



PRESENTATION DE RESULTATS ISSUS DE
DONNEES COLLECTEES A TRAVERS LA
PLATEFORME DE SCIENCES PARTICIPATIVES
POLARIS DANS LE CADRE DU PROGRAMME DE
RECHERCHE CIGESMED



© Septentrion Environnement



Présentation des résultats issus des données collectées à travers la plateforme de science participative POLARIS dans le cadre du programme de recherche CIGESMED

Rédigé et édité par Giulia Gatti et Laura Barth

Ce document est publié sous licence CC BY 4.0

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.fr>)



Merci de citer ce document comme suit : Gatti G., Barth L., 2020. Présentation des résultats issus des données collectées à travers la plateforme de science participative POLARIS dans le cadre du programme de recherche CIGESMED. Septentrion Environnement Ed., Marseille.

Publié en octobre 2020

Septentrion Environnement

Lycée agricole des Calanques

89, Traverse Parangon // 13008 Marseille

www.septentrion-env.com

giulia.gatti@septentrion-env.com; laura.barth@septentrion-env.com

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	1
INTRODUCTION	2
METHODOLOGIE.....	5
<i>Rappel du protocole d'observation CIGESMED for divers : la plaquette de notation et les éléments observés.....</i>	5
<i>Formation des participants</i>	7
<i>Traitement des données</i>	8
INTERPRETATION DES RESULTATS	11
<i>Communautés coralligènes sous la loupe</i>	14
<i>Zoom sur les pressions.....</i>	29
DISCUSSION	37
<i>Amélioration du protocole grâce aux retours d'expérience</i>	37
<i>Apports de CIGESMED pour l'étude du coralligène via les sciences participatives</i>	38
CONCLUSION	39
REFERENCES CITEES DANS LE DOSSIER	40
ANNEXES.....	41

AVANT-PROPOS

Notre première intention ici consiste à explorer les données recueillies pour fournir une vue d'ensemble de leur potentielle utilisation par des gestionnaires d'aires marines protégées. Nous allons donc présenter essentiellement des analyses de nature descriptive (composition et distribution spatiale) des sites de plongée, des communautés composant les récifs coralligènes et des pressions observées par les plongeurs loisir du programme de sciences participatives *CIGESMED for divers*, relayé par la plateforme d'observations citoyennes POLARIS. Nous choisissons ici d'exposer les résultats d'un point de vue de gestion puisque notre programme a notamment pour but d'aider à l'orientation de mesures en faveur de la gestion durable du milieu marin. Nous présenterons également des pistes pour de futures réflexions et analyses tirées des données collectées, actuellement trop précoces au vue de la composition de notre jeu de données. Pour cela, une base de données plus conséquente est en effet nécessaire afin de pouvoir pratiquer des analyses statistiques plus poussées et de discuter les résultats obtenus d'un point de vue scientifique.

INTRODUCTION

La participation active de plongeurs volontaires a grandement aidé à l'inventaire et à la surveillance de la biodiversité marine au cours de la dernière décennie (Thiel *et al.*, 2014). En Méditerranée, des exemples notables de programmes de Sciences Participatives (SP) axés sur la biodiversité marine concernent l'étude et la surveillance des espèces vulnérables (ex : le corail rouge ; Bramanti *et al.*, 2011), des agrégats de méduses et d'autres planctons gélatineux¹, des populations de poissons² (Arvanitidis *et al.*, 2011), des espèces exotiques³ (Zenetos *et al.*, 2013), ou une combinaison de plusieurs caractéristiques des organismes et du milieu marin^{4,5}.

Bien qu'une multitude de projets de SP traitent des récifs coralliens tropicaux à l'échelle mondiale (ex : Reef Check), aucun ne s'est concentré sur leurs homologues méditerranéens, les récifs dits « coralligènes ». Ainsi furent nommés, vers la fin du XIX siècle, les fonds marins côtiers appelés *brondo* par les pêcheurs provençaux (Marion, 1883) qui trouvaient parfois des branches de corail rouge dans leurs filets. En réalité, le coralligène est bien plus qu'un « producteur de corail » : il s'agit de récifs d'origine biologique, principalement produits par l'accumulation d'algues rouges calcaires encroûtantes, vivantes sur des substrats rocheux en condition de luminosité réduite. Bien qu'ils soient plus étendus à partir de 25-30 m de profondeur (dans l'étage *circalittoral*), ils peuvent aussi se développer à plus faible profondeur (dans l'étage *infralittoral*) à l'entrée de grottes, en présence de surplombs ou de zones ombragées : ce qu'on appelle des *enclaves*.

Ce bio-concrétionnement a une structure très complexe qui permet le développement de plusieurs communautés différentes (algues vivantes, organismes suspensivores, organismes foreurs, faune des fonds meubles dans des sédiments déposés dans des interstices du concrétionnement). C'est pourquoi le coralligène doit être considéré comme un puzzle de communautés plutôt que comme une seule communauté.

Les récifs coralligènes fournissent plusieurs services écosystémiques importants, avec une valeur sociale, économique, culturelle et environnementale élevée (Thierry de Ville d'Avray *et al.*, 2019). Néanmoins, les informations sur leur répartition, leur structure et leur état de conservation font défaut pour plusieurs régions méditerranéennes (ex : les régions méridionales et orientales de la

¹<http://operation-meduses.org>

²Opération « [Des Espèces Qui Comptent](#) ».

³Observatoire « [Alien Corse](#) »

⁴www.observadoresdelmar.es

⁵www.reefcheckmed.org

Méditerranée), alors qu'ils sont vulnérables à un nombre croissant de menaces (Ballesteros, 2006). Une structure complexe et une diversité biologique et fonctionnelle remarquables contribuent considérablement à la grande valeur esthétique des récifs coralligènes (Tribot *et al.*, 2016). Ainsi, ils sont extrêmement populaires chez les plongeurs en scaphandre autonome et font partie, sans aucun doute, des sites de plongée les plus fréquentés de la mer Méditerranée.

Dans le cadre du projet international CIGESMED SeasEra⁶, coordonné par l'IMBE (CNRS)⁷ à Marseille, un programme de sciences participatives « *CIGESMED for divers* »⁸ a été lancé en 2016, dans le but de faire participer les plongeurs volontaires à l'observation des récifs coralligènes tout autour de la Méditerranée. Les objectifs initiaux de ce programme sont multiples (Gerovasileiou *et al.*, 2016) :

- Obtenir des informations sur la distribution spatiale des récifs coralligènes ;
- Permettre une caractérisation primaire de la structure de base de ses communautés ;
- Surveiller les pressions potentielles et les menaces pesant sur l'habitat.

En parallèle, avec la volonté de sensibiliser les plongeurs aux enjeux écologiques liés au coralligène et de valoriser leur position privilégié de premiers observateurs des changements environnementaux, l'un des objectifs de *CIGESMED for divers* est de fournir des outils aux plongeurs de loisir pour continuer à étudier et à surveiller les récifs coralligènes après la fin officielle du projet CIGESMED, en passant le relais de la coordination aux acteurs locaux et en maintenant un contexte de forte collaboration avec les scientifiques.

Dans ce cadre, la collaboration entre Septentrion Environnement, *via* sa plateforme de sciences participatives POLARIS⁹, et *CIGESMED for divers* s'est révélée cohérente et fructueuse depuis ses débuts en 2016. Relai de terrain au départ, POLARIS s'est impliquée de plus en plus dans la formation théorique et pratique des plongeurs-observateurs, jusqu'à développer un process aujourd'hui autonome et opérationnel qui s'est révélé essentiel à une application efficace du protocole d'observation des habitats coralligènes. En proposant 2 à 3 sorties par saison de plongée entièrement dédiées à *CIGESMED for divers*, POLARIS assure la récolte des données et le suivi des récifs coralligènes année après année, notamment dans les eaux du Parc national des Calanques.

⁶www.cigesmed.eu

⁷ Institut Méditerranéen de Biodiversité et Ecologie marine et continentale (Centre National de Recherche Scientifique)

⁸<http://cs.cigesmed.eu/>

⁹ Plateforme d'Observation du Littoral Appliquée à la Recherche, à l'Information et à la Sensibilisation - <https://septentrion-env.com/outils#POLARIS>

Conformément aux recommandations de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM, 2008/56/EC), la réalisation/le maintien d'un bon état écologique des habitats côtiers est une étape fondamentale pour la conservation durable du milieu marin. Des mesures de gestion et des activités de surveillance précises sont essentielles à la réalisation de ces objectifs, en particulier dans les zones fortement anthropisées. En ce sens, sur notre territoire, des stratégies locales de gestion de l'environnement ont été définies : Stratégie Locale Partenariale pour la Biodiversité de la Ville de Marseille (SLPB) ; Stratégie de Gestion Durable des Sites de Plongée Subaquatique en Méditerranée (AFB-DIRM) ; Contrat de Baie de Marseille (Aix-Marseille Provence Métropole - fiche action n°14 – « mise en place d'observatoires »). Sur le terrain, la première stratégie scientifique du Parc national des Calanques a identifié le développement de la connaissance des milieux marins comme axe prioritaire. Cette amélioration passe par la recherche scientifique qui peut s'appuyer et être renforcée par des observateurs citoyens dûment formés. Ainsi, le suivi sur les récifs coralligènes porté par POLARIS et *CIGESMED for divers* fait échos à ces stratégies scientifiques et de gestion. Ces stratégies territoriales ont pour objectifs communs l'amélioration des connaissances sur leurs territoires, la sensibilisation et l'implication citoyenne dans la protection de la biodiversité.

Dans ce contexte, *CIGESMED for divers* et POLARIS se présentent comme outils prometteurs au service de la gestion et de la conservation du milieu marin, par le biais de l'observation et l'étude des récifs coralligènes.

METHODOLOGIE

Rappel du protocole d'observation CIGESMED for divers : la plaquette de notation et les éléments observés

Le protocole d'observation de *CIGESMED for divers* prévoit l'utilisation d'une plaquette immergeable pour la notation, spécifiquement conçue dans ce but. La première version de cette plaquette (cf. Figure 1) a été développée par des scientifiques plongeurs, de concert avec des observateurs volontaires. Elle permet de noter rapidement les informations concernant :

1. Les caractéristiques générales du site de plongée telles que la profondeur de l'observation, la visibilité, la température de l'eau, la profondeur de la thermocline, la pente, l'orientation et la rugosité du substrat.
2. Les caractéristiques générales de l'habitat coralligène, telles que ses étendues verticale et horizontale, sa continuité.
3. Le niveau d'impact des pressions telles que les algues envahissantes (*Asparagopsis* spp., *Caulerpa cylindracea*), les agrégats d'algues mucilagineuses, les nécroses, la sédimentation, les dégâts imputables aux plongeurs, les engins de pêche perdus, les déchets et les ancrages. Le niveau d'impact est estimé selon trois rangs : absent (0), limité (+) ou étendu (++)
4. L'abondance semi-quantitative de 23 organismes animaux et végétaux typiques des habitats coralligènes, qui ont été choisis pour leur fonction dans les communautés du coralligène (constructeurs, destructeurs, structurant du paysage, habitants, indicateurs, espèces protégées/en danger/vulnérables), et pour leur distribution intra-méditerranéenne. L'abondance est estimée selon quatre rangs : absent (0), peu abondant (+), abondant (++) ou très abondant (+++).

Chaque observation est réalisée à la profondeur choisie par le participant, sur une surface carrée dont le côté est identifié en prenant comme repère la largeur des deux bras ouverts du plongeur.

Les données récoltées sont ensuite transmises par les participants *via* la plateforme dédiée sur le site internet <http://cs.cigesmed.eu> (cf. Figure 2) ou *via* l'application mobile POLARIS.

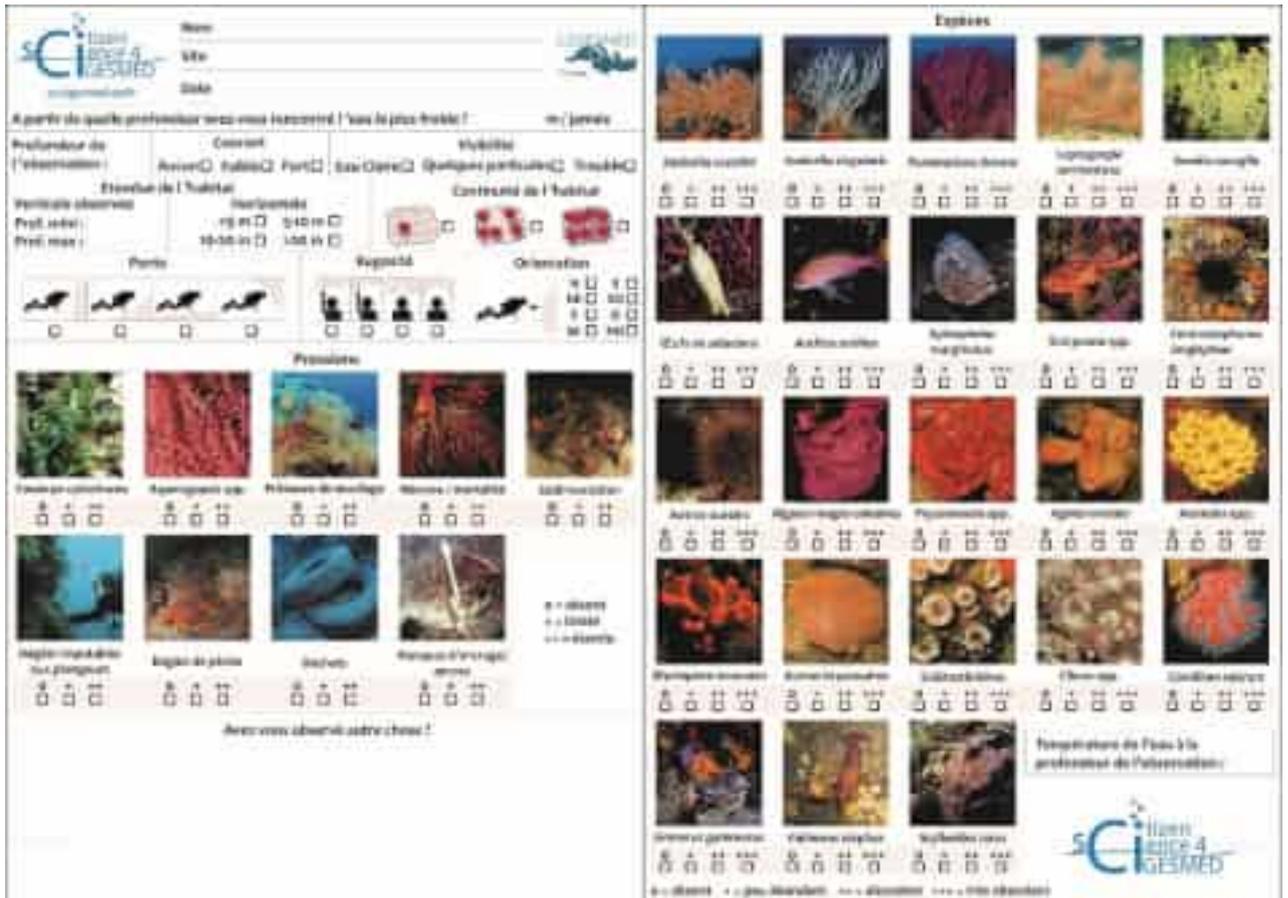


Figure 1 - Plaquette de notation immergeable CIGESMED for divers. A gauche le recto, à droite le verso.

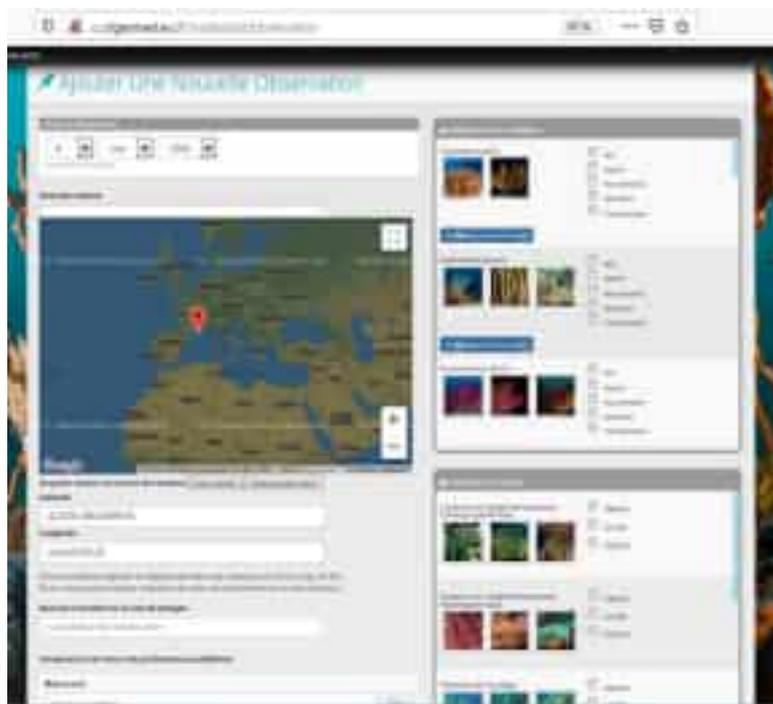


Figure 2 - Plateforme de saisie des données en ligne et application mobile POLARIS.

