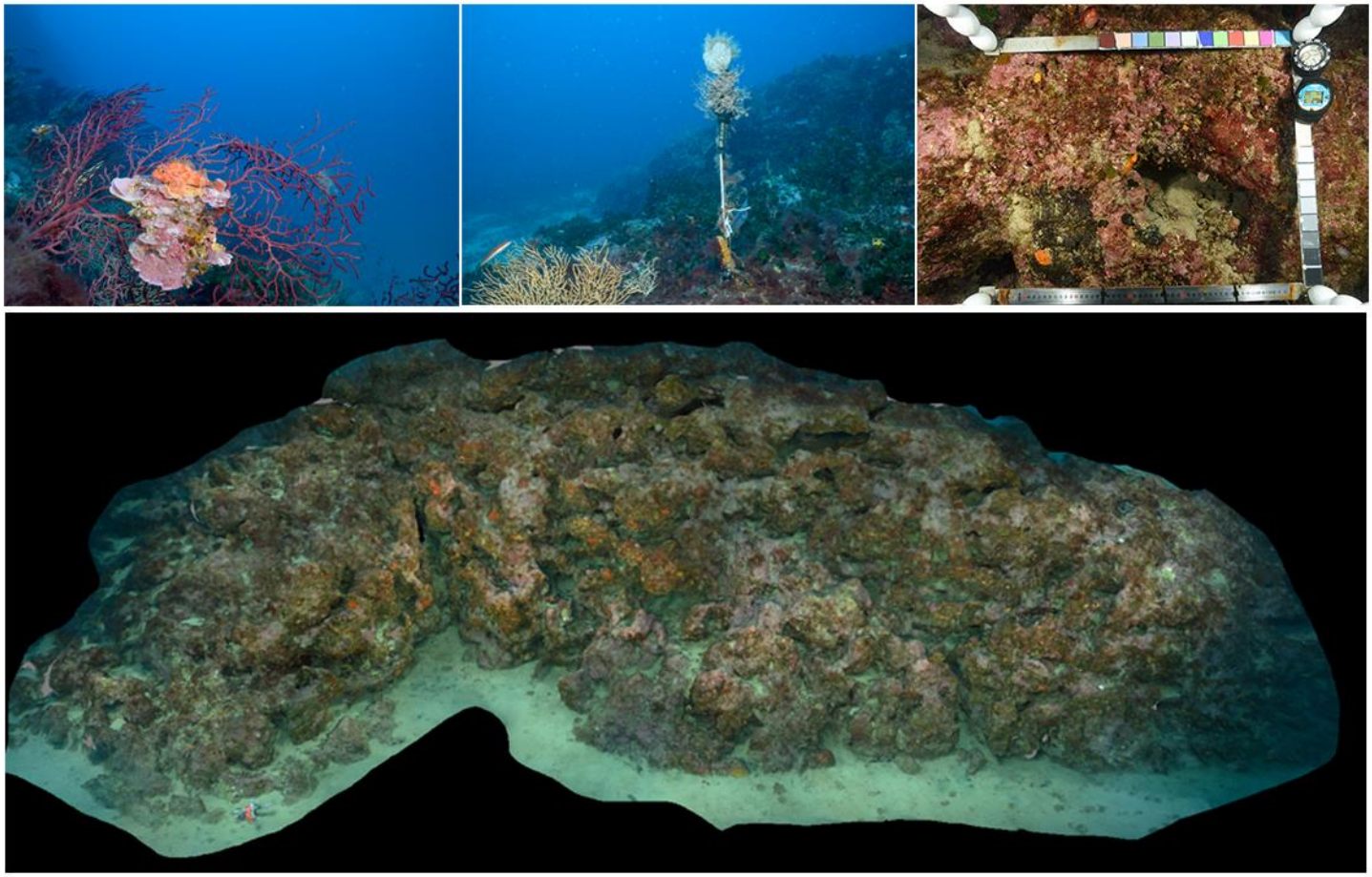
SURVEILLANCE DES EAUX COTIERES DES BASSINS RHONE MEDITERRANEE ET CORSE - **LOT 2** : Analyse des données de surveillance des peuplements de coralligène et pose de thermomètres, Année 2021



Novembre 2021

ANDROMÈDE
OCÉANOLOGIE
7, place Cassan - Carnon-Plage
34 130 Mauguio - France
Tél. : 04.67.66.32.48
contact@andromede-ocean.com

Coordination Andromède :
HOLON Florian & DELARUELLE Gwenaëlle

Contact mail :

florian.holon@andromede-ocean.com

gwenaelle.delaruelle@andromede-ocean.com

Coordination Agence de l'Eau RMC :
BOISSERY Pierre

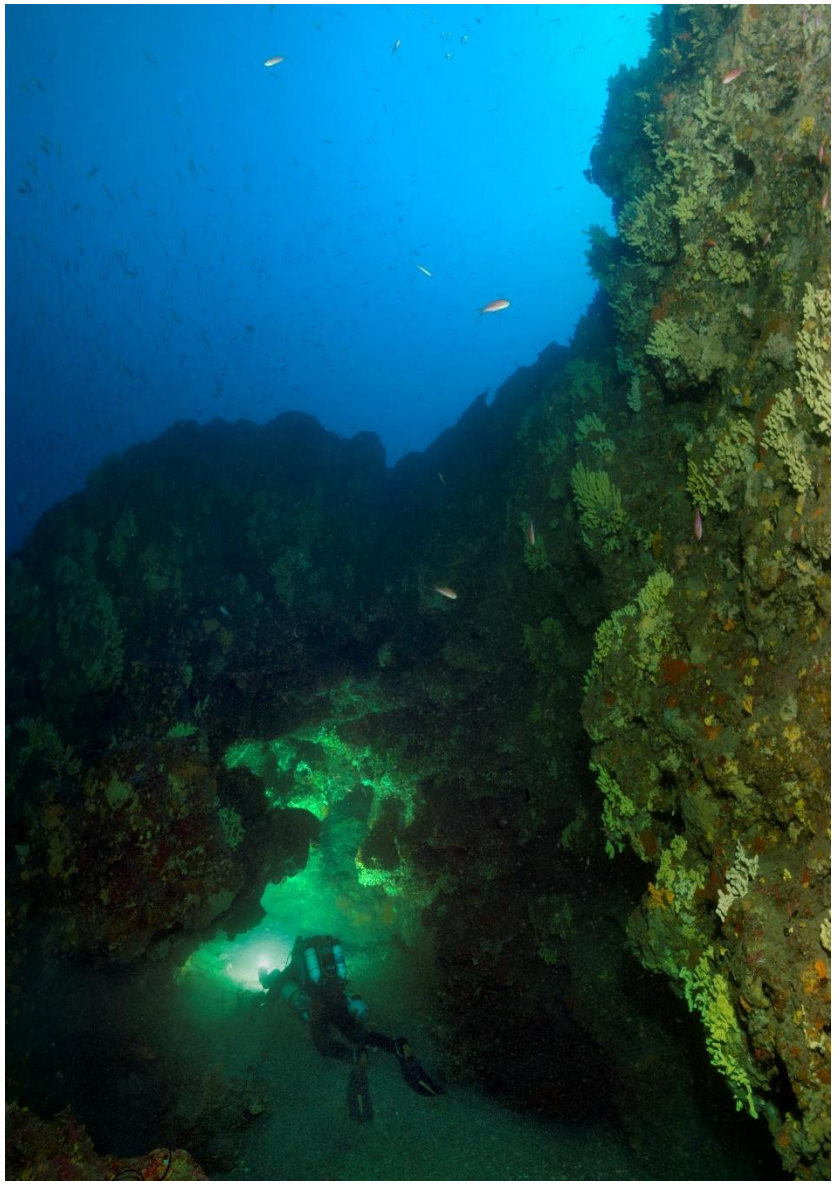
Pierre.BOISSERY@eaurmc.fr

Participants aux missions de terrain :
AGEL Noémie, BLANDIN Agathe, BOCKEL Thomas, DELARUELLE Gwénaëlle, DETER Julie, HOLON Florian, MARRE Guilhem, PAVY Thomas, PERSONNIC Sébastien, RAUBY Thibault, RAUBY Justine,

Traitement des données et rédaction :
DELARUELLE Gwenaëlle, DETER Julie, MARRE Guilhem.

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

ANDROMEDE, 2021. Surveillance biologique dans la région Ouest de la Provence-Alpes-Côte d'Azur et en région Occitanie– Analyse des données 2021 – Réseau RECOR de suivi des récifs coralligènes. Contrat Andromède Océanologie / Agence de l'eau. 166 pages.



Sommaire

RESEAU DE SURVEILLANCE RECOR 1

I. CONTEXTE 1

II. OBJECTIFS DE RECOR 2

III. EVALUATION DE L'ETAT ECOLOGIQUE DES RECIFS CORALLIGENES 2

III.A. Choix et comparaison des méthodes 2

III.B. Méthodes et paramètres d'analyse sur les stations RECOR 1

III.C. Présentation des résultats 6

III.D. Photogrammétrie 6

IV. LOCALISATION DES SITES 7

V. POSE DE THERMOMETRES 9

V.A. Introduction 9

V.B. Matériel utilisé 9

VI. RESULTATS 9

VI.A. Site « Sec à Joël – Cap Cerbère » 11

VI.B. Site « Grand Roc » 21

VI.C. Site « Centrale » 30

VI.D. Site « Grand Four à Chaux » 40

VI.E. Site « Tiboulen » 52

VI.A. Site « Planier » 61

VI.B. Site « Congloué » 72

VI.C. Site « Devenson » 82

VI.D. Site « Cassidaigne » 91

VI.E. Site « Rosier » 100

VI.A. Site « Mimosa » 110

VI.B. Site « Pierre à Christian » 120

VI.C. Site « Sicié » 131

VII. SYNTHESE 139

VII.A. Synthèse RECOR – année 2021 139

VII.B. Pose de thermomètres 152

VIII. DIFFUSION DES DONNEES A TRAVERS LA PLATEFORME MEDTRIX 154

IX. ANNEXE : FICHIERS DE BANCARISATION 154

X. BIBLIOGRAPHIE 157

Réseau de surveillance RECOR

I. Contexte

En mer Méditerranée les systèmes littoraux profonds sont colonisés par des assemblages coralligènes qui débutent, selon la transparence de l'eau, entre -12/-50 mètres et s'arrêtent entre -40/-120 mètres (Ballesteros, 2006). Le coralligène se compose de blocs de concrétions organiques, principalement d'algues calcaires (Ballesteros, 2006; Laborel, 1961; Laubier, 1966; Sartoretto et al., 1996) et d'animaux bioconstructeurs comme les bryozoaires, les serpulidés, les cnidaires, les mollusques, les éponges, les crustacés et les foraminifères (Hong, 1980; Ros et al., 1985). Ces blocs représentent un substrat pour la fixation et la croissance d'autres organismes comme les colonies de corail rouge ou de gorgones.

Les assemblages coralligènes sont donc un patchwork complexe de micro-habitats et d'espèces dont la richesse, la biomasse et la productivité équivalent à celles des assemblages de récifs tropicaux (Bianchi, 2001). Le coralligène constitue, après les herbiers à posidonie, le deuxième écosystème-clé de Méditerranée en termes de biodiversité (Boudouresque, 2004).

Les concrétions coralligènes ont un taux de croissance lent (1 à 4 mm / an) mais une grande longévité (estimation de l'âge moyen entre 25–200 ans) (Garrabou and Ballesteros, 2000; Teixidó et al., 2011). Elles sont dépendantes de l'équilibre entre leur bioconstruction et la bio-érosion, équilibre lié à leur environnement et notamment aux conditions climatiques (Cerrano C, Bavestrello G., Bianchi C.N., Calcinai B., Cattaneo-Vietti R., Morri C., 2001; Sartoretto S., 1997).

Selon des estimations prudentes, plus de 1800 espèces sont associées aux communautés à coralligène (15-20 % des espèces de la Méditerranée), parmi lesquelles figurent plusieurs espèces protégées et commerciales (Ballesteros, 2006; Bianchi and Morri, 2000; Coll et al., 2010). Toutefois la diversité en espèces (diversité taxonomique) n'est pas la seule à être particulièrement élevée dans ces récifs. En effet, les diversités fonctionnelle et phylogénétique, deux autres types de diversités biologiques y sont également fortes (Holon et Deter, 2016). Sur un site donné, les diversités fonctionnelle et phylogénétique augmentent à mesure que l'on se rapproche de la surface. Toutefois, plus les sites sont profonds et plus les communautés (assemblages d'espèces) sont différentes entre elles, notamment entre -50 et -70 m où les différences sont les plus fortes (Doxa et al., 2016). Aussi connues pour leur grande valeur esthétique, les structures à coralligène constituent des zones privilégiées pour le tourisme sous-marin et la plongée loisir. Les préférences humaines pour certains sites sont principalement expliquées par la présence d'organismes de type arbustif, aux couleurs vives et présentant des contrastes intenses (Tribot et al., 2016). En France, ces sites sont particulièrement présents aux alentours de Marseille, Hyères et au Nord de la Corse (Tribot et al., 2016).

Les récifs coralligènes sont largement (2763 km²) présents sous formes d'îlots le long des côtes Méditerranéennes mais leur répartition exacte n'est pas encore entièrement connue (Giakoumi et al., 2013). Sur la base des données existantes (principalement au Nord du bassin), des modèles prenant en compte la bathymétrie, l'inclinaison des fonds et l'apport en nutriment prédisent une répartition plus importante en mer Egée et Adriatique (Martin et al., 2014). Depuis 2014, date de la première cartographie fine et continue (résolution de 20 m) des habitats côtiers français en Méditerranée, nous savons que les 1700 km de côtes françaises méditerranéennes abritent 2 661 ha de récifs coralligènes « aplatis » sur une carte 2D ou 2932 ha si on prend en compte la verticalité (carte 3D) de cet habitat (Holon et al., 2015). Toutefois, ce chiffre ne considère pas le volume véritablement représenté par cet habitat de par les différentes strates (encroûtante à arbustive) d'organismes qu'il fixe et l'endofaune qu'il abrite de par sa structure intra-récif complexe (réseau de galeries ; (Ballesteros, 2006)).

Les perturbations d'origine anthropique directe ou indirecte auxquelles les récifs coralligènes sont soumis comprennent principalement les dommages mécaniques causés par des pratiques de pêche destructrices, la pollution, la sédimentation, la fréquentation par les plongeurs, les invasions biologiques, les foyers de mortalité de masse liée à des anomalies de température, et les effets synergiques de ces facteurs de stress (Balata et al., 2005; Ballesteros, 2003; Cebrian et al., 2012; Piazzi et al., 2012; Teixidó et al., 2013).

Les assemblages coralligènes sont donc parmi les plus importants en mer Méditerranée en raison de divers atouts : large distribution, complexité structurelle, diversité en espèces, rôle dans le flux d'énergie et le cycle du carbone, valeur économique (Ballesteros, 2006; Gili and Coma, 1998). Pourtant, c'est dans un contexte de suivis spatio-temporels rares, de données au-delà de -50 m quasi inexistantes et d'une absence de méthode standardisée pour la caractérisation du coralligène qu'est né en 2010 le projet RECOR.



II. Objectifs de RECOR

Porté par l'Agence de l'eau RMC et Andromède Océanologie, le **réseau de surveillance RECOR** (réseau 2D et 3D de suivi des assemblages coralligènes) s'étend sur l'ensemble de la façade méditerranéenne française bordée par les trois régions Corse, Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) et Occitanie (ex-Languedoc-Roussillon, LR). Initié en 2010, les objectifs de ce réseau sont de recueillir des données descriptives de l'état et du fonctionnement des assemblages coralligènes et de suivre leurs changements dans le temps et dans l'espace.

Des protocoles différents sont appliqués sur les récifs coralligènes, à partir desquels différents indicateurs sont calculés pour évaluer l'état général des récifs. Le protocole est réalisé en **plongée sous-marine**.

Le schéma ci-dessous synthétise les données relevées sur les récifs dans le cadre de RECOR.

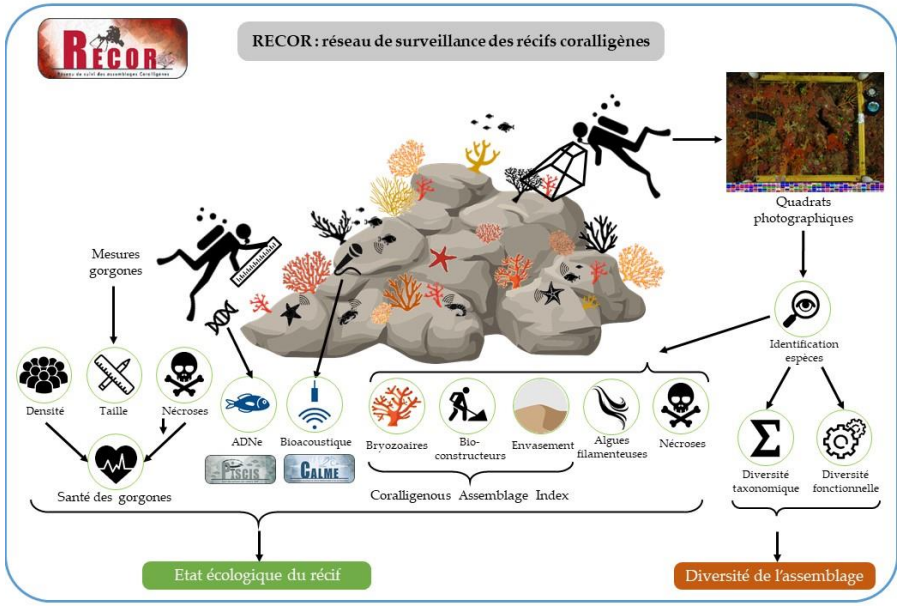


Figure 1 : Présentation générale des protocoles appliqués dans le cadre de RECOR.

Toutes ces données descriptives et leurs évolutions dans le temps (période de trois ans) et l'espace (minimum d'un site par masse d'eau) complètent l'estimation de la qualité écologique des masses d'eau côtières demandée par la DCE et aident à évaluer l'efficacité des mesures correctives mises en place afin d'atteindre ou maintenir le bon état visé par cette directive.

Les données issues de RECOR contribuent également à l'évaluation DCSMM. L'évaluation de l'atteinte du bon état écologique pour la composante « Habitats benthiques » repose sur deux critères : le critère D6C4 qui évalue "*l'étendue de la perte du type d'habitat résultant de pressions anthropiques*", et le critère D6C5 qui renseigne "*l'étendue des effets néfastes liés aux pressions anthropiques sur l'état du type d'habitat, notamment l'altération de sa structure biotique et abiotique et de ses fonctions*" par sous-régions marines et par grands types d'habitat.

Toutes les mesures ensuite analysées à la lumière des autres suivis (comparaison spatio-temporelle) et de la littérature disponible. La méthodologie suivie est affinée et améliorée au cours des suivis successifs en fonction de l'expérience acquise par les équipes de terrain et des avancées de la législation et de la recherche.

III. Evaluation de l'état écologique des récifs coralligènes

III.A. Choix et comparaison des méthodes

Sur la base d'une synthèse bibliographique traitant du coralligène et d'une comparaison avec les études et les méthodologies menées en milieu corallien (plus de 70 publications internationales et rapports), nous prenons en compte trois types de descripteurs pour le suivi des communautés du coralligène : une description générale (facteurs abiotiques), les espèces visibles fixées et la démographie des espèces érigées. Concernant les espèces fixées, nous avons privilégié une approche de quadrat photographique selon (Deter et al., 2012a, 2012b) et Doxa et al (2016).

III.B. Méthodes et paramètres d'analyse sur les stations RECOR

La caractérisation des assemblages coralligènes est présentée par site sur la plateforme de la surveillance des eaux côtières et des écosystèmes de Méditerranée, MEDTRIX.

Trois types de mesures sont réalisés sur chaque station de terrain lors de deux plongées :

- Description générale
- Quadrats photographiques
- Démographie des espèces érigées (gorgones)

III.B.1. **Description générale**

Sur site (localité géographique), les coordonnées GPS sont relevées à partir du bateau. Le plongeur note les informations suivantes :

- Le type physionomique (paroi, massif) du coralligène ;
- La présence de structures particulières ;
- La porosité, anfractuosité, complexité des concrétions ;
- La présence, nature et hauteur des différentes strates ;
- L'orientation géographique ainsi que l'orientation par rapport au courant ;
- L'extension bathymétrique du coralligène et les limites d'extension bathymétrique des gorgonaires et autres espèces remarquables ;
- Les impacts anthropiques ;
- L'inclinaison, la température, la visibilité ;
- Les espèces particulières observées.

Pour chaque site nous avons choisi de décliner les assemblages coralligènes en **cinq typologies,** suivant sa complexité structurale, reprises dans le schéma suivant :

Le coralligène **Typologie 0** correspond généralement à une roche nue sans aucune bioconstruction présentant néanmoins des espèces associées à l'habitat coralligène. Le coralligène Typologie 0 correspond plutôt à l'habitat de la roche du large.

Le coralligène **Typologie 1** correspond à une roche majoritairement sans bioconstruction avec, localement, des petites concrétions organiques isolées ou sous forme de « bourrelets ».

Dans le coralligène de **Typologie 2** les encroûtements coralligènes sont plus continus formant de petites cavités majoritairement centimétriques, quelques décimétriques.

Dans la **Typologie 3** le coralligène est continu avec des cavités de taille centimétrique et décimétrique.

Le coralligène de **Typologie 4** est de type "gruyère" avec présence de quelques cavités métriques.

La **Typologie 5** correspond à un coralligène très creusé avec des bioconstructions alvéolaires.

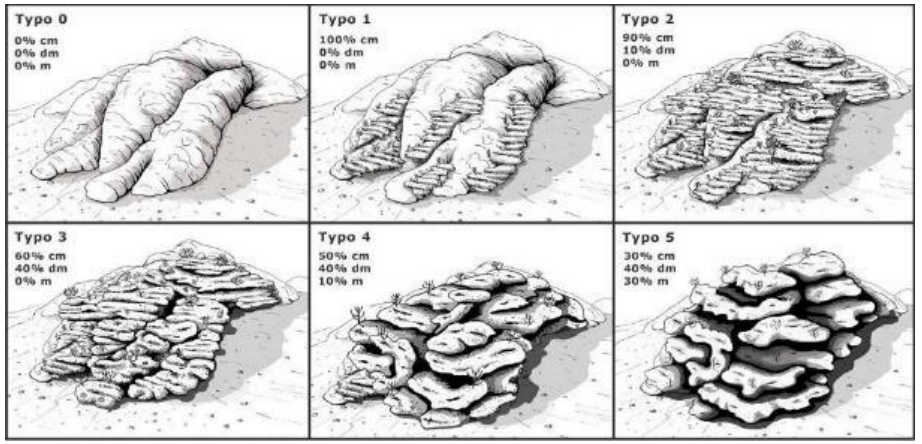


Figure 2 : Typologie des assemblages coralligènes.

III.B.2. Quadrats photographiques

III.B.2.a. Protocole

A chaque station d'échantillonnage (un site peut comprendre entre une et quatre stations), **30 photographies de quadrats de 2500 cm²** (50 x 50 cm) sont réalisées à l'aide d'un appareil Nikon D810 (capteur 24x36 mm, résolution 36,3 millions pixels) sur une même profondeur, le long d'un **transect de 20 m** (Deter et al., 2012b). Lors de l'analyse des photos, le logiciel CPCe répartit **64 points aléatoirement** sur chaque quadrat. L'identification de la nature des espèces ou substrat sur lesquels sont disposés ces points permet de calculer des **pourcentages de recouvrement ou des proportions relatives** (Deter et al., 2012a, 2012b).

Une version **CPCe 4.1 « coralligenous assemblage version »** a été spécialement conçue dans le cadre de RECOR pour la surveillance du coralligène. Développée courant 2011 en partenariat avec le National Coral Reef Institute (USA), CPCe 4.1 « coralligenous assemblage version » est **librement téléchargeable** sur www.medtrix.fr dans le projet dédié au réseau RECOR. Toutes les analyses de RECOR sont réalisées à l'aide de cette version de CPCe.



Figure 3: Le quadrat photographique est non destructif, rapide et simple, et permet des analyses objectives.

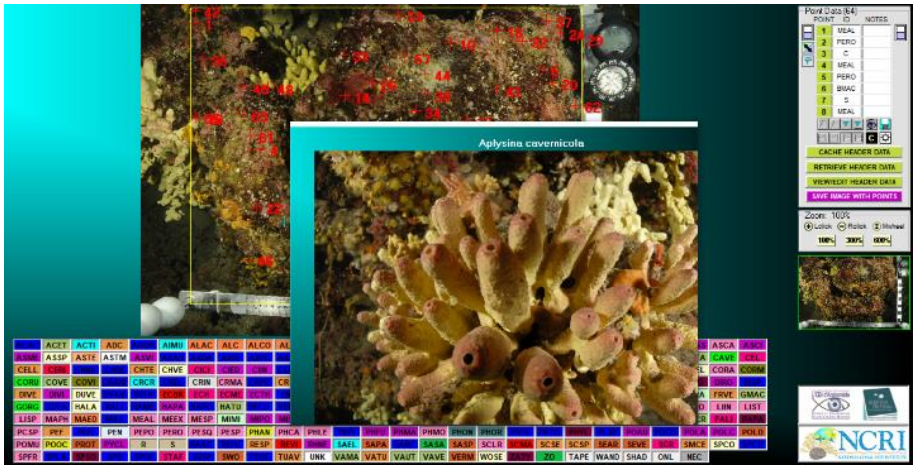


Figure 4: Quadrat photographique en cours d'analyse : 64 points sont répartis aléatoirement sur chaque quadrat avec le logiciel CPCe.

Publication(s) scientifique(s) associée(s) :

Deter, J., Descamp, P., Ballesta, L., Boissery, P., Holon, F., 2012a. A preliminary study toward an index based on coralligenous assemblages for the ecological status assessment of Mediterranean French coastal waters. Ecological Indicators. 20, 345–352.

Deter, J., Descamp, P., Boissery, P., Ballesta, L., Holon, F., 2012b. A rapid photographic method detects depth gradient in coralligenous assemblages. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 418–419, 75–82. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.03.006

III.B.2.b. Variables calculées et indicateurs développés pour évaluer l'état écologique des espèces sessiles des récifs coralligènes

Variables quantitatives calculées pour chaque station RECOR

L'analyse des résultats des 1920 points analysés par station par Julie Deter (30 quadrats photographiques x 64 points) permet d'extraire une **centaine de variables quantitatives** :

- Les **pourcentages de recouvrement total par le non vivant** (cavités, substrats (vase, sable, roche), débris biologiques, macrodéchets) **et par le vivant**. La somme de ces deux pourcentages de recouvrement fait 100 %.

- Les **proportions relatives de différents taxons / catégories d'intérêt** parmi le vivant.

Parmi les organismes vivants, seuls les organismes sessiles et peu mobiles (oursins) sont identifiés. Les points positionnés aléatoirement sur une ombre, la règle ou le quadrat sont supprimés des analyses.

Différents **niveaux de taxons** sont identifiés : les actiniaires, les alcyonaires, les ascidies, les astérides, les algues brunes, les algues vertes, les algues rouges, les cérianthaires, les échinodermes, les bryozoaires érigés, les bryozoaires encroûtants, les grands foraminifères, les gorgonaires, les hydraires, les scléractiniaires, les vers sédentaires, les zoanthaires. **Nous évaluons la proportion relative de chacun de ces taxons parmi les organismes vivants.**

Pour chaque taxon une identification peut être réalisée au niveau du genre et/ou de l'espèce. Au total **182 espèces et 32 genres peuvent être identifiés** tels que :

- Les algues bioconstructrices *Mesophyllum sp*., *Lithophyllum sp*. et *Peyssonnelia sp*.

- Des espèces protégées et d'intérêt commercial comme le corail rouge *Corallium rubrum*

- Des algues au potentiel envahissant comme *Caulerpa taxifolia* et *C. cylindracea*

- Des espèces sensibles à la pression « plongée sous-marine » (Sala et al., 1996) comme l'ascidie *Halocynthia papillosa*

- Des vers *Filograna sp* /*Salmacina sp* sensibles à la dégradation du milieu (Ballesteros, comm. pers.).

Parmi le vivant, des proportions classées par **catégories d'intérêt** peuvent être extraites :

- Bioconstructeurs principaux (les algues *Mesophyllum sp*., *Lithophyllum sp*. et *Peyssonnelia sp*., les algues rouges encroutantes non identifiées, les coraux jaunes solitaires *Leptopsammia pruvoti*, les scleractiniaires *Hoplangia durotrix, Caryophyllia inornata* et *Caryophyllia smithii*, les foraminifères *Miniacina miniacea*) ;

- Eponges *Cliona* sp (bio-erosion)

- Bryozoaires totaux (encroûtants et érigés)

- Espèces dressées selon les taxons (fragilité due au port érigé) **:** les **gorgones** (comme *Paramuricea clavata*, *Eunicella cavolinii, Eunicella singularis*, le corail rouge *Corallium rubrum*), les espèces de **bryozoaires** érigés, les **éponges** dressées *Axinella sp.*

Indicateurs développés pour évaluer l'état écologique des stations de coralligène

Différents indicateurs de l'état des espèces sessiles du coralligène sont disponibles pour l'ensemble des stations RECOR, toutes années confondues :

- Indices de Simpson et de Shannon (sur toutes les espèces du vivant en excluant les espèces indéterminées).

- Indicateur de macrodéchets (pourcentage de recouvrement par les déchets comme macrodéchets, engins de pêche etc.)

- Indicateur de perturbation (somme des abondances relatives de *Womersleyella setacea*, *Caulerpa taxifolia*, *Caulerpa cylindracea, Asparagopsis sp*., et des algues filamenteuses brunes, vertes et rouges, *Codium bursa, Filograna / Salmacina sp.*)

- Indicateur multimétrique CAI (Coralligenous Assemblages Index) (Deter et al., 2012a). Cet indicateur développé et testé en région PACA combine les EQR' (Ecological Quality Ratio) de trois paramètres mesurés à partir des quadrats photographiques (pourcentage de

recouvrement par les bryozoaires, par les espèces bioconstructrices et par la vase). Il est calculé selon la formule suivante :

CAI = (EQR'_{bryo} + EQR'_{sludge} + EQR'_{build}) / 3

Avec $EQR'_{bryo} = \%_{bryo} / ref_{bryo}$; $EQR'_{sludge} = (100 - \%_{sludge}) / (100 - ref_{sludge})$ et $EQR'_{build} = \%_{build} / ref_{build}$.

*% correspond au pourcentage de recouvrement obtenu sur la station pour les bryozoaires (bryo), les espèces bio-constructrices (build) et la vase (sludge). **Ref** correspond à la valeur de référence soit la valeur maximale (pour les bryozoaires, bryo et les espèces bio-constructrices, build) ou minimale (pour la vase, sludge) observée dans les données RECOR de pourcentages de recouvrement pour la région. Ces valeurs de référence définies pour chaque région sont calculées à chaque nouvelle campagne régionale - elles évoluent donc dans le temps.*

Le CAI, dont la valeur est comprise entre 0 et 1, permet de classer chaque station dans une des cinq classes de qualité : mauvais, médiocre, moyen, bon, excellent.

Publication(s) scientifique(s) associée(s) :

Deter, J., Descamp, P., Ballesta, L., Boissery, P., & Holon, F. (2012a). A preliminary study toward an index based on coralligenous assemblages for the ecological status assessment of Mediterranean French coastal waters. Ecological indicators, 20, 345-352.

Deter, J., Descamp, P., Boissery, P., Ballesta, L., & Holon, F. (2012b). A rapid photographic method detects depth gradient in coralligenous assemblages. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 418, 75-82.

- Indicateur multimétrique CAI² : Cet indicateur s'inspire du CAI et a été développé dans le cadre de l'atlas cartographique. A la différence du CAI, cet indicateur intègre une notion de diversité des espèces sessiles (Indice de Simpson) ce qui a permis de créer un indicateur (CAI²) qui montrait plus de variations de l'état du coralligène qu'avec le CAI. En développant le CAI² nous ne cherchions pas à développer un indice plus facile à calculer que le CAI, mais un indicateur plus performant c'est-à-dire qui rende mieux compte de l'état des stations tel que perçu par les plongeurs, et nous souhaitions intégrer la richesse spécifique. Ce nouvel indicateur n'est pas recalculé chaque année comme le CAI puisque qu'il n'intègre pas dans sa formule de valeurs de référence régionale (qui peut potentiellement changer chaque année avec l'ajout de nouvelles valeurs minimales d'un paramètre, comme par exemple le % d'envasement ou le % de bryozoaires).
Le CAI² est calculé selon la formule suivante :

CAI² = ((D*100) + MajBui + (100-%Sludge)) / 3

Avec D = Indice de Simpson
MajBui = proportion relative des espèces bio-constructrices[1]
%Sludge = pourcentage de recouvrement par la vase ou du sédiment fin.

$$D_1 = 1 - \sum_{i=1}^{S} p_i^2$$

Une première grille d'interprétation de l'état écologique des récifs à coralligène en fonction de la valeur de l'indicateur CAI² a été proposée par Andromède en 2020 pour l'atlas cartographique. Cette grille peut évoluer dans le temps au fur et à mesure de l'amélioration des connaissances et de l'acquisition de nouvelles données.

- **Indicateur de dynamique du coralligène** : Cet indicateur a été développé dans le cadre de l'atlas cartographique. Il correspond au pourcentage de nécroses des algues bioconstructrices ; c'est-à-dire : % de nécroses des algues bioconstructrices = nombre de points de nécroses sur les algues rouges encroutantes / nombre de points totaux sur les algues rouges encroutantes (avec et sans nécroses) * 100.

Une première grille d'interprétation de l'état écologique de l'herbier en fonction de la valeur de cet indicateur a été proposée par Andromède Océanologie en 2020 pour l'atlas cartographique. Cette grille peut évoluer dans le temps au fur et à mesure de l'amélioration des connaissances et de l'acquisition de nouvelles données.

- **Indicateur de bloom algues filamenteuses** : Cet indicateur a été développé dans le cadre de l'atlas cartographique. Il correspond au pourcentage de recouvrement maximum d'algues filamenteuses observées sur la (les) station(s) de référence d'une masse d'eau considérée, toutes années confondues.

[1] Les algues *Mesophyllum sp.*, *Lithophyllum sp.* et *Peyssonnelia sp.*, les algues rouges encroutantes non identifiées, les coraux jaunes solitaires *Leptopsammia pruvoti*, les scleractiniaires *Hoplangia durotrix, Caryophyllia inornata* et *Caryophyllia smithii*, les foraminifères *Miniacina miniacea.*

Une première grille d'interprétation de l'état écologique de l'herbier en fonction de la valeur de cet indicateur a été proposée par Andromède Océanologie en 2020 pour l'atlas cartographique. Cette grille peut évoluer dans le temps au fur et à mesure de l'amélioration des connaissances et de l'acquisition de nouvelles données.

III.B.3. **Démographie des espèces érigées (gorgones)**

Les gorgones sont longévives et fragiles. Sur chaque site, nous estimons leur densité, leur structure en taille et leur état. Ces données permettent de surveiller l'état de santé des populations. La **taille** des colonies est évaluée à profondeur fixe à partir d'un **quadrat de 2 m²** (8 quadrats de 50 x 50 cm). Pour la taille, une mesure de la hauteur et de la largeur est faite à 5 cm près à l'aide d'une pige graduée. Nous pouvons ensuite catégoriser les gorgones en fonction de leur taille : petite (<10 cm), moyenne (10-50 cm) et grande (>50 cm).

Le **taux de nécrose** des espèces érigées (mortalité de tout ou une partie de la colonie) est estimé à partir de **30 quadrats aléatoires de 50 x 50 cm** (à une même profondeur) selon les classes suivantes :

- 1 : 0% de surface nécrosée, colonie indemne de toute marque ;
- 2 : < à 10 % de surface nécrosée ;
- 3 : 10 à 25 % de surface nécrosée ;
- 4 : 25 à 50 % de surface nécrosée ;
- 5 : 50 à 75 % de surface nécrosée ;
- 6 : 75 à 100 % de surface nécrosée ;
- 7 : 100 % de surface nécrosée, colonie entièrement morte.

Ces nécroses sont également datées (par la colonisation) et leur distribution est notée (localisée ou diffuse). Cette technique donnant de bons résultats (Perez, 2002 ; Harmelin et Marinopoulos, 1994), elle était envisagée lors du projet de création du réseau de surveillance des gorgones.

Ces mesures permettent d'extraire des variables pour chaque espèce de gorgone : le nombre de colonies et la densité par m², le nombre de petites colonies (<10 cm) et de grandes colonies (>50 cm), les hauteur et largeur moyennes des colonies, la hauteur maximale, le nombre et pourcentage de colonies nécrosées selon 4 classes, le nombre total de colonies nécrosées, le nombre et pourcentage de colonies dont les nécroses sont récentes, la date et taux de nécrose moyen et maximal pour chaque espèce, la taille moyenne des espèces, le nombre et la proportion d'individus de chaque espèce présentant des nécroses peu ou très colonisées (nécrose récente ou ancienne) (Figure 6).



Figure 5 : Plongeur comptant le nombre de gorgones et mesurant les colonies.

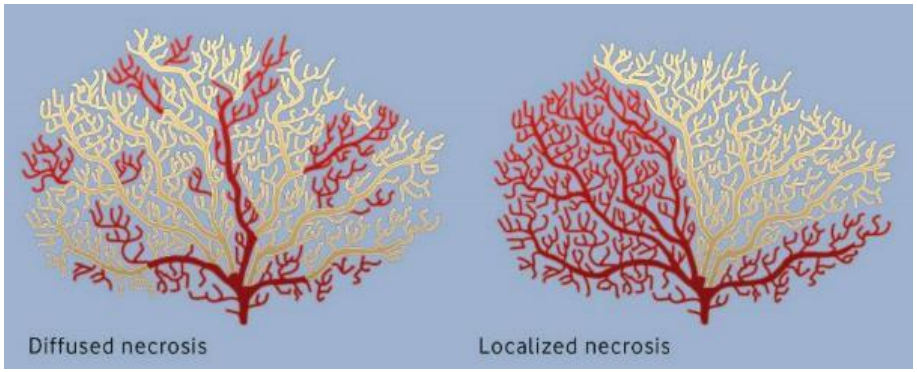


Figure 6 : Représentations des gorgones selon les types de nécrose.

III.C.Présentation des résultats

Ce présent rapport détaille une fiche par masse d'eau comprenant la description du (des) station(s) RECOR échantillonnée(s) en 2021. Ces fiches intègrent les éléments suivants :

- La photographie haute définition (HD) du paysage général du site ;
- Les photographies haute définition **du capteur de température ;**
- Les photographie **d'espèces** particulières observées, de **pressions** ou tout autre élément remarquable ;
- Les photographies haute définition des **quadrats photographiques ;**
- Une carte présentant la localisation du site dans la masse d'eau côtière
- **Un diagramme de répartition des différents taxons parmi les organismes vivants** (abondance relative).
- Un tableau détaillant une **quarantaine de variables** issues de l'analyse de ces quadrats. Pour chaque paramètre détaillé un curseur imagé replace la valeur observée dans le contexte régional (valeurs minimale, maximale et moyenne observées sur toutes les stations échantillonnées) (figure ci-dessous). A noter que lorsqu'il y a plus de trois stations qui sont comparées alors le curseur blanc (valeur de la station) n'est plus affichée.
- Des **graphiques de la structure démographique et des taux de nécroses** des gorgones ainsi qu'un tableau de comparaison des données avec les suivis précédents.

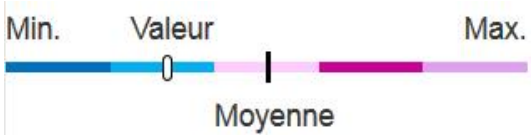
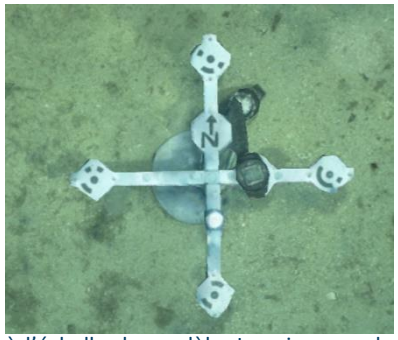


Figure 7 : Légende du curseur imagé associé à chaque paramètre détaillé. Comparaison aux valeurs minimale, moyenne et maximale calculées sur l'ensemble des stations d'une région. Chaque couleur correspond à un cinquième de l'étendue des valeurs observées pour le paramètre concerné.

III.D. Photogrammétrie

La photogrammétrie, anciennement définie comme la « science ou art d'obtenir des mesures fiables par des moyens photographiques » (American Society of Photogrammetry, 1965), permet aujourd'hui de **reconstituer un objet en trois dimensions** (3D) **à partir de photographies deux dimensions** (2D) prises sous différents angles (Fonstad et al., 2013; Remondino and El-Hakim, 2006; Rodrigues et al., 2004). L'évolution récente de cette technique, appelée « structure-from-motion » (Westoby et al., 2012), permet de s'affranchir de l'information de position et d'orientation des prises de vue. L'utilisateur n'a alors « plus qu'à » photographier l'objet sous tous ses angles et charger les photographies dans un logiciel dédié, ce qui simplifie l'acquisition dans un contexte sous-marin où les conditions rendent déjà compliquées de simples prises de vue (Bowens, 2009).



A défaut du positionnement GPS des images sous l'eau comme c'est le cas en surface, l'orientation dans l'espace (horizontalité et direction du Nord géographique) ainsi que l'échelle du modèle doivent être contraintes par l'utilisation d'une **mire photogrammétrique** (voir figure ci-contre).

Celle-ci est disposée en début d'acquisition par le plongeur, correctement orientée dans l'espace, et les **cibles codées à ses quatre extrémités cardinales** sont reconnues par le logiciel de traitement et permettent l'orientation et la mise à l'échelle du modèle. La mire pour le coralligène mesure 50 cm de long.

La reproduction fine en 3 dimensions (3D) de paysages sous-marins est ainsi possible. Le développement de la photogrammétrie appliquée au suivi d'écosystèmes benthiques permettra d'améliorer la qualité et la quantité de données collectées *in situ*, et d'ouvrir la voie au développement de nouveaux indicateurs écologiques. La collaboration entre Andromède Océanologie et l'Université de Montpellier(UMR MARBEC) a été récemment renforcée par la création d'un laboratoire commun (« LabCom » ; https://labcomintosea.edu.umontpellier.fr/), qui a pour principal objectif le développement de méthodes d'identification et de caractérisation automatisée et à très fine échelle par photogrammétrie 3D des biocénoses benthiques. Par ailleurs, une thèse CIFRE (2017-2020) vient d'être soutenue (Marre, 2020) autour du développement de la méthode d'acquisition et la production d'indicateurs écologiques innovants, avec une valorisation des résultats par la publication d'articles scientifiques dans des revues internationales.

Bien que cette méthode ait connu un important développement récent pour des études terrestres, cette approche est **encore peu répandue pour l'étude du milieu marin** (Lavy et al., 2015). Les premières études de ce type ont utilisé la photogrammétrie pour la mesure de paramètres tels que la taille, la surface, le volume ou la croissance d'espèces benthiques, notamment de coraux (Bythell et al., 2001; Chong and Stratford, 2002; Courtney et al., 2007; Holmes, 2008; Holmes et al., 2008; Naumann et al., 2009; Veal et al., 2010).

Travaillant depuis 2016 sur l'utilisation de la photogrammétrie pour l'étude et le suivi d'habitats marins, Andromède Océanologie a acquis plus de 500 modèles dans des contextes différents (profondeurs, habitat, structures artificielles…) dont **120 récifs coralligènes** dans le cadre du réseau **RECOR** et **117 limites inférieures** d'herbier de posidonie dans le cadre du réseau **TEMPO**. Une thèse CIFRE(Guilhem Marre, 2017-2020) a notamment permis de valoriser les recherches menées sur la photogrammétrie et l'analyse d'images RECOR à travers les publications suivantes :

• **Monitoring Marine Habitats with Photogrammtry : A cost Effective, accurate, precise and high resolution reconstruction method** (2019), *Frontiers in marine science*. Cette publication a permis de définir un cadre méthodologique pour l'acquisition des images afin d'assurer la précision des modèles 3D qui en découlent ;

• **Fine-scale automatic mapping of living *Posidonia oceanica* seagrass beds with underwater photogrammetry** (2020), *Marine Ecology Progress Series.* Cette publication montre une méthode de cartographie automatique de la limite inférieure des herbiers de posidonie à partir des reconstructions 3D ;

• **Deep convolutional neural networks to monitor coralligenous reefs : Operationalizing biodiversity and ecological assessment** (2020), *Ecological Informatics.* Cette publication cherche à automatiser le processus d'identification d'espèces du coralligène sur les quadrats photographiques RECOR, avec un algorithme d'intelligence artificielle entraîné sur la base de données RECOR depuis 2010 ;

• **Développement de la photogrammétrie et d'analyses d'images pour l'étude et le suivi d'habitats marins** (2020), Thèse de doctorat de Guilhem Marre, Université de Montpellier.

Ces travaux de recherche ont pu aboutir grâce à **l'importante quantité de données** collectées dans le cadre des réseaux de surveillance RECOR et TEMPO. La continuité de ce travail de recherche nécessite d'acquérir plus de données, notamment sur les récifs coralligènes sur lesquels plusieurs axes de recherches sont encore en cours. Par ailleurs, l'acquisition photogrammétrique permet de **figer l'état d'un habitat dans le temps** et joue donc également le rôle de bancarisation du patrimoine écologique des stations suivies.

Les acquisitions photographiques pour le développement du projet ont eu lieu tous les ans lors des campagnes de terrain du réseau RECOR et ce depuis 2016 en PACA. Nous présentons dans ce rapport les données de photogrammétrie disponibles acquises en 2018 et 2021 sur les sites RECOR afin d'illustrer ces sites. Le suivi par photogrammétrie ne fait pas parti du lot 2 du marché de surveillance correspondant à ce présent rapport, les données sont néanmoins fournies ici à titre d'illustration des sites suivis.

IV. Localisation des sites

Le présent marché a pour objectif « L'évaluation de l'état écologique du Coralligène de la façade méditerranéenne et pose de thermomètres à proximité des points d'évaluation de l'état écologique du Coralligène ». **Il est procédé par campagne régionale avec, en 2021, l'acquisition des données et leur interprétation pour les eaux côtières de la région Occitanie et de la région PACA Ouest.**

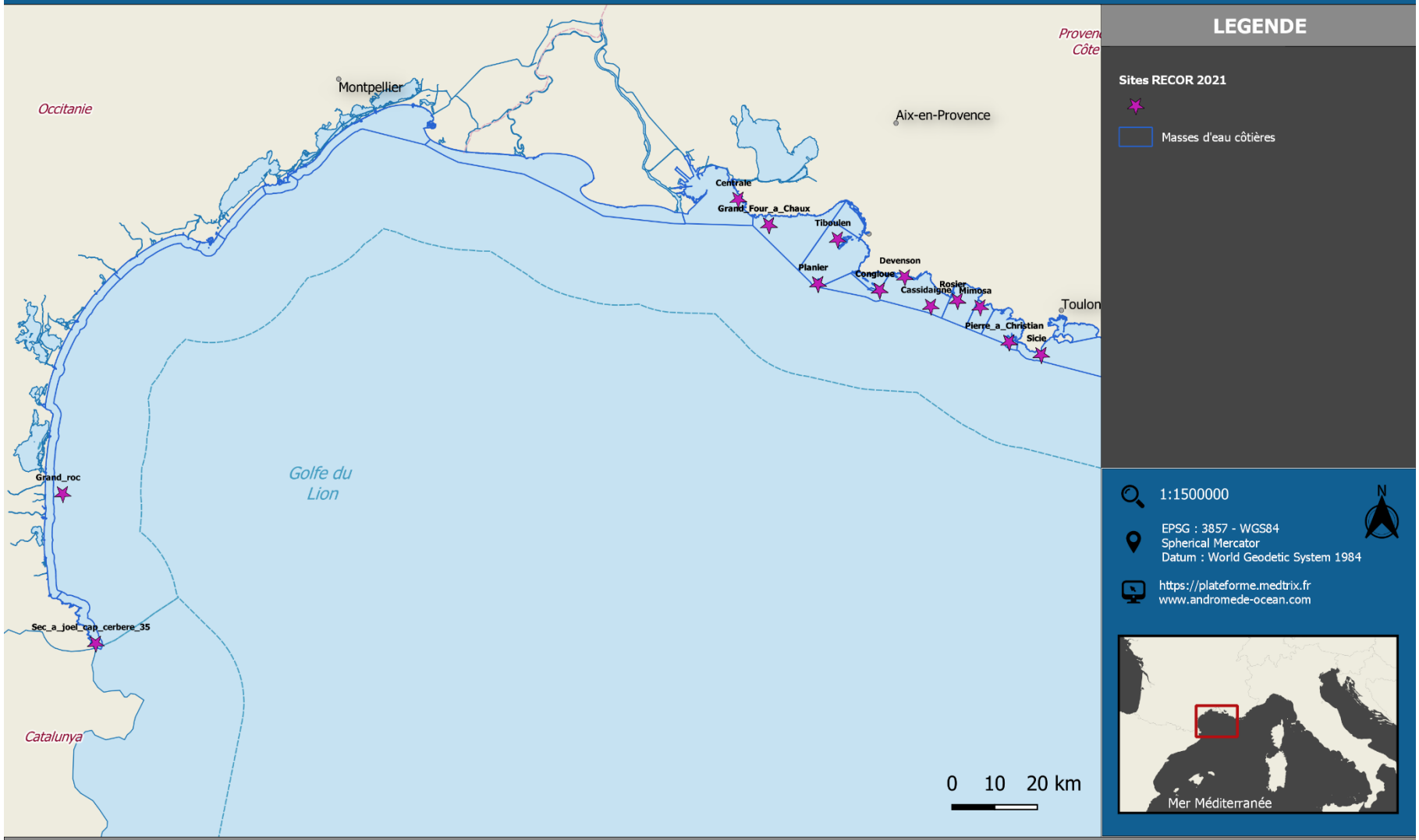
Sur toute la façade méditerranéenne française, la base de données du réseau RECOR (en date de septembre 2021) comprend **112 sites qui correspondent à 191 stations** (une station = une profondeur) réparties entre **17 et 115 mètres** de profondeur (cf. projet RECOR sur MEDTRIX). Ce réseau s'étend également dans les eaux périphériques comme en Sardaigne (Italie) ou à Monaco, comprenant un total de 141 sites correspondant à 219 stations différentes.

Le choix de ces points respecte une couverture géographique homogène entre points le long du littoral et une répartition équitable, à la fois dans des zones sensibles, des zones intermédiaires et des zones de référence, selon une influence anthropique variable. Ce point est particulièrement important. Il ne s'agit pas dans ce réseau de suivre l'impact d'une activité précise. C'est le rôle des suivis spécifiques ou des études d'impacts. Il s'agit d'évaluer un état général à l'échelle d'une masse d'eau, le référentiel DCE d'évaluation de l'état écologique et de l'état chimique.

En 2021, 14 sites de récifs coralligènes correspondant à 18 stations ont été caractérisés, ils sont localisés sur les cartes suivantes.

Réseaux de surveillance

Suivi des assemblages coralligènes en Méditerranée française



Le projet RECOR est mené par Andromède Océanologie en partenariat avec l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. L'ensemble de ces données est issue de la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin (plateforme.medtrix.fr). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported License.

V. Pose de thermomètres

V.A. Introduction

Depuis 2013, Andromède Océanologie, avec le soutien de l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, équipe les sites de surveillance du coralligène (réseau RECOR) et des herbiers à Posidonie (réseau TEMPO) avec des capteurs de température HOBO Water Temp Pro v2. **248 capteurs** (143 capteurs RECOR et 97 capteurs TEMPO) sont en cours d'acquisition de données entre 3 et 115 mètres de fond en Méditerranée française. Ces capteurs permettent de réaliser **une mesure toutes les 30 minutes** pendant 5 ans. Leur répartition ainsi que la fréquence élevée des mesures nous permettront de produire des cartographies de température de fond et de corréler nos observations biologiques sur les sites TEMPO et R ECOR aux variations de ce paramètre abiotique.

Ces données de température sont essentielles pour comprendre, en regard du changement climatique, les données de diversité, de répartition et d'état de santé des herbiers de Posidonie et des assemblages coralligènes observées. En effet, s'il existe plusieurs modèles prédictifs de circulation régionale (NEMOMED8 (Sevault et al., 2009), MARS3D (Lazure et al. 2008)) et des capteurs de température embarqués sur des flotteurs mobiles (www.argo.ucsd.edu), les capteurs permanents mesurant la température de fond sont encore rares (www.tmednet.org) et aucun réseau de mesure dense n'existait sur le littoral méditerranéen français.

V.B. Matériel utilisé



Les capteurs de température utilisés correspondent au modèle HOBO Water TEMP Pro v2 (figure ci-contre). Ces enregistreurs de température, étanches jusqu'à 120 mètres et immergeables, ont été paramétrés pour permettre de prendre une mesure toutes les 30 minutes.

Figure 8 : Capteur de température HOBO Water TEMP Pro v2.

Ces enregistreurs ont une résolution de 12-bit (42000 mesures), disposent d'une sonde de précision de +/-0,2 °C sur une large échelle de mesure (-20 °C à +50°C dans l'eau) et une mémoire non volatile (conserve les données en cas de pile usée). Ce matériel permet ainsi de garantir la collecte des données dans les meilleures conditions, notamment de précision de fiabilité et de durée de vie.

Chaque capteur porte une étiquette de référence incitant tout éventuel plongeur à ne pas le relever. Un étiquetage spécifique a été effectué sur ces capteurs de température : l'étiquette plastifiée mentionne le réseau de surveillance, l'année de mise en place du capteur, un numéro de téléphone et un mail de contact, et une mention « Merci de ne pas toucher au capteur ».



Figure 9 : Etiquette mise en place sur les capteurs de température posés en 2021.

VI. Résultats

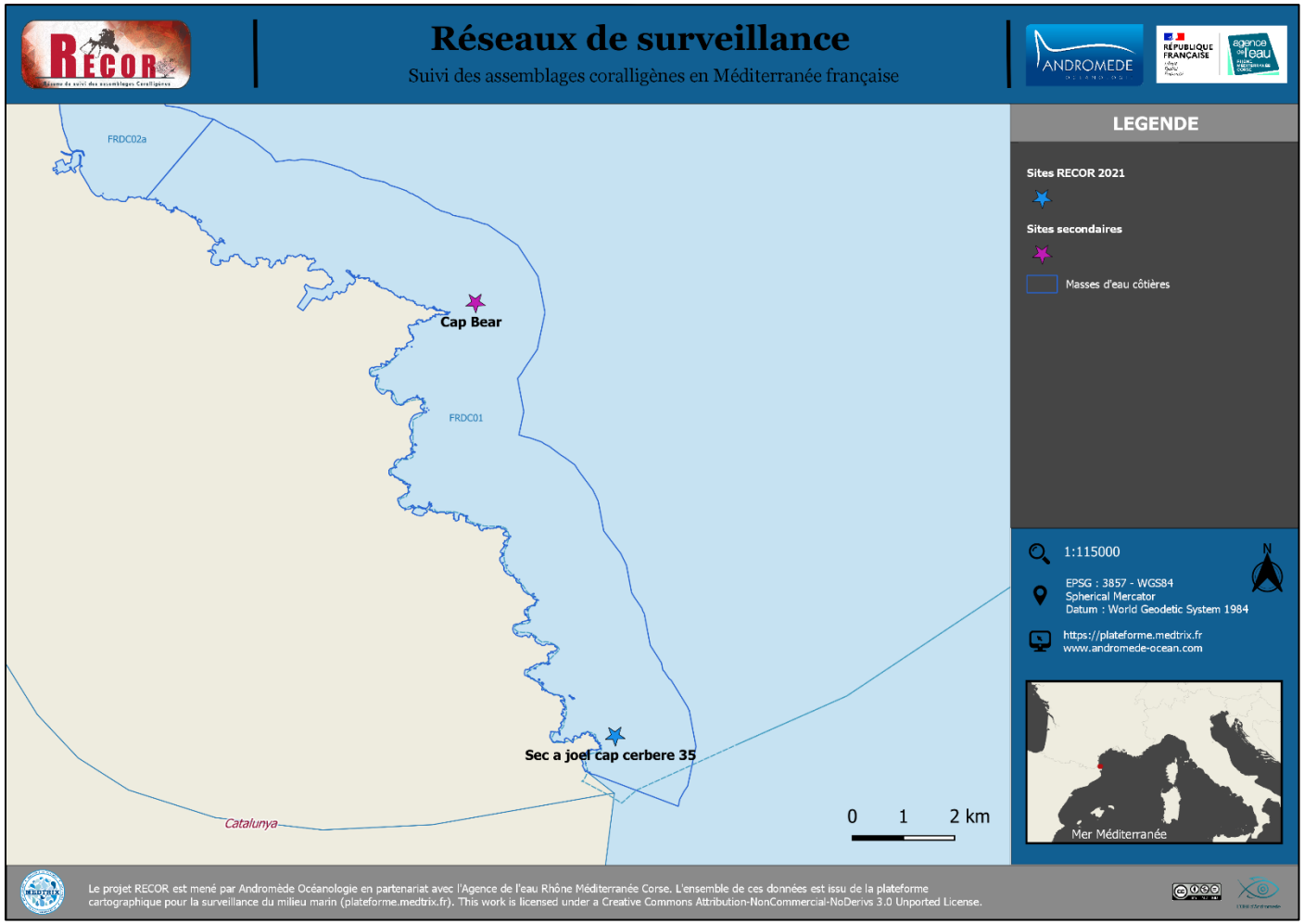
Dans le cadre du marché de la surveillance, la campagne RECOR de l'année 2021 a été menée en région Occitanie et en région PACA Ouest sur 14 sites (=18 stations). Ce présent rapport détaille une fiche par masse d'eau comprenant la description de la (des) station(s) RECOR échantillonnée(s) en 2012, 2015, 2018 et actualisée(s) par les données 2021. Les résultats des campagnes précédentes sont consultables dans les rapports dédiés, téléchargeables sur la MEDTRIX (https://medtrix.fr/portfolio_page/recor/).).

Le format des fichiers de bancarisation, rendus à part de ce rapport, est présenté en annexe.

MASSE D'EAU FRDC01 :

FRONTIERE ESPAGNOLE – RACOU PLAGE

La masse d'eau FRDC01 comprend deux sites RECOR : Sec à Joel – Cap Cerbère (site prioritaire) et Cap Béar (site secondaire non suivi en 2021).



VI.A. Site « Sec à Joël – Cap Cerbère »

VI.A.1.**Présentation du site**

Le site Sec à Joel, situé dans la masse d'eau FRDC01, a été échantillonné entre 32 et 35 m : une série (station N°2) au Nord du piquet à -32m en 2012, 2016, 2018 et 2021, et une série (station N°3) autour du piquet Sud à -34/35m en 2012, 2016, et 2018. Les stations sont localisées dans une zone de succession de tombants à l'intérieur d'un canyon de sable.

En 2021, les plongeurs ont observé des engins de pêche (cordes), quatre gorgonocéphales (*Astrospartus mediterraneus*), des oursins violets (*Spatangus purpureus*), et une bonellie (*Bonellia viridis*).

Caractéristiques du site		
Nom du site	Sec a Joel	
Coordonnées (L93)	Latitude	Longitude
Piquet:	42 26,490	3 10,869
Profondeur du piquet (m)	33	
Date d'échantillonnage	02/06/2021 et 03/06/2021	
Profondeur des stations (m)	32-34	
Remarques sur les stations	Station localisée au Sud du canyon de sable (orienté Est - Ouest) autour du piquet dans un premier temps puis sur le petit massif en contre bas vers l'ouest. Etude des nécroses des gorgones réalisée sur le massif autour du piquet et étude de la taille effectuée au pied du piquet. Sur le dessus (à -32,7), présence d'une grande gorgone rouge *Paramuricea clavata* de 70 cm avec tout autour des gorgones blanches *Eunicella singularis*. Photogrammétrie réalisée sur petit massif en contrebas à 34m.	
Capteur(s) de température		
Date de pose	02/06/2021	
Heure de lancement	20h00	
N° capteur	20125790	
Profondeur du capteur (m)	33	
Paramétrage	1 mesure toutes les 30 minutes	
Description de la zone	Capteur sur le piquet	

VI.A.1.**Photographies du site**

La modélisation en 3D sur le site par photogrammétrie permet une vision globale du site tout comme une vision plus précise si nécessaire à l'aide de zooms. Les modèles 3D sont disponibles sur la plateforme Medtrix dans les projets « MODEL » et « RECOR ».

Les modèles ont été réalisés en 2018 et 2021 sur le petit massif situé à -34 m en contrebas du massif principal. Seule une partie des quadrats photographiques a été acquise au même endroit que la zone de photogrammétrie.

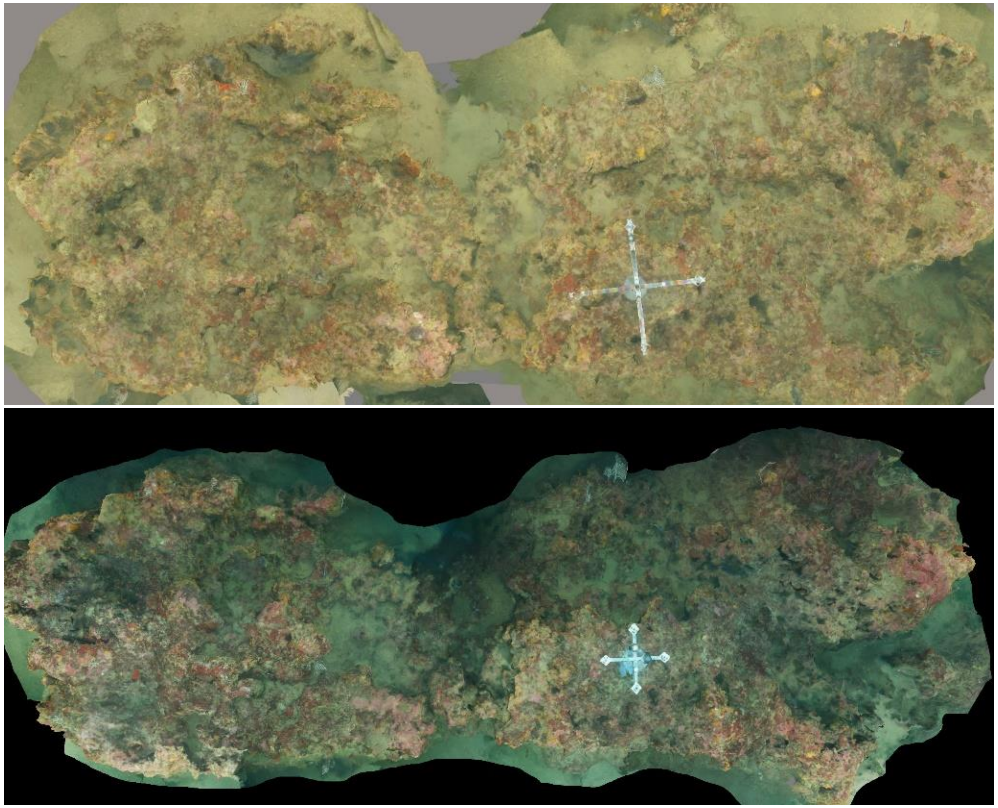


Figure 10 : Vues globales de dessus du site Sec à Joel reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (en haut) et en 2021 (en bas).

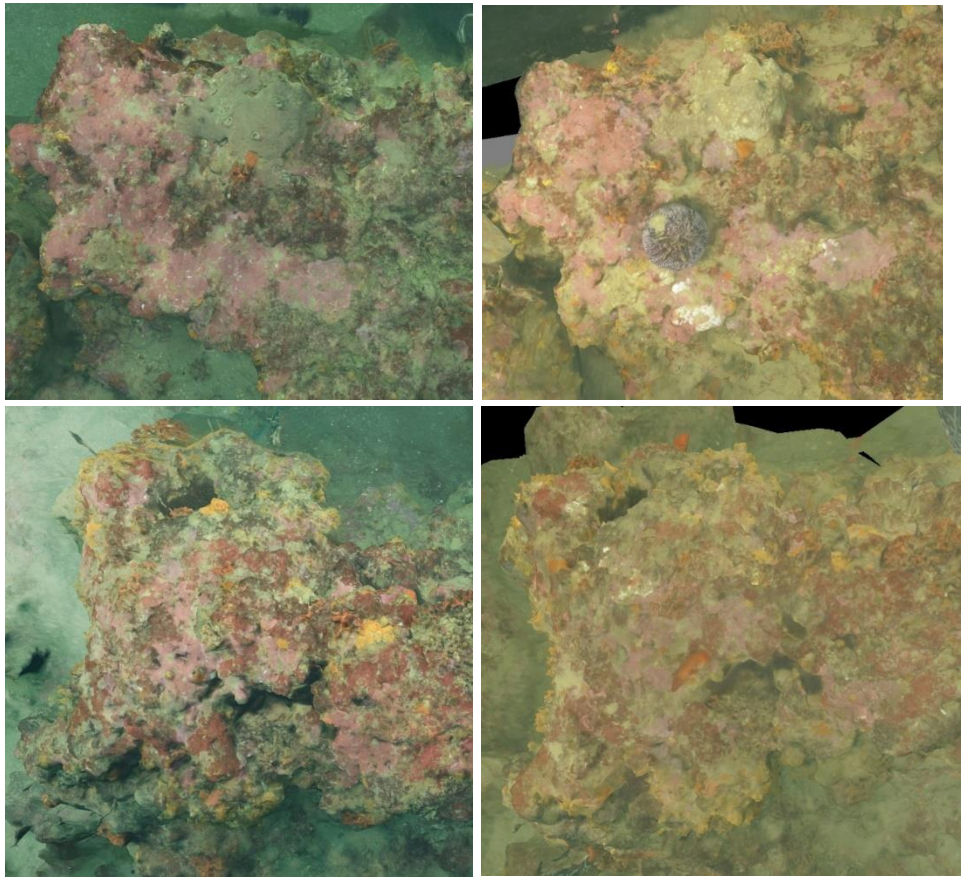


Figure 11 : Vues zoomées du site Sec à Joel reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (à gauche) et en 2021 (à droite).

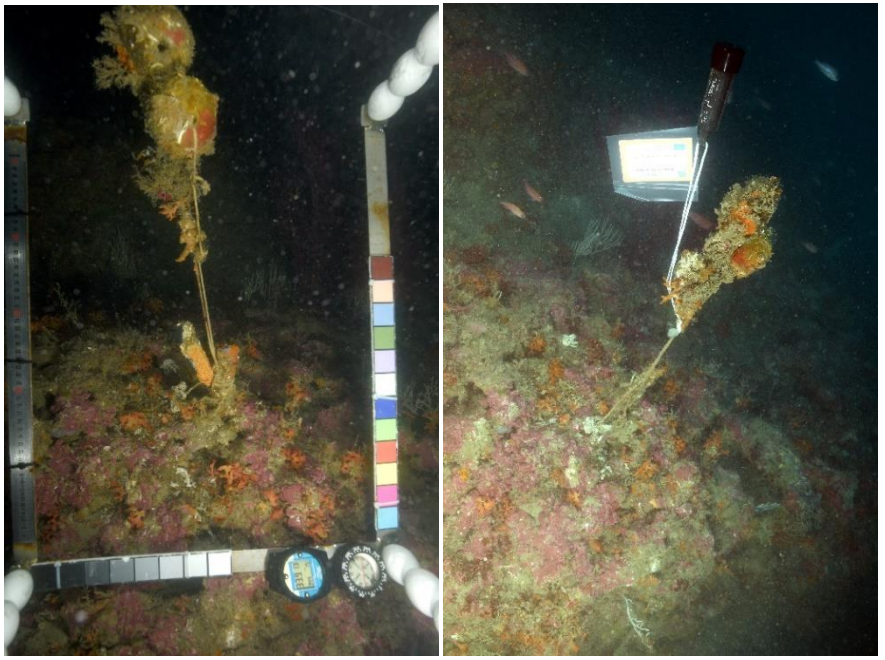


Figure 12 : [1] Ancien capteur récupéré en 2021. [2] Nouveau capteur de température positionné à – 33 m en 2021.

VI.A.1.**Description générale du site**

Description générale						
Type physionomique	☐ Paroi	☑ Massif	☐ Autres : ...			
Structures particulières	Succession de massifs dans le canyon.					
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions						
Station(s)	**Profondeur (m) :**	**32-34**		**Profondeur (m) : 0**		
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du...					
	cm	dm	m	cm	dm	m
	40	**50**	**10**	**40**	**50**	**10**
Typologie / profondeur (m)	☐ 1 ☐ 2 ☑ 3 ☐ 4 ☐ 5			☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5		
Stratification						
	Profondeur (m) :	**32-34**		**Profondeur (m) : 0**		
	Nature :		Hauteur (cm) :	Nature :		Hauteur (cm) :
Strate haute	Gorgones blanches *Eunicella singularis* , Hydraires		30			
Strate moyenne	Bryozoaires érigés, Anémones encroûtante jaunes (*Parazoanthus axinellae*)		20			
Strate basse	Corallines et peysonelliacées		10			
Orientation						
Géographique	Nord					
Par rapport au courant	Est					
Extensions bathymétriques (m)	**Minimum**	**Maximum**		**Minimum**	**Maximum**	
Coralligène	31	35	***Halimeda tuna***			
Paramuricea clavata	31	33	***Flabellia petiolata***			
Eunicella singularis	31	35	**Algues filamenteuses**			
			Autres : ...			
Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☐ Macrodéchets	☐ Autres: ...	
Remarques :	corde de pêche					
Température de l'eau (°C)	15					
Inclinaison						
Visibilité (m)	5					
Profondeur thermocline						
Espèces particulières	Quatre gorgonocéphales (*Astrospartus mediterraneus*), oursins violets (*Spatangus purpureus*), une bonellie (*Bonellia viridis*)					
érigées						
Date d'échantillonnage	**03/06/2021**					
Quadrat de 2m² (structure en taille et densité des peuplements)						
Espèces échantillonnées	☐ Eunicella cavolinii (EC)	☑ Eunicella singularis (ES)	☑ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)		
Profondeur (m)	33					
30 quadrat de 50x50 cm (Nécrose des peuplements)						
Espèces échantillonnées	☐ Eunicella cavolinii (EC)	☑ Eunicella singularis (ES)	☑ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)		
Profondeur moyenne (m)	33					

VI.A.2.**Analyse des quadrats photographiques 2021**

VI.A.2.a. Sec à Joel, -32 m (2021)

Sur la station à -**32 m**, les quadrats sont couverts à **46,3% par des organismes vivants** et à **42,2 % par du sédiment**.

