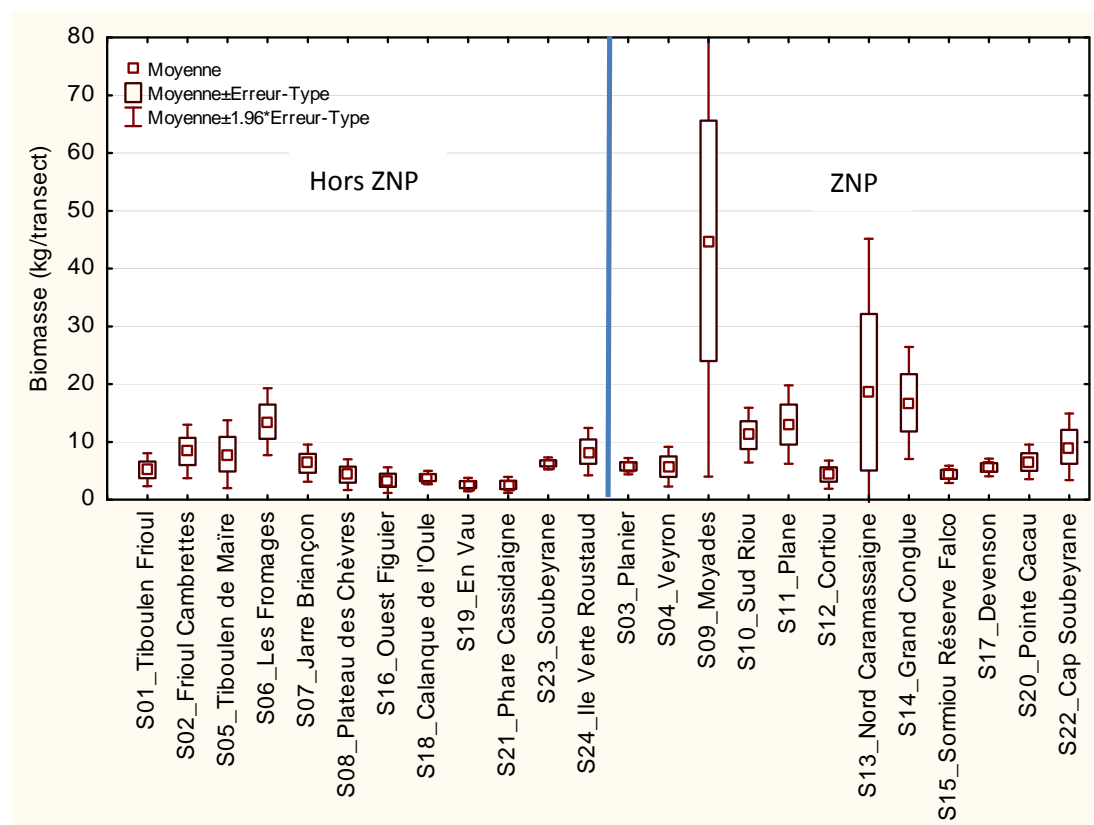
Les abondances sont largement dominées par 5 espèces : *Coris julis*, *Diplodus vulgaris*, *Sarpa salpa*, *Diplodus sargus* et *Serranus cabrilla* (Figure 30), qui sont toutes des espèces cibles de la pêche professionnelle ou récréative.



**Figure 30.** Espèces dominant le peuplement de poissons des Calanques en abondance (total hors espèces planctonophages, échelle logarithmique).

### 4.1.3 Analyse de la biomasse entre 5 et 20 m de profondeur

La biomasse moyenne de poissons échantillonnés en comptage visuel par transect est de 9.7 kg/transect pour l'ensemble du PNCaI ( $9.7 \pm 18.8$ ). La biomasse des poissons est significativement différente entre les stations des Calanques (KW, H(23, 240)=66.88 ;  $p < 0.00001^{***}$ ) (Figure 31). Quatre stations présentent des biomasses particulièrement élevées : S09-Moyades (présence d'un banc de *Sarpa salpa* créant un pic de biomasse et une très forte variabilité dans les données de cette station), S13-Nord Caramassaigne, S14- Grand Conglue et S11-Plane (liée à *D. vulgaris*).

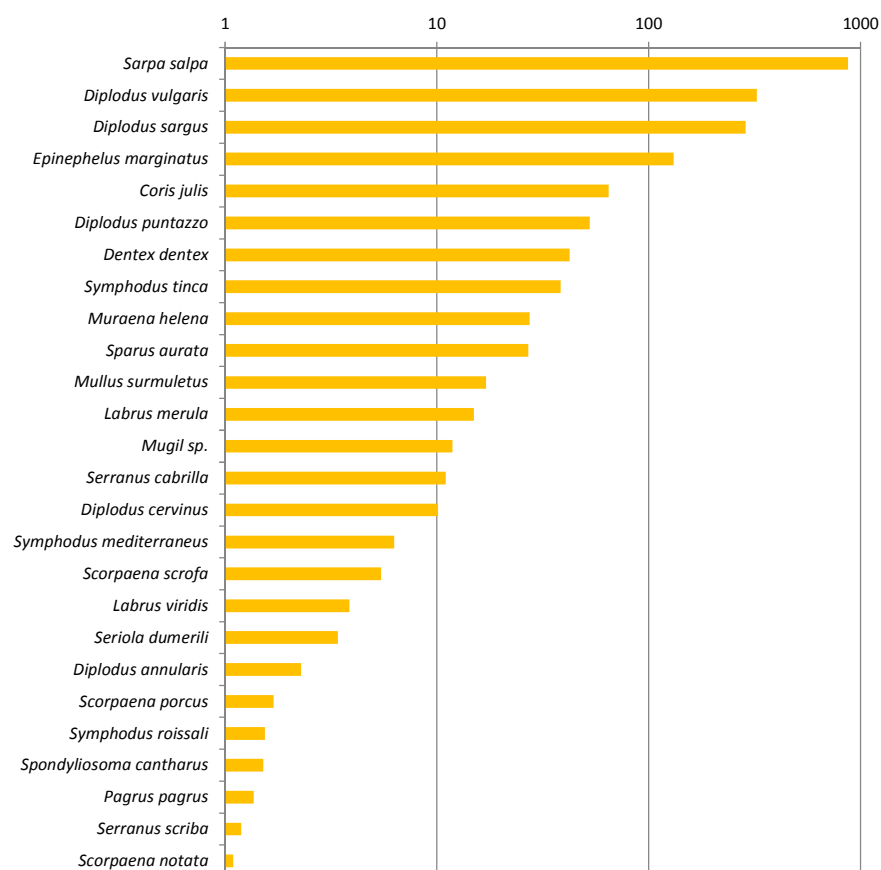


**Figure 31.** Biomasse moyenne (kg/transect) à chaque station entre 5 et 20 m.

La biomasse de téléostéens est significativement supérieure à S09-Moyades et S14-Grand Conglue par rapport à respectivement S16-Ouest Figuiier, S19-En Vau et S21-Cassidaigne et à S11-Plane par rapport à S19-En Vau et S21-Cassidaigne.

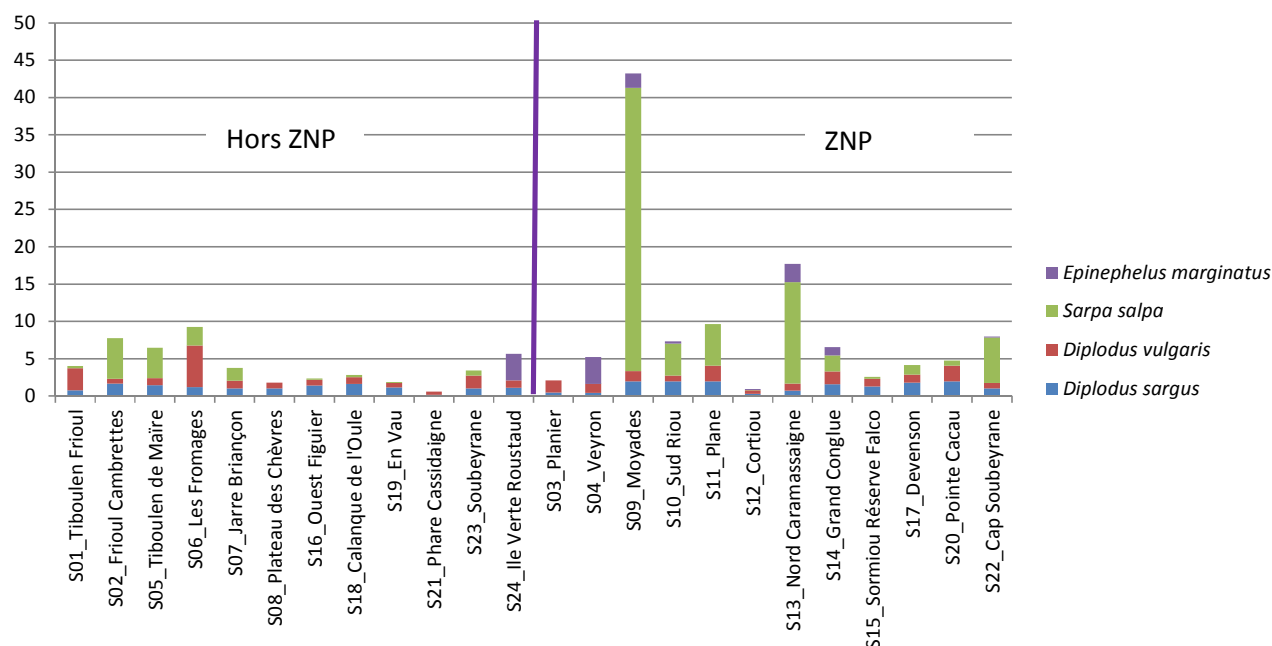
Hors-ZNP, ce sont les stations (par ordre décroissant d'importance) S06-Les Fromages, S02-Frioul Cambrettes, S05-Tiboulen de Maire et S24-Ile Verte qui présentent les biomasses moyennes les plus élevées.

Les espèces contribuant le plus à la biomasse de poissons échantillonnés visuellement sont : *Sarpa salpa*, *Diplodus vulgaris*, *D. sargus*, *E. marginatus* et *Coris julis*. On remarquera que la quasi-totalité des espèces contribuant à la biomasse, classées dans la Figure 32 sont des cibles de la pêche professionnelle ou récréative ou bien appartiennent aux catégories commerciales 'soupe' ou 'bouillabaisse' également ciblées par les pêcheurs.



**Figure 32.** Espèces dominant le peuplement de poissons des Calanques en biomasse (total kg, hors espèces planctonophages, échelle logarithmique).

La proportion relative des 4 espèces dominant la biomasse du peuplement échantillonné (*Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *Sarpa salpa*, *Epinephelus marginatus*) permet une analyse rapide comparative de l'ensemble des stations (Figure 33) et fait ressortir des différences spécifiques majeures expliquant l'écart entre Hors-ZNP et ZNP.



**Figure 33.** Contribution relative à la biomasse moyenne (kg/transect) des 4 principales espèces *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *Sarpa salpa*, *Epinephelus marginatus*.

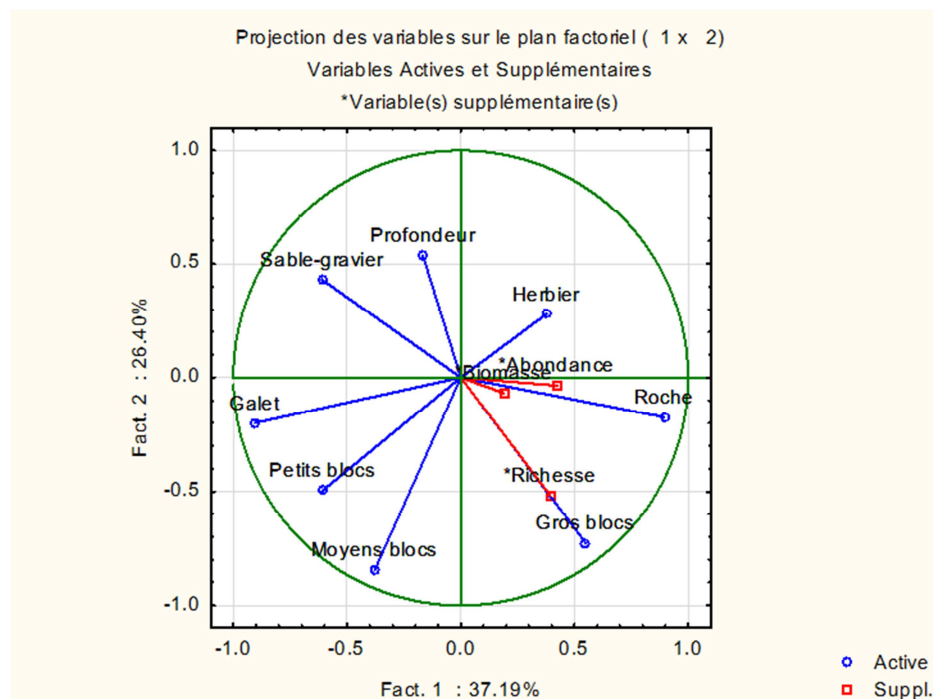
Les *S. salpa* ont une contribution plus importante à la biomasse aux stations situées dans la ZNP comme S09-Moyades, S10-Sud Riou, S11-Plane, S13-Nord Caramassaigne, S22-Cap Soubeyrane. Ces stations ne présentent cependant pas les mêmes caractéristiques d'habitat et ne comptent pas toute une présence de l'herbier de posidonie à proximité. Elles sont relativement peu représentées au Frioul (S01 et S02) et hors ZNP en général.

Le regroupement des stations selon le mode de gestion (Hors-ZNP/ZNP) fait apparaître une différence hautement significative de biomasse moyenne entre la ZNP et l'extérieur Hors-ZNP (MW ; N=120, Z ajusté=-3.42 ; p=0.0006\*\*\*).

La biomasse moyenne de poissons est de 13.1 kg/transect dans la ZNP (13.1±25.4) contre 6.4 kg/transect Hors ZNP (6.4±6.6), soit moitié moins.

#### 4.1.4 Importance de l'habitat dans la structuration du peuplement

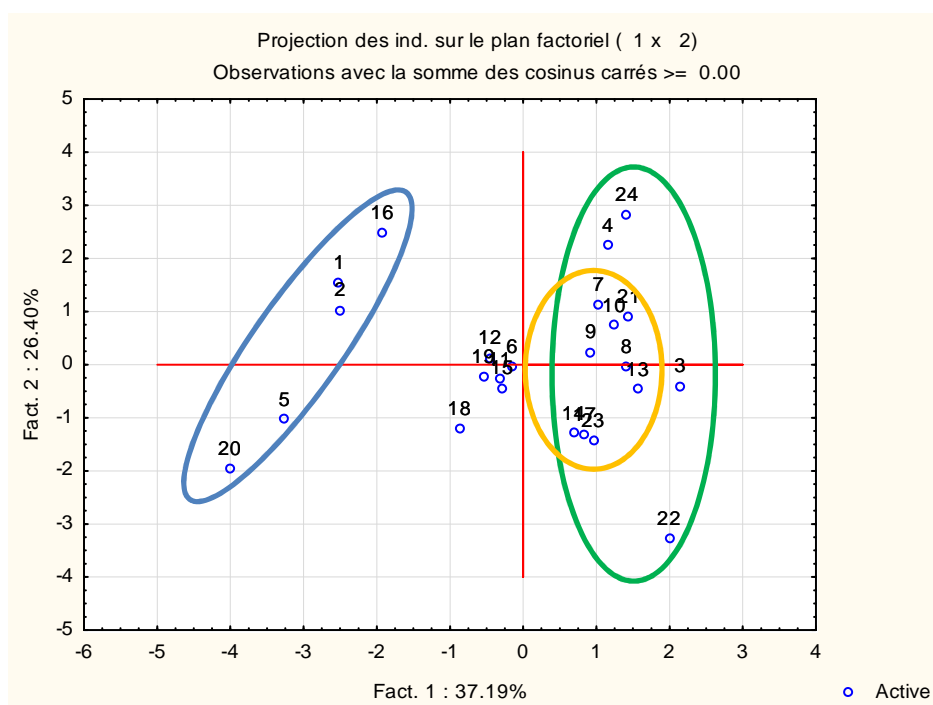
Une analyse en composantes principales de la répartition des stations dans l'espace a été faite avec les variables de description de l'habitat et la profondeur en variables principales et les abondances, les biomasses et les richesses spécifiques en variables supplémentaires (Figure 34) :



**Figure 34.** Projection des variables actives d'habitat et des variables supplémentaires richesse spécifique, abondance et biomasse moyenne sur le plan factoriel (1 x 2).

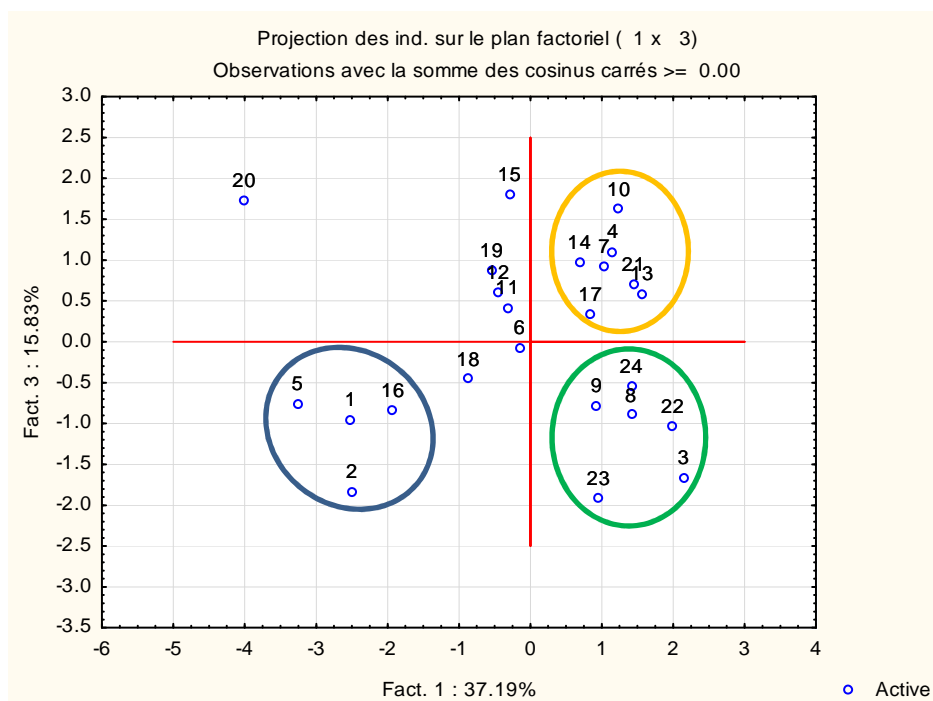
Les vecteurs correspondant à la richesse spécifique, l'abondance et la biomasse, sont fortement associés à la présence de gros blocs et de roche, confirmant pour la zone des Calanques à quel point l'habitat est un facteur de structuration du peuplement de poissons côtiers et en particulier la présence d'habitats rocheux.

La variance entre les stations est expliquée à 63% par les deux premiers facteurs. Le premier axe factoriel expliquant 37.2% de la variance sépare les stations en fonction de la **complexité** (petits blocs par opposition à gros blocs) (Figure 35). Le second axe factoriel distingue les habitats en fonction de leur **rugosité** (sable-gravier en haut, par opposition aux blocs et roches en bas). Ainsi les stations (S01, S02, S05, S16, S20) à faible granulométrie (*i.e.* faible complexité) (**bleu**) se trouvent opposées au groupe de station (S03, S07, S08, S09, S21, S22, S23) entourées de **vert** où la roche est plus présente et la rugosité plus marquée, avec présence d'herbier ou non. Ces stations comportent des habitats un peu plus variés 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.



**Figure 35.** Projection des 24 stations sur le plan factoriel (1 x 2).

L'axe factoriel 3 contribuant à 15.8% de la variabilité sépare les stations en fonction de la **profondeur** : en bas les stations peu profondes, en haut les stations plus profondes (Figure 36). Les stations en **jaune** correspondent aux stations en ZNP, en majorité situées sur les îles, au rivage plus accore présentant des habitats rocheux remarquables par leur complexité et la présence de davantage de gros blocs.



**Figure 36.** Projection des 24 stations sur le plan factoriel (1 x 3).

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 autres : S06-Fromages, S11-Plane, S12-Cortiou, S19-En Vau, S15-Sormiou-Falco, stations présentent une configuration paysagère ou géomorphologique moins marquée.

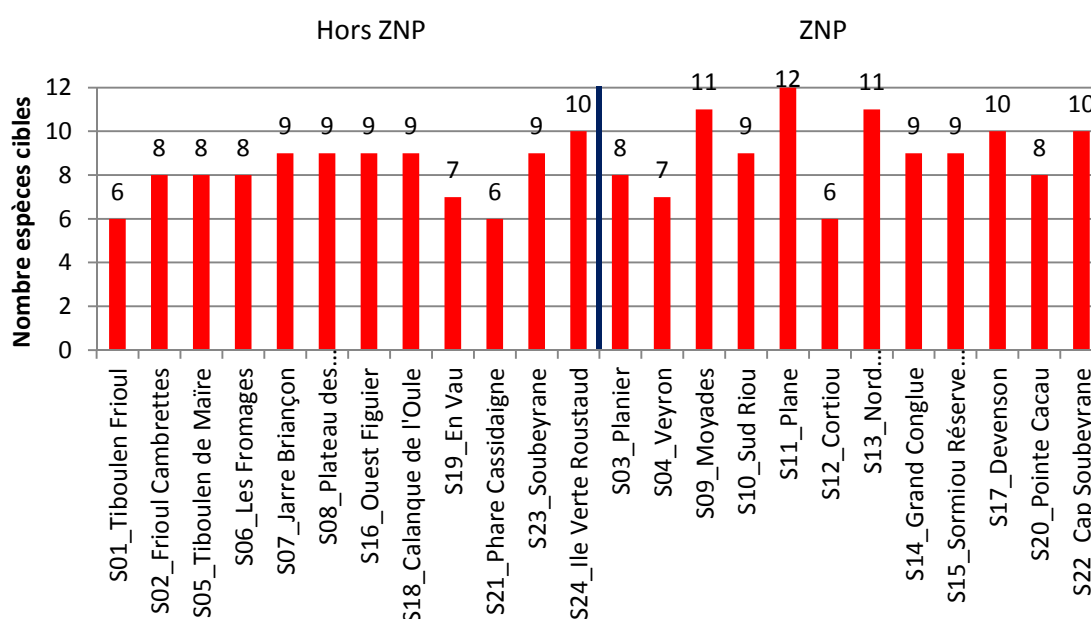
#### 4.1.5 Analyse des espèces cibles entre 5 et 20 m de profondeur

La structure du peuplement peut-être également analysée à partir des principales espèces cibles de la pêche pour la région définies dans la méthodologie (chapitre 2.1.2).

Les espèces cibles ont été analysées pour les comptages réalisés entre 5 et 20 m.

##### 4.1.5.1 Nombre d'espèces cibles de 5 à 20 m

La richesse spécifique totale observée par station varie de 6 à 12 espèces cibles (du simple au double) selon les stations (Figure 37).



**Figure 37.** Nombre d'espèces cibles observées par station dans le Parc national des calanques.

La richesse spécifique moyenne par transect à chaque station est de l'ordre de 4.5 à 9 espèces cibles. Cinq stations sur 12 situées en ZNP totalisent au moins 10 espèces cibles contre 1 seule hors ZNP.

##### 4.1.5.2 Biomasse des espèces cibles de 5 à 20 m

La biomasse moyenne des espèces cibles varie considérablement selon les stations. Elle est comprise entre 1.4 et 7.6 kg/transect dans les Calanques ( $3.9 \pm 3.2$  kg/transect) (Figure 38). Certains pics, cependant, sont dus à la présence en nombre d'individus au moment des comptages, qui pourtant ont été réalisés en deux fois pour atténuer ces effets ponctuels. On peut donc considérer que les biomasses importantes observées à certaines stations correspondent bien à une ressource

abondante. C'est le cas des stations S24-Ile Verte, S09-Moyades, S10-Sud Riou, S11-Plane, S14-Grand Conglue et S20-Pointe Cacau. La plupart de ces stations sont en zone de non prélèvement (ZNP).

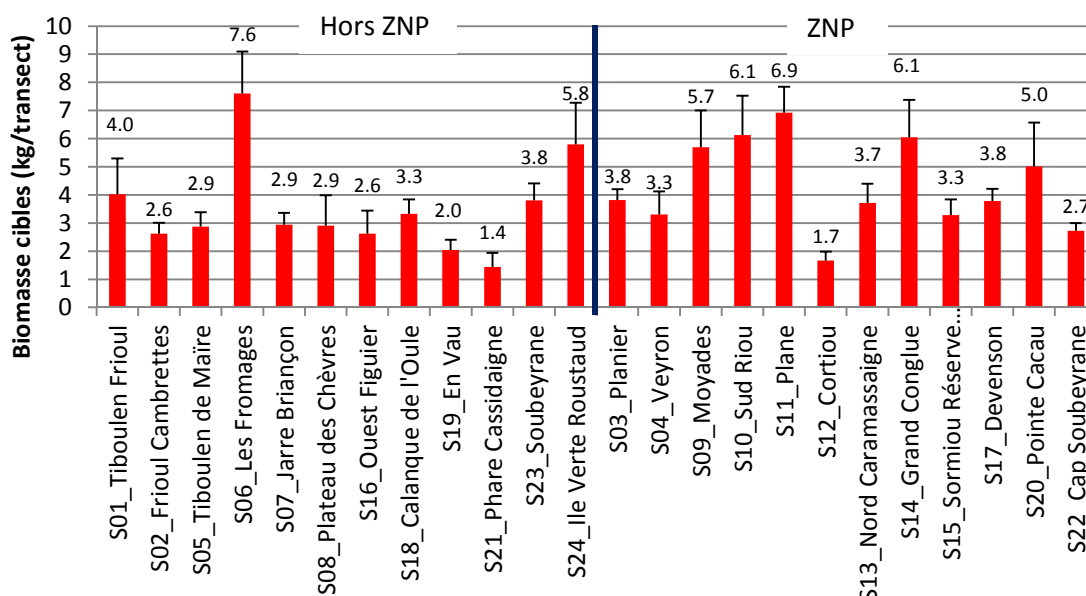


Figure 38. Biomasse moyenne d'espèces cibles par station dans le Parc national des Calanques.

#### 4.1.5.3 Les sars *Diplodus sargus* et *D. vulgaris*

Les deux espèces de sars (*Diplodus sargus* et *D. vulgaris*) sont assez également réparties dans l'ensemble des stations des Calanques. Ce sont des espèces mobiles, qui ne permettent pas d'établir des différences entre stations. Des biomasses particulièrement élevées de *D. vulgaris* ont cependant été observées à S01-Tiboulén du Frioul et aux S06-Fromages (2 à 5 fois plus élevées) (Figure 39).

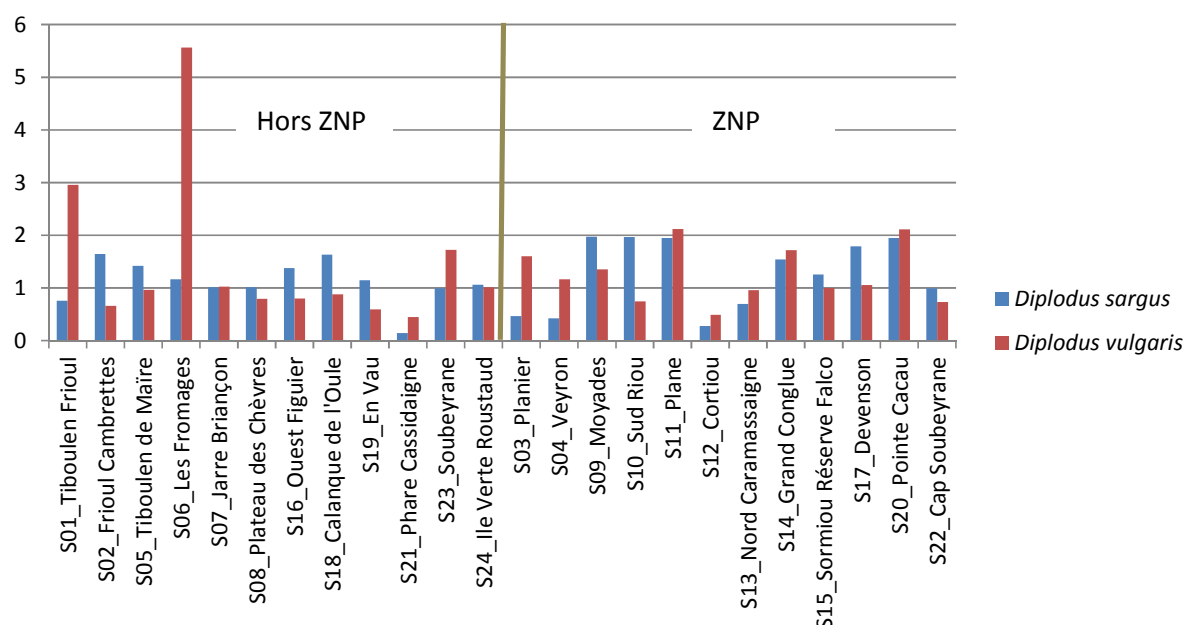


Figure 39. Biomasse moyenne (kg/transect) de *Diplodus sargus* et *D. vulgaris*.

La taille des sars *D. sargus* échantillonnés était comprise entre 8 et 32 cm de longueur totale, la taille moyenne entre 20 et 27 cm (Figure 40). La taille moyenne est significativement différente entre les stations. Des valeurs élevées et une plus grande variabilité sont observées au large aux stations S21-Phare Cassidaigne, S04-Veyron et S03-Planier.

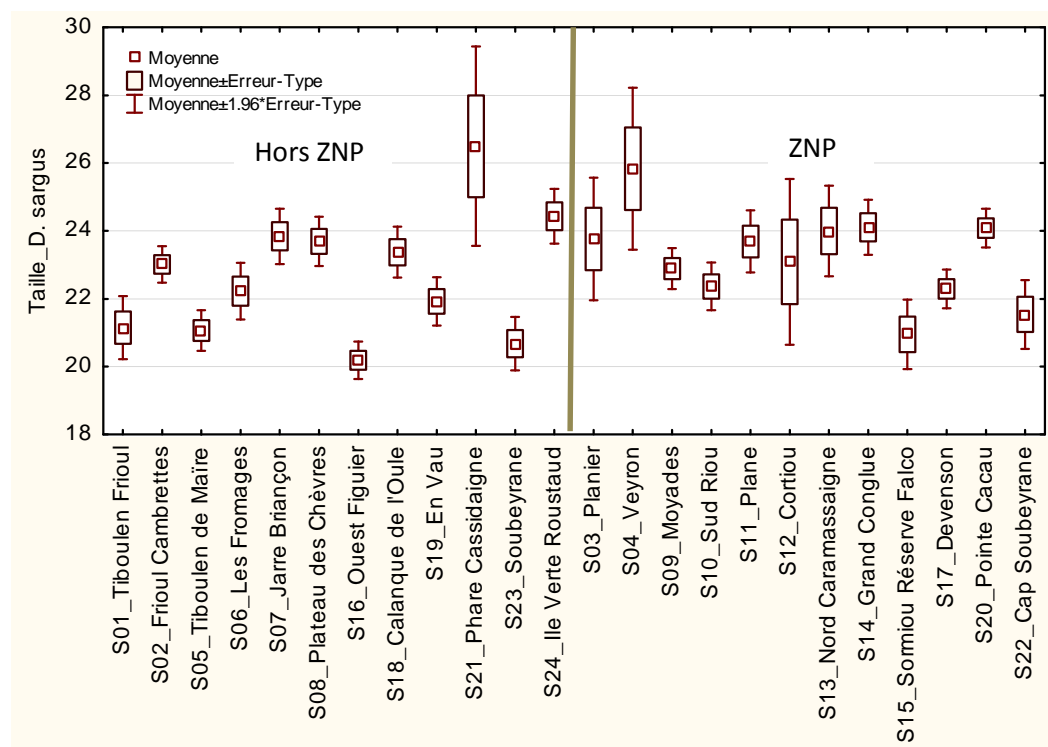


Figure 40. Taille moyenne (cm) de *D. sargus* aux différentes stations.

La taille moyenne des *D. sargus* est très significativement supérieure dans la ZNP (22.9 cm±3.5) par rapport à la zone hors-ZNP (22.12 cm±3.04) (Test t, N1=388, N2=372, t=1.96, p=0.05, \*).

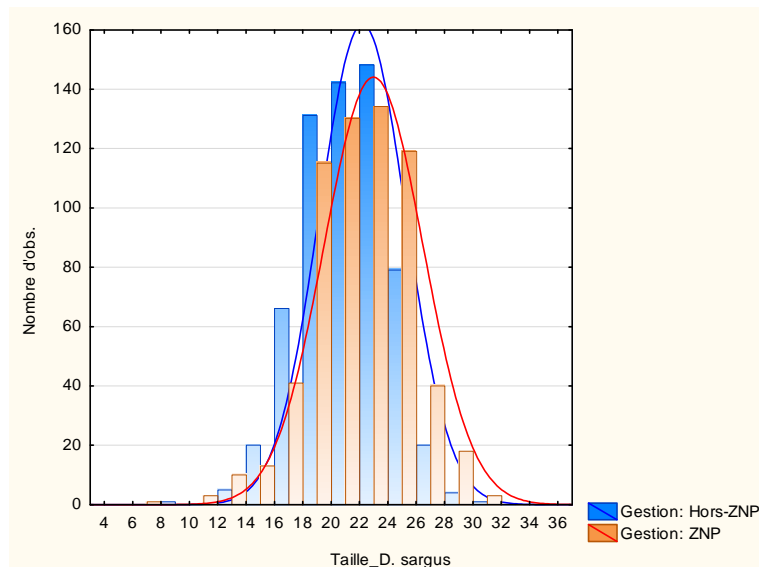


Figure 41. Distribution des tailles (cm) de *Diplodus sargus* mesurées entre 5 et 20 m de profondeur.

Pour *D. vulgaris*, l'ajustement des courbes de taille hors-ZNP et ZNP ne fait pas apparaître de différence significative en faveur de la zone de non prélèvement (Test t,  $N_1=584$ ,  $N_2=578$ ,  $t=1.53$ ,  $p=0.13$ ) (Figure 42). C'est un indicateur qu'il pourra être intéressant de suivre dans le temps.

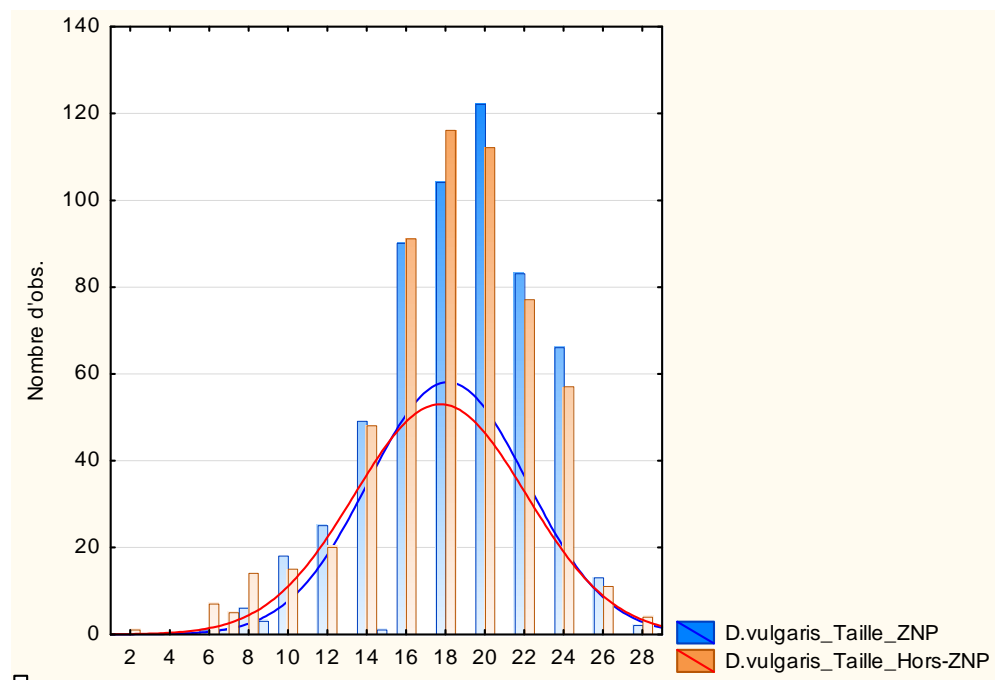


Figure 42. Répartition des tailles de *Diplodus vulgaris* mesurées entre 5 et 20 m de profondeur.

#### 4.1.5.4 Le sar à museau pointu *Diplodus puntazzo*

Le sar à museau pointu *D. puntazzo* plus solitaire que les deux autres sars *D. sargus* et *D. vulgaris* contribue pour une bonne part à la biomasse des stations de la ZNP et de l'île Verte (S24). Cette espèce est peu présente hors ZNP. Les jeunes individus sont vus en zone moins profonde.

### *Diplodus puntazzo*

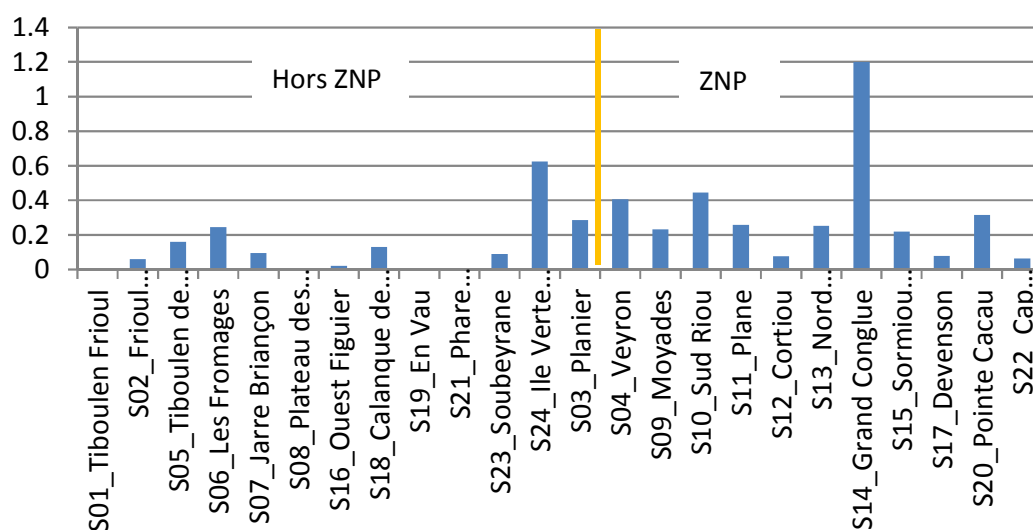


Figure 43. Biomasse moyenne (kg/transect) de *Diplodus puntazzo* échantillonné entre 5 et 20 m de profondeur.

#### 4.1.5.5 Le mérou *Epinephelus marginatus*

Enfin, le mérou *E. marginatus* n'a été observé que dans les ZNP, en particulier aux stations S04-Veyron où il profite d'un habitat exceptionnel, S09-Moyades, S13-Nord Caramassaigne, S14-Grand Conglue et sur S24-île Verte Roustaud, seule station d'observation Hors-ZNP (Figure 44). Parmi les 18 mérous observés, 16 avaient une taille estimée entre 35 et 85 cm et un individu de 90 cm (S13-Nord Caramassaigne) et un autre de 110 cm (S24-île Verte) ont été recensés. C'est aux stations S04-Veyron et S13-Nord Caramassaigne que le plus grand nombre d'individus a été observé.

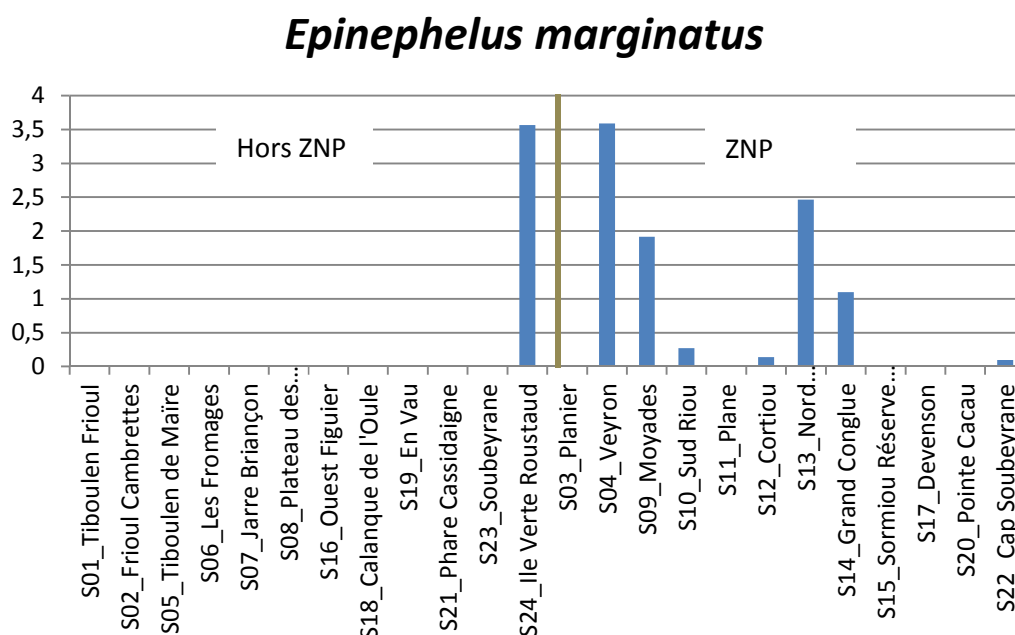
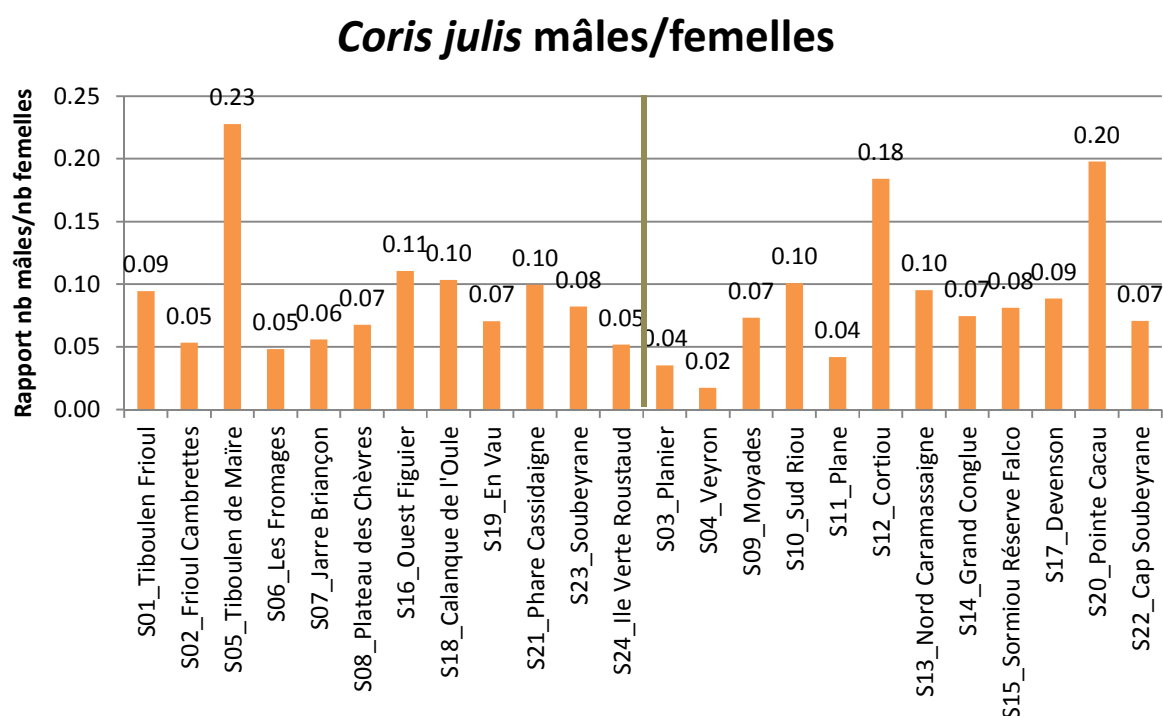


Figure 44. Biomasse moyenne (kg/transect) d'*Epinephelus marginatus*.

#### 4.1.5.6 La girelle *Coris julis*

Parmi les indicateurs de l'effet réserve, la distribution des classes de taille des espèces cibles rend bien compte de l'état des peuplements et de l'impact des activités de prélèvement. *Coris julis* et *Serranus cabrilla* sont 2 espèces cibles de la pêche récréative (pêche à la ligne du bord, pêche embarquée) (Figure 45). En ce qui concerne *C. julis* les histogrammes d'abondance par classe de taille se superposent entre les stations de ZNP et Hors-ZNP.

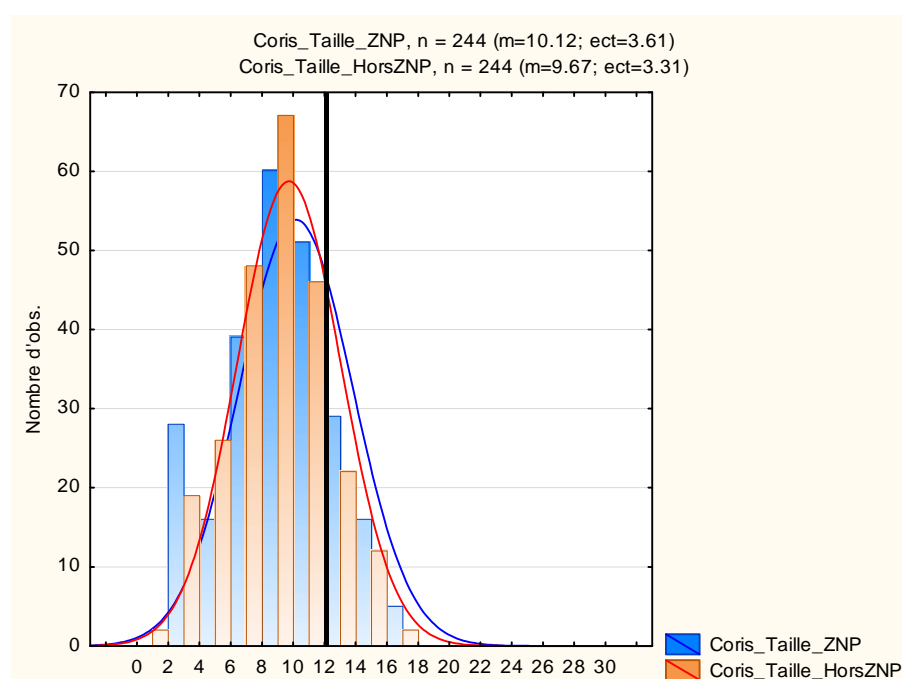
La girelle *C. julis* est une espèce omniprésente sur la côte méditerranéenne et qui affectionne particulièrement les interfaces entre habitats. Les différences de livrée entre mâle et femelle chez cette espèce hermaphrodite protogynique permettent de distinguer aisément les 2 sexes lors des comptages. La girelle est une cible de la pêche récréative (pêche à la ligne du bord et pêche embarquée) et le rapport entre le nombre de mâles et de femelles un bon indicateur de pression de pêche : en zone protégée, les girelles ont plus de chances de grandir et le sexe-ratio est plus équilibré. Le sexe ratio n'est pas très différent entre stations situées hors ZNP et en ZNP. Les stations S05-Tiboulou de Maïre, S12-Cortiou et S20-Pointe Cacau se distinguent par l'abondance des mâles. Ce résultat est peu surprenant pour S12-Cortiou et S20-Cacau moins fréquentées par les pêcheurs à la ligne car éloignées des communes voisines, mais difficile à expliquer pour S05-Tiboulou de Maïre qui est pourtant un secteur très pêché.



**Figure 45.** Rapport du nombre de mâles au nombre de femelles de *Coris julis* aux différentes stations.

La taille moyenne des **girelles** est très en dessous de la maille autorisée (12 cm), la proportion d'individus au-dessus de cette valeur est faible (Figure 46). Les courbes d'ajustement de ces deux espèces ne sont pas différentes entre stations hors-ZNP et stations de ZNP.

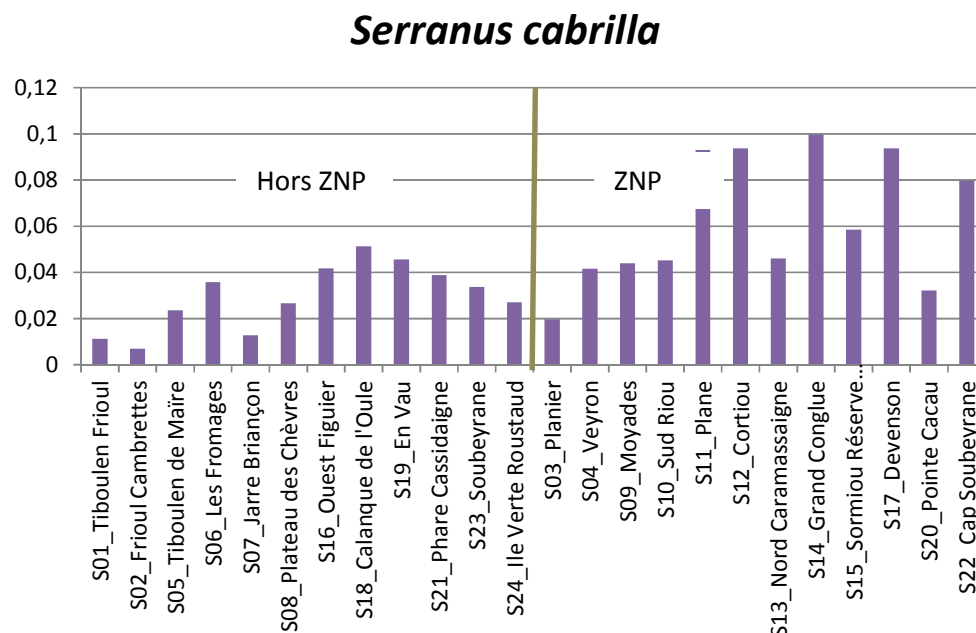
En ce qui concerne les mâles, la taille moyenne des girelles **mâles** est supérieure en ZNP ( $14.7 \pm 1.7$ ) par rapport à hors ZNP ( $13.8 \pm 1.7$ ) (MW, N1=322, N2=380, Z ajusté=-6.35,  $p<0.000001$ ).



**Figure 46.** Répartition des tailles de *Coris julis* mesurées entre 5 et 25 m. NB : la maille autorisée pour la pêche est de 12 cm (trait noir).

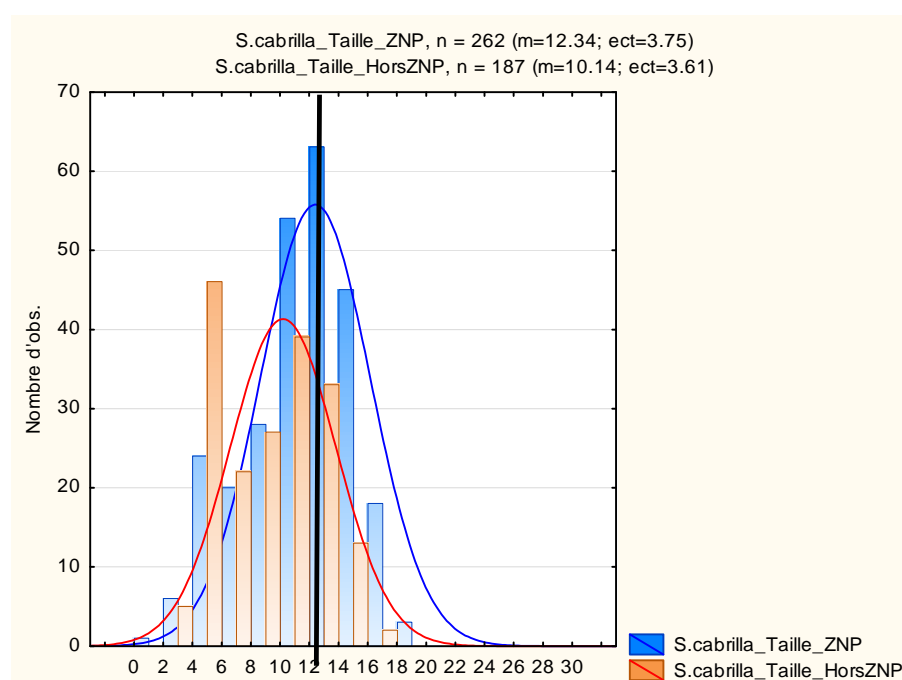
4.1.5.7 *Le serran Serranus cabrilla*

Les biomasses de *Serranus cabrilla* sont plus élevées dans les stations de ZNP. Aux stations S11-Plane, S12-Cortiou, S14-Grand Conglue, S17-Devenson elles sont deux fois plus élevées environ que celles observées en moyenne aux autres stations de la ZNP ou hors ZNP (Figure 47).

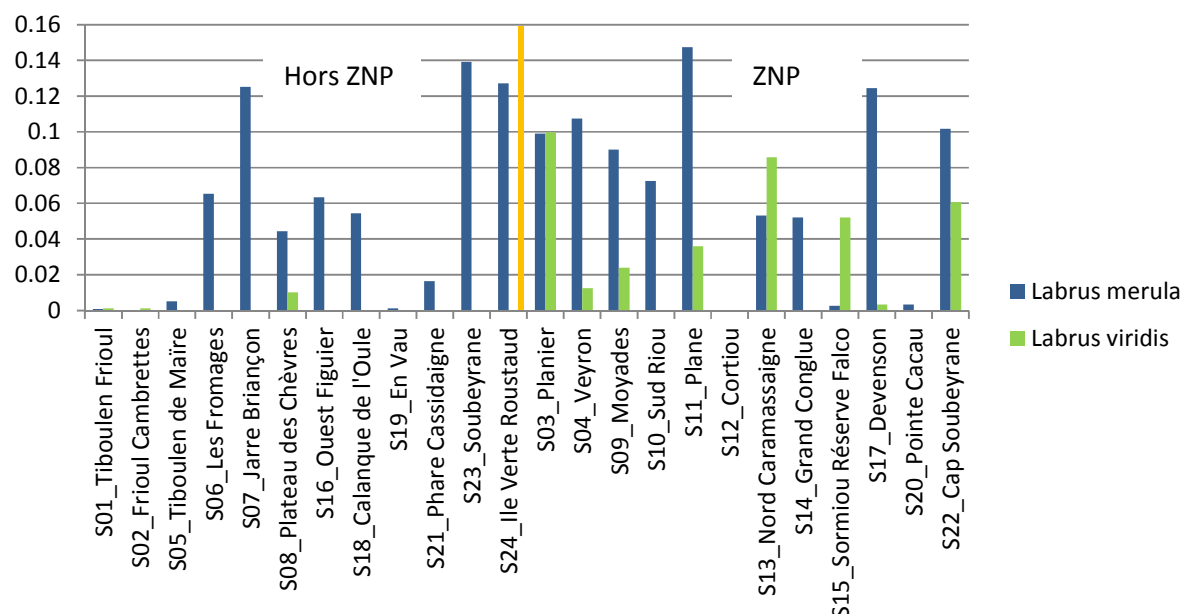


**Figure 47.** Biomasse moyenne (kg/transect) de *Serranus cabrilla*.

Pour *S. cabrilla*, la différence de taille entre stations Hors-ZNP (taille moyenne=10.1) et ZNP (taille moyenne=12.3) est significative (Test t, N1=262, N2=187, t=6.21, p<0.000001, \*\*\*), avec des tailles plus élevées dans les stations de ZNP (Figure 48).



**Figure 48.** Répartition des tailles de *Serranus cabrilla* mesurées entre 5 et 20 m. NB : la maille autorisée pour la pêche est de 12 cm (trait noir).

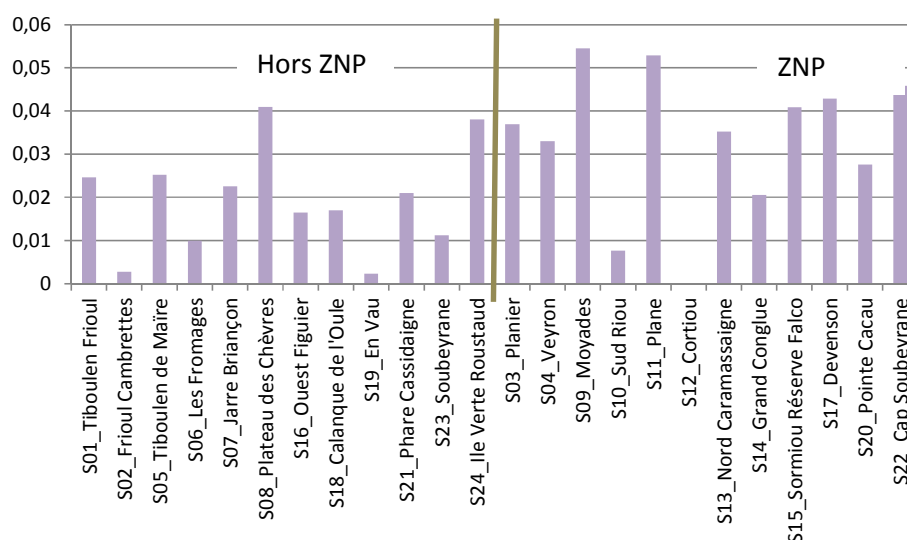
4.1.5.8 Les grands labres *Labrus merula* et *L. viridis*Figure 49. Biomasse moyenne (kg/transect) de *Labrus merula* et *L. viridis*.

Le labre merle *L. merula* sont présents dans la plupart des stations surtout celles plus éloignées du bord, moins accessibles. *L. viridis* n'est rencontré que dans la ZNP (et à la station du plateau des chèvres). Ce sont des espèces vulnérables à la pêche sous-marine et à la pêche professionnelle.

4.1.5.9 Les crénilabres *Symphodus mediterraneus* et *S. tinca*

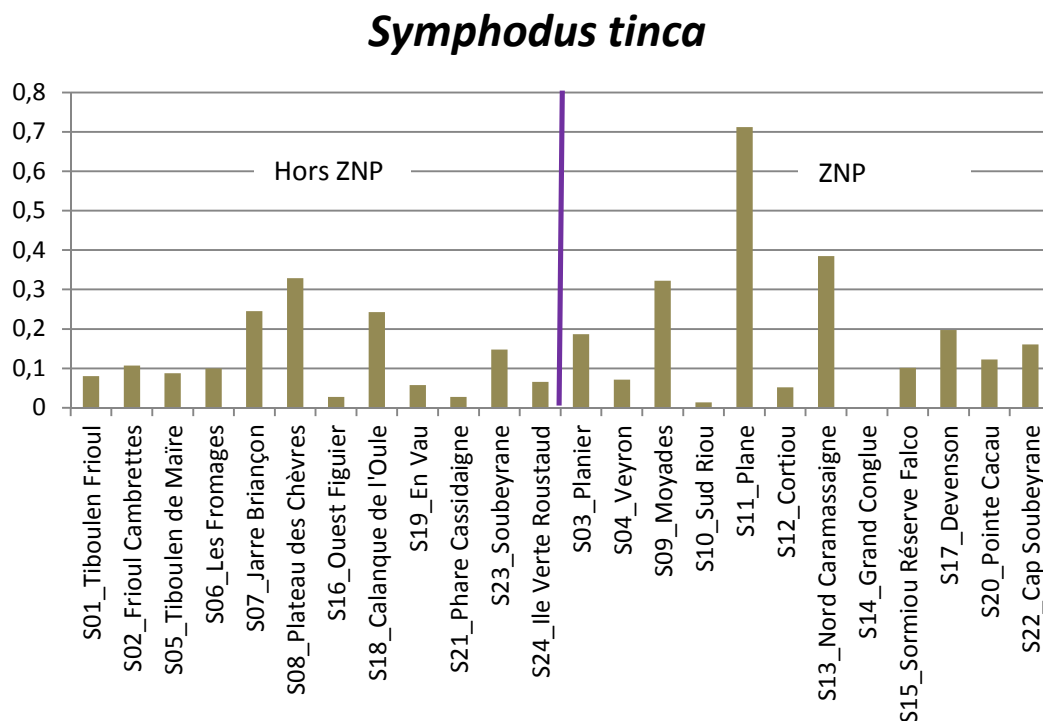
Les crénilabres *Symphodus mediterraneus* et *S. tinca* peuvent être des cibles de la pêche à la ligne et font partie des espèces qui constituent la 'soupe' recherchée par les pêcheurs au filet à petite maille. *S. tinca* peut occasionnellement servir de cible aux pêcheurs sous-marins.

Les biomasses moyennes de *S. mediterraneus* sont plus élevées dans la plupart des stations de la ZNP, en particulier S09-Moyades, S11-Plane, S15-Sormiou, S17-Devenson, S22-Cap Soubeyrane (Figure 50).

*Symphodus mediterraneus*Figure 50. Biomasse moyenne (kg/transect) de *Symphodus mediterraneus*.

Mais les biomasses de cette espèce sont importantes aux stations S08-Plateau des chèvres, S24-Ile Verte et S03-Planier.

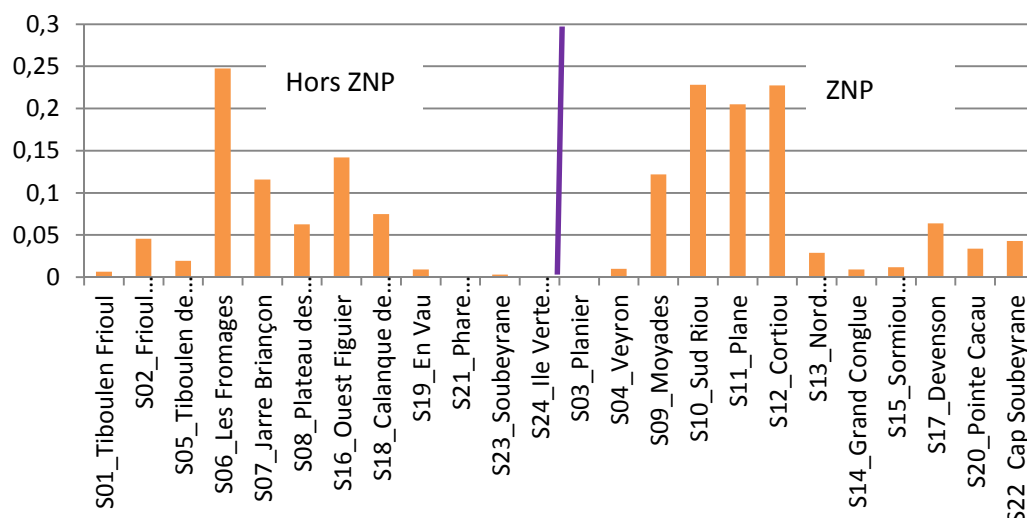
La station S11-Plane et la station S13-Nord Caramassaigne toutes deux situées dans la ZNP ont été les stations à plus forte biomasse moyenne de *S. tinca* (Figure 51).



**Figure 51.** Biomasse moyenne (kg/transect) de *S. tinca*.

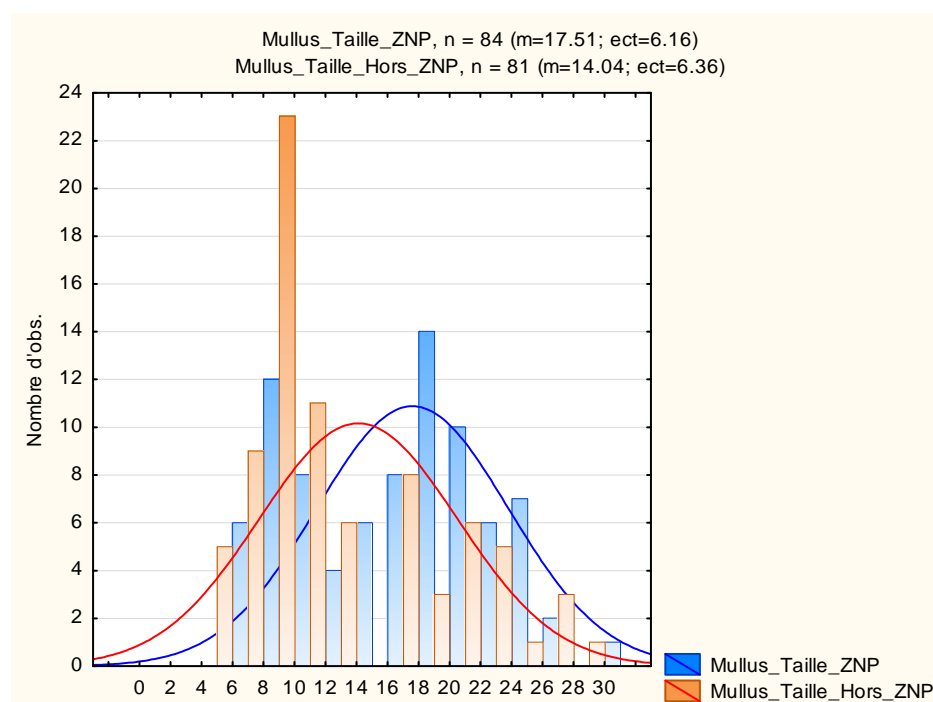
#### 4.1.5.10 *Le rouget de roche Mullus surmuletus*

Parmi les espèces cibles de la pêche, la biomasse de *Mullus surmuletus* est variable selon les stations avec de valeurs élevées dans la ZNP entre S09-Moyades et S12-Cortiou (Figure 52Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

*Mullus surmuletus*

**Figure 52.** Biomasse moyenne (kg/transect) de *Mullus surmuletus*.

Pour le rouget, espèce cible de la pêche professionnelle, la différence de taille entre ZNP et Hors ZNP est hautement significative (Test t,  $N1=84$ ,  $N2=81$ ,  $t=3.57$ ,  $p=0.0005$ , \*\*\*) comme en témoigne le décalage des courbes d'ajustement de la taille entre ZNP (taille moyenne = 17.5, plus élevée) et Hors-ZNP (taille moyenne = 14.04 moins grande) (Figure 53).



**Figure 53.** Répartition des tailles de *Mullus surmuletus* échantillonnées entre 5 et 20 m.

#### 4.1.6 Spécificités du peuplement de poissons superficiel de 0 à 5 m

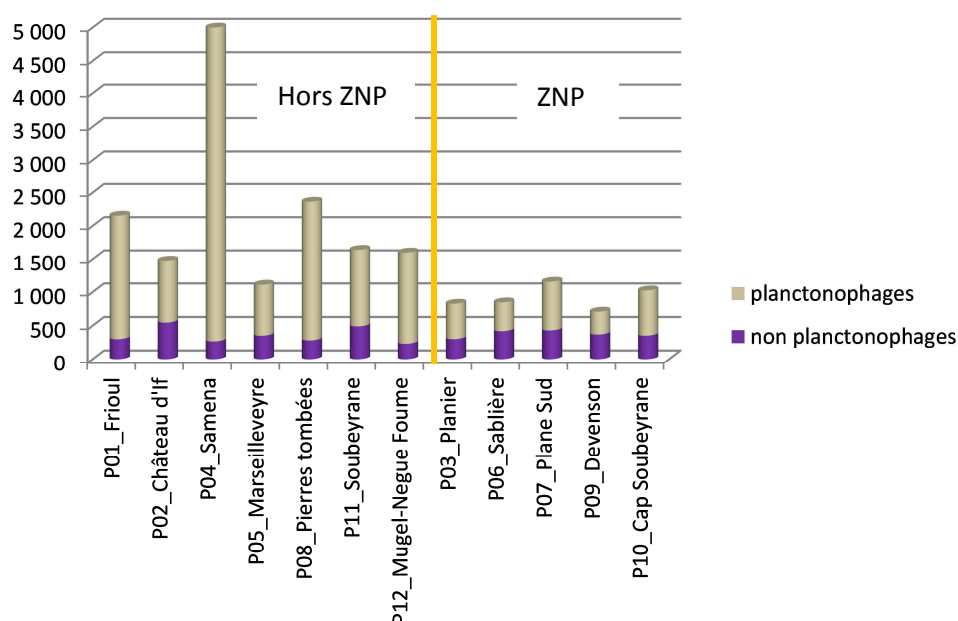
Les comptages réalisés entre 0 et 5 m ont permis de dénombrer 41 taxons dont 6 n'ont pas été observés au-delà de 5 m, en particulier des espèces pélagiques telles que : *Atherina* sp., *Belone belone*, *Engraulis encrasicolus* et *Trachinotus ovatus*, généralement présentes près de la surface (Tableau 15).

**Tableau 15.** Liste et occurrence par transect des espèces observées entre 0 et 5 m (PMT) dans le Parc national des Calanques.

Espèces/Stations	P01_Frioul	P02_Château d'Iff	P04_Samena	P05_Marseilleveyre	P08_Pierres tombées	P11_Soubeyrane	P12_Mugel-Negue Foume	P03_Planier	P06_Sablère	P07_Plane Sud	P09_Devenson	P10_Cap Soubeyrane	Total
<i>Atherina</i> sp.	50	40	90	60	90	60	60	0	50	30	0	30	8 406
<i>Belone belone</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Blenniidae</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Boops boops</i>	0	0	0	0	50	0	0	0	10	0	30	30	93
<i>Chromis chromis</i>	90	100	60	100	100	50	90	80	100	90	100	80	4 775
<i>Coris julis</i>	100	100	70	100	90	100	100	100	100	100	100	100	1 173
<i>Dentex dentex</i>	0	0	30	0	0	0	0	30	0	0	0	0	12
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	1
<i>Diplodus annularis</i>	0	40	0	10	0	10	20	0	0	0	0	10	13
<i>Diplodus puntazzo</i>	0	50	0	0	20	30	0	10	0	40	20	20	22
<i>Diplodus sargus</i>	30	80	90	80	80	70	60	50	70	60	100	40	283
<i>Diplodus vulgaris</i>	100	100	90	100	40	30	50	100	60	100	80	60	466
<i>Engraulis encrasicolus</i>	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<i>Gobius bucchichi</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Labrus merula</i>	10	30	50	10	50	30	10	0	30	50	30	10	41
<i>Labrus viridis</i>	0	0	0	0	0	0	10	10	0	10	0	10	5
<i>Mugil</i> sp.	10	20	20	10	50	60	0	20	10	20	20	20	401
<i>Mullus surmuletus</i>	10	10	10	70	40	0	70	10	10	10	0	10	43
<i>Muraena helena</i>	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	1
<i>Oblada melanura</i>	60	90	100	80	100	100	50	60	60	90	80	80	2 315
<i>Pagellus acarne</i>	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Pagellus erythrinus</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Parablennius gattorugine</i>	0	10	10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Parablennius sanguinolentus</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Sarpa salpa</i>	80	90	60	70	40	90	80	20	100	90	70	70	1 410
<i>Seriola dumerili</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
<i>Serranus cabrilla</i>	10	0	0	0	30	0	30	20	0	10	20	30	19
<i>Serranus scriba</i>	0	20	0	0	0	0	0	10	0	10	0	10	5
<i>Sparus aurata</i>	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	4
<i>Spicara maena</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Symphodus doderleini</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	30	5
<i>Symphodus mediterraneus</i>	0	30	10	0	0	0	0	20	20	10	0	10	11
<i>Symphodus melanocercus</i>	0	50	0	0	10	20	0	0	10	30	0	10	17
<i>Symphodus ocellatus</i>	0	40	10	10	10	30	30	0	0	20	0	40	86
<i>Symphodus roissali</i>	0	50	50	20	50	90	40	50	10	70	20	70	94
<i>Symphodus rostratus</i>	20	0	0	0	0	0	20	0	10	0	0	20	12
<i>Symphodus tinca</i>	40	80	10	10	40	10	30	60	50	80	20	60	96
<i>Thalassoma pavo</i>	50	0	10	50	80	70	20	20	20	60	90	50	83
<i>Trachinotus ovatus</i>	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	0	0	3
<i>Tripterygiidae</i>	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	2
<b>Abondance totale poissons</b>	<b>Hors ZNP</b>						<b>ZNP</b>						<b>19 996</b>
<b>Richesse spécifique totale</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>41</b>
<i>Octopus vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1
<i>Palinurus elephas</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	1

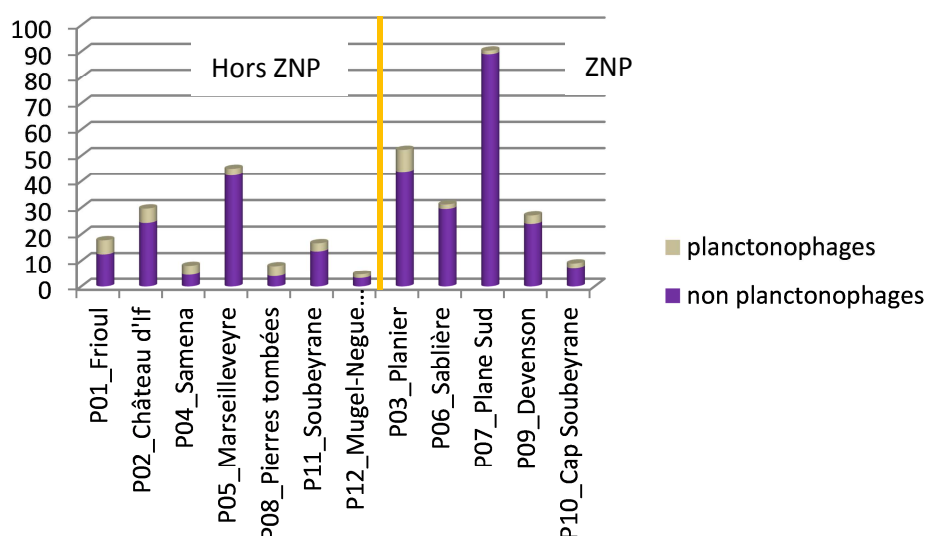
Les espèces les plus fréquentes dans les comptages sont *Chromis chromis* et *Oblada melanura* présents près de la surface, *Coris julis* et les 2 sars *Diplodus sargus* et *D. vulgaris*, *Sarpa salpa*, *Symphodus roissali* et *S. tinca*.

Le peuplement de poissons des petits fonds est largement dominé en abondance par les espèces planctonophages (Figure 54) en particulier *Atherina* sp. et *C. chromis*. Les bogues *Boops boops* sont beaucoup moins présentes dans cette tranche superficielle, contrairement aux oblades *O. melanura*. Le nombre de planctonophages est plus important hors-ZNP que dans la ZNP, alors que ces espèces ne sont pas des cibles de la pêche.



**Figure 54.** Composition du peuplement en abondance totale de poissons échantillonné en PMT entre 0 et 5 m de profondeur dans le Parc national des Calanques.

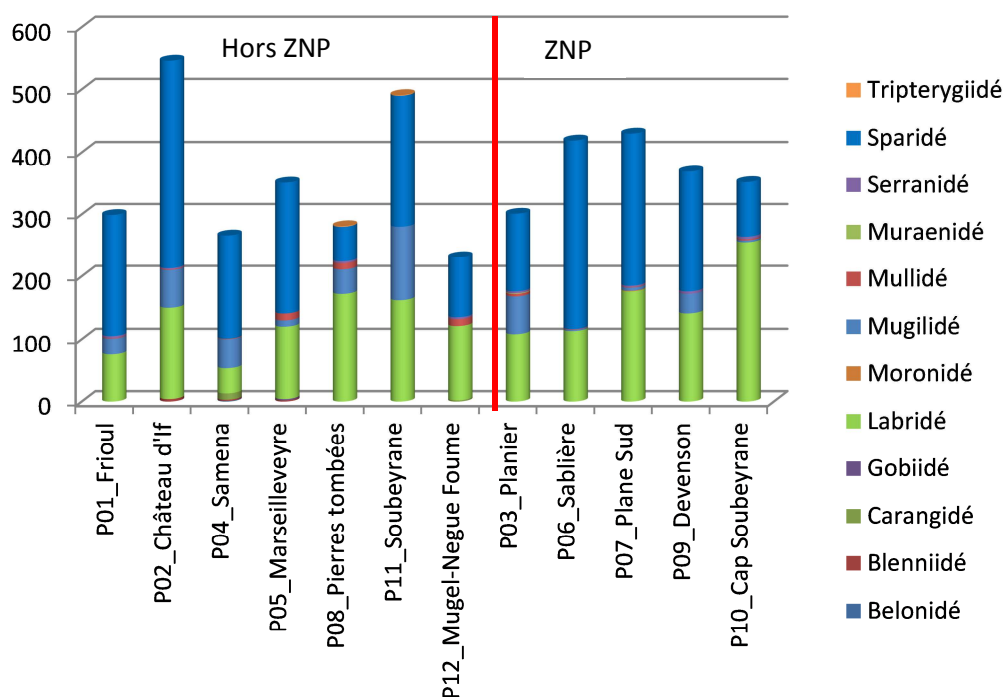
Dans les petits fonds comme plus bas, les espèces non planctonophages dominent le peuplement en biomasse (Figure 55).



**Figure 55.** Composition du peuplement en biomasse totale (g) de poissons échantillonnés en PMT entre 0 et 5 m de profondeur dans le Parc national des Calanques.

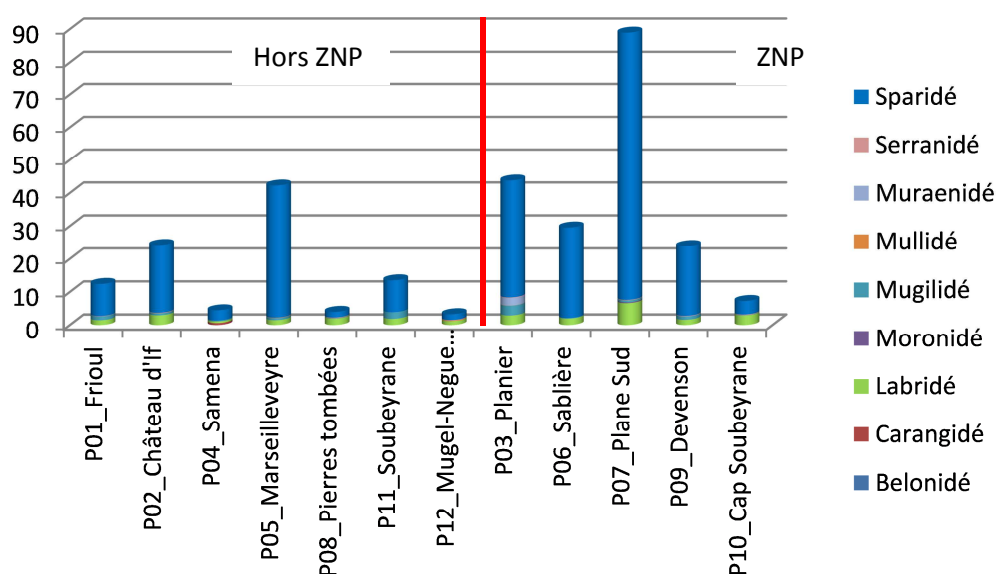
La biomasse moyenne de poissons échantillonnée dans la zone superficielle est de  $2.8 \pm 4.6$  kg/transect pour l'ensemble des stations prospectées dans le PNCaI. Dans la ZNP, la biomasse moyenne est de  $4.1 \pm 5.1$  kg/transect et hors ZNP la biomasse moyenne est de  $1.9 \pm 3.9$  kg/transect.

Dans les petits fonds, les sparidés dominent les labridés en abondance, alors que c'est le contraire au-delà de 5 m. Ces deux familles dominent le peuplement, mais une grande diversité d'espèces est représentée en petit nombre (Figure 56).



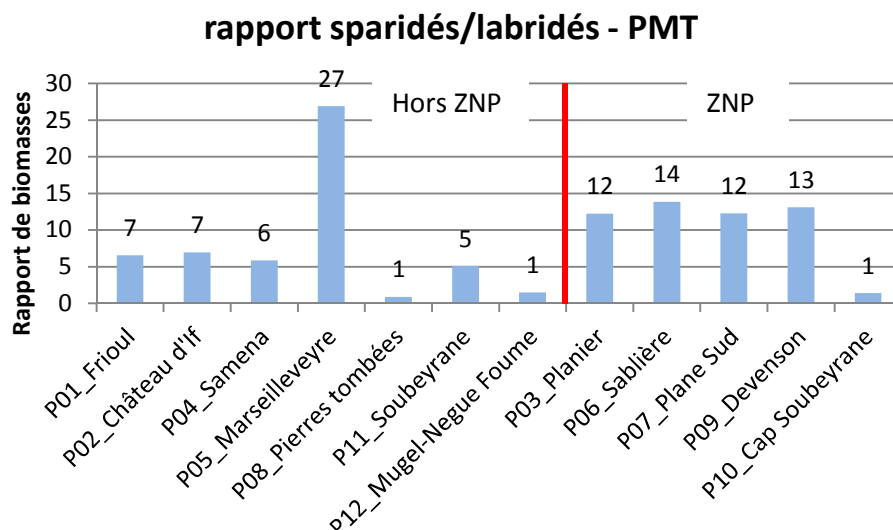
**Figure 56.** Composition des abondances de poissons hors espèces planctonophages échantillonnés en PMT entre 0 et 5 m de profondeur dans le Parc national des Calanques.

Les sparidés composent la majeure partie de la biomasse des poissons observés de jour dans les petits fonds (Figure 57).



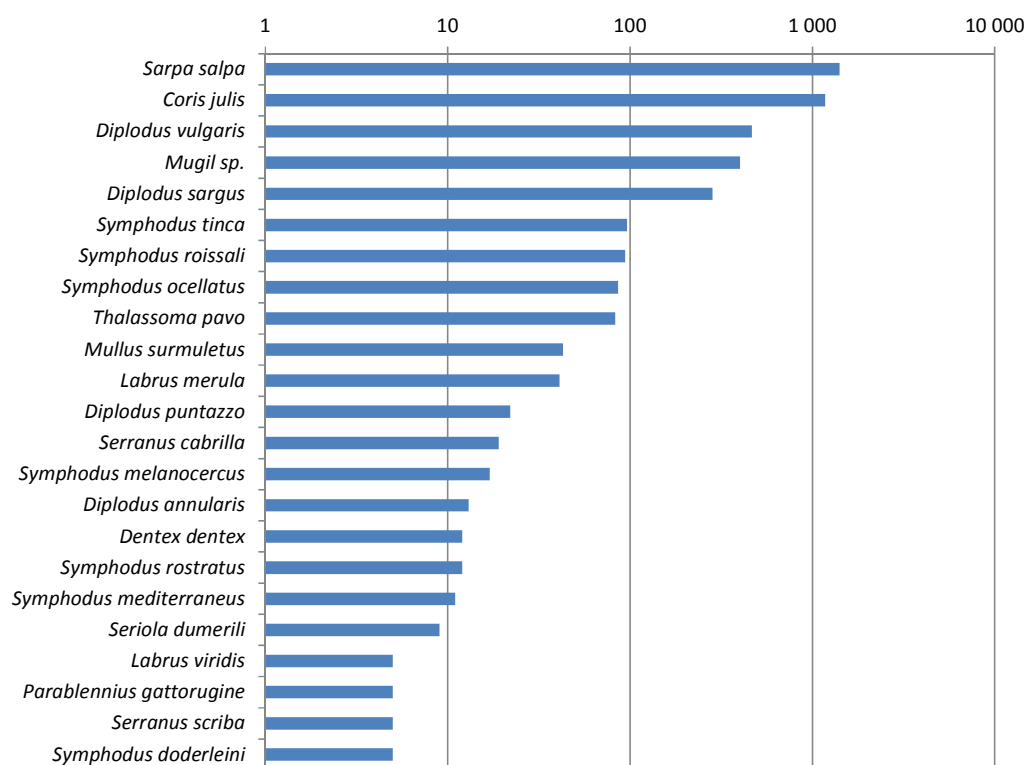
**Figure 57.** Composition des biomasses de poissons (kg) hors espèces planctonophages échantillonnés en PMT entre 0 et 5 m de profondeur dans le Parc national des Calanques.

L'évolution dans le temps du rapport sparidés/labridés non planctonophages pourra être indicateur dans les petits fonds des stations moins soumises à l'impact de la pêche. Actuellement c'est à Marseilleveyre pour les stations Hors-ZNP et dans les stations ZNP : P03-Planier, P06-Sablière, P07-Plane Sud, P09-Devenson que ce rapport est le plus élevé.

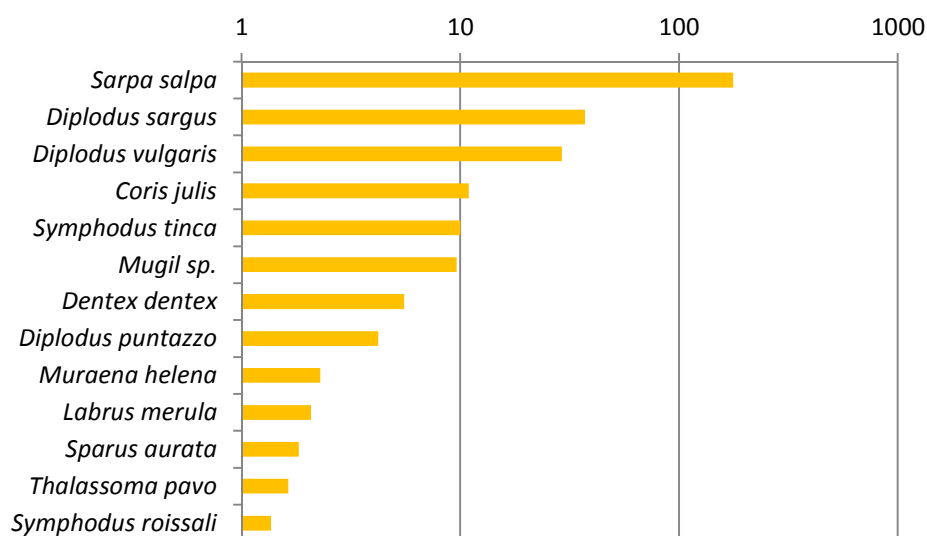


**Figure 58.** Rapport entre les biomasses de sparidés et de labridés non planctonophages aux différentes stations échantillonnées en PMT entre 0 et 5 m de profondeur dans le Parc national des Calanques.

Le peuplement superficiel de poissons des Calanques est dominé par la saupe *Sarpa salpa*, *Coris julis* et *Diplodus vulgaris* en abondance, alors que *D. sargus* se positionne au deuxième rang des poissons les plus importants en biomasse (Figure 59, Figure 60). Les muges et *S. tinca* sont mieux représentés dans ce peuplement superficiel.



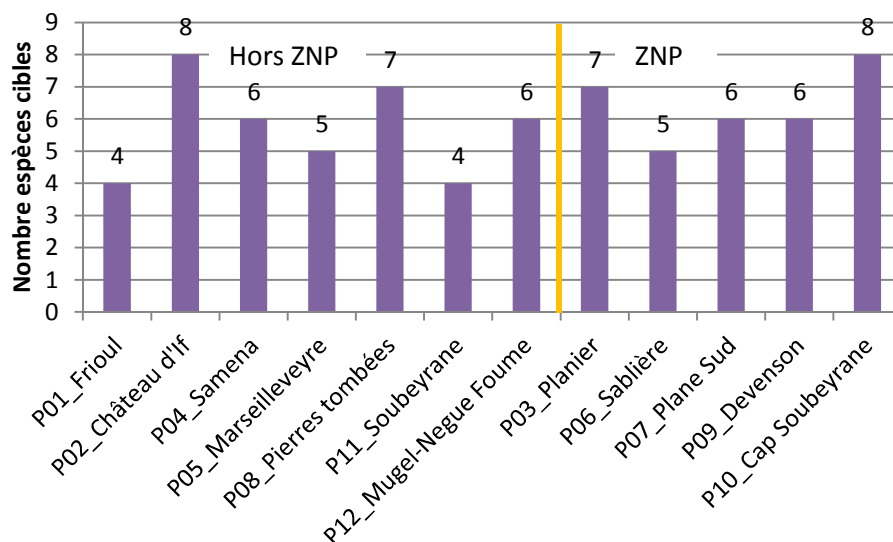
**Figure 59.** Espèces dominant le peuplement superficiel de poissons des Calanques en abondance (nb).



