

EXPERTISE ENVIRONNEMENTALE SOUS-MARINE DE LA ROUTE DU CABLE DE TELECOMMUNICATION MEDUSA SEGMENT 1 (SEG1) ATERRISSANT SUR LA PLAGES DE LA VIEILLE-CHAPELLE A MARSEILLE

RAPPORT 04849077
24/07/2023

 EXPERTISE



setec
énergie environnement

REVISIONS

Version	Date	Description	Auteurs	Relecteur
0	24/07/2023	V0	A. PATUCCA	C. MARION

COORDONNEES

Siège social	Responsable d'affaire
setec énergie environnement	Marc CHENOZ
Immeuble Central Seine 42 - 52 quai de la Rapée - CS 71230 75583 PARIS CEDEX 12 FRANCE	Directeur de projets
Tél +33 1 82 51 55 55 Fax +33 1 82 51 55 56 environnement@setec.fr www.setec.fr	Agence de Toulon 15 rue Mirabeau 83100 Toulon Tél +33 4 86 15 61 83 Mob +33 6 32 91 94 90 marc.chenoz@setec.com

Table des matières

1. Contexte.....	7
2. Cartographie des biocénoses marines de la zone d'étude	9
3. Etude des habitats marins sur le tracé du câble.....	11
3.1 Matériel et méthodes.....	11
3.1.1 Reconnaissance des fonds sur le tracé du câble.....	13
3.1.2 Caractérisation de l'herbier de Posidonies au droit de la plage de la Vieille-Chapelle.....	16
3.1.3 Reconnaissance des fonds coralligènes au droit de la plage de la Vieille-Chapelle.....	24
3.2 Résultats.....	25
3.2.1 Description des fonds observés sur la route du câble.....	25
3.2.2 Caractérisation de l'herbier de posidonies au droit de la plage de la Vieille-Chapelle.....	41
3.2.3 Reconnaissance des fonds à coralligènes.....	46
4. Conclusion	53
5. Retour d'expérience	56
6. Bibliographie.....	64
Fiche signalétique et documentaire.....	65

Table des illustrations

Figures

Figure 1 : Carte de présentation globale du projet MEDUSA en Méditerranée (source : https://medusascs.com)	7
Figure 2 : Présentation du projet de câble sous-marin de télécommunication MEDUSA Segment 1 (SEG1) au large de Marseille dans la Zone Economique Exclusive.....	8
Figure 3 : Distribution des biocénoses marines dans la Baie du Prado d'après les données Medtrix	9
Figure 4 : Le « LABO V » du CEREMA.....	11
Figure 5 : Délimitation et réglementation maritime appliquées pour les tests events dans la rade de Marseille du 7 au 16 juillet inclus.	12
Figure 6 : Prises de vue illustrant les conditions météorologiques lors de la campagne d'étude le 5 juillet (à gauche) et du 6 juillet (à droite)	12
Figure 7 : Localisation des balises de repérage de B01 à B27 sur la route du câble (fond de carte MEDTRIX)	14
Figure 8 : Installation des balises le long du tracé du câble	14
Figure 9 : Filin lesté sur le fond marquant le tracé du câble sous-marin (à gauche) et étiquette en référence au numéro de la balise (à droite).....	15
Figure 10 : Plongeur évoluant le long du filin et prenant des notes sur les observations	16
Figure 11 : Les différents types d'herbiers à Posidonia oceanica (1 : Herbier de plaine, vu en coupe ; i = intermatte ; d = intermatte déferlante. 2 = herbier en pain de sucre, vu en coupe. 3 : Herbier tigré, vu en plan. 4 : Herbier de colline, vu en plan. 5 : Herbier de	

colline, vu en coupe ; c = colline. 6 à 10 : évolution d'une colline, de sa formation à son démantèlement. vvv = Posidonia oceanica, pointillés = sable, hachures obliques = matre. Source : Boudouresque et al., 1985a).....	17
Figure 12 : Quadrillage apposé sur une photo pour calcul du taux de recouvrement.....	19
Figure 13 : Quadrat de 20 cm x 20 cm et mesure de la densité des faisceaux.....	20
Figure 14 : Quadrat de 40 cm x 40 cm pour la mesure de la densité des faisceaux en limite inférieure de l'herbier	20
Figure 15 : Description des rhizomes de posidonies (source : Boudouresque et Meinesz, 1982 in Boudouresque et al, 2006)	22
Figure 16 : Mesure du déchaussement de l'herbier de Posidonies (source : Boudouresque et al, 2006)	23
Figure 17 : Localisation des stations d'étude pour l'évaluation de la vitalité de l'herbier (fond de carte MEDTRIX)	24
Figure 18 : Localisation de la zone à coralligène étudiée en plongée (fond de carte MEDTRIX)	25
Figure 19 : Fond constitué de sable coquillier, recouvert d'une large zone de matre morte et ilots de Posidonie proches du tracé SEG1 entre B27-B26 (à gauche), et entre B25-B24 (à droite)	27
Figure 20 : Ilots de Posidonie d'1 m² proche du câble entre B27-B26 (à gauche) et de densité plus importante sur le tracé du câble entre B24-B23 (à droite)	28
Figure 21 : Croisement de câbles entre SEG1 et un câble sous-marin probablement hors service entre B25-B24.....	28
Figure 22 : Rhodolithes isolés et gorgone Eunicella singularis entre B25-B24	29
Figure 23 : Echinaster sepositus et Holothuria tubulosa entre B27-B26	29
Figure 24 : Etoile de mer Marthasterias glacialis entre B25-B24 (à gauche) et Codium bursa (à droite)	29
Figure 25 : Limite inférieure de l'herbier de Posidonie entre B23-B22 (à gauche) ; Alternance herbier discontinu et large matre morte entre B22-B21 (à droite)	30
Figure 26 : Alternance en herbier discontinu et large zone de matre morte entre B20-B19	30
Figure 27 : Holothuria tubulosa et Codium bursa entre B23 et B22 (à gauche) ; Rhodolithes au niveau de B18 (à droite)	31
Figure 28 : Large zone de matre morte entre B18-B17 (à gauche) ; Ilots de Posidonie autour d'une large zone de matre morte au niveau de B17 (à droite)	32
Figure 29 : Ilots d'herbier et large zone de matre morte entre B15-B14	32
Figure 30 : Rhodolithes entre B18-B17 (à gauche) ; Champ de Codium bursa entre B17-B16 (à droite)	33
Figure 31 : Holothuria tubulosa, Codium bursa et Flabellia petiolata (à gauche) et Caulerpa racemosa (à droite) entre B16-B15.	33
Figure 32 : Herbier dense et discontinu fragmenté par des zones de matre morte entre B14-B13 (à gauche) et entre B12-B11 (à droite)	34
Figure 33 : Substrat recouvert de matre morte (à gauche) et herbier de type discontinu et dense entre B13-B12 (à droite)	35
Figure 34 : Herbier dense entre B10-B09 (à gauche) ; Tâches d'herbier dense entre B09-B08 (à droite)	35
Figure 35 : Herbier dense et discontinu entre B07-B06 (à gauche) et entre B06-B05 (à droite)	35
Figure 36 : Herbier dense et discontinu (à gauche) et tâches d'herbier sur fond de matre morte entre B05-B04 (à droite)	36
Figure 37 : Trou dans la matre morte sur le tracé du câble entre B14-B13 (à gauche) et entre B12-B11 (à droite).....	36
Figure 38 : Trou ou dépression dans la matre morte entre B05-B04.....	36
Figure 39 : Tombant de matre morte entre B04-B03.....	37
Figure 40 : Herbier dense et discontinu et roche à moins d'1 m du câble entre B04-B03 (à droite)	37
Figure 41 : Tombant de matre morte et herbier dense et discontinu coupé par des zones de matre morte entre B03-B02.....	37
Figure 42 : Herbier dense et discontinu (à gauche) et alternance entre herbier et sable fin (à droite) entre B02-B01.....	38

Figure 43 : Substrat constitué de sable fin entre B02-B01.....	38
Figure 44 : <i>Anemonia viridis</i> entre B13-B12 (à gauche) ; Champ de <i>Flabellia patiolata</i> entre B12-B11 (à droite).....	38
Figure 45 : Champs de <i>Codium bursa</i> sur fond constitué uniquement de matre morte entre B11-B10 (à gauche) et <i>Holothuria tubulosa</i> entre B09-B08 (à droite).....	39
Figure 46 : <i>Acetabularia acetabulum</i> entre B07-B06.....	39
Figure 47 : Déchets observés entre B07-B06 (à gauche) et B02-B01 (à droite et en bas)	39
Figure 48 : Illustrations de l'herbier en limite inférieure à la station Herbier 1	42
Figure 49 : Illustrations de l'herbier autour de la station Herbier 2 à 14,5 m de profondeur	44
Figure 50 : Illustrations de l'herbier autour de la station Herbier 2 à 9,3 m de profondeur.....	45
Figure 51 : Illustrations des stations vitalité de l'herbier (fond de carte MEDTRIX).....	46
Figure 52 : Type de fond au point C1 à 35 m de profondeur	47
Figure 53 : Affleurement rocheux de la station coralligène située entre C3 et C4 à 35 m de fond.....	48
Figure 54 : Filet de pêche sur affleurement rocheux entre C3 et C4 à 35 m de fond	48
Figure 55 : Algues encroûtantes du genre <i>Lythophyllum</i> sp., <i>Mesophyllum</i> sp, (à gauche) et <i>Centrostephanus longispinus</i> (à droite)	49
Figure 56 : Le bryzoaire <i>Myriapora truncata</i> (à gauche) et l'éponge <i>Axinella damicornis</i> (à droite)	49
Figure 57 : Colonisation de la roche par le bryzoaire <i>Schizomavella mamillata</i>	49
Figure 58 : Roche colonisée par l'éponge <i>Crambe crambe</i> (à gauche) et <i>Chondrosia reniformis</i> (à droite)	50
Figure 59 : L'éponge <i>Axinella verrucosa</i> (à gauche) et l'étoile de mer <i>Marthasterias glacialis</i> (à droite)	50
Figure 60 : Les ascidies <i>Halocynthia papillosa</i> (à gauche) et roche colonisée par l'éponge <i>Aplysilla sulfurea</i> (à droite)	51
Figure 61 : Le ver tubicole <i>Protula intestinum</i> (à gauche) et l'algue verte <i>Halimeda tuna</i> et le ver <i>Bonellia viridis</i> (à droite)	51
Figure 62 : Ponte de nudibranche	51
Figure 63 : Câble colonisé par les algues encroûtantes à proximité du filet de pêche et de l'affleurement rocheux	52
Figure 64 : Synthèse des observations en plongées le long du tracé du câble entre les balises B27-B01.....	54
Figure 65 : Synthèse des observations en plongées aux stations Herbier et Coralligène	55
Figure 66 : Enfouissement naturel du câble dans les zones sableuses (In Vivo, 2008).....	58
Figure 67 : Câble électrique SACOI entre la Corse et la Sardaigne, simplement posé sur l'herbier près de Cala di Sciumara (Corse). 35 ans après sa mise en place (en 1967), il n'y a pas d'impact négatif sur l'herbier. D'après Pergent et al. (2002b)	58
Figure 68 : Câble ANTARES (La Seyne-sur-Mer) pénétrant dans l'herbier de posidonie (In Vivo, 2013)	59
Figure 69 : Câble s'insérant progressivement dans la matre de posidonie (In Vivo, 2013).....	59
Figure 70 : Câbles de télécommunication et câble de transport d'énergie se croisant en aval de la limite inférieure de l'herbier, sur matre morte (Bastia – Arinella, 2020)	60
Figure 71 : Câble de transport d'énergie SACOI2 en limite inférieure de l'herbier entièrement colonisé (Bastia – plage de l'Arinella, 2020).....	60
Figure 72 : Câble de transport d'énergie (SACOI2) en limite inférieure de l'herbier de posidonie et disparaissant dans la matre (Bastia – plage de l'Arinella, 2020)	61
Figure 73 : Câble télécom au sein d'un herbier entre les faisceaux de posidonie (Marseille, 2020)	61
Figure 74 : Câble télécom sur des enrochements (Marseille, 2020)	61

Figure 75 : Câble transport d'énergie pris dans la matte de posidonie en limite supérieure (Marseille, 2020).....	62
Figure 76 : Câble télécom en sortie d'herbier	
Figure 77 : Câble télécom sur matte morte (Marseille, 2020) au passage d'une zone.....	62
Figure 78 : Câble télécom en suspension	