Formation des participants

En amont des formations sur le terrain, des ateliers pédagogiques grand public ou sur demande des clubs de plongée intéressés sont proposés à terre. Ces ateliers permettent aux participants de découvrir les récifs coralligènes (histoire, description, composition, menaces, etc.) ainsi que la méthode d'observation sous un volet théorique. Les plongeurs sont ainsi amenés à découvrir la plaquette de notation dans le détail et à s'entraîner à l'application du protocole d'observation sur des images de paysages coralligènes. Ces ateliers proposent aussi de découvrir la plateforme de saisie des données sur le site internet. Pour plus d'informations sur les éléments à renseigner, des catalogues sont mis à disposition lors des formations, en ligne¹⁰ et à bord du bateau.

Une plongée d'entraînement est ensuite proposée et encadrée par des formateurs, plongeurs biologistes marins. Pendant la plongée, les participants sont d'abord amenés à travailler sur la visualisation de la surface d'observation (dont la mesure se base sur des repères corporels – deux bras ouverts) et sur l'identification des éléments présents sur la plaquette (correspondance image-réalité). Ensuite, ils réalisent l'observation en suivant le protocole. Ce travail est fait en binôme, sous la supervision d'un animateur, guide de la palanquée (cf. Figure 3).

A la suite de la plongée, un temps de discussion est dédié à toutes questions, remarques, propositions venant de la part des participants, dans un esprit d'amélioration continue de la formation et du programme *CIGESMED for divers*.



Figure 3 - Briefing pré-plongée et formation pratique en scaphandre autonome au protocole *CIGESMED for Divers*.

¹⁰<http://cs.cigesmed.eu/fr/node/36>

Traitement des données

Les données des observations sont librement téléchargeables en format .csv depuis le site internet *CIGESMED for divers* (<http://cs.cigesmed.eu/fr/observations>) ou depuis le back office de l'application mobile POLARIS.

Compte tenu du nombre limité d'observations réalisées par an, nous avons fait le choix d'analyser les données regroupées de trois années consécutives (2016/2017/2018). Cela permet de travailler avec une quantité plus conséquente de données. De plus, ce choix est cohérent, compte tenu de la longévité des organismes observés. Ces trois années vont constituer un temps zéro, et serviront de référence pour des comparaisons futures.

Les sites de plongée ainsi que les récifs coralligènes observés ont été décrits à l'aide des informations collectées par les plongeurs volontaires dans la première partie du protocole. Etant donnée l'hétérogénéité des valeurs observées pour chaque élément, nous avons choisi de ne pas les moyenner afin de conserver un maximum de variabilité. Par conséquent, lorsqu'il s'agit de valeurs numériques (profondeur de l'observation, étendue verticale et horizontale de l'habitat), seules les valeurs minimum et maximum ont été indiquées. Pour les valeurs « qualitatives » (orientation, rugosité, pente, continuité de l'habitat), toutes les valeurs observées ont été indiquées en suivant un ordre décroissant de fréquence : la première valeur est plus fréquente que la deuxième, qui est plus fréquente que la troisième, etc. (cf. exemple : Tableau 1).

Tableau 1 - Exemple de notation utilisée pour la description des sites des de plongée et des récifs coralligènes.

N. Id	Nom du site (nb d'observations)	Profondeur (min – max)	Orientation	Rugosité	Pente	Etendue de l'habitat (verticale \updownarrow , horizontale \leftrightarrow)	Continuité de l'habitat
1	Caramassaigne pain de sucre (7)	17 m – 50 m	E /SE	Petite/moyenne	Verticale	\updownarrow 5 m - 40 m \leftrightarrow 10 m - > 20 m	Continue/discontinue

Les données concernant les organismes ont été organisées selon trois tranches de profondeur : inférieure à 10 m, 11-20 m, et supérieure à 20 m. Ce choix est supporté par les connaissances scientifiques qui indiquent que le « véritable » coralligène se développe au-delà de 20 m de profondeur (Ballesteros, 2006). Aux profondeurs plus faibles on trouve des communautés coralligènes qui ont pu se développer grâce à la présence de conditions de luminosité réduite occasionnées par la présence de surplombs, de parois verticales, de grottes, ou encore par l'exposition vers le Nord de la paroi rocheuse.

Une première analyse s'est portée sur l'abondance semi-quantitative (ou rang d'abondance) des organismes, par site et par tranche de profondeur, regroupés selon deux critères : taxonomique et fonctionnel. Pour rappel, nous parlons d'« abondance semi-quantitative » lorsque l'abondance des organismes n'est pas mesurée précisément, mais qu'elle est estimée par le biais de rangs d'abondances (dans notre cas : absent, peu abondant, abondant, très abondant, chiffrés pour les analyses en 0, 1, 2, 3).

Les groupements taxonomiques sont basés sur la taxonomie classique (la classification des organismes vivants). Dans notre cas, on compte sept groupes d'organismes : Algues, Spongiaires, Cnidaires, Bryozoaires, Arthropodes, Echinodermes, Poissons. Les groupements fonctionnels regroupent, quant à eux, les organismes qui jouent les mêmes « rôles » dans les récifs coralligènes : Constructeurs, Destructeurs, Structurants du paysage, Habitants ; auxquels se rajoute un groupe d'espèces bénéficiant d'un régime de protection (régional, national ou international) et/ou reconnues « en danger » ou « vulnérables » selon les indications de l'UICN¹¹, et un groupe d'organismes potentiellement indicateurs de la qualité de l'eau (Hong, 1983 ; Perez *et al.*, 2002). Le tableau 2 ci-dessous présente la liste des organismes composant chaque groupe. L'abondance de chaque groupe correspond à la somme des abondances de ses organismes.

Une deuxième analyse s'est portée sur la composition en espèces pour chaque site et chaque tranche de profondeur. La composition des communautés observées, en groupement taxonomiques et en espèces, a été représentée sous forme d'histogrammes. Étant donné que 22 organismes ont été considérés pour les analyses et que le rang d'abondance maximum de chaque organisme est égal à 3, le rang d'abondance cumulée théorique maximum pour chaque site est égale à 66 (22*3).

La contribution de chaque groupement fonctionnel (en %) à la composition des communautés a été présentée sous forme de diagramme en barres. L'abondance du groupe des espèces protégées/en danger/vulnérables fait l'objet d'un histogramme à lui seul, pour montrer avec plus de détail sa répartition.

Pour un nombre limité d'organismes – *Centrostephanus longispinus*, *Cliona* spp., *Myriapora truncata*, autres bryozoaires, *Paramuricea clavata*, Scléactiniaires – des cartes qui combinent les informations de distribution géographique et bathymétrique, avec leur rang d'abondance ont été créées.

Sur l'ensemble des sites observés, toutes profondeurs confondues, la contribution (en %) de chaque pression au niveau d'impact global a été mise en évidence en utilisant un diagramme circulaire (camembert). Ensuite, un niveau d'impact a été calculé pour chaque site de plongée en sommant les

¹¹ IUCN (2019). *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-3*. <http://www.iucnredlist.org>.

niveaux d'impacts de toutes les pressions observées, au prorata du nombre d'observations effectuées. Un diagramme à barre montre la contribution de chaque pression au niveau d'impact des sites. Enfin, des cartes ont été produites à partir de données de présence/absence pour montrer la distribution spatiale de chaque pression sur la zone d'étude.

Tableau 2 - Composition des groupements taxonomiques, fonctionnels et autres.

GROUPEMENTS TAXONOMIQUES	
Algues	Algues rouges calcaires, <i>Peyssonnelia</i> spp.
Spongiaires	<i>Agelas oroides</i> , <i>Axinella</i> spp., <i>Cliona</i> spp.
Cnidaires	<i>Eunicella cavolini</i> , <i>Eunicella singularis</i> , <i>Paramuricea clavata</i> , <i>Leptogorgia sarmentosa</i> , <i>Savalia savaglia</i> , Scléactiniaires, <i>Corallium rubrum</i>
Bryozoaires	<i>Myriapora truncata</i> , Autres bryozoaires
Arthropodes (Crustacés)	<i>Palinurus elephas</i> , <i>Homarus gammarus</i> , <i>Scillarides latus</i>
Echinodermes (Oursins)	<i>Centrostephanus longispinus</i> , Autres oursins
Poissons	<i>Anthias anthias</i> , <i>Epinephelus marginatus</i> , <i>Scorpaena</i> spp.
GROUPEMENTS FONCTIONNELS	
Constructeurs	Algues rouges calcaires, <i>Peyssonnelia</i> spp., Scléactiniaires, <i>Corallium rubrum</i> , <i>Myriapora truncata</i> , Autres bryozoaires
Destructeurs	<i>Centrostephanus longispinus</i> , Autres oursins, <i>Cliona</i> spp.
Structurants du paysage	<i>Agelas oroides</i> , <i>Axinella</i> spp., <i>Eunicella cavolini</i> , <i>Eunicella singularis</i> , <i>Paramuricea clavata</i> , <i>Leptogorgia sarmentosa</i> , <i>Savalia savaglia</i>
Habitants	<i>Palinurus elephas</i> , <i>Homarus gammarus</i> , <i>Scillarides latus</i> , <i>Anthias anthias</i> , <i>Epinephelus marginatus</i> , <i>Scorpaena</i> spp.
AUTRES GROUPEMENTS	
Espèces protégées/ en danger/ vulnérables	<i>Corallium rubrum</i> , <i>Epinephelus marginatus</i> , <i>Centrostephanus longispinus</i> , <i>Scillarides latus</i> , <i>Palinurus elephas</i> , <i>Paramuricea clavata</i>
Indicateurs	<i>Myriapora truncata</i> , Autres bryozoaires

INTERPRETATION DES RESULTATS

Grâce à la collaboration avec Septentrion Environnement, le programme *CIGESMED for divers* est opérationnel sur le territoire du Parc national des Calanques depuis 2016.

Les observations ont été réalisées lors de sorties spécifiques POLARIS ainsi qu'à la demande des plongeurs lors des sorties de l'école de plongée environnementale de Septentrion Environnement. Le choix du site de plongée dépend, généralement, des conditions météomarine, des préférences des plongeurs volontaires et de sa localisation (temps de navigation jusqu'au site). Entre 2016 et 2018, 88 observations utiles ont été réalisées par des plongeurs volontaires sur 19 sites de plongée repartis entre des Zones de non-prélèvement (ZNP), le Cœur marin du Parc national des Calanques et l'Aire maritime adjacente (cf. Figure 4). Les observations ont été effectuées entre avril et novembre de chaque année, et entre 7 m et 50 m de profondeur. Les informations générales des sites de plongée et des récifs coralligènes observés sont résumées dans le Tableau 3.

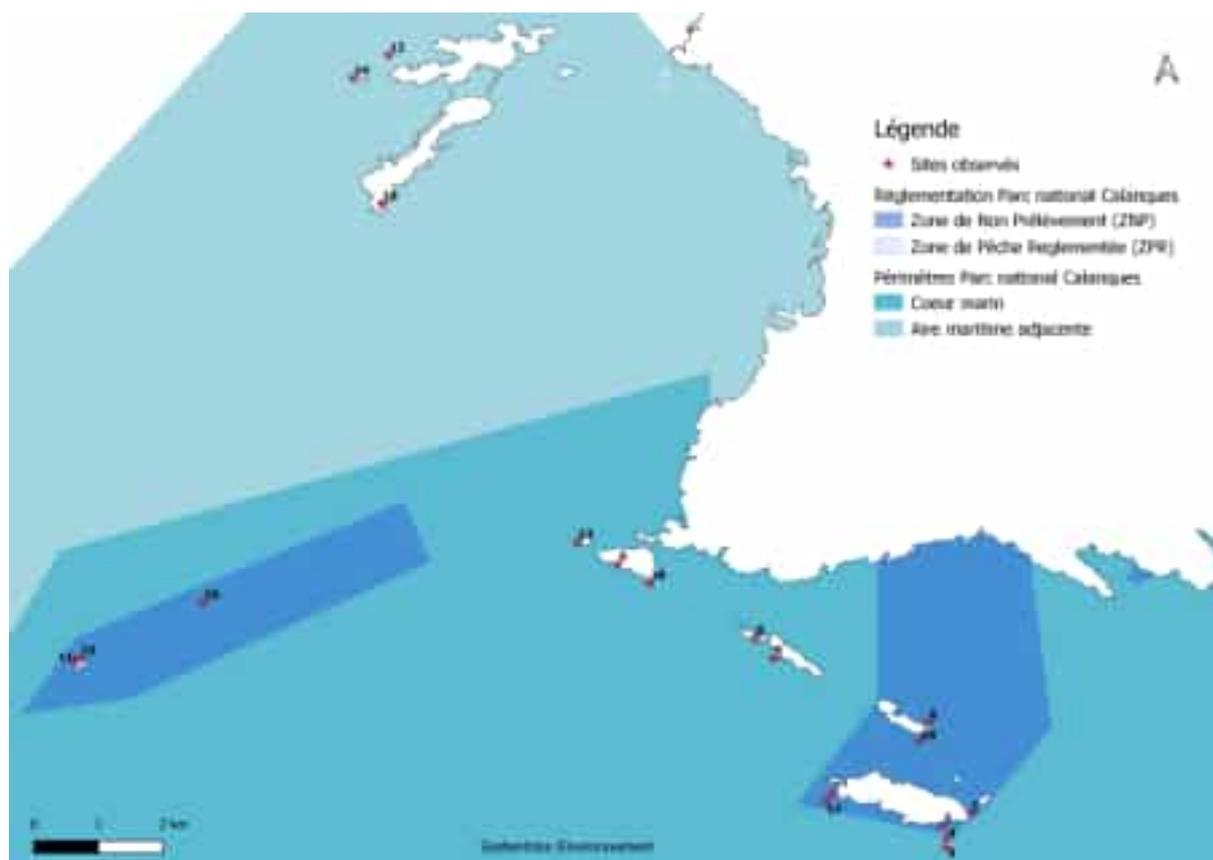


Figure 4 - Carte des sites de plongée observés par les participants à CIGESMED for divers dans le territoire du Parc national des Calanques en 2016, 2017 et 2018. Se référer au tableau 3 pour la correspondance entre le numéro d'identification (N. Id) affiché sur la carte et le nom des sites de plongée.

Tableau 3 - Description des sites de plongée et des récifs coralligènes observés d'après les observations des plongeurs.