**Figure 60.** Espèces dominant le peuplement superficiel de poissons des Calanques en biomasse (kg).

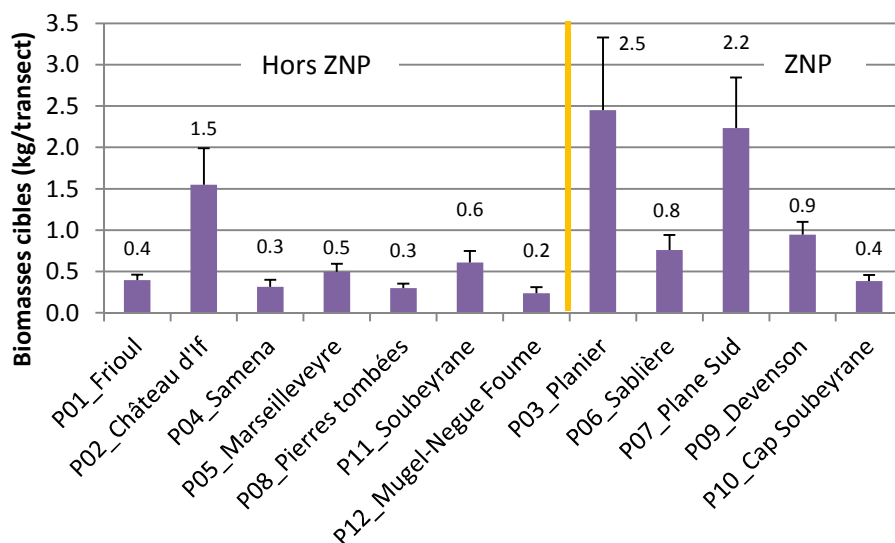
L'agrégation des stations en fonction des critères de gestion (ZNP, Hors-ZNP), de localisation géographique (côte, îles), de profondeur moyenne ou de caractéristiques de l'habitat permet de faire ressortir certains traits pour la zone des Calanques.

#### 4.1.6.1 Nombre d'espèces cibles de 0 à 5 m



**Figure 61.** Nombre moyen d'espèces cibles par transect entre 0 et 5 m de profondeur.

Dans les petits fonds les espèces cibles sont moins nombreuses qu'au-delà de 5 m dans les recensements visuels (4 à 8 espèces par station).

4.1.6.2 **Biomasse des espèces cibles de 0 à 5 m**

**Figure 62.** Biomasse moyenne d'espèces cibles par transect entre 0 et 5 m de profondeur.

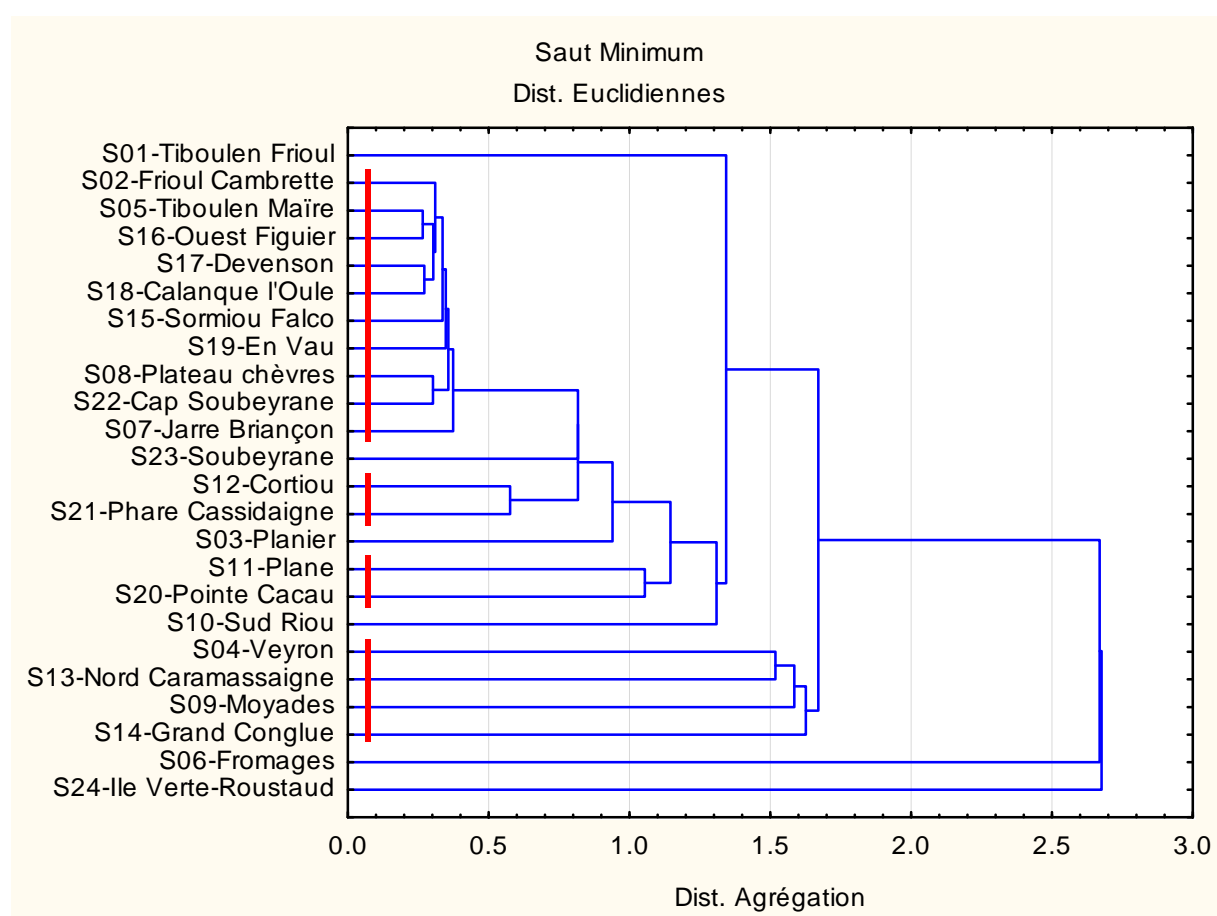
Les biomasses des espèces cibles comprises entre 1.4 et 7.6 kg/transect au-delà de 5 m sont de l'ordre de 0.2 à 2.5 kg/transect dans la zone superficielle (moyenne :  $0.9 \pm 1.3$  kg/transect).

#### 4.1.7 Classement des stations d'après le peuplement d'espèces cibles

Afin d'avoir une vue plus synthétique du peuplement de poissons aux stations échantillonnées réparties sur le territoire du PNCaI, nous avons cherché à savoir quelles étaient les stations qui se ressemblaient le plus en considérant la composition en biomasse des espèces cibles.

##### 4.1.7.1 Entre 5 et 20 m de profondeur

Les similitudes entre stations ont été recherchées à partir des valeurs brutes de la biomasse moyenne de chacune des 24 espèces cibles échantillonnées par station (l'analyse porte sur 22 espèces en fait car 2 espèces n'ont pas été rencontrées). Une classification hiérarchique ascendante des stations a permis de regrouper celles qui présentent un peuplement de poissons similaire. Ce sont les stations dont les distances sont les plus faibles entre elles et qui se trouvent le plus proches sur le dendrogramme (Figure 63).



**Figure 63.** Classification hiérarchique ascendante des 24 stations à partir des valeurs brutes de biomasse moyenne/transect de 22 espèces.

- La plus petite distance (0.27) est observée entre les stations S05-Tiboulen de Maître et S16-Ouest Figuier, ce qui constitue le groupe 1. La deuxième plus petite distance (0.27) est entre les stations S17-Devenson et S18-Calanque de l'Oule, la troisième (0.30) entre S08-Plateau des chèvres et S22-Cap Soubeyrane, la 4<sup>ème</sup> (0.30) entre S05-Tiboulen de Maître, S16-Ouest Figuier, S17-Devenson, S18-Calanque de L'Oule, qui toutes s'ajoutent au groupe 1.

- S12-Cortiou et S21-Cassidaigne (0.58) forment le groupe 2, caractérisées par une faible densité de sars et de labridés cibles;
- S11-Plane et S20-Pointe Cacau (1.05) forment le groupe 3. Cortèges d'espèces semblables : *Diplodus* spp., denti ;
- S04-Veyron, S13-Nord Caramassaigne, S09-Moyades et S14-Grand Conglue (1.63) forment le groupe 4.

Le dendrogramme de la Figure 63 met en évidence ces 4 groupes :

- l'ichtyofaune des petits fonds rocheux diversifiés avec plus ou moins d'herbier, relativement plats, peu complexes, qui correspond à beaucoup de stations hors-ZNP du groupe 1 ;
- l'ichtyofaune des sites remarquables du groupe 4, qui présente des densités maximales de sars, mérou, grands labres, maximum de *Serranus cabrilla*. Sites avec habitats remarquables, complexes, îles, sites préservés, où les biomasses des espèces cibles sont plus importantes, stations où l'effet réserve semble déjà perceptible ;
- l'ichtyofaune de S21 Phare Cassidaigne, dont on sait qu'elle présente une forte variabilité, site pêché, aux caractéristiques d'habitats particulières ;
- l'ichtyofaune du groupe 3 S11-Plane, S20-Pointe Cacau dont l'habitat est différent (présence de galets) et qu'on devrait voir évoluer avec la mise en protection de ces sites.

Quatre stations se distinguent fortement de ces 4 groupes :

- la station S23-Soubeyrane (0.81) est plus proche du groupe 1, notamment de S08-Plateau des Chèvres, S22 Cap soubeyrane et S07 Jarre Briançon.
- la station S01-Tiboulén de Frioul (1.34) se distingue des autres stations mais est plus proche du groupe 1, que des autres groupes ;
- Les stations S06-Les Fromages et S24-île Verte Roustaud (2.67) présentent un peuplement nettement différent de celui des autres stations en raison des biomasses exceptionnelles qui ont pu y être observées (sars *Diplodus vulgaris* aux Fromages et biomasses importantes de denti *Dentex dentex*, mérou *Epinephelus marginatus*, *Diplodus sargus* et *D. vulgaris* à l'île Verte).

Globalement les distances d'agrégation étant basses, l'analyse ne fait pas ressortir de différences drastiques entre les peuplements des différentes stations, ce qui est cohérent avec la recherche d'homogénéité d'habitat qui a présidé au choix des stations et avec la mise en protection très récente des sites.

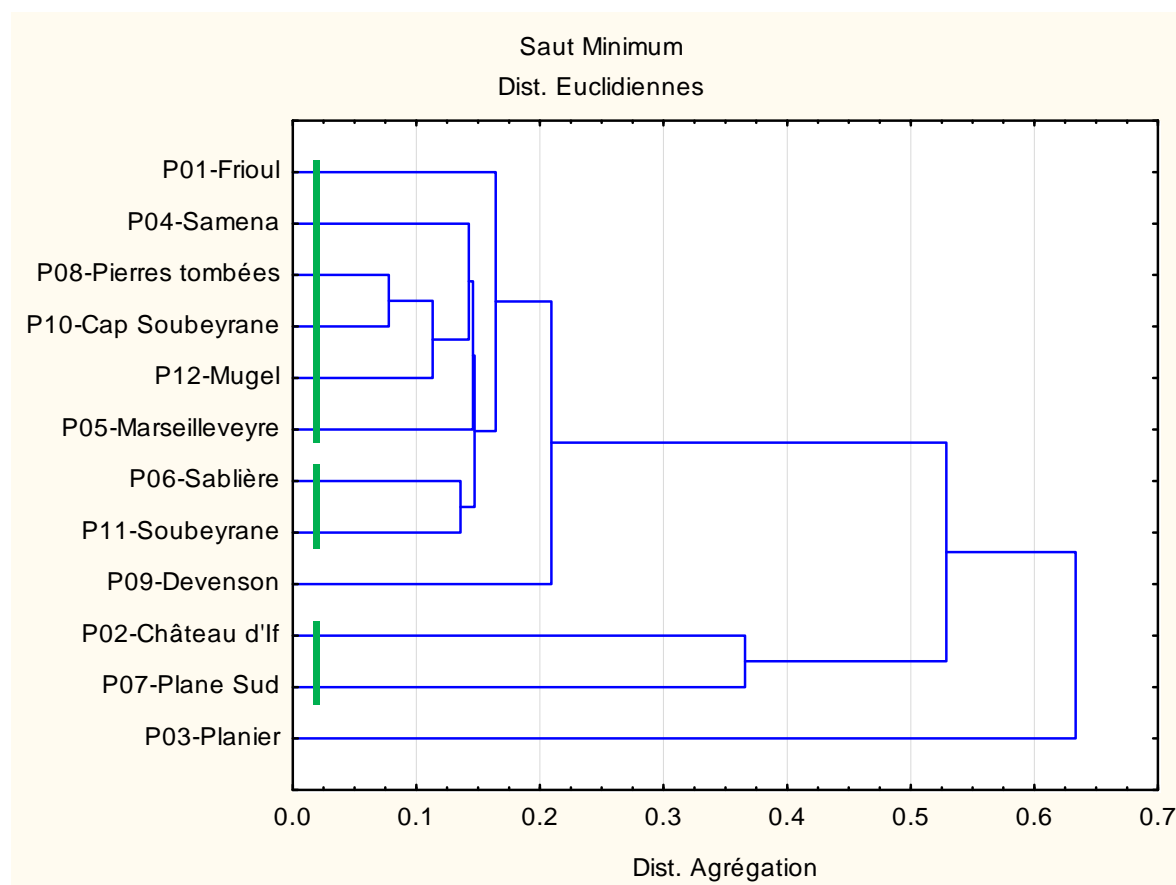
#### 4.1.7.2 Entre 0 et 5 m de profondeur

Les similarités ont également été recherchées entre stations superficielles échantillonnées en palmes, masque, tuba à partir des biomasses moyennes des espèces cibles recensées visuellement (Figure 64).

- La plus petite distance est observée entre les stations P08-Pierres tombées et P10-Cap Soubeyrane (0.08), qui constituent le départ du groupe 1 ; proches de ces deux stations viennent s'ajouter P12-Mugel, P04-Samena et P05-Marseilleveyre/

- Entre les stations P06-Sablère et P11-Soubeyrane la distance est proche (0.11) et ces 2 stations constituent le groupe 2 ;
- Entre les stations P02-Château d'If et P07-Plane Sud, la distance est de 0.36. C'est le troisième groupe.

Le peuplement de la station P01-Frioul se rapproche plus de celui du groupe 1 que des autres groupes. Les stations P09-Devenson et P03-Planier se distinguent des 3 autres groupes probablement en raison de la structure de leur habitat, peut-être aussi en raison de leur éloignement et d'un impact humain plus réduit.

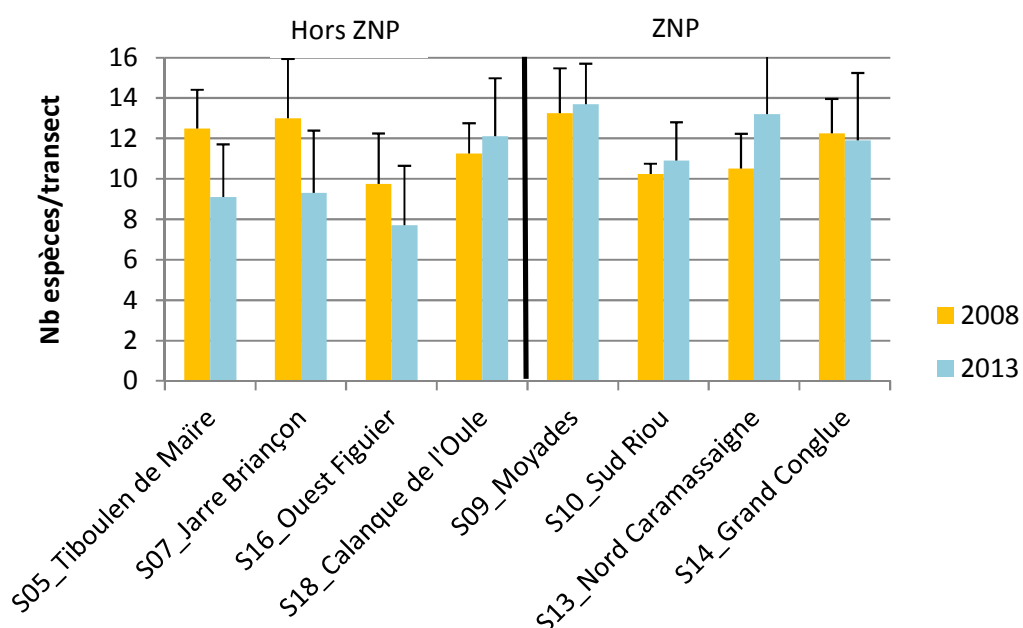


**Figure 64.** Classification hiérarchique ascendante des 12 stations PMT à partir des valeurs brutes de biomasse moyenne/transect d'espèces cibles.

#### 4.1.8 Comparaisons entre années 2008 et 2013

Parmi les stations échantillonnées en 2013, 8 ont fait l'objet de comptages comparables en 2008 (même protocole, même unité de surface échantillonnée). Les variables du peuplement de poissons sont comparées à 5 ans d'écart (Figure 65) pour la totalité des espèces et les espèces cibles seulement.

##### 4.1.8.1 Richesse spécifique



**Figure 65.** Comparaison de la richesse spécifique moyenne par transect entre 2008 et 2013.

En 2008, 39 taxons ont été recensés, contre 53 en 2013 (pour un effort d'échantillonnage plus important). Le nombre moyen d'espèces échantillonnées par comptage visuel était compris entre 9.8 et 13.3 en 2008. Lors du retour sur les mêmes stations en 2013, il est compris entre 7.7 et 13.7 espèces par transect. Dans la ZNP, le nombre d'espèces est équivalent ou a augmenté alors que hors ZNP (S05-Tiboulén de Maire, S07-Jarre Briançon et S16-Ouest Figuier), le nombre d'espèces a diminué par rapport à 2008 (Figure 65).

La différence entre les années n'est cependant pas encore assez marquée pour être statistiquement significative, alors que la différence entre stations est significative (Tableau 16). L'interaction entre année et station n'est pas significative.

**Tableau 16.** Résultats de l'analyse de variance à 2 facteurs (an et station) pratiquée sur les valeurs de richesse spécifique moyenne par transect observées en 2008 et 2013 aux différentes stations.

ANOVA N1=32, N2=80	SC	Degrés liberté	F	p	significativité
Richesse spécifique					
an	8.40	1	1.205	0.27	
station	150.88	7	3.092	0.005	**
an x station	100.78	7	2.065	0.055	

En 2008, le nombre moyen d'espèces pour les 8 stations échantillonnées était de  $11.6 \pm 2.2$  par transect et en 2013 il est de  $10.9 \pm 3.4$ .

Le patron est un peu différent si l'on ne prend en compte que les espèces cibles. Le nombre d'espèces cibles a diminué à toutes les stations entre 2008 et 2013 sauf aux stations S09-Moyades et S13-Nord Caramassaigne (Figure 66).

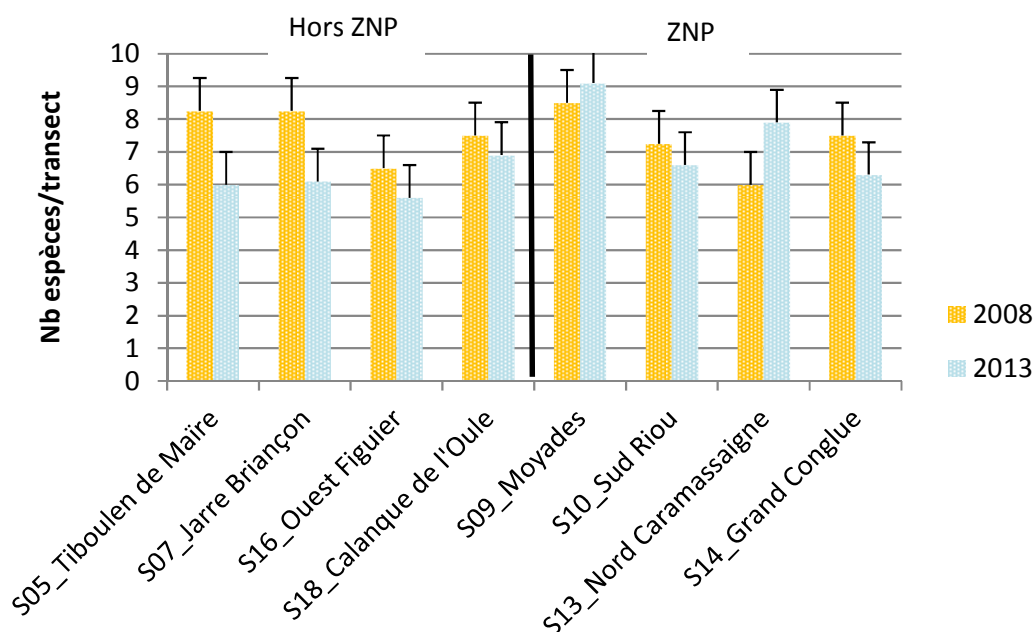


Figure 66. Comparaison de la richesse spécifique moyenne des espèces cibles par transect entre 2008 et 2013.

#### 4.1.8.2 Abondance

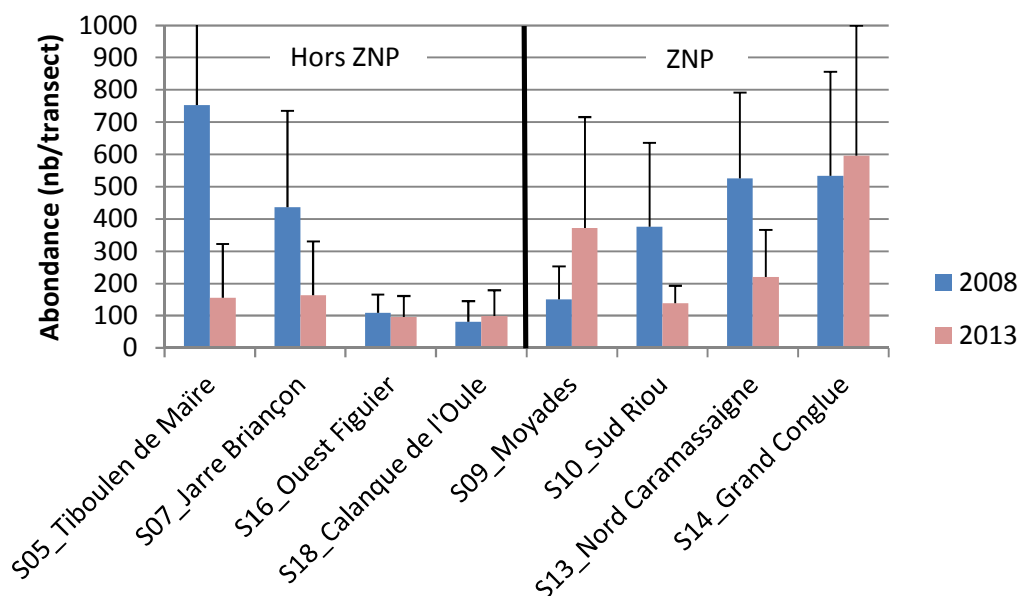


Figure 67. Comparaison de l'abondance moyenne par transect entre 2008 et 2013.

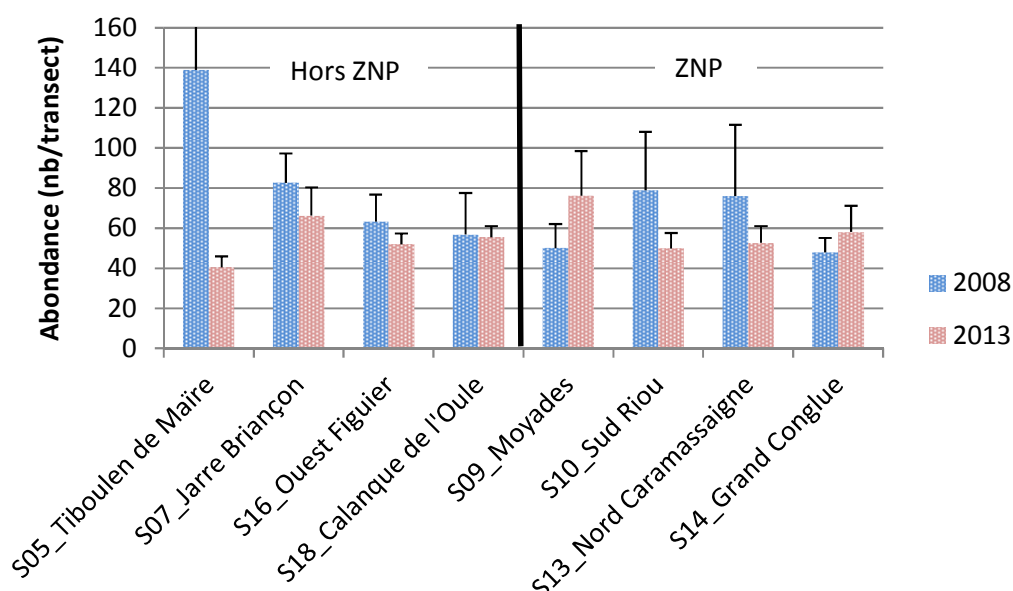
En 2008 l'abondance des poissons dans les stations S05-Tiboulén de Maire ou S07-Jarre Briançon était supérieure ou égale aux stations de la ZNP comme S10-Sud Riou et S13-Nord Caramassaigne (Figure 67). En 2013, les abondances de poissons hors ZNP sont inférieures ou égales à l'abondance à la station S10-Sud Riou qui obtient le plus mauvais chiffre de la ZNP. Dans la ZNP, S14-Grand Conglue demeure la station où les poissons sont le plus abondants. Les évaluations d'abondance de 2013 à S10-Sud Riou et S13-Nord Caramassaigne sont moins bonnes qu'en 2008.

**Tableau 17.** Résultats de l'analyse de variance à 2 facteurs (an et station) pratiquée sur les valeurs d'abondance moyenne par transect observées en 2008 et 2013 aux différentes stations.

ANOVA N1=32, N2=80	SC	Degrés liberté	F	p	significativité
Abondance					
an	451567	1	8.63	0.004	***
station	2115311	7	5.77	0.00001	***
an x station	1356391	7	3.70	0.001	***

Les abondances moyennes sont significativement différentes entre 2008 et 2013 et entre stations (Tableau 17). Les stations 5-Tiboulén de Maire, 7-Jarre Briançon, 10-Sud Riou, 13-Nord Caramassaigne ont des abondances moyennes de poissons par transect qui ont chuté de plus de la moitié par rapport à 2008.

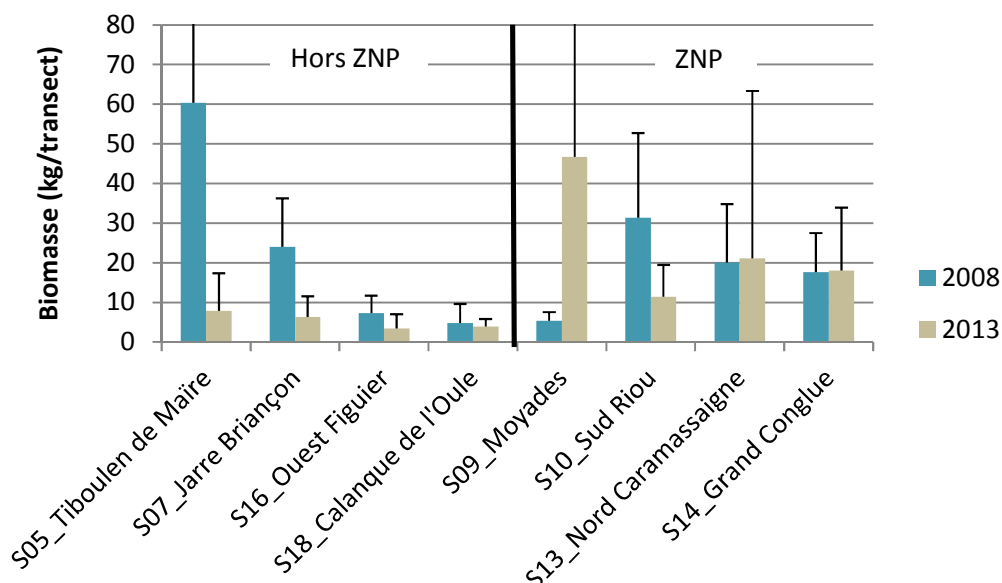
Les abondances des espèces cibles ont diminué entre 2008 et 2013 en dehors de la ZNP, alors qu'elles ont augmenté à la station S09-Moyades et à la station S14-Grand Conglue dans la ZNP (Figure 68). Aux stations S10-Sud Riou et S13-Nord Caramassaigne, les abondances ont fortement chuté.



**Figure 68.** Comparaison de l'abondance moyenne des espèces cibles par transect entre 2008 et 2013.

4.1.8.3 **Biomasse**

La biomasse de poissons a fortement chuté entre 2008 et 2013 à toutes les stations sauf S09-Moyades (Figure 69), cependant la biomasse moyenne à cette station est fortement augmentée par la présence d'un grand banc de saupe présent au moment du comptage.



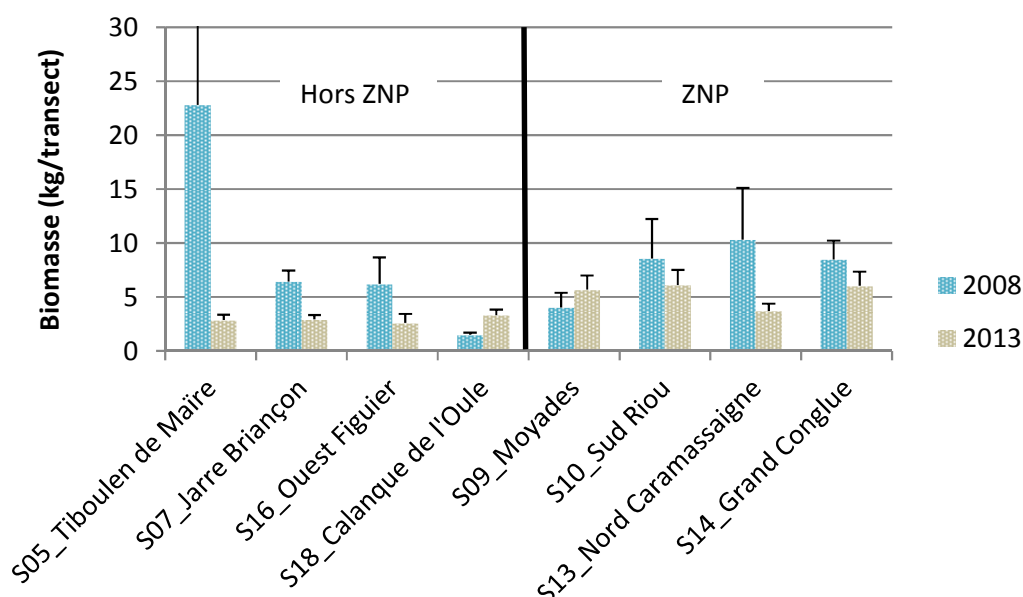
**Figure 69.** Comparaison de la biomasse moyenne par transect entre 2008 et 2013.

La différence globale entre les années n'est cependant pas significative, ni entre les stations (Tableau 18). En fait, la variabilité de la biomasse totale est trop grande. L'interaction entre année et station est significative, le résultat du test n'est donc pas très fiable car la variabilité est trop grande et ne permet pas de mettre en évidence un effet des facteurs an ou station.

**Tableau 18.** Résultats de l'analyse de variance à 2 facteurs (an et station) pratiquée sur les valeurs de biomasse moyenne par transect observées en 2008 et 2013 aux différentes stations.

ANOVA N1=32, N2=80	SC	Degrés liberté	F	p	significativité
Biomasse					
an	1202.36	1	1.69	0.197	
station	7752.68	7	1.55	0.158	
an x station	13217.76	7	2.65	0.015	**

En ne considérant que les espèces cibles, force est de constater que leur biomasse moyenne a diminué à toutes les stations sauf aux stations S18-Calanques de l'Oule et S09-Moyades (Figure 70).



**Figure 70.** Comparaison de la biomasse moyenne des espèces cibles par transect entre 2008 et 2013.

En 2008, les stations où la biomasse des espèces cibles était la plus faible étaient les stations Sablière de Riou (2 kg/transect, non rééchantillonnée en 2013) et Calanque de l'Oule (1.5 kg/transect) et les stations d'herbier Plateau des Chèvres (0.6 kg/transect) et Port Miou (0.3 kg/transect).

En 2013, les 4 stations Hors-ZNP obtiennent les plus faibles biomasses moyennes d'espèces cibles, qui sont de l'ordre de 3kg/transect.

Les 2 jeux de données (total et cibles) et les 3 variables (richesse spécifique, abondance et biomasse) ont donc aussi été testées une à une avec un test non paramétrique de Mann et Whitney.

Comparaisons 2008-2013	Total espèces			
N1=32, N2=80	U	Z ajusté	p	significativité
richesse spécifique	1167	0.729	0.466	
abondance	903	2.425	0.015	**
biomasse	793	3.133	0.002	***

Pour le peuplement total, la différence entre 2008 et 2013 est hautement significative pour l'abondance et très hautement significative pour la biomasse, alors que la richesse spécifique n'a pas significativement changé en 5 ans.

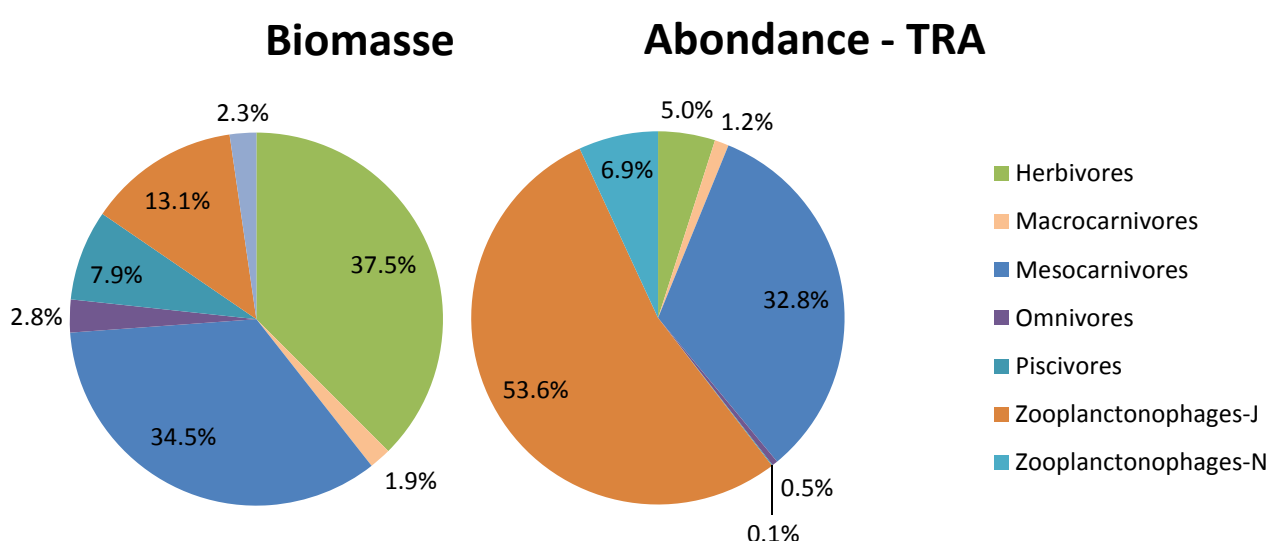
Pour les espèces cibles, la différence de biomasse est très significative entre les années.

Comparaisons 2008-2013	Espèces cibles			
N1=32, N2=80	U	Z ajusté	p	significativité
richesse spécifique	1034	1.599	0.109	
abondance	1008	1.749	0.080	
biomasse	904	2.418	0.016	**

## 4.1.9 Autres caractéristiques du peuplement de poissons

### 4.1.9.1 Structure trophique du peuplement de poissons entre 5 et 20 m

Afin d'étudier la structure trophique du peuplement de poissons, les espèces ont été classées selon les catégories trophiques définies par Harmelin-Vivien (*comm.pers.*). La biomasse du peuplement de poissons échantillonné par transects visuels est composé à part égale d'herbivores et de mesocarnivores. Les autres catégories trophiques, principalement les planctonophages et les piscivores composent le petit tiers restant.



**Figure 71** Structure trophique du peuplement de poissons échantillonné par transects linéaires (TRA) exprimée en pourcentages de biomasse et en pourcentages d'abondance.

Plus de la moitié des abondances est composée par les planctonophages. Les piscivores représentent 7% des abondances et les mésocarnivores 33% des abondances.

Les stations où les piscivores sont les plus importants en biomasse sont par ordre décroissant : S24-île Verte (50.7%), S04-le Veyron (38.5%), S13-Nord Caramassaigne (13.3%) et S10-Sud Riou (12.3%).

La station où les planctonophages sont le plus abondants est S12-Cortiou (57.3%).

Les herbivores dominent aux stations : S22-Cap Soubeyrane (66.3%), S02-Frioul Cambrette (65%), S13-Nord Caramassaigne (64.5%), et S05-Tiboulén de Maire (51.1%).

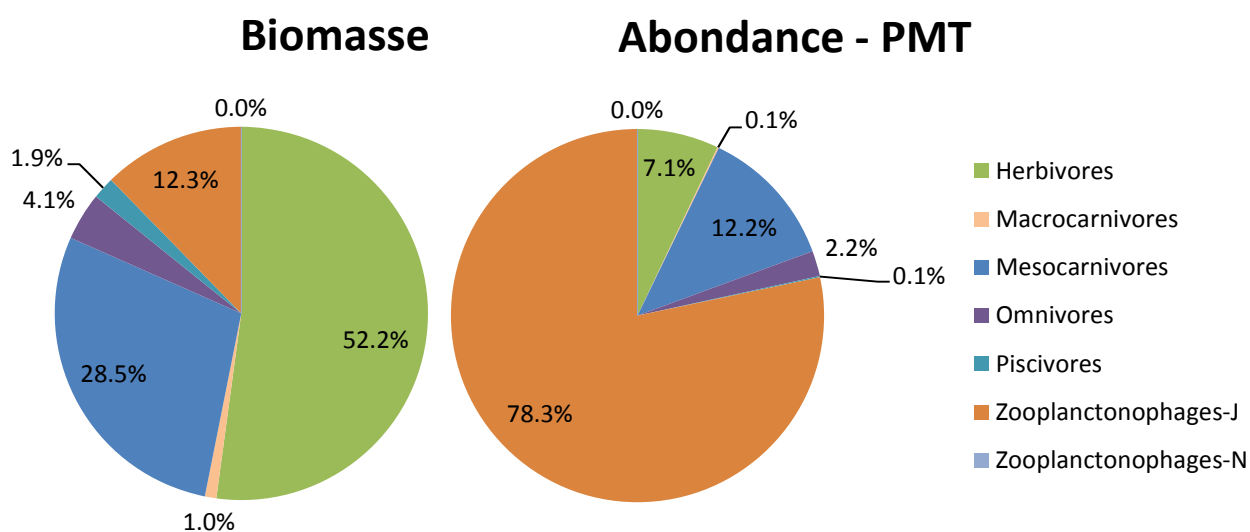
Les maxima de mésocarnivores sont relevés sur S18-Calanque de l'Oule (82.9%), S01-Tiboulén de Frioul (77.7%), S16-Ouest Figuier (75.7%) et S19-En Vau (75.6%).

#### 4.1.9.2 Structure trophique du peuplement de poissons entre 0 et 5 m

Dans les petits fonds la structure trophique du peuplement est dominée en biomasse par les herbivores (52.2%) et par les mésocarnivores (28.5%). Les planctonophages arrivent en troisième position avec 12.3% de la biomasse échantillonnée (Figure 72).

Le nombre d'herbivore est maximal aux 3 stations : P05-Marseilleveyre (80.9%), P07-Plane Sud (72.4%) et P06-Sablière (69.5%). Deux stations se distinguent par la dominance des mésocarnivores en biomasse : P12-Mugel (52.6%) et P02-Château d'Ile (51.1%). C'est à P03-Planier que la proportion de piscivores la plus importante dans les petits fonds a été relevée (10.6%).

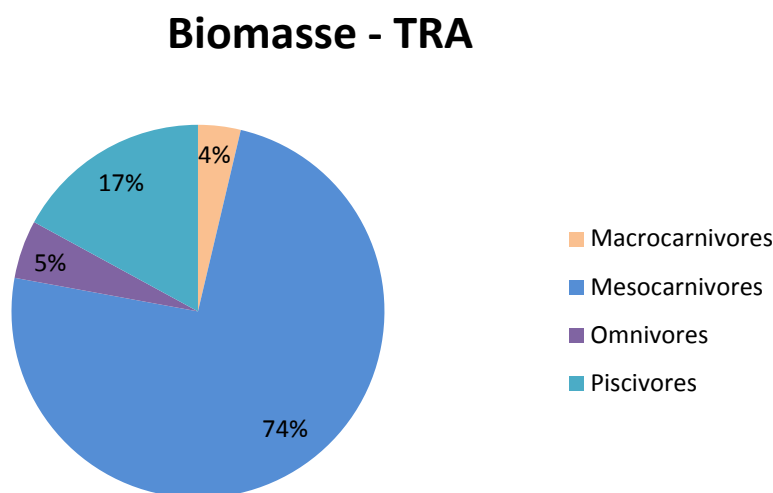
Le peuplement de poissons des petits fonds est dominé par les planctonophages qui totalisent plus des ¾ de l'abondance. Les piscivores sont plus rares dans les petits fonds (1.9%).



**Figure 72.** Structure trophique du peuplement de poissons échantillonné entre 0 et 5 m par comptages visuels au temps en palmes, masque, tuba (PMT) exprimée en pourcentages de biomasse et d'abondance.

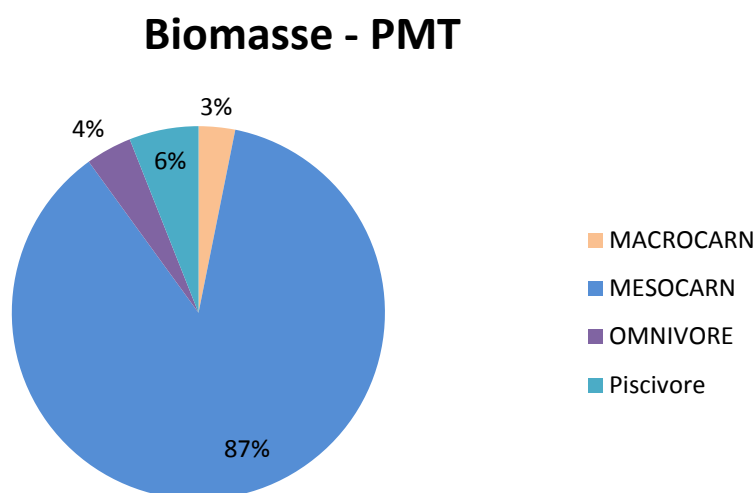
#### 4.1.9.3 Structure trophique des espèces cibles

La biomasse des espèces cibles entre 5 et 20 m est composée aux  $\frac{3}{4}$  de mésocarnivores. Les piscivores représentent 17% de la biomasse échantillonnée par transect linéaire.



**Figure 73.** Structure trophique de la biomasse des espèces cibles échantillonnées entre 5 et 20 m par transects linéaires (TRA) dans le Parc national des Calanques.

Dans les petits fonds, les piscivores ne représentent que 6% et les macrocarvivores 3% de la biomasse échantillonnée, alors que 87% de cette biomasse est composée de mésocarnivores.



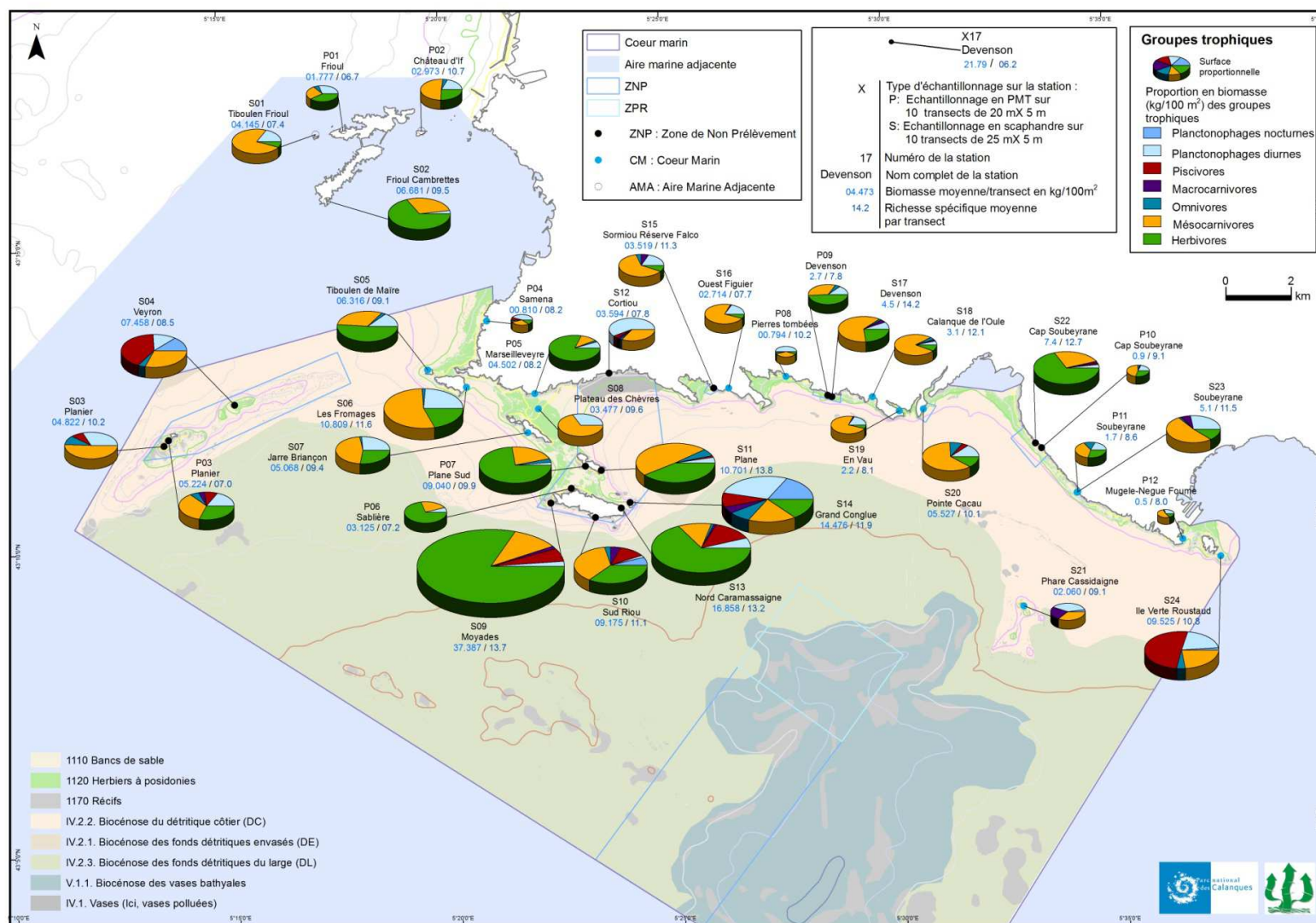
**Figure 74.** Structure trophique de la biomasse des espèces cibles échantillonnées entre 0 et 5 m par comptages visuels au temps en palmes, masque, tuba (PMT) dans le Parc national des Calanques.

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 fait entre 0 et 5 m en PMT (Figure 75).

La taille des camemberts reflète la biomasse moyenne par transect pour la station. Cette représentation très visuelle fait ressortir la très grande différence entre le littoral 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 significative, ce qui témoigne d'un peuplement plus équilibré et moins impacté par la pêche. 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.

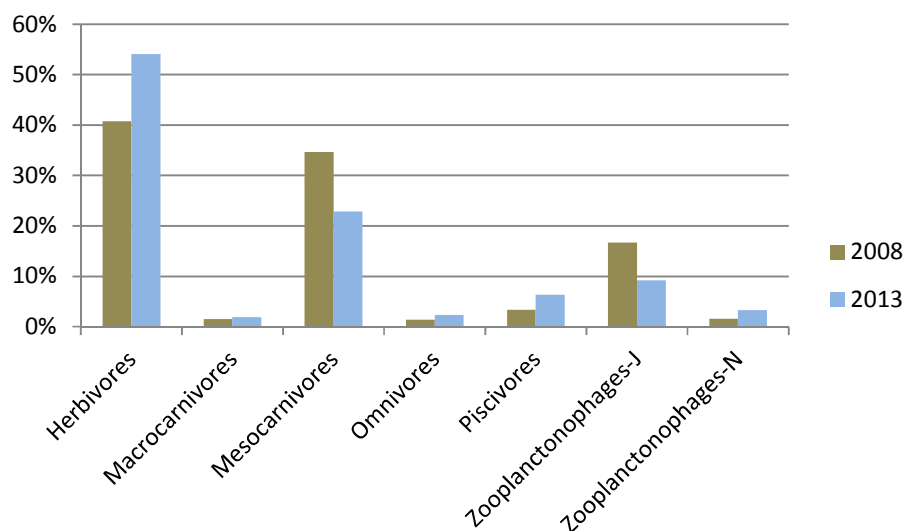
Indirectement cette représentation du peuplement de poissons par catégories trophiques est un reflet de la pression de pêche sur les poissons dans le PNCal.

**Figure 75.** Peuplement de poissons des Calanques : représentation de la biomasse moyenne/transect et de la proportion des groupes trophiques à chaque station 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).



#### 4.1.9.4 Evolution de la structure trophique du peuplement de poissons entre 2008 et 2013

La comparaison de l'échantillonnage des mêmes 8 stations révèle que les proportions de mésocarnivores et de planctonophages diurnes ont diminué entre 2008 et 2013. Les herbivores ont augmenté, en partie à cause des biomasses de saupes recensées aux Moyades, Nord Caramassagne et Tiboulén de Maire. Les macrocarnivores ont plutôt tendance à augmenter.



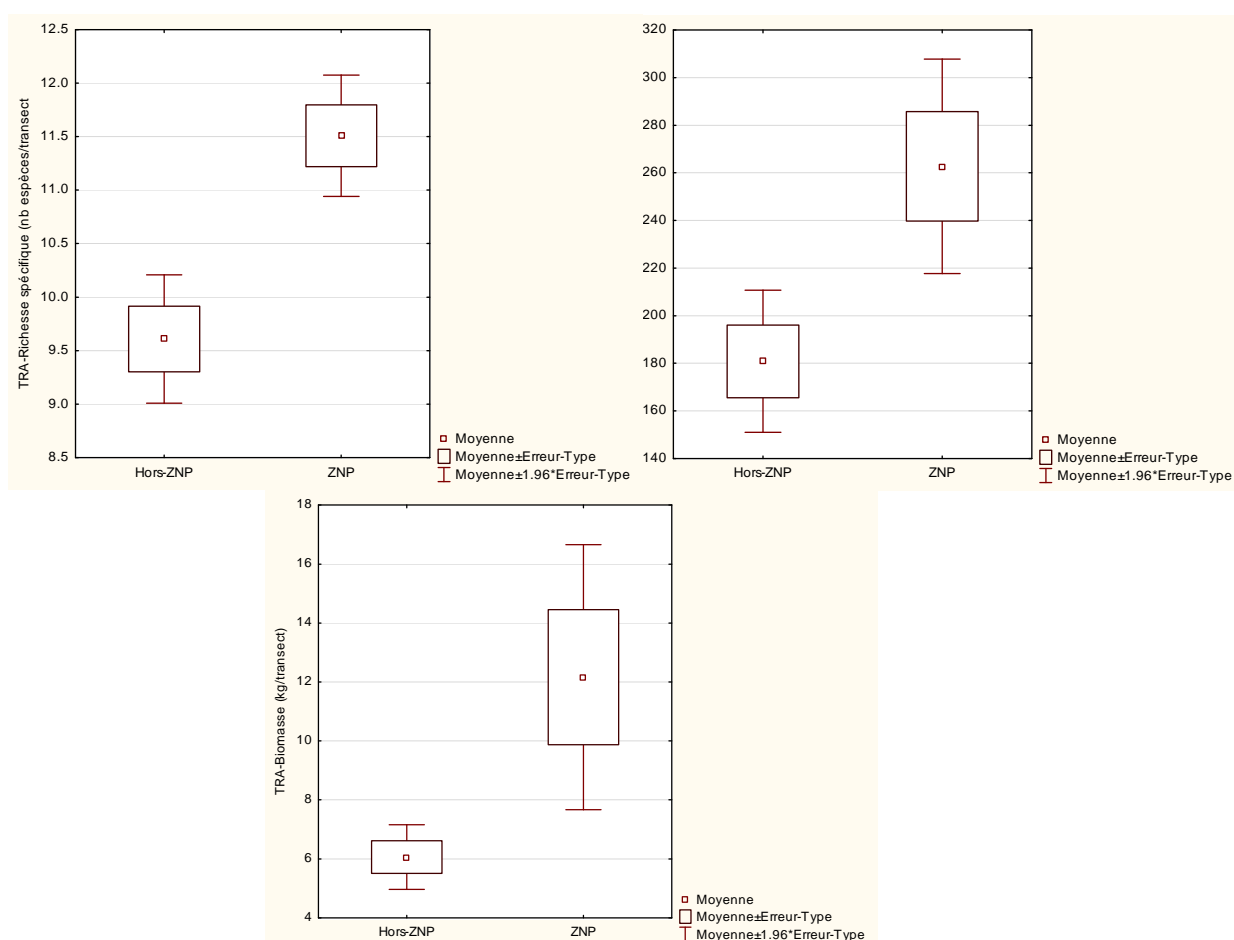
**Figure 76.** Structure trophique comparée de l'assemblage des poissons de roche (8 stations) entre 2008 et 2013.

La diminution des planctonophages, le maintien des macrocarnivores et l'augmentation des piscivores sont des résultats qui corroborent les observations faites par Ourgaud *et al.* (2015) dans l'herbier du Plateau des chèvres.

#### 4.1.9.5 Influence de l'emplacement des stations

Bien que la mise en place des zones de non prélèvement soit récente, la richesse spécifique, l'abondance et la biomasse sont déjà significativement plus élevée dans la ZNP qu'en dehors (Figure 77). L'effet 'habitat' intervient certainement dans ces différences malgré le soin apporté au choix de stations comparables.

KW (N=240)	H	p	significativité
richesse spécifique	19.62	0.00001	***
abondance	11.84	0.0006	***
biomasse	11.69	0.0006	***

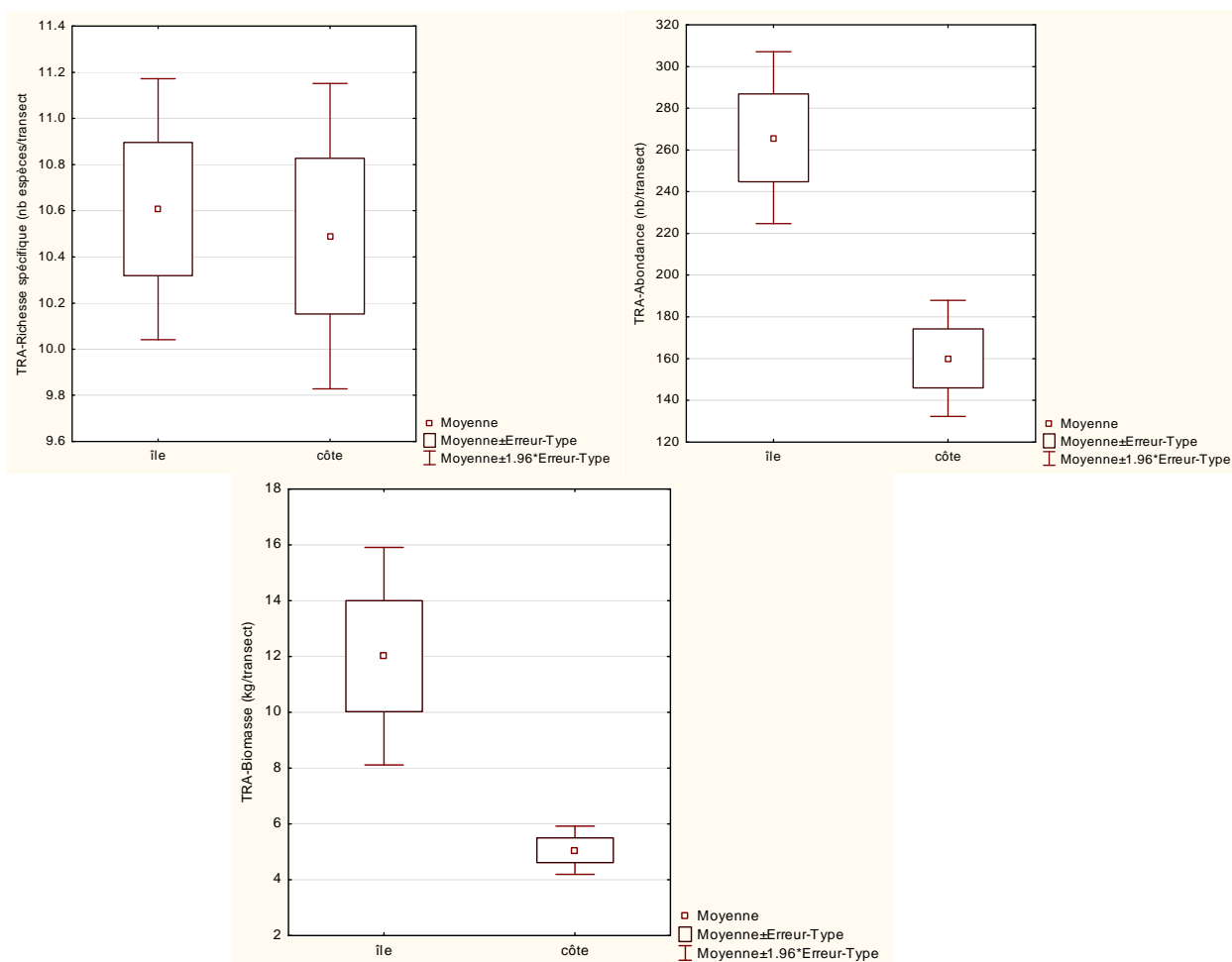


**Figure 77.** Comparaison selon le régime de protection (Hors ZNP – ZNP) de la richesse spécifique, de l'abondance et de la biomasse des poissons échantillonnés entre 5 et 20 m de profondeur dans le Parc national des Calanques.

## 4.1.9.6 Effet des 'îles'

Les abondances et les biomasses par transects sont significativement plus élevées dans les stations situées sur les îles que dans les stations situées à la côte (Figure 78). En revanche, la richesse spécifique n'est pas significativement différente entre les deux localisations.

KW (N=240)	H	p	significativité
richesse spécifique	0.046	0.83	
abondance	12.79	0.0003	***
biomasse	14.57	0.0001	***



**Figure 78.** Comparaison selon la localisation géographique de la richesse spécifique, de l'abondance et de la biomasse des poissons échantillonnés entre 5 et 20 m de profondeur dans le Parc national des Calanques.

#### 4.1.10 Chiffres clefs du suivi des poissons - TRA – UVC linéaire

##### Echantillonnage :

- Toutes espèces diurnes, à l'exception des petits benthiques (gobidés, blennidés, tripterygiidés) et cryptiques sous échantillonnés.
- 5 parcours de 25 x 5 m, soit 125 m<sup>2</sup> réalisés à 2 dates rapprochées au sein des 24 stations échantillonnées, soit 240 réplicats entre 5 et 20 m de profondeur.
- 5 parcours de 25 m x 5 m, soit 125 m<sup>2</sup> réalisés à 2 dates rapprochées au sein des 12 stations échantillonnées, soit 120 réplicats entre 0 et 5 m de profondeur.

##### Richesse spécifique :

- Nombre total de taxons (espèces, genres) recensées par transects linéaires : 53
- richesse spécifique Rs totale totale varie de 10 à 18 espèces selon les stations (Rs totale maximale = 24)
- Rs moyenne varie de 2 espèces/parcours de 3 min à 4 espèces/parcours de 3 min selon les stations.
- Rs moy = 10; Rs max = 19
- Rs ZNP =  $11.5 \pm 3.2$ ; Rs Hors ZNP =  $9.6 \pm 3.4$ ; Rs ZNP > Rs Hors ZNP\*\*\*
- Rs îles=Rs côte

##### Fréquences d'observations :

- Espèces présentes à toutes les stations : *Chromis chromis*, *Coris julis*, *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *Serranus cabrilla*.
- Espèces présentes seulement dans 1 ou 2 stations : *Ctenolabrus rupestris*, *Dicentrarchus labrax*, *Labrus mixtus*, *Pagellus acarne* et *Pagrus pagrus*, *Seriola dumerilii* et *Trachurus* sp.
- 18 mérous, aucun corb

##### Abondances :

- Abondance d'espèces planctonophages > espèces non planctonophages
- 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
- Abondances ZNP > Hors ZNP\*\*\*
- Par ordre décroissant d'importance dans la composition des abondances : *C. julis* > *D. vulgaris* > *Sarpa salpa* > *D. sargus* > *Serranus cabrilla*
- Abondance îles > abondance côte\*\*\*

##### Biomasses :

- Biomasse d'espèces planctonophages < espèces non planctonophages
- Hors espèces planctonophages, biomasses dominées par les sparidés
- Différence de biomasse des poissons significative entre stations
- 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 totale par station = 6 à 12
- Biomasse moyenne des espèces cibles =  $3.9 \pm 3.2$  kg/transect (1.4 à 7.6 kg/transect)
- Taille *E. marginatus* : 16 mérours [35-85 cm], un de 90 cm, un de 110 cm
- Taille moyenne *D. sargus*, *Serranus cabrilla*, *Mullus surmuletus* ZNP > hors ZNP
- Taille moyenne *C. julis* ZNP=hors ZNP

## Evolution 2008-2013 :

- Rs toutes espèces 2013 < 2008 hors-ZNP et 2013 >= 2008 ZNP (4 stations/4)
- Rs espèces cibles 2013 < 2008 hors-ZNP et 2013 > 2008 ZNP (2 stations/4)
- Abondance toutes espèces 2013 < 2008 hors ZNP et 2013 > 2008 (2 stations/4)
- Abondance espèces cibles 2013 < 2008 hors ZNP et 2013 > 2008 (2 stations/4)
- Biomasse toutes espèces 2013 < 2008 hors ZNP et 2013 >= 2008 (3 stations/4)
- Biomasse espèces cibles 2013 < 2008 hors ZNP (3 stations/4) et 2013 > 2008 (¼)

## 4.1.11 Chiffres clefs du suivi des poissons cibles - PMT – UVC temps

### Richesses spécifiques :

- Nombre total de taxons (espèces, genres) recensées par transects linéaires : 41
- 6 espèces non vues dans TRA : *Atherina* sp., *Belone belone*, *Engraulis encrasicolus* et *Trachinotus ovatus*
- Espèces les plus fréquentes : *C. chromis* et *O. melanura*

### Abondances :

- Abondance d'espèces planctonophages > espèces non planctonophages
- Hors espèces planctonophages, abondances dominées par les sparidés
- Sparidés > labridés partout ; rapport sparidé/labridé x 2 dans ZNP
- Par ordre décroissant d'importance dans la composition des abondances :  
*Sarpa salpa* > *Coris julis* > *Diplodus vulgaris* > *Mugil* sp. > *D. sargus*

### Biomasses :

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

**Espèces cibles :**

- Rs totale par station = 4 à 8 espèces
- Biomasse moyenne des espèces cibles= $0.9 \pm 1.3$  kg/transect (0.2 à 2.5 kg/transect)

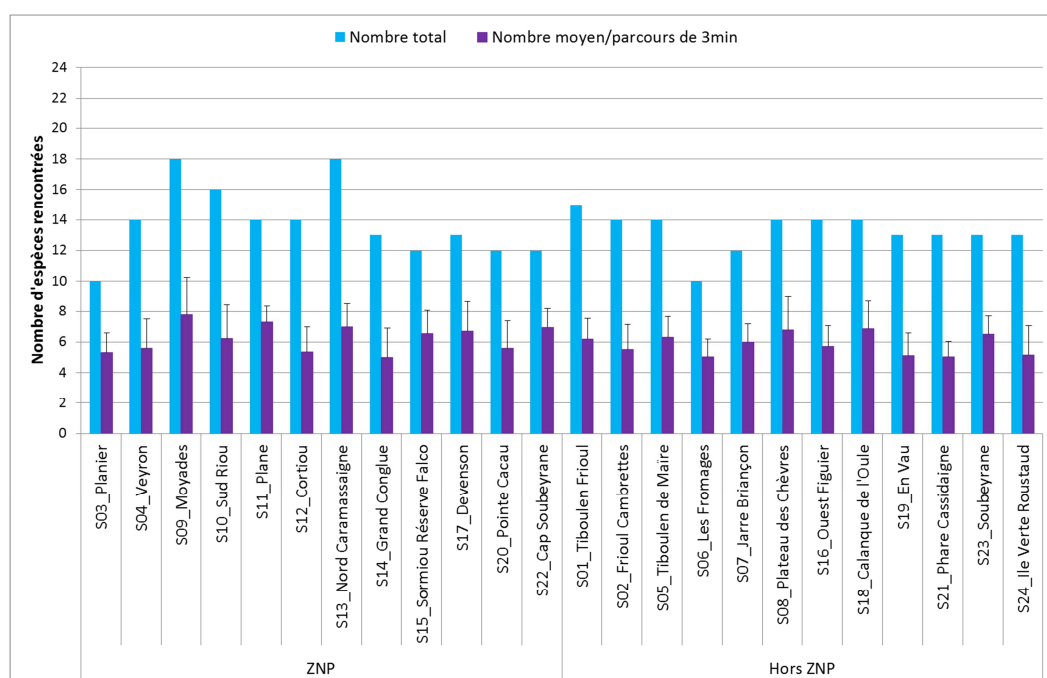
## 4.2 Suivi du peuplement de poissons – Comptages visuels d'espèces cibles au temps

Le suivi des espèces cibles est basé sur la présence-absence de 24 espèces sur des parcours aléatoires de 3 min à vitesse lente et constante. 20 parcours par station ont été réalisés ; correspondant à 480 comptages. Lorsqu'une espèce cible est rencontrée sur un parcours, elle est cochée en fonction de sa classe de taille ('petit/moyen' ou 'grand') dont les bornes ont été définies avec l'appui de références scientifiques (Bauchot et Pras, 1980).

### 4.2.1 Richesse spécifique des espèces-cibles

La Figure 79 présente le nombre d'espèces cibles (toutes catégories confondues) rencontrées pour l'ensemble des stations. Le nombre total d'espèces cibles rencontrées varie parmi les stations. La diversité totale est de 10 espèces à S03-Planier et S06-Les Fromages et 18 espèces à S09-Moyades et S13-Nord Caramassaigne. Pour les autres stations, elle est globalement homogène, entre 12 et 14 espèces.

Le nombre moyen d'espèces rencontrées par parcours de 3 min varie entre les stations. La station de Moyades a la diversité moyenne la plus élevée avec 7.8 espèces rencontrées par parcours de 3 min. Les stations de S11-Plane, S13-Nord Caramassaigne et S22-Cap Soubeyrane, également en ZNP, ont des diversités moyennes supérieures à 7 espèces par parcours de 3 min. Les stations S08-Plateau des chèvres et S18-Calanque de l'Oule, bien que hors ZNP, présentent également une diversité moyenne importante avec des valeurs comprises entre 6.8 et 6.9 espèces par parcours de 3 min. Quelques stations situées en ZNP ont une diversité moyenne plus faible. Les stations de S03-Planier, S04-Veyron ou S14-Grand Congloue ont une diversité moyenne comprise entre 5 et 5.5 espèces par parcours de 3 min.



**Figure 79.** Nombre total et nombre moyen d'espèces cibles rencontrées par parcours de 3 min dans les 24 stations échantillonnées (20 parcours de 3 min). Les barres d'erreur indiquent les écarts types.

#### 4.2.2 Occurrence des espèces cibles

Les

Tableau 19 et Tableau 20 présentent l'occurrence des observations des différentes espèces des catégories 'petit-moyen' et 'grand' rencontrées à chaque station.

Un quart du nombre d'espèces suivies dans la catégorie 'grand' est présent sur 50% des parcours (

Tableau 19). Il s'agit de *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo*, *Symphodus tinca*, *Serranus cabrilla*, *S. mediterraneus* et *Epinephelus marginatus*. Par contre, seuls *D. sargus* et *D. vulgaris* sont présents au-delà de 50% dans presque toutes les stations. Les occurrences d'observations sont parfois même très élevées, soit des rencontres dans plus des 3/4 des parcours. *Symphodus tinca* est présent au moins dans un parcours sur deux sur la moitié des stations échantillonnées. Aucun 'grand' individu de cette espèce n'a été rencontré au Grand Conglue (S14) et à En Vau (S19). Concernant les autres espèces dont les 'grands' individus ont été rencontrés dans au moins 50% des parcours, les observations ont été faites dans peu de stations, entre 1 et 3 selon l'espèce considérée. A noter qu'à la station S04 Veyron, des 'grands' individus d'*E. marginatus* ont été rencontrés dans un parcours sur deux.

Pour certaines espèces de la catégorie 'grand' comme *Spondyliosoma cantharus*, *Diplodus cervinus*, *Phycis phycis* et *Labrus viridis*, les rencontres ont été notées dans peu de stations (entre 2 et 6 stations) et à des fréquences relativement faibles (<25%).

Sur les 24 espèces listées, aucun 'grand' individu de *Seriola dumerili*, *Dicentrarchus labrax*, *Scorpaena scrofa*, *Conger conger*, *Labrus mixtus* et *Sciaena umbra* n'a été rencontré dans les 24 stations échantillonnées.

Un tiers des espèces de la catégorie 'petit-moyen' sont présentes sur au moins 50% des parcours (Tableau 20). *Coris julis*, *D. sargus*, *D. vulgaris* et *S. cabrilla* sont présents dans plus d'un parcours sur deux dans presque toutes les stations. Les occurrences sont, dans certaines stations, très élevées, jusqu'à 100% des parcours réalisés. Les rencontres fréquentes (>50%) de *S. tinca*, *S. mediterraneus*, *Labrus merula* et *D. puntazzo* ont été notées dans un nombre de stations plus faible, entre 1 et 9 stations.

Plusieurs espèces comme *D. puntazzo*, *S. cantharus*, *Sparus aurata*, *Mullus surmuletus*, *L. merula* et *L. viridis*, sont présents dans un grand nombre de stations même si les occurrences d'observations sont parfois faibles (<50%).

Aucun individu de la catégorie 'petit-moyen' de *Dentex dentex*, *C. conger*, *Phycis phycis* ou *Sciaena umbra* n'a été observé dans les 24 stations étudiées. A noter que quelle que soit la catégorie considérée, aucune observation de corb (*S. umbra*) n'a été consignée durant les échantillonnages.

**Tableau 19.** Occurrences des observations des différentes espèces de la catégorie 'grand' rencontrées à chaque station (20 transects par station). En **vert** : les valeurs supérieures ou égales à 50% : l'espèce a été rencontrée dans au moins 1 parcours sur 2 ; avec en foncé, les valeurs supérieures à 75% : l'espèce a été rencontrée dans au moins ¾ des parcours.

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		15%	70%	20%	45%	95%	20%						30%		5%					10%	5%			
	S04 Veyron		10%	15%	25%	60%	80%	35%				10%		20%				10%			10%	5%			50%
	S09 Moyades		5%	70%	30%	80%	50%	40%			10%	20%		65%	20%	20%		5%		5%	5%	5%			
	S10 Sud Riou		5%	15%	5%	75%	65%	50%	10%		5%	25%		60%		20%		20%		5%	5%				5%
	S11 Plane		50%	85%	35%	90%	60%	35%			5%	30%		40%		25%					15%				
	S12 Cortiou		10%	25%	15%	55%	35%	10%				20%		55%	10%	20%		5%		5%					
	S13 Nord Caramassaigne		10%	60%	20%	90%	65%	55%	10%		10%	10%		30%		25%		10%		5%	5%				20%
	S14 Grand Conglue		10%			85%	70%	40%	25%	5%	30%	15%		25%		5%					5%				25%
	S15 Sormiou Réserve Falco		15%	40%	40%	85%	60%							35%		15%		5%							
	S17 Devenson		15%	50%	40%	90%	75%	15%						30%	10%						15%				
	S20 Pointe Cacao			25%	20%	70%	70%	15%								5%									10%
	S22 Cap Soubeyrane		10%	85%	55%	70%	90%	15%						30%	25%	10%					5%				
Hors ZNP	S01 Tiboulou Frioul		5%	60%	10%	90%	80%	5%	5%		10%	5%		10%		10%									5%
	S02 Frioul Cambrettes		5%	50%	10%	80%	70%	20%				10%		10%	5%	10%									5%
	S05 Tiboulou de Maire			65%	25%	85%	75%	15%			5%			10%	5%	15%				5%		5%			
	S06 Les Fromages			30%	5%	65%	65%					5%				5%									
	S07 Jarre Briançon			55%	20%	90%	80%	30%						5%								10%			5%
	S08 Plateau des Chèvres		35%	75%	40%	60%	65%	5%	5%		5%			10%	10%	35%					5%				
	S16 Ouest Figuiér			5%	5%	60%	40%							10%	5%	15%		5%			5%				5%
	S18 Calanque de l'Oule			45%	30%	75%	90%	10%				5%		10%	5%	25%		10%							
	S19 En Vau				25%	75%	40%	5%						10%		5%									
	S21 Phare Cassidaigne			20%	10%	5%	70%	5%		10%				10%				15%				5%			
	S23 Soubeyrane			60%	30%	85%	60%	5%						25%	10%	5%						5%			
	S24 Ile Verte Roustaud			10%	15%	95%	35%	35%			25%	5%		5%				5%			5%				5%

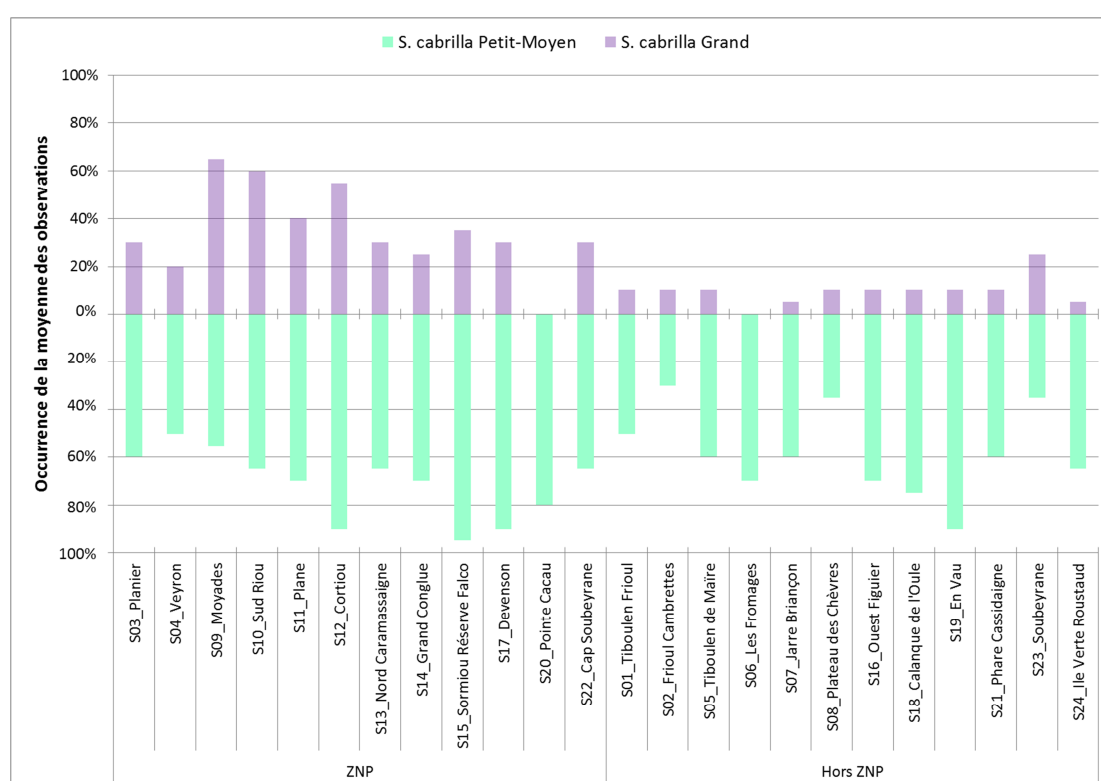
**Tableau 20.** Occurrences des observations des différentes espèces de la catégorie 'petit-moyen' rencontrées à chaque station (20 transects par station). En **vert** : les valeurs supérieures ou égales à 50% : l'espèce a été rencontrée dans au moins 1 parcours sur 2 ; avec en foncé, les valeurs supérieures à 75% : l'espèce a été rencontrée dans au moins ¾ des parcours.

Stations \ 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>Spandilyosoma 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>Sciaenops ocellatus</i>	<i>Epinephelus marginatus</i>
ZNP	S03 Planier		100%	55%	20%	55%	90%	5%						60%		10%					35%	5%			
	S04 Veyron		95%	15%	45%	20%	75%	10%		10%		5%		50%		10%		5%			5%	5%			10%
	S09 Moyades		95%	50%	35%	90%	95%	20%		20%		45%	5%	55%	10%	5%					40%	10%			10%
	S10 Sud Riou	5%	95%		20%	75%	100%	10%				45%		65%		25%					20%				5%
	S11 Plane		100%	55%	45%	70%	100%	5%		35%		15%	5%	70%		10%					35%	5%			
	S12 Cortiou		100%	15%		65%	100%					10%		90%	5%	40%	5%				5%				
	S13 Nord Caramassaigne		100%	55%	15%	70%	100%	25%		20%		5%		65%		5%	10%				25%	10%			15%
	S14 Grand Conglue		70%			50%	95%	25%		10%		5%		70%			5%				5%				
	S15 Sormiou Réserve Falco		100%	45%	65%	80%	95%	15%		10%				95%	35%	30%					25%				
	S17 Devenson		95%	70%	50%	80%	95%	5%		15%		10%		90%	10%	20%					50%	10%			
	S20 Pointe Cacao		90%	35%	55%	50%	80%	15%				15%		80%		15%		5%			20%				5%
	S22 Cap Soubeyrane		100%	30%	30%	90%	95%	5%				10%		65%	10%	35%					65%	15%			
Hors ZNP	S01 Tiboulon Frioul		95%	70%	60%	85%	100%	10%				20%		50%		30%		5%			30%	5%			
	S02 Frioul Cambrettes		90%	35%	35%	70%	95%	10%	5%			15%		30%		20%					20%	5%			
	S05 Tiboulon de Maire		100%	45%	50%	100%	95%	15%		10%				60%		25%					30%	5%			
	S06 Les Fromages		85%	5%		95%	95%	50%						70%		45%					15%				
	S07 Jarre Briançon		100%	20%	25%	75%	100%	20%		10%		15%		60%			5%				45%				
	S08 Plateau des Chèvres		95%	65%	40%	60%	95%	20%	5%	25%				35%	15%	40%					40%	20%			
	S16 Ouest Figuiér		95%	45%	40%	95%	90%	25%		25%				70%	5%	30%					20%	5%			
	S18 Calanque de l'Oule		100%	65%	40%	80%	90%	10%		5%		15%		75%		45%					55%				5%
	S19 En Vau		95%	15%	35%	75%	70%	15%		5%				90%		20%		5%			30%	5%	10%		
	S21 Phare Cassidaigne		100%	30%	70%		50%							60%		10%		10%			45%	15%			5%
	S23 Soubeyrane		95%	55%	15%	85%	100%	10%				5%		35%	5%	35%					90%	15%			5%
	S24 Ile Verte Roustaud		95%	15%	65%	40%	30%	5%		15%		5%		65%				10%			20%				5%

- Serran chèvre *Serranus cabrilla*



Très rapidement après la mise en place du zonage, soit à t +1.5 ans, des différences d'occurrence des observations de 'grand' *S. cabrilla* sont observées. Dans les stations ZNP, les occurrences d'observations de 'grand' sont statistiquement plus élevées que dans les stations hors ZNP (Chi-deux (dl=1)=43.30 et  $p < 0.05$ ) (Figure 80). La profondeur moyenne des stations ou la localisation géographique (île versus côte) n'influencent pas les occurrences des observations de 'grands' *S. cabrilla*.

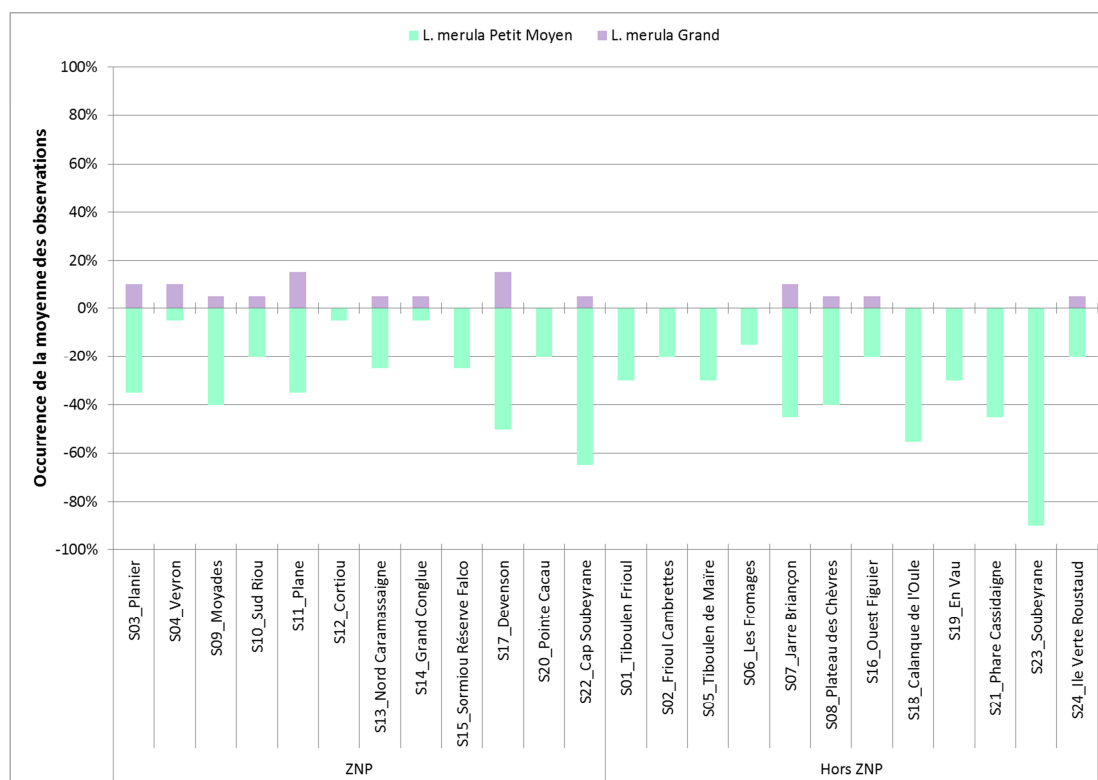


**Figure 80.** Occurrence des observations de *Serranus cabrilla* des catégories 'petit-moyen' et 'grand' par station. Les stations sont classées selon leur statut de gestion (20 parcours de 3 min).

- Labre merle *Labrus merula*



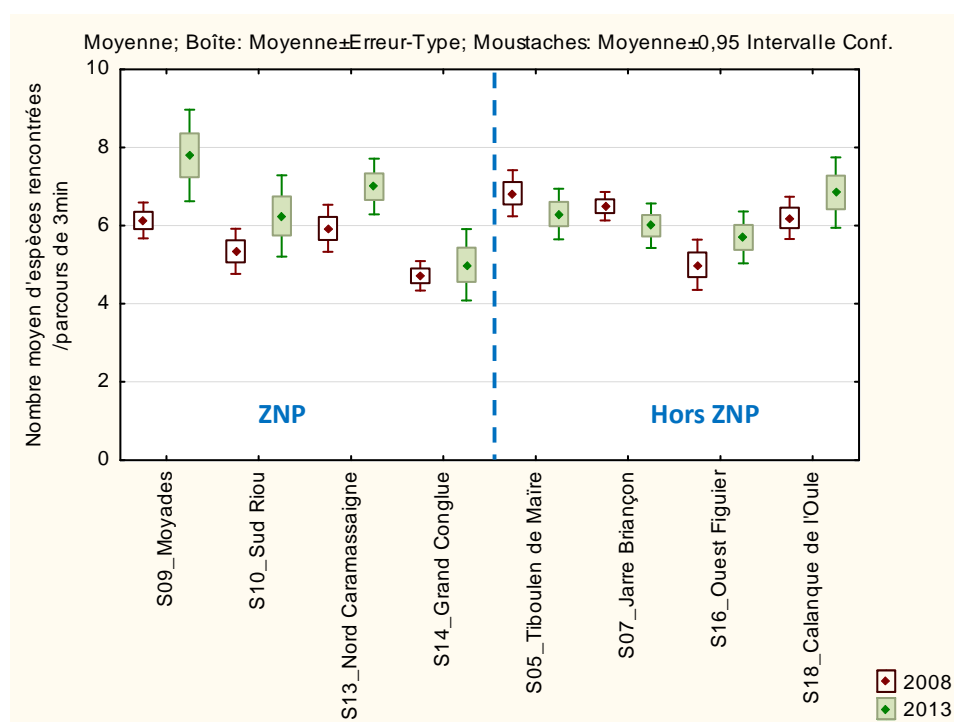
Il en est de même avec *L. merula* dont les occurrences de 'grands' individus sont supérieures dans les stations ZNP à celles situées hors ZNP (Chi-deux (dl=1)=4.23 et  $p=0.0398$ ) (Figure 81).



**Figure 81.** Occurrence des observations de *Labrus merula* des catégories 'petit-moyen' et 'grand' par station. Les stations sont classées selon leur statut de gestion (20 parcours de 3 min).

### 4.2.3 Comparaison des données d'observation d'espèces-cibles entre 2008 et 2013

La Figure 82 présente l'évolution de la diversité moyenne d'espèces-cibles rencontrées au cours d'un parcours de 3 min au sein des stations communes étudiées en 2008 et 2013 (5 ans d'intervalle). Pour la majorité des stations, la diversité moyenne a augmenté entre ces deux dates. Cependant, une augmentation significative est observée uniquement à S09-Moyades (Chi-deux (dl=19)=55.97 et  $p<0.001$ ) pour laquelle la diversité moyenne est passée de 6.1 espèces-cibles rencontrées par parcours de 3 min à 7.8. Par contre, aux stations S05-Tiboulen de Maire et S07-Jarre Briançon, toutes deux hors ZNP, la richesse spécifique moyenne des espèces cibles diminue, mais ces différences ne sont pas significatives.



**Figure 82.** Diversité moyenne (nombre moyen d'espèces rencontrées) par parcours de 3 min au sein des différentes stations étudiées communes entre 2008 et 2013 (d'après une liste de 24 espèces).

L'évolution entre 2008 et 2013 des occurrences d'observations des différentes espèces de la catégorie 'grand' rencontrées à chaque station est présentée dans le

Tableau 21.

Neuf espèces-cibles enregistrent des baisses d'occurrences d'observations par parcours de 3 min supérieures à 10% dans au moins une station suivie en 2008 et 2013. 5 d'entre elles ont leur occurrence qui diminue uniquement dans les stations situées maintenant hors ZNP. Il s'agit de *Symphodus tinca*, *Serranus cabrilla*, *Mullus surmuletus* et dans une moindre mesure *Sparus aurata* et *Labrus viridis*. Les baisses sont parfois très importantes. Par exemple, à la station S16-Ouest Figuier, en 2013, deux fois moins de 'grand' *Symphodus tinca* ont été vus par parcours. A la station S07-Jarre Briançon, ce sont 42% de 'grand' *Serranus cabrilla* en moins par parcours qui ont été notés. Trois d'entre elles ont leur occurrence qui diminue uniquement dans les stations situées en ZNP. Il s'agit de *Symphodus mediterraneus*, *Diplodus sargus* et *Serranus scriba*. Ces baisses restent tout de même de faibles ampleurs, inférieures à 20%.