Tableaux

Tableau 1 : Coordonnées des balises installées le long du tracé du câble SEG1	15
Tableau 2 : Evaluation de la vitalité de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> en fonction de la position bathymétrique de la limite inférieure en Corse (source : Bein A. et al, 2013)	18
Tableau 3 : Evaluation de la vitalité de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> en fonction de la typologie de la limite inférieure de l'herbier (source : Bein A. et al, 2013)	18
Tableau 4 : Interprétation de la vitalité de l'herbier en limite inférieure de l'herbier (source : Charbonnel et al., 2000)	19
Tableau 5 : Classification de l'état de l'herbier selon les densités de faisceaux observés (nb/m ²) et le niveau de profondeur (m) (source : Pergent et al., 2008 et Pergent-Martini et al., 2010)	21
Tableau 6 : Evaluation de la vitalité de l'herbier à partir du pourcentage de rhizomes plagiotropes de <i>P. oceanica</i> . (source : Charbonnel et al., 2000).....	22
Tableau 7 : Échelle d'évaluation du déchaussement en fonction des valeurs moyennes mesurées (source : Charbonnel et al., 2000)	23
Tableau 8 : Coordonnées GPS des stations herbiers de Posidonies	23
Tableau 9 : Coordonnées des points GPS des stations coralligènes	24
Tableau 10 : Synthèse des observations pour chaque transect parcouru en plongée sous-marine	25
Tableau 11 : Observations des câbles croisant le tracé du câble MEDUSA SEG1 entre B23-B18	31
Tableau 12 : Observations des câbles existants croisant le tracé du câble MEDUSA SEG1 entre B23-B18.....	34
Tableau 13 : Observations des câbles croisant le tracé du câble MEDUSA SEG1 entre B41-B01	40
Tableau 14 : Caractérisation de la limite inférieure de l'herbier – Station Herbier 1	43
Tableau 15 : Résultats des mesures réalisées à la station Herbier 1	43
Tableau 16 : Résultats des mesures réalisées à la station Herbier 2	44
Tableau 17 : Résultats des mesures réalisées à la station Herbier 3	46
Tableau 18 : Synthèse des mesures systématiques sur l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i>	53

1. CONTEXTE

Le projet consiste à déployer un système de câbles sous-marins de télécommunication à fibres optiques entre l'Europe du Sud (Portugal, Espagne, France, Italie, Grèce, Chypre), et l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Egypte), sur plus de 8760 km, avec un double atterrissage à Marseille sur la plage de la Vieille-Chapelle.

Les câbles, nommés MEDUSA Segment 2 et MEDUSA Segment 1, vont parcourir une distance d'environ 397,07 km dans les eaux françaises (dont près de 74,68 km sur le Domaine Public Maritime et 322,39 km en Zone Economique Exclusive).

Le câble MEDUSA Segment 1, objet du présent document, va parcourir 40,31 km dans les Eaux Territoriales françaises et 195,20 km en Zone Economique Exclusive (ZEE).



Figure 1 : Carte de présentation globale du projet MEDUSA en Méditerranée (source : <https://medusascs.com>)

Le projet servira aux échanges de données numériques transitant entre l'Afrique du Nord et l'Europe du Sud (Marseille, Paris, Milan, Barcelone, etc.). Il permettra ainsi le développement du réseau international de télécommunication et l'optimisation du temps de latence du réseau.

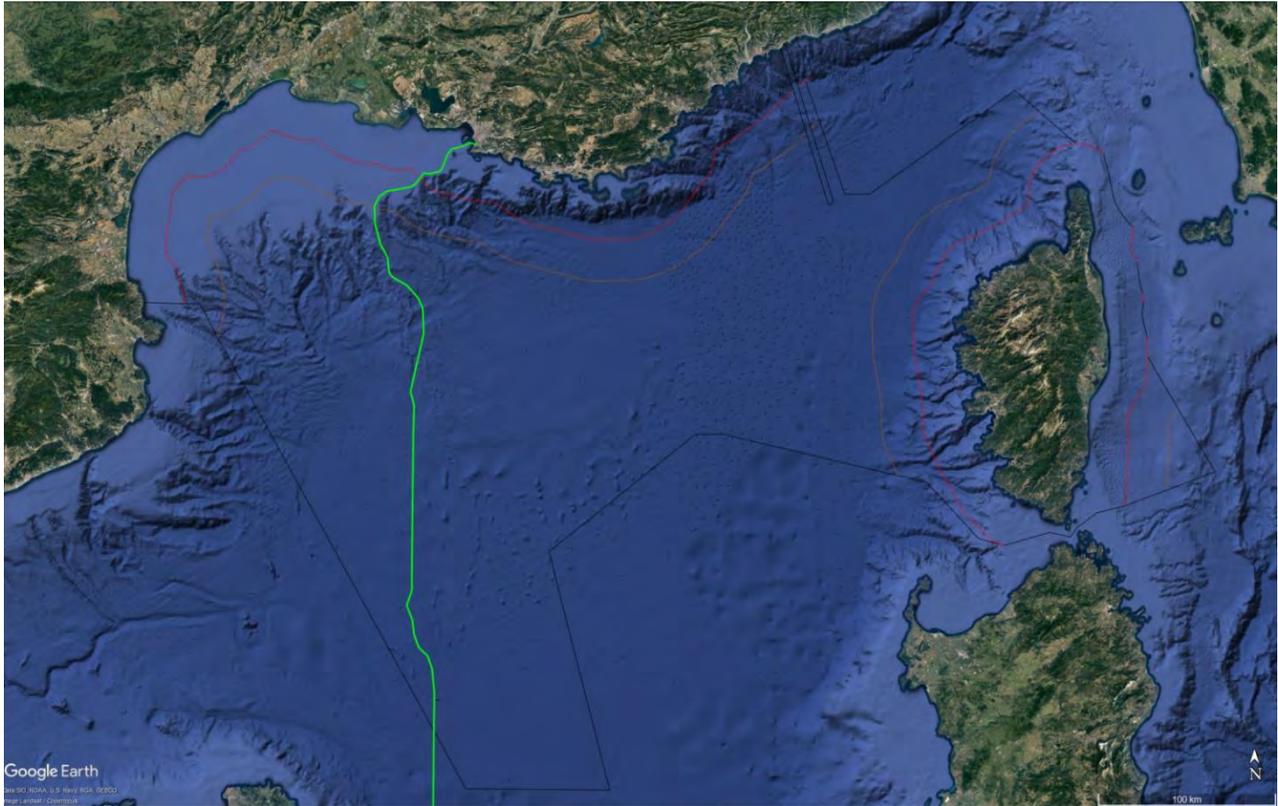


Figure 2 : Présentation du projet de câble sous-marin de télécommunication MEDUSA Segment 1 (SEG1) au large de Marseille dans la Zone Economique Exclusive

Ce document présente le déroulement des investigations ainsi que les résultats obtenus de l'expertise environnementale sous-marine réalisée entre 35 m et 9 m de fond le long de la route du câble MEDUSA SEG1, au droit de la plage de la Vieille-Chapelle à Marseille.

Une synthèse de plusieurs retours d'expérience sur des câbles sous-marins précédemment installés dans les herbiers de posidonies est présentée en fin de document.

Ce document est à l'attention de l'autorité environnementale pour apporter les éléments sur la nature et la sensibilité des fonds marins côtiers sur la route du câble pour faciliter sa réponse à la demande d'examen au cas par cas du présent projet. Une étude environnementale de la route du câble MEDUSA SEG2 a déjà été soumise auparavant.

Le contenu de ce dossier viendra par ailleurs alimenter le dossier d'autorisation environnementale (Déclaration au titre de la Loi sur l'Eau) et l'étude d'incidences associée.

2. CARTOGRAPHIE DES BIOCÉNOSES MARINES DE LA ZONE D'ETUDE

La cartographie des biocénoses marines utilisée pour l'élaboration du protocole opératoire dans la zone d'étude est basée sur l'évaluation écologique de la zone côtière de Marseille provenant des données Donia Expert, disponibles sur la plateforme de surveillance des eaux côtières et des écosystèmes de Méditerranée Medtrix.

La figure suivante présente les biocénoses marines rencontrées par le câble sous-marin selon la nature des données utilisées avec la carte des biocénoses de Medtrix. Les stations d'étude du plan d'échantillonnage ont été positionnées à partir de cette cartographie et selon le tracé du câble SEG1. Les résultats sont présentés dans le présent document.

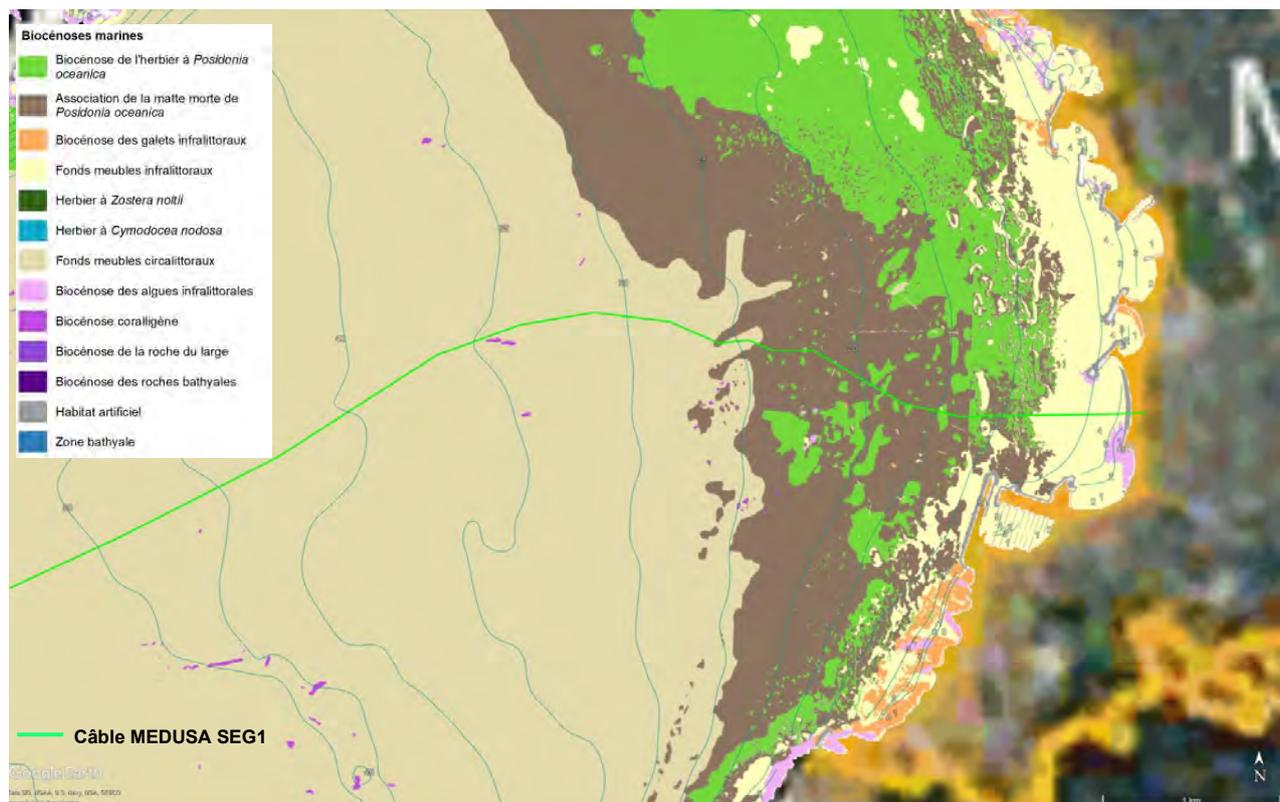


Figure 3 : Distribution des biocénoses marines dans la Baie du Prado d'après les données Medtrix

Des reconnaissances sous-marines et une caractérisation de l'herbier *Posidonia oceanica* ont été réalisées selon un plan d'échantillonnage intégrant des plongées sur l'ensemble du tracé du câble SEG1 au droit de la plage de la Vieille-Chapelle à Marseille, à partir de l'interface entre le sable et la matte morte, ainsi qu'entre les herbiers de *Posidonia oceanica* et la matte morte.

L'herbier au droit de la plage de la Vieille-Chapelle fait partie de « l'Herbier de posidonies de la baie du Prado », Zone d'Importance Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) marine (93M000046) de type 2. Il sépare les sédiments sableux de la biocénose côtière des « sables fins bien calibrés » et des « fonds meubles circalittoraux ».

Les limites inférieures de l'herbier sont difficilement décelables puisqu'il se présente essentiellement sous forme de tâches, d'ilots et de faisceaux isolés. Sur la route du câble SEG1, l'herbier de posidonies se situe sur des fonds compris entre 24,2 mètres et 9,2 mètres de profondeur. Au-delà, les fonds sont sableux.

D'après les observations sur le terrain, le tracé du câble sous-marin traverse l'herbier sur une distance de 1,64 km environ, mais suit majoritairement des zones de matte morte. Le câble SEG1 croise l'herbier sous forme discontinue sur une distance de près de 1,43 km, entre les isobathes 9,2 m et 23,6 m.

Au-delà des zones d'herbier et de l'interface entre la matte morte et les fonds sableux, le tracé du câble SEG1 passe à 31 m de distance au nord d'une zone de biocénose à coralligène à l'isobathe 35 m, identifiée à partir du fond de carte Medtrix.