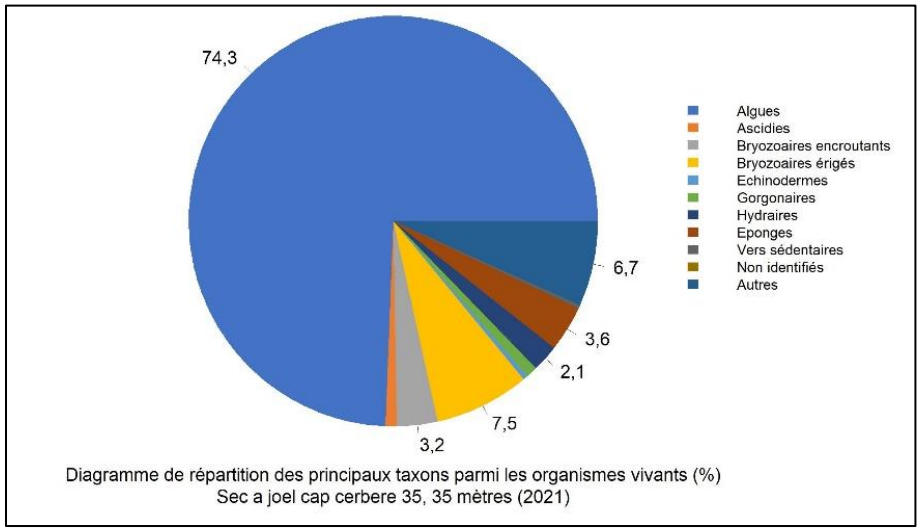


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Sec a joel cap cerbere 35, 35 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les algues (74,3 % des organismes vivants) avec **les algues rouges majoritairement** (74,1 % total, 2,1 % d'algues rouges encroutantes nécrosées). Elles sont représentées par les corallinacées de type encroûtant avec principalement ***Mesophyllum sp.*** (44,9 %) et quelques *Lithophyllum sp.* (*L. incrustans*, 0,8 %), et par les **peyssonneliacées principalement de type encroûtant** (17,9 %). **Les algues rouges encroûtantes constituent la strate basse du coralligène.**

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -32 m les **bryozoaires érigés** sont les éléments les plus importants de la faune (7,5 % du vivant, principalement *Myriapora truncata* et *Crisia sp.*) et **forment la strate moyenne du coralligène** avec les **zoanthaires** (6,7 % du vivant, formés par les anémones encroûtantes jaunes *Parazoanthus axinellae).*

Les **éponges encrôutantes** (3,1 %) sont plus représentées que les éponges massives (0,5 %) avec principalement *Cliona viridis* (2,3 %).

Les autres groupes du vivant représentés sur cette station sont les **bryozoaires encroûtants** (3,2 %) et les **hydraires** (2,1 % du vivant et qui constituent la strate haute avec les gorgones blanches *Eunicella singularis*).



*Figure 13 : Site Sec à Joel (2021). Les algues rouges encroûtantes constituent la strate basse du coralligène et les bryozoaires érigés (*Myriapora truncata*) la strate moyenne.*

VI.A.3.**Photographies des quadrats**



Figure 14 : Site Sec à Joel – Quadrats photographiques à -32 m (2021).

VI.A.4.**Analyse comparative des quadrats**

Tableau 1 : Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Échelle de comparaison Région Occitanie Légende
Masse d'eau côtière	FRDC01	FRDC01	FRDC01	FRDC01	
Site	Sec a joel cap cerbere 35	Sec a joel cap cerbere 35	Sec a joel cap cerbere 35	Sec a joel cap cerbere 35	
Profondeur	35	35	35	35	
Année	2012	2016	2018	2021	
% recouvrement par le vivant	42.74	34.53	52.6	46.31	21.51 — 40.14 — 52.6
% recouvrement par le non vivant	57.26	65.47	47.4	53.69	47.4 — 59.86 — 78.49
% recouvrement par le sédiment	44.39	58.85	39.69	42.21	39.69 — 51.02 — 76.46
% recouvrement par les débris biologiques	0.06	0.68	0.16	0.37	0 — 0.48 — 2.97
% recouvrement par les cavités	12.19	5.05	7.14	10.49	1.3 — 7.33 — 12.19
% recouvrement par les macrodéchets	0.57	0	0.05	0	0 — 0.06 — 0.57
CAI	0.87	0.69	0.84	0.83	0.32 — 0.61 — 0.87
% recouvrement par les bryozoaires totaux	8.72	6.77	4.64	4.97	0.63 — 3.39 — 8.72
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	27.64	24.53	39.58	38.11	1.4 — 24.57 — 39.79
Indice de Simpson	0.75	0.66	0.84	0.75	0.63 — 0.8 — 0.94
Indice de Shannon	1.73	1.85	2.09	2.02	1.48 — 2.2 — 3.15
% Nécroses parmi le vivant	0.27	0.45	1.19	2.14	0 — 0.66 — 3.11
Indicateur de perturbation	0.13	3.32	0.5	0.13	0 — 0.95 — 3.44
% Algues filamenteuses	0.13	2.56	0.4	0	0 — 0.54 — 2.95
% Algues total	45.2	57.32	69.6	74.26	0.39 — 58.07 — 85.44
% Algues brunes	0	2.41	1.39	0	0 — 0.97 — 8.22
% Algues vertes	0.27	0.15	0.1	0.13	0 — 0.3 — 1.92
% Algues rouges	44.93	54.75	68.12	74.13	0.24 — 56.79 — 85.44
% Mesophyllum spp.	18.67	30.32	32.48	44.91	0 — 33.43 — 79.94
% Lithophyllum spp.	4.67	5.73	2.97	0.8	0 — 4.49 — 17.78
% Peyssonnelia sp. Erigées	1.47	6.64	10.5	7.51	0 — 2.83 — 11.14
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	15.2	11.31	21.29	17.96	0 — 10.44 — 29.29
% Eponges	9.33	13.12	6.24	3.62	3.62 — 14.31 — 32.78
% Eponges massives	0.8	0.75	0.2	0.54	0 — 2.64 — 12.87
% Eponges encroutantes	8.53	12.37	6.04	3.08	2.38 — 11.67 — 27.59
% Axinella sp.	0.4	0	0	0.13	0 — 0.17 — 0.78
% Cliona spp.	0	9.5	4.55	2.28	0 — 5.61 — 14.91
% Gorgones	1.73	0.9	0.5	0.94	0 — 5.17 — 44.31
% Gorgones rouges	0	0	0	0	0 — 0.25 — 2.93
% Gorgones jaunes	0	0	0	0	0 — 0 — 0
% Corail rouge	1.73	0.3	0.5	0.13	0 — 0.14 — 1.73
% Bryozoaires encroutants	14.53	5.58	4.65	3.22	0 — 3.56 — 14.53
% Bryozoaires érigés	5.87	14.03	4.16	7.51	0 — 5.42 — 24.22

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableaux ci-dessus) entre 2012, 2016, 2018 et 2021 sur la station à -32 m montre que les **pourcentages de couverture par les organismes vivants sont élevés** comparés aux autres stations de la région Occitanie.

Le **pourcentage de sédimentation est inférieur à la moyenne régionale** comparé aux autres stations de la région. En 2018 on notait un pourcentage de sédimentation qui diminuait pour revenir aux valeurs observées en 2012 : il s'est stabilisé en 2021.

L'indicateur de perturbation est très faible (baisse par rapport à 2016 où il était élevé en raison d'algues filamenteuses).

La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, est moyenne en comparaison des autres stations de la région.

On note en 2021 un **pourcentage de nécroses parmi le vivant supérieur à la moyenne régionale** à -32 m et qui a doublé en trois années.

Les valeurs du CAI indiquent **un état écologique bon** (2015) **à très bon** (2012, 2018 et 2021). Les bioconstructeurs principaux présentent un fort recouvrement qui reste stable depuis 2018, tout comme les bryozoaires totaux.

La stratification et l'anfractuosité n'avaient pas varié entre 2012 et 2018 : strate basse formée par les algues rouges encroûtantes, strate moyenne par les bryozoaires et les gorgones blanches, et strate haute formée par les gorgones rouges. En 2021 on observe toujours une strate basse formée par les algues rouges encroûtantes, une strate moyenne par les bryozoaires érigés et une strate haute formée par les hydraires et les gorgones blanches (pas de gorgones rouges observées dans les quadrats en 2021).

Le cortège d'espèces dominantes en termes de recouvrement et la proportion relative des différents taxons identifiés sont assez similaires. Des colonies de corail rouges sont toujours présentes sur le site.

VI.A.5. **Démographie des espèces érigées**

Sur le site, les gorgones blanches *Eunicella singularis* et les gorgones rouges *Paramuricea clavata* ont été échantillonnées en 2012 à -35 m, en 2018 à -35 m et en 2021 à -33m.

VI.A.5.a. . Nécroses des peuplements

L'état de santé des colonies de gorgones rouges *Paramuricea clavata* se dégrade avec une diminution du nombre de colonies saines au cours des suivis (le nombre d'individus échantillonnés reste inférieur à 10).

Même si en 2018 on observait 20 % de colonies mortes (totalement nécrosées) pour les gorgones blanches *Eunicella singularis*, l'état des colonies semble s'améliorer : en 2021, 75 % de colonies saines, un taux nettement amélioré par rapport à 2012 et à 2018.

Les nécroses sont anciennes et localisées.

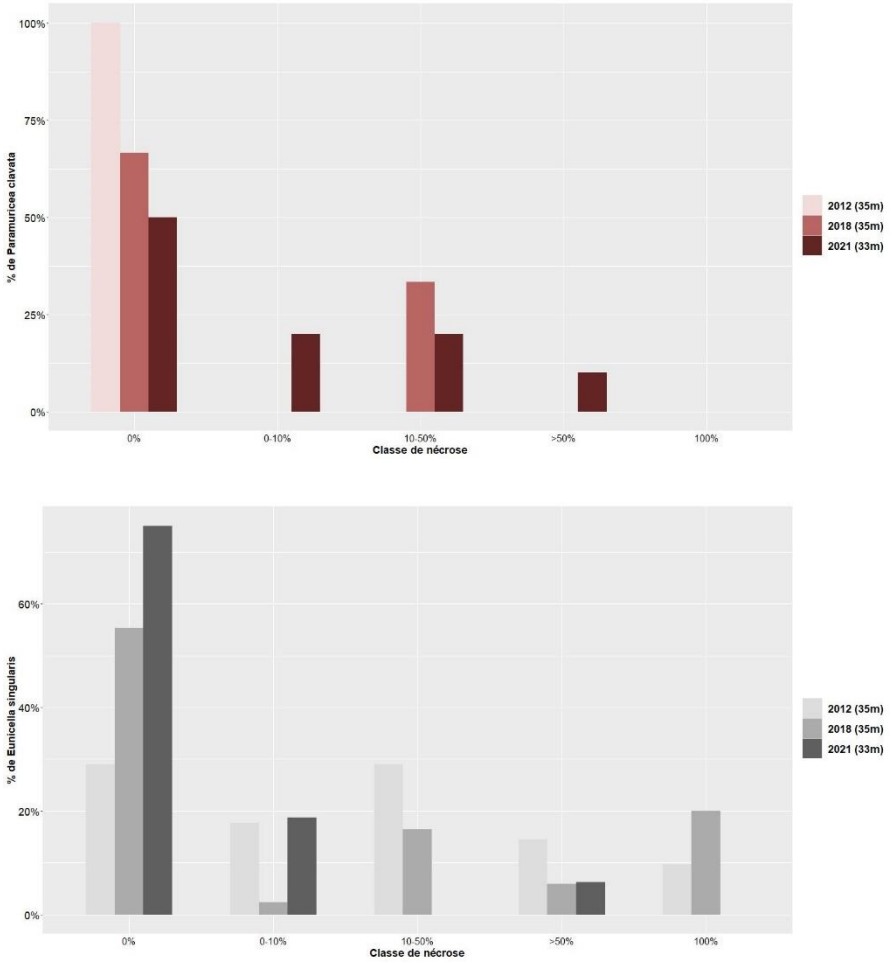


Figure 15 : Site Sec à Joel. Nécroses des peuplements de gorgones rouges Paramuricea clavata *et blanches* Eunicella singularis.

Tableau 2 : Comparaison des données de nécrose pour les gorgones rouges P. clavata *et blanches* E. singularis *à l'échelle régionale.*

Région	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Échelle de comparaison Région Occitanie Légende
Masse d'eau	FRDC01	FRDC01	FRDC01	FRDC01	FRDC01	FRDC01	
Site	Sec a joel cap cerbere	Sec a joel cap cerbere	Sec a joel cap cerbere	Sec a joel cap cerbere	Sec a joel cap cerbere	Sec a joel cap cerbere	
Profondeur	35	35	35	35	33	33	
Année	2012	2012	2018	2018	2021	2021	
Espèce	Eunicella singularis	Paramuricea clavata	Eunicella singularis	Paramuricea clavata	Eunicella singularis	Paramuricea clavata	
% nécrose:0	29.03	100	55.29	66.67	75	50	0 100 57.22
% nécrose:1-10	17.74	0	2.35	0	18.75	20	0 95.24 24.42
% nécrose:11-50	29.03	0	16.47	33.33	0	20	0 33.33 11.96
% nécrose:51-99	14.52	0	5.88	0	6.25	10	0 14.52 3.6
% nécrose:100	9.68	0	20	0	0	0	0 20 2.81
% nécroses anciennes	75	0	100	100	100	100	0 100 70.08
% nécroses récentes	25	0	0	0	0	0	0 60 12.27
% nécroses diffuses	27.27	0	0	0	0	0	0 27.27 2.81
% nécroses localisées	72.73	0	100	100	100	100	0 100 73.66
Nombre total	62	3	85	6	48	10	2 202 49.59

VI.A.5.b. Structure en taille

Peu de petites colonies (<10 cm) sont présentes quelle que soit l'espèce de gorgone ou l'année de suivi et quasiment aucune grande colonie (taille maximale = 40 cm pour gorgones blanches en 2012 et 68 cm pour les gorgones rouges en 2021).

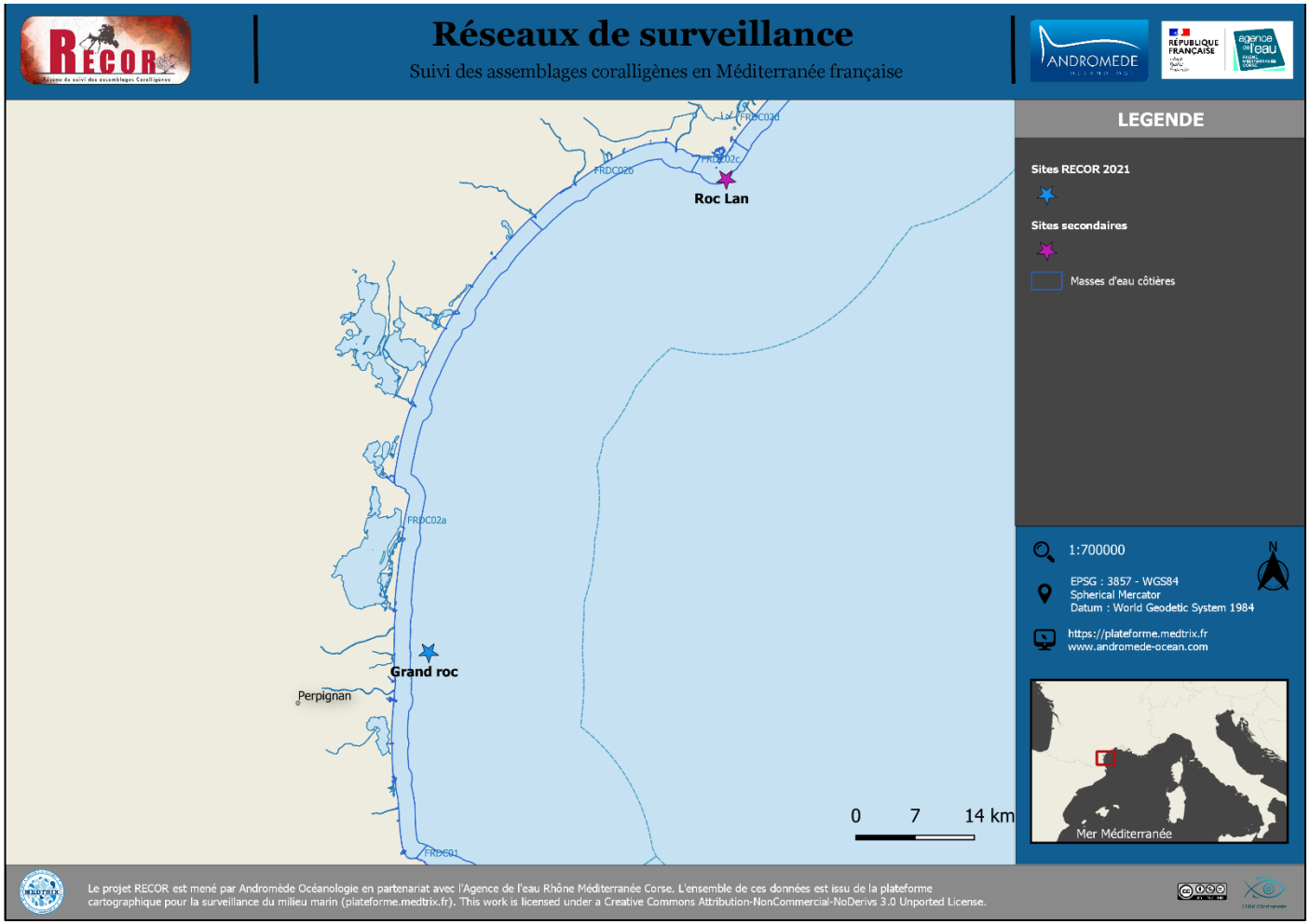
Tableau 3 : Comparaison des données de structure en taille pour les gorgones rouges Paramuricea clavata *et blanches* Eunicella singularis *à l'échelle régionale.*

Région	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Échelle de comparaison Région Occitanie Légende
Masse d'eau	FRDC01	FRDC01	FRDC01	FRDC01	FRDC01	
Site	Sec a joel cap cerbere	Sec a joel cap cerbere	Sec a joel cap cerbere	Sec a joel cap cerbere	Sec a joel cap cerbere	
Profondeur	35	35	35	33	33	
Année	2012	2018	2018	2021	2021	
Espèce	Eunicella singularis	Eunicella singularis	Paramuricea clavata	Eunicella singularis	Paramuricea clavata	
nb petits	0	5	0	1	0	0 — 53 — 6.42
% petits	0	15.63	0	5.88	0	0 — 77.94 — 14.35
nb moyens	13	27	4	16	0	0 — 52 — 17.42
% moyens	100	84.38	100	94.12	0	0 — 100 — 75.69
nb grands	0	0	0	0	1	0 — 1 — 0.25
% grands	0	0	0	0	100	0 — 100 — 9.95
Nombre total	13	32	4	17	1	1 — 68 — 24.08
Taille max (cm)	40	30	45	26	68	15 — 68 — 42.08

MASSE D'EAU FRDC02a :

RACOU PLAGE – EMBOUCHURE DE L'AUDE

La masse d'eau FRDC02a comprend un site RECOR : Grand Roc.



VI.B. Site « Grand Roc »

VI.B.1. **Présentation du site**

Le site Grand Roc, situé dans la masse d'eau FRDC02a, a été échantillonné à – 32 m en 2012, 2016, 2018 et 2021. Le site est formé d'une succession de massifs à coralligène. La station, orientée Nord, se localise sur un plateau à coralligène.

Des engins de pêche (cordes) sont présents sur le site en 2021.

Caractéristiques du site		
Nom du site	Grand roc	
Coordonnées (L93)	Latitude :	Longitude :
Piquet:	42 45,215	3 05,258
Profondeur du piquet (m)	31	
Date d'échantillonnage	04/06/2021	
Profondeur des stations (m)	32	
Remarques sur les stations	Succession de massifs à coralligène. La station, orientée Nord, se localise sur un plateau à coralligène. Zone de photogrammétrie au même endroit que quadrats photo. Etude nécroses des gorgones sur petit massif au Nord-Ouest du principal (près de balise PG n°2) et étude taille gorgones sur grand massif au sud-Est du massif principal (près de la balise PG n°4).	
Capteur(s) de température		
Date de pose	04/06/2021	
Heure de lancement	20:00	
N° capteur	10401298	
Profondeur du capteur (m)	30,2	
Paramétrage	30 min	
Description de la zone	En bordure sud-ouest du massif principal, près de la balise PG n°1	

Le capteur de température a été positionné en bordure Sud-Ouest du massif principal près de la balise de photogrammétrie n°1, à -30,2 m.

VI.B.1. **Photographies du site**

La modélisation en 3D sur le site par photogrammétrie permet une vision globale du site tout comme une vision plus précise si nécessaire à l'aide de zooms. Les modèles 3D sont disponibles sur la plateforme Medtrix dans les projets « MODEL » et « RECOR ».

La zone de photogrammétrie se situe, en 2021, au même endroit que celle des quadrats photographiques :



Figure 16 : Positionnement d'une partie des quadrats photographiques (en vert) sur le modèle photogrammétrique en 2021.



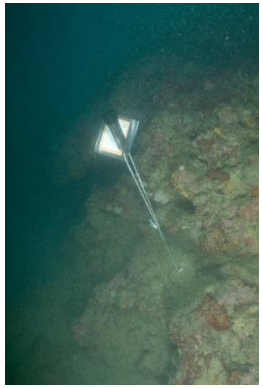
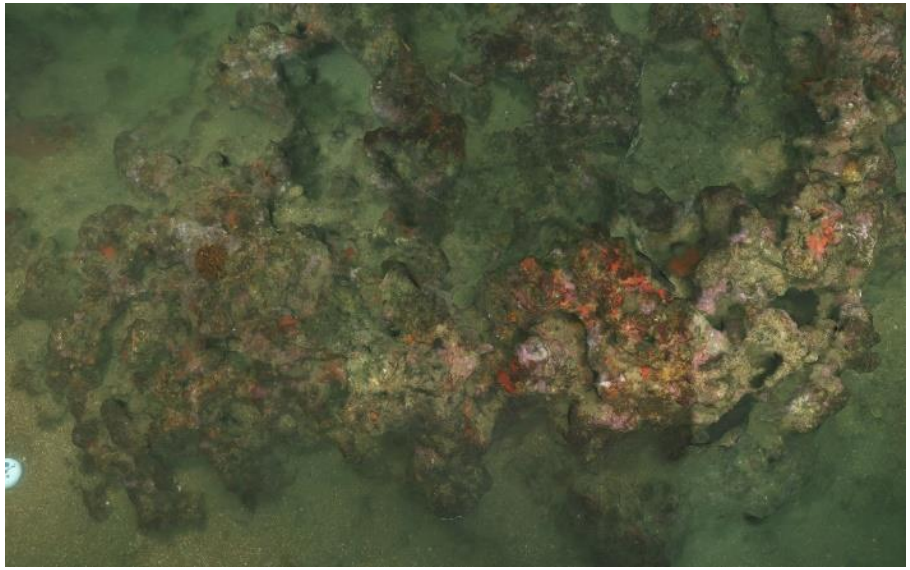


Figure 17 : Vues globales de dessus du site Grand Roc reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2021 et zoom sur le capteur de température. Le cercle rouge indique la position du capteur de température sur le modèle.



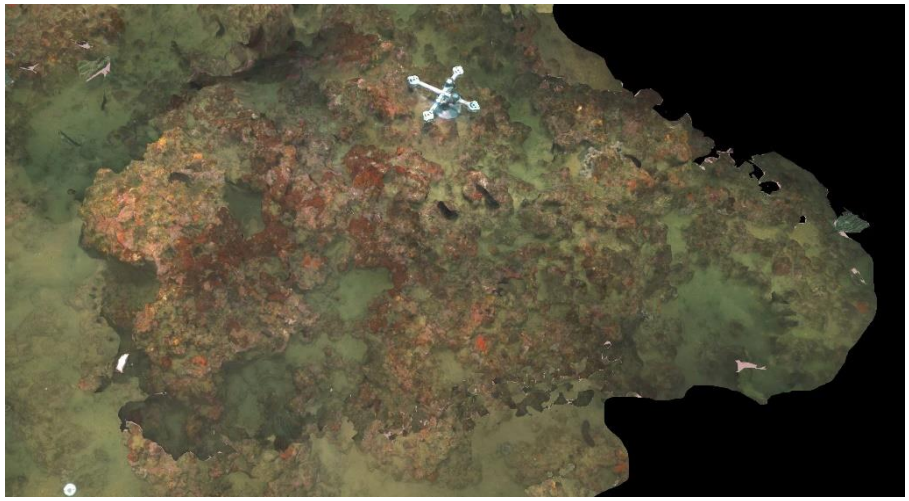


Figure 18 : Vues zoomées du site Grand Roc reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2021.

VI.B.2. **Description générale du site**

Description générale						
Type physionomique	☐ Paroi	☑ Massif	☐ Autres : …			
Structures particulières	petits massifs en plateau de 1m de haut max					
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions						
Station(s)	**Profondeur (m) : 32**			**Profondeur (m) : 0**		
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du…					
	cm	dm	m	cm	dm	m
	60	**40**				
Typologie / profondeur (m)	☐ 1 ☐ 2 ☑ 3 ☐ 4 ☐ 5			☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5		
Stratification						
	Profondeur (m) : 32			**Profondeur (m) : 0**		
	Nature :	Hauteur (cm) :		Nature :	Hauteur (cm) :	
Strate haute	Gorgones blanches *(Eunicella singularis)*	40				
Strate moyenne	Bryozoaires érigés et éponges encroutantes	10				
Strate basse	Algues rouges encroûtantes	5				
Orientation						
Géographique	Faible relief					
Par rapport au courant	Nord					
Extensions bathymétriques (m)	**Minimum**	**Maximum**		**Minimum**	**Maximum**	
Coralligène	29	31	***Halimeda tuna***			
Paramuricea clavata			***Flabellia petiolata***			
Eunicella cavolinii			**Algues filamenteuses**			
Autres gorgones : …	29	31	**Autres : …**			
Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☐ Macrodéchets	☐ Autres: …	
Remarques :	une corde de pêche					
Température de l'eau (°C)	15					
Inclinaison						
Visibilité (m)	3					
Profondeur thermocline	16					
Espèces particulières	Un serran (*Serranus sp.*), présence de gorgones nécrosées sur autre massif au Sud Est du principal					
Démographie des espèces érigées						
Date d'échantillonnage	**04/06/2021**					
Quadrat de 2m² (structure en taille et densité des peuplements)						
Espèces échantillonnées	☐ Eunicella cavolinii (EC)	☑ Eunicella singularis (ES)	☐ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)		
Profondeur (m)	31					
30 quadrat de 50x50 cm (Nécrose des peuplements)						
Espèces échantillonnées	☐ Eunicella cavolinii (EC)	☑ Eunicella singularis (ES)	☐ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)		
Profondeur moyenne (m)	31					

VI.B.3. **Analyse des quadrats photographiques 2021**

VI.B.3.a. Grand Roc, -32 m (2021)

Sur la station à -**32 m**, les quadrats sont couverts à **47,1 % par des organismes vivants** et à **47,1 % par du sédiment**.

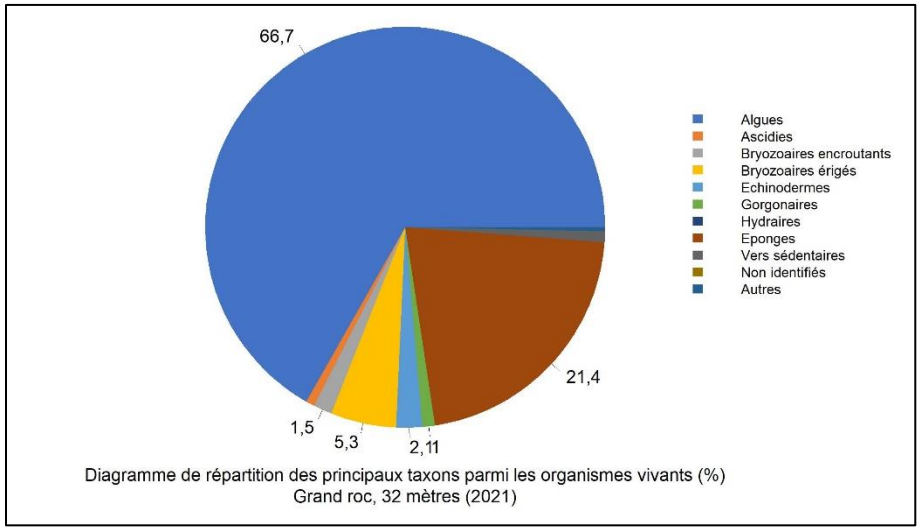


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Grand roc, 32 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -32 m (66,7 % des organismes vivants) avec essentiellement les algues rouges (65,6 % total, 3,0 % d'algues rouges encroutantes nécrosées) puis les algues brunes (1,1 % - *Dictyota dichotoma*). **Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse** avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* de type encroûtant** (*M. alternans* – 31 %) et quelques *Lithophyllum sp.* de type encroûtant (*L. incrustans*)) et des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces de type érigé (2,2 %) et encroutant (26,9 % - *Peyssonnelia rosa-marina*).

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -32 m le groupe dominant est celui des **éponges** (21,4 %). Elles sont représentées par des **espèces encroûtantes (majoritaires – 21,1 %)** avec l'espèce dominante ***Cliona viridis* (13,9 %).** Les autres espèces rencontrées sont *Axinella damicornis, Crambre crambe, Dictyonella sp., Dysidea avara*.

Les éponges sont donc les éléments les plus importants de la faune devant les **bryozoaires érigés** (5,3 %, *Myriapora truncata* majoritaire) **qui constituent la strate moyenne**, puis les **échinodermes** (2 %, majoitairement *Sphaerechinus granularis*).

Les gorgones blanches *Eunicella singularis* (1 %) constituent la strate haute du coralligène.



*Figure 19 : Site Grand Roc (2021). Les algues rouges encroûtantes constituent la strate basse du coralligène et les bryozoaires érigés (*Myriapora truncata*) la strate moyenne.*

VI.B.4. **Photographies des quadrats**

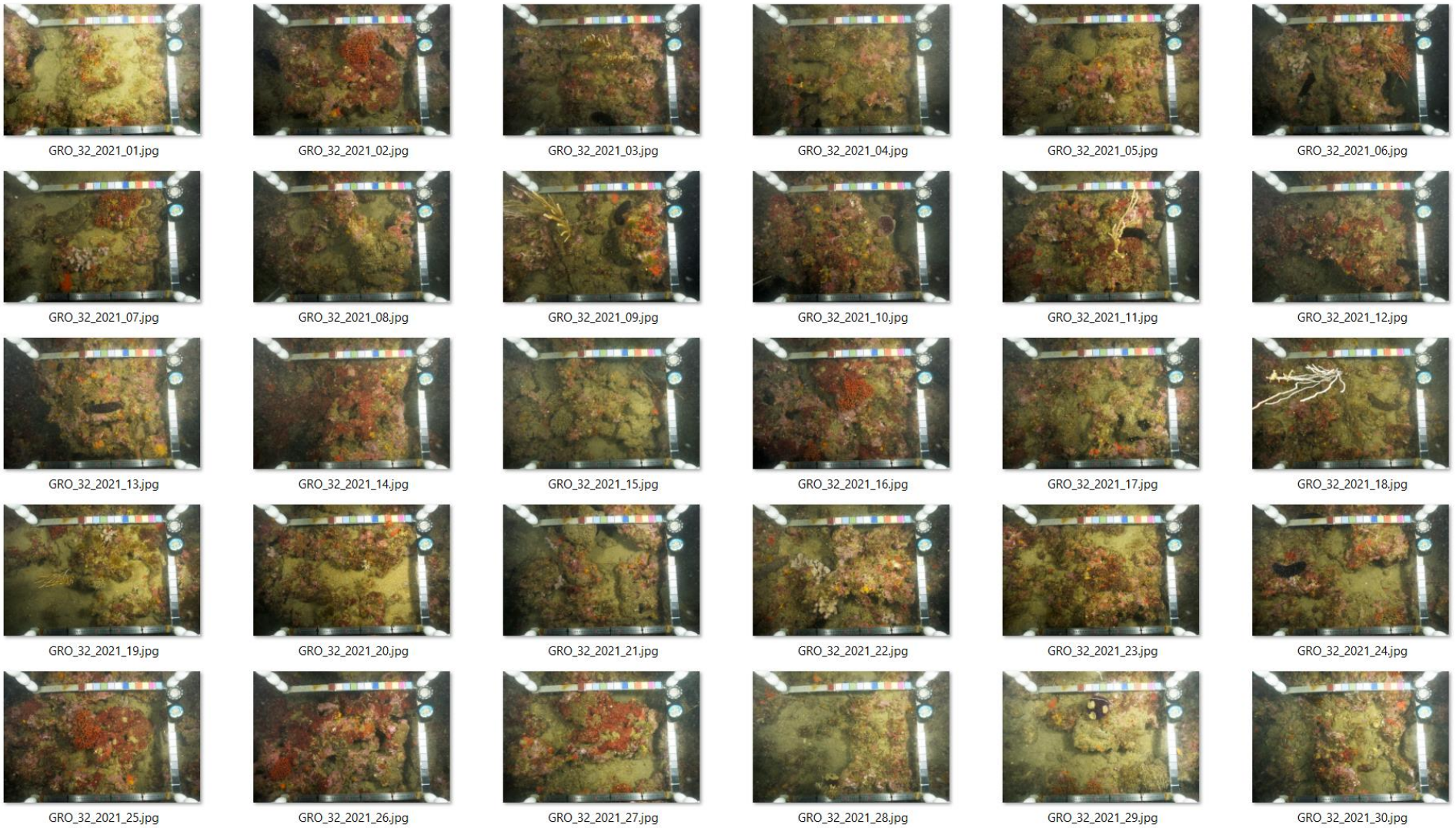


Figure 20 : Site Grand Roc– Quadrats photographiques à -32 m (2021).

VI.B.5.**Analyse comparative des quadrats**

Tableau 4: Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Échelle de comparaison Région Occitanie Légende
Masse d'eau côtière	FRDC02a	FRDC02a	FRDC02a	FRDC02a	
Site	Grand roc	Grand roc	Grand roc	Grand roc	
Profondeur	32	32	32	32	
Année	2012	2016	2018	2021	
% recouvrement par le vivant	31.89	35.21	45.16	47.05	21.51 / 40.14 / 52.6
% recouvrement par le non vivant	68.11	64.79	54.84	52.95	47.4 / 59.86 / 78.49
% recouvrement par le sédiment	56.65	49.79	44.95	47.1	39.69 / 51.02 / 76.46
% recouvrement par les débris biologiques	0.55	0.05	0.73	1.79	0 / 0.48 / 2.97
% recouvrement par les cavités	9.88	11.98	6.98	1.79	1.3 / 7.33 / 12.19
% recouvrement par les macrodéchets	0	0	0.16	0	0 / 0.06 / 0.57
CAI	0.4	0.5	0.61	0.69	0.32 / 0.61 / 0.87
% recouvrement par les bryozoaires totaux	0.85	0.99	1.98	3.2	0.63 / 3.39 / 8.72
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	15.06	22.14	27.76	32.57	1.4 / 24.57 / 39.79
Indice de Simpson	0.9	0.83	0.83	0.81	0.63 / 0.8 / 0.94
Indice de Shannon	2.7	1.77	2.22	2.18	1.48 / 2.2 / 3.15
% Nécroses parmi le vivant	0	0.3	0.12	3.11	0 / 0.66 / 3.11
Indicateur de perturbation	3.06	1.92	0	0.46	0 / 0.95 / 3.44
% Algues filamenteuses	0.96	0.74	0	0	0 / 0.54 / 2.95
% Algues total	54.3	63.91	65.51	66.71	0.39 / 58.07 / 85.44

% Algues brunes	0.19	0.89	0.46	1.15	0 / 0.97 / 8.22
% Algues vertes	0.76	1.92	0.12	0	0 / 0.3 / 1.92
% Algues rouges	53.35	61.09	64.94	65.55	0.24 / 56.79 / 85.44
% Mesophyllum spp.	14.15	27.22	24.22	30.99	0 / 33.43 / 79.94
% Lithophyllum spp.	17.78	3.11	12.8	1.38	0 / 4.49 / 17.78
% Peyssonnelia sp. Erigées	1.34	0.15	0.69	2.19	0 / 2.83 / 11.14
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	3.63	29.29	19.95	26.96	0 / 10.44 / 29.29
% Eponges	25.05	26.76	17.07	21.43	3.62 / 14.31 / 32.78
% Eponges massives	2.49	1.63	1.96	0.35	0 / 2.64 / 12.87
% Eponges encroutantes	22.56	25.15	15.11	21.08	2.38 / 11.67 / 27.59
% Axinella sp.	0	0.15	0	0.23	0 / 0.17 / 0.78
% Cliona spp.	14.91	13.76	6.57	13.94	0 / 5.61 / 14.91
% Gorgones	1.91	1.63	2.88	1.04	0 / 5.17 / 44.31
% Gorgones rouges	0	0	0	0	0 / 0.25 / 2.93
% Gorgones jaunes	0	0	0	0	0 / 0 / 0
% Corail rouge	0	0	0	0	0 / 0.14 / 1.73
% Bryozoaires encroutants	0.96	1.63	3.23	1.5	0 / 3.56 / 14.53
% Bryozoaires érigés	1.72	1.18	1.15	5.3	0 / 5.42 / 24.22

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableaux ci-dessus) entre 2012, 2016, 2018 et 2021 sur la station à -32 m montre que le **pourcentage de couverture par les organismes vivants est en augmentation au cours de suivis, et dépasse depuis 2018** la valeur moyenne régionale.

Le pourcentage de sédimentation est stable et légèrement plus bas que la moyenne régionale depuis 2016.

L'indicateur de perturbation est quasi nul depuis 2018 ; il a baissé par rapport à 2016 et 2012 (présence d'algues filamenteuses et de vers *Filograna / Salmacina sp* à ces dates).

La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, est moyenne en comparaison des autres stations de la région.

La valeur du CAI indique **une amélioration de l'état écologique qui devient bon en 2018 (reste bon en 2021) alors qu'il était moyen auparavant.**

Les principales différences concernant la répartition des grands groupes du vivant sur les neuf années de suivi sont une augmentation de la part des algues et notamment des algues rouges encroûtantes type *Peyssonnelia sp.* et *Mesophyllum sp*. ainsi que des bryozoaires érigés, en parallèle d'une légère diminution de la part des éponges et de la sédimentation. Les débris et le pourcentage de nécroses ont fortement augmenté depuis 2012.

La stratification du coralligène est stable au cours du temps, tout comme le cortège d'espèces : la strate haute est constituée par les gorgones blanches (*Eunicella singularis*). La strate moyenne (10 cm) est formée de bryozoaires érigés (*Myriapora truncata* en majorité) et d'éponges encroûtantes, et la basse (5 cm) par des algues corallines encroûtantes.

VI.B.6. Démographie des espèces érigées

La démographie des espèces érigées a été étudiée en 2012, 2018 et 2021. En 2021, on note la présence de gorgones nécrosées sur autre massif au Sud Est du principal. L'étude des nécroses des gorgones a été effectuée sur petit massif au Nord-Ouest du principal (près de balise photogrammétrie n°2) et l'étude de la taille gorgones a été réalisée sur un grand massif au sud-Est du massif principal (près de la balise photogrammétrie n°4).

VI.B.6.a. . Nécroses des peuplements

Les colonies de gorgones blanches *Eunicella singularis* sont en bon état avec environ 80 % des colonies présentant peu ou pas de nécrose. Notons qu'en 2018, 5 % des colonies étaient totalement nécrosés (Figure et tableau suivants). Ces nécroses sont plutôt anciennes et localisées.

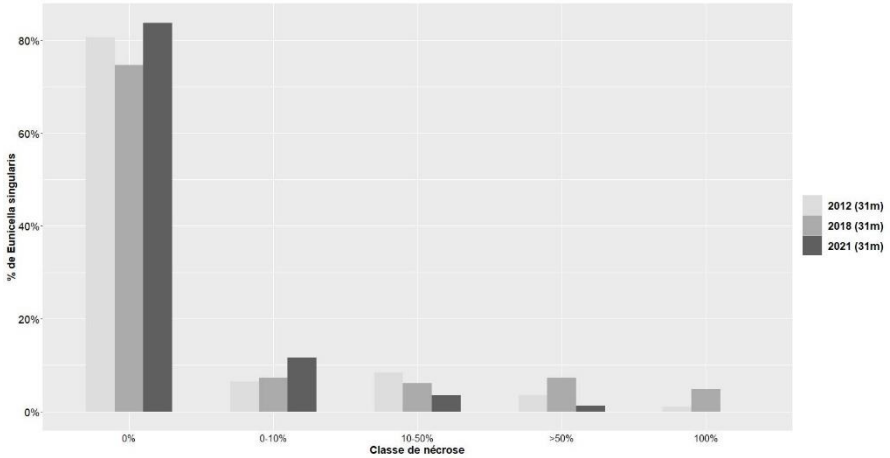


Figure 21 : Site Grand Roc. Nécroses des peuplements de gorgones blanches Eunicella singularis

Tableau 5 : Comparaison des données de nécrose pour les gorgones blanches Eunicella singularis *à l'échelle régionale.*

Région	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Échelle de comparaison Région Occitanie Légende
Masse d'eau	FRDC02a	FRDC02a	FRDC02a	
Site	Grand roc	Grand roc	Grand roc	
Profondeur	31	31	31	
Année	2012	2018	2021	
Espèce	Eunicella singularis	Eunicella singularis	Eunicella singularis	
% nécrose:0	80.69	74.7	83.72	0 — 57.22 — 100
% nécrose:1-10	6.44	7.23	11.63	0 — 24.42 — 95.24
% nécrose:11-50	8.42	6.02	3.49	0 — 11.96 — 33.33
% nécrose:51-99	3.47	7.23	1.16	0 — 3.6 — 14.52
% nécrose:100	0.99	4.82	0	0 — 2.81 — 20
% nécroses anciennes	58.97	61.9	100	0 — 70.08 — 100
% nécroses récentes	41.03	38.1	0	0 — 12.27 — 60
% nécroses diffuses	20.51	0	0	0 — 2.81 — 27.27
% nécroses localisées	79.49	100	100	0 — 73.66 — 100
Nombre total	202	83	86	2 — 49.59 — 202

VI.B.6.b. Structure en taille

Les colonies de gorgones blanches *Eunicella singularis* de 2012 ont grandi et sont depuis 2018 de taille moyenne, toutefois le recrutement semble peu efficace car aucune petite colonie n'a été observée depuis 2012. La taille maximale relevée est de 51 cm en 2021 (Tableau 3).

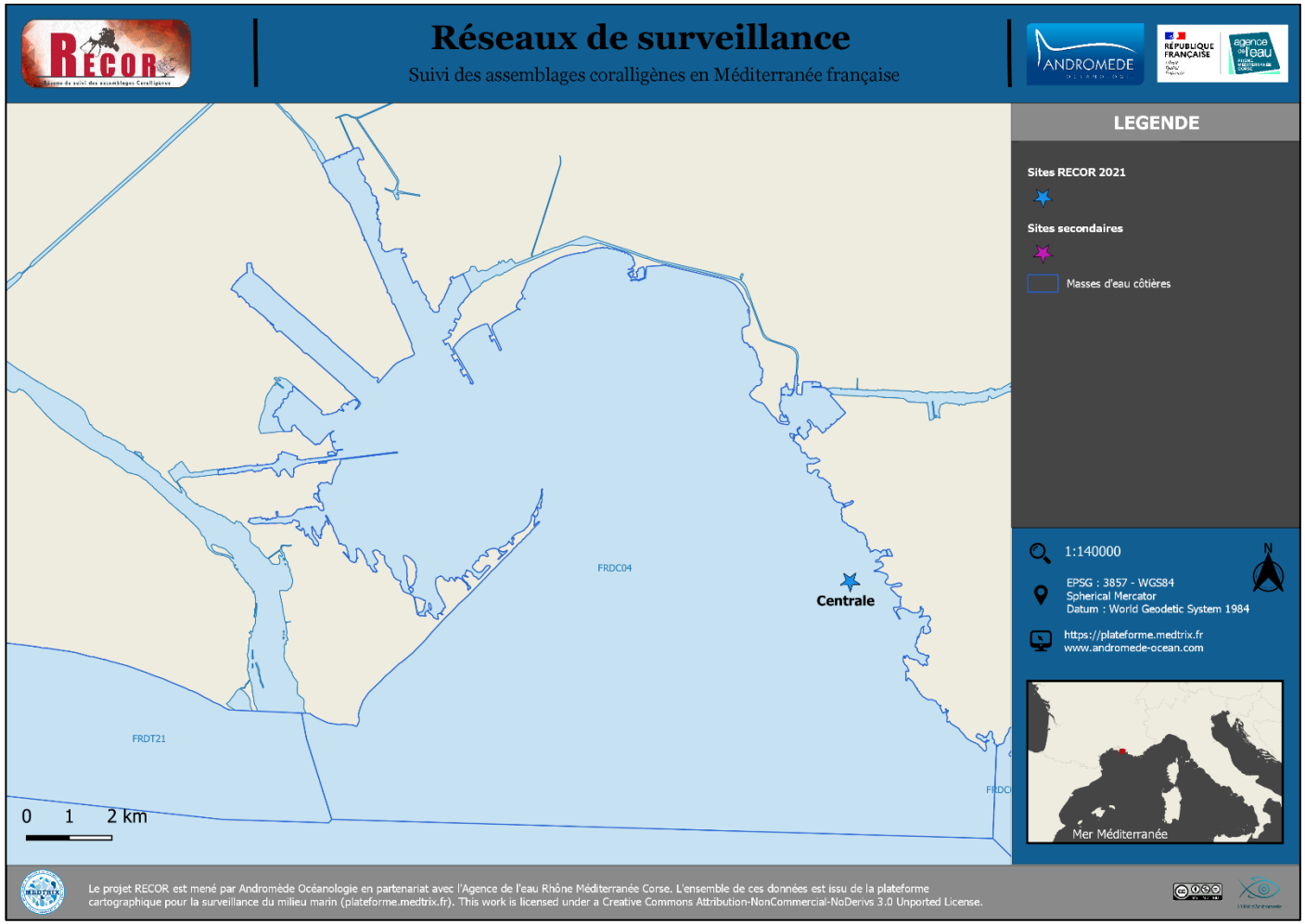
Tableau 6 : Comparaison des données de structure en taille pour les gorgones blanches Eunicella singularis *à l'échelle régionale.*

Région	Occitanie	Occitanie	Occitanie	Échelle de comparaison Région Occitanie Légende
Masse d'eau	FRDC02a	FRDC02a	FRDC02a	
Site	Grand roc	Grand roc	Grand roc	
Profondeur	31	31	31	
Année	2012	2018	2021	
Espèce	Eunicella singularis	Eunicella singularis	Eunicella singularis	
nb petits	13	0	1	0 — 6.42 — 53
% petits	20	0	8.33	0 — 14.35 — 77.94
nb moyens	52	23	10	0 — 17.42 — 52
% moyens	80	100	83.33	0 — 75.69 — 100
nb grands	0	0	1	0 — 0.25 — 1
% grands	0	0	8.33	0 — 9.95 — 100
Nombre total	65	23	12	1 — 24.08 — 68
Taille max (cm)	50	45	51	15 — 42.08 — 68

MASSE D'EAU FRDC04 :

GOLFE DE FOS

La masse d'eau FRDC04 comprend un site RECOR : Centrale.



VI.C. Site « Centrale »

VI.C.1. Présentation du site

Le site Centrale est un massif de coralligène situé dans la masse d'eau FRDC04. Il a été échantillonné à – 17 m, sur le haut du massif, en 2012, 2015, 2018 et 2021.

En 2021, les plongeurs ont observé des girelles (*Coris julis*), des castagnoles (*Chromis chromis*), un gros oursin violet (*Sphaerechinus granularis*), une étoile de mer peigne (*Astropecten spinulosus*), des holothuries, de nombreux nudibranches.

Des engins de pêche (grand filet) sont présents sur le site.

Caractéristiques du site		
Nom du site	centrale	
Coordonnées (L93)	Latitude :	Longitude :
Piquet:	43 21.784	05 00.153
Capteur(s) de température	43 21.784	05 00.153
Profondeur du piquet (m)	20	
Date d'échantillonnage	12/06/2021	
Profondeur des stations (m)	20	
Remarques sur les stations	Le point GPS du Piquet est situé entre les tombants sur un gros eboulis. La station de quadrats se trouve à proximité Sud-Est, sur site de photogrammétrie. Les quadrats sont réalisés entre les 4 bouées de photogrammétrie. Les gorgones sont à 20 m au NE du site, et localisées à -17 m.	
Capteur(s) de température		
Date de pose	12/06/2021	
Heure de lancement	20h00	
N° capteur	20125771	
Profondeur du capteur (m)	20m	
Paramétrage	1 mesure toutes les 30 minutes	
Description de la zone	L'ancien capteur a été retrouvé sur le piquet, un nouveau a été posé. Le piquet est sur un petit massif de 1m² sur le détritique à proximité des plus gros massifs.	

VI.C.1. Photographies du site

Le capteur de température a été positionné sur le piquet à -20 m.

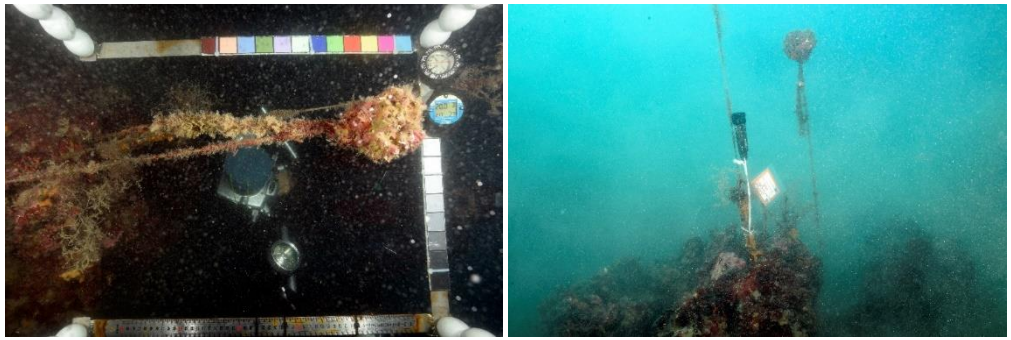


Figure 22 : [1] Ancien apteur de température retrouvé sur le site en 2021 ; [2] Nouveau capteur de température positionné en 2021.

La modélisation en 3D sur le site par photogrammétrie permet une vision globale du site tout comme une vision plus précise si nécessaire à l'aide de zooms. Les modèles 3D sont disponibles sur la plateforme Medtrix dans les projets « MODEL » et « RECOR ».

Les modèles ont été réalisés en 2018 et 2021 sur l'ensemble du massif. En 2021, la zone de photogrammétrie se situe au même endroit que celle des quadrats photographiques :



Figure 23 : Positionnement d'une partie des quadrats photographiques (en vert) sur le modèle photogrammétrique en 2021..

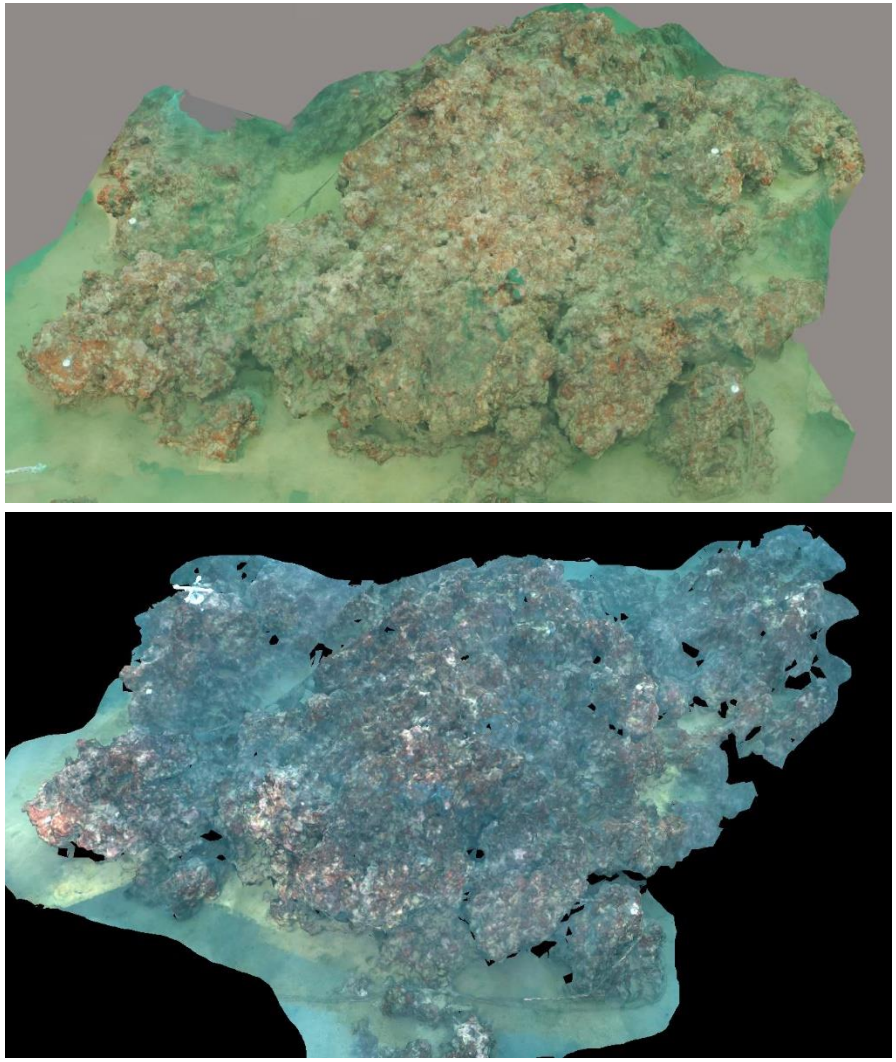


Figure 24 : Vues globales de face du site Centrale reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (en haut) et en 2021 (en bas).

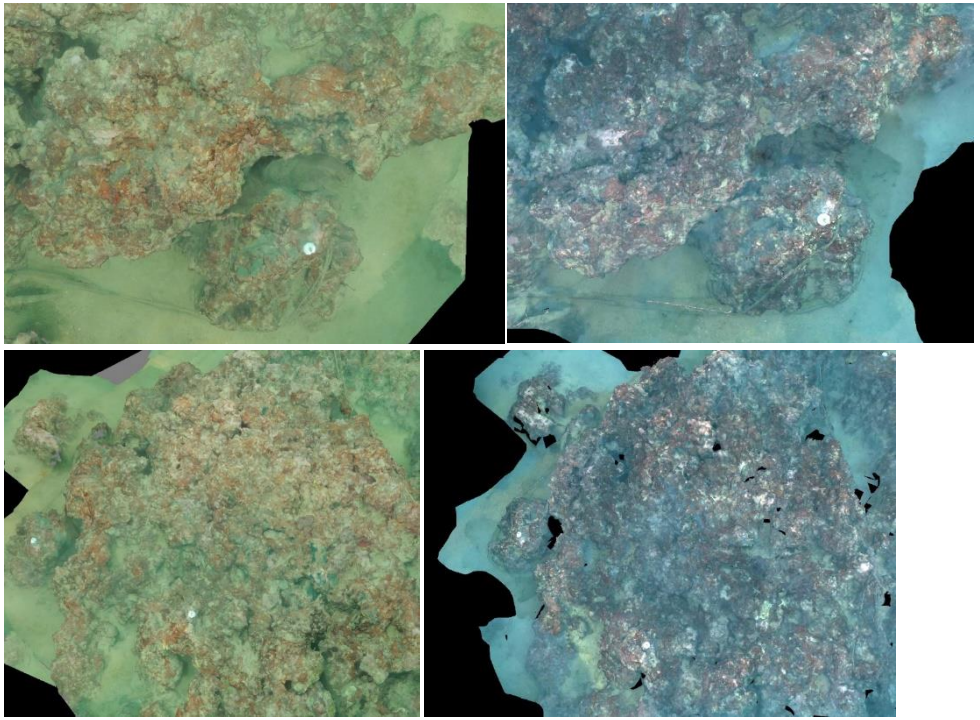


Figure 25 : Vues zoomées du site Centrale reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (à gauche) et en 2021 (à droite).

VI.C.1. Description générale du site

Description générale						
Type physionomique	Massif					
Structures particulières						
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions						
Station(s)	Profondeur (m) : 20					
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du…					
	cm	dm	m			
	40	50	10			
Typologie / profondeur (m)						
Stratification						
	Profondeur (m) : 20					
	Nature :		Hauteur (cm) :			
Strate haute	*NA*		10			
Strate moyenne	Bryozoaires érigés		5			
Strate basse	*Peyssonnelia sp, Mesophyllum sp.*		2			
Orientation						
Géographique	Sur le haut du massif, pas d'orientation spécifique					
Par rapport au courant	Pas de courant, visibilité 4m					
Extensions bathymétriques (m)	Minimum	Maximum		Minimum	Maximum	
Coralligène	16	20	***Halimeda tuna***	16	20	
Paramuricea clavata	pas présente		***Flabellia petiolata***	pas présente		
Eunicella cavolinii	16	18	**Algues filamenteuses**	pas présentes		
Autres gorgones : singularis	16	18	**Autres : …**			
Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☐ Macrodéchets	☐ Autres: …	
Remarques :	Présence d'un grand filet en travers du site de photogrammétrie.					
Température de l'eau (°C)	18					
Inclinaison						
Visibilité (m)	4					
Profondeur thermocline						
Espèces particulières	Girelles (*Coris julis*), castagnoles (*Chromis chromis*), un gros oursin violet (*Sphaerechinus granularis*), une étoile de mer peigne (*Astropecten spinulosus*), holothuries, nombreux nudibranches.					

Démographie des espèces érigées				
Date d'échantillonnage	12/06/2021			
Quadrat de 2m² (structure en taille et densité des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☑ Eunicella singularis (ES)	☐ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur (m)	17	17		
30 quadrat de 50x50 cm (Nécrose des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☑ Eunicella singularis (ES)	☐ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur moyenne (m)	17			

VI.C.2. **Analyse des quadrats photographiques 2021**

VI.C.2.a. Centrale, -17 m (2021)

Sur la station à **-17 m**, les quadrats sont couverts à **81,1 % par des organismes vivants** et à **16 % par du sédiment**.

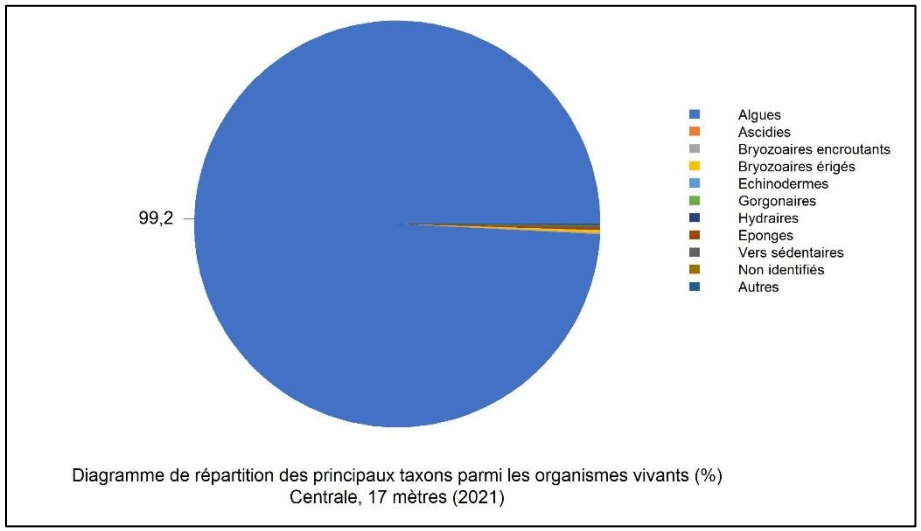


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Centrale, 17 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent très largement à -17 m (99,2 % des organismes vivants) avec uniquement des algues rouges (2,8 % d'algues rouges encroutantes nécrosées). **Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse** avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* de type encroûtant** (*M. alternans* – 31 %) et quelques *Lithophyllum sp.* et surtout des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces de type érigé (55,9 %) et encroutant (29,3 %).

L'autre groupe du vivant représenté sur le site est celui des **bryozoaires érigés** (0,2 %, *Myriapora truncata*)



*Figure 26 : Station Centrale à -17 m (2018). [1] Filet abandonné ; [2] Gorgones blanches et jaunes ; [3] quadrats photographiques en cours d'acquisition par un plongeur ; [4] étoile de mer sur algues rouges encroûtantes (*Peyssonnelia rosa-marina*).*

VI.C.3. **Photographies des quadrats**

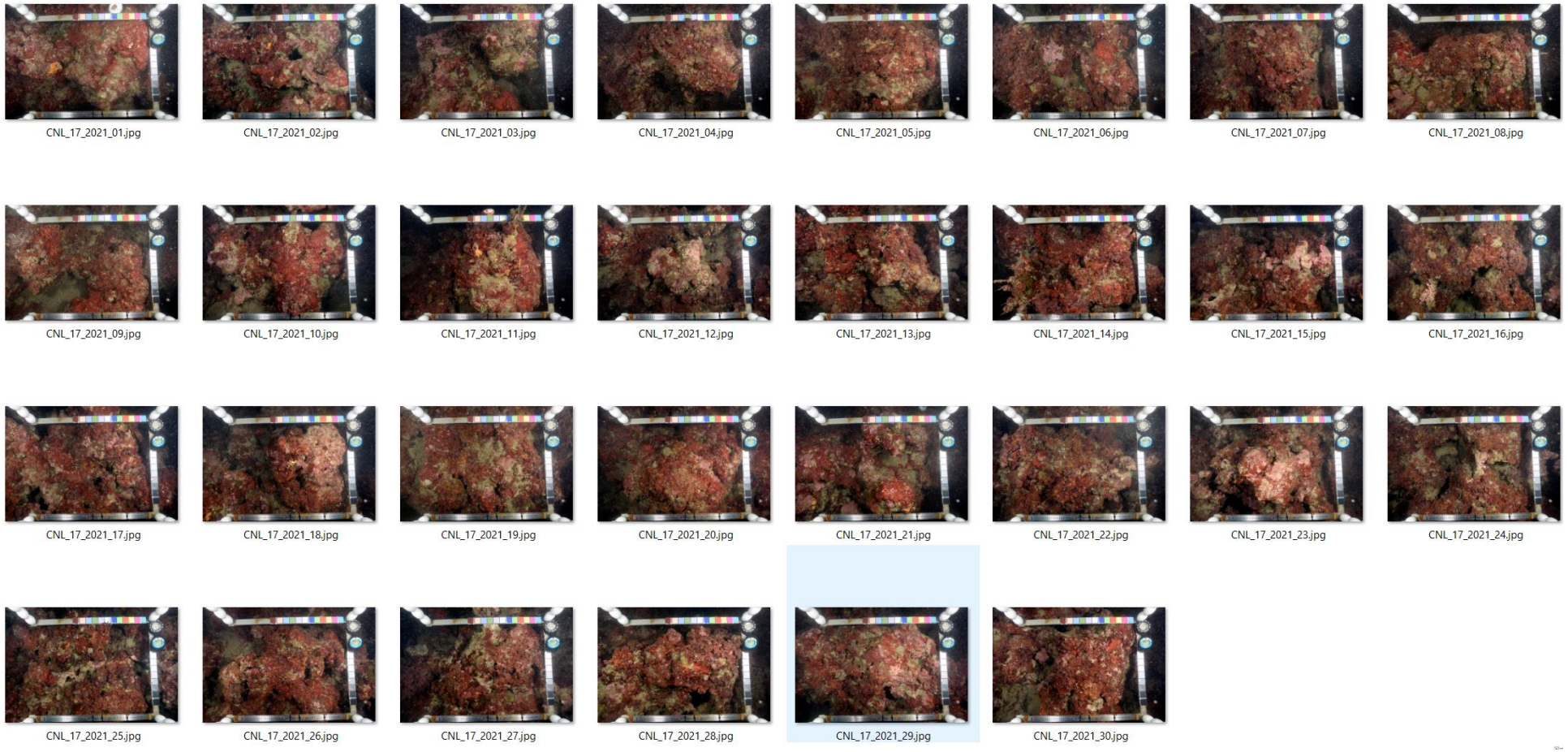


Figure 27 : Site Centrale– Quadrats photographiques à -17 m (2021).

VI.C.4. **Analyse comparative des quadrats**

Tableau 7: Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC04	FRDC04	FRDC04	FRDC04	
Site	Centrale	Centrale	Centrale	Centrale	
Profondeur	17	17	17	17	
Année	2012	2015	2018	2021	
% recouvrement par le vivant	57.87	61.88	57.08	81.13	14.32 — 59.27 — 94.81
% recouvrement par le non vivant	42.13	38.13	42.92	18.87	5.19 — 40.73 — 85.68
% recouvrement par le sédiment	36.5	32.03	30.26	16	2.19 — 29.47 — 79.54
% recouvrement par les débris biologiques	0.12	0.05	0.1	0.22	0 — 1.72 — 14.77
% recouvrement par les cavités	5.33	5.42	11.25	2.32	0 — 5.61 — 22.21
% recouvrement par les macrodéchets	0	0	1.25	0.28	0 — 0.12 — 2.34
CAI	0.45	0.46	0.5	0.62	0.08 — 0.43 — 0.79
% recouvrement par les bryozoaires totaux	2.69	0.78	1.2	0.22	0.1 — 2.89 — 18.15
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	43.78	50	56.25	79.58	1.05 — 33 — 79.58
Indice de Simpson	0.81	0.83	0.85	0.59	0.35 — 0.8 — 0.95
Indice de Shannon	2.24	2.54	2.36	1.17	0.99 — 2.24 — 3.2
% Nécroses parmi le vivant	0.21	0	1	2.79	0 — 1.2 — 9.77
Indicateur de perturbation	6.67	1.52	0.09	0	0 — 7.74 — 91.69
% Algues filamenteuses	4.02	1.52	0	0	0 — 6.52 — 91.45
% Algues total	86.14	95.79	97.26	99.18	0 — 68.1 — 99.39

% Algues brunes	0	0.25	0	0	0 — 8.36 — 71.56
% Algues vertes	4.13	1.01	0	0	0 — 5.56 — 91.76
% Algues rouges	82.01	94.53	97.26	99.18	0 — 54.18 — 99.18
% Mesophyllum spp.	4.97	4.55	14.23	8.23	0 — 24.57 — 70.87
% Lithophyllum spp.	2.12	1.43	2.28	1.9	0 — 3.02 — 24.22
% Peyssonnelia sp. Erigées	0.21	43.52	30.75	55.99	0 — 6.7 — 55.99
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	65.71	30.3	48.81	29.32	0 — 15.43 — 65.71
% Eponges	0.85	1.43	0	0.2	0 — 14.68 — 91.06
% Eponges massives	0.32	0	0	0.14	0 — 3.92 — 32.68
% Eponges encroutantes	0.53	1.43	0	0.07	0 — 10.76 — 66.07
% Axinella sp.	0	0	0	0	0 — 0.83 — 9.61
% Cliona spp.	0	0.84	0	0	0 — 0.41 — 5.96
% Gorgones	0	0	0	0	0 — 5.27 — 37.82
% Gorgones rouges	0	0	0	0	0 — 2.87 — 33.68
% Gorgones jaunes	0	0	0	0	0 — 1.89 — 21.09
% Corail rouge	0	0	0	0	0 — 0.45 — 31.5
% Bryozoaires encroutants	0.53	0.76	1.28	0.07	0 — 2.93 — 17.98
% Bryozoaires érigés	4.13	0.51	0.82	0.2	0 — 2.23 — 18.28

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableaux ci-dessus) entre 2012, 2015, 2018 et 2021 sur la station à -17 m montre que le **pourcentage de couverture par les organismes vivants était stable jusqu'en 2018** (autour de la moyenne régionale) et qu'**en 2021 celui-ci augmente fortement** (+25 %) **en lien avec une baisse de la sédimentation** (-15 %).

Les taux de débris sont stables alors que **les nécroses des algues rouges sont en augmentation** (0,21 % en 2012, 2,8 % en 2021).

L'indicateur de perturbation diminue au cours du temps, il est nul en 2021. Les algues filamenteuses ont disparu en 2018 après une diminution entre 2012 et 2015.

La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, était moyenne jusqu'en 2018 en comparaison des autres stations de la région. **En 2021, la biodiversité diminue** avec des indices de Simpson et de Shannon en-dessous de la moyenne régionale (moins d'espèces de bryozoaires observées, car couverture algale plus importante).

La valeur du CAI augmente au cours des suivis. Alors qu'elle indiquait un état écologique moyen entre 2012 et 2018, **en 2021 le CAI indique un état bon du site Centrale. Cette augmentation s'explique par celle des espèces constructrices** *via* une augmentation de la couverture par les *Peyssonnelia sp*. (surtout des espèces érigées) et par une baisse du pourcentage de sédimentation.

La répartition des grands groupes du vivant a peu changé entre 2012 et 2021. Le site et son cortège d'espèces semblent stables.

VI.C.5. Démographie des espèces érigées

Sur le site, les gorgones blanches *Eunicella singularis* et jaunes *Eunicella cavolinii* ont été échantillonnées à -17 m en 2012, 2015, 2018 et 2021. En 2021, les gorgones ont été étudiées à 20 mètres au Nord-Est du site.

VI.C.5.a. . Nécroses des peuplements

Jusqu'en 2018, les colonies de gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* étaient en bon état (>80 % de colonies sans nécrose) même si des nécroses anciennes diffuses étaient visibles (17 % de colonies nécrosées entre 11 et 50 % en 2018). En 2021 seuls deux individus ont été observés (Figure et tableaux suivants).