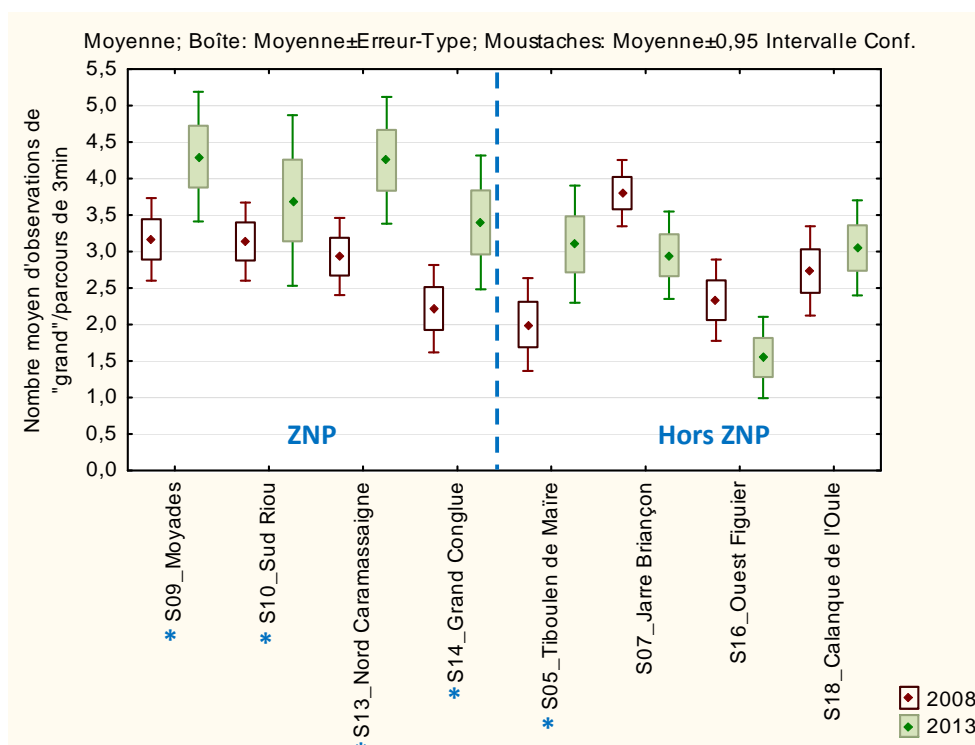
Des augmentations d'occurrences de 'grands' individus sont tout de même observées pour 12 espèces-cibles. Certaines ont vu leur occurrence augmenter fortement en 5 ans, comme c'est le cas notamment pour *Diplodus* spp. Les valeurs augmentent parfois de plus du tiers, aussi bien dans des stations situées en ZNP qu'hors ZNP. Les augmentations d'occurrence sont aussi importantes pour *S. cabrilla*, surtout à S09-Moyades et S10-Sud Riou, situées en ZNP. Pour *Epinephelus marginatus*, les progressions de rencontre les plus élevées sont aux stations ZNP S13-Nord Caramassaigne et S14-Grand Conglue avec en moyenne +20% de 'grands' individus observés.

Si l'on considère les évolutions des occurrences d'observations par station, les baisses ( $\geq 10\%$ ) concernent 1 à 6 espèces. A la station S14-Grand Conglue (ZNP), seulement une espèce-cible est concernée par la baisse de ses occurrences (*Symphodus mediterraneus*), alors qu'à la station S07-Jarre-Briançon (hors ZNP), 6 espèces-cibles enregistrent des baisses d'occurrences (dont *Serranus cabrilla*, *Symphodus tinca* et *Coris julis*). A l'inverse, les augmentations d'occurrences ( $\geq 10\%$ ) concernent, selon les stations, entre 0 et 9 espèces-cibles. Ces augmentations sont essentiellement observées dans les stations ZNP, avec 9 espèces concernées à S13-Nord Caramassaigne (dont *Diplodus puntazzo*, *Serranus cabrilla* et *Epinephelus marginatus*). Dans les stations hors ZNP, peu d'espèces sont concernées par des augmentations d'occurrence ; à S16-Ouest Figuier, aucune augmentation de +10% n'est observée quelle que soit l'espèce.

**Tableau 21.** Evolution de l'occurrence d'observations des différentes espèces de la catégorie 'grand' entre 2008 et 2013 rencontrées à chaque station. En **vert** : les évolutions positives supérieures à 10% ; en rouge : les évolutions négatives supérieures à 10%.

Stations \ Espèces cibles		Coris julis	Symphodus tinca	Symphodus mediterraneus	Diplodus sargus	Diplodus vulgaris	Diplodus puntazzo	Diplodus cervinus	Spondylusoma cantharus	Dentex dentex	Sparus aurata	Serranus cabrilla	Serranus scriba	Mullus surmuletus	Scorpaena scrofa	Muraena helena	Conger conger	Phycis phycis	Labrus merula	Labrus viridis	Epinephelus marginatus
ZNP	S09_Moyades	-5%		+10%		-3%	+20%	-7%		+10%	+20%	+42%	+13%	+17%	-3%	+5%	-3%	+5%	-8%	+2%	
	S10_Sud Riou	-2%	-5%	-12%	-12%	+2%	+43%	+3%		-2%	-5%	+30%		+7%		+3%		+5%	+5%		+5%
	S13_Nord Caramassaigne	-17%	+20%	-3%	+3%	+18%	+35%	+3%		+10%	+10%	+23%	-17%	+18%		+10%		+2%	+5%		+20%
	S14_Grand Conglue	-7%	-7%	-17%	+8%	+23%	+37%	+25%	+5%	+23%	+12%	-8%		-8%					+5%		+18%
Hors ZNP	S05_Tiboulén de Maire	-3%	+15%	+8%	+38%	+48%	+5%	-3%		+2%	-3%	-7%	-2%	+12%		-3%		+5%	-7%	+5%	
	S07_Jarre Briançon	-23%	-28%	-7%	+10%	+33%	+10%	-3%			-10%	-42%		-20%						-10%	+5%
	S16_Ouest Figuiér		-52%	-8%	+3%	+7%					-3%	-20%	+5%	-15%		+2%			-2%		+5%
	S18_Calanque de l'Oule	-13%	-2%	+13%	+8%	+33%	+10%				+5%	-27%	+5%	-5%		+10%			-3%		-3%

L'évolution du nombre moyen d'observations de la catégorie 'grand' par parcours de 3 min dans les 8 stations communes étudiées en 2008 et 2013 est présentée sur la Figure 83. Dans l'ensemble des stations situées en ZNP, le nombre moyen d'observations est plus important en 2013 qu'en 2008 (Chi-deux (dl=79)=314.53 et  $p<0.001$ ). Dans les stations hors ZNP, une évolution positive est observée uniquement à la station S05-Tiboulén de Maire (Chi-deux (dl=19)=30.83 et  $p=0.042$ ) où le nombre moyen d'observations de 'grands' par parcours de 3 min est passé de 2 à 3.1. Pour les 3 autres stations aucune différence n'est relevée. A noter qu'aux stations S07-Jarre Briançon et S16-Ouest Figuier, le nombre moyen d'observations de 'grands' a diminué en 5 ans. A S07-Jarre Briançon, ce nombre a diminué de 25% et à S16-Ouest Figuier de 30%.



**Figure 83.** Nombre moyen d'observations de 'grands' individus par parcours de 3 min dans les stations communes étudiées en 2008 et 2013. Les astérisques bleus indiquent les stations où des différences significatives sont observées entre 2008 et 2013.

#### 4.2.4 Focus sur deux espèces-cibles

Lors du recensement de présence/absence des espèces cibles, des observations complémentaires ont été réalisées sur le mérou brun *Epinephelus marginatus* et le labre merle *Labrus merula* notamment. Au cours des différents parcours, la longueur totale de chaque individu rencontré a été notée. Ainsi l'abondance, la longueur totale et la biomasse ont été renseignées et calculées pour ces deux espèces.

- **Le mérou brun *Epinephelus marginatus***

Des mérous ont été observés dans 14 des 24 stations échantillonnées. Aucun individu n'a été recensé aux stations S03-Planier, S05-Tiboulén de Maire, S06-Les Fromages, S08-Plateau des chèvres, S11-Plane, S12-Cortiou, S15-Sormiou Réserve Falco et S17-Devenson.

Le Tableau 22 présente les effectifs des mérours recensés au sein de chaque station au cours des deux comptages. Peu d'individus ont été observés au sein des stations lors des comptages mis à part la station du Veyron (S04) qui se différencie des autres par le nombre important de mérours rencontrés : 8 en septembre et 16 en octobre 2013. Les effectifs des deux campagnes ne peuvent pas être additionnés en raison de la présence probable de doublons entre les deux comptages (mêmes individus recensés deux fois).

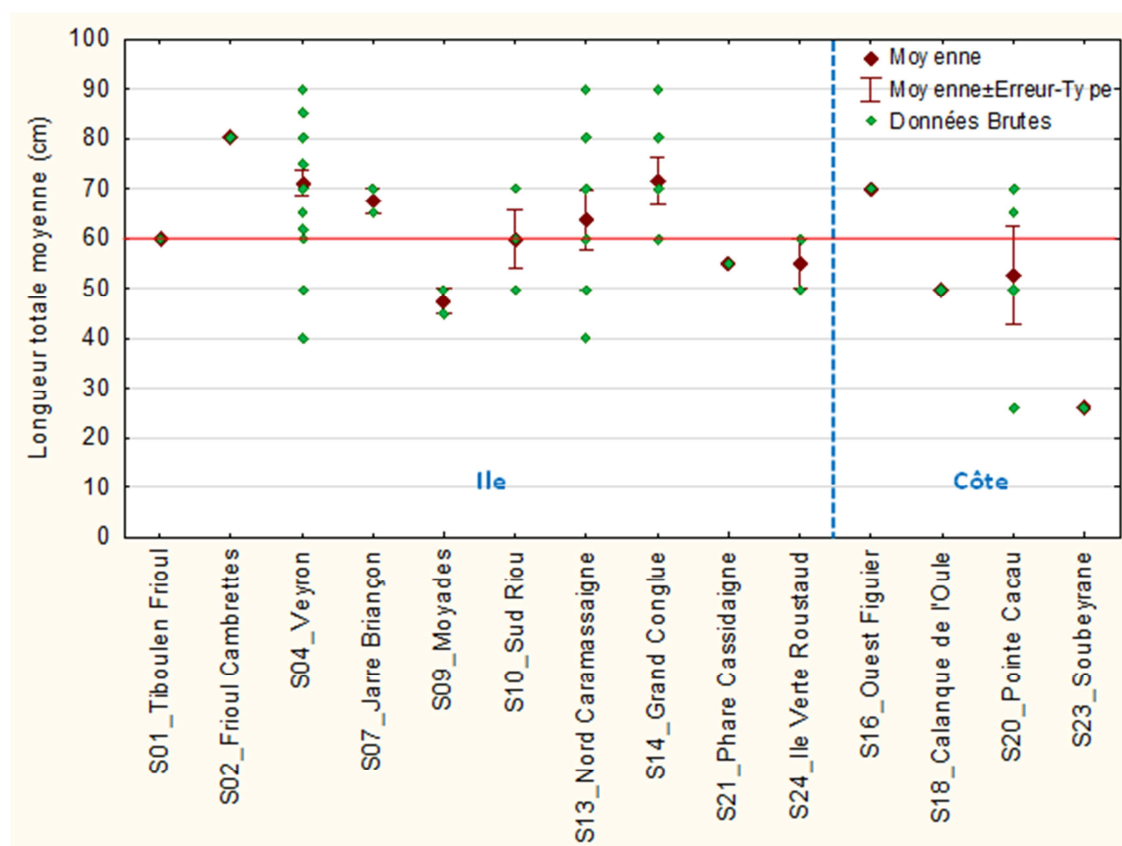
Au cours du comptage du mois de septembre 2013, 26 individus ont été recensés sur 9 stations. 19 individus ont été observés dans des stations situées en ZNP et 7 dans des stations situées hors ZNP. Au cours du mois d'octobre 2013, 33 individus ont été recensés sur 10 stations. 29 mérours ont été observés dans des stations de la ZNP et 4 hors ZNP. Parmi les 14 stations dans lesquelles des mérours ont été vus, des mérours bruns ont été recensés lors des deux comptages uniquement sur 5 stations.

Il est intéressant de noter que des observations de mérours ont été consignées uniquement dans la moitié des stations ZNP échantillonnées, alors qu'hors ZNP des mérours ont été vus dans les 2/3 des stations échantillonnées.

**Tableau 22.** Abondance totale d'*Epinephelus marginatus* dans les différentes stations (10 parcours de 3 min par comptage).

Statut de protection	Station	Comptage	Effectifs
ZNP	S04_Veyron	Septembre	8
		Octobre	16
	S09_Moyades	Septembre	1
		Octobre	1
	S10_Sud Riou	Octobre	3
	S13_Nord Caramassaigne	Septembre	4
		Octobre	5
	S14_Grand Conglue	Septembre	5
		Octobre	1
	S20_Pointe Cacao	Septembre	1
		Octobre	3
Hors ZNP	S01_Tiboulén Frioul	Octobre	1
	S02_Frioul Cambrettes	Octobre	1
	S07_Jarre Briançon	Septembre	2
	S16_Ouest Figuiér	Septembre	1
	S18_Calanque de l'Oule	Septembre	1
	S21_Phare Cassidaigne	Octobre	1
	S23_Soubeyrane	Octobre	1
	S24_Ile Verte Roustaud	Septembre	3

En moyenne, la longueur totale des mérours recensés est de  $65 \pm 15$  cm. Des différences sont observées uniquement lorsque l'on regroupe les stations par entités géographiques (île vs côte) (Figure 84). La longueur totale moyenne est supérieure dans les stations situées dans les îles (test de Mann Whitney, Z ajusté=2.05 et  $p=0.039$ ) ; elle est de  $67 \pm 13$  cm dans les stations insulaires et de  $51 \pm 18$  cm dans les stations côtières. Les plus grands individus rencontrés mesuraient 90 cm. Deux individus de moins de 40 cm ont été rencontrés. Ils mesuraient 26 cm et ont été vus à la station S20-Pointe Cacao et à la S23-Soubeyrane, deux stations de la côte.



**Figure 84.** Longueur totale moyenne (en cm) d'*Epinephelus marginatus* à chaque station. Le trait rouge indique la limite entre les catégories 'petit-moyen' et 'grand'.

La biomasse moyenne des mérous pour chaque station est présentée dans la Figure 85. Comme pour la longueur totale moyenne des individus, la biomasse moyenne de mérou est supérieure dans les stations situées dans les îles (test de Mann-Whitney, Z ajusté=2.15 et  $p = 0.031$ ). La station S04-Veyron présente une valeur très élevée avec, en moyenne, 10 kg de mérou par parcours de 3 min. Cette station abrite un nombre important de grands individus par rapport à ce qui peut être observé dans les autres stations. Les stations S13-Nord Caramassaigne et S14-Grand Conglue dans l'archipel de Riou ont également des valeurs élevées, bien que très nettement inférieures à celles qui peuvent être observées sur S04-Veyron. A S13-Nord Caramassaigne, la biomasse moyenne est de 3.4 kg/parcours de 3 min et au Grand Conglue, elle est de 2.5 kg/parcours de 3 min. Concernant les autres stations, les valeurs de biomasse sont inférieures à 1 kg/parcours de 3 min, traduisant de faibles effectifs et parfois des individus de plus petite taille.

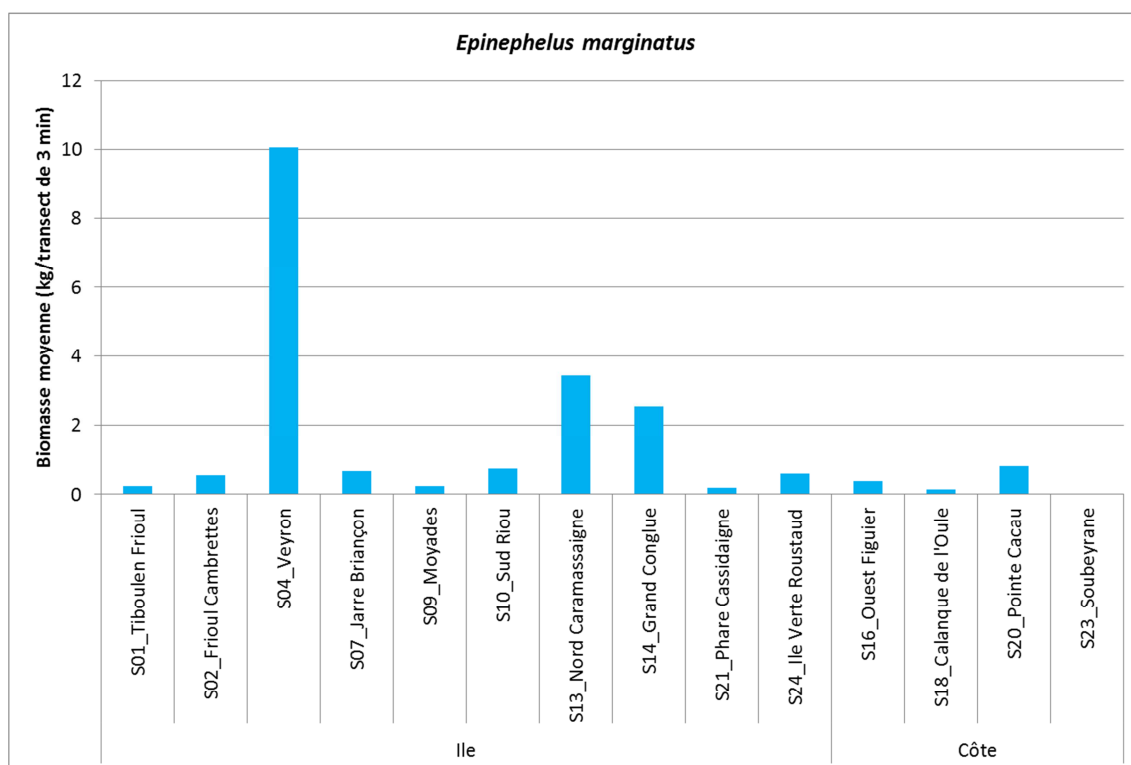
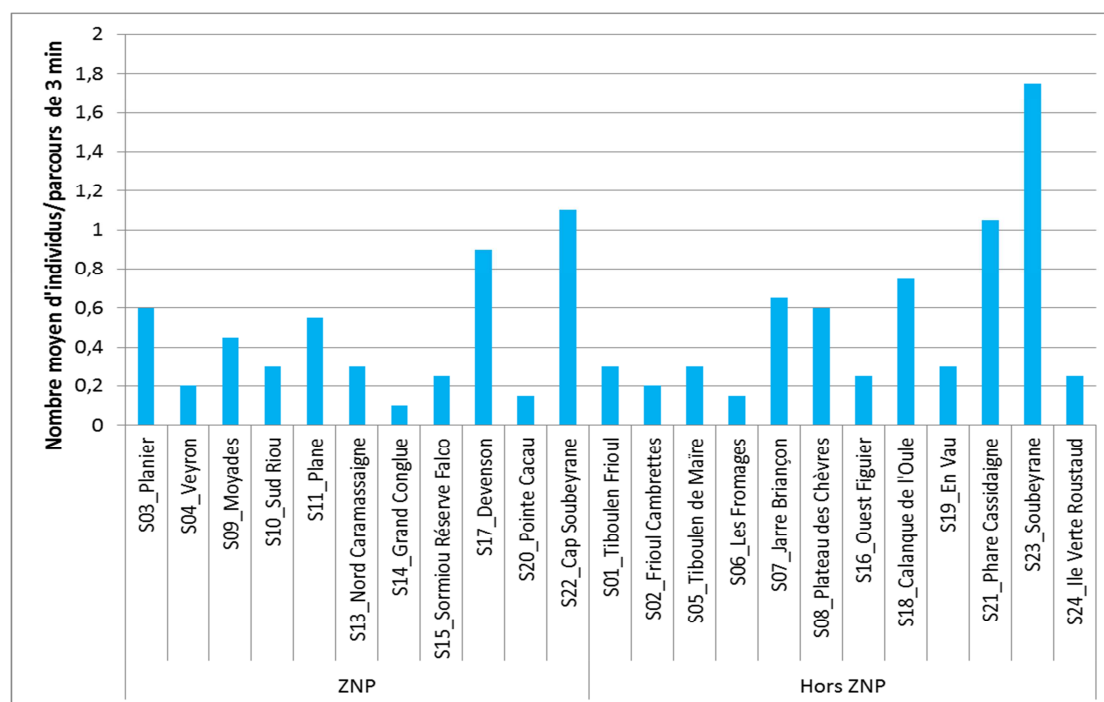


Figure 85. Biomasse moyenne en kg par parcours de 3 min d'*Epinephelus marginatus* au sein des stations

- Le labre merle *Labrus merula*

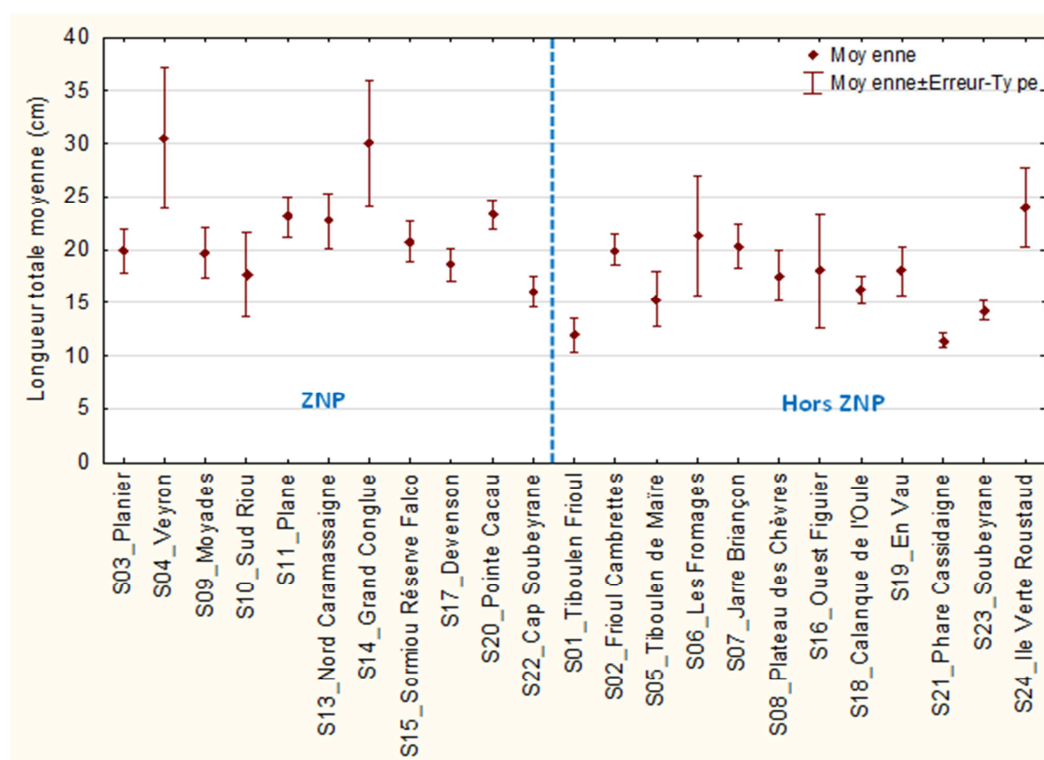
Des individus de labres merles ont été rencontrés dans l'ensemble des 24 stations échantillonnées à l'exception de S12-Cortiou.

La Figure 86 présente les densités moyennes de labres merles recensés le long des parcours de 3 min réalisés au sein des stations. D'importantes différences apparaissent entre station, mais aucune différence entre ZNP et hors ZNP n'est relevée (test Mann-Whitney Z ajusté=1.52 et p=0.128). La station S23-Soubeyrane se démarque des autres par une densité moyenne élevée, de l'ordre de 1.8 individus/parcours de 3min. Au niveau des stations S17-Devenson, S22-Cap Soubeyrane et S21-Phare Cassidaigne, en moyenne 1 individu est rencontré au cours d'un parcours de 3 min. Par contre, de faibles densités sont observées aux stations S14-Grand Conglue, S06-Les Fromages et S20-Pointe Cacao où moins de 0.2 individus sont rencontrés au cours d'un parcours de 3 min.



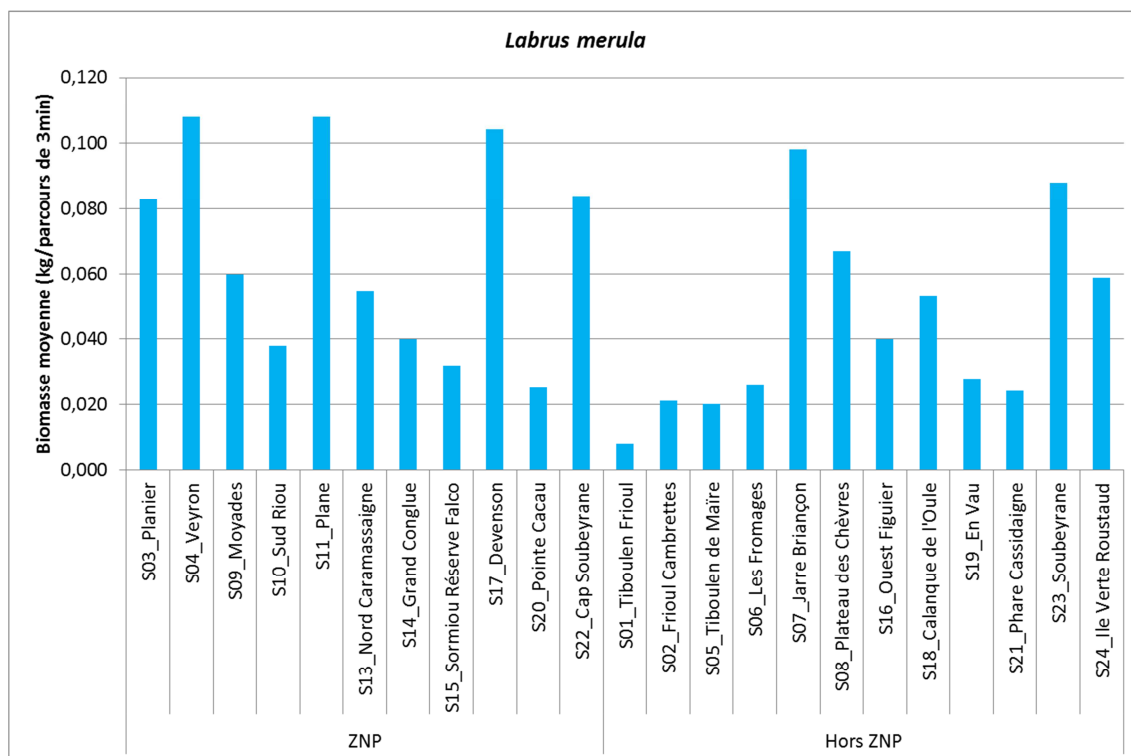
**Figure 86.** Densité moyenne (nombre d'individus/parcours de 3min) de *Labrus merula* rencontrée dans les différentes stations.

La longueur totale moyenne des labres merles recensés est de  $18 \pm 7$  cm. Des différences sont observées entre les stations (Figure 87). Les stations situées en ZNP ont statistiquement des individus de plus grandes tailles que les stations hors ZNP (test Mann-Whitney Z ajusté-4.06 et  $p=0.00005$ ). Le plus grand individu rencontré mesurait 46 cm. Il a été rencontré à la station S04-Veyron. Les plus petits individus mesuraient 6 cm et ont été vus à S10-Sud Riou et S16-Ouest Figuiér.



**Figure 87.** Longueur totale moyenne (en cm) des *Labrus merula* rencontrés au sein des stations. Le trait rouge indique la limite entre les catégories 'petit-moyen' et 'grand'.

La biomasse moyenne des labres merles pour chaque station est présentée dans la Figure 88. D'importantes différences sont observées entre les stations. Les stations de S03-Planier, S04-Veyron, S11-Plane, S17-Devenson, S22-Cap Soubeyrane, S07-Jarre Briançon et S23-Soubeyrane présentent des valeurs comprises entre 0.08 et 0.11 kg/parcours de 3 min. A l'opposé, les stations S01-Tiboulen du Frioul, S02-Frioul Cambrettes, S05-Tiboulen de Maire, S06-Les Fromages, S19-En Vau et S21-Phare Cassidaigne, toutes situées hors ZNP ont des valeurs de biomasse très faibles. Les stations ZNP présentent des valeurs de biomasse statistiquement plus élevées que les stations hors ZNP (test Mann-Whitney, Z ajusté=3.91 et p=0.00009).



**Figure 88.** Biomasse moyenne en kg par parcours de 3 min de *Labrus merula* au sein des stations.

#### 4.2.5 Chiffres clefs du suivi des poissons cibles - TPS – UVC temps

##### Echantillonnage :

- Une liste de 24 espèces cibles
- 20 parcours de 3 min réalisés au sein des 24 stations échantillonnées, soit 480 réplicats.

##### Richesse spécifique :

- la richesse spécifique totale varie de 10 à 18 espèces selon les stations (diversité totale maximale = 24).
- La richesse spécifique moyenne varie de 4 espèces/parcours de 3 min à 8 espèces/parcours de 3 min selon les stations.

##### Fréquences d'observations :

- ¼ des espèces 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*, *Serranus cabrilla*, *Symphodus mediterraneus* et *Epinephelus marginatus*.
- Sur la station du S04-Veyron des 'grands' individus d'*E. marginatus* ont été rencontrés dans un parcours sur deux.
- A t +1.5 ans après la mise en place du zonage, les fréquences d'observations de 'grands' individus de *S. cabrilla* et *Labrus merula* sont supérieures dans les stations ZNP aux stations hors ZNP.
- Aucun 'grand' individu de *Seriola dumerilii*, *Dicentrarchus labrax*, *Scorpaena scrofa*, *Conger conger*, *Labrus mixtus* et *Sciaena umbra* n'a été rencontré dans les 24 stations échantillonnées.
- 1/3 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* et *S. cabrilla*.
- Aucun individu de la catégorie 'petit-moyen' de *Dentex dentex*, *Conger conger*, *Phycis phycis* 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.

##### Proportion de 'petit-moyen' et de 'grand' :

- Les proportions des observations d'individus 'petit-moyen' et 'grand' sont globalement équilibrées au sein des différentes stations.
- A S10-Riou sud et S14-Grand Conglue (île de Riou) les proportions de 'grands' individus sont légèrement plus élevées que dans les autres stations.
- A S19-En Vau et S20-Pointe Cacao, (grandes calanques proches de Cassis), 2/3 des individus rencontrés sont dans la catégorie 'petit-moyen' et 1/3 dans la catégorie 'grand'.

**Evolution 2008-2013 :**

- Le nombre moyen d'espèces-cibles rencontrées par parcours de 3 min a augmenté. La plus forte augmentation est enregistrée à S09-Moyades. A S05-Tiboulén de Maire et S07-Jarre Briançon, toutes deux hors ZNP, la diversité moyenne a diminué en 5 ans.
- Des diminutions de fréquences d'observations de 'grands' par parcours de 3 min dans plus de la moitié des stations sont observées pour 5 espèces (*Coris julis*, *Symphodus tinca*, *S. mediterraneus*, *Serranus cabrilla* et *Labrus merula*).
- Les baisses sont parfois importantes : à S07-Jarre Briançon, *Coris julis* -23% et *S. cabrilla* -42% ; à S16-Ouest Figuier *S. tinca* -50%
- Des augmentations de fréquences d'observations de 'grands' par parcours de 3 min sont observées pour 7 espèces-cibles, dont la majorité a une haute valeur économique. Il s'agit de *Diplodus sargus*, *D. vulgaris*, *D. puntazzo*, *Dentex dentex*, *Murena helena*, *Phycis phycis* et *Epinephelus marginatus* (bénéficiant pourtant d'un moratoire).
- Les rencontres de 'grand' *Diplodus* spp. et *E. marginatus* sont plus fréquentes dans les stations étudiées et, ce, quel que soit leur statut de protection ;
- Les fréquences de rencontres de 'grands' *E. marginatus* ont augmenté de 20% aux stations S13-Nord Caramassaigne et S14-Grand Congloue.
- Le nombre moyen d'observations de 'grands' par parcours de 3 min a augmenté entre 2008 et 2013 dans toutes les stations situées en ZNP. Des diminutions (non significatives) sont observées à S07-Jarre Briançon et S16-Ouest Figuier

### 4.3 Suivi par pêches scientifiques standardisées (PSS)

#### 4.3.1 Enquête préalable

L'enquête préalable a été conduite auprès des pêcheurs ayant répondu à l'appel à candidature. La liste des pêcheurs candidats a été transmise par le CRPMEM au Parc national des Calanques le 17 septembre 2013.

L'enquête a démarré le 19 septembre 2013. Elle s'est poursuivie jusqu'au 11 octobre 2013, à cause de l'indisponibilité de quelques pêcheurs. Après une période de mauvais temps, les pêcheurs ont profité de très bonnes conditions météorologiques pour repartir à la pêche.

L'enquête préalable a été conduite auprès des 10 pêcheurs ayant répondu à l'appel à candidature. Parmi ces 10 pêcheurs, 3 n'ont pas été retenus après un premier contact téléphonique : deux sont des oursiniers et ne pratiquent pas la pêche au filet, et le troisième n'a pas une 'réelle activité de pêche' mais propose aux touristes de découvrir la pêche en mer, dans le cadre du 'pesca-tourisme'. Les sept pêcheurs restants ont tous été rencontrés lors d'entretiens individuels d'une durée de 1h00 à 2h30. Les caractéristiques des pratiques : engins, mailles, zones et périodes de pêche (métiers) sont synthétisées dans le Tableau 23.

**Tableau 23.** Caractéristiques des pratiques en termes d'engins, de maille, de zones et de périodes, des pêcheurs ayant répondu à l'enquête préalable pour la réalisation des pêches expérimentales (PSS).

Type filet	Maille	Espèce cible	Pêcheur	Mois											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Battude</b>	<b>10/11</b>	Rouget	P3			X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<b>Droit</b>	<b>5</b>	Bonite	P4									X			
	<b>6</b>	Dorade	P5				X	X	X				X		
		Merlan/Baudroie/Chapon	P6	X	X	X								X	X
	<b>6,5</b>	Dorade	P2				X	X					X		
			P3				X	X					X		
			P4					X	X				X		
		Dorade/Pageot/Sars/Bouillabaisse	P1					X	X	X	X				
		Pélamide	P3	X	X										X
	<b>7</b>	Marbré	P4							X	X				
		Pageot	P6										X	X	X
	<b>9</b>	Merlan	P3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<b>10</b>	Merlan	P6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<b>10/11</b>	Rouget	P4				X	X	X						
	<b>11/12</b>	Rouget	P6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<b>12</b>	Rouget	P2				X	X	X						
			P5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Trémail</b>	<b>4</b>	Denti/Langouste	P4				X	X	X						
	<b>4,5</b>	Langouste	P1					X	X	X	X	X			
		Langouste/chapon	P3							X	X	X			
		Saint Pierre	P1					X							
	<b>4/4,5</b>	Turbot/lotte/loup	P5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<b>5</b>	Chapon	P1					X	X	X	X				
		Langouste	P2						X	X	X				
		Trémail	P4	X	X										
	<b>5,5</b>	Chapon/denti/baudroie/bouillabaisse	P2			X	X	X	X	X	X				
		Langouste/chapon	P3							X	X	X			
		Pageot/galinette	P1	X	X			X	X	X					
	<b>6</b>	Chapon/denti/baudroie/bouillabaisse	P2			X	X	X	X	X	X				
	<b>6,5</b>	Dorade	P6					X	X				X		
		Sole/Baudroie/turbot	P3	X	X	X							X		X
	<b>9</b>	Soupe	P2					X	X	X	X				
	<b>11</b>	Rouget, Soupe	P1				X	X	X	X	X	X			
		Soupe	P5						X	X	X		X	X	

Les stations de pêche expérimentales pouvant être échantillonnées par les 7 pêcheurs enquêtés sont présentées dans le Tableau 24. Les principales zones de pêches sont représentées dans l'**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

**Tableau 24.** Stations de pêches expérimentales pouvant être échantillonnées par les 7 pêcheurs enquêtés.

Zones de pêche/Pêcheurs	Pêcheur	1. Frioul	2. ZNP Planier-Veyron	3. ZNP Riou-Podestat	4. Bec de l'Aigle-Ile Verte	5. ZNP Cassidaigne	6. Cassidaigne hors ZNP	7. Plateau des Chèvres	8. ZNP Soubeyrane	9. Soubeyrane hors ZNP	Nb réponses
Type stations		Réponse à appel d'offre						Demandées par le COTEC lors de la réunion de démarrage			
Boukhénifra Djamal	P1				Oui	Oui (de 90 à 130 m, difficile entre 150 et 330 m)	Oui		Oui	Oui	5
Boukhénifra Malik (comme son frère)	P2				Oui		Oui		OUI	Oui	4
Gastaud Marc	P3				Oui	Rarement	Rarement		Oui	Oui	5
Crimon Eric	P4	Oui	Oui	Oui				Oui			4
Letestu Guillaume	P5								Oui	Oui	2
Giorgi Jean	P6	Oui	Oui	Oui				Oui			4
Sylvestri Alain	P7			Oui		Oui	Pas d'accord pour pêcher ici vis à vis des pêcheurs des autres prud'homies				3
Nb pêcheurs possible		2	2	3	3	3	4	2	4	4	

Les résultats des enquêtes ont permis de définir les principales pratiques en termes d'engins, de maille, de zones et de périodes de pêche dans le Parc national des Calanques. Ces éléments ont permis de proposer un ensemble de jeux de filets de pêche cohérent avec les pratiques, pour la réalisation des PSS. Ces engins sont adaptés au substrat et à la profondeur des 9 stations initialement considérées (Tableau 25).

**Tableau 25.** Engins, mailles des filets et répartition des 9 stations de pêches expérimentales retenues à l'issue de la phase d'enquête préalable.

Stations	Habitat (20-40 m)	Filet	Durée	Longueur	Période
1. Frioul	Roche 30 à 50 m	Trémail 7, 24 heures	24 heures	5-6 pièces	Printemps-août/septembre
2. ZNP Planier-Veyron	Roche 30 à 50 m	Trémail 7, 24 heures	24 heures	5-6 pièces	Printemps-août/septembre
3. ZNP Riou-Podestat	Roche 30 à 50 m	Trémail 7, 24 heures	24 heures	5-6 pièces	Printemps-août/septembre
4. Bec de l'Aigle-Ile Verte	Roche 30 à 50 m	Trémail 7, 24 heures	24 heures	2*3 pièces	Printemps-août/septembre
5. ZNP Cassidaigne	Canyon	Droit 6,5 ; 24 heures	24 heures	5 pièces	Mai/juin ou août/septembre
6. Cassidaigne hors ZNP	Canyon	Droit 6,5 ; 24 heures	24 heures	5 pièces	Mai/juin ou août/septembre
7. Plateau des Chèvres	Herbier/roche	Trémail 10/11, 12 heures	12 heures	5-6 pièces	Printemps-août/septembre
8. ZNP Soubeyrane	Herbier/roche	Trémail 7 à 9, 12 heures	12 heures	5-6 pièces	Printemps-août/septembre
9. Soubeyrane hors ZNP	Herbier/roche	Trémail 7 à 9, 12 heures	12 heures	5-6 pièces	Printemps-août/septembre

### 4.3.2 Biomasses totales des captures

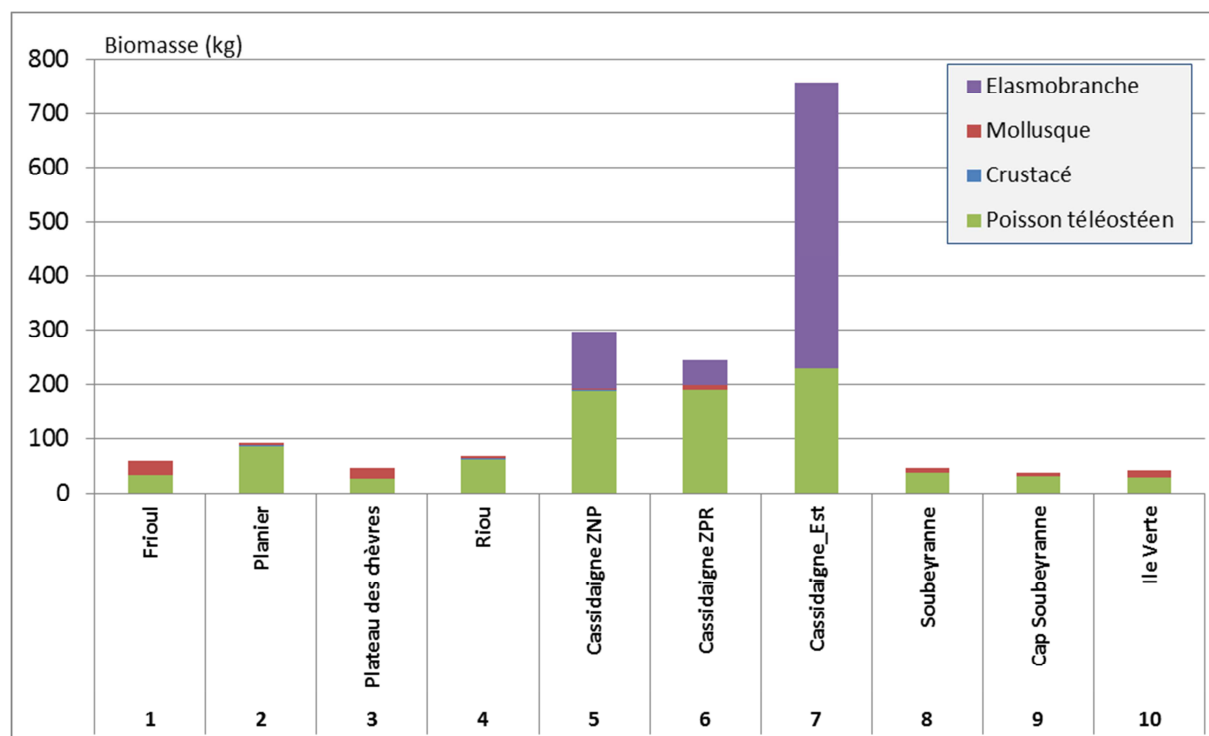
La biomasse totale des captures pour l'ensemble des 10 stations d'étude atteint 1 690 kg pour la saison du printemps 2014. Elle varie d'un facteur de 1 à 20 selon les stations considérées, elle est la plus faible au Cap Soubeyrane avec 38 kg et la plus élevée à Cassidaigne Est avec 758 kg (Figure 89). Les trois stations de Cassidaigne se distinguent par des valeurs de biomasse nettement supérieures aux stations 'littorales', de 3 à 20 fois plus importantes.

La catégorie poissons **téléostéens** représente 54 % de la biomasse prélevée en moyenne, elle est la plus faible à Cassidaigne avec 30 % et la plus élevée à la ZNP du Planier avec 93 % de la biomasse prélevée.

La catégorie des '**élasmodontes**' représente 40 % de la biomasse totale prélevée. Cette catégorie est majoritairement observée aux trois stations d'étude du canyon de la Cassidaigne. Elle est la plus faible sur la station Cassidaigne ZPR avec 18 % de la biomasse pêchée et la plus élevée à Cassidaigne Est avec 70 % de la biomasse pêchée. L'importante biomasse d'élasmodontes pêchée à la station de Cassidaigne Est est essentiellement due à la capture de 4 individus de requin-griset (*Hexanchus griseus*), dont la longueur était comprise entre 1.8 m et 3 m et le poids estimé entre 35 et 200 kg.

La catégorie '**mollusques**' représente près de 6 % de la biomasse prélevée, elle a été observée à toutes les stations sauf à Cassidaigne Est. La biomasse de mollusque représente de 0 à 3 % de la biomasse prélevée dans les stations du canyon et de 5 à 44 % sur les autres stations.

La catégorie '**crustacés**' est la catégorie la moins abondante, avec moins de 0.4 % de la biomasse prélevée. Elle est la mieux représentée dans les ZNP de Riou et du Planier avec respectivement 2.7 et 2.3 % de la biomasse pêchée.



**Figure 89.** Biomasse totale capturée par catégories d'espèces pour les 10 stations de pêche scientifique standardisée, étudiées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014.

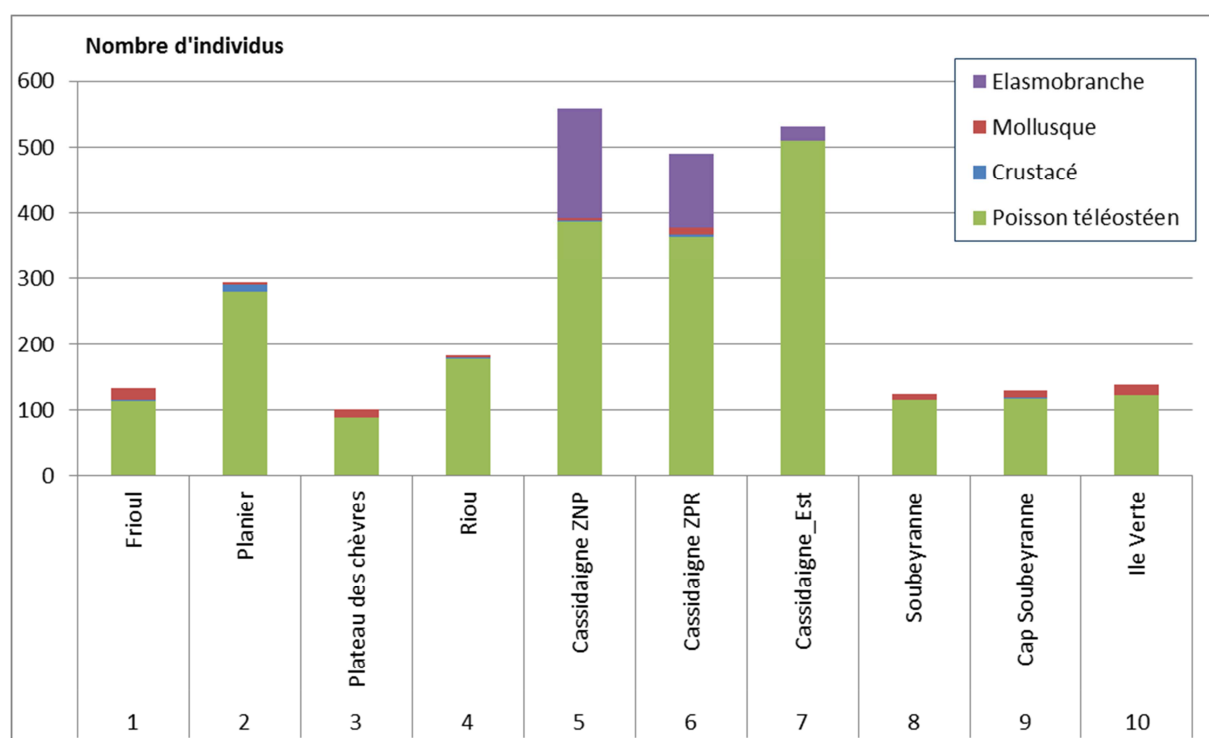
### 4.3.3 Abondances totales des captures

Dans les pêches réalisées aux 10 stations suivies, 2 683 individus ont été capturés au total. L'abondance globale varie d'un facteur 1 à 5.5 selon les stations considérées, elle est la plus faible sur le plateau des Chèvres avec 102 individus et la plus élevée à la station de Cassidaigne ZNP avec 557 individus (Figure 90). De manière générale, l'abondance est, comme pour la biomasse, la plus élevée aux trois stations du canyon (stations 5, 6 et 7), le facteur de variation est toutefois plus faible, il est compris entre 2 et 5. Les captures restent dans l'ensemble les plus faibles sur les stations d'herbier : Plateau des Chèvres, ZNP de Soubeyrane et Cap Soubeyrane.

La catégorie '**téléostéens**' est la catégorie la plus importante, elle représente 85 % des individus (2273 individus) prélevés sur l'ensemble des stations. Elle est la plus faible à la station de Cassidaigne ZNP avec 69 % des individus prélevés et la plus élevée dans la ZNP de Riou avec 97 %.

Les '**élasmodontes**' sont la deuxième catégorie la plus pêchée avec plus de 11 % des individus capturés (301 individus). Cette catégorie, uniquement pêchée dans les 3 stations de Cassidaigne, représente de 4 à 30 % des individus capturés selon la station considérée.

Les '**mollusques**' et les '**crustacés**' sont peu abondants dans les captures, ils participent respectivement pour 3 et 1 % du total, soit 87 et 22 individus.



**Figure 90.** Abondance totale capturée par catégorie d'espèces pour les 10 stations de pêche scientifique standardisée étudiées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014.

#### 4.3.4 Abondance moyenne des captures

**NB:** Dans la suite des analyses, des comparaisons entre stations en ZNP et hors ZNP seront réalisées. Ces comparaisons sont à prendre avec précaution étant donné que les habitats et les conditions de milieux ne sont pas exactement les mêmes. C'est l'évolution au cours du temps de chaque station ou des stations regroupées en ZNP et hors ZNP, qui sera intéressante à analyser dans le futur.

Pour l'analyse suivante, le groupe des poissons téléostéens a été considéré à part, car il constitue près de 85 % des abondances des captures.

Lorsque l'on considère l'abondance moyenne, c'est-à-dire l'abondance ramenée à une unité d'échantillonnage standard (pièce de 100 m de filet), celle-ci varie entre 3 et 17 (Figure 91) selon la station considérée. Elle est globalement la plus élevée pour les stations situées dans le canyon, intermédiaire pour les stations 'roche/herbier', sauf pour la station de l'île Verte (faible abondance) et la plus faible pour les stations d'herbier.

Pour le **groupe des stations 'roche/herbier'**, des différences statistiques sont observées entre stations (KW, H = 36.7 (3, n=120),  $p < 0.0001$ ), elles peuvent être classifiées de la manière suivante :

**ZNP Planier > ZNP Riou = Ile Verte = Frioul**

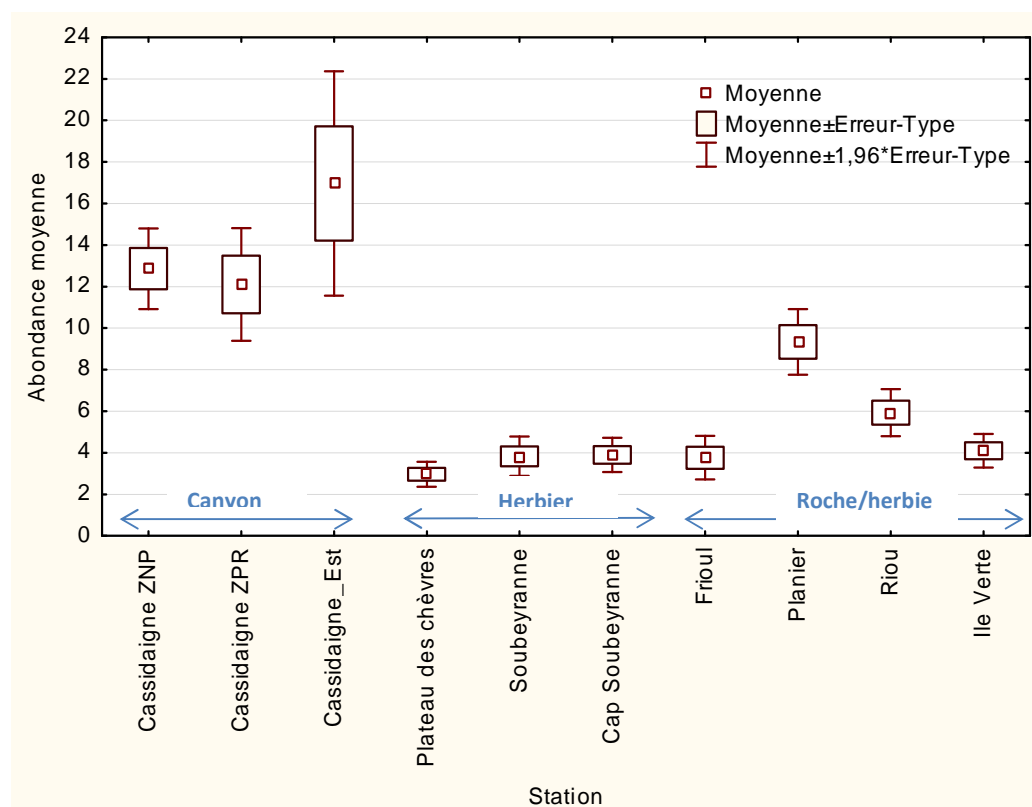
Pour le **groupe des stations 'herbier'**, aucune différence statistique n'est observée entre les stations (KW, H = 2.1 (2, n=90),  $p = 0.3$ ). Les stations peuvent être classifiées de la manière suivante :

**Cap Soubeyranne = ZNP Soubeyranne = Plateau des Chèvres**

La ZNP de Soubeyranne ne montre pas de différence par rapport aux deux autres stations d'herbier.

Pour le **groupe des stations 'canyon'**, aucune différence statistique n'est observée entre les stations (KW, H = 0.8 (2, n=90),  $p = 0.6$ ), elles peuvent être classifiées de la manière suivante :

**Cassidaigne Est = Cassidaigne ZNP = Cassidaigne ZPR**



**Figure 91.** Abondance moyenne du groupe des poissons téléostéens, pour les 10 stations de pêche scientifique standardisée, suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014.

#### 4.3.5 Richesse spécifique totale et moyenne des captures

Dans les pêches des 10 stations suivies, 80 espèces ont été recensées réparties en 4 groupes d'espèces considérées (Tableau 26). Le groupe des poissons téléostéens est le plus diversifié avec un total de 61 espèces, suivi par celui des crustacés et des élasmobranches avec 7 espèces chacun, puis par celui des mollusques avec 5 espèces.

**Tableau 26.** Diversité totale par groupe et pour les 10 stations de pêche scientifique standardisée suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014.

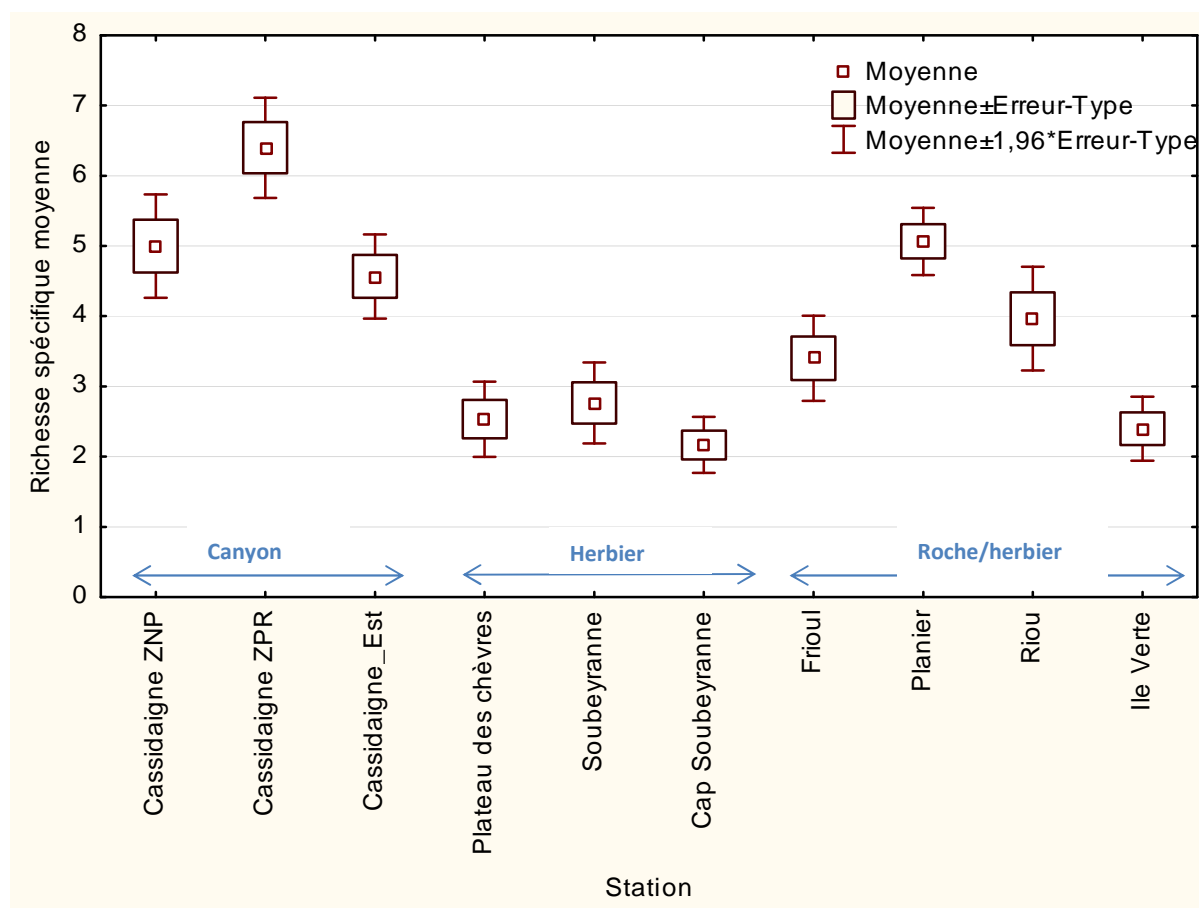
Stations	Stations roche/ herbier					Stations herbier				Stations canyons				Total
	1	2	4	10		3	8	9		5	6	7		
Groupe	Frioul	Planier	Riou	Ile Verte	Sous-total	Plateau des chèvres	Soubeyranne	Cap Soubeyranne	Sous-total	ZNP	Cassidaigne ZPR	Est	Sous-total	
Crustacé	2	3	2	0	5	0	0	1	1	1	2	0	3	7
Mollusque	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	0	3	5
Téléostéen	21	23	28	17	38	12	22	15	30	11	17	13	22	61
Elasmobranche	1	1	0	0	1	1	1	1	1	5	4	4	6	7
Total	26	29	32	19	46	15	25	19	34	18	26	17	34	80

La **richesse spécifique totale** pour une station donnée fluctue entre 15 et 32 espèces. Elle est la plus faible pour l'île Verte et la plus élevée pour la station de Riou. Les stations 'roche/herbier' montrent la plus forte Rs, celle-ci varie entre 19 et 32 espèces selon la station considérée. La Rs totale fluctue entre 15 et 25, pour les stations d'herbier, et entre 17 et 26 pour les stations des canyons. En ce qui concerne le groupe des poissons téléostéens, ce sont également les stations 'roche/herbier' qui montrent la plus forte Rs, de 17 à 28 espèces contre 12 à 22 pour les stations d'herbier et 11 à 17 pour les stations du canyon. A noter que le groupe des élasmobranches est essentiellement observé pour les stations du canyon, avec 4 ou 5 espèces selon la station considérée. Ce groupe est uniquement représenté par la raie torpille (*Torpedo marmorata*) dans les stations les plus superficielles.

Pour le groupe des stations 'roche/herbier', la Rs totale est la plus élevée pour les stations situées en ZNP, soit 29 et 32 espèces à Planier et Riou, contre 19 et 26 à l'île Verte et Frioul. Pour les stations d'herbier, la diversité totale est plus élevée pour la ZNP de Soubeyranne avec 25 espèces que pour les stations du plateau des Chèvres et du Cap Soubeyranne, avec respectivement 15 et 19 espèces. Pour les stations situées dans le canyon, c'est la station ZPR qui montre la plus forte diversité avec 26 espèces contre 17 et 18 pour les stations Cassidaigne Est et Cassidaigne ZNP.

Lorsque l'on considère la Rs moyenne, c'est-à-dire la diversité au niveau de l'unité d'échantillonnage (pièce de 100 m de filet), celle-ci fluctue entre 2.2 et 6.4 pour l'ensemble des 4 groupes d'espèces étudiés (Figure 92). Elle est globalement la plus élevée pour les stations situées dans le canyon, intermédiaire pour les stations 'roche/herbier' sauf pour la station de l'île Verte (faible diversité) et la plus faible pour les stations d'herbier. Des différences statistiques sont observées entre les stations (KW, H = 121.8 (9, n=300), p<0.001), celles-ci peuvent être classifiées de la manière suivante :

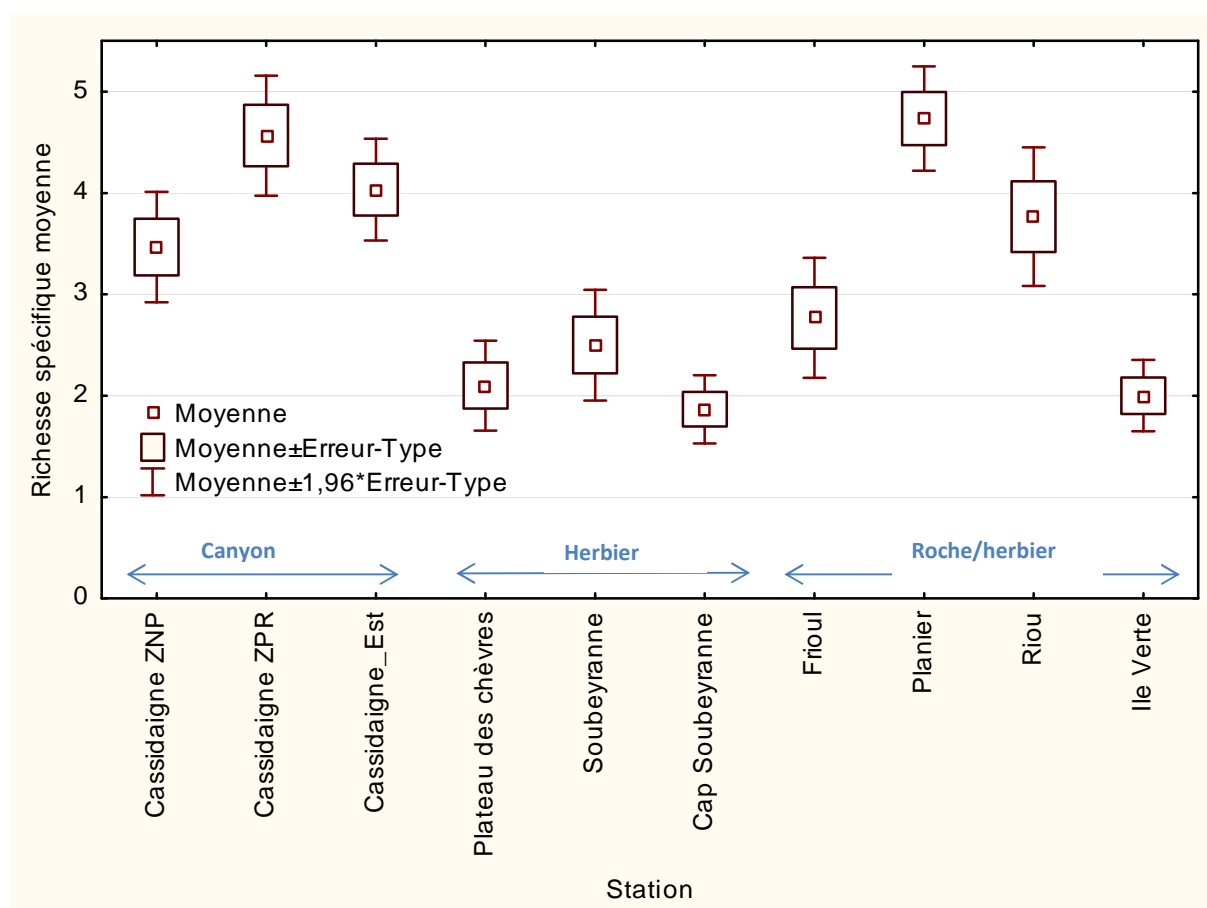
**Cassidaigne ZPR > ZNP Planier= Cassidaigne ZNP= Cassidaigne\_Est > ZNP Riou >= Frioul = ZNP Soubeyranne= Plateau des chèvres= Ile Verte= Cap Soubeyranne**



**Figure 92.** Richesse spécifique moyenne, tous groupes confondus, aux 10 stations de pêche scientifique standardisée, suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014.

Lorsque l'on considère uniquement le groupe des poissons téléostéens, la même tendance est observée entre les stations, avec toutefois de plus faibles valeurs de Rs moyenne pour les stations des canyons (Figure 93). Les valeurs fluctuent entre 2.2 et 4.7 espèces pour l'ensemble des stations. Les valeurs sont globalement les plus élevées pour les stations situées dans le canyon et les stations de 'roche/herbier', sauf la station de l'île Verte (faible diversité moyenne), et les plus faibles pour les stations d'herbier. Des différences statistiques sont observées entre les stations (KW,  $H = 105.3$  (9,  $n=300$ ),  $p < 0.0001$ ), celles-ci peuvent être classifiées de la manière suivante :

**ZNP Planier = Cassidaigne ZPR = Cassidaigne\_Est  $\geq$  ZNP Riou = Cassidaigne ZNP = Frioul  $\geq$   
ZNP Soubeyranne = Plateau des chèvres = Ile Verte = Cap Soubeyranne**



**Figure 93.** Richesse spécifique moyenne du groupe des poissons téléostéens pour les 10 stations de pêche scientifique standardisée, suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014.

Pour le **groupe des stations roche/herbier**, des différences statistiques sont observées entre stations, elles peuvent être classifiées de la manière suivante (KW,  $H = 41.6$  (3,  $n=120$ ),  $p < 0.001$ ):

**ZNP Planier > ZNP Riou = Frioul > Ile Verte**

Les stations en ZNP apparaissent globalement supérieures aux deux autres stations, toutefois aucune différence n'est constatée entre ZNP Riou et Frioul.

Pour le **groupe des stations herbier** aucune différence statistique n'est observée entre les stations (KW,  $H = 2.7$  (2,  $n=90$ ),  $p=0.25$ ). Les stations peuvent être classifiées de la manière suivante :

**ZNP Soubeyranne = Plateau des Chèvres = Cap Soubeyranne**

La ZNP de Soubeyranne ne montre pas de différence par rapport aux deux autres stations d'herbier.

Pour le **groupe des stations canyons**, des différences statistiques sont observées entre stations (KW,  $H = 7.5$  (2,  $n=90$ ),  $p=0.023$ ), elles peuvent être classifiées de la manière suivante :

**Cassidaigne ZPR ≥ Cassidaigne Est ≥ Cassidaigne ZNP**

Seule la station de Cassidaigne ZPR est significativement supérieure à Cassidaigne ZNP.

#### 4.3.6 Composition spécifique des captures

L'abondance et l'occurrence de chaque espèce pêchée, sont présentées en fonction de trois groupes de stations : 'roche/herbier' (Tableau 27), 'herbier' (Tableau 28) et 'canyon' (Tableau 29). Pour chacun des trois groupes, les cinq espèces les plus abondantes sont surlignées sur un fond gris. Ces espèces sont généralement celles qui sont aussi retrouvées le plus régulièrement dans les échantillons (plus fortes valeurs d'occurrence).

##### Groupe de stations roche/herbier (Figure 94)

L'espèce la plus abondante de ce groupe de stations est la rascasse brune (*Scorpaena porcus*), elle représente près de 30 % du nombre des captures et est présente dans 68 % des pièces de filet en moyenne. Cette espèce est peu abondante au Frioul par rapport aux autres stations. La seconde espèce la plus pêchée est le crénilabre tanche ou roucaou (*Symphodus tinca*), il représente 14 % du nombre de captures et est présent dans 40 % des échantillons. Les espèces les plus pêchées sont ensuite le chapon (*Scorpaena scrofa*), le sar à tête noir (*Diplodus vulgaris*) et la mostelle (*Phycis phycis*) qui représentent chacun entre 7 et 8 % des captures. Ces espèces sont plus ou moins abondantes selon la station considérée mais constituent les espèces communes de ce type de fond.

##### Groupe de stations herbier (Figure 94)

La rascasse brune (*Scorpaena porcus*) est également la capture la plus abondante de ce type de fond. Elle domine très nettement l'ensemble des captures puisqu'elle constitue à elle seule plus de 42 % des individus capturés. Elle est toutefois peu abondante sur le plateau des Chèvres par rapport aux autres stations. La seconde espèce la plus capturée est le sparail ou pataclet (*Diplodus annularis*), elle est majoritairement observée sur le plateau des Chèvres. Les espèces les plus pêchées sont ensuite la seiche (*Sepia officinalis*), la mostelle (*Phycis phycis*) et le sar à tête noir (*Diplodus vulgaris*).

A noter que parmi les 51 espèces observées dans les deux groupes de stations roche/herbier et herbier, 29 espèces sont présentes dans les deux groupes soit 56 %.

##### Groupe de stations canyons (Figure 95)

Ce groupe de 3 stations est dominé par le pageot rose ou beaux-yeux (*Pagellus bogaraveo*), il représente plus de 28 % des individus capturés et est présent dans 76 % des captures. Cette espèce était principalement dominante sur la station de Cassidaigne Est, constituant plus de 70 % des captures. La seconde espèce la plus abondante est le chinchard commun (*Trachurus trachurus*) avec 24 % des captures et une fréquence d'apparition de 88 %. Cette espèce est particulièrement abondante au niveau de Cassidaigne ZNP avec près des 2/3 des captures et une occurrence au niveau de tous les transects. Les espèces les plus pêchées sont ensuite le chien espagnol (*Galeus melastomus*), le merlu (*Merluccius merluccius*) et le chinchard bleu (*Trachurus picturatus*). Le chien espagnol est une prise très fréquente sur les stations de Cassidaigne ZNP et ZPR, il est retrouvé dans respectivement 93 % et 97 % des échantillons, cette espèce n'est par contre pas consommée et systématiquement rejetée vivante ou morte. Ces cinq espèces sont présentes sur l'ensemble des 3 stations mais chacune domine sur une station en particulier.

Les espèces capturées au niveau des stations du canyon constituent un pool d'espèces très différent du groupe 'herbier' et ou du groupe 'roche'. Parmi les 80 espèces communes entre le groupe 'canyon' et le groupe 'herbier-roche/herbier', seules 5 espèces sont présentes dans les deux groupes soit 6 % des espèces, il s'agit de *Maja squinado*, *Lophius piscatorius*, *Mullus surmuletus*, *Pagellus acarne*, *Phycis phycis*.

**Tableau 27.** Abondance (Nb.) et occurrence (Occ.) des espèces pêchées aux 4 stations 'roche/herbier' lors des pêches scientifiques standardisées réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. En fond gris : les cinq espèces les plus abondantes.

Groupe	Famille	Stations Espèce	1 - Frioul		2 - Planier		4 - Riou		10 - Ile Verte		Stations roche/herbier	
			Nb.	Occ.	Nb.	Occ.	Nb.	Occ.	Nb.	Occ.	Nb.	Occ.
Crustacé	Galatheidé	<i>Galathea strigosa</i>	1	3			1	3			1	1
	Majidé	<i>Maja squinado</i>									1	1
	Palinuridé	<i>Palinurus elephas</i>	1	3	8	13	1	3			10	5
	Scyllaridé	<i>Scyllarides latus</i>			1	3					1	1
		<i>Scyllarus arctus</i>			1	3					1	1
		<b>Sous-total nb espèces</b>	<b>2</b>		<b>3</b>		<b>2</b>		<b>0</b>		<b>5</b>	
Mollusque	Octopodidé	<i>Octopus vulgaris</i>	15	47	3	10	3	10	8	27	29	24
	Sepiidé	<i>Sepia officinalis</i>	3	10	1	3	1	3	7	13	12	7
		<b>Sous-total nb espèces</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>2</b>		<b>2</b>		<b>2</b>	
Téléostéen	Carangidé	<i>Seriola dumerili</i>					1	3			1	1
	Centracanthidé	<i>Spicara maena</i>					1	3			1	1
	Clupéidé	<i>Sardina pilchardus</i>	16	17			1	3			17	5
	Congridé	<i>Conger conger</i>					3	7			3	2
	Labridé	<i>Labrus merula</i>			9	20	3	7	3	7	15	9
		<i>Labrus viridis</i>			1	3	4	10	1	3	6	4
		<i>Symphodus mediterraneus</i>	1	3	2	7	5	17			8	7
		<i>Symphodus ocellatus</i>			2	7					2	2
		<i>Symphodus tinca</i>	10	30	67	70	24	47	4	13	105	40
	Lophiidé	<i>Lophius piscatorius</i>	1	3	1	3					2	2
	Mullidé	<i>Mullus surmuletus</i>	1	3	15	30	1	3			17	9
	Muraenidé	<i>Muraena helena</i>					1	3			1	1
	Pomacentridé	<i>Chromis chromis</i>	3	10	3	7					6	4
	Phycidé	<i>Phycis phycis</i>	5	13	36	60	8	20	1	3	50	24
	Sciaenidé	<i>Sciaena umbra</i>							2	7	2	2
	Scombridé	<i>Scomber colias</i>			2	7					2	2
	Scorpaenidé	<i>Scorpaena notata</i>	2	7	3	10	8	20	2	7	15	11
		<i>Scorpaena porcus</i>	8	23	56	73	60	87	84	90	208	68
		<i>Scorpaena scrofa</i>	24	60	19	47	11	20	9	27	63	39
	Serranidé	<i>Serranus cabrilla</i>			1	3	1	3			2	2
	Soleidae	<i>Microchirus ocellatus</i>	2	7					1	3	3	3
		<i>Monochirus hispidus</i>	1	3							1	1
	Sparidé	<i>Boops boops</i>					2	3	2	3	4	2
		<i>Dentex dentex</i>			1	3					1	1
		<i>Diplodus annularis</i>					2	7	1	3	3	3
		<i>Diplodus sargus</i>	4	13	2	7	1	3	2	7	9	8
		<i>Diplodus vulgaris</i>	7	20	34	53	16	37	5	10	62	30
		<i>Pagellus acarne</i>	1	3	1	3	1	3			3	2
		<i>Pagellus erythrinus</i>	7	20	16	33	6	17	2	3	31	18
		<i>Pagrus pagrus</i>			1	3	1	3			2	2
		<i>Sarpa salpa</i>	5	3							5	1
		<i>Sparus aurata</i>					3	3			3	1
		<i>Spondyliosoma cantharus</i>	1	3	3	10	2	7	1	3	7	6
	Trachinidé	<i>Trachinus radiatus</i>	1	3			1	3			2	2
		<i>Trachinus draco</i>					1	3			1	1
		<i>Trigloporus lastoviza</i>	3	7	1	3	1	3			5	3
	Uranoscopidé	<i>Uranoscopus scaber</i>	9	20	3	7	9	30	2	7	23	16
	Zeidé	<i>Zeus faber</i>							1	3	1	1
		<b>Sous-total nb espèces</b>	<b>21</b>		<b>23</b>		<b>28</b>		<b>17</b>		<b>38</b>	
Elasmo-branches	Torpedinidé	<i>Torpedo marmorata</i>	1	3	1	3					2	2
		<b>Sous-total nb espèces</b>	<b>1</b>		<b>1</b>		<b>0</b>		<b>0</b>		<b>1</b>	
Total nb. individus			133		294		184		138		749	
Total nb. espèces			26		29		32		19		46	

**Tableau 28.** Abondance (Nb.) et occurrence (Occ.) des espèces pêchées aux 4 stations 'herbier' lors des pêches scientifiques standardisées réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. En fond gris : les cinq espèces les plus abondantes.

Groupe	Famille	Stations Espèce	3 - Plateau des Chèvres		8 - Soubeyranne		9 - Cap Soubeyranne		Stations herbier		
			Nb.	Occ.	Nb.	Occ.	Nb.	Occ.	Nb.	Occ.	
Crustacé	Palinuridé	<i>Palinurus elephas</i>					2	7	2	2	
	<b>Sous-total nb espèces</b>		<b>0</b>		<b>0</b>		<b>1</b>		<b>1</b>		
Mollusque	Octopodidé	<i>Octopus vulgaris</i>	5	17	4	10	4	10	13	12	
	Sepiidé	<i>Sepia officinalis</i>	8	27	6	17	6	13	20	19	
	<b>Sous-total nb espèces</b>		<b>2</b>		<b>2</b>		<b>2</b>		<b>2</b>		
Téléostéen	Centracanthidé	<i>Spicara maena</i>					1	3	1	1	
	Congridé	<i>Conger conger</i>			1	3			1	1	
	Labridé	<i>Labrus merula</i>			2	7	2	7	4	5	
		<i>Symphodus tinca</i>	4	10	4	10			8	7	
		<i>Dicentrarchus labrax</i>	1	3					1	1	
	Moronidé	<i>Liza aurata</i>					1	3	1	1	
	Mugilidé	<i>Liza ramada</i>			1	3			1	1	
		<i>Mullus surmuletus</i>			1	3			1	1	
	Muraenidé	<i>Muraena helena</i>	1	3	1	3	2	7	4	4	
	Phycidé	<i>Phycis phycis</i>	4	13	9	20	5	17	18	17	
	Sciaenidé	<i>Sciaena umbra</i>			1	3			1	1	
		Scorpaenidé	<i>Scorpaena notata</i>			2	7	8	13	10	7
	<i>Scorpaena porcus</i>		10	30	58	80	83	90	151	67	
	<i>Scorpaena scrofa</i>				7	23	4	10	11	11	
	Serranidé	<i>Serranus cabrilla</i>			2	7			2	2	
		<i>Serranus scriba</i>	3	10					3	3	
	Sparidé	<i>Boops boops</i>					1	3	1	1	
		<i>Diplodus annularis</i>	39	67	2	7			41	25	
		<i>Diplodus sargus</i>	7	20			1	3	8	8	
		<i>Diplodus vulgaris</i>	11	27	1	3	3	10	15	13	
		<i>Pagellus acarne</i>			2	7			2	2	
		<i>Pagellus erythrinus</i>			3	10	1	3	4	4	
		<i>Pagrus pagrus</i>			1	3			1	1	
		<i>Sarpa salpa</i>	3	10	3	10			6	7	
		<i>Sparus aurata</i>	1	3			1	3	2	2	
		<i>Spondyliosoma cantharus</i>	3	7					3	2	
		Synodontidé	<i>Synodus saurus</i>			2	7			2	2
			Triglidé	<i>Trigloporus lastoviza</i>			2	7			2
		<i>Uranoscopus scaber</i>				2	7	1	3	3	3
		<i>Zeus faber</i>				3	10	2	7	5	6
	<b>Sous-total nb espèces</b>		<b>12</b>		<b>22</b>		<b>15</b>		<b>30</b>		
	Elasmo-branches	Torpedinidé	<i>Torpedo marmorata</i>	2	7	5	10	1	3	8	7
<b>Sous-total nb espèces</b>		<b>1</b>		<b>1</b>		<b>1</b>		<b>1</b>			
Total nb. individus			102		125		129		356		
Total nb. espèces			15		25		19		34		

**Tableau 29.** Abondance (Nb.) et occurrence (Occ.) des espèces pêchées aux 4 stations du **canyon** lors des pêches scientifiques standardisées réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. En fond gris : les cinq espèces les plus abondantes.

	Famille	Stations	5 - Cassidaigne ZNP		6 - Cassidaigne ZPR		7 – Cassidaigne Est		Stations canyons	
Groupe		Espèce	Nb.	Occ.	Nb.	Occ.	Nb.	Occ.	Nb.	Occ.
Crustacé	Homolidé	<i>Paromola cuvieri</i>			1	3			1	1
	Majidé	<i>Maja squinado</i>			3	10			3	3
	Palinuridé	<i>Palinurus mauritanicus</i>	2	7					2	2
	<b>Sous-total nb espèces</b>		1		2		0		3	
Mollusque	Loliginidé	<i>Loligo vulgaris</i>	3	10	8	23			11	11
	Octopodidé	<i>Eledone cirrhosa</i>			1	3			1	1
		<i>Octopus salutii</i>			1	3			1	1
	<b>Sous-total nb espèces</b>		1		3		0		3	
Téléostéen	Caproidae	<i>Capros aper</i>					1	3	1	1
	Carangidé	<i>Trachurus picturatus</i>	31	33	20	27	68	80	119	47
		<i>Trachurus trachurus</i>	235	100	89	80	55	83	379	88
	Gadidae	<i>Molva macroptalma</i>					1	3	1	1
		<i>Micromesistius poutassou</i>	8	23	11	33	3	10	22	22
	Lophiidé	<i>Lophius piscatorius</i>			1	3			1	1
	Macrouridé	<i>Coelorinchus caelorhincus</i>			2	7	4	13	6	7
	Merlucciidae	<i>Merluccius merluccius</i>	15	37	109	83	47	67	171	62
	Mullidé	<i>Mullus barbatus</i>			1	3			1	1
		<i>Mullus surmuletus</i>					1	3	1	1
	Phycidé	<i>Phycis blennoides</i>	12	37	1	3	5	13	18	18
		<i>Phycis phycis</i>			1	3			1	1
	Scophthalmidé	<i>Lepidorhombus boscii</i>			3	10			3	3
	Scorpaenidé	<i>Scorpaena elongata</i>	5	13	8	27			13	13
	Sebastidé	<i>Helicolenus dactylopterus</i>	4	13	31	43	7	23	42	26
	Sparidé	<i>Pagellus acarne</i>	1	3	4	13			5	5
		<i>Pagellus bogaraveo</i>	72	77	59	63	312	87	443	76
	Trachichthyidé	<i>Hoplostethus mediterraneus</i>					4	13	4	4
		<i>Lepidopus caudatus</i>	1	3			1	3	2	2
		<i>Chelidonichthys cuculus</i>			2	7			2	2
		<i>Lepidotrigla dieuzeidei</i>			1	3			1	1
	Triglidé	<i>Trigla lyra</i>	2	7	20	47			22	18
		<b>Sous-total nb espèces</b>		11		17		13		22
Elasmo-branches	Centrophoridé	<i>Centrophorus granulosus</i>			4	13			4	4
	Dalatidé	<i>Dalatias licha</i>	1	3			1	3	2	2
	Etmopteridé	<i>Etmopterus spinax</i>	14	30	14	27			28	16
	Hexanchiidé	<i>Hexanchus griseus</i>	1	3			4	13	5	5
	Scyliorhinidé	<i>Galeus melastomus</i>	148	93	94	97	16	33	258	74
		<i>Scyliorhinus canicula</i>	2	7	1	3	1	3	4	4
<b>Sous-total nb espèces</b>		5		4		4		6		
Total nb. individus			557		490		531		1578	
<b>Total nb. espèces</b>			18		26		17		34	



**Figure 94.** Exemples de captures réalisées dans les stations 'roche/herbier' et 'herbier' lors des pêches scientifiques standardisées. a : chapon (*Scorpaena scrofa*), b : captures de chapons et rascasse brune (*Scorpaena porcus*) dans une pièce de filet à Riou, c : poulpe (*Octopus vulgaris*), d : captures dans une pièce de filet sur Planier, e : corb (*Sciaena umbra*) capturé sur l'île Verte, f : capture accidentelle d'un cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis*) à Soubeyranne, g : captures de crustacés à Planier (langouste (*Palinurus elephas*) et grande cigale (*Scyllarides latus*)), h : torpille (*Torpedo marmorata*) capturée au Planier, i : sole ocellée (*Microchirus ocellatus*) j : captures de chapons, roucaous (*Symphodus tinca*) et mostelles (*Phycis phycis*) au Planier.



**Figure 95.** Exemples de captures réalisées dans les stations du canyon lors des pêches scientifiques standardisées. a : requin grisé vivant (*Hexanchus griseus*) de 1.8 m, b : requin grisé vivant de 3 m lors de son arrivée en surface, c : mesure d'un requin squale-liche (*Dalatias licha*), d : mesure d'un grondin lyre (*Trigla lyra*), e : captures dans une pièce de filet sur Cassidaigne ZPR (1- *Galeus melastomus*, 2- *Coelorinchus caelorhincus*), f : captures d'une pièce de filet sur Cassidaigne Est (3 : *Trachurus picturatus*, 4 : *Pagellus bogaraveo*, 5 : *Merluccius merluccius*), g : capture de chinchard recouverte par une pellicule de sédiment (boue rouge), h : mesure d'un *Galeus melastomus*, i : *Hoplostethus mediterraneus*, j : captures d'une pièce de filet sur Cassidaigne Est avec de gros merlus *Merluccius merluccius*.

### 4.3.7 Biomasse des principales espèces capturées

#### 4.3.7.1 Groupe des stations 'roche/herbier'

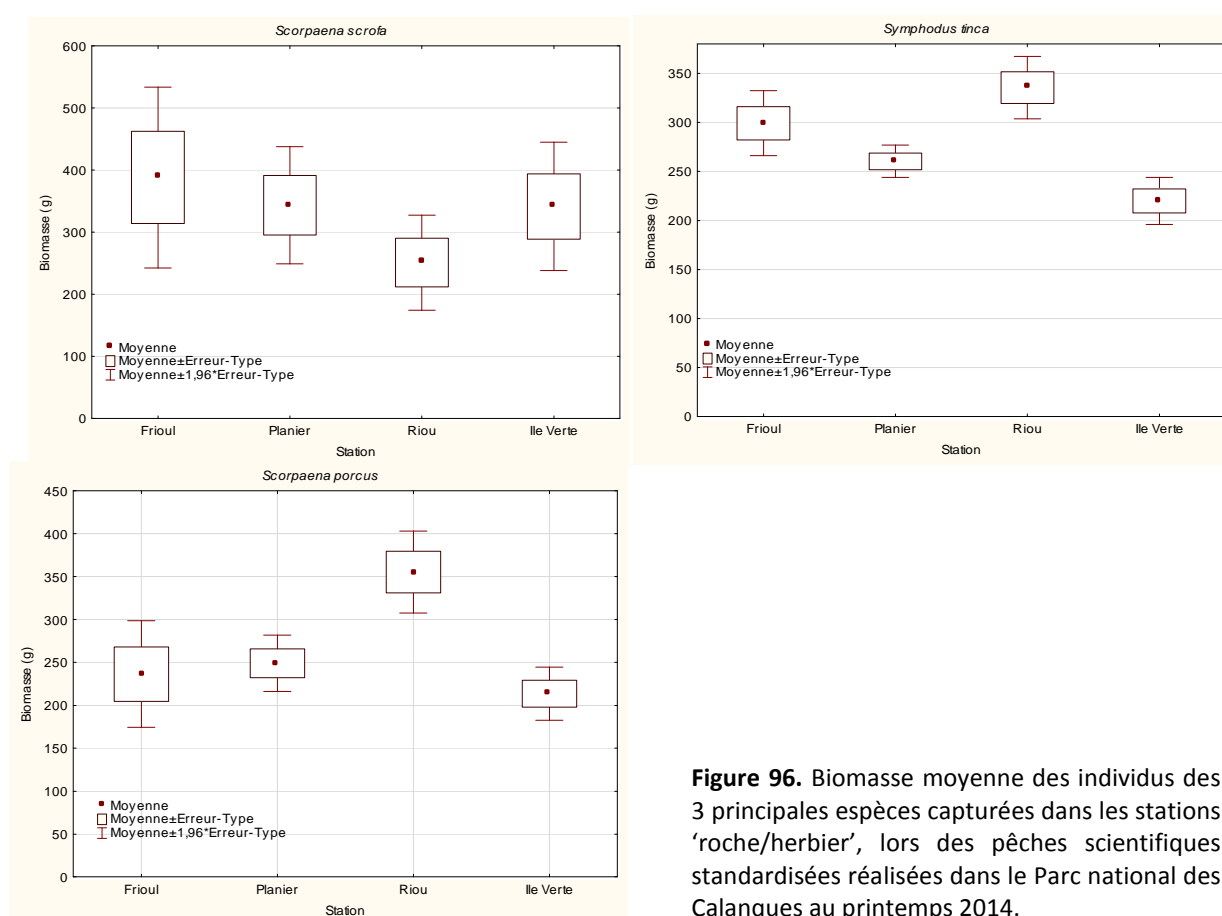
Ce groupe comporte 4 stations. Seuls les résultats de trois espèces, présentant un nombre suffisant d'individus pour les différentes stations, sont présentés sur la

Figure 96.

La rascasse brune (*Scorpaena porcus*). La biomasse des individus de cette espèce fluctue entre 214 g à la station de l'île Verte et 355 g à la ZNP de Riou. La ZNP de Riou montre des valeurs significativement supérieures aux stations de l'île Verte et de la ZNP de Planier (KW,  $H = 23.9$  (3,  $n=208$ ),  $p<0.0001$ ).

Le crénilabre tanche ou roucaou (*Symphodus tinca*). La biomasse moyenne de cette espèce fluctue entre 220 g à la station de l'île Verte et 336 g à la ZNP de Riou. La ZNP de Riou montre des valeurs significativement supérieures aux stations de l'île Verte et de la ZNP de Planier (KW,  $H = 17.9$  (3,  $n=105$ ),  $p<0.0001$ ).