Une campagne d'étude écologique a donc été réalisée sur le tracé du câble SEG1 au sein de l'herbier de *Posidonia oceanica* au droit de la plage de la Vieille-Chapelle, ainsi qu'au niveau des enrochements des biocénoses à coralligènes en plongée sous-marine.

3. ETUDE DES HABITATS MARINS SUR LE TRACE DU CABLE

3.1 MATERIEL ET METHODES

Les deux (2) premiers jours de la campagne d'étude ont été réalisés le 5 et le 6 juillet 2023 par une équipe de trois (3) plongeurs scientifiques. Elle a nécessité l'utilisation du bateau « LABO V », un semi-rigide de 5,20 m du CEREMA (Centre d'Etudes et d'expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement). Le troisième et dernier jour de la campagne a été réalisé le 17 juillet 2023 avec les mêmes moyens nautiques et la même équipe.



Figure 4 : Le « LABO V » du CEREMA

Les trois jours d'intervention ont été séparés de près de 10 jours en raison des « tests events », phase de répétition grandeur nature des épreuves olympiques de 2024. Cet événement est à la fois une répétition pour les athlètes et pour les organisateurs et la ville hôte, afin de démontrer leur capacité à être prêts pour 2024.

L'ensemble du plan d'eau de la baie du Prado était donc fermé du 7 juillet au 16 juillet inclus et de 8h à 20h. L'arrêté préfectoral n°215/2023 du 6 juillet 2023 délimite les zones du plan d'eau réservées aux athlètes. Ce large périmètre de navigation entre le Frioul et les plages du Prado était interdit à toutes embarcations. Les points de la campagne d'étude étaient situés à l'intérieur des zones concernées par l'arrêté préfectoral.

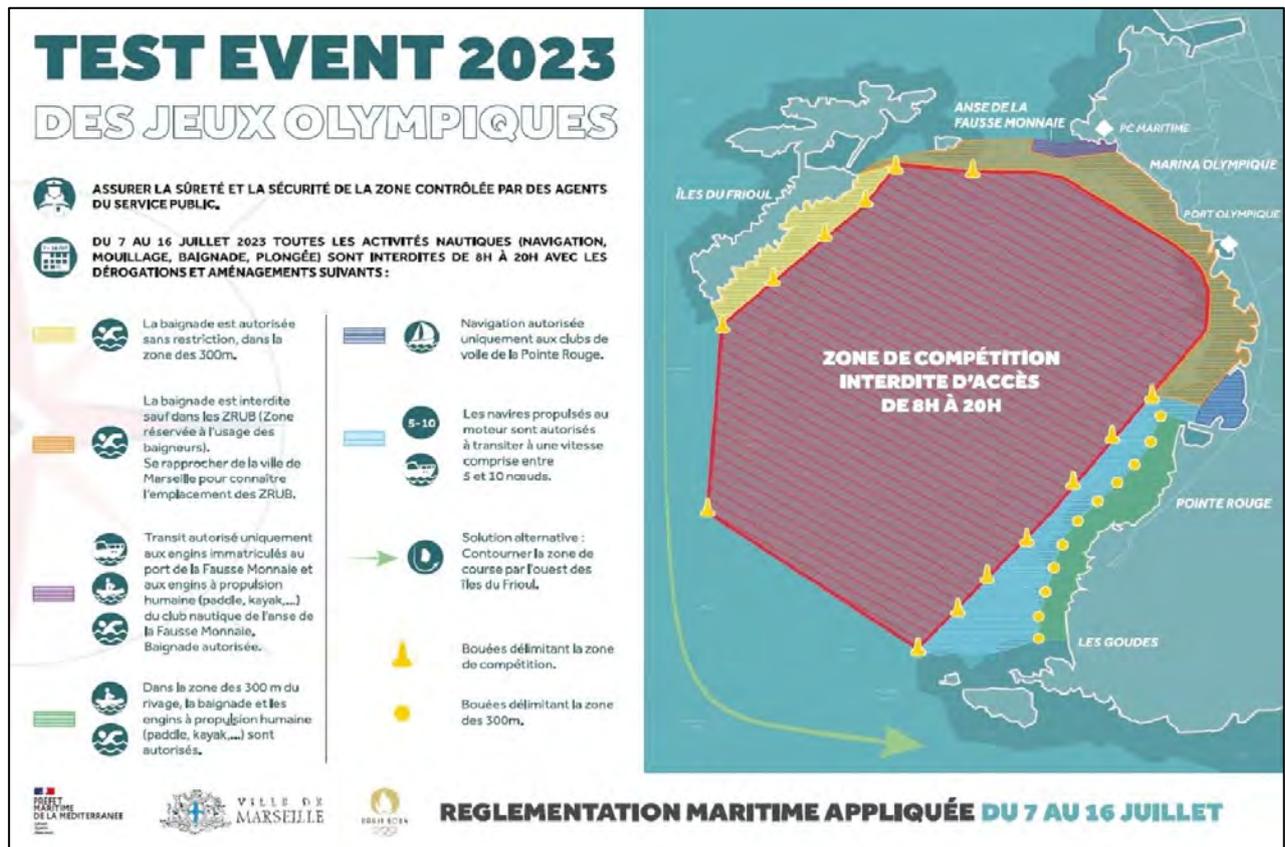


Figure 5 : Délimitation et réglementation maritime appliquées pour les tests events dans la rade de Marseille du 7 au 16 juillet inclus.

La journée du 5 juillet présentait une mer agitée (houle d'1 m et jusqu'à 25 nœuds de vent) tandis que les journées du 6 et 17 juillet présentaient une houle et un vent moins importants.



Figure 6 : Prises de vue illustrant les conditions météorologiques lors de la campagne d'étude le 5 juillet (à gauche) et du 6 juillet (à droite)

Les moyens matériels suivants ont été mobilisés :

- Matériel de sécurité embarqué et kit d'oxygénothérapie ;
- Equipements de plongée et manuel de sécurité / fiche plongée ;
- Matériel de balisage et de positionnement en surface (GPS, planche de chasse).
- Matériel de mesure (quadrats, réglets, décamètres, plaquette immergeable, etc.) ;
- Matériel photo et vidéo et phares (SONY RX 100 II).

Au préalable, une notification d'intervention a été adressée à la Préfecture Maritime de Méditerranée.

La réglementation en vigueur relative à l'activité de la plongée sous-marine a été respectée, notamment la mise en œuvre du pavillon Alpha. Les plongées se sont déroulées en scaphandre autonome à circuit ouvert.

3.1.1 Reconnaissance des fonds sur le tracé du câble

La campagne d'étude des biocénoses marines a consisté à réaliser des reconnaissances marines le long du tracé du câble sous-marin SEG1 dans la zone 9 – 35 mètres de profondeur en plongée sous-marine, à caractériser l'herbier de posidonies se trouvant sur la route du câble, et à identifier les zones coralligènes.

3.1.1.1 Le marquage du tracé du câble

Un marquage du tracé du câble a été réalisé au préalable à l'ensemble des investigations et expertises sous-marines, où vingt-sept (27) balises ont été disposées, espacées de 70 mètres, délimitant vingt-six (26) transects. Les balises ont été signalées par des parachutes de plongée afin de leur donner de la visibilité pour la navigation maritime dans la baie du Prado.

Ces balises ont permis de couvrir l'ensemble du tracé du câble dans l'herbier de posidonies au droit de la plage de la Vieille-Chapelle. La position des balises a été déterminée le plus précisément possible à partir des données de distribution des biocénoses marines disponibles (Medtrix).

Les balises positionnées sur le tracé du câble sont représentées sur la figure suivante.

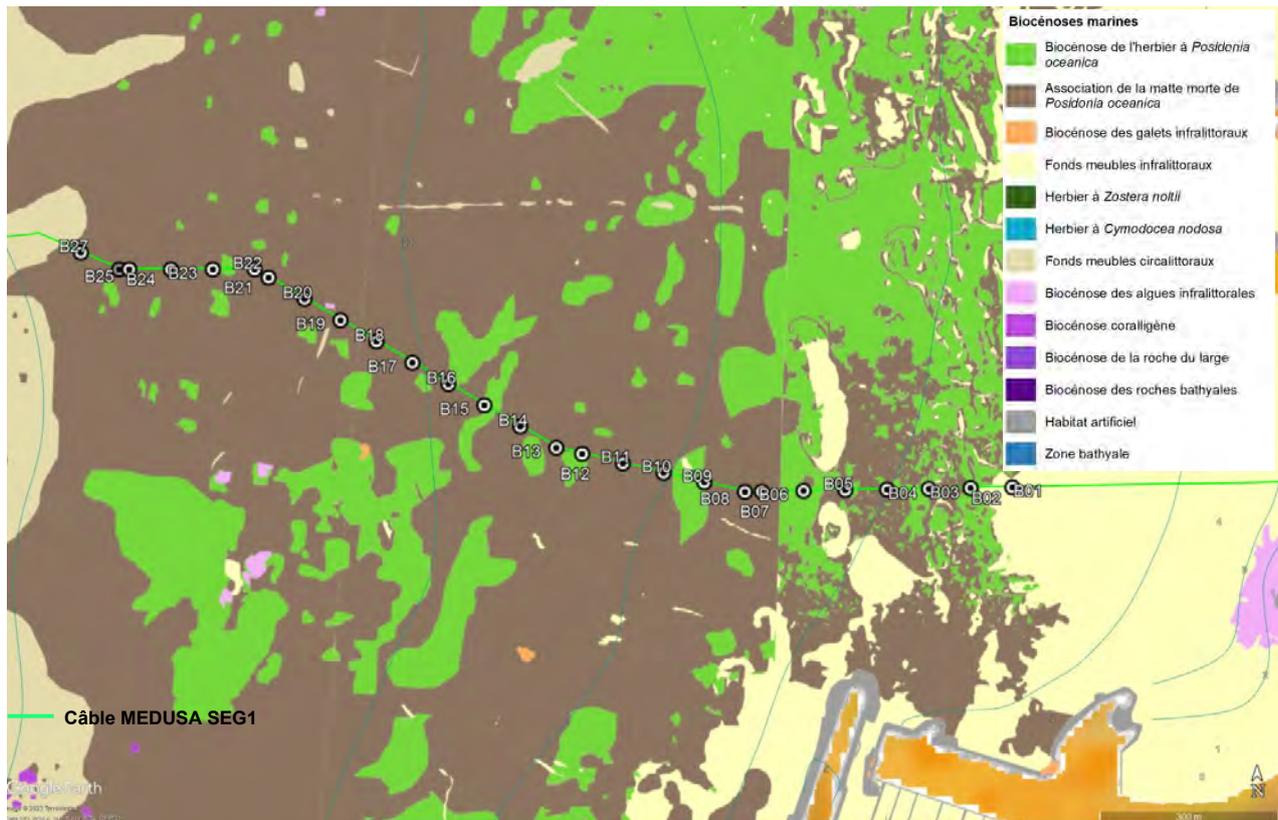


Figure 7 : Localisation des balises de repérage de B01 à B27 sur la route du câble (fond de carte MEDTRIX)



Figure 8 : Installation des balises le long du tracé du câble

Dans un premier temps, les balises ont été déployées depuis la surface vers le fond à partir de l'embarcation. Chaque balise a été numérotée sur une étiquette. Un filin lesté a ensuite été déroulé depuis la surface en reliant chacune des balises, pour marquer le tracé du câble sur le fond. Le filin posé a également fait l'objet d'ajustements sur le fond afin d'accroître la précision de la représentation du tracé du câble.



Figure 9 : Filin lesté sur le fond marquant le tracé du câble sous-marin (à gauche) et étiquette en référence au numéro de la balise (à droite)

Les coordonnées des balises installées sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Coordonnées des balises installées le long du tracé du câble SEG1

Balise	Profondeur (en m)	Coordonnées (en WGS 84)	
		Latitude	Longitude
B01	9,2	43°14'58.02"N	5°22'1.71"E
B02	9,7	43°14'57.98"N	5°21'58.61"E
B03	10,8	43°14'57.94"N	5°21'55.51"E
B04	10,7	43°14'57.90"N	5°21'52.41"E
B05	12,0	43°14'57.86"N	5°21'49.31"E
B06	12,3	43°14'57.83"N	5°21'46.21"E
B07	14,0	43°14'57.79"N	5°21'43.11"E
B08	14,6	43°14'57.77"N	5°21'41.85"E
B09	15,3	43°14'58.29"N	5°21'38.83"E
B10	15,9	43°14'58.81"N	5°21'35.81"E
B11	16,8	43°14'59.32"N	5°21'32.79"E
B12	17,8	43°14'59.84"N	5°21'29.77"E
B13	18,3	43°15'0.17"N	5°21'27.84"E
B14	19,4	43°15'1.32"N	5°21'25.17"E
B15	20,0	43°15'2.48"N	5°21'22.50"E
B16	20,9	43°15'3.64"N	5°21'19.83"E
B17	21,5	43°15'4.79"N	5°21'17.16"E
B18	21,8	43°15'5.95"N	5°21'14.49"E
B19	22,3	43°15'7.11"N	5°21'11.82"E
B20	22,4	43°15'8.27"N	5°21'9.15"E
B21	22,2	43°15'9.42"N	5°21'6.48"E
B22	22,6	43°15'9.87"N	5°21'5.44"E
B23	23,6	43°15'9.87"N	5°21'2.34"E
B24	23,8	43°15'9.87"N	5°20'59.24"E
B25	24,0	43°15'9.87"N	5°20'56.13"E
B26	24,2	43°15'9.87"N	5°20'55.39"E
B27	25,2	43°15'10.78"N	5°20'52.54"E

3.1.1.2 Les reconnaissances sous-marines en plongée le long du tracé du câble SEG1

Dès la fin de l'installation du filin marquant le tracé du câble, une équipe de deux (2) plongeurs, munie d'une caméra sous-marine pour l'un et d'un appareil photo numérique pour le second, s'est immergée sur la première balise (B27) pour suivre le tracé du câble marqué sur le fond. Les plongeurs étaient également équipés du matériel nécessaire à la prise de note.