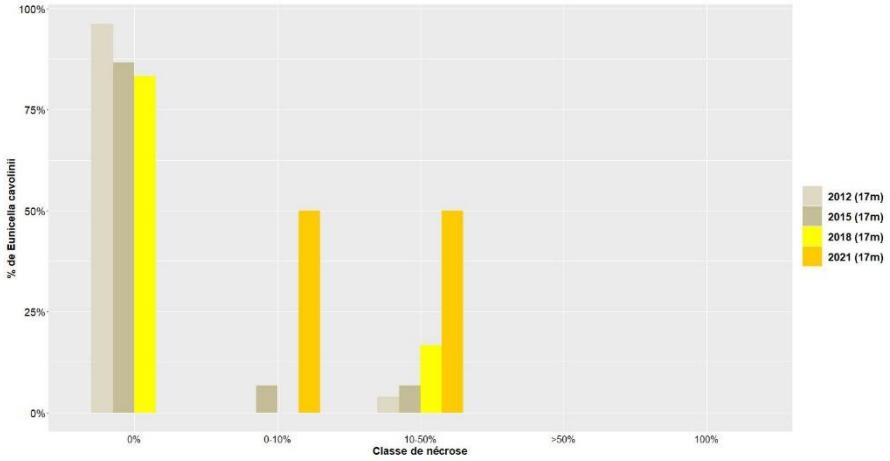


Figure 28 : Site centrale. Nécroses des peuplements de gorgones jaunes Eunicella cavolinii.

Jusqu'en 2018, les colonies de gorgones blanches *Eunicella singularis* étaient en excellent état par contre en 2021 on observe une dégradation de l'état des colonies : seuls 40 % des individus sont sains, 40 % présentent des nécroses dites naturelles (<10 % de nécroses), 13 % sont nécrosés entre 11 et 50 % et 7 % sont morts (Figure et tableaux suivants).

Les nécroses observées jusqu'en 2018 étaient toutes anciennes alors qu'en 2021 on observe 39 % des nécroses récentes, majoritairement localisées.

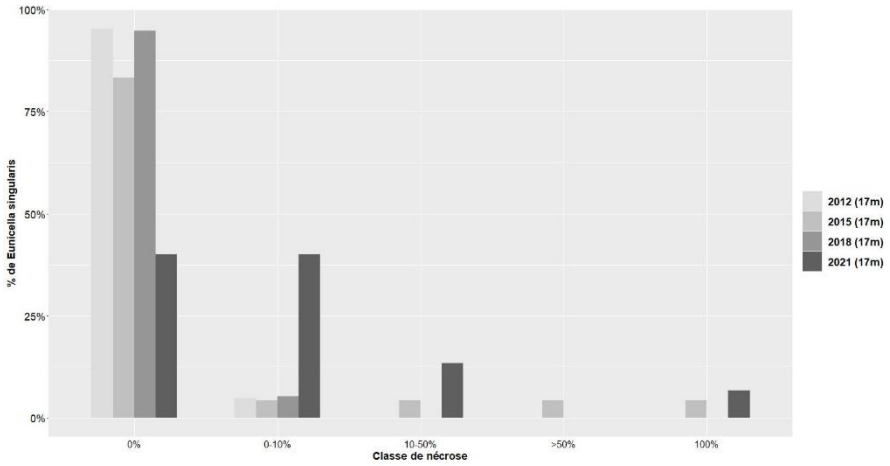


Figure 29 : Site centrale. Nécroses des peuplements de gorgones blanches Eunicella singularis.

Tableau 8 : Comparaison des données de nécrose pour les gorgones blanches Eunicella singularis *et les gorgones jaunes* Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC04	FRDC04	FRDC04	FRDC04	FRDC04	FRDC04	FRDC04	FRDC04	
Site	Centrale	Centrale	Centrale	Centrale	Centrale	Centrale	Centrale	Centrale	
Profondeur	17	17	17	17	17	17	17	17	
Année	2012	2012	2015	2015	2018	2018	2021	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Eunicella singularis	Eunicella cavolinii	Eunicella singularis	Eunicella cavolinii	Eunicella singularis	Eunicella cavolinii	Eunicella singularis	
% nécrose:0	96.15	95.24	86.67	83.33	83.33	94.87	0	40	0 100 70.01
% nécrose:1-10	0	4.76	6.67	4.17	0	5.13	50	40	0 100 13.11
% nécrose:11-50	3.85	0	6.67	4.17	16.67	0	50	13.33	0 100 8.67
% nécrose:51-99	0	0	0	4.17	0	0	0	0	0 82.35 5.52
% nécrose:100	0	0	0	4.17	0	0	0	6.67	0 100 2.69
% nécroses anciennes	100	100	100	100	100	100	50	61.11	0 100 69.56
% nécroses récentes	0	0	0	0	0	0	50	38.89	0 100 15.33
% nécroses diffuses	0	0	0	33.33	100	50	0	16.67	0 100 32.75
% nécroses localisées	100	100	100	66.67	0	50	100	83.33	0 100 49.62
Nombre total	26	21	30	48	6	39	2	30	1 213 48.39

VI.C.5.b. Structure en taille

Quelle que soit l'espèce, il n'y a plus aucune petite colonie depuis 2018 et la taille des plus grandes colonies est stable pour les gorgones blanches. La taille des gorgones jaunes a diminué en 2018 (mortalité suite aux nécroses ?) : les plus grandes colonies mesurent 25 cm pour les gorgones jaunes (données de 2018) et 45-50 cm pour les gorgones blanches (taille constante depuis 2012) (Tableau 3).

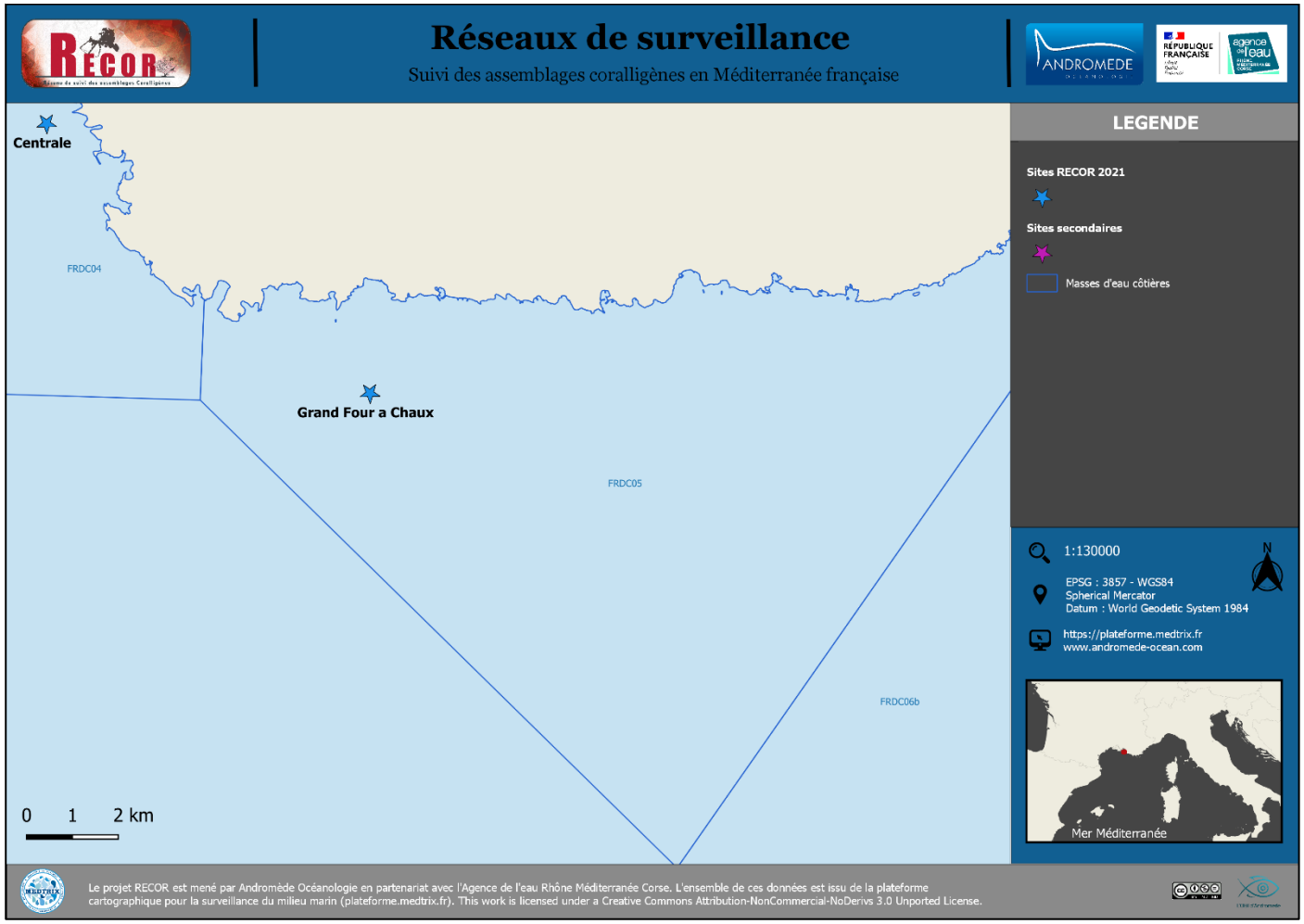
Tableau 9 : Comparaison des données de structure en taille pour les gorgones blanches Eunicella singularis *et les gorgones jaunes* Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC04	FRDC04	FRDC04	FRDC04	FRDC04	FRDC04	FRDC04	
Site	Centrale	Centrale	Centrale	Centrale	Centrale	Centrale	Centrale	
Profondeur	17	17	17	17	17	17	17	
Année	2012	2012	2015	2015	2018	2018	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Eunicella singularis	Eunicella cavolinii	Eunicella singularis	Eunicella cavolinii	Eunicella singularis	Eunicella singularis	
nb petits	8	2	1	0	0	0	0	0 — 30 — 2.5
% petits	44.44	16.67	11.11	0	0	0	0	0 — 100 — 13.15
nb moyens	10	10	8	7	4	2	4	0 — 40 — 11.26
% moyens	55.56	83.33	88.89	100	100	100	100	0 — 100 — 68.07
nb grands	0	0	0	0	0	0	0	0 — 24 — 3.49
% grands	0	0	0	0	0	0	0	0 — 100 — 18.78
Nombre total	18	12	9	7	4	2	4	1 — 61 — 17.25
Taille max (cm)	45	50	40	45	25	50	45	5 — 200 — 60.99

MASSE D'EAU FRDC05 :

CÔTE BLEUE

La masse d'eau FRDC05 comprend un site RECOR : Grand Four à Chaux.



VI.D. Site « Grand Four à Chaux »

VI.D.1.Présentation du site

Le site RECOR Grand Four à Chaux est situé au sein du Parc Marin de la Côte Bleue. Il a été échantillonné à trois profondeurs en 2012 et en 2018 (-40, -43 et -45 m), à une profondeur en 2015 (-40 m) et à deux profondeurs en 2021 (-40, -45 m).

En 2021, la station à -40 m se situe à proximité Nord de l'ancien piquet de suivi (arraché) sur un massif en longueur. La série de quadrats photographiques à -45 m est réalisée sur un massif à proximité (25 m) à l'Ouest du massif principal (plus au Sud de la station -40 m).

Des engins de pêche (lignes de pêche, une ancre) sont observés en 2021, qui ont provoqué l'arrachage du piquet et abimé les gorgones.

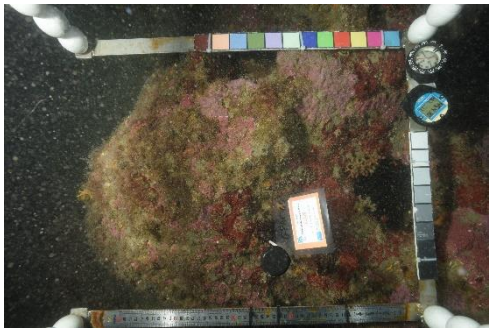
Caractéristiques du site		
Nom du site	Grand four à chaux	
Coordonnées (L93)	Latitude :	Longitude :
Piquet:	43 18 625	05 05 362
Profondeur du piquet (m)	40m	
Date d'échantillonnage	11/06/2021	
Profondeur des stations (m)	40	45
Remarques sur les stations	Site qui s'étend entre 40 m et 50m. Le piquet était sur le haut du tombant à l'Ouest du site à -40 m où tombe le point GPS. Il a été arraché par des engins de pêche lors du suivi 2021. L'étude des gorgones a été réalisée autour du piquet également avec démographie des gorgones jaunes à côté du piquet sur le haut du massif. Gorgones très abimées par engins de pêche ou très jolies regroupées : contrasté. Quadrats à -40m à proximité N de l'ancien piquet de suivi (arraché en 2021) sur un massif en longueur dans la zone de photogrammétrie. Quadrats à -45m sur un massif à proximité (25m) à l'Ouest du massif principal (plus au Sud de la station 40m)	

Trois capteurs de température ont été positionnés :

Capteur(s) de température	
Date de pose	11/06/2021
Heure de lancement	20h00
N° capteur	
capteur (m)	40m
Paramétrage	1 mesure toutes les 30
Description de la zone	Sur le piquet de suivi en bordure sur le haut du tombant à proximité de la zone de PG



11/06/2021	
20h00	
45m	
1 mesure toutes les 30 minutes	
En partant du piquet se diriger vers le Sud, à 50m sur la droite petit massif avec le capteur fixé sur le coralligène	



11/06/2021	
20h00	
48m	
1 mesure toutes les 30 minutes	
Dans le prolongement du massif principal vers le Sud, petits massifs en contrebas. Le capteur est situé à proximité du détritique, fixé dans le coralligène, à au moins 50 m de distance.	



Figure 30 : Caractéristiques et illustrations des capteurs de température positionnés en 2021.

VI.D.1.**Photographies du site**

La modélisation en 3D sur le site par photogrammétrie permet une vision globale du site tout comme une vision plus précise si nécessaire à l'aide de zooms. Les modèles 3D sont disponibles sur la plateforme Medtrix dans les projets « MODEL » et « RECOR ».

Les modèles ont été réalisés en 2018 et 2021 sur les mêmes massifs. En 2021, la zone de photogrammétrie se situe au même endroit qu'une partie des quadrats photographiques de la station à -40 m :

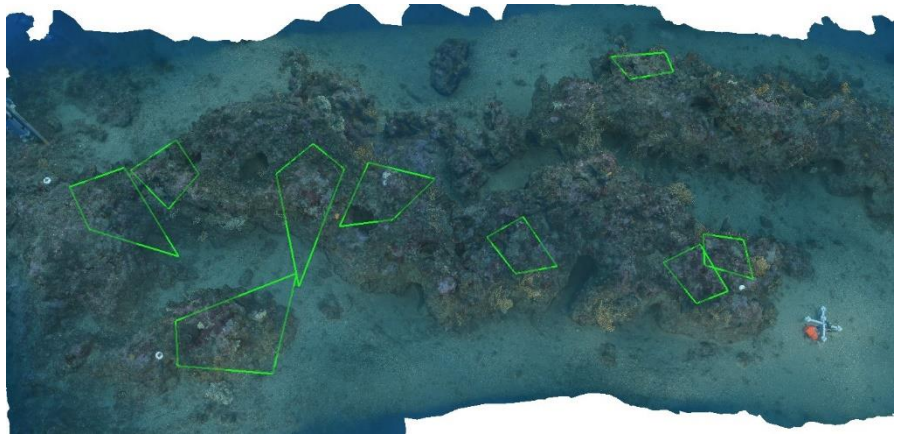


Figure 31 : Positionnement d'une partie des quadrats photographiques (en vert) sur le modèle photogrammétrique en 2021.

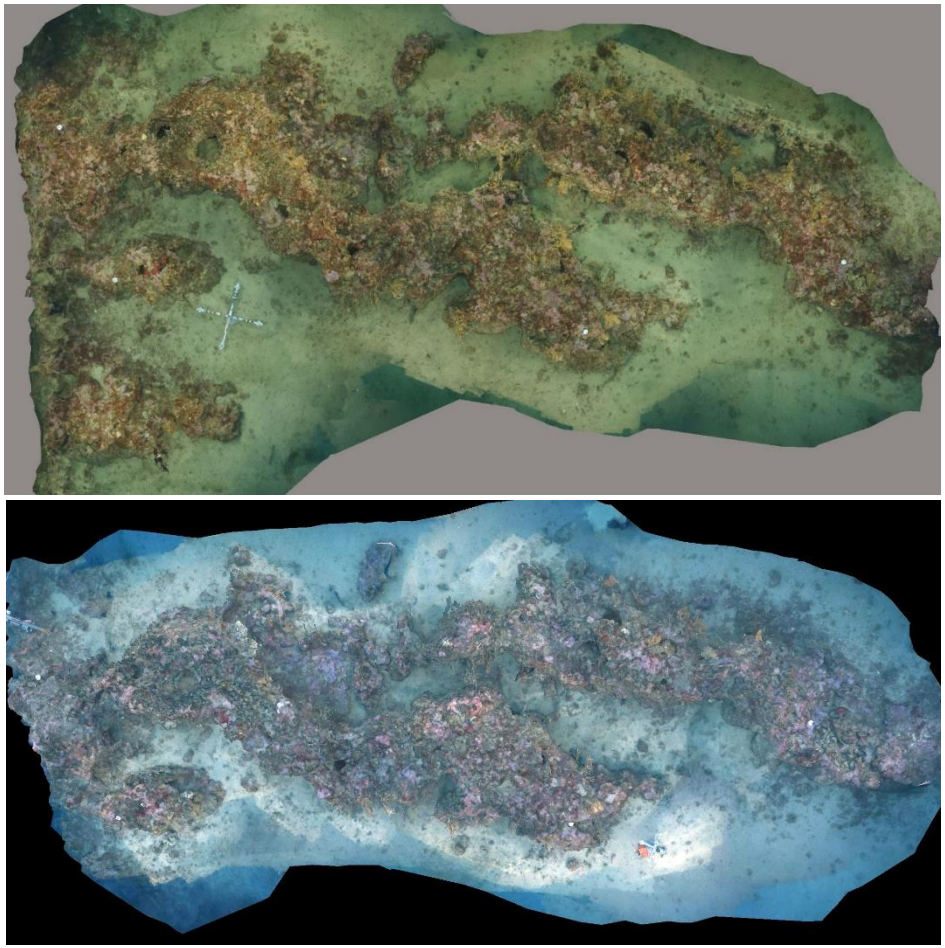


Figure 32 : Vues de-dessus du site Grand Four à Chaux reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (en haut) et en 2021 (en bas).

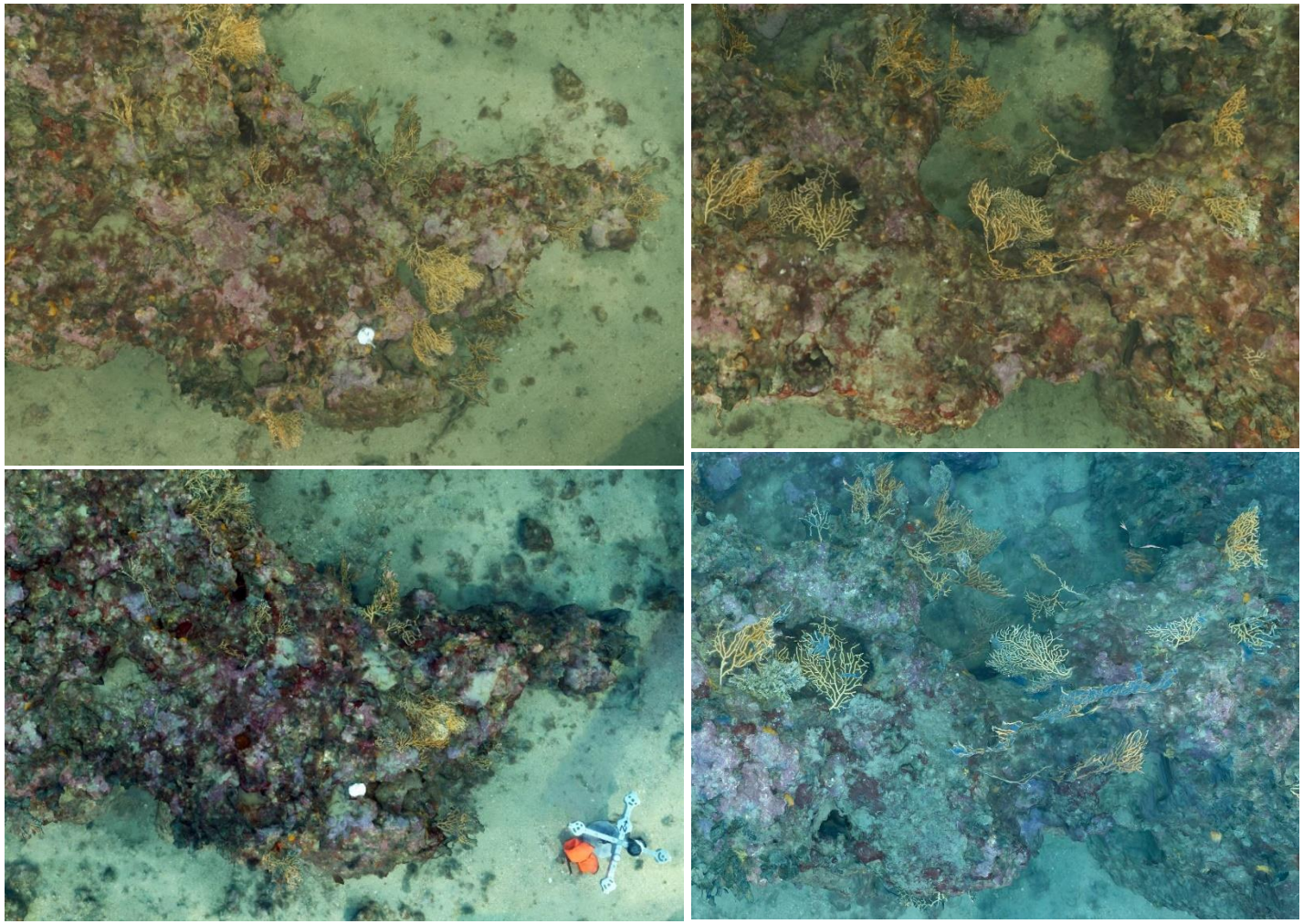


Figure 33 : Vues zoomées du site Grand Four à Chaux reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (à gauche) et en 2021 (à droite).

VI.D.2.**Description générale du site**

Description générale						
Type physionomique	Massif					
Structures particulières						
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions						
Station(s)	**Profondeur (m) : 40**			**Profondeur (m) : 45**		
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du…					
	cm	dm	m	cm	dm	m
	90	**10**		**90**	**10**	
Typologie / profondeur (m)		**2**			**2**	

Stratification				
	Profondeur (m) : 40		**Profondeur (m) : 45**	
	Nature :	Hauteur (cm) :	Nature :	Hauteur (cm) :
Strate haute	*Eunicella cavolinii*	30-40	*Axinella sp.*	10
Strate moyenne	*Flabellia petiolata,* bryozoaires érigés	10	Bryozoaires érigés	5
Strate basse	*Mesophyllum sp.*		*Mesophyllum sp.*	0

Orientation	
Géographique	Massif orienté Nord/Sud
Par rapport au courant	Est

Extensions bathymétriques (m)	**Minimum**	**Maximum**		**Minimum**	**Maximum**
Coralligène	43	47	***Halimeda tuna***		
Paramuricea clavata (sur massif du capteur à -48m)	43	48	***Flabellia petiolata***		
Eunicella cavolinii (sur le site du piquet)	43	47	**Algues filamenteuses**		
Autres gorgones : …			**Autres : …**		

Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☐ Macrodéchets	☐ Autres: …
Remarques :	Lignes de pêche, une ancre				

Température de l'eau (°C)	15
Inclinaison	
Visibilité (m)	10
Profondeur thermocline	

Espèces particulières	Deux énormes mérous bruns *Epinephelus marginatus* (>1 m) et autres mérous plus petits (50 cm environ), un congre *Conger conger* (>1m), œufs de raies sur un des capteurs, gorgonocéphales *Astrospartus mediterraneus*

Démographie des espèces érigées				
Date d'échantillonnage	**11/06/2021**			
Quadrat de 2m² (structure en taille et densité des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☐ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur (m)	40			
30 quadrat de 50x50 cm (Nécrose des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☐ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur moyenne (m)	40			

VI.D.3.**Analyse des quadrats photographiques 2021**

VI.D.3.a. Grand Four à Chaux, -40 m (2021)

Sur la station à -**40 m**, les quadrats sont couverts à **54,1 % par des organismes vivants** et à **43,1 % par du sédiment**.

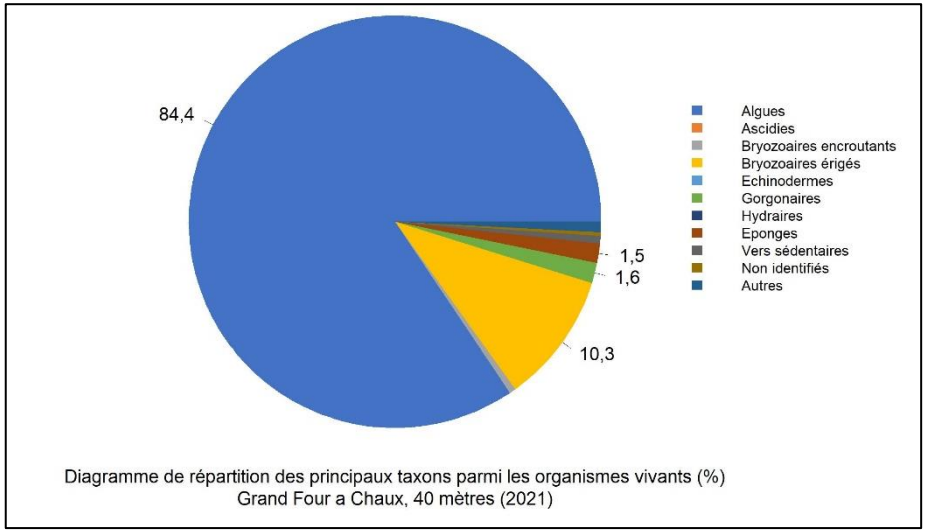


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Grand Four a Chaux, 40 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -40 m (84,4 % des organismes vivants) avec des algues rouges (60,9 % - 1 % d'algues rouges encroutantes nécrosées) et des algues vertes (23,5 % - *Flabellia petiolata*). **Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse** avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* de type encroûtant** (*M. alternans* – 33,7 %) et quelques *Lithophyllum sp.* (2,5 %)) et des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces de type érigé (0,9 %) et surtout encroutant (11,7 %).

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -40 m le groupe dominant est celui des **bryozoaires** : 0,5 % sont encroûtants (non identifiés et *Schizomavella mamillata*) et 10,3 % sont érigés avec *Crisia sp* majoritaire et *Myriapora truncata*. **Les bryozoaires érigés constituent la strate moyenne du coralligène avec les algues vertes *Flabellia petiolata***. On trouve ensuite les **gorgones** (1,6 %, *Eunicella cavolinii*), les **éponges** (1,5 %, principalement *Axinella damicornis*).

VI.D.3.a. Grand Four à Chaux, -45 m (2021)

Sur la station à -**45 m**, les quadrats sont couverts à **45,9 % par des organismes vivants** et à **49,4 % par du sédiment**.

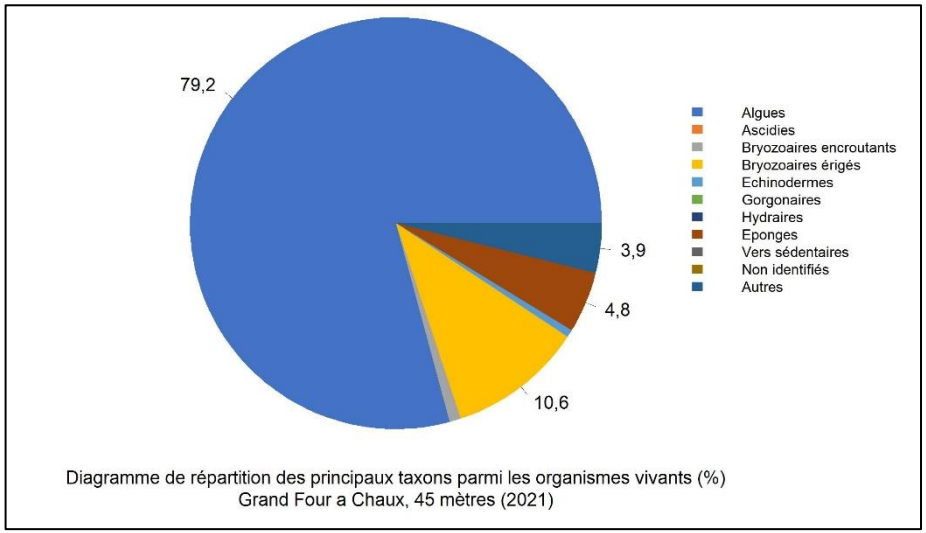


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Grand Four a Chaux, 45 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -45 m (79,2 % des organismes vivants) avec des algues rouges (79,1 % - 1,9 % d'algues rouges encroutantes nécrosées). **Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse** avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* (63,8 %) de type encroûtant** (*M. alternans*) et quelques *Lithophyllum sp.* (1,4 %)) et des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces encroutantes (9,9 %).

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -45 m le groupe dominant est celui des **bryozoaires** : 0,9 % sont encroûtants (non identifiés et *Schizomavella mamillata*) et 10,6 % sont érigés avec *Crisia sp* (majoritaire) et *Myriapora truncata*. **Les bryozoaires érigés constituent la strate moyenne du coralligène.**

On trouve ensuite les **éponges** (4,8 %) principalement encroûtantes : *Cliona viridis, Spirastrella cunctatrix,* espèces non identifiées.

VI.D.4.**Photographies des quadrats**

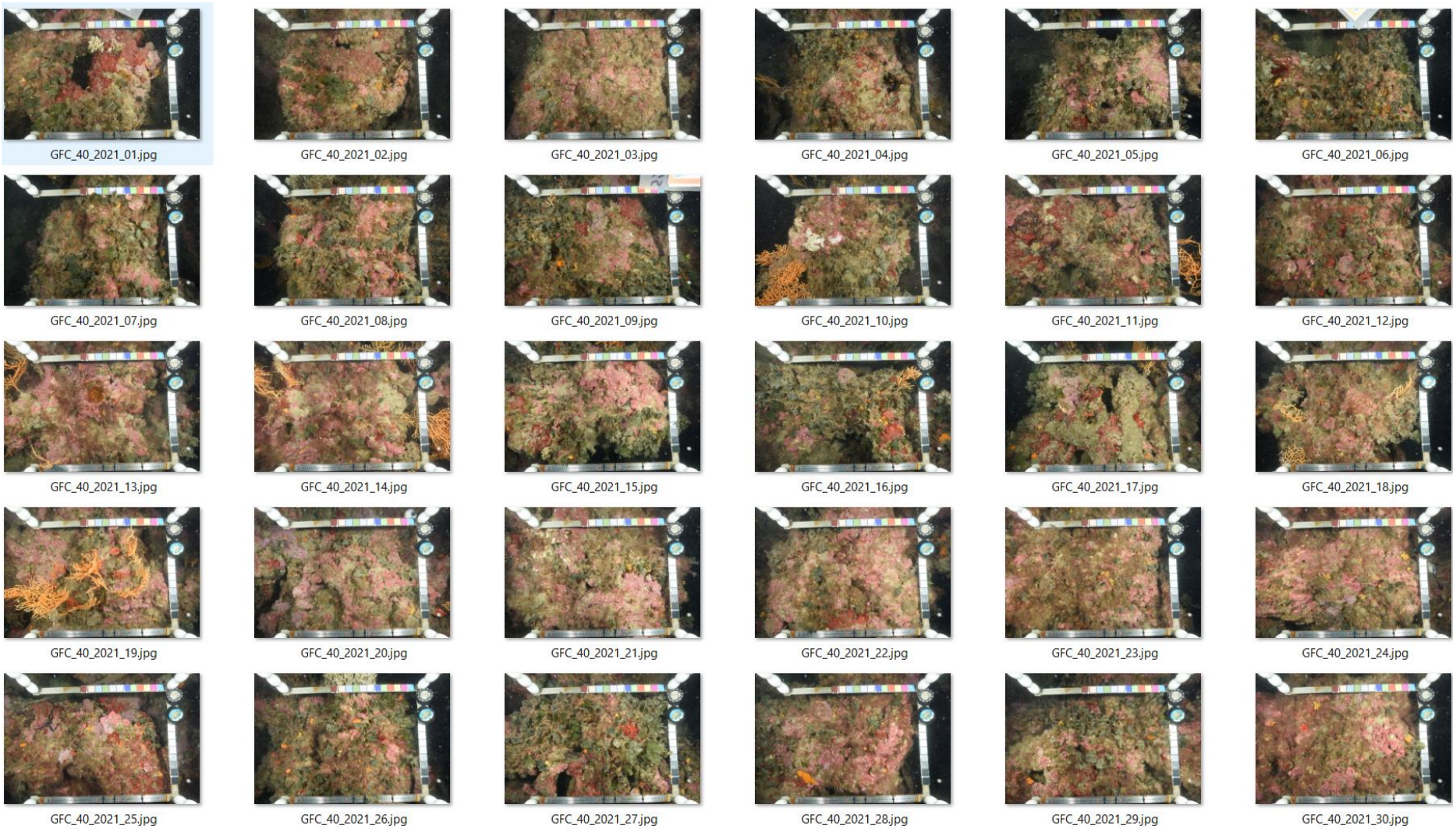


Figure 34 : Site Grand Four à Chaux– Quadrats photographiques à -40 m (2021).

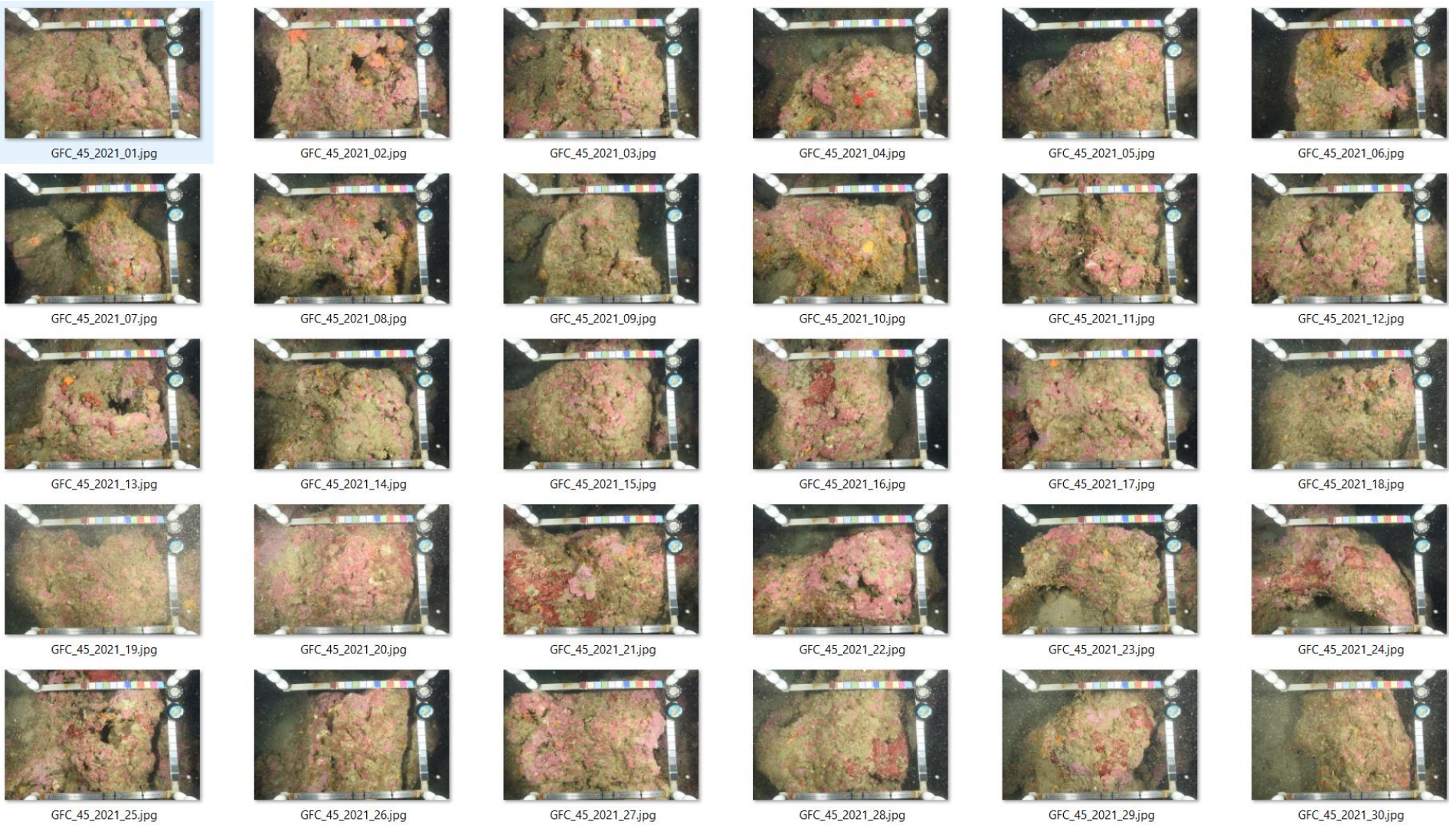


Figure 35 : Site Grand Four à Chaux– Quadrats photographiques à -45 m (2021).

VI.D.5.**Analyse comparative des quadrats**

Tableau 10: Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC05	FRDC05	FRDC05	FRDC05	FRDC05	FRDC05	FRDC05	
Site	Grand Four a Chaux	Grand Four a Chaux	Grand Four a Chaux	Grand Four a Chaux	Grand Four a Chaux	Grand Four a Chaux	Grand Four a Chaux	
Profondeur	40	45	40	40	45	40	45	
Année	2012	2012	2015	2018	2018	2021	2021	
% recouvrement par le vivant	41.87	45.31	44.69	51.09	37.86	54.18	45.98	14.32 / 59.27 / 94.81
% recouvrement par le non vivant	58.13	54.69	55.31	48.91	62.14	45.82	54.02	5.19 / 40.73 / 85.68
% recouvrement par le sédiment	52.83	46.32	48.54	39.69	52.6	43.07	49.36	2.19 / 29.47 / 79.54
% recouvrement par les débris biologiques	0.48	0.22	0.21	0.05	0.57	0.27	0.91	0 / 1.72 / 14.77
% recouvrement par les cavités	3.75	7.08	6.35	7.29	7.55	2.37	2.15	0 / 5.61 / 22.21
% recouvrement par les macrodéchets	0	0.84	0	0	0.78	0	0	0 / 0.12 / 2.34
CAI	0.3	0.36	0.36	0.35	0.31	0.42	0.42	0.08 / 0.43 / 0.79
% recouvrement par les bryozoaires totaux	4.17	3.43	4.01	1.46	2.29	5.88	5.31	0.1 / 2.89 / 18.15
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	14.23	27.82	25.94	27.45	25.57	27.33	36.37	1.05 / 33 / 79.58
Indice de Simpson	0.75	0.81	0.82	0.89	0.82	0.79	0.58	0.35 / 0.8 / 0.95
Indice de Shannon	1.89	2.14	2.12	2.5	2.04	1.93	1.48	0.99 / 2.24 / 3.2
% Nécroses parmi le vivant	0.14	0.87	0.47	0.51	0.69	1	1.87	0 / 1.2 / 9.77
Indicateur de perturbation	32.43	12.66	2.21	17.74	10.73	11.94	1.75	0 / 7.74 / 91.69
% Algues filamenteuses	1	0.99	2.21	17.02	10.73	11.34	1.75	0 / 6.52 / 91.45
% Algues total	62.3	69.98	59.67	85.73	74.14	84.38	79.23	0 / 68.1 / 99.39

% Algues brunes	2.13	0.87	1.86	0.31	0.28	0	0	0 / 8.36 / 71.56
% Algues vertes	1.71	0.74	2.68	16.72	0	23.48	0.12	0 / 5.56 / 91.76
% Algues rouges	58.46	68.36	55.13	68.71	73.87	60.9	79.11	0 / 54.18 / 99.18
% Mesophyllum spp.	18.78	47.02	42.31	32.21	57.22	33.73	63.83	0 / 24.57 / 70.87
% Lithophyllum spp.	3.7	5.09	2.68	4.18	4.95	2.49	1.4	0 / 3.02 / 24.22
% Peyssonnelia sp. Erigées	0.14	0	0.12	0.92	0	0.9	0.23	0 / 6.7 / 55.99
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	2.56	0.62	5.36	14.07	1.24	11.74	9.92	0 / 15.43 / 65.71
% Eponges	11.95	8.31	13.4	3.57	6.6	1.49	4.78	0 / 14.68 / 91.06
% Eponges massives	1.28	0.74	5.48	0.82	1.79	0.5	0.12	0 / 3.92 / 32.68
% Eponges encroutantes	10.67	7.57	7.93	2.75	4.81	1	4.67	0 / 10.76 / 66.07
% Axinella sp.	0.43	0.25	0	0.71	0.83	0.3	0.12	0 / 0.83 / 9.61
% Cliona spp.	1.85	2.98	2.91	0.92	0.41	0.1	0.82	0 / 0.41 / 5.96
% Gorgones	1.85	4.84	0.47	3.47	1.65	1.59	0	0 / 5.27 / 37.82
% Gorgones rouges	1.28	4.71	0.12	0	1.38	0	0	0 / 2.87 / 33.68
% Gorgones jaunes	0.57	0.12	0.35	3.47	0.28	1.29	0	0 / 1.89 / 21.09
% Corail rouge	0	0	0	0	0	0	0	0 / 0.45 / 31.5
% Bryozoaires encroutants	2.84	3.23	4.55	1.63	2.89	0.5	0.93	0 / 2.93 / 17.98
% Bryozoaires érigés	7.11	4.34	4.43	1.22	3.16	10.35	10.62	0 / 2.23 / 18.28

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableaux ci-dessus) entre 2012, 2015, 2018 et 2021 montre que le **pourcentage de couverture par les organismes vivants augmente à -40 m au cours du temps** (tout en restant en-dessous de la moyenne régionale). Sur la station à -**45 m le pourcentage de couverture par les organismes vivants est stable.**

Le **pourcentage de sédimentation montre plutôt une dynamique inverse à -40 m.**

Le pourcentage de débris est faible, quelle que soit la profondeur ou l'année de suivi.

Le **pourcentage de nécroses augmente en 2021** : il est proche de la moyenne régionale à -40 m, et au-dessus de la moyenne à -45 m.

L'indicateur de perturbation diminue au cours du temps.

La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, était moyenne jusqu'en 2018 en comparaison des autres stations de la région. **En 2021, la biodiversité diminue** avec des indices de Simpson et de Shannon en-dessous de la moyenne régionale sur les deux stations.

La valeur du CAI était assez stable jusqu'en 2018, elle augmente en 2021 sur les deux stations. Le CAI indique **un état écologique moyen des deux stations.** Le CAI est en-dessous de la moyenne régionale. Les bryozoaires totaux sont en augmentation avec, en 2021, de nombreux bryozoaires érigés observés par rapport aux années antérieures.

La répartition des grands groupes du vivant a peu changé entre 2012 et 2021 à part les bryozoaires érigés plus nombreux (*Crisia sp*.) à -40 et -45 m en 2021, et moins d'hydraires à -40 m en 2021.

La stratification est assez similaire entre les stations et les années même si les surfaces couvertes par les algues diminuent avec la profondeur au profit des éponges. La strate haute (40 cm) est formée de gorgones à -40 m tandis qu'elle est formée d'éponges à -45 m (10 cm de haut). La strate moyenne est de 10 cm à -40 m et -45 m (algues, bryozoaires et/ou éponges) alors que la strate basse (5 cm) est composée d'algues corallines encroûtantes partout (*Mesophyllum sp*.).

VI.D.6.**Démographie des espèces érigées**

Sur le site, les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* et/ou les gorgones rouges *Paramuricea clavata* ont été échantillonnées à -17 m en 2012, -40 m en 2015 et en 2021, -43 m en 2018. Les espèces et les profondeurs changeant entre les premières années de suivi, les résultats sont difficilement comparables.

En 2021, l'étude des gorgones a été réalisée autour du piquet et également à côté du piquet sur le haut du massif. Les plongeurs ont noté un contraste de l'état des gorgones avec des gorgones très abimées par des engins de pêche ou très jolies (regroupées).

VI.D.6.a. . Nécroses des peuplements

Entre 2012 et 2021, l'état des populations de gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* s'est fortement dégradé : le pourcentage de colonies saines est passé de 85 % en 2012 à 9 % en 2021, et le nombre d'individus morts a augmenté. Ces nécroses, récentes et diffuses en 2018, sont plutôt anciennes et localisées en 2021 (Figure et tableaux suivants).

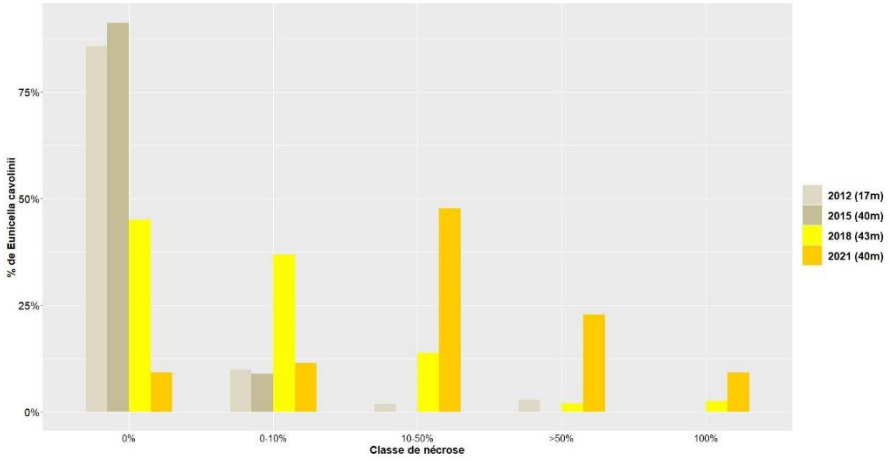


Figure 36 : Site Grand Four à Chaux. Nécroses des peuplements de gorgones jaunes Eunicella cavolinii.

Entre 2012 et 2021, l'état des populations de gorgones rouges *Paramuricea clavata* s'est dégradé (peu d'individus comptabilisés) : le pourcentage de colonies saines est passé de 100 % en 2012 à 52 % en 2015 puis à 75 % en 2021, mais les résultats sont peu comparables (mesures réalisées à des endroits du site différents, à profondeurs variables). Ces nécroses sont localisées (Figure et tableaux suivants).

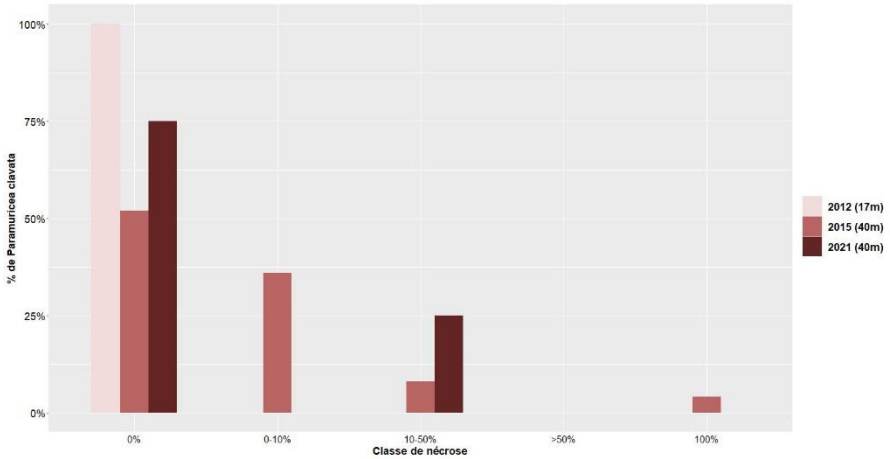


Figure 37 : Site Grand Four à Chaux. Nécroses des peuplements de gorgones rouges Paramuricea clavata.

Tableau 11 : Comparaison des données de nécrose pour les gorgones rouges Paramuricea clavata *et les gorgones jaunes* Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC05	FRDC05	FRDC05	FRDC05	FRDC05	FRDC05	FRDC05	
Site	Grand four a chaux	Grand four a chaux	Grand four a chaux	Grand four a chaux	Grand four a chaux	Grand four a chaux	Grand four a chaux	
Profondeur	17	17	40	40	43	40	40	
Année	2012	2012	2015	2015	2018	2021	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	
% nécrose:0	85.71	100	91.18	52	45	9.09	75	0 100 70.01
% nécrose:1-10	9.82	0	8.82	36	36.88	11.36	0	0 100 13.11
% nécrose:11-50	1.79	0	0	8	13.75	47.73	25	0 100 8.67
% nécrose:51-99	2.68	0	0	0	1.88	22.73	0	0 82.35 5.52
% nécrose:100	0	0	0	4	2.5	9.09	0	0 100 2.69
% nécroses anciennes	50	0	100	100	21.59	87.5	100	0 100 69.56
% nécroses récentes	50	0	0	0	78.41	12.5	0	0 100 15.33
% nécroses diffuses	31.25	0	0	0	82.35	27.5	0	0 100 32.75
% nécroses localisées	68.75	0	100	100	17.65	72.5	100	0 100 49.62
Nombre total	112	3	34	25	160	44	4	1 213 48.39

VI.D.6.b. Structure en taille

Malgré les nécroses importantes, en 2018 des colonies de gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* de moyenne taille (50 cm) et de petite taille étaient présentes alors qu'en 2021 les individus sont uniquement de taille moyenne (problème de recrutement ?) (Tableau 3).

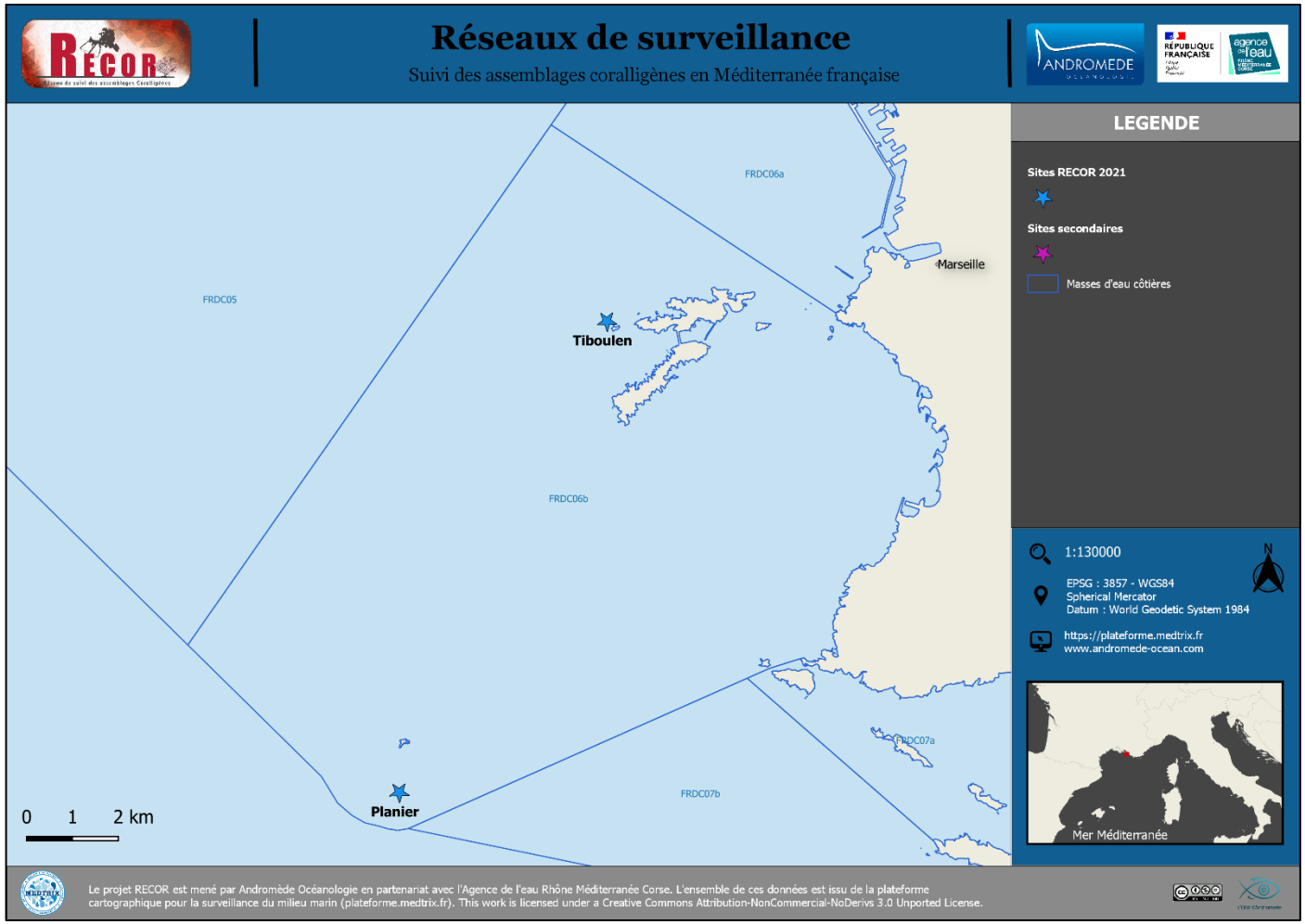
Tableau 12 : Comparaison des données de structure en taille pour les gorgones rouges Paramuricea clavata *et les gorgones jaunes* Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC05	FRDC05	FRDC05	FRDC05	FRDC05	
Site	Grand four a chaux	Grand four a chaux	Grand four a chaux	Grand four a chaux	Grand four a chaux	
Profondeur	17	17	40	43	40	
Année	2012	2012	2015	2018	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	
nb petits	15	1	2	4	0	0 — 30 — 2.5
% petits	33.33	33.33	7.14	10.53	0	0 — 100 — 13.15
nb moyens	30	2	23	34	9	0 — 40 — 11.26
% moyens	66.67	66.67	82.14	89.47	100	0 — 100 — 68.07
nb grands	0	0	3	0	0	0 — 24 — 3.49
% grands	0	0	10.71	0	0	0 — 100 — 18.78
Nombre total	45	3	28	38	9	1 — 61 — 17.25
Taille max (cm)	40	45	90	50	50	5 — 200 — 60.99

MASSE D'EAU FRDC06b :

POINTE D'ENDOUME - CAP CROISETTE et ILES DU FRIOUL

La masse d'eau FRDC06b comprend deux sites RECOR : Tiboulen et Planier



VI.E. Site « Tiboulen »

VI.E.1. Présentation du site

Le site RECOR Tiboulen a été échantillonné à -40 m en 2012, 2015, 2018 et 2021. Ce site est situé dans l'aire maritime adjacente du Parc national des Calanques. La station, orientée Sud, se localise sur un tombant de coralligène qui est couvert de gorgones rouges *Paramuricea clavata* sur le haut. Le tombant s'étend entre -35 et -45 m.



En 2021, les plongeurs ont observé de très nombreux engins de pêche : filets de pêche récents (à gauche du piquet) et aussi anciens. Le site abrite de nombreuses petites langoustes *Palinurus elephas*, dont certaines prises dans les filets.

Un capteur de température (image ci-contre) a été positionné à -41,8 m au niveau du piquet.

Caractéristiques du site		
Nom du site	Tiboulen	
Coordonnées (L93)	Latitude :	Longitude :
Piquet:	43 16 847	05 17 059
Profondeur du piquet (m)	40	
Date d'échantillonnage	10/06/2021	
Profondeur des stations (m)	40	
Remarques sur les stations	Photo quadras positionnés sur la droite du piquet, face au tombant dans la zone de photogrammétrie (balises PG non observées) Quadrat permanent gorgones à la verticale du piquet sur la partie haute du site	
Capteur(s) de température		
Date de pose	10/06/2021	
Heure de lancement	20h00	
N° capteur	20101053	
Profondeur du capteur (m)	41,8	
Paramétrage	1 mesure toutes les 30 minutes	
Description de la zone	Le capteur est sur le piquet, positionné en bas du tombant sur un petit massif de 1 m²	

VI.E.2. Photographies du site

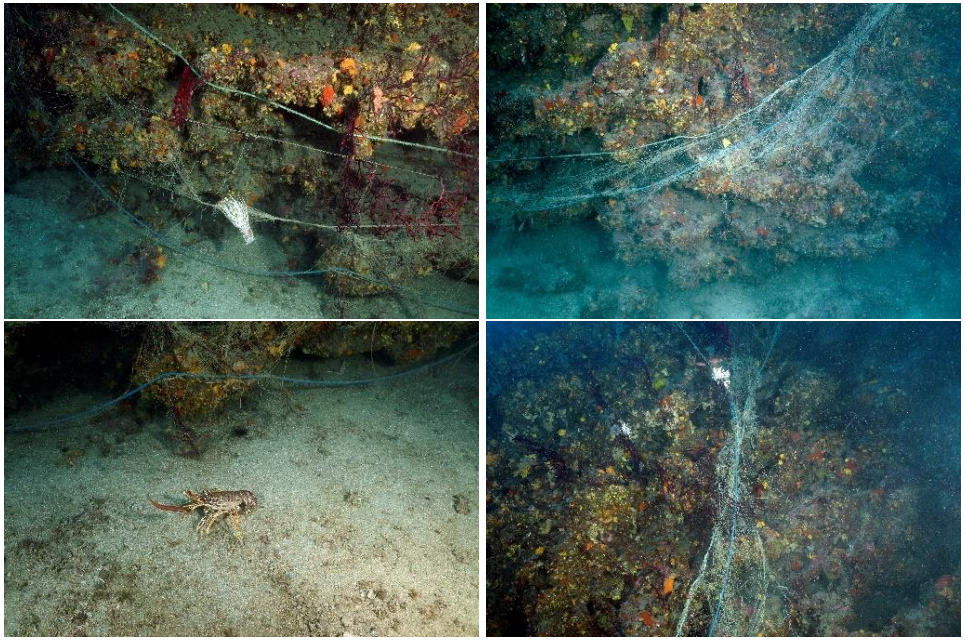


Figure 38 : Site Tiboulen (2021). Observation de nombreux engins de pêche, récents et anciens. Le site abrite beaucoup de petites langoustes Palinurus elephas*, dont certaines prises dans les filets.*

La modélisation en 3D sur le site par photogrammétrie permet une vision globale du site tout comme une vision plus précise si nécessaire à l'aide de zooms. Les modèles 3D sont disponibles sur la plateforme Medtrix dans les projets « MODEL » et « RECOR ».

Les modèles ont été réalisés en 2018 et 2021 sur le tombant, la zone modélisée en 2021 étant plus grande. En 2021, les quadrats photographiques de la station à -40 m ont été effectués dans la zone de photogrammétrie.

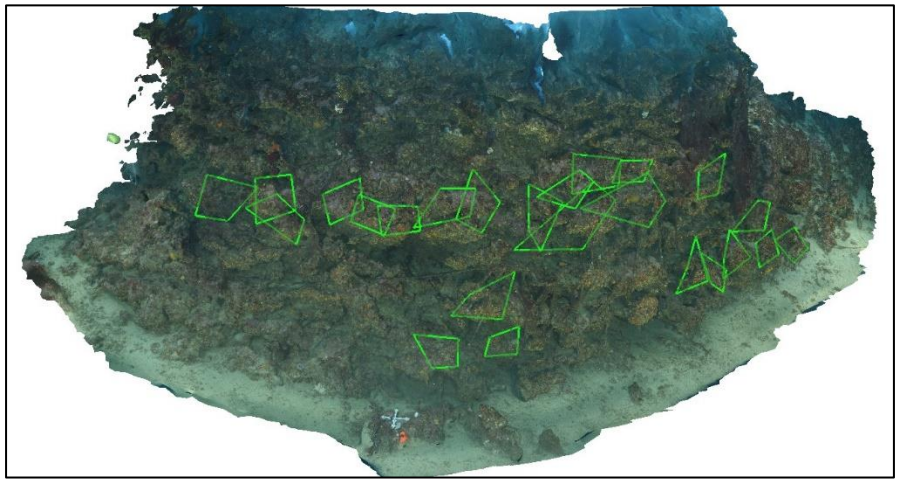


Figure 39 : Positionnement d'une partie des quadrats photographiques (en vert) sur le modèle photogrammétrique en 2021.

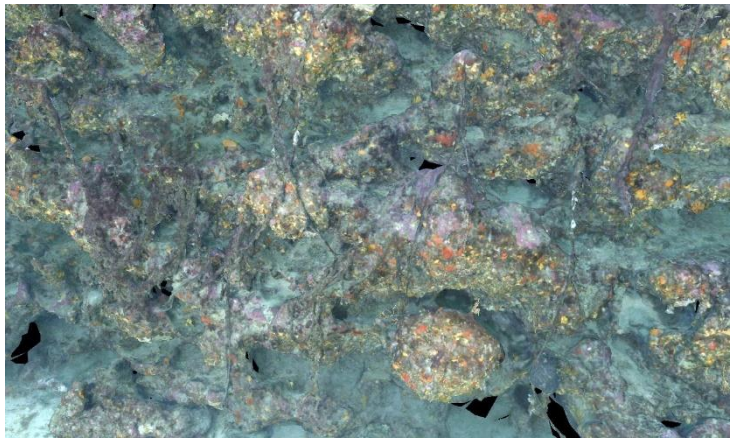


Figure 40 : Zoom sur les engins de pêche du site Tiboulen reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2021.

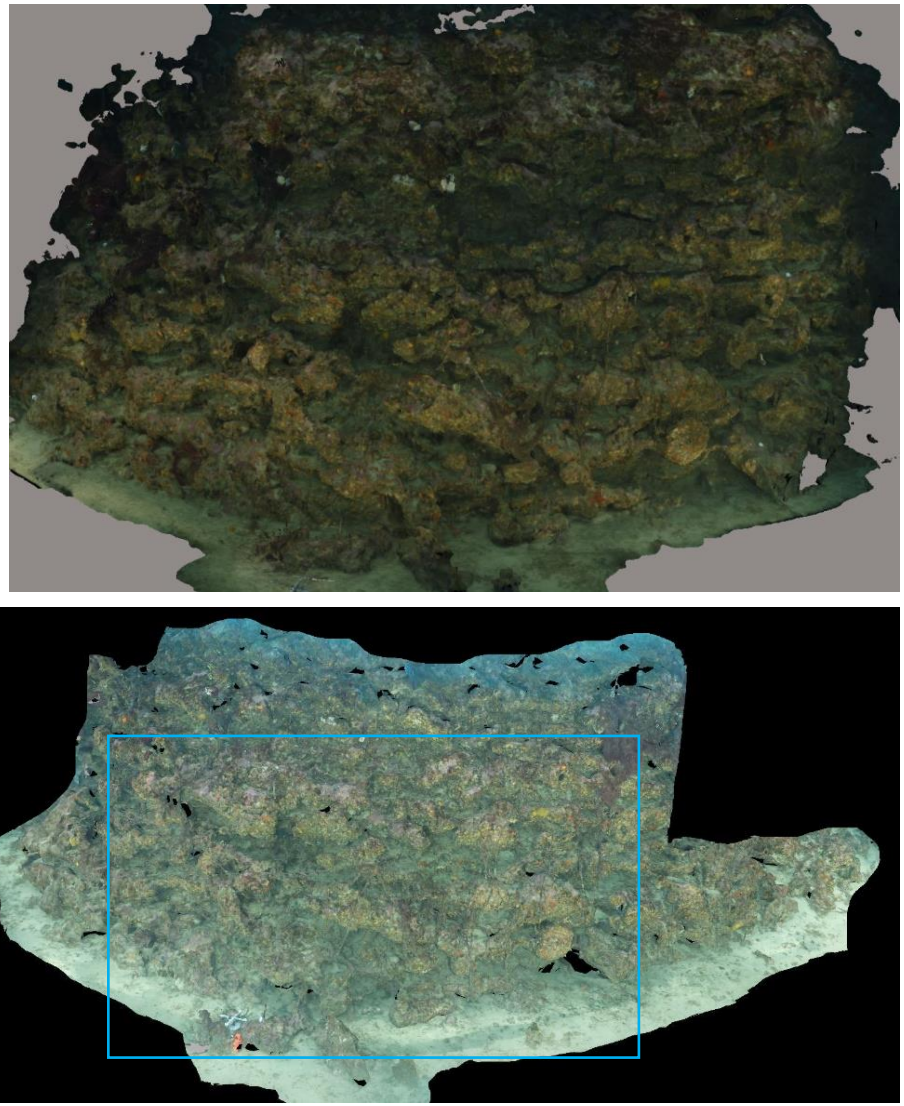


Figure 41 : Vues de face du site Tiboulen reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (en haut) et en 2021 (en bas). Le rectangle bleu indique l'emprise du modèle réalisé en 2018.

VI.E.3. Description générale du site

Description générale						
Type physionomique	☐ Paroi	☑ Massif	☐ Autres : …			
Structures particulières						
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions						
Station(s)	Profondeur (m) : 40			Profondeur (m) : 0		
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du…					
	cm	dm	m	cm	dm	m
	50	40	10			
Typologie / profondeur (m)						
Stratification						
	Profondeur (m) : 40			Profondeur (m) : 0		
	Nature :		Hauteur (cm) :	Nature :		Hauteur (cm) :
Strate haute	*Eunicella cavolinii, Paramuricea clavata*		40 - 90			
Strate moyenne	*Corallium rubrum*, bryozoaires érigés, *Axinella sp.*		10			
Strate basse	Algues rouges encroutantes		5			
Orientation						
Géographique	Nord					
Par rapport au courant	absence					

Extensions bathymétriques (m)	Minimum	Maximum		Minimum	Maximum
Coralligène	35	42	***Halimeda tuna***		
Paramuricea clavata	30	42	***Flabellia petiolata***		
Eunicella cavolinii (plus rares)	30	42	**Algues filamenteuses**		
Autres gorgones : …			**Autres : …**		

Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☐ Macrodéchets	☐ Autres: …
Remarques :	site rempli d'engins de pêche récents (à gauche du piquet) et anciens				
Température de l'eau (°C)	16				
Inclinaison					
Visibilité (m)	10				
Profondeur thermocline					
Espèces particulières	nombreuses petites langoustes *Palinurus elephas*, dont certaines prises dans les filets				

Démographie des espèces érigées				
Date d'échantillonnage	10/06/2021			
Quadrat de 2m² (structure en taille et densité des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☑ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur (m)	36			
30 quadrat de 50x50 cm (Nécrose des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☑ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur moyenne (m)	36			

VI.E.4. **Analyse des quadrats photographiques 2021**

VI.E.4.a. Tiboulen, -40 m (2021)

Sur la station à -**40 m**, les quadrats sont couverts à **53,5 % par des organismes vivants** et à **33,3 % par du sédiment**.

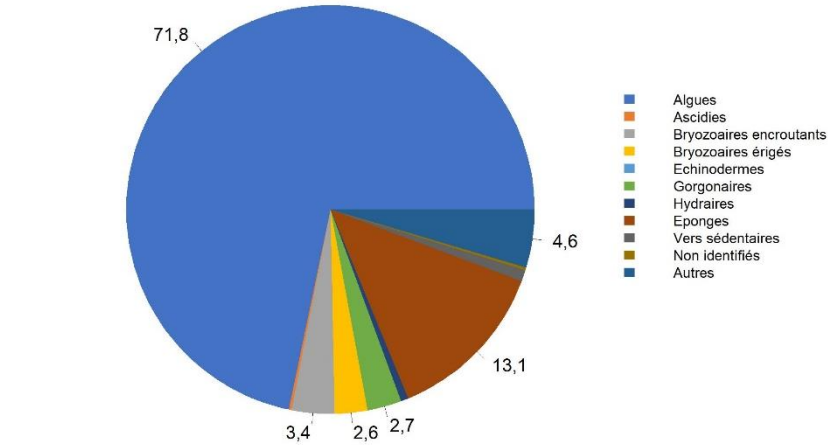


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Tiboulen, 40 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -40 m (71,8 % des organismes vivants) avec des algues rouges (70,2 % - 2,5 % d'algues rouges encroutantes nécrosées). **Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse** avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* de type encroûtant** (*M. alternans* – 24,3 %) et quelques *Lithophyllum sp.* (0,8 %)) et des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces encroutantes (24,4 %).

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -40 m le groupe dominant est celui des **éponges** (13,1 %, principalement des espèces encroûtantes non identifiées), suivi par les **bryozoaires** (3,4 % par des espèces encroûtantes et 2,6 % par des espèces érigées *Myriapora truncata*, *Crisia* sp.), les **scléractiniaires** (4,6 %, *Leptopsammia pruvoti),* les **gorgones** (2,7 % - *Eunicella cavolinii, Corallium rubrum, Paramuricea clavata).* **Les gorgones constituent la strate haute du coralligène, les bryozoaires érigés et le corail rouge forment la strate moyenne.**

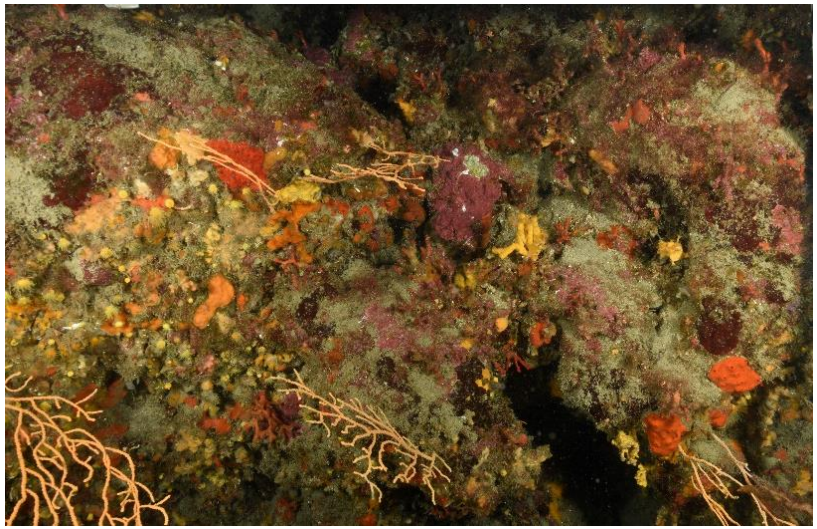


Figure 42 : Tiboulen (2021). Les gorgones jaunes sont présentes en strate haute, du corail rouge et des bryozoaires érigés en strate moyenne, et des algues rouges encroûtantes en strate basse (5 cm).