Le chapon (*Scorpaena scrofa*). La biomasse moyenne des individus de cette espèce varie entre 251 g à la ZNP de Riou et 388 g à la station de Frioul. Aucune différence significative n'est observée entre les stations (KW,  $H = 1.9$  (3,  $n=63$ ),  $p=0.59$ ).

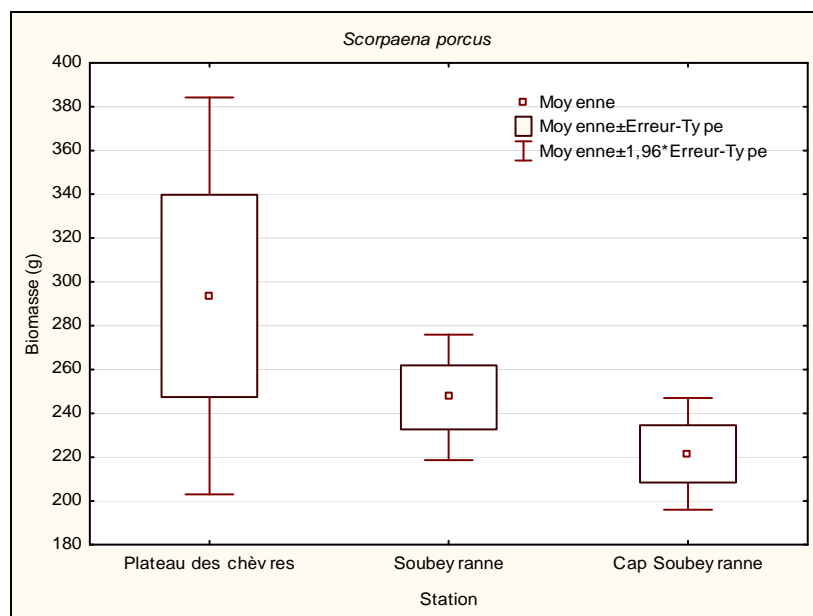


**Figure 96.** Biomasse moyenne des individus des 3 principales espèces capturées dans les stations 'roche/herbier', lors des pêches scientifiques standardisées réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014.

#### 4.3.7.2 Groupe des stations 'herbier'

Ce groupe comporte 3 stations. Seuls les résultats d'une espèce, présentant un nombre suffisant d'individus pour les différentes stations, sont présentés sur la Figure 97.

La rascasse brune (*Scorpaena porcus*). La biomasse moyenne des individus varie entre 222 g à la station du Cap Soubeyrane et 294 g à la station du plateau des Chèvres. Aucune différence statistique n'est observée entre les stations (KW, H = 3.9 (2, n=151), p=0.15).



**Figure 97.** Biomasses moyenne de rascasse brune (*Scorpaena porcus*) capturées dans les stations herbier, lors des pêches scientifiques standardisées, réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014.

#### 4.3.7.3 Groupe des stations 'canyon'

Dans ce groupe de 3 stations, cinq espèces montrent des abondances et des occurrences importantes dans les captures. Les biomasses moyennes de chacune de ces espèces ont été analysées et sont présentées sur la

**Figure 98.**

Le pageot rose ou beaux-yeux (*Pagellus bogaraveo*). La biomasse moyenne de cette espèce fluctue entre 232 et 274 g. La station Cassidaigne Est montre des valeurs très significativement supérieures aux deux autres (KW, H = 50.7 (2, n=443), p<0.0001).

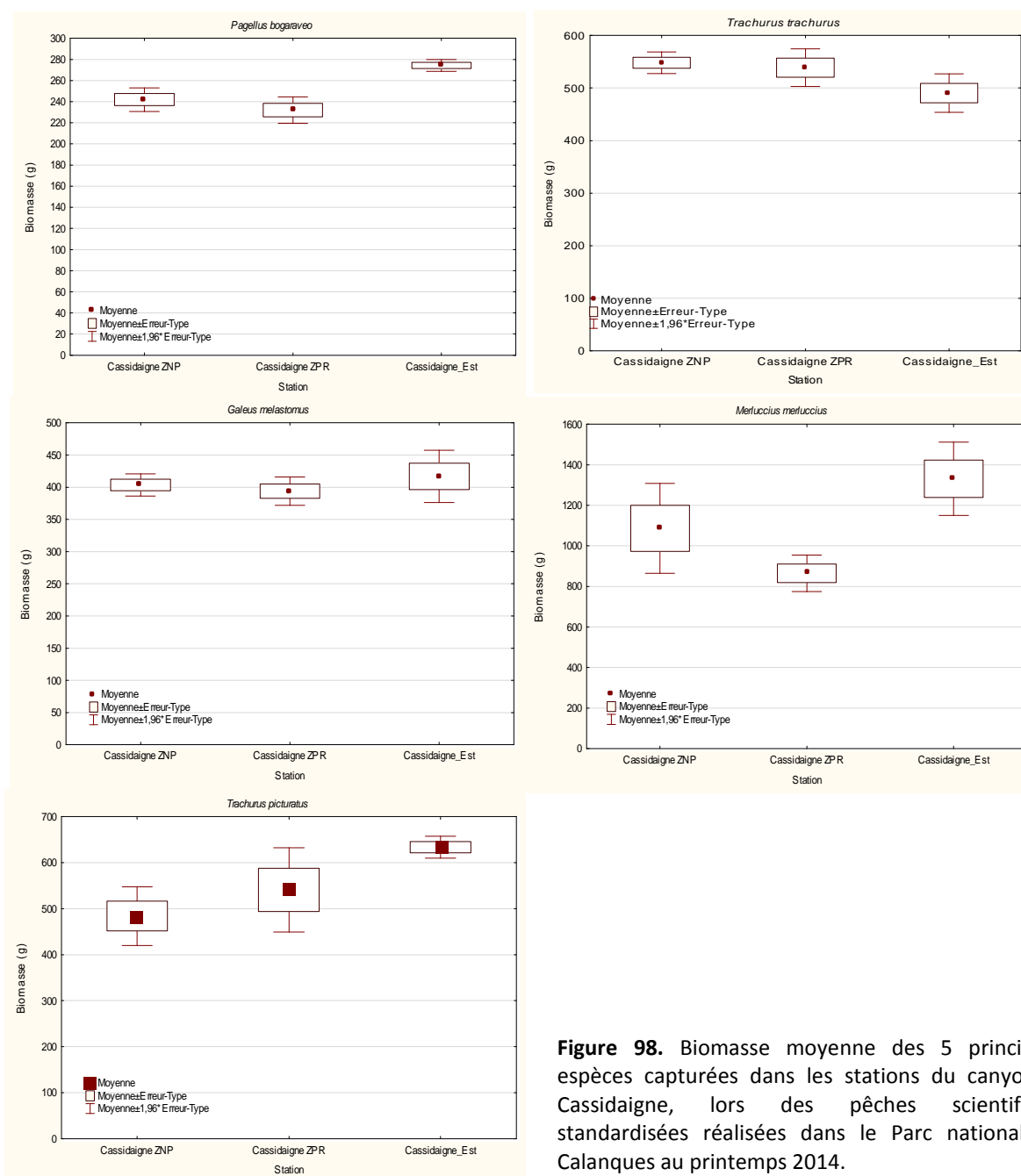
Le chinchard commun (*Trachurus trachurus*). La biomasse moyenne de cette espèce fluctue entre 490 et 548 g. La station Cassidaigne ZNP montre des valeurs significativement supérieures à celles de la Cassidaigne Est (KW, H = 7.3 (2, n=379), p=0.026).

Le chien espagnol (*Galeus melastomus*). La biomasse moyenne de cette espèce fluctue entre 394 et 417 g. Aucune différence statistique n'est observée entre les 3 stations (KW, H = 1.0 (2, n=258), p=0.61). Le sexe ratio de cette espèce est de 6 femelles pour 10 individus sur les stations Cassidaigne ZNP et ZPR. Il atteint seulement 3 sur 10 sur la station Cassidaigne Est, cette valeur n'est sans doute pas très fiable étant donné le nombre limité d'individus capturés sur ce site (16 individus).

Le merlu (*Merluccius merluccius*). La biomasse moyenne de cette espèce fluctue entre 864 et 1 331 g. La station Cassidaigne Est montre des valeurs significativement supérieures à celles de la Cassidaigne ZPR (KW, H = 21.3 (2, n=171), p<0.0001).

Le chinchard bleu (*Trachurus picturatus*). La biomasse moyenne de cette espèce varie entre 484 et 634 g. La station Cassidaigne Est montre des valeurs significativement supérieures à celles de Cassidaigne ZNP (KW, H = 14.6 (2, n=119), p<0.0001).

Les captures réalisées au niveau Cassidaigne Est étaient souvent recouvertes d'une fine pellicule de sédiment rouge pouvant être associé aux 'boues rouges'. Ceci était en particulier visible sur les espèces de chinchard (Figure 95, g). Les mailles du filet étaient elles aussi recouvertes de sédiment, de telle sorte qu'à la fin de la levée du filet, le fond du bateau était recouvert d'un film rouge très visible.



**Figure 98.** Biomasse moyenne des 5 principales espèces capturées dans les stations du canyon de Cassidaigne, lors des pêches scientifiques standardisées réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014.

#### 4.3.7.4 Espèces singulières

Dans le paragraphe suivant, nous faisons mention des captures d'espèces présentant un statut de protection ou présentant un intérêt particulier. A noter, la capture de :

- une grande cigale *Scyllarides latus* dans la ZNP du Planier, espèce protégée par arrêté national de 1992 (Figure 94),
- deux corbs *Sciaena umbra* à la station de l'île verte, espèce bénéficiant d'un moratoire interdisant la pêche sous-marine et la pêche de loisir au moyen d'hameçon, lignes, palangres et palangrottes, pour une durée de 5 ans ; arrêté du 23 décembre 2013 (Figure 94),

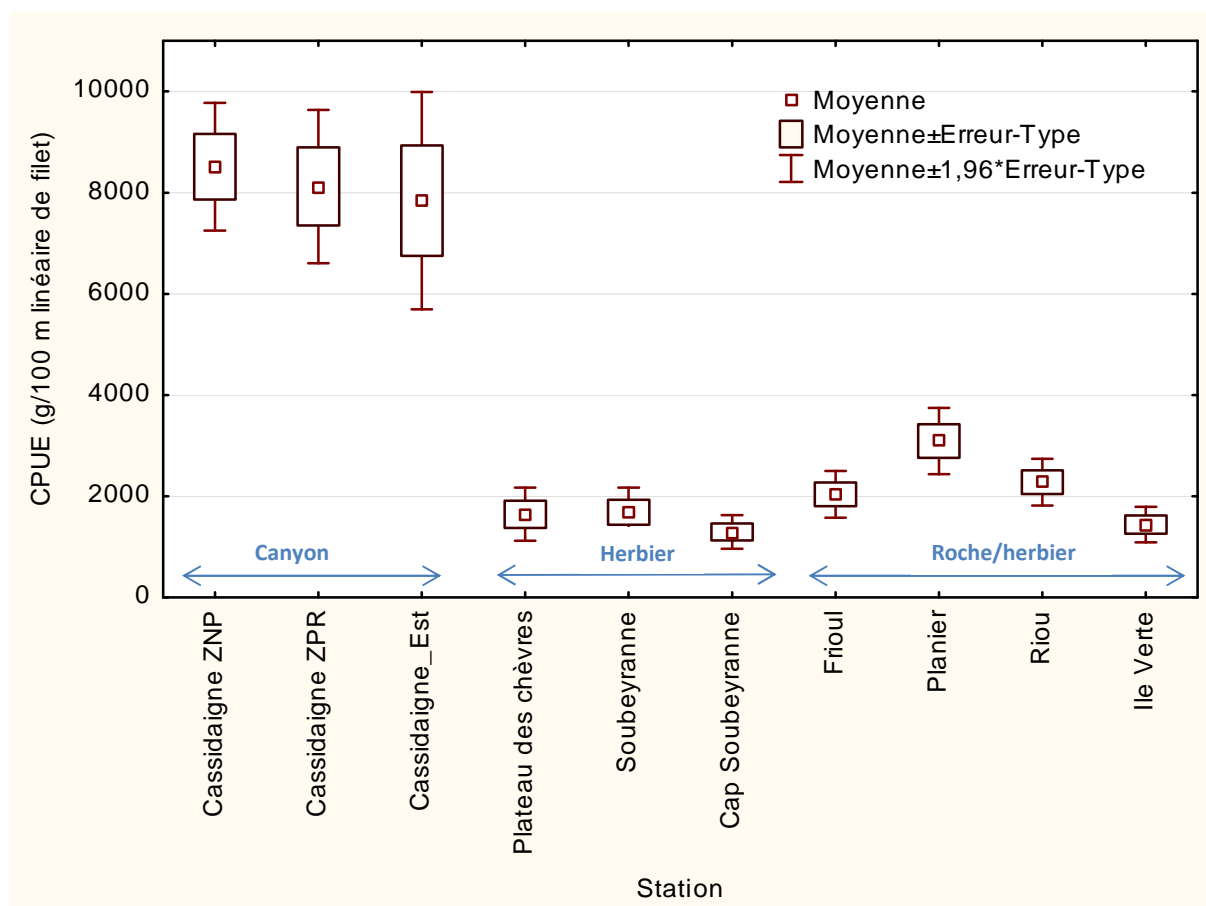
- un spécimen du cormoran huppé *Phalacrocorax aristotelis* (identification sur photo par Mathieu Imbert, Parc national des calanques), espèce d'oiseau à affinité marine, protégée par l'Arrêté du 29 octobre 2009. Le nombre de couple connu est de 18 sur l'archipel de Riou et de 6 sur l'archipel du Frioul (comm. pers. Mathieu Imbert) (Figure 94),
- 5 requins grisets *Hexanchus griseus* dans les stations des canyons, espèce figurant sur la liste rouge de l'IUCN aux niveaux méditerranéen et mondial, considérée comme vulnérable et quasi menacée (Figure 95),
- 258 chiens espagnol *Galeus melastomus*, espèce figurant sur la liste rouge de l'IUCN aux niveaux méditerranéen et mondial, avec une préoccupation mineure (Figure 95),
- 28 requins sagre *Etmopterus spinax*, espèce figurant sur la liste rouge de l'IUCN, avec une préoccupation mineure,
- 4 requins *Centrolophorus granulosus*, espèce figurant sur la liste rouge de l'IUCN, espèce considérée comme vulnérable,
- 2 squales liche *Dalatias licha*, espèce figurant sur la liste rouge de l'IUCN aux niveaux méditerranéen et mondial, avec une préoccupation mineure (Figure 95).

#### 4.3.8 Captures par unité d'effort

L'analyse des captures par unité d'effort a été réalisée en excluant les spécimens de requin griset (*Hexanchus griseus*) et du requin squalé-liche (*Dalatias licha*) qui ont été capturés au cours des PSS. Ces captures représentent au total 7 individus mais 33 % de la biomasse totale capturée. Les autres espèces de requin, de taille beaucoup plus modeste, ont été conservées dans les calculs de rendement.

##### Ensemble des 4 groupes crustacé-mollusque-poisson téléostéen-élastmobranches

De manière générale, les rendements sont beaucoup plus élevés, d'un facteur 2.5 à 6, dans les stations du canyon que dans les stations des groupes 'herbier' et 'roche/herbier' (Figure 99).



**Figure 99.** CPUE moyenne pour les 10 stations de pêche scientifique standardisée, suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014.

Pour le **groupe des stations 'roche/herbier'**, les valeurs de CPUE fluctuent entre 1 439 g.100 m<sup>-1</sup> de filet à la station de l'île Verte et 3 092 g.100 m<sup>-1</sup> de filet à la ZNP du Planier. Des différences significatives sont observées entre stations (KW, H = 17.6 (3, n=118), p<0.0001) : la ZNP du Planier est supérieure à la station de l'île Verte. La ZNP de Riou et la station de Frioul, ayant des valeurs de CPUE intermédiaires, ne montrent aucune différence avec les autres stations. Les stations peuvent être classées de la manière suivante :

**ZNP Planier >= ZNP Riou = Frioul >= Ile Verte**

Pour le **groupe des stations 'herbier'**, les valeurs de CPUE fluctuent entre 1295 g.100 m<sup>-1</sup> de filet à la station du Cap Soubeyranne et 1682 g.100 m<sup>-1</sup> de filet à la ZNP de Soubeyranne. Aucune différence significative n'est observée entre les 3 stations (KW, H = 0.7 (2, n=85), p=0.7). Les stations peuvent être classées de la manière suivante :

**Soubeyranne = Plateau des Chèvres = Cap Soubeyranne**

En ce qui concerne les stations **du groupe 'canyon'**, les valeurs de CPUE fluctuent entre 7843 g.100 m<sup>-1</sup> de filet à la station de Cassidaigne Est et 8 513 g.100 m<sup>-1</sup> de filet à la station de Cassidaigne ZNP. Aucune différence significative n'est observée entre les 3 stations (KW, H = 1.8 (2, n=90), p=0.39). Les stations peuvent être classées de la manière suivante :

**Cassidaigne ZNP = Cassidaigne ZPR = Cassidaigne Est**

### Groupe des poissons téléostéens

Dans l'analyse suivante le groupe des poissons téléostéens a été considéré à part, car il constitue près de 85 % des abondances des captures.

De manière générale il apparaît que les rendements pour les poissons restent beaucoup plus élevés aux stations du canyon qu'aux stations des groupes 'roche/herbier' et 'herbier' (Figure 100).

Pour le **groupe des stations 'roche/herbier'**, les valeurs de CPUE varient entre 967 g.100 m<sup>-1</sup> de filet à la station de l'île Verte et 2 869 g.100 m<sup>-1</sup> de filet à la ZNP du Planier. Des différences significatives sont observées entre stations (KW, H = 35.6 (3, n=116), p<0.0001) : les valeurs de rendement des ZNP de Planier et de Riou sont supérieures à celles des stations de l'île Verte et du Frioul. Les stations peuvent être classées de la manière suivante :

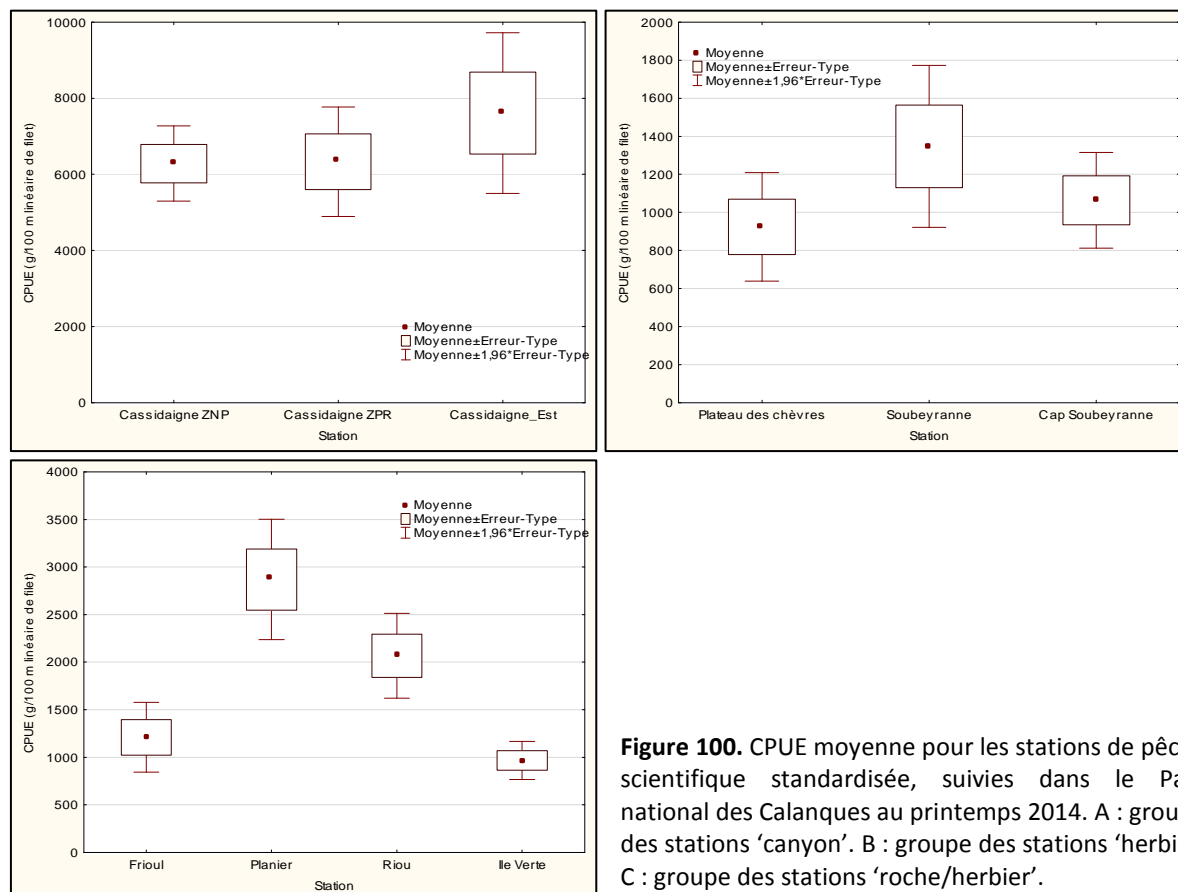
**ZNP Planier = ZNP Riou > Frioul = Ile Verte**

Pour le **groupe des stations 'herbier'**, les valeurs de CPUE fluctuent entre 924 g.100 m<sup>-1</sup> de filet à la station du Plateau des Chèvres et 1348 g.100 m<sup>-1</sup> de filet à ZNP de Soubeyranne. Aucune différence significative n'est observée entre les 3 stations (KW, H = 2.1 (2, n=85), p=0.35). Les stations peuvent être classées de la manière suivante :

**Soubeyranne = Cap Soubeyranne = Plateau des Chèvres**

En ce qui concerne les **stations du groupe 'canyon'**, les valeurs de CPUE fluctuent entre 6284 g.100 m<sup>-1</sup> de filet à la station de Cassidaigne ZNP et 7611 g.100 m<sup>-1</sup> de filet à la station de Cassidaigne Est. Aucune différence significative n'est observée entre les 3 stations (KW, H = 0.2 (2, n=90), p=0.88). Les stations peuvent être classées de la manière suivante :

**Cassidaigne Est = Cassidaigne ZPR = Cassidaigne ZNP**



**Figure 100.** CPUE moyenne pour les stations de pêche scientifique standardisée, suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. A : groupe des stations 'canyon'. B : groupe des stations 'herbier'. C : groupe des stations 'roche/herbier'.

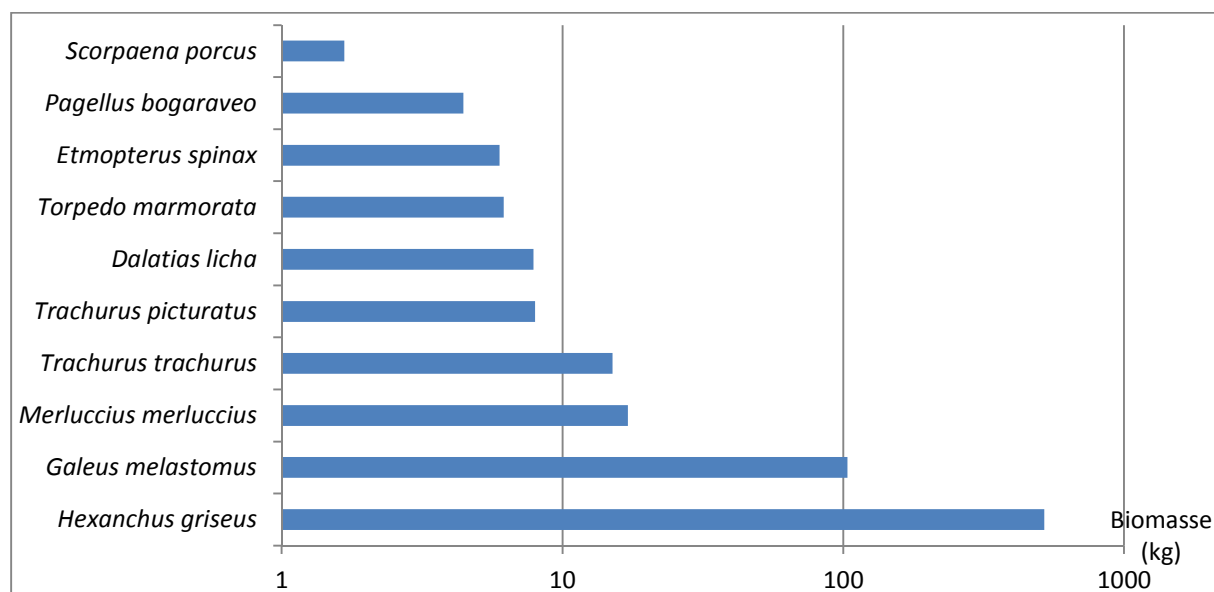
### 4.3.9 Type de rejets

Dans le cadre des PSS, la biomasse capturée conservée par les pêcheurs représente 58 % de la biomasse totale, les rejets constituent donc 42 % de la biomasse totale (Tableau 30). La catégorie de rejet la plus importante correspond à des espèces qui ne sont pas consommées, ces prises sont relâchées mortes ou vivantes, mais leur capacité de survie n'est pas connue. La biomasse rejetée est la plus importante dans les stations 'canyon', elle représente de 17 à 65 % de la biomasse totale. Le rejet des espèces pour des causes de prédation dans les filets par d'autres espèces (requin, congre, poulpe, calmar, murène) représente 3 % de la biomasse totale capturée. Les captures relâchées, en raison de leur taille trop petite ou parce qu'il n'y a pas de vente à cette saison, représentent pour chacune des deux catégories, moins de 1 % de la biomasse totale capturée.

Les principales espèces rejetées sont des élasmobranches tels le requin gris ( *Hexanchus griseus* ) et le chien espagnol ( *Galeus melastomus* ). Ils représentent plus de 60 % de la biomasse totale rejetée (Figure 101).

**Tableau 30.** Motifs de rejet lors des pêches scientifiques standardisées sur les 10 stations d'étude, réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014

	Captures conservées	Rejet 'mangé'	Relâche non consommé	Relâche pas de vente	Relâche taille
Cap Soubeyranne	93	2	4	0	1
Cassidaigne ZNP	61	4	35	0	0
Cassidaigne ZPR	75	8	17	0	< 1
Cassidaigne_Est	33	2	65	0	0
Frioul	97	3	< 1	0	< 1
Ile Verte	98	2	0	0	0
Planier	94	4	0	0	1
Plateau des chèvres	95	1	4	0	0
Riou	100	< 1	0	0	0
Soubeyranne	92	1	5	1	2
<b>Total</b>	<b>58</b>	<b>3</b>	<b>38</b>	<b>&lt; 1</b>	<b>&lt;1</b>



**Figure 101.** Composition des principales espèces de poissons rejetées lors des pêches scientifiques standardisées, réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014 (échelle logarithmique).

## 4.3.10 Chiffres clefs du suivi par pêches standardisées - PSS

Synthèse des résultats - PSS, printemps 2014		
<b>Abondance totale</b>	Tous groupes	Canyon > Roche/herbier > > Herbier 490-557 133-294 102-129
Tous groupes	Roche/herbier	ZNP Planier > ZNP Riou > Ile Verte = Frioul 294 184 138 133
	Herbier	Cap Soubeyrane = ZNP Soubeyrane > Plateau des Chèvres 129 125 102
	Canyon	Cassidaigne ZNP = Cassidaigne Est > Cassidaigne ZPR 557 531 490
<b>Abondance moyenne</b>	Poisson téléostéen	Canyon > Roche/herbier > Herbier 12.9-17 3.8-9.3 3.0-3.9
Poissons téléostéens	Roche/herbier	ZNP Planier > ZNP Riou = Ile Verte = Frioul 9.3 5.9 4.1 3.8
	Herbier	Cap Soubeyrane = ZNP Soubeyrane = Plateau des Chèvres 3.9 3.8 3.0
	Canyon	Cassidaigne Est = Cassidaigne ZNP = Cassidaigne ZPR 17 12.9 12.1
<b>Diversité totale</b>	Tous groupes	Roche/herbier > Canyon > Herbier 19-32 17-26 15-25
Tous groupes	Roche/herbier	ZNP Planier 29 > Ile Verte 19 ZNP Riou 32 Frioul 26
	Herbier	ZNP Soubeyrannne 25 > Plateau des Chèvres 15 Cap Soubeyrane 19
	Canyon	ZPR 26 > Est 17 ZNP 18
<b>Diversité moyenne (nombre d'espèce par pièce)</b>	Tous groupes	Canyon > Roche/herbier > Herbier 4.6-6.4 2.4-5.1 2.2-2.8
	Poisson téléostéen	Canyon > Roche/herbier > Herbier 3.5-4.6 2.1-4.7 1.9-2.7
Poissons téléostéens	Roche/herbier	ZNP Planier > Riou = Frioul > Ile Verte 4.7 3.8 3.1 2.1
	Herbier	ZNP Soubeyrane = Plateau des Chèvres = Cap Soubeyrannne 2.7 2.3 1.9
	Canyon	Cassidaigne ZPR = Cassidaigne EST = Cassidaigne ZNP 4.6 4.0 3.5
<b>CPUE (kg.100 m<sup>-1</sup>)</b>	Tous groupes moins grands requis	Canyon > Roche/herbier > Herbier 7.8-8.5 1.4-3.1 1.3-1.7
Tous groupes sans grands requins	Roche/herbier	ZNP Planier >= ZNP Riou = Frioul >= Ile Verte 3.1 2.3 2.0 1.4
	Herbier	Soubeyrannne = Plateau des Chèvres = Cap Soubeyrannne 1.7 1.6 1.3
	Canyon	Cassidaigne ZNP = Cassidaigne ZPR = Cassidaigne Est 8.5 8.1 7.8
	Poisson téléostéen	Canyon > Roche/herbier > > Herbier 6.3-7.6 0.9-2.9 0.9-1.3
Poissons téléostéens	Roche/herbier	ZNP Planier = ZNP Riou > Frioul = Ile Verte 2.9 2.1 1.2 0.9
	Herbier	Soubeyrannne = Cap Soubeyrannne = Plateau des Chèvres 1.4 1.1 0.9
	Canyon	Cassidaigne Est = Cassidaigne ZPR = Cassidaigne ZNP 7.6 6.3 6.3

## 4.4 Suivi du corail rouge

### 4.4.1 Caractérisation quantitative des populations superficielles de corail : état 2013

#### 4.4.1.1 Vue d'ensemble

Un total de 1528 colonies ('RAS' :  $n = 993$ , 'plaques' :  $n = 88$ , 'bourgeons' :  $n = 188$ , 'non mesurables' :  $n = 259$ ) a été relevé au sein des 97 quadrats. L'ensemble de ces individus a été pris en compte pour estimer la densité de colonies par population. Pour les calculs relatifs aux mesures de tailles et de diamètres, seuls les individus de type 'RAS' ont été utilisés. Par ailleurs, un certain nombre d'individus ( $n = 37$ ) présentaient des mesures anormales et ont donc été retiré du jeu de données. Ces erreurs sont dues à des anomalies ponctuelles dans la reconstitution 3D qui faussent les coordonnées des points et conduisent à des mesures aberrantes. Après sélection des colonies RAS et nettoyage des données, le jeu complet présente un total de 956 individus répartis sur nos 10 populations d'étude (CAS :  $n = 82$ , FIG :  $n = 100$ , IVB :  $n = 100$ , MGC :  $n = 86$ , MPH :  $n = 94$ , PCG :  $n = 91$ , PGP :  $n = 100$ , PTP :  $n = 97$ , RRS\_20 :  $n = 98$ , RRS\_40 :  $n = 108$ , Tableau 31).

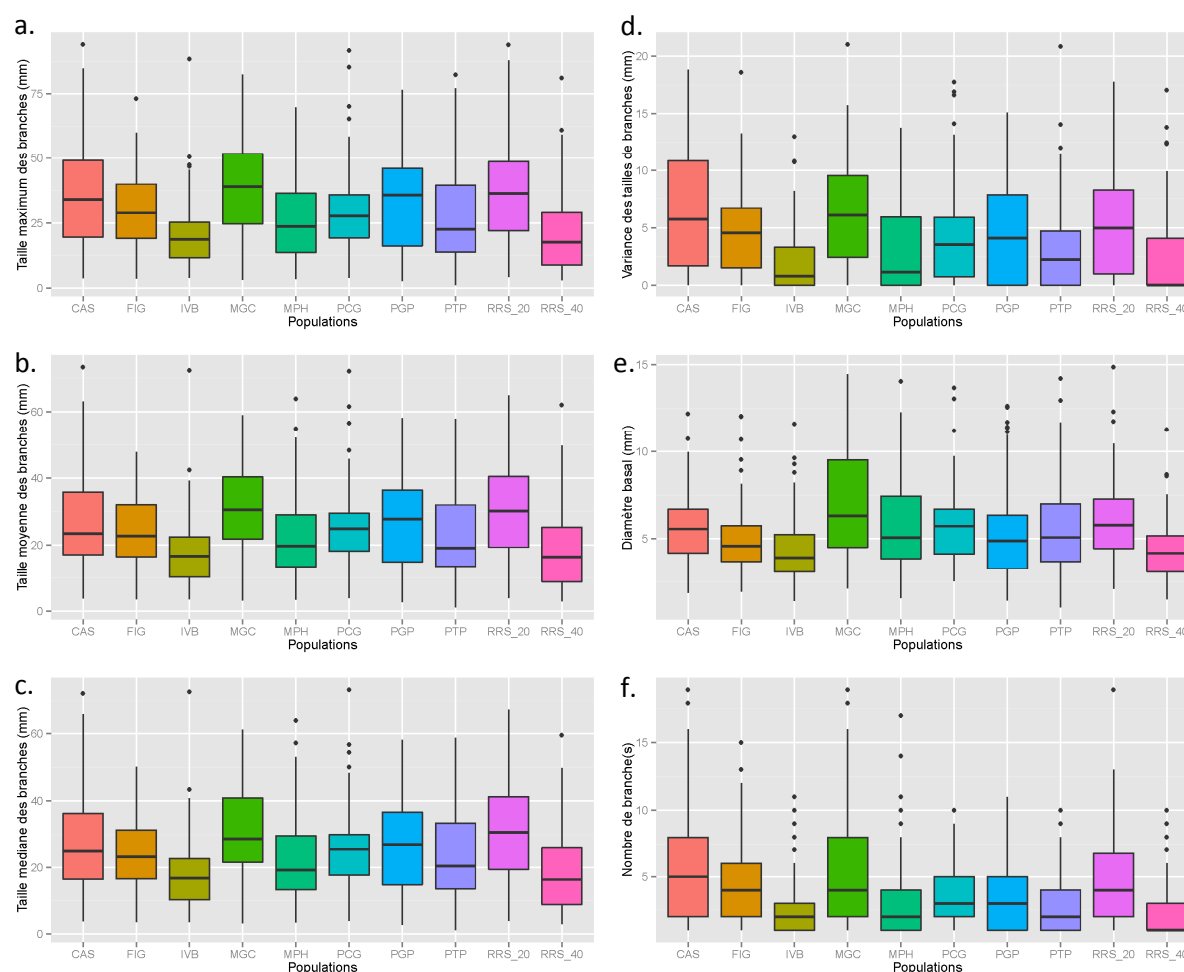
**Tableau 31.** Descriptif des mesures et des relevés de chaque population

Population	Zone	Nb colonies	Nb quadrats	Plaque	Bourgeons	Non mesurable	RAS	Densité totale (indiv./m <sup>2</sup> )	Densité plaques (indiv./m <sup>2</sup> )	Densité bourgeons (indiv./m <sup>2</sup> )	Taille moyenne (30) (mm)		Taille moyenne (mm)			% colonies	
											H	D	P	H	D	D > 7 mm	H > 40 mm
CAS	Hors ZNP	165	8	10	63	8	82	51,6	3,1	19,7	59,4	7,7	21,7	36,6	5,6	22,0	41,5
FIG	Hors ZNP	150	5	15	19	14	100	75,0	7,5	9,5	46,5	7,0	40,5	29,6	4,9	8,0	25,0
IVB	Hors ZNP	176	8	0	11	65	100	55,0	0,0	3,4	35,3	6,6	NA	20,3	4,4	9,0	7,0
MGC	Hors ZNP	130	5	1	10	16	86	65,0	0,50	5,0	58,0	11,1	86,9	38,5	7,2	44,2	46,5
MPH	Hors ZNP	153	17	1	14	37	100	22,5	0,1	2,1	46,3	8,9	34,7	26,2	5,7	26,6	20,2
PCG	ZNP	117	12	1	4	13	99	24,4	0,2	0,8	48,2	8,1	27,2	30,8	5,8	22,0	20,9
PGP	ZNP	170	8	11	28	31	100	53,1	3,4	8,8	53,4	8,6	21,7	32,4	5,3	20,0	40,0
PTP	ZNP	119	11	1	6	11	101	27,0	0,2	1,4	49,1	8,6	20,2	27,3	5,5	25,8	23,7
RRS_20	ZNP	172	19	47	14	12	98	22,6	6,2	1,8	62,6	8,7	49,3	37,6	5,9	27,3	47,5
RRS_40	ZNP	176	5	1	19	46	108	88,0	0,5	9,5	42,7	6,3	9,4	21,6	4,3	4,6	15,7

Pour chaque population (CAS : Castelvieuil, FIG : Figuier, IVB : Balise de l'Île Verte, MPH : Pharillons de l'Île Maïre, PCG : Petit Congloué, PGP : Grotte Pérès, PTP : tombant du Planier, RRS\_20 : Riou Sud 20 m, RRS\_40 : Riou Sud 40 m), sont donnés de gauche à droite : les effectifs des différents types observés, les densités totale, de plaques et de bourgeons, la taille maximale moyenne sur les 30 plus gros individus en hauteur (H) et en diamètre basal (D), la taille maximale moyenne des colonies plaques (P), des colonies RAS en hauteur (H) et en diamètre basal (D), le pourcentage de colonies au diamètre supérieur à 7 mm et le pourcentage de colonies de hauteur supérieure à 40 mm.

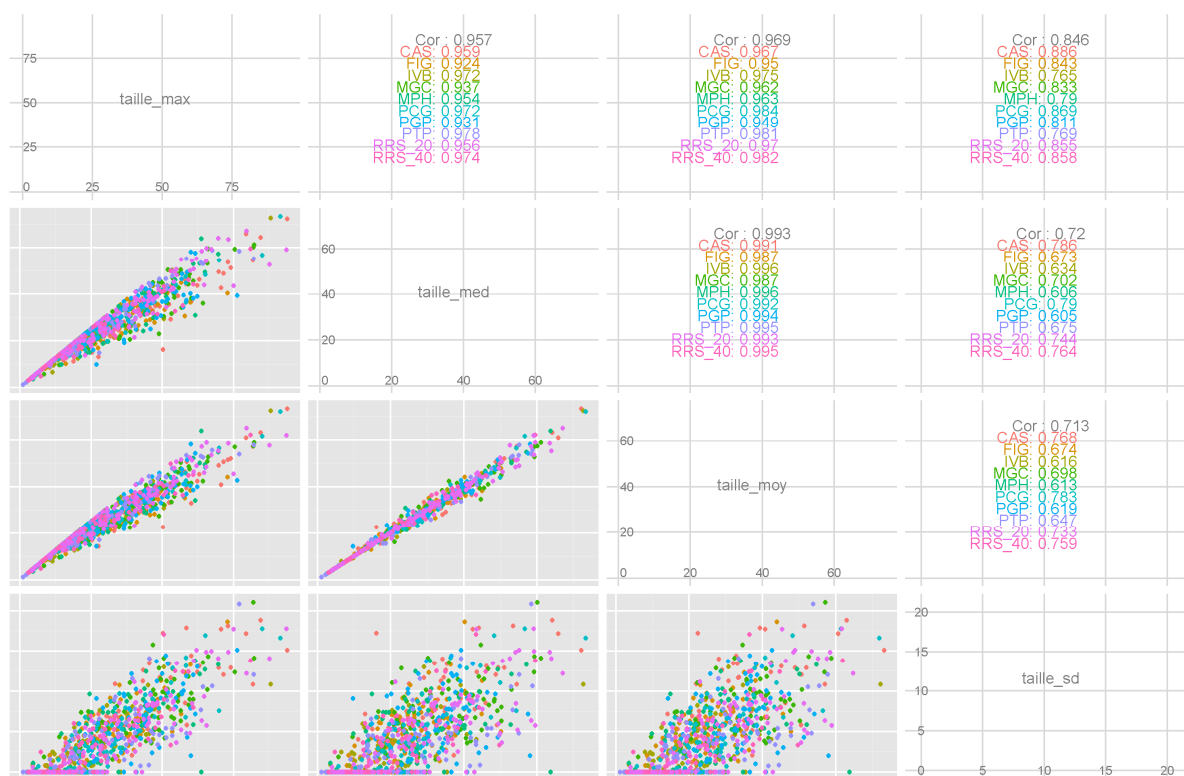
#### 4.4.1.2 Description des biométries mesurées

La Figure 102 présente les distributions des 6 variables mesurées (Tableau 31) sur les colonies RAS, pour chaque population. Cette approche descriptive permet de distinguer rapidement des groupes de populations similaires (e.g. CAS et MGC, ou MPH et PTP) et des couples, à l'inverse, relativement différents (e.g. RRS\_20 et RRS\_40). On remarque également que les variables relatives à la taille des colonies (Figure 102 a, b, c, d) se 'comportent' de la même façon en fonction des populations.



**Figure 102.** Diagrammes en boîtes pour les 6 variables mesurées sur les colonies RAS ( $n = 956$ ) en fonction des populations. (a) Taille de la plus longue branche, (b) Taille moyenne calculée sur l'ensemble des branches de chaque colonie, (c) Taille médiane de l'ensemble des branches de chaque colonie, (d) Variance des tailles de branches au sein des colonies. Elle indique comment se répartie la taille de la colonie le long des branches (e.g. branches de tailles homogènes ou branches de tailles variables). (e) Largeur du diamètre basal, (f) Nombre de branches par colonie. Les valeurs extrêmes sont indiquées par les points noirs.

L'analyse de ces variables montre en effet de très fortes corrélations entre les variables prenant en compte la longueur de toutes les branches des colonies et la variable 'taille maximale' qui ne prend en compte que la taille de la plus longue branche (Tableau 31, Figure 103). Les coefficients de corrélation, toutes populations confondues, sont supérieurs à 0.8 et restent très élevés lorsqu'on analyse les corrélations au sein de chaque population. La corrélation la plus faible observée est 0.765 (taille maximale vs. variance des tailles pour la population de la Balise de l'île Verte).



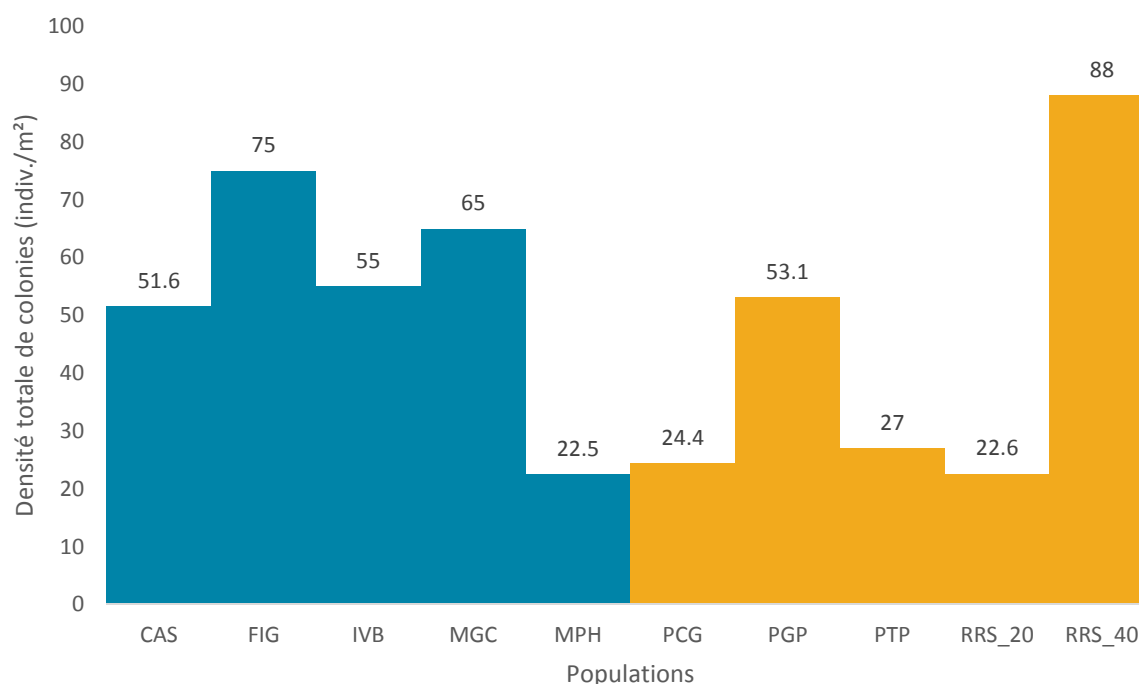
**Figure 103.** Diagrammes de corrélations deux à deux entre les variables relatives à la taille des colonies. Toutes les variables apparaissent fortement corrélées entre elles. *taille\_max*: taille maximale des branches, *taille\_med*: taille médiane des branches, *taille\_moy*: taille moyenne des branches, *taille\_sd*: variance des tailles de branches au sein des colonies.

Au vu de ces résultats, nous avons considéré, pour la suite des analyses, que la majorité de l'information était préservée en ne prenant en compte que la **taille maximale** des colonies. L'ensemble des analyses a toutefois été réalisé sur toutes les variables et aucune différence significative avec les résultats obtenus sur la taille maximale n'a été observée.

#### 4.4.1.3 Densité des colonies

##### 4.4.1.3.1 Densité totale

D'une population à l'autre, la quantité d'individus par mètre carré peut fluctuer de façon importante. Certaines populations comme Riou Sud 40 m ou Figuier présentent 3 à 4 fois plus de colonies par mètre carré que d'autres sites comme Riou Sud 20 m ou les Pharillons de l'Île Maire (Tableau 31, Figure 104). La densité moyenne sur l'ensemble des populations est estimée à  $48,54 \pm 23,40$  indiv./m<sup>2</sup>, avec un maximum de 88 indiv./m<sup>2</sup> pour Riou Sud 40 m et un minimum de 22,5 indiv./m<sup>2</sup> pour les Pharillons (Tableau 31).

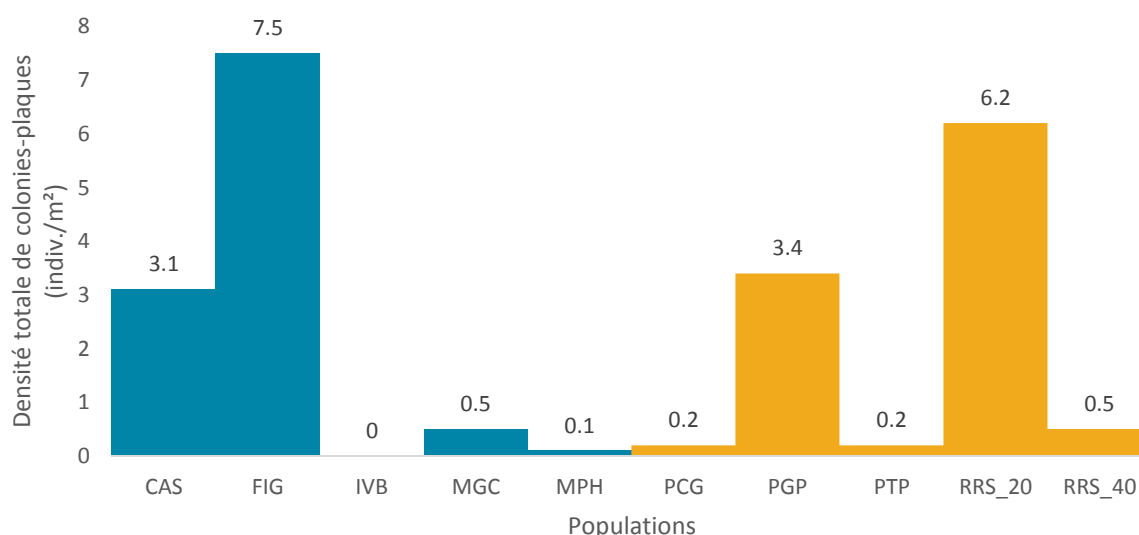


**Figure 104.** Densité totale de colonies pour chaque population. La densité totale inclut tous les types d'individus relevés : RAS, plaques, bourgeons et non mesurables. **En bleu**, les populations en dehors des ZNP, **en jaune**, les populations au sein des ZNP.

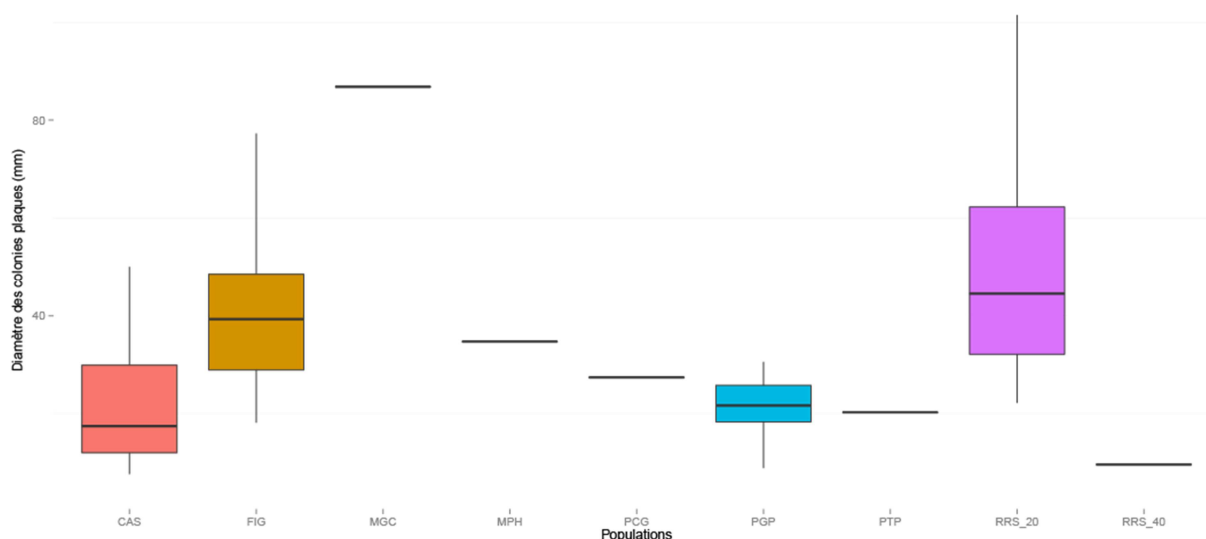
#### 4.4.1.3.2 Densité de colonies plaques

Au total, 89 colonies plaques ont été observées sur l'ensemble des sites mis à part à la Balise de l'île Verte. Ces colonies spéciales sont fréquentes dans certaines populations (*e.g.* FIG : 7.5 indiv./m², RRS\_20 : 6.2 indiv./m²) et exceptionnelles dans d'autres (*e.g.* MPH : 0.1 indiv./m², PCG : 0.2 indiv./m²). Ce motif est observable autant au sein qu'en dehors des ZNP (Tableau 31, Figure 105).

Par ailleurs, de fortes différences de tailles existent entre les populations. La largeur moyenne mesurée est de  $39.38 \pm 23.24$  mm avec des valeurs allant de 7.51 mm, pour la plus petite, à 149.85 mm pour la plus grande. Les tailles varient significativement d'une population à l'autre ( $F_{(8,79)} = 4.338$ ,  $P = 0.0002$ ). Riou Sud 20 m est ainsi caractérisée par des plaques relativement larges (largeur moyenne  $\pm$  SD =  $49.35 \pm 24.30$  mm) tandis que les plaques de Castelvieuil sont nettement plus petites (largeur moyenne  $\pm$  SD =  $20.67 \pm 12.73$  mm, Tableau 31, Figure 106).



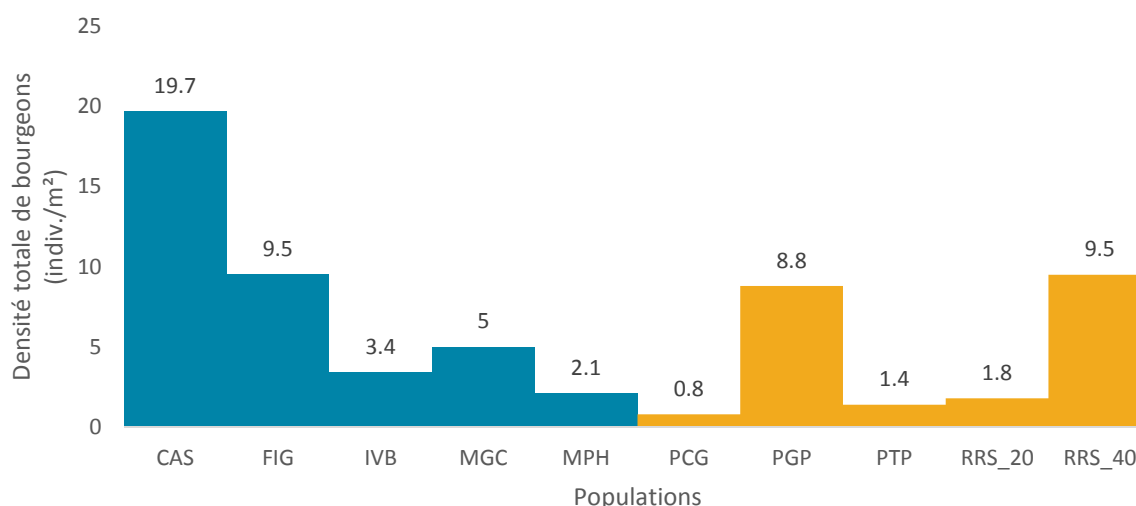
**Figure 105.** Densité de colonies plaques pour chaque population. On observe que certaines populations comme CAS, FIG, PGP ou RRS\_20 présentent des densités de plaques plus importantes que MPH, PCG, PTP ou RRS\_40. De fortes différences sont visibles à la fois au sein et en dehors des ZNP. En bleu, les populations en dehors des ZNP, en jaune, les populations au sein des ZNP.



**Figure 106.** Diagramme en boîte du diamètre des colonies plaque par population. Largeur de ces plaques est significativement variable entre populations ( $F_{(8,79)} = 4.338$ ,  $p = 0.0002$ ).

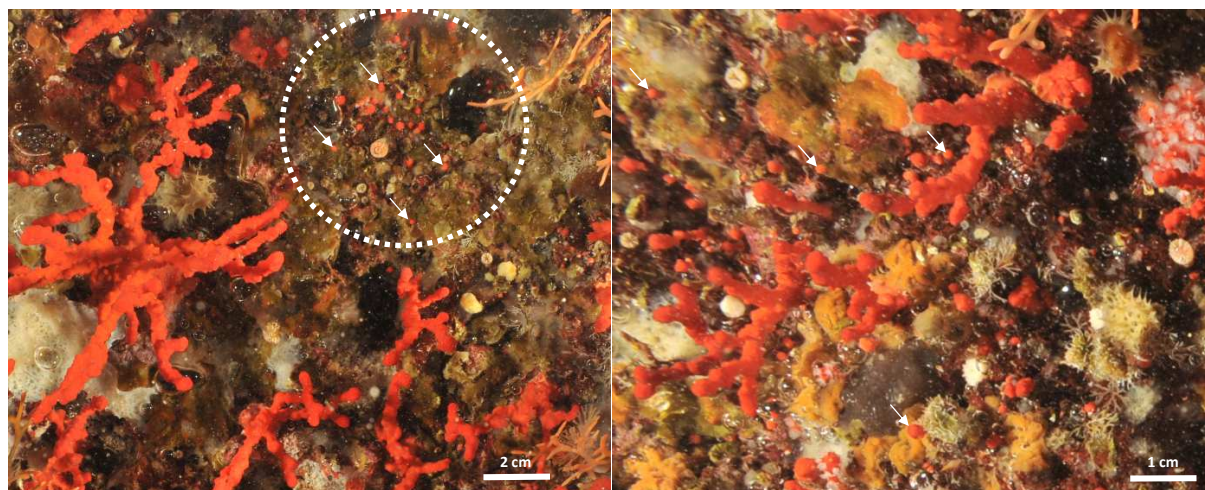
#### 4.4.1.3.3 Densité de bourgeons

Au total, 185 bourgeons ont été relevés au sein de nos quadrats. De même que pour les autres types de colonies, la densité de bourgeons varie fortement entre les populations avec une différence de facteur supérieur à 20 (23.33) entre Castelvieuil (19.4 indiv./m²) et le Petit Congloué (0.8 indiv./m²). On constate également environ 5.2 fois plus de bourgeons par mètre carré à Riou Sud 20 m (9.5 indiv./m²) qu'à Riou Sud 40 m (1.8 indiv./m²), deux sites pourtant très proches géographiquement (Tableau 31, Figure 107).



**Figure 107.** Densité de bourgeons pour chaque population. On observe que CAS présente une densité remarquablement élevée de bourgeons. Certaines populations comme FIG, PGP ou RRS\_40 présentent des densités plus importantes que IVB, MPH, PCG, PTP ou RRS\_20. De fortes différences sont visibles à la fois au sein et en dehors des ZNP. En bleu, les populations en dehors des ZNP, en jaune, les populations au sein des ZNP.

La densité de bourgeons ne permet pas de donner une estimation précise du recrutement au sein des populations, cependant, elle n'en reste pas moins un indicateur très intéressant. Le fait d'observer une grande quantité de bourgeons à Castelvieuil ( $n = 70$ ) nous indique par exemple que les conditions au sein du site sont favorables pour la reproduction sexuelle des colonies. Dans le cas de cette population, il semble que des zones très localisées soient particulièrement propices à la fixation des larves, formant des micros 'hot-spot' de bourgeons (Figure 108).



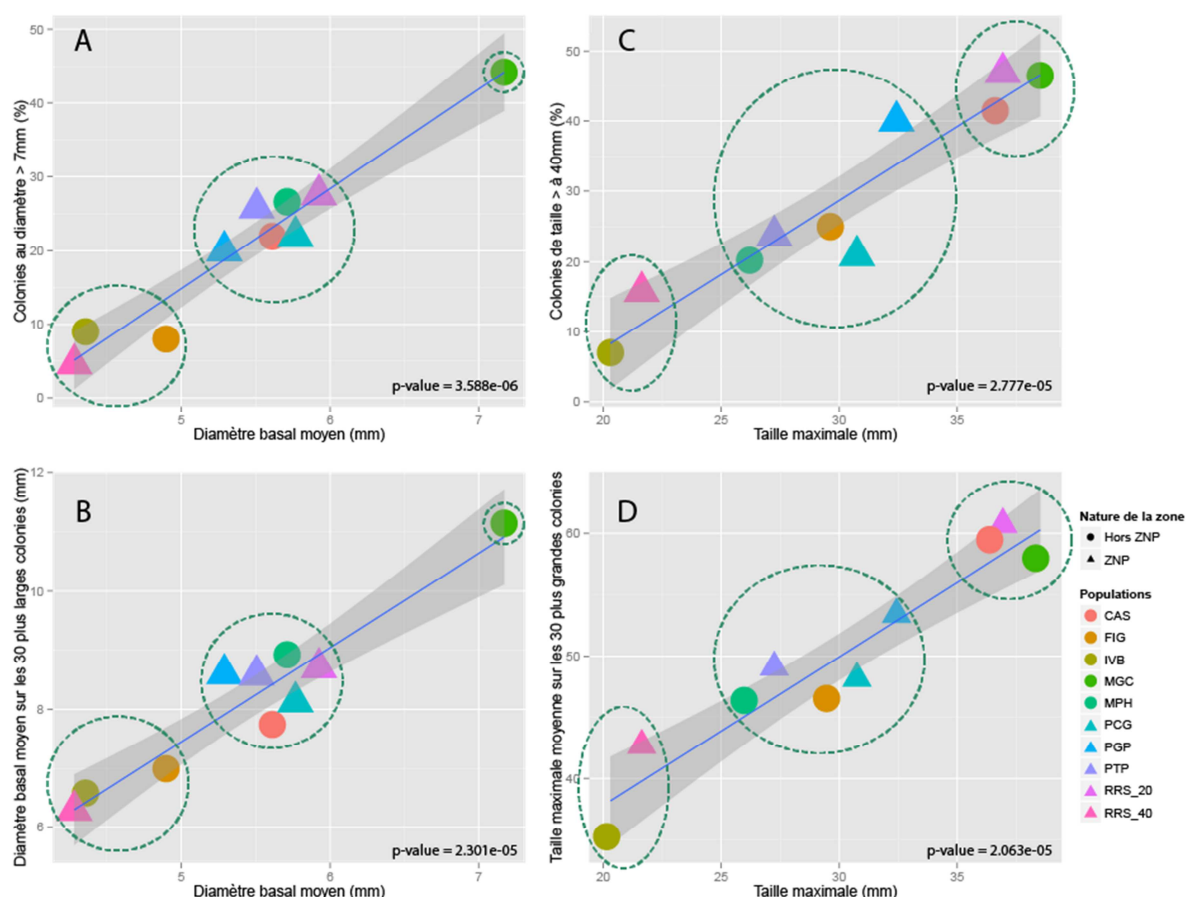
**Figure 108.** Champs de bourgeons à Castelvieuil. Un nombre particulièrement élevé de bourgeons a été observé dans cette population. Ces juvéniles très récemment fixés ne se répartissent pas de façon uniforme, ils forment des patches qui prennent la forme de 'micro-champs' de bourgeons. Il semble donc que des zones très localisées de quelques cm<sup>2</sup> réunissent des conditions favorables à la fixation des larves à Castelvieuil. A gauche, le cercle en pointillés blancs délimite un 'patch' de bourgeons. Sur les deux photos, quatre exemples de bourgeons sont indiqués par des flèches blanches.

#### 4.4.1.4 Taille des branches et diamètre basal

La taille maximale moyenne observée sur l'ensemble des sites est de  $29.72 \pm 18.14$  mm et le diamètre basal moyen des colonies est de  $5.40 \pm 2.47$  mm. De façon générale, la largeur du diamètre basal est positivement corrélée à la taille maximale de la colonie ( $F_{(1,954)} = 214.8$ ,  $p < 2.2 \times 10^{-16}$ ) et ce de façon spécifique à chaque population ( $F_{(10,954)} = 29.81$ ,  $p < 2.2 \times 10^{-16}$ ). Néanmoins, certaines populations sont composées de colonies particulièrement grandes ou particulièrement larges. Par exemple, les colonies des Pharillons sont relativement petites (taille max moyenne  $\pm$  SD =  $26.21 \pm 16.50$  mm) par rapport à la largeur de leur base (diamètre moyen  $\pm$  SD =  $5.71 \pm 2.64$  mm). A l'inverse, les colonies du Figuier atteignent une taille maximale moyenne de  $29.63 \pm 14.20$  mm pour un diamètre basal moyen de seulement  $4.90 \pm 1.87$  mm (Tableau 31).

De même que dans l'étude de Linares *et al.* 2010, nous avons comparé les 30 plus gros individus de chaque population au niveau du diamètre basal moyen et de la taille maximale moyenne (Linares *et al.*, 2010). Nous avons également calculé, pour toutes les populations, le pourcentage de colonies au diamètre basal supérieur à 7 mm et le pourcentage de colonies de taille supérieure à 40 mm (Tableau 31).

L'analyse au niveau du diamètre permet de distinguer trois groupes de populations. Dans le premier groupe (RRS\_40, FIG et IVB) chaque population présente moins de 10% de colonies au diamètre basal supérieur à 7 mm et les diamètres moyens de leurs 30 plus grosses colonies restent inférieurs à 7 mm. Le deuxième groupe rassemble les populations CAS, MPH, PCG, PGP, PTP et RRS\_20. Celles-ci ont entre 20 et 30% de leurs colonies au diamètre basal supérieur à 7 mm et les diamètres moyens de leurs 30 plus grosses colonies sont entre 7.5 et 9 mm. Enfin la population MGC se démarque des autres avec 44.2% de colonies au diamètre supérieur à 7 mm et un diamètre moyen de 11.1 mm sur les 30 plus grosses colonies. (Figure 109 A et B). Une ségrégation est également visible dans l'analyse de la taille maximale bien que moins marquée. Les populations se répartissent dans trois groupes : RRS\_40 avec IVB, un deuxième avec MPH, PCG, PGP, PTP et FIG et un troisième avec MGC, RRS\_20 et CAS (Figure 109 C et D). Ces groupes ne correspondent pas à la nature de la zone dans laquelle se situent les populations dans la mesure où les deux groupes contiennent à la fois des populations en ZNP et hors ZNP.

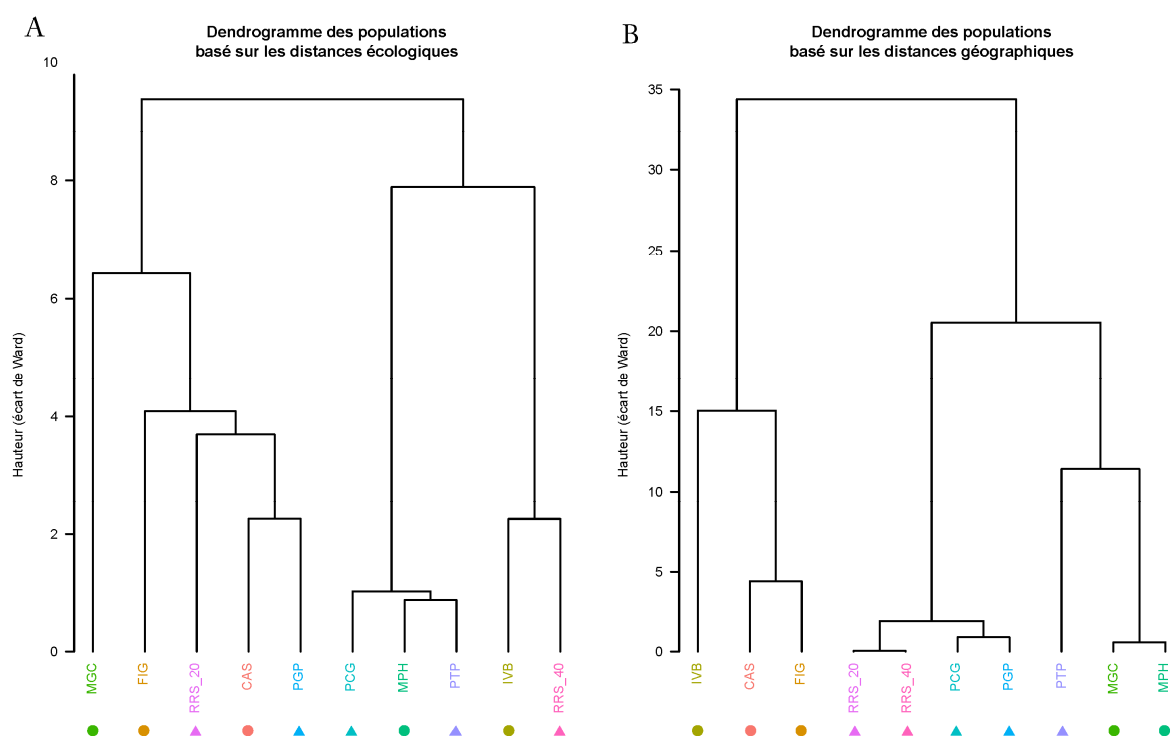


**Figure 109.** Relations au niveau de la taille maximale moyenne et du diamètre basal moyen par population. (A) Pourcentage de colonies au diamètre supérieur à 7 mm en fonction du diamètre basal moyen. (B) Diamètre basal moyen des 30 plus larges colonies en fonction du diamètre basal moyen. (C) Pourcentage de colonies de taille supérieure à 40 mm en fonction de la taille maximale moyenne. (D) Taille maximale moyenne des 30 plus grandes colonies en fonction de la taille maximale moyenne. Les différents groupes décrits sont signalés par les cercles en pointillés verts. La corrélation entre les variables est indiquée par la ligne de régression bleue et la p-value du test de corrélation. Zone grisée : erreur standard.

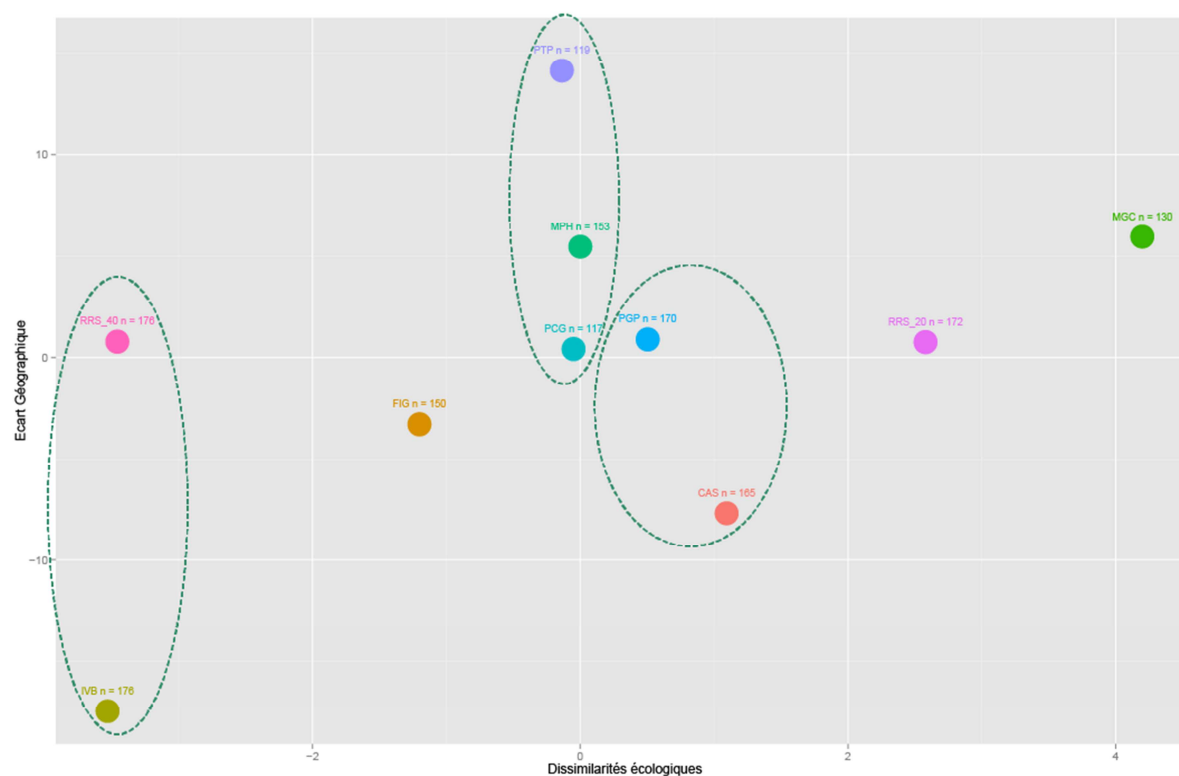
#### 4.4.1.5 Classification et positionnement multidimensionnel

Les relations entre populations ont été explorées en confrontant les distances géographiques qui les séparent à leurs 'distances écologiques' (voir *Matériel & Méthodes*). En se basant sur ces deux matrices de distances, la méthode de classification hiérarchique permet de distinguer sous forme de dendrogramme trois groupes de populations, écologiquement proches : IVB et RRS\_40 (**groupe 1**), MPH, PCG et PTP (**groupe 2**) et CAS et PGP (**groupe 3**). Les populations RRS\_20 et FIG et MGC apparaissent, elles, isolées par rapport aux autres (Figure 110). Par ailleurs, ces regroupements ne correspondent pas aux distances géographiques qui séparent les populations (Figure 111 B). Cela indique que la proximité de deux sites n'est pas corrélée avec les caractéristiques et la nature des colonies qui les composent. Ce constat est particulièrement marquant pour les populations Riou Sud 20 m et Riou Sud 40 m. Ces sites sont à la fois les plus proches géographiquement et les plus différents d'un point de vue écologique. De façon moins extrême, c'est également ce qu'on observe entre les populations du Petit Congloué et de la Grotte Pérès. A l'inverse, des populations relativement éloignées peuvent se révéler similaires au niveau des colonies qui les composent comme c'est le cas pour la Balise de l'Île Verte et Riou Sud 40 m ou encore le Petit Congloué et le tombant du Planier. Enfin, la Balise de l'Île Verte et le tombant du Planier sont à la fois très éloignées et très différentes en termes de composition. En projetant les matrices de distances écologiques et

géographiques chacune sur un axe principale à l'aide d'une MDS, on peut visualiser les mêmes résultats dans un espace à 2 dimensions (Figure 111).



**Figure 110.** Dendrogrammes des relations entre populations. (A) Dendrogramme basé sur la matrice des distances écologiques. (B) Dendrogramme basé sur la matrice des distances géographiques.



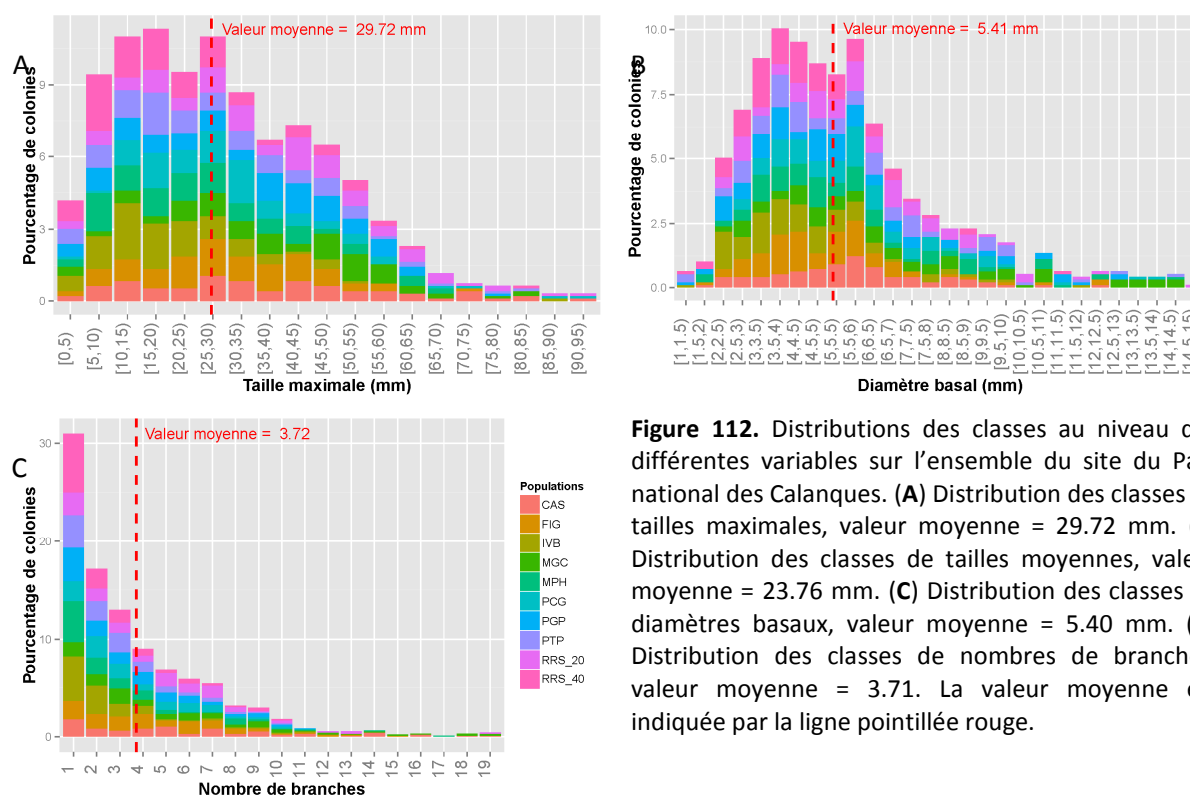
**Figure 111.** Distances géographiques vs. distances écologiques. L'axe des abscisses est l'axe principal d'une MDS basée sur la matrice des distances écologiques, tandis que l'axe des ordonnées est l'axe principal d'une MDS basée sur la matrice des distances géographiques. De cette façon, plus les populations sont éloignées verticalement, plus elles sont loin géographiquement. Suivant le même principe, plus les populations sont

éloignées horizontalement, plus elles sont différentes d'un point de vue écologique. On retrouve la formation des trois groupes observés sur le dendrogramme sur l'axe horizontal, indiqués par les cercles en pointillés. **Groupe 1** : MPH, PTP et PCG. **Groupe 2** : RRS\_40 et IVB. **Groupe 3** : CAS et PGP, tandis que FIG, RRS\_20 et MGC sont isolées des autres. On constate également que RRS\_20 et RRS\_40 sont alignées sur la même ordonnée (proches dans l'espace) mais opposées en abscisses (différentes sur le plan écologique).

#### 4.4.1.6 Nombre de branches

##### 4.4.1.6.1 A l'échelle du Parc national des Calanques

Les distributions des classes au niveau des variables taille maximale, diamètre basal et nombre de branches sont données en Figure 112. Au niveau de la taille maximale et du diamètre basal, les classes se répartissent suivant une distribution unimodale, légèrement asymétrique par la droite (Figure 112 A et B). On observe que toutes les populations ou presque sont représentées dans les zones extrêmes des distributions. L'existence de ces 'queues de distribution' n'est donc pas liée à une population aux valeurs particulièrement élevées. Le nombre de branches par colonie se distribue suivant une loi de décroissance exponentielle (Figure 112 C). Les colonies les plus fréquemment rencontrées sont des colonies à 1 branches ( $n = 288$ , 32,39%), suivies des colonies à 2 branches ( $n = 158$ , 17,77%) puis des colonies à 3 branches ( $n = 113$ , 12,71%), etc. Les valeurs moyennes observées à l'échelle du parc national sont  $29.72 \pm 18.14$  mm pour la taille maximale,  $5.40 \pm 2.47$  mm pour le diamètre basal et  $3.71 \pm 3.23$  pour le nombre de branches.

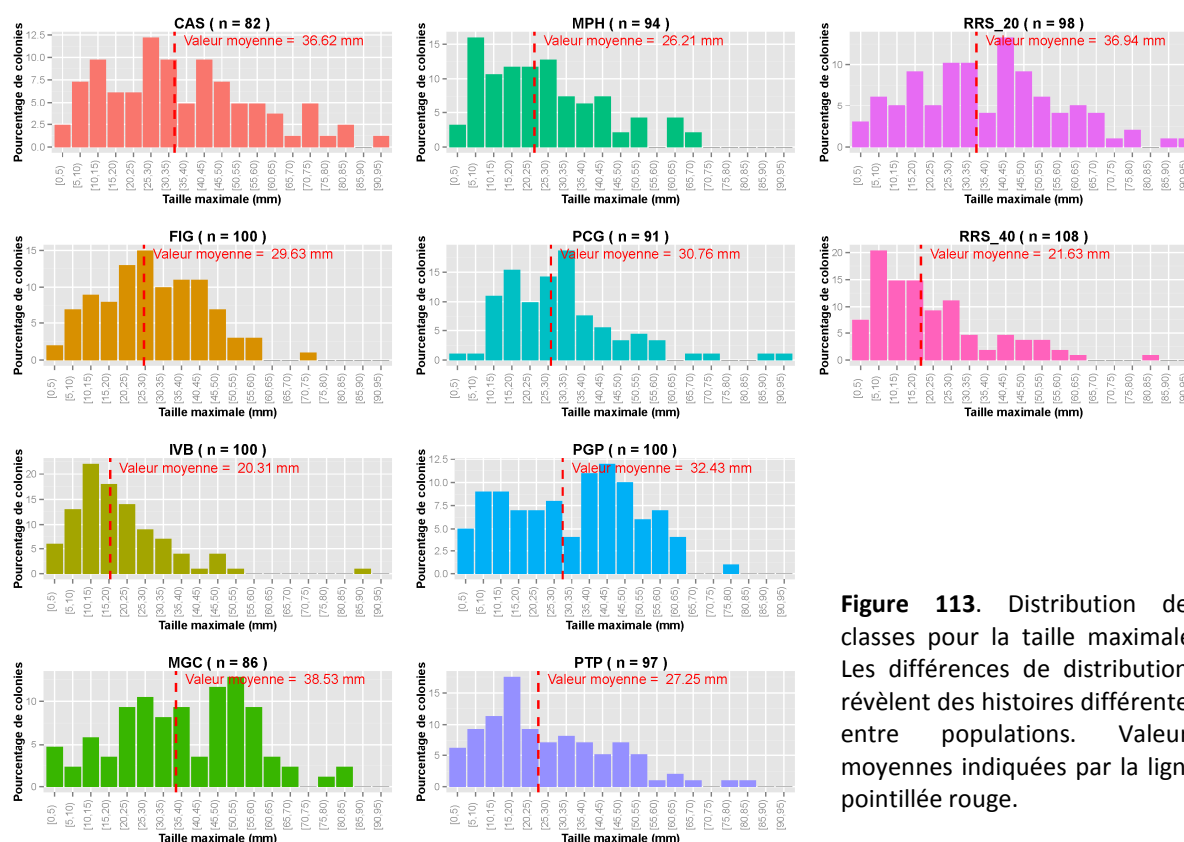


**Figure 112.** Distributions des classes au niveau des différentes variables sur l'ensemble du site du Parc national des Calanques. (A) Distribution des classes de tailles maximales, valeur moyenne = 29.72 mm. (B) Distribution des classes de diamètres basaux, valeur moyenne = 5.40 mm. (C) Distribution des classes de nombres de branches, valeur moyenne = 3.71. La valeur moyenne est indiquée par la ligne pointillée rouge.

## 4.4.1.6.2 A l'échelle des populations

## 4.4.1.6.2.1 Taille maximale

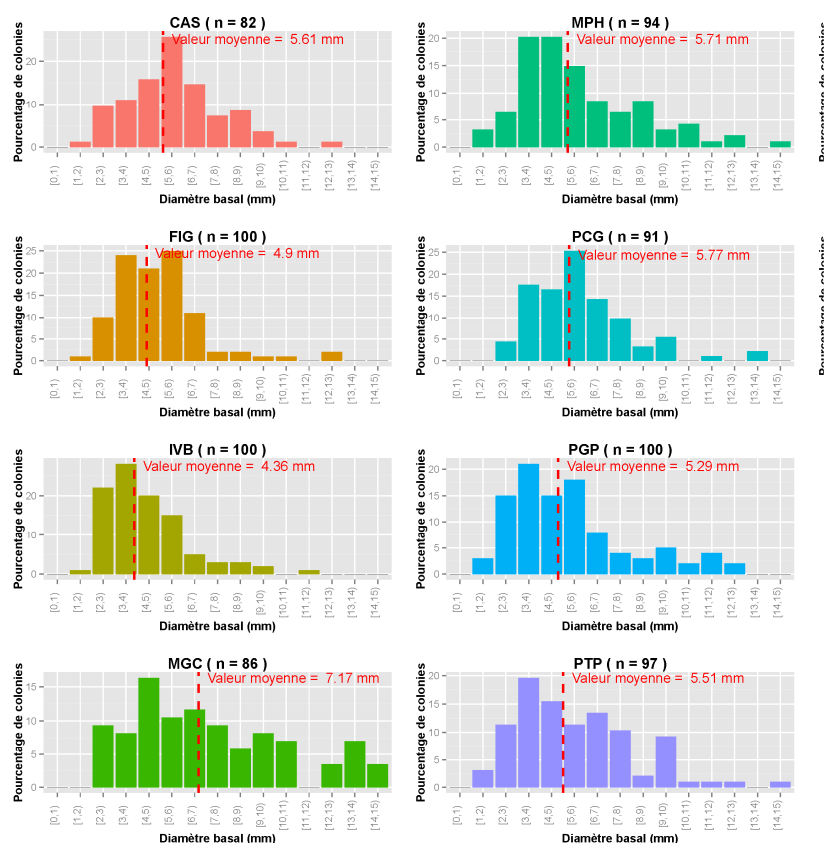
Les classes de tailles maximales se distribuent différemment d'une population à l'autre (Figure 113). Les populations comme IVB, MPH, RRS\_40 et PTP présentent des distributions décroissantes avec une majorité d'individus concentrés vers les petites valeurs. Les distributions de CAS, RRS\_20 sont, à l'inverse, plus étendues indiquant que les individus se répartissent plus uniformément dans les classes de taille. Les distributions de PGP et MGC sont en revanche plus complexes et pourraient être bimodales. Des distributions multimodales peuvent être le signe de recolonisations suite à des événements de mortalités (*cf. discussion*).



**Figure 113.** Distribution des classes pour la taille maximale. Les différences de distributions révèlent des histoires différentes entre populations. Valeurs moyennes indiquées par la ligne pointillée rouge.

#### 4.4.1.6.2.2 Diamètre basal

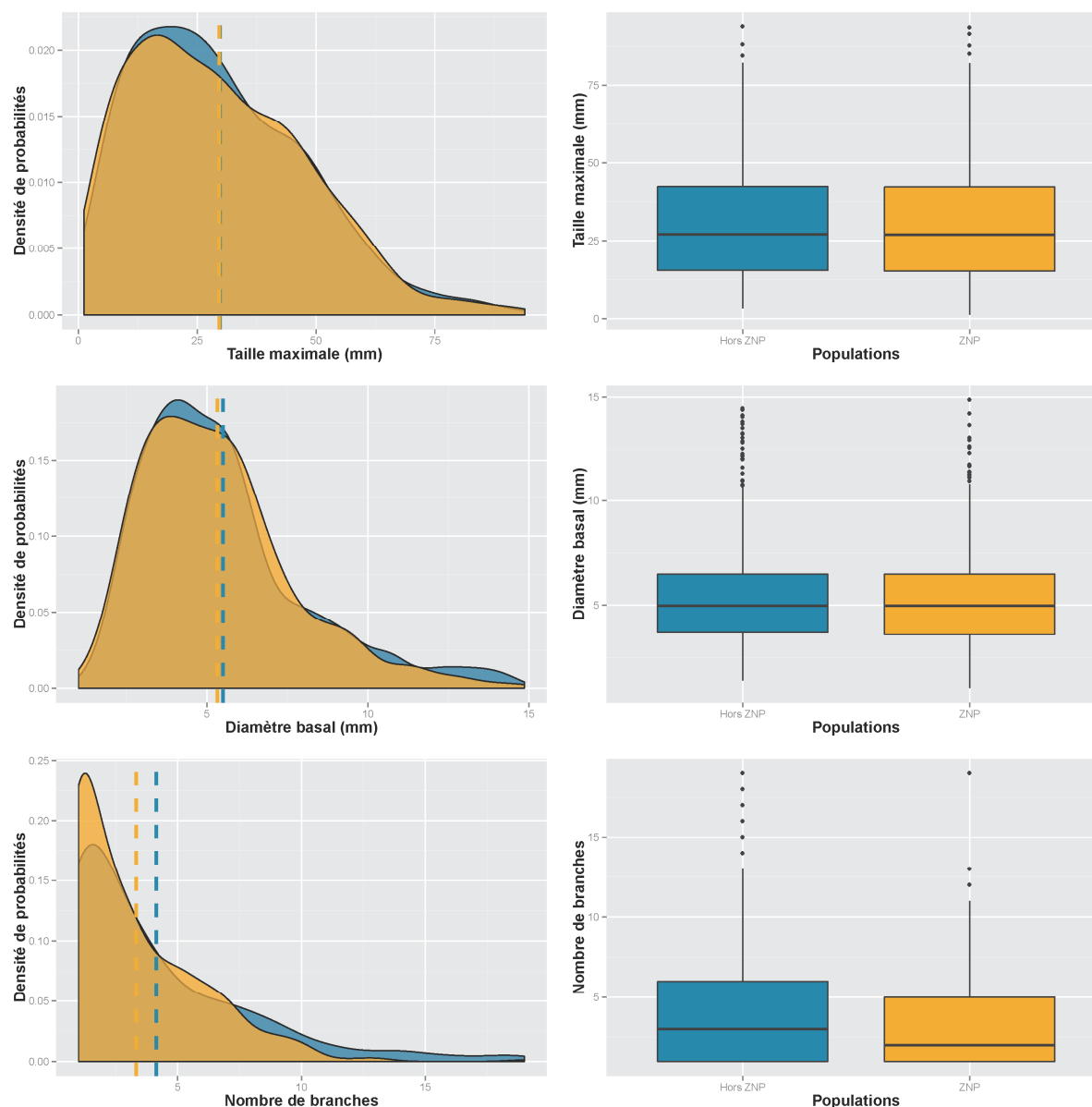
Les distributions au niveau du diamètre basal sont plus homogènes que les distributions de taille. Cependant, le niveau d'asymétrie est variable. Les distributions de CAS, FIG, PCG, RRS\_20 et RRS\_40 sont étroites et peu asymétriques tandis que celles de IVB, MPH, PGP et PTP sont nettement plus étendues et asymétriques (Figure 114). On observe enfin une distribution particulière pour MGC avec des fréquences non négligeables de valeurs élevées.