Vingt-six (26) vidéos ont été réalisées entre les balises B01 à B27 par l'un des plongeurs pendant que le second prenait des notes sur les changements de faciès observés et de toute autre observation (la présence éventuelle de grande nacre *Pinna nobilis* ou de la nacre épineuse *Pinna rudis*, d'obstructions, de tombant de matre, de câble, etc.), ainsi que des photographies.



Figure 10 : Plongeur évoluant le long du filin et prenant des notes sur les observations

3.1.2 Caractérisation de l'herbier de Posidonies au droit de la plage de la Vieille-Chapelle

L'évaluation de l'état de l'herbier renseigne sur les conditions du milieu dans lequel il évolue et donc sur sa qualité. L'empreinte de la qualité des eaux sur les herbiers à *P. oceanica* est permanente : elle ne dépend donc pas du sens du vent ou des courants au moment de l'observation. Ainsi, de nombreux paramètres sont à même d'être enregistrés par l'herbier, et notamment :

- La turbidité moyenne des eaux, matérialisée par la position de sa limite inférieure et par la densité des faisceaux ;
- Les courants et l'hydrodynamisme, matérialisés par les structures érosives qui affectent la matre ;
- Le taux de sédimentation, matérialisé par la vitesse de croissance des rhizomes et, en cas de déficit, par leur déchaussement ;
- La matière organique et les nutriments, matérialisés par les épiphytes des feuilles et la composition chimique de la plante.

Une description du site et de l'herbier a été réalisée avec :

- La profondeur de la limite inférieure ;
- La présence et la structure de matre morte et les intermatres structurelles ;
- La typologie de la limite inférieure de l'herbier, donnant une information sur la dynamique de l'herbier et son caractère évolutif, avec une observation visuelle et par photos/vidéos le long de la limite ;
- Des prises de vues photographiques, vidéos et identifications des espèces associées à l'herbier.

Trois (3) stations ont été choisies pour évaluer l'état de vitalité de l'herbier au droit de la plage de la Vieille-Chapelle. Il s'agit des stations Herbier 1 en limite inférieure de l'herbier, Herbier 2 au centre de l'herbier dense, et Herbier 3 en limite supérieure de l'herbier.

Les paramètres standards pour le suivi de vitalité de l'herbier ont été mesurés :

- La profondeur et la typologie de l'herbier ;
- La densité des faisceaux foliaires ;
- La proportion de rhizomes plagiotropes ;
- La mesure du déchaussement des rhizomes ;
- La longueur maximale des feuilles ;
- Le taux d'épibionte.

3.1.2.1 Typologie de l'herbier

À travers les différentes structures d'herbier rencontrées et selon les caractéristiques du milieu (hydrodynamisme, etc.), il est possible de définir ainsi l'herbier : continu, discontinu en mosaïque (alternance d'herbier morcelé et de matte morte), de plaine (herbier sub-horizontale, sans relief particulier), ondoyant, de colline, etc.

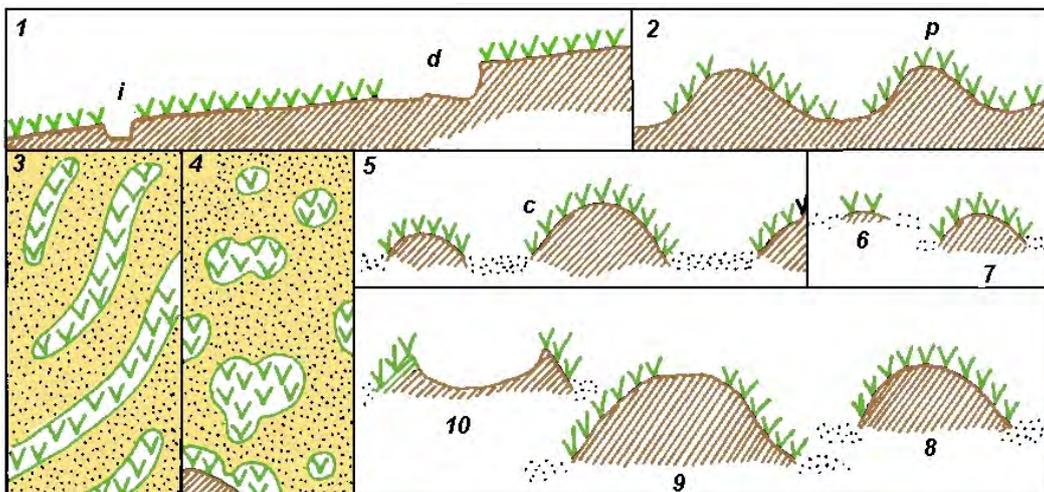


Figure 11 : Les différents types d'herbiers à *Posidonia oceanica* (1 : Herbier de plaine, vu en coupe ; i = intermatte ; d = intermatte déferlante. 2 = herbier en pain de sucre, vu en coupe. 3 : Herbier tigré, vu en plan. 4 : Herbier de colline, vu en plan. 5 : Herbier de colline, vu en coupe ; c = colline. 6 à 10 : évolution d'une colline, de sa formation à son démantèlement. vvv = *Posidonia oceanica*, pointillés = sable, hachures obliques = matte. Source : Boudouresque et al., 1985a)

3.1.2.2 La limite inférieure de l'herbier au droit de la plage de la Vieille-Chapelle

La limite inférieure de l'herbier se situe entre la balise B23 et B22 à une profondeur de 22,9 m.

La profondeur et la typologie de l'herbier en limite inférieure constituent un paramètre permettant d'apprécier la transparence des eaux et son évolution au cours du temps.

Pour les éco-régions ne présentant pas de pression anthropique importante, la profondeur de référence de la limite inférieure est estimée à **38 m** selon les mesures de Pasqualini (1997). À partir de cette profondeur, il est possible de définir une échelle d'interprétation de la vitalité de l'herbier (Tableau 2).

Tableau 2 : Evaluation de la vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* en fonction de la position bathymétrique de la limite inférieure en Corse (source : Bein A. et al, 2013)

Ecart par rapport à la profondeur de référence	Profondeur	Interprétation de la vitalité de l'herbier
~10%	Inférieure à -34,2 m	Très bonne
De 10% à 20%	De -34,2 à -30,4 m	Bonne
De 20% à 30%	De -30,4 à -26,6 m	Normale
De 30% à 40%	De -26,6 à -22,8 m	Médiocre
Supérieur à 40%	Supérieur à -22,8 m	Mauvaise

En ce qui concerne le type de limite, cinq (5) types de limites sont pris en compte, conformément au tableau suivant.

Tableau 3 : Evaluation de la vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* en fonction de la typologie de la limite inférieure de l'herbier (source : Bein A. et al, 2013)

Type de limite	Caractéristiques principales	Interprétation de la vitalité de l'herbier
Progressive	Présence de rhizomes plagiotropes en avant de la limite	Très bonne
Franche à fort recouvrement	Limite nette présentant un recouvrement supérieur à 25 %	Bonne
Franche à faible recouvrement	Limite nette présentant un recouvrement inférieur à 25 %	Normale
Clairsemée	Densité inférieure à 100 faisceaux/m ² , recouvrement inférieur à 15 %	Médiocre
Régressive	Présence de matte morte en avant de la limite	Mauvaise

3.1.2.3 Le taux de recouvrement

Le taux de recouvrement de l'herbier correspond à la mesure du pourcentage de couverture du substrat par les feuilles de posidonies, par rapport aux zones non couvertes (sable, matte morte, roche). Ce paramètre varie en fonction de la profondeur et de la saison (du fait de la longueur des feuilles), mais également de l'hydrodynamisme, de l'état de santé de l'herbier ou à la suite de phénomènes d'hyper-sédimentation. Le recouvrement est maximal en été, à faible profondeur, et un herbier continu, présentant une vitalité élevée, peut atteindre un recouvrement de 100 %.

Il est estimé ici en limite inférieure à partir de vingt (20) prises de vues verticales prises aléatoirement au-dessus de l'herbier et en arrière de la limite, sans repère particulier (Orfanidis *et al.*, 2011). Ces photos sont ensuite analysées grâce à un quadrillage de cent (100) carreaux apposés à chaque photo. Le nombre de carreaux occupés par l'herbier est alors compté.

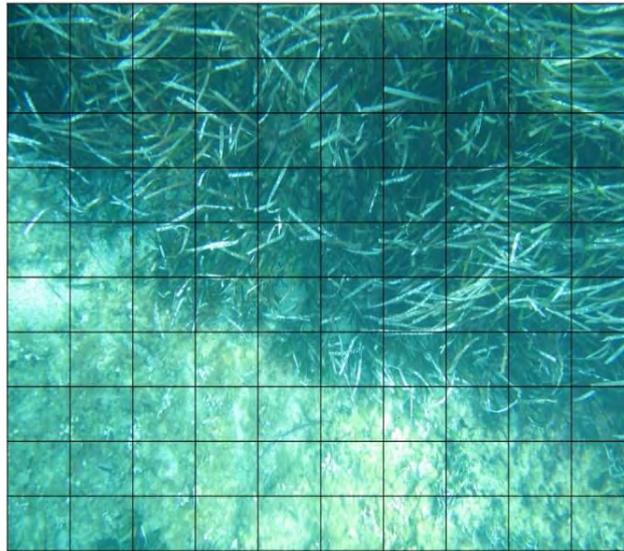


Figure 12 : Quadrillage apposé sur une photo pour calcul du taux de recouvrement

Les valeurs de recouvrement varient selon l'état de vitalité de l'herbier et sont comparées au tableau suivant (Tableau 4).

Tableau 4 : Interprétation de la vitalité de l'herbier en limite inférieure de l'herbier (source : Charbonnel et al., 2000)

Pourcentage de recouvrement pour la limite inférieure de l'herbier (valeurs seuils)	Interprétation de la vitalité de l'herbier
Inférieur à 5 %	Mauvaise
De 5 % à 15 %	Médiocre
De 15 % à 25 %	Normale
De 25 % à 35 %	Bonne

3.1.2.4 La densité des faisceaux foliaires

La mesure de la densité des faisceaux foliaires et l'expertise associée permettent d'évaluer l'état de santé de l'herbier. Ce paramètre peut être corrélé aux conditions environnementales comme la transparence de l'eau (et donc la profondeur) ou le type de substrat. En effet, selon la littérature, une réduction de la transparence de l'eau résultant d'une turbidité plus importante a pour effet notamment une diminution de la densité des faisceaux de feuilles.

La densité d'un herbier est estimée par le nombre de faisceaux au mètre carré. Ce paramètre est mesuré par le comptage des faisceaux à l'intérieur d'un quadrat de 20 cm x 20 cm. Ce quadrat est placé sur l'herbier de façon aléatoire, autour de chaque station. Seules les zones couvertes par l'herbier (donc exclusion des zones d'intermattes) sont prises en considération pour la mesure de cette densité (Giraud, 1977a ; 1977b).

Afin d'obtenir un échantillonnage représentatif, quinze (15) mesures de densité ont été réalisées par station. La moyenne des mesures est ensuite établie et ramenée à une densité par mètre carré.



Figure 13 : Quadrat de 20 cm x 20 cm et mesure de la densité des faisceaux

Pour la mesure de l'état de vitalité de l'herbier en limite inférieure, le comptage des faisceaux a été réalisé au moyen d'un quadrat de 40 cm x 40 cm, sur un total de cinq (5) mesures de densité.