N. Id	Nom du site (nb d'observations)	Profondeur (min – max)	Orientation	Rugosité	Pente	Etendue de l'habitat (verticale ⇅, horizontale ↔)	Continuité de l'habitat
1	Caramassaigne pain de sucre (7)	17 m – 50 m	E /SE	Petite/moyenne	Verticale	⇅ 5 m - 40 m ↔ 10 m - >20 m	Continue/ discontinue
2	L'Imperial de Terre (1)	20 m	N	Moyenne	Inclinée	⇅ 4 m ↔ 5m -10 m	Continue
3	L'Imperial du Large (1)	22 m	NW	Grande	Verticale	⇅ 4 m ↔ > 20 m	Continue
4	L'Imperial du Milieu (4)	20 m – 35 m	E	Petite	Verticale/Horizontale	⇅ 10 m – 30 m ↔10 m - > 20 m	Continue/Parcelle isolée
5	La Grotte a Corail (6)	9 m – 20 m	S /SW	Petite/moyenne	Verticale/surplomb	⇅ 15 m – 25 m ↔10 m - > 20 m	Discontinue/continue
6	La Grotte à Perez (2)	22 m – 25 m	N/SW	Très petite/grande	Surplomb	⇅ 5 m – 22 m ↔ 5 m – 20 m	Discontinue/continue
7	La Grotte Boulegeade (8)	15 m – 37 m	NE/N	Petite/grande/ très petite	Verticale/inclinée	⇅ 0 m – 18 m ↔ 5 m – 20 m	Discontinue/Continue/ Parcelle isolée
8	La Passe Jarre-Jarron (4)	15 m – 24 m	NW /SW	Moyenne/grande	Verticale/inclinée/ surplomb	⇅ 3 m – 15 m ↔ <5 m – 20 m	Discontinue/continue
9	La Pierre de Briancon (2)	18 m – 24 m	<i>Non renseignée</i>	Très petite/grande	Inclinée/surplomb	⇅ 0 m ↔ <5 m	Continue
10	Le Cap Cavau (3)	12 m – 20 m	N/E/SW	Petite/moyenne	Verticale/inclinée	⇅ 0 m – 15 m ↔ < 5 m - >20 m	Discontinue

11	Le Chaouen (1)	22 m	<i>Non renseignée</i>	Petite	Surplomb	↕ 0 m ↔ < 5 m	Discontinue
12	Le Grand Salaman (2)	16 m – 26 m	<i>Non renseignée</i>	Petite/moyenne	Inclinée	↕ 15 m – 17 m ↔ 10-20 m	Discontinue
13	Le Tiboulen de Maire (6)	13 m – 18 m	NE/W	Moyenne/petite/grande	Verticale/surplomb	↕ 0 m – 10 m ↔ < 5 m - >20 m	Discontinue
14	Le Tiboulen du Frioul (11)	16 m – 35 m	SW/NW/W/ N/S/NE	Moyenne/très petite/petite/grande	Verticale/surplomb/ horizontale	↕ 0 m – 18 m ↔ 5 m - >20 m	Discontinue/continue/ parcelle isolée
15	Le Tombant de Planier (2)	23 m	NW	Petite/moyenne	Verticale	↕ 2 m – 15 m ↔ >20 m	Discontinue
16	Le Veyron - les Grottes (1)	24 m	NE	Grande	Surplomb	↕ 7 m ↔ >20 m	Parcelle isolée
17	Les Moyades (7)	7 m – 35 m	E /W	Moyenne/très petite/petite/grande	Verticale	↕ 4 m – 35 m ↔ <5 m - >20 m	Discontinue/continue
18	Les Pharillons (18)	14 m – 38 m	E/NW/SE/ SW/NE/W	Petite/moyenne/ très petite	Verticale	↕ 0 m – 30 m ↔ <5 m - >20 m	Discontinue/continue/ parcelle isolée
19	Les Pierres à Joseph (1)	16 m	<i>Non renseignée</i>	Petite	Horizontale	↕ 5 m ↔ <5 m	Discontinue

Communautés coralligènes sous la loupe

Les communautés coralligènes observées ont montré un rang d'abondance cumulé variable entre les sites et les tranches de profondeur. Généralement, les communautés les plus denses ont été observées au delà de 20 m de profondeur, mais certains sites (ex : Grotte à Corail, Pain de sucre, Passe Jarre-Jarron et Pierres à Joseph) ont montré des communautés comparables à plus faible profondeur (cf. Figure 5). La majorité des sites explorés montre des communautés riches en diversité biologique, tous les groupes taxonomiques étant représentés (les exceptions les plus remarquables seront traitées ultérieurement). En cohérence avec ce qui était attendu des communautés coralligènes de nos côtes, les groupes les plus abondants sont les algues (rouges, calcaires) et les cnidaires (gorgonaires, scléactiniaires), suivis par les éponges, les poissons, les bryozoaires, et minoritairement par les échinodermes et les crustacés. Une certaine variabilité entre les sites est aussi présente, à cause de leur variabilité morphologique (pente, orientation, etc.).

Il est intéressant de remarquer que sur trois sites de plongée (l'Imperial du Milieu, la Pierre à Briançon et le Grand Salaman), entre 11 m et 20 m de profondeur, non seulement l'abondance des organismes est très faible, mais la communauté est presque totalement représentée par les cnidaires (cf. Figure 5). Dans ce cas, il n'est pas approprié de parler de récif coralligène car il manque la composante de bio-construction essentielle ainsi qu'un nombre d'organismes qui, habituellement, peuplent et contribuent à la composition de l'habitat. Il s'agit alors tout simplement d'une population (si celle-ci est monospécifique) ou d'une communauté (en présence de plusieurs espèces) de gorgonaires. Dans le cadre du programme *CIGESMED for divers*, il sera donc conseillé de préférer d'autres sites de plongée, ou de prospecter ces sites à une profondeur plus importante, les informations recueillies ici n'étant pas utiles au suivi des récifs coralligènes. Cependant, sur ces sites, il est possible de s'orienter sur d'autres programmes de sciences participatives qui privilégient les gorgonaires (ex : [Atención corales](#), également relayé par POLARIS).

Groupements taxonomiques

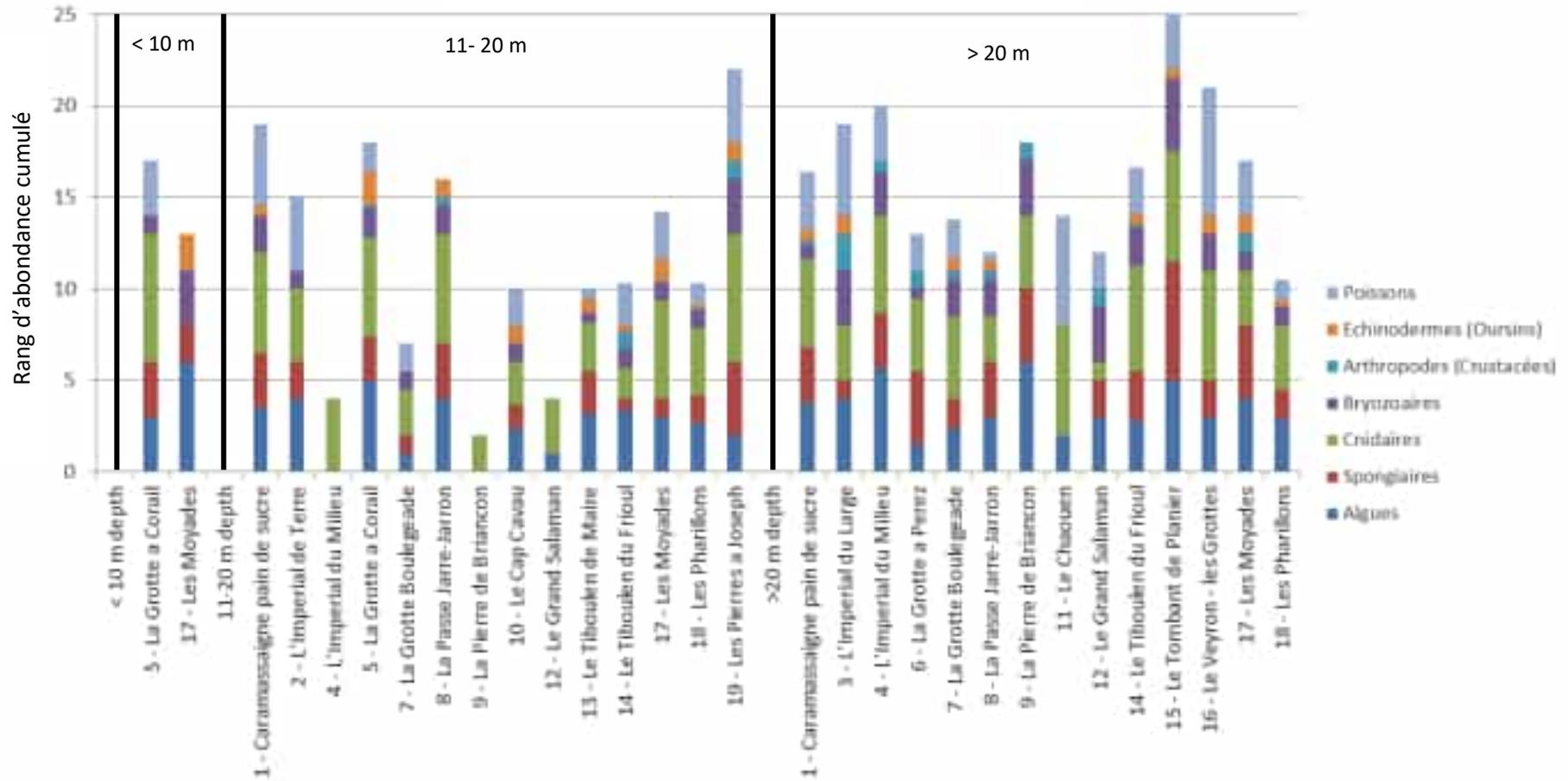


Figure 5 - Répartition des groupements taxonomiques par site de plongée et tranche de profondeur – Abondance cumulée max théorique = 66.

En analysant la composition spécifique des communautés coralligènes, il a été possible, sur certains sites, d'en décrire les variations avec la profondeur. Pour la Grotte à Corail par exemple, les observations des plongeurs volontaires ont permis de décrire une enclave de coralligène à moins de 10 m de profondeur, ainsi qu'une communauté un peu plus riche et « classique » entre 11 et 20 m (cf. Figure 6). Sur ce site, gorgones jaunes, corail rouge, éponges, algues calcaires, bryozoaires et coraux, mais aussi poissons et oursins - organismes typiques des communautés coralligènes – sont accessibles aux plongeurs quelque soit leur niveau de plongée. D'autres sites, par exemple Caramassaigne pain de sucre (cf. Figure 7) et les Pharillons (cf. Figure 8), montrent des communautés globalement similaires entre la tranche 11 m-20 m et au delà de 20 m de profondeur, avec des variations négligeables d'abondance. Une fois encore, nous observons ici qu'il n'est pas indispensable de plonger à des profondeurs importantes pour observer des véritables communautés coralligènes. Ceci peut s'avérer utile lors de la planification d'un suivi, d'une étude scientifique ou encore d'une plongée pédagogique. Inversement, sur le site du Tiboulen du Frioul les communautés décrites au delà de 20 m de profondeur sont vraiment plus variées que les plus superficielles (11 m – 20 m) (cf. Figure 9). Les éponges du genre *Axinella*, les gorgonaires *Eunicella singularis* et *Paramuricea clavata*, le corail rouge (*Corallium rubrum*) et les scléractiniaires ont été observés uniquement au delà de 20 m de profondeur. La profondeur sera donc un facteur important à prendre en considération selon l'objectif de la plongée.

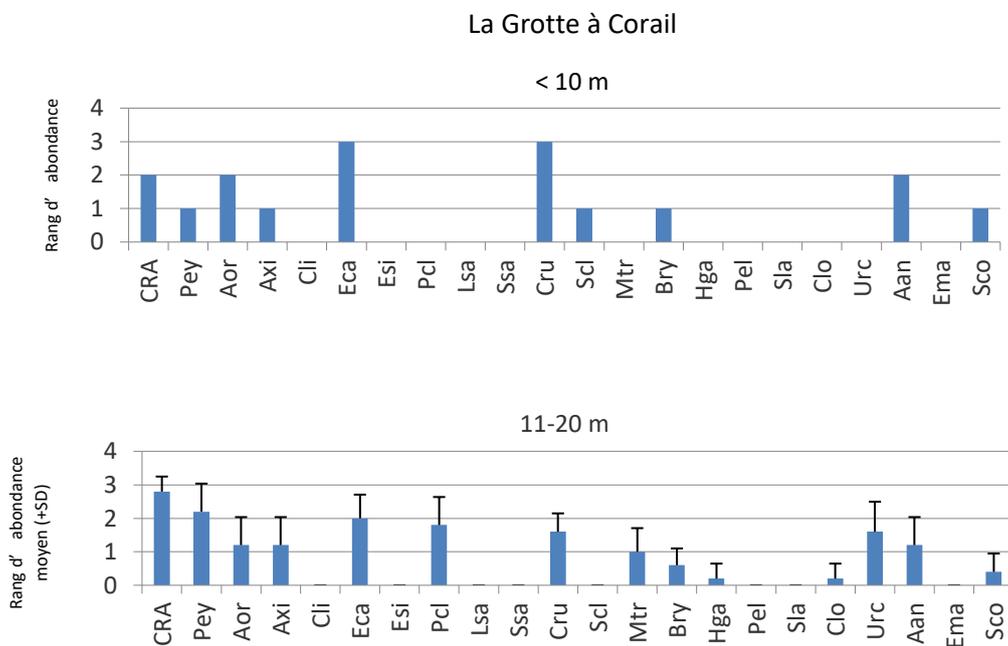


Figure 6 - Composition spécifique des communautés coralligènes : site de la Grotte à Corail. Rang d'abondance pour la profondeur < 10 m (une seule observation exploitée) et rang d'abondance moyen (+SD) de chaque espèce pour la tranche de profondeur entre 11 et 20 m. Cf. Annexe I pour l'explication des acronymes identifiant les espèces.

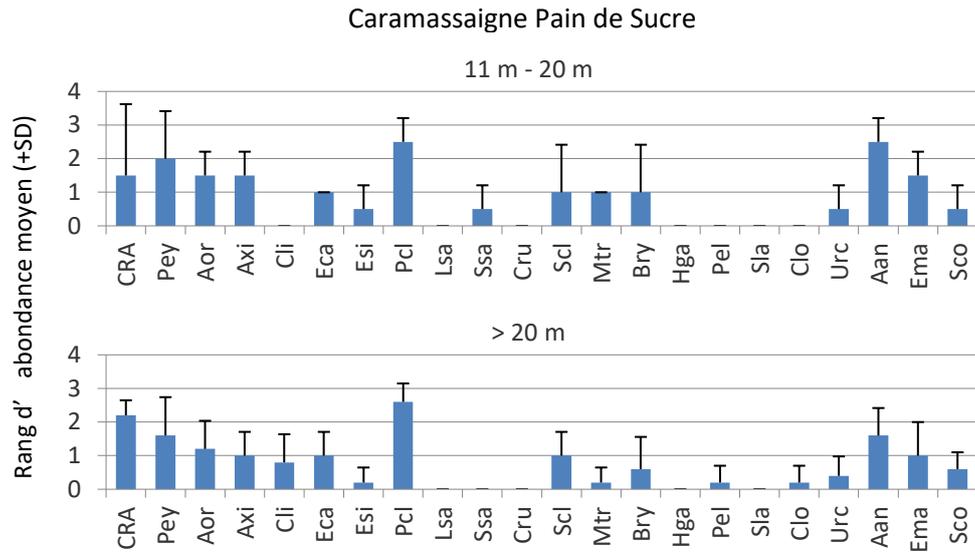


Figure 7 - Composition spécifique des communautés coralligènes : site de Caramassaigne Pain de Sucre. Rang d'abondance moyen (+SD) de chaque espèce pour la tranche de profondeur entre 11 et 20 m et la tranche de profondeur supérieure à 20 m. Cf. Annexe I pour l'explication des acronymes identifiant les espèces.

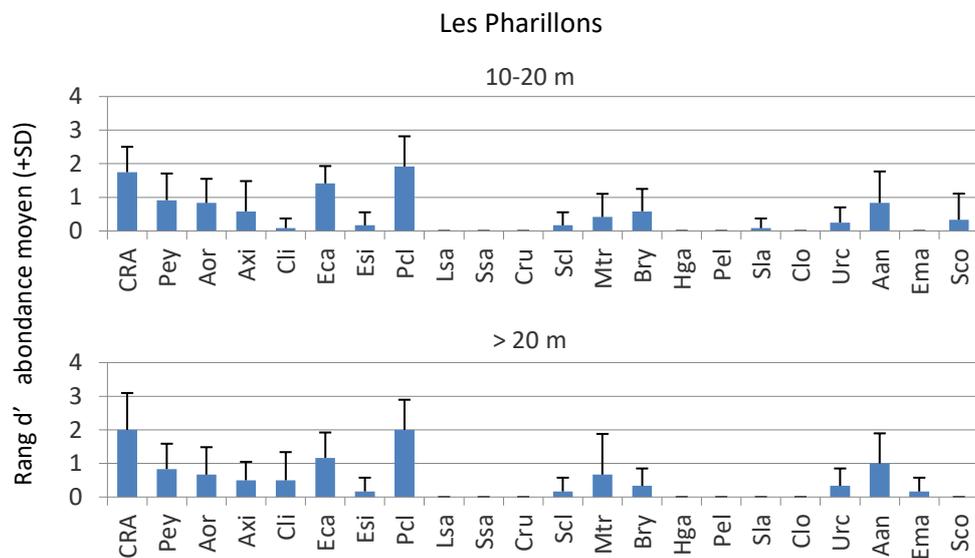


Figure 8 - Composition spécifique des communautés coralligènes : site des Pharillons. Rang d'abondance moyen (+SD) de chaque espèce pour la tranche de profondeur entre 11 et 20 m et la tranche de profondeur supérieure à 20 m. Cf. Annexe I pour l'explication des acronymes identifiant les espèces.