VI.E.5. **Photographies des quadrats**

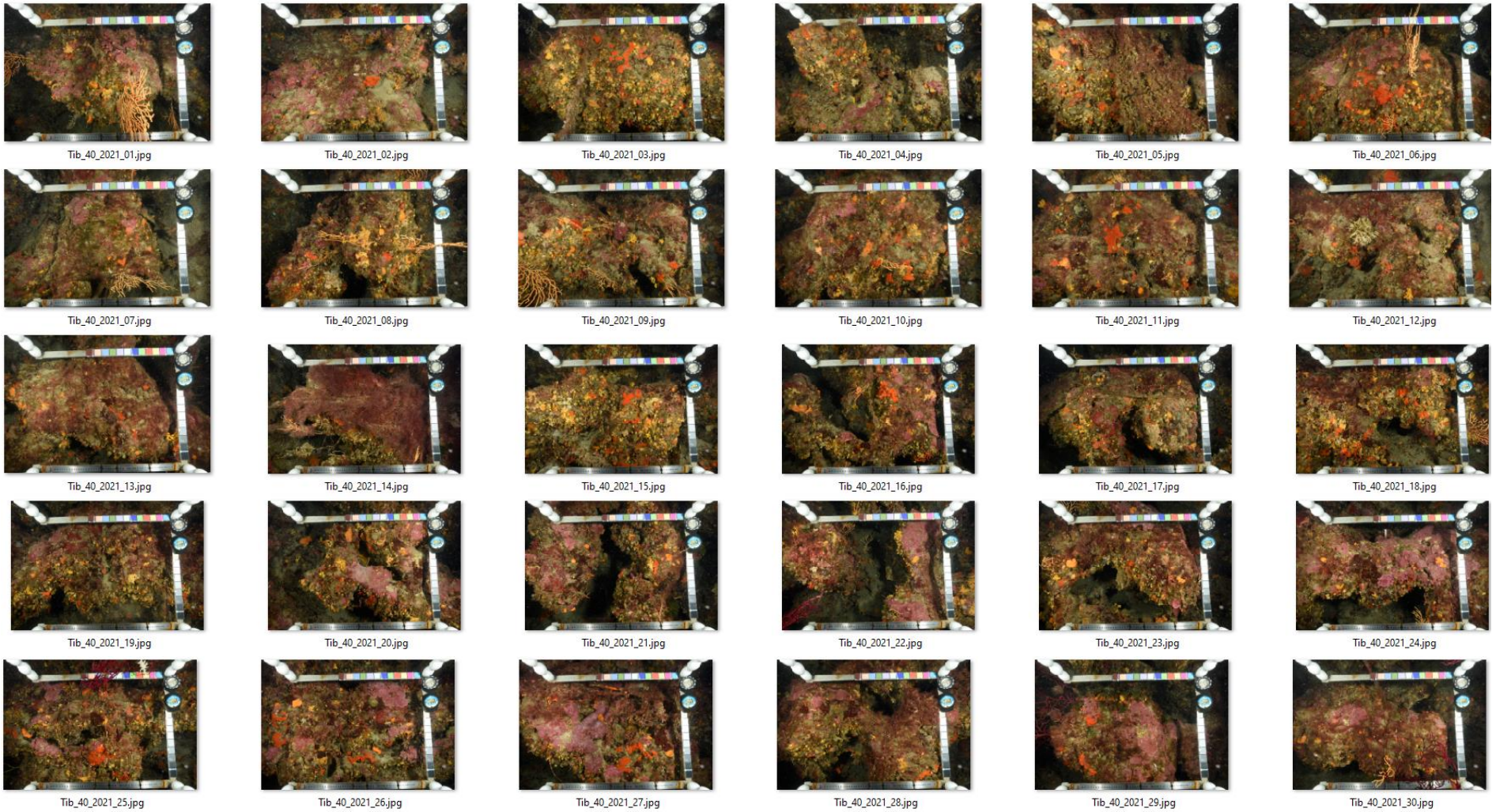


Figure 43 : Site Tiboulen– Quadrats photographiques à -40 m (2021).

VI.E.6. **Analyse comparative des quadrats**

Tableau 13: Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	
Site	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	
Profondeur	40	40	40	40	
Année	2012	2015	2018	2021	
% recouvrement par le vivant	49.13	56.41	50.57	53.53	14.32 / 59.27 / 94.81
% recouvrement par le non vivant	50.87	43.59	49.43	46.47	5.19 / 40.73 / 85.68
% recouvrement par le sédiment	41.39	33.23	32.97	33.26	2.19 / 29.47 / 79.54
% recouvrement par les débris biologiques	0.71	0.31	2.03	1.04	0 / 1.72 / 14.77
% recouvrement par les cavités	4.51	7.71	7.97	8.38	0 / 5.61 / 22.21
% recouvrement par les macrodéchets	0.9	0.99	0.05	1.59	0 / 0.12 / 2.34
CAI	0.37	0.44	0.39	0.42	0.08 / 0.43 / 0.79
% recouvrement par les bryozoaires totaux	4.71	5	2.45	3.18	0.1 / 2.89 / 18.15
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	19.99	29.95	26.88	32.82	1.05 / 33 / 79.58
Indice de Simpson	0.83	0.89	0.9	0.84	0.35 / 0.8 / 0.95
Indice de Shannon	2.29	2.74	2.6	2.37	0.99 / 2.24 / 3.2
% Nécroses parmi le vivant	0.26	0.37	0.31	2.46	0 / 1.2 / 9.77
Indicateur de perturbation	2.62	16.07	11.23	18.63	0 / 7.74 / 91.69
% Algues filamenteuses	2.36	16.07	11.12	17.91	0 / 6.52 / 91.45
% Algues total	39.11	64.54	63.54	71.75	0 / 68.1 / 99.39
% Algues brunes	0	2.77	4.53	0.51	0 / 8.36 / 71.56
% Algues vertes	5.12	4.34	2.16	1.02	0 / 5.56 / 91.76
% Algues rouges	33.99	57.43	56.85	70.21	0 / 54.18 / 99.18
% Mesophyllum spp.	17.98	19.11	21.73	24.36	0 / 24.57 / 70.87
% Lithophyllum spp.	0.39	4.25	2.06	0.82	0 / 3.02 / 24.22
% Peyssonnelia sp. Erigées	0	0.37	0.41	0.41	0 / 6.7 / 55.99
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	14.96	19.67	22.45	24.36	0 / 15.43 / 65.71
% Eponges	30.97	16.62	19.57	13.1	0 / 14.68 / 91.06
% Eponges massives	4.33	1.11	2.99	1.43	0 / 3.92 / 32.68
% Eponges encroutantes	26.64	15.51	16.58	11.67	0 / 10.76 / 66.07
% Axinella sp.	1.84	0.37	0.72	0.61	0 / 0.83 / 9.61
% Cliona spp.	0	0.18	0	0	0 / 0.41 / 5.96
% Gorgones	1.57	2.49	2.16	2.66	0 / 5.27 / 37.82
% Gorgones rouges	0	0	0.21	0.61	0 / 2.87 / 33.68
% Gorgones jaunes	1.31	1.75	1.24	1.54	0 / 1.89 / 21.09
% Corail rouge	0.26	0.74	0.62	0.51	0 / 0.45 / 31.5
% Bryozoaires encroutants	2.36	4.99	3.6	3.38	0 / 2.93 / 17.98
% Bryozoaires érigés	7.22	3.88	1.24	2.56	0 / 2.23 / 18.28

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableaux ci-dessus) entre 2012, 2015, 2018 et 2021 montre que le **pourcentage de couverture par les organismes vivants est stable** (tout en restant en-dessous de la moyenne régionale).

Le **pourcentage de sédimentation montre plutôt une dynamique stable.** Il est légèrement supérieur à la moyenne régionale.

Le pourcentage de débris est proche de la moyenne régionale.

Le **pourcentage de nécroses augmente nettement en 2021** : il est supérieur à la moyenne régionale à -40 m.

L'indicateur de perturbation présente des valeurs supérieures à la moyenne régionale depuis 2016, en lien avec la présence des algues filamenteuses. En 2021 il augmente par rapport au précédent suivi (+7 %)/

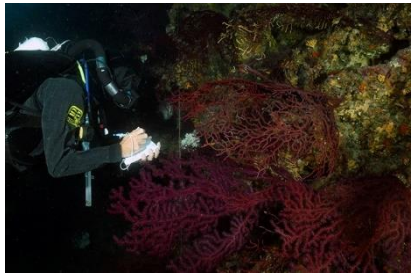
La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, est globalement stable, et dans la moyenne en comparaison des autres stations de la région.

La valeur du CAI est stable et indique **un état écologique moyen.** Le CAI est en-dessous de la moyenne régionale.

La répartition des grands groupes du vivant n'a pas changé entre 2015 et 2021.

La stratification est également similaire avec des gorgones jaunes en strate haute (40 à 90 cm), des éponges, corail rouge et bryozoaires érigés en strate moyenne (10 cm) et des algues rouges encroûtantes en strate basse (5 cm).

VI.E.7. Démographie des espèces érigées



Sur le site, les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* et/ou les gorgones rouges *Paramuricea clavata* ont été échantillonnées à -36 m en 2012, 2015, 2018 et 2021.

Figure 44 : Station Tiboulen à -40 m. Plongeur observant les nécroses de gorgones rouges Paramuricea clavata.

VI.E.7.a. . Nécroses des peuplements

Entre 2018 et 2021, l'état des populations de gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* s'est fortement dégradé. Alors qu'elles étaient en excellent état, sans aucune nécrose, entre 2012 et 2018, le pourcentage de colonies saines est passé à 50 % en 2021, et le pourcentage de colonies nécrosées à plus de 50 % est de 17 %. Ces nécroses sont récentes et localisées en 2021 (Figure et tableaux suivants). **Cette dégradation semble être en lien avec les nombreux filets de pêche (récents et anciens) rencontrés sur le site.**

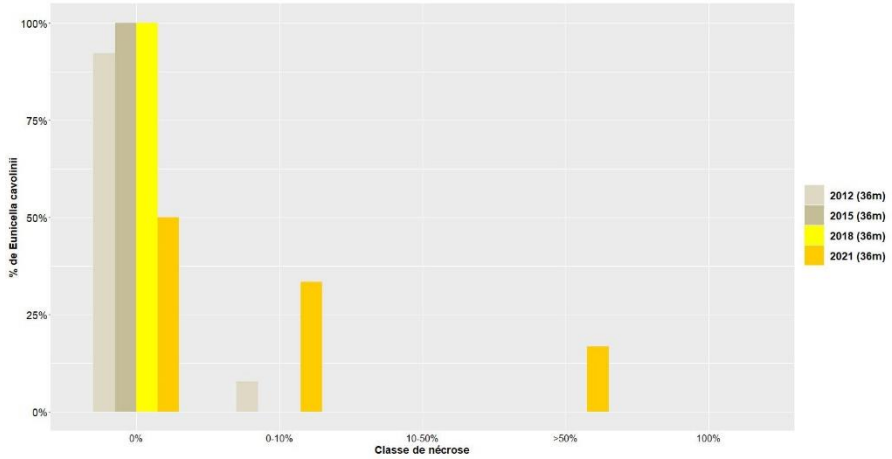


Figure 45 : Site Tiboulen. Nécroses des peuplements de gorgones jaunes Eunicella cavolinii.



Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* sont en état moyen sur le site : presqu'un tiers des colonies sont nécrosées à plus de 10 %, et ce taux est constant depuis 2012. Ces nécroses sont anciennes (Figure et tableaux suivants).

Figure 46 : Station Tiboulen à -40 m. Gorgone rouges Paramuricea clavata.

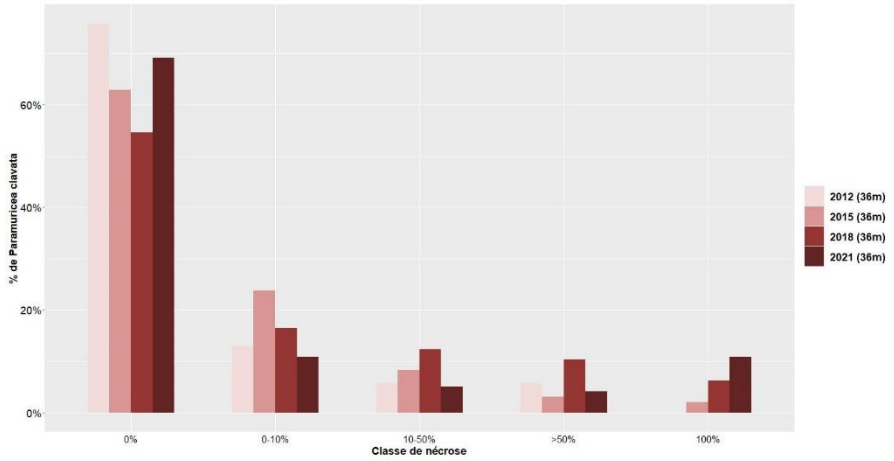


Figure 47 : Site Tiboulen. Nécroses des peuplements de gorgones rouges Paramuricea clavata.

Tableau 14 : Comparaison des données de nécrose pour les gorgones rouges Paramuricea clavata *et les gorgones jaunes* Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	
Site	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	
Profondeur	36	36	36	36	36	36	36	36	
Année	2012	2012	2015	2015	2018	2018	2021	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	
% nécrose:0	92.31	75.71	100	62.89	100	54.64	50	69.17	0 100 70.01
% nécrose:1-10	7.69	12.86	0	23.71	0	16.49	33.33	10.83	0 100 13.11
% nécrose:11-50	0	5.71	0	8.25	0	12.37	0	5	0 100 8.67
% nécrose:51-99	0	5.71	0	3.09	0	10.31	16.67	4.17	0 82.35 5.52
% nécrose:100	0	0	0	2.06	0	6.19	0	10.83	0 100 2.69
% nécroses anciennes	0	58.82	0	83.33	0	100	66.67	89.19	0 100 69.56
% nécroses récentes	100	41.18	0	16.67	0	0	33.33	10.81	0 100 15.33
% nécroses diffuses	100	38.46	0	38.24	0	84.21	0	37.5	0 100 32.75
% nécroses localisées	0	61.54	0	61.76	0	15.79	100	62.5	0 100 49.62
Nombre total	13	70	10	97	15	97	6	120	1 213 48.39

VI.E.7.b. Structure en taille

Les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* sont toutes de taille moyenne avec une hauteur maximale de 20 cm en 2021 ; le recrutement semble donc absent sur cette station. Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* présentent des colonies de toutes les tailles mais les grandes colonies (hauteur maximale de 100 cm) sont prépondérantes (78 % de la population) (Tableau 3).

Tableau 15 : Comparaison des données de structure en taille pour les gorgones rouges Paramuricea clavata *et les gorgones jaunes* Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	
Site	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	Tiboulen	
Profondeur	36	36	36	36	36	36	36	36	
Année	2012	2012	2015	2015	2018	2018	2021	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	
nb petits	1	3	0	3	0	1	0	0	0 – 30 – 2.5
% petits	25	13.04	0	8.57	0	11.11	0	0	0 – 100 – 13.15
nb moyens	3	15	5	18	3	1	3	2	0 – 40 – 11.26
% moyens	75	65.22	100	51.43	100	11.11	100	22.22	0 – 100 – 68.07
nb grands	0	5	0	14	0	7	0	7	0 – 24 – 3.49
% grands	0	21.74	0	40	0	77.78	0	77.78	0 – 100 – 18.78
Nombre total	4	23	5	35	3	9	3	9	1 – 61 – 17.25
Taille max (cm)	35	80	35	85	25	100	20	90	5 – 200 – 60.99

VI.A. Site « Planier »

VI.A.1.**Présentation du site**

Le site RECOR Planier a été échantillonné à -40 m (dessus du massif) et à -45 m en 2012, 2015, 2018 et 2021. Ce site se situe au sein du cœur marin du Parc national des Calanques, au Sud de la zone de non-prélèvement.

Les stations se localisent sur le tombant orienté Nord du gros massif. De nombreuses lignes de pêche présentes sur ce site impactent les gorgones, qui sont alors arrachées. Présence en 2021 de grandes gorgones rouges *Paramuricea clavata*, de gorgonocéphales *Astrospartus mediterraneus*, de quelques petits corail rouge *Corallium rubrum* dans les arches, d'un chapon *Scorpaena scrofa.*

Caractéristiques du site		
Nom du site	Planier	
Coordonnées (L93)	Latitude :	Longitude :
Piquet:	43 11.329	5 13.715
Profondeur du piquet (m)	51.6m	
Date d'échantillonnage	08/06/2018	
Profondeur des stations (m)	47m	42m
Remarques sur les stations	Première station entre les piquets de photogrammetrie gorgones à 46m à droite du piquet PG entre les 4 balises entre 42 et 50m	Seconde sur le dessus du massif

Capteur(s) de température		
Date de pose	08/06/2018	08/06/2018
Heure de lancement	20h00	20h00
N° capteur		
Profondeur du capteur (m)	51.6m	42m
Paramétrage	1 mesure toutes les 30	1 mesure toutes les 30 minutes
Description de la zone	Au pied de l'avancement	sur le dessus du massif à coté du piquet de photogrammetrie n°4

VI.A.2.**Photographies du site**

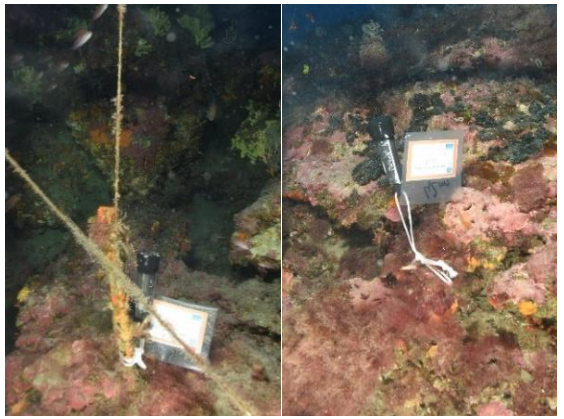


Figure 48 : Site Planier. Capteurs de température positionnés à -51,6 m (à gauche) et à -42 m (à droite) en 2021.

La modélisation en 3D sur le site par photogrammétrie permet une vision globale du site tout comme une vision plus précise si nécessaire à l'aide de zooms. Les modèles 3D sont disponibles sur la plateforme Medtrix dans les projets « MODEL » et « RECOR ».

Les modèles ont été réalisés en 2018 et 2021 sur le même massif. En 2021, la zone de photogrammétrie se situe au même endroit qu'une partie des quadrats photographiques de la station à -45 m :

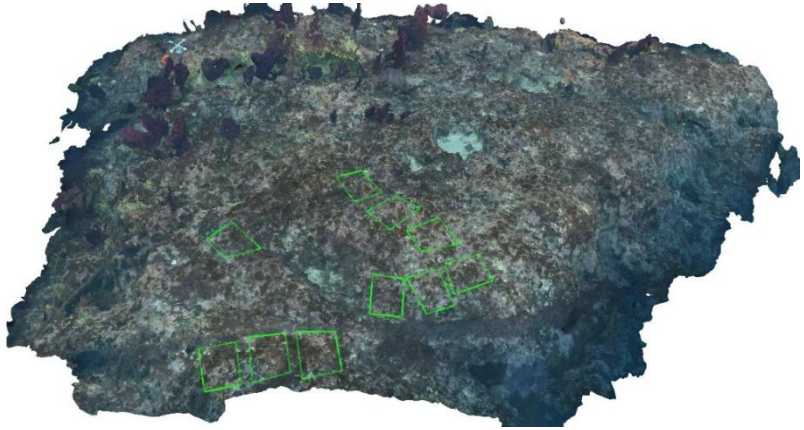


Figure 49 : Positionnement d'une partie des quadrats photographiques (en vert) sur le modèle photogrammétrique en 2021..

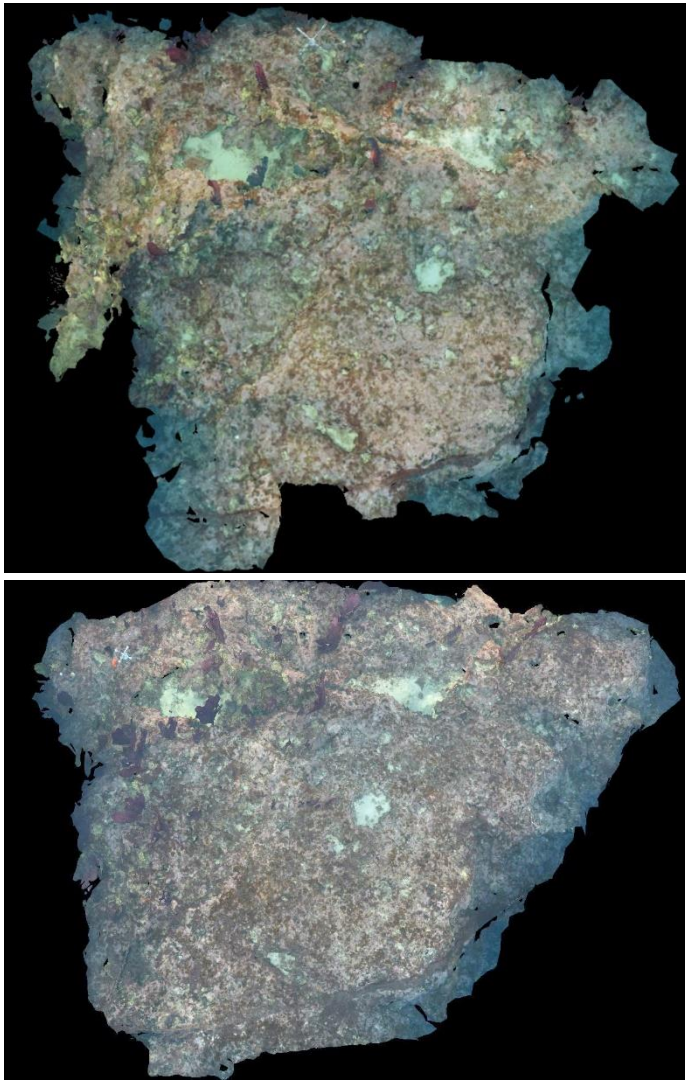


Figure 50 : Vues de-dessus du site Planier reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (en haut) et en 2021 (en bas).

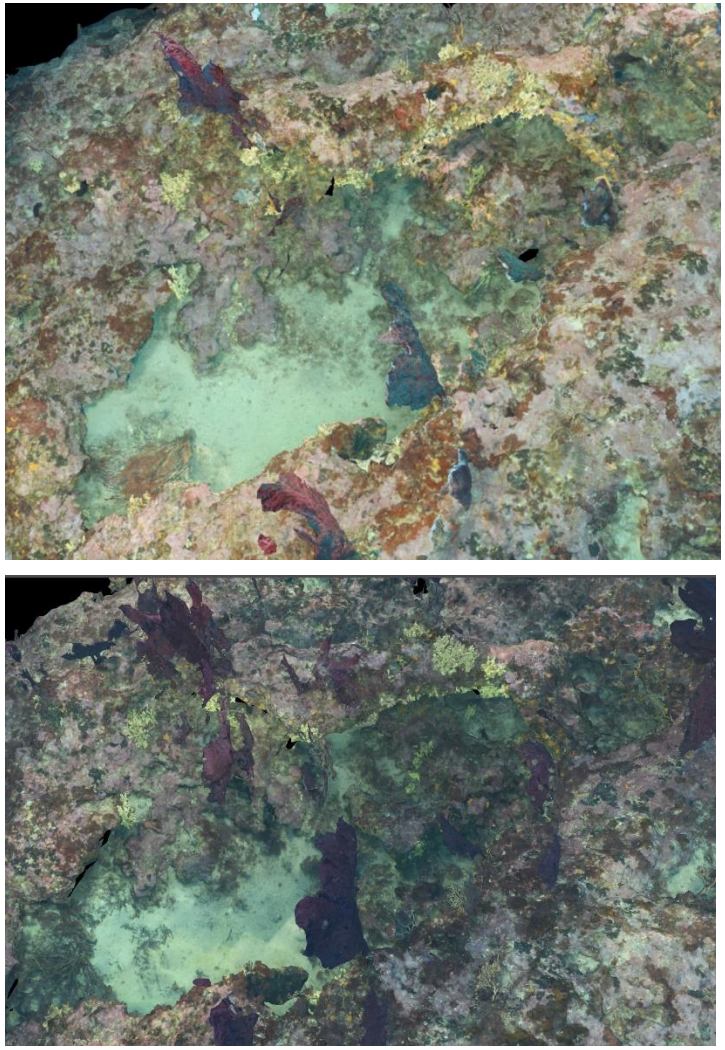


Figure 51 : Vues zoomées du site Planier reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (en haut) et en 2021 (en bas.

VI.A.3.**Description générale du site**

Description générale						
Type physionomique	☐ Paroi	☑ Massif	☐ Autres : …			
Structures particulières						
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions						
Station(s)	**Profondeur (m) : 47m**			**Profondeur (m) : 42m**		
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du…					
	cm	dm	m	cm	dm	m
	20	**60**	**20**	**80**	**20**	**0**
Typologie / profondeur (m)						
Stratification						
	Profondeur (m) : 47m			**Profondeur (m) : 42m**		
	Nature :		Hauteur (cm) :	Nature :		Hauteur (cm) :
Strate haute	*Eunicella cavolinii et Paramuricea clavata*		30	*Eunicella cavolinii et Paramuricea clavata*		30
Strate moyenne	*Eponges massives*		10	*Eponges massives*		5
Strate basse	Algues rouges encroutantes, *Zanardinia typus, Codium encroutant*		5	*Mesophyllum sp., algues brunes, Codium encroutant*		2
Orientation						
Géographique	Nord					
Par rapport au courant	NE					
Extensions bathymétriques (m)	**Minimum**	**Maximum**		**Minimum**	**Maximum**	
Coralligène	40	52	***Halimeda tuna***	40	43	
Paramuricea clavata	41	52	***Flabellia petiolata***	NA		
Eunicella cavolinii	40	47	**Algues filamenteuses**	NA		
Autres gorgones : …			**Autres : algues brunes**	42	40	
Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☐ Macrodéchets	☐ Autres: …	
Remarques :	cordes de pêche, filets et lignes.					
Température de l'eau (°C)	18					
Inclinaison						
Visibilité (m)	15					
Profondeur thermocline						
Espèces particulières	Grandes gorgones rouges *Paramuricea clavata*, gorgonocéphales *Astrospartus mediterraneus*, quelques petits corail rouge *Corallium rubrum* dans les arches, chapon *Scorpaena scrofa*					
Démographie des espèces érigées						
Date d'échantillonnage	**08/06/2018**					
Quadrat de 2m² (structure en taille et densité des peuplements)						
Espèces échantillonnées	☐ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☑ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)		
Profondeur (m)	46		46			
30 quadrat de 50x50 cm (Nécrose des peuplements)						
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☑ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)		
Profondeur moyenne (m)	46					

VI.A.4.**Analyse des quadrats photographiques 2021**

VI.A.4.a. Planier, -45 m (2021)

Sur la station à -**45 m**, les quadrats sont couverts à **94,8 % par des organismes vivants** et à **4 % par du sédiment**.

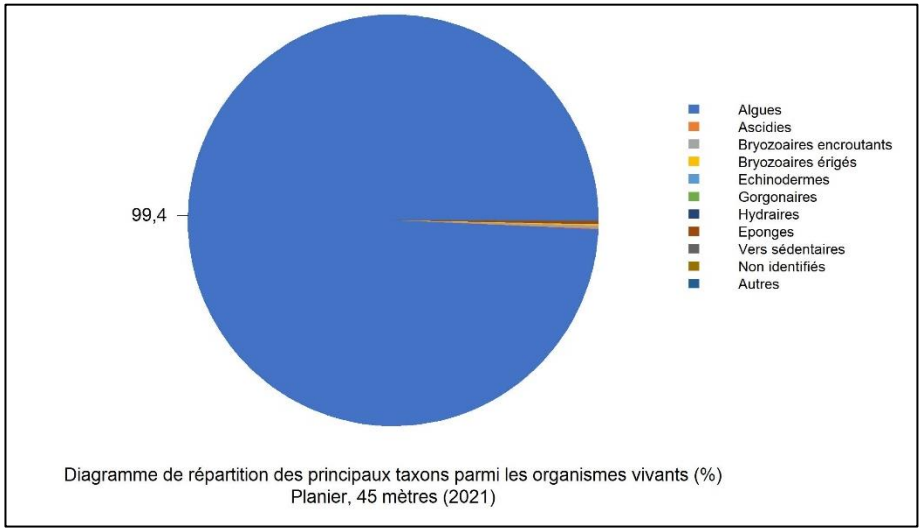


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Planier, 45 mètres (2021)

La station à -45 m est largement dominée par les **algues** (99,4 % des organismes vivants) avec des algues rouges (67,1 % - 1,5 % d'algues rouges encroutantes nécrosées et présence d'algues rouges filamenteuses), des algues brunes (26,7 % - *Zanardinia typus*) et des algues vertes (5,6 % - *Codium effusum, Halimeda tuna*, *Flabellia petiolata*).

Les algues rouges encroûtantes, avec les algues brunes, forment la strate basse. Parmi les algues rouges on observe *Mesophyllum sp.* (31,3 %), et des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces de type érigé (0,7 %) et encroutant (3,9 %).

VI.A.4.b. Planier, -50 m (2021)

Sur la station à -**50 m**, les quadrats sont couverts à **88,2 % par des organismes vivants** et à **7,9 % par du sédiment**.

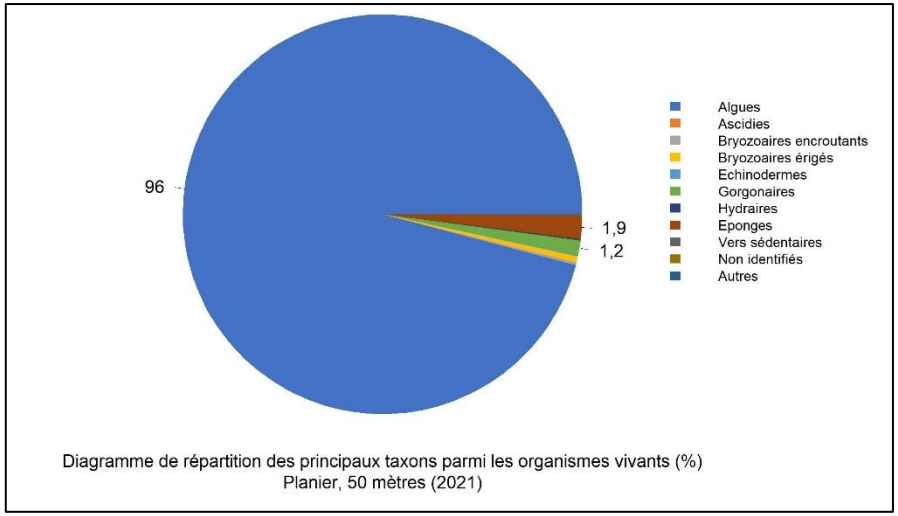


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Planier, 50 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -50 m (96 % des organismes vivants) avec des algues rouges (90,5 % - 2,3 % d'algues rouges encroutantes nécrosées et présence d'algues rouges filamenteuses), des algues brunes (1,8 % - *Zanardinia typus*) et des algues vertes (3,7 % - *Codium effusum*). **Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse** avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* (43,9 %) de type encroûtant** (*M. alternans*) et quelques *Lithophyllum sp.* (1,7 %)) et des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces encroutantes (5,7 %) et par des espèces érigées (3,5 %).

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -50 m le groupe dominant est celui des **éponges** (1,9 %) principalement massives (*Aplysina cavernicola*), puis on trouve les **gorgones** (1,2 % - *Paramuricea clavata*) qui constituent la strate haute du coralligène.

VI.A.5.**Photographies des quadrats**

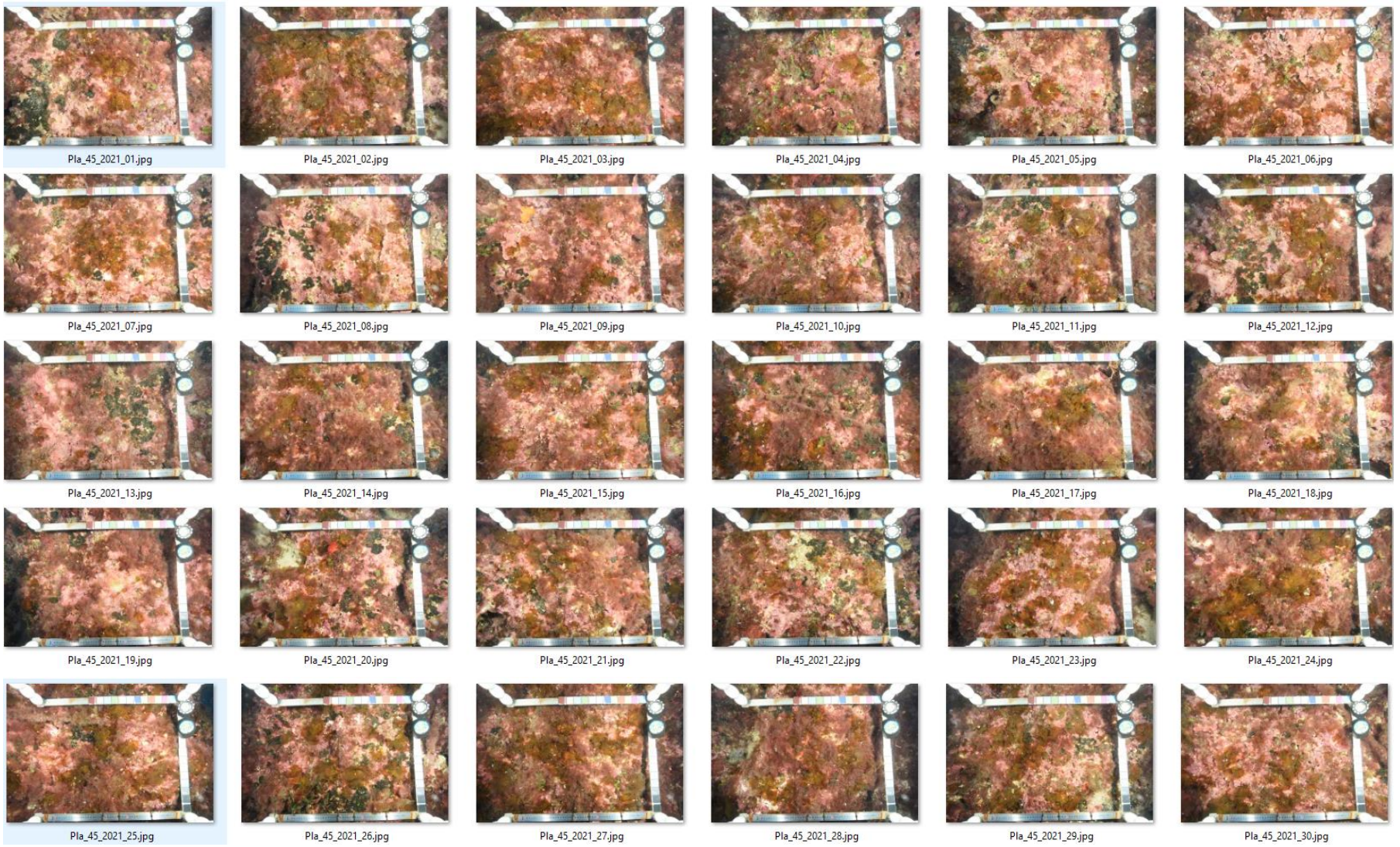


Figure 52 : Site Planier– Quadrats photographiques à -45 m (2021).

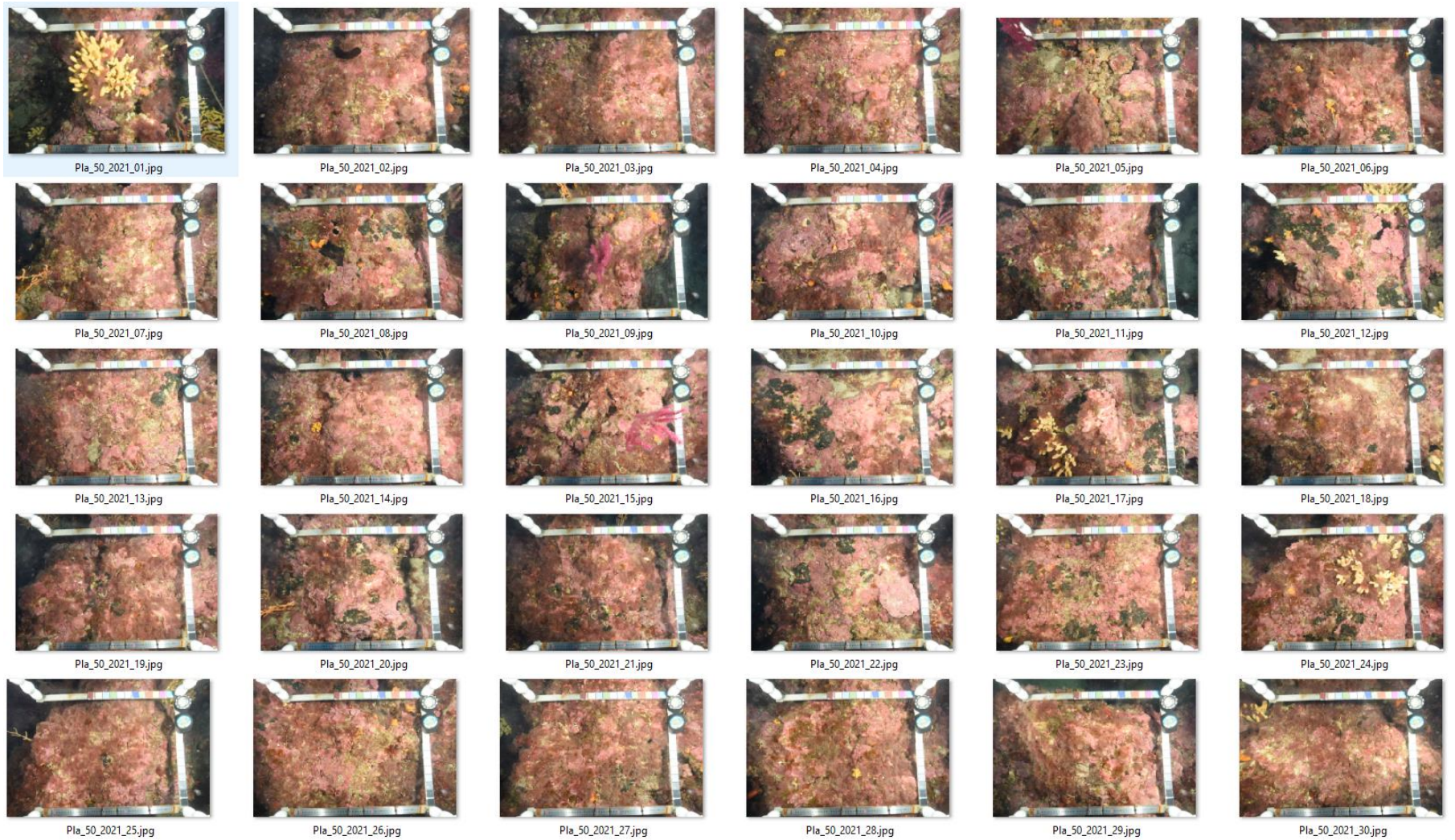


Figure 53 : Site Planier – Quadrats photographiques à -50 m (2021).

VI.A.6.**Analyse comparative des quadrats**

Tableau 16: Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	
Site	Planier	Planier	Planier	Planier	Planier	Planier	Planier	Planier	
Profondeur	45	50	45	50	45	50	45	50	
Année	2012	2012	2015	2015	2018	2018	2021	2021	
% recouvrement par le vivant	83.15	70.15	82.71	76.77	89.48	79.74	94.81	88.21	14.32 / 59.27 / 94.81
% recouvrement par le non vivant	16.85	29.85	17.29	23.23	10.52	20.26	5.19	11.79	5.19 / 40.73 / 85.68
% recouvrement par le sédiment	9.93	19.26	10.89	14.58	6.46	12.81	4.03	7.86	2.19 / 29.47 / 79.54
% recouvrement par les débris biologiques	0.64	0.76	0.16	1.04	1.93	1.35	0.63	1.73	0 / 1.72 / 14.77
% recouvrement par les cavités	5.51	7.29	6.04	5.47	1.3	2.97	0.16	1.05	0 / 5.61 / 22.21
% recouvrement par les macrodéchets	0	0.14	0	0	0	0	0.05	0.05	0 / 0.12 / 2.34
CAI	0.6	0.51	0.6	0.58	0.61	0.6	0.48	0.54	0.08 / 0.43 / 0.79
% recouvrement par les bryozoaires totaux	2.18	1.93	2.08	2.76	1.04	1.77	0.21	0.63	0.1 / 2.89 / 18.15
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	60.54	46.49	62.71	57.08	64.38	63.75	35.99	50.97	1.05 / 33 / 79.58
Indice de Simpson	0.93	0.91	0.73	0.65	0.76	0.85	0.77	0.7	0.35 / 0.8 / 0.95
Indice de Shannon	3.08	2.89	2.16	1.81	2.07	2.41	1.75	1.66	0.99 / 2.24 / 3.2
% Nécroses parmi le vivant	1.16	0.78	0.82	0.61	2.15	1.89	2.65	3.62	0 / 1.2 / 9.77
Indicateur de perturbation	5.7	12.25	5.48	4.75	10.24	8.1	28.78	32.13	0 / 7.74 / 91.69
% Algues filamenteuses	4.78	11.37	5.48	4.75	10.19	8.03	28.78	32.13	0 / 6.52 / 91.45
% Algues total	85.67	77.16	92.44	84.12	93.19	93.27	99.39	96.02	0 / 68.1 / 99.39

% Algues brunes	0.15	0.29	4.72	3.93	5.88	1.18	26.69	1.84	0 / 8.36 / 71.56
% Algues vertes	12.87	10.88	12.78	7.26	9.49	7.05	5.64	3.74	0 / 5.56 / 91.76
% Algues rouges	72.65	65.98	74.94	72.93	77.82	85.04	67.07	90.44	0 / 54.18 / 99.18
% Mesophyllum spp.	47.46	40.49	49.37	45.86	43.54	48.79	31.33	43.94	0 / 24.57 / 70.87
% Lithophyllum spp.	1.08	1.76	2.52	2.31	7.57	9.8	0.17	1.72	0 / 3.02 / 24.22
% Peyssonnelia sp. Erigées	0.39	0.1	10.2	7.6	5.65	3.2	0.72	3.5	0 / 6.7 / 55.99
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	19.41	16.67	10.83	14.72	13.5	16.13	3.92	5.7	0 / 15.43 / 65.71
% Eponges	6.16	13.63	3.21	8.89	0.41	2.81	0.17	1.9	0 / 14.68 / 91.06
% Eponges massives	3.39	6.96	0.38	2.85	0.17	1.11	0	1.19	0 / 3.92 / 32.68
% Eponges encroutantes	2.77	6.67	2.83	6.04	0.23	1.7	0.17	0.71	0 / 10.76 / 66.07
% Axinella sp.	0.08	0.39	0.06	0.07	0	0.2	0	0.18	0 / 0.83 / 9.61
% Cliona spp.	1.31	0.78	1.26	0.88	0.12	0.07	0.06	0.12	0 / 0.41 / 5.96
% Gorgones	2.47	1.08	0.25	1.83	0	0.72	0	1.19	0 / 5.27 / 37.82
% Gorgones rouges	1.77	0.29	0	1.7	0	0.07	0	1.19	0 / 2.87 / 33.68
% Gorgones jaunes	0.69	0.49	0.25	0	0	0.65	0	0	0 / 1.89 / 21.09
% Corail rouge	0	0.29	0	0.14	0	0	0	0	0 / 0.45 / 31.5
% Bryozoaires encroutants	1.93	1.27	2.33	2.65	0.99	1.76	0.17	0.18	0 / 2.93 / 17.98
% Bryozoaires érigés	0.69	1.47	0.19	0.95	0.17	0.46	0.06	0.53	0 / 2.23 / 18.28

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableau ci-dessus) entre 2012, 2015, 2018 et 2021 montre que le **pourcentage de couverture par les organismes vivants augmente au cours du temps** (valeur supérieure à la moyenne régionale) alors que le **pourcentage de sédimentation montre une dynamique inverse.**

Le **pourcentage de nécroses augmente en 2021 à -45 et à -50 m** : il est supérieur à la moyenne régionale.

L'indicateur de perturbation augmente fortement en 2021 en lien avec les algues filamenteuses (développement d'algues rouges filamenteuses).

La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, diminue en 2021 avec des indices de Simpson et de Shannon en-dessous de la moyenne régionale sur les deux stations.

La valeur du CAI était assez stable jusqu'en 2018 surtout à -45 m, elle diminue en 2021. En 2021, le CAI indique **un état écologique moyen des deux stations alors qu'il était jugé bon aux suivis précédents.** Les bryozoaires totaux et les bioconstructeurs principaux ont leurs pourcentages de recouvrement qui diminuent, en lien avec le développement d'algues filamenteuses et d'algues brunes *Zanardinia typus*.

La répartition des grands groupes du vivant n'a pas changé entre 2012 et 2018 mais en 2021 on observe un seul groupe dominant sur les deux stations : les algues (plus d'algues filamenteuses et d'algues brunes *Zanardinia typus*, moins de *Lithophyllum sp*. et de *Peyssonnelia sp*.).

La stratification est différente entre les années. Jusqu'en 2018 on trouvait des gorgones rouges (80 cm) en strate haute, des gorgones jaunes et grandes éponges axinelles (30 cm) au milieu, et en dessous des algues encroûtantes (corallines et *Peyssonnelia sp*). En 2021, la strate haute est identique, la strate moyenne est formée par les éponges massives, et la strate basse du coralligène est constituée par des algues rouges encroûtantes, *Zanardinia typus*, *Codium effusum*.

VI.A.7.**Démographie des espèces érigées**

Sur le site, les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* et/ou les gorgones rouges *Paramuricea clavata* ont été échantillonnées à -46 m en 2012, 2018, 2021 et à -48 m en 2015.

VI.A.7.a. . Nécroses des peuplements

Les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* étaient en très bon état jusqu'en 2018 avec colonies toutes nécrosées à moins de 10 %. A noter tout de même, une proportion de colonies indemne de toute nécrose qui diminuait depuis 2012 avec des nécroses plutôt récentes et diffuses. En revanche **en 2021 l'état des gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* s'est fortement dégradé** : tous les individus présentent des marques de nécroses, dont plus de 60 % avec des taux de nécroses supérieurs à 10 %. Les nécroses sont anciennes et localisées (Figure et tableaux suivants).

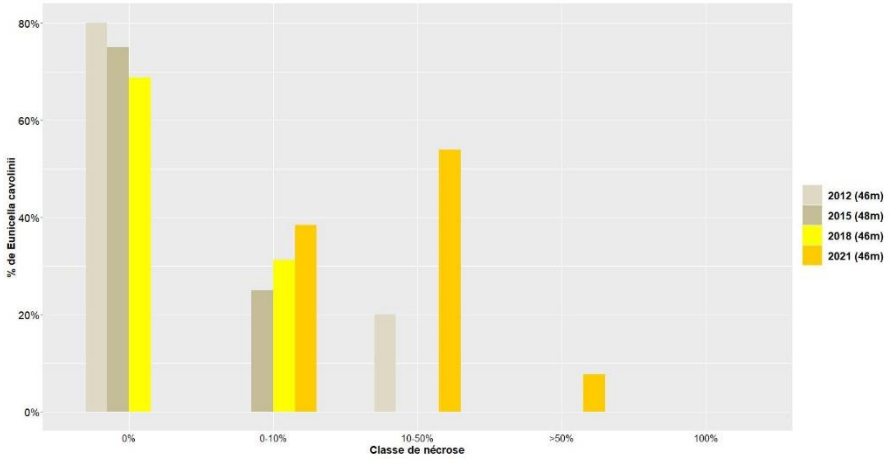


Figure 54 : Site Planier. Nécroses des peuplements de gorgones jaunes Eunicella cavolinii.

En 2018, les gorgones rouges *Paramuricea clavata* avaient presque retrouvé leur taux de nécrose de 2012 après le pic de 2015 ; 83 % des colonies étaient nécrosés à moins de 10 % (taux considéré comme naturel) et 5 % restaient totalement nécrosées. **En 2021, l'état des gorgones rouges *Paramuricea clavata* s'est fortement dégradé** avec près de 40 % des individus qui présentent plus de 10 % de nécroses dont 3 % d'individus morts. Ces nécroses sont principalement récentes et localisées (Figure et tableaux suivants).

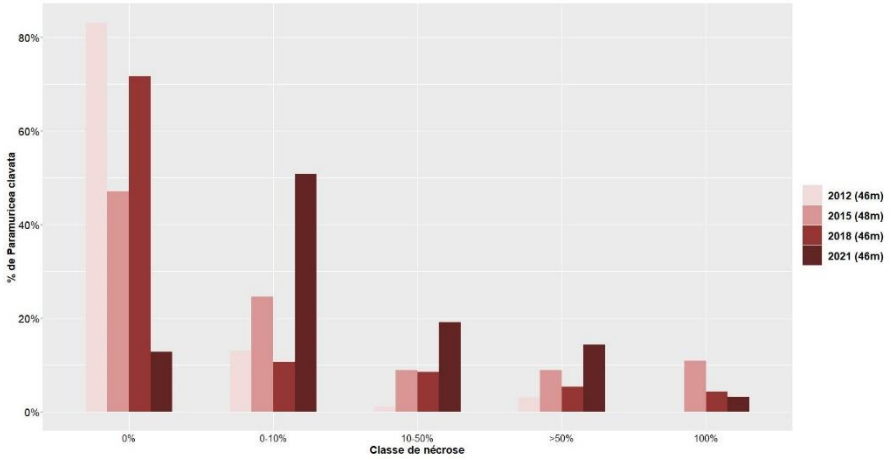


Figure 55 : Site Planier. Nécroses des peuplements de gorgones rouges Paramuricea clavata.

Tableau 17 : Comparaison des données de nécrose pour les gorgones rouges Paramuricea clavata *et les gorgones jaunes* Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	
Site	Planier	Planier	Planier	Planier	Planier	Planier	Planier	Planier	
Profondeur	46	46	48	48	46	46	46	46	
Année	2012	2012	2015	2015	2018	2018	2021	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	
% nécrose:0	80	83	75	47.06	68.75	71.58	0	12.7	0 100 70.01
% nécrose:1-10	0	13	25	24.51	31.25	10.53	38.46	50.79	0 100 13.11
% nécrose:11-50	20	1	0	8.82	0	8.42	53.85	19.05	0 100 8.67
% nécrose:51-99	0	3	0	8.82	0	5.26	7.69	14.29	0 82.35 5.52
% nécrose:100	0	0	0	10.78	0	4.21	0	3.17	0 100 2.69
% nécroses anciennes	100	52.94	100	77.78	40	60.87	84.62	36.36	0 100 69.56
% nécroses récentes	0	47.06	0	22.22	60	39.13	15.38	63.64	0 100 15.33
% nécroses diffuses	0	17.65	0	53.49	80	39.13	0	24.53	0 100 32.75
% nécroses localisées	100	82.35	100	46.51	20	60.87	100	75.47	0 100 49.62
Nombre total	15	100	4	102	16	95	13	63	1 213 48.39

VI.A.7.b. Structure en taille

Seules les gorgones rouges sont étudiées pour leur structure de taille. On observe une prépondérance de grandes colonies (70 % en 2021) de plus en plus forte depuis 2012 même si la taille maximale tend à diminuer (80 cm en 2021 contre 115 cm en 2012) indiquant une mortalité des grands individus ces dernières années (concordant avec les taux de nécrose). En 2021 aucun individu de petite taille n'a été recensé (Tableau 3).

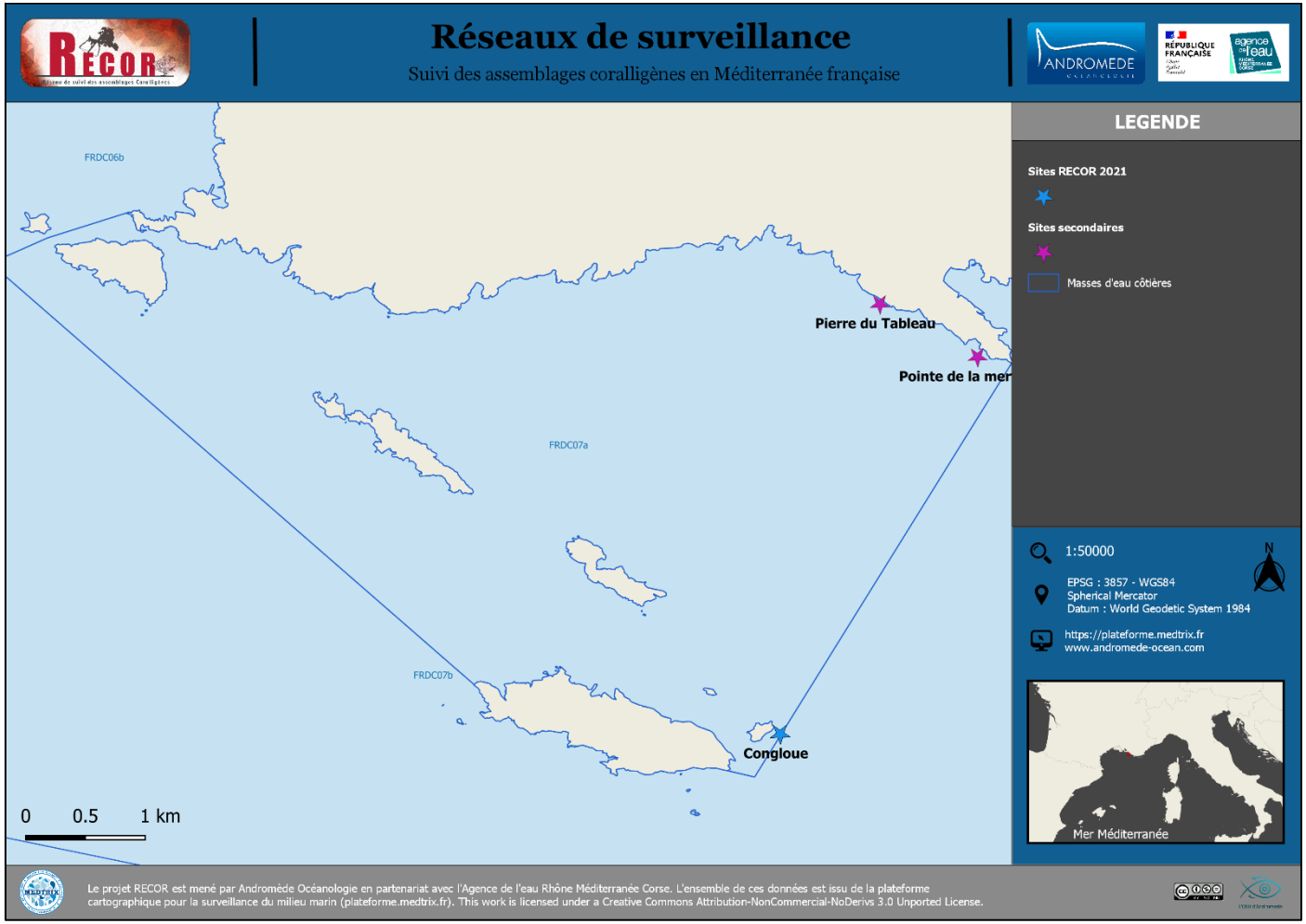
Tableau 18 : Comparaison des données de structure en taille pour les gorgones rouges Paramuricea clavata *et les gorgones jaunes* Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	FRDC06b	
Site	Planier	Planier	Planier	Planier	
Profondeur	46	48	46	46	
Année	2012	2015	2018	2021	
Espèce	Paramuricea clavata	Paramuricea clavata	Paramuricea clavata	Paramuricea clavata	
nb petits	3	7	1	0	0 — 30 — 2.5
% petits	8.11	17.95	6.67	0	0 — 100 — 13.15
nb moyens	20	13	6	3	0 — 40 — 11.26
% moyens	54.05	33.33	40	30	0 — 100 — 68.07
nb grands	14	19	8	7	0 — 24 — 3.49
% grands	37.84	48.72	53.33	70	0 — 100 — 18.78
Nombre total	37	39	15	10	1 — 61 — 17.25
Taille max (cm)	115	100	90	80	5 — 200 — 60.99

MASSE D'EAU FRDC07a :

ILES DE MARSEILLE HORS FRIOUL

La masse d'eau FRDC07a comprend un site RECOR : Congloué.



VI.B. Site « Congloué »

VI.B.1. **Présentation du site**

Le site RECOR Congloué a été échantillonné à -40, -50 et – 60 m en 2012, 2015 et 2018, à et -40 et -50 m en 2021. Le site est situé au sein du cœur marin du Parc national des Calanques, au Sud de l'ilot du grand Congloué, lui-même situé à l'Est de Riou.

Le tombant de coralligène (typologie 3), de belle architecture, débute en surface et s'étend jusqu'à -67 m environ. Ce site est fréquenté par les plongeurs et les pêcheurs. En effet, de très nombreux engins de pêche (filets, palangres, …) ont été observés en 2021. Ils ont d'ailleurs provoqué l'arrachage des capteurs de température qui étaient en place, ces capteurs n'ont donc pas été retrouvés.

Beaucoup de poissons (espèces et abondance) étaient observés sur ce site lors des suivis antérieurs. En 2021, les plongeurs ont noté la présence de barracudas (*Sphyraena viridensis*), chapon (*Scorpaena scrofa*), une langouste (*Palinurus elephas*), corail rouge (*Corallium rubrum*).

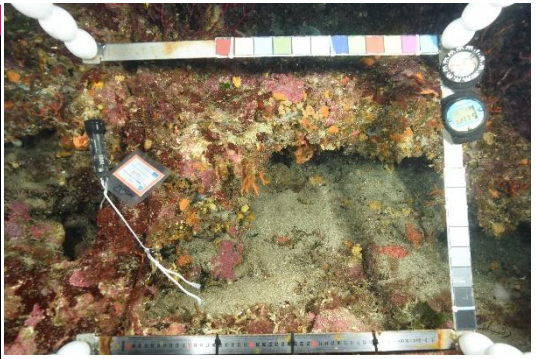
Caractéristiques du site		
Nom du site	Congloué	
Coordonnées (L93)	Latitude :	Longitude :
Piquet:	43 10.545	5 24.198
température	44 10.545	6 24.198
piquet (m)	61	
d'échantillonnage	09/06/2021	
stations (m)	50	40
Remarques sur les stations	Quadrats photographiques réalisés vers la gauche du capteur, le long du « parapet ».	Quadrats photographiques réalisés en contrebas d'une plaque en métal

Trois capteurs de température ont été positionnés :

Capteur(s) de température	
Date de pose	09/06/2021
Heure de lancement	20h00
N° capteur	20106014
Profondeur du capteur (m)	61
Paramétrage	1 mesure toutes les 30
Description de la zone	Piquet à 61m avec capteur de T°C.



09/06/2021
20h00
20101052
51
1 mesure toutes les 30 minutes
capteur droit dans l'axe de la remontée depuis le piquet. Nombreuses arches de coralligène.



09/06/2021
20h00
20987415
40
1 mesure toutes les 30 minutes
En contrebas d'une plaque en métal dans une petite cavité



Figure 56 : Caractéristiques et illustrations des capteurs de température positionnés en 2021.

VI.B.2. **Photographies du site**

La modélisation en 3D sur le site par photogrammétrie permet une vision globale du site tout comme une vision plus précise si nécessaire à l'aide de zooms. Les modèles 3D sont disponibles sur la plateforme Medtrix dans les projets « MODEL » et « RECOR ».

En 2021, la zone de photogrammétrie se situe au même endroit qu'une partie des quadrats photographiques de la station à -60 m (non analysée dans le cadre de ce marché) :

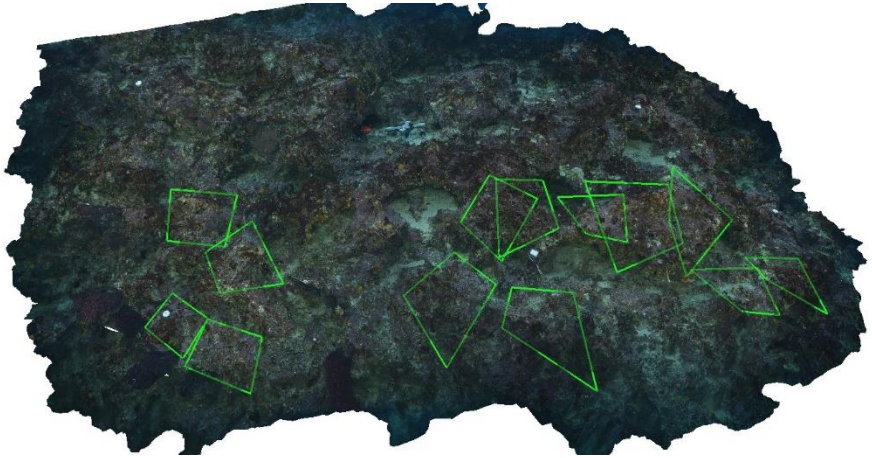


Figure 57 : Positionnement d'une partie des quadrats photographiques (en vert) sur le modèle photogrammétrique en 2021.

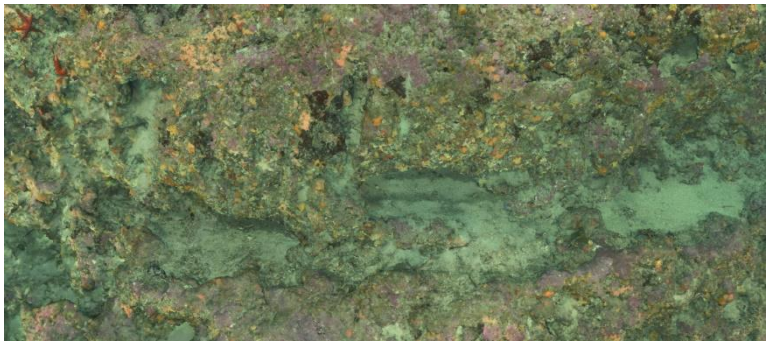
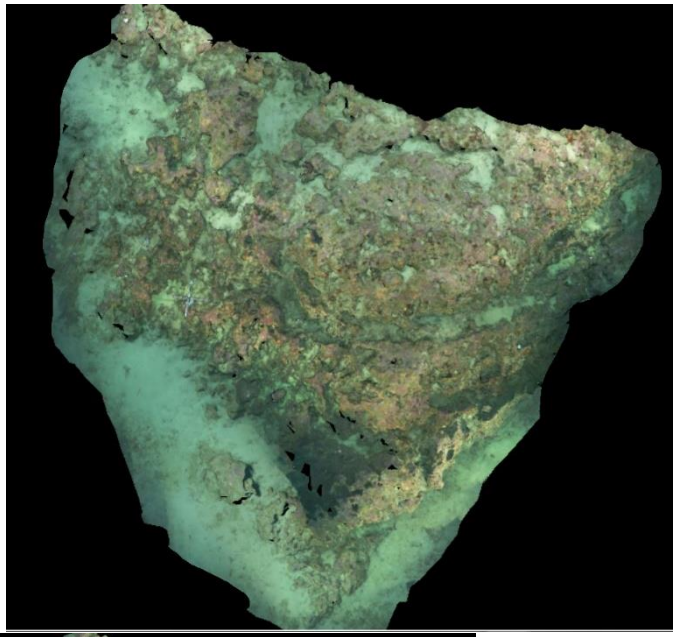


Figure 58 : Zoom sur le site Congloué reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2021.



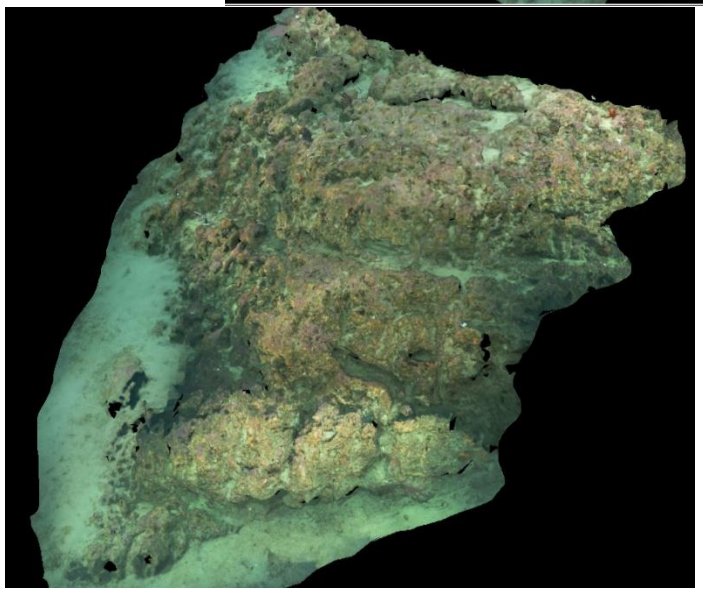


Figure 59 : Vues de-dessus et de face du site Congloué reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2021.

VI.B.3. Description générale du site

Description générale						
Type physionomique	☑ Paroi	☐ Massif	☐ Autres : …			
Structures particulières						
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions						
Station(s)	Profondeur (m) : 40			Profondeur (m) : 50		
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du…					
	cm	dm	m	cm	dm	m
Typologie / profondeur (m)	☐ 1 ☑ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5			☐ 1	☐ 2 ☑ 3 ☐ 4 ☐ 5	
Stratification	Stratification					
	Profondeur (m) : 40			Profondeur (m) : 50		
	Nature :	Hauteur (cm) :		Nature :		Hauteur (cm) :
Strate haute	*Paramuricea clavata, Eunicella cavolinii*	70		*Paramuricea clavata*		70
Strate moyenne	*Flabellia petiolata*	10		*Axinella damicornis,* Bryozoaires érigés		20
Strate basse	*Algues rouges encroutantes*	5		Algues rouges encroutantes		5
Orientation						
Géographique	Nord					
Par rapport au courant	Est					

Extensions bathymétriques (m)	Minimum	Maximum		Minimum	Maximum
Coralligène	40	67	***Halimeda tuna***	20	45
Paramuricea clavata	40	67	***Flabellia petiolata***	25	45
Eunicella cavolinii	40	67	**Algues filamenteuses**		
Autres gorgones : …			**Autres : …**		

Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☐ Macrodéchets	☐ Autres: …
Remarques :	Très nombreux filets/palangres…Gorgones pelées par les engins de pêche.				

Température de l'eau (°C)	17
Inclinaison	
Visibilité (m)	10 (eau chargée)
Profondeur thermocline	

Espèces particulières	Barracudas (*Sphyraena viridensis*), chapon (*Scorpaena scrofa*), une langouste (*Palinurus elephas*), corail rouge (*Corallium rubrum*)

VI.B.4. **Analyse des quadrats photographiques 2021**

VI.B.4.a. Congloué, -40 m (2021)

Sur la station à -**40 m**, les quadrats sont couverts à **89,1 % par des organismes vivants** et à **3,4 % par du sédiment**.

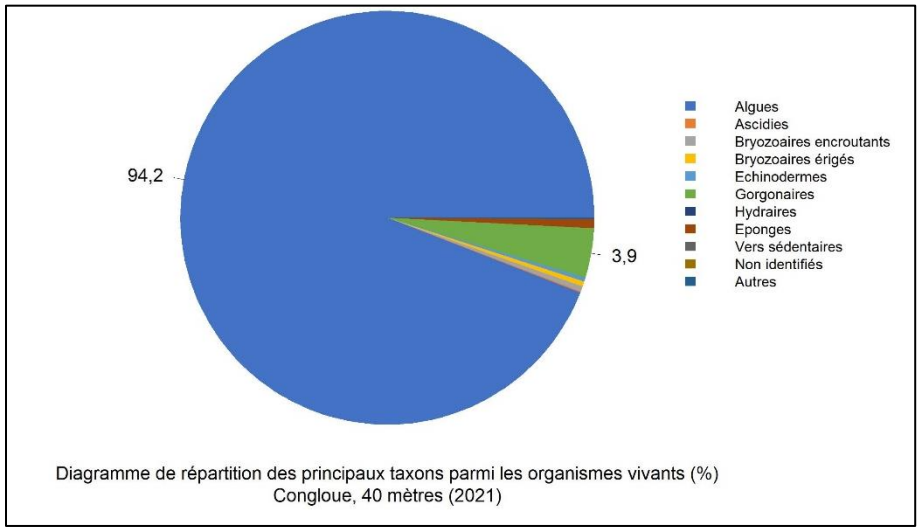


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Congloue, 40 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -40 m (94,2 % des organismes vivants) avec des algues rouges (85,5 % - 6 % d'algues rouges encroutantes nécrosées) et des algues vertes (8,7 % - *Flabellia petiolata*). Les algues vertes ***Flabellia petiolata*** **constituent la strate moyenne du coralligène.**

Les algues rouges sont constitués par des **algues filamenteuses** et par des **algues rouges encroûtantes qui, elles**, **forment la strate basse** avec les **corallinacées *Mesophyllum sp.* de type encroûtant** (*M. alternans* – 48,5 %) et des *Lithophyllum sp.* (4,4 %) ainsi que des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces de type érigé (4,3 %) et surtout encroutant (15,3 %).

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -40 m le groupe dominant est celui des **gorgones** (3,9 %) avec l'espèce dominante ***Paramuricea clavata*** **qui forme la strate haute du coralligène.**

VI.B.4.b. Congloué, -50 m (2021)

Sur la station à -**50 m**, les quadrats sont couverts à **77,3 % par des organismes vivants** et à **11,4 % par du sédiment**.