Figure 14 : Quadrat de 40 cm x 40 cm pour la mesure de la densité des faisceaux en limite inférieure de l'herbier

La classification utilisée pour qualifier l'état de vitalité de l'herbier, selon sa densité de faisceaux foliaires et la profondeur de la station d'étude, est présentée dans le tableau suivant (Pergent-Martini et Pergent, 2010) :

Tableau 5 : Classification de l'état de l'herbier selon les densités de faisceaux observés (nb/m²) et le niveau de profondeur (m) (source : Pergent et al., 2008 et Pergent-Martini et al., 2010)

Profondeur (m)	Excellent	Bon	Normal	Médiocre	Mauvais
1	> 1133	1133 à 930	930 à 727	727 à 524	< 524
2	> 1067	1067 à 863	863 à 659	659 à 456	< 456
3	> 1005	1005 à 808	808 à 612	612 à 415	< 415
4	> 947	947 à 757	757 à 567	567 à 377	< 377
5	> 892	892 à 709	709 à 526	526 à 343	< 343
6	> 841	841 à 665	665 à 489	489 à 312	< 312
7	> 792	792 à 623	623 à 454	454 à 284	< 284
8	> 746	746 à 584	584 à 421	421 à 259	< 259
9	> 703	703 à 547	547 à 391	391 à 235	< 235
10	> 662	662 à 513	513 à 364	364 à 214	< 214
11	> 624	624 à 481	481 à 338	338 à 195	< 195
12	> 588	588 à 451	451 à 314	314 à 177	< 177
13	> 554	554 à 423	423 à 292	292 à 161	< 161
14	> 522	522 à 397	397 à 272	272 à 147	< 147
15	> 492	492 à 372	372 à 253	253 à 134	< 134
16	> 463	463 à 349	349 à 236	236 à 122	< 122
17	> 436	436 à 328	328 à 219	219 à 111	< 111
18	> 411	411 à 308	308 à 204	204 à 101	< 101
19	> 387	387 à 289	289 à 190	190 à 92	< 92
20	> 365	365 à 271	271 à 177	177 à 83	< 83
21	> 344	344 à 255	255 à 165	165 à 76	< 76
22	> 324	324 à 239	239 à 154	154 à 69	< 69
23	> 305	305 à 224	224 à 144	144 à 63	< 63
24	> 288	288 à 211	211 à 134	134 à 57	< 57
25	> 271	271 à 198	198 à 125	125 à 52	< 52
26	> 255	255 à 186	186 à 117	117 à 47	< 47
27	> 240	240 à 175	175 à 109	109 à 43	< 43
28	> 227	227 à 164	164 à 102	102 à 39	< 39
29	> 213	213 à 154	154 à 95	95 à 36	< 36
30	> 201	201 à 145	145 à 89	89 à 32	< 32
31	> 189	189 à 136	136 à 83	83 à 30	< 30
32	> 179	179 à 128	128 à 77	77 à 27	< 27
33	> 168	168 à 120	120 à 72	72 à 24	< 24
34	> 158	158 à 113	113 à 68	68 à 22	< 22
35	> 149	149 à 106	106 à 63	63 à 20	< 20
36	> 141	141 à 100	100 à 59	59 à 18	< 18
37	> 133	133 à 94	94 à 55	55 à 17	< 17
38	> 125	125 à 88	88 à 52	52 à 15	< 15
39	> 118	118 à 83	83 à 48	48 à 14	< 14
40	> 111	111 à 78	78 à 45	45 à 13	< 13

3.1.2.5 La proportion de rhizomes plagiotropes

La présence de rhizomes plagiotropes (rhizome croissant horizontalement) est un signe de bonne santé, puisqu'elle exprime la tendance de l'herbier à coloniser (ou à recoloniser) les zones voisines. Au sein d'un herbier, toutefois, l'importance des rhizomes plagiotropes peut également traduire la réaction (positive) de l'herbier à un stress, par exemple la pression d'ancrage.

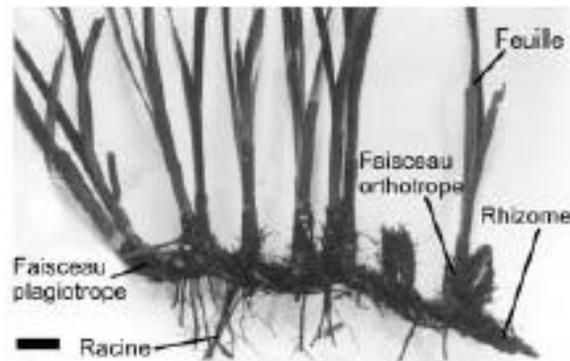


Figure 15 : Description des rhizomes de posidonies (source : Boudouresque et Meinesz, 1982 in Boudouresque et al, 2006)

Sur le terrain, cette valeur est estimée en pourcentage par rapport au nombre total de rhizomes présents dans le quadrat.

Des valeurs seuils ont été définies pour pouvoir interpréter l'état de vitalité d'un herbier à partir des pourcentages moyens de rhizomes plagiotropes mesurés (Tableau 6).

Tableau 6 : Evaluation de la vitalité de l'herbier à partir du pourcentage de rhizomes plagiotropes de *P. oceanica*. (source : Charbonnel et al., 2000)

Pourcentage de rhizomes plagiotropes	Interprétation
< 30 %	Normale (herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression)
Entre 30 % et 70 %	Bonne (légère tendance à la progression)
> 70 %	Très bonne (nette tendance à la progression)

3.1.2.6 Mesure de déchaussement

Le déchaussement des rhizomes traduit généralement l'existence d'un déficit sédimentaire au niveau de l'herbier. La mesure de ce paramètre permet donc d'apprécier rapidement et assez précisément l'hydrodynamisme d'une zone et les déplacements sédimentaires qui y ont lieu. En outre, un déchaussement important entraîne une fragilisation de l'herbier, ce qui accroît sa vulnérabilité vis-à-vis des actions de mouillage et de chalutage. La mesure du déchaussement des rhizomes est réalisée selon les conventions définies par Boudouresque *et al.* (1980) :

- Pour les rhizomes plagiotropes, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la partie inférieure des rhizomes ;
- Pour les rhizomes orthotropes, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la base des feuilles, distance à laquelle on soustrait 2 cm.

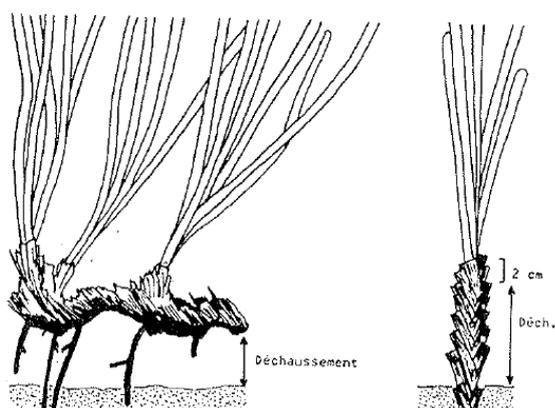


Figure 16 : Mesure du déchaussement de l'herbier de Posidonies (source : Boudouresque et al, 2006)

Cette valeur est mesurée par le plongeur à l'aide d'un réglelet sur **cinq (5) faisceaux** choisis à l'intérieur du quadrat.

Une échelle d'évaluation du déchaussement a été proposée dans la méthodologie utilisée pour le Réseau de Surveillance Posidonies (Charbonnel et al., 2000) afin de caractériser au mieux ce paramètre.

Tableau 7 : Échelle d'évaluation du déchaussement en fonction des valeurs moyennes mesurées (source : Charbonnel et al., 2000)

Déchaussement (Valeurs seuils)	Interprétation
Inférieur à 5 cm	Déchaussement faible
5-15 cm	Déchaussement moyen
Supérieur à 15 cm	Déchaussement important

3.1.2.7 Stations définies pour la caractérisation de l'herbier à *Posidonia oceanica*

La caractérisation de l'herbier au niveau du tracé du câble SEG1 a été réalisée au niveau de trois (3) stations dont les coordonnées des points GPS sont présentées ci-après.

Tableau 8 : Coordonnées GPS des stations herbiers de Posidonies

Station	Profondeur (en m)	Coordonnées (en WGS 84) des stations d'herbiers	
		Latitude	Longitude
Herbier 1 – Limite inférieure de l'herbier	22,9	43°15'9.91"N	5°21'3.44"E
Herbier 2 – Herbier dense	14,5	43°14'58.51"N	5°21'37.33"E
Herbier 3 – Limite supérieure de l'herbier	9,3	43°14'57.99"N	5°21'59.14"E

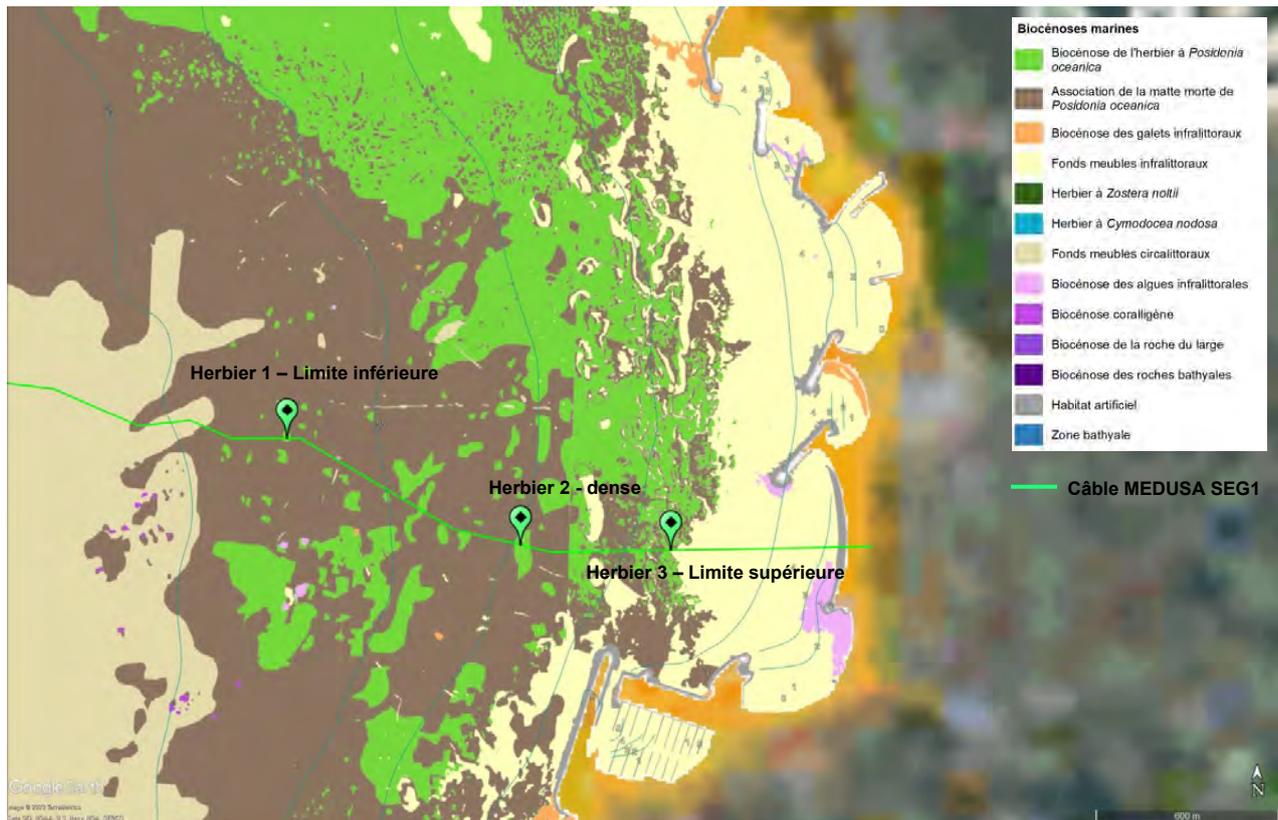


Figure 17 : Localisation des stations d'étude pour l'évaluation de la vitalité de l'herbier (fond de carte MEDTRIX)

3.1.3 Reconnaissance des fonds coralligènes au droit de la plage de la Vieille-Chapelle

La biocénose du coralligène est décrite comme un fond dur d'origine biogénique principalement produit par accumulation d'algues calcaires encroûtantes, vivant dans des conditions de luminosité réduite. Les anfractuosités et les microcavités du coralligène abritent de nombreuses espèces fixées et mobiles. Par ses caractéristiques morphologiques et biologiques, le coralligène est considéré comme un des principaux réservoirs de biodiversité en zone littorale, avec l'herbier de Posidonies. Il présente donc une grande valeur patrimoniale.

Un transect a été effectué sur une distance de 30 m à partir du tracé du câble (point C1) jusqu'à la roche coralligène (C2). Les plongeurs ont prospecté l'ensemble de la roche coralligène (point C3 et C4) sur une distance totale de 160 m environ.