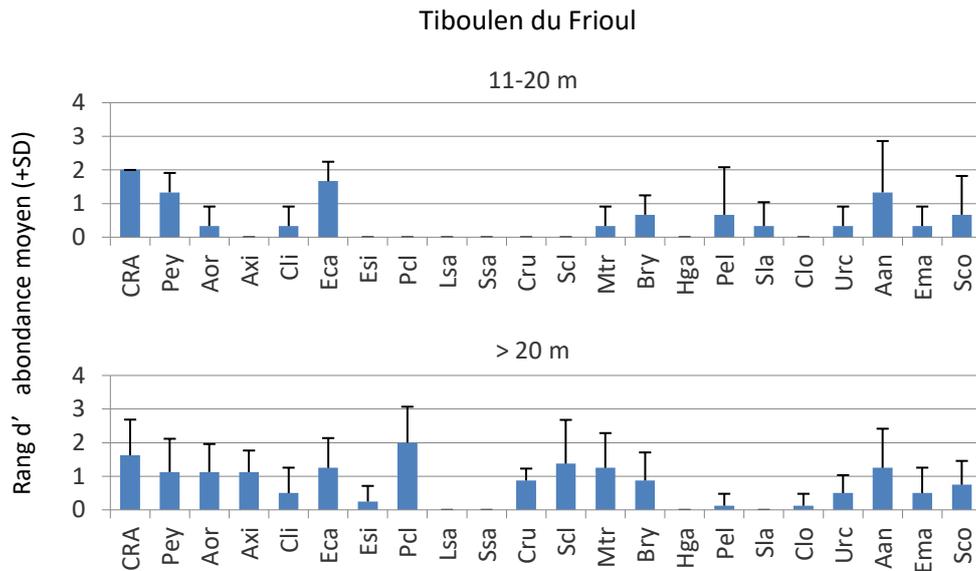


Figure 9 - Composition spécifique des communautés coralligènes : site de Tiboulén du Frioul. Rang d'abondance moyen (+SD) de chaque espèce pour la tranche de profondeur entre 11 et 20 m et la tranche de profondeur supérieure à 20 m. Cf. Annexe I pour l'explication des acronymes identifiant les espèces.

Concernant les groupements fonctionnels (cf. Figure 10), nous remarquons que le rapport entre les organismes constructeurs et destructeurs est largement en faveur des premiers, ce qui est indicateur d'une dynamique de construction positive : le substrat calcaire continue de s'épaissir. Nous pouvons donc penser que les fondations de ces récifs sont solides. Les constructeurs sont globalement dominants sur l'ensemble des communautés. Les organismes structurant le paysage coralligène sont également bien représentés. Ces organismes sont les gorgonaires et les éponges, ceux qui contribuent majoritairement à la valeur esthétique du coralligène, donc à son attractivité vis-à-vis des plongeurs. Les poissons et crustacés sont également présents dans tous les sites et donnent une contribution parfois très importante à la composition de la communauté (ex : Chaouen au delà de 20 m de profondeur).

Les espèces protégées/vulnérables/en danger sont distribuées sur la plupart des sites de plongée observés, avec un rang d'abondance variable (cf. Figure 11). Une distribution aussi étendue était prévisible, car les plongeurs sont généralement demandeurs de sites de plongée riches de ce genre d'organismes (gorgonaires, corail rouge, mérous, crustacés, etc.). Dans le cas où cela deviendrait nécessaire, la connaissance de ce genre d'informations pourrait permettre d'adresser des mesures de gestion ciblées, par exemple, vis à vis de la fréquentation de la part des plongeurs.

Groupements fonctionnels

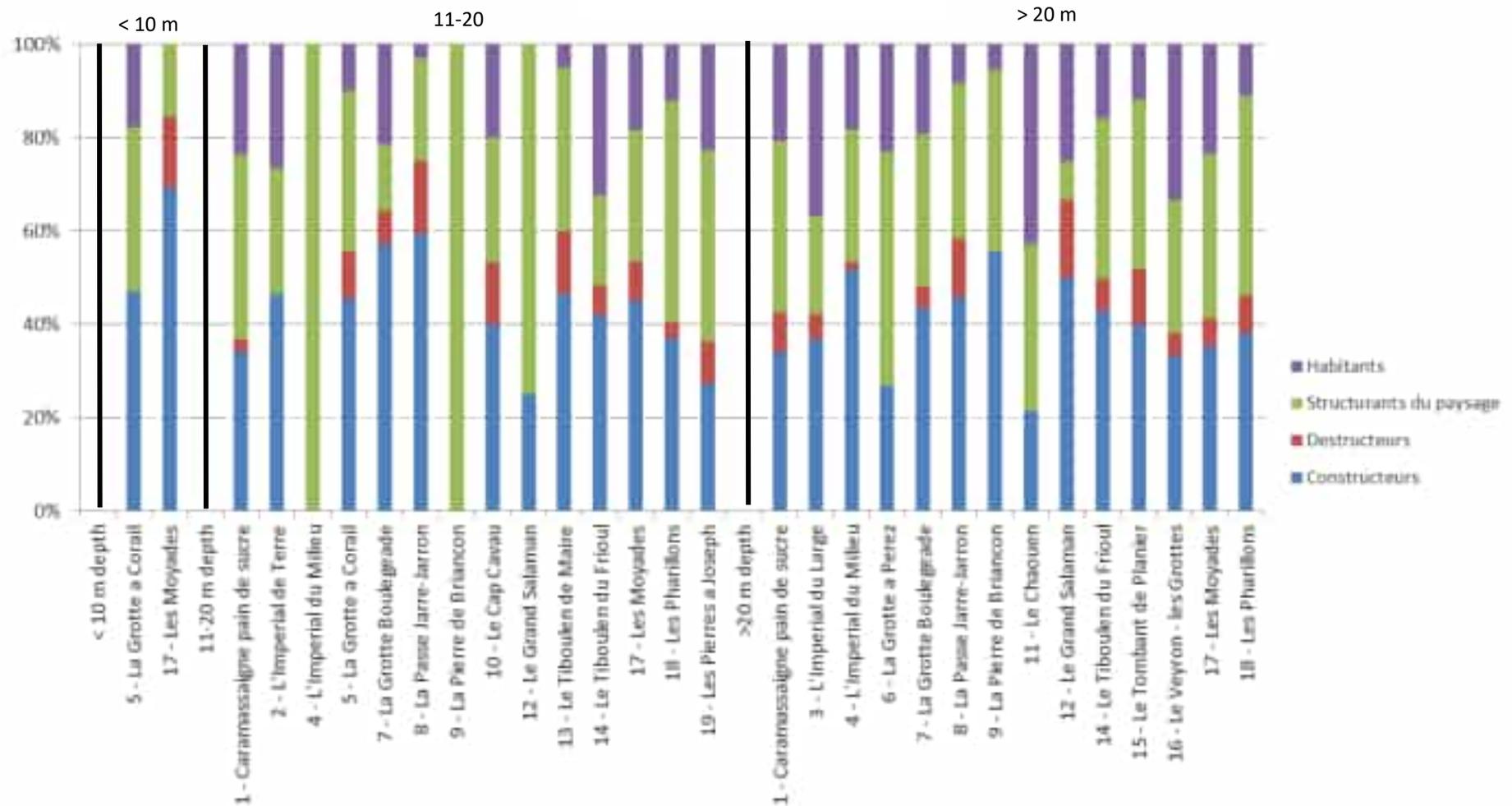


Figure 7 - Répartition des groupements fonctionnels (en pourcentage) en fonction des sites de plongée et par tranche de profondeur.

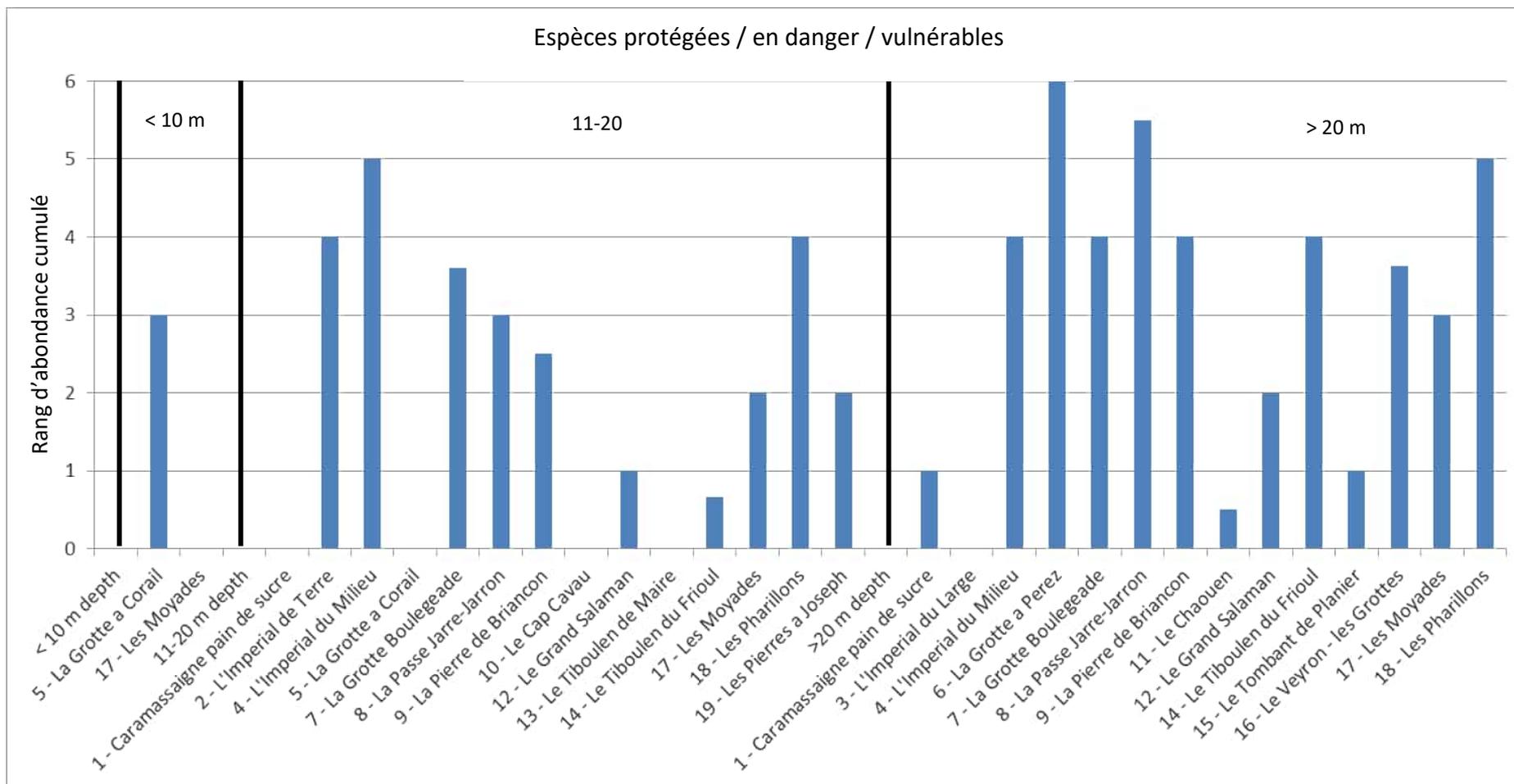


Figure 8 – Rang d'abondance cumulé des espèces protégées / en danger / vulnérables en fonction des sites de plongée et par tranche de profondeur. Rang d'abondance cumulé max théorique = 18.

De la même manière, des cartes combinant les informations de distribution géographique et bathymétrique d'organismes cibles avec leur abondance semi-quantitative peuvent renseigner à des fins de gestion, mais aussi pour des suivis scientifiques ou encore pour organiser des plongées pédagogiques. Par la suite, certaines espèces ont été sélectionnées à titre d'exemple.

L'oursin diadème (*C. longispinus*), espèce protégée, est relativement rare et peu abondant (cf. Figure 12). Il faudra donc bien choisir son site de plongée (ex : Tiboulen de Frioul, Cap Cavau, Tombant de Planier, Tiboulen de Maire, Grotte à Corail, Grotte Boulegeade, Caramassaigne pain de sucre) et aiguïser sa vue pour pouvoir l'observer.

Les éponges perforantes du genre *Cliona* ne sont souvent visibles que par des papilles (ou verrues) de couleurs et de tailles variables selon l'espèce. Elles peuvent donc facilement passer inaperçues lors d'une plongée. Dans le cadre d'une formation au suivi de ces espèces, il peut s'avérer utile de plonger sur des sites où elles sont à la fois abondantes, donc facile à repérer, et peu abondantes, pour s'entraîner à une observation plus attentive. Il faudra donc choisir le Tiboulen du Frioul ou les Pharillons, où l'on peut trouver les deux conditions en changeant simplement de tranche de profondeur (cf. Figure 13).

Les bryozoaires ont été proposés comme potentiels indicateurs de la qualité de l'eau : si le faux corail (*M. truncata*) semble être très tolérant à la pollution de l'eau, ce n'est pas le cas pour les espèces qui composent le groupe « Autres bryozoaires » (ex : *Smittina cervicornis*, *Adeonella calveti*, *Reteporella* spp.) (Hong, 1983 ; Perez *et al.*, 2002). Les informations concernant leur distribution et abondance au sein du territoire du Parc national des Calanques peuvent donc représenter une base de départ intéressante pour des études ciblées sur le sujet (cf. Figures 14 et 15).

La gorgone rouge (*P. clavata*) est l'un des organismes les plus suivis par les scientifiques et les gestionnaires (mortalités massives, reproduction, recrutement, études génétiques, etc.), par le biais de programmes de recherches scientifiques à proprement dit et par des programmes de sciences participatives. Il est donc logique pour les gestionnaires de pouvoir trouver, dans les cartes de distribution de cette espèce (cf. Figure 16), une ressource essentielle pour leurs actions (ex : le suivi des mortalités massives à mettre en place dans le cadre du projet MPA Engage).

Lorsqu'on évoque les « coraux », nous pensons immédiatement aux zones tropicales. Pourtant, nos fonds marins méditerranéens sont également peuplés de nombreux coraux durs (*Leptopsammia pruvoti*, *Phyllangia mouchezii*, *Caryophyllia inornata*, *Hoplangia durotrix*, *Cladocora caespitosa*, pour en citer quelques uns), que l'on appelle aussi « scléactiniaires ». Parfois difficiles à identifier, des plongées pédagogiques pourraient être organisées pour les plongeurs intéressés sur des sites riches

de ces organismes, tels que le Tiboulen de Frioul, les Moyades, l'Impérial du Milieu, le Tiboulen de Maire, ou les Pharillons et la Passe Jarre Jarron (cf. Figure 17).

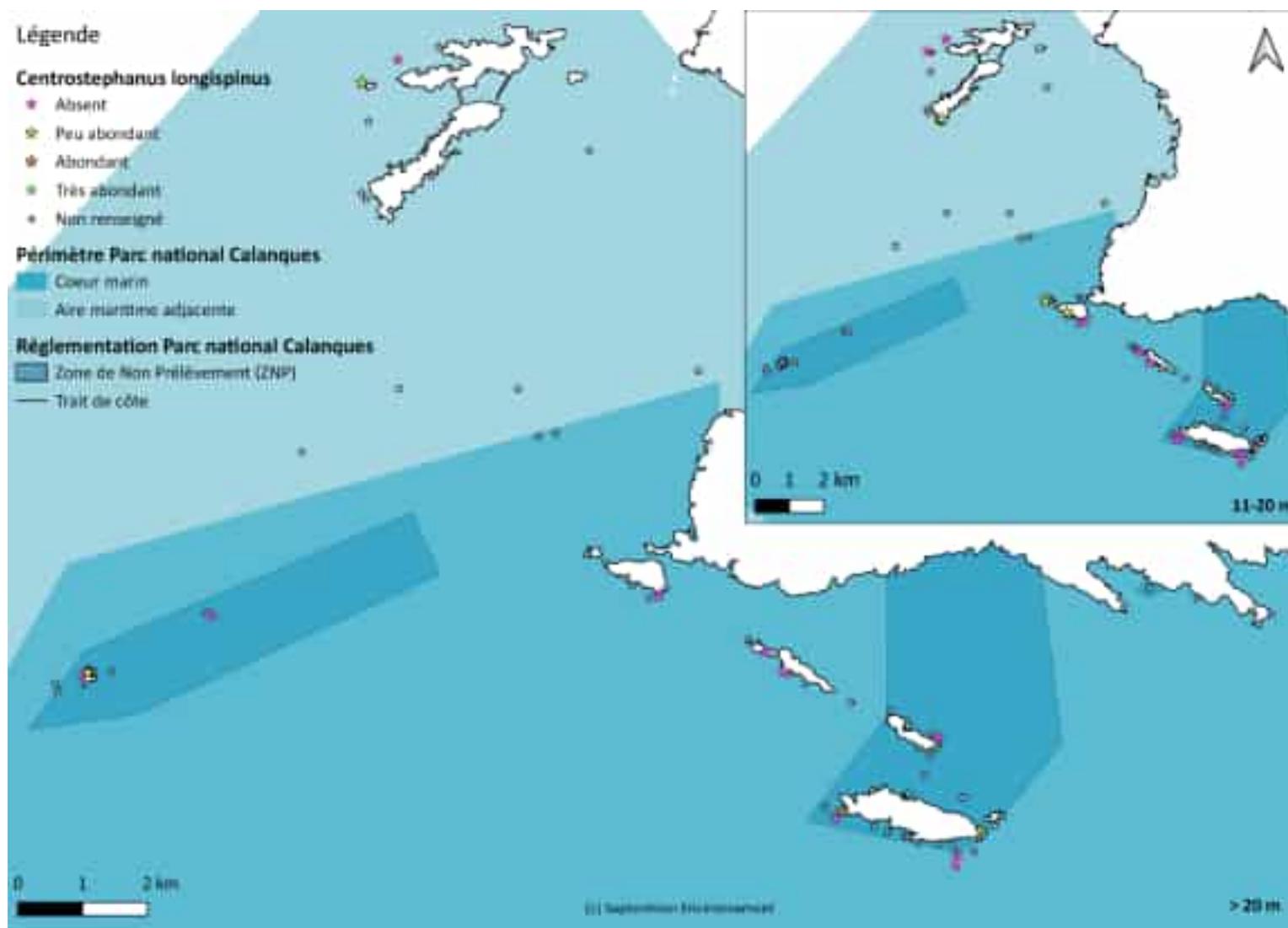


Figure 12 – Distribution spatiale de l’oursin diadème (*Centrostephanus longispinus*), pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m. Le rang d’abondance de l’organisme est indiqué selon un code de couleur (cf. légende).