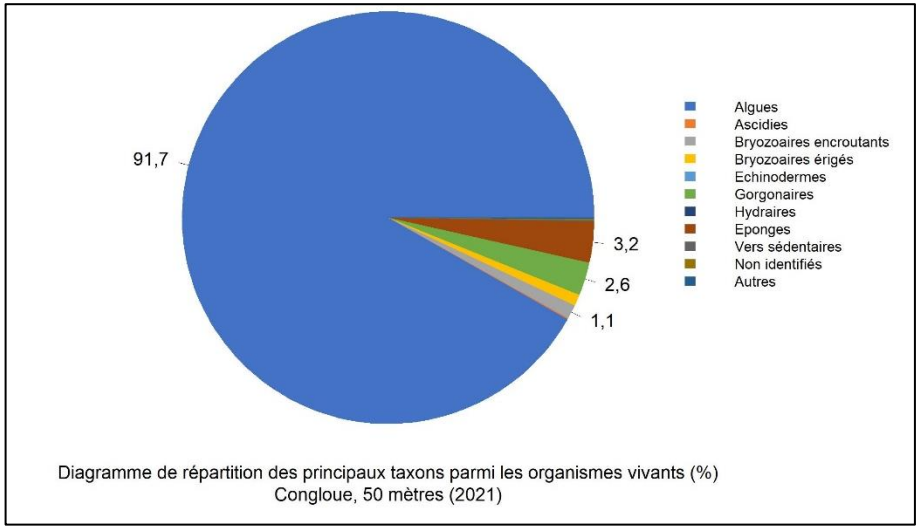


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Congloue, 50 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -50 m (91,7 % des organismes vivants) avec des algues rouges (91,5 % - 6,7 % d'algues rouges encroutantes nécrosées). **Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse** avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* (53,3 %) de type encroûtant** (*M. alternans*) et quelques *Lithophyllum sp.* (0,5 %)) et des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces de type érigé (8 %) et surtout encroutant (20,2 %).

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -50 m le groupe dominant est celui des **éponges** (3,2 %) principalement encroûtantes : espèces non identifiées, *Axinella damicornis, Hexadella racovitzai*. **Les petites axinelles constituent la strate moyenne du coralligène.** On trouve ensuite les **gorgones** (2,6 %) avec l'espèce dominante ***Paramuricea clavata*** **qui forme la strate haute du coralligène.** Les **bryozoaires** sont formés par 1,1 % de bryozoaires encroûtants et 0,9 % de bryozoaires érigés (*Myriapora truncata, Turbicellepora avicularis, Adeonella calveti*).

VI.B.5. **Photographies des quadrats**

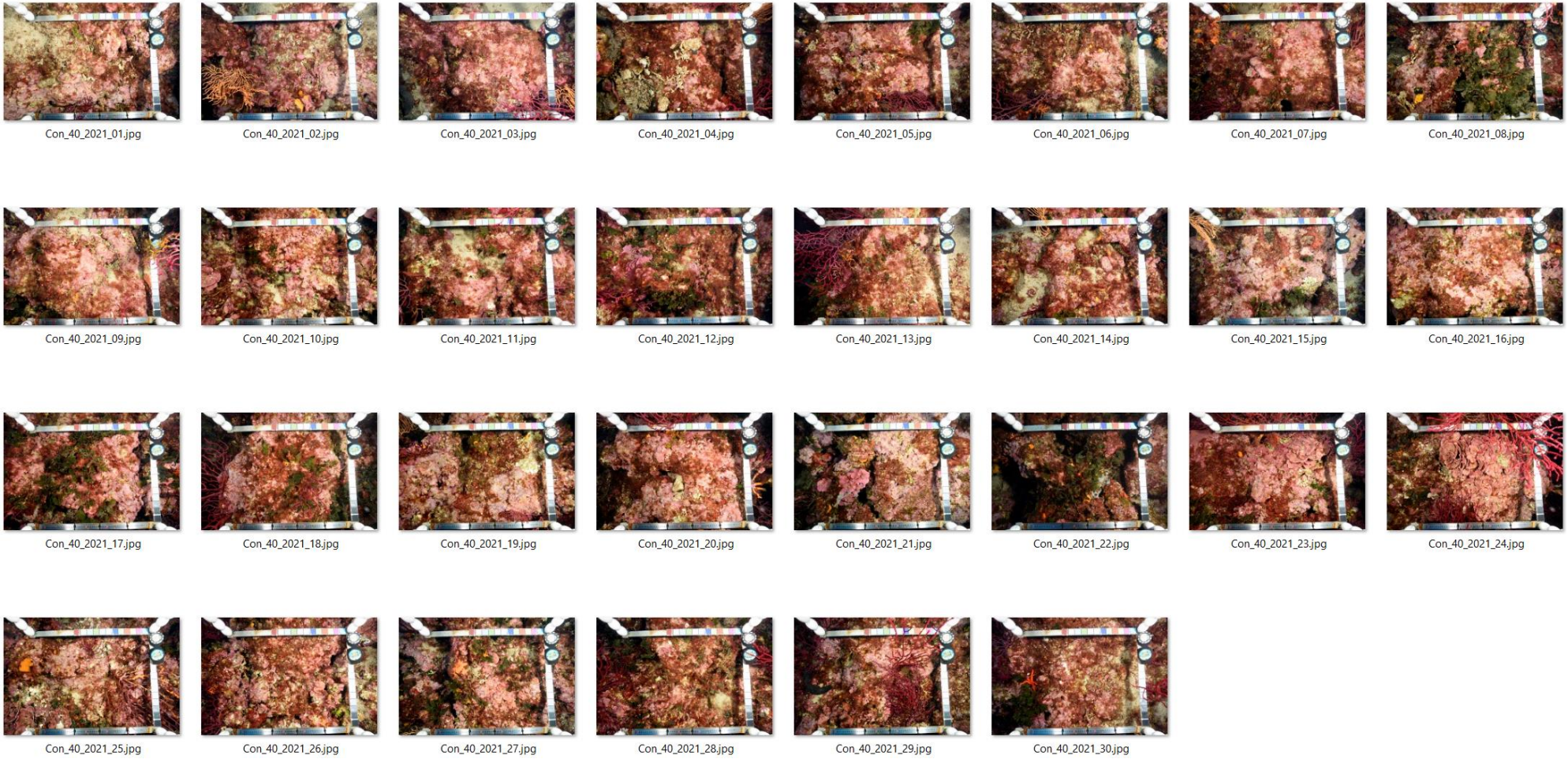


Figure 60 : Site Congloue – Quadrats photographiques à -40 m (2021).



Figure 61 : Site Congloue – Quadrats photographiques à -50 m (2021).

VI.B.6.**Analyse comparative des quadrats**

Tableau 19: Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC07a	FRDC07a	FRDC07a	FRDC07a	FRDC07a	FRDC07a	FRDC07a	FRDC07a	FRDC07a	FRDC07a	FRDC07a	FRDC07a	
Site	Congloue	Congloue	Congloue	Congloue	Congloue	Congloue	Congloue	Congloue	Congloue	Congloue	Congloue	Congloue	
Profondeur	40	50	60	63	40	50	60	40	50	60	40	50	
Année	2012	2012	2012	2012	2015	2015	2015	2018	2018	2018	2021	2021	
% recouvrement par le vivant	70.31	60.24	57.01	46.38	72.58	61.54	54.35	80.1	58.59	49.9	89.1	77.32	14.32 — 59.27 — 94.81
% recouvrement par le non vivant	29.69	39.76	42.99	53.62	27.42	38.46	45.65	19.9	41.41	50.1	10.9	22.68	5.19 — 40.73 — 85.68
% recouvrement par le sédiment	19.61	27.93	34.99	39.99	15.22	19.96	26.52	8.8	18.18	25.78	3.4	11.39	2.19 — 29.47 — 79.54
% recouvrement par les débris biologiques	1.81	1.36	0.42	2.41	0.47	0.99	1.3	2.86	3.7	3.13	3.13	3.17	0 — 1.72 — 14.77
% recouvrement par les cavités	6.16	5.15	6.39	5.73	8.5	7.61	8.91	3.28	3.59	5.21	1.08	1.5	0 — 5.61 — 22.21
% recouvrement par les macrodéchets	0	0	0.12	0.06	0	0	0	0	0	0.1	0	0.21	0 — 0.12 — 2.34
CAI	0.52	0.45	0.4	0.36	0.51	0.48	0.43	0.61	0.53	0.47	0.64	0.62	0.08 — 0.43 — 0.79
% recouvrement par les bryozoaires totaux	3.92	3.49	4.12	4.89	1.41	2.81	2.61	2.03	2.5	3.07	0.7	1.56	0.1 — 2.89 — 18.15
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	41.4	34.32	23.88	15.32	46.61	37.94	30.48	62.4	48.49	37.66	70.86	69.64	1.05 — 33 — 79.58
Indice de Simpson	0.88	0.89	0.69	0.8	0.88	0.86	0.84	0.84	0.95	0.76	0.72	0.66	0.35 — 0.8 — 0.95
Indice de Shannon	2.71	2.75	1.71	2.18	2.59	2.58	2.51	2.36	3.2	2.07	1.8	1.61	0.99 — 2.24 — 3.2
% Nécroses parmi le vivant	0.6	0.39	0.42	0.13	1.36	0.17	0.1	2.86	1.07	1.36	6.84	7.23	0 — 1.2 — 9.77
Indicateur de perturbation	4.98	4.62	0.84	1.43	18.89	10.33	10.55	4.68	1.69	0.94	6.24	2.22	0 — 7.74 — 91.69
% Algues filamenteuses	0.94	2.85	0.73	0.52	18.89	10.25	9.97	4.62	1.24	0.94	6.24	2.15	0 — 6.52 — 91.45
% Algues total	64.89	59.33	39.37	30.04	92.67	68.84	65.2	93.17	83.64	77.14	94.19	91.73	0 — 68.1 — 99.39

% Algues brunes	0.09	0.1	0	0.26	18.03	3.05	9.11	1.43	0.53	1.04	0.06	0	0 71.56 8.36
% Algues vertes	4.89	3.44	1.78	0.52	9.84	1.02	1.63	10.66	1.24	1.88	8.66	0.21	0 91.76 5.56
% Algues rouges	59.91	55.8	37.59	29.26	64.8	64.78	54.46	81.08	81.87	74.22	85.46	91.52	0 99.18 54.18
% Mesophyllum spp.	32.27	36.15	17.7	25.62	30.03	38.27	37.78	41.35	40.62	55.32	48.46	53.23	0 70.87 24.57
% Lithophyllum spp.	6.09	1.87	0.63	0	5.17	1.52	1.92	14.37	7.64	4.28	4.42	0.49	0 24.22 3.02
% Peyssonnelia sp. Erigées	0.09	0.88	2.41	0.13	3.88	0.76	1.82	6.44	8.89	5.64	4.24	7.99	0 55.99 6.7
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	16.05	14.44	15.5	1.82	22.7	16.51	10.74	13.13	22.76	7.83	15.26	20.15	0 65.71 15.43
% Eponges	13.73	17.49	37.49	40.44	1.65	12.11	22.34	1.3	6.49	12.21	0.67	3.2	0 91.06 14.68
% Eponges massives	0.43	1.57	1.05	1.56	0.14	1.78	2.3	0.13	1.51	2.4	0.06	0.69	0 32.68 3.92
% Eponges encroutantes	13.3	15.91	36.44	38.88	1.51	10.33	20.04	1.17	4.98	9.81	0.61	2.5	0 66.07 10.76
% Axinella sp.	0.09	0.59	0.73	0.26	0	1.1	2.01	0	0.89	0.84	0	0.35	0 9.61 0.83
% Cliona spp.	0.77	0.39	0	0	0.07	0	0.19	0.07	0.09	0.1	0	0.07	0 5.96 0.41
% Gorgones	10.21	11.2	5.24	0.39	2.95	11.09	3.55	1.56	3.56	0.84	3.94	2.64	0 37.82 5.27
% Gorgones rouges	10.13	11.1	3.87	0.13	2.8	10.84	2.68	1.56	3.29	0.63	3.63	2.64	0 33.68 2.87
% Gorgones jaunes	0	0	0.63	0.13	0.07	0	0.58	0	0	0	0.3	0	0 21.09 1.89
% Corail rouge	0.09	0.1	0.73	0.13	0.07	0.25	0.29	0	0.27	0.21	0	0	0 31.5 0.45
% Bryozoaires encroutants	2.23	2.36	3.14	3.9	1.87	3.22	2.97	1.37	1.96	1.77	0.36	1.11	0 17.98 2.93
% Bryozoaires érigés	3.35	3.44	4.08	6.63	0.07	1.35	1.82	1.17	2.31	4.38	0.42	0.9	0 18.28 2.23

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableaux ci-dessus) entre 2012, 2015, 2018 et 2021 sur les stations à -40 et -50 m montre que le **pourcentage de couverture par les organismes vivants augmente à -40 m au cours du temps** et est fort en comparaison avec les autres stations de la région ; **à -50 m ce pourcentage augmente** aussi mais reste proche de la moyenne régionale.

Le **pourcentage de sédimentation diminue au cours du temps** à -40 et -50 m.

Le pourcentage de débris augmente depuis 2018 à -40 et -50 m**, tout comme le pourcentage de nécroses :** en 2021, les valeurs sont cinq fois plus importantes qu'en 2018.

L'indicateur de perturbation est plus élevé à -40 m qu'à -50 m, en lien avec le développement des algues filamenteuses. Il augmente en 2021 par rapport aux suivis antérieurs.

La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, était stable et plutôt élevée par rapport aux autres stations de la région **jusqu'en 2018**. **En 2021, la biodiversité diminue** avec des indices de Simpson et de Shannon en-dessous de la moyenne régionale sur les deux stations.

La valeur du CAI a tendance à augmenter au cours du temps. En 2021 il indique **un état écologique bon des deux stations.** Le CAI est toujours au-dessus de la moyenne régionale.

La répartition des grands groupes du vivant n'a pas changé entre 2015 et 2021.

La stratification est également similaire selon les années avec des gorgones en strate haute (70 à 80 cm), des éponges et bryozoaires ou des algues selon la profondeur en strate moyenne (10 à 20 cm) et des algues rouges encroûtantes en strate basse (5 cm).

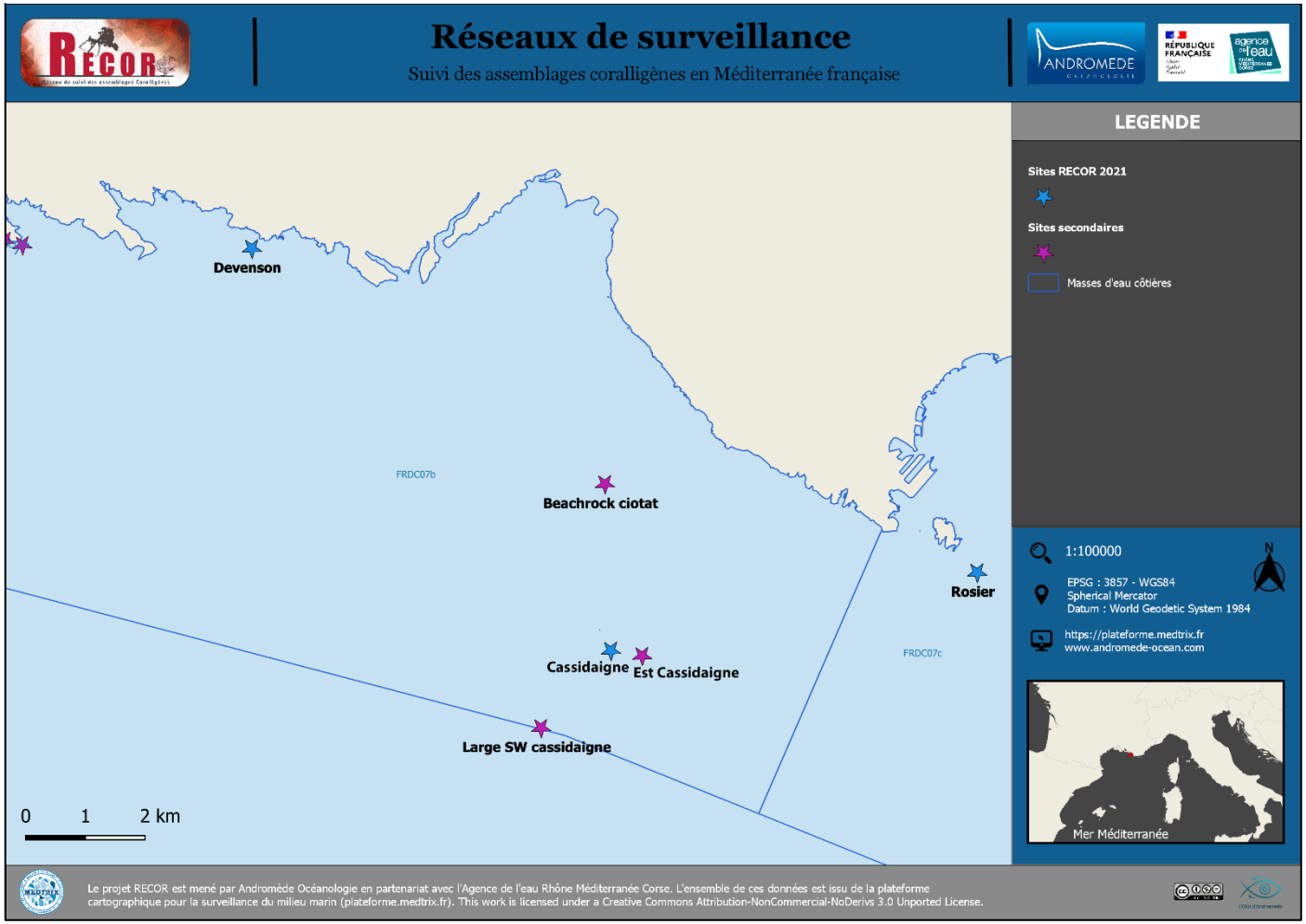
VI.B.7. Démographie des espèces érigées

La démographie des espèces érigées n'est plus étudiée sur ce site depuis 2015.

MASSE D'EAU FRDC07b :

CAP CROISETTE – BEC DE L'AIGLE

La masse d'eau FRDC07b se situe au cœur du Parc national des Calanques et comprend cinq sites RECOR : Devenson (site prioritaire), Cassidaigne (site prioritaire), Beachrock Ciotat (site secondaire non suivi en 2021), Est Cassidaigne (site secondaire), Large SW Cassidaigne (site secondaire non suivi en 2021).



VI.C. Site « Devenson »

VI.C.1. **Présentation du site**

Le site RECOR Devenson se situe dans le cœur marin du Parc national des Calanques, dans les calanques de Cassis, au large de l'aiguille du Devenson. Ce tombant de typologie 3 qui s'étend de -23 à -47 m a été échantillonné à -47 m en 2012, 2015, 2018 et 2021.

En 2021, les plongeurs ont observé une petite langouste (*Palinurus elephas*), quelques branches de corail rouge (*Corallium rubrum*), un gorgonocéphale (*Astrospartus mediterraneus*), un mérou brun (*Epinephelus marginatus*) de 60 cm, une araignée de mer rouge *Lissa chiragra.*

Présence aussi d'engins de pêche (lignes de pêche) et de macrodéchets (bouteilles de verre). Hors du site, sur un tombant à l'Est entre -25 et -40 m, les plongeurs ont observé en 2021 un gros filet de pêche impactant de grandes gorgones (>70 cm – nombreuses nécroses).

Caractéristiques du site		
Nom du site	Devenson	
Coordonnées (L93)	Latitude :	Longitude :
Piquet:	43 12.174	5 28.474
Profondeur du piquet (m)	47	
Date d'échantillonnage	08/06/2021	
Profondeur des stations (m)	47	
Remarques sur les stations	Photos quadrats vers la droite du piquet à -47m Etude des gorgones dans la remontée entre les 2 capteurs.	

Trois de capteurs de température ont été positionnés :

08/06/2021 20h00 20125780 45,5 1 mesure toutes les 30 minutes Capteur au pied du massif sur une petite avancée	
08/06/2021 20h00 20987414 27 1 mesure toutes les 30 minutes Capteur au dessus, un peu sur la gauche, au niveau de la marche.	
08/06/2021 20h00 20125778 17,3 1 mesure toutes les 30 minutes Capteur dans la faille de la seconde remontée (point le plus haut)	

Figure 62 : Site Devenson. Caractéristiques et illustrations des trois capteurs de température positionnés en 2021.

VI.C.2. **Photographies du site**

La modélisation en 3D sur le site par photogrammétrie permet une vision globale du site tout comme une vision plus précise si nécessaire à l'aide de zooms. Les modèles 3D sont disponibles sur la plateforme Medtrix dans les projets « MODEL » et « RECOR ».

Les modèles ont été réalisés en 2018 et 2021 au même endroit :

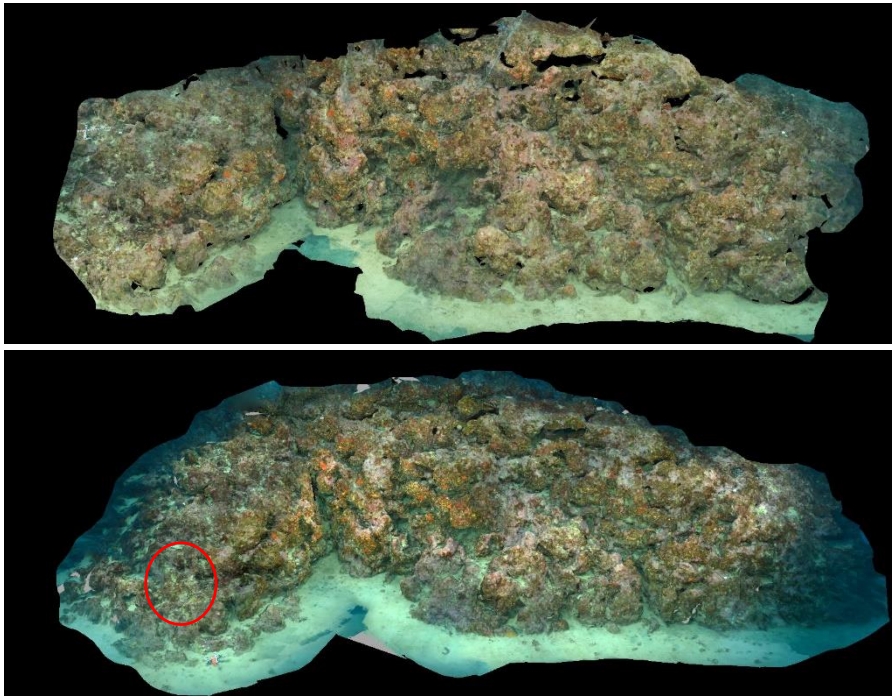


Figure 63 : Vues de-face du site Devenson reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (en haut) et en 2021 (en bas). Le cercle rouge indique la position du capteur de température.

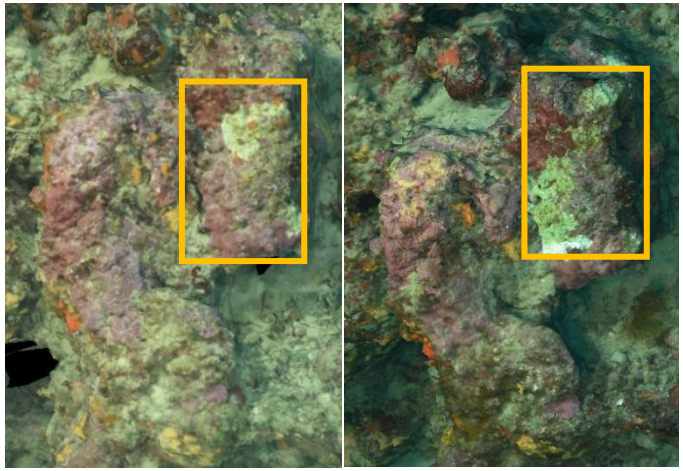


Figure 64 : Vues zoomées sur des macronécroses (rectangles oranges) du site Devenson reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (à gauche) et en 2021 (à droite).

En 2021, la zone de photogrammétrie se situe au même endroit que les quadrats photographiques de la station à -47 m :

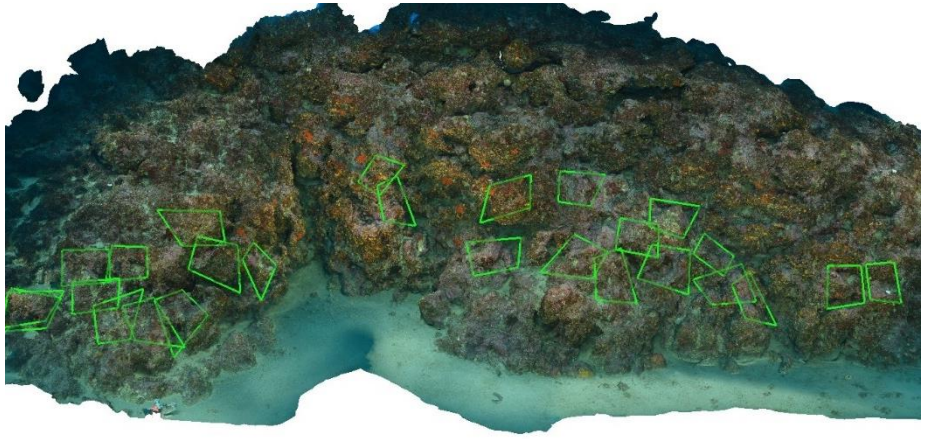


Figure 65 : Positionnement d'une partie des quadrats photographiques (en vert) sur le modèle photogrammétrique en 2021.

VI.C.3. Description générale du site

Description générale						
Type physionomique	☑ Paroi	☐ Massif	☐ Autres : …			
Structures particulières						
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions						
Station(s)	Profondeur (m) : 47			Profondeur (m) :		
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du…					
	cm	dm	m	cm	dm	m
	70	30				
Typologie / profondeur (m)	☐ 1 ☐ 2 ☑ 3 ☐ 4 ☐ 5			☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5		
Stratification						
	Profondeur (m) : 47			Profondeur (m) : 0		
	Nature :	Hauteur (cm) :		Nature :	Hauteur (cm) :	
Strate haute	*Axinella sp.*	10				
Strate moyenne	*Codium sp., Flabellia petiolata*	5				
Strate basse	Algues rouges encroutantes	2				
Orientation						
Géographique	Nord					
Par rapport au courant	Est					

Extensions bathymétriques (m)	Minimum	Maximum		Minimum	Maximum
Coralligène	26	47	*Halimeda tuna*		
Paramuricea clavata			*Flabellia petiolata*		
Eunicella cavolinii	27	40	Algues filamenteuses		
Autres gorgones : …			Autres : …		

Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☑ Macrodéchets	☐ Autres: …
Remarques :	lignes de pêche, bouteilles de verre				

Température de l'eau (°C)	16
Inclinaison	
Visibilité (m)	15
Profondeur thermocline	NA

Espèces particulières	Une petite langouste (*Palinurus elephas*), quelques branches de corail rouge (*Corallium rubrum*), un gorgonocéphale (*Astrospartus mediterraneus*), un mérou brun (*Epinephelus marginatus*) de 60 cm, une araignée de mer rouge *Lissa chiragra*.

Démographie des espèces érigées				
Date d'échantillonnage	08/06/2021			
Quadrat de 2m² (structure en taille et densité des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☐ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur (m)	33			
30 quadrat de 50x50 cm (Nécrose des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☐ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur moyenne (m)	33			

VI.C.4. **Analyse des quadrats photographiques 2021**

VI.C.4.a. Devenson, -47 m (2021)

Sur la station à **-47 m**, les quadrats sont couverts à **68,5 % par des organismes vivants** et à **21,3 % par du sédiment**.

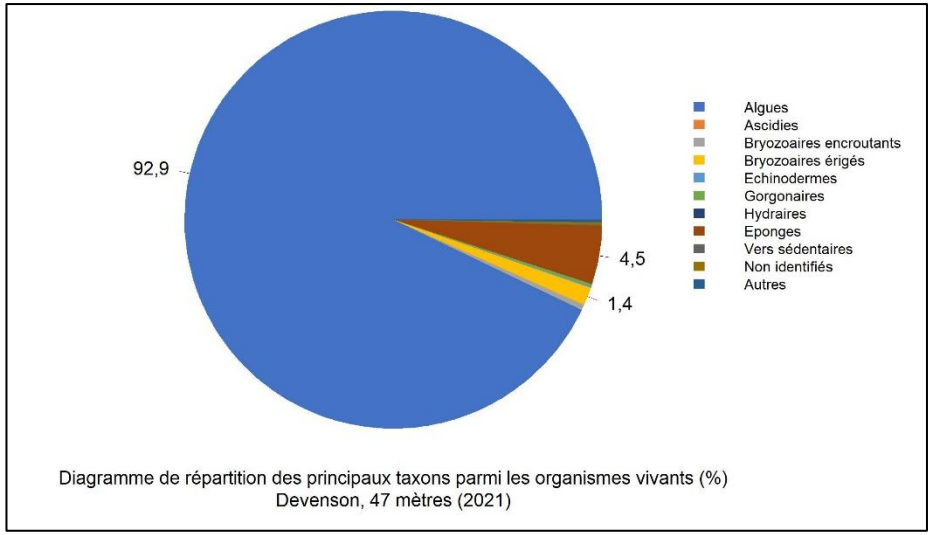


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Devenson, 47 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -47 m (92,9 % des organismes vivants) avec des algues rouges (89,3 % - 8,1 % d'algues rouges encroutantes nécrosées), des algues vertes (2,9 % - *Codium effusum*, *Flabellia petiolata*, *Palmophyllum crassum*). **Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse** avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* (58,2 %) de type encroûtant** (*M. alternans*) et quelques *Lithophyllum sp.* (0,9 %)), des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces de type érigé (2,6 %) et surtout encroutant (18 %), et des algues encroutantes non identifiées.

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -47 m le groupe dominant est celui des **éponges** (4,5 %) principalement encroûtantes : espèces non identifiées, *Axinella damicornis, Crambe taillliezii, Spirastrella cunctatrix*. **Les petites axinelles constituent la strate haute du coralligène.**

On trouve ensuite des **bryozoaires,** formés par 0,4 % de bryozoaires encroûtants et 1,4 % de bryozoaires érigés (*Crisia sp.*, *Myriapora truncata*).

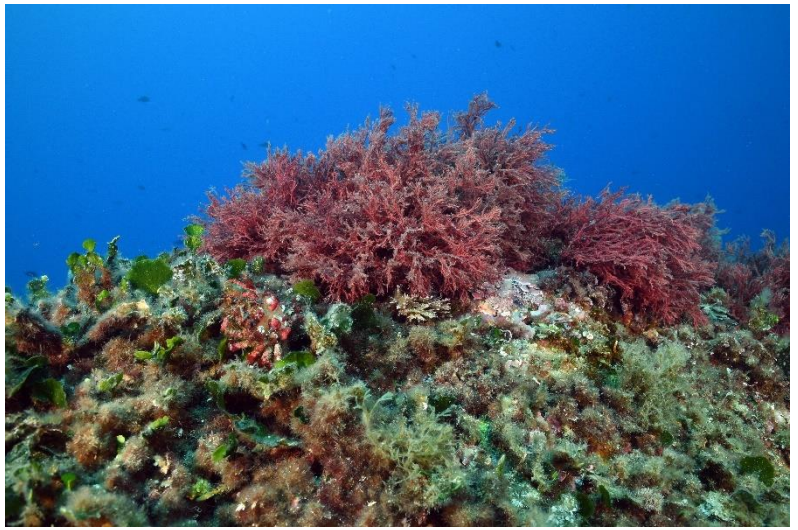


Figure 66 : Devenson, 2021. Araignée de mer rouge Lissa chiragra.

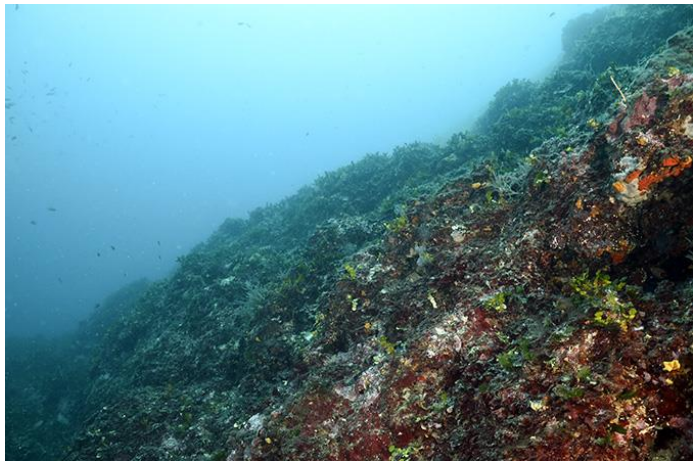


Figure 67 : Tombant coralligène du Devenson en 2018.

VI.C.5. **Photographies des quadrats**

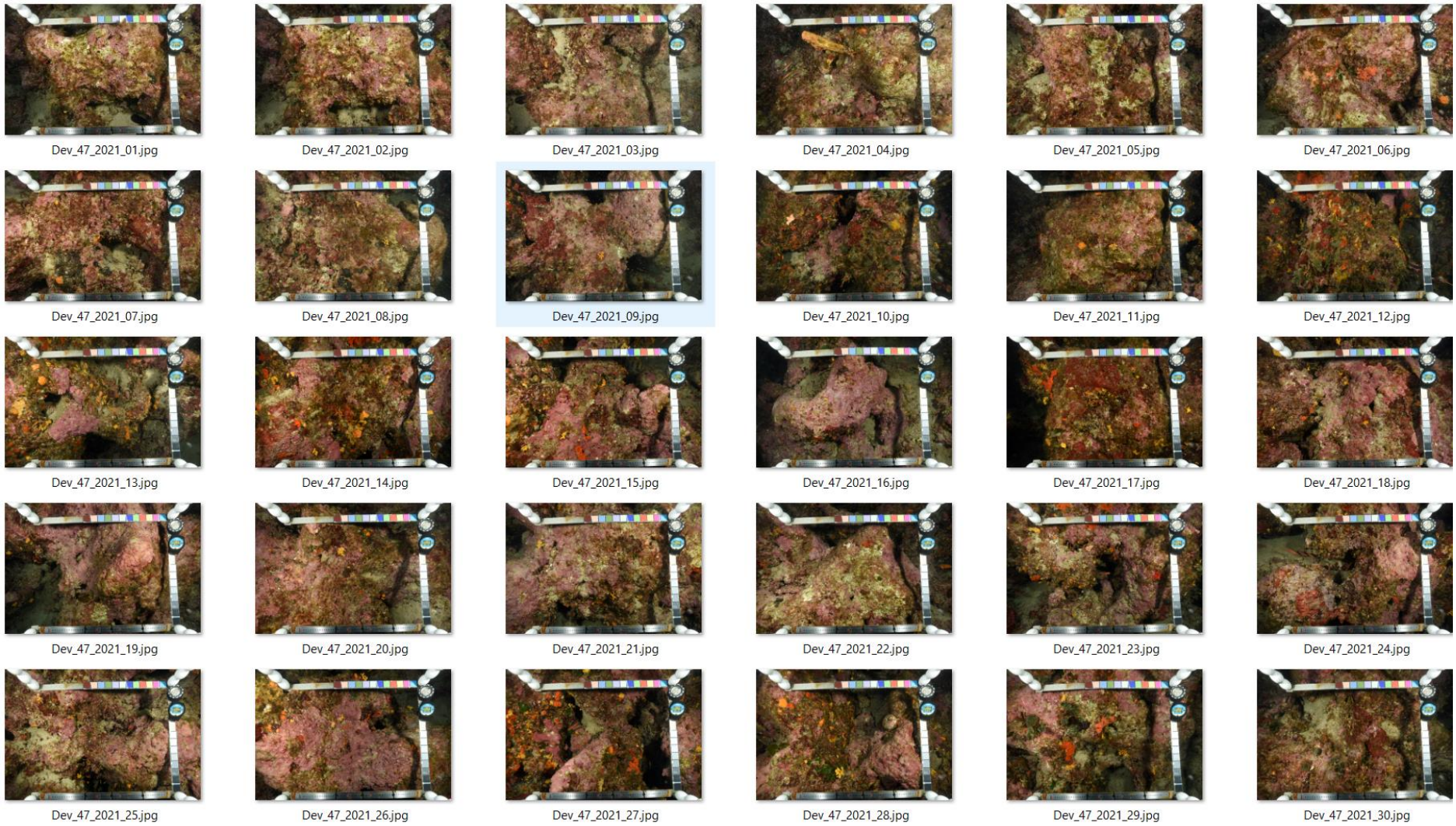


Figure 68 : Site Devenson– Quadrats photographiques à -47 m (2021).

VI.C.6. **Analyse comparative des quadrats**

Tableau 20: Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	
Site	Devenson	Devenson	Devenson	Devenson	
Profondeur	47	47	47	47	
Année	2012	2015	2018	2021	
% recouvrement par le vivant	61.39	69.31	65.63	68.51	14.32 / 59.27 / 94.81
% recouvrement par le non vivant	38.61	30.69	34.38	31.49	5.19 / 40.73 / 85.68
% recouvrement par le sédiment	27.72	20.74	24.74	21.29	2.19 / 29.47 / 79.54
% recouvrement par les débris biologiques	0.13	0.16	0.16	1.71	0 / 1.72 / 14.77
% recouvrement par les cavités	7.68	7.45	5	2.54	0 / 5.61 / 22.21
% recouvrement par les macrodéchets	0.13	0.31	0	0	0 / 0.12 / 2.34
CAI	0.46	0.52	0.51	0.55	0.08 / 0.43 / 0.79
% recouvrement par les bryozoaires totaux	3.41	1.93	1.04	1.27	0.1 / 2.89 / 18.15
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	37.21	51.12	55.31	60.73	1.05 / 33 / 79.58
Indice de Simpson	0.88	0.8	0.7	0.62	0.35 / 0.8 / 0.95
Indice de Shannon	2.51	2.41	2.07	1.55	0.99 / 2.24 / 3.2
% Nécroses parmi le vivant	0.44	0.53	1.43	8.05	0 / 1.2 / 9.77
Indicateur de perturbation	4.57	15.79	0.87	0.81	0 / 7.74 / 91.69
% Algues filamenteuses	3.59	15.79	0.87	0.81	0 / 6.52 / 91.45
% Algues total	65.07	88.8	91.51	92.91	0 / 68.1 / 99.39
% Algues brunes	0.33	15.04	2.14	0.72	0 / 8.36 / 71.56
% Algues vertes	5.01	1.95	4.44	2.9	0 / 5.56 / 91.76
% Algues rouges	59.74	71.8	84.92	89.29	0 / 54.18 / 99.18
% Mesophyllum spp.	42.22	47.89	42.3	58.21	0 / 24.57 / 70.87
% Lithophyllum spp.	0.87	3.38	6.83	0.97	0 / 3.02 / 24.22
% Peyssonnelia sp. Erigées	0.22	0.68	2.86	2.58	0 / 6.7 / 55.99
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	13.6	19.02	31.67	18.04	0 / 15.43 / 65.71
% Eponges	14.91	6.47	4.68	4.51	0 / 14.68 / 91.06
% Eponges massives	0.44	0.83	1.43	0.81	0 / 3.92 / 32.68
% Eponges encroutantes	14.47	5.64	3.25	3.7	0 / 10.76 / 66.07
% Axinella sp.	0	0.45	0.71	0.48	0 / 0.83 / 9.61
% Cliona spp.	0	0	0	0	0 / 0.41 / 5.96
% Gorgones	0.65	0.08	0	0.16	0 / 5.27 / 37.82
% Gorgones rouges	0	0	0	0	0 / 2.87 / 33.68
% Gorgones jaunes	0.22	0	0	0	0 / 1.89 / 21.09
% Corail rouge	0.44	0.08	0	0.16	0 / 0.45 / 31.5
% Bryozoaires encroutants	2.61	2.26	0.56	0.4	0 / 2.93 / 17.98
% Bryozoaires érigés	2.94	0.53	1.03	1.45	0 / 2.23 / 18.28

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableaux ci-dessus) entre 2012, 2015, 2018 et 2021 sur la station à -47 m montre que le **pourcentage de couverture par les organismes vivants tend à augmenter au cours du temps** (valeur supérieure à la moyenne régionale) alors que le **pourcentage de sédimentation a diminué entre 2012 et 2015 et semble assez stable depuis.**

Les **pourcentages de débris comme celui des nécroses augmentent au cours du temps avec un pic en 2021**. 8 % des algues rouges sont nécrosées cette année, c'est proche de la valeur maximale régionale.

L'indicateur de perturbation a diminué après le pic de 2015 pour revenir à une valeur plus faible qu'en 2012 et stable.

La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, diminue au cours des suivis. En 2021 les indices de Simpson et de Shannon sont en-dessous de la moyenne régionale.

La valeur du CAI est en augmentation et indique **un état écologique bon en 2021.**

La répartition des grands groupes du vivant a peu changé entre 2015 et 2021.

La stratification est assez similaire avec des éponges axinelles en state haute (10-15 cm), des algues *Codium bursa* et *Flabellia petiolata* en strate moyenne (5-10 cm) et des algues rouges encroûtantes en strate basse (2-5 cm).

VI.C.7. Démographie des espèces érigées

Sur le site, les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* et/ou les gorgones rouges *Paramuricea clavata* ont été échantillonnées à -30 m en 2012, -36 m en 2016, et -33 m en 2018 et en 2021. A noter qu'en 2021, hors du site RECOR, sur un tombant à l'Est entre -25 et -40 m, les plongeurs ont observé un gros filet de pêche impactant de grandes gorgones (>70 cm – nombreuses nécroses).

VI.C.7.a. . Nécroses des peuplements

Les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* sont en très bon état avec plus de 80 % des colonies sans nécroses à -33 m. Les nécroses sont anciennes et majoritairement localisées (Figure et tableaux suivants).

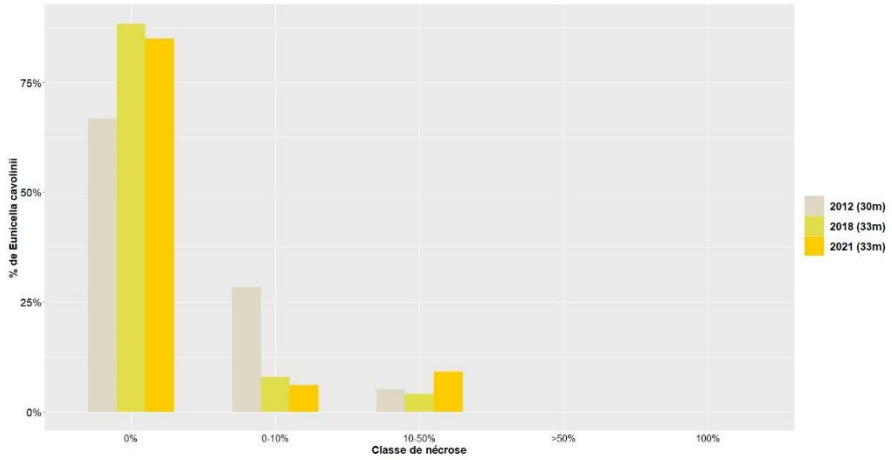


Figure 69 : Site Devenson. Nécroses des peuplements de gorgones jaunes Eunicella cavolinii.

Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* sont plus nécrosées en 2018 qu'en 2015 avec un tiers des gorgones rouges étant nécrosées à plus de 10 %. Ces nécroses sont majoritairement anciennes et diffuses (Figure et tableaux suivants).

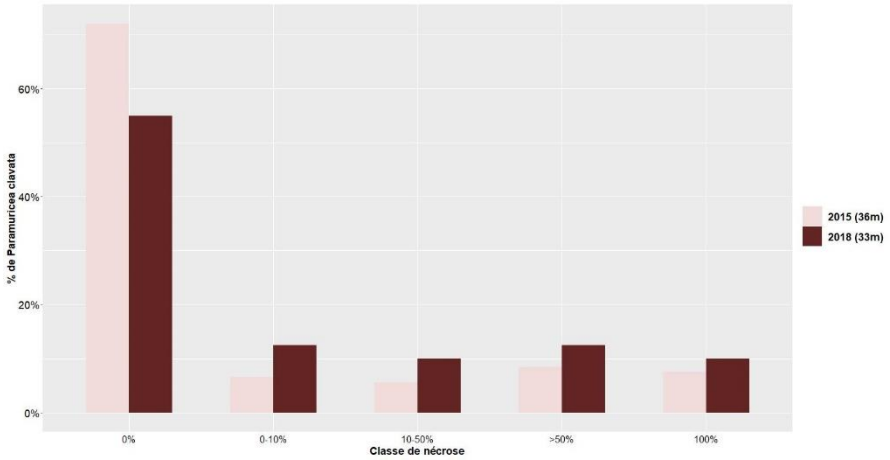


Figure 70 : Site Devenson. Nécroses des peuplements de gorgones rouges Paramuricea clavata.

Tableau 21 : Comparaison des données de nécrose pour les gorgones rouges Paramuricea clavata *et les gorgones jaunes* Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	
Site	Devenson	Devenson	Devenson	Devenson	Devenson	
Profondeur	30	36	33	33	33	
Année	2012	2015	2018	2018	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	
% nécrose:0	66.67	71.96	88.24	55	84.85	0 100 70.01
% nécrose:1-10	28.33	6.54	7.84	12.5	6.06	0 100 13.11
% nécrose:11-50	5	5.61	3.92	10	9.09	0 100 8.67
% nécrose:51-99	0	8.41	0	12.5	0	0 82.35 5.52
% nécrose:100	0	7.48	0	10	0	0 100 2.69
% nécroses anciennes	55	96.67	100	85.71	100	0 100 69.56
% nécroses récentes	45	3.33	0	14.29	0	0 100 15.33
% nécroses diffuses	35	40.91	66.67	57.14	40	0 100 32.75
% nécroses localisées	65	59.09	33.33	42.86	60	0 100 49.62
Nombre total	60	107	51	40	33	1 213 48.39

VI.C.7.b. Structure en taille

Les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* sont toutes de taille moyenne avec une hauteur maximale de 30 cm en 2021 ; le recrutement semble donc absent sur cette station.

Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* présentent des colonies de toutes les tailles mais les grandes colonies (hauteur maximale de 110 cm) sont prépondérantes en 2018 (63 % de la population) (tableau suivant).

Tableau 22 : Comparaison des données de structure en taille pour les gorgones rouges Paramuricea clavata *et les gorgones jaunes* Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	
Site	Devenson	Devenson	Devenson	Devenson	Devenson	
Profondeur	30	36	33	33	33	
Année	2012	2015	2018	2018	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	
nb petits	4	9	0	2	0	0 — 30 (2.5)
% petits	23.53	20.93	0	7.41	0	0 — 100 (13.15)
nb moyens	13	22	1	8	2	0 — 40 (11.26)
% moyens	76.47	51.16	100	29.63	100	0 — 100 (68.07)
nb grands	0	12	0	17	0	0 — 24 (3.49)
% grands	0	27.91	0	62.96	0	0 — 100 (18.78)
Nombre total	17	43	1	27	2	1 — 61 (17.25)
Taille max (cm)	45	110	20	105	30	5 — 200 (60.99)

VI.D. Site « Cassidaigne »

VI.D.1.**Présentation du site**

Le site RECOR Cassidaigne est un massif de coralligène (-36 à -47 m) de typologie 3 situé au sein du cœur marin du Parc national des Calanques, au Sud Est du phare de Cassidaigne. Il a été échantillonné à -47 m sur une avancée coralligène en bordure de massif en 2012, 2015, 2018 et 2021.

En 2021, les plongeurs observent de nombreux engins de pêche (plusieurs lignes de pêche et un filet). Un capteur de température a été posé à -46,4 m sur le piquet du site.

Caractéristiques du site		
Nom du site	Cassidaigne	
Coordonnées (L93)	Latitude :	Longitude :
Piquet:	43 08.547	5 32.913
Capteur(s) de température	43 08.547	5 32.913
Profondeur du piquet (m)	44,5 m	
Date d'échantillonnage	08/06/2021	
Profondeur des stations (m)	47m	
Remarques sur les stations	Site au Sud de la Cassidaigne. Piquet sur une avancée coralligène en bordure du massif. Quadrats Recor autour du piquet et sur sa droite, zone identifique à la photogrammétrie. Quadrat permanent gorgones au dessus à gauche du piquet.	
Capteur(s) de température		
Date de pose	08/06/2021	
Heure de lancement	20h00	
N° capteur	20987457	
Profondeur du capteur (m)	46.4m	
Paramétrage	1 mesure toutes les 30 minutes	
Description de la zone	Sur le piquet de suivi Recor	

En 2021, sur le site RECOR à -45 m, les plongeurs ont rencontré les espèces suivantes : araignée de mer (*Maja squinado*), gorgonocéphales (*Astrospartus mediterraneus*), langoustes (*Palinurus elephas*), rascasse (*Scorpaena sp*.).

Dans la remontée ils ont vu des mérous bruns (*Epinephelus marginatus* x 3), des murènes (*Muraena helena*) très nombreuses (>10) et sorties de leur trou, un banc de dentis (*Dentex dentex*), un thon (*Thunnus thynnus*), des chapons (*Scorpaena scrofa*), et des dorades grises (*Spondyliosoma cantharus*).

VI.D.1.**Photographies du site**



Figure 71 : Site Cassidaigne (2021). [1] Capteur de température positionné en 2021 colonisé par un gorgonocéphale ; [2,3] Rascasses observés en bas du site.

La modélisation en 3D sur le site par photogrammétrie permet une vision globale du site tout comme une vision plus précise si nécessaire à l'aide de zooms. Les modèles 3D sont disponibles sur la plateforme Medtrix dans les projets « MODEL » et « RECOR ».

Les modèles ont été réalisés en 2018 et 2021 au même endroit (plus large emprise en 2021).

En 2021, la zone de photogrammétrie se situe au même endroit que les quadrats photographiques de la station à -47 m :

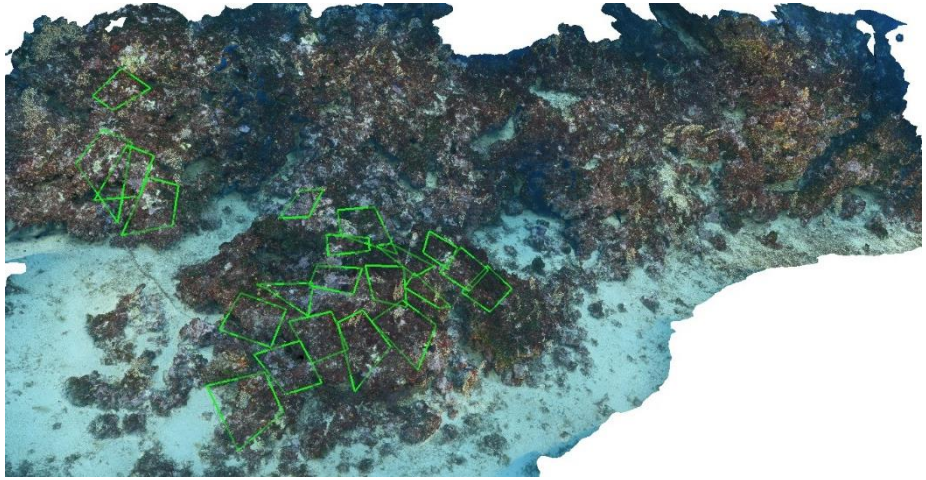


Figure 72 : Positionnement d'une partie des quadrats photographiques (en vert) sur le modèle photogrammétrique en 2021.

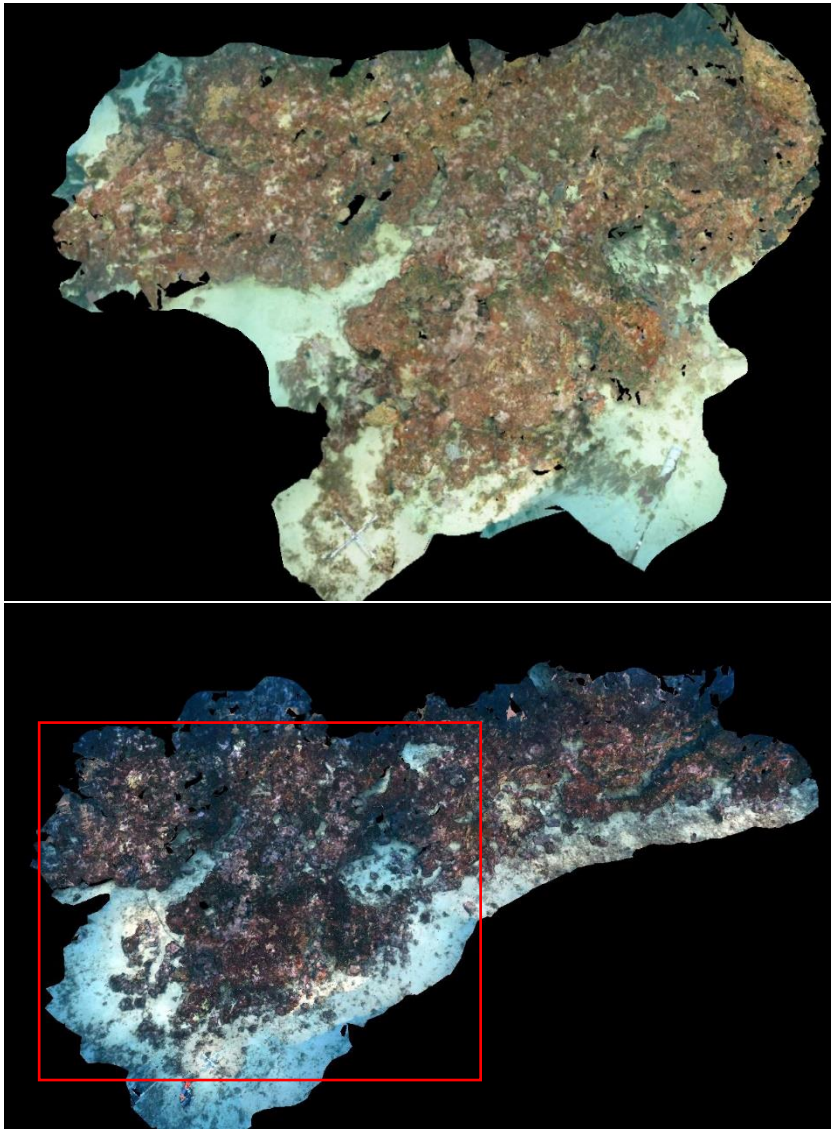


Figure 73 : Vues de-dessus du site Cassidaigne reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (en haut) et en 2021 (en bas). Le carré rouge indique l'emprise du modèle 2018.

VI.D.2.**Description générale du site**

Description générale						
Type physionomique	☐ Paroi	☑ Massif	☐ Autres : …			
Structures particulières						
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions						
Station(s)	**Profondeur (m) : 47m**			**Profondeur (m) : 0**		
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du…					
	cm	dm	m	cm	dm	m
	80	**20**				
Typologie / profondeur (m)	☐ 1 ☐ 2 ☑ 3 ☐ 4 ☐ 5			☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5		
Stratification						
	Profondeur (m) : 47m			**Profondeur (m) : 0**		
	Nature :	Hauteur (cm) :		Nature :	Hauteur (cm) :	
Strate haute	*Eunicella cavolinii*	30-40				
Strate moyenne	*Flabellia petiolata* (majoritaire), quelques petites axinelles, *Halocynthia papillosa et bryozoaires érigés*	5				
Strate basse	*Algues rouges encroutantes*	3				
Orientation						
Géographique	Nord					
Par rapport au courant	Est					
Extensions bathymétriques (m)	**Minimum**	**Maximum**		**Minimum**	**Maximum**	
Coralligène	36	47 (bas du site)	***Halimeda tuna***	40	47	
Paramuricea clavata	36	40	***Flabellia petiolata***	40	47	
Eunicella cavolinii	37	45	**Algues filamenteuses**	20	26	
Autres gorgones : …			**Autres : …**			
Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☐ Macrodéchets	☐ Autres: …	
Remarques :	Plusieurs lignes de pêche et un filet					
Température de l'eau (°C)	14					
Inclinaison						
Visibilité (m)	15m					
Profondeur thermocline	2 strates : 17m et 12m					
Espèces particulières	Sur le site RECOR à 45m: araignée de mer (*Maja squinado*), gorgonocéphales (*Astrospartus mediterraneus*), langoustes (*Palinurus elephas*), rascasse (*Scorpaena sp.*). Dans la remontée : mérous (*Epinephelus marginatus* x 3), murènes (*Muraena helena*) très nombreuses (>10) et sorties de leur trou, banc de dentis (*Dentex dentex*), thon (*Thunnus thynnus*), chapons (*Scorpaena scrofa*), dorades grises (*Spondyliosoma cantharus*)					
Démographie des espèces érigées						
Date d'échantillonnage	**08/06/2021**					
Quadrat de 2m² (structure en taille et densité des peuplements)						
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☐ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)		
Profondeur (m)	46		40			
30 quadrat de 50x50 cm (Nécrose des peuplements)						
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☐ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)		
Profondeur moyenne (m)	46					

VI.D.3.**Analyse des quadrats photographiques 2021**

VI.D.3.a. Cassidaigne, -47 m (2021)

Sur la station à -**47 m**, les quadrats sont couverts à **89,7 % par des organismes vivants** et à **2,6 % par du sédiment**.

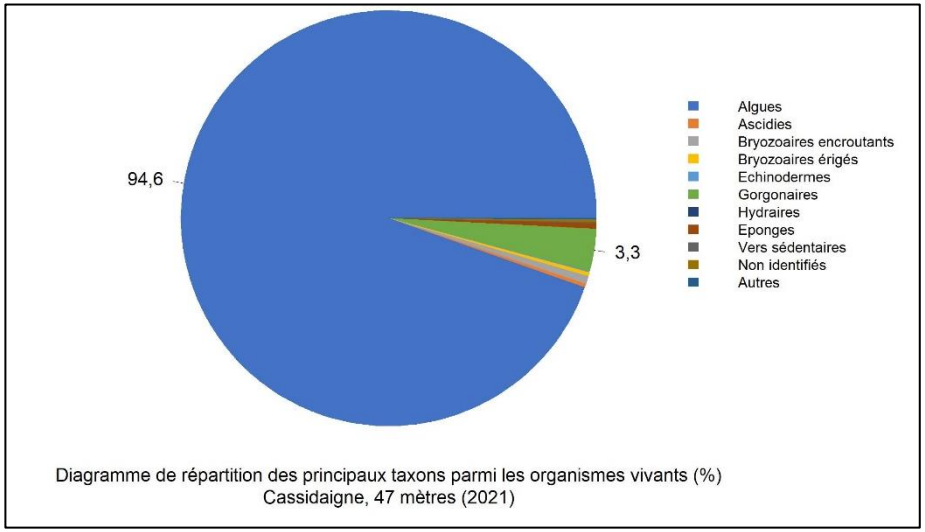


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Cassidaigne, 47 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -47 m (94,6 % des organismes vivants) avec des algues rouges (75,9 % - 2,1 % d'algues rouges encroutantes nécrosées) et des algues vertes (18,6 % - *Codium effusum*, *Flabellia petiolata* (majoritaire)). **Les algues vertes *Flabellia petiolata* constituent la strate moyenne du coralligène** (avec des bryozoaires érigés et petites axinelles).

Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* (19,5 %) de type encroûtant** (*M. alternans*) et quelques *Lithophyllum sp.* (1,3 %)), des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces de type érigé (27,9 %) et encroutant (20,3 %).

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -47 m le groupe dominant est celui des **gorgones** (3,3 %) avec les **gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* qui constituent la strate haute du coralligène.**

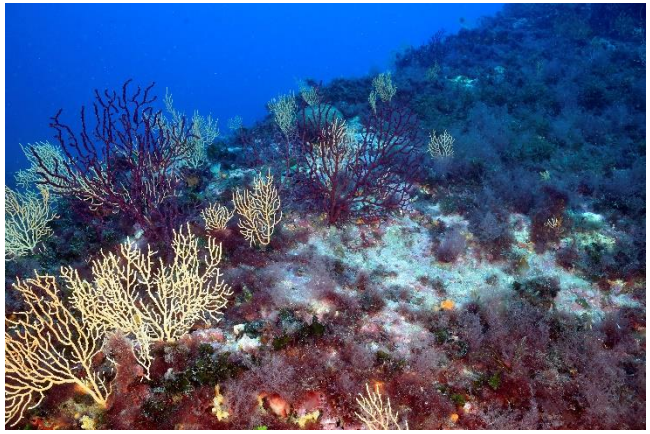


Figure 74 : Cassidaigne, 2021. -47 m.



Figure 75 : Cassidaigne, 2021. -30 m.

VI.D.4.**Photographies des quadrats**

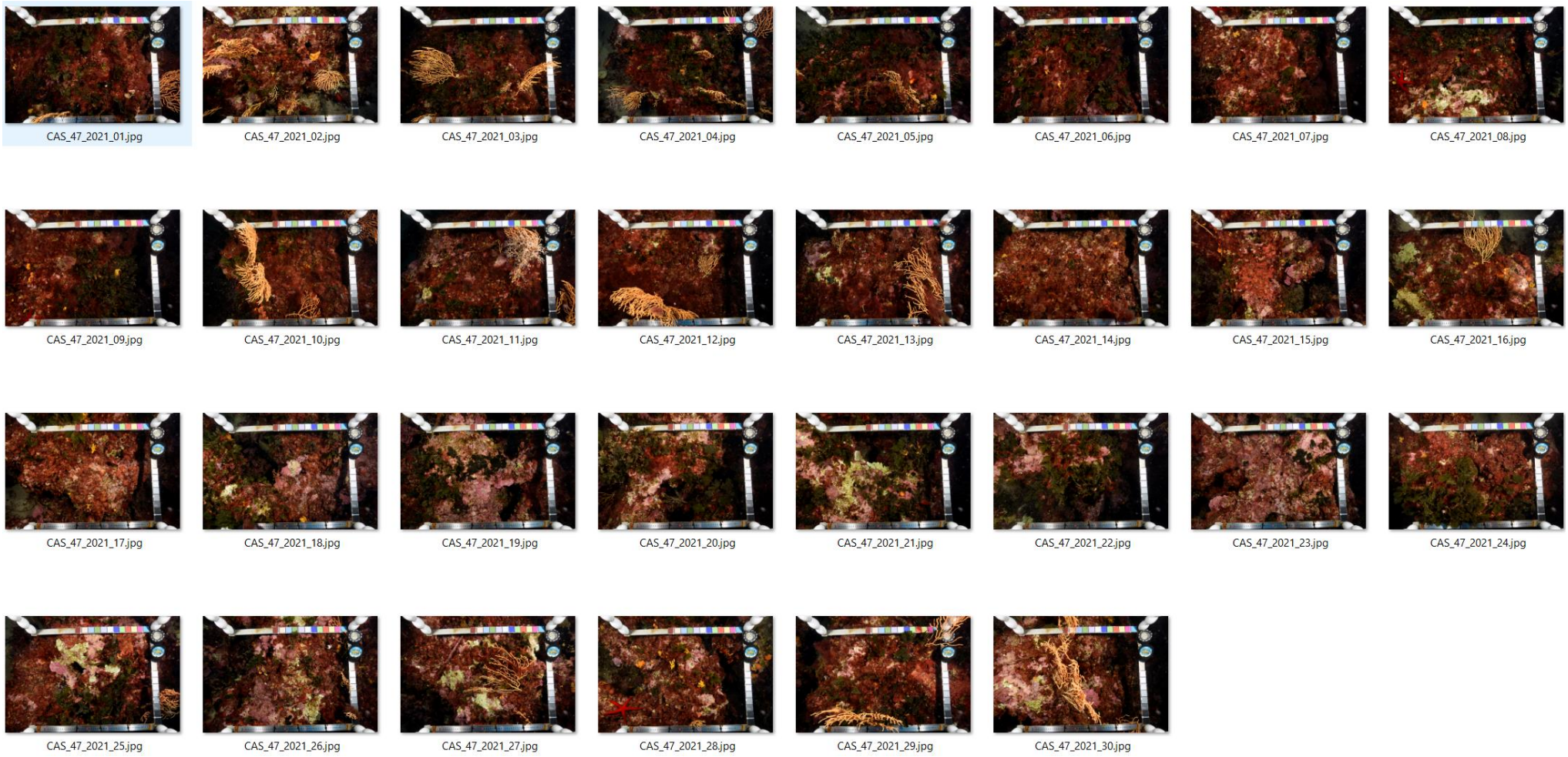


Figure 76 : Site Cassidaigne– Quadrats photographiques à -47 m (2021).

VI.D.5.**Analyse comparative des quadrats**

Tableau 23: Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	
Site	Cassidaigne	Cassidaigne	Cassidaigne	Cassidaigne	
Profondeur	47	47	47	47	
Année	2012	2015	2018	2021	
% recouvrement par le vivant	82.42	82.19	80.94	89.7	14.32 / 59.27 / 94.81
% recouvrement par le non vivant	17.58	17.81	19.06	10.3	5.19 / 40.73 / 85.68
% recouvrement par le sédiment	8.72	9.22	8.02	2.57	2.19 / 29.47 / 79.54
% recouvrement par les débris biologiques	0.21	0.1	0.42	0.17	0 / 1.72 / 14.77
% recouvrement par les cavités	6.87	7.86	9.32	5.26	0 / 5.61 / 22.21
% recouvrement par les macrodéchets	0.07	0.05	0.42	0.8	0 / 0.12 / 2.34
CAI	0.56	0.5	0.57	0.62	0.08 / 0.43 / 0.79
% recouvrement par les bryozoaires totaux	2.27	0.94	0.83	0.86	0.1 / 2.89 / 18.15
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	50.18	40.26	56.51	65.1	1.05 / 33 / 79.58
Indice de Simpson	0.89	0.93	0.77	0.81	0.35 / 0.8 / 0.95
Indice de Shannon	2.77	3.06	2.1	1.92	0.99 / 2.24 / 3.2
% Nécroses parmi le vivant	0.43	0.44	1.42	3.51	0 / 1.2 / 9.77
Indicateur de perturbation	0.86	13.75	0.19	1.4	0 / 7.74 / 91.69
% Algues filamenteuses	0.86	13.75	0.13	1.34	0 / 6.52 / 91.45
% Algues total	82.46	93.92	92.86	94.58	0 / 68.1 / 99.39

% Algues brunes	5.16	14.51	2.51	0.06	0 / 8.36 / 71.56
% Algues vertes	17.97	21.99	17.82	18.56	0 / 5.56 / 91.76
% Algues rouges	59.33	57.41	72.52	75.96	0 / 54.18 / 99.18
% Mesophyllum spp.	8.68	7.6	6.76	19.52	0 / 24.57 / 70.87
% Lithophyllum spp.	0.86	1.33	2.32	1.28	0 / 3.02 / 24.22
% Peyssonnelia sp. Erigées	5.25	13.88	46.85	27.93	0 / 6.7 / 55.99
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	42.65	25.22	12.87	20.28	0 / 15.43 / 65.71
% Eponges	5.07	1.08	0.77	0.38	0 / 14.68 / 91.06
% Eponges massives	0.77	0.25	0.26	0.32	0 / 3.92 / 32.68
% Eponges encroutantes	4.3	0.82	0.51	0.06	0 / 10.76 / 66.07
% Axinella sp.	0.26	0.13	0	0.13	0 / 0.83 / 9.61
% Cliona spp.	0	0	0	0	0 / 0.41 / 5.96
% Gorgones	2.84	3.42	3.99	3.25	0 / 5.27 / 37.82
% Gorgones rouges	0.09	0	0	0	0 / 2.87 / 33.68
% Gorgones jaunes	2.75	3.3	3.99	3.19	0 / 1.89 / 21.09
% Corail rouge	0	0.13	0	0	0 / 0.45 / 31.5
% Bryozoaires encroutants	1.89	0.89	0.51	0.64	0 / 2.93 / 17.98
% Bryozoaires érigés	0.86	0.25	0.51	0.32	0 / 2.23 / 18.28

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableaux ci-dessus) entre 2012, 2015, 2018 et 2021 sur la station à -47 m montre que le **pourcentage de couverture par les organismes vivants est fort, et stable au cours du temps** (valeur supérieure à la moyenne régionale).

Le **pourcentage de sédimentation, stable entre 2012 et 2018, a diminué en 2021.**

Le **pourcentage de débris est faible.**

Le **pourcentage de nécroses augmente en 2021** (valeur supérieure à la moyenne régionale).

L'indicateur de perturbation a diminué après le pic de 2015 pour revenir à une valeur proche de celle de 2012.

La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, a diminué entre 2015 et 2018, et est stable depuis 2018. En 2021 les indices de Simpson et de Shannon sont proches de la moyenne régionale.

La valeur du CAI augmente et indique **un état écologique bon en 2021.** Le CAI est au-dessus de la moyenne régionale.

La répartition des grands groupes du vivant a peu changé entre 2012 et 2021.

La stratification est similaire entre les stations et les années : on trouve des gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* (30 cm) en strate haute, les algues vertes *Flabellia petiolata* (5 cm) au milieu et en dessous (3 cm) des algues rouges encroûtantes.

VI.D.6.**Démographie des espèces érigées**

Sur le site, les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* ont été échantillonnées à -46 m en 2012, 2015, 2018 et en 2021. Le quadrat permanent se trouve au-dessus à gauche du piquet.

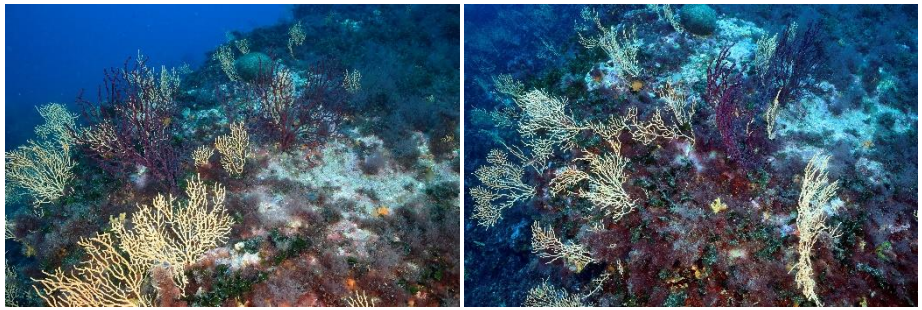


Figure 77 : Cassidaigne (2021).

VI.D.6.a. . Nécroses des peuplements

Les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* sont en très bon état (plus de 80 % des colonies sont saines, quelle que soit l'année) mais 9 % des colonies sont nécrosées à plus de 10 % en 2018 et 8 % en 2021. Ces nécroses sont anciennes et surtout localisées (Figure et tableaux suivants).