Les coordonnées des points GPS sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 9 : Coordonnées des points GPS des stations coralligènes

Station	Profondeur (en m)	Coordonnées (en WGS 84) des stations d'herbiers	
		Latitude	Longitude
C1	35	43°15'12.85"N	5°19'45.95"E
C2		43°15'12.30"N	5°19'46.15"E
C3		43°15'11.61"N	5°19'43.77"E
C4		43°15'11.18"N	5°19'51.10"E

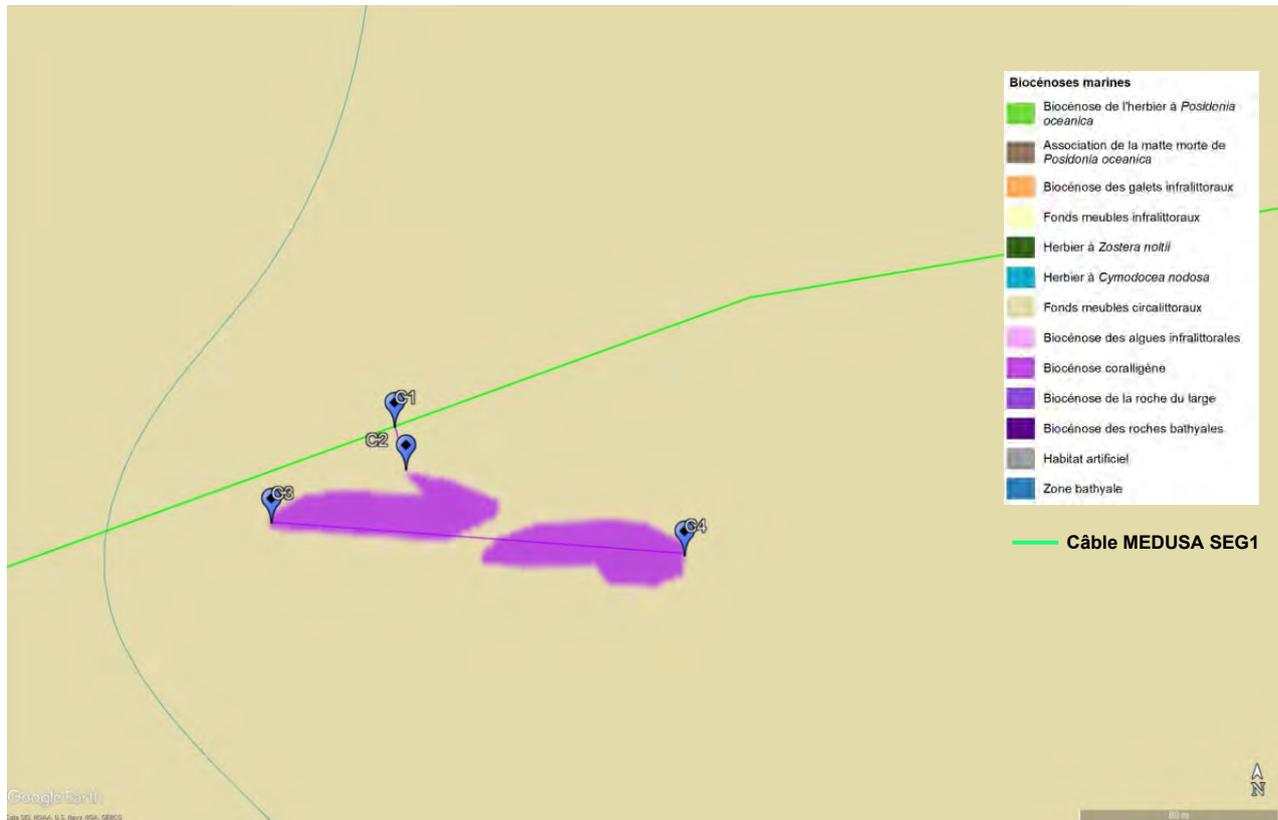


Figure 18 : Localisation de la zone à coralligène étudiée en plongée (fond de carte MEDTRIX)

3.2 RESULTATS

3.2.1 Description des fonds observés sur la route du câble

Les observations réalisées en plongée sont présentées depuis le point d'immersion des plongeurs au niveau de la balise B27 (côté large à 25,2 m de profondeur) vers la balise B1 (côté rivage à 9,2 m de profondeur).

Aucun individu vivant de l'espèce patrimoniale *Pinna nobilis* (grande nacre) n'a été observé le long du tracé du câble SEG1, sur un couloir de 5 mètres de part et d'autre du filin.

Chaque transect a fait l'objet d'une caractérisation des fonds et de la biocénose associée. Les observations sont synthétisées dans le tableau ci-dessous, puis détaillées dans les parties suivantes.

Tableau 10 : Synthèse des observations pour chaque transect parcouru en plongée sous-marine

Balise	Profondeur (en m)	Nature du fond	Observations sur le tracé
B27-B26	25,2-24,2	Matte morte / sable	Large zone de matte morte
B26-B25	24,2-24,0	Matte morte / sable	Large zone de matte morte Ilots d'herbiers à 5 m du câble (1 m ²)
B25-B24	24,0-23,8	Matte morte / sable	Large zone de matte morte Ilots d'herbiers (5m ²) Rhodolites isolés Croisement d'1 câble

Balise	Profondeur (en m)	Nature du fond	Observations sur le tracé
B24-B23	23,8-23,6	Matte morte	Large zone de matte morte Ilots d'herbiers (5 à 20m ²) Rhodolithes isolés
B23-B22	23,6-22,6	Matte morte	Large zone de matte morte Limite inférieure de l'herbier dense Herbier discontinu Croisement d'1 câble
B22-B21	22,6-22,2	Matte morte	Large zone de matte morte Herbier discontinu Croisement d'1 câble
B21-B20	22,2-22,4	Matte morte	Herbier discontinu Croisement d'1 câble
B20-B19	22,4-22,3	Matte morte	Herbier discontinu
B19-B18	22,3-21,8	Matte morte	Herbier discontinu et dense (100 m ²) Rhodolithes isolés Croisement d'1 câble Large zone de matte morte
B18-B17	21,8-21,5	Matte morte	Large zone de matte morte Ilots d'herbiers (5 m ²) Rhodolithes isolés Croisement d'1 câble
B17-B16	21,5-20,9	Matte morte	Large zone de matte morte Ilots d'herbiers (5 m ²) Croisement d'1 câble
B16-B15	20,9-20,0	Matte morte	Large zone de matte morte Ilots d'herbiers (5 m ²) Rhodolithes isolés Croisement de 2 câbles Présence de <i>Caulerpa racemosa</i> Champ de <i>Codium bursa</i>
B15-B14	20,0-19,4	Matte morte	Large zone de matte morte Ilots d'herbiers (1 m ²) Rhodolithes isolés Champ de <i>Codium bursa</i>
B14-B13	19,4-18,3	Matte morte	Herbier discontinu et dense Croisement de 3 câbles Trou dans la matte morte
B13-B12	18,3-17,8	Matte morte	Herbier discontinu et dense Ilots d'herbiers
B12-B11	17,8-16,8	Matte morte	Herbier discontinu et dense Ilots d'herbiers Trou dans la matte morte Large zone de matte morte Champ de <i>Flabellia petiolata</i>
B11-B10	16,8-15,9	Matte morte	Large zone de matte morte Ilots d'herbiers Champ de <i>Codium bursa</i>
B10-B09	15,9-15,3	Matte morte	Herbier discontinu et dense Croisement de 2 câbles
B09-B08	15,3-14,6	Matte morte	Ilots d'herbiers (10 m ²) Large zone de matte morte Croisement d'1 câble
B08-B07	14,6-14,0	Matte morte	Large zone de matte morte Ilots d'herbiers
B07-B06	14,0-12,3	Matte morte	Herbier discontinu et dense

Balise	Profondeur (en m)	Nature du fond	Observations sur le tracé
B06-B05	12,3-12,0	Matte morte	Herbier discontinu et dense
B05-B04	12,0-10,7	Matte morte	Herbier discontinu et dense Ilots d'herbiers Trou dans la matte morte à 2 m de distance
B04-B03	10,7-10,8	Matte morte/sable	Herbier discontinu et dense Tombant de matte (1 m de hauteur) Alternance matte morte / sable
B03-B02	10,8-9,7	Sable/ matte morte	Herbier discontinu et dense Tombant de matte Alternance sable / matte morte
B02-B01	9,7-9,2	Matte morte / sable	Herbier discontinu et dense Alternance matte morte / sable Présence de macrodéchets (chaise, ballon, etc)

Le câble MEDUSA SEG1 longe quatre (4) différentes sections selon le type de fond et d'herbier, qui sont décrits et illustrés ci-dessous :

- Ilots de Posidonie d'une superficie allant d'1 à 20 m² en alternance avec de larges zones de matte morte entre **B27 et B23** (25,2-23,6 m de profondeur) et entre **B18 et B14** (21,8-19,4 m de profondeur) ;
- Herbier dense et sous forme discontinu en alternance avec la matte morte, entre **B23 et B18** (23,6 – 21,7 m de profondeur) et entre **B14 et B01** (19,4-9,2 m de profondeur).

3.2.1.1 Les fonds entre les balises B27 (25,2 m de prof.) et B23 (23,6 m de prof.) : zone de matte morte et îlots d'herbiers de Posidonie

Les fonds sont recouverts de sables coquilliers et de matte morte dès le début des investigations à la balise B27 (25,2 m de profondeur) jusqu'à B23 (23,6 m de profondeur).

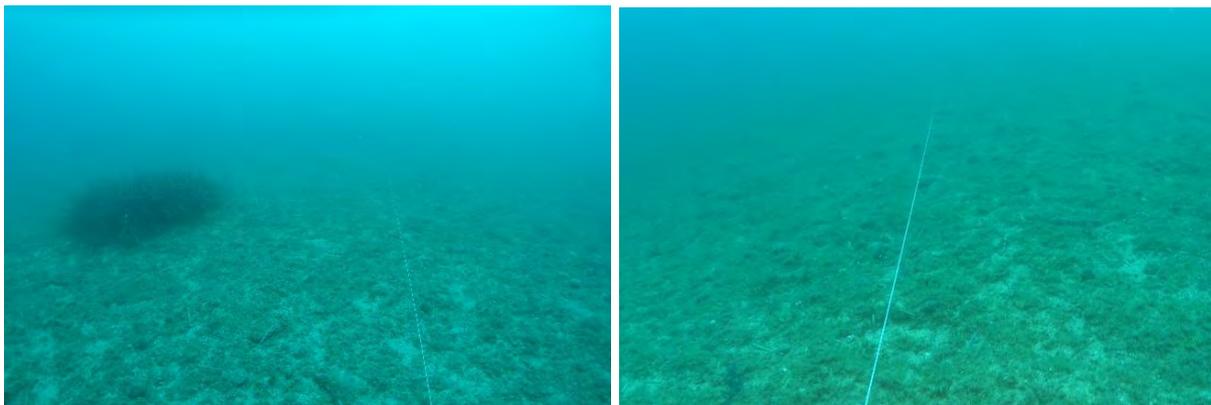


Figure 19 : Fond constitué de sable coquillier, recouvert d'une large zone de matte morte et îlots de Posidonie proches du tracé SEG1 entre B27-B26 (à gauche), et entre B25-B24 (à droite)

A partir de B26 (21,2 m de profondeur), quelques îlots de Posidonie sont présents de part et d'autre du câble à 5 m de distance, d'une superficie équivalente à 1 m². La densité de ces îlots augmente jusqu'à 20 m² environ entre B25-B23, jusqu'à atteindre la limite inférieure de l'herbier de Posidonie entre 23,6 m et 22,6 m de profondeur (entre B23-B22).



Figure 20 : Ilots de *Posidonie* d'1 m² proche du câble entre B27-B26 (à gauche) et de densité plus importante sur le tracé du câble entre B24-B23 (à droite)

Le câble MEDUSA SEG1 croise un câble sous-marin entre B25 (24,0 m) et B24 (23,8 m de profondeur), celui-ci est colonisé par une gorgone *Eunicella singularis*. Il pourrait s'agir d'un câble téléphonique intercontinental hors service d'après notre base de données.

A proximité du câble et sur l'ensemble des transects, on retrouve quelques algues calcaires corallinacées sous forme isolée du genre *Lithothamnion spp.*, caractéristiques des rhodolithes, notamment entre B25 (24,0 m de prof.) et B23 (23,6 m de prof.).