**Figure 114.** Distribution des classes pour le diamètre basal. Les différences de distributions confirment les observations faites sur la taille maximale. Valeurs moyennes indiquées par la ligne pointillée rouge.

## 4.4.1.7 Comparaison ZNP vs. hors ZNP

Aucun effet significatif lié à la nature de la zone n'a été trouvé, au niveau de la taille maximale ( $F_{(1,954)} = 0.021$ ,  $P = 0.8845$ ), et du diamètre basal ( $F_{(1,954)} = 1.12$ ,  $P = 0.2903$ ). Cependant, on observe un nombre de branche par colonie significativement plus élevé en dehors des ZNP (Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 6.1809$ ,  $P = 0.01291$ ). Ces résultats montrent que les états zéro des populations de corail dans ces zones, délimitées lors de la création du Parc national des Calanques, sont comparables au niveau de la taille et du diamètre des colonies (Figure 115) et que les colonies au sein des ZNP (nombre moyen de branches par colonie  $\pm$  SD =  $3.32 \pm 2.61$ ) sont légèrement moins arborescentes que celles en dehors des ZNP (nombre moyen de branches par colonie  $\pm$  SD =  $4.14 \pm 3.74$ ).

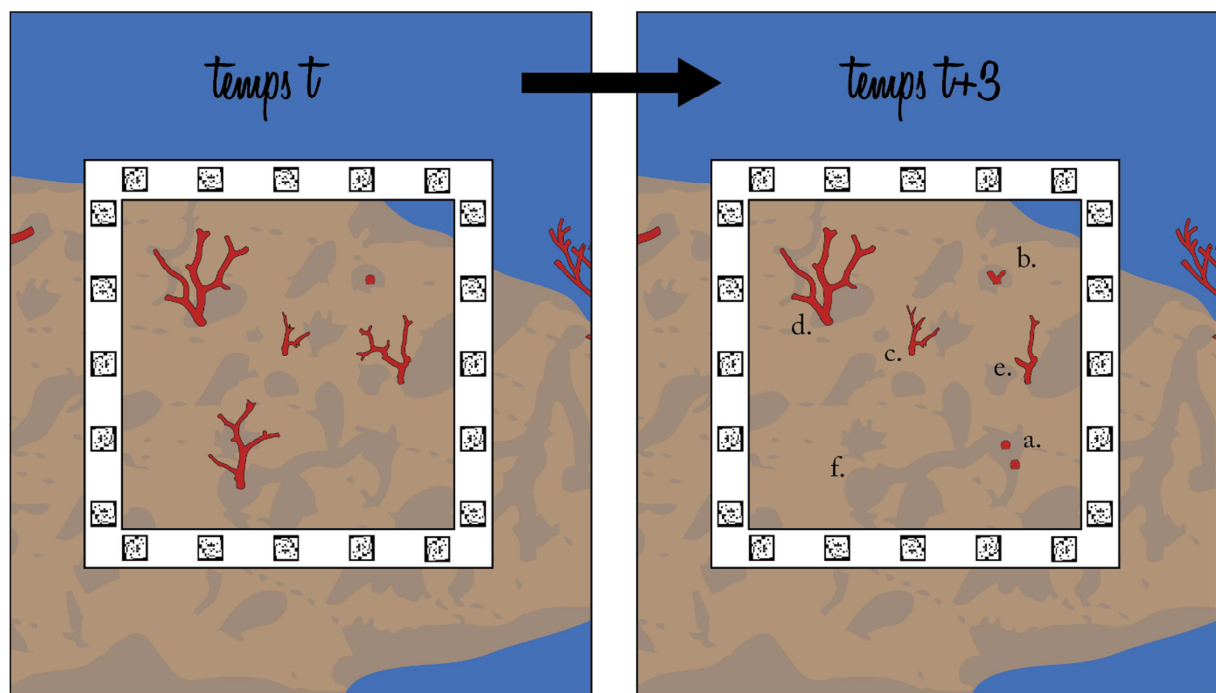


**Figure 115.** Comparaison ZNP vs. hors ZNP. **(A) Pour la taille maximale.** Les fonctions de densités montrent un chevauchement quasi-total entre les tailles des colonies au sein (en jaune) et en dehors (en bleu) des ZNP. **(B) Pour le diamètre basal.** Les fonctions de densités montrent un chevauchement quasi-total entre les diamètres des colonies au sein et en dehors des ZNP. **(C) Pour le nombre de branches.** On constate un léger décalage vers la droite de la fonction de densité pour les colonies en dehors des ZNP par aux colonies au sein des ZNP. Valeurs moyennes indiquée par les lignes pointillées.

#### 4.4.2 Exploitation quantitative de données antérieures (2009-2009)

Nous disposons, pour trois des dix populations étudiées (Grotte à corail, Grotte Pérès et Riou Sud 20 m), d'archives photographiques annuelles remontant jusqu'à 2004. Les photos se distribuent le long de transects permanents et permettent d'effectuer des relevés photogrammétriques. Ces archives nous offrent l'opportunité de revenir sur les évolutions marquantes qu'ont connues ces trois populations tout au long des dix dernières années. Deux niveaux de comparaisons ont été réalisés :

- i. **Comparaison sur le long terme (10 ans).** Les séries de photos de 2004 (les plus anciennes) des trois sites sont analysées et comparées avec celles de 2013. Suivant la même méthodologie qu'utilisée pour la série actuelle (2013) (*cf. matériel & méthode*), la taille maximale, le diamètre basal et le nombre de branches sont mesurés sur chacune des colonies observées au sein des quadrats photographiés en 2004. Ces données nous donnent la possibilité d'explorer les changements qui se sont produits à l'échelle de la dernière décennie et nous mettent à disposition des informations précieuses sur l'évolution du corail sur le **long terme**. A l'issue de cette comparaison, nous sommes en mesure d'estimer un taux de croissance moyen des colonies, propre à chaque population.
- ii. **Comparaisons sur le court-terme (3 – 4 ans).** Afin de pouvoir suivre les évolutions de ces populations de façon fine, les colonies sont également comparées qualitativement à court terme, sur des pas de 3 ou 4 ans (2003 vs. 2006, 2006 vs. 2009, 2009 vs. 2013). A l'intérieur de chaque quadrat, les mêmes individus sont comparés d'une année sur l'autre et leur évolution est classée selon un des six critères suivant : **stagnation, croissance, apparition, disparition, cassure, nécrose partielle, nécrose totale** (Figure 116).



**Figure 116.** Protocole de classification sur les comparaisons à court-terme. Des évolutions de différentes natures sont observables. **(a) Apparition.** Deux nouveaux individus sont apparus dans la population. **(b, c) Croissance.** Passage du stade 'bourgeon' à 'jeune colonie' dans le premier cas, développement des branches dans le second cas. **(d) Stagnation.** Aucune évolution observable, la colonie semble identique. **(e) Mortalité partielle.** La colonie a souffert de dégradations qui peuvent être liées à une cassure ou à de la nécrose partielle. **(f.) Mortalité totale.** La colonie a disparue, soit parce que la cassure très basale a induit le recouvrement de celle-ci par d'autres organismes, soit par détachement de la base elle-même.

#### 4.4.2.1 Comparaison sur le long terme

Au total, 423 colonies ont été mesurées pour la série de 2004 (MGC :  $n = 148$ , PGP :  $n = 170$ , RRS\_20 :  $n = 105$ ) et comparées à 284 colonies de la série 2013 (MGC :  $n = 86$ , PGP :  $n = 100$ , RRS\_20 :  $n = 98$ ). La comparaison des séries de 2004 et de 2013 révèle des résultats différents.

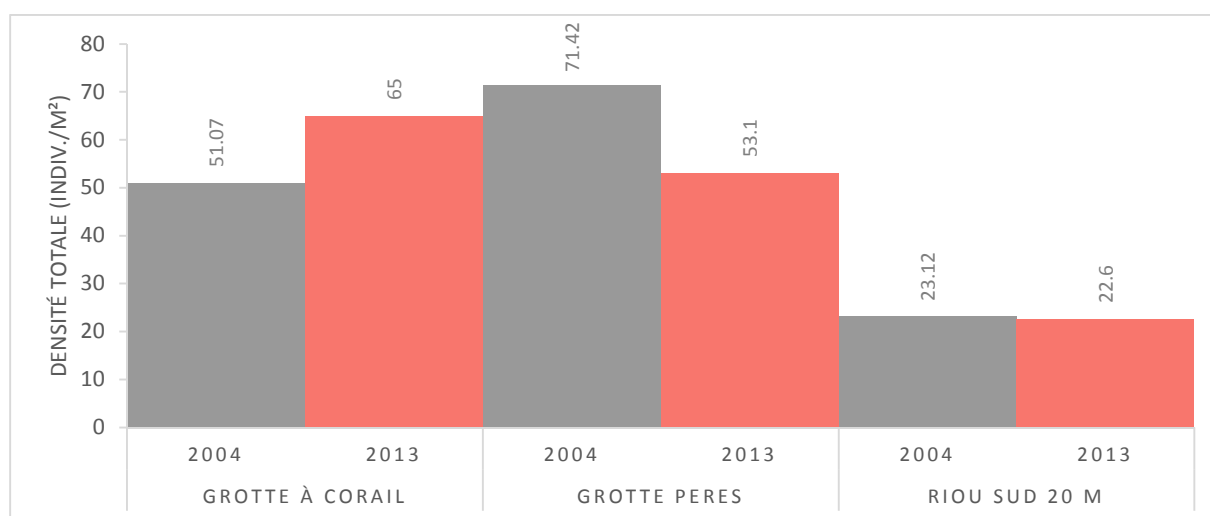
##### 4.4.2.1.1 Densités

Tout d'abord, la comparaison des densités montre que la quantité globale d'individus au mètre carré reste relativement stable (Tableau 32). De légères fluctuations sont observables pour la Grotte à Corail (+ 15 indiv./m<sup>2</sup> entre 2004 et 2013) et la Grotte Pérès (- 20 indiv./m<sup>2</sup> entre 2004 et 2013), tandis que la densité totale reste sensiblement identique à Riou Sud 20 m (Figure 117).

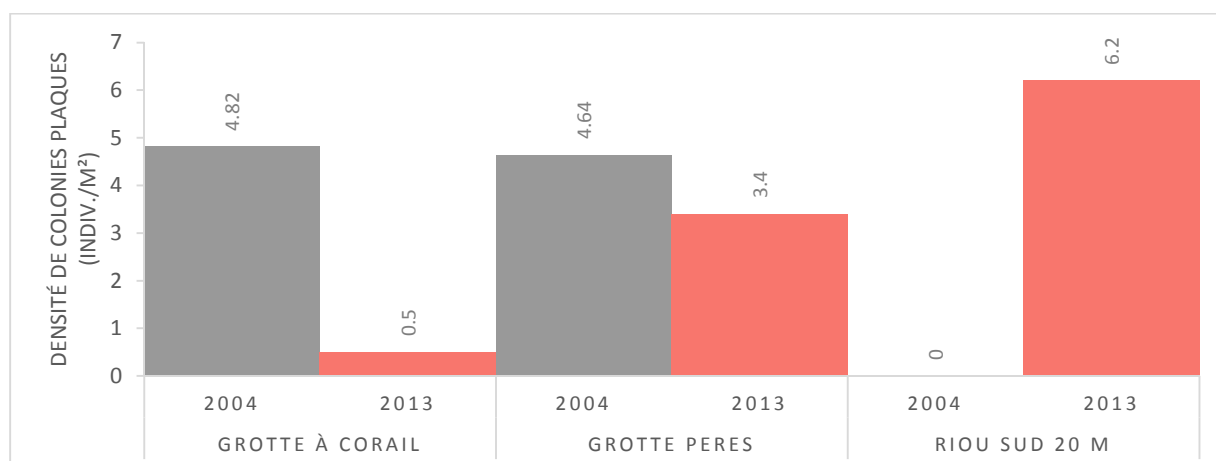
En revanche, les densités des autres morphotypes (bourgeons et colonies plaque) sont très variables (Tableau 32). Des densités relativement importantes de colonies plaque avaient été observées en 2004 à la Grotte à Corail et à la Grotte Pérès. Ces densités sont plus faibles en 2013 mais le morphotype reste présent. A Riou Sud, aucune plaque n'était observée en 2004 tandis qu'elle présente en 2013 une des densités les plus élevée mesurée dans le Parc (Figure 118). Enfin, la densité de bourgeons a été divisée par trois à la Grotte à Corail entre 2004 et 2013 mais elle en revanche en nette augmentation à la Grotte Pérès tandis qu'elle reste stable à Riou Sud 20 m (Figure 119).

**Tableau 32 : Récapitulatif des colonies observées en 2004 et en 2013**

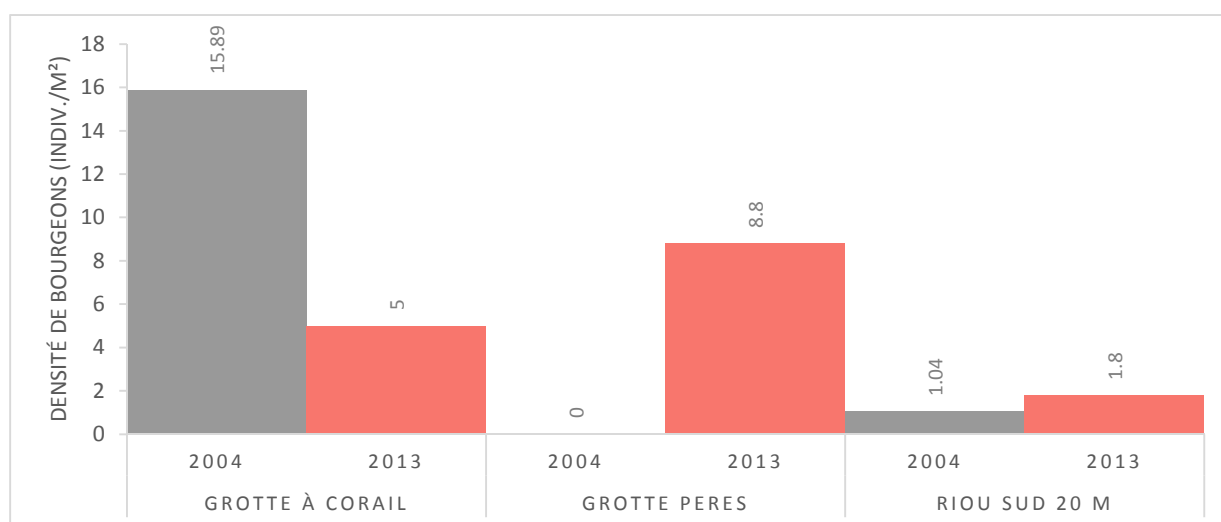
Année	Population	Nb colonies	Nb quadrats	Plaque	Bourgeons	Non mesurable	RAS	Densité totale (indiv./m <sup>2</sup> )	Densité plaques (indiv./m <sup>2</sup> )	Densité bourgeons (indiv./m <sup>2</sup> )
2004	MGC	286	14	27	89	22	148	51,07	4,82	15,89
	PGP	400	14	26	0	203	171	71,42	4,64	0
	RRS_20	111	12	0	5	0	106	23,12	0	1,04
2013	MGC	113	5	1	10	16	86	65	0,5	5
	PGP	170	8	11	28	31	100	53,1	3,4	8,8
	RRS_20	171	19	47	14	12	98	22,6	6,2	1,8



**Figure 117.** Densité totale de colonies par année et par population. La densité totale inclue tous les types d'individus relevés : RAS, plaques, bourgeons et non mesurables. Les densités observées dans chaque population restent globalement stables entre 2004 et 2013.



**Figure 118.** Densité de colonies plaques par année et par population. De fortes différences sont visibles.



**Figure 119.** Densité de bourgeons par année et par population. De fortes différences sont visibles.

## 4.4.2.1.2 Biométries

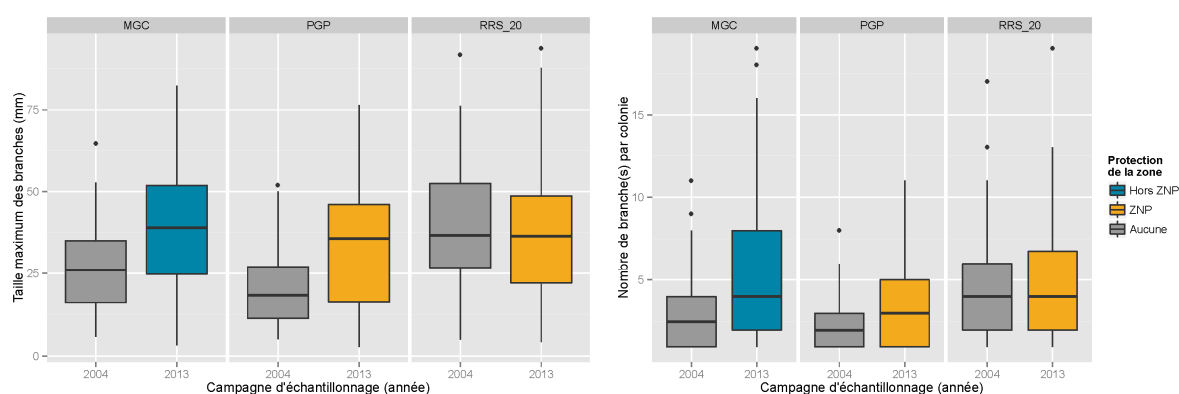
L'analyse des trois biométries révèle un point intéressant. Au cours des dix dernières années, les évolutions observées permettent de distinguer deux types de dynamiques différentes. La Grotte à Corail et la Grotte Pérès présentent des dynamiques de croissance marquées (Figure 120). Entre 2004 et 2013, les colonies de corail rouge ont considérablement augmentées en taille (MGC : + 12.2 mm, PGP : + 12 mm), en diamètre basal (MGC : + 3.67 mm, PGP : + 1.53 mm) et en nombre de branches (MGC : + 2.47, PGP : + 1.19) (Tableau 33).

A l'inverse, la population de Riou Sud 20 m présente peu ou pas de croissance. En moyenne, nous avons observé des colonies de tailles identiques et présentant le même nombre de branches. En revanche, leur diamètre a significativement augmenté (+ 1.61 mm), indiquant tout de même l'existence de croissance (Figure 120, Tableau 33).

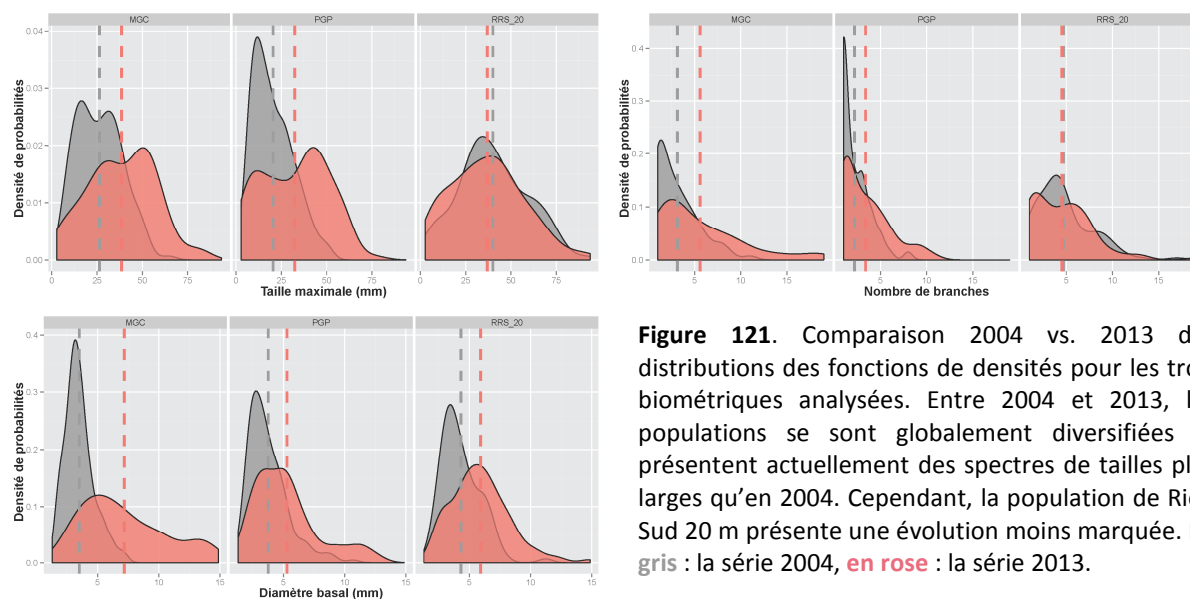
Tableau 33 : Moyennes et résultats des tests pour la comparaison 2004 vs. 2013

	MGC			PGP			RRS_20		
	2004	2013	P	2004	2013	P	2004	2013	P
Taille maximale	26.32	38.52	<b><math>5.86 \times 10^{-9}</math></b>	20.44	32.43	<b><math>7.44 \times 10^{-11}</math></b>	40.01	36.94	0.262
Diamètre basal	3.50	7.17	<b><math>&lt; 2.2 \times 10^{-16}</math></b>	3.75	5.28	<b><math>1.38 \times 10^{-8}</math></b>	4.31	5.92	<b><math>4.31 \times 10^{-8}</math></b>
Nombre de branches	3.13	5.60	<b><math>2.43 \times 10^{-5}</math></b>	2.20	3.39	<b><math>1.76 \times 10^{-4}</math></b>	4.70	4.53	0.538

Ces résultats sont confirmés par l'observation des distributions en taille, diamètre et nombre de branches. Les événements de croissance sont marqués par un décalage marqué et un 'étalement' des fonctions de densité vers la droite. Il s'agit d'un scénario d'évolution idéal où nous observons un passage progressif des populations dominées par une taille de colonie majoritaire (faible variance autour de la moyenne, pics de distribution étroits) à des populations représentées par un panel plus large de tailles (variance élevée autour de la moyenne, pics larges voire distributions bimodales). Cependant, la taille maximale et le nombre de branches observées à Riou Sud 20 m font exception à cette tendance (Figure 121).



**Figure 120.** Comparaison 2004 vs. 2013 au niveau des biométries pour les trois populations. On observe une croissance nette au niveau des trois biométries pour la Grotte à Corail et la Grotte Pérès tandis que la population de Riou Sud 20 m ne semble n'avoir grandi qu'au niveau du diamètre basal. Ces résultats indiquent que les populations de corail rouge dans le Parc national des Calanques peuvent présenter des dynamiques de croissance différentes.

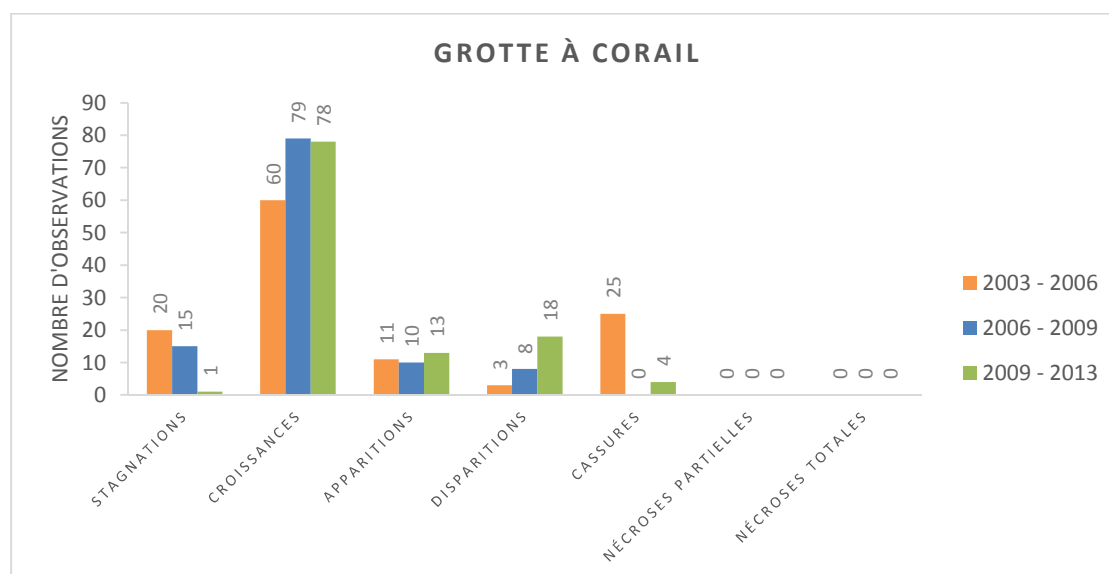


**Figure 121.** Comparaison 2004 vs. 2013 des distributions des fonctions de densités pour les trois biométriques analysées. Entre 2004 et 2013, les populations se sont globalement diversifiées et présentent actuellement des spectres de tailles plus larges qu'en 2004. Cependant, la population de Riou Sud 20 m présente une évolution moins marquée. En gris : la série 2004, en rose : la série 2013.

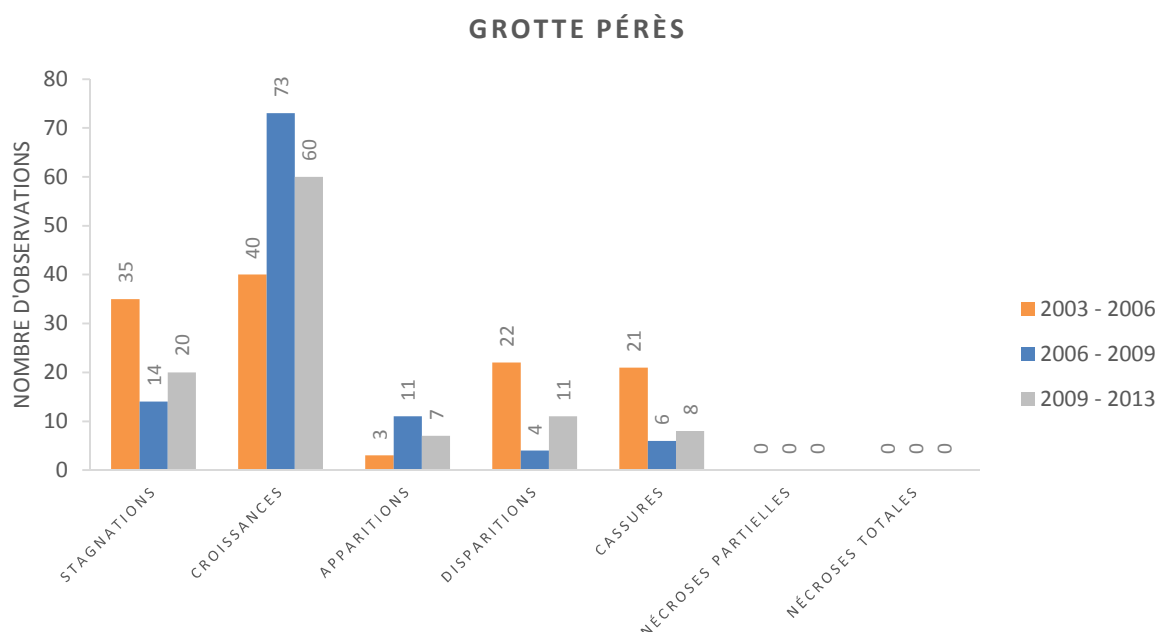
#### 4.4.2.2 Comparaisons sur le court-terme

Vingt-six quadrats ont été comparés (MGC : 8, PGP : 8, RRS\_20 : 10) sur trois pas de temps : 2003 (2005 pour Riou Sud) – 2006, 2006 – 2009 et 2009 – 2013. Au total, 1037 évolutions de colonies ont été répertoriées (MGC : 355, PGP : 335, RRS\_20 : 347) selon les six critères définis ci-dessus.

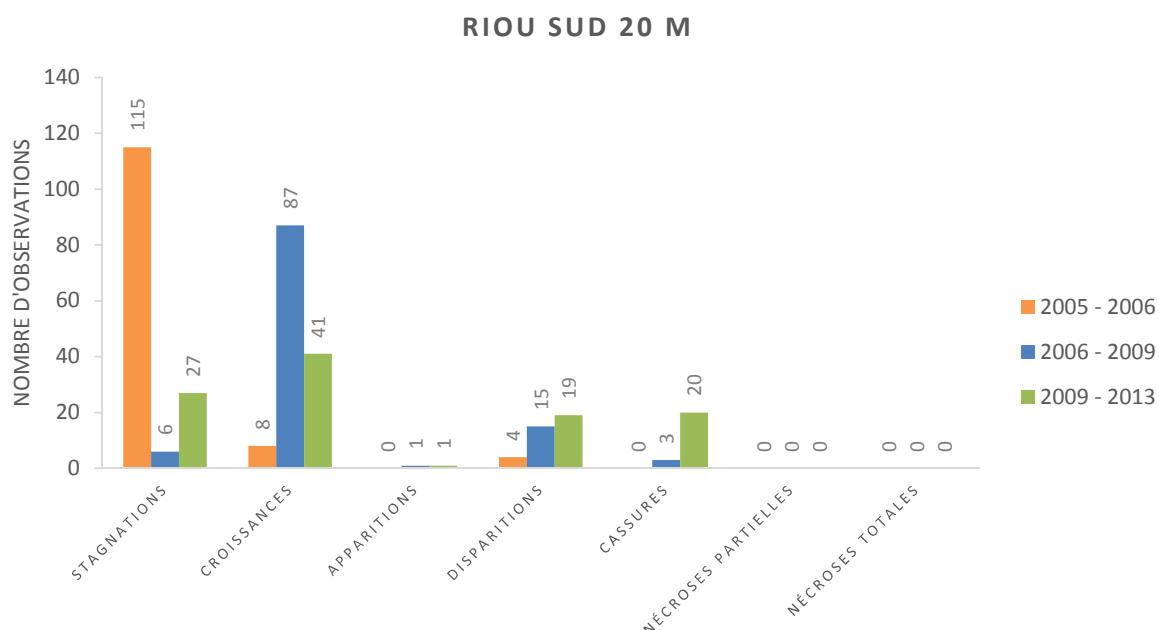
Un gradient décroissant de **croissance** est observé entre la Grotte à Corail ( $n = 217$ ), la Grotte Pérès ( $n = 173$ ) et Riou Sud 20 m ( $n = 136$ ). La même observation est constatée au niveau des **apparitions** de colonies (MGC :  $n = 34$ , PGP :  $n = 21$ , RRS\_20 :  $n = 2$ ). A l'inverse, le gradient opposé est observé au niveau des **stagnations** (MGC :  $n = 36$ , PGP :  $n = 69$ , RRS\_20 :  $n = 148$ ). Enfin, un nombre comparable de **disparitions** et de **cassures** est observé dans les trois sites tandis qu'aucune forme de nécrose (partielle ou totale) n'a été observée (Figure 122, Figure 123 et Figure 124).



**Figure 122.** Évolutions observées sur les trois pas de temps pour la Grotte à Corail. Le nombre d'observations de chaque type d'évolution reste comparable entre les pas de temps. La période de 2003 à 2006 semble néanmoins marquée par un nombre plus élevé de stagnations et de cassures et un nombre plus faible de croissances. Des perturbations plus élevées ont donc été présentes dans cette population au cours de cette période. Aucune forme de mortalité naturelle (nécrose) n'a été observée.



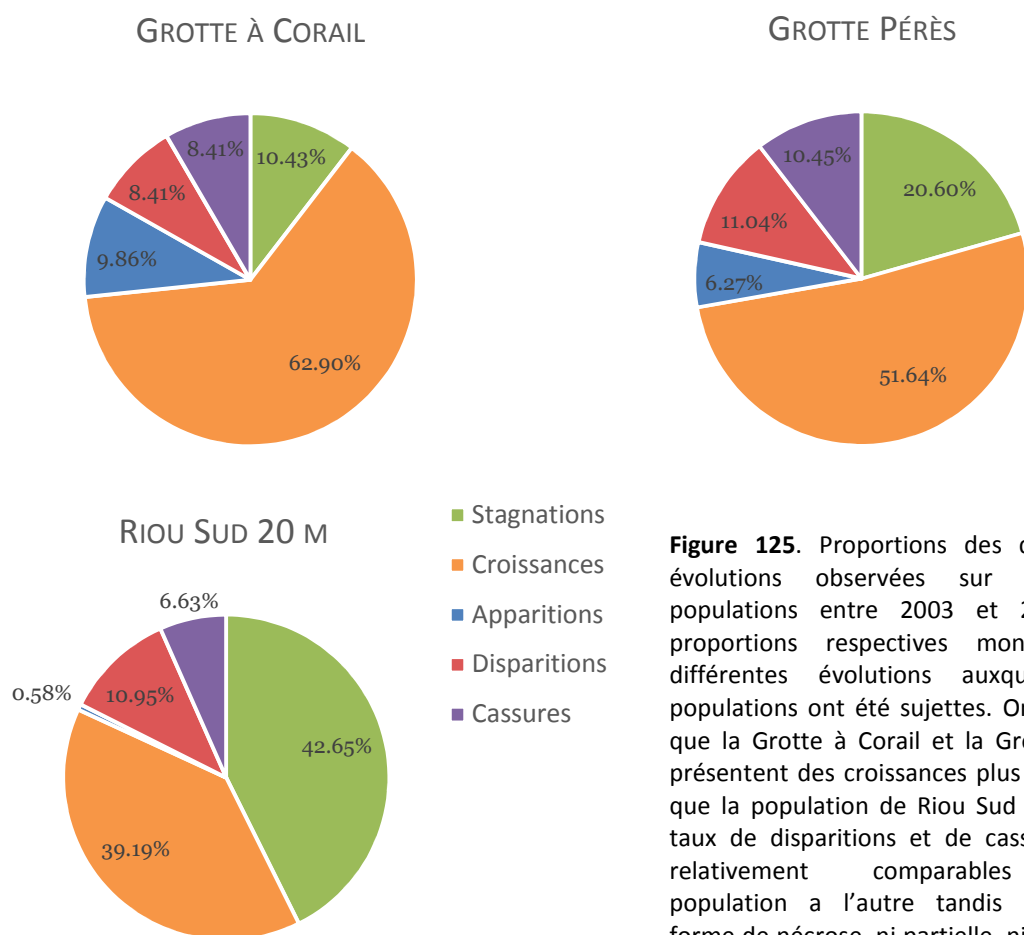
**Figure 123.** Évolutions observées sur les trois pas de temps pour la Grotte Pérès. Le nombre d'observations de chaque type d'évolution reste comparable entre les pas de temps. La période de 2003 à 2006 semble également marquée par un nombre plus élevé de stagnations, de disparitions et de cassures et un nombre plus faible de croissances. Des perturbations plus élevées ont donc été présentes dans cette population au cours de cette période. Aucune forme de mortalité naturelle (nécrose) n'a été observée.



**Figure 124.** Évolutions observées sur les trois pas de temps pour Riou Sud 20 m. Les séries de photos remontaient jusqu'à 2005 pour cette population. La période de 2005 à 2006 étant plus courte (1 an), un nombre plus élevé de stagnations a été observé. Cependant, un nombre particulièrement faible d'apparitions a été observé dans cette population. Malgré le fait que Riou Sud 20 m présente moins d'événements de croissances de façon globale, la période de 2006 à 2009 semble avoir été propice au développement des colonies. Aucune forme de mortalité naturelle (nécrose) n'a été observée.

En proportion, nous observons que la Grotte à Corail est effectivement marquée par un nombre important d'évolutions 'positives' : plus de 60 % (62.90 %) de croissance et presque 10 % d'apparitions (9.86%). La Grotte Pérès présente des valeurs moins élevées mais reste caractéristique

d'une population en développement : plus de 50 % de croissances (51.64%) et 6.27 % d'apparitions. A l'inverse, Riou Sud 20 m présente beaucoup plus de stagnations (42.65%) qui se comparent au nombre de croissances (39.19 %) tandis que quasiment aucune apparition n'est observée (0.58%) (Figure 125).



**Figure 125.** Proportions des différentes évolutions observées sur les trois populations entre 2003 et 2013. Les proportions respectives montrent les différentes évolutions auxquelles les populations ont été sujettes. On constate que la Grotte à Corail et la Grotte Pérès présentent des croissances plus marquées que la population de Riou Sud 20 m. Les taux de disparitions et de cassures sont relativement comparables d'une population à l'autre tandis qu'aucune forme de nécrose, ni partielle, ni totale n'a été observée.

#### 4.4.2.3 Discussion et conclusion

La comparaison des mêmes populations sur l'échelle d'une dizaine d'années permet de mieux comprendre les évolutions auxquelles ces sites sont sujets, en dehors de tout effort de conservation.

**Densité totale.** Nous avons pu constater que la densité totale des individus semble relativement constante et propre à chaque site. Cela corrobore nos conclusions sur la densité (*cf. discussion sur l'objectif 1*). La densité des colonies de corail serait donc probablement dépendante de facteurs environnementaux qui engendrent un espacement plus ou moins important entre les individus. A notre connaissance, aucune étude ne s'est réellement intéressée à identifier les facteurs susceptibles d'avoir un effet sur la densité des populations de corail rouge. Cependant, il est envisageable que la façon dont se distribuent les individus sur un site soit faite de façon à optimiser le recrutement des nouveaux individus et le développement des colonies. Il y a donc de fortes chances que les facteurs importants pour la croissance et le recrutement comme l'hydrodynamisme, la luminosité et la complexité structurale de l'habitat soient également déterminants pour la densité.

**Densités de plaques et bourgeons.** La comparaison au niveau des autres morphotypes (plaques et bourgeons) n'a cependant pas permis de mettre en évidence des motifs particuliers. Au vu des résultats, il reste difficile de comprendre comment les colonies plaques se distribuent ou évoluent. Par ailleurs, l'observation de bourgeons nous indique que les populations se renouvèlent mais il reste difficile de savoir si cela est représentatif du niveau de recrutement dans la population. Toutefois, il est envisageable que des changements environnementaux au sein de ces sites puissent favoriser ou perturber la survie et la fixation des larves et ainsi conduire à une évolution du taux de recrutement.

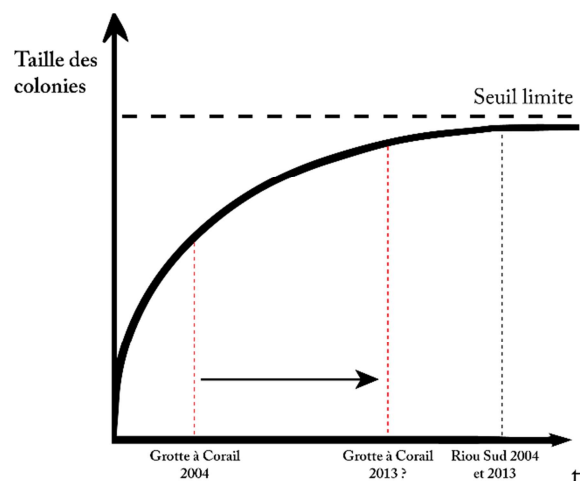
**Analyse des biométries.** La comparaison des séries de 2004 et de 2013 nous a permis d'observer de façon directe une récupération nette de la Grotte à Corail et de la Grotte Pérès et ainsi d'estimer leurs différents taux de croissance. Il semble que les croissances de ces deux populations suivent des dynamiques plus ou moins rapides. Leur taux de croissance en taille sont comparables et de l'ordre de **1.2 mm/an**. Par ailleurs, la Grotte à Corail présente un taux de croissance basal d'environ **0.3 mm/an** ce qui est sensiblement plus élevé que celui de la Grotte Pérès qui s'élève à environ **0.15 mm/an**. C'est un constat également observé au niveau du nombre de branches. Nous mettons en évidence que la Grotte à corail présente à la fois des colonies de taille importante en comparaison aux autres sites étudiés et également des taux de croissance particulièrement forts. A l'inverse, la population de Riou Sud 20 m présentait des colonies de tailles nettement plus importantes que les autres populations en 2004 mais aucune progression marquée n'a été mise en évidence. Seul le diamètre basal des colonies semble continuer à s'élargir à raison d'environ **1.6 mm/an**. Il est intéressant de remarquer que ces estimations correspondent aux ordres de grandeur proposés par Garrabou et Harmelin (Garrabou & Harmelin, 2002) ainsi qu'aux estimations de croissance basale proposées par Marschal *et al.* (Marschal *et al.*, 2004).

**Comparaisons qualitatives.** Les comparaisons qualitatives ne permettent pas de générer des résultats appuyés par des statistiques mais elles proposent une approche intéressante. La comparaison des mêmes quadrats d'un pas de temps à l'autre permet de constater de façon directe les évolutions des colonies et ainsi de rendre compte des événements de perturbations (évolutions 'négatives' : disparitions, cassures) et des événements de récupérations ('évolutions positives' : apparitions, croissances) au sein des populations. Il s'agit par ailleurs de comparaisons rapides et simples à réaliser. Nous avons ainsi pu constater que les trois sites suivis ne semblent pas touchés par de la mortalité naturelle (nécrose) et que, en moyenne, les cassures et les disparitions représentent entre 15 et 20 % des observations. C'est un élément important car il montre que les perturbations naturelles, à l'exception des événements globaux majeurs comme l'acidification des océans (Bramanti *et al.*, 2013; Cerrano *et al.*, 2013) et les anomalies climatiques (Perez *et al.*, 2000;

Garrabou *et al.*, 2001; Ledoux, 2010; Crisci *et al.*, 2011; Teixido *et al.*, 2013) sont négligeables devant les perturbations d'origine anthropiques. C'est un constat déjà largement renseigné dans la littérature scientifique (Santangelo, 1993; Santangelo *et al.*, 2003; Santangelo *et al.*, 2007; Tsounis *et al.*, 2007; Santangelo & Bramanti, 2010; Santangelo *et al.*, 2012a).

Par ailleurs, des tendances comparables à celles obtenues sur la comparaison à long terme sont constatées. En effet, il apparaît que les populations de la Grotte à Corail et de la Grotte Pérès ont connu une récupération soutenue depuis 2003 tandis que la population de Riou Sud 20 m semble s'être maintenue sans être marquée par une croissance importante.

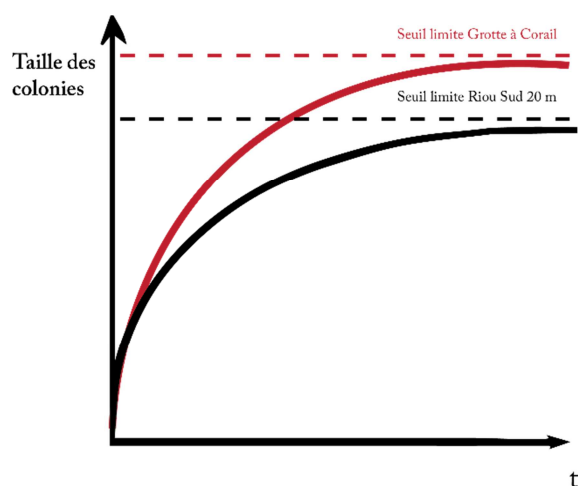
Les résultats observés à Riou nous conduisent à émettre l'hypothèse d'une dynamique de croissance asymptotique des populations de corail rouge. Cette hypothèse consiste à penser que la dynamique de croissance au sein des populations a tendance à ralentir, voire à stagner, à partir d'une certaine taille. On remarque en effet que les colonies de Riou Sud 20 m en 2004 étaient déjà d'une taille comparable à celles de la Grotte à Corail en 2013. La différence de dynamique entre les deux populations pourrait donc être expliquée par le fait que les colonies de Riou soient plus anciennes et aient atteint un seuil limite de taille, au-delà duquel la croissance devient très lente, tandis que celles de la Grotte à Corail, plus jeunes, aient suivies une dynamique de croissance rapide (Figure 126).



**Figure 126 : Représentation schématique de l'hypothèse de dynamique asymptotique de croissance.** La vitesse de croissance des colonies ralentit avec le temps jusqu'à atteindre un plateau où elle devient très faible. Cette hypothèse permettrait d'expliquer pourquoi peu d'évolution a été observée à Riou Sud 20 m.

Des études ont déjà montré que le taux de croissance des colonies est variable en fonction du stade de développement des colonies. En particulier, il avait été montré que les stades juvéniles présentent une croissance plus rapide que les stades matures (Santangelo *et al.*, 2012b), rendant cette hypothèse plausible. Suivant cette hypothèse, il est envisageable que le suivi futur de la Grotte à Corail révèle un fort ralentissement voire une stagnation de la croissance (Figure 126).

Il est également envisageable que chaque population, en fonction de nombreux facteurs environnementaux et génétiques, possède un seuil de croissance maximale différent. Ainsi, il est tout à fait possible que des populations aujourd'hui à des stades plus précoces, tels que la Grotte à Corail, puissent continuer à grandir jusqu'à dépasser des populations aujourd'hui plus matures telles que la population de Riou Sud 20 m (Figure 127).



**Figure 127.** Représentation schématique de l'hypothèse des seuils de croissance maximale. La taille limite à partir de laquelle la croissance atteint un plateau peu potentiellement être différente d'une population à l'autre en fonction de divers facteurs environnementaux et génétiques. Il est donc possible que les colonies de la Grotte à Corail continuent de grandir au cours des prochaines années.

#### 4.4.3 Calibration de la méthode pour la mise en place d'un suivi à long terme

La mise en place du protocole qui permettra de suivre les sites à corail au sein du Parc national des Calanques nécessite une calibration de la méthode employée. En particulier, il est important d'estimer les marges d'erreurs associées aux mesures réalisées sur les colonies de corail rouge (taille, diamètre, nombre de branches). Deux types d'erreurs sont identifiés et testés :

- i. La marge d'erreur INTRA-UTILISATEUR renvoie aux différences observées lorsqu'un **même utilisateur** mesure plusieurs fois la même série de photos. Cette erreur informe sur la reproductibilité des mesures et la précision de la méthode.
- ii. La marge d'erreur INTER-UTILISATEUR renvoie aux différences observées lorsque deux utilisateurs différents mesurent la même série de photos. Cette erreur permet d'évaluer le niveau de subjectivité impliqué dans la mesure des colonies au niveau des différentes variables.

Ces marges d'erreurs sont estimées en prenant comme référence la série photographique de la Grotte à Corail 2013. Nous avons choisi cette population car la complexité des colonies qu'elle présente rend les mesures particulièrement difficiles et permet d'estimer la marge d'erreur maximale (Figure 128).

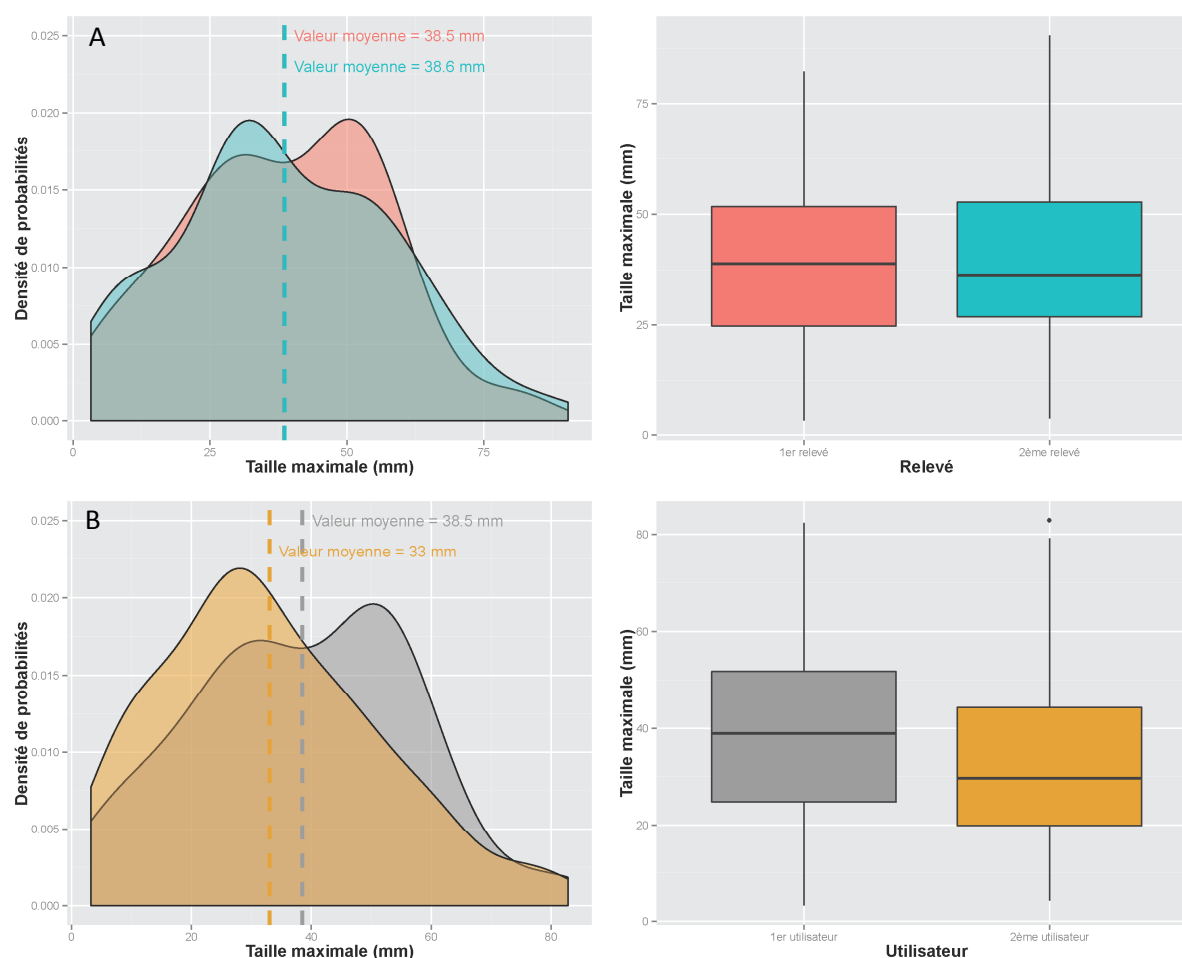


**Figure 128.** Colonies de la Grotte à Corail en 2013. Ce quadrat présente un exemple des colonies observées à la Grotte à Corail en 2013. Cette population présente des colonies de formes complexes dont la mesure peut s'avérer difficile et sujette à l'interprétation de l'utilisateur. Pour cette raison, nous avons décidé d'estimer nos marges d'erreurs sur ces colonies en considérant qu'elles représenteraient le niveau maximal d'erreur possible sur nos mesures. Il est donc envisageable que les marges d'erreurs de la méthode soient légèrement inférieures dans d'autres populations.

#### 4.4.3.1 Taille maximale

Au niveau de la taille maximale, nous n'observons aucune différence significative entre le premier et le deuxième relevé réalisés par le même utilisateur ( $F_{(1,170)} = 2.8 \times 10^{-4}$ ,  $P = 0.986$ ). Les tailles maximales moyennes estimées suite aux deux relevés sont respectivement de **38.5 mm** pour le premier et de **38.6 mm** pour le deuxième. Nous observons donc une marge d'erreur INTRA-UTILISATEUR de **0.1 mm** pour la taille maximale des colonies (Figure 129 A).

Les relevés réalisés par deux utilisateurs différents révèlent cependant une différence significative ( $F_{(1,211)} = 4.612$ ,  $P = 0.032$ ). Les tailles maximales moyennes estimées suite aux relevés réalisés par les deux utilisateurs sont respectivement de **38.5 mm** pour le premier utilisateur et de **33 mm** pour le deuxième utilisateur. Nous observons donc une marge d'erreur INTER-UTILISATEUR de **5.5 mm** pour la taille maximale des colonies (Figure 129 B).

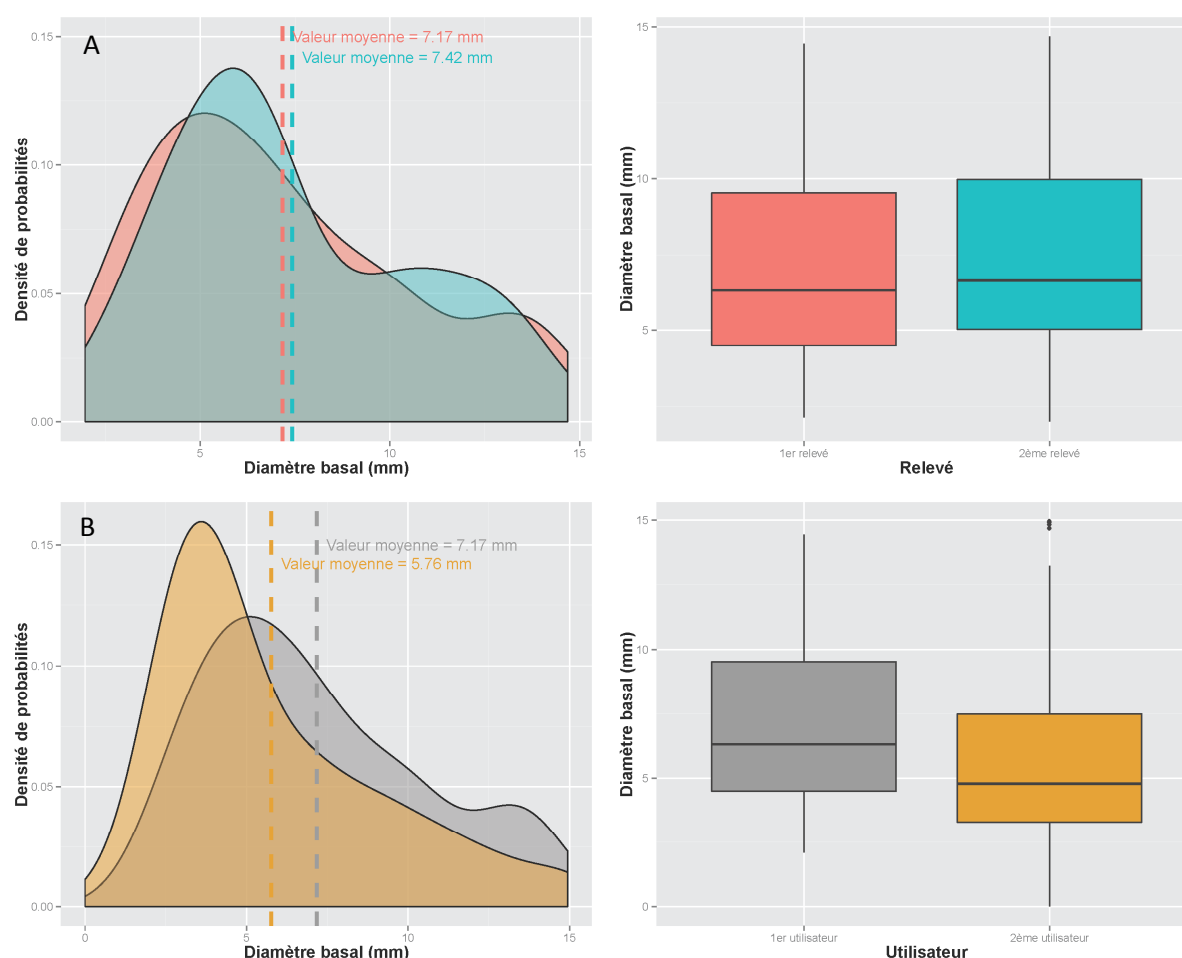


**Figure 129.** Marges d'erreurs INTRA- et INTER-UTILISATEUR pour la taille maximale. **(A)** Marge d'erreur INTRA-UTILISATEUR. La différence d'estimation entre les deux relevés est de 0.1 mm. **(B)** Marge d'erreur INTER-UTILISATEUR. La différence d'estimation entre les deux utilisateurs est de 5.5 mm.

4.4.3.2 **Diamètre basal**

Au niveau du diamètre basal, nous n'observons aucune différence significative entre le premier et le deuxième relevé réalisés par le même utilisateur ( $F_{(1,170)} = 0.249$ ,  $P = 0.618$ ). Les diamètres moyens estimés suite aux deux relevés sont respectivement de **7.17 mm** pour le premier et de **7.42 mm** pour le deuxième. Nous observons donc une marge d'erreur INTRA-UTILISATEUR de **0.25 mm** pour le diamètre basal des colonies (Figure 130A).

Les relevés réalisés par deux utilisateurs différents révèlent cependant une différence significative ( $F_{(1,211)} = 8.739$ ,  $P = 0.003$ ). Les diamètres moyens estimés suite aux relevés réalisés par les deux utilisateurs sont respectivement de **7.17 mm** pour le premier utilisateur et de **5.76 mm** pour le deuxième utilisateur. Nous observons donc une marge d'erreur INTER-UTILISATEUR de **1.41 mm** pour le diamètre basal des colonies (Figure 130B).

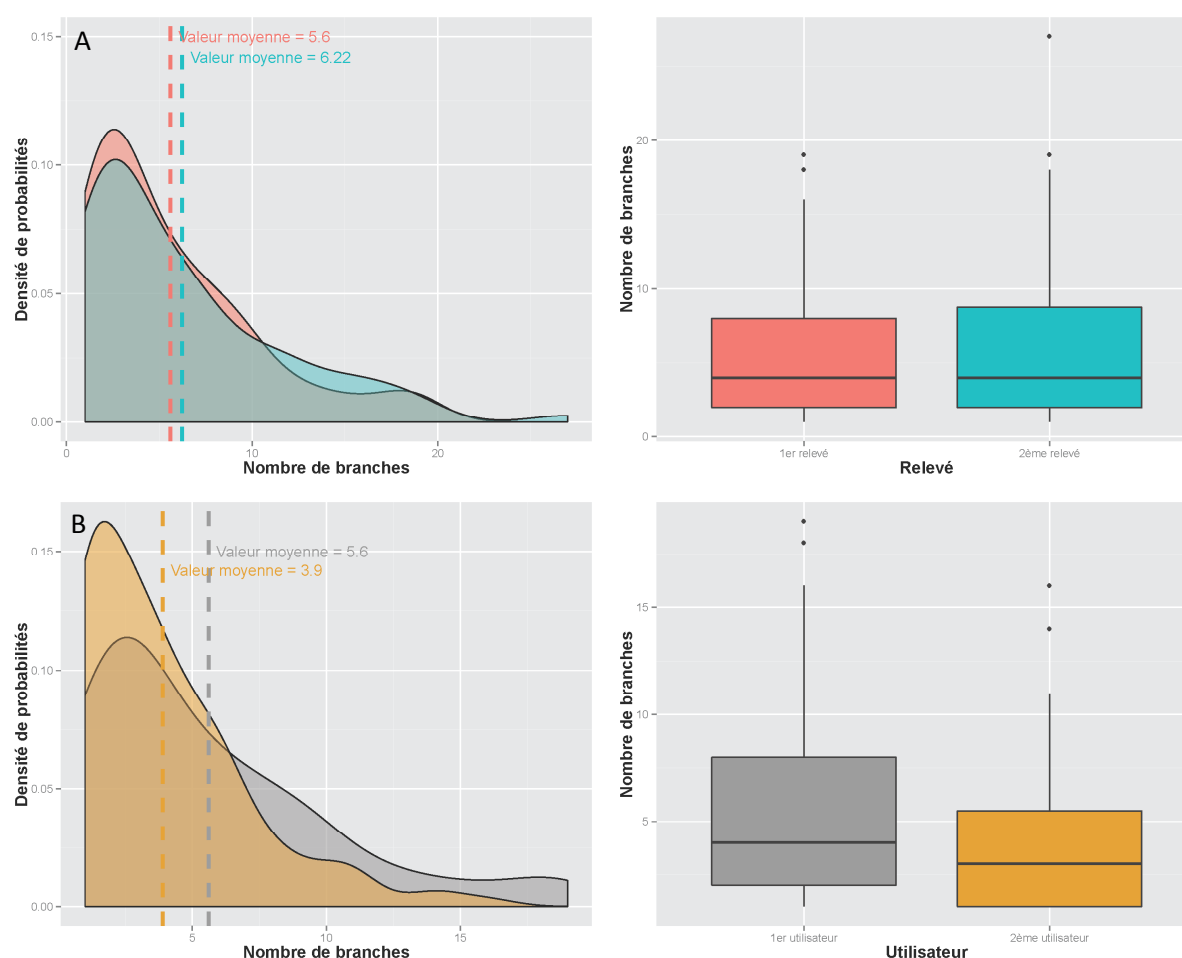


**Figure 130.** Marges d'erreurs INTRA- et INTER-UTILISATEUR pour le diamètre basal. **(A)** Marge d'erreur INTRA-UTILISATEUR. La différence d'estimation entre les deux relevés est de 0.25 mm. **(B)** Marge d'erreur INTER-UTILISATEUR. La différence d'estimation entre les deux utilisateurs est de 1.41 mm.

4.4.3.3 **Nombre de branches**

Au niveau du nombre de branches, nous n'observons aucune différence significative entre le premier et le deuxième relevé réalisés par le même utilisateur (Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 0.240$ ,  $P = 0.624$ ). Les nombres moyens de branches estimés suite aux deux relevés sont respectivement de **5.6** pour le premier et de **6.22** pour le deuxième. Nous observons donc une marge d'erreur INTRA-UTILISATEUR de **0.62** pour le nombre de branches par colonie (Figure 131A).

Les relevés réalisés par deux utilisateurs différents révèlent cependant une différence significative (Kruskal-Wallis  $\chi^2 = 6.927$ ,  $P = 0.008$ ). Les nombres moyens de branches estimés suite aux relevés réalisés par les deux utilisateurs sont respectivement de **5.6** pour le premier utilisateur et de **3.9** pour le deuxième utilisateur. Nous observons donc une marge d'erreur INTER-UTILISATEUR de **1.7** pour le nombre de branches par colonie (Figure 131B).



**Figure 131 : Marges d'erreurs INTRA- et INTER-UTILISATEUR pour le nombre de branches. (A)** Marge d'erreur INTRA-UTILISATEUR. La différence d'estimation entre les deux relevés est de 0.62. **(B)** Marge d'erreur INTER-UTILISATEUR. La différence d'estimation entre les deux utilisateurs est de 1.7.

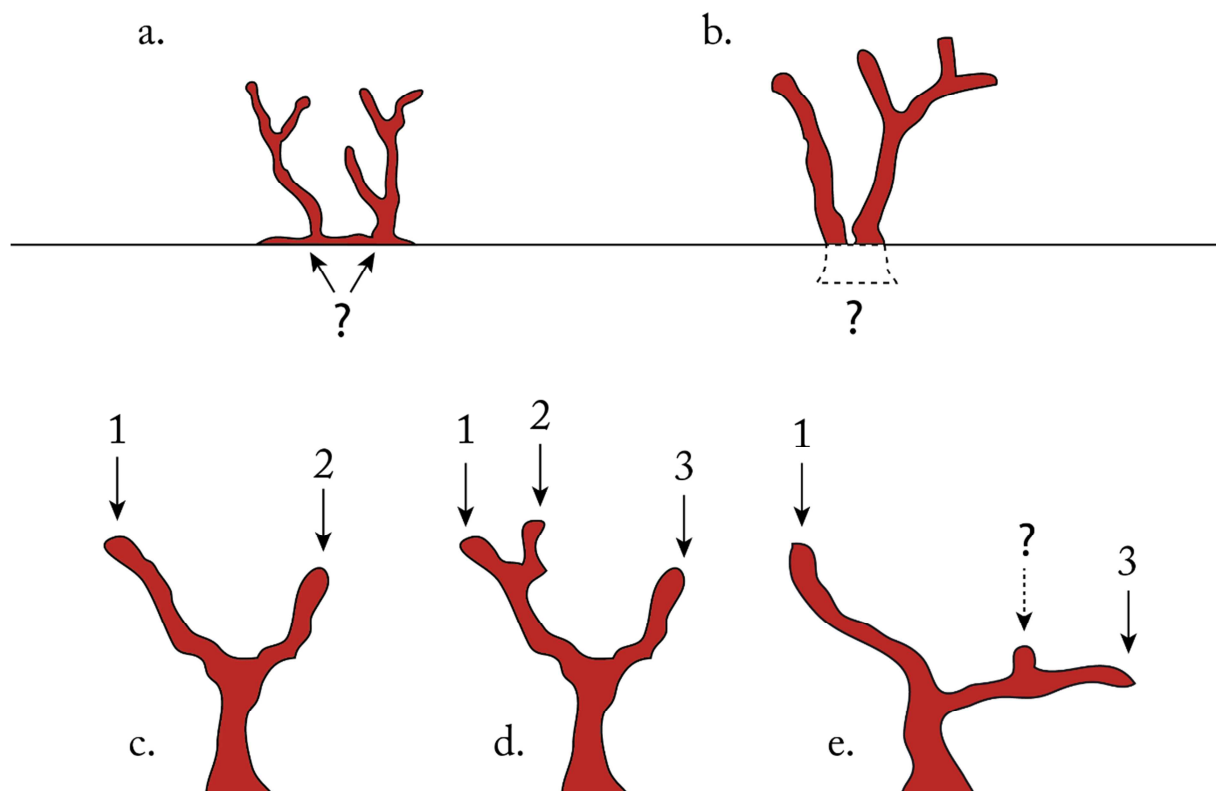
#### 4.4.3.4 Discussion

##### 4.4.3.4.1 Marge d'erreur *INTRA-UTILISATEUR*.

La réalisation de deux relevés photogrammétriques sur la même série de photos et par le même utilisateur a permis d'estimer la marge d'erreur *INTRA-UTILISATEUR*. Nous n'avons observé aucune différence significative entre les deux relevés tant pour la taille maximale, le diamètre basal que pour le nombre de branches. Cela nous permet d'assurer que les résultats significatifs dans cette étude ne sont pas liés à un biais lié aux relevés photogrammétriques dans la mesure où l'ensemble des relevés ont été réalisés par le même utilisateur. Nous avons par ailleurs pu estimer le niveau de précision de la méthode à **0.1 mm** pour la taille maximale, **0.25 mm** pour le diamètre basal et **0.62** pour le nombre de branches. Compte tenu des taux de croissance estimés ci-dessus (*cf. option 1 : exploitation des données antérieures*), cela donne la possibilité à un même utilisateur de distinguer des variations de taille d'une année sur l'autre et des variations de diamètre basal sur un pas de 2-3 ans.

##### 4.4.3.4.2 Marge d'erreur *INTER-UTILISATEUR*.

La réalisation de deux relevés photogrammétriques sur la même série de photos mais par deux utilisateurs différents a permis d'estimer la marge d'erreur *INTER-UTILISATEUR*. Nous observons des différences significatives au niveau des trois variables étudiées. Cela nous indique que la méthode de relevé du corail rouge par la photogrammétrie est sujette à une interprétation subjective de l'utilisateur. Nous constatons en effet que les valeurs mesurées par le deuxième utilisateur ont tendance à être plus faibles que celles obtenues par le premier utilisateur. Après discussion, nous avons déduit que cela était dû au fait que le deuxième utilisateur avait tendance à dénombrer plus de colonies au sein des quadrats que le premier. Les niveaux d'expérience des deux utilisateurs ne sont cependant pas remis en cause. En effet lorsque la densité est élevée et que les branches des colonies se croisent, distinguer les colonies les unes des autres peut s'avérer trop complexe et nécessiter une interprétation de la part de l'utilisateur. Dans certains cas, plusieurs branches présentent un socle de cortex en commun ; en fonction de ce qu'il observe, l'observateur doit décider s'il s'agit d'un individu unique ou de plusieurs individus dont les bases se sont confondues avec le temps (Figure 132 **a**). De même, lorsque les bases des colonies sont très rapprochées, il est parfois impossible de savoir si les branches que nous observons font partie d'un ou de plusieurs individus (Figure 132 **b**). Ces difficultés obligent l'utilisateur à extrapoler son observation pour réaliser son relevé et peuvent conduire à des disparités dans les résultats. De même, l'arborescence des colonies peut, dans certains cas, poser problème lorsque nous observons des branches de très petite taille. En fonction des utilisateurs, le dénombrement des branches d'une même colonie peut varier (Figure 132 **c, d, e**). Nous pensons toutefois pouvoir réduire cette marge d'erreur en réalisant des relevés 'en parallèle' par deux observateurs différents. En effet lors de ce test, les relevés ont été faits sans aucune concertation ou phase de calibration commune entre les deux utilisateurs.



**Figure 132.** Difficultés des relevés photogrammétriques sur le corail. **(a)** Branches partageant un même socle. En fonction de l'utilisateur, ce type de formation peut être considéré comme un ou plusieurs individus. **(b)** Branches rapprochées. Il est souvent impossible de savoir s'il existe une continuité dans le substrat reliant ces branches à un même individu. **(c, d, e)** Difficulté de dénombrement des branches. Les deux premiers cas sont simples mais le dernier cas sera sujet à interprétation.

Ces difficultés conduisent à une estimation de la marge d'erreur INTER-UTILISATEUR de **5.5 mm** pour la taille maximale, **1.41 mm** pour le diamètre basal et **1.7** pour le nombre de branches ce qui correspond, compte tenu de nos estimations des taux de croissance (*cf. option 1 : exploitation des données antérieures*), à une marge d'environ 5 ans.

#### 4.4.3.5 Conclusion

L'estimation des marges d'erreurs liées à l'utilisateur de la méthode permet de mieux comprendre la complexité de la mesure *in situ* sur le corail rouge et de calibrer un protocole de suivi sur le long terme. Au vu des résultats, il semble pertinent de proposer :

- i. **Un suivi qualitatif des populations sur des pas de temps courts (1 an).** C'est un moyen rapide et efficace d'observer les évolutions rapides des populations (mortalités, vitalité) et de surveiller l'apparition de nouvelles perturbations (espèces invasives, mortalités massives, destructions mécaniques, etc.). L'existence de ces archives photographiques permettra par ailleurs de réaliser des mesures si cela s'avère nécessaire.

**Un suivi poussé et quantitatif des populations sur des pas plus longs (5 ans).** Cela permet de suivre de façon fiable l'évolution et la dynamique des différents sites à corail et ainsi d'observer les effets liés aux mesures de gestions mises en place par le PNCal.

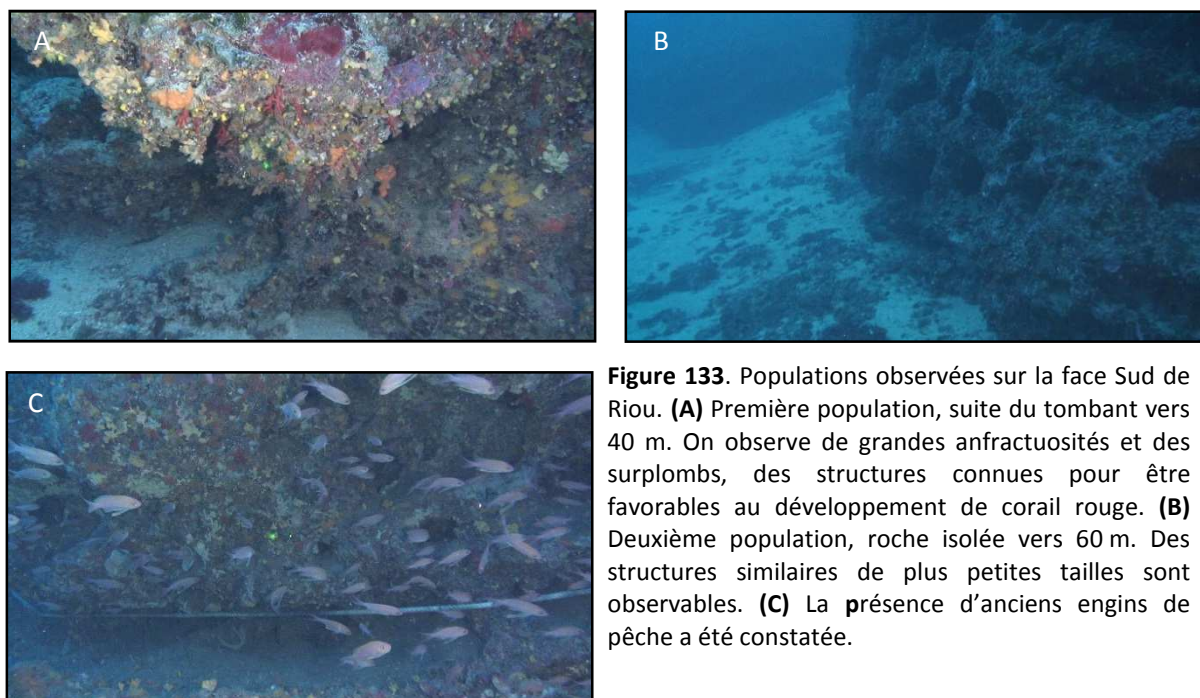
#### 4.4.4 Caractérisation qualitative des populations profondes de corail : état 2013

##### 4.4.4.1 Description des sites

###### 4.4.4.1.1 Face sud de Riou

La première immersion a été réalisée sur la face Sud de l'île de Riou, à l'Ouest des Impériaux et à proximité du site de Riou Sud. La prospection a permis de mettre en évidence deux populations :

- i. La première a été observée en bas du tombant de Riou Sud, à proximité immédiate des observations réalisées en plongée, à une profondeur moyenne de 40 m. Le tombant est constitué de surplombs et de grandes anfractuosités dont la structure est assez homogène (Figure 133 A).
- ii. La deuxième population se situe au niveau de roches isolées qui se détachent du tombant en direction du large. Ces roches, plus profondes (environ 60 m), présentent une élévation de quelques mètres. Elles se caractérisent par des anfractuosités de petites tailles et de petits surplombs peu accessibles dans leur partie basale (Figure 133 B). On constate également la présence d'anciens engins de pêche enchevêtrés dans la roche et les gorgones (Figure 133 C).



**Figure 133.** Populations observées sur la face Sud de Riou. **(A)** Première population, suite du tombant vers 40 m. On observe de grandes anfractuosités et des surplombs, des structures connues pour être favorables au développement de corail rouge. **(B)** Deuxième population, roche isolée vers 60 m. Des structures similaires de plus petites tailles sont observables. **(C)** La présence d'anciens engins de pêche a été constatée.

###### 4.4.4.1.2 Impérial du Large

Une immersion a été réalisée au niveau du tombant Sud de l'Impérial du Large. L'acquisition vidéo a été faite le long du tombant dans la zone des 55 – 65 m puis au niveau d'une roche adjacente jusqu'à 70 m de profondeur. Le site offre de larges parties surplombantes propices au développement de colonies de corail rouge. Les peuplements benthiques sont assez hétérogènes selon leur exposition. Les faces les plus exposées sont sévèrement dénudées alors que les parties moins exposées abritent des colonies de gorgones de grandes tailles en abondance. En effet, on constate là aussi la présence d'anciens engins de pêche suggérant une dégradation importante par ce vecteur (Figure 134).



**Figure 134.** Gorgones et engins de pêche sur le tombant Sud de l'Impérial du Large.

#### 4.4.4.1.3 *Petit Congloué*

Une prospection a été réalisée au départ du triangle interdit, entre le Petit et le Grand Congloué. Les relevés cartographiques indiquaient la présence d'habitats propices au développement de colonies de corail rouge. Ceux-ci n'ont pas été confirmés par la vérité terrain. Le ROV s'est donc rapproché du Petit Congloué où quelques petites colonies ont été observées entre 35 et 40 m, au niveau de la limite inférieure du tombant du Petit Congloué.

#### 4.4.4.1.4 *Cassidaigne 1et 2*

De la même manière que précédemment, les deux premières immersions dans le deuxième secteur ont été infructueuses. Aucun habitat propice n'a été mis en évidence (Figure 135).



**Figure 135.** Photographie du substrat lors des deux premières mises à l'eau du ROV sur le secteur Cassidaigne. **Gauche** : première immersion. **Droite** : deuxième immersion.

#### 4.4.4.1.5 Cassidaigne 3

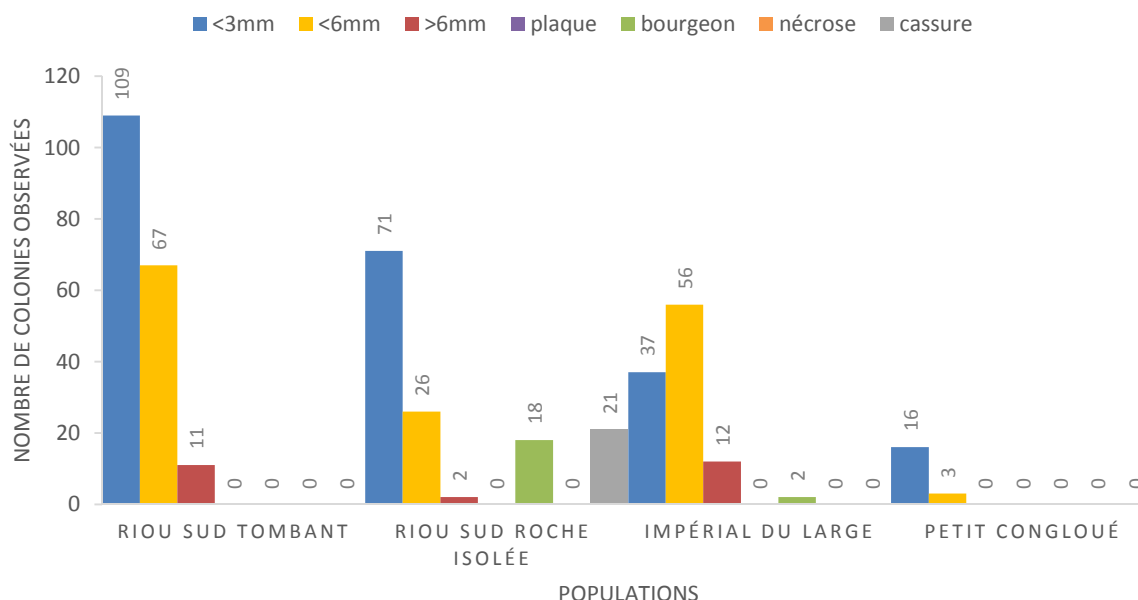
La troisième immersion du ROV a permis d'observer une roche présentant des caractéristiques propices au développement de colonies de corail rouge. Il s'agit d'une tête de roche de plusieurs dizaines de mètres carré et de quelques mètres d'élévation. La roche est largement colonisée par les organismes caractéristiques de ces habitats à ces profondeurs. Toutefois aucune colonie de corail rouge n'a été observée (Figure 136).



**Figure 136.** Tête de roche observée lors de la troisième immersion du ROV à la Cassidaigne. Aucune colonie de corail n'a été observée bien qu'il s'agisse d'un habitat coralligène caractéristique.

#### 4.4.4.2 Description des populations de corail rouge

La Figure 137 permet de mettre en évidence l'abondance relative de colonies observées en termes de taille et au niveau des sites où le corail rouge a été observé. On distingue les colonies de taille inférieure à 3 cm, de taille comprise entre 3 cm et 6 cm et les colonies de taille supérieure. La figure montre également le nombre de colonies présentant des lésions (nécroses et cassures) ainsi que le nombre de bourgeons observés. Aucune colonie plaque n'a été trouvée.



**Figure 137.** Répartition des colonies par classe de taille et morphotypes. L'abondance des sept types décrits est présentée en fonctions des populations dans lesquelles ils ont été observés. Globalement, l'abondance va en décroissant avec la taille des colonies. Quelques types 'spéciaux' ont été observés (bourgeons, cassures) mais aucune plaque ou nécrose n'a été constatée.

##### 4.4.4.2.1 Riou Sud tombant

Le site de Riou Sud tombant abrite une population abondante se répartissant de manière homogène. La majorité des colonies (plus de 50%) ne dépasse pas 3 cm. Environ 30% des colonies mesure entre 3 et 6 cm. On dénombre 11 colonies (parmi 187) qui dépassent 6 cm de hauteur. Il s'agit de taille 'hors normes' vis-à-vis des relevés effectués en plongée scaphandre. Aucun élément particulier n'a été relevé. Cette population semble relativement préservée de perturbations mécaniques du fait de la proportion de colonies de taille supérieure à 3 cm.

##### 4.4.4.2.2 Riou Sud roches isolées

La morphologie des colonies observées au niveau des roches isolées de Riou Sud suggère l'existence de perturbations anciennes majeures. En effet, parmi la centaine de colonies observées, environ 20% présentent des stigmates de cassures. Ces colonies (Figure 138) se caractérisent par un diamètre élevé en comparaison à leur hauteur et leur nombre de branche. Les cassures nettes avec présence de petites repousses évoquent une action de prélèvement volontaire. Ce constat explique la distribution en classe de taille nettement décalée vers la classe inférieure bien que les colonies observées semblent, de par la largeur de leur diamètre basal, anciennes. A noter que 18 bourgeons

ont été dénombrés suggérant une certaine capacité de renouvellement de la population sur cette roche.



**Figure 138.** Présence de colonies corallées sur une roche isolée à Riou Sud (~ 60 m). On observe des colonies très courtes (flèches blanches) présentant néanmoins des bases très larges. Ce sont les marques caractéristiques de colonies anciennes en repousse après avoir été cassées à leur base. La distance entre les deux points verts vaut 6 cm.

#### 4.4.4.2.3 *Impérial du Large*

La population observée sur l'Impérial du large semble moins abondante. Les colonies observées sont majoritairement comprises entre 3 et 6 cm de hauteur. Toutefois aucune colonie de taille supérieure à 6 cm n'a été observée. Aucun élément ne démontre clairement des dégradations volontaires des colonies. La nature du site semble toutefois propice à des peuplements plus abondants mais il est difficile de relier directement l'impact de prélèvement et les caractéristiques de la population de ce site.

#### 4.4.4.2.4 *Petit Congloué*

Le transect réalisé au niveau du petit Congloué n'a pas permis d'identifier une population distincte. Seules quelques colonies ont été identifiées à la base du tombant, et ce, à une profondeur inférieure à 40 m.

#### 4.4.4.2.5 *Cassidaigne*

Parmi les trois plongées réalisées aux alentours de la Cassidaigne, seule l'une d'elle a permis de mettre en évidence la présence d'un site propice au développement d'une population de corail rouge. Bien que le substrat et les peuplements associés semblent répondre aux caractéristiques d'un peuplement de corail rouge, aucune colonie n'a été observée (Figure 136).

#### 4.4.4.3 Conclusions

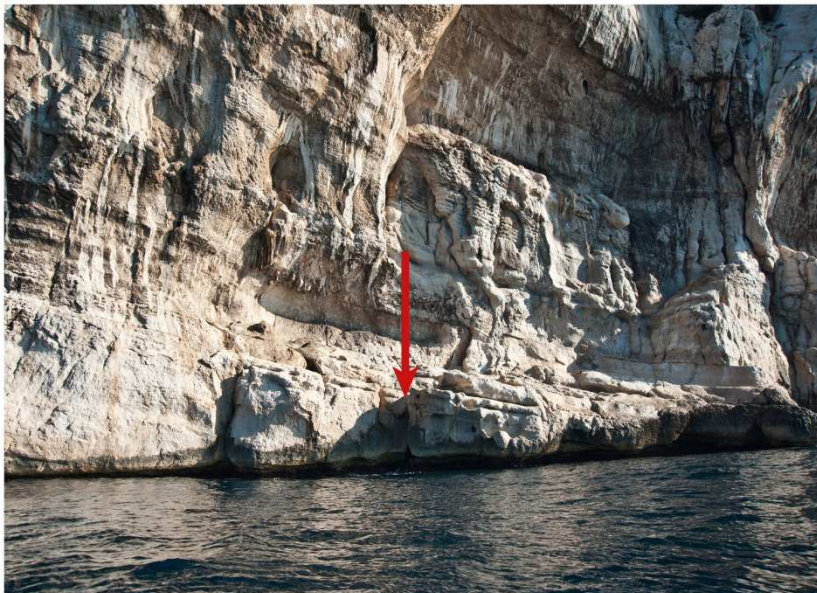
Cette première prospection des sites profonds nous donne des indices sur l'état de conservation des populations vivant dans la zone des 50 – 70 m. Plusieurs points importants ont été mis en évidence :



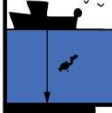


- i.* Une quantité non négligeable de 'grandes colonies', de taille supérieure à 6 cm a été observée. Les proportions respectives des classes de tailles restent toutefois comparables à celles observées au niveau des populations moins profondes où des tailles supérieures à 9 cm (valeur maximale = 9.4 cm) ont également pu être mesurées.
- ii.* Les colonies semblent réparties de façon moins dense à ces profondeurs par rapport aux populations moins profondes présentées dans cette étude. En effet, les sites à corail profonds semblent se répartir sur une surface plus grande avec des colonies plus espacées. Toutefois la nature de l'habitat (surplomb, tombant, anfractuosités) influence la densité des populations. Les parcours ont été exclusivement réalisés au niveau de petites anfractuosités et de petits surplombs en opposition avec les sites étudiés dans la zone des 20 – 30 m.
- iii.* La présence de colonies présentant les séquelles caractéristiques de prélèvements volontaires est un élément marquant. De par la profondeur de ces sites et la nature des cassures observées, nous pouvons aisément attester de l'activité de corailleurs dans le secteur des calanques, affectant de ce fait les populations profondes.
- iv.* Peu de bourgeons ont été observés par rapport aux populations moins profondes. Cette faible proportion de bourgeons pourrait cependant être liée à la distance de prise de vue. En effet, le ROV ne permet pas d'approcher le substrat avec une précision équivalente à celle d'un plongeur muni d'un appareil photo.
- v.* Aucune colonie de corail rouge n'a pu être observée sur le site rocheux du secteur de la Cassidaigne. Cela peut être dû à plusieurs éléments. : (i) tout d'abord le temps d'observation n'a peut-être pas été suffisant pour explorer complètement le site, (ii) une trop forte pression de prélèvements par les corailleurs a pu conduire à la disparition du corail sur cette zone, (iii) enfin, il est également possible que des facteurs écologiques (barrières physico-chimiques ou abiotiques) aient empêchés la dispersion des larves jusqu'à ce site (Costantini *et al.*, 2011).

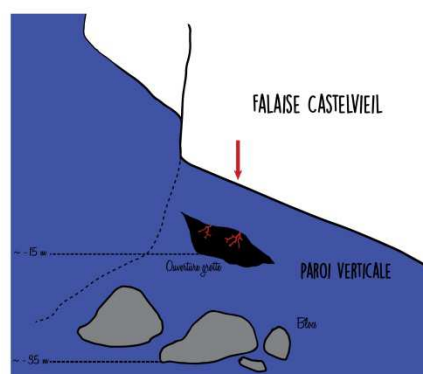
De façon générale, la zone des 50 – 100 m est très peu connue par la communauté scientifique. Même avec les données cartographiques il reste difficile d'identifier avec certitude la présence de sites de corail rouge. Au vu de cette première mission d'exploration, Il semblerait pertinent :

1. De réaliser des campagnes de prospection en plongée dans la zone des 50 – 80 m en s'appuyant sur la connaissance et l'expérience de plongeurs spécialistes de l'exploration profonde.
2. De mettre en place un suivi sur un peuplement défini comme 'coraillé' afin d'évaluer sa capacité de récupération.
3. De continuer l'exploration à l'aide d'une logistique de pointe dans la zone des 80 – 100 m au niveau des roches profondes, dans le périmètre du Parc national des Calanques.
4. De développer un quadrat de densité sur un ROV pour mieux comptabiliser les différentes populations.