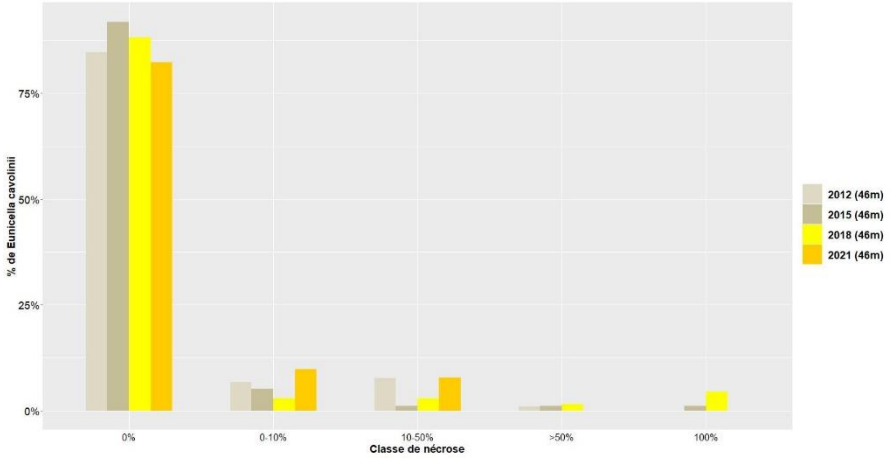


Figure 78 : Site Cassidaigne. Nécroses des peuplements de gorgones jaunes Eunicella cavolinii.

Tableau 24 : Comparaison des données de nécrose pour les gorgones jaunes Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	
Site	Cassidaigne	Cassidaigne	Cassidaigne	Cassidaigne	
Profondeur	46	46	46	46	
Année	2012	2015	2018	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	
% nécrose:0	84.76	91.84	88.24	82.35	0 — 70.01 — 100
% nécrose:1-10	6.67	5.1	2.94	9.8	0 — 13.11 — 100
% nécrose:11-50	7.62	1.02	2.94	7.84	0 — 8.67 — 100
% nécrose:51-99	0.95	1.02	1.47	0	0 — 5.52 — 82.35
% nécrose:100	0	1.02	4.41	0	0 — 2.69 — 100
% nécroses anciennes	93.75	87.5	100	100	0 — 69.56 — 100
% nécroses récentes	6.25	12.5	0	0	0 — 15.33 — 100
% nécroses diffuses	0	28.57	20	11.11	0 — 32.75 — 100
% nécroses localisées	100	71.43	80	88.89	0 — 49.62 — 100
Nombre total	105	98	68	51	1 — 48.39 — 213

VI.D.6.b. Structure en taille

En 2012 et en 2018, toutes les classes de taille des gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* étaient représentées sauf les grandes dans des proportions équivalentes. En 2021, toutes les colonies sont de taille moyenne. La hauteur maximale mesurée pour les gorgones jaunes est 50 cm en 2018 et en 2021, soit 10 cm de plus qu'en 2012 (Tableau 3).

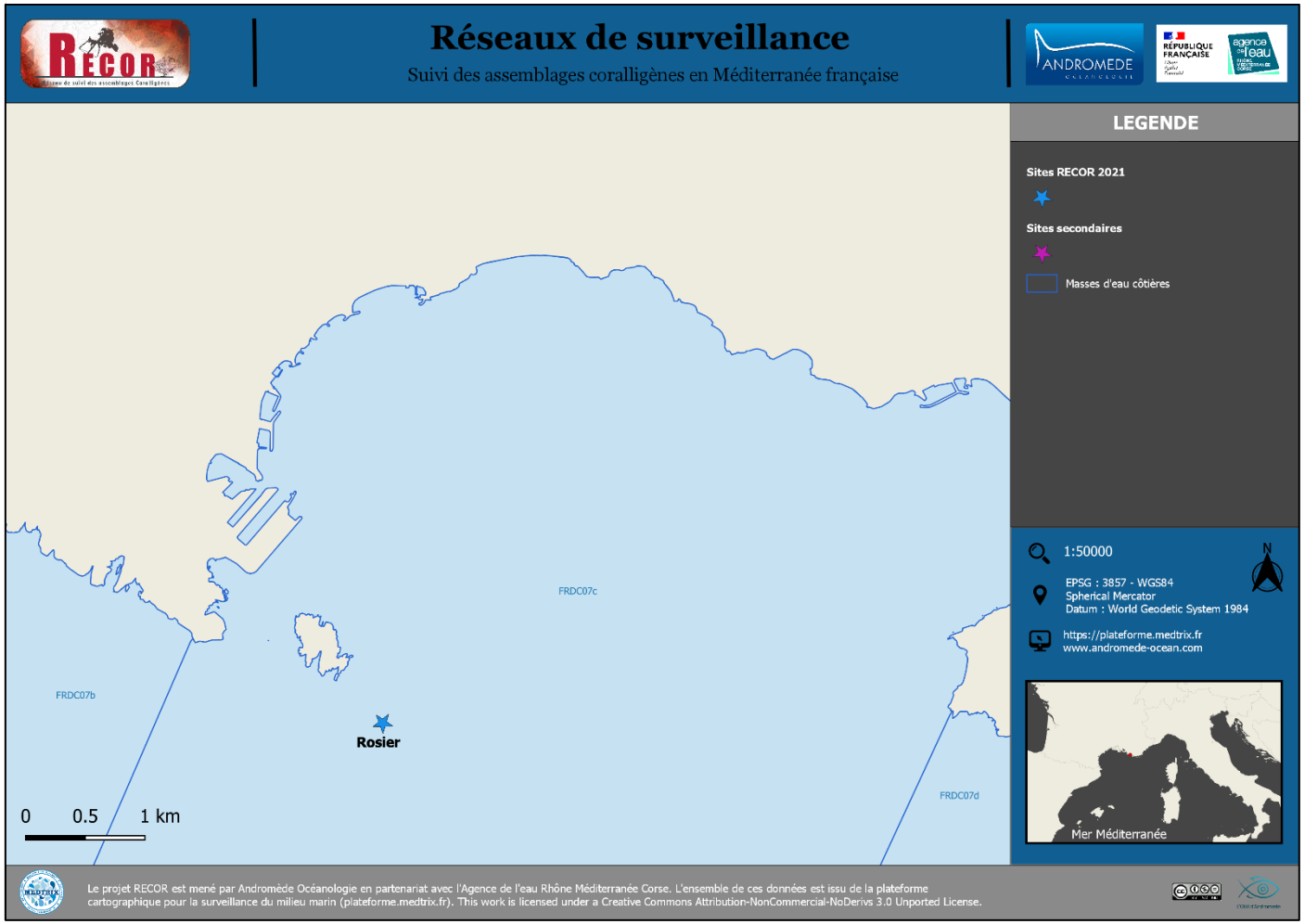
Tableau 25 : Comparaison des données de structure en taille pour les gorgones jaunes Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC07b	FRDC07b	FRDC07b	
Site	Cassidaigne	Cassidaigne	Cassidaigne	
Profondeur	46	46	46	
Année	2012	2018	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	
nb petits	14	3	0	0 — 2.5 — 30
% petits	32.56	30	0	0 — 13.15 — 100
nb moyens	29	7	8	0 — 11.26 — 40
% moyens	67.44	70	100	0 — 68.07 — 100
nb grands	0	0	0	0 — 3.49 — 24
% grands	0	0	0	0 — 18.78 — 100
Nombre total	43	10	8	1 — 17.25 — 61
Taille max (cm)	40	50	50	5 — 60.99 — 200

MASSE D'EAU FRDC07c :

BEC DE L'AIGLE – POINTE DE LA FAUCONNIERE

La masse d'eau FRDC07c comprend un site RECOR : Rosier. Il se situe dans le Parc national des Calanques



VI.E. Site « Rosier »

VI.E.1. Présentation du site

Le site RECOR Rosier se situe dans le cœur marin du Parc national des Calanques, dans la baie de La Ciotat, au Sud Est de l'ile verte. Ce massif de typologie 3 s'étend de -35 à -54 m. Il a été échantillonné à -45 et -55m en 2012, 2015, 2018 et 2021.

Caractéristiques du site		
Nom du site	Rosier	
Coordonnées (L93)	Latitude :	Longitude :
Piquet:	43 09.252	5 37.442
Profondeur du piquet (m)	52,5	
Date d'échantillonnage	07/06/2021	
Profondeur des stations (m)	55m	45m
Remarques sur les stations	Photoquadrats dans la zone de photogrammétrie, autour du piquet vers la droite quand on est face au tombant	Photoquadrats sur la marche entre la tache de sable et le tombant, en allant vers la droite du capteur (à gauche du capteur = tache de sable)

En 2021, plusieurs espèces remarquables ont été observées : mostelle (*Phycis phycis*), mérous bruns (*Epinephelus marginatus*, 30 et 60 cm), murènes (*Muraena helena*), langoustes (*Palinurus elephas*), chapons (*Scorpaena scrofa),* gorgonocéphales (*Astrospartus mediterraneus*), oursins diadème (*Centrostephanus longispinus*), petites branches corail rouge (*Corallium rubrum*).

Les algues filamenteuses recouvrent les gorgones, surtout à -45 m, provoquant des nécroses des colonies.

Ce site est très fréquenté par les plongeurs et aussi les pêcheurs : en 2021, plusieurs engins de pêche (nombreux fils de pêche) sont observés. Deux capteurs de température ont été posés à -45 et -53 m.

07/06/2021	
20h00	
20987452	
53m	
1 mesure toutes les 30 minutes	
Piquet avec nouveau capteur posé en 2021 sur une petite avancée de coralligène. Au pied, dans le sable, un gros pneu. Capteur de 2018 arraché par les fils de peche	
07/06/2021	
20h00	
20586625	
44,7m	
1 mesure toutes les 30 minutes	
caché dans le coralligène, au bout sur la droite (Est) de la tache de sable	

Figure 79 : Site Rosier. Caractéristiques et illustrations des capteurs de température positionnés en 2021.

VI.E.2. Photographies du site




Figure 80 : Site Rosier. Les algues filamenteuses recouvrent gorgones, surtout à -45m provoquant des nécroses des gorgones.

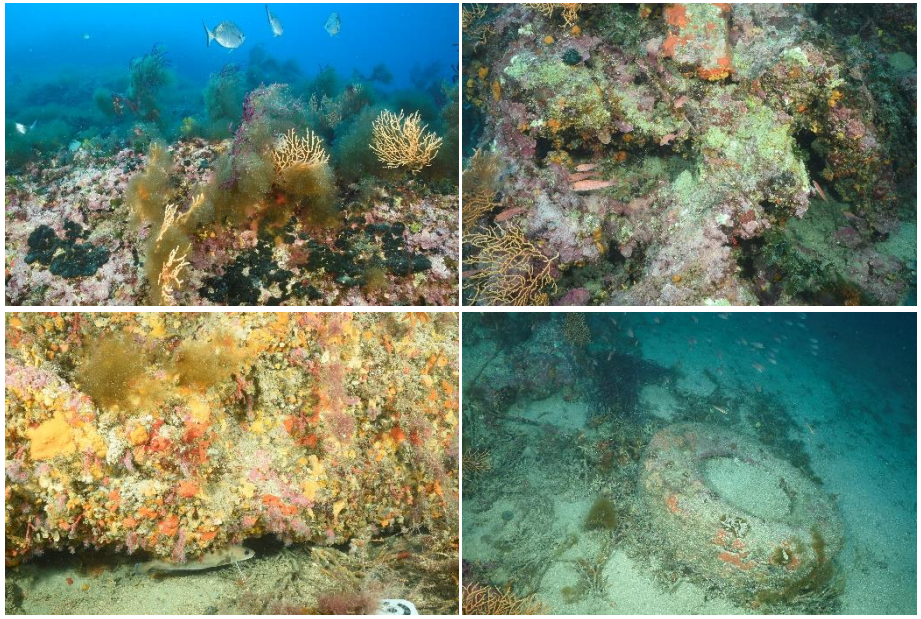


Figure 81 : Site Rosier. [1] Les algues filamenteuses recouvrent les gorgones ; [2] Fils de pêche et algues rouges encroûtantes nécrosées ; [3] Mostelle, Phycis phycis *; [4] Macrodéchet (=pneu).*

La modélisation en 3D sur le site par photogrammétrie permet une vision globale du site tout comme une vision plus précise si nécessaire à l'aide de zooms. Les modèles 3D sont disponibles sur la plateforme Medtrix dans les projets « MODEL » et « RECOR ».

En 2021, la zone de photogrammétrie se situe au même endroit que les quadrats photographiques de la station à -55 m :

Les modèles ont été réalisés en 2018 et 2021 au même endroit.

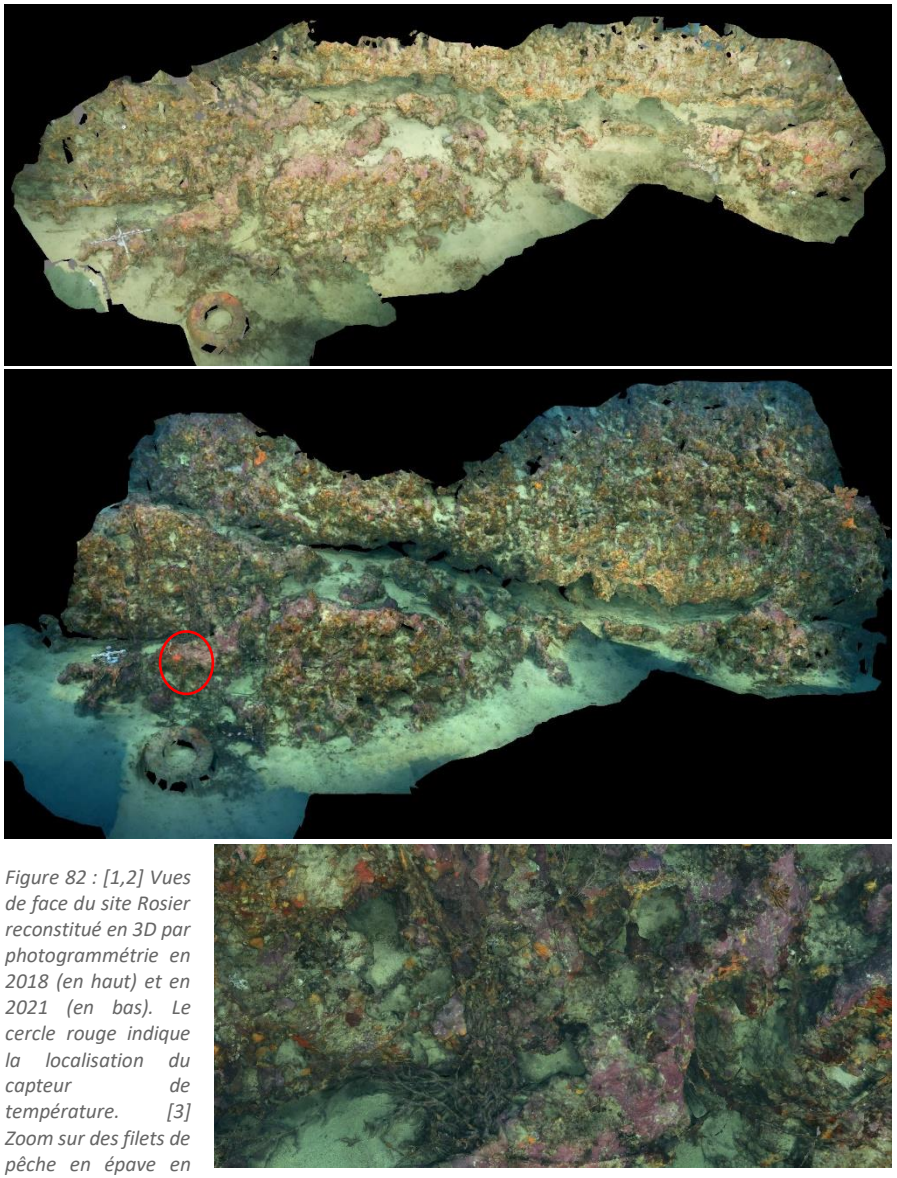


Figure 82 : [1,2] Vues de face du site Rosier reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (en haut) et en 2021 (en bas). Le cercle rouge indique la localisation du capteur de température. [3] Zoom sur des filets de pêche en épave en 2021.

VI.E.3. Description générale du site

Description générale						
Type physionomique	☐ Paroi	☑ Massif	☐ Autres : …			
Structures particulières						
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions						
Station(s)	Profondeur (m) : 55m			Profondeur (m) : 45m		
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du…					
	cm	dm	m	cm	dm	m
	70	25	5	60	30	10
Typologie / profondeur (m)						

Stratification				
	Profondeur (m) : 55m		Profondeur (m) : 45m	
	Nature :	Hauteur (cm) :	Nature :	Hauteur (cm) :
Strate haute	*Eunicella cavolinii*	40	*Eunicella cavolinii*	30
Strate moyenne	*Corallium rubrum*, Bryozoaires, *Axinella damicornis*	10	*Zanardinia typus*, *Flabellia petiolata*, *Axinella sp*	7
Strate basse	Algues rouges encroutantes	3	Algues rouges encroutantes, Codium effusum	3

Orientation	
Géographique	Nord
Par rapport au courant	Est

Extensions bathymétriques (m)	Minimum	Maximum		Minimum	Maximum
Coralligène	35	54 (bas du site)	*Halimeda tuna*		
Paramuricea clavata (rares)	35	54	*Flabellia petiolata*		
Eunicella cavolinii	35	54 (bas du site)	Algues filamenteuses	45	60
Autres gorgones : …			Autres : …		

Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☑ Macrodéchets	☐ Autres: …
Remarques :	fils de pêche nombreux, un pneu				

Température de l'eau (°C)	14
Inclinaison	
Visibilité (m)	7
Profondeur thermocline	pas de thermocline

Espèces particulières	Mostelle (*Phycis phycis*), mérous bruns (*Epinephelus marginatus*, 30 et 60 cm), langoustes (*Palinurus elephas*), murènes (Muraena helena), chapons (*Scorpaena scrofa*), gorgonocéphales (*Astrospartus mediterraneus*), oursins diadème (*Centrostephanus longispinus*), petites branches corail rouge (*Corallium rubrum*). Les algues filamenteuses recouvrent gorgones, surtout à -45m provoquant des nécroses des gorgones couvertes par des algues filamenteuses.

Démographie des espèces érigées				
Date d'échantillonnage	07/06/2021			
Quadrat de 2m² (structure en taille et densité des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☐ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur (m)	45			
30 quadrat de 50x50 cm (Nécrose des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☐ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur moyenne (m)	45			

VI.E.4. **Analyse des quadrats photographiques 2021**

VI.E.4.a. Rosier, -45 m (2021)

Sur la station à -**45 m**, les quadrats sont couverts à **79,1 % par des organismes vivants** et à **7,8 % par du sédiment**.

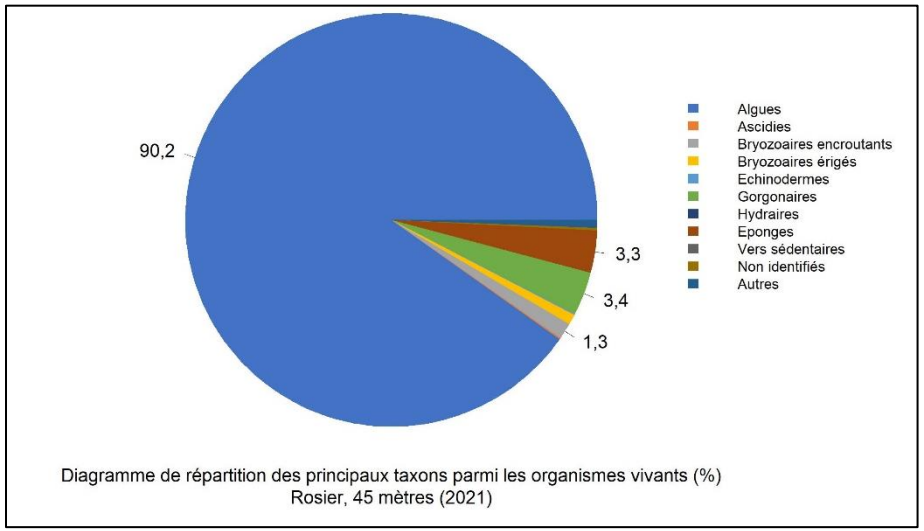


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Rosier, 45 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -45 m (90,2 % des organismes vivants) avec des algues rouges (74,4 % - 4,3 % d'algues rouges encroutantes nécrosées), des algues vertes (9,5 % - *Codium effusum*, *Flabellia petiolata*), des algues brunes (6,4 % - *Zanardinia typus,* algues brunes filamenteuses). **Les algues vertes *Flabellia petiolata* et les algues brunes *Zanardinia typus* constituent la strate moyenne du coralligène** (avec des petites axinelles). **Les algues rouges encroûtantes** (avec les algues vertes *Codium effusum*) **forment la strate basse**. On trouve des **corallinacées (*Mesophyllum sp.* (45,6 %) de type encroûtant** (*M. alternans*) et quelques *Lithophyllum sp.* (3,3 %)), des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces de type érigé (5,7 %) et encroutant (10,9 %).

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -45 m le groupe dominant est celui des **gorgones** (3,4 %) avec les **gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* qui constituent la strate haute du coralligène.** On trouve ensuite des **éponges** (3,3 %) surtout encroûtantes (*Phorbas tenacior*, espèces non identifiées), et des **bryozoaires** (1,3 % d'espèces encroûtantes, 0,8 % d'espèces érigées).

VI.E.4.a. Rosier, -55 m (2021)

Sur la station à -**55 m**, les quadrats sont couverts à **58,1 % par des organismes vivants** et à **23,6 % par du sédiment**.

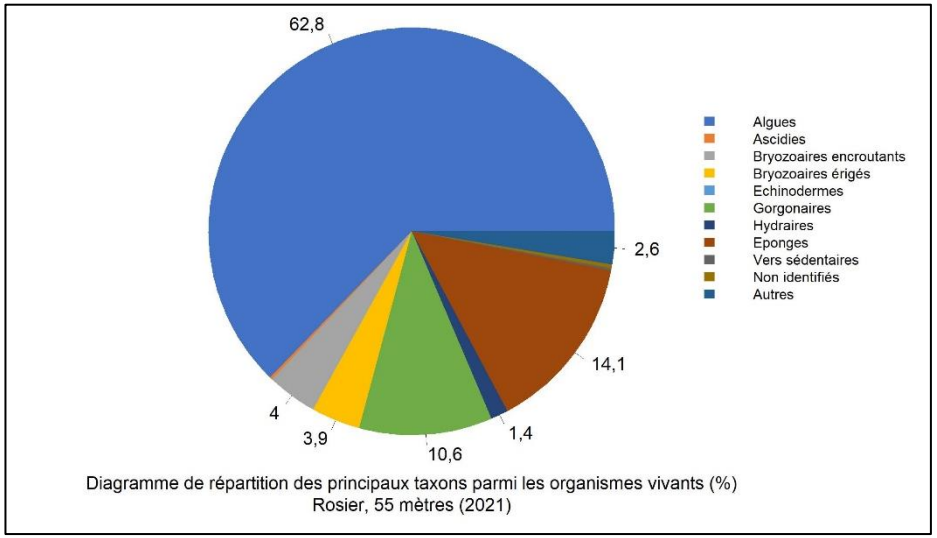


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Rosier, 55 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** (62,8 % des organismes vivants) avec des algues rouges (61,5 % - 1,7 % d'algues rouges encroutantes nécrosées). **Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse** avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* (40,5 %) de type encroûtant** (*M. alternans*) et quelques *Lithophyllum sp.* (1,3 %)), des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces de type érigé (1,7 %) et encroutant (11,4 %).

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -55 m le groupe dominant est celui des **éponges** (14,1 %) avec des espèces encroûtantes (12,3 % - *Antho inconstans, Crambe crambe, Crambe tailliezi, Crella pulvinar, Phorbas tenacior*, espèces non identifiées) et des **petites axinelles (*Axinella damicornis*) qui forment la strate moyenne du coralligène avec le corail rouge**. On trouve ensuite des **gorgones** (10,6 %) avec les **gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* qui constituent la strate haute du coralligène** et le corail rouge (*Corallium rubrum*) puis des **bryozoaires** (4 % d'espèces encroûtantes, 3,9 % d'espèces érigées - *Crisia sp., Myriapora truncata, Reteporella sp*.).

VI.E.5. **Photographies des quadrats**

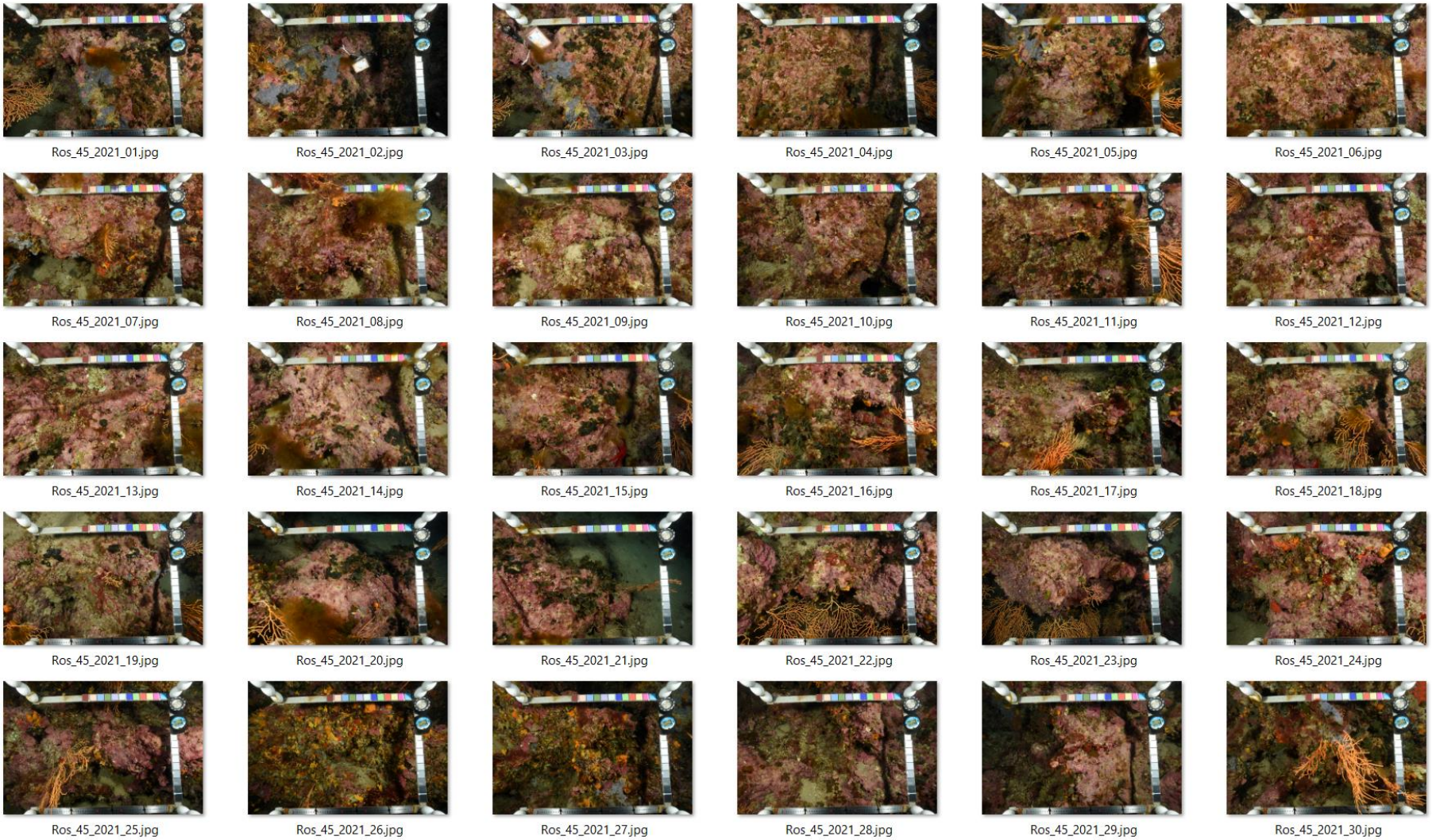


Figure 83 : Site Rosier– Quadrats photographiques à -45 m (2021).

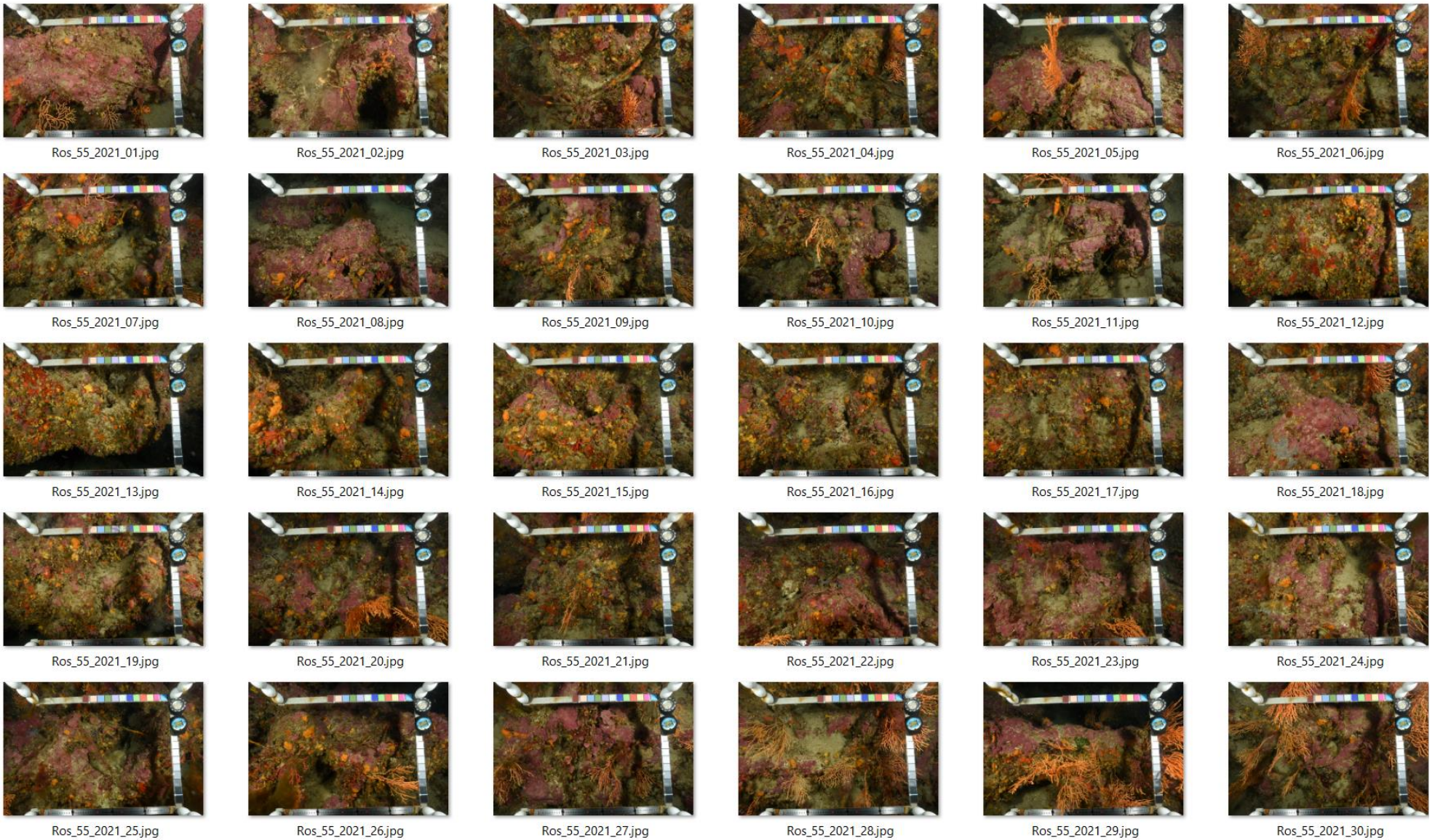


Figure 84 : Site Rosier– Quadrats photographiques à -55 m (2021).

VI.E.6. **Analyse comparative des quadrats**

Tableau 26: Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC07c	FRDC07c	FRDC07c	FRDC07c	FRDC07c	FRDC07c	FRDC07c	FRDC07c	
Site	Rosier	Rosier	Rosier	Rosier	Rosier	Rosier	Rosier	Rosier	
Profondeur	45	55	45	55	45	55	45	55	
Année	2012	2012	2015	2015	2018	2018	2021	2021	
% recouvrement par le vivant	65.1	59.79	58.46	48.77	65.42	40.89	79.06	58.06	14.32 – 94.81 – 59.27
% recouvrement par le non vivant	34.9	40.21	41.54	51.23	34.58	59.11	20.94	41.94	5.19 – 85.68 – 40.73
% recouvrement par le sédiment	29.51	29.47	25.21	32.83	13.54	23.13	7.76	23.64	2.19 – 79.54 – 29.47
% recouvrement par les débris biologiques	0.56	3.25	0.42	0.73	4.06	3.65	4.05	2.02	0 – 14.77 – 1.72
% recouvrement par les cavités	2.13	1.72	11.01	6.59	4.69	5.31	2.08	4.66	0 – 22.21 – 5.61
% recouvrement par les macrodéchets	0.06	0.06	0	0	0	0.31	0.27	0.45	0 – 2.34 – 0.12
CAI	0.53	0.43	0.51	0.42	0.54	0.46	0.58	0.5	0.08 – 0.79 – 0.43
% recouvrement par les bryozoaires totaux	5.64	5.22	4.96	3.19	1.67	3.44	1.64	4.55	0.1 – 18.15 – 2.89
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	43.36	22.41	38.67	30.68	51.25	31.77	56.97	37	1.05 – 79.58 – 33
Indice de Simpson	0.66	0.69	0.91	0.81	0.86	0.83	0.77	0.8	0.35 – 0.95 – 0.8
Indice de Shannon	1.38	1.49	2.79	2.15	2.33	2.03	2.2	2.33	0.99 – 3.2 – 2.24
% Nécroses parmi le vivant	0.19	0.1	0.09	0	1.51	0.89	5.26	1.74	0 – 9.77 – 1.2
Indicateur de perturbation	2.41	1.13	6.7	2.36	0.08	0.25	6.36	5.51	0 – 91.69 – 7.74
% Algues filamenteuses	1.83	1.13	6.7	2.36	0.08	0.13	6.36	5.42	0 – 91.45 – 6.52
% Algues total	60.54	28.44	68.93	57.98	90.61	72.36	90.25	62.77	0 – 99.39 – 68.1

% Algues brunes	0.29	0.41	6.43	2.89	4.78	0.76	6.36	1.06	0 – 71.56 – 8.36
% Algues vertes	5.29	1.44	5	0.11	9.16	0.38	9.47	0.19	0 – 91.76 – 5.56
% Algues rouges	54.96	26.59	57.5	54.98	76.67	71.21	74.41	61.51	0 – 99.18 – 54.18
% Mesophyllum spp.	29.07	19.61	35.63	40.94	55.89	59.75	45.57	40.52	0 – 70.87 – 24.57
% Lithophyllum spp.	1.83	0.62	4.46	3.11	3.82	2.29	3.32	1.26	0 – 24.22 – 3.02
% Peyssonnelia sp. Erigées	1.06	0.31	1.34	0.75	6.05	1.78	5.67	1.74	0 – 55.99 – 6.7
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	20.98	4.93	14.29	10.08	10.51	7.39	10.86	11.41	0 – 65.71 – 15.43
% Eponges	13.38	22.79	16.16	22.83	2.47	9.94	3.25	14.12	0 – 91.06 – 14.68
% Eponges massives	1.35	1.75	1.52	1.29	0.24	0.76	0.21	1.74	0 – 32.68 – 3.92
% Eponges encroutantes	12.03	21.05	14.64	21.54	2.23	9.17	3.04	12.38	0 – 66.07 – 10.76
% Axinella sp.	0.77	0.41	0.45	0.96	0.08	0.38	0	1.06	0 – 9.61 – 0.83
% Cliona spp.	0.29	0.1	0	0	0	0	0	0	0 – 5.96 – 0.41
% Gorgones	3.75	17.35	2.14	5.36	2.71	5.86	3.39	10.64	0 – 37.82 – 5.27
% Gorgones rouges	0	0.51	0	0	0.08	0.38	0	0.1	0 – 33.68 – 2.87
% Gorgones jaunes	1.44	7.7	0.98	2.57	2.55	5.35	3.32	7.74	0 – 21.09 – 1.89
% Corail rouge	2.31	9.14	1.16	2.68	0.08	0.13	0.07	2.8	0 – 31.5 – 0.45
% Bryozoaires encroutants	6.83	5.24	8.13	5.14	1.75	5.61	1.31	3.97	0 – 17.98 – 2.93
% Bryozoaires érigés	1.83	3.49	0.36	1.39	0.8	2.8	0.76	3.87	0 – 18.28 – 2.23

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableaux ci-dessus) entre 2012, 2015, 2018 et 2021 montre des **évolutions inverses à -45 et – 55 m**. A – 45 m, le pourcentage de couverture par les organismes vivants tend à augmenter (valeur au-dessus de la moyenne régionale) ainsi que les débris animaux et le pourcentage de nécroses, alors que le **pourcentage de sédimentation** diminue. A – 55 m, le pourcentage de couverture par les organismes vivants tendait à diminuer jusqu'en 2018 (10 % en moins) mais il augmente en 2021, alors que les débris animaux et le pourcentage de sédimentation sont stables.

Le **pourcentage de nécroses augmente en 2021 sur les deux stations, principalement à -45 m** (valeurs supérieures à la moyenne régionale).

L'indicateur de perturbation a augmenté après une nette baisse en 2018 pour revenir à des valeurs supérieures à celles de 2012. Il est lié à la présence des algues filamenteuses.

La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, est stable et proche de la moyenne régionale.

La valeur du CAI augmente et indique **un état écologique bon en 2021 à -45 m et moyen à -55 m.**

La répartition des grands groupes du vivant a peu changé entre 2012 et 2021. On note toutefois moins d'éponges depuis 2018 sur les deux stations au profit des algues rouges constructrices. Les bryozoaires encroûtants présentent une abondance relative moins élevée depuis 2018.

La stratification est assez similaire avec des gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* en strate haute (30 à 40 cm), des éponges *Axinella damicornis* au milieu (avec les algues *Flabellia petiolata* et *Zanardinia typus* à -55 m) et des algues rouges encroûtantes en strate basse (3 cm).

VI.E.7. **Démographie des espèces érigées**

Sur le site, les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* ont été échantillonnées à -43 m en 2012, et à -46 m en 2015, 2018 et en 2021. Le quadrat permanent se trouve au-dessus à gauche du piquet.



Figure 85 : Rosier (2021). Les algues filamenteuses recouvrent les gorgones jaunes.

VI.E.7.a. . Nécroses des peuplements

En 2021, les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* sont en état moyen avec 65 % des colonies sans aucune nécrose et 6 % des colonies présentant plus de 50 % de nécrose. Cet état est plutôt stable depuis 2012. Les nécroses sont majoritairement anciennes mais 6 % sont encore récentes en 2021, la plupart étant localisées (Figure et tableaux suivants).

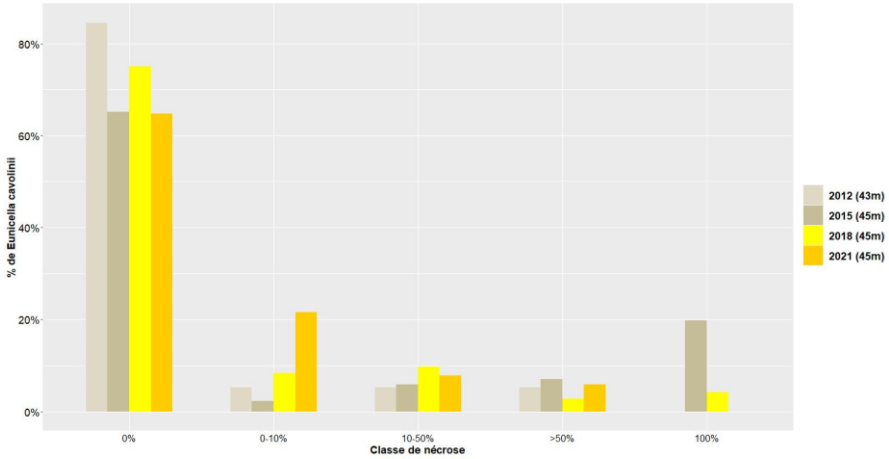


Figure 86 : Site Rosier. Nécroses des peuplements de gorgones jaunes Eunicella cavolinii.

Tableau 27 : Comparaison des données de nécrose pour les gorgones jaunes Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC07c	FRDC07c	FRDC07c	FRDC07c	
Site	Rosier	Rosier	Rosier	Rosier	
Profondeur	43	45	45	45	
Année	2012	2015	2018	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	
% nécrose:0	84.42	65.12	75	64.71	0 — 70.01 — 100
% nécrose:1-10	5.19	2.33	8.33	21.57	0 — 13.11 — 100
% nécrose:11-50	5.19	5.81	9.72	7.84	0 — 8.67 — 100
% nécrose:51-99	5.19	6.98	2.78	5.88	0 — 5.52 — 82.35
% nécrose:100	0	19.77	4.17	0	0 — 2.69 — 100
% nécroses anciennes	100	100	88.89	94.44	0 — 69.56 — 100
% nécroses récentes	0	0	11.11	5.56	0 — 15.33 — 100
% nécroses diffuses	25	46.15	13.33	33.33	0 — 32.75 — 100
% nécroses localisées	75	53.85	86.67	66.67	0 — 49.62 — 100
Nombre total	77	86	72	51	1 — 48.39 — 213

VI.E.7.a. Structure en taille

Les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* sont majoritairement de taille moyenne sur tous les suivis (hauteur maximale =40 cm) et la part des petites colonies a bien diminué au cours des suivis pour être nulle en 2021. A noter le nombre de colonies qui a été divisé par quatre entre 2012 et 2021 (Tableau 3).

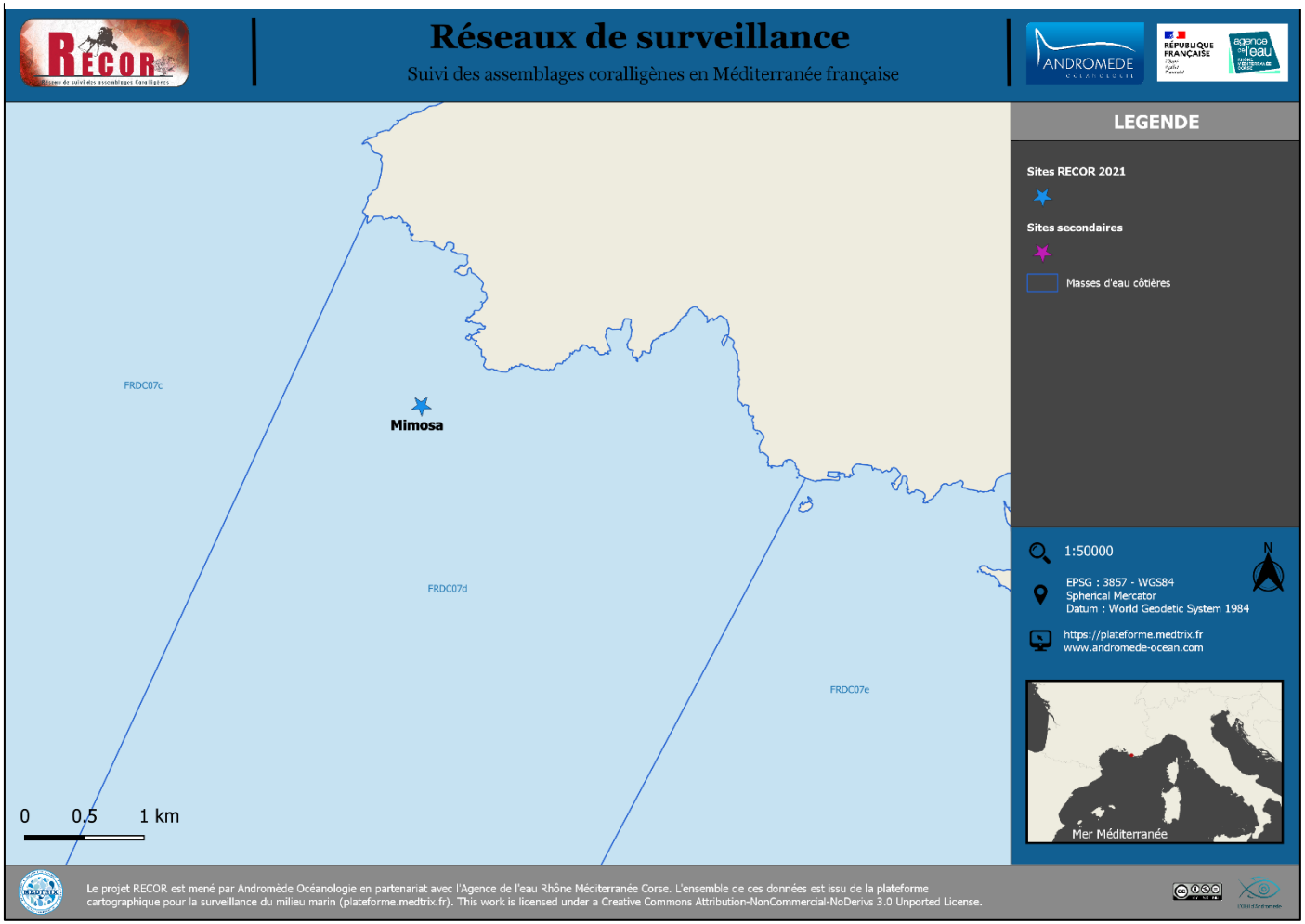
Tableau 28 : Comparaison des données de structure en taille pour les gorgones jaunes Eunicella cavolinii *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC07c	FRDC07c	FRDC07c	FRDC07c	
Site	Rosier	Rosier	Rosier	Rosier	
Profondeur	43	45	45	45	
Année	2012	2015	2018	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	Eunicella cavolinii	
nb petits	8	1	1	0	0 — 2.5 — 30
% petits	25	2.78	5.56	0	0 — 13.15 — 100
nb moyens	24	35	17	7	0 — 11.26 — 40
% moyens	75	97.22	94.44	100	0 — 68.07 — 100
nb grands	0	0	0	0	0 — 3.49 — 24
% grands	0	0	0	0	0 — 18.78 — 100
Nombre total	32	36	18	7	1 — 17.25 — 61
Taille max (cm)	40	40	45	40	5 — 60.99 — 200

MASSE D'EAU FRDC07d :

POINTE DE LA FAUCONNIERE – Ilot PIERRE PLANE

La masse d'eau FRDC07d comprend un site RECOR : Mimosa.



VI.A. Site « Mimosa »

VI.A.1.Présentation du site

Le site RECOR Mimosa se situe au large du domaine de Port d'Alon – Le Deffend. Ce massif de typologie 4 s'étend sur 2 à 3 m de hauteur entre de -58 et -63 m. Il a été échantillonné à -60 m en 2012, 2015, 2018 et 2021.

De nombreux engins de pêche sont observés en 2021 (filet récent en épave sur le site, lignes de pêche, rapalas…). Les plongeurs ont renconreé les espèces suivantes : des mostelles (*Phycis phycis*), une coquette (*Labrus mixtus*), un labre iris (*Lapanella fasciata*), un gros banc de barbiers *(Anthias anthias*) autour du massif, des gorgonocéphales (*Astrospartus mediterraneus*).

Caractéristiques du site		
Nom du site	Mimosa	
Coordonnées (L93)	Latitude :	Longitude :
Piquet:	43 08.449	5 41.307
Profondeur du piquet (m)	60m	
Date d'échantillonnage	14/06/2021	
Profondeur des stations (m)	60m	
Remarques sur les stations	Massif peu accentué au niveau du relief, très envasé et peu diversifié d'aspect (assez uniforme) mais suffisamment anfractueux pour les poissons qui sont bien présents. Relief entre -63m et 58m formé par un ensemble de massifs 4-5 plus ou moins proches. Piquet sur massif au sud du massif principal plutôt côté Est entre les gorgones avec capteur T°. Quadrat et gorgones autour du piquet.	
Capteur(s) de température		
Date de pose	14/06/2021	
Heure de lancement	20h00	
N° capteur	20330360	
Profondeur du capteur (m)	60m	
Paramétrage	1 mesure toutes les 30 minutes	
Description de la zone	Capteur sur le piquet	

VI.A.2.Photographies du site

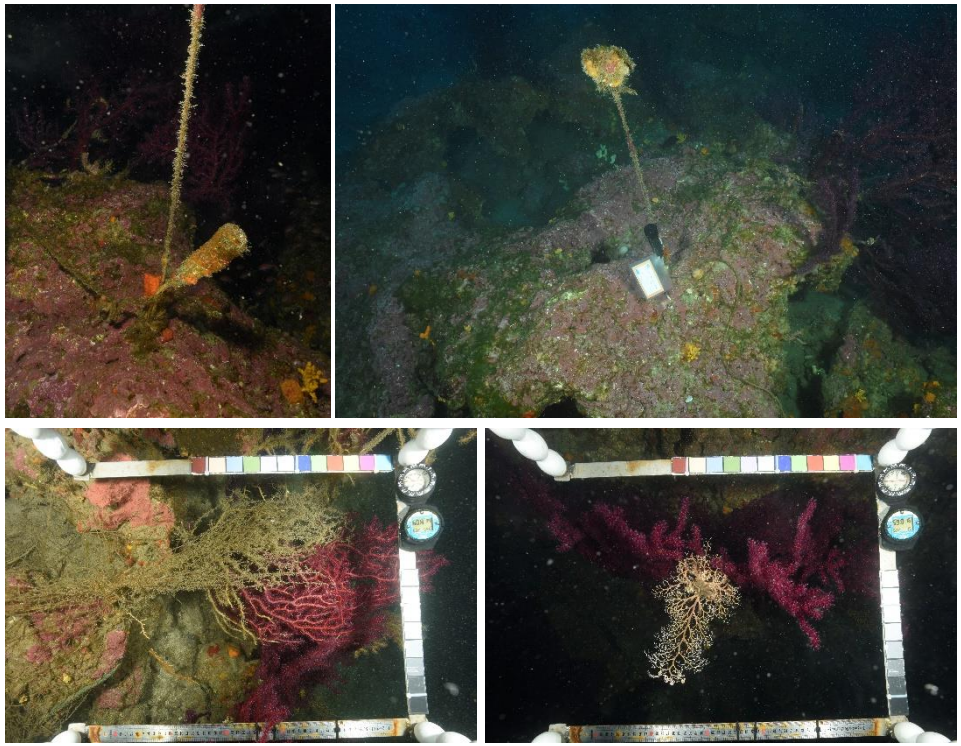


*Figure 87 : Site Mimosa (2021). [1] Ancien capteur de température récupéré en 2021 ; [2] Nouveau capteur positionné en 2021 ; [3] Filet de pêche ; [4] Gorgonocéphale (*Astrospartus mediterraneus*).*

La modélisation en 3D sur le site par photogrammétrie permet une vision globale du site tout comme une vision plus précise si nécessaire à l'aide de zooms. Les modèles 3D sont disponibles sur la plateforme Medtrix dans les projets « MODEL » et « RECOR ».

Les modèles ont été réalisés en 2018 et 2021 sur le même massif. En 2021, la zone de photogrammétrie se situe au même endroit que les quadrats photographiques de la station à -60 m.

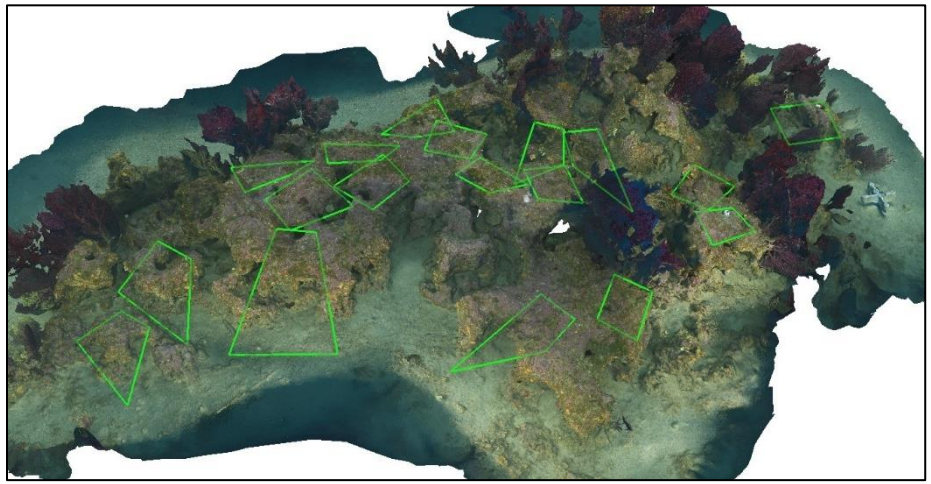


Figure 88 : Positionnement d'une partie des quadrats photographiques (en vert) sur le modèle photogrammétrique en 2021.

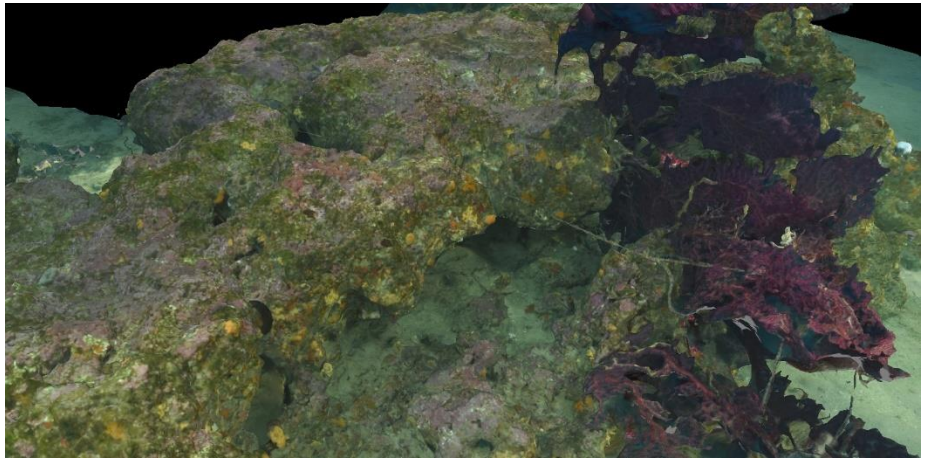


Figure 89 : Vue de-dessus du site Mimosa reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2021. Présence de fils de pêche.

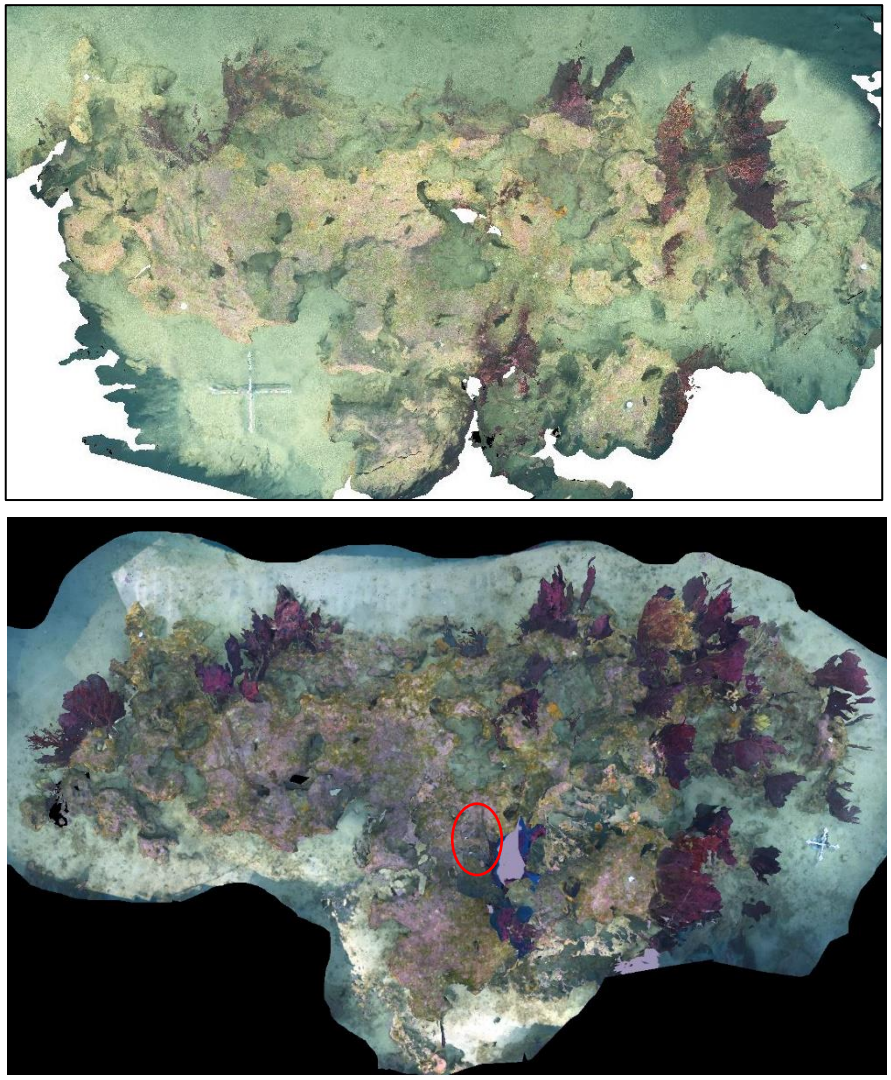


Figure 90 : Vues de-dessus du site Mimosa reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (en haut) et en 2021 (en bas). Le cercle rouge indique la localisation du capteur de température.

VI.A.3.Description générale du site

Structures particulières					
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions					
Station(s)	**Profondeur (m) : 60m**			**Profondeur (m) : 0**	
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du...				
	cm	dm	m	cm	dm / m
	40	**40**	**20**		
Typologie / profondeur (m)	☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☑ 4 ☐ 5			☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5	
Stratification					
	Profondeur (m) : 60m			**Profondeur (m) : 0**	
	Nature :	Hauteur (cm) :		Nature :	Hauteur (cm) :
Strate haute	*Paramuricea clavata*	80			
Strate moyenne	*Axinella sp.*	10			
Strate basse	*Mesophyllum sp.*	5			
Orientation					
Géographique	Nord				
Par rapport au courant	Est				

Extensions bathymétriques (m)	**Minimum**	**Maximum**		**Minimum**	**Maximum**
Coralligène	58	63	***Halimeda tuna***		
Paramuricea clavata	59	62	***Flabellia petiolata***		
Eunicella cavolinii	59	62	**Algues filamenteuses**		
Autres gorgones : ...	Eunicella verrucosa, Leptopgorgia sarmentosa		**Autres : ...**		
Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☐ Macrodéchets	☐ Autres: ...
Remarques :	un filet récent en épave sur le site, lignes de peche, rapalas...				
Température de l'eau (°C)					
Inclinaison					
Visibilité (m)	10				
Profondeur thermocline	6				
Espèces particulières	Mostelles (*Phycis phycis*), une coquette (*Labrus mixtus*), Labre iris (*Lapanella fasciata)*, un gros banc de barbiers (*Anthias anthias*) autour du massif, des gorgonocéphales (*Astrospartus mediterraneus*)				

Démographie des espèces érigées				
Date d'échantillonnage	**14/06/2021**			
Quadrat de 2m² (structure en taille et densité des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☑ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur (m)	59		59	
30 quadrat de 50x50 cm (Nécrose des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☑ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur moyenne (m)	59			

VI.A.4.**Analyse des quadrats photographiques 2021**

VI.A.4.a. Mimosa, -60 m (2021)

Sur la station à -**60 m**, les quadrats sont couverts à **61,1 % par des organismes vivants** et à **32,8 % par du sédiment**.

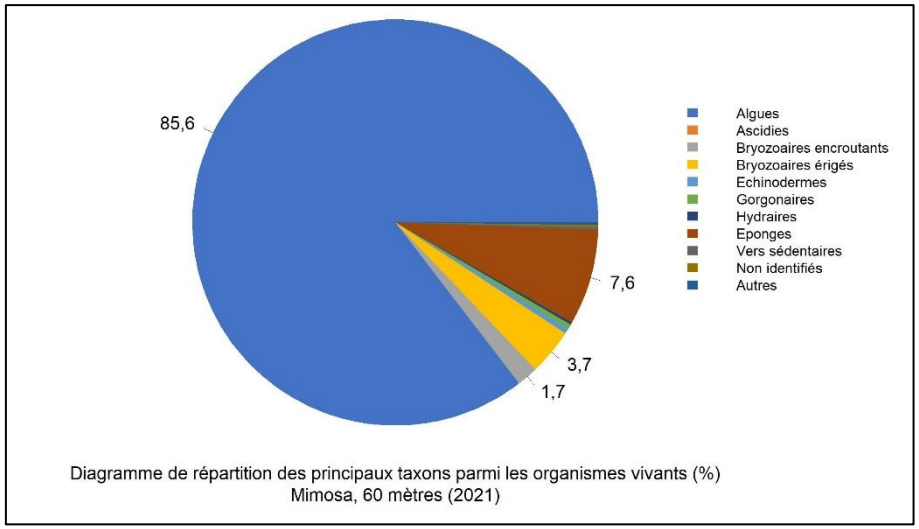


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Mimosa, 60 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -60 m (85,6 % des organismes vivants) avec des algues rouges (80,3 % - 5,3 % d'algues rouges encroutantes nécrosées) et des algues vertes (5,2 % - algues vertes filamenteuses).

Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* (70,9 %) de type encroûtant** (*M. alternans*) et quelques *Lithophyllum sp.* (1,3 %)), et quelques **Peyssonneliacées** représentées par des espèces encroutantes (2,6 %).

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -60 m le groupe dominant est celui des **éponges** (7,6 %) représentées par des espèces encroûtantes (5 %) et massives (2,5 %) : *Axinella damicornis* (qui constitue la strate moyenne du coralligène), *Aplysina cavernicola, Crambe crambe, Crambe tailliezi, Dictyonella sp., Haliclona mediterranea, Spirastrella cunctatrix.*

On trouve ensuite des **bryozoaires érigés** (3,7 % - *Crisia sp., Myriapora truncata*), des **bryozoaires encroûtants** (1,7 %).

Les **gorgones rouges (*Paramuricea clavata*) constituent la strate haute**. Des gorgones *Eunicella verrucosa* et *Leptopgorgia sarmentosa* sont observées à côté des massifs.

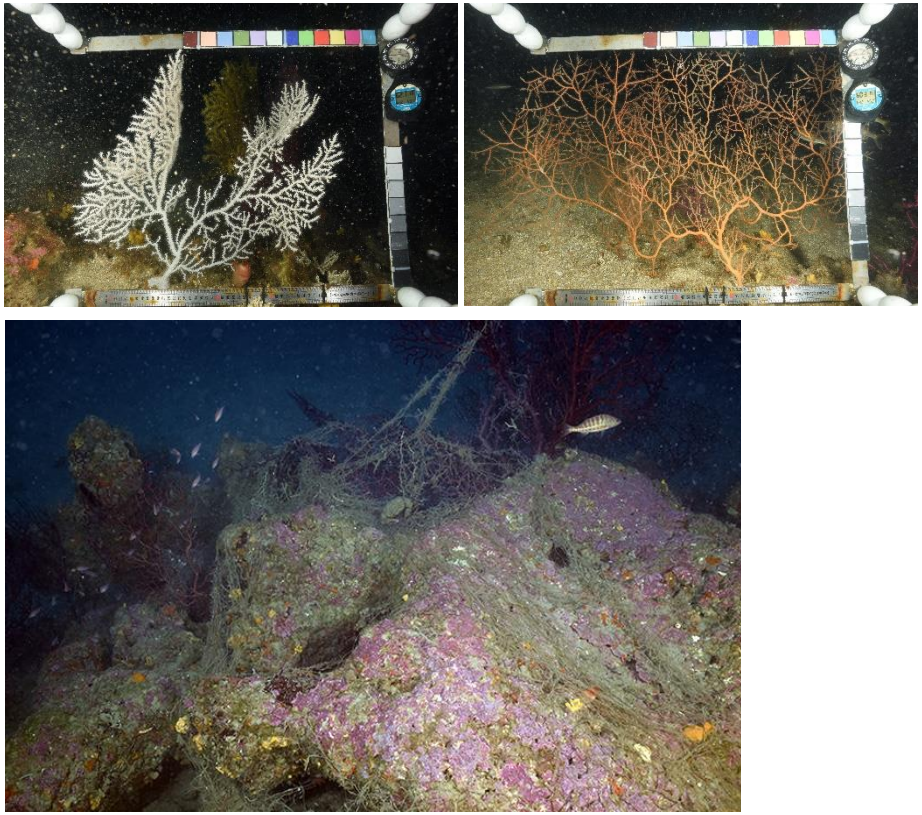


Figure 91 : Mimosa, 2021. -60 m. [1,2] Des gorgones Eunicella verrucosa *et* Leptopgorgia sarmentosa *sont observées à côté des massifs (2021) ; [3] Filet perdu sur le massif et ses gorgones (2018).*

VI.A.5.**Photographies des quadrats**



Figure 92 : Site Mimosa– Quadrats photographiques à -60 m (2021).

VI.A.6.**Analyse comparative des quadrats**

Tableau 29: Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC07d	FRDC07d	FRDC07d	FRDC07d	
Site	Mimosa	Mimosa	Mimosa	Mimosa	
Profondeur	60	60	60	60	
Année	2012	2015	2018	2021	
% recouvrement par le vivant	61.13	54.46	40.1	61.11	14.32 – 94.81 (59.27)
% recouvrement par le non vivant	38.87	45.54	59.9	38.89	5.19 – 85.68 (40.73)
% recouvrement par le sédiment	30.53	31.84	46.25	32.78	2.19 – 79.54 (29.47)
% recouvrement par les débris biologiques	0.13	1.35	2.29	0.48	0 – 14.77 (1.72)
% recouvrement par les cavités	7.5	7.92	7.86	3.77	0 – 22.21 (5.61)
% recouvrement par les macrodéchets	0	0	0.63	1.01	0 – 2.34 (0.12)
CAI	0.41	0.44	0.35	0.5	0.08 – 0.79 (0.43)
% recouvrement par les bryozoaires totaux	1.68	3.07	1.77	3.24	0.1 – 18.15 (2.89)
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	35.12	36.89	31.67	50.32	1.05 – 79.58 (33)
Indice de Simpson	0.82	0.86	0.82	0.49	0.35 – 0.95 (0.8)
Indice de Shannon	2.06	2.58	2.13	1.38	0.99 – 3.2 (2.24)
% Nécroses parmi le vivant	0.32	0.1	0.65	5.83	0 – 9.77 (1.2)
Indicateur de perturbation	5.82	5.07	2.6	5.22	0 – 91.69 (7.74)
% Algues filamenteuses	5.5	5.07	2.47	5.22	0 – 91.45 (6.52)
% Algues total	61.59	68.9	82.21	85.57	0 – 99.39 (68.1)
% Algues brunes	0.21	5.74	3.38	0.09	0 – 71.56 (8.36)
% Algues vertes	5.4	0.29	0	5.22	0 – 91.76 (5.56)
% Algues rouges	55.98	62.87	78.83	80.26	0 – 99.18 (54.18)
% Mesophyllum spp.	53.44	57.61	67.92	70.87	0 – 70.87 (24.57)
% Lithophyllum spp.	0	2.58	9.35	1.3	0 – 24.22 (3.02)
% Peyssonnelia sp. Erigées	0	0.1	0	0	0 – 55.99 (6.7)
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	0.21	1.82	1.3	2.61	0 – 65.71 (15.43)
% Eponges	19.79	17.7	11.43	7.57	0 – 91.06 (14.68)
% Eponges massives	4.55	1.15	1.04	2.52	0 – 32.68 (3.92)
% Eponges encroutantes	15.24	16.56	10.39	5.04	0 – 66.07 (10.76)
% Axinella sp.	0.95	0.77	0.39	0.78	0 – 9.61 (0.83)
% Cliona spp.	0	0	0	0	0 – 5.96 (0.41)
% Gorgones	3.17	2.78	0.26	0.43	0 – 37.82 (5.27)
% Gorgones rouges	3.17	1.91	0.26	0.43	0 – 33.68 (2.87)
% Gorgones jaunes	0	0.86	0	0	0 – 21.09 (1.89)
% Corail rouge	0	0	0	0	0 – 31.5 (0.45)
% Bryozoaires encroutants	1.59	5.17	0.26	1.65	0 – 17.98 (2.93)
% Bryozoaires érigés	1.16	0.48	4.16	3.65	0 – 18.28 (2.23)

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableaux ci-dessus) entre 2012, 2015, 2018 et 2021 sur la station à -60 m montre que le **pourcentage de couverture par les organismes vivants est dans la moyenne régionale, et stable au cours du temps** (excepté une baisse en 2018 liée un pic de sédimentation).

Le **pourcentage de sédimentation est stable entre 2012 et 2021** (excepté un pic en 2018).

Le **pourcentage de débris est faible.**

Le **pourcentage de nécroses augmente nettement en 2021** : il est cinq fois plus élevé qu'en 2018.

L'indicateur de perturbation a augmenté après la baisse de 2018 pour revenir à une valeur proche de celle de 2012. Il est lié à la présence d'algues filamenteuses.

La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, a fortement diminué en 2021 : les indices de Simpson et de Shannon sont proches des valeurs minimales régionales.

La valeur du CAI est en augmentation et indique **un état écologique moyen.**

La répartition des grands groupes du vivant a peu changé entre 2012 et 2021. Les bioconstructeurs ont augmenté surtout en 2021 tout comme les bryozoaires érigés, alors que la couverture par les éponges et celle des bryozoaires encroûtants diminuent au cours des suivis.

Les gorgones rouges (*Paramuricea clavata*) forment la strate haute (80 cm), les éponges *Axinella damicornis* (10 cm) la moyenne tandis que des algues rouges encroûtantes (*Mesophyllum sp*.) forment la strate basse (5 cm).

VI.A.7.**Démographie des espèces érigées**

Sur le site, les gorgones rouges (*Paramuricea clavata*) ont été échantillonnées à -59 m en 2012, 2015, 2018 et en 2021, à proximité du piquet.