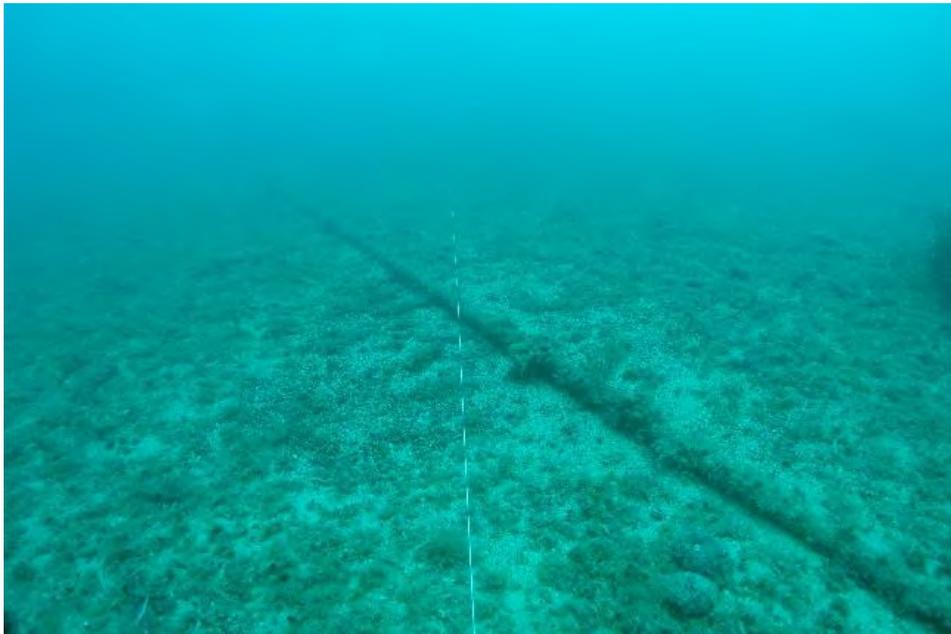


Figure 21 : Croisement de câbles entre SEG1 et un câble sous-marin probablement hors service entre B25-B24



Figure 22 : Rhodolithes isolés et gorgone *Eunicella singularis* entre B25-B24

Concernant les espèces rencontrées sur ces transects, des étoiles de mer, dont deux (2) individus de l'espèce *Echinaster sepositus* et un de l'espèce *Marthasterias glacialis* ont été observées, ainsi que deux (2) holothuries *Holothuria tubulosa*, entre B27-B26 et entre B25-B24. On distingue une forte densité d'algues vertes *Codium bursa* recouvrant le fond sur l'ensemble des transects parcourus.



Figure 23 : *Echinaster sepositus* et *Holothuria tubulosa* entre B27-B26



Figure 24 : Etoile de mer *Marthasterias glacialis* entre B25-B24 (à gauche) et *Codium bursa* (à droite)

3.2.1.2 Les fonds entre les balises B23 (23,6 m de prof.) et B18 (21,8 m de prof.) : herbier dense et discontinu – limite inférieure de l'herbier

3.2.1.2.1 **Type de fond et d'herbier**

Le type de fond évolue vers un herbier dense et discontinu entre les balises B23 et B18.

En effet, le câble longe un herbier dense pouvant atteindre une superficie de 100 m² à 23,6 m de fond (B23), en alternance avec des zones de matte morte étendues jusqu'à la balise B18 (21,8 m de prof.).

La limite inférieure de l'herbier est identifiée entre les balises B23-B22 (23,6-22,6 m de profondeur).



Figure 25 : Limite inférieure de l'herbier de Posidonie entre B23-B22 (à gauche) ; Alternance herbier discontinu et large matte morte entre B22-B21 (à droite)



Figure 26 : Alternance en herbier discontinu et large zone de matte morte entre B20-B19

Quelques rhodolithes sous forme isolés sont observés entre B19-B18 (22,3-21,8 m de prof.), ainsi que des holothuries de type *Holothuria tubulosa* et l'algue verte *Codium bursa*.

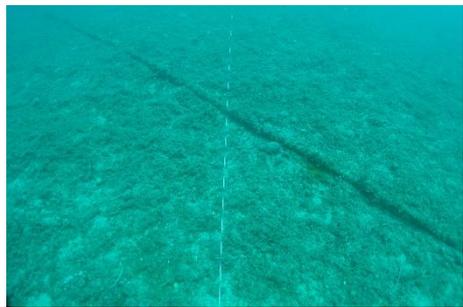
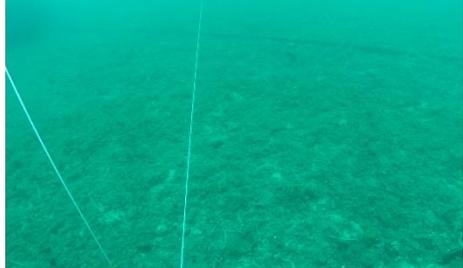


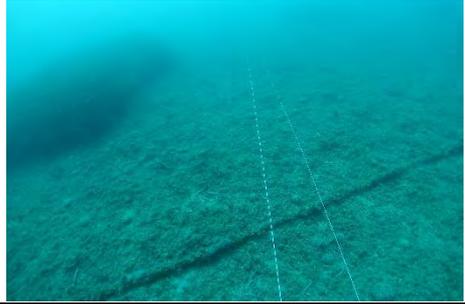
Figure 27 : *Holothuria tubulosa* et *Codium bursa* entre B23 et B22 (à gauche) ; *Rhodolithes* au niveau de B18 (à droite)

3.2.1.2.2 Croisement de câbles sous-marins

Entre les cinq (5) transects parcourus de B23 à B18, on distingue la présence de quatre (4) câbles sur la route du câble MEDUSA SEG1, probablement coaxiaux hors service d'après notre base de données.

Tableau 11 : Observations des câbles croisant le tracé du câble MEDUSA SEG1 entre B23-B18

Balises	Profondeur (en m)	Illustrations
B23-B22	23,6-22,6	
B22-B21	22,6-22,2	
B21-B20	22,2-22,4	

B19-B18	22,3-21,8	
---------	-----------	--

3.2.1.3 Les fonds entre les balises B18 (21,8 m de prof.) et B14 (19,4 m de prof.) : îlots de Posidonie et large zone de matte morte

3.2.1.3.1 Type de fond et d'herbier

A partir de B18 et jusqu'à B14, le câble longe un fond recouvert de matte morte où la densité de l'herbier de Posidonie diminue pour ne former que quelques îlots atteignant une surface de 5 m².

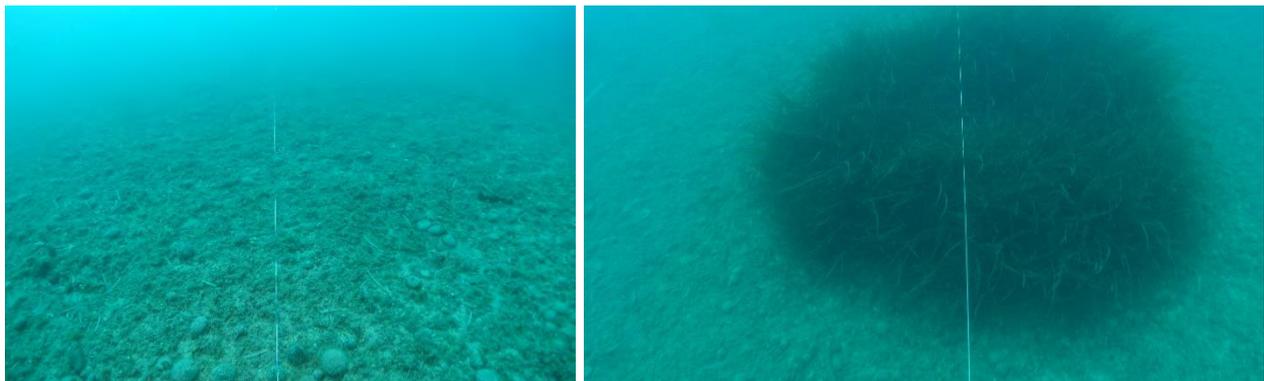


Figure 28 : Large zone de matte morte entre B18-B17 (à gauche) ; Îlots de Posidonie autour d'une large zone de matte morte au niveau de B17 (à droite)



Figure 29 : Îlots d'herbier et large zone de matte morte entre B15-B14

On retrouve quelques rhodolithes sous forme isolée entre B18-B17 (21,8-21,5 m de prof.) et B16-B14 (20,9-19,4 m de prof.), ainsi qu'un champ de *Codium bursa* et la présence de l'algue verte *Caulerpa racemosa* entre B16-B15.



Figure 30 : Rhodolithes entre B18-B17 (à gauche) ; Champ de *Codium bursa* entre B17-B16 (à droite)

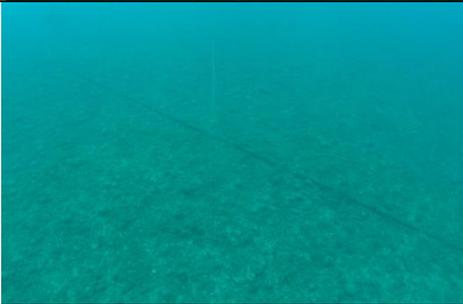
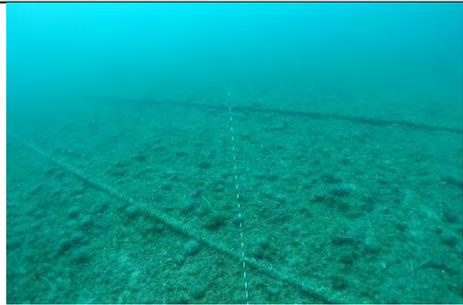


Figure 31 : *Holothuria tubulosa*, *Codium bursa* et *Flabellia petiolata* (à gauche) et *Caulerpa racemosa* (à droite) entre B16-B15

3.2.1.3.2 Croisement de câbles sous-marins

Le câble MEDUSA SEG1 croise quatre (4) câbles sous-marins entre B18-B14, probablement coaxiaux et hors service à ces profondeurs d'après notre base de données.

Tableau 12 : Observations des câbles existants croisant le tracé du câble MEDUSA SEG1 entre B23-B18

Balises	Profondeur (en m)	Illustrations
B18-B17	21,8-21,5	
B17-B16	21,5-20,9	
B16-B15	20,9-20,0	

3.2.1.4 Les fonds entre les balises B14 (19,4 m de prof.) à B01 (9,2 m de prof.) : Herbier dense et discontinu – limite supérieure de l'herbier

3.2.1.4.1 Type de fond

A partir de la balise B14, la densité des tâches l'herbier de Posidonie augmente pour former un herbier dense et discontinu jusqu'en B1, sauf au niveau de plusieurs transects coupés par de larges zones de matte morte comme entre B13 et B11 et entre B11-B10.



Figure 32 : Herbier dense et discontinu fragmenté par des zones de matte morte entre B14-B13 (à gauche) et entre B12-B11 (à droite)

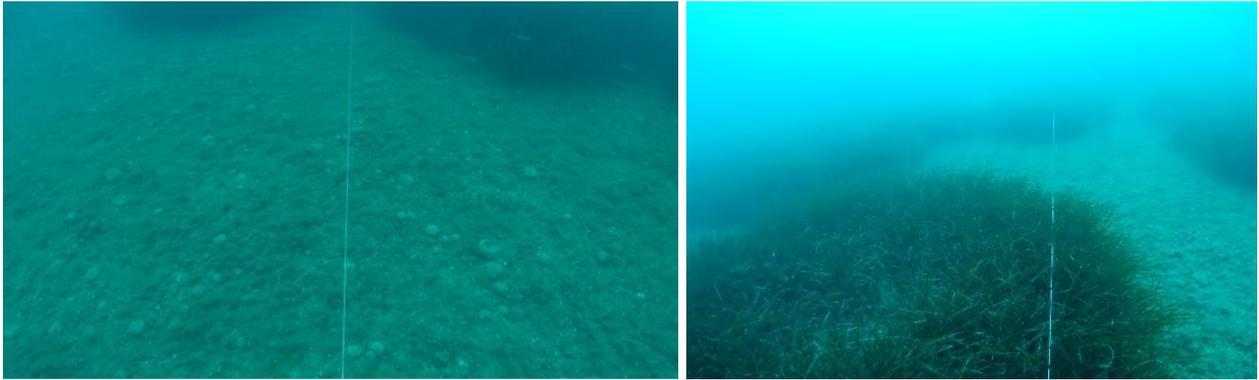


Figure 33 : Substrat recouvert de matte morte (à gauche) et herbier de type discontinu et dense entre B13-B12 (à droite)

A partir de B10, l'herbier réapparaît avec une forte densité sur la quasi-totalité du transect jusqu'à B09 sur près de 70 m de long. Il apparaît ensuite sous forme de tâches isolées d'environ 10 m² sur un fond constitué de matte morte qui prédomine sur l'ensemble du transect allant de B09 jusqu'à B07.



Figure 34 : Herbier dense entre B10-B09 (à gauche) ; Tâches d'herbier dense entre B09-B08 (à droite)

Le câble longe de nouveau un herbier de forte densité et sous forme discontinu en alternance avec la matte morte entre B07 et B03, sauf entre B05-B04 sur 70 m de long où il apparaît sous forme de tâches d'herbier.



Figure 35 : Herbier dense et discontinu entre B07-B06 (à gauche) et entre B06-B05 (à droite)



Figure 36 : Herbier dense et discontinu (à gauche) et tâches d'herbier sur fond de matte morte entre B05-B04 (à droite)

Le tracé du câble passe au niveau d'un « trou » de matte morte à deux (2) reprises d'une surface équivalente à 4 m² et de 10 cm de profondeur, à 10 mètres avant B13, et entre B12-B11 (entre 18,3 et 16,8 m de prof.). Il passe également à 2 m de distance d'un « trou » ou d'une dépression de matte morte de plus grande surface et plus profond (environ 30 cm) situé entre B05 et B04 (entre 12,0 et 10,7 m de prof.).