4.4.5 Fiches de synthèse des sites à *Corallium rubrum*
 CASTELVIEIL



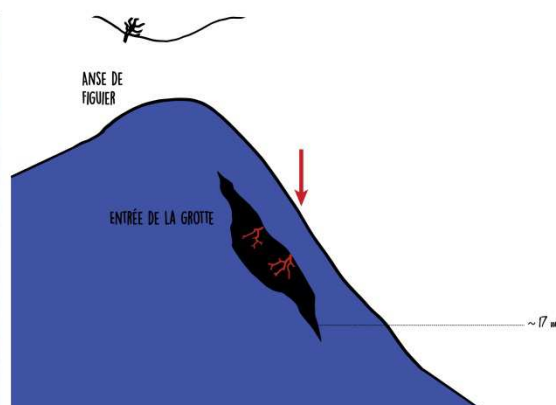
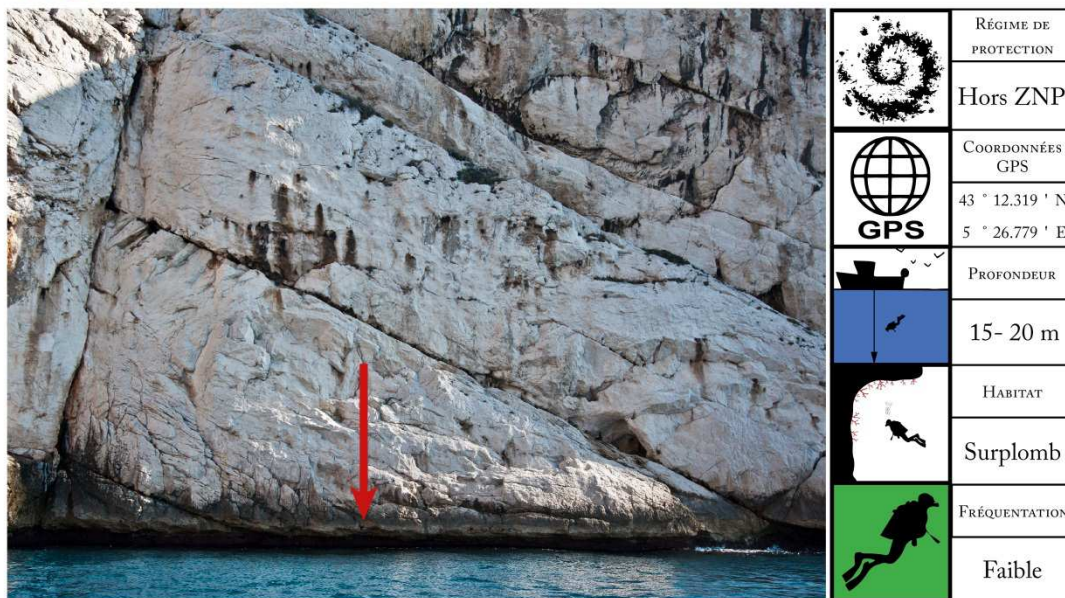
	RÉGIME DE PROTECTION
	Hors ZNP
	COORDONNÉES GPS
	43 ° 11.856 ' N 5 ° 29.945 ' E
	PROFONDEUR
	15- 20 m
	HABITAT
	Surplomb
	FRÉQUENTATION
	Moyenne



La population sélectionnée a été échantillonnée à l'entrée de la grotte à corail de Castelvieil. Cette cavité, non-traversante, se caractérise par un large surplomb où les colonies se développent. Cette grotte se trouve à une profondeur de 15 m environ sur une grande paroi verticale, qui, quant à elle, est assez dénudée. Ce site est assez fréquenté pour les clubs cassidains notamment car elle se trouve très proche du port. Toutefois, l'affluence des clubs de plongée reste limitée par rapport à la fréquentation observée sur le secteur marseillais.



# FIGUIER

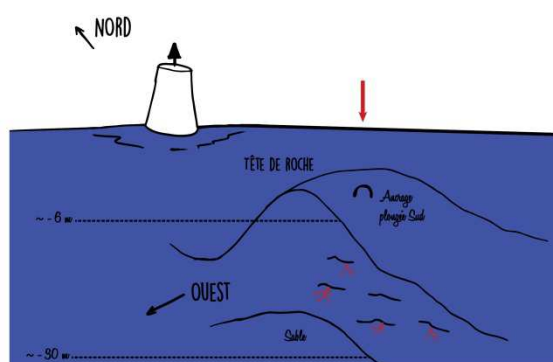


La population étudiée se trouve à l'entrée d'une grande cavité, sur la partie surplombante située dans l'axe de la flèche rouge indiquée sur la photo ci-dessus. Malgré la faible profondeur (15 m environ) et l'abri qu'offre cette crique, la population semble être relativement préservée. En effet, la distance et la récente mesure de protection dont bénéficie le site (interdiction de plongée sur l'ensemble du secteur de la Calanque de la Triperie) limite la fréquentation et les risques de destruction mécanique.

## BALISE DE L'ÎLE VERTE

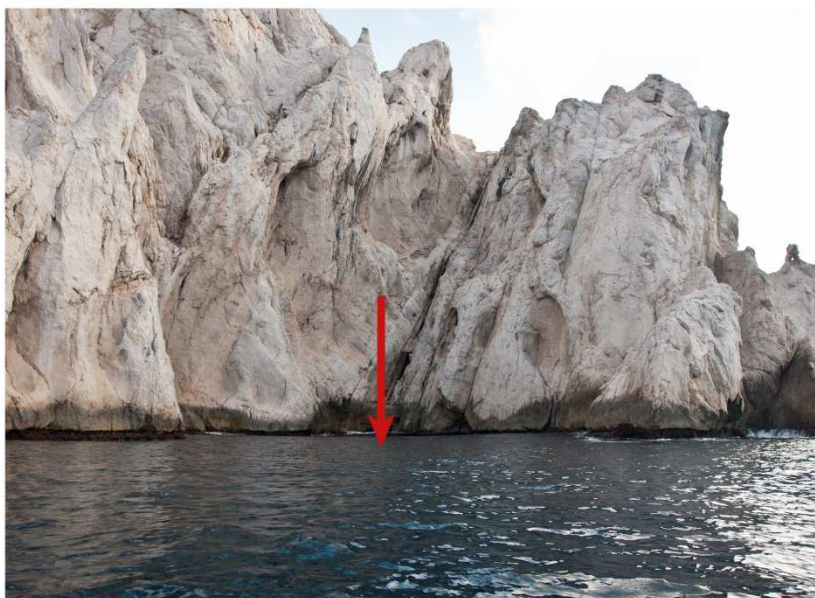



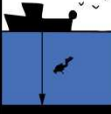


	RÉGIME DE PROTECTION
	Hors ZNP
	COORDONNÉES GPS
	43 ° 9.601 ' N 5 ° 36.734 ' E
	PROFONDEUR
	20 - 30 m
	HABITAT
	Tombant
	FRÉQUENTATION
	Élevée

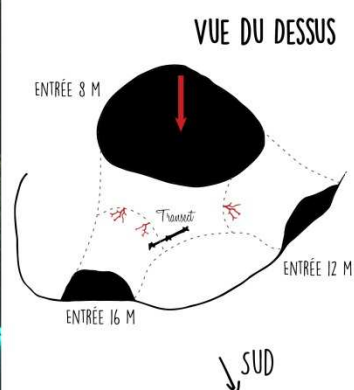


Il s'agit d'un tombant de 5 à 35 m de profondeur. Ce site est équipé de deux anneaux immergés pour l'ancrage des bateaux de plongée. Ce site est très fréquenté du fait des différentes profondeurs d'évolution qu'il propose. Le tombant présente de nombreuses anfractuosités et des concrétionnements de coralligène. Les colonies de corail rouge ont donc été échantillonnées aux niveaux de différentes anfractuosités et de petits surplombs entre 20 et 30 m de profondeur à partir de l'ancrage situé le plus au Sud, au niveau du tombant orienté plein Ouest.

## GROTTE À CORAIL

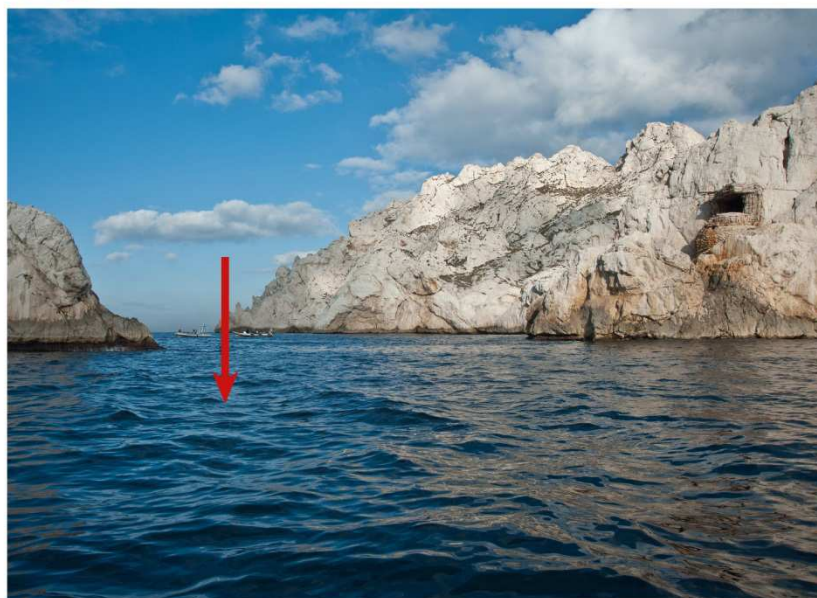




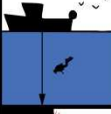


	RÉGIME DE PROTECTION
	Hors ZNP
	COORDONNÉES GPS
	43 ° 12.627 ' N 5 ° 19.942 ' E
	PROFONDEUR
	10 - 15 m
	HABITAT
	Grotte
	FRÉQUENTATION
	Élevée

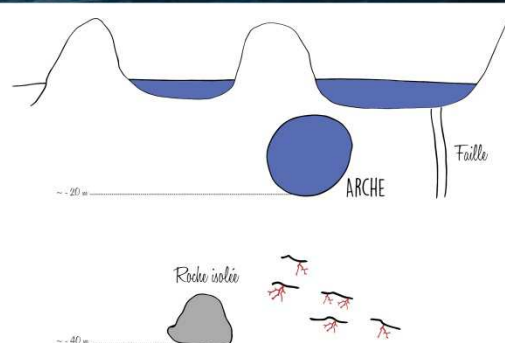


La Grotte à Corail peut se définir comme un immense surplomb circulaire. Elle possède deux entrées principales orientées vers le large et possède un « cratère » central d'une dizaine de mètres de diamètre. La profondeur de la grotte n'excède pas 16 m. Le transect se situe à une douzaine de mètres dans l'alignement de l'entrée la plus profonde. Ce site est relativement fréquenté, notamment par des plongeurs débutants du fait de la faible profondeur d'évolution.

## LES PHARILLONS DE L'ÎLE MAÏRE

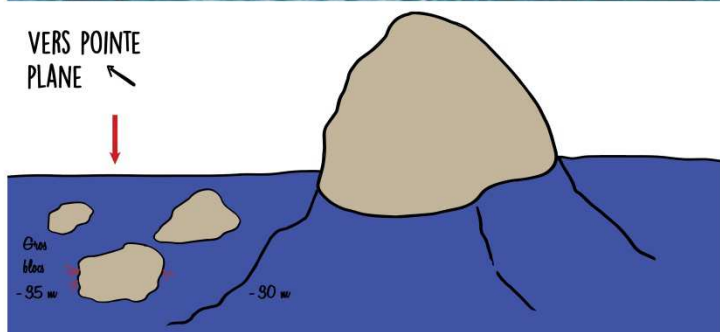
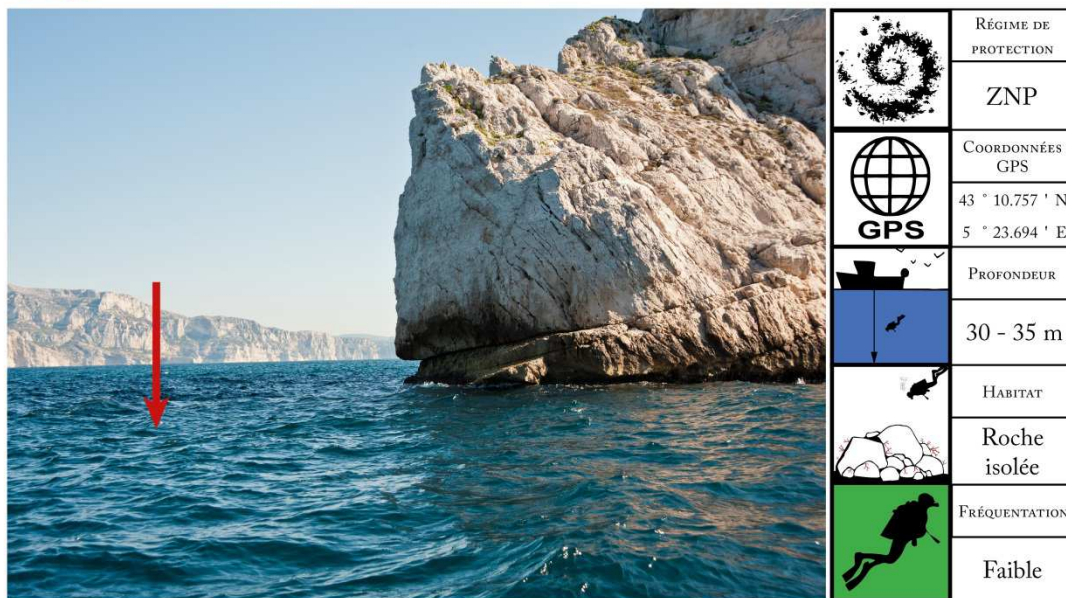


	RÉGIME DE PROTECTION
	Hors ZNP
	COORDONNÉES GPS
	43 ° 12.439 ' N 5 ° 20.279 ' E
	PROFONDEUR
	30 - 40 m
	HABITAT
	Tombant
	FRÉQUENTATION
	Élevée



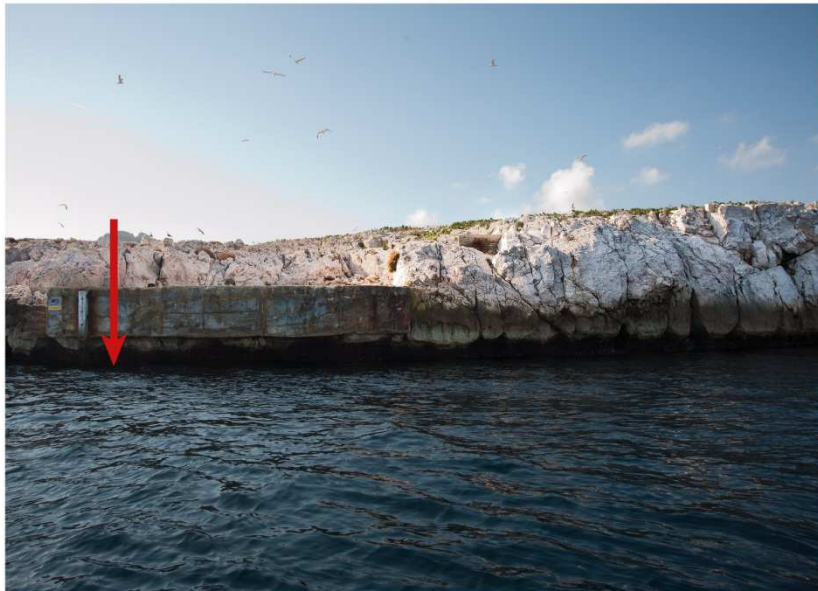
Le tombant des pharillons se caractérise par une paroi verticale allant de la surface jusqu'à 40 m de profondeur environ. Il s'agit sans doute du site le plus fréquenté de cette étude. Le tombant offre des abondances d'espèces très variables, allant en s'accroissant lorsque l'on s'éloigne des zones de mouillage aménagées pour la plongée. La population étudiée se situe en dessous de la grande arche, entre 30 et 40 m de profondeur. Sur cette partie, le site se caractérise par des anfractuosités de taille moyenne et des grandes failles.






## LE PETIT CONGLOUÉ

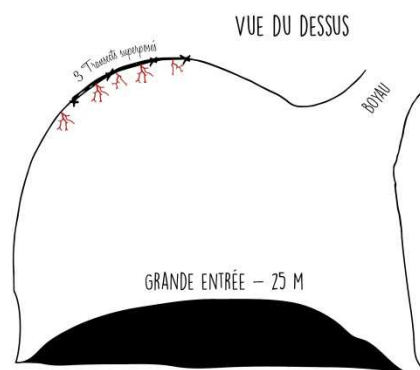
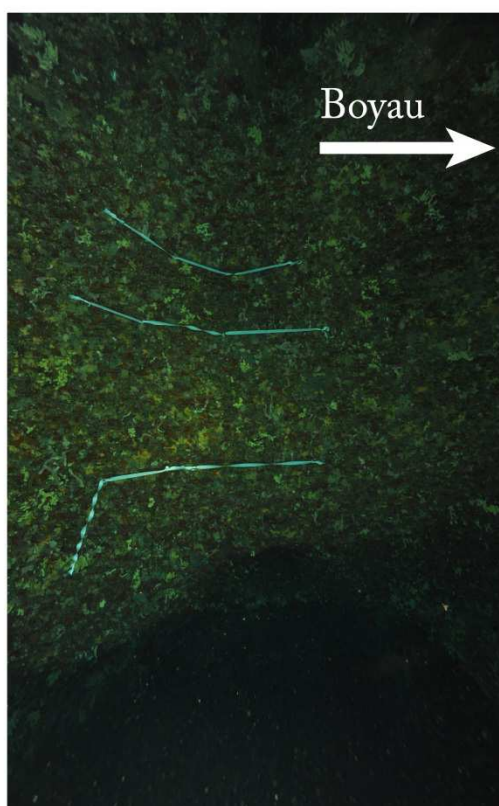


Le site du Petit Congloué est très peu fréquenté par la plongée loisir (limite de zone d'interdiction de plongée et profondeur peu adaptée à l'évolution de niveaux 1 – trop profond – ou de niveaux supérieurs – pas assez profond). Le site se caractérise par un tombant assez uniforme autour de l'îlot. Les colonies étudiées se situent plus au Nord sous de gros blocs rocheux créant de petits à moyens surplombs très peu élevés.

## GROTTE PERES



	RÉGIME DE PROTECTION
	ZNP
	COORDONNÉES GPS
	43 ° 11.195 ' N 5 ° 23.472 ' E
	PROFONDEUR
	10 - 15 m
	HABITAT
	Grotte
	FRÉQUENTATION
	Élevée



Le site de la Grotte Peres se caractérise par une grande cavité, assez profonde par endroit. L'ouverture se situe entre 10 et 25 m de profondeur. Les trois transects (de 4 crochets chacun) se situent sur la partie la plus verticale de la grotte. Ils se superposent entre 12 et 16 m de profondeur. Le site de la Grotte Peres est bien fréquenté de par la richesse du site et une profondeur d'évolution adaptée à tous les niveaux.

## LE TOMBANT DU PLANIER

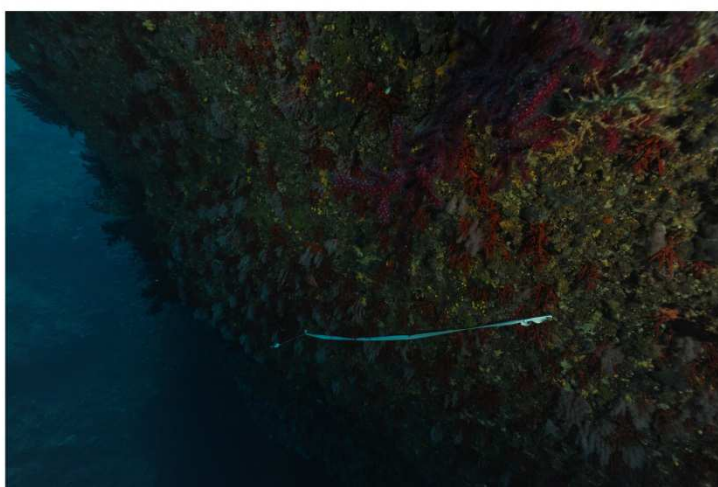
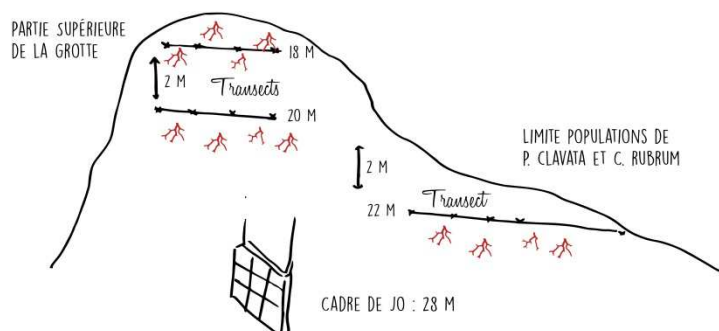
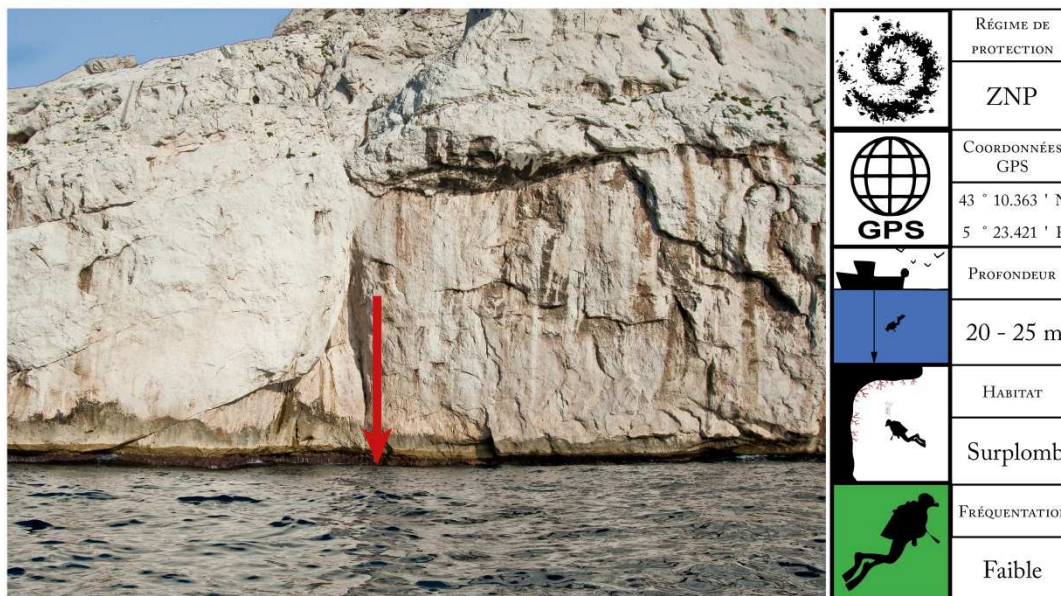


	RÉGIME DE PROTECTION
	ZNP
	COORDONNÉES GPS
	43 ° 11.956 ' N 5 ° 13.721 ' E
	PROFONDEUR
	30 - 35 m
	HABITAT
	Tombant
	FRÉQUENTATION
	Moyenne



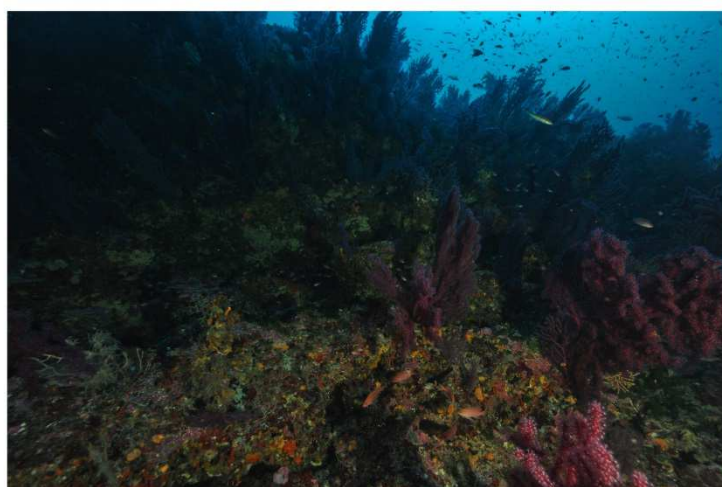
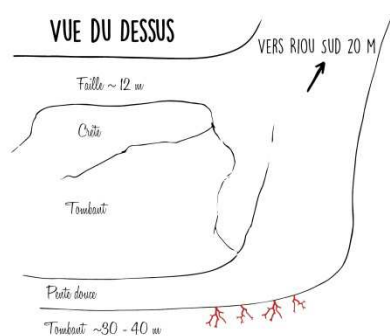
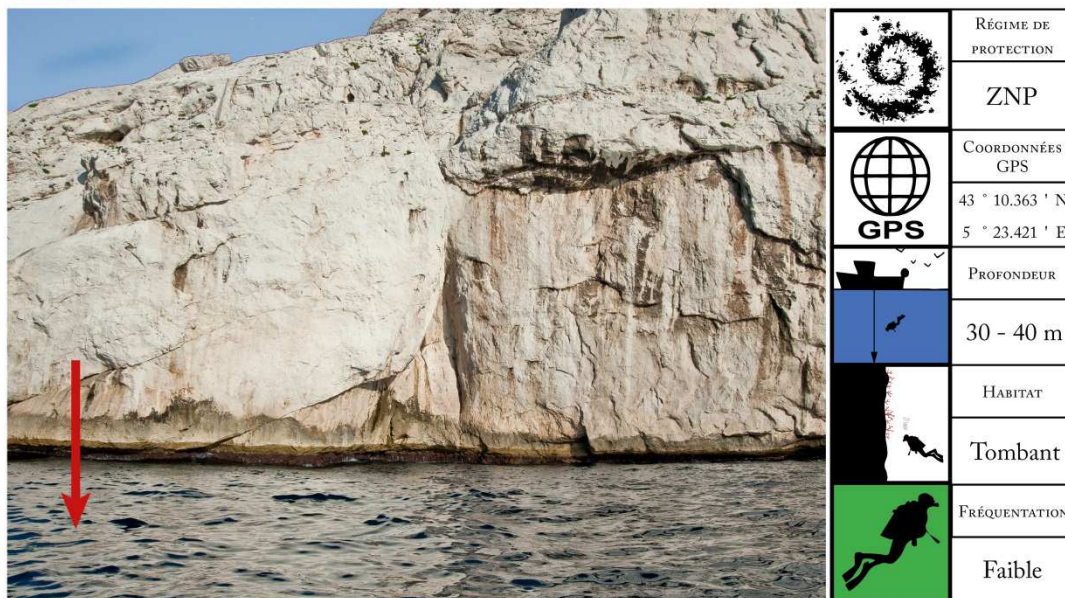
Le tombant du Planier est constitué d'une paroi verticale partant de la surface et allant jusqu'à presque 40 m de profondeur pour la partie la plus profonde. Par son éloignement le Planier est moins fréquenté que les sites de l'archipel de Riou. De plus les plongeurs privilégient souvent l'exploration des épaves qui gisent à proximité du tombant. Ce dernier présente des anfractuosités de tailles intermédiaires et quelques failles, propices à l'installation de colonies de corail rouge. Il est à noter la forte abondance de *C. racemosa* par comparaison aux autres sites.

## RIOU SUD 20 M



Le site de Riou Sud 20 m se caractérise par une très grande cavité non traversante de 15 m jusqu'à 35 m. Le premier transect se situe à 18 m de profondeur dans la partie la plus élevée. Le second transect se situe à 20 m de profondeur. Le troisième transect se situe à 22 m de profondeur à l'Est des deux précédents, à la limite entre population de corail et de gorgones rouges. Il s'agit du site atelier de référence pour les scientifiques de la station marine d'Endoume. De nombreux suivis à long terme sont abrités sur ce site : suivi corail rouge, cadre de Jo, prélèvements de gorgones et de température.

## RIOU SUD 40 M



Le site de Riou Sud se caractérise par un tombant de 30 à 40 m de profondeur. Une grande cavité est présente sur ce site. Ce site est peu fréquenté par la plongée loisir du fait de la difficulté d'ancrer un bateau, de l'inadaptation de ce site pour les plongeurs de niveau inférieur ainsi que par son exposition au vent. Un large épaulement scinde le tombant de Riou Sud entre 25 et 30 m de profondeur environ. La partie la plus profonde se caractérise par un concrétionnement très important et riche offrant de nombreuses anfractuosités propices au développement de colonies de corail rouge.

## 4.5 Développement d'une base de données.

La base de données proposée dans le cahier des charges a été définie, quant à ses fonctionnalités et son support, avec le Parc le 17/10/2014, grâce à l'arrivée dans l'équipe du Parc d'une personne (SI) chargée de l'informatique et des bases de données. Nous avons attendu, en accord avec le Parc, l'arrivée de cette personne référente pour définir précisément le système informatique support de la base de données, ceci dans un souci de restituer une base opérationnelle et adaptée au système serveur du Parc qui n'était pas encore défini. Pour cela, un avenant au marché a été mis en place pour la réalisation et la restitution de la base de données au mois de septembre 2015.

L'objectif de cette base de données est d'assurer la sauvegarde des données brutes de l'état zéro (pour les volets 'peuplement de poisson' ; 'pêche scientifique' et 'corail rouge') et d'accueillir dans la même structure les données des futurs suivis. Cette sauvegarde de différents jeux de données brutes acquis avec la même méthodologie et la même stratégie d'échantillonnage et stockés dans le même système permettra d'assurer la conservation pérenne des données du Parc et d'apprécier les évolutions temporelles. La structuration du volumineux jeu de données de l'état zéro permet de créer l'architecture de la base. Cette architecture donne alors un cadre qui facilite l'intégration, l'analyse et la comparaison des données pour les suivis à venir.

Cette base de données sera développée sur une architecture 'serveur' qui autorisera facilement et simultanément l'utilisation (saisie et consultation) de la base à plusieurs utilisateurs (client). Elle permettra aussi d'assurer au long terme la sauvegarde des données brutes et leur traçabilité.

Il est entendu que les données brutes des futurs suivis pourront être intégrées facilement dans la base si et seulement si ces dernières conservent la même méthodologie et la même stratégie d'échantillonnage.

Cette base sera hébergée sur les serveurs du Parc.

Les solutions techniques retenues pour le développement de cette base de données et ses environnements sont :

- un système de Gestion de Base de Données Relationnel (SGBDR) opensource **PostgreSQL** avec le module spatial PostGIS pour gérer les données spatiales ;
- le langage qui sera utilisé pour le développement des interfaces utilisateurs, permettant de faciliter la gestion de la base de données, sera le langage php pour le développement côté serveur ;
- le langage qui sera utilisé pour le développement des interfaces utilisateurs permettant de faciliter la gestion de la base de données, sera le langage JavaScript pour le développement côté client.

La base de données PostgreSQL sera restituée au Parc préalablement remplie avec l'intégralité des données brutes de l'état zéro.

Une interface 'web utilisateur' permettra d'intégrer les données des futurs suivis pour la partie 'peuplement de poisson suivis en PMT'.

Une procédure papier expliquera comment intégrer les futurs autres jeux de données ('peuplement de poissons en scaphandre, 'corail', 'pêches scientifiques' au travers de l'interface WEB phpPGAdmin).

Une autre interface web utilisateur permettra à l'utilisateur de visualiser une partie du contenu de la base de données sous la forme de tables de synthèses à partir d'un nombre restreint de requêtes définies en collaboration avec le PNCal. Ces tables pourront être exportées. Il sera aussi possible d'exporter l'ensemble du contenu de la base en autant de tableur que de tables relationnelles constituant la BDD.



**Castagnoles sur herbier de posidonies île d'If**



## 5 ELEMENTS DE SYNTHÈSE ET DISCUSSION GÉNÉRALE

### 5.1 Suivis du peuplement de poissons (TPS, TRA, PMT)

La synthèse bibliographique rendue dans le cadre du rapport intermédiaire a été réintégrée dans ce rapport final afin de faciliter la mise en perspective des résultats du présent état initial. Cette synthèse comprend des résumés de travaux pertinents réalisés ou non dans les eaux du Parc national des Calanques et concernant les trois volets de l'étude, comptages visuels de poissons, pêches scientifiques et corail rouge. Pour les volets comptages de poissons et corail rouge, quelques éléments complémentaires et mises à jour ont été ajoutés à l'analyse bibliographique rendue en 2008 au GIP Calanques (Astruch *et al.*, 2009).

Les acquisitions de données sur le terrain pour le volet comptages de poissons ont été conduites en 2 fois à la fin de l'été, début septembre et début octobre 2013, conformément au cahier des charges de l'appel d'offre. Les comptages de référence (TRA) et des espèces cibles (TPS) ont été réalisés dans 24 stations réparties sur l'ensemble du territoire du Parc national des Calanques. Les comptages au temps en plongée libre (PMT) ont été conduits dans 12 stations littorales. L'échantillonnage a pu être réalisé dans de bonnes conditions météorologiques, assurant ainsi la qualité des données, représentatives de la saison pour la réalisation de cet état zéro. 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.

#### Un croisement de méthodes pour caractériser au mieux le peuplement et démarrer les suivis

La stratégie d'échantillonnage mise en place pour réaliser l'état zéro du peuplement de poissons a cherché à équilibrer le nombre de stations d'ouest en est, sur la côte et sur les îles, hors ZNP et dans les ZNP. Les stations ont été positionnées afin d'échantillonner des fonds aux caractéristiques le plus homogènes possibles et en même temps représentatives des différentes zones du Parc. L'échantillonnage a tenu compte du fait que le peuplement de poissons de la zone superficielle entre 0 et 5 m est différent de celui de la zone comprise entre 5 et 20 m environ. Enfin, 8 stations déjà échantillonnées en 2008 avec le même protocole ont été conservées. Le présent état initial portant sur l'ensemble du territoire du PNCaI et tenant compte du zonage du Parc, est donc aussi utilement complété par les résultats d'un retour, 5 ans après, dans 8 de ses stations (4 hors ZNP et 4 en ZNP), situées entre Tiboulén de Maire et le Grand Conglue. La comparaison 2008-2013 apporte ainsi une tendance évolutive pour la période récente et recouvrant la mise en place du Parc et d'une gestion effective (Astruch *et al.*, 2009).

Le peuplement entre 5 et 20 m a été échantillonné dans un réseau relativement dense de 24 stations réparties sur l'ensemble du territoire, ce qui constitue un état de référence du peuplement de poissons côtiers très complet. Le **croisement de 3 méthodes de comptage visuel** a permis de caractériser le peuplement de poissons côtier entre 0 et 20 m de profondeur et d'apporter des données de référence 18 mois après la création du Parc, correspondant à un 'état initial' un peu décalé. En plus du suivi 'exhaustif', le démarrage d'un suivi des espèces cibles par grandes catégories de taille et d'un suivi en plongée libre (PMT) dans la zone superficielle offre un panel de méthodes qui pourront être mises en œuvre à l'avenir directement par le PNCaI ou par ses partenaires.

Les comptages au temps sont venus compléter l'analyse des données des **espèces cibles** de la pêche réalisée sur le comptage de référence. Cette méthode basée sur la fréquence de rencontre des espèces cibles réparties selon deux catégories ('petit-moyen' et 'grand') permet de réaliser un grand nombre de réplicats. Cet effort supplémentaire est motivé par l'utilité de démarrer un suivi d'une liste d'espèces choisies quasi-identique à celle utilisée sur la Côte Bleue (2 espèces comptabilisées en plus, cette liste pourra ou non évoluer et s'adapter à de nouvelles occurrences d'espèces) avec un recensement par catégories de taille plus facile à mettre en œuvre par des équipiers moins entraînés aux comptages visuels. Le second intérêt de la méthode est d'augmenter les chances de rencontre d'espèces plus rares en parcourant une distance d'échantillonnage plus grande. Pour mieux établir le suivi à venir de l'effet réserve, les 3 jeux de données acquis à la même période ont aussi été analysés sous l'angle des espèces cibles de la pêche.

A notre connaissance, aucun état initial n'a intégré autant d'approches croisées avec une telle dimension spatiale au moment de la création d'une AMP, ce qui en fait un travail de référence. En toute rigueur, cet état initial aurait dû être fait avant la création du Parc et la mise en place du zonage, ce qui aurait été la configuration idéale. Cependant, ce travail réalisé à t+18 mois demeure une évaluation proche de l'état initial dans la mesure où la protection renforcée avec surveillance des sites n'a pu vraiment se mettre en place avant la fin de l'année 2014. Si la création du PNCal a pu engendrer une baisse significative des prélèvements (pêches professionnelle et récréative) à certaines stations déjà ressentie au niveau des assemblages de poissons, il est difficile de faire la part entre un 'effet réserve' enclenché et un effet habitats remarquables au sein des ZNP, sur lequel nous reviendrons plus loin.

### Richesse spécifique et composition du peuplement de poissons du PNCal

La **richesse spécifique** (Rs) observée dans les comptages par transect linéaire (TRA) reflète à la fois la diversité du peuplement et l'effort qui a été consacré à l'échantillonnage. Ainsi, **39 taxons** avaient été référencés au total **en 2008 contre 53** dans le présent **état zéro** (plus de stations, plus de comptages). Dans les petits fonds, le nombre d'espèces est moins élevé qu'au-delà de 5 m, en particulier parce qu'il y a moins de prédateurs carnivores ichtyophages (voir Letourneur *et al.*, 2000). Globalement, c'est dans la tranche de profondeur comprise entre 5 et 15 m que la Rs est la plus élevée dans les recensements par transects linéaires. Bien qu'une homogénéité d'habitat ait été recherchée dans le choix de stations à dominante rocheuse, la Rs et l'abondance des poissons tendent à augmenter aux stations où la proportion relative d'herbier est plus importante et à être beaucoup plus faibles aux stations où la complexité de l'habitat diminue, en présence de galets par exemple, plutôt que de blocs.

Dans les comptages au temps (TPS), le nombre d'**espèces cibles** rencontrées varie de **10 à 18** selon les stations. L'ensemble des 24 espèces sélectionnées n'a été observé dans aucune des stations étudiées. Les différentes espèces ont toutes été observées au moins une fois, sauf le corb *Sciaena umbra* (dont un seul individu avait été observé lors des comptages de 2008). Le résultat des comptages avec cette méthode, qui permet de multiplier les chances de rencontre d'espèces rares ou peu fréquentes, confirme que le corb est rare dans le territoire du Parc national. Des mérus bruns *Epinephelus marginatus* ont été observés à différentes stations, mais leur comportement est plutôt fuyant par rapport aux AMP et leur occurrence rare en comparaison de la qualité et des superficies d'habitats disponibles.

La **faible occurrence du mérou *E. marginatus* et l'absence totale du corb *S. umbra*** dans les recensements visuels font partie des éléments frappants de ce suivi. Ces 2 espèces bénéficient pourtant d'un moratoire (ancien pour le mérou, plus récent pour le corb) interdisant leur pêche sous-marine et à l'hameçon et devraient être bien plus fréquentes et abondantes dans les habitats offerts par le PNCal. Dans le Parc national de Port-Cros, l'évolution positive des effectifs de mérous bruns et de corbs est un indicateur clef de l'efficacité de la gestion mise en place depuis plus de 50 ans ; les deux espèces, quasiment absentes dans les années 1970s se comptent maintenant par centaines dans les eaux de Port-Cros (Harmelin, 2013). En Corse, dans le Parc marin international les zones protégées de la chasse sous-marine (y compris celles qui sont ouvertes à la pêche artisanale) présentent des biomasses, entre 10 et 20 m, 18 fois plus importantes, que celles où la chasse sous-marine est autorisée (Culioli *et al.*, 2003). Bien que les eaux corses soient plus propices au corb que les eaux continentales, il est mieux représenté en taille et en nombre dans le cortège d'espèces recensées dans leurs aires marines protégées qu'à l'extérieur.

Les données de comptage au temps montrent que des mérous sont présents aussi hors ZNP, moins nombreux et de plus petite taille et qu'il faut donc un effort d'échantillonnage plus soutenu pour les trouver. Le Veyron se révèle être un site exceptionnel pour le mérou qu'il faudra spécialement préserver et surveiller. Les roches profondes au large de l'île Verte (dont la pierre de Roustaud suivie dans le cadre de cette étude), abritent également des effectifs de mérous bruns exceptionnels, et de surcroît en dehors d'une ZNP (Ganteaume *et al.*, 2014) Considérons toutefois que la faible abondance des mérous dans le présent recensement est aussi liée à la profondeur de prospection. Les comptages réalisés par le GEM démontrent bien sur l'ensemble des sites qu'il surveille depuis des années, que la profondeur d'observation est nettement plus élevée en dehors des aires marines protégées (La Ciotat, Porquerolles, Littoral des Maures). Dans les Calanques, la répartition des mérous se ferait plutôt autour de 20 m ( $20 \pm 6.9$ ) d'après Charbonnel *et al.* (2013), ce qui est la limite profonde de nos comptages. Ces auteurs soulignent le comportement farouche des individus, que nous pouvons confirmer, et qui ne peut qu'indiquer une pression de pêche sous-marine probablement encore non négligeable. Les individus de plus de 90 cm sont rares, d'ailleurs seulement 2 individus avaient une taille supérieure ou égale à cette limite. Lors des comptages, plusieurs mérous bruns ont été observés en dehors des transects et n'ont pas pu être comptabilisés. Au Grand Conglue, un groupe de 5 individus, dont un mâle paré de sa livrée argentée reproductrice effectuant des tentatives de parades avec une ou plusieurs femelles, a été vu autour de 25 m de profondeur, alors que l'eau était particulièrement chaude et la thermocline basse (24°C à -25 m) ; près de la pointe Caramassaigne, un autre groupe de 4 à 5 individus a été observé vers 20 m de profondeur.

L'**absence d'espèces invasives** de type poisson lapin (*Syngnatus* spp.) ou poisson flûte (*Fistularia comersonii*) (signalé en 2011 autour du Planier) et la faible représentation d'une espèce thermophile comme *Thalassoma pavo*, sont des points positifs pour le peuplement de poissons des Calanques par rapport au changement global et qui correspond aussi à l'une de ses caractéristiques environnementales dominantes : l'eau froide. Dans les eaux de Port-Cros plus chaudes, la densité de *T. pavo* dans les petits fonds est de 2.4 contre 0.6 individus par 100 m<sup>2</sup> pour le PNCal (données non publiées)

En ce qui concerne les planctonophages, le peuplement de la zone des Calanques évolue vers une dominance de *Chromis chromis*. Cette évolution signalée par Harmelin *et al.* (2000), dès 2000, se fait au détriment des autres espèces *Spicara smaris*, *Boops boops* et *S. maena* alors que dans les années 1980, la castagnole *C. chromis* était le planctonophage le moins abondant (voir plus bas, évolution 2008-2013).

### Des habitats exceptionnels ou un 'effet réserve' qui se manifeste déjà ?

Globalement la **Rs varie moins dans les stations de la ZNP** (caractéristique habituelle des AMP : correspondant à une restauration du peuplement) et elle est déjà plus élevée qu'en dehors, de même que la densité et la biomasse de poissons. Ces différences significatives entre ZNP et hors-ZNP ne sont pas seulement le fait de la mise en protection, car 18 mois semble une durée très courte pour obtenir de tels résultats. Les travaux de la dernière décennie sur l'effet réserve en Méditerranée montrent qu'il faut en général 2 à 3 ans au minimum de protection effective dans nos régions pour obtenir des différences significatives sur les principaux indicateurs du peuplement (Claudet *et al.*, 2006, Le Diréach *et al.*, 2010). Les habitats remarquables des stations Moyades, Grand Conglue, Nord Caramassaigne, Veyron situés sur 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 et sont certainement pour beaucoup dans ces réponses positives à la protection. La 'zone interdite' fait du site du Grand Conglue une réserve intégrale ancienne. En zone superficielle, où l'effet des habitats ne peut être invoqué, les résultats des comptages montrent aussi des biomasses significativement plus élevées dans les stations de ZNP/Hors ZNP avec une forte contribution des sparidés dans les 5 stations. Dans les stations à faible profondeur où l'espace disponible limite la complexité et la taille et le nombre de blocs, de fortes abondances et biomasses sont davantage expliquées par l'effet de la protection, que par l'effet habitat. On peut donc s'attendre à ce que la réponse du peuplement à la protection soit plus rapide et plus évidente à l'avenir dans ces zones superficielles, qui sont plus accessibles, hors ZNP, aux chasseurs sous-marins et à la pêche récréative (du bord mais aussi embarquée).

Les espèces qui contribuent à **augmenter la Rs dans la ZNP** sont des espèces moins fréquentes telles que *Diplodus puntazzo*, *D. cervinus* et *Dentex dentex* dont les occurrences augmentent dans les sites protégés, les îles et les stations à habitat remarquable telles que le Veyron, Moyades, Nord Caramassaigne, le Grand Conglue, Jarre, l'Île Verte. C'est le cas aussi de la murène *Muraena helena* et des grands labres *Labrus merula* et *L. viridis* dont les occurrences augmentent dans les parcours au temps des stations en ZNP. La taille et la biomasse des grands labres échantillonnés au temps s'avère aussi plus élevée dans la ZNP qu'en dehors.

D'autres **différences entre stations hors ZNP et ZNP** sont mises en évidence par les recensements par transects linéaires (peuplement total) et au temps (espèces cibles) : la présence et la biomasse de mérou brun, de *Symphodus mediterraneus*, de *S. tinca*, de *Mullus surmuletus* et des grands labres *Labrus merula* et *L. viridis* dans les stations de ZNP ou plus éloignées de la ville (Commune de Marseille) et du bord, l'augmentation de la taille des *Serranus cabrilla* et de *M. surmuletus*. Cela est confirmé aussi par l'occurrence des grands individus dans les comptages au temps de *S. cabrilla* et de *L. merula*. L'augmentation de la taille des sars *Diplodus sargus* dans les sites plus profonds et moins accessibles de la côte et l'ensemble des comparaisons que nous venons de faire évoquent un impact des prélèvements notamment de la pêche sous-marine.

Claudet *et al.* (2008) démontrent que c'est davantage la taille des zones protégées que leur âge qui potentialise la densité et la biomasse des espèces cibles dans les jeux de données. Toutes les réserves marines bénéficiant d'une surveillance effective voient la densité et la diversité des poissons augmenter. L'efficacité augmente avec la taille des ZNP, probablement parce qu'une plus grande fraction des espèces mobiles à grand home-range restent protégées à l'intérieur du site que dans les petites ZNP. Il n'est donc pas surprenant que des **résultats positifs** soient déjà mis en évidence **sur des espèces moins mobiles** et à moins grand home-range comme *S. cabrilla* et *M. surmuletus*. De plus, certaines des ZNP du PNCaI présentent une superficie très importante par rapport à la plupart des AMP de Méditerranée (réserve intégrale de Cerbère-Banyuls : 65 ha ; réserve de cap Couronne : 200 ha ; réserve intégrale de Scandola : 80 ha) : la ZNP Planier-Veyron (686 ha) et la ZNP Riou-

Podestat-pointe du Vaisseau (1 050 ha) offrent ainsi une configuration intéressante qui peut expliquer l'amorce de résultats positifs aussi rapidement.

Les valeurs absolues de densité et de biomasse obtenues aux différentes stations et ici comparées ne sont pas seulement la résultante des mesures de gestion appliquées (interdiction de prélèvement) mais proviennent aussi des **caractéristiques de l'habitat** et de la répartition et de **l'intensité des activités humaines de prélèvement** (pêche amateur et pêche professionnelle) et aussi de **non prélèvement**, telles que la plongée sous-marine. La présence quasi quotidienne de plongeurs sur un site comme Moyades rendait la pêche difficile pour les fileyeurs avant même que cette station soit mise en protection. Les stations du Frioul, d'En Vau et de Cortiou, sont celles qui présentent les plus faibles Rs, abondances et biomasses. La pêche professionnelle et la pêche récréative sont par exemple très développées autour de la calanque d'En Vau, ciblant en particulier la bonite et la dorade. Ce sont les plus impactées par la présence de l'homme et peut-être pas seulement par les activités de prélèvement (Frioul, En Vau) mais aussi par la surfréquentation humaine (En Vau) ou la pollution (Cortiou). Tiboulén du Frioul et Cortiou sont les stations qui présentent le plus petit nombre d'espèces cibles et la plus faible biomasse aussi pour Cortiou.

Sormiou et Devenson ont une Rs élevée mais des abondances faibles. Ces stations devraient progresser plus vite que Cortiou grâce à la mise en protection. Les superficies des ZNP de Devenson et Sormiou restent cependant très réduites (respectivement 16 et 7 ha) et leur potentiel d'efficacité tout autant par rapport aux superficies des ZNP de Riou ou de Planier-Veyron.

Les résultats de comptages à la **station Phare-Cassidaigne** surprennent : la **biomasse d'espèces cibles y est plus faible qu'à Cortiou, l'abondance et la biomasse globales aussi**. Cette station pourtant située au large avec des habitats intéressants présente des variables de son peuplement de poisson au plus bas, ce qui lui vaut un classement à partir des espèces cibles dans le même groupe que Cortiou. Tout indique une très forte pression de pêche à cette station. Pourtant la taille moyenne des *D. sargus* y est une des plus élevées. Les pêcheurs disent que le peuplement de poissons est particulièrement variable sur ce site (ou tout au moins les captures) et dépendant de la météorologie et des courants. Le poisson 'y est' ou n'y est pas'. Un doute subsiste donc quant à un artefact lié à l'échantillonnage. Pourtant les conditions d'observation ont été les mêmes pour toutes les stations et les comptages ont été faits par temps calme et sans changement météo. Ce n'était peut-être pas le 'bon' jour.

### Une érosion de la biodiversité et un fort impact de la pêche sur le territoire du PNCaI

L'analyse de la structure trophique du peuplement avec l'augmentation de la proportion de carnivores ces 5 dernières années (2008-2013) augure de changements qui ne sont pas seulement liés à la gestion, mais aussi à la pression de pêche et aux modifications de traitement des eaux usées de l'émissaire de Cortiou. Les comparaisons faites entre 2008 et 2013 tendent à montrer l'érosion de la diversité en poissons dans la plupart des stations hors ZNP et un fort impact de la pêche sur l'abondance et la biomasse, qui ont nettement chuté dans la plupart des stations (plus de la moitié aussi bien hors-ZNP que dans la ZNP). Ce n'est pas le cas au grand Conglue (zone interdite) et à Moyades, station fréquentée par les plongeurs et où la pêche, de ce fait, est sans doute plus limitée. Cela est confirmé par la diminution des abondances et des biomasses de poissons cibles dans les 8 stations sauf ces deux dernières. La Calanque de l'Oule se distingue cependant par une biomasse de cibles qui a doublé en 5 ans alors que ce site connaît une pression de pêche relativement élevée mais qui est essentiellement axée vers la capture d'espèces mobiles (dorades, pageots) à l'aide de filet de poste, qui ne sont pas prises en compte dans les comptages visuels.

Les parcours au temps (TPS) confirment la **baisse des occurrences** de *Symphodus tinca*, *Serranus cabrilla*, *Mullus surmuletus*, *Sparus aurata* et *Labrus viridis* dans les stations **hors ZNP**. Les augmentations d'occurrence de *Serranus cabrilla* sont indicatrices de l'effet de la protection alors que les augmentations d'occurrence de *Diplodus sargus* et de *D. vulgaris* aussi bien en ZNP qu'hors ZNP ne sont pas significatives car ces espèces sont mobiles et ont un 'home range' étendu contrairement à *S. cabrilla*. L'augmentation du nombre moyen d'observations de grands individus dans les stations de la ZNP est aussi un signal positif en faveur de l'efficacité de la protection.

Ourgaud *et al.* (2015) ont récemment démontré que **les assemblages de poissons des herbiers des Calanques ont changé entre 1982 et 2012** en richesse spécifique (11 espèces de moins soit 33% de baisse). La densité et la biomasse de poissons pour 100 m<sup>2</sup> a aussi diminué significativement entre ces deux dates. Les auteurs attribuent ces diminutions à la baisse de l'abondance de *Boops boops*, de *Spicara maena*, de *Coris julis*, *Symphodus cinereus* et *S. rostratus*. La disparition du zooplanctonophage *B. boops* était déjà radicale en 2000 (Letourneur *et al.*, 2000). La diminution des zooplanctonophages, les macrocarnivores qui se maintiennent et ont plutôt tendance à augmenter et l'augmentation des piscivores que nous constatons, entre 2008 et 2013 sur la roche, sont des résultats qui corroborent les observations faites par Ourgaud *et al.* (2015) dans l'herbier. Pour ces auteurs, la structure trophique du peuplement des herbiers des Calanques a aussi changé avec une diminution des mésocarnivores (labridés, de 64% à 49% de la densité), des zooplanctonophages de 22 à 10%, alors que les macrocarnivores et les mésocarnivores-2 ont augmenté significativement de 6% à 30%, de 9% à 11% dans le même site. Sur la Côte Bleue, aucun changement n'est constaté, excepté pour les planctonophages qui ont aussi diminué en densité de 24% à 12%. Le traitement tertiaire des eaux usées rejetées à Cortiou permettrait à l'écosystème un 'retour à la normale', aux communautés benthiques de récupérer et au niveau trophique de devenir comparable à celui des herbiers des AMP.

Les résultats observés en 5 ans sur le peuplement rocheux montrent une **diminution plus marquée de la Rs, de l'abondance et de la biomasse des poissons à l'extérieur de la ZNP** qu'à l'intérieur. La Rs totale augmente ou est équivalente dans les stations de ZNP. L'érosion est plus marquée pour les espèces cibles qui ont diminué en nombre d'espèces à Sud Riou et au Grand Conglue. Les abondances totales et d'espèces cibles n'augmentent qu'à Moyades et au Grand Conglue. Les biomasses totales et d'espèces cibles n'augmentent qu'à Moyades. La biomasse totale se maintient à Nord Caramassaigne et au Grand Conglue, mais celle des cibles a fortement diminué. Comme pour l'herbier (Ourgaud *et al.*, 2015), les résultats suggèrent que la pression de pêche intervient dans le

changement observé. La pression de pêche est d'ailleurs reconnue forte dans la baie de Marseille et les espèces recensées sur la roche sont particulièrement ciblées par la pêche artisanale (Leleu *et al.*, 2014). Des données d'évaluation de la pression de pêche seraient bien utiles.

En ce qui concerne les espèces cibles, bien que la taille moyenne des girelles mâles soit supérieure dans la ZNP, les résultats montrent qu'il n'y a **pas de différence de taille moyenne des girelles entre ZNP et hors ZNP**. Ourgaud *et al.* (2015) remarquent aussi une diminution de la taille de *Coris julis* et de *Symphodus tinca*, espèces cibles des pêches artisanale et récréative dans les herbiers, qu'ils relient aux densités et biomasses de poissons plus faibles dans les fonds d'herbier et de roche ouverts à la pêche en Méditerranée nord occidentale (Harmelin-Vivien *et al.*, 1995 ; Harmelin-Vivien, 2000 ; Guidetti & Claudet, 2010).

Le comptage des espèces cibles au temps (TPS) avait déjà été réalisé en 2008 ; 5 ans après, le nombre moyen d'espèces-cibles rencontrées par parcours de 3 min a augmenté, mais les résultats sont contrastés entre stations et entre zones hors ZNP/ZNP. La plus forte augmentation des espèces cibles est enregistrée à Moyades, qui présente d'ailleurs, en 2013, la Rs la plus élevée. A Tiboulou de Maire et Jarre Briançon, toutes deux hors ZNP, la diversité moyenne a, au contraire, diminué en 5 ans.

Deux principales évolutions sont notées :

Tout d'abord, 5 des 24 espèces cibles suivies (*Symphodus tinca*, *Serranus cabrilla*, *Mullus surmuletus* et dans une moindre mesure *Sparus aurata* et *Labrus viridis*) qui sont des cibles de la pêche sous-marine et de la pêche professionnelle, enregistrent des **diminutions des fréquences d'occurrence** (>10%) dans les stations situées aujourd'hui **hors ZNP**. Les baisses sont parfois même très importantes, ce qui laisse présager de possibles effets de report de l'effort de pêche sur ces zones qui se confirmeront peut-être dans les années à venir. Par exemple, à la station Ouest Figuier, en 2013 moitié moins de 'grands' *S. tinca* ont été vus par parcours. A la station Jarre Briançon, ce sont 42% de moins de 'grands' *S. cabrilla* par parcours qui ont été notés. Toutefois, ces résultats ne sont pas uniquement liés au nouveau zonage. D'ailleurs, même si les baisses restent de faible ampleur (<20%), 3 espèces cibles (*S. mediterraneus*, *D. sargus* et *S. scriba*) ont vu leur occurrence diminuer uniquement dans les stations situées en ZNP.

La deuxième évolution majeure est l'**augmentation des occurrences** (>10%) de '**grands**' individus de 12 espèces-cibles, soit la moitié du nombre d'espèces suivies par rapport à 2008. Certaines ont vu leur occurrence augmenter fortement en 5 ans, comme c'est le cas notamment pour *Diplodus* spp. Les valeurs augmentent parfois de plus du tiers, aussi bien dans des stations situées en **ZNP** qu'**hors ZNP**. A noter que pour le mérou brun *E. marginatus*, les progressions de rencontre les plus élevées sont aux stations ZNP Nord Caramassaigne et Grand Conglue avec en moyenne +20% de 'grands' individus observés. De 'grands' individus de l'espèce emblématique *E. marginatus* ont été observés dans la moitié des parcours à la station du Veyron. Mais seuls les sars *D. sargus* et *D. vulgaris* sont présents au-delà de 50% des parcours dans presque toutes les stations.

Le suivi des occurrences des ratios petit-moyen/grand fournit des indications sur les pressions de prélèvements (si la pression de prélèvement devient forte, les fréquences de rencontre des 'grands' individus deviennent faibles). Les résultats de l'état initial montrent que les fréquences d'occurrence élevées de 'grands' individus (>50%, c'est-à-dire une rencontre de 'grands' individus dans un parcours sur deux au sein d'une station) ne concernent qu'un quart du nombre d'espèces suivies. Après 18 mois de mise en place du zonage, une tendance se dessine avec des fréquences d'occurrence de 'grands' plus importantes dans les stations situées en ZNP. Toutefois, des différences nettes sont notées uniquement pour *S. cabrilla* et *L. merula* dont les fréquences de rencontre des 'grands' individus sont supérieures dans les stations ZNP.

L'effet des îles signalé en 2008 (Astruch *et al.*, 2009) est marqué et la richesse spécifique, l'abondance et la biomasse des poissons y sont très significativement plus élevées qu'à la côte. Cela s'explique à la fois par les caractéristiques géomorphologiques des stations, leur localisation plus près de zones profondes, tournées vers le large (influence des courants ?) et des efforts de pêche professionnelle et récréative sans doute moins élevés que sur le littoral proche des communes de Marseille et Cassis (éloignement des sites, moins de pêche du bord et moins de pêche embarquée).

### Un changement du peuplement ichtyologique autour de l'Archipel de Riou (1999-2013)

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 S09-Moyades et S13-Nord Caramassaigne du comptage par transects linéaires. Pour le suivi de 1999, seules les données d'été ont été prises en compte.

**Tableau 34.** 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
Richesse spécifique (espèces par station)	Moyades	23	23	17
	Nord Caramassaigne	21	16	18
Densité (effectifs pour 100 m <sup>2</sup> )	Moyades	256,25	120,4	297.4
	Nord Caramassaigne	133	421,2	176.3

La tendance à une baisse de richesse spécifique soulignée dans le paragraphe précédent est aussi constatée à cette station.

La densité de poissons qui avait baissé en 2008 à Moyades et augmenté à Nord Caramassaigne aurait plus que doublé en 2013 à Moyades et fortement diminué à Nord Caramassaigne. 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 différences 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 du peuplement ichtyologique aux alentours de Riou entre 2008 et 2013.

### Le cas de Podestat : une situation qui pourrait s'améliorer au fil du temps ?

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 cœur 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.* (2014) ont dressé un inventaire des habitats, de la faune et de la flore de cette calanque en 2012 et 2013.

Des comptages de poissons par transects de 25x5 m, 4 réplicats x 3 secteurs ont permis d'identifier 21 espèces durant les comptages. La campagne de 2013 a donné un peuplement moins diversifié et plus pauvre en abondance. A Podestat, le peuplement est qualifié de peu diversifié par les auteurs, qui attribuent cette faible diversité ichtyologique au rejet d'effluents domestiques et à la faible hétérogénéité des habitats. Les labridés représentent la famille dominante sauf à l'automne 2012 où les sparidés dominaient. Les principales espèces sont, quelle que soit la saison : *Coris julis*, *Sarpa salpa*, *Diplodus vulgaris* et *D. sargus*.

Les paramètres du peuplement ont été comparés au Cap Vieux situé à proximité de l'émissaire du Cap Sicié (Lelong *et al.*, 2012, 2014). 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 entre ces deux sites qu'on peut qualifier 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).

Les valeurs obtenues concernant les métriques des poissons se situent bien en deça des estimations faites à toutes les stations du PNCaI en 2013 y compris hors-ZNP. Cela rend d'ailleurs ce site, qui part avec un lourd handicap, d'autant plus intéressant pour observer à l'avenir une restauration naturelle si son environnement s'améliore significativement.

En comparaison, la station S12-Cortiou de l'état zéro située plus près du rejet (environ 500 m) présente des métriques Rs, abondance et biomasse de téléostéens en 2013, toutes supérieures à celles obtenues par Lelong *et al.* (2014). Cependant les habitats y sont probablement moins dégradés.

**Tableau 35.** 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 m<sup>2</sup> pour les programmes BIOMEX (dans les AMP et hors AMP) et IchTO (dans le site du Cap Vieux et dans les 6 autres sites) d'après Lelong *et al.*, (2014).

	Podestat	IchTO		S12-Cortiou
Moyennes		Cap Vieux	Autres sites	
richesse spécifique	5.5	6.4	8.0 à 11.8	7.7
abondance	70.6	85.8	33.8 à 92.9	197
biomasse	2.9	2.6	1.4 à 10.7	4.5

### Des habitats différents mais une cohérence des évaluations entre les Calanques (PNCal - 2013) et le cap Couronne (PMCB, 1995-2007)

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 3 stations situées dans la réserve intégrale et 2 en dehors. Cette série longue de comptages réalisés sur le peuplement ichtyologique 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.*, 2010). 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, de l'autre côté de la baie de Marseille par rapport à cette série de référence. 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 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.

Le (Tableau 36) 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 2013. Cette valeur moyenne est aussi en forte diminution par rapport à 2008, même si l'évaluation ne porte pas sur le même nombre de stations. Cette valeur est inférieure à la densité moyenne observée en 2001, 2004 et 2007 sur la Côte Bleue. Cette valeur est par contre supérieure à celle de la côte-Bleue en ce qui concerne les espèces cibles que ce soit en réserve ou hors réserve.

La **biomasse moyenne** est de l'ordre de 5.1 kg/100 m<sup>2</sup> dans les Calanques hors réserve, valeur comparable à celles de 2001 et 2004 sur la Côte Bleue. Elle atteint 10.4 kg/100 m<sup>2</sup> en zone de réserve, valeurs comprises entre les années 2001 et 2004 sur la Côte Bleue.

Il ressort de cette comparaison que les valeurs absolues de densité et de biomasse d'espèces totales observées en 2008 dans les Calanques semblaient assez élevées, et que l'évaluation 2013 est à la baisse et se rapproche des valeurs observées sur la Côte Bleue.

En ce qui concerne les espèces cibles, les évaluations de 2008 et 2013 sont cohérentes et montrent une baisse des densités et des biomasses hors réserve, alors que sur la Côte Bleue la tendance était plutôt à l'augmentation jusqu'à 2007. Les valeurs absolues obtenues pour les espèces cibles dans les Calanques sont nettement supérieures, ce qui correspond au caractère exceptionnel de leurs habitats rocheux par rapport aux habitats de roche et herbier de la Côte Bleue.

La taille moyenne de *Diplodus sargus* est du même ordre de grandeur hors ZNP que la valeur moyenne dans la réserve de Couronne. Les *D. vulgaris* ont une taille moyenne plus petite hors ZNP et dans la ZNP qu'à Couronne. En revanche, les girelles *Coris julis* mâles ont une taille moyenne très supérieure alors que les serrans *Serranus cabrilla* ont une taille moyenne nettement moins grande

que sur la Côte Bleue, ce qui traduit probablement un fort impact de la pêche récréative dans les Calanques comme déjà souligné en 2008.

Ces variables sont surtout intéressantes à suivre au cours du temps en comparaisons relatives dans chaque site, mais les évaluations demeurent cohérente pour la région de Marseille.

**Tableau 36:** 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.

Descripteurs	Zone	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, profondeur 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
		1995	1998	2001	2004	2007	2008	2013 (TRA)	2013 (PMT)
Richesse spécifique (nombre de taxons maximal)	Réserve	31	35	33	36	43		19	
	Hors Réserve	27	31	27	29	29	18.5	19	
Densité (nb/100 m <sup>2</sup> )	Réserve	207.3±189.3	155.4±107.6	324.4±643.6	399.8±438.5	395.1±757.50		211±201	73±40
	Hors Réserve	136.9±86.5	130.3±138.8	222.5±196.8	181.3±234.9	182.1±164.1	248 ± 289	145±134	176±179
Biomasse (kg/ 100 m <sup>2</sup> )	Réserve	1.2±1.4	2.8±2.8	5.4±8.6	11.1±12.8	20.6±28.7		10.4±20.3	3.4±4.1
	Hors réserve	0.5±0.3	1.3±1.5	5.0±10.0	4.5±10.1	9.3±26.0	13.2 ± 21.5	5.1±5.3	1.5±3.1
Densité espèces cibles (nb/100 m <sup>2</sup> )	Réserve	25.9	30.8	42.9	37.3	39.8		66±67	x
	Hors Réserve	23.3	21.1	23.4	30.8	29.0	59 ± 50	50±35	x
Biomasse (kg espèces cibles/100 m <sup>2</sup> )	Réserve	1.6±1.4	5.6±4.1	10.3±12.8	7.8±8.7	11.1±8.4		3.5±2.6	x
	Hors Réserve	0.5±0.1	0.9±0.5	1.3±1.8	1.1±0.5	1.6±0.6	5.2 ± 9.3	2.8±2.5	x
Taille moyenne des sars communs <i>D. sargus</i> (cm)	Réserve				21.7	22.2		22.9±3.5	
	Hors Réserve				15.4	18.1	22.4 ± 4	22.1±3.0	
Taille moyenne des sars à tête noire <i>D. vulgaris</i> (cm)	Réserve				20.1	20.3		18.5±4.0	
	Hors Réserve				13.2	16.73		18.2±4.4	
Taille moyenne des girelles <i>C. julis</i> (cm)	Réserve		11.4	11.6	11.8	10.5		14.7±1.7	
	Hors Réserve		9.8	11.1	9.2	9.6		13.9±1.7	
Taille moyenne des serrans <i>S. cabrilla</i> (cm)	Réserve		16.7	14.3	15.3	15.4		12.3±3.8	
	Hors Réserve		13.4	12.5	10.7	11.6		10.1±3.6	

**La baie de Marseille et les Calanques : un site poissonneux. Mise en perspective des résultats de l'état initial de 2013 avec les résultats du programme BIOMEX**

Dans le cadre du programme BIOMEX des évaluations du peuplement ichthyologique côtier ont été faites dans 6 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 ont été choisies en fonction de leur ancienneté et de la surveillance effective des zones en protection. Le même protocole de comptage visuel par transect de 25 m x 5 m a été appliqué dans les 6 réserves avec des stations situées de part et d'autres des limites des réserves et de nombreux répliqués. Le protocole appliqué pour l'état initial des Calanques étant inspiré de ce programme rend directement comparables les résultats restitués par transect de 125 m<sup>2</sup>.

La **richesse spécifique**, les valeurs d'abondance et de biomasse de BIOMEX correspondent aux estimations hors planctonophages (abondance réduite, biomasse réduite).

Avec 9.6 espèces/transect hors ZNP et 11.5 espèces en moyenne par transect en ZNP, le PNCal se situe déjà dans l'estimation donnée par BIOMEX pour les réserves et un peu en-dessous hors réserve.

L'estimation de l'**abondance réduite** (hors planctonophages) de la campagne 2013 est déjà comprise dans l'intervalle donné par BIOMEX, aussi bien hors réserve que dans les réserves, ce qui atteste du caractère poissonneux et pour ainsi dire exceptionnel du site des Calanques. Les estimations de BIOMEX ont cherché à atténuer l'effet des habitats ce qui n'est pas le cas dans le présent état avec la prise en compte de sites au caractère remarquable dans les estimations moyennes dans la ZNP.

L'estimation de la **biomasse réduite** moyenne dans la ZNP est dans la partie haute de l'intervalle donné par BIOMEX hors ZNP et dans la partie basse pour la ZNP. Cela fait des Calanques, après 18 mois de création du Parc, un site déjà évalué au même niveau que d'autres AMP de Méditerranée occidentales.

**Tableau 37.** 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 m<sup>2</sup> obtenues dans le cadre de l'état initial en 2013 et références issues du programme BIOMEX (Harmelin-Vivien *et al.*, 2008) ; ect=écart-type.

TRA/125m <sup>2</sup> Poissons hors planctonophages	Gestion	Rs moy	Rs ect	Abondance moy (nb) réduite	Abondance ect	Biomasse moy (kg) réduite	Biomasse ect (kg)	Nb
Etat initial PNCal 2013	Hors ZNP	9.6	3.2	72.2	49.7	5.1	5.7	120
	ZNP	11.5	3.2	103.4	106.5	11.3	25.1	120
	Total	10.6	3.4	87.8	84.4	8.2	18.4	240
BIOMEX (2003-2004)	Hors ZNP	<b>9.8 à 13.9</b>		<b>31.5 à 98.3</b>		<b>2.4 à 5.3</b>		108
	ZNP	<b>11.2 à 14.1</b>		<b>61.1 à 113.6</b>		<b>9.4 à 28.2</b>		54

L'évolution de ces métriques sera particulièrement intéressante à suivre dans le temps et aussi station par station.

## 5.2 Suivi par pêches scientifiques standardisées (PSS)

Les pêches scientifiques standardisées (PSS) ont débuté par la réalisation d'une enquête préalable auprès des pêcheurs professionnels qui se sont portés candidats. Cette enquête a permis de mieux connaître la pêche artisanale dans le PNCaI et en particulier de définir quels sont les engins de pêche, les espèces cibles, les mailles utilisés, les zones et les périodes de pêche dans les eaux du Parc national des Calanques. Les résultats de l'enquête préalable ont servi de base pour les discussions entre l'équipe scientifique, les pêcheurs et le Parc et ont permis d'adapter et de valider la stratégie d'échantillonnage initialement proposée. Pour des raisons de conditions météorologiques et de disponibilité des pêcheurs, durant la seconde quinzaine d'octobre et au mois de novembre, les pêches expérimentales ont été reportées au printemps 2014. Les PSS ont été réalisées à 10 stations réparties en 3 groupes de stations 'roche/herbier', 'herbier' et 'canyon'. Les pêches ont été conduites entre le 25 mai et le 18 juin 2014.

Avant tout commentaire sur le résultat des pêches scientifiques, rappelons que l'objectif de ces pêches est de caractériser le peuplement de poissons des Calanques, de compléter les comptages visuels réalisés dans la tranche de profondeur 0-20 m, d'échantillonner des espèces qui ne sont pas observées de jour dans les petits fonds (espèces nocturnes, cryptiques) par un échantillonnage jusqu'à 35 m de fond des zones de roche et d'herbier et d'échantillonner le canyon de Cassidaigne entre 180 et 320 mètres de profondeur. Ces pêches expérimentales ont vocation à être reproduites à un pas de temps régulier selon rigoureusement le même protocole.

Les comparaisons réalisées entre stations, entre ZNP et hors ZNP sont à considérer avec précaution étant donné que les habitats et les conditions de milieu ne sont pas exactement les mêmes. Ce sont les ordres de grandeur et les évolutions au cours du temps, dans chacune des zones, entre stations en ZNP et hors ZNP, qu'il faudra s'attacher à analyser dans le temps.

### Des captures différentes entre stations de 'roche/herbier' et d'herbier', ZNP/hors ZNP

Les captures des deux groupes de stations 'roche/herbier' et 'herbier', présentent des valeurs de richesse spécifique totale élevées en particulier les captures du groupe 'roche/herbier'.

Les différences entre stations sont majoritairement observées dans le groupe de stations 'roche/herbier'. Les ZNP du Planier et de Riou montrent globalement des valeurs supérieures aux deux autres stations du Frioul et de l'Île Verte quel que soit le paramètre considéré (richesse spécifique, abondance, CPUE). Les différences sont toutefois moins nettes pour la station de Riou, qui ne montre pas toujours de différence d'**abondance moyenne** avec le Frioul et l'Île Verte pour le groupe des poissons téléostéens.

En ce qui concerne le groupe des stations d'herbier, des différences sont observées uniquement en terme de **richesse spécifique totale** : la ZNP de Soubeyrane est supérieure au Cap Soubeyrane et au plateau des Chèvres.

Des différences de **taille moyenne** des espèces les plus abondantes sont observées entre certaines stations. Pour le groupe des stations 'roche/herbier', la rascasse brune (*Scorpaena porcus*) montre une taille supérieure dans la ZNP de Riou. La taille plus grande des individus à cette station pourrait être liée au 'mouton' de rascasse (rassemblement de reproduction) qui était, d'après les pêcheurs, en train de se former à cette période, notamment dans la passe de Riou/Plane. La taille du roucaou (*Symphodus tinca*) est plus importante dans la ZNP de Riou que dans la ZNP de Planier et à la station Île Verte. Aucune différence n'est observée pour le groupe des stations 'herbier'.

Les **rendements** sont intermédiaire sur les stations 'roche/herbier' et sont faibles sur les stations d''herbier'.

Dans les stations '**roche/herbier**' et '**herbier**', les valeurs de rejet, comprises entre 2 et 8 % selon la station, sont du même ordre de grandeur que celles qui peuvent être observées lors des embarquements sur ce type d'habitat.

### Des captures exceptionnelles dans le canyon de Cassidaigne

Les captures du groupe des stations 'canyon' montrent les plus fortes valeurs d'abondance et de biomasse totales, d'abondance moyenne, de diversité moyenne et de CPUE. Seules les valeurs de richesse spécifique totale sont inférieures à celles du groupe 'roche/herbier'. Le peuplement de ce groupe est tout à fait particulier et incomparable aux autres. Plusieurs espèces de requins ont été capturées et d'espèces considérées comme vulnérables sur lesquelles peu de données sont disponibles.

Pour le groupe 'canyon', des différences de **richesse spécifique totale** sont observées entre stations uniquement : la station Cassidaigne ZPR est supérieure à Cassidaigne ZNP et Cassidaigne Est.

La station de Cassidaigne Est montre des valeurs de **taille moyenne** supérieures à Cassidaigne ZNP et/ou ZPR pour le chinchard bleu (*Trachurus picturatus*), le merlu (*Merluccius merluccius*) et pour les beaux-yeux (*Pagellus bogaraveo*). En ce qui concerne *P. bogaraveo*, il est possible que la proximité de zones rocheuses dans cette station ait une influence sur l'abondance mais également sur la taille des individus. Cette zone de pêche a été abondamment exploitée par le passé (jusqu'à deux années auparavant), tout comme les parties du canyon actuellement en ZNP et ZPR. D'après les pêcheurs, le poids des individus de cette espèce pouvait atteindre 1.5 à 2.5 kg, ce qui ne semble plus être le cas aujourd'hui, le plus gros individu pesé lors des PSS atteignait 415 g. Il est probable que le choix de la maille 7 pour les filets PSS ait influencé la taille des captures par rapport à la maille de 6.5 habituellement utilisée par les pêcheurs pour cibler cette espèce, sans toutefois pouvoir expliquer une telle différence. Le chinchard commun (*Trachurus trachurus*) montre, en revanche, des tailles moyennes plus importantes à la station Cassidaigne ZNP qu'à Cassidaigne Est. De manière générale les pêcheurs ont estimé avoir réalisé 'des pêches correctes' lors des PSS. Les pêches auraient été en moyenne meilleures que celles qu'ils avaient l'habitude de réaliser dans les canyons 2 ans auparavant, que ce soit en ZNP aujourd'hui interdite à la pêche mais également en ZPR et sur la zone Est, zones où les pêcheurs dans leur ensemble ne viendraient plus vraiment pêcher depuis 2 ans étant donné les faibles rendements et les difficultés de pêche sur la zone (profondeur, distance, courant, perte matériel).

La réalisation des pêches expérimentales dans 10 stations réparties sur le territoire du Parc des Calanques a permis de dresser la liste des espèces en présence, mais également d'estimer leur abondance, leur biomasse et les rejets. Les rendements ont été calculés pour chaque station, ils sont les plus élevés sur les stations du '**canyon**', en partie en raison de la présence de gros requins dans les captures.

Les biomasses rejetées sont globalement importantes dans le cadre des PSS, plus de 42 % sur l'ensemble des stations. Les rejets prédominent nettement dans la zone des canyons, représentant de 25 à 67 % de la biomasse capturée par station. Ces fortes valeurs sont dues à la présence de gros requins griset (*Hexanchus griseus*) mais également à l'abondance de petits requins tel le chien espagnol (*Galeus melastomus*), qui ne sont pas des espèces consommées. La réalisation de PSS dans le canyon de Cassidaigne a apporté des données originales très intéressantes sur la présence d'espèces vulnérables et protégées. Pour veiller à la conservation de ces espèces, il n'est pas

souhaitable de multiplier les prélèvements de ce type, la capture et le rejet d'espèces longévives et à taux de renouvellement faible. Peut-être y a-t-il moyen de privilégier l'accès aux informations sur les captures par le biais d'une collaboration avec les pêcheurs qui pratiquent régulièrement la pêche sur les flancs du canyon ? (entretiens réguliers, quelques embarquements saisonniers, débarquements).

### Les rendements (CPUE/100 m filet) et leur évaluation

Les rendements (CPUE) obtenus pour 100 m linéaire de filet lors des PSS, montrent d'ores et déjà des valeurs élevées et supérieures dans l'ensemble aux rendements moyens observés lors d'embarquements, pour une saison donnée, dans des AMP telles que Port-Cros, Scandola, Côte-Bleue, Banyuls et les Calanques (Tableau 38).

Les rendements issus de pêches scientifiques ne sont pas tout à fait comparables aux rendements obtenus par les professionnels car l'objectif des PSS est d'obtenir une bonne représentativité du peuplement et de la richesse spécifique en particulier, alors que l'objectif du pêcheur est de capturer un maximum de biomasse d'une espèce ou d'un groupe d'espèces cibles. Dans le cadre du suivi du PNCaI l'objectif est une comparaison des Rs, des biomasses et des CPUE aux différentes stations à intervalle de temps régulier. Pour évaluer les résultats de cet état initial nous nous attacherons plutôt à comparer la qualité des captures et l'ordre de grandeur des CPUE à des données de la littérature acquises sur des habitats comparables.

Avec des valeurs comprises entre 1.4 et 3.1 kg/100 m de filet sur 'roche/herbier' et 1.3 à 1.7 kg/100 m de filet sur 'herbier', les rendements observés dans les Calanques sont du même ordre de grandeur et un peu plus élevés que ceux calculés sur la Côte Bleue par Leleu *et al.* (2014) : environ 2.7 kg/100 m pour le métier des sparidés (cible dorade, loup, 5-60m), 2.2 kg pour le métier du loup (cible *D. labrax*, *S. aurata*, *Diplodus* spp., 6-60m), 0.8 kg pour la soupe (cible *Scorpaena* spp., *Symphodus* spp., *Mullus* spp., 2-60m).

Les valeurs absolues observées lors des embarquements dans le PNCaI sont plus proches de celles de la Corse (Le Diréach *et al.*, 2012) et de celles de la Côte Bleue (Leleu, 2014), pour les filets à maille moyenne que de celles du PNPC (Bonhomme *et al.*, 2013), plus faibles.

Les valeurs obtenues pour les pêches standardisées (PSS) semblent inférieures à celles de Cap Roux (Seytre *et al.*, 2008a, 2008b, valeurs de CPUE d'après lecture des graphiques) mais elles sont très supérieures au rendement des pêches expérimentales pratiquées à dans le cadre de BIOMEX sur la Côte-Bleue et à Banyuls (2005), et sur les récifs du Prado (Jouvenel & Faure, 2011) (Tableau 38).

Certains rendements sont déjà supérieurs dans les stations de ZNP. Comme pour les comptages visuels ce résultat est certainement aussi lié aux habitats, bien que l'on s'attende à une confirmation de ce résultat dans les années qui viennent. Les AMP d'Europe du sud ont un effet évident sur les pêcheries alentours : sur le taux de capture des espèces cibles et spécialement sur le taux de capture total des espèces d'intérêt commercial (Vandeperre *et al.*, 2010).

Les valeurs de rendement sont données ici à titre de comparaison et doivent être considérées avec précaution tant les caractéristiques des engins employés (type filet, maille), les habitats et la profondeur diffèrent entre les sites considérés. Avec 98 opérations de pêche au trémail, Leleu *et al.* (2014) estiment que le nombre de réplicats est insuffisant pour évaluer correctement les captures pour le métier poisson de roche et langouste. Nous ne disposons ici que de 36 sorties, 7 stations de 10 à 35 m et 6 pêches par station pour la présente évaluation faite au final sur 300 pièces de filet. C'est néanmoins une première évaluation qu'il convient de ne pas extrapoler d'autant qu'actuellement nous ne connaissons pas la répartition de l'effort de pêche. Quand on analyse les CPUE un des effets les plus 'confondants' est l'hétérogénéité spatiale de l'effort (Murawski, 2005). La mise en place des ZNP induit une redistribution de l'effort de pêche depuis la zone protégée vers la zone environnante (Halpern *et al.*, 2004), c'est pourquoi la capture par unité d'aire (CPUA) est souvent une meilleure estimation du rendement moyen local (Goni *et al.*, 2006). De ce fait, un rendement faible est une sous-estimation de la densité en poissons dans les zones où l'effort de

pêche est intense. Vandepierre *et al.* ont estimé à 2-4% par an l'augmentation graduelle des CPUE dans les pêcheries alentours sur une période de 30 ans. La littérature tend à montrer que l'effet des AMP sur les taux de captures à l'extérieur des ZNP se développe sur de longues périodes et que celles-ci continuent même à augmenter après 30 ans d'existence. Scientifiques et gestionnaires doivent donc inscrire sur la durée l'analyse des effets des ZNP sur les captures et les interprétations que l'on pourra faire à partir des PSS et des embarquements sur l'état de la ressource.

**Tableau 38.** Valeurs de rendements des captures dans différentes AMP de la côte méditerranéenne française, en fonction du type de filets mis en œuvre et du type de suivi.

Type suivi / site	Type filet-maille/habitat	Année	Saison	Profondeur (m)	Nombre filet	Zone	CPUE (kg/100 m)	Ecart-type
<b>Embarquements</b>								
<b>PNCaI Etat initial</b>	Toutes mailles 4-13	2013	Printemps	10-110	78		3.9	5.7
	Trémail 5-7 Roche		Printemps	20-70	13		2.6	1.9
	Trémail 5-6.5 Maillant 6-7 roche		Printemps	3-50	30		6.5	7.9
	Trémail 12-13 Herbier		Printemps	10-20	10		1.1	0.5
<b>Scandola</b>	Trémail 6-8 Roche, herbier, maërl	2001	Printemps	0 à > 50 m	19		2.2	1.0
		2006	Printemps	0 à > 50 m	17		2.6	3.3
		2012	Printemps	0 à > 50 m	31		5.3	6.0
<b>Port-Cros</b>	Trémail 6-8	2012	Printemps-Eté	10-90	26	Intérieur eaux Port-cros	0.8	0.4
	Trémail 6-8	2012	Printemps-Eté	10-90	31	Extérieur eaux Port-Cros	1.0	0.7
<b>Côte-Bleue (biomasse conservée)</b>	Trémail 3-4 herbiers	2009	Automne, hiver	5-60 m	380	Hors RI	2.7	
	Trémail 3-4 mix	à		6-60 m	153	Hors RI	2.2	
	Trémail 4-6 herbier	2010	printemps	2-60m	122	Hors RI	0.8	
<b>Pêches Scientifiques Standardisées</b>								
<b>PNCaI Etat initial</b>	Trémail 7 roche/herbier	2014	Printemps	15-35	24 * 5 pièces	ZNP	2.3-3.1	1.3-1.8
						Hors ZNP	1.4-2.0	0.9-1.3
	Trémail 7 herbier	2014	Printemps	10-30	18 * 5 pièces	ZNP	1.7	1.3
						Hors ZNP	1.3-1.6	0.9-1.4
<b>Récif Prado (hors pélagique)</b>	Trémail 12	2014	Printemps	180-320		ZNP	8.5	3.5
						Hors ZNP	7.8-8.1	4.1-5.9
	Herbier/ matre	2005	Froide+chaude	18-33	18*10 pièces	ZNP	0.8-0.9	
						Hors ZNP	0.8-1.6	
<b>Côte-Bleue</b>	Trémail 10-herbier	2003-2004	Froide+chaude	18-33		ZNP	0.7	
						Hors ZNP	0.5	
			Eté	10-25				
			Hiver	10-25				
<b>Banyuls</b>	Trémail Sable	2003-204	Printemps	10-25	36 * 6 pièces		1.0-2.6	
							1.3-1.9	
							1.2-2.0	
<b>Cap Roux</b>	Trémail 7 Roche/herbier	2006-2007	Hiver	30	36 * 6 pièces	Hors ZNP	0.9-1.2	
			Printemps	30			1.0-2.1	
<b>Cap Roux</b>	Trémail 7 Roche/herbier	2006-2007	Automne-printemps	25-30	24 * 6 pièces	ZNP	4.2 – 6.8	
						hors ZNP	0.2 – 1.3	

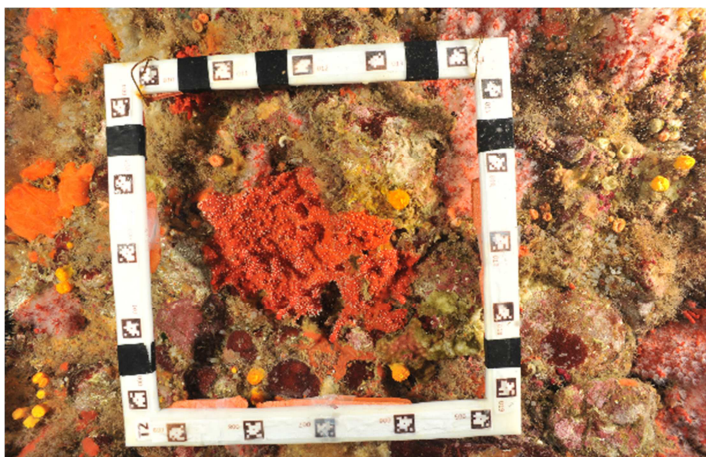
### 5.3 Suivi du corail rouge

Les acquisitions de données sur le terrain pour le volet corail ont été conduites en plongée entre les mois de novembre et décembre 2013 par Septentrion environnement. Les 10 stations prévues dans la réponse à l'appel d'offre ont été échantillonnées. Une station complémentaire a été réalisée sur le site de la grotte de la Vierge à La Ciotat, dans le nouveau périmètre d'interdiction de la pêche au corail rouge sur le secteur de l'île Verte (Arrêté N°2013274-0002 du 01 octobre 2013). L'un des sites de suivi permanent a été dégradé (grotte à Corail), les marques repères solidement fixées dans la roche ont été arrachées. Des plongées supplémentaires ont été effectuées pour réinstaller ce site et permettre son suivi. Des prospections complémentaires sur les sites profonds de corail ont été réalisées en ROV au cours d'une journée de terrain avec les moyens nautiques de la COMEX. Ce travail a été fait conjointement avec les équipes de Septentrion environnement et du GIS Posidonie. Quatre sites ont été prospectés sur la zone sud de l'île de Riou et au large des Falaises de Soubeyranne, entre 40 et 75 m de profondeur. Une description qualitative des peuplements a pu être réalisée (densité, taille, trace de corailage). Ces résultats restent parcellaires et mériteraient d'être complétés. Ils apportent cependant des données précisément géo-référencées pour de futurs suivis.

#### 5.3.1 Discussion sur l'objectif 1 : Description des populations

L'analyse de 10 sites à corail rouge répartis dans le cœur marin du Parc national des Calanques a permis de mettre en évidence une singularité écologique à l'échelle des populations. Les points suivants ont été traités :

- i. **Biométries et morphologies.** D'un site à l'autre, les colonies de corail rouge observées varient en taille, en diamètre basal, en nombre de branches mais également au niveau de leurs morphologies. Des colonies en forme de plaques de tailles variables sont observables sur l'ensemble des sites à l'exception de la Balise de l'île Verte. L'existence de ce morphotype n'est pas renseignée dans la littérature scientifique, cependant quelques individus ont pu être observés de façon anecdotique dans la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls (*données en cours d'acquisition*) ou de manière plus fréquente aux îles Medes en Espagne. Il ne fait aucun doute que ces formations sont des individus à part entière car ils hébergent, tout comme les colonies arborescentes, de nombreux polypes (Figure 139). Par ailleurs, certains individus présentent des tailles importantes indiquant qu'il peut s'agir d'individus âgés. Une explication, qui reste à l'état d'hypothèse aujourd'hui, consiste à penser que ce morphotype serait le résultat de cassures répétées des branches qui conduiraient la colonie à se développer horizontalement en recouvrant le substrat. Suivant cette idée, l'observation de ces plaques pourrait être un indicateur intéressant des perturbations liées aux fréquentations par les plongeurs.