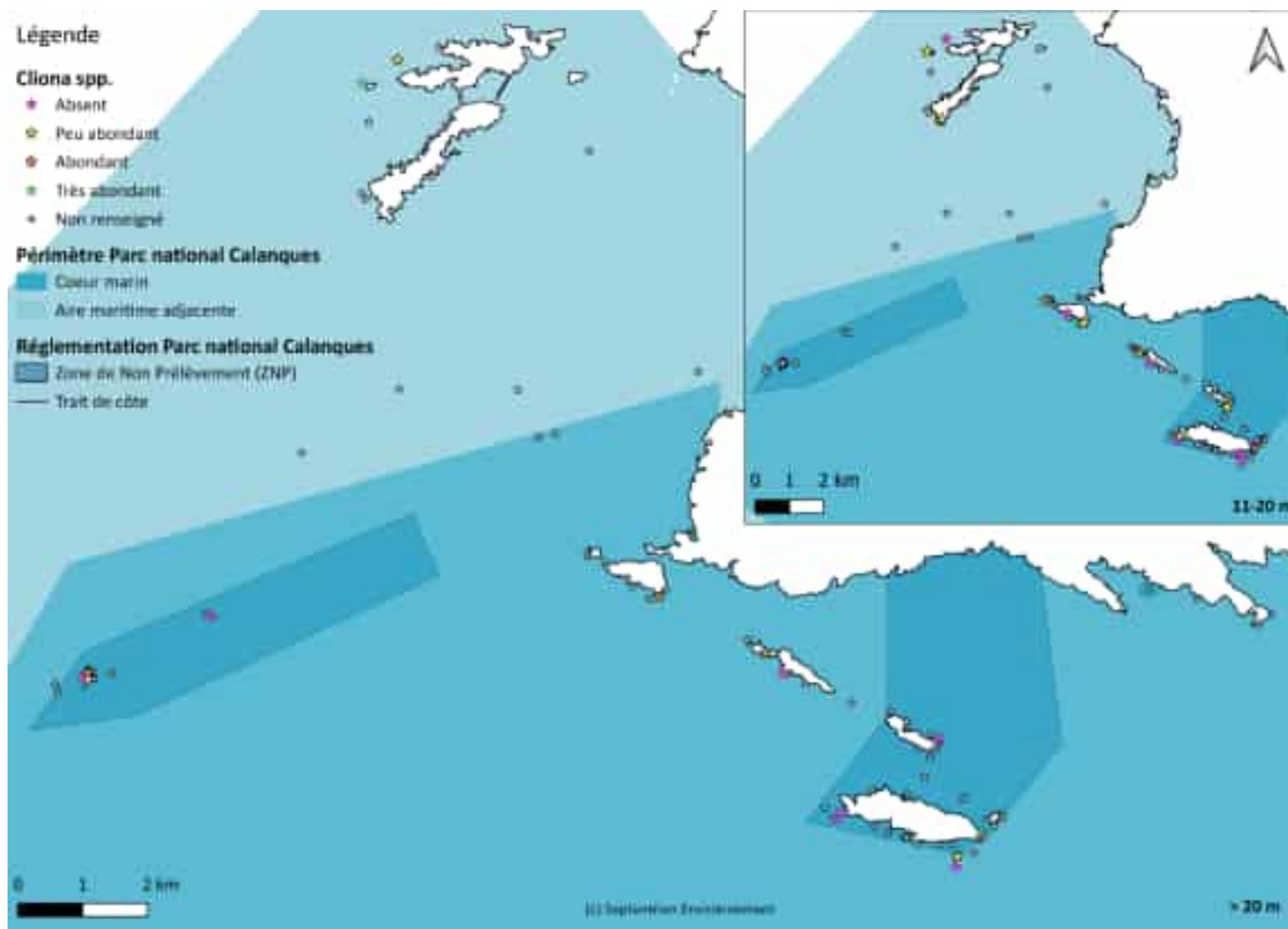


Figure 13 – Distribution spatiale des éponges perforantes *Cliona* spp., pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m. Le rang d’abondance de l’organisme est indiqué selon un code de couleur (cf. légende).

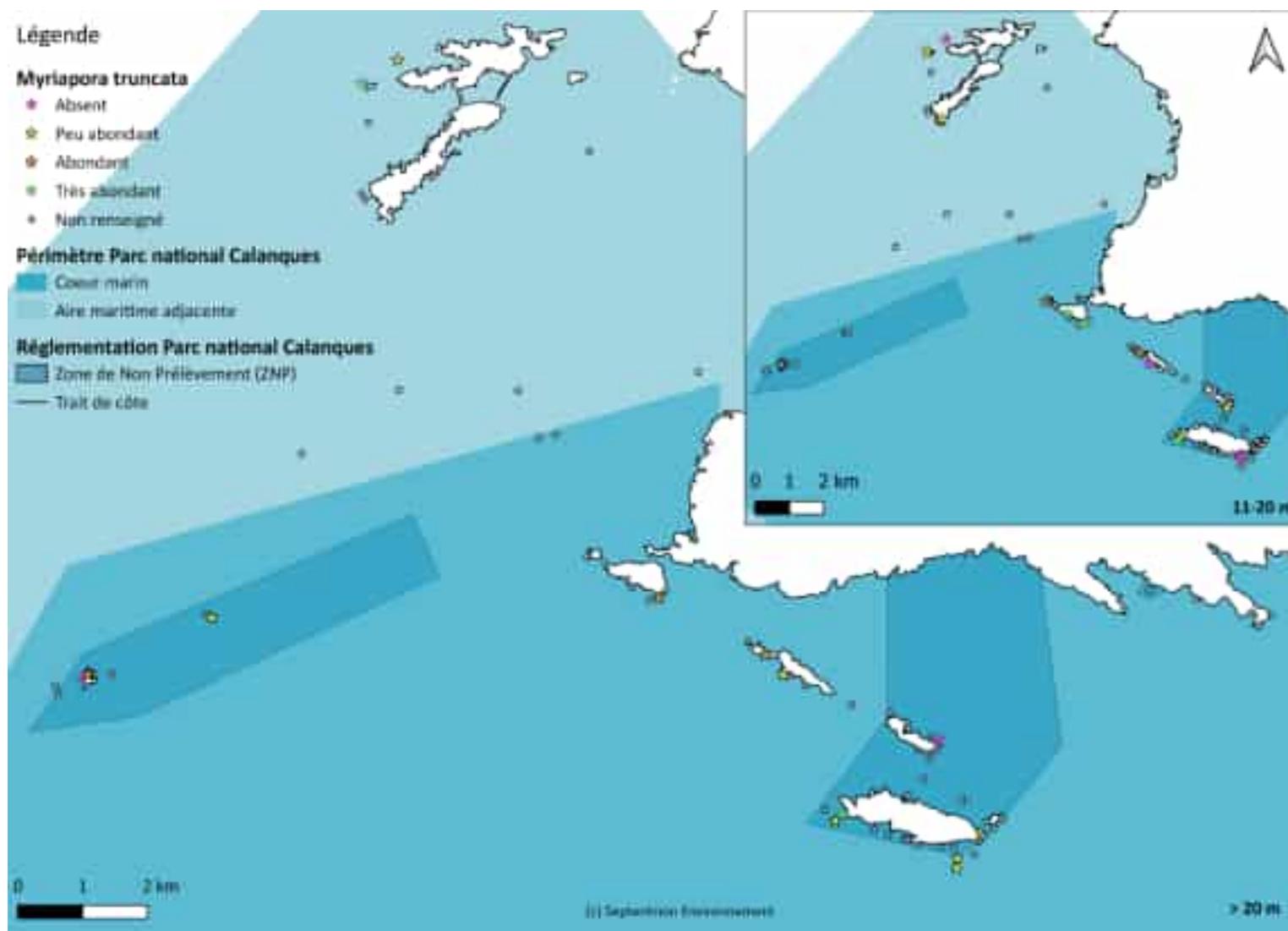


Figure 14 – Distribution spatiale du faux corail, le bryzoaire *Myriapora truncata*, pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m. Le rang d’abondance de l’organisme est indiqué selon un code de couleur (cf. légende).

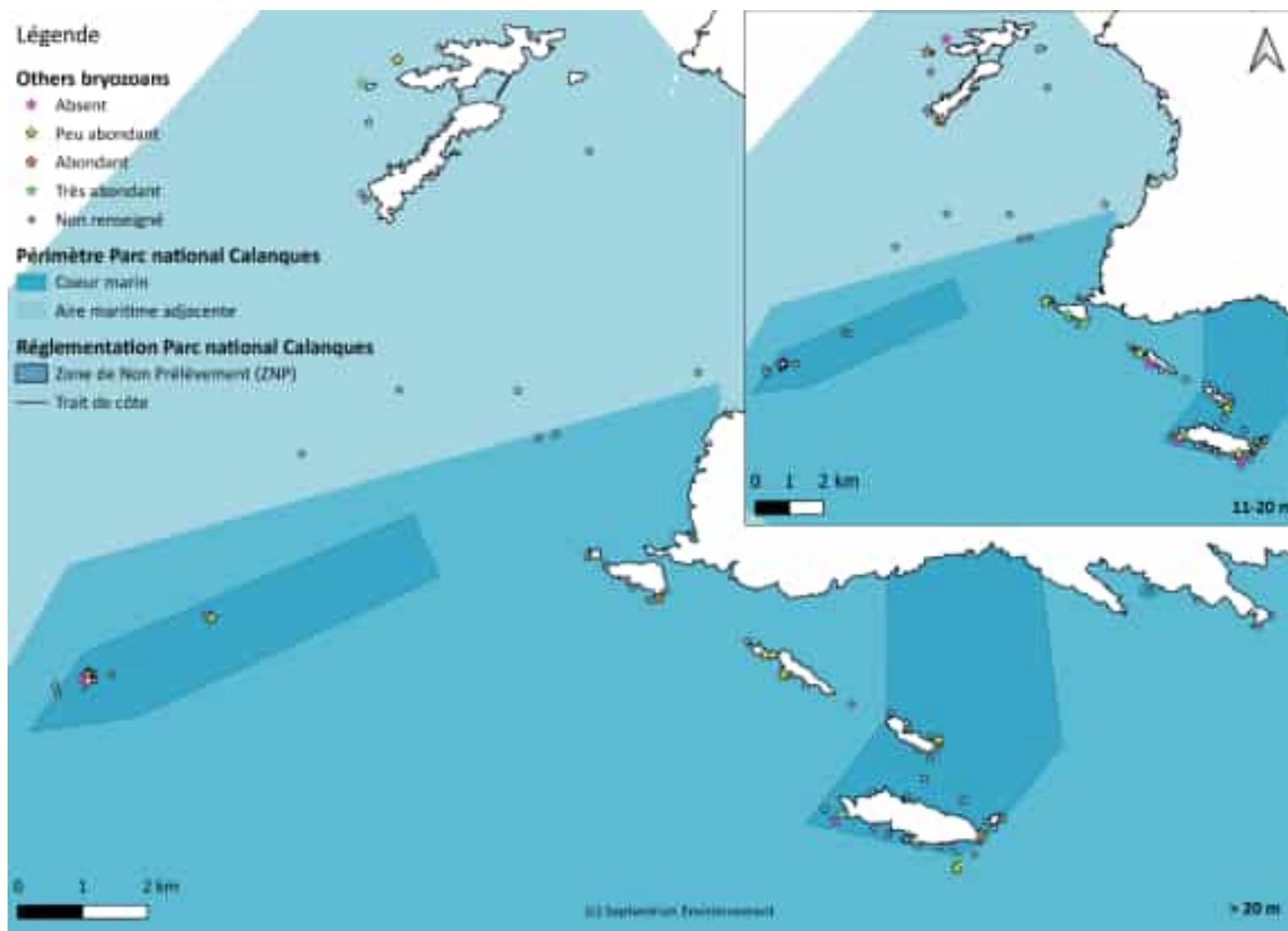


Figure 15 – Distribution spatiale des bryozoaires autres que *Myriapora truncata*, pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m. Le rang d'abondance de l'organisme est indiqué selon un code de couleur (cf. légende).

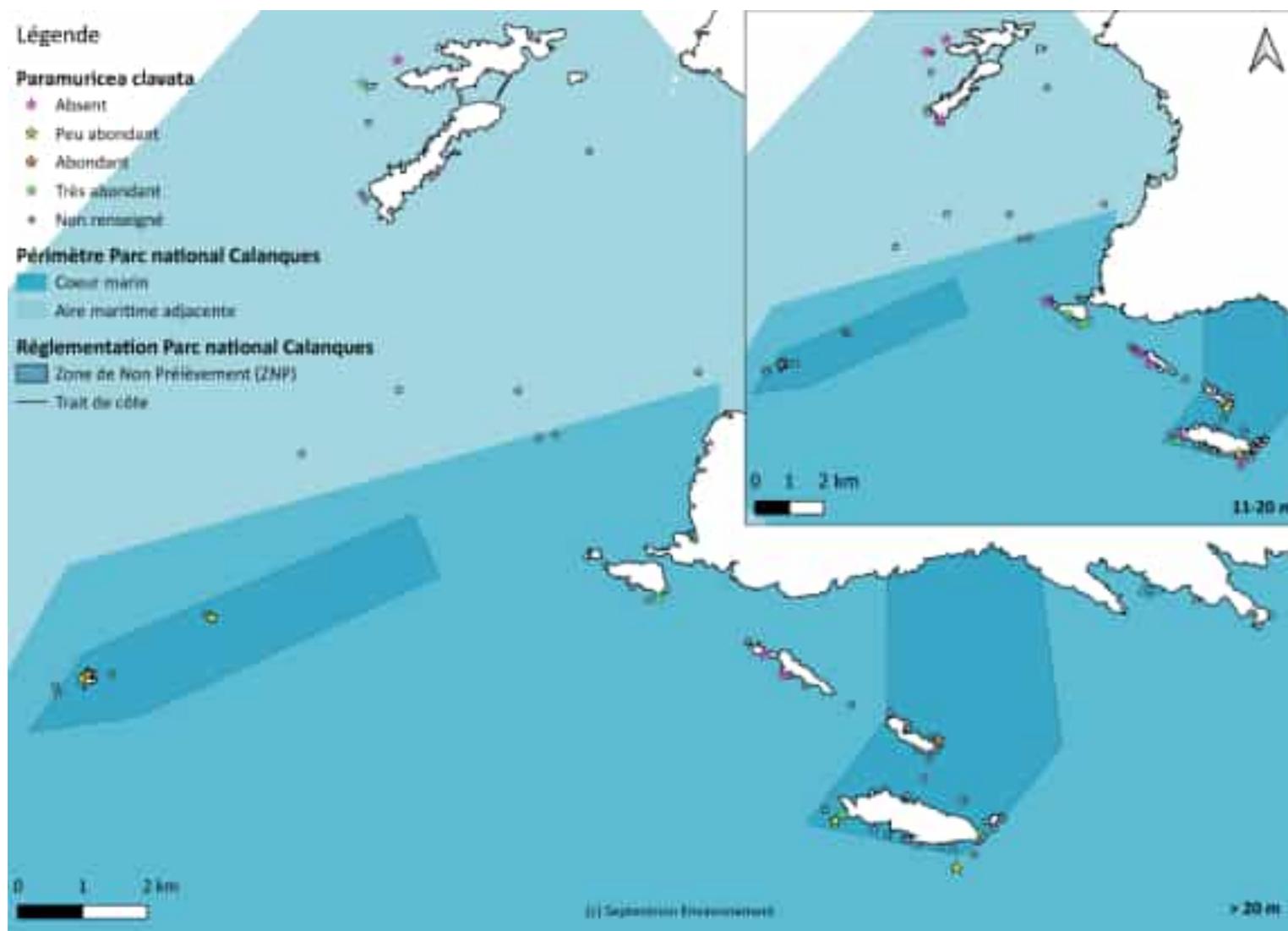


Figure 16 – Distribution spatiale de la gorgone rouge (*Paramurices clavata*), pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m. Le rang d’abondance de l’organisme est indiqué selon un code de couleur (cf. légende).