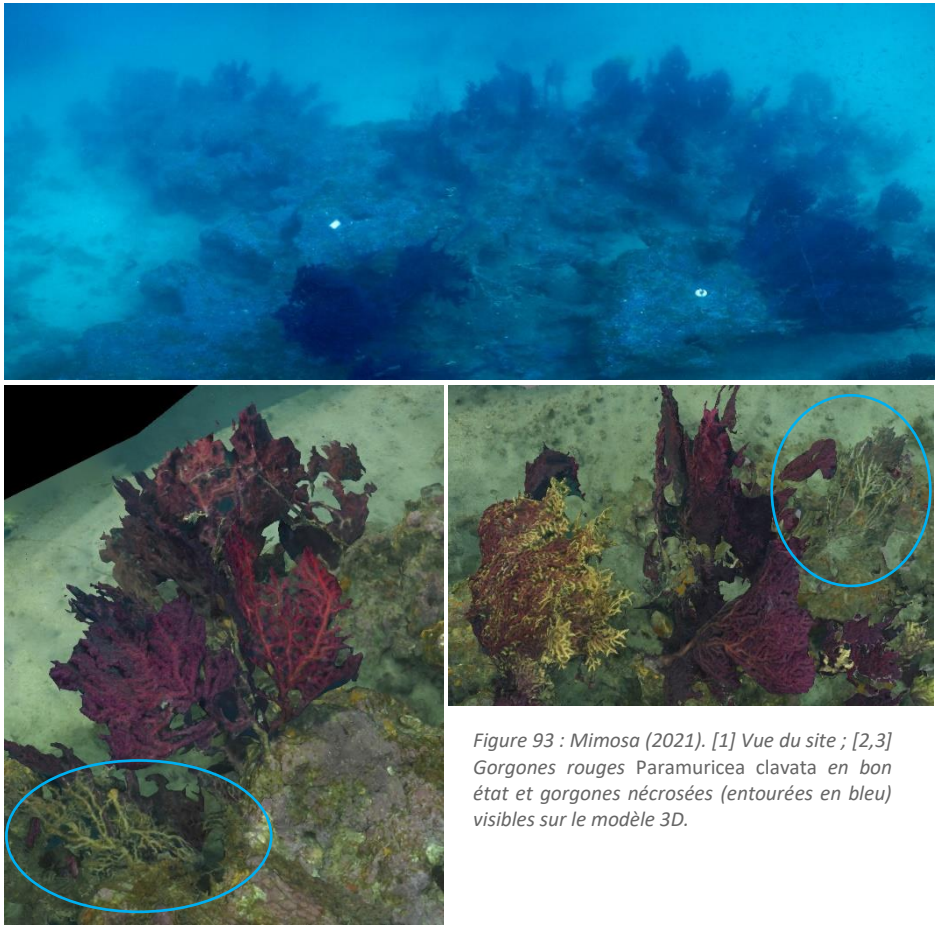


Figure 93 : Mimosa (2021). [1] Vue du site ; [2,3] Gorgones rouges Paramuricea clavata *en bon état et gorgones nécrosées (entourées en bleu) visibles sur le modèle 3D.*

VI.A.7.a. . Nécroses des peuplements

Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* sont en bon état avec 75 % des colonies sans aucune nécrose et aucune colonie nécrosée totalement : la tendance d'amélioration observée en 2018 est stable. Ces nécroses sont toutes anciennes et se partagent en nécroses diffuses et localisées (Figure et tableaux suivants).

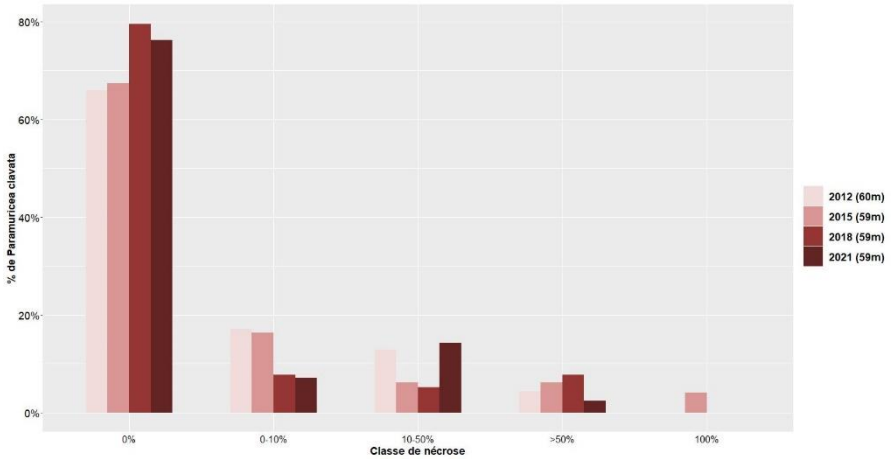


Figure 94 : Site Mimosa. Nécroses des peuplements de gorgones rouges Paramuricea clavata.

Tableau 30 : Comparaison des données de nécrose pour les gorgones rouges Paramuricea clavata *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC07d	FRDC07d	FRDC07d	FRDC07d	
Site	Mimosa	Mimosa	Mimosa	Mimosa	
Profondeur	60	59	59	59	
Année	2012	2015	2018	2021	
Espèce	Paramuricea clavata	Paramuricea clavata	Paramuricea clavata	Paramuricea clavata	
% nécrose:0	65.96	67.35	79.49	76.19	0 100 70.01
% nécrose:1-10	17.02	16.33	7.69	7.14	0 100 13.11
% nécrose:11-50	12.77	6.12	5.13	14.29	0 100 8.67
% nécrose:51-99	4.26	6.12	7.69	2.38	0 82.35 5.52
% nécrose:100	0	4.08	0	0	0 100 2.69
% nécroses anciennes	87.5	25	100	100	0 100 69.56
% nécroses récentes	12.5	75	0	0	0 100 15.33
% nécroses diffuses	53.13	67.86	43.75	40	0 100 32.75
% nécroses localisées	46.88	32.14	56.25	60	0 100 49.62
Nombre total	94	98	78	42	1 213 48.39

VI.A.7.b. Structure en taille

Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* grandissent bien (hauteur maximale = 100 cm en 2021), la part des grandes colonies a augmenté en 2018 (59 % en 2018) puis a diminué en 2021 (47 %) pour retrouver une valeur proche de celle de 2015. La part des colonies moyennes augmenté (+12 %). A noter également, le nombre de colonies dans le quadrats qui a nettement diminué entre 2012 et 2018 puis qui est stable (Tableau suivant).

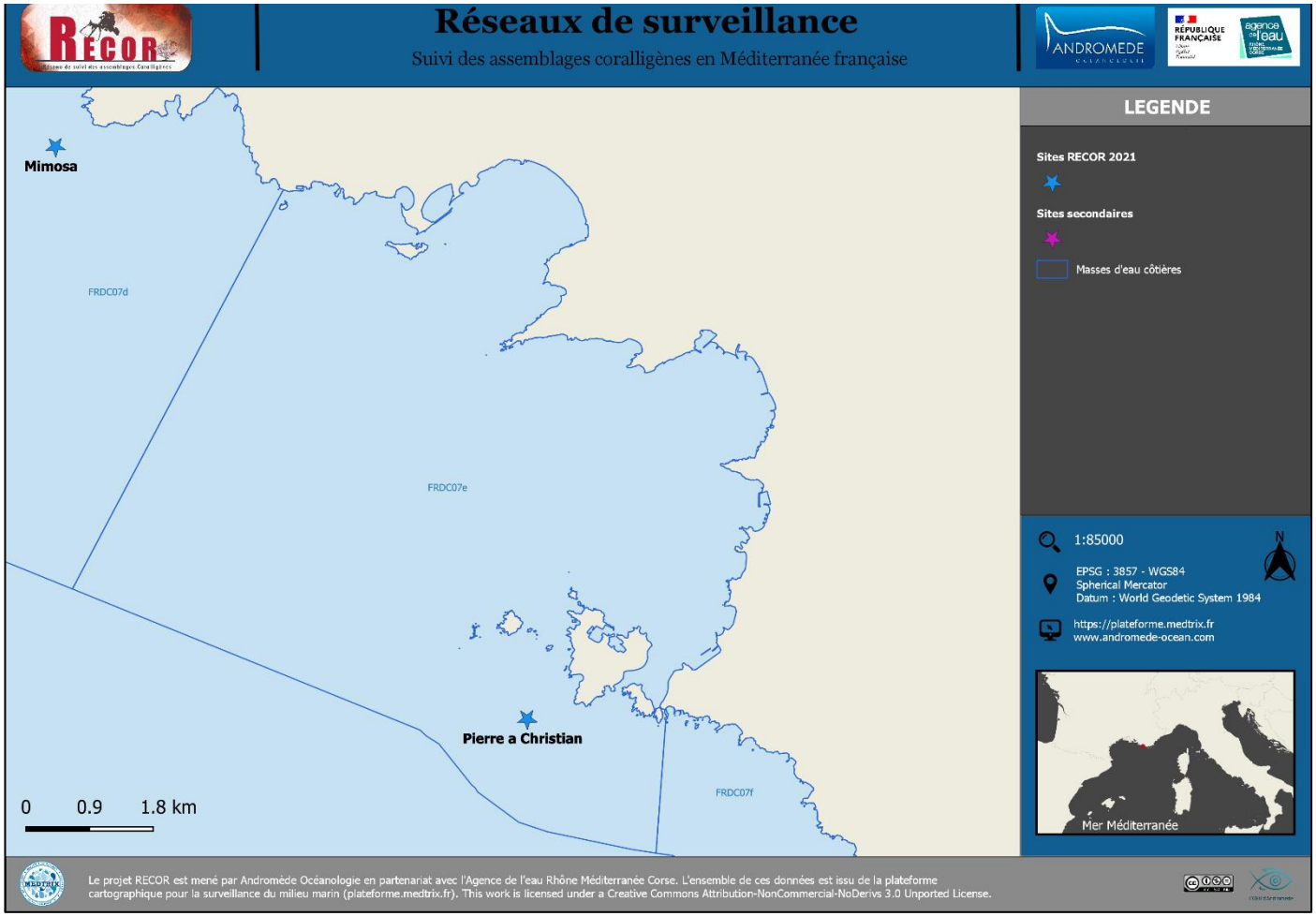
Tableau 31 : Comparaison des données de structure en taille pour les gorgones rouges Paramuricea clavata *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC07d	FRDC07d	FRDC07d	FRDC07d	
Site	Mimosa	Mimosa	Mimosa	Mimosa	
Profondeur	60	59	59	59	
Année	2012	2015	2018	2021	
Espèce	Paramuricea clavata	Paramuricea clavata	Paramuricea clavata	Paramuricea clavata	
nb petits	2	2	0	0	0 — 30 — 2.5
% petits	4.76	5.41	0	0	0 — 100 — 13.15
nb moyens	23	18	7	8	0 — 40 — 11.26
% moyens	54.76	48.65	41.18	53.33	0 — 100 — 68.07
nb grands	17	17	10	7	0 — 24 — 3.49
% grands	40.48	45.95	58.82	46.67	0 — 100 — 18.78
Nombre total	42	37	17	15	1 — 61 — 17.25
Taille max (cm)	110	110	105	100	5 — 200 — 60.99

MASSE D'EAU FRDC07e :

ILOT PIERREPLANE – POINTE DU GAOU

La masse d'eau FRDC07e comprend un site RECOR : Pierre à Christian.



VI.B. Site « Pierre à Christian »

VI.B.1. **Présentation du site**

Le site RECOR Pierre à Christian se situe au Sud-Ouest au large de la pointe Coucoussa de l'île des Embiez. Plusieurs massifs de typologie 3 s'étendent entre -36 et -47 m. Deux stations différentes sont échantillonnées selon les années, et se situent sur deux massifs différents. Celle à -47 m a été échantillonnée en 2012, 2015, 2018 et 2021 ; celle à -43 m n'a pas été échantillonnée en 2015 ni en 2021.

En 2021, le site était recouvert d'algues filamenteuses sur tout le haut à partir de -35 m. La partie basse du site était dominée par des algues rouges (a priori *Womersleyella setacea*), absentes lors des suivis antérieurs.

Caractéristiques du site		
Nom du site	Pierre à Christian	
Coordonnées (L93)	Latitude :	Longitude :
Piquet:	43 04.095	5 46.222
Profondeur du piquet (m)	46	
Date d'échantillonnage	14/06/2021	
Profondeur des stations (m)	47	
Remarques sur les stations	Station sur l'avancée de coralligène avec le piquet. Photogrammétrie réalisée en remontant, en gardant le massif main gauche	

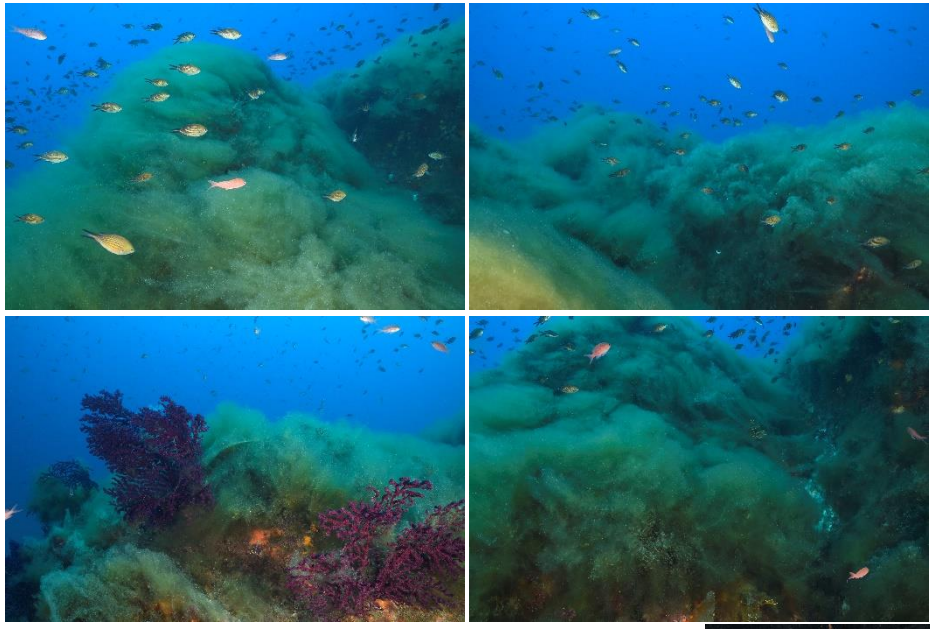
Deux capteurs de température ont été positionnés sur le site à -42 et -47 m :

14/06/2021	14/06/2021
20:00	20:00
20330395	10710175
47	42
1 mesure toutes les 30 minutes	1 mesure toutes les 30 minutes
Piquet sur une avancée de coralligène au sud du massif	Le second capteur se trouve en remontant coté Est du massif, après la faille aux gorgones rouges, juste en contre bas du quadrat permanent gorgones

Figure 95 : Caractéristiques des capteurs de température positionnés en 2021.

Il s'agit d'un site fréquenté par les plongeurs et les pêcheurs (présence d'engins de pêche). En 2021, plusieurs espèces remarquables ont été observées sur le site : mérous bruns (*Epinephelus marginatus*), mostelles (*Phycis phycis*), grandes axinelles (*Axinella polypoides*), deux anémones buissonnantes (*Savalia savaglia*) à -40m dont une couverte d'algues filamenteuses. Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* étaient très abimées (impact des algues sur plusieurs années ?).

VI.B.2. **Photographies du site**



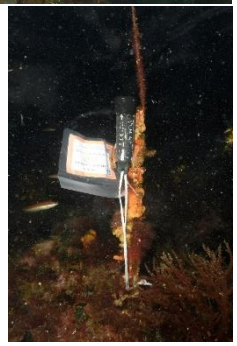


Figure 96 : Site Pierre à Christian. [1-4] Le site était recouvert d'algues filamenteuses sur tout le haut à partir de -35m en 2021 ; [5] Capteur de température à -47 m.

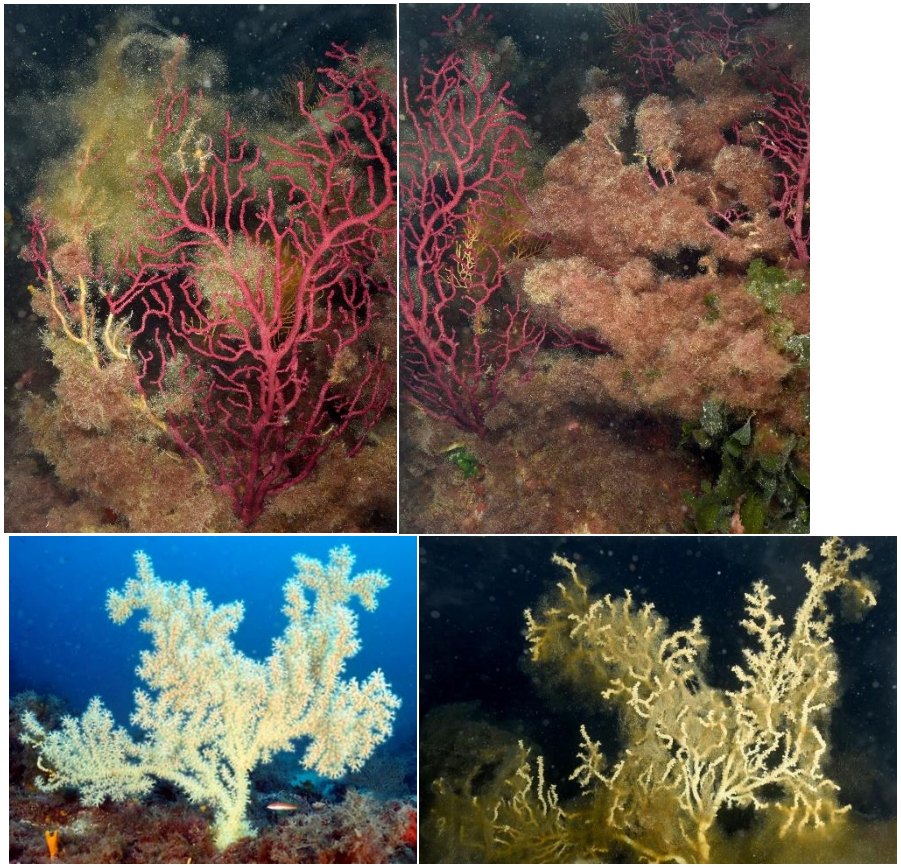


Figure 97 : Site Pierre à Christian. [1,2] Les gorgones rouges Paramuricea clavata *étaient très abimées et colonisées par des algues rouges en 2021 ; [3,4] Une anémone buissonnante (*Savalia savaglia*) à -40m observée en 2018 (à gauche) et en 2021 alors colonisée par des algues filamenteuses.*

La modélisation en 3D sur le site par photogrammétrie permet une vision globale du site tout comme une vision plus précise si nécessaire à l'aide de zooms. Les modèles 3D sont disponibles sur la plateforme Medtrix dans les projets « MODEL » et « RECOR ».

En 2021, la zone de photogrammétrie se situe au même endroit que les quadrats photographiques de la station à -47 m.

Les modèles ont été réalisés en 2018 et 2021 au même endroit.

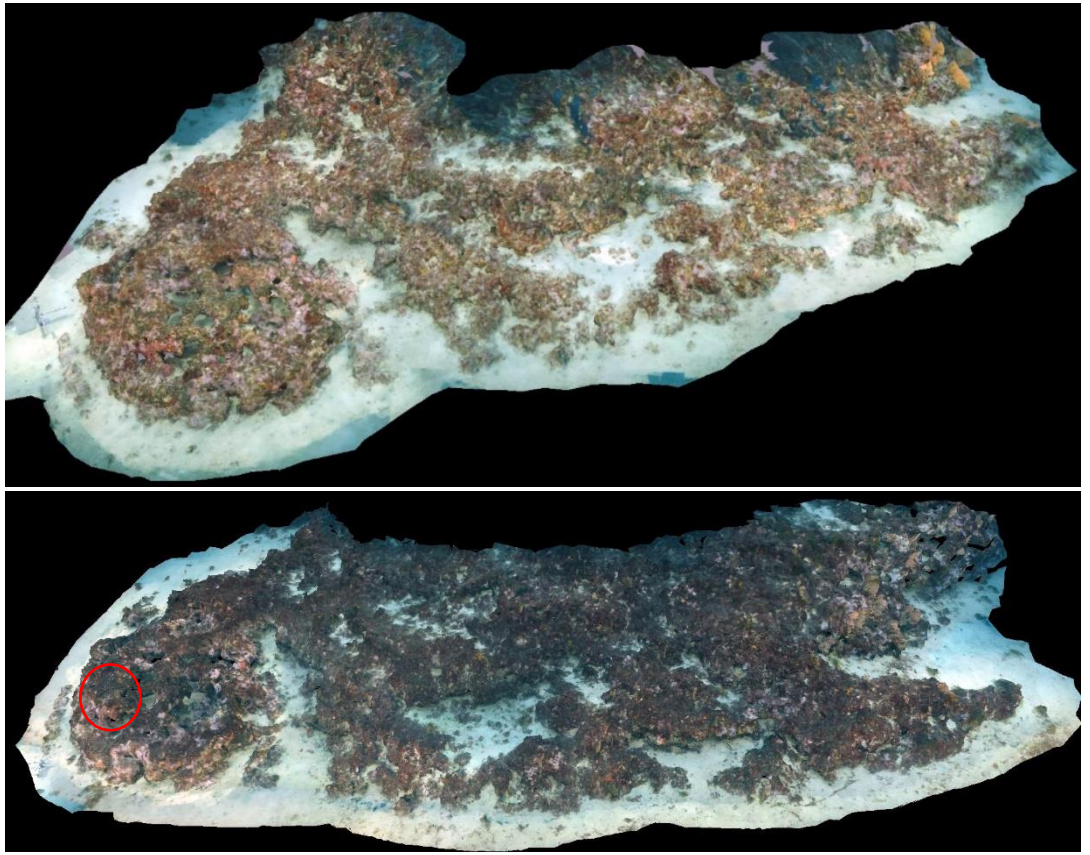


Figure 98 : Vue de dessus du site Pierre à Christian reconstitué en 3D par photogrammétrie en 2018 (en haut) et en 2021 (en bas). Le cercle rouge indique la localisation du capteur de température positionné sur le piquet à -47m.

On voit sur les modèles qu'en 2021 la partie basse du site était dominée par des algues rouges (a priori *Womersleyella setacea*), absentes lors des suivis antérieurs, et qui homogénéisent le sustrat.

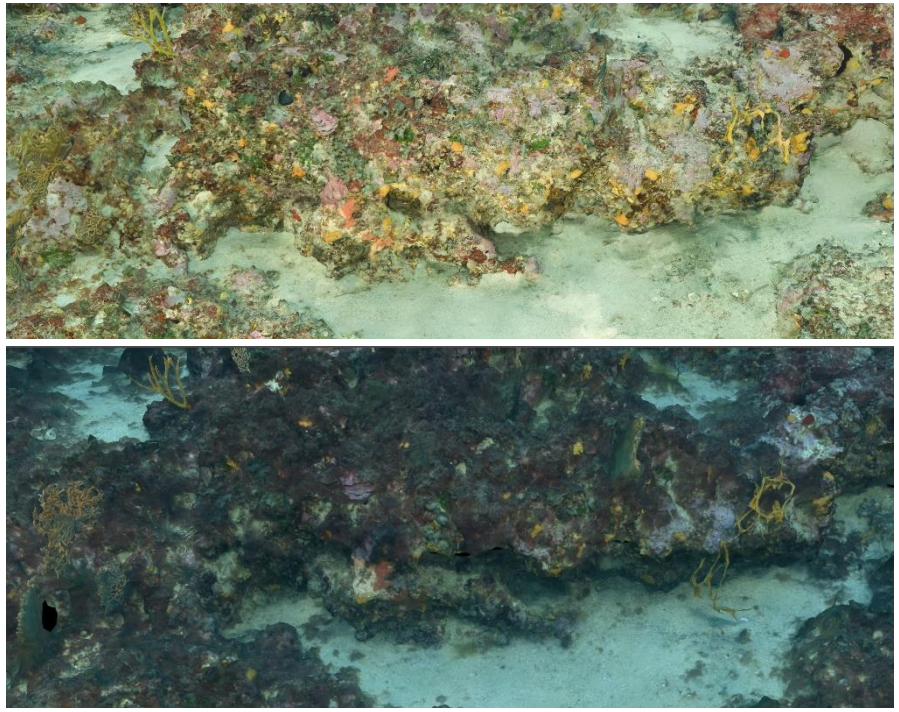


Figure 99 : Zooms sur le site Pierre à Christian en 2018 (en haut) et en 2021 (en bas).

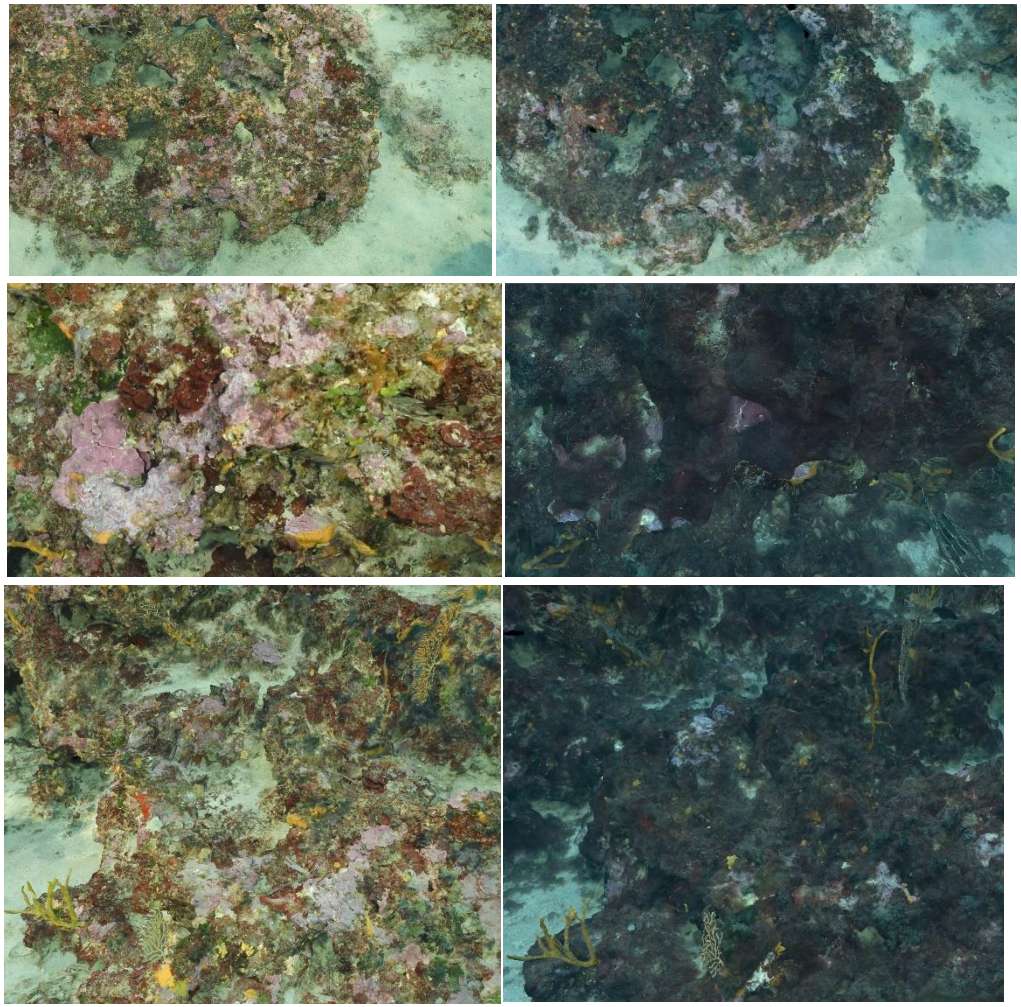


Figure 100 : Zooms sur le site Pierre à Christian en 2018 (à gauche) et en 2021 (à droite).

VI.B.3. **Description générale du site**

Description générale						
Type physionomique	☐ Paroi	☑ Massif	☐ Autres : …			
Structures particulières						
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions						
Station(s)	**Profondeur (m) : 47**			**Profondeur (m) :**		
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du…					
	cm	dm	m	cm	dm	m
	70	**20**	**10**	**70**	**20**	**10**
Typologie / profondeur (m)	☐ 1 ☐ 2 ☑ 3 ☐ 4 ☐ 5			☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5		
Stratification						
	Profondeur (m) : 47			**Profondeur (m) : 41**		
	Nature :	Hauteur (cm) :		Nature :	Hauteur (cm) :	
Strate haute	*Axinella polypoides, Eunicella cavolinii*	30				
Strate moyenne	*Flabellia petiolata, Axinella damicornis*	5				
Strate basse	Algues rouges encroûtantes	3				
Orientation						
Géographique	Nord					
Par rapport au courant	Est					

Extensions bathymétriques (m)	**Minimum**	**Maximum**		**Minimum**	**Maximum**	
Coralligène	36	47 (bas du site)	***Halimeda tuna***	47	40	
Paramuricea clavata	36	45	***Flabellia petiolata***	47	40	
Eunicella cavolinii	37	45	**Algues filamenteuses**	35	47	
Autres gorgones : …	Deux *Savalia savaglia* à -40m, dont une couverte d'algues filamenteuses. *Leptopgorgia sarmentosa.*		**Remarque**	Site recouvert d'algues filamenteuses sur tout le haut à partir de -35m. La partie basse du site notamment est dominée par des algues rouges W. setacea absentes les suivis antérieurs.		
Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☐ Macrodéchets	☐ Autres: …	
Remarques :						
Température de l'eau (°C)	17					
Inclinaison						
Visibilité (m)						
Profondeur thermocline	6					

Espèces particulières	Mérous bruns (*Epinephelus marginatus*), mostelles (*Phycis phycis*), grandes axinelles (*Axinella polypoides*), deux anémones buissonnantes (*Savalia savaglia*). Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* sont très abimées (impact des algues sur plusieurs années ?)

Démographie des espèces érigées				
Date d'échantillonnage	**14/06/2021**			
Quadrat de 2m² (structure en taille et densité des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☑ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur (m)	40			
30 quadrat de 50x50 cm (Nécrose des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☑ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur moyenne (m)	40			

VI.B.4. Analyse des quadrats photographiques 2021

VI.B.4.a. Pierre à Christian, -47 m (2021)

Sur la station à **-47 m**, les quadrats sont couverts à **82,2 % par des organismes vivants** et à **11,7 % par du sédiment**.

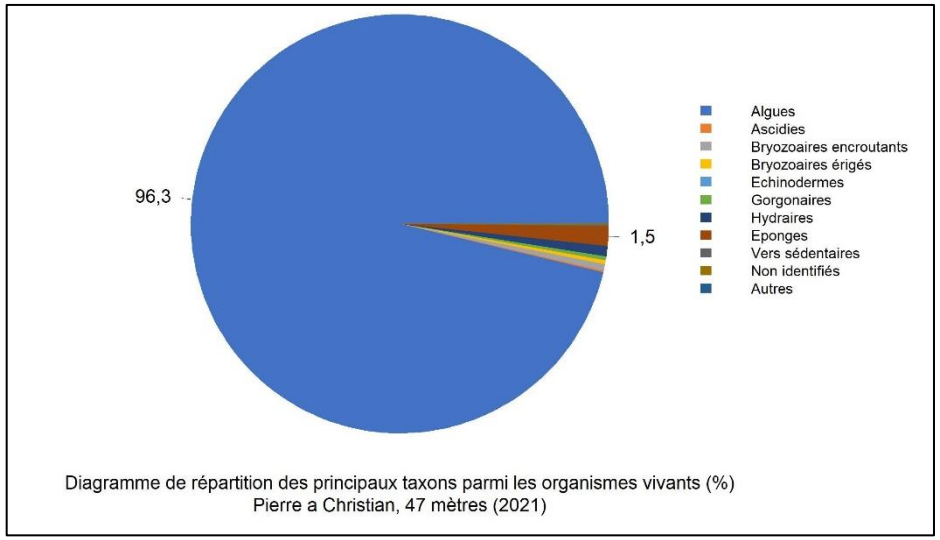


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Pierre a Christian, 47 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -47 m (96,3 % des organismes vivants) avec des algues rouges (77,9 % - 0,8 % d'algues rouges encroutantes nécrosées), des algues vertes (11,7 % - *Palmophyllum crassum*, *Flabellia petiolata*), et des algues brunes (6,7 % - *Zanardinia typus,* algues brunes filamenteuses, *Phyllariopsis sp.,* espèces non identifiées).

Les algues vertes *Flabellia petiolata* constituent la strate moyenne du coralligène (avec des petites axinelles). **Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse** avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* (11,4 %) de type encroûtant** (*M. alternans*) et quelques *Lithophyllum sp.* (1,5 %)), des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces de type érigé (6,2 %) et encroutant (3,9 %). **Les algues rouges filamenteuses (a priori *Womersleyella setacea*), absentes lors des suivis antérieurs, dominent le site (53,5 % du vivant).**

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -47 m le groupe dominant est celui des **éponges** (1,5 %) surtout encroûtantes (0,5 %) et massives (1 %) : ***Axinella polypoides* – strate haute du coralligène, *Axinella damicornis* – strate moyenne du coralligène**, *Spirastrella cunctatrix*, espèces non identifiées.



*Figure 101 : Site Pierre à Christian (2021). [1] Une grande axinelle (*Axinella polypoides*) couverte d'algues filamenteuses ; [2] Les algues rouges filamenteuses, a priori* Womersleyella setacea*, couvrent plus de la moitié du vivant.*

VI.B.5. **Photographies des quadrats**

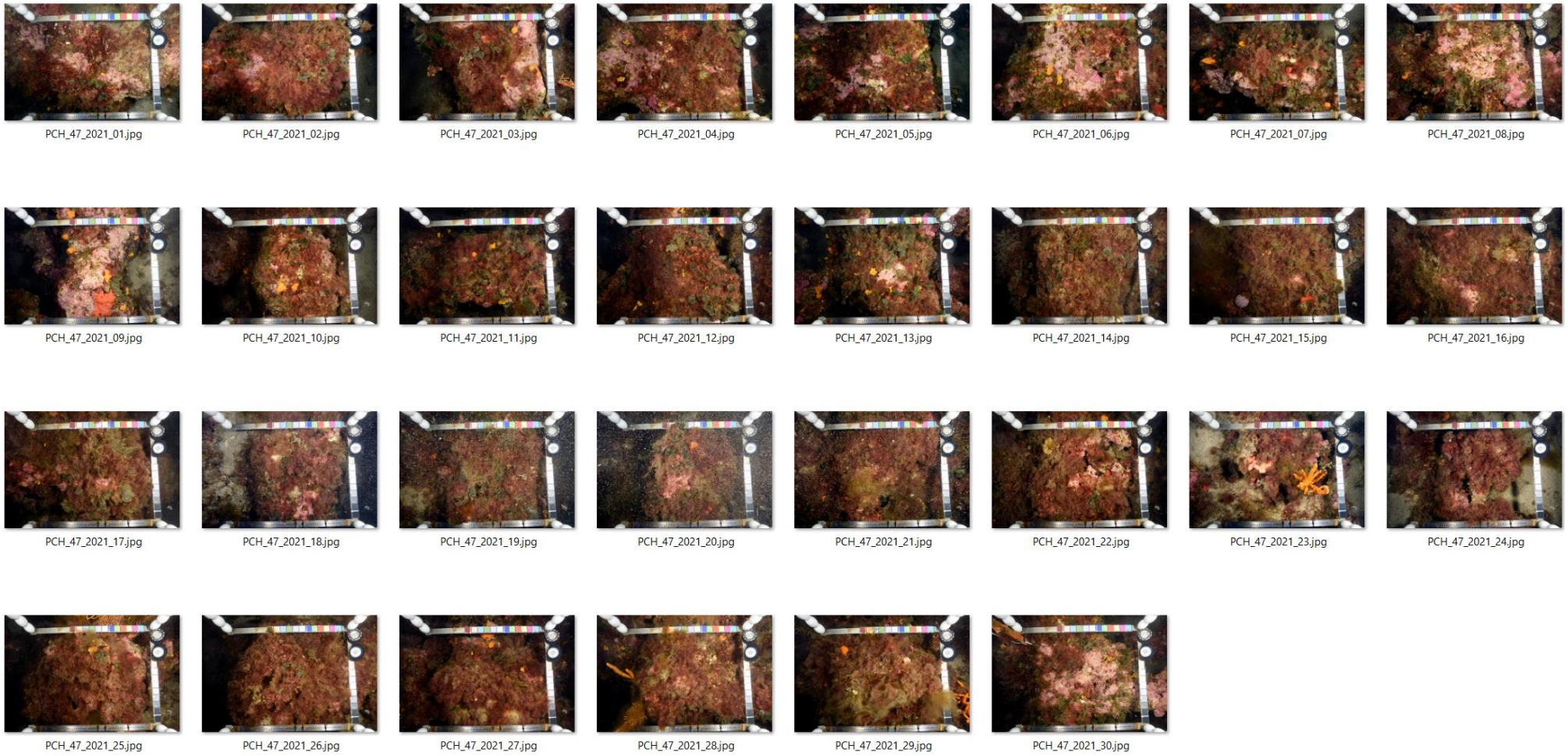


Figure 102 : Site Pierre à Christian – Quadrats photographiques à -47 m (2021).

VI.B.6. **Analyse comparative des quadrats**

Tableau 32: Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	
Site	Pierre a Christian	Pierre a Christian	Pierre a Christian	Pierre a Christian	
Profondeur	47	47	47	47	
Année	2012	2015	2018	2021	
% recouvrement par le vivant	64.9	72.82	70.57	82.15	14.32 / 59.27 / 94.81
% recouvrement par le non vivant	35.1	27.18	29.43	17.85	5.19 / 40.73 / 85.68
% recouvrement par le sédiment	26.94	15.09	18.18	11.72	2.19 / 29.47 / 79.54
% recouvrement par les débris biologiques	0.49	0.79	1.46	1.15	0 / 1.72 / 14.77
% recouvrement par les cavités	5.51	6.94	3.23	2.96	0 / 5.61 / 22.21
% recouvrement par les macrodéchets	0	0	0	0	0 / 0.12 / 2.34
CAI	0.44	0.54	0.51	0.4	0.08 / 0.43 / 0.79
% recouvrement par les bryozoaires totaux	2.09	2.68	2.03	0.71	0.1 / 2.89 / 18.15
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	35.66	48.11	45.57	20.15	1.05 / 33 / 79.58
Indice de Simpson	0.83	0.66	0.88	0.7	0.35 / 0.8 / 0.95
Indice de Shannon	2.11	1.73	2.7	1.87	0.99 / 2.24 / 3.2
% Nécroses parmi le vivant	1.08	0.36	1.77	1.07	0 / 1.2 / 9.77
Indicateur de perturbation	2.8	2.31	0.3	53.53	0 / 7.74 / 91.69
% Algues filamenteuses	2.8	2.31	0.3	53.53	0 / 6.52 / 91.45
% Algues total	83.01	90.32	93.36	96.27	0 / 68.1 / 99.39

% Algues brunes	0.54	1.66	0.66	6.67	0 / 8.36 / 71.56
% Algues vertes	26.24	23.75	23.99	11.67	0 / 5.56 / 91.76
% Algues rouges	56.24	64.91	68.71	77.93	0 / 54.18 / 99.18
% Mesophyllum spp.	23.76	20.14	19.11	11.4	0 / 24.57 / 70.87
% Lithophyllum spp.	0.86	2.67	4.58	1.53	0 / 3.02 / 24.22
% Peyssonnelia sp. Erigées	4.84	24.62	20.37	6.2	0 / 6.7 / 55.99
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	22.15	14.95	18.45	3.93	0 / 15.43 / 65.71
% Eponges	3.98	2.31	2.44	1.53	0 / 14.68 / 91.06
% Eponges massives	1.18	0.22	0.74	1	0 / 3.92 / 32.68
% Eponges encroutantes	2.8	2.09	1.7	0.53	0 / 10.76 / 66.07
% Axinella sp.	1.18	0.14	0.52	0.67	0 / 0.83 / 9.61
% Cliona spp.	0.54	0.43	0.07	0	0 / 0.41 / 5.96
% Gorgones	4.62	2.89	0.22	0.27	0 / 5.27 / 37.82
% Gorgones rouges	0	0	0.15	0	0 / 2.87 / 33.68
% Gorgones jaunes	4.62	2.89	0.07	0.27	0 / 1.89 / 21.09
% Corail rouge	0	0	0	0	0 / 0.45 / 31.5
% Bryozoaires encroutants	1.61	2.89	1.48	0.53	0 / 2.93 / 17.98
% Bryozoaires érigés	1.61	0.79	1.4	0.33	0 / 2.23 / 18.28

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableaux ci-dessus) entre 2012, 2015, 2018 et 2021 à -47 m montre **un pourcentage de couverture par les organismes vivants stable jusqu'en 2018 puis qui augmente en 2021** (valeur largement au-dessus de la moyenne régionale).

Les **pourcentages de débris animaux et de nécroses sont stables.**

Le **pourcentage de sédimentation diminue en 2021**, il est faible en comparaison avec les autres stations de la région.

L'indicateur de perturbation a très fortement augmenté en 2021. Il est lié à la présence des algues rouges filamenteuses (a priori *Womersleyella setacea*) qui n'étaient pas observées lors des suivis antérieurs.

La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, diminue en 2021 et est légèrement inférieure à moyenne régionale.

La valeur du CAI diminue en 2021, et indique **un état écologique moyen.** Cette baisse s'explique par une forte diminution du recouvrement par les bioconstructeurs principaux (-25 % entre 2018 et 2021) et notamment des *Mesophyllum sp*. et *Peyssonnelia sp*., au profit des algues rouges filamenteuses.

La répartition des grands groupes du vivant a peu changé entre 2012 et 2021, par contre en 2021 on observe une forte couverture par les algues rouges filamenteuses (a priori *Womersleyella setacea*).

Comme sur la plupart des sites, les gorgones jaunes (*Eunicella cavolonii*) et les grandes axinelles (*Axinella polypoides*) forment certes la strate haute (30-35 cm) mais il n'y a quasiment pas de strate moyenne puisque l'on trouve ensuite les algues vertes *Flabellia petiolata* et les petites axinelles *Axinella damicornis* (5 cm) puis les algues rouges encroûtantes (3 cm).

VI.B.7. Démographie des espèces érigées



Sur le site, les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* et les gorgones rouges *Paramuricea clavata* ont été échantillonnées à -40 m en 2012, 2015, 2018 et 2021.

Les plongeurs ont noté que les gorgones rouges *Paramuricea clavata* étaient très abimées en 2021 (impact des algues ?).

Figure 103 : Pierre à Christian (2021). Algues filamenteuses à -40 m recouvrant les gorgones rouges.

VI.B.7.a. . Nécroses des peuplements

Depuis 2018, les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* sont en excellent état avec plus de 95 % des colonies présentant un taux de nécrose naturel. Les nécroses relevées étaient anciennes et localisées (Figure et tableaux suivants).

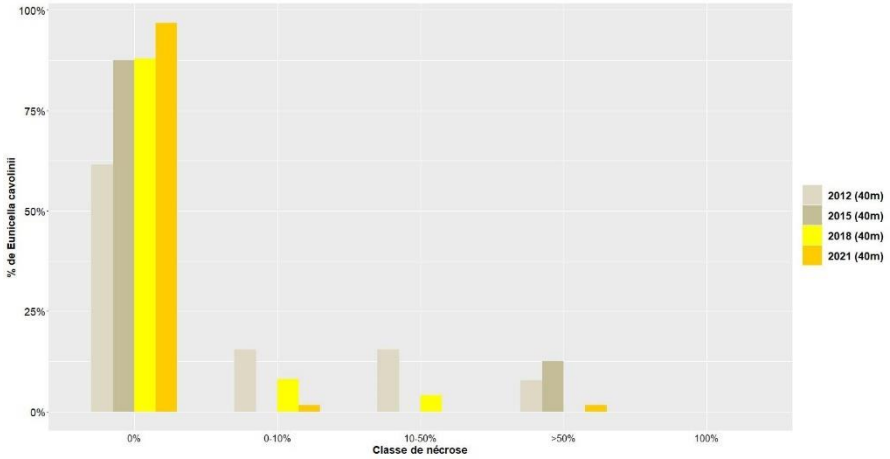


Figure 104 : Site Pierre à Christian. Nécroses des peuplements de gorgones jaunes Eunicella cavolinii.

Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* étaient en bon état jusqu'en 2018 avec 85 % des colonies présentant un taux de nécrose naturel (<10 %) et aucune colonie nécrosée totalement. Par contre l'état des gorgones rouges *Paramuricea clavata* s'est fortement dégradé en 2021 : seuls 26,9 % des gorgones rouges sont saines, plus de 15 % présentent des taux de nécroses supérieurs à 50 % et presque 8 % sont morts. Ces nécroses sont toutes anciennes et se partagent en nécroses diffuses et localisées (Figure et tableaux suivants).

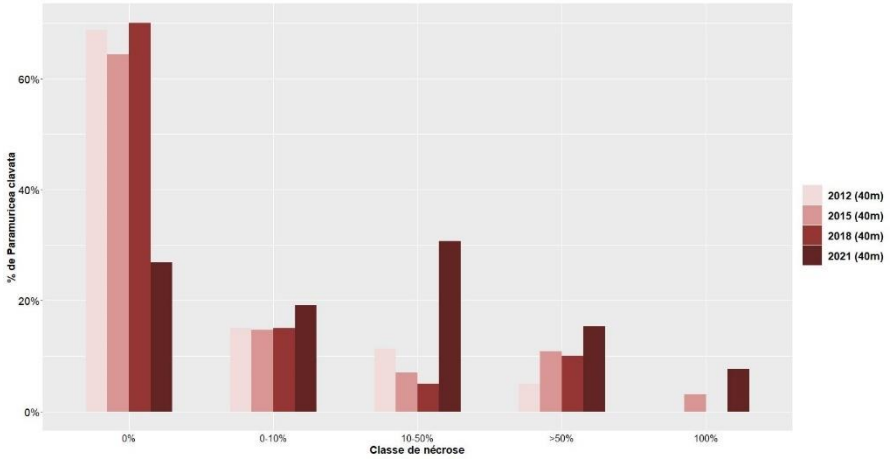


Figure 105 : Site Pierre à Christian. Nécroses des peuplements de gorgones rouges Paramuricea clavata

Tableau 33 : Comparaison des données de nécrose pour les gorgones jaunes Eunicella cavolinii *et les gorgones* rouges Paramuricea clavata *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	
Site	Pierre a christian	Pierre a christian	Pierre a christian	Pierre a christian	Pierre a christian	Pierre a christian	Pierre a christian	Pierre a christian	
Profondeur	40	40	40	40	40	40	40	40	
Année	2012	2012	2015	2015	2018	2018	2021	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	
% nécrose:0	61.54	68.75	87.5	64.34	88	70	96.77	26.92	0 100 70.01
% nécrose:1-10	15.38	15	0	14.73	8	15	1.61	19.23	0 100 13.11
% nécrose:11-50	15.38	11.25	0	6.98	4	5	0	30.77	0 100 8.67
% nécrose:51-99	7.69	5	12.5	10.85	0	10	1.61	15.38	0 82.35 5.52
% nécrose:100	0	0	0	3.1	0	0	0	7.69	0 100 2.69
% nécroses anciennes	80	44	100	65.22	100	100	100	100	0 100 69.56
% nécroses récentes	20	56	0	34.78	0	0	0	0	0 100 15.33
% nécroses diffuses	50	71.43	100	67.44	33.33	50	0	61.11	0 100 32.75
% nécroses localisées	50	28.57	0	32.56	66.67	50	100	38.89	0 100 49.62
Nombre total	13	80	8	129	50	20	62	26	1 213 48.39

VI.B.7.b. Structure en taille

Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* grandissent bien (hauteur maximale = 75 cm en 2021), la part des grandes colonies augmente (100 % en 2021, 57 % en 2018 contre 42 % en 2012) mais celle des moyennes (-10 % en 2018, 0 % en 2021) et des petites (0 % en 2018 et en 2021) diminuent, ce qui indique un problème de recrutement. A noter également, le nombre de colonies dans le quadrats qui a nettement diminué entre 2012 (28) et 2021 (1 colonie, Tableau 3).

Les gorgones jaunes *Eunicella cavolonii* sont toutes de taille moyenne sans changement depuis 2012 (taille maximale = 45 cm).

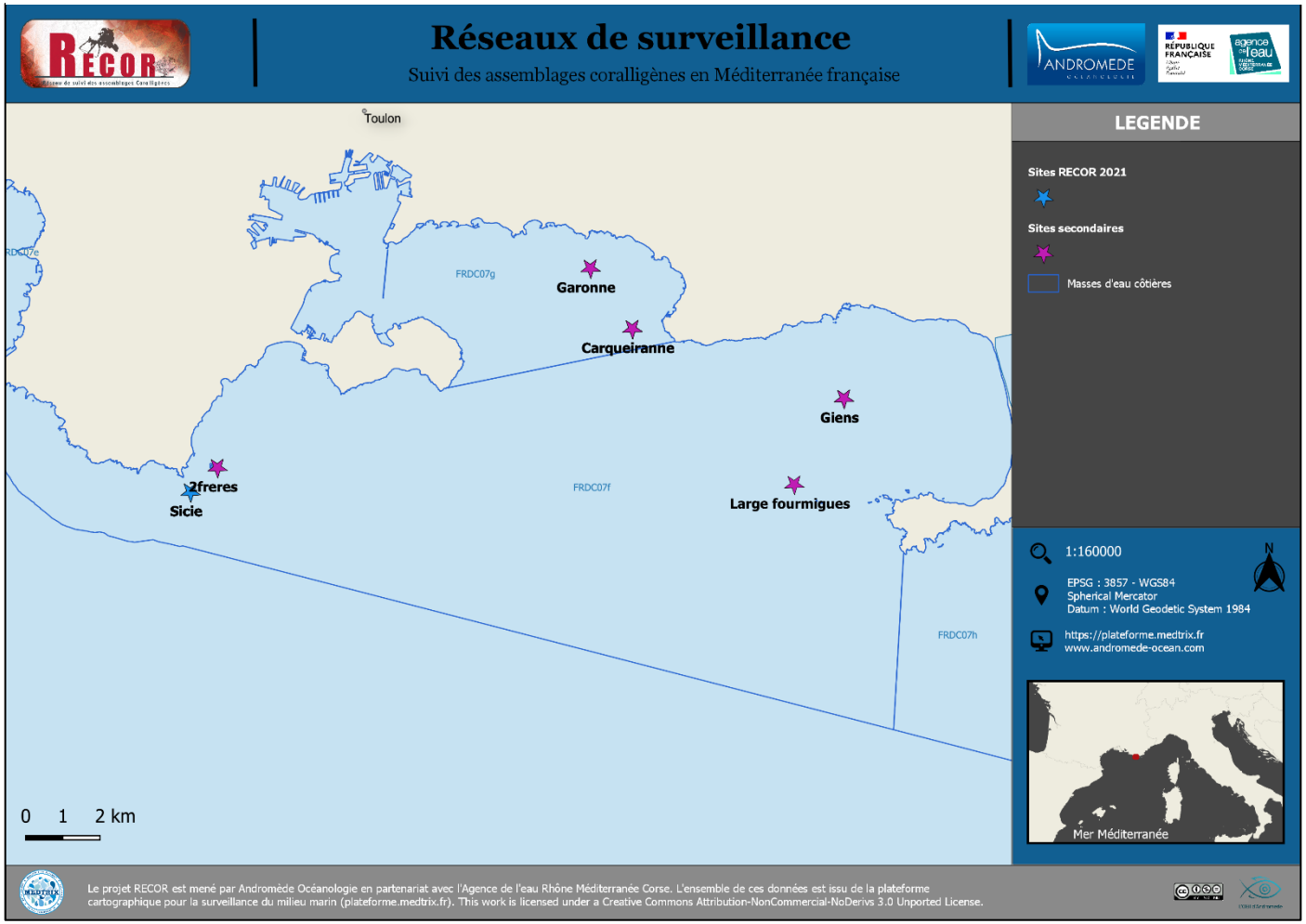
Tableau 34 : Comparaison des données de structure en taille pour les gorgones jaunes Eunicella cavolinii *et les gorgones* rouges Paramuricea clavata *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	FRDC07e	
Site	Pierre a christian	Pierre a christian	Pierre a christian	Pierre a christian	Pierre a christian	Pierre a christian	Pierre a christian	Pierre a christian	
Profondeur	40	40	40	40	40	40	40	40	
Année	2012	2012	2015	2015	2018	2018	2021	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	
nb petits	0	2	0	10	0	0	0	0	0 — 30 — 2.5
% petits	0	7.14	0	16.39	0	0	0	0	0 — 100 — 13.15
nb moyens	9	14	5	32	4	3	7	0	0 — 40 — 11.26
% moyens	100	50	100	52.46	100	42.86	100	0	0 — 100 — 68.07
nb grands	0	12	0	19	0	4	0	1	0 — 24 — 3.49
% grands	0	42.86	0	31.15	0	57.14	0	100	0 — 100 — 18.78
Nombre total	9	28	5	61	4	7	7	1	1 — 61 — 17.25
Taille max (cm)	45	90	30	95	40	95	45	75	5 — 200 — 60.99

MASSE D'EAU FRDC07f :

POINTE DU GAOU – POINTE ESCAMPOBARIOU

La masse d'eau FRDC07f comprend quatre sites RECOR : Sicié (site prioritaire), 2frères (site prioritaire suivi en 2022), Large Fourmigues (site secondaire), Giens (site prioritaire suivi en 2022).



VI.C. Site « Sicié »

VI.C.1. Présentation du site

Le site RECOR Sicié se situe face à la station d'épuration et à l'Est du rocher des Deux Frères. C'est un coralligène de paroi de typologie 2, échantillonné en 2013, 2015, 2017, 2018 et 2021 à –42 m en bas du tombant, et en 2017 et 2018 à -40 m. Le coralligène s'étend de -35 à -43 m.

De nombreux poissons sont observés mais aussi des engins de pêche, des macrodéchets et des structures artificielles (une ancre, bloc béton).

Un capteur de température a été positionné sur le site.

Caractéristiques du site		
Nom du site	Sicié	
Coordonnées (L93)	Latitude :	Longitude :
Capteur(s) de température	43 02.539	005 51.691
Profondeur du piquet (m)	pas de piquet	
Date d'échantillonnage	15/06/2021	
Profondeur des stations (m)	42	42m/37m
Remarques sur les stations	Photoquadrats fait au pied de l'avancée Est, sur le bourelet de coralligène. La photogrammétrie du site n'a pas été réalisée en raison de problèmes avec les flash.	Station à ne pas analyser dans le cadre du marché. Photoquadrats réalisés au même endroit qu'en 2018 (cf. schéma 2018)
Capteur(s) de température		
Date de pose	15/06/2021	
Heure de lancement	20h00	
N° capteur	10950616	
Profondeur du capteur (m)	45m	
Paramétrage	1 mesure toutes les 30 minutes	
Description de la zone	Capteur 45m retrouvé sur un plot à béton, en revanche celui de 38m non trouvé.	

En 2021, plusieurs espèces remarquables ont été observées sur le site : mostelles (*Phycis phycis*), langoustes (*Palinurus elephas*), chapons (*Scorpaena scrofa*), corail rouge (*Corallium rubrum*), gorgonocéphales (*Astrospartus mediterraneus*), oursins diadèmes (*Centrostephanus longispinus*), murènes (*Muraena helena*) en pleine eau, nombreux barbiers (*Anthias anthias*).

En 2021, la partie Ouest du site était recouverte d'algues filamenteuses.

VI.C.1. Photographies du site

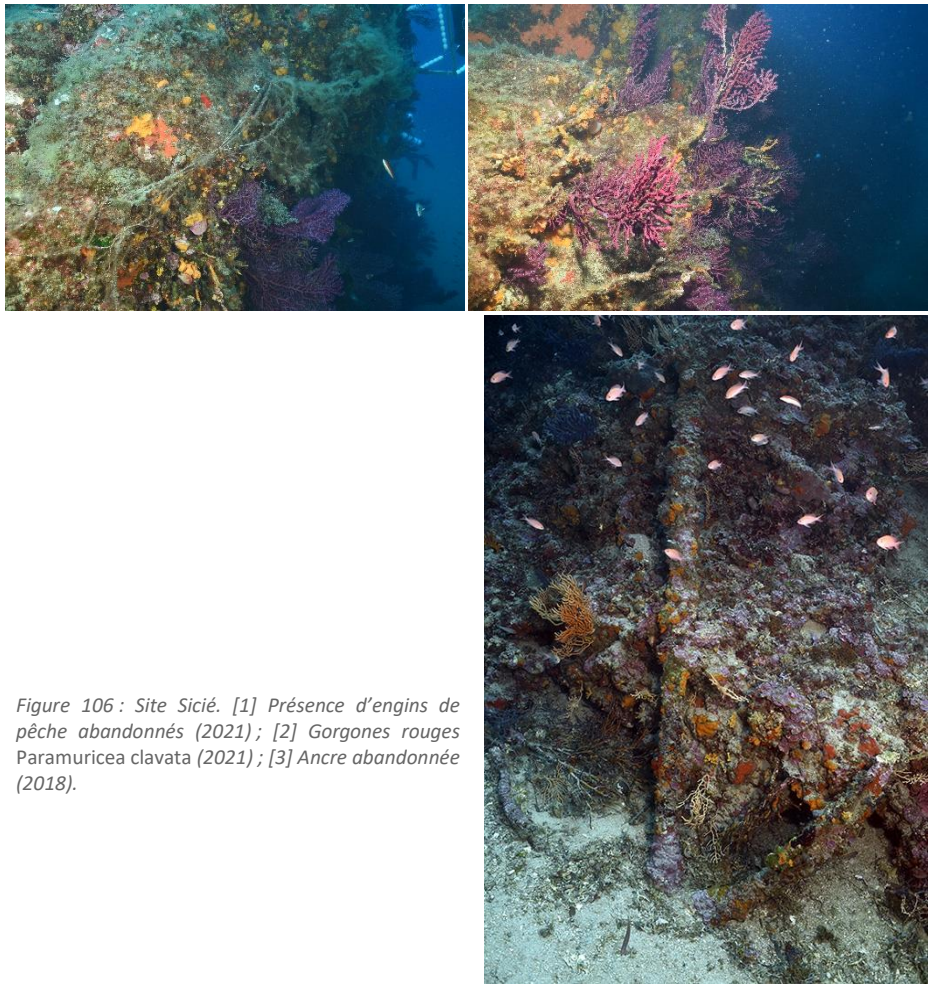


Figure 106 : Site Sicié. [1] Présence d'engins de pêche abandonnés (2021) ; [2] Gorgones rouges Paramuricea clavata *(2021) ; [3] Ancre abandonnée (2018).*

VI.C.2. **Description générale du site**

Description générale						
Type physionomique	☑ Paroi	☐ Massif	☐ Autres : …			
Structures particulières	En forme de V avec du sable au milieu.					
Porosité, anfractuosités et complexité des concrétions						
Station(s)	**Profondeur (m) : 42**			**Profondeur (m) :**		
	Pourcentage de cavités de taille de l'ordre du…					
	cm	dm	m	cm	dm	m
	90	**10**	**0**	**90**	**10**	**0**
Typologie / profondeur (m)	**Typologie 2**					
Stratification						
	Profondeur (m) : 42			**Profondeur (m) :**		
	Nature :	Hauteur (cm) :		Nature :	Hauteur (cm) :	
Strate haute	*Eunicella cavolinii, Axinella polypoides*	35				
Strate moyenne	Bryozoaires érigés	10				
Strate basse	Algues rouges encroutantes	5				
Orientation						
Géographique	Nord					
Par rapport au courant	Est					

Extensions bathymétriques (m)	**Minimum**	**Maximum**		**Minimum**	**Maximum**	
Coralligène	35	43	***Halimeda tuna***	35	43	
Paramuricea clavata	35	40	***Flabellia petiolata***	35	43	
Eunicella cavolinii	43	35	**Algues filamenteuses**	Algues filamenteuses dans la partie ouest du site		
Autres gorgones : …			**Autres : …**			
Impacts anthropiques	☑ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☑ Structures artificielles	☑ Macrodéchets	☐ Autres: …	
Remarques :	Ancre à l'Ouest, bloc béton.					
Température de l'eau (°C)	16					
Inclinaison	45					
Visibilité (m)	20					
Profondeur thermocline	20	06-janv				
Espèces particulières	Mostelle (*Phycis phycis*), langouste (*Palinurus elephas*), chapon (*Scorpaena scrofa*), corail rouge (*Corallium rubrum*), gorgonocéphales (*Astrospartus mediterraneus*), holothuries (*Holothuria* sp.), oursins diadèmes (*Centrostephanus longispinus*), murènes (*Muraena helena*) en pleine eau, nombreux anthias (*Anthias anthias*).					

Démographie des espèces érigées				
Date d'échantillonnage	**15/06/2021**			
Quadrat de 2m² (structure en taille et densité des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☐ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☑ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur (m)	37			
30 quadrat de 50x50 cm (Nécrose des peuplements)				
Espèces échantillonnées	☑ Eunicella cavolinii (EC)	☐ Eunicella singularis (ES)	☑ Paramuricea clavata (PC)	☐ P. macrospina (PM)
Profondeur moyenne (m)	37			

VI.C.3. **Analyse des quadrats photographiques 2021**

VI.C.3.a. Sicié, -42 m (2021)

Sur la station à -**42 m**, les quadrats sont couverts à **63,4 % par des organismes vivants** et à **15,8 % par du sédiment**.

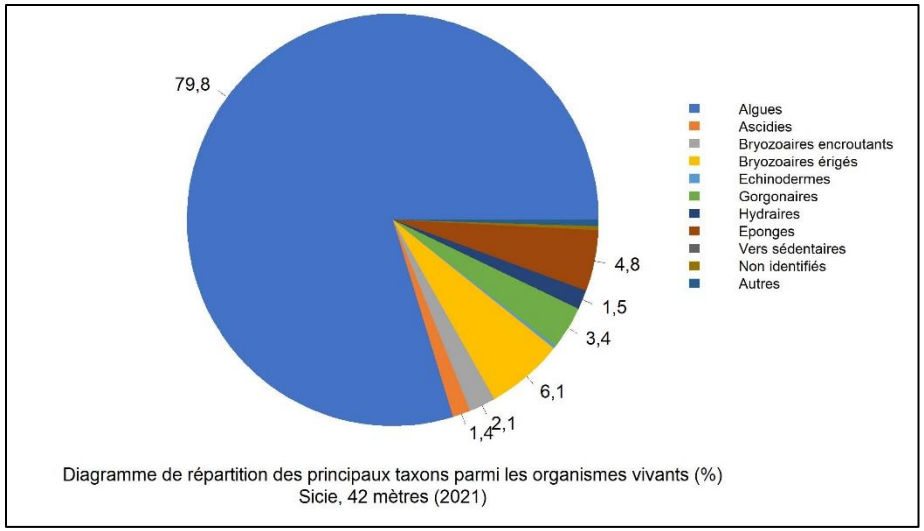


Diagramme de répartition des principaux taxons parmi les organismes vivants (%)
Sicie, 42 mètres (2021)

Dans les quadrats, les groupes du vivant les plus représentés sont les **algues** qui dominent à -42 m (79,8 % des organismes vivants) avec des algues rouges (74,5 % - 2 % d'algues rouges encroutantes nécrosées), des algues vertes (1,5 % - *Palmophyllum crassum*, *Flabellia petiolata,* algues vertes filamenteuses), et des algues brunes (3,8 % - *Zanardinia typus,* algues brunes filamenteuses).

Les algues vertes *Flabellia petiolata* constituent la strate moyenne du coralligène (avec les bryozoaires érigés). **Les algues rouges encroûtantes forment la strate basse** avec les **corallinacées (*Mesophyllum sp.* (19,4 %) de type encroûtant** (*M. alternans*) et *Lithophyllum sp.* (3,8 %)), des **Peyssonneliacées** représentées par des espèces de type érigé (4,2 %) et encroutant (14,3 %). **Les algues rouges filamenteuses sont fortement représentées en 2021**.

L'analyse de la répartition des grands groupes faunistiques montre qu'à -42 m le groupe dominant est celui des **bryozoaires érigés** (6,1 % - *Pentapora fascialis* (majoritaire), *Turbicellepora avicularis, Myriapora truncata, Crisia sp., Cellaria sp., Adeonella calveti*) puis des **éponges** (4,8 %) surtout encroûtantes (3,7 %) et massives (1 %) : ***Axinella polypoides* – strate haute du coralligène,** *Axinella damicornis*, *Spirastrella cunctatrix*, espèces non identifiées, *Crambe crambe, Phorbas tenacior, Spirastrella cunctatrix, Hemimycale columella, …*

Les gorgones (3,4 %) constituent la strate haute avec les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* (2,5 %). On trouve ensuite des **bryozoaires encroutants** (2,1 %, *Schizomavella mamillata*), des **ascidies** (1,4 % - *Clavelina lepadoformis, Halocynthia papillosa*) et des **hydraires** (1,5 %).



Figure 107 : Sicié, -42 m (2021). La strate basse est formée par des algues rouges encroûtantes et la strate moyenne par des bryozoaires érigés.

VI.C.4. **Photographies des quadrats**



Figure 108 : Site Sicié – Quadrats photographiques à -42 m (2021).

VI.C.5. Analyse comparative des quadrats

Tableau 35: Comparaison régionale de paramètres / indicateurs / taxons issus de l'analyse des quadrats RECOR sous CPCe. Les paramètres correspondant à des pourcentages de recouvrement sont notés dans l'intitulé des lignes, les autres paramètres sont des proportions relatives parmi les organismes vivants (en pourcentage).

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	
Site	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	
Profondeur	42	42	42	42	42	
Année	2013	2015	2017	2018	2021	
% recouvrement par le vivant	71.12	56.26	54.27	49.48	63.37	14.32 / 59.27 / 94.81
% recouvrement par le non vivant	28.88	43.74	45.73	50.52	36.63	5.19 / 40.73 / 85.68
% recouvrement par le sédiment	16.42	15.48	10.68	11.09	15.87	2.19 / 29.47 / 79.54
% recouvrement par les débris biologiques	2.76	2.01	3.28	10.1	7.91	0 / 1.72 / 14.77
% recouvrement par les cavités	4.43	15.06	11.3	5.57	5.11	0 / 5.61 / 22.21
% recouvrement par les macrodéchets	0	0.05	0	0	0	0 / 0.12 / 2.34
CAI	0.79	0.58	0.5	0.55	0.51	0.08 / 0.43 / 0.79
% recouvrement par les bryozoaires totaux	18.15	7.95	4.32	4.38	5.16	0.1 / 2.89 / 18.15
% recouvrement par les bioconstructeurs principaux	40.86	35.79	26.67	40.31	31.47	1.05 / 33 / 79.58
Indice de Simpson	0.67	0.86	0.86	0.7	0.85	0.35 / 0.8 / 0.95
Indice de Shannon	1.93	2.47	2.31	1.95	2.55	0.99 / 2.24 / 3.2
% Nécroses parmi le vivant	1.43	0.19	0.77	1.16	2.17	0 / 1.2 / 9.77
Indicateur de perturbation	0.51	3.2	1.15	0.32	32.58	0 / 7.74 / 91.69
% Algues filamenteuses	0.34	3.2	0.86	0.21	32.58	0 / 6.52 / 91.45
% Algues total	47.6	62.49	54.51	84.21	79.81	0 / 68.1 / 99.39

% Algues brunes	5.31	6.03	7.77	3.68	3.81	0 / 8.36 / 71.56
% Algues vertes	3.96	3.86	3.55	4	1.47	0 / 5.56 / 91.76
% Algues rouges	38.33	52.59	43.19	76.53	74.52	0 / 54.18 / 99.18
% Mesophyllum spp.	29.06	38.27	30.61	46.63	19.41	0 / 24.57 / 70.87
% Lithophyllum spp.	2.36	5.94	3.26	4.74	3.81	0 / 3.02 / 24.22
% Peyssonnelia sp. Erigées	2.86	1.32	5.28	12.74	4.16	0 / 6.7 / 55.99
% Peyssonnelia sp. Encroutantes	2.7	4.71	2.69	11.05	14.3	0 / 15.43 / 65.71
% Eponges	7.92	11.12	6.05	3.47	4.77	0 / 14.68 / 91.06
% Eponges massives	1.26	1.41	2.3	0.63	1.04	0 / 3.92 / 32.68
% Eponges encroutantes	6.66	9.71	3.74	2.84	3.73	0 / 10.76 / 66.07
% Axinella sp.	0.76	0.28	1.25	0.42	0.61	0 / 0.83 / 9.61
% Cliona spp.	0.17	0	0.1	0	0	0 / 0.41 / 5.96
% Gorgones	5.56	5.18	6.53	0.63	3.38	0 / 5.27 / 37.82
% Gorgones rouges	0.93	0.66	4.51	0.21	0.69	0 / 2.87 / 33.68
% Gorgones jaunes	4.3	3.58	2.02	0.42	2.51	0 / 1.89 / 21.09
% Corail rouge	0.34	0.85	0	0	0.17	0 / 0.45 / 31.5
% Bryozoaires encroutants	7.25	10.93	2.4	2.11	2.08	0 / 2.93 / 17.98
% Bryozoaires érigés	18.28	3.2	5.57	6.74	6.07	0 / 2.23 / 18.28

L'analyse comparative des 30 quadrats photographiques (tableaux ci-dessus) entre 2013, 2015, 2018 et 2021 à -42 m montre un pourcentage de couverture par les organismes vivants qui diminuait jusqu'en 2018 puis qui augmente en 2021 (valeur au-dessus de la moyenne régionale).

Le **pourcentage de sédimentation est assez stable** au cours du temps (entre 10 et 15 %), il est faible en comparaison avec les autres stations de la région.

Le pourcentage de débris animaux augmentait jusqu'en 2018 et en 2021 il diminue tout en restant fort en comparaison des autres sites.

Le **pourcentage de nécroses parmi le vivant augmente,** il double entre 2018 et 2021.

L'indicateur de perturbation a très fortement augmenté en 2021. Il est lié à la présence des algues filamenteuses qui n'étaient pas observées lors des suivis antérieurs.

La biodiversité, évaluée grâce aux indices de Simpson et de Shannon, augmente en 2021 et est légèrement supérieure à la moyenne régionale.

La valeur du CAI diminue en 2021, et indique **un état écologique moyen.** Cette baisse s'explique par une forte diminution du recouvrement par les bioconstructeurs principaux (-10 % entre 2018 et 2021) et notamment des *Mesophyllum sp*.

La répartition des grands groupes du vivant a été peu modifiée entre 2015 et 2021 à -42 m. Les principaux changements concernent une baisse en 2017 des bryozoaires encroûtants (stables depuis), et une diminution de *Mesophyllum sp*. en 2021.

Comme sur la plupart des sites, les gorgones (avec de grandes axinelles) forment la strate haute (35 cm), les bryozoaires érigés la strate moyenne (10 cm) puis les algues rouges encroûtantes (5 cm) dans la strate basse.

VI.C.6. Démographie des espèces érigées

Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* et les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* ont été échantillonnées à -37m en 2013, 2018 et 2021 et à -40 m en 2015 et en 2020.