**Figure 139 : Observation d'une colonie-plaque.** Cette grande plaque observée à Riou Sud 20 m mesure presque 150 mm de large. On constate que de nombreux polypes (petits points blancs) peuplent la colonie. Le suivi de ces individus d'années en années permettrait de mieux caractériser leur nature et leur dynamique.

- ii. Densités.** Les individus peuvent être spatialement très proches les uns des autres ou, à l'inverse, très dispersés. Cela se traduit par des variations importantes de densités d'individus d'une population à l'autre, autant au niveau des colonies matures arborescentes, des colonies plaques, que des jeunes individus récemment recrutés dans la population (bourgeons). Des différences notables de densités ont déjà été observées dans d'autres aires marines protégées. Les valeurs observées dans le cœur marin du PNCaI (entre 20 et 80 indiv./m<sup>2</sup>) correspondent à l'ordre de grandeur observé dans la réserve de Scandola. En comparaison avec les autres aires marines protégées de la région, cette réserve est caractérisée par de faibles valeurs, bien que bénéficiant d'un régime de protection ancien, reconnu comme très élevé (Linares *et al.*, 2010). A l'inverse, les sites à corail de la réserve des îles Medes, considérés comme fortement soumis aux pressions anthropiques, présentent des individus très rapprochés ( $127 \pm 118$  indiv./m<sup>2</sup>) (Tsounis *et al.*, 2006a). Enfin, la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls, ancienne de 40 ans et reconnue pour son exemplarité en termes de gestion, présente des densités très élevées, de l'ordre de 100 à 180 indiv./m<sup>2</sup> (*données en cours d'acquisition*). Les variations de densité ne semblent donc pas représentatives du statut de protection mais plutôt reliées à des facteurs environnementaux locaux, propres à chaque site qui touchent à la nature et la complexité de l'habitat dans lequel se développe le corail.
- iii. Structurations spatiales.** De ce fait, ces singularités persistent sur de petites échelles spatiales. En regroupant les données de morphologie, de densité et de taille, on observe des groupes de populations 'similaires' sur le plan écologique et d'autres qui s'opposent. Des similitudes et des différences qui ne correspondent *a priori* pas avec la distance géographique qui sépare deux sites. Ce constat est particulièrement marquant pour les sites au niveau de l'île de Riou (Riou Sud 20 m et Riou Sud 40 m), mais également pour ceux de l'île Maïre (Grotte à Corail et Pharillons) et ceux des îles de Plane et du Petit Congloué (Grotte Pérès et Petit Congloué).
- iv. Structurations de tailles.** Ce constat est corroboré par l'observation des structurations en taille qui révèlent potentiellement des histoires et/ou des dynamiques différentes. Les populations comme la Balise de l'île Verte, Riou Sud 40 m et les Pharillons de l'île Maïre montrent des structurations caractéristiques de 'jeunes' populations tandis que les structurations de Castelvieuil et Riou Sud 20 m évoquent celles de populations plus 'matures'. Enfin, les sites de la Grotte Pérès et de la Grotte à Corail présentent des distributions à deux pics. Ce processus peut résulter d'un événement de mortalité suffisamment important et rapide. Après un certain temps, la population se structure en deux groupes de taille

correspondant à la cohorte ayant survécu à l'évènement de mortalité et à la nouvelle cohorte qui recolonise le site après l'évènement.

**Conclusions sur l'objectif 1** : L'objectif 1 a permis de mettre en évidence l'hétérogénéité des sites à corail du cœur marin du PNCaI et de caractériser cette hétérogénéité en termes de biométrie, de morphologie, de densité et de dynamique. Ces résultats mettent l'accent sur le fait que les sites de corail rouge, même sur des distances restreintes, peuvent présenter des caractéristiques écologiques différentes. Ce constat renforce l'idée que les populations de *Corallium rubrum* sont soumises à une structuration spatiale forte. Ces singularités pourraient être associées à des **histoires de vie** (protection, et perturbations), des **fonds génétiques** (diversité génotypique), des **caractéristiques démographiques** (dynamiques de croissances, de recrutement et de dispersion) et **des habitats** (nature et complexité architecturale) propres à chaque population. C'est un constat déjà mentionné dans la littérature scientifique (**cf. introduction**) et un paramètre important pour prédire le devenir des populations. Il est donc primordial, dans une optique de conservation :

- i. **De redéfinir l'unité de gestion à l'échelle du 'site'** : Mettre en place des suivis à petite échelle permet de développer des connaissances très localisées, idéalement propres à chaque site. Les mesures de gestion qui en découleront seront d'autant plus efficaces si elles sont appliquées sur des zones très localisées, de façon la plus adaptée possible. En optimisant de cette façon 'l'effet réserve' désiré, il sera possible d'identifier plus rapidement et avec une meilleure précision les zones favorables au renouvellement du corail rouge au sein du cœur marin du PNCaI et donc de mieux identifier les paramètres-clés qui contribuent à la récupération des colonies.
- ii. **De multiplier les sites de suivi** : Le suivi d'un maximum de sites est nécessaire pour rendre compte de l'hétérogénéité observée et développer une politique efficace de 'gestion localisée'. Nous proposons donc de maintenir le suivi sur l'ensemble des sites présentés dans cette étude. Cela permettra de définir avec le maximum de pertinence l'extension des zones protégées ou la création de nouvelles ZNP.
- iii. **D'inclure de nouveaux paramètres**. Les paramètres **biologiques** (morphologies des colonies, tailles, croissance, nutrition, mortalité etc.), intégrés dans cette étude doivent être mis en relation au cours du suivi avec d'autres paramètres de nature **abiotiques** (e.g. température, hydrodynamique, disponibilité en ressources dans l'eau, luminosité, etc.), **écologiques** (caractérisation de l'habitat, diversité spécifique, insertion dans le réseau trophique) et **anthropiques** (e.g. fréquentation des sites). Il ne fait aucun doute aujourd'hui que ces facteurs influent sur le développement des colonies de *C. rubrum* et donc sur la récupération des populations de corail rouge au sein du PNCaI. Il serait également important, d'inclure des paramètres **génétiques** (e.g. structuration, diversité haplotypique) qui nous donneront des éléments de réponse sur la connectivité des sites et la capacité des populations à s'adapter aux changements.

### 5.3.2 Discussion sur l'objectif 2 : Comparaison ZNP vs. Hors ZNP

Nous n'observons aucune différence marquante entre l'intérieur et l'extérieur des zones de non-prélèvement. Même si une légère différence est notable au niveau du nombre de branches par colonies, les colonies de corail rouge sont, en moyenne, comparables en termes de tailles et de diamètres. On observe également des variations similaires au niveau des densités

(**ZNP** : 23.9 – 88 indiv./m<sup>2</sup>, **hors ZNP** : 22.5 – 75 indiv./m<sup>2</sup>) et au niveau des proportions de morphotypes.

Les ZNP ont été dessinées lors de la création du PNCaI en avril 2012 et interdisent toutes formes de prélèvement, à l'exception des relevés nécessaires aux travaux scientifiques. En levant l'impact des prélèvements, la mise en place de ces zones a pour but de favoriser certaines étapes clés du cycle biologique, notamment la croissance. Il est connu que, à moyen et long terme, les ZNP favorisent l'accroissement des peuplements d'espèces et des ressources halieutiques, en produisant une augmentation de la densité des individus, ainsi que de leur taille et donc leur biomasse (Lester *et al.*, 2009). En plus des effets sur les peuplements d'espèces, les ZNP peuvent avoir des effets sur les communautés écologiques dans leur ensemble (effets écosystémiques). Les ZNP permettent ainsi, globalement, d'augmenter la diversité des écosystèmes marins, mais les effets sur la richesse en espèces sont longs à se mettre en place et corrélés à l'ancienneté des réserves (Lester *et al.*, 2009). Il est donc tout à fait logique, compte tenu de l'ancienneté de ces ZNP (2 ans), de n'observer encore aucun effet marqué. Le suivi de ces sites au cours des prochaines années permettra de confirmer si un 'effet réserve' est observable au sein de ces zones et ainsi de guider le gestionnaire dans l'aménagement du cœur marin du PNCaI.

## 6 RECOMMANDATIONS

### 6.1 Suivi du peuplement de poissons (TRA, PMT, TPS)

Les résultats des 3 suivis complémentaires par comptage visuel des poissons apportent des données solides auxquelles pourront se référer les estimations à venir.

Les travaux sur les réserves montrent qu'il faut environ 3 ans pour voir apparaître des preuves de l'effet réserve sur le peuplement de poissons. Le Parc Marin de la Côte Bleue maintient depuis 1995 un suivi exemplaire avec ce pas de temps de 3 ans. Il nous paraît raisonnable de préconiser *a minima* ce pas de temps pour suivre le peuplement. L'important est que le suivi de référence (TRA) s'inscrive dans la durée, c'est-à-dire qu'il vaut mieux maintenir dans le temps un suivi espacé que d'interrompre un suivi à haute fréquence trop ambitieux. Si, néanmoins, le Parc a la possibilité de suivre avec plus de régularité les progrès de sa gestion, un pas de 2 ans répondrait mieux à ses attentes. Les résultats de cet état initial à la fois encourageants, dans les ZNP et inquiétants, quant à l'érosion de la biodiversité et aux diminutions observées entre 2008 et 2013, pourraient être confirmés.

En attendant le prochain retour sur les 24 sites mis en place, le protocole de comptage au temps d'espèces cibles (TPS) peut-être mis en œuvre un an sur deux ou dans l'intervalle par l'équipe du Parc, par exemple et maintenu ainsi à plus haute fréquence.

Enfin le protocole pour les petits fonds en palmes, masque, tuba (PMT) pourrait être pratiqué en routine annuellement (moins de contrainte logistique, peu honéreux), voire en saison chaude et saison froide, biannuellement, en fonction des disponibilités du personnel du Parc. Les poissons sont plus sensibles à la protection (abondances plus élevées et fréquences d'occurrences dans les aires protégées) dans les petits fonds (<10 m de profondeur), environnements présentant une proportion plus réduite de complexité du substrat et de couverture rocheuse (Claudet *et al.*, 2011). Ce suivi devrait donc bien mettre en évidence l'effet de la protection dans les années qui viennent.

Outre la montée en puissance des richesses spécifiques et des biomasses de poissons dans les stations en ZNP, l'état initial et l'évolution 2008-2013 laisse présager d'une forte potentialisation de l'efficacité de la protection sur des habitats rocheux remarquables et propices à de nombreuses espèces de téléostéens. Le suivi à venir devra porter une attention particulière au suivi des stations sur lesquelles risque de se reporter l'effort de pêche autrefois appliqué aux ZNP. Le report d'effort fait partie des conséquences difficilement maîtrisables de la mise en protection de sites. L'évaluation du bénéfice des ZNP sera donc à temporiser en fonction des impacts subis par les zones alentours, dont on espère, à terme, qu'ils seront compensés par l'exportation à partir des ZNP. Le report de l'effort de pêche plaisancier (chasse sous-marine, palangre, ligne embarquée) est à considérer avec autant d'attention, étant donné le nombre de pratiquants à l'année dans la région marseillaise, que celui de la pêche aux petits métiers.

## 6.2 Suivi par pêches scientifiques standardisées (PSS)

Les pêches scientifiques constituent un mode d'échantillonnage complémentaire des comptages visuels. Elles ont permis d'échantillonner d'autres espèces que les espèces diurnes observées entre 0 et 25 m de profondeur.

Pour les stations 'herbier' et 'roche-herbier' le pas de temps de 3 ans conviendrait bien. Ce pas de temps choisi sur la Côte Bleue a permis de suivre la mise en place de l'effet réserve et l'efficacité de la gestion.

L'échantillonnage réalisé dans le canyon soulève une question éthique en raison de la capture d'un certain nombre d'espèces reconnues par l'IUCN comme vulnérable ou bénéficiant d'un statut de protection. Les quelques pêches réalisées ont apporté une liste d'espèces capturées et quelques évaluations d'abondance de biomasse et de CPUE. En aucun cas ces pêches ne permettent d'évaluer ce que représentent ces captures par rapport aux captures réalisées régulièrement par les pêcheurs professionnels. Etant donné la relative rareté des espèces de grande taille qui ont été prises et l'objectif de conservation du PNCal, le pas de temps des pêches pourrait par principe être espacé. Cependant, un échantillonnage régulier pour les espèces de plus petite taille telles que le chinchard, le merlu qui sont des cibles importantes pour la pêche artisanale locale présente un intérêt évident. Nous pouvons aussi préconiser de refaire cet échantillonnage à l'identique dans 3 ans et décider en fonction des résultats qui seront obtenus. D'ici là, le Parc aura peut-être l'opportunité de réaliser des embarquements avec les pêcheurs professionnels permettant d'évaluer mieux les rendements moyens et les cibles concernés par la pêche dans le canyon.

Les captures de la pêche artisanale sont aussi un moyen de connaissance des peuplements de poissons côtiers et qui est complémentaire des comptages visuels et des pêches scientifiques. En effet la diversité des métiers pratiqués par les pêcheurs et la saisonnalité de la pêche sont autant d'adaptations à la ressource et témoignent de la connaissance qu'ont les pêcheurs des espèces et de leurs traits de vie. Si le PNCal en a les moyens, un accès progressif aux débarquements des pêcheurs pratiquant dans le Parc ou la participation à des embarquements serait une étape décisive dans la connaissance des peuplements de poissons et dans la concertation avec les pêcheurs. Ce travail peut être amorcé en marge du suivi régulier par pêches scientifiques et avec l'aide des scientifiques.

## 6.3 Suivi du corail rouge

Les populations de corail rouge au sein du cœur marin du PNCal sont caractérisées par une forte hétérogénéité sur les plans spatial et temporel. Par ailleurs, l'estimation des taux de croissances et la calibration de la méthode d'étude nous permettent d'estimer des pas de temps à la fois pertinents écologiquement et du point de vue de la mesure dans une logique de suivi sur le long terme. Par conséquent, nous proposons une méthodologie de suivi des populations de *C. rubrum* basée sur trois axes principaux.

### 6.3.1 Axe 1 : Veille biologique – Protocole annuel

Nous proposons dans un premier axe de développer un **protocole de suivi annuel simplifié** dans le but de mettre en place une veille biologique. Il s'agit ici de réaliser un effort de surveillance qui permettra, en cas d'évènement majeur (e.g. mortalité massive, braconnage) :

- d'avertir **rapidement** le gestionnaire ainsi que la communauté scientifique et les usagers,
- d'initier un suivi poussé pour caractériser de façon fiable et précise l'ampleur de la perturbation (axe 2),
- de mettre en place, lorsque c'est possible, des mesures particulières de gestion.

Le protocole annuel simplifié que nous proposons consiste en trois points :

- i. Echantillonnage aléatoire de l'ensemble des sites.** Réaliser, sur chaque site, des séries photographiques conformément à la méthode employée dans ce rapport. **Vingt-cinq quadrats**, répartis aléatoirement à travers le site permettent de couvrir une surface adaptée à la caractérisation d'une population en termes de quantité de colonies observables. Les dix sites sélectionnés se répartissent sur l'ensemble du PNCaI, avec des contextes écologiques et de fréquentation variés. Il nous semble donc pertinent de conserver l'ensemble des sites de suivis en incluant également les sites de transects permanents (Grotte à Corail, Grotte Pérès, Riou Sud 20 m).
- ii. Echantillonnage le long des transects permanents.** Réaliser, sur les trois sites à transects permanents (Grotte à Corail, Grotte Pérès et Riou Sud 20 m), des séries photographiques conformément à la méthode employée dans ce rapport. Il nous semble important de maintenir l'acquisition de données sur les colonies qui se distribuent le long de ces transects.
- iii. Analyse allégée.** Les séries photographiques feront l'objet d'un traitement simplifié par rapport à ce qui a été proposé dans cette étude. L'opérateur réalisera un visionnage de l'ensemble des photos afin d'identifier d'éventuelles perturbations remarquables : mortalité naturelle (nécrose), pressions anthropiques (dégradations mécaniques).

Ce mode d'analyse des séries photographiques permet un contrôle rapide de l'état de conservation des populations. Si un élément majeur est identifié, l'opérateur sera en mesure d'informer le gestionnaire qui pourra prendre la décision de solliciter un complément d'analyse. Il ne fait par ailleurs aucun doute que l'acquisition de données annuelles permet de garantir 'la mémoire' des sites. Nous préconisons enfin de réaliser cette campagne de surveillance des sites de suivis chaque année à **l'automne**. C'est en effet la période la plus appropriée pour observer, s'il y a lieu, des événements de mortalité majeurs liés à une canicule estivale.

La mise en pratique de cette veille biologique implique les modalités suivantes :

- effectuer au moins une plongée par site (éventuellement deux sur les sites de transects permanents selon la connaissance du site par l'opérateur),
- réaliser des photographies à haute résolution qui répondent aux critères méthodologiques nécessaires pour l'analyse photogrammétrique,
- une demi-journée d'analyse photographique par site,
- une journée de rédaction d'un rapport à destination du gestionnaire.

Compte tenu des compétences nécessaires pour assumer cette veille biologique, ce travail semble inadapté à un public 'non spécialiste' dans le cadre d'actions, par exemple, de science participative. Ce type de programme se prête plus facilement à l'étude d'autres organismes indicateurs tels que la gorgone rouge *Paramuricea clavata*. Cette veille biologique pourrait ainsi être réalisée par une structure opérationnelle (Bureau d'étude, association à compétence scientifique, gestionnaire) selon les conditions évoquées précédemment (expérience du terrain et possession du matériel photographique adapté) ainsi qu'après avoir reçu une formation sur la méthode de prise de vue pour la photogrammétrie dans le cas où une analyse spécifique serait demandée.

### 6.3.2 Axe 2 : Analyse fine – Protocole quinquennal ou en cas d'évènement majeur

Nous proposons dans un deuxième axe de développer un **protocole de suivi approfondi** dans le but de mettre en place une analyse fine tous les 5 ans ou en cas de perturbations majeures (e.g. mortalités massives, braconnage). Les résultats obtenus dans cette étude et la connaissance sur la biologie de *C. rubrum* ainsi que les éléments techniques évoqués dans ce rapport permettent de proposer un pas d'échantillonnage de cinq années pour une analyse fine des populations de corail rouge identique à l'analyse faite dans le cadre de ce marché. En effet, en l'absence de perturbation majeure, la croissance lente des colonies ainsi que la marge d'erreur liée à l'utilisateur de la méthode suggère qu'une analyse plus fréquente inclurait un taux d'erreur trop important pour de petites variations de tailles et de diamètres. Il s'agit ici de réaliser un effort de suivi poussé qui permettra :

- de suivre la dynamique des populations sur une série temporelle longue,
- d'observer les effets liés aux réglementations appliquées en ZNP et au sein du PNCaI,
- de mettre à disposition un jeu de données profitable à la recherche scientifique et au développement de la connaissance sur l'habitat coralligène en entretenant la base de données,
- de suivre la capacité de récupération des populations après une perturbation importante.

L'acquisition des données photographiques pour ce protocole se déroulera de la même façon que pour la veille biologique (échantillonnage aléatoire et échantillonnage des transects permanents). Cependant, les séries photographiques feront l'objet d'un traitement approfondi comparable aux analyses proposées dans cette étude.

La mise en pratique de cette analyse fine implique les modalités suivantes :

- réaliser au moins une plongée par site (éventuellement deux sur les sites de transects permanents selon la connaissance du site),
- réaliser des photographies à haute résolution qui répondent aux critères méthodologiques nécessaires pour l'analyse photogrammétrique,
- une semaine d'analyse photogrammétrique par site,
- un mois d'analyse de données et de production de documents de restitution.

### 6.3.3 Axe 3 : Prospection de nouveaux sites profonds

Au regard des résultats obtenus nous considérons que la zone superficielle (zone des 10 – 40 m) est assez bien connue. En revanche, les zones intermédiaire et profonde, difficiles d'accès en plongée loisir ou professionnelle traditionnelle, restent très peu étudiées.

La zone intermédiaire (50 – 80 m) pourrait faire l'objet d'une prospection **annuelle** mettant à contribution les plongeurs spécialistes de l'exploration profonde de la région en lien avec la communauté scientifique, dans le cadre d'un programme de science participative. La description de sites préservés ou au contraire clairement impactés par un prélèvement volontaire contribuerait à la connaissance de l'état de conservation des populations de corail rouge.

Par ailleurs, une prospection encore plus profonde (au-delà de 100 m) des sites pourrait être réalisée en s'appuyant sur une logistique de pointe telle celle mise en place par COMEX dans cette étude. L'expérience acquise met en évidence que la mobilisation d'une telle logistique permettrait d'échantillonner à des profondeurs inaccessibles en scaphandre autonome, à des profondeurs avoisinant les 100 m. Ainsi, **une journée par an** pourrait permettre sur le long terme d'acquérir une vision concrète de la richesse des zones profondes du Parc national des Calanques (canyon de la Cassidaigne).

## 7 CONCLUSION

Les aires marines protégées de Méditerranée ont des tailles, des configurations géomorphologiques et des modes de gestion très divers, qui vont de zones intégralement protégées à des régimes de gestion autorisant de nombreux usages, y compris la pêche sous diverses formes. Ce que beaucoup d'AMP ont en commun est que leur création a été motivée par la présence de paysages remarquables, à grande valeur esthétique (Harmelin, 2000), ce qui est une des caractéristiques majeures du Parc national des Calanques. Le résultat des investigations faites dans le cadre du présent état initial fait ressortir la valeur du peuplement ichtyologique et des sites à corail rouge et la qualité des habitats qui explique en partie l'abondance et la richesse spécifique des peuplements benthiques et démersaux échantillonnés. Le niveau d'évaluation au départ est déjà très haut et la qualité des habitats ne peut que potentialiser fortement les effets de la protection. Par ailleurs, les écarts importants constatés dans les moyennes des différentes métriques descriptives du peuplement entre les stations situées au cœur du Parc et celles dans l'aire marine adjacente ou entre ZNP et hors ZNP mettent en évidence le fort impact sur les peuplements des activités de prélèvement (pêches professionnelle et récréative). Ce que viennent indubitablement confirmer le comportement fuyant et la rareté des mérours et des corbs.

### Suivi des poissons par comptages et captures

L'état des lieux à la fois qualitatif et quantitatif réalisé dans de bonnes conditions d'échantillonnage avec un grand nombre de réplicats et le croisement de plusieurs méthodes d'observation visuelle et de pêches expérimentales a permis une comparaison étayée des différents sites du PNCaI. Cet état initial n'a malheureusement pas pu être fait au véritable temps zéro. Les valeurs initiales des différents descripteurs du peuplement se trouvent donc probablement un peu en dessous des valeurs absolues obtenues 18 mois après la création du parc national. Cet état de fait ne viendra pas trop nuire aux objectifs du présent travail pour plusieurs raisons : entre la mise en place du parc et la protection effective des sites, plusieurs mois ont été nécessaires, d'une part et le croisement des méthodes, le grand nombre de réplicats et de stations donnent de la valeur aux estimations qui sont faites ici et permet de nombreuses comparaisons spatiales. Enfin, le plan d'échantillonnage ayant conservé 8 stations échantillonnées visuellement à l'identique en 2008, cet état initial bénéficie d'une analyse de l'évolution dans le temps de ces stations qui permet de situer le point présent par rapport aux années antérieures, au moins pour ces stations, et d'en dégager une tendance évolutive comparée entre les stations de ZNP et l'extérieur. Des interprétations ont été faites au fil du texte quant aux impacts possibles des activités humaines sur le peuplement de poissons au titre du diagnostic. L'objectif de l'échantillonnage était tourné vers la constitution d'un état de référence et non l'étude des différents impacts évoqués.

Ce qui interpelle dans les chiffres de cet état initial, ce sont des résultats déjà significatifs, des différences entre ZNP et hors ZNP aussi bien dans les comptages que dans les captures à moins de 18 mois de la mise en protection des sites. Le rapport de 2009 (Astruch *et al.*, 2009) faisait déjà apparaître des valeurs de richesse spécifique, de densité et de biomasse relativement élevées en comparaison avec d'autres sites de la côte méditerranéenne française. Ces résultats s'expliquent en partie par la qualité de l'habitat rocheux des Calanques en particulier sur les îles. Nous faisons d'ailleurs remarquer que parmi les stations choisies, Moyades, le Grand Conglue sont recensés parmi les plus beaux sites de plongée de Méditerranée. Ainsi, les valeurs absolues des variables du peuplement plus élevées que sur la Côte Bleue si proche, bénéficiant d'une protection renforcée et bien plus ancienne s'expliquent par les différences de caractéristiques de l'habitat. La mise en perspective des résultats par rapport à d'autres suivis demeure un exercice intellectuel intéressant même si elle nous conduit à comparer des éléments qui ne sont pas rigoureusement comparables. Sur les différents territoires dans lesquels des évaluations ont été faites, non seulement l'habitat

mais l'influence des apports de nutriments par les courants qui supportent la chaîne alimentaire, la répartition des activités de prélèvement (pêche à la ligne du bord, pêche embarquée, pêche sous-marine et différents métiers de la pêche professionnelle) et leur impact sont totalement différents et ne sont pas pris en compte dans la comparaison de ces valeurs absolues. A titre d'exemple, Harmelin-Vivien *et al.* (2000) ont montré d'ailleurs comment la diminution des apports organiques de la station d'épuration a modifié la structure trophique du peuplement (i) favorisant l'espèce *C. chromis* au détriment des autres planctonophages, (ii) entraînant la diminution des labridés (mesocarnivores) et probablement aussi (iii) des macrocarnivores (scorpaenidés, serranidés).

Dans le périmètre du parc marin international, dans le sud de la Corse, entre 10 et 20 mètres de profondeur, et pour l'ensemble des espèces cibles de poissons, les biomasses ont été multipliées par 2.3 en 2 ans dans les zones protégées par rapport aux zones laissées en libre exploitation, par 4 en 10 ans et par 6 en une vingtaine d'années. Ce résultat est lié à l'efficacité de la surveillance et de la gestion de la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio. Dans le nord de la Sardaigne, les réserves intégrales ont un facteur d'augmentation seulement égal à 20%, soit 1.2 fois plus de biomasse dans les zones protégées que dans les zones laissées en libre exploitation. Ce résultat plus faible dans des habitats équivalents est imputable au manque de surveillance direct par les services du parc national de ces réserves intégrales (Culioli *et al.*, 2003). La surveillance effective des ZNP et le travail de gestion et de sensibilisation sont la clé du succès de la mise en protection des sites.

La gestion des ressources ichtyologiques du PNCaI nécessite par ailleurs une bonne connaissance des activités halieutiques dans l'ensemble du Parc (effort, pratiques, captures). A part quelques travaux ponctuels et plus ou moins rigoureux (Jouvenel & Faure, 2005 ; Jupeau et Kahoul, 2002, 2004, 2005a, 2005b) aucune donnée précise n'est disponible sur la pêche artisanale dans la région marseillaise. L'accès aux données non agrégées des enquêtes cadre de l'IFREMER sur les petits métiers ainsi qu'aux données collectées par la DPMA est extrêmement difficile et pourrait être très utile au Parc pour mieux connaître la pêche artisanale sur son territoire. La récente thèse de Kevin Leleu (Leleu, 2012, Leleu *et al.*, 2014) a permis de combler cette lacune pour la Côte Bleue. Un équivalent serait bien utile pour l'autre rive de la baie de Marseille et jusqu'à La Ciotat.

### Suivi du corail rouge

Nous avons étudié plusieurs populations de corail rouge (*Corallium rubrum*), sur la zone des Calanques entre Marseille et La Ciotat. Un travail bibliographique préliminaire a permis de mettre en exergue les particularités qui caractérisent cette espèce. Parmi les éléments relevés, nous retenons principalement que *Corallium rubrum* est un organisme endémique de Méditerranée, dont la reproduction est très lente et nécessite des conditions favorables. Cela concerne autant sa reproduction asexuée qui correspond à la croissance des colonies, que sa reproduction sexuée qui renvoie à la dispersion des gamètes dans le milieu aquatique (fécondation externe) et à la fixation des larves sur le substrat (recrutement). Il ne fait aujourd'hui aucun doute que le maintien de populations matures est menacé dans les faibles fonds du fait de leur vulnérabilité naturelle aux perturbations environnementales (pollutions, fréquentation des sites, destruction de l'habitat, changements climatiques) et de leur exploitation commerciale continue.

Les résultats de l'étude renforcent les conclusions tirées des éléments de la littérature scientifique. Nous mettons d'abord en évidence une forte structuration spatiale au sein du cœur marin du PNCaI. Cela nous pousse à penser que l'unité de suivi pour la gestion d'une aire marine protégée doit intégrer l'échelle du 'site' plutôt que seulement une résolution définie par des critères géographiques ou législatifs (*e.g.* limites de ZNP). Nous montrons ensuite que les mesures de gestion appliquées sur les zones de non-prélèvement du cœur marin au cours des deux dernières années n'ont, sans surprise, pas encore permis d'obtenir une récupération nette des populations de corail rouge en comparaison avec celles en dehors de ces zones, ou du moins de garantir le maintien de

populations en favorisant la sauvegarde d'un environnement où les impacts d'origine anthropique sont limités. Nous avons également pu constater, à partir des données tirées des archives photographiques de la dernière décennie, que les populations ont suivi des dynamiques de croissance différentes allant de rapide (*e.g.* Grotte à Corail), à très faible (*e.g.* Riou Sud 20 m). Ce constat nous incite à anticiper que la mise en réserve pourrait avoir des effets différents en fonction de l'ancienneté des colonies dans la population et des conditions environnementales propres à chaque site. Il s'agit donc de choisir une stratégie de gestion qui privilégie soit la récupération et la croissance de populations jeunes, soit de protéger et de contribuer au maintien des populations plus matures.

De façon générale, nous mettons en avant la complexité de cette espèce sur le plan écologique et sur le plan de sa conservation. Ce travail s'est attaché à présenter une description détaillée de chaque site à corail. Il reste toutefois primordial de persévérer dans cette voie en approfondissant d'avantage la caractérisation de ces populations, notamment au niveau leur dynamique intrinsèque et de leur habitats. Ces investigations devraient pouvoir nous apporter des éléments importants sur la capacité de chaque site à faire face à des perturbations futures qui échappent aux réglementations comme par exemple le braconnage, l'arrivée d'espèces invasives ou des événements climatiques majeurs similaires à ceux de 1999 ou 2003.

## 8 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., Boudouresque C., Bonhomme D., Goujard A., Antonioli P., Bonhomme P., Perez T., Ruitton S., Saint-Martin T.d., Verlaque M., 2012. Mapping and state of conservation of benthic marine habitats and assemblages of Port-Cros national Park (Provence, France, northwestern Mediterranean Sea). *Sci Rep Port-Cros Natl Park*, 26, 45-90.

Aurelle D., Ledoux J.B., Rocher C., Borsa P., Chenuil A., Feral J.P. (2011) Phylogeography of the red coral (*Corallium rubrum*): inferences on the evolutionary history of a temperate gorgonian. *Genetica*, 139, 855-69.

Ballesteros E., 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123-195.

Bauchot et Pras, 1980. Guide des poissons marins d'Europe. Delachaux et Niestlé Eds., Lausanne-Paris, 427 pp.

Bavestrello G., Cerrano C., Zanzi D., Cattaneo-Vietti R., 1997. Damage by fishing activities to the Gorgonian coral *Paramuricea clavata* in the Ligurian Sea. *Mar. Freshw. Ecosyst.*, 7, 253-262

Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Cadiou G., 1999. Etat de référence des biocénoses, peuplements, espèces et paysages remarquables. Commune de St Cyr-Sur-Mer. Analyse des atouts pour la valorisation du milieu marin, du secteur compris entre la pointe Grenier et la calanque de Port - d'Alon. 75 p.+ annexes, par Contrat Ville de St Cyr-Sur-Mer & GIS Posidonie publ., Marseille Fr.

Bernard G., Denis J. Cadiou G., Emery E., Andral B., Bonhomme P., Tomasino C., Clabaut P., 2004. Etude du patrimoine marin environnant les domaines départementaux de l'île Verte et du Mugel. Phase I, Synthèse des connaissances existantes. Contrat Conseil Général 13, GIS Posidonie & IFREMER, GIS Posidonie publ., Marseille Fr. : 1-131.

BIOMEX, 2006. 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., Boudouresque C.F., Bernard G., Verlaque M., Charbonnel E., Cadiou G., 2001. Espèces, peuplements et paysages marins remarquables de La Ciotat, de l'île Verte à la Calanque de Capucin (Bouches-du-Rhône, France). Contrat RAMOGE & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr. : 1-133.

Bonhomme P., Liger P., Le Diréach L., Goujard A., Rouanet E., Boudouresque C.F., 2013. Suivi de l'effort de pêche professionnelle dans les eaux du Parc national de Port-Cros. Année 2012. Partenariat Parc national de Port-Cros & GIS Posidonie publ., Fr. : 1-66.

Boudouresque C.F., 2004. Marine biodiversity in the Mediterranean; status of spicks, populations and communities. *Scientific reports of the Port-Cros national park*, 20, 97-146.

Bramanti L., Magagnini G., Santangelo G., 2003. Settlement and recruitment: the first stages in the life cycle of two epibenthic suspension feeders (*Corallium rubrum* and *Anomia ephippium*). *Italian Journal of Zoology*, 70, 175-178.

Bramanti L., Magagnini G., De Maio L., Santangelo G., 2005. Recruitment, early survival and growth of the Mediterranean red coral *Corallium rubrum* (L 1758), a 4-year study. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 314, 69-78.

Bramanti L., Movilla J., Guron M., Calvo E., Gori A., Dominguez-Carrio C., Grinyo J., Lopez-Sanz A., Martinez-Quintana A., Pelejero C., Ziveri P., Rossi, S., 2013. Detrimental effects of ocean acidification on the economically important Mediterranean red coral (*Corallium rubrum*). *Glob Chang Biol*, 19, 1897-908.

Broquiere L., 2001. Etude globales et préalable à la gestion d'une zone littorale – L'île Verte et le Mugel, propriétés du Conseil Général des Bouches du Rhône. Mémoire de DESS, Université Aix-Marseille III. 1-124+annexes.

Calderon I., Garrabou J., Aurelle D., 2006. Evaluation of the utility of COI and ITS markers as tools for population genetic studies of temperate gorgonians. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 336, 184-197.

Carpine C., Grasshoff M., 1975. Les gorgonaires de la Méditerranée. Institut océanographique.

Cerrano C., Cardini U., Bianchelli S., Corinaldesi C., Pusceddu A., Danovaro, R., 2013. Red coral extinction risk enhanced by ocean acidification. *Sci Rep*, 3, 1457.

Cerrano C., Bavastrello G., 2000. "A catastrophic mass-mortality episode of gorgonians and other organisms in the Ligurian Sea (NW Mediterranean), summer 1999." *Ecology Letters* 3: 284-293.

Charbonnel E., plongeurs et GEM, 2011. Compte rendu 8ème campagne d'inventaire des populations de mérous et de corbs dans les calanques et les îles marseillaises. 10 septembre 2011. Rapport de mission GEM-FFESSM, 9 pp.

Charbonnel E., plongeurs & GEM, 2013. Compte-rendu scientifique 10ème campagne d'inventaire des populations de mérous et de corbs dans les Calanques et îles marseillaises. 14 septembre 2013. Note Eric Charbonnel PMCB-GEM.

Chintiroglou H., Dounas, C., Koukouras A., 1989. The presence of *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758) in the eastern Mediterranean Sea. *Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin. Zoologisches Museum und Institut für Spezielle Zoologie (Berlin)*, 65, 145-149.

CITES (2011) Convention on International trade in endangered species of wild fauna and flora. URL: <http://www.cites.org/fra/app/appendices.php>

Claudet J., Pelletier, J.-Y. Jovenel, F. Bachet, R. Galzin, 2006.. Assessing the effects of marine protected area (MPA) on a reef fish assemblage in a northwestern Mediterranean marine reserve: Identifying community-based indicators. *Biological Conservation*.

Claudet J., Osenberg C.W., Benedetti-Cecchi L., Domenici P., Garcia-Charton J.-A., Perez-Ruzafa A., Badalamenti F., Bayle-Sempere J., Brito A., Bulleri F., Culioli J.-M., Dimech M., Falcon J., Guala I., Milazzo M., Sanchez-Meca J., Somerfield P.J., Stobart B., Vandeperre F., Valle C., Planes S., 2008. Marine reserves: size and age do matter. *Ecology letters*, 11:481-489.

Claudet J., Garcia-Charton J.-A., Lenfant P., 2011. Combined Effects of Levels of Protection and Environmental Variables at Different Spatial Resolutions on Fish Assemblages in a Marine Protected Area. *Conservation Biology*, 25(1):105-114.

Costantini F., Carlesi L., Abbiati M., 2013. Quantifying spatial genetic structuring in mesophotic populations of the precious coral *Corallium rubrum*. *PLoS One*, 8, e61546.

Costantini F., Fauvelot C., Abbiati, M., 2007. Genetic structuring of the temperate gorgonian coral (*Corallium rubrum*) across the western Mediterranean Sea revealed by microsatellites and nuclear sequences. *Mol Ecol*, 16, 5168-82.

Costantini F., Rossi S., Pintus E., Cerrano C., Gili J.M., Abbiati M., 2011. Low connectivity and declining genetic variability along a depth gradient in *Corallium rubrum* populations. *Coral Reefs*, 30, 991-1003.

Costantini F., Taviani M., Remia A., Pintus E., Schembri P.J., Abbiati, M., 2010a. Deep-water *Corallium rubrum* (L., 1758) from the Mediterranean Sea: preliminary genetic characterisation. *Marine Ecology*, 31, 261-269.

Costantini F., Taviani M., Remia A., Pintus E., Schembri P.J., Abbiati, M., 2010b. Deep-water *Corallium rubrum* (L., 1758) from the Mediterranean Sea: preliminary genetic characterisation. *Marine Ecology*, 31, 261-269.

Crisci C., Bensoussan N., Romano J.C., Garrabou J., 2011. Temperature anomalies and mortality events in marine communities: insights on factors behind differential mortality impacts in the NW Mediterranean. *PLoS One*, 6, e23814.

Cudoni S., Chessa L., 1991. Present and past distribution of *Corallium rubrum* (L.) along the northern and central Sardinian coast. *Les especes marines à protéger en Méditerranée*. GIS Posidonie, 71-81.

Culioli J.-M., Plastina G., Peschet P., Ugo M., Desanti O., 2003. Evaluation quantitative des espèces cibles de poissons entre 10 et 20 m dans le périmètre du Parc Marin International (missions 2001, 2002 & 2003). Office de l'Environnement de la Corse – Réserve naturelle des Bouches de Bonifacio, Parco Nazionale Arcipelago la Maddalena, 35 pp.

Daniel B., Bacht F., de Maisonrouve L., Harmelin J.G., 2002. Note d'étape sur la méthodologie d'un « indice poisson » testé sur la Côte Bleue. 5p.

Debreuil J., Tambutte E., Zoccola D., Deleury E., Guigonis J.M., Samson M., Allemand D., Tambutte, S., 2012. Molecular cloning and characterization of first organic matrix protein from sclerites of red coral, *Corallium rubrum*. *J Biol Chem*, 287, 19367-76.

Debreuil J., Tambutte S., Zoccola D., Segonds N., Techer N., Allemand D., Tambutte E., 2011. Comparative analysis of the soluble organic matrix of axial skeleton and sclerites of *Corallium rubrum*: insights for biomineralization. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol*, 159, 40-8.

Del Gaudio D., Fortunato G., Borriello M., Gili J.M., Buono P., Calcagno G., Salvatore F., Sacchetti L., 2004. Genetic typing of *Corallium rubrum*. *Mar Biotechnol* (NY), 6, 511-5.

Drap P., Merad D., Mahiddine A., Seinturier J., Gerenton P., Peloso D., Boi J.-M., Environnement S., Bianchimani O., Garrabou J., 2013. Automating The Measurement Of Red Coral In Situ Using Underwater Photogrammetry And Coded Targets. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1, 231-236.

Enthought Canopy, 2012. Enthought Python Distribution (Version 7.3) [Software]. Retrieved from <http://www.enthought.com>

FAO, 2009 Fisheries advisory panel offers recommendations on CITES proposals. Food and Agriculture Organization of the United Nations. online : <http://www.fao.org/news/story/en/item/38195/icode/>

FAO, 2010. Update on the 15th CITES conference for Parties 13–25, Doha, Qatar. Committee on fisheries subcommittee on fish trade. Twelfth session, Buenos Aires, Argentina, 26–30 April 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations, COFI:FT/XII/2010/Inf.8., 5 pp.

FAO, 2011a. GFCM Report of the transversal workshop on red coral in Ajaccio (Corsica). online : <http://151.1.154.86/GfcmWebSite/SAC/SCNESS-SCMEE-SCSA/2011/RedCoral/Draft-Report-RedCoral-GFCM-Ajaccio.pdf>

FAO, 2011b. FAO Fisheries Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations. online : <http://151.1.154.86/GfcmWebSite/SAC/SCCESS-SCMEE-SCSA/2010/RedCoral/docs.html>

Fourt M., Goujard A., 2013. Système d'information ZOODEX. ZOOlogical Data Exploitation system. *Partenariat Agence des aires marines protégées – GIS Posidonie en collaboration avec l'équipe scientifique.*

García Charton, J.A. & Pérez-Ruzafa, A., 1998. Correlation between habitat structure and a rocky reef fish assemblage in the southwestern Mediterranean. *PSZN I: Mar. Ecol.*, 19: 111-128.

García Charton, J.A. & Pérez-Ruzafa, A., 1999. Ecological heterogeneity and the evaluation of the effects of marine reserves. *Fish. Res.*, 42: 1-20.

García Charton, J.A. & Pérez-Ruzafa, A., 2001. Spatial pattern and the habitat structure of a reef fish assemblage in SW Mediterranean. *Mar. Biol.*, 138: 917-934.

Ganteaume A., 2000. Suivi de l'ichtyofaune de récifs artificiels du Parc Marin de La Ciotat (B. du Rh.). Rapport final. Rapport Atelier Bleu, La Ciotat, Fr. : 1-64.

Ganteaume et GEM, 2014. Compte-rendu mission d'inventaire de la population de mérous en saison chaude dans les eaux de La Ciotat. Septembre 2014, 8 pp.

Garrabou J., Perez T., Chevaldonne P., Benssousan N., Torrents O., Lejeusne C., Romano J.C., Vacelet J., Boury-Esnault N., Harmelin-Vivien M., Verlaque M., Boudouresque C.F. & Harmelin J.G. (2003) Is global change a real threat for conservation of the NW Mediterranean marine biodiversity? *Geophysical Research Abstracts*, 5, 10522

Garrabou J., Harmelin J.G., 2002. A 20-year study on life-history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs. *Journal of Animal Ecology*, 71, 966-978.

Garrabou J., Harmelin J. G., 2002. "A 20-year study on life history traits of a harvested long-lived temperate coral in the NW Mediterranean: insights into conservation and management needs." *Journal of Animal Ecology* 71: 966-978.

Garrabou J., Perez T., Sartoretto S., Harmelin J.G., 2001. Mass mortality event in red coral *Corallium rubrum* populations in the Provence region (France, NW Mediterranean). *Marine Ecology Progress Series*, 217, 263-272.

Garrabou J., T. Perez et al., 2001. "Mass mortality event in red coral *Corallium rubrum* populations in the Provence region (France, NW Mediterranean)." *Marine Ecology Progress Series* 217: 263-272.

Gibson R., Atkinson R., Gordon J., 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 44, 123-195.

Gili J.-M., Coma, R., 1998. Benthic suspension feeders: their paramount role in littoral marine food webs. *Trends in ecology & evolution*, 13, 316-321.

Grigg R.W., 1984. Resource management of precious corals. *Marine Ecology*, 5, 57-74.

Guidetti P., Claudet J., 2010. Comanagement practices enhance fisheries in Marine Protected Areas. *Conservation Biology* 24:312-318.

Goñi R., Adlerstein S., Alavrez-Berastegui D., Forcada A., Reñones O., Criquet G., Polti S., Cadiou G., Valle C., Lenfant P., Bonhomme P., Pérez-Ruzafa A., Sánchez-Lizaso J.L., García-Charton J.A., Bernard G., Stelzenmüller V., Planes S., 2006. Spillover from six western Mediterranean Marine Protected Areas: evidence from artisanal fisheries. *Marine Ecology Progress Series* 366:159-174.

Halpern B.S., Gaines S.D., Warner R.R., 2004. Confounding effects of the export of production and the displacement of fishing effort from marine reserves. *Ecological Applications* 14:1248-1256.

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

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

Harmelin J.-G., 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégées en Méditerranée (Parc national de Port-Cros, France). *PSZNI : Marine Ecology*, 8(3) :263-284 .

Harmelin J.-G., 2000. Mediterranean marine protected areas: some prominent traits and promising trends. *Environmental Conservation*, 27(2):104-105.

Harmelin J.G., 2013. Le mérout brun et le corb : deux Grands Témoins de 50 ans de protection du milieu marin dans le Parc national de Port-Cros (France, Méditerranée). *Sci. Rep. Port-Cros natl Park*, 27 : 263-277.

Harmelin J.-G., Bachet F, Garcia F., 1995. Mediterranean marine reserves: Fish indices as tests of protection efficiency. *Marine Ecology*, 16:233-250

Harmelin, J.G., Marinopoulos, J. (1994) «Population structure and partial mortality of the gorgonian *Paramuricea clavata* (Risso) in the North-Western Mediterranean (France, Port Cros Island'. *Marine Life* 1994-Vol 4(1): 5 – 13

Harmelin J.-G., 1999. Visual assessment of indicator of fish species in Mediterranean marine protected areas. *Il Naturalista Siciliano*, 23:83-104.

Harmelin-Vivien M., Harmelin J.-G., Letourneur Y., 2000. 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 - rapport final.

Harmelin-Vivien M., Le Diréach L., Bayle-Sempere J., Charbonnel E., Garcia-Charton J.A., Ody D., Perez-Ruzafa A., Renones O., Sanchez-Jerez P., Valle C., 2008. Gradients of abundance and biomass across reserve boundaries in six Mediterranean marine protected areas: evidence of fish spillover ? *Biological Conservation*, 141 :1829-1839.

Iglésias, 2013a. Actinopterygians from the North-eastern Atlantic and the Mediterranean (A natural classification based on collection specimens, with DNA barcodes and standardized photographs), Volume I (plates), Provisional version 09, 01 April 2013. 273 pp. <http://www.mnhn.fr/iccanam>.

Iglésias, 2013b. Condriichthyans and Cyclostomata from the North-eastern Atlantic and the Mediterranean (A natural classification based on collection specimens, with DNA barcodes and standardized photographs), (plates & texte), Provisional version 07, 01 April 2013. 105 pp. <http://www.mnhn.fr/iccanam>.

Jackson J. B. C., M. X. Kirby et al., 2001. "Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems." *Science* 293: 629-638.

Jouvenel J.-Y., Roche, E. 2011 – Programme de suivis des récifs du Prado (Rade sud de Marseille) : réalisation d'un suivi de la pêche artisanale aux petits métiers - Rapport final. Contrat P2A Développement - Ville de Marseille, Direction de l'Environnement et de l'Espace Urbain, avril 2011 : 95 pp.

Jouvenel J.-Y., Faure, V. 2005 - Etat zéro de la « pêche artisanale aux petits métiers » dans la baie du Prado (rade sud de Marseille) - Rapport final. Contrat P2A Développement - Ville de Marseille, Direction de la Qualité de Vie Partagée, Division Mer et Littoral, octobre 2005 : 92pp.

Juppeau A., Kahoul M., 2005. Opérations « Récifs PRADO 2006 ». Contribution des pêcheurs professionnels. Etat zéro de la pêche artisanale aux petits métiers dans la baie du Prado (Rade Sud de Marseille) – Rapport

technique de la saison estivale juillet à septembre 2005. Contrat Ville de Marseille (04.0860). A.P.P.P.E.M., Octobre 2005 : 13 pp.

Juppeau A., Kahoul M., 2005. Opérations « Récifs PRADO 2006 ». Contribution des pêcheurs professionnels. Etat zéro de la pêche artisanale aux petits métiers dans la baie du Prado (Rade Sud de Marseille) – Rapport technique de la saison hivernale décembre 2004 à février 2005. Contrat Ville de Marseille (04.0860). A.P.P.P.E.M., mars 2005 : 18 pp.

Juppeau A., Kahoul M., 2004. Opérations « Récifs PRADO 2006 ». Contribution des pêcheurs professionnels. Etat des lieux de la baie du Prado avant la mise en place des récifs. Contrat Ville de Marseille SG/DQVP). A.P.P.P.E.M., Janvier 2004 : 45 pp.

Juppeau A., Kahoul M., 2002. Opérations « Récifs PRADO 2006 ». Contribution des pêcheurs professionnels. Contrat Ville de Marseille. A.P.P.P.E.M., juin et septembre 2002 : 11 + 21 pp + Annexes.

Lacaze-Duthiers H.d., 1864. Histoire naturelle du corail. JB Bailière et fils, Paris.

Laubier L., Perez T., Lejeune C., Garrabou J., Chevaldonne P., Vacelet J., Boury-Esnault N. & Harmelin J.G. (2003) La Méditerranée se réchauffe-t-elle? *Marine Life*, 13, 71-81.

Le Diréach L., Astruch P., Charbonnel E., Bonhomme D., Bachet F., Daniel B., 2010. Suivi des peuplements de poissons de la Réserve Marine du Cap Couronne (Parc Marin de la Côte Bleue) – Bilan 1995-2007. GIS Posidonie – Parc Marin de la Côte Bleue, Fr. 1-108.

Le Diréach L., Ourgaud M., Goujard A., Bonhomme P., 2013. Suivi de l'effort de pêche professionnelle dans la réserve naturelle de Scandola (Corse). Données 2012. Contrat Parc naturel Régional de Corse & GIS Posidonie publ., Fr. : 55 pp + annexes.

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.

Ledoux J.-B., 2010. Biologie de la conservation du corail rouge, *Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758): impact du changement global sur l'évolution des populations infralittorales en Méditerranée Nord-Occidentale. Aix Marseille 2.

Ledoux J.B., Garrabou J., Bianchimani O., Drap P., Feral J.P., Aurelle, D., 2010b. Fine-scale genetic structure and inferences on population biology in the threatened Mediterranean red coral, *Corallium rubrum*. *Mol Ecol*, 19, 4204-16.

Ledoux J.B., Mokhtar-Jamai K., Roby C., Feral J.P., Garrabou J., Aurelle, D., 2010a. Genetic survey of shallow populations of the Mediterranean red coral [*Corallium rubrum* (Linnaeus, 1758)]: new insights into evolutionary processes shaping nuclear diversity and implications for conservation. *Mol Ecol*, 19, 675-90.

Leleu K., 2012. Suivi et évaluation de la pêche professionnelle au sein d'une Aire Marine Protégée : protocoles d'enquêtes, et indicateurs de pression et d'impact. Application au Parc Marin de la Côte Bleue. Thèse de Doctorat, spécialité Océanographie, Aix Marseille Université, Marseille, France, 298 pp.

Leleu K., Pelletier D., Charbonnel E., Letourneur Y., Alban F., Bachet F., Boudouresque C.-F., 2014. Métiers, effort and catches of a Mediterranean small-scale coastal fishery: The case of the Côte Bleue Marine Park.

Lelong P., C. Robillon, S. Couvray, T. Miard, D. Rebillard, J.L. Bonnefont, 2012 - Étude et suivi biologique d'une petite calanque marseillaise : la calanque de Podestat - État initial. Contrat EDF – Institut océanographique Paul Ricard. 45 pp.

Lelong P., S. Couvray, T. Miard, D. Rebillard, D. Kirchhofer, M. Dehail, J.L. Bonnefont, 2014. Étude et suivi biologique d'une petite calanque marseillaise : la calanque de Podestat – Rapport annuel 2013. Contrat EDF – Institut océanographique Paul Ricard. 17 pp.

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

Letourneur Y., Ruitton S., Sartoretto S., 2003. Environmental and benthic habitat factors structuring the spatial distribution of a summer infralittoral fish assemblage in the Mediterranean Sea. *J. Mar. Biol. Ass. UK.*, 83 : 193-204.

Linares C., Bianchimani O., Torrents O., Marschal C., Drap P., Garrabou, J., 2010. Marine Protected Areas and the conservation of long-lived marine invertebrates: the Mediterranean red coral. *Marine Ecology Progress Series*, 402, 69-79.

Linares C., Cebrian E., Kipson S., Garrabou J., 2013. Does thermal history influence the tolerance of temperate gorgonians to future warming? *Mar Environ Res*, 89, 45-52.

Linnaeus C.; 1758. *Systema naturæ per regna tria naturæ, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I. Editio decima, reformata.*

Liverino B., 1983. Il corallo: esperienze e ricordi di un corallaro. Banca di credito popolare Torre del Greco.

Louisy, 2005. Guide d'identification des poisons marins. Europe et Méditerranée. Eugen Ulmer Eds., 430 pp.

Marchetti R., 1965. Ricerche sul corallo rosso della costa ligure e toscana. Istituto lombardo di scienze e lettere.

Marschal C., Garrabou J., Harmelin J.G., Pichon, M., 2004. A new method for measuring growth and age in the precious red coral *Corallium rubrum* (L.). *Coral Reefs*, 23, 423-432.

Marschal C., Garrabou J., et al., 2004. "A new method for measuring growth and age in the precious red coral *Corallium rubrum* (L.)." *Coral Reefs* 23: 423-432.

McKinney W., 2011. Pandas: a Foundational Python Library for Data Analysis and Statistics. <http://pandas.pydata.org/>

Murawski S.A., Wigley S.E., Fogarty M.J., Rago P.J., Mountain D.G., 2005. Effort distribution and catch patterns adjacent to temperate MPAs. *ICES Journal of Marine Science*, 62:1150-1167.

Ourgaud M., Ruitton S., Bell J.D., Letourneur Y., Harmelin J.G., Harmelin-Vivien M.L., 2015. Response of a seagrass fish assemblage to improved wastewater treatment. *Marine Pollution Bulletin*, 90: 25-32.

Palumbi S., 2001. "The Ecology of Marine Protected Areas." *Marine Community Ecology* : 509-530.

Pastorelli 2009. Contribution à l'élaboration de la 'Charte' du Parc National des Calanques pour la partie marine, 2009. Rapport de stage.

Perez T., Garrabou J., Sartoretto S., Harmelin J.-G., Francour P., Vacelet J., 2000. Mortalité massive d'invertébrés marins: un événement sans précédent en Méditerranée nord-occidentale. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*, 323, 853-865.

Perez T., Garrabou J., et al., 2000. "Mass mortality of marine invertebrates: an unprecedented event in the Northwestern Mediterranean." *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Serie III. Sciences de la Vie/Life Sciences* 323(10): 853-865.

Priori C., Mastascusa V., Erra F., Angiolillo M., Canese S., Santangelo, G., 2013. Demography of deep-dwelling red coral populations. Age and reproductive structure assessment. *Estuar Coast Shelf Sci*, 116, 1-7.

R Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

Rossi S., Tsounis G., Orejas C., Padrón T., Gili J.-M., Bramanti L., Teixidó N., Gutt, J., 2008. Survey of deep-dwelling red coral (*Corallium rubrum*) populations at Cap de Creus (NW Mediterranean). *Marine Biology*, 154, 533-545.

Rouanet E., Astruch P., Le Diréach L., Bonhomme D., Bonhomme P., 2012. Opération Récifs Prado : suivi scientifique, biologique et technique dans la zone d'immersion (suivi obligatoire). Rapport annuel 2012. Résultats. GIS Posidonie – Ville de Marseille, Fr. 1-264.

Santangelo G.; Bramanti, L.; 2010. Quantifying the decline in *Corallium rubrum* populations. *Marine Ecology Progress Series*, 418, 295-297.

Santangelo G., Bramanti L.; Iannelli, M., 2007. Population dynamics and conservation biology of the over-exploited Mediterranean red coral. *J Theor Biol*, 244, 416-23.

Santangelo G., Bramanti L., Rossi S., Tsounis G., Vielmani I., Lott C., Gili J.M., 2012b. Patterns of variation in recruitment and post-recruitment processes of the Mediterranean precious gorgonian coral *Corallium rubrum*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 411, 7-13.

Santangelo G., Carletti E., Maggi E., Bramanti L., 2003. Reproduction and population sexual structure of the overexploited Mediterranean red coral *Corallium rubrum*. *Marine Ecology Progress Series*, 248, 99-108.

Santangelo G., Cupido R., Cocito S., Bramanti L., Tsounis G., Iannelli M., 2012a. Demography of long-lived octocorals: survival and local extinction. *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium A* (ed by, pp. 9-13.

Santangelo G., Marco A., Giannini F., Cicogna F., 1993. Red coral fishing trends in the western Mediterranean sea during the period 1981-1991. *SCIENTIA MARINA*, 57, 139-143.

Seytre, C., Francour, P., 2008a. Is the Cape Roux marine protected area (Saint-Raphaël, Mediterranean Sea) an efficient tool to sustain artisanal fisheries? First indications from visual censuses and trammel net sampling. *Aquatic Living Resources*, 21, 297–305.

Seytre, C., Francour, P., 2008b. The Cap Roux MPA (Saint-Raphaël, French Mediterranean): changes in fish assemblages within four years of protection. *ICES Journal of Marine Science Advance Access*, 1-8.

Teixido N., Casas E., Cebrian E., Linares C., Garrabou J., 2013. Impacts on coralligenous outcrop biodiversity of a dramatic coastal storm. *PLoS One*, 8, e53742.

Tescione G., 1973. The Italians and Their Coral Fishing. Naples: Fausto Fiorentino.

Torrents O., 2002. Rapports sur les travaux scientifiques. Parc marin de la Côte bleue. Volume 3.

Torrents O., 2007. Biologie des populations du corail rouge *Corallium rubrum* (L. 1758) de Méditerranée nord-occidentale. Aix Marseille 2.

Tsounis G., Rossi S., Bramanti L., Santangelo G., 2013. Management hurdles for sustainable harvesting of *Corallium rubrum*. *Marine Policy*, 39, 361-364.

Tsounis G., Rossi S., Gili J.-M., Arntz, W., 2006a. Population structure of an exploited benthic cnidarian: the case study of red coral (*Corallium rubrum* L.). *Marine Biology*, 149, 1059-1070.

Tsounis G., Rossi S., Gili J.-M., Arntz W.E., 2007. Red coral fishery at the Costa Brava (NW Mediterranean): case study of an overharvested precious coral. *Ecosystems*, 10, 975-986.

Tsounis G., Rossi S., Grigg R., Santangelo G., Bramanti L., Gili J.M., 2010. The exploitation and conservation of precious corals. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 48, 161-212.

Tsounis G., Rossi S., Laudien J., Bramanti L., Fernández N., Gili J.-M., Arntz W., 2006b. Diet and seasonal prey capture rates in the Mediterranean red coral (*Corallium rubrum* L.). *Marine biology*, 149, 313-325.

Vandeperre F., Higgins R.M., Sanchez-Meca J., Maynou F., Goni R., Martin-Sosa P., Perez-Ruzafa A., Afonso P., Bertocci I., Crec'hriou R., D'Anna G., Dimech M., Dorta C., Esparza O., Falcon J.M., Forcada A., Guala I., Le Diréach L., Marcos C., Ojeda-Martinez C., Pipitone C., Schembri P.J., Stelzenmuller Vanessa, Stobart Ben & Santos Ricardo S., 2010. Effects of no-take area size and age of marine protected areas on fisheries yields: a meta-analytical approach. *Fish and fisheries*, 12 : 412-426. Van Rossum G., Drake F.L., 2001. *Python Reference Manual*. PythonLabs, Virginia, USA. Available at <http://www.python.org>.

Wells S., 1983. Precious coral commercially threatened. In, pp. 35-42. Publ. IUCN Gland.

Zibrowius H., Monteiro Marques V., Grasshoff M., 1984. La répartition du *Corallium rubrum* dans l'Atlantique (Cnidaria: Anthozoa: Gorgonaria). *Téthys*, 11, 163-170.



## Annexe 2. Feuille de comptage type utilisées lors des comptages 'espèces cibles' au temps.

Site(nom et code) : *SIR-1 Oule* Compteur: *Lau* T° mer: *14* Prof. *12* Prof. *13*

Date : *6/19/13* Transect: *10* Meteo: *12* Prof. *12* Prof. *12* Prof. *12*

Espèces	Habitat:			Habitat:			Habitat:			Habitat:		
	p-m	lim	grand	p-m	lim	grand	p-m	lim	grand	p-m	lim	grand
<i>Seriola dumerilii</i>		50			50			50			50	
<i>Coris julis</i> (girelle)		18			18			18			18	
<i>Symphodus tinca</i>		20			20			20			20	
<i>S. mediterraneus</i>		12			12			12			12	
<i>Diplodus sargus</i>		23			23			23			23	
<i>D. vulgaris</i>		20			20			20			20	
<i>D. puntazzo</i>		25			25			25			25	
<i>D. cervinus</i>		25			25			25			25	
<i>Spondylusoma cantharus</i>		30			30			30			30	
<i>Dentex 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)		14			14			14			14	
<i>Serranus scriba</i>		15			15			15			15	
<i>Mullus surmuletus</i> (rouget)		18			18			18			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)												

**Annexe 3.** Questionnaire envoyé dans le cadre de l'enquête préalable aux pêcheurs professionnels ayant répondu à l'appel à candidature afin de caractériser les pratiques, les engins, les zones et les périodes de pêche dans les calanques. Le questionnaire a été élaboré par le GIS Posidonie et validé par le Parc national des Calanques.

### **Réalisation de pêches scientifiques standardisées pour l'état 'zéro' des zones de non prélèvement du Parc national des Calanques**

L'objectif des pêches expérimentales est d'échantillonner le peuplement de poissons de la zone, notamment les espèces non visibles la journée ou localisées en profondeur, qui ne peuvent être observées en plongée. Il est important que ces pêches soient le plus possible standardisées : même engin, même longueur, même maille ou mêmes hameçons, afin de pouvoir faire plusieurs pêches comparables dans plusieurs sites et de pouvoir régulièrement reproduire ce travail, par exemple tous les 3 ans au même endroit (comme pour le suivi de la réserve de Couronne).

Dans le cadre des pêches scientifiques, tous les poissons seront déterminés à l'espèce, mesurés et pesés. Les techniques de pêche sélectionnées doivent être représentatives de celles pratiquées dans la zone avant la mise en place des zones de non prélèvement (ZNP). Les pêcheurs participant à l'opération doivent être représentatifs du métier considéré, exercer une activité régulière et reconnue par les instances de la pêche professionnelle.

6 calées doivent être faites à chaque station.

6 stations d'échantillonnage sont envisagées :

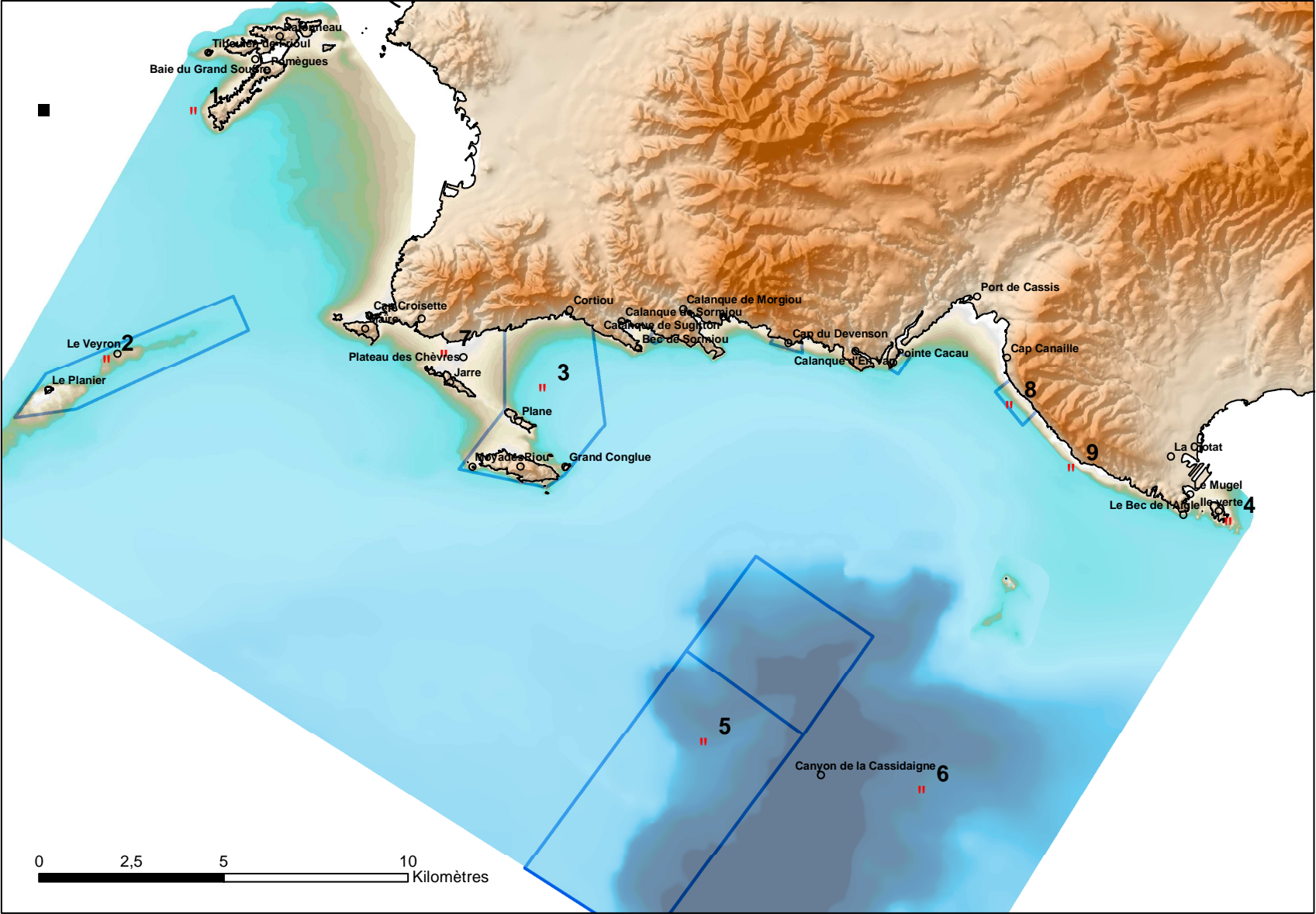
1. Frioul,
2. ZNP Planier-Veyron,
3. ZNP Riou-Podestat,
4. Bec de l'Aigle-Ile Verte,
5. ZNP Cassidaigne,
6. Cassidaigne hors ZNP.

Suite à la réunion du 29 août 2013 de démarrage de l'étude, le COTEC a demandé que ces six stations puissent être complétées, par 1 à 3 stations complémentaires, à savoir :

7. Plateau des Chèvres,
8. ZNP Soubeyranne,
9. Soubeyranne hors ZNP.

Le choix définitif des stations sera validé à l'issue de la présente enquête, en fonction des résultats, de la disponibilité des pêcheurs et du nombre de pêcheurs prêts à participer.

***Les questions suivantes ont été élaborées par le GIS Posidonie, validées par le Parc national des Calanques. Ces questions peuvent être un support pour un entretien direct ou par téléphone, mais on peut aussi y répondre brièvement dans le texte, après chaque question. Toutes observations complémentaires sont les bienvenues.***



## ENQUETE PREALABLE A LA REALISATION DES PECHEES SCIENTIFIQUES

**Questions aux pêcheurs professionnels fréquentant les eaux des Calanques de Marseille à Cassis :**

A propos des stations :

Choix d'une station au Frioul : quelle zone autour des îles du Frioul peut-on choisir pour ajouter aux stations hors ZNP ?

Choix d'une station à La Ciotat : quelle zone entre le Bec de l'aigle et l'île Verte ?

Les 6 stations proposées sur la carte correspondent-elles à des zones où vous pêchez habituellement ? (OUI/NON)

Si, NON, positionnez approximativement les zones où vous pêchiez dans les ZNP, au Frioul, à Cassidaigne et à La Ciotat.

Quelles sont, à l'extérieur des ZNP, les zones de pêche les plus importantes dans les calanques (par ordre d'importance). ?

- 1 -
- 2 -
- 3 -

A propos des engins de pêche :

Le **trémal** nous semble l'engin permettant de prélever une bonne diversité d'espèces de poissons présentes dans la région, ce qui est notre objectif.

*Choisissez une mesure de la maille pour répondre aux questions suivantes (barrez la mention inutile) : étirée / côté de maille / numéro de maille.*

Quelles sont les mailles que vous utilisez le plus et à quelle saison :

- grande maille à poisson, précisez :

maille :	saison :
maille :	saison :
maille :	saison :

- petite maille à poisson, précisez :

maille :	saison :
maille :	saison :
maille :	saison :

L'engin le plus adapté à la capture des crustacés est-il le filet à grande maille à poissons ? OUI / NON

si NON quel engin ?

Quelle est la maille du trémal à bouillabaisse classiquement utilisé dans les Calanques ?

Quelle est la maille du trémal à soupe classiquement utilisé dans les Calanques ?

A propos des périodes de pêche :

A quelle période se pratique le plus le trémail à bouillabaisse ?

A quelle période se pratique le plus le trémail à soupe ?

Existe-t-il dans les Calanques un métier de palangre ne ciblant pas dorade, merlu ou congre mais plutôt : pagres, pageots, sars, denti ? si oui, à quelle époque de l'année ?

A quelle époque le filet petite maille à poisson est-il le plus utilisé ? pour quelle cible ?

Canyons

Dans le canyon de la Cassidaigne, à quelles profondeurs sont calés les filets de pêche ?

S'agit-il de filets spécifiques, uniquement calés en zone de canyon ? Pouvez-vous préciser :

- le type d'engin :
- la maille utilisée :
- la durée de calée :
- la période de pêche :

Réalisation des pêches scientifiques

Les engins couramment utilisés par les pêcheurs nous semblent être les plus adaptés pour réussir ces pêches. Est-il possible de disposer de 4 à 5 filets de 5 à 6 pièces chacun (soit 20 à 30 pièces - 3 filets à la pêche et 2 de secours, si incident), de quelles mailles ?

- maille :
- maille :
- maille :

Une douzaine de journées de pêche sont à faire entre la dernière semaine de septembre et début novembre, qui pourront être réalisées par plusieurs pêcheurs en fonction des disponibilités de chacun.

Vos disponibilités :

- du 23/09 au 29/09 : OUI/NON
- du 30/09 au 06/10 : OUI/NON
- du 07/10 au 13/10 : OUI/NON
- du 14/10 au 20/10 : OUI/NON
- du 21/10 au 27/10 : OUI/NON
- du 28/10 au 03/11 : OUI/NON
- du 04/11 au 10/11 : OUI/NON

Vos remarques/observations générales :

### Annexe 4. Réunions de travail suite à l'enquête préalable pour l'organisation des PSS.

#### Réunion de travail du 18 octobre 2013

Une réunion de travail sur l'organisation des PSS a eu lieu le 18 octobre 2013 entre le GIS Posidonie et le Parc. Lors de cette réunion, il a été décidé, que pour des raisons de conditions météorologiques et de disponibilité des pêcheurs durant la seconde quinzaine d'octobre et au mois de novembre, les pêches expérimentales étaient reportées au printemps 2014.

#### Réunion de démarrage des PSS du 8 novembre 2013

La proposition de différents engins pour la réalisation des pêches expérimentales (Tableau 25) a servi de base pour les discussions entre l'équipe scientifique, les pêcheurs et le Parc, lors de la réunion de démarrage des pêches expérimentales.

L'utilisation de la maille de 7 a finalement été retenue comme un standard pour les différentes zones de pêche. Les engins retenus sont :

- filet trémail 7, sur 24 heures pour les zones de roche de 30 à 50 m et d'herbier/roche,
- filet droit de maille 7 de matinée (aube) pour la zone du canyon de Cassidaigne.

Les pêcheurs n'ayant pas tous les mêmes mailles, ils ont proposé dans un premier temps de se prêter des filets, ce qui en termes d'organisation et d'étendue de la zone d'étude a finalement semblé très difficile et contraignant. Les pêcheurs ont alors proposé que des jeux de filets standards soient achetés par le Parc et qu'ils leur soient prêtés pour la réalisation des pêches expérimentales (le stockage des filets ne leur posant pas de problème). Cette solution a fait faire l'objet d'une évaluation financière et a finalement été retenue par le Parc.

Lors de cette réunion ; les 7 pêcheurs des prud'homies de Marseille, Cassis et La Ciotat se sont répartis les 9 zones de pêche (6 stations initiales + 3 stations complémentaires). Cette répartition a été réalisée en séance, elle nécessite toutefois la prise en compte des répercussions budgétaires que cela peut engendrer et qui doivent être précisément évaluées.

#### Réunion de travail du 18 novembre 2013

L'objectif de cette réunion entre le GIS Posidonie et le Parc était de travailler sur le dimensionnement des compléments budgétaires nécessaires et la mise en place d'un avenant au marché.

En ce qui concerne la stratégie de réalisation des PSS, l'ensemble de ces surcoûts a été évalué selon plusieurs scénarii d'organisation des pêches, sur la base des connaissances acquises lors de l'enquête préalable sur les zones de pêche et la répartition des pêcheurs candidats au PSS. Le scénario retenu comprend 5 secteurs de pêche (Annexe 7), parmi la possibilité de 3, 4, 5 ou 7 secteurs. Chaque secteur comprend 2 stations d'échantillonnage et est géré avec un pêcheur.

Etant donné que chaque secteur de pêche peut comprendre 2 stations, une dixième station a été proposée, afin de rentabiliser les moyens mis en œuvre : la ZPR (Zone de Protection Renforcée) de Cassidaigne qui avait été écartée lors de la première élaboration du plan d'échantillonnage. Le plan d'échantillonnage des PSS proposé porte donc au final sur 10 stations (Figure 9).

Les compléments apportés au plan d'échantillonnage et à l'organisation des PSS engendrent des surcoûts qui ne sont pas intégrés dans la réponse au marché. Ces dépenses supplémentaires sont liées à :

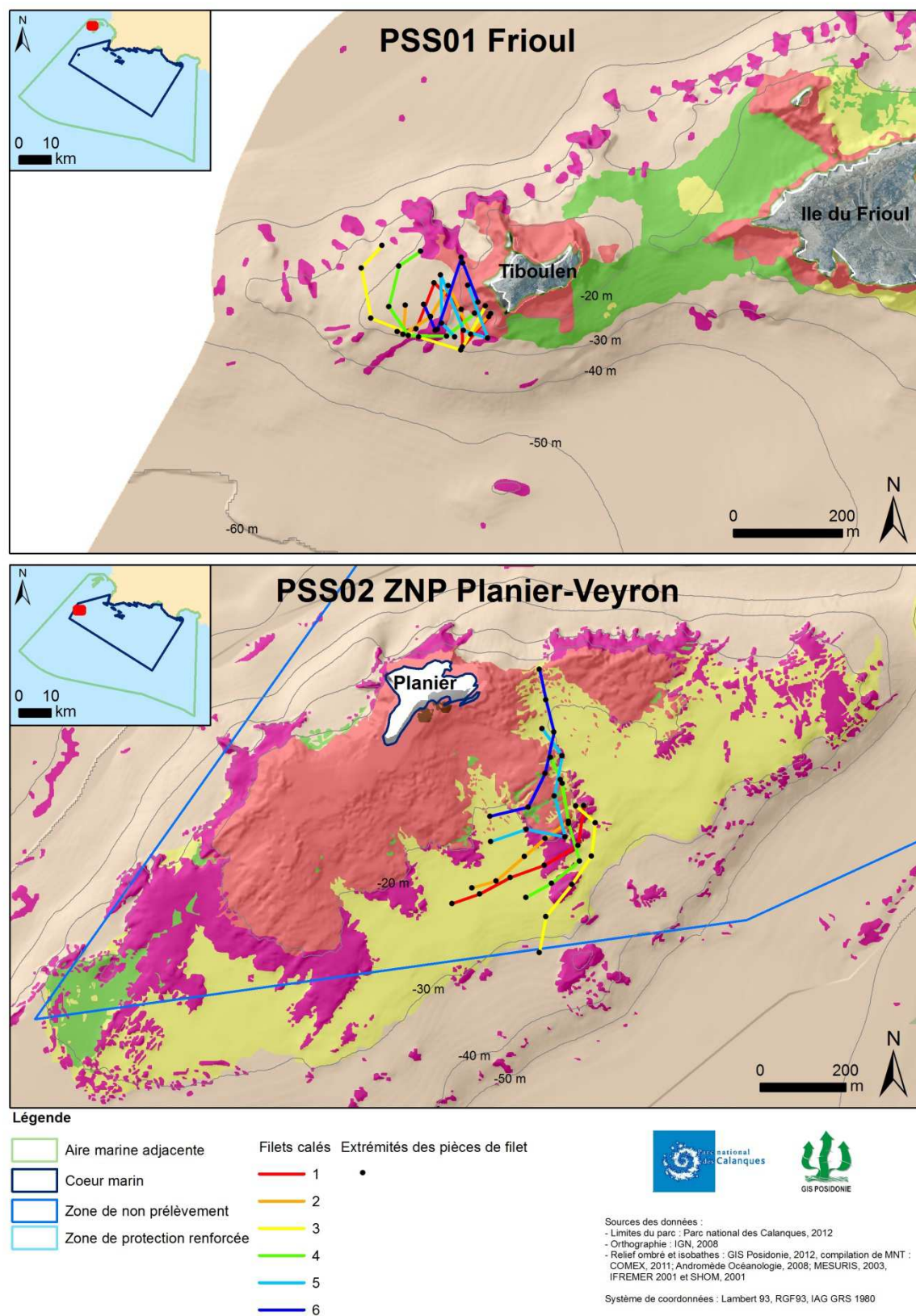
- 1- l'achat de 10 jeux de filets (dont filets de secours) ;
- 2- l'ajout de 4 stations d'échantillonnage complémentaires ;
- 3- la réalisation des pêches avec les 7 pêcheurs professionnels ayant répondu à l'appel à candidature.

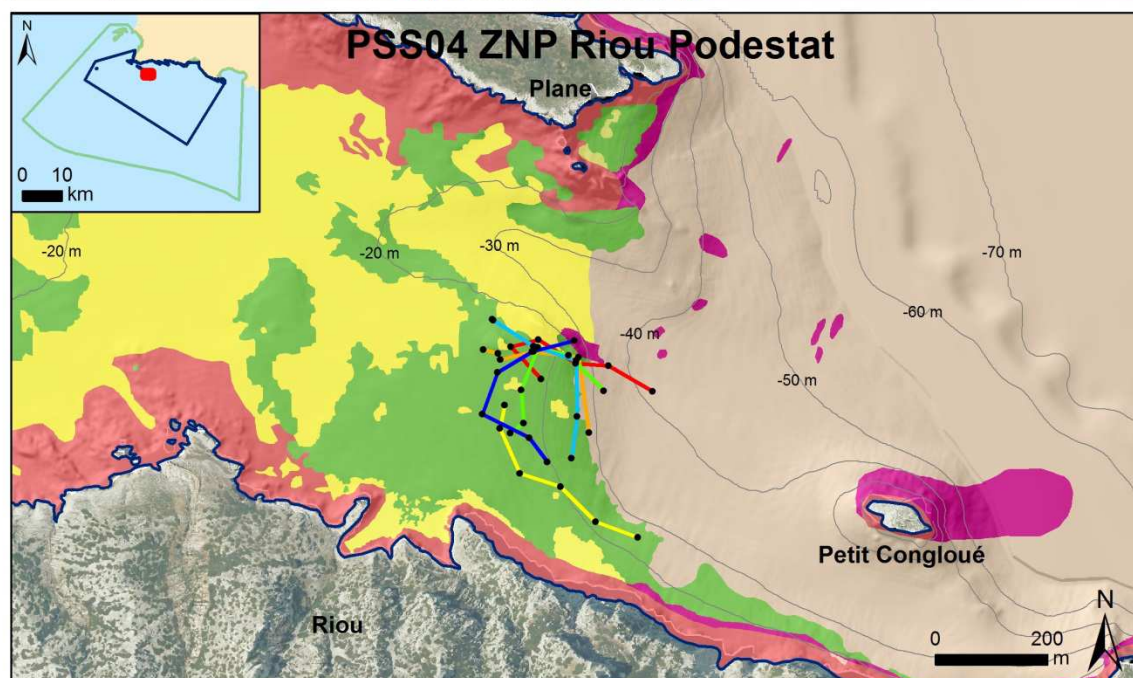
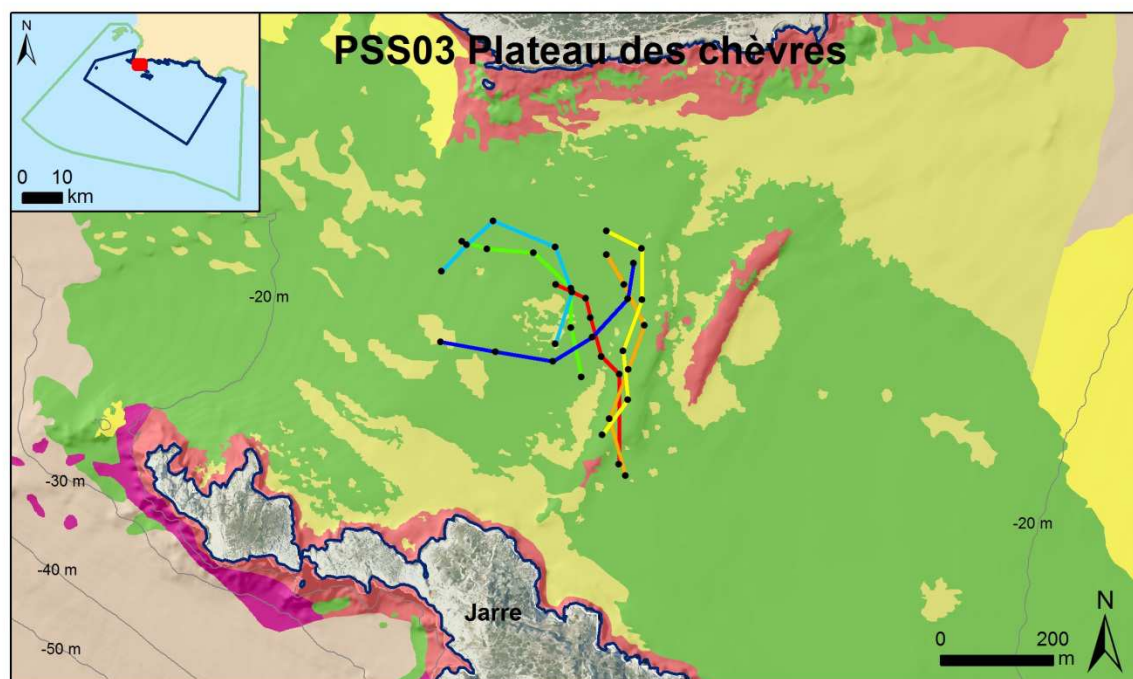
Le budget supplémentaire inhérent à cette stratégie a été étudié par le Parc. Il a été validé par la mise en place d'un avenant entre le Parc national des Calanques et le GIS Posidonie.

**Annexe 5. Caractéristiques techniques des filets de pêche utilisés pour les PSS. Les filets ont été fabriqués par la société Mondiet. Commande du 12/02/2014 – Devis n°866.**

<b>Tramail</b>	Référence T300401000030WA
	030 - 40 mm 100 m x 002 MT vert
	Tresse lestée 14 kg par 100 m
	Tresse flottante 1800
<b>Filet Droit</b>	Référence H40040050050A
	040 - 040 mm 100 m x 050 MD
	Tresse lestée 18 kg par 100 m
	Tresse flottante 1KG8

**Annexe 6.** Localisation des pièces de filet au niveau des 10 stations d'étude, lors des PSS réalisées en mai/juin 2014.