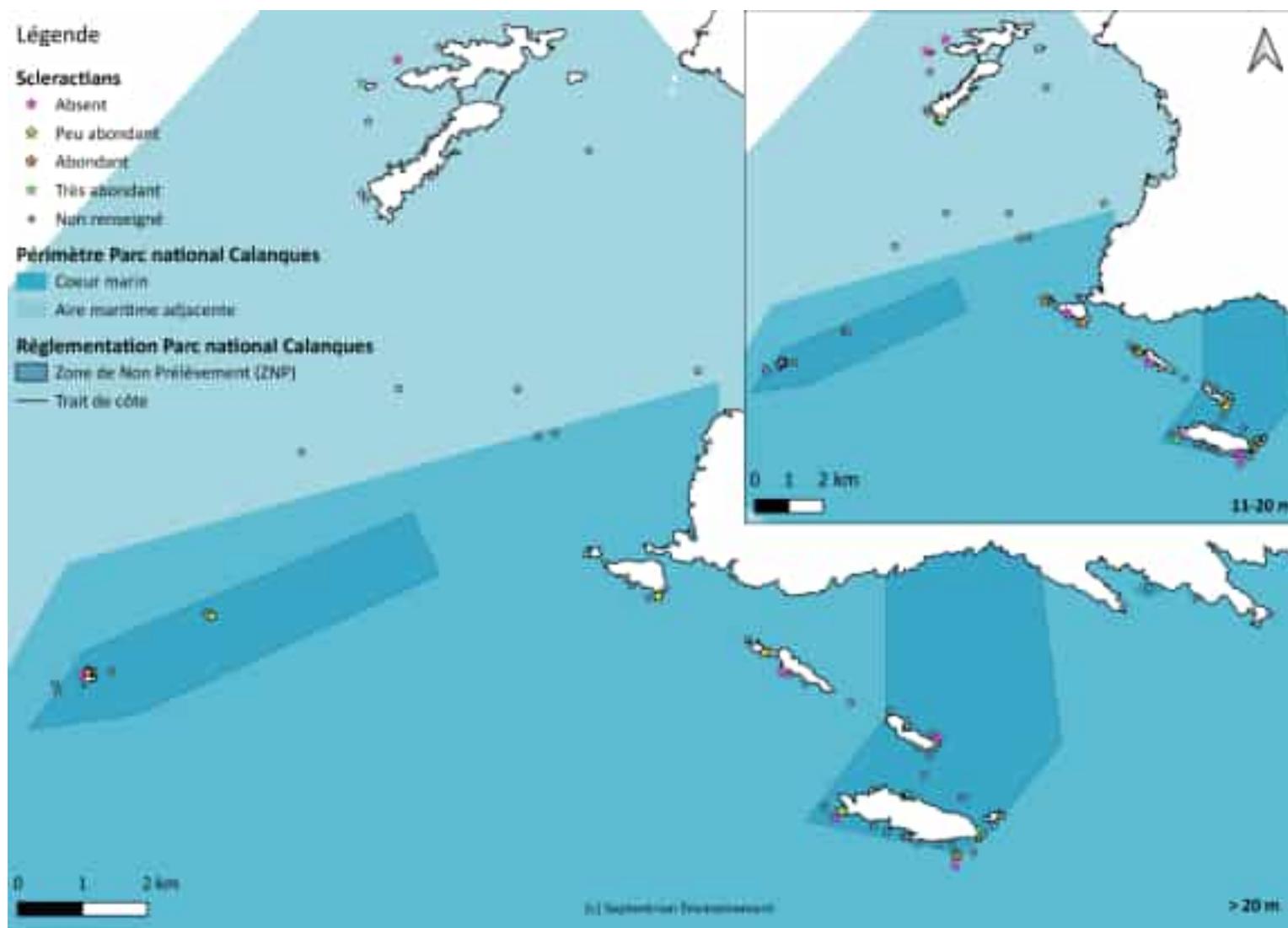


Figure 17 – Distribution spatiale des scléactiniaires (coraux durs), pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m. Le rang d’abondance de l’organisme est indiqué selon un code de couleur (cf. légende).

Zoom sur les pressions

Les pressions majoritairement observées sur l'ensemble des sites et toutes profondeurs confondues sont la présence de l'algue envahissante (mais saisonnière) *Asparagopsis* spp. et les nécroses des gorgones. La présence d'agrégats mucilagineux (eux aussi saisonniers) et des dégâts imputables aux plongeurs se placent en seconde position. Suivent ensuite les engins de pêche abandonnés, l'algue verte non indigène et envahissante *Caulerpa cylindracea*, la présence de sédiments sur les récifs, des déchets et de marques d'ancrages (cf. Figure 18).

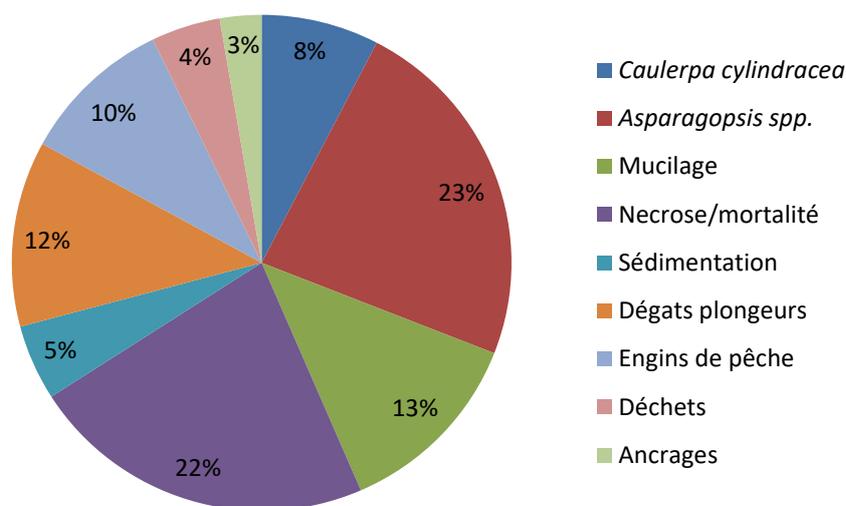


Figure 18 – Répartition (en pourcentage) des pressions observées tous sites et profondeurs confondues.

Les sites les plus impactés par la présence des pressions sont le Tombant du Planier et Le Veyron - les grottes. Les sites les moins touchés se sont avérés être Caramassaigne pain de sucre, l'Imperial de Terre, Le Tiboulen de Maire et Les Pharillons. Il est aussi intéressant de remarquer que sur le site 19 (Les Pierres à Joseph), les seules pressions observées sont les algues envahissantes *C. cylindracea* et *Asparagopsis* spp. De même, sur l'Imperial de Terre, les seules pressions observées sont les dégâts imputables aux plongeurs, tandis qu'aucune pression n'a été signalée sur la Pierre de Briançon (cf. Figure 19).

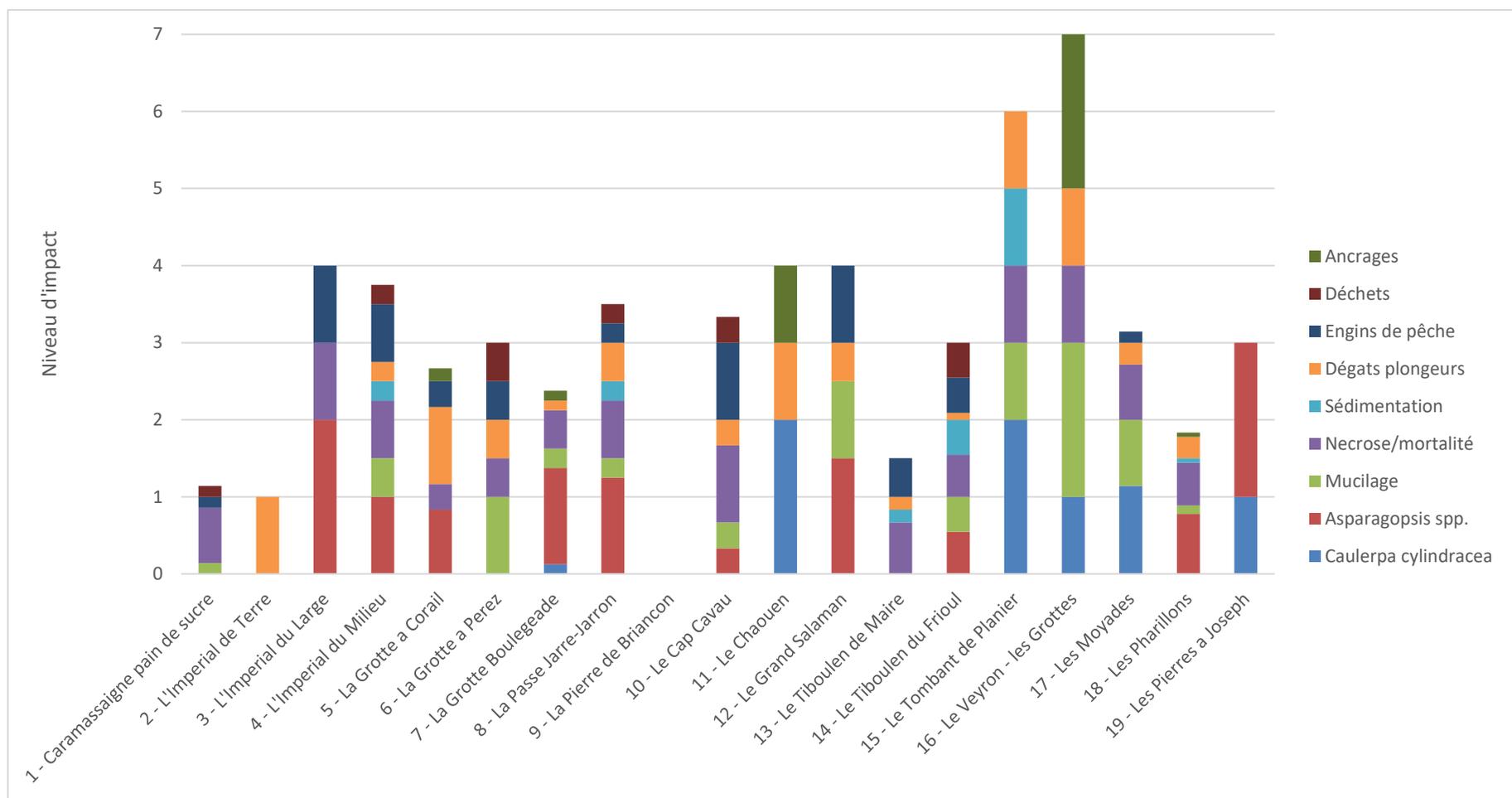


Figure 19 – Niveaux d’impact des pressions individuelles et niveaux d’impacts cumulé sur chaque site de plongée, toutes profondeurs confondues.

Concernant la distribution des pressions d'origine « naturelle », les algues envahissantes *Asparagopsis* spp. et *Caulerpa cylindracea* ont été observées sur l'ensemble du territoire du Parc national des Calanques, indifféremment selon la profondeur considérée. *Asparagopsis* spp. était un peu plus répandue que *Caulerpa cylindracea* (cf. Figures 20 et 21). Des agrégats mucilagineux ont également été signalés sur de nombreux sites de plongée, quelque soit la profondeur (cf. Figure 22). La présence d'organismes benthiques, tout ou en partie nécrosés, a été signalée à partir de la tranche de profondeur 11 m – 20 m et sur toutes les zones du territoire du PnCal (cf. Figure 23). Inversement, la présence de sédiments déposés sur les récifs coralligènes est faible : cependant, ce résultat est très probablement biaisé par la difficulté d'identification de la pression de la part des plongeurs non entraînés (cf. Figure 24). Concernant les pressions directement imputables aux activités humaines, rares sont les marques d'ancrages signalées, bien que toutes se trouvent dans le coeur du parc et dans les ZNP, majoritairement aux profondeurs supérieures à 20 m (cf. Figure 25). Déchets et engins de pêche perdus montrent une distribution similaire, les engins de pêche étant observés un peu plus fréquemment (cf. Figures 26 et 27). Enfin, des dégâts imputables aux plongeurs ont été observés sur la plupart des sites de plongée, à partir de 11 m de profondeur (cf. Figure 28).

La répartition des pressions semble évoluer en fonction de la zone de réglementation du PnCal avec notamment une diminution des pressions d'origine anthropique (filets de pêche, dégâts imputables aux plongeurs, déchets) en cœur de parc marin et dans les ZNP comparé à l'aire maritime adjacente. Ceci pourrait s'expliquer par la mise en place d'une réglementation plus stricte dans ces deux premières zones. Celle-ci ne semble pas avoir un effet sur les pressions d'origine naturelle. En effet, nous remarquons l'abondance des pressions naturelles et cela même dans les zones les plus réglementées. Il est, *a priori*, impossible de réguler la prolifération souvent rapide des algues envahissantes *Caulerpa cylindracea* et *Asparagopsis* spp. bien installées sur ce territoire, ou encore des agrégats mucilagineux qui, depuis quelques étés prolifèrent abondamment sur certains sites (ex : Le Veyron – les grottes et Tombant de Planier). Ces trois pressions sont à caractère essentiellement saisonnier : leur présence peut être très importante sur une durée de temps relativement limitée, ce qui pourtant n'empêche pas de causer des impacts parfois très forts. C'est le cas du mucilage, qui peut causer des mortalités massives de la faune benthique fixée, et en particulier des organismes filtreurs qui ne peuvent se nourrir en sa présence. Il est cependant possible d'agir sur certaines pressions anthropiques, afin de réduire la pression globale sur les récifs coralligènes. Le gestionnaire pourrait, par exemple, augmenter le nombre des bouées d'ancrage pour limiter au maximum les impacts dus à l'utilisation des ancres dans l'espace marin du PnCal. Il faudrait également renforcer le travail de stabilisation des plongeurs dans les formations auprès des fédérations de plongée afin de réduire les impacts imputables aux plongeurs.

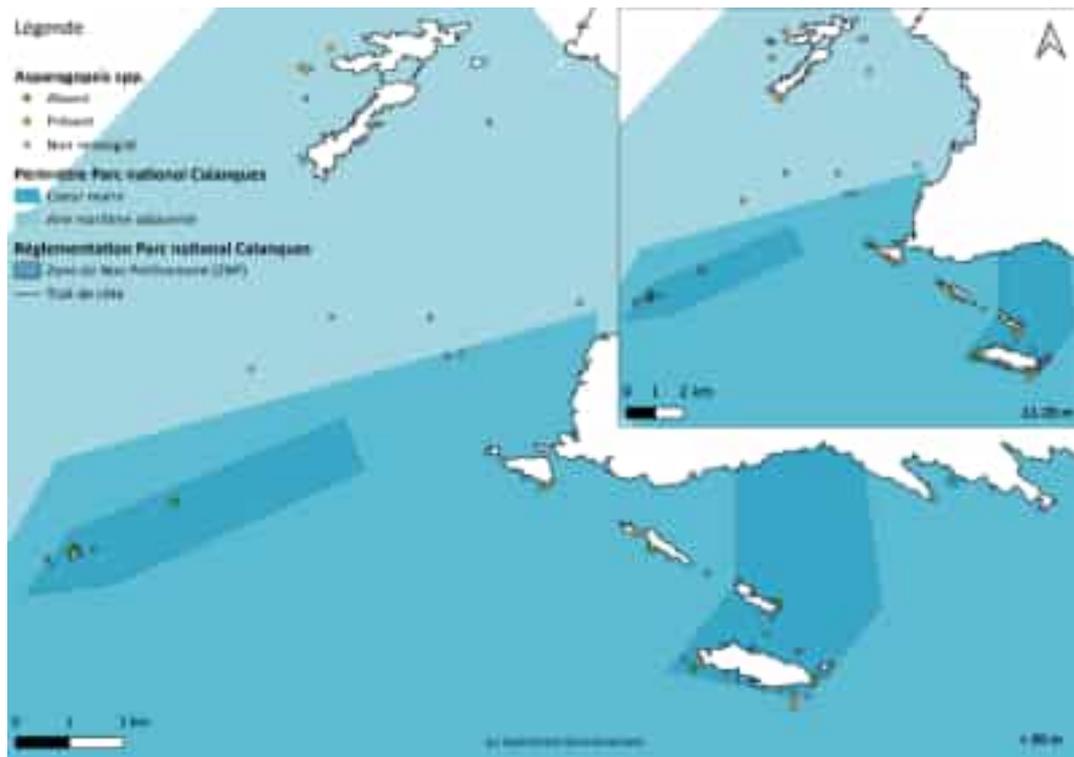


Figure 20 – Carte de présence (en vert) / absence (en orange) de l’algue rouge envahissante *Asparagopsis* spp. dans le périmètre du Parc national des Calanques, pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m.