Figure 109 : Sicié (2021). Les gorgones rouges Paramuricea clavata.

VI.C.6.a. . Nécroses des peuplements

Les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* sont en excellent état avec plus de 90 % des colonies présentant moins de 10 % de nécroses. Ces nécroses sont toutes anciennes et diffuses.

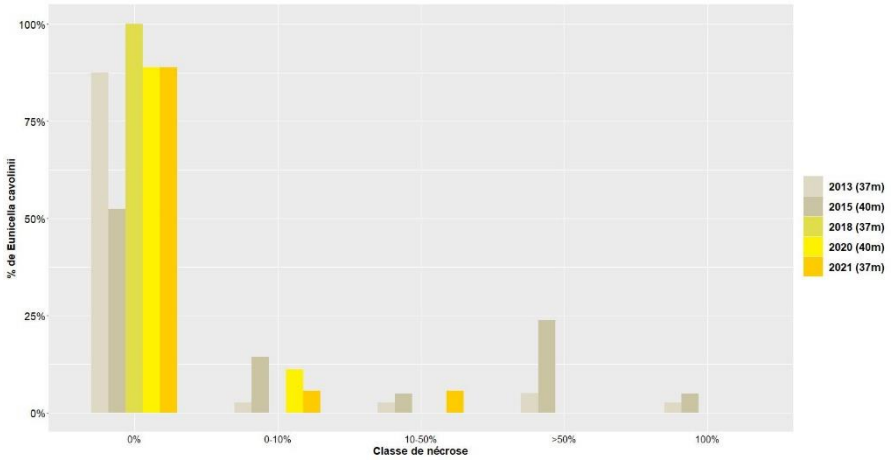


Figure 110 : Site Sicié. Nécroses des peuplements de gorgones jaunes Eunicella cavolinii.

Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* sont en état bon à moyen avec 20 % des colonies qui présentent des taux de nécrose supérieurs à la normale (>10 %). Ces nécroses sont toutes anciennes et majoritairement localisées (Figure et tableaux suivants).

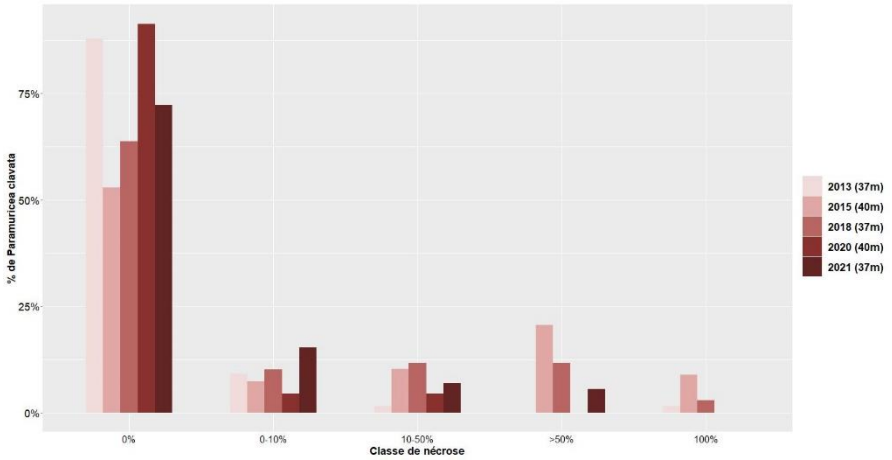


Figure 111 : Site Sicié. Nécroses des peuplements de gorgones rouges Paramuricea clavata

Tableau 36 : Comparaison des données de nécrose pour les gorgones jaunes Eunicella cavolinii *et les gorgones* rouges Paramuricea clavata *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	
Site	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	
Profondeur	37	37	40	40	37	37	40	40	37	37	
Année	2013	2013	2015	2015	2018	2018	2020	2020	2021	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	
% nécrose:0	87.5	87.88	52.38	52.94	100	63.77	88.89	91.3	88.89	72.22	0 100 70.01
% nécrose:1-10	2.5	9.09	14.29	7.35	0	10.14	11.11	4.35	5.56	15.28	0 100 13.11
% nécrose:11-50	2.5	1.52	4.76	10.29	0	11.59	0	4.35	5.56	6.94	0 100 8.67
% nécrose:51-99	5	0	23.81	20.59	0	11.59	0	0	0	5.56	0 82.35 5.52
% nécrose:100	2.5	1.52	4.76	8.82	0	2.9	0	0	0	0	0 100 2.69
% nécroses anciennes	100	37.5	90	90.63	0	100	100	100	100	85	0 100 69.56
% nécroses récentes	0	62.5	10	9.38	0	0	0	0	0	15	0 100 15.33
% nécroses diffuses	0	64.29	44.44	48.08	0	52.17	0	0	100	26.32	0 100 32.75
% nécroses localisées	100	35.71	55.56	51.92	0	47.83	0	0	0	73.68	0 100 49.62
Nombre total	40	132	21	136	21	69	9	23	18	72	1 213 48.39

VI.C.6.b. Structure en taille

Les **gorgones rouges grandissent bien** (hauteur maximale = 200 cm en 2021 !), la part des grandes colonies augmente (80 % en 2021 contre 11 % en 2012) mais celle des moyennes (20 %) et des petites (0 %) diminue, ce qui indique un **problème de recrutement**.

Les gorgones jaunes sont toutes de taille moyenne (taille maximale = 40 cm) ; les colonies de petite et moyenne taille ont toutes disparu. Les **gorgones jaunes connaissent donc une absence de recrutement en plus d'une mortalité** forte des moyennes et grandes colonies (Tableau 3).

Tableau 37 : Comparaison des données de structure en taille pour les gorgones jaunes Eunicella cavolinii *et les gorgones rouges* Paramuricea clavata *à l'échelle régionale.*

Région	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	FRDC07f	
Site	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	Sicie	
Profondeur	37	37	40	40	37	37	40	40	37	
Année	2013	2013	2015	2015	2018	2018	2020	2020	2021	
Espèce	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Eunicella cavolinii	Paramuricea clavata	Paramuricea clavata	
nb petits	3	6	3	22	0	2	0	0	0	0 30 2.5
% petits	21.43	31.58	27.27	40	0	13.33	0	0	0	0 100 13.15
nb moyens	11	11	8	26	5	9	9	10	1	0 40 11.26
% moyens	78.57	57.89	72.73	47.27	100	60	100	43.48	20	0 100 68.07
nb grands	0	2	0	7	0	4	0	13	4	0 24 3.49
% grands	0	10.53	0	12.73	0	26.67	0	56.52	80	0 100 18.78
Nombre total	14	19	11	55	5	15	9	23	5	1 61 17.25
Taille max (cm)	30	60	30	75	40	65	30	100	200	5 200 60.99

VII. Synthèse

VII.A. Synthèse RECOR – année 2021

Nous présentons ci-après des **tableaux et des cartes de synthèse du suivi RECOR 2021 en région PACA Ouest et Occitanie** en montrant divers indices basés sur l'analyse des quadrats photographiques :

- la valeur du **CAI** (Coralligenous Assemblage Index, Deter et al., 2012a) basé sur le recouvrement par le sédiment, les bryozoaires totaux et les bioconstructeurs principaux;

- le **pourcentage de sédimentation** ;

- le pourcentage de recouvrement par les **bioconstructeurs principaux**[2] ;

- **l'indice de perturbation**[3] ;

- le **pourcentage de nécroses** parmi le vivant.

Toutes les **cartes, tableaux comparatifs, données sur la démographie des gorgones** présentés dans ce présent rapport sont disponibles sur la plateforme cartographique MEDTRIX (https://plateforme.medtrix.fr/) dans le projet **RECOR**. L'accès est gratuit après inscription.

Les **modèles 3D** des sites sont disponibles sur MEDTRIX dans le projet **MODEL** et dans le projet **RECOR**.

Les **données température** des sites sont disponibles sur MEDTRIX dans le projet **CALOR**.

Les **valeurs par station des différents indices sont reportées dans le tableau suivant pour l'année 2021**. Les couleurs indiquent l'état écologique du site selon la valeur du CAI :

- Mauvais (0-0,1)
- Médiocre (>0,1-0,325)
- Moyen (>0,325-0,55)
- Bon (>0,55-0,775)
- Très bon (>0,775-1)

Figure 112 : Etat écologique selon la valeur du CAI.

Suite aux tableaux nous présentons les **cartes 2021** de la valeur du **CAI**, du pourcentage de sédimentation, du pourcentage de recouvrement par les **bioconstructeurs principaux**, de **l'indice de perturbation** et du **pourcentage de nécroses** parmi le vivant. Les chiffres indiqués sur les cartes correspondent à la profondeur des stations. Ces indices sont comparés aux suivis antérieurs.

[2] les algues *Mesophyllum sp.*, *Lithophyllum sp.* et *Peyssonnelia sp.*, les algues rouges encroutantes non identifiées, les coraux jaunes solitaires *Leptopsammia pruvoti*, les scleractiniaires *Hoplangia durotrix* et *Leptopsammia pruvoti*, les madrépores *Caryophyllia inornata* et *Caryophyllia smithii*, les foraminifères *Miniacina miniacea*

[3] somme des proportions relatives de *Womersleyella setacea*, *Caulerpa taxifolia*, *Caulerpa cylindracea, Asparagopsis sp.*, et des algues filamenteuses brunes, vertes et rouges, *Codium bursa, Filograna sp.* et/ou *Salmacina sp.*

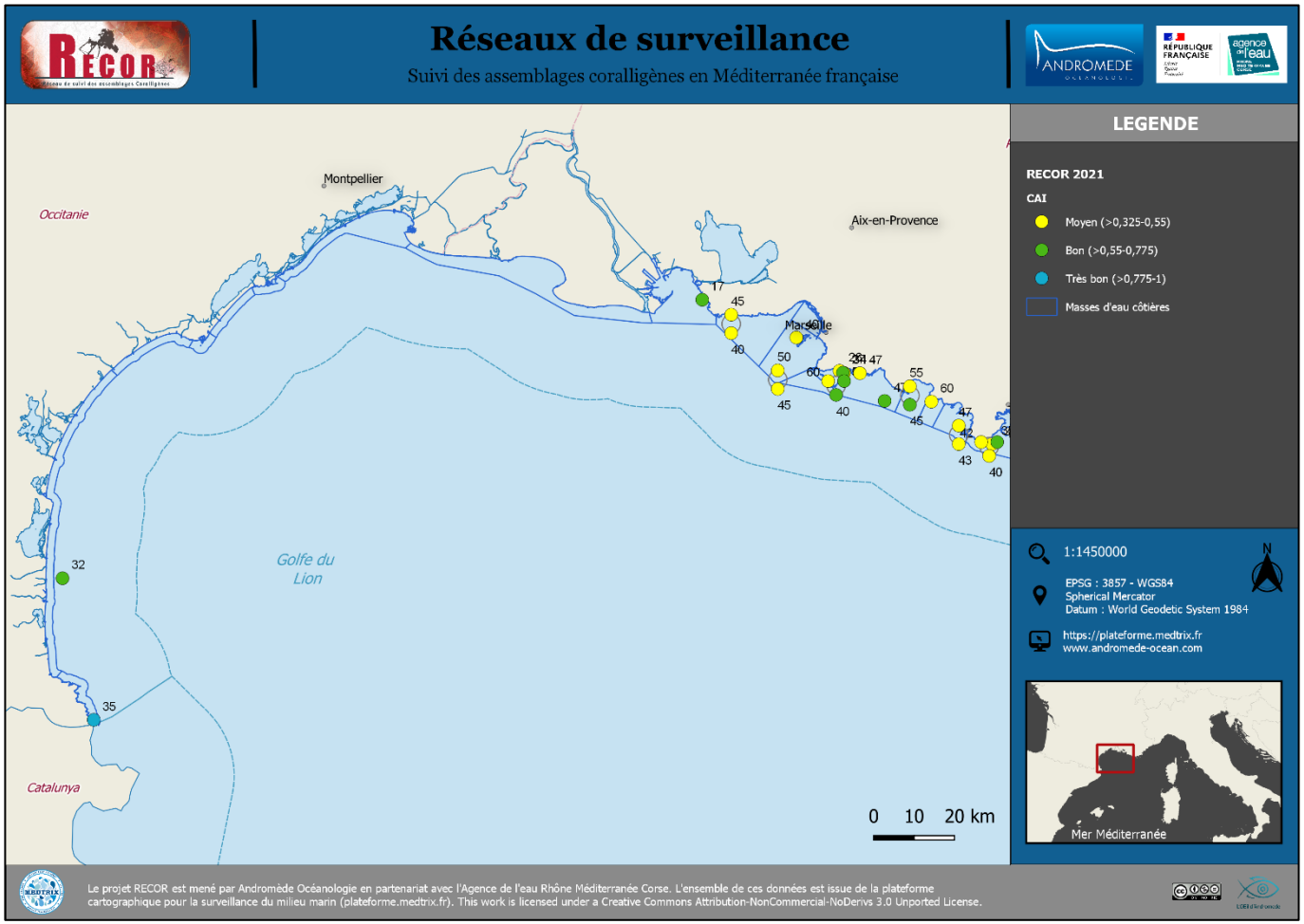
Tableau 38 : Indices basés sur l'analyse des quadrats photographiques – Région PACA Ouest et Occitanie, Année 2021. Les couleurs indiquent l'état écologique du site selon la valeur du CAI (orange = médiocre ; jaune = moyen ; vert = bon ; bleu = excellent).

Station	Profondeur (m)	CAI	% recouvrement par le sédiment	% de nécroses parmi le vivant	Indicateur de perturbation	% de recouvrement par les bioconstructeurs principaux
Cassidaigne_47	47	0,620	2,57	3,5	1,4	65,1
Centrale_17	17	0,624	16,00	2,8	0,0	79,6
Congloue_40	40	0,639	3,40	6,8	6,2	70,9
Congloue_50	50	0,622	11,39	7,2	2,2	69,6
Devenson_47	47	0,546	21,29	8,1	0,8	60,7
Grand_Four_a_Chaux_40	40	0,416	43,07	1,0	11,9	27,3
Grand_Four_a_Chaux_45	45	0,422	49,36	1,9	1,8	36,4
Grand_roc_32	32	0,688	47,10	3,1	0,5	32,6
Mimosa_60	60	0,499	32,78	5,8	5,2	50,3
Pierre_a_Christian_47	47	0,398	11,72	1,1	53,5	20,2
Planier_45	45	0,482	4,03	2,7	28,8	36,0
Planier_50	50	0,539	7,86	3,6	32,1	51,0
Rosier_45	45	0,583	7,76	5,3	6,4	57,0
Rosier_55	55	0,499	23,64	1,7	5,5	37,0
Sec_a_joel_cap_cerbere_35_2	35	0,829	42,21	2,1	0,1	38,1
Sicie_42	42	0,513	15,87	2,2	32,6	31,5
Tiboulen_40	40	0,423	33,26	2,5	18,6	32,8

VII.A.1. **Indice CAI**

Le CAI (Coralligenous Assemblage Index) calculé sur chaque station échantillonnée en 2021 montre que :

- **6 %** des stations échantillonnées (n = 1) présentent un **état écologique excellent** d'après la valeur du CAI : cela concerne le site Sec à Joel Cap Cerbère ;
- **35 %** des stations échantillonnées (n = 6) présentent un **état écologique bon** d'après la valeur du CAI ;
- **59 %** des stations échantillonnées (n = 10) présentent un **état écologique moyen** d'après la valeur du CAI ;



La comparaison avec les suivis antérieurs (tableau ci-dessous) montre :

- une **stabilité de l'état écologique sur 59 % des stations échantillonnées** (n=10) avec six stations en état écologique moyen, trois stations en état écologique bon, une station en bon état écologique excellent ;

- Une **amélioration au suivi 2021 de l'état écologique sur 24 % des stations échantillonnées** (n=4) avec trois stations qui passent d'un état écologique moyen au dernier suivi à un bon état et une station qui passe d'un état écologique médiocre au dernier suivi à un état moyen ;

- Une **détérioration au suivi 2021 de l'état écologique sur 18 % des stations échantillonnées** (n=3) avec trois stations qui passent d'un bon état écologique au dernier suivi de 2018 à un état écologique moyen en 2021.

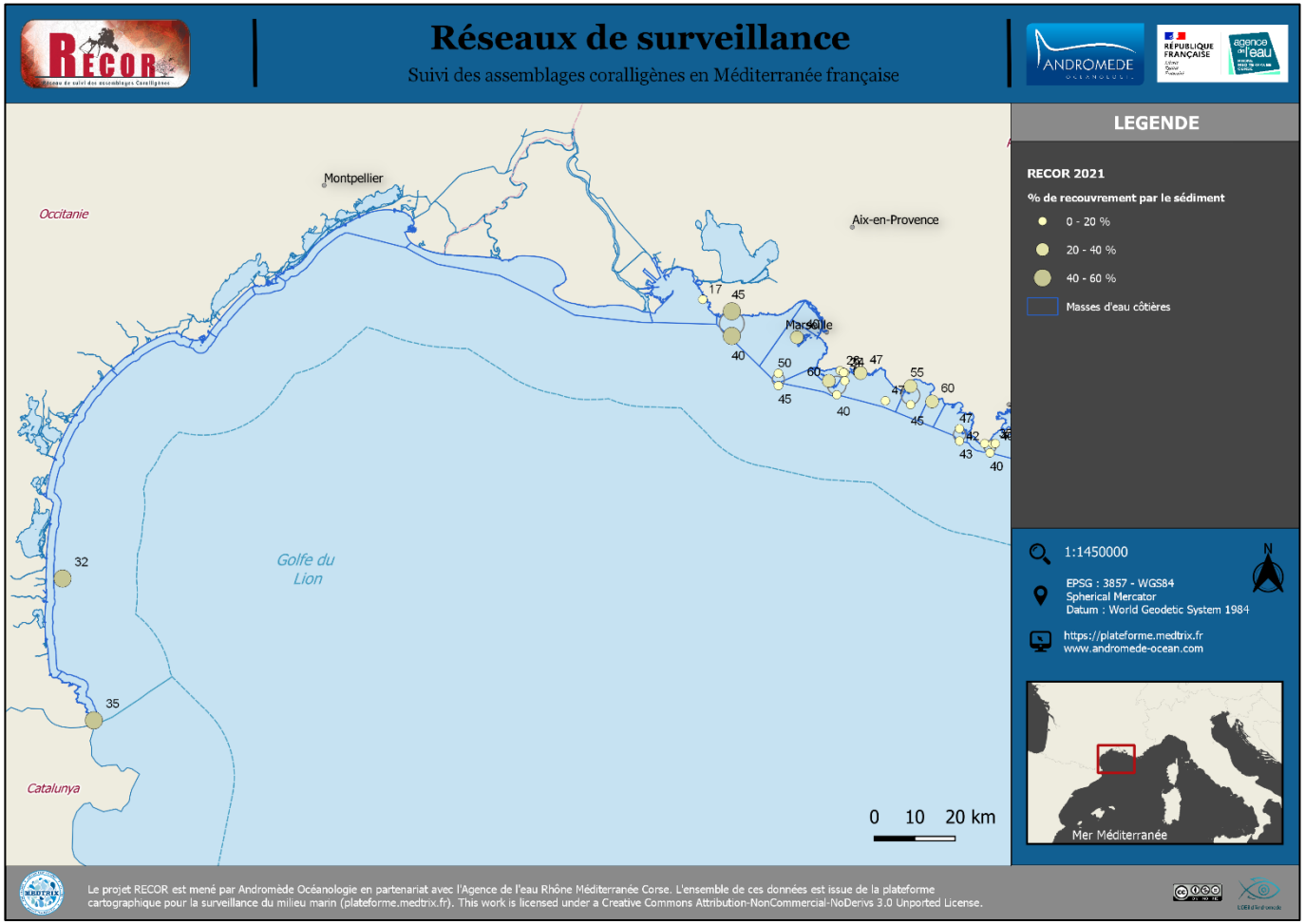
Tableau 39 : Comparaison de l'indice CAI pour chaque station échantillonnée en 2021 avec les suivis antérieurs. Les couleurs des colonnes CAI indiquent l'état écologique du site selon la valeur du CAI (orange = médiocre ; jaune = moyen ; vert = bon ; bleu = excellent).

Station	Profondeur (m)	CAI				Evolution
		2012	2015	2018	2021	
Cassidaigne_47	47	0,563	0,495	0,565	0,620	Stable
Centrale_17	17	0,449	0,455	0,495	0,624	Amélioration
Congloue_40	40	0,519	0,510	0,609	0,639	Stable
Congloue_50	50	0,453	0,483	0,528	0,622	Amélioration
Devenson_47	47	0,465	0,520	0,507	0,546	Stable
Grand_Four_a_Chaux_40	40	0,297	0,358	0,347	0,416	Stable
Grand_Four_a_Chaux_45	45	0,362	NA	0,311	0,422	Amélioration
Grand_roc_32	32	0,398	0,501	0,612	0,688	Stable
Mimosa_60	60	0,415	0,443	0,348	0,499	Stable
Pierre_a_Christian_47	47	0,437	0,540	0,507	0,398	Stable
Planier_45	45	0,601	0,605	0,608	0,482	Détérioration
Planier_50	50	0,505	0,581	0,597	0,539	Détérioration
Rosier_45	45	0,525	0,508	0,540	0,583	Amélioration
Rosier_55	55	0,430	0,416	0,458	0,499	Stable
Sec_a_joel_cap_cerbere_35_2	35	0,872	0,692	0,842	0,829	Stable
Sicie_42	42	0,789	0,584	0,552	0,513	Détérioration
Tiboulen_40	40	0,370	0,445	0,386	0,423	Stable

VII.A.2. **Pourcentage de sédimentation**

Le pourcentage de sédimentation calculé sur chaque station échantillonnée en 2021 montre que :

- Toutes les stations présentent un **taux de sédimentation inférieur à 60 % ;**
- **24 % des stations échantillonnées (n = 4) présentent plus de 40 % de sédimentation** : deux stations échantillonnées à Grand Four à Chaux dans le Parc Marin de la Côte Bleue, et les deux stations échantillonnées en Occitanie (Grand Roc et Sec à Joel Cap Cerbère) ;
- 24 % des stations échantillonnées (n = 4) présentent entre 20 % et 40 % de sédimentation ;
- 24 % des stations échantillonnées (n = 4) présentent entre 10 et 20 % de sédimentation :
- 28 % des stations échantillonnées (n = 5) présentent moins de 10 % de sédimentation ;



La comparaison avec les suivis antérieurs (tableau ci- dessous) montre :

- Une relative **stabilité du pourcentage de sédimentation sur 30 % des stations échantillonnées** (n=5) ;
- Une relative **amélioration du pourcentage de sédimentation sur 35 % des stations échantillonnées** (n=6) ;
- Une **amélioration du pourcentage de sédimentation au(x) suivi(s) antérieur(s) qui reste stable jusqu'en 2021 sur 23 % des stations échantillonnées** (n=4) ;
- Une **stabilité du pourcentage de sédimentation au(x) suivi(s) antérieur(s) qui s'améliore en 2021 sur 12 % des stations échantillonnées** (n=2) ;

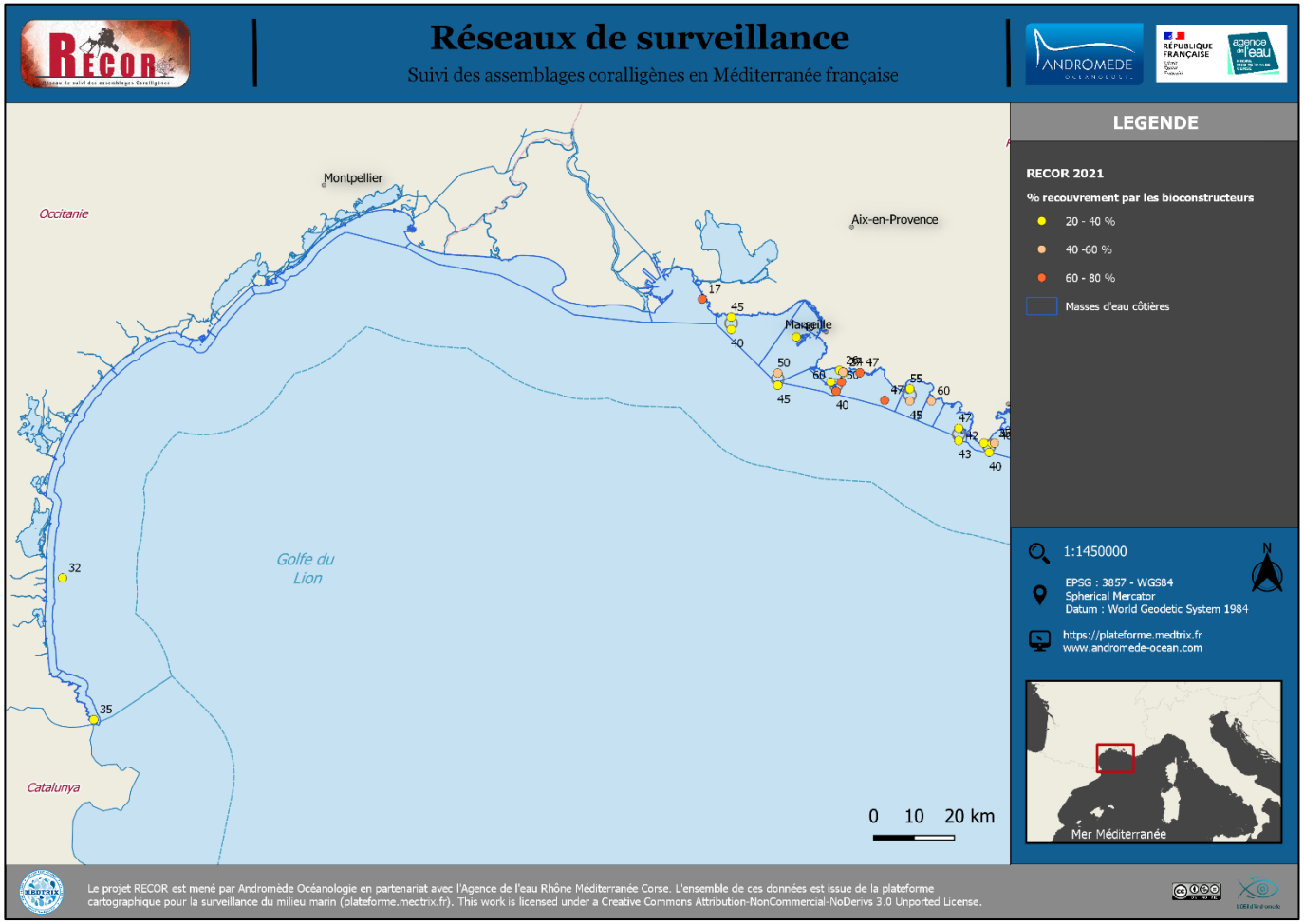
Tableau 40 : Comparaison du pourcentage de sédimentation pour chaque station échantillonnée en 2021 avec les suivis antérieurs.

Station	Profondeur (m)	% recouvrement par le sédiment				Evolution
		2012	2015	2018	2021	
Cassidaigne_47	47	8,7	9,2	8,0	2,6	Stable puis amélioration
Centrale_17	17	36,5	32,0	30,3	16,0	Stable puis amélioration
Congloue_40	40	19,6	15,2	8,8	3,4	Amélioration
Congloue_50	50	27,9	20,0	18,2	11,4	Amélioration
Devenson_47	47	27,7	20,7	24,7	21,3	Stable
Grand_Four_a_Chaux_40	40	52,8	48,5	39,7	43,1	Amélioration puis stable
Grand_Four_a_Chaux_45	45	46,3	NA	52,6	49,4	Stable
Grand_roc_32	32	56,6	49,8	44,9	47,1	Amélioration puis stable
Mimosa_60	60	30,5	31,8	46,3	32,8	Stable
Pierre_a_Christian_47	47	26,9	15,1	18,2	11,7	Amélioration
Planier_45	45	9,9	10,9	6,5	4,0	Amélioration
Planier_50	50	19,3	14,6	12,8	7,9	Amélioration
Rosier_45	45	29,5	25,2	13,5	7,8	Amélioration
Rosier_55	55	29,5	32,8	23,1	23,6	Amélioration puis stable
Sec_a_joel_cap_cerbere_35_2	35	44,4	58,9	39,7	42,2	Stable
Sicie_42	42	16,4	15,5	11,1	15,9	Stable
Tiboulen_40	40	41,4	33,2	33,0	33,3	Amélioration puis stable

VII.A.3. **Pourcentage de recouvrement par les bioconstructeurs principaux**

Le pourcentage de bioconstructeurs principaux calculé sur chaque station échantillonnée en 2021 montre que :

- Toutes les stations présentent un pourcentage de recouvrement par les bioconstructeurs principaux **supérieur à 20 %**
- **47 %** des stations échantillonnées (n = 8) présentent **plus de 50 % de bioconstructeurs principaux**.



La comparaison avec les suivis antérieurs (tableau ci- dessous) montre :

- Une relative **stabilité du pourcentage de bioconstructeurs principaux sur 24 % des stations échantillonnées** (n=4) ;
- Une **amélioration au suivi 2021 du pourcentage de bioconstructeurs principaux sur 52 % des stations échantillonnées** (n=9) ;
- Une **détérioration au suivi 2021 du pourcentage de bioconstructeurs principaux sur 24 % des stations échantillonnées** (n=4).

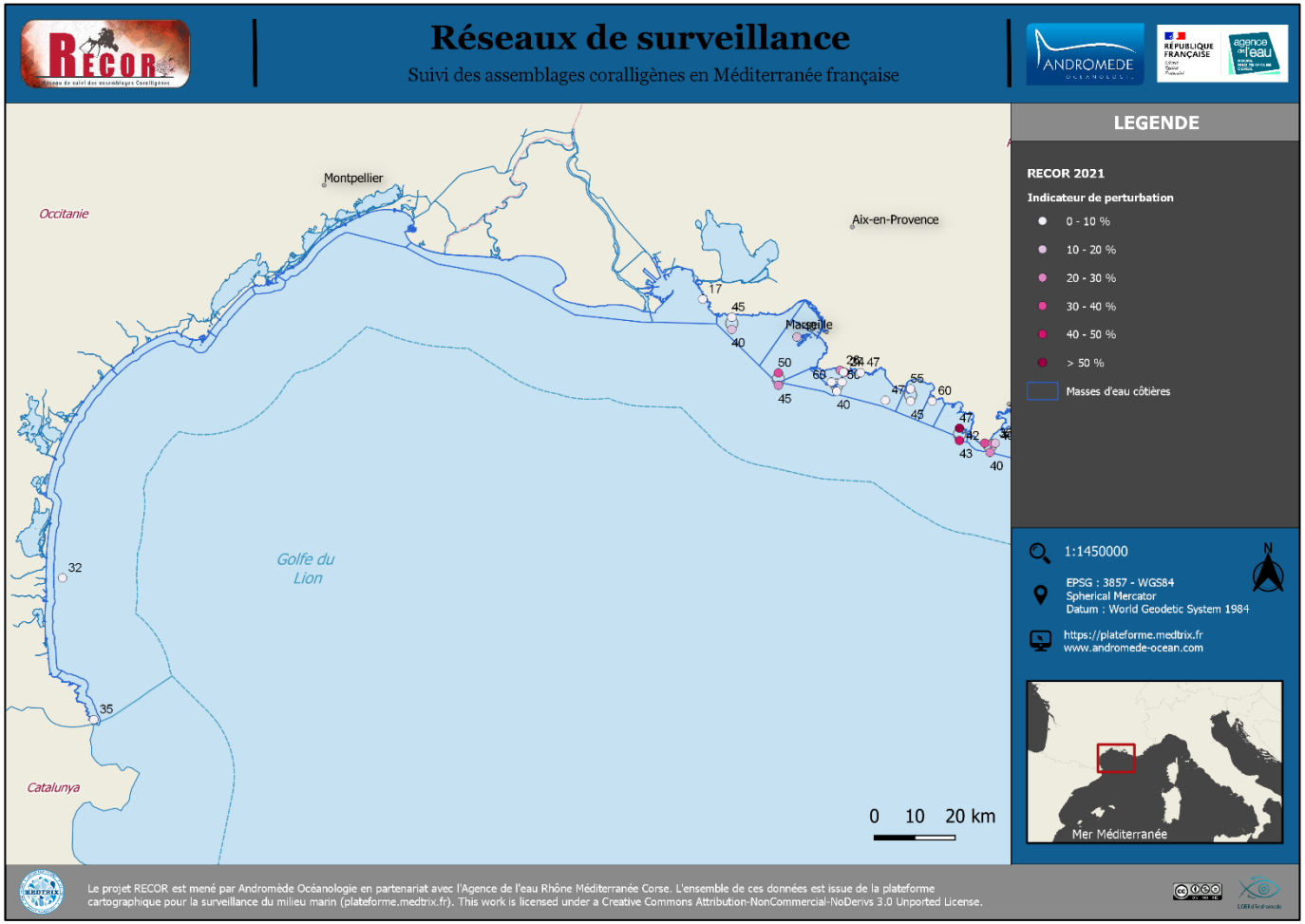
Tableau 41 : Comparaison du pourcentage de recouvrement par les bioconstructeurs principaux pour chaque station échantillonnée en 2021 avec les suivis antérieurs.

Station	Profondeur (m)	% recouvrement par les bioconstructeurs principaux				Evolution
		2012	2015	2018	2021	
Cassidaigne_47	47	50,2	40,3	56,5	65,1	Amélioration
Centrale_17	17	43,8	50,0	56,3	79,6	Amélioration
Congloue_40	40	41,4	46,6	62,4	70,9	Amélioration
Congloue_50	50	34,3	37,9	48,5	69,6	Amélioration
Devenson_47	47	37,2	51,1	55,3	60,7	Amélioration
Grand_Four_a_Chaux_40	40	14,2	25,9	27,4	27,3	Stable
Grand_Four_a_Chaux_45	45	27,8	NA	25,6	36,4	Amélioration
Grand_roc_32	32	15,1	22,1	27,8	32,6	Stable
Mimosa_60	60	35,1	36,9	31,7	50,3	Amélioration
Pierre_a_Christian_47	47	35,7	48,1	45,6	20,2	Détérioration
Planier_45	45	60,5	62,7	64,4	36,0	Détérioration
Planier_50	50	46,5	57,1	63,8	51,0	Détérioration
Rosier_45	45	43,4	38,7	51,3	57,0	Amélioration
Rosier_55	55	22,4	30,7	31,8	37,0	Amélioration
Sec_a_joel_cap_cerbere_35_2	35	27,6	24,5	39,6	38,1	Stable
Sicie_42	42	40,9	35,8	40,3	31,5	Détérioration
Tiboulen_40	40	20,0	29,9	26,9	32,8	Stable

VII.A.4. **Indice de perturbation**

L'indice de perturbation calculé sur chaque station échantillonnée en 2021 montre que :

- Toutes les stations présentent un **indice de perturbation inférieur à 50 %** à l'exception d'une station (Pierre à Christian_47) sur laquelle un fort pourcentage de recouvrement par les algues rouges *Womersleyella setacea* a été relevé en 2021 ;
- **65 %** des stations échantillonnées (n = 11) présentent **un indice de perturbation inférieur à 10 %.**
- **29 %** des stations échantillonnées (n = 5) présentent **un indicateur de perturbation supérieur compris entre 10 et 50 %.**



La comparaison avec les suivis antérieurs (tableau ci- dessous) montre :

- une relative **stabilité de l'indice de perturbation sur 47 % des stations échantillonnées** (n=8) ;
- Une **amélioration au suivi 2021 de l'indice de perturbation sur 12 % des stations échantillonnées** (n=2) (site Grand_Four_a_Chaux) ;
- Une **détérioration au suivi 2021 de l'indice de perturbation sur 41 % des stations échantillonnées** (n=7).

Tableau 42 : Comparaison de l'indice de perturbation pour chaque station échantillonnée en 2021 avec les suivis antérieurs.

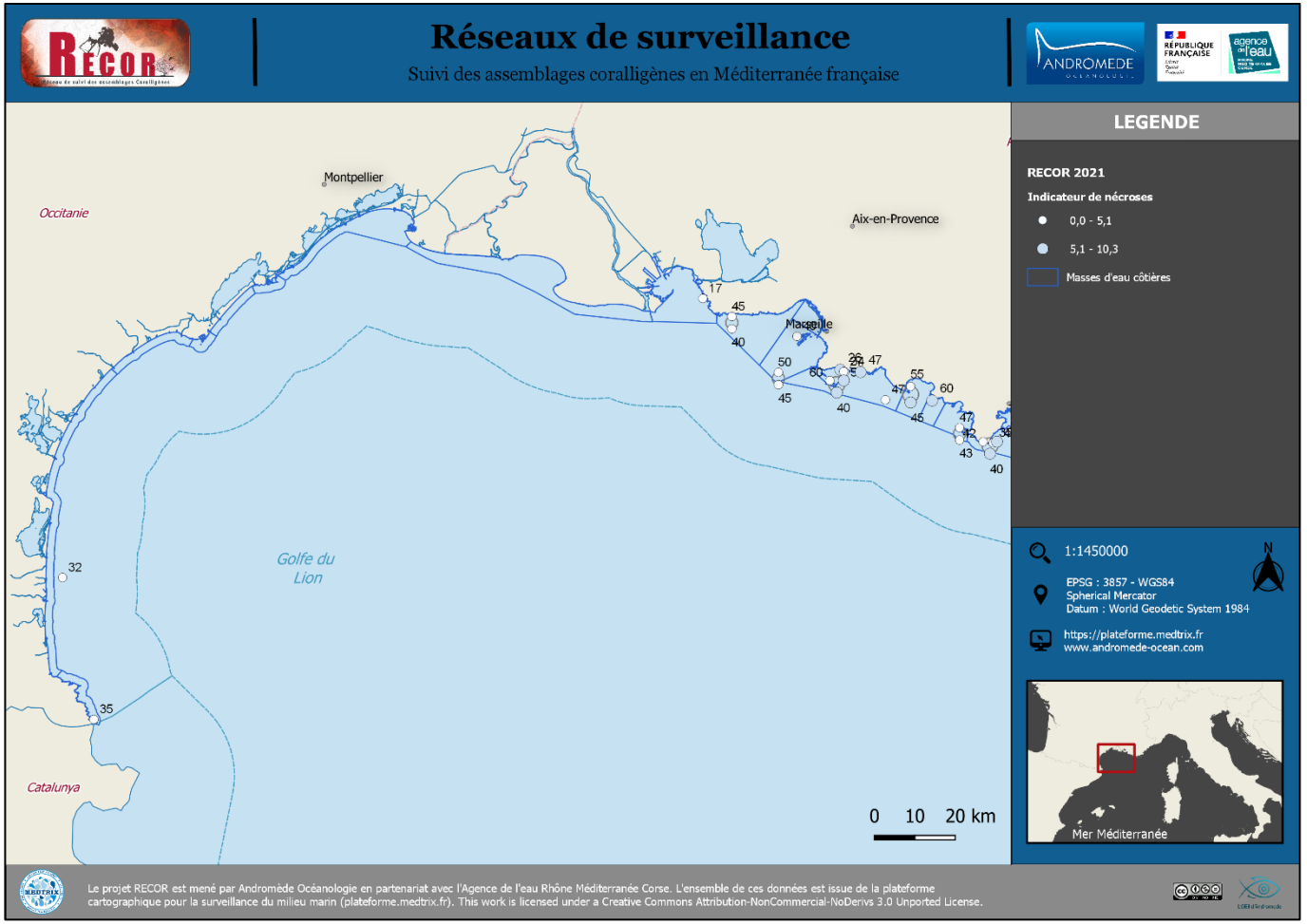
Station	Profondeur (m)	Indice de perturbation				Evolution
		2012	2015	2018	2021	
Cassidaigne_47	47	0,9	13,8	0,2	1,4	Stable
Centrale_17	17	6,7	1,5	0,1	0,0	Stable
Congloue_40	40	5,0	18,9	4,7	6,2	Stable
Congloue_50	50	4,6	10,3	1,7	2,2	Stable
Devenson_47	47	4,6	15,8	0,9	0,8	Stable
Grand_Four_a_Chaux_40	40	32,4	2,2	17,7	11,9	Amélioration
Grand_Four_a_Chaux_45	45	12,7	NA	10,7	1,8	Amélioration
Grand_roc_32	32	3,1	1,9	0,0	0,5	Stable
Mimosa_60	60	5,8	5,1	2,6	5,2	Stable
Pierre_a_Christian_47	47	2,8	2,3	0,3	53,5	Détérioration
Planier_45	45	5,7	5,5	10,2	28,8	Détérioration
Planier_50	50	12,3	4,7	8,1	32,1	Détérioration
Rosier_45	45	2,4	6,7	0,1	6,4	Détérioration
Rosier_55	55	1,1	2,4	0,3	5,5	Détérioration
Sec_a_joel_cap_cerbere_35_2	35	0,1	3,3	0,5	0,1	Stable
Sicie_42	42	0,5	3,2	0,3	32,6	Détérioration
Tiboulen_40	40	2,6	16,1	11,2	18,6	Détérioration

VII.A.5. **Indicateur de nécroses parmi le vivant**

Les analyses des quadrats photographiques en 2021 ont mis en évidence l'apparition et/ou le développement de nécroses des algues rouges encroutantes sur plusieurs sites.

Andromède équipe les stations de surveillance RECOR avec des capteurs de température depuis 2013 (en partenariat avec l'AERMC). Ces capteurs réalisent une mesure toutes les 30 minutes, ils sont relevés et remplacés tous les trois ans.

Les analyses des anomalies positives de température permettront de voir s'il existe un lien entre ces anomalies de température et l'apparition des nécroses des algues rouges encroûtantes observées cette année. Ces anomalies de température pourraient aussi être à l'origine de l'augmentation du pourcentage de nécroses parmi les gorgones en 2021 par rapport au dernier suivi.



La comparaison avec les suivis antérieurs (tableau ci- dessous) montre :

- Une **augmentation du pourcentage de nécroses parmi le vivant sur 16 des stations échantillonnées** ;

- Une **diminution au suivi 2021 du pourcentage de nécroses parmi le vivant sur une des stations échantillonnées** : station Pierre à Christian à -47 m. Cette donnée est à prendre avec précaution car en 2021 la station était couverte d'algues rouges filamenteuses ;

Tableau 43 : Comparaison de du pourcentage de nécroses parmi le vivant pour chaque station échantillonnée en 2021 avec les suivis antérieurs.

Station	Profondeur (m)	Indicateur de nécrose parmi le vivant				Evolution
		2012	2015	2018	2021	
Cassidaigne_47	47	0,4	0,4	1,4	3,5	Augmentation
Centrale_17	17	0,2	0,0	1,0	2,8	Augmentation
Congloue_40	40	0,6	1,4	2,9	6,8	Augmentation
Congloue_50	50	0,4	0,2	1,1	7,2	Augmentation
Devenson_47	47	0,4	0,5	1,4	8,1	Augmentation
Grand_Four_a_Chaux_40	40	0,1	0,5	0,5	1,0	Augmentation
Grand_Four_a_Chaux_45	45	0,9	NA	0,7	1,9	Augmentation
Grand_roc_32	32	0,0	0,3	0,1	3,1	Augmentation
Mimosa_60	60	0,3	0,1	0,6	5,8	Augmentation
Pierre_a_Christian_47	47	1,1	0,4	1,8	1,1	Diminution
Planier_45	45	1,2	0,8	2,2	2,7	Augmentation
Planier_50	50	0,8	0,6	1,9	3,6	Augmentation
Rosier_45	45	0,2	0,1	1,5	5,3	Augmentation
Rosier_55	55	0,1	0,0	0,9	1,7	Augmentation
Sec_a_joel_cap_cerbere_35_2	35	0,3	0,5	1,2	2,1	Augmentation
Sicie_42	42	1,4	0,2	1,2	2,2	Augmentation
Tiboulen_40	40	0,3	0,4	0,3	2,5	Augmentation

VII.A.1. Etat des gorgones

L'étude des nécroses des gorgones en 2021 met en évidence les résultats suivants :

-Sec à Joël Cap Cerbère : L'état de santé des colonies de gorgones rouges *Paramuricea clavata* se dégrade avec une diminution du nombre de colonies saines au cours des suivis (faible nombre d'individus échantillonnés). En revanche l'état des colonies de gorgones blanches *Eunicella singularis* semble s'améliorer.

- **Grand Roc** : Les colonies de gorgones blanches *Eunicella singularis* sont en bon état, mais le recrutement semble peu efficace.

- **Centrale** : Jusqu'en 2018, les colonies de gorgones blanches *Eunicella singularis* étaient en excellent état par contre en 2021 on observe une dégradation de l'état des colonies, avec des nécroses récentes.

- **Grand Four à Chaux** : Entre 2012 et 2021, l'état des populations de gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* et de gorgones rouges *Paramuricea clavata* s'est fortement dégradé.

- **Tiboulen** : Entre 2018 et 2021, l'état des populations de gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* s'est fortement dégradé. Ces nécroses sont récentes et localisées (en lien avec l'observation des nombreux engins de pêche récents et anciens observés sur le site ?). Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* quant à elles sont en état moyen sur le site depuis 2012.

- **Planier** : En 2021, l'état des gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* s'est fortement dégradé : tous les individus présentent des marques de nécroses, dont plus de 60 % avec des taux de nécroses supérieurs à 10 %. En 2021, l'état des gorgones rouges *Paramuricea clavata* s'est fortement dégradé avec près de 40 % des individus qui présentent plus de 10 % de nécroses. Le recrutement semble absent sur ce site.

- **Devenson** : Les gorgones jaunes Eunicella cavolinii sont en très bon état avec plus de 80 % des colonies sans nécroses à -33 m. Le recrutement semble absent sur ce site.

- **Cassidaigne** : Les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* sont en très bon état.

- Rosier : En 2021, les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* sont en état moyen avec 65 % des colonies sans aucune nécrose.

- **Mimosa** : Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* sont en bon état avec 75 % des colonies sans aucune nécrose et aucune colonie nécrosée totalement : la tendance d'amélioration observée en 2018 est stable.

- **Pierre à Christian** : Depuis 2018, les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* sont en excellent état avec plus de 95 % des colonies présentant un taux de nécrose naturel. Par contre l'état des gorgones rouges *Paramuricea clavata* s'est fortement dégradé en 2021 : seuls 26,9 % des gorgones rouges sont saines, plus de 15 % présentent des taux de nécroses supérieurs à 50 % et presque 8 % sont morts. Le recrutement semble altéré sur ce site pour les gorgones rouges.

- **Sicié** : Les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* sont en excellent état avec plus de 90 % des colonies présentant plus de 10 % de nécroses. Les gorgones rouges *Paramuricea clavata* sont en état bon à moyen avec 20 % des colonies qui présentent des taux de nécrose supérieurs à la normale. Le recrutement semble absent sur ce site pour les deux espèces.



VII.B. Pose de thermomètres

Des thermomètres ont été positionnés sur les stations de récifs coralligènes suivies dans le cadre de ce marché. Des capteurs de température n'ont pas été retrouvés sur trois sites : Planier à -50 m (capteur arraché par les fils de pêche), Sicié à -38m et Congloué.

Le tableau suivant liste les capteurs de température récupérés en 2021. Ils sont localisés sur la figure suivante.

Tableau 44 : Liste des capteurs récupérés en 2021 sur des récifs coralligènes.

Reseau	Habitat	Site	Station	Profondeur
RECOR	Récif coralligène	Cassidaigne	Cassidaigne_47	47
RECOR	Récif coralligène	Centrale	Centrale_20	20
RECOR	Récif coralligène	Devenson	Devenson_46	46
RECOR	Récif coralligène	Devenson	Devenson_27	27
RECOR	Récif coralligène	Grand_Four_a_Chaux	Grand_Four_a_Chaux_40	40
RECOR	Récif coralligène	Grand_Four_a_Chaux	Grand_Four_a_Chaux_45	45
RECOR	Récif coralligène	Grand_Four_a_Chaux	Grand_Four_a_Chaux_48	48
RECOR	Récif coralligène	Mimosa	Mimosa_59	59
RECOR	Récif coralligène	Pierre_a_Christian	Pierre_a_Christian_41	41
RECOR	Récif coralligène	Pierre_a_Christian	Pierre_a_Christian_46	46
RECOR	Récif coralligène	Planier	Planier_50	51
RECOR	Récif coralligène	Planier	Planier_45	42
RECOR	Récif coralligène	Rosier	Rosier_45	45
RECOR	Récif coralligène	Sec_a_joel_cap_cerbere	Sec_a_joel_cap_cerbere_33	33
RECOR	Récif coralligène	Sicie	Sicie_45	45
RECOR	Récif coralligène	Tiboulen	Tiboulen_40	40

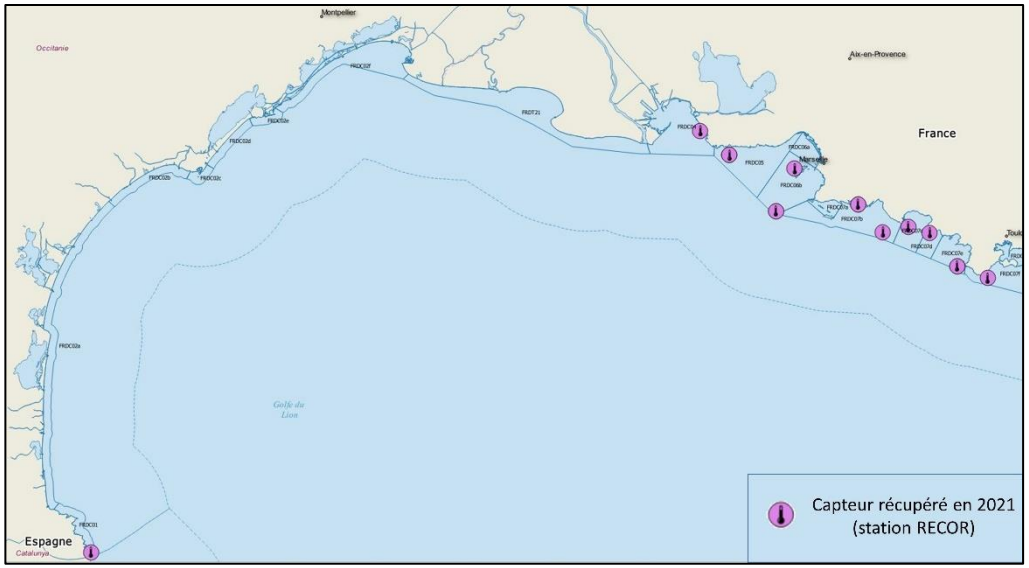


Figure 113 : Localisation des capteurs récupérés sur des stations de récifs coralligènes en 2021.

Des thermomètres ont été positionnés sur les 18 stations échantillonnées en 2021, ainsi que sur quatre stations complémentaires (Roc_Lan_20, Grand_Four_a_Chaux_43, Congloue_60, Pierre_a_christian_43). Le tableau suivant liste les capteurs de température posés en 2021. Ils sont localisés sur la figure suivante.

Tableau 45 : Liste des capteurs posés en 2021 sur des récifs coralligènes.

Reseau	Habitat	Site	Station	Profondeur	Date_pose
RECOR	Récif coralligène	Sec_a_joel_cap_cerbere	Sec_a_joel_cap_cerbere_33	33	02/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Grand_roc	Grand_roc_32	30,2	04/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Rosier	Rosier_45	44,7	07/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Rosier	Rosier_55	52,5	07/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Cassidaigne	Cassidaigne_47	47	08/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Devenson	Devenson_46	46	08/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Devenson	Devenson_27	27	08/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Devenson	Devenson_16	16	08/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Congloue	Congloue_40	42,9	09/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Congloue	Congloue_50	51	09/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Congloue	Congloue_60	64,5	09/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Planier	Planier_45	42	09/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Planier	Planier_50	51	09/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Tiboulen	Tiboulen_40	41,8	10/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Grand_Four_a_Chaux	Grand_Four_a_Chaux_40	40	11/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Grand_Four_a_Chaux	Grand_Four_a_Chaux_45	45	11/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Grand_Four_a_Chaux	Grand_Four_a_Chaux_48	48	11/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Centrale	Centrale_20	20	12/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Mimosa	Mimosa_59	59	14/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Pierre_a_Christian	Pierre_a_Christian_41	41	14/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Pierre_a_Christian	Pierre_a_Christian_46	46	14/06/2021
RECOR	Récif coralligène	Sicie	Sicie_45	45	15/06/2021

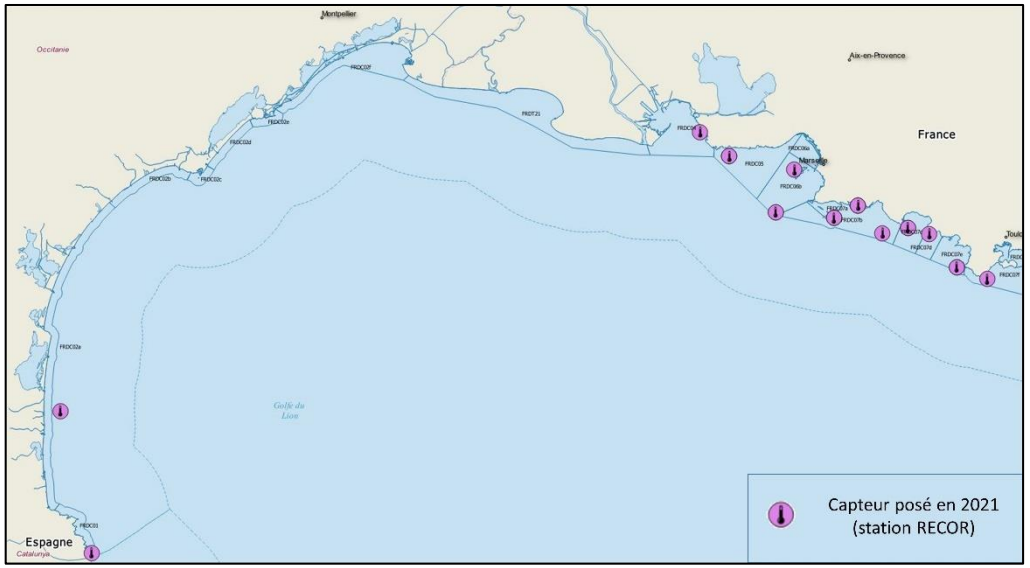


Figure 114 : Localisation des capteurs posés sur des *stations de récifs coralligènes* en 2021.

VIII. Diffusion des données à travers la plateforme MEDTRIX

L'ensemble des résultats issus du réseau TEMPO sont consultables en ligne via la plateforme cartographique MEDTRIX (https://plateforme.medtrix.fr/).



Les projets cartographiques suivants ont été mis à jour :

- **RECOR** : Les couches herbiers 15m, herbier limite inférieure et tous les indicateurs ont été mis à jour. Les fiches par station, les photos, les modèles 3D ont été ajoutés.
- **CALOR** : La position des s capteurs de température a été intégrée dans le projet.
- **MODEL** : Les modèles photogrammétriques des sites de coralligène ont été ajoutés au projet.
- **FILAMED** : Les observations d'algues filamenteuses ont été intégrées dans ce projet.
- **MER-VEILLE** : l'observatoire des espèces et paysages a été mis à jour avec les nouvelles photos en haute définition des paysages sous-marins.

IX. Annexe : Fichiers de bancarisation

Trois fichiers Excel de bancarisation des données Coralligène sont fournis avec le rapport annuel 2021 : un pour les données de classes de taille des gorgones, un pour les données de nécrose des gorgones et un pour les analyses issues des analyses des quadrats photographiques.

- **Lot2_Gorgones_necroses_2021.xlsx**

site	Nom du site
annee	Année de suivi
wgs84_coord_x	Longitude (WGS84, Degrés décimaux)
wgs84_coord_y	Latitude (WGS84, Degrés décimaux)
region	Région
EU_CD	Code Masse d'eau
profondeur	Profondeur (m)
Espece	Espèce de gorgone
code_sp	Code Espèce
classe	Classe de nécrose
Date_necrose	Date de nécrose (récente/ancienne)
Distribution	Distribution de la nécrose (diffuse/localisée)

Lot2_Gorgones_classes_de_taille_2021.xls

site	Nom du site
annee	Année de suivi
wgs84_coord_x	Longitude (WGS84, Degré minute décimale)
wgs84_coord_y	Latitude (WGS84, Degré minute décimale)
region	Région
EU_CD	Code Masse d'eau
profondeur	Profondeur (m)
espece	Espèce de gorgone
code_sp	Code Espèce
hauteur	Code hauteur
hauteur_cm	Hauteur (cm)

Lot2_Quadrats photographiques_2021.xlsx

WGS84_coord_x	Longitude (WGS84, Degré minute décimale)
WGS84_coord_y	Latitude (WGS84, Degré minute décimale)
Region	Region
Water_body	Masse d'eau
Year	Année de suivi
Date	Date de terrain
Site	Nom du Site
Station	Nom de la Station
Depth	Profondeur (mètres)
Liv_pc	% recouvrement par le vivant
No_liv_pc	% recouvrement par le non vivant
Sludge_pc	% de recouvrement par la vase
Rubble_pc	% recouvrement par les débris biologiques
Cavity_pc	% recouvrement par les cavités / anfractuosités
Total_Bryozoan_pc	% recouvrement par les bryozoaires totaux
Majbui_pc	% recouvrement par les bioconstructeurs principaux
IND_simpson	Indice de Simpson
IND_shannon	Indice de Shannon
IND_CAI	Coralligenous Assemblages Index
IND_CLIO_relAb	% Cliona spp. parmi le vivant
IND_NEC_relAb	% Nécrose parmi le vivant
IND_Disturb_relab	% d'espèces invasives parmi le vivant (Indicateur de perturbation)
IND_Majbui_relAb	% Bionstructeurs principaux parmi le vivant
IND_Sponges_relAb	% Eponges parmi le vivant
IND_Gorgonian_relAb	% Gorgones parmi le vivant
IND_Algae_relAb	% Algues parmi le vivant
Fil_relAb	% Algues filamenteuses parmi le vivant
MESP_relAb	% Mesophyllum spp. parmi le vivant
LISP_relAb	% Lithophyllum spp. parmi le vivant
PESP_relAb	% Erected Peyssonnelia sp. parmi le vivant
PCSP_relAb	% Encrusting Peyssonnelia sp. parmi le vivant
Mas_relAb	% Eponges massives parmi le vivant
Ens_relAb	% Eponges encroutantes parmi le vivant

AXSP_relAb	% Axinella sp. parmi le vivant
Clavata_relAb	% Gorgones rouges parmi le vivant
Cavolini_relAb	% Gorgones jaunes parmi le vivant
CORU_relAb	% Corail rouge parmi le vivant
Encrusting_bryozoan_relAb	% Bryozoaires encroutants parmi le vivant
Erected_bryozoan_relAb	% Bryozoaires érigés parmi le vivant
Ascidian_relAb	% Ascidies parmi le vivant
Echino_relAb	% Echinodermes parmi le vivant
Hydrozoa_relAb	% Hydraires parmi le vivant
Sedworms_relAb	% Vers sédentaires parmi le vivant
Zoanth_relAb	% Zoanthaires parmi le vivant
Scleractinia_relAb	% Scleractiniaires parmi le vivant
Alcyonaria_relAb	% Alcyonaires parmi le vivant
Other_relAb	% Autres vivants parmi le vivant
Auteur	Auteur de la table

Un fichier Excel de bancarisation des données Température est fourni avec le rapport annuel 2021.

Données températures campagne 2021 - Metadonnées.csv

region	Région
site	Nom du site
annee	Année de suivi
Longitude	Longitude (WGS84, Degrés décimaux)
Latitude	Latitude (WGS84, Degrés décimaux)
Longitude_L93	Longitude (Lambert 93)
Latitude_L93	Latitude (Lambert 93)
profondeur	Profondeur (m)
ID	Identifiant du capteur
Date_pose	Date de pose du capteur
Heure_lancement	Heure de lancement du capteur
Commentaires	Localisation du capteur

X. Bibliographie

American Society of Photogrammetry, 1965. Manual of Photogrammetry. Vols 1 & 11.

Balata, D., Piazzi, L., Cecchi, E., Cinelli, F., 2005. Variability of Mediterranean coralligenous assemblages subject to local variation in sediment deposition. Marine Environmental Research 60, 403–421. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2004.12.005

Ballesteros, E., 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review 44, 123–195.

Ballesteros, E., 2003. The coralligenous in the Mediterranean Sea: Definition of the coralligenous assemblage in the Mediterranean, its main builders, its richness and key role in benthic ecology as well as its threats. Project for the preparation of a Strategic Action Plan for the Conservation of the Biodiversity in the Mediterranean Region (SAP BIO). In RAC/SPA—Regional Activity Centre for Specially Protected Areas.

Bianchi, C.N., 2001. La biocostruzione negli ecosistemi marini e la biologia marina italiana. Biologia Marina Mediterranea 8, 112–130.

Bianchi, N., Morri, C., 2000. Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. Marine Pollution Bulletin 40, 367–376. https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00027-8

Boudouresque, C.F., 2004. Biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations and communities. Scientific Reports of Port-Cros National Park. 20, 97–146.

Bowens, A., 2009. Underwater Archeology. The NAS Guide to Principles and Practice, 2nd edn. Wiley-Blackwell Publishing Ltd, Hoboken,New Jersey,USA. p. 272.

Bythell, J., Pan, P., Lee, J., 2001. Three-dimensional morphometric measurements of reef corals using underwater photogrammetry techniques. Coral Reefs 20, 193–199. https://doi.org/10.1007/s003380100157

Cebrian, E., Linares, C., Marschal, C., Garrabou, J., 2012. Exploring the effects of invasive algae on the persistence of gorgonian populations. Biological Invasions 14, 2647–2656. https://doi.org/10.1007/s10530-012-0261-6

Cerrano C, Bavestrello G., Bianchi C.N., Calcinai B., Cattaneo-Vietti R., Morri C., S.M., 2001. The role of sponge bioerosion in mediterranean coralligenous accretion. Mediterranean Ecosystems: Structures and Processes 235–240.

Chong, a. K., Stratford, P., 2002. Underwater digital stereo-observation technique for red hydrocoral study. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 68, 745–751.

Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F.B.R., Aguzzi, J., Ballesteros, E., Bianchi, C.N., Corbera, J., Dailianis, T., Danovaro, R., Estrada, M., Froglia, C., Galil, B.S., Gasol, J.M., Gertwage, R., Gil, J., Guilhaumon, F., Kesner-Reyes, K., Kitsos, M.S., Koukouras, A., Lampadariou, N., Laxamana, E., de la Cuadra, C.M.L.F., Lotze, H.K., Martin, D., Mouillot, D., Oro, D., Raicevich, S., Rius-Barile, J., Saiz-Salinas, J.I., Vicente, C.S., Somot, S., Templado, J., Turon, X., Vafidis, D., Villanueva, R., Voultsiadou, E., 2010. The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. PLoS ONE 5. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011842

Courtney, L.A., Fisher, W.S., Raimondo, S., Oliver, L.M., Davis, W.P., 2007. Estimating 3-dimensional colony surface area of field corals. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 351, 234–242. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.06.021

Deter, J., Descamp, P., Ballesta, L., Boissery, P., Holon, F., 2012a. A preliminary study toward an index based on coralligenous assemblages for the ecological status assessment of Mediterranean French coastal waters. Ecological Indicators. 20, 345–352.

Deter, J., Descamp, P., Boissery, P., Ballesta, L., Holon, F., 2012b. A rapid photographic method detects depth gradient in coralligenous assemblages. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 418–419, 75–82. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.03.006

Fonstad, M.A., Dietrich, J.T., Courville, B.C., Jensen, J.L., Carbonneau, P.E., 2013. Topographic structure from motion: A new development in photogrammetric measurement. Earth Surface Processes and Landforms 38, 421–430. https://doi.org/10.1002/esp.3366

Garrabou, J., Ballesteros, E., 2000. Growth of Mesophyllum alternans and Lithophyllum frondosum (Corallinales, Rhodophyta) in the northwestern Mediterranean. European Journal of Phycology 35, 1–10. https://doi.org/10.1080/09670260010001735571

Giakoumi, S., Sini, M., Gerovasileiou, V., Mazor, T., Beher, J., Possingham, H.P., Abdulla, A., Çinar, M.E., Dendrinos, P., Gucu, A.C., Karamanlidis, A. a., Rodic, P., Panayotidis, P., Taskin, E., Jaklin, A., Voultsiadou, E., Webster, C., Zenetos, A., Katsanevakis, S., 2013. Ecoregion-

Based Conservation Planning in the Mediterranean: Dealing with Large-Scale Heterogeneity. PLoS ONE 8. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076449

Gili, J., Coma, R., 1998. Benthic suspension feeders in marine\rfood webs. Trends Ecol Evol 13:297–337\r\r 13\r, 297-337\r.

Holmes, G., 2008. Estimating three-dimensional surface areas on coral reefs. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 365, 67–73. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.07.045

Holmes, G., Ortiz, J., Kaniewska, P., Johnstone, R., 2008. Using three-dimensional surface area to compare the growth of two Pocilloporid coral species. Marine Biology 155, 421–427. https://doi.org/10.1007/s00227-008-1040-x

Holon, F., Mouquet, N., Boissery, P., Bouchoucha, M., Delaruelle, G., Tribot, A.-S., Deter, J., 2015. Fine-Scale Cartography of Human Impacts along French Mediterranean Coasts: A Relevant Map for the Management of Marine Ecosystems. PLoS ONE 10, 20p.

Hong, J.-S., 1980. Etude faunistique d'un fond de concrétionnement de type coralligène soumis à un gradient de pollutrion en Méditerranée nord-occidentale (Golfe de Fos). Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille II 1–268.

Laborel, J., 1961. Le concrétionnement algal "coralligène" et son importance géomorphologique en Méditerranée. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume. 23, 37–60.

Laubier, L., 1966. Le coralligène des Albères: monographie biocénotique. Annales de l'Institut Océanographique de Monaco. 43: 139-316.

Lavy, A., Eyal, G., Neal, B., Keren, R., Loya, Y., Ilan, M., 2015. A quick, easy and non-intrusive method for underwater volume and surface area evaluation of benthic organisms by 3D computer modelling. Methods in Ecology and Evolution 6, 521–531. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12331

Martin, C.S., Giannoulaki, M., De Leo, F., Scardi, M., Salomidi, M., Knitweiss, L., Pace, M.L., Garofalo, G., Gristina, M., Ballesteros, E., Bavestrello, G., Belluscio, a., Cebrian, E., Gerakaris, V., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Schembri, P.J., Terribile, K., Rizzo, L., Ben Souissi, J., Bonacorsi, M., Guarnieri, G., Krzelj, M., Macic, V., Punzo, E., Valavanis, V., Fraschetti, S., 2014. Coralligenous and maërl habitats: predictive modelling to identify their spatial distributions across the Mediterranean Sea. Scientific Reports 4, 1–8. https://doi.org/10.1038/srep05073

Naumann, M.S., Niggl, W., Laforsch, C., Glaser, C., Wild, C., 2009. Coral surface area quantification-evaluation of established techniques by comparison with computer tomography. Coral Reefs 28, 109–117. https://doi.org/10.1007/s00338-008-0459-3

Piazzi, L., Gennaro, P., Balata, D., 2012. Threats to macroalgal coralligenous assemblages in the Mediterranean Sea. Marine Pollution Bulletin 64, 2623–2629. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.07.027

Remondino, F., El-Hakim, S., 2006. Image-Based 3D Modelling : a Review. The Photogrammetric Record 21, 269–291.

Rodrigues, A.S.L., Akçakaya, H.R., Andelman, S.J., Bakarr, M.I., Boitani, L., Brooks, T.M., Chanson, J.S., Fishpool, L.D.C., Da Fonseca, G. a. B., Gaston, K.J., Hoffmann, M., Marquet, P. a., Pilgrim, J.D., Pressey, R.L., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S.N., Underhill, L.G., Waller, R.W., Watts, M.E.J., Yan, X., 2004. Global Gap Analysis: Priority Regions for Expanding the Global Protected-Area Network. BioScience 54, 1092. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[1092:GGAPRF]2.0.CO;2

Ros, J., Romero, J., Ballesteros, E., Gili, J., 1985. The circalittoral hard bottom communities: the coralligenous. Margalef edits. Western Mediterranean. Pergamon Press, Oxford 263–273.

Sala, E., Garrabou, J., Zabala, M., 1996. Effects of diver frequentation on Mediterranean sublittoral populations of the bryozoan Pentapora fascialis. Marine Biology 126, 451–459.

Sartoretto S., F.P., 1997. Quantification of bioerosion by Sphaerechinus granularis on Coralligène concretions of the western mediterranean. Journal of Marine Biological Association UK 77, 565–568.

Sartoretto, S., Verlaque, M., Laborel, J., 1996. Age of settlement and accumulation rate of submarine "coralligène" (−10 to −60 m) of the northwestern Mediterranean Sea; relation to Holocene rise in sea level. Marine Geology 130, 317–331. https://doi.org/10.1016/0025-3227(95)00175-1

Sevault, F., Somot, S., Beuvier, J., 2009. A regional version of the NEMO ocean engine on the Mediterranean Sea: NEMOMED8 user's guide. Note de centre 1–39.

Teixidó, N., Casas, E., Cebrián, E., Linares, C., Garrabou, J., 2013. Impacts on Coralligenous Outcrop Biodiversity of a Dramatic Coastal Storm. PLoS ONE 8. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053742

Teixidó, N., Garrabou, J., Harmelin, J.G., 2011. Low dynamics, high longevity and persistence of sessile structural species dwelling on mediterranean coralligenous outcrops. PLoS ONE 6. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023744

Tribot, A.-S., Mouquet, N., Villéger, S., Raymond, M., Hoff, F., Boissery, P., Holon, F., Deter, J., 2016. Taxonomic and functionnal diversity increase the aesthetic value of coralligenous reefs. Nature Publishing Group 1–12. https://doi.org/10.1038/srep34229

Veal, C.J., Holmes, G., Nunez, M., Hoegh-Guldberg, O., Osborn, J., 2010. A comparative study of methods for surface area and three-dimensional shape measurement of coral skeletons. Limnology and Oceanography: Methods 8, 241–253. https://doi.org/10.4319/lom.2010.8.241

Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N.F., Hambrey, M.J., Reynolds, J.M., 2012. "Structure-from-Motion" photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology 179, 300–314. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021



7, place Cassan – Carnon Plage
34 130 Mauguio - France
Tél. : 04.67.66.32.48 - contact@andromede-ocean.com

www.andromede-ocean.com