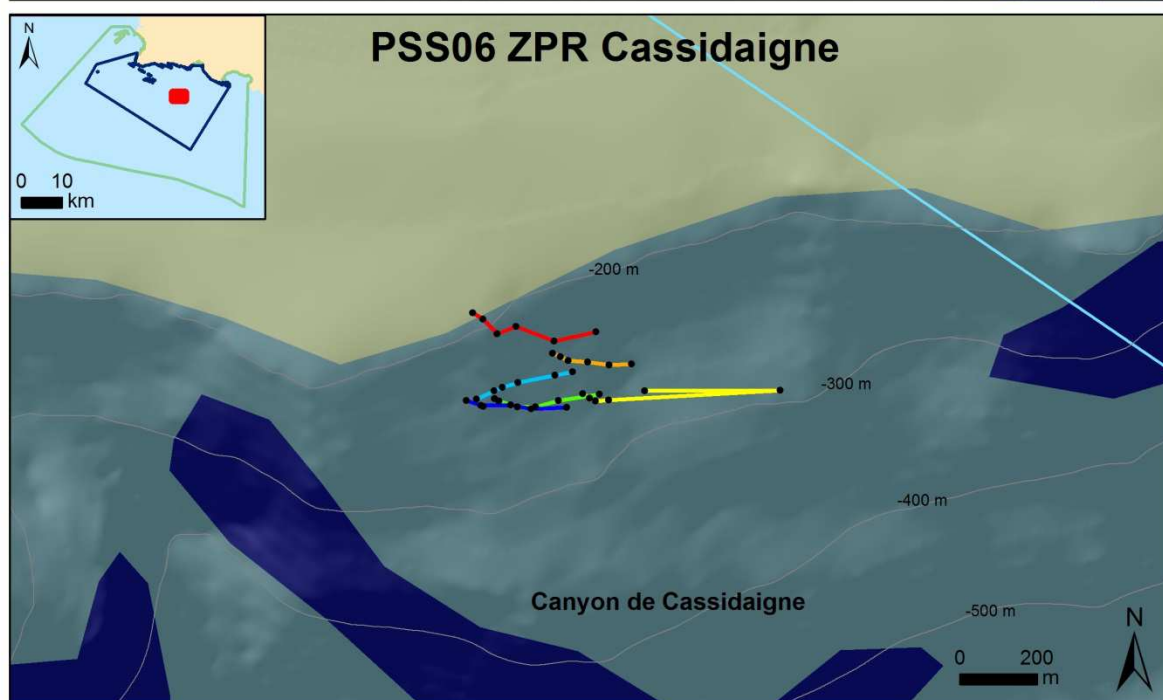
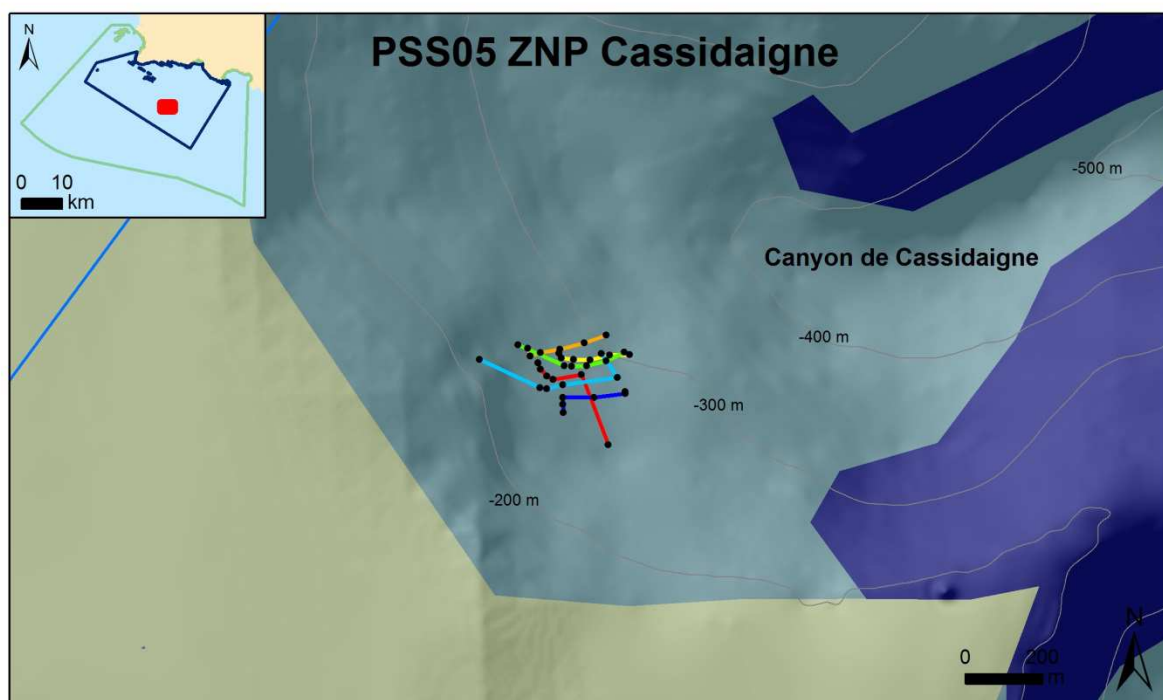
**Légende**

	Aire marine adjacente		Filets calés 1		Extrémités des pièces de filet
	Coeur marin		2		
	Zone de non prélèvement		3		
	Zone de protection renforcée		4		
			5		
			6		



Sources des données :  
 - Limites du parc : Parc national des Calanques, 2012  
 - Orthographe : IGN, 2008  
 - Relief ombré et isobathes : GIS Posidonie, 2012, compilation de MNT : COMEX, 2011; Andromède Océanologie, 2008; MESURIS, 2003, IFREMER 2001 et SHOM, 2001

Système de coordonnées : Lambert 93, RGF93, IAG GRS 1980



#### Légende

- Aire marine adjacente
- Coeur marin
- Zone de non prélèvement
- Zone de protection renforcée

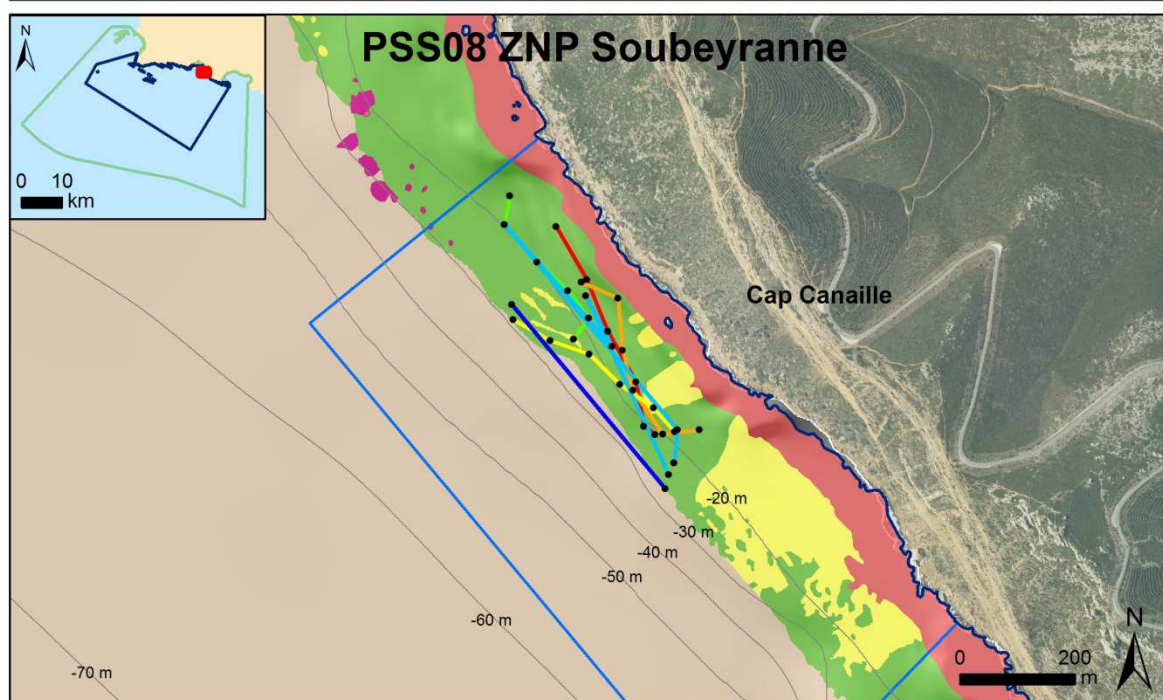
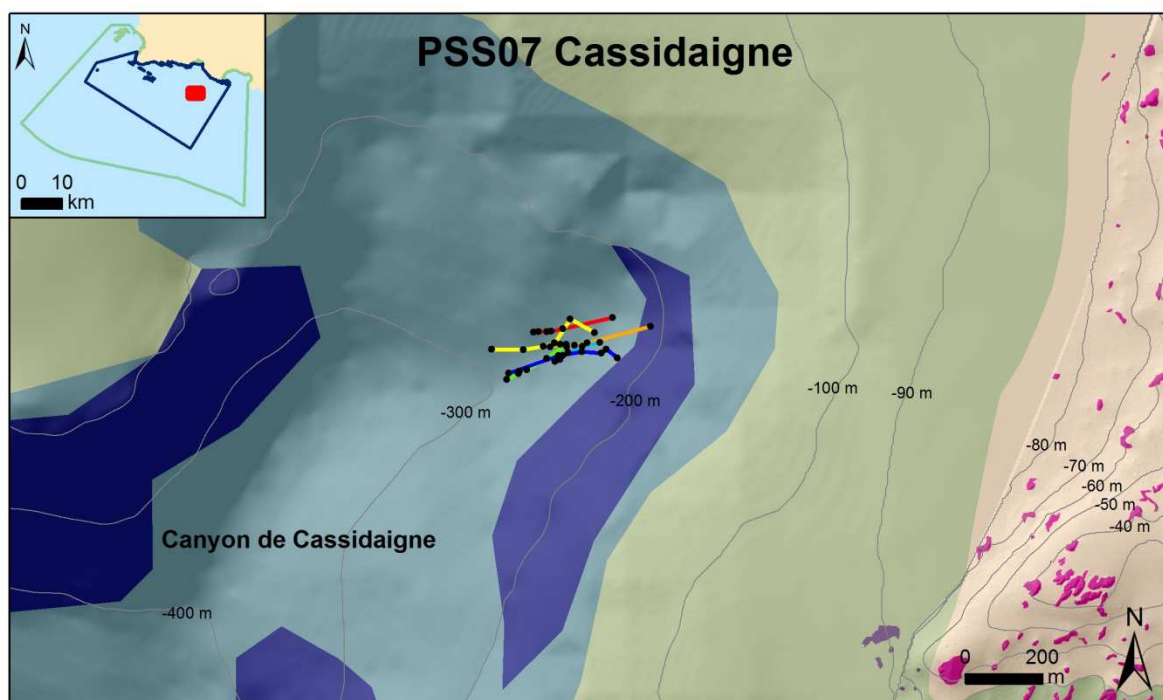
Filets calés Extrémités des pièces de filet

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6



Sources des données :  
 - Limites du parc : Parc national des Calanques, 2012  
 - Orthographe : IGN, 2008  
 - Relief ombré et isobathes : GIS Posidonie, 2012, compilation de MNT : COMEX, 2011; Andromède Océanologie, 2008; MESURIS, 2003, IFREMER 2001 et SHOM, 2001

Système de coordonnées : Lambert 93, RGF93, IAG GRS 1980



**Légende**

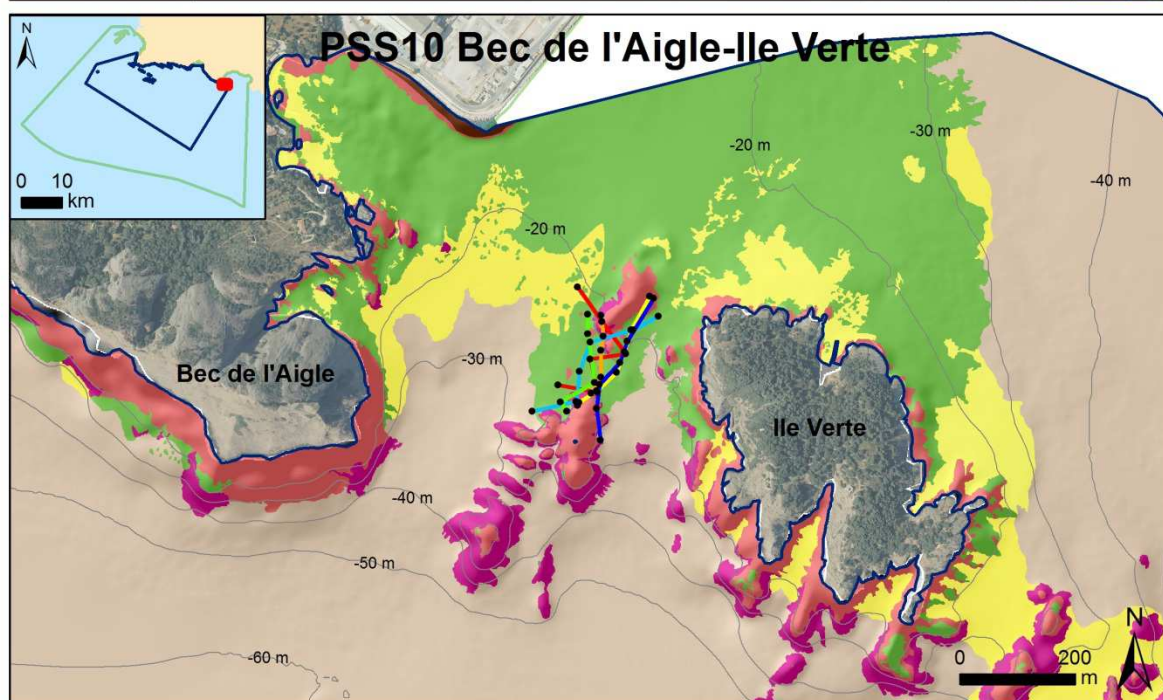
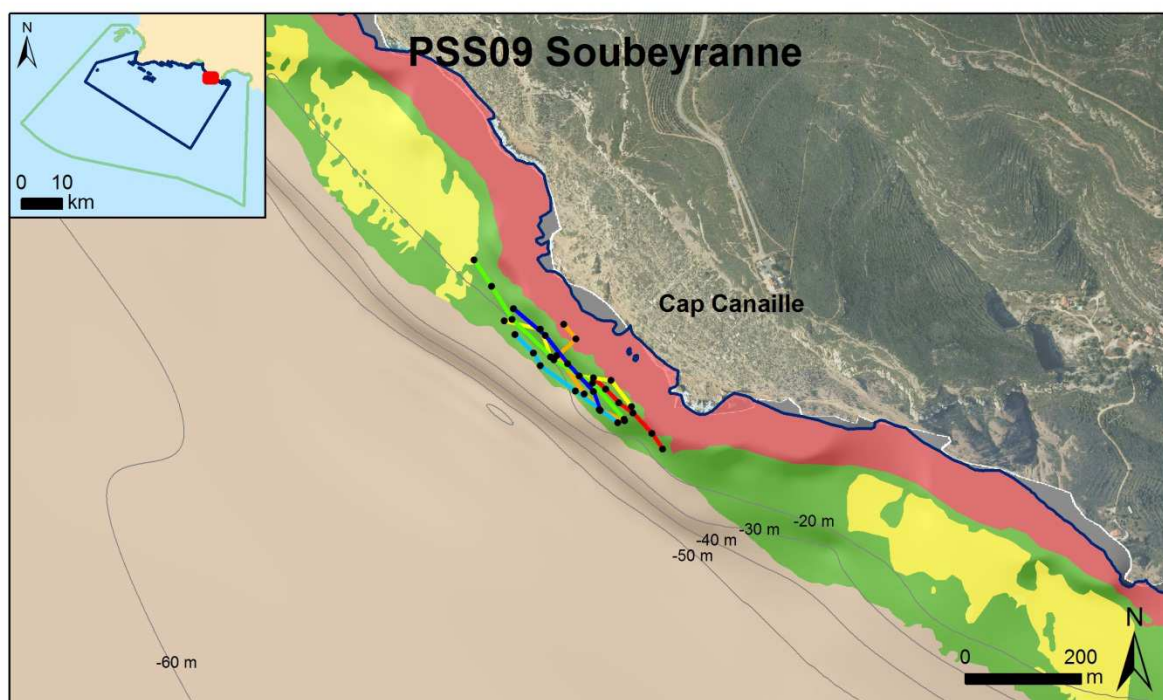
	Aire marine adjacente	Filets calés	Extrémités des pièces de filet
	Coeur marin		
	Zone de non prélèvement		
	Zone de protection renforcée		



Sources des données :

- Limites du parc : Parc national des Calanques, 2012
- Orthographe : IGN, 2008
- Relief ombré et isobathes : GIS Posidonie, 2012, compilation de MNT : COMEX, 2011; Andromède Océanologie, 2008; MESURIS, 2003, IFREMER 2001 et SHOM, 2001

Système de coordonnées : Lambert 93, RGF93, IAG GRS 1980



**Légende**

	Aire marine adjacente	Filets calés	Extrémités des pièces de filet
	Coeur marin		
	Zone de non prélèvement		
	Zone de protection renforcée		

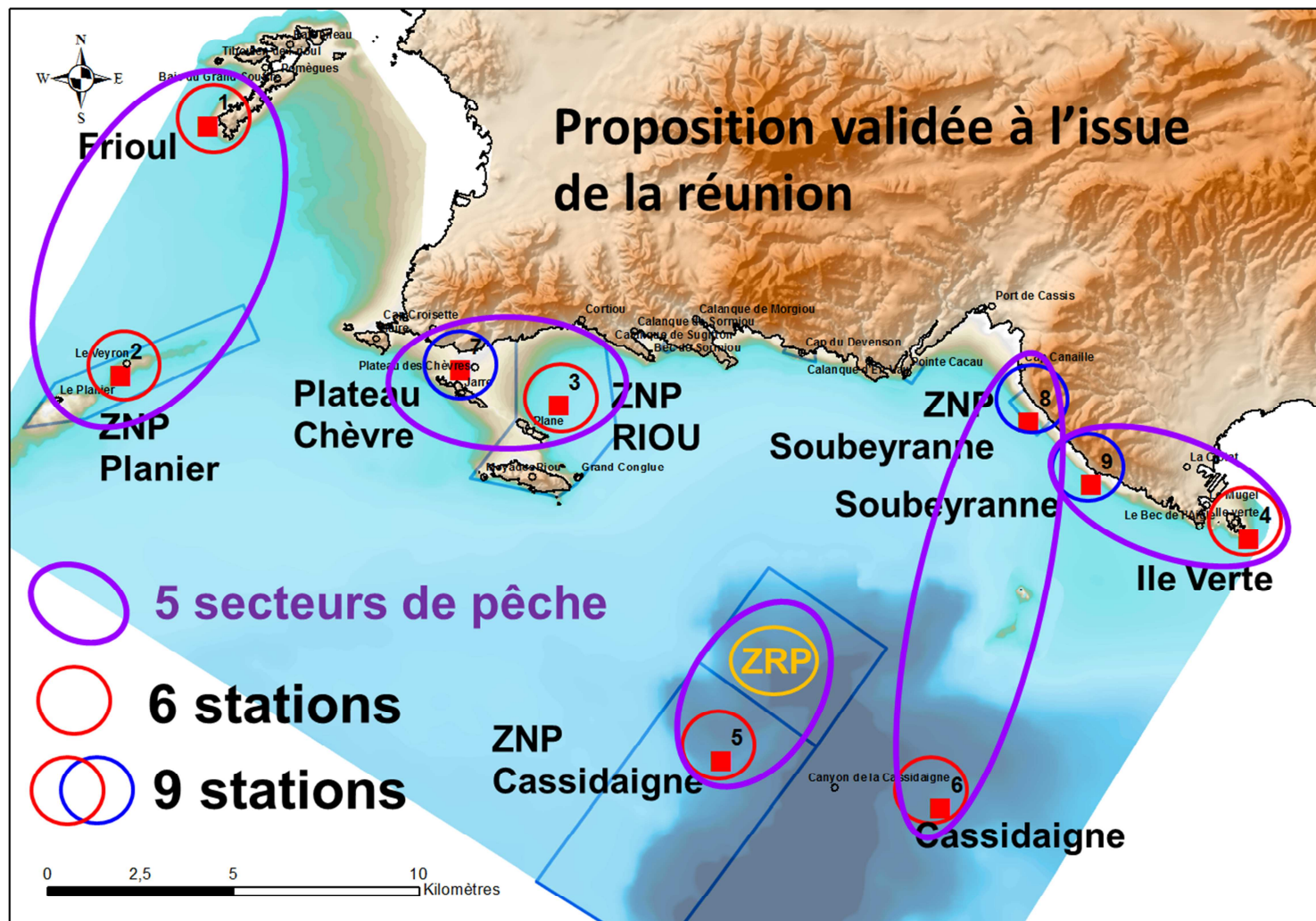


Sources des données :

- Limites du parc : Parc national des Calanques, 2012
- Orthographe : IGN, 2008
- Relief ombré et isobathes : GIS Posidonie, 2012, compilation de MNT : COMEX, 2011; Andromède Océanologie, 2008; MESURIS, 2003, IFREMER 2001 et SHOM, 2001






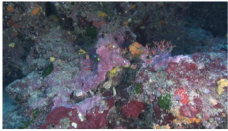
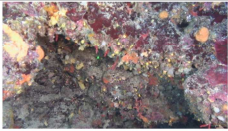
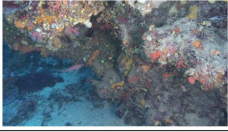
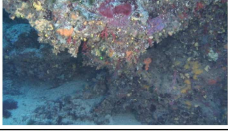

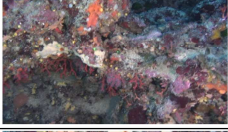
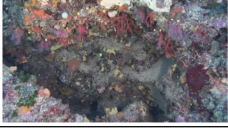
Système de coordonnées : Lambert 93, RGF93, IAG GRS 1980

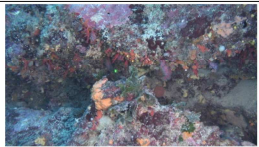
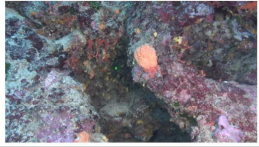


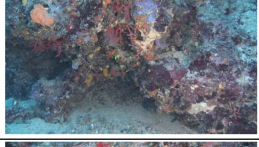
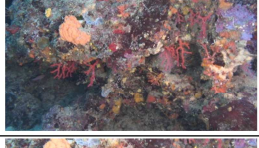
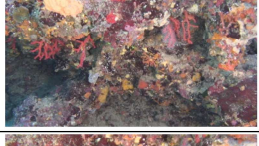


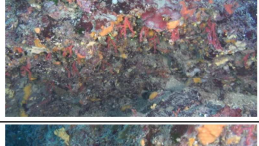

**Annexe 7.** Localisation des 10 stations d'échantillonnage et des 5 secteurs de pêche proposés pour la réalisation des pêches scientifiques standardisées, suite à la demande d'intégration de 3 nouvelles stations et à l'issue de l'enquête préalable. 5 zones de pêche ont été proposées et validées à l'issue de la réunion du 18 novembre 2013.

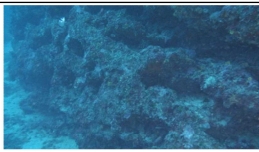

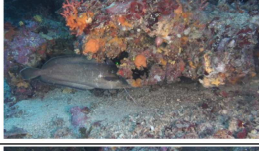


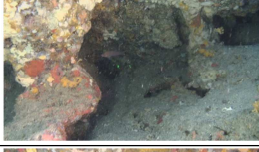


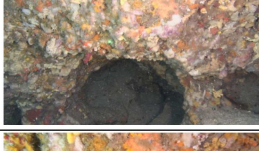






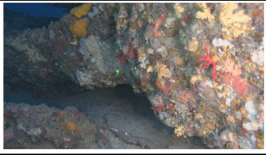






**Annexe 8.** Logbooks réalisés, à l'issue de la campagne de terrain par COMEX, sur les six stations de prospection du corail en ROV.




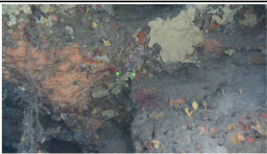

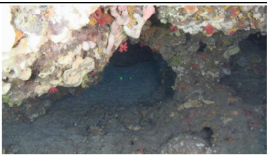


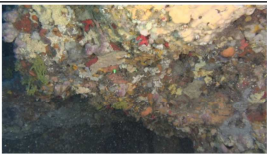
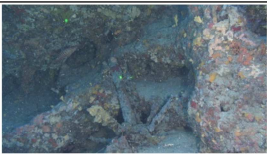
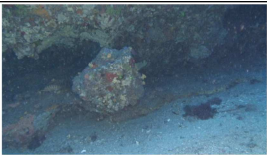
### ROV 1 : roches isolées au sud du tombant de Riou

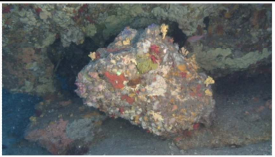
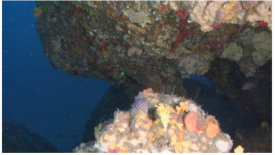





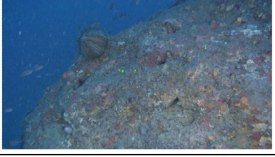


ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
1	Début enregistrement - track 8	09:32:01		43°10.295' N	005°23.327' E	53,3	110	
2	Filet	09:36:35	/ DSC05509.jpg	43°10.296' N	005°23.313' E	54,3	132	
3	Idem	09:37:32	/ DSC05510.jpg	43°10.297' N	005°23.318' E	54,3	226	
4	Filet sur roche	09:44:43	/ DSC05511.jpg	43°10.339' N	005°23.298' E	42,6	20	
5	Corail	09:48:41	/ DSC05512.jpg	43°10.347' N	005°23.283' E	40,7	14	
6	Corail	09:49:07	/ DSC05513.jpg	43°10.346' N	005°23.285' E	40,7	349	
7	Corail / Start HD	09:49:18		43°10.347' N	005°23.284' E	41,7	354	
8	Corail	09:50:57	/ DSC05514.jpg / DSC05515.jpg	43°10.346' N	005°23.284' E	41,7	16	
9	Corail	09:51:39	/ DSC05516.jpg / DSC05517.jpg / DSC05518.jpg / DSC05519.jpg	43°10.346' N	005°23.283' E	40,7	50	
10	Corail	09:52:54	/ DSC05520.jpg	43°10.346' N	005°23.284' E	41,7	327	
11	Corail	09:53:31	/ DSC05521.jpg	43°10.346' N	005°23.282' E	40,7	11	
12	Corail	09:53:52	/ DSC05522.jpg / DSC05523.jpg / DSC05524.jpg	43°10.347' N	005°23.280' E	40,7	52	
13	Corail	09:55:25	/ DSC05525.jpg	43°10.347' N	005°23.281' E	40,7	334	
14	Corail	09:55:35	/ DSC05526.jpg	43°10.347' N	005°23.282' E	40,7	325	


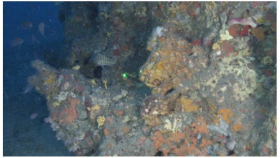








ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
15	Corail	09:56:12	/ DSC05527.jpg	43°10.347' N	005°23.282' E	40,7	336	
16	Corail	09:56:39	/ DSC05528.jpg	43°10.347' N	005°23.281' E	39,7	329	
17	Corail	09:57:11	/ DSC05529.jpg	43°10.347' N	005°23.280' E	40,7	343	
18	Corail	09:58:19	/ DSC05530.jpg	43°10.347' N	005°23.280' E	41,7	311	
19	Corail	09:59:41	/ DSC05531.jpg	43°10.346' N	005°23.278' E	41,7	346	
20	Corail	09:59:49	/ DSC05532.jpg	43°10.347' N	005°23.278' E	41,7	350	
21	Corail	09:59:52	/ DSC05533.jpg	43°10.347' N	005°23.278' E	41,7	349	
22	Corail	09:59:58	/ DSC05534.jpg	43°10.347' N	005°23.278' E	41,7	7	
23	Corail	10:00:06	/ DSC05535.jpg	43°10.347' N	005°23.277' E	41,7	13	
24	Corail	10:01:08	/ DSC05536.jpg	43°10.346' N	005°23.278' E	41,7	2	
25		10:01:50	/ DSC05537.jpg	43°10.347' N	005°23.278' E	41,7	313	

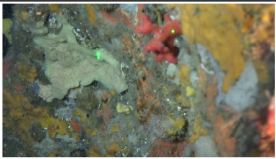

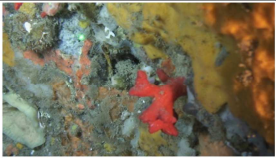





ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
26	Stop HD	10:02:26		43°10.346' N	005°23.276' E	40,7	338	
27		10:02:27	/ DSC05538.jpg	43°10.346' N	005°23.276' E	40,7	322	
28	Pas corail	10:02:38	/ DSC05539.jpg	43°10.346' N	005°23.276' E	40,7	311	
29	Mostelle	10:03:18	/ DSC05540.jpg	43°10.347' N	005°23.272' E	41,7	325	
30	Corail et mostelle	10:03:43	/ DSC05541.jpg	43°10.348' N	005°23.273' E	40,7	351	
31	idem	10:03:57	/ DSC05542.jpg	43°10.347' N	005°23.271' E	40,7	358	
32	roche au sud / Start HD	10:16:53		43°10.279' N	005°23.323' E	61	29	
33		10:17:15		43°10.279' N	005°23.322' E	61	58	
34	eponge	10:17:20	/ DSC05543.jpg	43°10.279' N	005°23.321' E	61	54	
35		10:17:39	/ DSC05544.jpg	43°10.279' N	005°23.321' E	61	35	
36		10:17:48	/ DSC05545.jpg	43°10.280' N	005°23.321' E	60,1	39	
37		10:18:02	/ DSC05546.jpg	43°10.279' N	005°23.323' E	61	50	
38		10:18:15	/ DSC05547.jpg	43°10.279' N	005°23.323' E	61	29	

ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
39	Stop HD	10:19:07		43°10.276' N	005°23.323' E	61	68	
40	Nouvelle roche	10:28:13	/ DSC05548.jpg	43°10.270' N	005°23.362' E	62	341	
41		10:28:25	/ DSC05549.jpg	43°10.271' N	005°23.362' E	63	344	
42	Start HD	10:28:34		43°10.271' N	005°23.362' E	63	359	
43		10:28:47	/ DSC05550.jpg	43°10.270' N	005°23.362' E	63	4	
44		10:29:43	/ DSC05551.jpg	43°10.271' N	005°23.363' E	63	298	
45	petits coraux	10:29:56	/ DSC05552.jpg	43°10.272' N	005°23.363' E	62	306	
46		10:30:26	/ DSC05553.jpg	43°10.271' N	005°23.361' E	62	315	
47	Stop HD	10:30:33		43°10.271' N	005°23.361' E	62	319	
48		10:30:35		43°10.271' N	005°23.361' E	62	313	
49	Start HD	10:30:38		43°10.271' N	005°23.361' E	62	310	
50		10:31:46	/ DSC05554.jpg	43°10.271' N	005°23.363' E	62	296	
51		10:33:01	/ DSC05555.jpg	43°10.276' N	005°23.365' E	61	265	
52		10:33:19	/ DSC05556.jpg	43°10.276' N	005°23.364' E	61	273	
53		10:33:58	/ DSC05557.jpg	43°10.275' N	005°23.365' E	60,1	296	




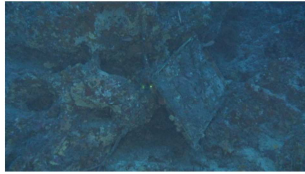




ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
54		10:34:03	/ DSC05558.jpg	43°10.275' N	005°23.365' E	60,1	291	
55		10:34:20	/ DSC05559.jpg	43°10.276' N	005°23.363' E	60,1	321	
56		10:34:30	/ DSC05560.jpg	43°10.277' N	005°23.363' E	60,1	342	
57		10:35:50	/ DSC05561.jpg	43°10.278' N	005°23.365' E	60,1	272	
58	Mostelle	10:35:56	/ DSC05562.jpg	43°10.278' N	005°23.365' E	60,1	276	
59		10:36:30	/ DSC05563.jpg	43°10.276' N	005°23.366' E	60,1	359	
60	Pneu	10:37:16	/ DSC05564.jpg	43°10.279' N	005°23.366' E	61	244	
61		10:37:55	/ DSC05565.jpg	43°10.278' N	005°23.364' E	61	255	
62		10:38:06	/ DSC05566.jpg	43°10.279' N	005°23.367' E	60,1	260	
63		10:38:51	/ DSC05567.jpg	43°10.280' N	005°23.367' E	61	285	
64		10:39:50	/ DSC05568.jpg	43°10.281' N	005°23.371' E	60,1	269	





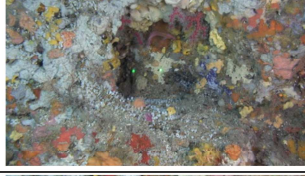



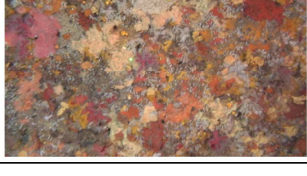
ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
65		10:39:57	/ DSC05569.jpg	43°10.281' N	005°23.371' E	60,1	248	
66		10:40:17	/ DSC05570.jpg	43°10.282' N	005°23.369' E	60,1	200	
67		10:40:23	/ DSC05571.jpg	43°10.282' N	005°23.369' E	60,1	206	
68		10:40:46	/ DSC05572.jpg	43°10.282' N	005°23.369' E	60,1	225	
69	Stop HD	10:41:36		43°10.284' N	005°23.369' E	58,1	254	
70	Nouvelle roche / Start HD	10:56:25		43°10.260' N	005°23.292' E	65,9	335	
71	langouste	10:57:00	/ DSC05573.jpg	43°10.259' N	005°23.293' E	64,9	326	
72	langouste	10:57:12	/ DSC05574.jpg	43°10.259' N	005°23.293' E	64,9	340	
73	corail	10:57:27	/ DSC05575.jpg	43°10.259' N	005°23.292' E	64,9	325	
74	oursin	10:58:37	/ DSC05576.jpg	43°10.260' N	005°23.290' E	64	358	
75	oursin	10:58:48	/ DSC05577.jpg	43°10.260' N	005°23.290' E	64	350	
76	oursin	10:59:07	/ DSC05578.jpg	43°10.259' N	005°23.290' E	64	33	




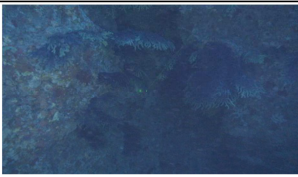
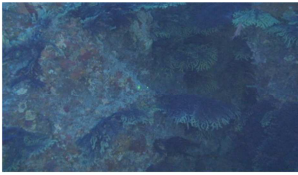
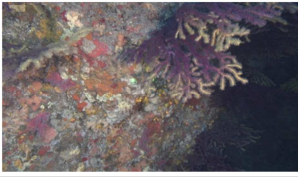



ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
77	corail	10:59:49	/ DSC05579.jpg	43°10.260' N	005°23.290' E	64,9	53	
78		11:00:37	/ DSC05580.jpg	43°10.260' N	005°23.287' E	65,9	53	
79		11:00:52	/ DSC05581.jpg	43°10.261' N	005°23.291' E	64	51	
80		11:01:49	/ DSC05582.jpg	43°10.262' N	005°23.290' E	64,9	89	
81		11:02:45	/ DSC05583.jpg / DSC05584.jpg	43°10.263' N	005°23.290' E	64,9	145	
82	langouste	11:03:01	/ DSC05585.jpg	43°10.264' N	005°23.291' E	64,9	113	
83		11:03:42	/ DSC05586.jpg	43°10.262' N	005°23.292' E	64	97	
84		11:05:19	/ DSC05587.jpg	43°10.263' N	005°23.292' E	64	89	
85		11:05:27	/ DSC05588.jpg	43°10.263' N	005°23.296' E	64	100	
86		11:06:15	/ DSC05589.jpg	43°10.265' N	005°23.292' E	64	107	

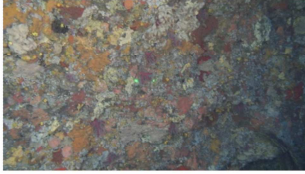


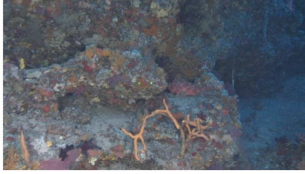



ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
87		11:06:25	/ DSC05590.jpg	43°10.265' N	005°23.292' E	64	87	
88		11:06:30	/ DSC05591.jpg	43°10.264' N	005°23.292' E	64	103	
89		11:06:45	/ DSC05592.jpg	43°10.264' N	005°23.293' E	63	101	
90		11:07:35	/ DSC05593.jpg	43°10.265' N	005°23.293' E	63	111	
91		11:07:41	/ DSC05594.jpg	43°10.265' N	005°23.293' E	64	139	
92		11:08:11	/ DSC05595.jpg	43°10.265' N	005°23.294' E	63	133	
93		11:08:15	/ DSC05596.jpg	43°10.265' N	005°23.294' E	63	122	
94		11:08:20	/ DSC05597.jpg	43°10.265' N	005°23.294' E	63	129	
95	Stop HD	11:09:30		43°10.266' N	005°23.294' E	61	59	


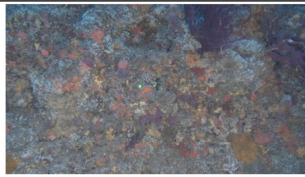

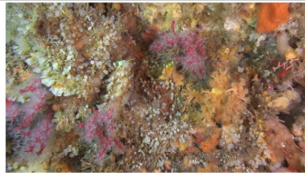





## ROV 2 : partie sud-ouest de l'Impérial du Large

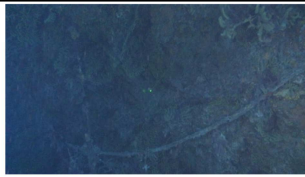







ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
1								
2	debut enregistrement track 10	11:33:27		43°10.147' N	005°23.638' E	65,9	46	
3		11:33:47	/ DSC05598.jpg	43°10.148' N	005°23.638' E	64	45	
4		11:34:05	/ DSC05599.jpg	43°10.149' N	005°23.639' E	63	58	
5		11:34:11	/ DSC05600.jpg	43°10.149' N	005°23.639' E	62	29	
6		11:34:29	/ DSC05601.jpg	43°10.149' N	005°23.639' E	63	38	
7		11:36:32	/ DSC05602.jpg	43°10.149' N	005°23.638' E	65,9	66	
8		11:37:23	/ DSC05603.jpg	43°10.149' N	005°23.638' E	65,9	67	
9		11:37:38	/ DSC05604.jpg	43°10.149' N	005°23.638' E	65,9	77	
10		11:37:47	/ DSC05605.jpg	43°10.149' N	005°23.639' E	66,9	74	

ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
11		11:37:59	/ DSC05606.jpg	43°10.149' N	005°23.639' E	66,9	75	
13		11:38:25	/ DSC05607.jpg	43°10.149' N	005°23.638' E	66,9	63	
15		11:39:10	/ DSC05608.jpg	43°10.148' N	005°23.640' E	66,9	16	
16		11:39:42	/ DSC05609.jpg	43°10.148' N	005°23.640' E	66,9	14	
17		11:39:48	/ DSC05610.jpg	43°10.148' N	005°23.640' E	65,9	32	
18		11:40:20	/ DSC05611.jpg	43°10.148' N	005°23.641' E	66,9	24	
19		11:40:39	/ DSC05612.jpg	43°10.149' N	005°23.641' E	66,9	345	
20	gorgone jaune	11:40:47	/ DSC05616.jpg	43°10.149' N	005°23.642' E	66,9	326	
21		11:42:26	/ DSC05617.jpg	43°10.149' N	005°23.645' E	66,9	337	

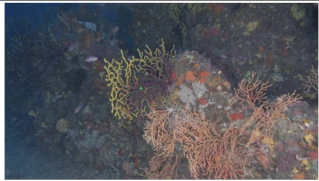
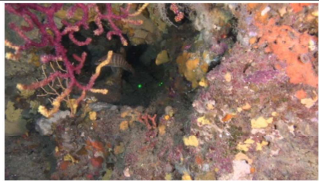



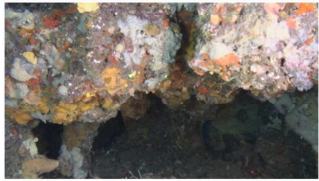

ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
22		11:42:39	/ DSC05618.jpg	43°10.151' N	005°23.644' E	67,8	318	
23		11:44:37	/ DSC05619.jpg	43°10.150' N	005°23.644' E	66,9	49	
24		11:44:59	/ DSC05620.jpg	43°10.150' N	005°23.645' E	67,8	349	
25	Stop HD	11:45:54		43°10.149' N	005°23.644' E	65,9	15	
26	gorgone	11:46:28	/ DSC05621.jpg	43°10.148' N	005°23.644' E	65,9	20	
27		11:47:02	/ DSC05622.jpg	43°10.148' N	005°23.644' E	64,9	356	
28		11:47:33	/ DSC05623.jpg	43°10.149' N	005°23.644' E	65,9	14	
29		11:47:43	/ DSC05624.jpg	43°10.148' N	005°23.644' E	65,9	349	
30		11:48:28	/ DSC05625.jpg	43°10.149' N	005°23.646' E	66,9	14	
31		11:48:39	/ DSC05626.jpg	43°10.150' N	005°23.647' E	66,9	37	

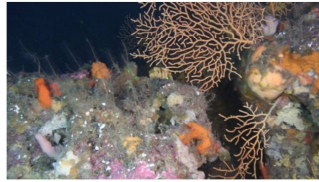






35	Start HD	11:49:19		43°10.148' N	005°23.646' E	66,9	26	
36		11:49:56	/ DSC05628.jpg	43°10.149' N	005°23.648' E	66,9	37	
37	oursin	11:50:22	/ DSC05629.jpg	43°10.148' N	005°23.649' E	66,9	48	
38		11:51:11	/ DSC05630.jpg	43°10.148' N	005°23.651' E	66,9	31	
39		11:51:42	/ DSC05631.jpg	43°10.148' N	005°23.651' E	67,8	50	
41		11:53:14	/ DSC05632.jpg	43°10.148' N	005°23.651' E	65,9	304	
42	Roche sud Imperial	11:55:21	/ DSC05633.jpg	43°10.134' N	005°23.652' E	68,8	120	
43	Start HD	11:58:24		43°10.130' N	005°23.660' E	70,7	320	
44		11:58:28	/ DSC05634.jpg	43°10.131' N	005°23.660' E	70,7	314	

ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
45		11:59:25	/ DSC05635.jpg	43°10.131' N	005°23.661' E	70,7	11	
46		12:00:11	/ DSC05636.jpg	43°10.131' N	005°23.661' E	70,7	7	
47		12:00:22	/ DSC05637.jpg	43°10.131' N	005°23.661' E	70,7	329	
48		12:00:32	/ DSC05638.jpg/ DSC05639.jpg	43°10.131' N	005°23.661' E	70,7	329	
49	éponge	12:01:39	/ DSC05640.jpg	43°10.132' N	005°23.662' E	69,8	21	
50	même éponge	12:01:46	/ DSC05641.jpg / DSC05642.jpg	43°10.134' N	005°23.661' E	69,8	22	
51	langouste	12:03:30	/ DSC05643.jpg / DSC05644.jpg / DSC05645.jpg	43°10.134' N	005°23.661' E	67,8	352	
52	même langouste	12:03:55	/ DSC05646.jpg / DSC05647.jpg	43°10.134' N	005°23.661' E	67,8	327	
53		12:04:41	/ DSC05648.jpg	43°10.135' N	005°23.661' E	66,9	320	


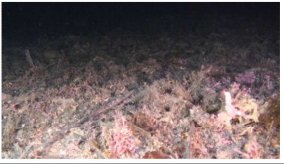

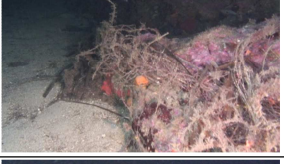





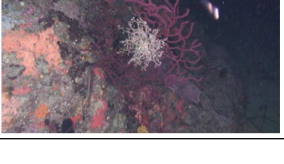
ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
54	filet	12:09:13	/ DSC05649.jpg	43°10.137' N	005°23.652' E	64,9	95	
55	filet	12:09:20	/ DSC05650.jpg	43°10.137' N	005°23.652' E	64,9	98	
56		12:09:34	/ DSC05651.jpg	43°10.137' N	005°23.653' E	64	93	
57		12:10:22	/ DSC05652.jpg	43°10.139' N	005°23.655' E	64,9	153	
58		12:10:29	/ DSC05653.jpg	43°10.138' N	005°23.655' E	64,9	161	
59	Stop HD	12:10:37		43°10.138' N	005°23.655' E	64,9	140	
60		12:11:45	/ DSC05654.jpg	43°10.138' N	005°23.655' E	59,1	136	
61		12:11:53	/ DSC05655.jpg	43°10.138' N	005°23.655' E	58,1	130	
62		12:11:57	/ DSC05656.jpg	43°10.138' N	005°23.655' E	58,1	123	
63	fin enregistrement	12:11:09		43°10.141' N	005°23.644' E	54,3	62	



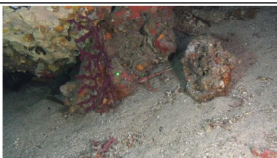
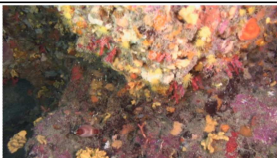




## ROV 5 : isolées entre le Cap Canaille et le phare de la Cassidaigne au sud

ID	Observations	Heure		Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
1								
2	debut enregistrement track 16 DV 3/ 00:00:00 / Point RP38Bis	15:10:49		43°09.709' N	005°33.470' E	63	52	
3	Start HD	15:13:09		43°09.711' N	005°33.470' E	64	109	
4		15:13:14	/ DSC05658.jpg	43°09.711' N	005°33.469' E	64	115	
5		15:13:49	/ DSC05659.jpg	43°09.712' N	005°33.470' E	64	128	
6		15:14:22	/ DSC05660.jpg	43°09.713' N	005°33.471' E	64	153	
7		15:14:39	/ DSC05661.jpg	43°09.713' N	005°33.470' E	64	174	
8		15:16:10	/ DSC05662.jpg	43°09.711' N	005°33.473' E	63	171	
9		15:17:06	/ DSC05663.jpg	43°09.710' N	005°33.474' E	64	203	
10		15:17:29	/ DSC05664.jpg	43°09.710' N	005°33.474' E	64	178	

ID	Observations	Heure		Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
11		15:19:26	/ DSC05665.jpg	43°09.707' N	005°33.478' E	64	248	
12	Stop HD	15:20:52		43°09.706' N	005°33.478' E	62	283	
13		15:23:39	/ DSC05666.jpg	43°09.708' N	005°33.469' E	64	80	
14		15:23:58	/ DSC05667.jpg	43°09.708' N	005°33.470' E	64	56	
15		15:26:10	/ DSC05668.jpg	43°09.705' N	005°33.476' E	64	33	
16		15:26:31	/ DSC05669.jpg	43°09.706' N	005°33.477' E	64	57	
17		15:26:46	/ DSC05670.jpg	43°09.705' N	005°33.478' E	64	48	
18		15:27:04	/ DSC05671.jpg	43°09.706' N	005°33.478' E	64	42	
19	fin d'enregistrement	15:27:39		43°09.706' N	005°33.478' E	61	289	

## ROV 6 : face est du Petit Congloué

ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
1								
2	debut enregistrement track 18 DV 3/ 00:15:16	16:34:21		43°10.648' N	005°23.940' E	49,4	317	
3	Débris	16:43:16	/ DSC05672.jpg	43°10.685' N	005°23.872' E	45,5	198	
4		16:44:44	/ DSC05673.jpg	43°10.686' N	005°23.854' E	42,6	259	
5	filet	16:46:03	/ DSC05674.jpg	43°10.696' N	005°23.848' E	41,7	269	
6	filet	16:46:08	/ DSC05675.jpg	43°10.696' N	005°23.848' E	41,7	275	
7	saint pierre	16:52:10	/ DSC05676.jpg / DSC05677.jpg / DSC05678.jpg	43°10.726' N	005°23.820' E	35,8	6	
8	saint pierre	16:52:26	/ DSC05679.jpg / DSC05680.jpg / DSC05681.jpg	43°10.728' N	005°23.820' E	37,8	14	
9	substrat	16:55:36	/ DSC05682.jpg	43°10.735' N	005°23.841' E	44,6	288	
10	substrat	16:55:42	/ DSC05683.jpg	43°10.735' N	005°23.841' E	44,6	291	
11	gorgonocéphale	16:58:22	/ DSC05684.jpg	43°10.750' N	005°23.827' E	40,7	339	
12	gorgonocéphale	16:58:29	/ DSC05685.jpg	43°10.750' N	005°23.827' E	41,7	321	

ID	Observations	Heure	N°Photo(s) HD	Lat	Long	Prof ROV	Cap ROV	Illustrations
13		17:02:16	/ DSC05686.jpg	43°10.753' N	005°23.819' E	38,8	183	
14		17:02:26	/ DSC05687.jpg	43°10.753' N	005°23.819' E	38,8	184	
15	Start HD	17:02:30		43°10.753' N	005°23.819' E	38,8	191	
16		17:03:17	/ DSC05688.jpg	43°10.753' N	005°23.818' E	38,8	188	
17		17:05:09	/ DSC05689.jpg	43°10.754' N	005°23.817' E	37,8	214	
18		17:05:24	/ DSC05690.jpg	43°10.753' N	005°23.816' E	37,8	216	
19		17:05:40	/ DSC05691.jpg	43°10.754' N	005°23.816' E	37,8	222	
20		17:05:51	/ DSC05692.jpg	43°10.754' N	005°23.816' E	37,8	227	
21		17:06:02	/ DSC05693.jpg / DSC05694.jpg	43°10.754' N	005°23.816' E	37,8	223	
22	Stop HD	17:07:38		43°10.756' N	005°23.811' E	35,8	318	
23	fin enregistrement	17:17:15		43°10.714' N	005°23.868' E	49,4	145	

## 10 LISTE FIGURES

Figure 1 : Carte du Parc national des Calanques. Cette carte montre comment se répartissent les cœurs terrestre et marin ainsi que leurs aires adjacentes autour des trois communes (Marseille, Cassis et La Ciotat). Le cœur marin du Parc regroupe sept zones de non-prélèvement (ZNP). ....	8
Figure 2. Schéma de la stratégie d'échantillonnage adoptée pour les comptages de poissons sur transect linéaire (référence) et les comptages d'espèces cibles' au temps. ....	13
Figure 3. Stratégie d'échantillonnage du suivi des peuplements de poissons ; TRA = comptage visuel toutes espèces sur transect linéaire selon le protocole BIOMEX (BIOMEX, 2006) ; TPS = comptage visuel au temps des espèces cibles selon le protocole de Daniel <i>et al.</i> (2002) + 2 espèces. ....	13
Figure 4. Localisation des stations de comptage de référence et d'espèces cibles (24 stations). ....	16
Figure 5. Localisation des stations de comptage en PMT (12 stations). ....	18
Figure 6. Exemple de deux bateaux de pêche mobilisés lors des PSS dans le Parc national des Calanques. A gauche le 'Laisse-Dire' à Cassis, à droite le 'Peicoa' à la Ciotat. ....	26
Figure 7. Schéma du type d'engins de pêche utilisés lors des PSS dans le Parc national des Calanques, à droite le filet trémail, à gauche le filet droit. ....	27
Figure 8. Mise en place des filets de pêche scientifique standardisée dans le Parc national des Calanques. a : livraison des filets en sac d'une pièce ; b : montage des filets et embarquement dans les soutes du bateau, c : installation du fanion 'pêche scientifique' sur les pavillons de pêche, par G. Letestu, d : pavillon de pêche équipé prêt à être calé, e : calée d'un filet sur la ZNP de Soubeyrane, f : calée d'un filet sur la ZNP de Planier, g : mise en place du filet sur la ZNP de Riou, h : enregistrement des coordonnées géographiques du filet lors de sa mise à l'eau. ....	29
Figure 9. Localisation des 10 stations d'étude échantillonnées lors des pêches scientifiques standardisées dans le Parc national des Calanques, au printemps 2014. ....	31
Figure 10. Opérations de levée des filets, de démaillage et de mensuration des captures des filets PSS calés dans le Parc national des Calanques. a : levée d'un filet à bord du bateau 'El Nino'; b : démaillage des prises par J. Giorgi et son marin, c : démaillage d'une prise par un scientifique, d : mesure d'un 'chien espagnol' ( <i>Galeus melastomus</i> ), e : mesure d'un requin sagre ( <i>Etmopterus spinax</i> ), f : pesée d'un roucaou ( <i>Symphodus tinca</i> ), g : mesure des captures à quai par un agent du Parc (B. Durand), h : stockage des captures par pièce dans des caisses plastiques. ....	33
Figure 11. Illustration de <i>Corallium rubrum</i> . (A) Anatomie de la colonie. (B) Recrutement de la larve et croissance de la colonie : (a) colonie à l'état de bourgeon vue du dessus, (b) colonie juvénile en développement, (c) jeune colonie avec son polype déployé, (d) colonie dont le cortex commence à recouvrir le substrat, (e) jeune colonie à deux polypes, (f) jeune colonie à quatre polypes (g) colonie mature avec de nombreux polypes et dont le cortex recouvre le substrat. Développement des sclérites du squelette : (i, ii, iii, iv) sclérites en formation, (v) sclérites à symétrie radiale appelés 'cabestans'. Illustrations d'après Lacaze-Duthiers (1864). ...	36
Figure 12. Distribution géographique de <i>Corallium rubrum</i> au sein et autour du bassin méditerranéen. La présence de populations de <i>C. rubrum</i> est signalée sur des zones localisées formant des 'patches' (points rouges). Cette carte à été construite d'après Torrents, 2007. ....	37
Figure 13. Relevé des pêches de corail rouge dans les pays méditerranéens. Les rendements des pêches restent globalement constants entre les années 1980 et 2000. Une augmentation des rendements est même observée à partir des années 2000, donnant l'impression que les stocks de coraux se régénèrent suffisamment rapidement pour être durables dans le temps. (FAO, 2013). ....	39
Figure 14. Exemples de photos quadrat des colonies de corail rouge, acquises durant la campagne de terrain, au niveau de 4 stations dans le Parc national des Calanques. ....	43
Figure 15. Localisation des 10 stations d'échantillonnage pour l'étude quantitative du corail rouge en plongée. ....	45

Figure 16. Carte des différents sites d'études au sein du Parc national des Calanques. ZNP (en jaune) : le tombant du Planier (PTP), la Grotte Pérès (PGP), le Petit Congloué (PCG), Riou Sud à 20 m (RRS_20) et Riou Sud à 40 m (RRS_40). Hors ZNP : la Grotte à Corail de l'Île Maïre (MGC), Les Pharillons de l'Île Maïre (MPH), la Calanque de la Triperie au Figuier (FIG), Castelvieuil (CAS) et la Balise de l'Île Verte (IVB).....	48
Figure 17. Exemple de mesures réalisées sur une colonie avec le logiciel Arpenteur. Les photos à droite et à gauche correspondent aux deux angles de vue. Les croix vertes correspondent aux points homologues qui ont été manuellement détectés et placés sur la colonie. Les zones pointées correspondent, de haut en bas, à la base de la colonie, aux extrémités du diamètre basal et à l'apex de chaque branche.....	50
Figure 18. Types de colonies relevées dans nos quadrats. (a) Colonie 'RAS' qui correspond à une colonie arborescente classique. (b) Colonie 'plaque'. (c) Bourgeon, indiqué par la flèche blanche. (d, e, f) Colonies non mesurables pour diverses raisons. Respectivement : branches trop nombreuses, polypes déployés et colonie en partie cachée. Les colonies non mesurables ont tout de même été relevées pour permettre une estimation correcte de la densité totale de colonies. ....	51
Figure 19. Localisation des 6 stations d'échantillonnage pour l'étude qualitative du corail rouge en ROV. ....	54
Figure 20 : Photos des équipements de l'exploration ROV. Le Minibex en mer avec le ROV en œuvre, le ROV dans sa cage avant immersion, le ROV en immersion. ....	56
Figure 21 : Récapitulatif des 'parcours plongées' réalisés par le ROV et des observations de corail rouge. ....	58
Figure 22. Richesse spécifique moyenne par station (nb espèces/transect) entre 5 et 20 m. ....	85
Figure 23. Contribution des espèces planctonophages et non planctonophages à l'abondance totale par station (nombre total d'individus pour 10 transects) entre 5 et 20 m dans le peuplement de poissons des Calanques. ....	86
Figure 24. Contribution des espèces planctonophages et non planctonophages à la biomasse totale par station (somme en kg des 10 transects) entre 5 et 20 m, dans le peuplement de poissons des Calanques. ....	86
Figure 25. Biomasse moyenne (kg/transect) des 2 espèces planctonophages <i>B. boops</i> et <i>C. Chromis</i> . ....	87
Figure 26. Principales familles composant les abondances (nb total/10 transects) de poissons du Parc national des Calanques entre 5 et 20 m (hors espèces planctonophages). ....	88
Figure 27. Principales familles composant les biomasses (biomasse totale kg/240 transects) de poissons du Parc national des Calanques entre 5 et 20 m. ....	88
Figure 28. Rapport entre les biomasses de sparidés et de labridés non planctonophages aux différentes stations échantillonnées en scaphandre autonome entre 5 et 20 m de profondeur dans le Parc national des Calanques. ....	89
Figure 29. Abondance moyenne (nb individus/transect) à chaque station entre 5 et 20 m. ....	90
Figure 30. Espèces dominant le peuplement de poissons des Calanques en abondance (total hors espèces planctonophages, échelle logarithmique). ....	91
Figure 31. Biomasse moyenne (kg/transect) à chaque station entre 5 et 20 m. ....	92
Figure 32. Espèces dominant le peuplement de poissons des Calanques en biomasse (total kg, hors espèces planctonophages, échelle logarithmique). ....	93
Figure 33. Contribution relative à la biomasse moyenne (kg/transect) des 4 principales espèces <i>Diplodus sargus</i> , <i>D. vulgaris</i> , <i>Sarpa salpa</i> , <i>Epinephelus marginatus</i> . ....	94
Figure 34. Projection des variables actives d'habitat et des variables supplémentaires richesse spécifique, abondance et biomasse moyenne sur le plan factoriel (1 x 2). ....	95
Figure 35. Projection des 24 stations sur le plan factoriel (1 x 2). ....	96
Figure 36. Projection des 24 stations sur le plan factoriel (1 x 3). ....	96
Figure 37. Nombre d'espèces cibles observées par station dans le Parc national des calanques. ....	97
Figure 38. Biomasse moyenne d'espèces cibles par station dans le Parc national des Calanques. ....	98
Figure 39. Biomasse moyenne (kg/transect) de <i>Diplodus sargus</i> et <i>D. vulgaris</i> . ....	98
Figure 40. Taille moyenne (cm) de <i>D. sargus</i> aux différentes stations. ....	99

Figure 41. Distribution des tailles (cm) de <i>Diplodus sargus</i> mesurées entre 5 et 20 m de profondeur. ....	99
Figure 42. Répartition des tailles de <i>Diplodus vulgaris</i> mesurées entre 5 et 20 m de profondeur.....	100
Figure 43. Biomasse moyenne (kg/transect) de <i>Diplodus puntazzo</i> échantillonné entre 5 et 20 m de profondeur. ....	100
Figure 44. Biomasse moyenne (kg/transect) d' <i>Epinephelus marginatus</i> .....	101
Figure 45. Rapport du nombre de mâles au nombre de femelles de <i>Coris julis</i> aux différentes stations. ....	102
Figure 46. Répartition des tailles de <i>Coris julis</i> mesurées entre 5 et 25 m. NB : la maille autorisée pour la pêche est de 12 cm (trait noir). ....	102
Figure 47. Biomasse moyenne (kg/transect) de <i>Serranus cabrilla</i> .....	103
Figure 48. Répartition des tailles de <i>Serranus cabrilla</i> mesurées entre 5 et 20 m. NB : la maille autorisée pour la pêche est de 12 cm (trait noir).....	103
Figure 49. Biomasse moyenne (kg/transect) de <i>Labrus merula</i> et <i>L. viridis</i> .....	104
Figure 50. Biomasse moyenne (kg/transect) de <i>Symphodus mediterraneus</i> .....	104
Figure 51. Biomasse moyenne (kg/transect) de <i>S. tinca</i> . ....	105
Figure 52. Biomasse moyenne (kg/transect) de <i>Mullus surmuletus</i> . ....	106
Figure 53. Répartition des tailles de <i>Mullus surmuletus</i> échantillonnées entre 5 et 20 m. ....	106
Figure 54. Composition du peuplement en abondance totale de poissons échantillonné en PMT entre 0 et 5 m de profondeur dans le Parc national des Calanques.....	108
Figure 55. Composition du peuplement en biomasse totale (g) de poissons échantillonnés en PMT entre 0 et 5 m de profondeur dans le Parc national des Calanques.....	108
Figure 56. Composition des abondances de poissons hors espèces planctonophages échantillonnés en PMT entre 0 et 5 m de profondeur dans le Parc national des Calanques.....	109
Figure 57. Composition des biomasses de poissons (kg) hors espèces planctonophages échantillonnés en PMT entre 0 et 5 m de profondeur dans le Parc national des Calanques.....	109
Figure 58. 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 Parc national des Calanques. ....	110
Figure 59. Espèces dominant le peuplement superficiel de poissons des Calanques en abondance (nb). ....	110
Figure 60. Espèces dominant le peuplement superficiel de poissons des Calanques en biomasse (kg). ....	111
Figure 61. Nombre moyen d'espèces cibles par transect entre 0 et 5 m de profondeur. ....	111
Figure 62. Biomasse moyenne d'espèces cibles par transect entre 0 et 5 m de profondeur. ....	112
Figure 63. Classification hiérarchique ascendante des 24 stations à partir des valeurs brutes de biomasse moyenne/transect de 22 espèces. ....	113
Figure 64. Classification hiérarchique ascendante des 12 stations PMT à partir des valeurs brutes de biomasse moyenne/transect d'espèces cibles.....	115
Figure 65. Comparaison de la richesse spécifique moyenne par transect entre 2008 et 2013. ....	116
Figure 66. Comparaison de la richesse spécifique moyenne des espèces cibles par transect entre 2008 et 2013. ....	117
Figure 67. Comparaison de l'abondance moyenne par transect entre 2008 et 2013. ....	117
Figure 68. Comparaison de l'abondance moyenne des espèces cibles par transect entre 2008 et 2013. ....	118
Figure 69. Comparaison de la biomasse moyenne par transect entre 2008 et 2013. ....	119
Figure 70. Comparaison de la biomasse moyenne des espèces cibles par transect entre 2008 et 2013. ....	120
Figure 71 Structure trophique du peuplement de poissons échantillonné par transects linéaires (TRA) exprimée en pourcentages de biomasse et en pourcentages d'abondance. ....	121

Figure 72. Structure trophique du peuplement de poissons échantillonné entre 0 et 5 m par comptages visuels au temps en palmes, masque, tuba (PMT) exprimée en pourcentages de biomasse et d'abondance. ....	122
Figure 73. Structure trophique de la biomasse des espèces cibles échantillonnées par transects linéaires (TRA) dans le Parc national des Calanques. ....	123
Figure 74. Structure trophique de la biomasse des espèces cibles échantillonnées entre 0 et 5 m par comptages visuels au temps en palmes, masque, tuba (PMT) dans le Parc national des Calanques. ....	123
Figure 75. Peuplement de poissons des Calanques : représentation de la biomasse moyenne/transect et de la proportion des groupes trophiques à chaque station 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). ....	125
Figure 76. Structure trophique comparée de l'assemblage des poissons de roche (8 stations) entre 2008 et 2013. ....	126
Figure 77. Comparaison selon le régime de protection (Hors ZNP – ZNP) de la richesse spécifique, de l'abondance et de la biomasse des poissons échantillonnés entre 5 et 20 m de profondeur dans le Parc national des Calanques. ....	127
Figure 78. Comparaison selon la localisation géographique de la richesse spécifique, de l'abondance et de la biomasse des poissons échantillonnés entre 5 et 20 m de profondeur dans le Parc national des Calanques. ...	128
Figure 79. Nombre total et nombre moyen d'espèces cibles rencontrées par parcours de 3 min dans les 24 stations échantillonnées (20 parcours de 3 min). Les barres d'erreur indiquent les écarts types. ....	132
Figure 80. Occurrence des observations de <i>Serranus cabrilla</i> des catégories 'petit-moyen' et 'grand' par station. Les stations sont classées selon leur statut de gestion (20 parcours de 3 min). ....	136
Figure 81. Occurrence des observations de <i>Labrus merula</i> des catégories 'petit-moyen' et 'grand' par station. Les stations sont classées selon leur statut de gestion (20 parcours de 3 min). ....	137
Figure 82. Diversité moyenne (nombre moyen d'espèces rencontrées) par parcours de 3 min au sein des différentes stations étudiées communes entre 2008 et 2013 (d'après une liste de 24 espèces). ....	138
Figure 83. Nombre moyen d'observations de 'grands' individus par parcours de 3 min dans les stations communes étudiées en 2008 et 2013. Les astérisques bleus indiquent les stations où des différences significatives sont observées entre 2008 et 2013. ....	141
Figure 84. Longueur totale moyenne (en cm) d' <i>Epinephelus marginatus</i> à chaque station. Le trait rouge indique la limite entre les catégories 'petit-moyen' et 'grand'. ....	143
Figure 85. Biomasse moyenne en kg par parcours de 3 min d' <i>Epinephelus marginatus</i> au sein des stations ...	144
Figure 86. Densité moyenne (nombre d'individus/parcours de 3min) de <i>Labrus merula</i> rencontrée dans les différentes stations. ....	145
Figure 87. Longueur totale moyenne (en cm) des <i>Labrus merula</i> rencontrés au sein des stations. Le trait rouge indique la limite entre les catégories 'petit-moyen' et 'grand'. ....	145
Figure 88. Biomasse moyenne en kg par parcours de 3 min de <i>Labrus merula</i> au sein des stations. ....	146
Figure 89. Biomasse totale capturée par catégories d'espèces pour les 10 stations de pêche scientifique standardisée, étudiées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. ....	151
Figure 90. Abondance totale capturée par catégorie d'espèces pour les 10 stations de pêche scientifique standardisée étudiées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. ....	152
Figure 91. Abondance moyenne du groupe des poissons téléostéens, pour les 10 stations de pêche scientifique standardisée, suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. ....	153
Figure 92. Richesse spécifique moyenne, tous groupes confondus, aux 10 stations de pêche scientifique standardisée, suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. ....	155
Figure 93. Richesse spécifique moyenne du groupe des poissons téléostéens pour les 10 stations de pêche scientifique standardisée, suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. ....	156
Figure 94. Exemples de captures réalisées dans les stations 'roche/herbier' et 'herbier' lors des pêches scientifiques standardisées. a : chapon ( <i>Scorpaena scrofa</i> ), b : captures de chapons et rascasse brune	

(*Scorpaena porcus*) dans une pièce de filet à Riou, c : poulpe (*Octopus vulgaris*), d : captures dans une pièce de filet sur Planier, e : corb (*Sciaena umbra*) capturé sur l'île Verte, f : capture accidentelle d'un cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis*) à Soubeyrane, g : captures de crustacés à Planier (langouste (*Palinurus elephas*) et grande cigale (*Scyllarides latus*)), h : torpille (*Torpedo marmorata*) capturée au Planier, i : sole ocellée (*Microchirus ocellatus*) j : captures de chapons, roucaous (*Symphodus tinca*) et mostelles (*Phycis phycis*) au Planier. .... 161

Figure 95. Exemples de captures réalisées dans les stations du canyon lors des pêches scientifiques standardisées. a : requin gris et vivant (*Hexanchus griseus*) de 1.8 m, b : requin gris et vivant de 3 m lors de son arrivée en surface, c : mesure d'un requin squalo-liche (*Dalatias licha*), d : mesure d'un grondin lyre (*Trigla lyra*), e : captures dans une pièce de filet sur Cassidaigne ZPR (1- *Galeus melastomus*, 2- *Coelorinchus caelorhincus*), f : captures d'une pièce de filet sur Cassidaigne Est (3 : *Trachurus picturatus*, 4 : *Pagellus bogaraveo*, 5 : *Merluccius merluccius*), g : capture de chinchard recouverte par une pellicule de sédiment (boue rouge), h : mesure d'un *Galeus melastomus*, i : *Hoplostethus mediterraneus*, j : captures d'une pièce de filet sur Cassidaigne Est avec de gros merlus *Merluccius merluccius*. .... 162

Figure 96. Biomasse moyenne des individus des 3 principales espèces capturées dans les stations 'roche/herbier', lors des pêches scientifiques standardisées réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. .... 163

Figure 97. Biomasses moyenne de rascasse brune (*Scorpaena porcus*) capturées dans les stations herbier, lors des pêches scientifiques standardisées, réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. .... 164

Figure 98. Biomasse moyenne des 5 principales espèces capturées dans les stations du canyon de Cassidaigne, lors des pêches scientifiques standardisées réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. .... 166

Figure 99. CPUE moyenne pour les 10 stations de pêche scientifique standardisée, suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. .... 168

Figure 100. CPUE moyenne pour les stations de pêche scientifique standardisée, suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. A : groupe des stations 'canyon'. B : groupe des stations 'herbier'. C : groupe des stations 'roche/herbier'. .... 169

Figure 101. Composition des principales espèces de poissons rejetées lors des pêches scientifiques standardisées, réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014 (échelle logarithmique). .... 170

Figure 102. Diagrammes en boîtes pour les 6 variables mesurées sur les colonies RAS ( $n = 956$ ) en fonction des populations. (a) Taille de la plus longue branche, (b) Taille moyenne calculée sur l'ensemble des branches de chaque colonie, (c) Taille médiane de l'ensemble des branches de chaque colonie, (d) Variance des tailles de branches au sein des colonies. Elle indique comment se répartie la taille de la colonie le long des branches (e.g. branches de tailles homogènes ou branches de tailles variables). (e) Largeur du diamètre basal, (f) Nombre de branches par colonie. Les valeurs extrêmes sont indiquées par les points noirs. .... 174

Figure 103. Diagrammes de corrélations deux à deux entre les variables relatives à la taille des colonies. Toutes les variables apparaissent fortement corrélées entre elles. taille\_max : taille maximale des branches, taille\_med : taille médiane des branches, taille\_moy : taille moyenne des branches, taille\_sd : variance des tailles de branches au sein des colonies. .... 175

Figure 104. Densité totale de colonies pour chaque population. La densité totale inclut tous les types d'individus relevés : RAS, plaques, bourgeons et non mesurables. En bleu, les populations en dehors des ZNP, en jaune, les populations au sein des ZNP. .... 176

Figure 105. Densité de colonies plaques pour chaque population. On observe que certaines populations comme CAS, FIG, PGP ou RRS\_20 présentent des densités de plaques plus importantes que MPH, PCG, PTP ou RRS\_40. De fortes différences sont visibles à la fois au sein et en dehors des ZNP. En bleu, les populations en dehors des ZNP, en jaune, les populations au sein des ZNP. .... 177

Figure 106. Diagramme en boîte du diamètre des colonies plaque par population. Largeur de ces plaques est significativement variable entre populations ( $F_{(8,79)} = 4.338, p = 0.0002$ ). .... 177

Figure 107. Densité de bourgeons pour chaque population. On observe que CAS présente une densité remarquablement élevée de bourgeons. Certaines populations comme FIG, PGP ou RRS\_40 présentent des densités plus importantes que IVB, MPH, PCG, PTP ou RRS\_20. De fortes différences sont visibles à la fois au

sein et en dehors des ZNP. En bleu, les populations en dehors des ZNP, en jaune, les populations au sein des ZNP. .... 178

Figure 108. Champs de bourgeons à Castelvieu. Un nombre particulièrement élevé de bourgeons a été observé dans cette population. Ces juvéniles très récemment fixés ne se répartissent pas de façon uniforme, ils forment des patchs qui prennent la forme de 'micro-champs' de bourgeons. Il semble donc que des zones très localisées de quelques cm<sup>2</sup> réunissent des conditions favorables à la fixation des larves à Castelvieu. A gauche, le cercle en pointillés blancs délimite un 'patch' de bourgeons. Sur les deux photos, quatre exemples de bourgeons sont indiqués par des flèches blanches. .... 178

Figure 109. Relations au niveau de la taille maximale moyenne et du diamètre basal moyen par population. (A) Pourcentage de colonies au diamètre supérieur à 7 mm en fonction du diamètre basal moyen. (B) Diamètre basal moyen des 30 plus larges colonies en fonction du diamètre basal moyen. (C) Pourcentage de colonies de taille supérieure à 40 mm en fonction de la taille maximale moyenne. (D) Taille maximale moyenne des 30 plus grandes colonies en fonction de la taille maximale moyenne. Les différents groupes décrits sont signalés par les cercles en pointillés verts. La corrélation entre les variables est indiquée par la ligne de régression bleue et la p-value du test de corrélation. Zone grisée : erreur standard. .... 180

Figure 110. Dendrogrammes des relations entre populations. (A) Dendrogramme basé sur la matrice des distances écologiques. (B) Dendrogramme basé sur la matrice des distances géographiques. .... 181

Figure 111. Distances géographiques vs. distances écologiques. L'axe des abscisses est l'axe principal d'une MDS basée sur la matrice des distances écologiques, tandis que l'axe des ordonnées et l'axe principal d'une MDS basée sur la matrice des distances géographiques. De cette façon, plus les populations sont éloignées verticalement, plus elles sont loin géographiquement. Suivant le même principe, plus les populations sont éloignées horizontalement, plus elles sont différentes d'un point de vue écologique. On retrouve la formation des trois groupes observés sur le dendrogramme sur l'axe horizontal, indiqués par les cercles en pointillés. Groupe 1 : MPH, PTP et PCG. Groupe 2 : RRS\_40 et IVB. Groupe 3 : CAS et PGP, tandis que FIG, RRS\_20 et MGC sont isolées des autres. On constate également que RRS\_20 et RRS\_40 sont alignées sur la même ordonnée (proches dans l'espace) mais opposées en abscisses (différentes sur le plan écologique). .... 181

Figure 112. Distributions des classes au niveau des différentes variables sur l'ensemble du site du Parc national des Calanques. (A) Distribution des classes de tailles maximales, valeur moyenne = 29.72 mm. (B) Distribution des classes de tailles moyennes, valeur moyenne = 23.76 mm. (C) Distribution des classes de diamètres basaux, valeur moyenne = 5.40 mm. (D) Distribution des classes de nombres de branches, valeur moyenne = 3.71. La valeur moyenne est indiquée par la ligne pointillée rouge. .... 182

Figure 113. Distribution des classes pour la taille maximale. Les différences de distributions révèlent des histoires différentes entre populations. Valeurs moyennes indiquées par la ligne pointillée rouge. .... 183

Figure 114. Distribution des classes pour le diamètre basal. Les différences de distributions confirment les observations faites sur la taille maximale. Valeurs moyennes indiquées par la ligne pointillée rouge. .... 184

Figure 115. Comparaison ZNP vs. hors ZNP. (A) Pour la taille maximale. Les fonctions de densités montrent un chevauchement quasi-total entre les tailles des colonies au sein (en jaune) et en dehors (en bleu) des ZNP. (B) Pour le diamètre basal. Les fonctions de densités montrent un chevauchement quasi-total entre les diamètres des colonies au sein et en dehors des ZNP. (C) Pour le nombre de branches. On constate un léger décalage vers la droite de la fonction de densité pour les colonies en dehors des ZNP par aux colonies au sein des ZNP. Valeurs moyennes indiquée par les lignes pointillées. .... 185

Figure 116. Protocole de classification sur les comparaisons à court-terme. Des évolutions de différentes natures sont observables. (a) Apparition. Deux nouveaux individus sont apparus dans la population. (b, c) Croissance. Passage du stage 'bourgeon' à 'jeune colonie' dans le premier cas, développement des branches dans le second cas. (d) Stagnation. Aucune évolution observable, la colonie semble identique. (e) Mortalité partielle. La colonie a souffert de dégradations qui peuvent être liées à une cassure ou à de la nécrose partielle. (f.) Mortalité totale. La colonie a disparue, soit parce que la cassure très basale a induit le recouvrement de celle-ci par d'autres organismes, soit par détachement de la base elle-même. .... 186

Figure 117. Densité totale de colonies par année et par population. La densité totale inclue tous les types d'individus relevés : RAS, plaques, bourgeons et non mesurables. Les densités observées dans chaque population restent globalement stables entre 2004 et 2013. .... 188

Figure 118. Densité de colonies plaques par année et par population. De fortes différences sont visibles. .... 188

Figure 119. Densité de bourgeons par année et par population. De fortes différences sont visibles.....	188
Figure 120. Comparaison 2004 vs. 2013 au niveau des biométries pour les trois populations. On observe une croissance nette au niveau des trois biométries pour la Grotte à Corail et la Grotte Pérès tandis que la population de Riou Sud 20 m ne semble n'avoir grandi qu'au niveau du diamètre basal. Ces résultats indiquent que les populations de corail rouge dans le Parc national des Calanques peuvent présenter des dynamiques de croissance différentes. ....	189
Figure 121. Comparaison 2004 vs. 2013 des distributions des fonctions de densités pour les trois biométries analysées. Entre 2004 et 2013, les populations se sont globalement diversifiées et présentent actuellement des spectres de tailles plus larges qu'en 2004. Cependant, la population de Riou Sud 20 m présente une évolution moins marquée. En gris : la série 2004, en rose : la série 2013. ....	190
Figure 122. Évolutions observées sur les trois pas de temps pour la Grotte à Corail. Le nombre d'observations de chaque type d'évolution reste comparable entre les pas de temps. La période de 2003 à 2006 semble néanmoins marquée par un nombre plus élevé de stagnations et de cassures et un nombre plus faible de croissances. Des perturbations plus élevées ont donc été présentes dans cette population au cours de cette période. Aucune forme de mortalité naturelle (nécrose) n'a été observée. ....	190
Figure 123. Évolutions observées sur les trois pas de temps pour la Grotte Pérès. Le nombre d'observations de chaque type d'évolution reste comparable entre les pas de temps. La période de 2003 à 2006 semble également marquée par un nombre plus élevé de stagnations, de disparitions et de cassures et un nombre plus faible de croissances. Des perturbations plus élevées ont donc été présentes dans cette population au cours de cette période. Aucune forme de mortalité naturelle (nécrose) n'a été observée. ....	191
Figure 124. Évolutions observées sur les trois pas de temps pour Riou Sud 20 m. Les séries de photos remontaient jusqu'à 2005 pour cette population. La période de 2005 à 2006 étant plus courte (1 an), un nombre plus élevé de stagnations a été observé. Cependant, un nombre particulièrement faible d'apparitions a été observé dans cette population. Malgré le fait que Riou Sud 20 m présente moins d'évènements de croissances de façon globale, la période de 2006 à 2009 semble avoir été propice au développement des colonies. Aucune forme de mortalité naturelle (nécrose) n'a été observée. ....	191
Figure 125. Proportions des différentes évolutions observées sur les trois populations entre 2003 et 2013. Les proportions respectives montrent les différentes évolutions auxquelles les populations ont été sujettes. On constate que la Grotte à Corail et la Grotte Pérès présentent des croissances plus marquées que la population de Riou Sud 20 m. Les taux de disparitions et de cassures sont relativement comparables d'une population à l'autre tandis qu'aucune forme de nécrose, ni partielle, ni totale n'a été observée. ....	192
Figure 126 : Représentation schématique de l'hypothèse de dynamique asymptotique de croissance. La vitesse de croissance des colonies ralentit avec le temps jusqu'à atteindre un plateau où elle devient très faible. Cette hypothèse permettrait d'expliquer pourquoi peu d'évolution a été observée à Riou Sud 20 m. ....	194
Figure 127. Représentation schématique de l'hypothèse des seuils de croissance maximale. La taille limite à partir de laquelle la croissance atteint un plateau peu potentiellement être différente d'une population à l'autre en fonction de divers facteurs environnementaux et génétiques. Il est donc possible que les colonies de la Grotte à Corail continuent de grandir au cours des prochaines années. ....	195
Figure 128. Colonies de la Grotte à Corail en 2013. Ce quadrat présente un exemple des colonies observées à la Grotte à Corail en 2013. Cette population présente des colonies de formes complexes dont la mesure peut s'avérer difficile et sujette à l'interprétation de l'utilisateur. Pour cette raison, nous avons décidé d'estimer nos marges d'erreurs sur ces colonies en considérant qu'elles représenteraient le niveau maximal d'erreur possible sur nos mesures. Il est donc envisageable que les marges d'erreurs de la méthode soient légèrement inférieures dans d'autres populations. ....	195
Figure 129. Marges d'erreurs INTRA- et INTER-UTILISATEUR pour la taille maximale. (A) Marge d'erreur INTRA-UTILISATEUR. La différence d'estimation entre les deux relevés est de 0.1 mm. (B) Marge d'erreur INTER-UTILISATEUR. La différence d'estimation entre les deux utilisateurs est de 5.5 mm. ....	196
Figure 130. Marges d'erreurs INTRA- et INTER-UTILISATEUR pour le diamètre basal. (A) Marge d'erreur INTRA-UTILISATEUR. La différence d'estimation entre les deux relevés est de 0.25 mm. (B) Marge d'erreur INTER-UTILISATEUR. La différence d'estimation entre les deux utilisateurs est de 1.41 mm. ....	197

Figure 131 : Marges d'erreurs INTRA- et INTER-UTILISATEUR pour le nombre de branches. (A) Marge d'erreur INTRA-UTILISATEUR. La différence d'estimation entre les deux relevés est de 0.62. (B) Marge d'erreur INTER-UTILISATEUR. La différence d'estimation entre les deux utilisateurs est de 1.7. ....	198
Figure 132. Difficultés des relevés photogrammétriques sur le corail. (a) Branches partageant un même socle. En fonction de l'utilisateur, ce type de formation peut être considéré comme un ou plusieurs individus. (b) Branches rapprochées. Il est souvent impossible de savoir s'il existe une continuité dans le substrat reliant ces branches à un même individu. (c, d, e) Difficulté de dénombrement des branches. Les deux premiers cas sont simples mais le dernier cas sera sujet à interprétation. ....	200
Figure 133. Populations observées sur la face Sud de Riou. (A) Première population, suite du tombant vers 40 m. On observe de grandes anfractuosités et des surplombs, des structures connues pour être favorables au développement de corail rouge. (B) Deuxième population, roche isolée vers 60 m. Des structures similaires de plus petites tailles sont observables. (C) La présence d'anciens engins de pêche a été constatée.....	201
Figure 134. Gorgones et engins de pêche sur le tombant Sud de l'Impérial du Large. ....	202
Figure 135. Photographie du substrat lors des deux premières mises à l'eau du ROV sur le secteur Cassidaigne. Gauche : première immersion. Droite : deuxième immersion. ....	203
Figure 136. Tête de roche observée lors de la troisième immersion du ROV à la Cassidaigne. Aucune colonie de corail n'a été observée bien qu'il s'agisse d'un habitat coralligène caractéristique.....	203
Figure 137. Répartition des colonies par classe de taille et morphotypes. L'abondance des sept types décrits est présentée en fonctions des populations dans lesquelles ils ont été observés. Globalement, l'abondance va en décroissant avec la taille des colonies. Quelques types 'spéciaux' ont été observés (bourgeons, cassures) mais aucune plaque ou nécrose n'a été constatée. ....	204
Figure 138. Présence de colonies corallées sur une roche isolée à Riou Sud (~ 60 m). On observe des colonies très courtes (flèches blanches) présentant néanmoins des bases très larges. Ce sont les marques caractéristiques de colonies anciennes en repousse après avoir été cassées à leur base. La distance entre les deux points verts vaut 6 cm. ....	205
Figure 139 : Observation d'une colonie-plaque. Cette grande plaque observée à Riou Sud 20 m mesure presque 150 mm de large. On constate que de nombreux polypes (petits points blancs) peuplent la colonie. Le suivi de ces individus d'années en années permettrait de mieux caractériser leur nature et leur dynamique. ....	239

## 11 LISTE TABLEAUX

Tableau 1. Dates des sorties et numéro et nom des stations échantillonnées lors des comptages de référence et d'espèces cibles et des comptages en PMT. ....	15
Tableau 2. Coordonnées GPS (WGS84) des 24 stations étudiées pour les comptages de référence et d'espèces cibles. La position 'centrale' correspond au point de départ des transects des comptages de référence. Les positions Fin C1 et Fin C2 correspondent aux extrémités de la zone prospectée lors des comptages d'espèces cibles. La profondeur est exprimée en mètres. ....	17
Tableau 3. Coordonnées GPS (WGS84) des 12 stations étudiées pour les comptages en palmes, masque, tuba. La position 'centrale' correspond au point de départ des transects, avec 5 transects placés de part et d'autre de ce point. ....	19
Tableau 4. Description des habitats au niveau des 24 stations échantillonnées lors des comptages de référence et d'espèces cibles. ....	20
Tableau 5. Stations de pêches scientifiques standardisées réalisées et pêcheurs professionnels impliqués. ....	27
Tableau 6. Caractéristiques des 10 stations de pêche scientifique standardisée, suivies dans le Parc national des calanques au printemps 2014. ....	30
Tableau 7. Date des sorties en mer lors des pêches scientifiques standardisées, réalisées au printemps 2014 dans le Parc national des Calanques. Les initiales des observateurs présents en mer sont indiquées - AG : Adrien Goujard, BD : Benjamin Durand, CP : Celia Pastorelli, DB : Denis Bonhomme, ER : Elodie Rouanet, JB : Julien Bonhomme, JPD : Jean Patrick Durand ; LLD : Laurence Le Diréach, MI : Mathieu Imbert, NF : Noémie Frachon, PA : Patrick Astruch, PB : Patrick Bonhomme, TC : Thimothé Cuchet.....	34
Tableau 8. Dates de sortie et sites échantillonnés lors du suivi corail rouge. Sont également indiqués le statut de protection, le type d'échantillonnage, le nom des plongeurs, le nombre de photos réalisées et les coordonnées géographiques des stations en WGS 84. Initiales des plongeurs : NK : Nadège Kokel ; OB : Olivier Bianchimani ; SBB : Solène Basthard-Bogain. Sup : station supplémentaire.....	42
Tableau 9 : Description des relevés photogrammétriques réalisés sur chaque morphotype .....	51
Tableau 10. Liste des variables mesurées sur les différents types de colonies. ....	52
Tableau 11. Profondeurs et durées des parcours plongées réalisés avec le ROV.....	57
Tableau 12. Diversités spécifiques comparées 2005 et 2010 en fonction des zones (cumulé été et hiver, palangre et filet), ratio en % du nombre total d'espèces cumulé entre 2005 et 2010. ....	75
Tableau 13. Liste et occurrence par transect des espèces observées entre 5 et 20 m (UVC) dans le Parc national des Calanques. 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. ....	82
Tableau 14. Richesse spécifique moyenne et maximale par transect (125 m <sup>2</sup> ) observées à chaque station. Toutes les stations ont une dominance d'habitat rocheux ; les stations de roche comportant une proportion de galets ou d'herbier relativement plus importante qu'aux autres stations sont regroupées sous le titre 'présence de galets' et 'présence d'herbier'. ....	84
Tableau 15. Liste et occurrence par transect des espèces observées entre 0 et 5 m (PMT) dans le Parc national des Calanques. ....	107
Tableau 16. Résultats de l'analyse de variance à 2 facteurs (an et station) pratiquée sur les valeurs de richesse spécifique moyenne par transect observées en 2008 et 2013 aux différentes stations. ....	116
Tableau 17. Résultats de l'analyse de variance à 2 facteurs (an et station) pratiquée sur les valeurs d'abondance moyenne par transect observées en 2008 et 2013 aux différentes stations.....	118
Tableau 18. Résultats de l'analyse de variance à 2 facteurs (an et station) pratiquée sur les valeurs de biomasse moyenne par transect observées en 2008 et 2013 aux différentes stations.....	119

Tableau 19. Occurrences des observations des différentes espèces de la catégorie 'grand' rencontrées à chaque station (20 transects par station). En vert : les valeurs supérieures ou égales à 50% : l'espèce a été rencontrée dans au moins 1 parcours sur 2 ; avec en foncé, les valeurs supérieures à 75% : l'espèce a été rencontrée dans au moins ¾ des parcours.....	134
Tableau 20. Occurrences des observations des différentes espèces de la catégorie 'petit-moyen' rencontrées à chaque station (20 transects par station). En vert : les valeurs supérieures ou égales à 50% : l'espèce a été rencontrée dans au moins 1 parcours sur 2 ; avec en foncé, les valeurs supérieures à 75% : l'espèce a été rencontrée dans au moins ¾ des parcours. ....	135
Tableau 21. Evolution de l'occurrence d'observations des différentes espèces de la catégorie 'grand' entre 2008 et 2013 rencontrées à chaque station. En vert : les évolutions positives supérieures à 10% ; en rouge : les évolutions négatives supérieures à 10%. ....	140
Tableau 22. Abondance totale d' <i>Epinephelus marginatus</i> dans les différentes stations (10 parcours de 3 min par comptage). ....	142
Tableau 23. Caractéristiques des pratiques en termes d'engins, de maille, de zones et de périodes, des pêcheurs ayant répondu à l'enquête préalable pour la réalisation des pêches expérimentales (PSS). ....	149
Tableau 24. Stations de pêches expérimentales pouvant être échantillonnées par les 7 pêcheurs enquêtés. .	150
Tableau 25. Engins, mailles des filets et répartition des 9 stations de pêches expérimentales retenues à l'issue de la phase d'enquête préalable.....	150
Tableau 26. Diversité totale par groupe et pour les 10 stations de pêche scientifique standardisée suivies dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. ....	154
Tableau 27. Abondance (Nb.) et occurrence (Occ.) des espèces pêchées aux 4 stations 'roche/herbier' lors des pêches scientifiques standardisées réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. En fond gris : les cinq espèces les plus abondantes. ....	158
Tableau 28. Abondance (Nb.) et occurrence (Occ.) des espèces pêchées aux 4 stations 'herbier' lors des pêches scientifiques standardisées réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. En fond gris : les cinq espèces les plus abondantes. ....	159
Tableau 29. Abondance (Nb.) et occurrence (Occ.) des espèces pêchées aux 4 stations du canyon lors des pêches scientifiques standardisées réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014. En fond gris : les cinq espèces les plus abondantes. ....	160
Tableau 30. Motifs de rejet lors des pêches scientifiques standardisées sur les 10 stations d'étude, réalisées dans le Parc national des Calanques au printemps 2014.....	170
Tableau 31. Descriptif des mesures et des relevés de chaque population .....	173
Tableau 32 : Récapitulatif des colonies observées en 2004 et en 2013 .....	187
Tableau 33 : Moyennes et résultats des tests pour la comparaison 2004 vs. 2013 .....	189
Tableau 34. Comparaison de la richesse spécifique et de la densité entre les comptages réalisés l'été 1999 (Harmelin <i>et al.</i> , 1999), ceux de 2008 (Astruch <i>et al.</i> , 2009) au niveau des stations de Moyades, Nord Caramassaigne et les comptages (TRA) de 2013. ....	227
Tableau 35. 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 m <sup>2</sup> pour les programmes BIOMEX (dans les AMP et hors AMP) et IchTO (dans le site du Cap Vieux et dans les 6 autres sites) d'après Lelong <i>et al.</i> , (2014).....	228
Tableau 36: Principaux descripteurs des peuplements de poissons observés au sein du Parc Marin de la Côte Bleue (Le Diréach <i>et al.</i> , 2010) et dans le Parc national des Calanques.....	231
Tableau 37. 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 m <sup>2</sup> obtenues dans le cadre de l'état initial en 2013 et références issues du programme BIOMEX (Harmelin-Vivien <i>et al.</i> , 2008) ; ect=écart-type.....	232

Tableau 38. Valeurs de rendements des captures dans différentes AMP de la côte méditerranéenne française, en fonction du type de filets mis en œuvre et du type de suivi..... 237