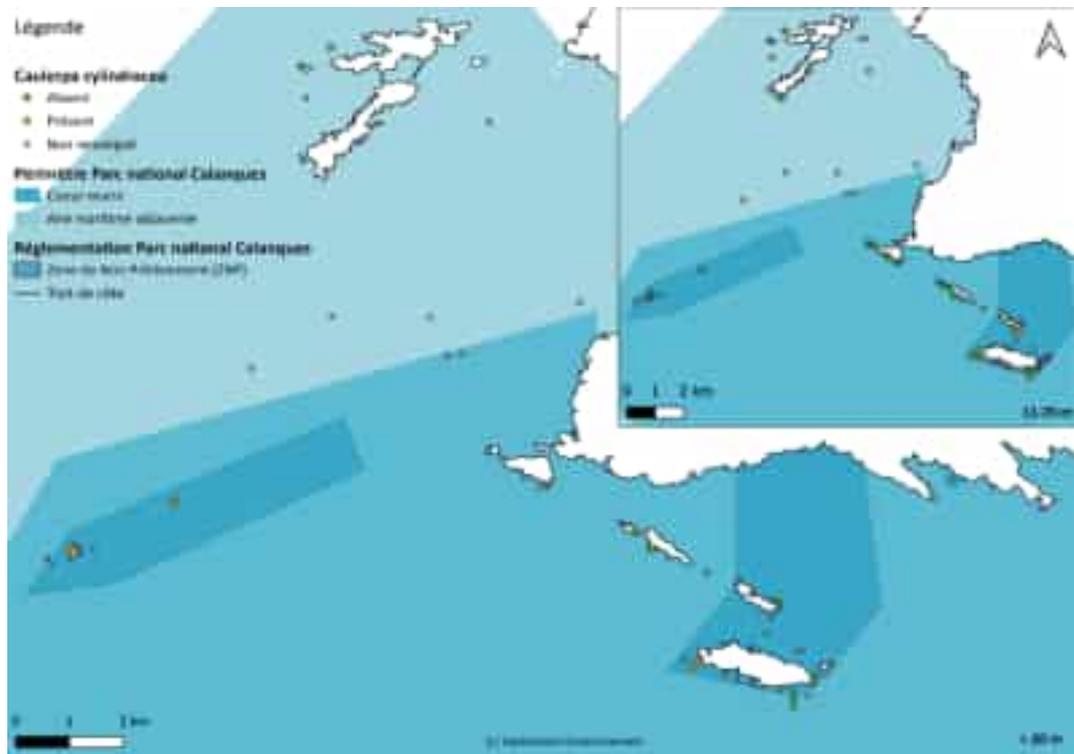


Figure 21 – Carte de présence (en vert) / absence (en orange) de l’algue verte non-indigène *Caulerpa cylindracea* dans le périmètre du Parc national des Calanques, pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m.

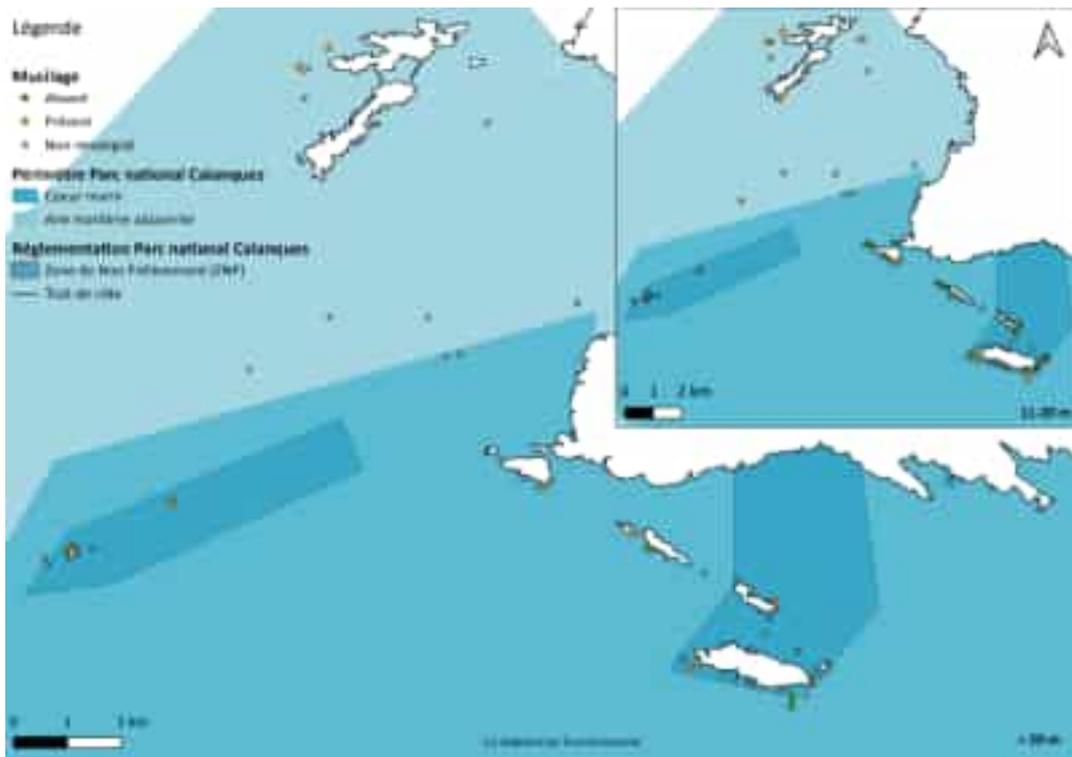


Figure 22 – Carte de présence (en vert) / absence (en orange) des agrégats mucilagineux dans le périmètre du Parc national des Calanques, pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m.

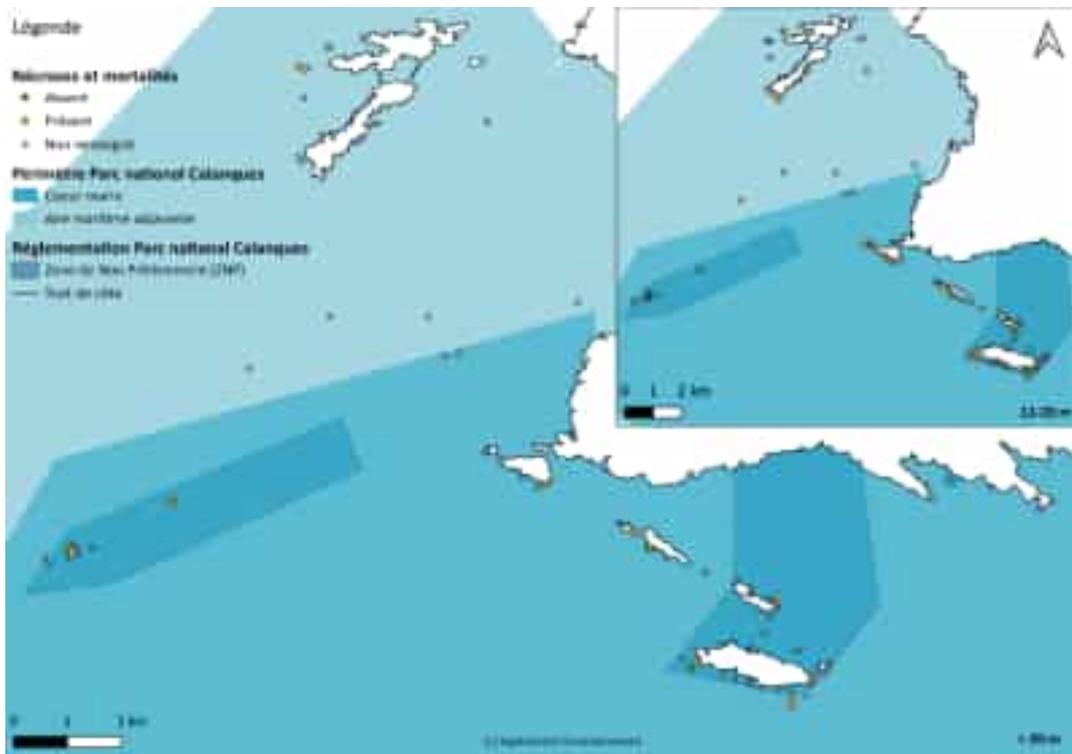


Figure 23 – Carte de présence (en vert) / absence (en orange) de nécroses et mortalités des organismes dans le périmètre du Parc national des Calanques, pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m.

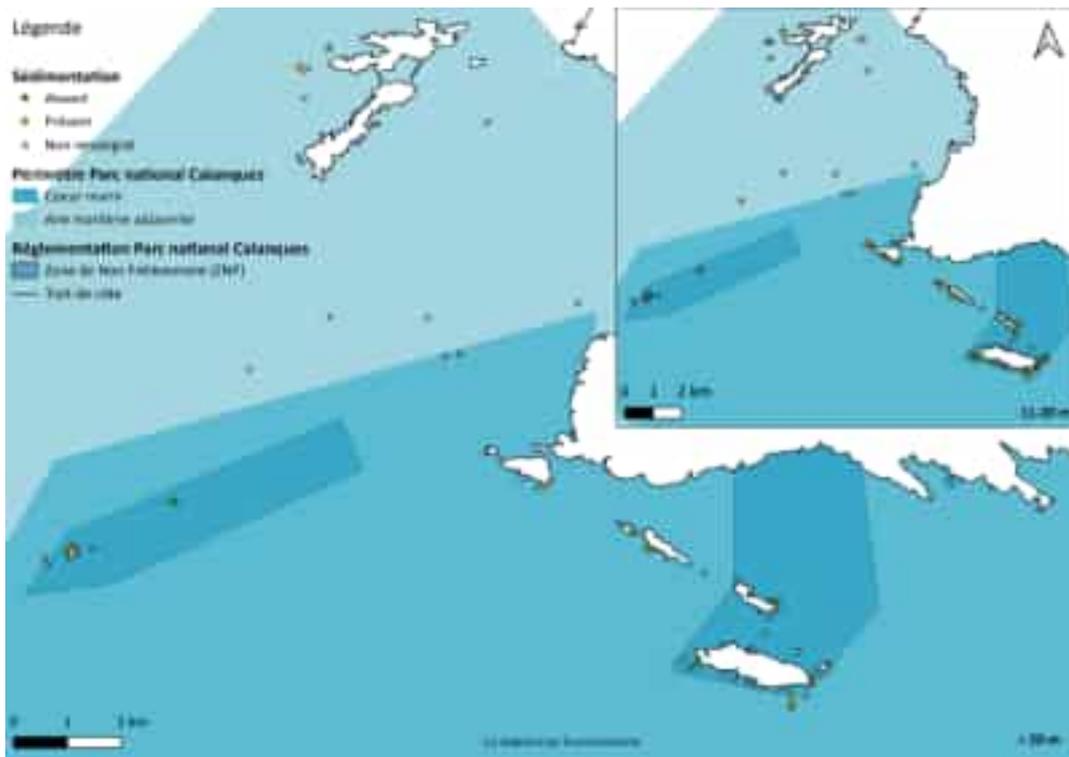


Figure 24 – Carte de présence (en vert) / absence (en orange) de sédimentation sur les récifs coralligènes dans le périmètre du Parc national des Calanques, pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m.

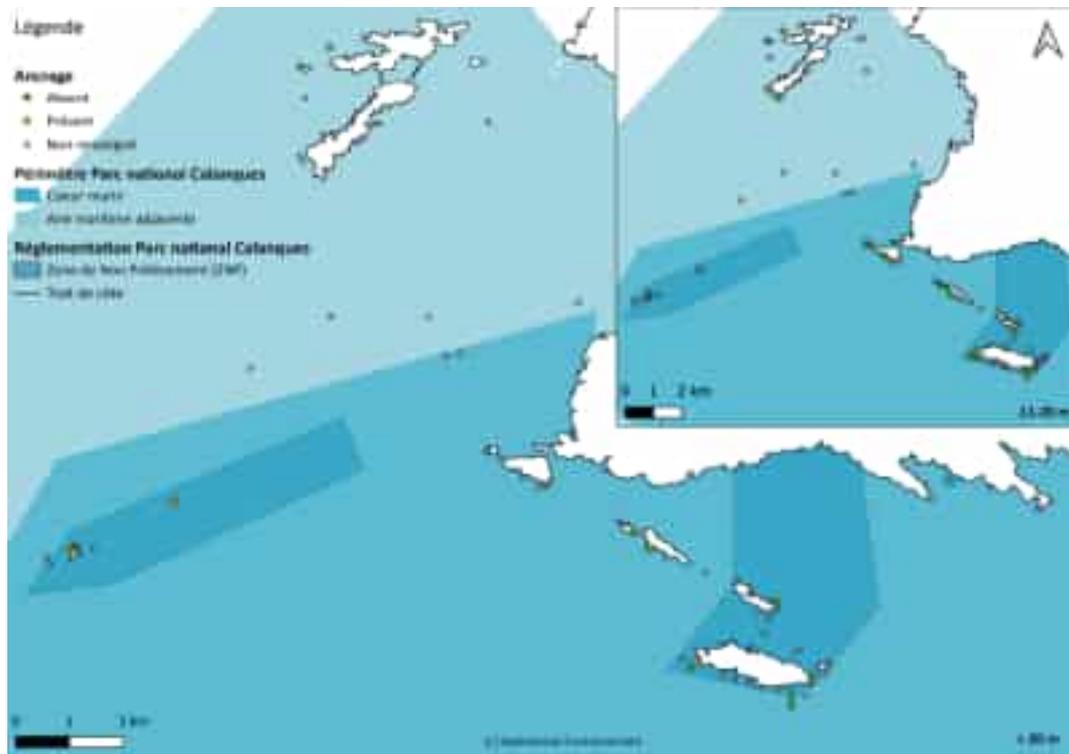


Figure 25 – Carte de présence (en vert) / absence (en orange) des marques d’ancrage dans le périmètre du Parc national des Calanques, pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m.

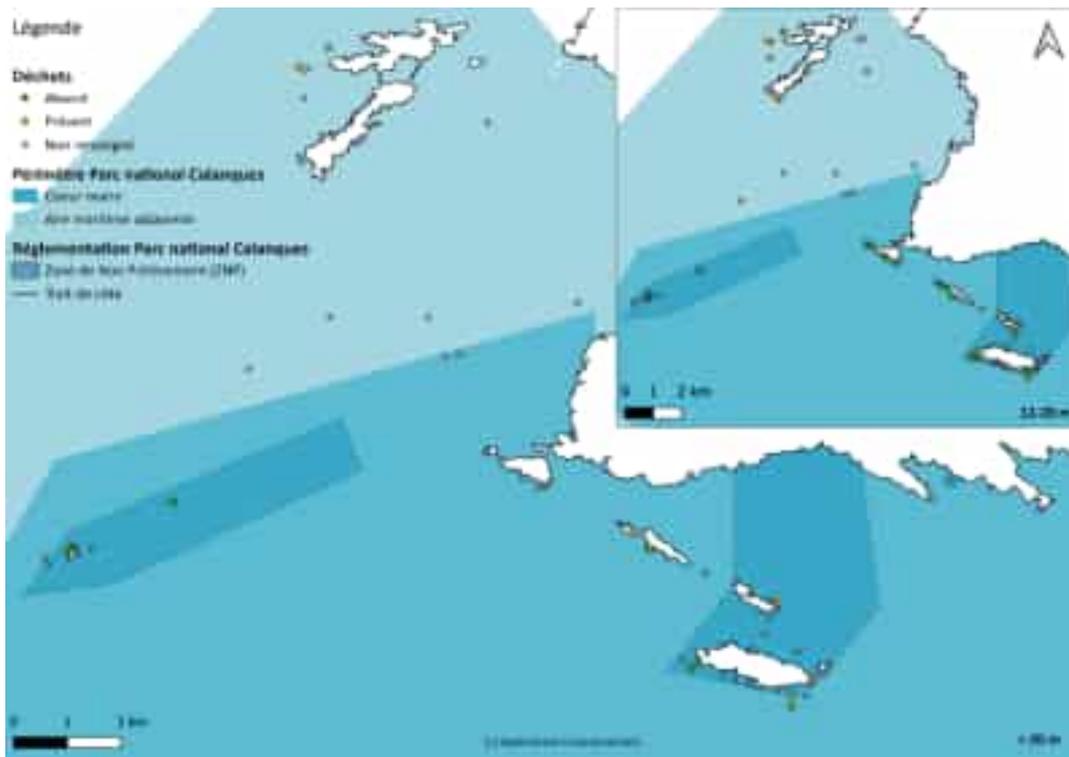


Figure 26 – Carte de présence (en vert) / absence (en orange) des déchets dans le périmètre du Parc national des Calanques, pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m.

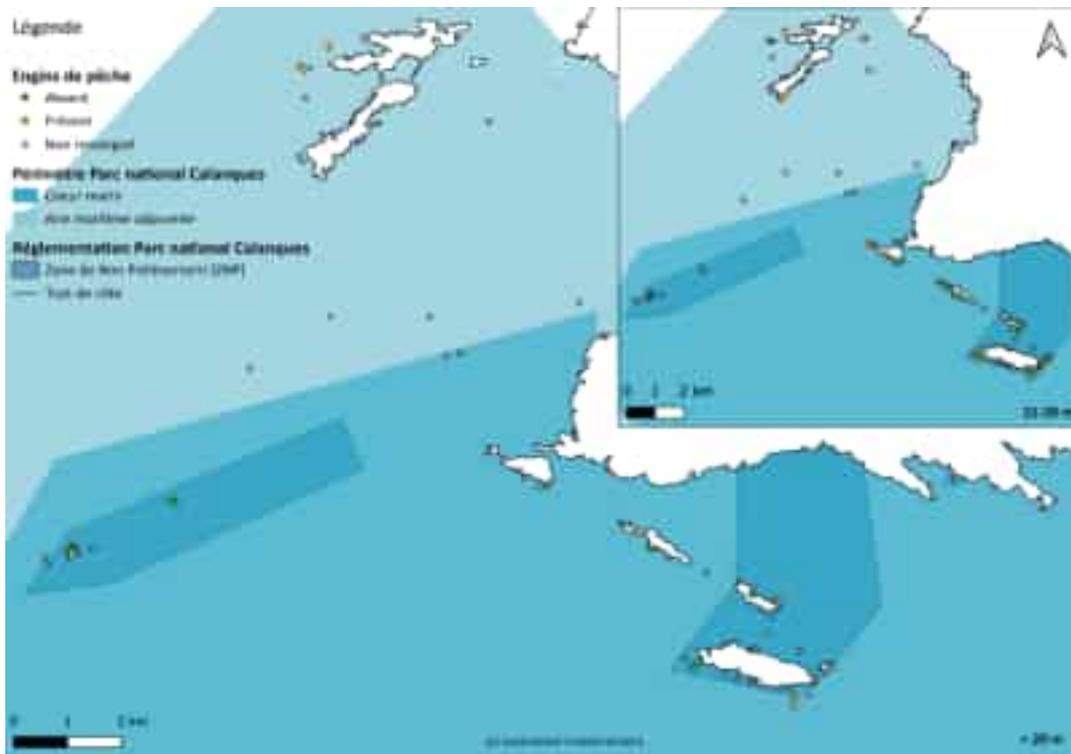


Figure 27 – Carte de présence (en vert) / absence (en orange) des engins de pêche dans le périmètre du Parc national des Calanques, pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m.

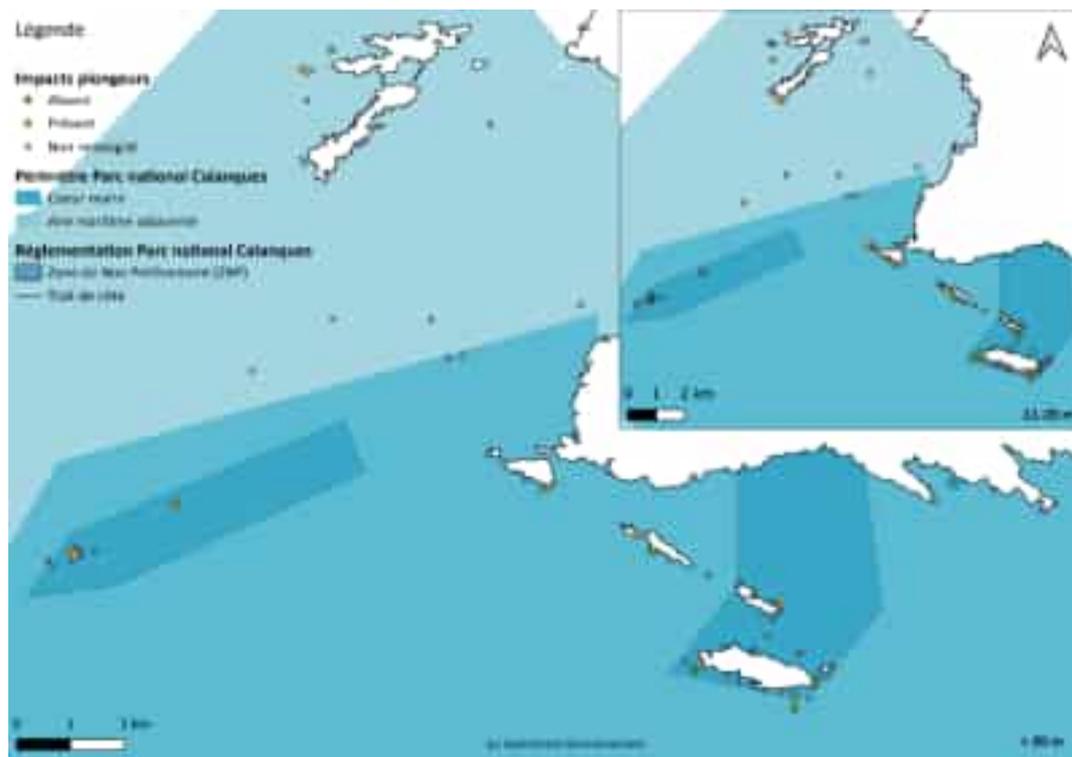


Figure 28 – Carte de présence (en vert) / absence (en orange) des impacts des plongeurs dans le périmètre du Parc national des Calanques, pour la tranche de profondeur 11-20 m et la tranche > 20 m.

DISCUSSION

Depuis 2016, le programme de science participatives *CIGESMED for divers* et la plateforme POLARIS ont proposé à des dizaines de plongeurs de se former à l'observation des récifs coralligènes et de pratiquer des plongées au sein du Parc national des Calanques, afin de recueillir des informations relatives aux sites de plongée, aux organismes et aux pressions présentes.

Amélioration du protocole grâce aux retours d'expérience

Dans l'esprit des sciences participatives, cette collaboration a permis d'adapter la version française de la plaquette de notation initialement proposée pour la collecte des données (cf. Figure 1) selon les suggestions des utilisateurs. Le nom latin des espèces a été remplacé par leur nom commun et un indicateur de la taille de l'organisme a été rajouté afin de mieux orienter l'observateur (cf. Annexe II). Cet effort partagé vise à rendre de plus en plus fiable les données recueillies, tout en améliorant l'expérience d'observation des plongeurs volontaires.

Certaines pressions ou espèces se sont révélées être difficiles à identifier (ex : la sédimentation, les « Autres bryozoaires »). D'autres ont parfois été confondues, comme les éponges *Agelas oroides* et *Axinella* spp., ou encore le faux corail noir (*S. savaglia*) et la gorgone jaune (*E. cavolini*). Les échanges avec les utilisateurs et l'exploration attentive de la base des données recueillies sont donc, à présent, essentiels à la validation des observations. Cependant, ces retours seront pris en compte lors des futures formations, de manière à réduire les erreurs potentielles.

Même si un biais observateur doit toujours être pris en considération, la formation organisée avant chaque collecte de données et l'accompagnement (animation) sur le terrain par des plongeurs biologistes permettent de garantir une fiabilité dans les données collectées et une implication régulière des observateurs. Les plongées sont réalisées dans un milieu qui n'est pas le nôtre, certaines espèces observées sont mobiles ce qui rend difficile leur observation. Ainsi, ce n'est pas parce que les plongeurs ne relèvent pas leur présence que celles-ci sont absentes du site choisi. Le rang d'abondance 0 des espèces est alors à prendre avec précaution. De même, il est possible que certaines espèces soient signalées, alors qu'elles ne sont pas présentes en réalité. C'est le cas notamment du faux corail noir (*S. savaglia*) qui a parfois été signalée alors que nous savons qu'elle est absente des sites observés (espèce naturellement rare dans notre zone d'étude). En favorisant la multitude des observations nous pouvons diminuer le biais observateur et ainsi augmenter la représentativité des différents sites ainsi que la probabilité de rencontre avec les organismes mobiles (ex : *Epinephelus marginatus*).

Certains sites peuvent être indirectement choisis par les plongeurs pour leur attrait paysager, c'est le cas notamment des sites plus riches en espèces protégées (ex : la Grotte à Perez) ou en espèces à

haute valeur paysagère (ex : la gorgone rouge, *P. clavata*). Les sites les plus attrayants se trouvent en cœur de Parc et en ZNP. Il serait intéressant de réaliser des plongées en dehors du PnCal : cela permettrait la réalisation d'observations dans des zones plus impactées par les pressions anthropiques, ce qui viendrait enrichir le spectre de données.

Certains sites sont plus régulièrement fréquentés par l'école de plongée de Septentrion Environnement pour leur facilité d'accès, leur intérêt paysager (plongée de loisir) et une faible distance de navigation (ex : Tiboulen de Frioul et les Pharillons). Lors des différentes sorties terrain, le niveau des plongeurs doit être pris en compte : ils ne peuvent pas tous plonger à des profondeurs supérieures à 20 mètres (profondeurs à laquelle les espèces paraissent être le plus abondantes) ce qui contraint l'adaptation du choix du site de plongée. Il est donc nécessaire de former d'autres clubs de plongée aux protocoles proposés par *CIGESMED for divers* et POLARIS afin d'augmenter le nombre de sites prospectés.

Apports de CIGESMED pour l'étude du coralligène via les sciences participatives

L'étude du coralligène a été privilégiée pour son intérêt scientifique (peu d'études sur l'habitat en lui-même) et permet l'apport de connaissances dans la Parc national des Calanques (à travers la sensibilisation du grand public lors d'animations) et dans les différents clubs de plongée de nos côtes où cet habitat est encore trop peu connu des plongeurs.

Les données collectées sont des données dites semi-quantitatives (rangs d'abondance) : elles sont facilement assimilables par les plongeurs de loisir (atout pour la science participative). Les données recueillies ont permis de fournir des cartes de répartition des espèces par site et d'obtenir certaines tendances de répartition, conformément aux objectifs de CIGESMED. Les analyses descriptives basées sur ces données donnent des informations limitées à un nombre d'éléments définis caractéristiques des récifs coralligènes et des pressions physiques qui peuvent les impacter. Cependant, nous avons pu décrire la composition taxonomique et fonctionnelle des communautés coralligènes observées, la distribution des espèces et des pressions sur les sites de plongée. Cela nous renseigne sur la distribution des organismes au sein du territoire du PnCal (avec en plus un focus sur la distribution des espèces protégées/en danger/vulnérables), sur les dynamiques dominantes (ex : construction active ou pas), mais également sur certains aspects tels que, par exemple, l'attractivité des sites de plongée : ceci peut, de surcroît, entraîner des potentielles pressions (ex : ancrages, dégâts dus à l'inattention des plongeurs) s'ajoutant à d'autres pressions d'origine naturelle dont on ne peut que constater la présence. Ainsi, ces observations faites par des plongeurs de loisir alimentent une base de données renseignant sur les tendances en matière de pressions directes et indirectes.

CONCLUSION

Après 3 saisons de collecte de données sur le terrain avec POLARIS et *CIGESMED for divers*, nous ne sommes pas encore en mesure de fournir des analyses statistiques autres que des analyses descriptives. Les résultats présentés dans ce rapport permettent seulement d'orienter des mesures de gestion et ne peuvent pas être pris pour argent comptant. Pour aller au delà, une base de données plus conséquente est nécessaire afin de pouvoir formuler des hypothèses et répondre à des questions scientifiques précises. Celle-ci permettra, par exemple, d'identifier plus précisément les potentiels liens existant entre les organismes et les différentes pressions auxquelles ils sont confrontés. Cette base de données plus conséquente permettra également d'analyser le potentiel des bryozoaires en tant qu'indicateurs de la qualité de l'eau. La collecte de données se poursuit et fera l'objet d'autres analyses sur les prochaines années, toujours avec des plongeurs de loisir et des plongeurs scientifiques qui participeront aux différentes collectes de données et à l'amélioration du protocole d'observation.

C'est aujourd'hui évident que les Sciences Participatives peuvent offrir des données qui s'intègrent avec succès dans la réflexion scientifique et dans le processus de gestion des espaces naturelles. Notre souhait est que collaboration étroite entre société civile, scientifiques, acteurs locaux et gestionnaires du territoire ne soit pas une exception très localisée mais qu'elle devienne la norme pour assurer la gestion durable de l'environnement.

REFERENCES CITEES DANS LE DOSSIER

- Arvanitidis C, Faulwetter S, Chatzigeorgiou G, Penev L, Bánki O, et al. (2011). Engaging the broader community in biodiversity research: the concept of the COMBER pilot project for divers in ViBRANT. *ZooKeys* 150 : 211-229.
- Ballesteros E (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 44 : 123-195.
- Bramanti L, Vielmini I, Rossi S, Stolfa S, Santangelo G (2011). Involvement of recreational scuba divers in emblematic species monitoring: The case of Mediterranean red coral (*Corallium rubrum*). *Journal for Nature Conservation* 19 (5) : 312-318.
- Gerovasileiou V, Dailianis T, Panteri E, Michalakis N, Gatti G, et al. (2016). CIGESMED for divers: Establishing a citizen science initiative for the mapping and monitoring of coralligenous assemblages in the Mediterranean Sea. *Biodiversity Data Journal* 4 : e8692.
- Hong JS (1983). Impact of the pollution on the benthic community. *Bull. Korean Fish. Soc.* 16 (3) : 273-290.
- Marion AF (1883). Esquisse d'une topographie zoologique du Golfe de Marseille. *Annales Musée d'Histoire Naturelle Marseille* 1 : 1-108.
- Perez T, Harmelin JG, Vacelet J, Sartoretto S (2002). La bioévaluation de la qualité littorale par les peuplements de substrats durs : spongiaires, gorgonaires et bryozoaires comme indicateurs de pollution. Programme LITEAU, Rapport final : 44-70.
- Thiel M, Penna-Diaz MA, Luna-Jorquera G, Salas S, Sellanes J, Stots W (2014). Citizen Scientists and Marine Research: Volunteer Participants, Their Contributions, and Projection for the Future. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 52: 257-314.
- Thierry de Ville d'Avray L, Ami D, Chenuil A, David R, Feral J-P (2019). Application of the ecosystem service concept to a local-scale: the cases of coralligenous habitats in the north-western Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 138 : 160-170.
- Tribot AS, Mousquet N, Villeger S, Raymond M (2016). Taxonomic and functional diversity increase the aesthetic value of coralligenous reefs. *Scientific Reports* 6 : 34229.
- Zenetos A, Koutsogiannopoulos D, Ovalis P, Poursanidis D (2013). The role played by citizen scientists in monitoring marine alien species in Greece. *Cahiers de Biologie Marine* 54 : 419-426.

ANNEXES

Annexe I – Tableau de correspondance entre les acronymes identifiant les organismes dans les figures 6 à 9 et les noms complets des espèces.

Aan	<i>Anthias anthias</i>
Aor	<i>Agelas oroides</i>
Axi	<i>Axinella</i> spp.
Bry	Autres bryozoaires
Cli	<i>Cliona</i> spp.
Clo	<i>Centrostephanus longispinus</i>
CRA	Algues rouges calcaires
Cru	<i>Corallium rubrum</i>
Eca	<i>Eunicella cavolini</i>
Ema	<i>Epinephelus marginatus</i>
Esi	<i>Eunicella singularis</i>
Hga	<i>Homarus gammarus</i>
Lsa	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>
Mtr	<i>Myriapora truncata</i>
Pcl	<i>Paramuricea clavata</i>
Pel	<i>Palinurus elephas</i>
Pey	<i>Peyssonnelia</i> spp.
Scl	Scléactiniaires
Sco	<i>Scorpaena</i> spp.
Sla	<i>Scyllarides latus</i>
Ssa	<i>Savalia savaglia</i>
Urc	Autres oursins

Annexe II – Nouvelle version de la plaquette de notation utilisée par les plongeurs pour la saisie des données issues des observations.



Nom _____

Site _____

Date _____



A partir de quelle profondeur avez-vous rencontré l'eau la plus fraîche ? _____ m (Jamais)

Profondeur de l'observation : État de l'eau :

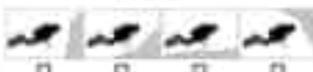
Azur Falaise Fort Eau Claire Quelques pertuisaux Troublé

Étendue de l'habitat : Caractéristique de l'habitat :

Verticale observée : Horizontale :

Prof. min : < 5 m 5-10 m 10-20 m > 20 m

Forme



Rugosité



Orientation



Pressions







Calcaire sclérotisé Apogonopsis spp. Présence de corail Normal / mortifié Sclérotisation



Dégâts impressionnés au plongeur



Zigzag de pêche



Dégâts



Manque d'oxygène / accou

Moyenne taille Petite taille

Avez-vous observé autre chose ?

Température de l'eau à la profondeur de l'observation :





Eponge jaune



Eponge blanche



Eponge rouge



Eponge orange



Faux corail vert

Epèces







Gorgone blanche Algues rouges communes Pycnosoma sp. Siphon orange Anémone spp.



Pavane



Autres bryozoaires



Sclerozoaires



Clona spp.



Coral rouge



Gouffre



Gouffre étalé



Barrin



Mouche bleue



Bouvier



Mouche acropore



Largeur de respiration



Gouffre rigide

Grande taille Moyenne taille Petite taille

0 = absent ++ = peu abondant +++ = abondant ++++ = très abondant