Figure 37 : Trou dans la matte morte sur le tracé du câble entre B14-B13 (à gauche) et entre B12-B11 (à droite)



Figure 38 : Trou ou dépression dans la matte morte entre B05-B04

Quelques mètres avant la balise B03 en direction de la côte (10,8 m de prof.), le câble croise un tombant de matte morte d'environ 1 m de hauteur. Celui-ci marque une variation de la nature du fond avec l'alternance entre la matte morte et le sable coquillier. Une roche colonisée par des algues photophiles de surface inférieure à 1 m² est présente à moins d'un mètre de distance du câble.



Figure 39 : Tombant de matte morte entre B04-B03



Figure 40 : Herbier dense et discontinu et roche à moins d'1 m du câble entre B04-B03 (à droite)

Un herbier dense et de type discontinu apparaît de nouveau à partir de B03 jusqu'à B02 (10,8-9,7 m de prof.), coupé par de grandes zones de matte morte et d'un tombant de matte morte d'environ 1 m de hauteur également. Il est de nouveau dense et discontinu jusqu'au dernier transect B02-B01 (9,7-9,2 m de prof.). La limite supérieure de l'herbier se situe avant B01 à 9,3 m de profondeur où l'alternance entre l'herbier et la biocénose des sables fins bien calibrés est nettement visible.



Figure 41 : Tombant de matte morte et herbier dense et discontinu coupé par des zones de matte morte entre B03-B02



Figure 42 : Herbier dense et discontinu (à gauche) et alternance entre herbier et sable fin (à droite) entre B02-B01



Figure 43 : Substrat constitué de sable fin entre B02-B01

Concernant les espèces au niveau de la faune et de la flore observées sur ces transects, quelques-unes ont été recensées :

- L'anémone *Anemonia viridis* ;
- Des champs de l'algue verte *Flabellia petiolata* entre B12-B11 et de *Codium bursa* entre B11-B10 ;
- Des algues vertes *Acetabularia acetabulum* ;
- Des holothuries *Holothuria tubulosa*.



Figure 44 : *Anemonia viridis* entre B13-B12 (à gauche) ; Champ de *Flabellia petiolata* entre B12-B11 (à droite)



Figure 45 : Champs de *Codium bursa* sur fond constitué uniquement de matte morte entre B11-B10 (à gauche) et *Holothuria tubulosa* entre B09-B08 (à droite)



Figure 46 : *Acetabularia acetabulum* entre B07-B06

Le tracé du câble SEG1 passe à proximité de quelques déchets d'origine anthropique notamment entre B07-B06 (14,0-12,3 m de prof.) et B02-B01 (9,7-9,2 m de prof.).

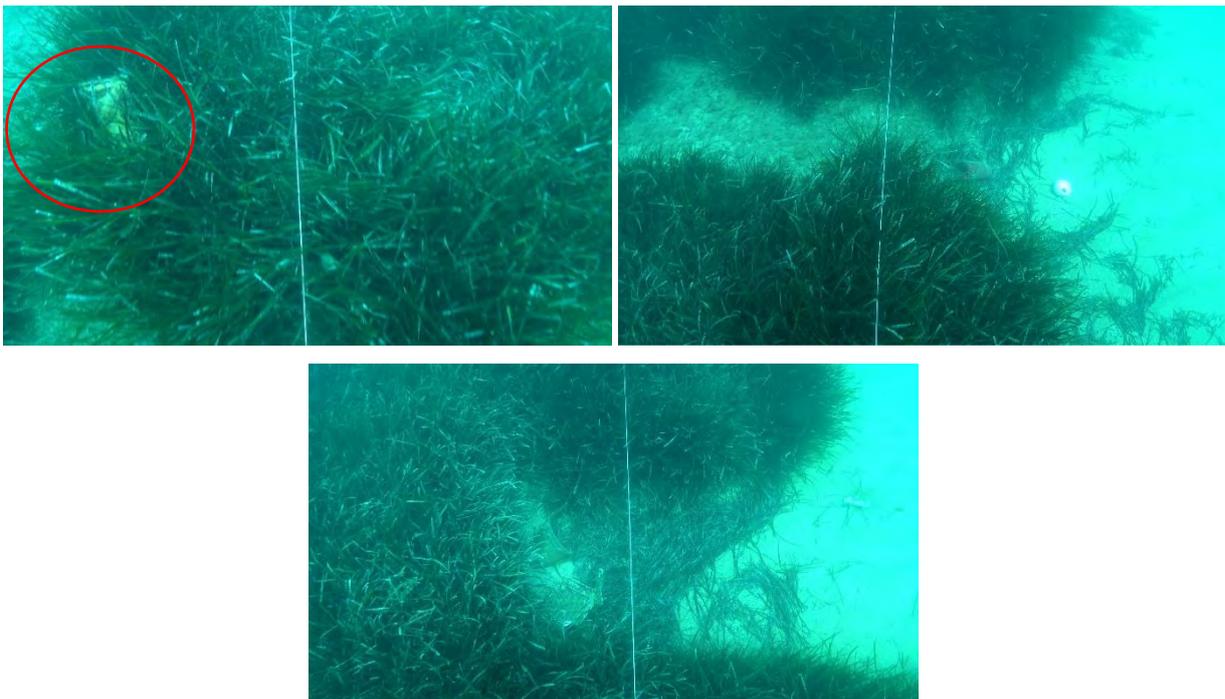
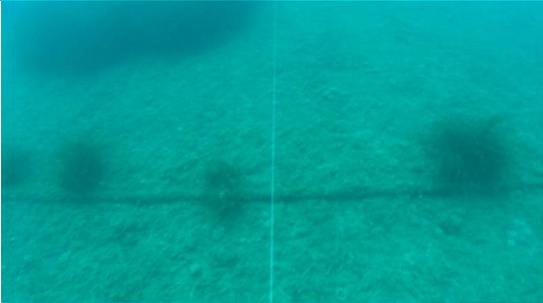
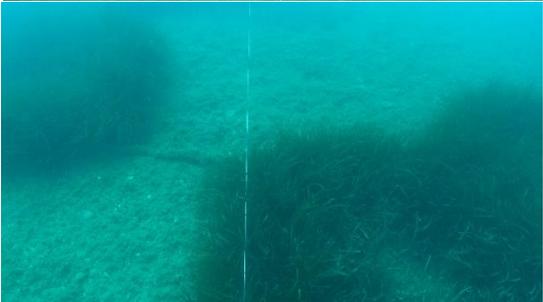


Figure 47 : Déchets observés entre B07-B06 (à gauche) et B02-B01 (à droite et en bas)

3.2.1.4.2 Croisement de câbles sous-marins

Le tracé du câble MEDUSA SEG1 croise six (6) câbles sous-marins sur sa trajectoire, colonisés par des algues photophiles. D'après notre base de données, la plupart d'entre eux sont des câbles sous-marins téléphoniques voire télégraphiques hors service, mais le câble MEDUSA SEG1 semble croiser le câble fibre optique HAWK actuellement en service.

Tableau 13 : Observations des câbles croisant le tracé du câble MEDUSA SEG1 entre B41-B01

Balises	Profondeur (en m)	Illustrations
B14-B13	19,4-18,3	
		
		
B10-B09	15,9-15,3	

		
B09-B08	15,3-14,6	

3.2.2 Caractérisation de l'herbier de posidonies au droit de la plage de la Vieille-Chapelle

La caractérisation de l'herbier de posidonies a été réalisée en trois (3) stations selon une série de descripteurs utilisés pour évaluer son état de vitalité. La limite inférieure de l'herbier a été identifiée à 22,9 m de profondeur (entre les balises B23 et B22).

Les mesures ont été réalisées en limite inférieure de l'herbier (station *Herbier 1* à 22,9 m de profondeur), au centre des zones d'herbier continu (station *Herbier 2* à 14,5 m de profondeur) et en limite supérieure de l'herbier (station *Herbier 3* à 9,3 m de profondeur).

3.2.2.1 Caractérisation de la station *Herbier 1* – 22,9 m de profondeur

Cette station a été choisie en limite inférieure de l'herbier située sur le tracé du câble, à l'interface avec la matte morte, sur une profondeur de 22,9 mètres.

La matte morte est apparente en avant de la limite et tout autour de la station. Elle est recouverte de sable grossier. La limite inférieure à cette station est discontinue. En effet, à cet endroit l'herbier se présente sous la forme de plusieurs patches sur l'ensemble de la station.

Les photographies suivantes illustrent les observations de la limite inférieure.



Figure 48 : Illustrations de l'herbier en limite inférieure à la station Herbier 1

La profondeur moyenne sur cette station est de 22,9 m environ. L'écart par rapport à la profondeur de référence (38 m selon les mesures de Pasqualini, 1997) est de **39,7 %**, ce qui correspond à un état classé **médiocre** concernant la vitalité de l'herbier selon la grille d'évaluation de Bein A. et al, 2013.

La limite est ici **régressive** puisque la matte morte est observée avant la limite inférieure, signe d'un recul des faisceaux de posidonies vers de plus faibles fonds. La présence d'une limite régressive est caractéristique d'une vitalité de l'herbier de Posidonies dite **mauvaise** si l'on se réfère à cet unique paramètre, selon la grille d'évaluation de Bein A. et al, 2013.

Le taux de recouvrement n'a pas été calculé compte tenu de la faible taille des taches de posidonies.

L'état de vitalité de l'herbier en limite inférieure est donc médiocre à mauvais selon les descripteurs retenus.

Tableau 14 : Caractérisation de la limite inférieure de l'herbier – Station Herbier 1

Station	Prof (en m)	Ecart par rapport à la profondeur de référence (38 m)	Interprétation de la vitalité de l'herbier (Bein A. et al, 2013)	Type de limite inférieure	Interprétation type limite (Bein A. et al, 2013)
Herbier 1	22,9	39,7 %	Médiocre	Régressive	Mauvaise

Concernant les autres paramètres mesurés permettant d'apprécier l'état de vitalité de l'herbier de Posidonies :

- La densité mesurée des faisceaux foliaires à cette station est de **174 faisceaux/m²**, ce qui correspond à un herbier à **l'état normal** selon la classification de Pergent-Martini et Pergent, (2010);
- Le déchaussement moyen mesuré de **3,0 cm** traduit un **faible déchaussement** (inférieur à 5 cm), selon la classification de Charbonnel et al. (2000) ;
- Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué en son sein à **0 %** ce qui correspond à un **état normal** (<30 %), soit à un **herbier généralement stable**, avec peu ou pas de progression, selon la classification de Charbonnel et al., 2000.

Tableau 15 : Résultats des mesures réalisées à la station Herbier 1

Station	Prof (en m)	Densité moy. (faisceaux/m ²) ± écart-type	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm) ± écart-type	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel et al., 2000)	Rhizomes plagiotropes (en %)	Interprétation % plagiotropes (Charbonnel et al., 2000)
Herbier 1	22.9	174 ± 32	Normal	3,0 ± 0,7	Faible	0	Normale

Concernant les observations visuelles :

- Les feuilles relativement longues (longueur maximale des feuilles à 74,2 cm) présentent dans l'ensemble une couverture moyenne en épiphytes (60 %) ;
- Peu d'espèces ichtyologiques ont été observées, sans aucune espèce patrimoniale particulière ;
- Aucune espèce de nacre n'a été observée (ni *Pinna nobilis*, ni *Pinna rudis*).

3.2.2.2 Caractérisation de la station Herbier 2 – 14,5 m de profondeur

La station *Herbier 2* est localisée au niveau d'une zone d'herbier de posidonies dense et entourée d'une zone de matte morte étendue. L'herbier présente peu de relief et la hauteur de matte est modeste (quelques centimètres).

Les photographies suivantes illustrent les observations de la station.



Figure 49 : Illustrations de l'herbier autour de la station Herbier 2 à 14,5 m de profondeur

Concernant les paramètres mesurés :

- La densité mesurée des faisceaux foliaires à cette station est de **420 faisceaux/m²**, ce qui correspond à un herbier **en bon état** selon la classification de Pergent-Martini et Pergent, (2010);
- Le déchaussement moyen mesuré de **3,8 cm** traduit un **déchaussement faible** (inférieur à 5 cm), selon la classification de Charbonnel et *al.* (2000) ;
- Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué en son sein à **1,0 %** ce qui correspond à un **état normal** (< 30 %), soit à un **herbier généralement stable**, avec peu ou pas de progression, selon la classification de Charbonnel et *al.*, 2000.

Tableau 16 : Résultats des mesures réalisées à la station Herbier 2

Station	Prof (en m)	Densité moy. (faisceaux/m ²) ± écart-type	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm) ± écart-type	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel et al., 2000)	Rhizomes plagiotropes (en %) ± écart-type	Interprétation % plagiotropes (Charbonnel et al., 2000)
Herbier 2	14.5	420 ± 104	Bon	3.8 ± 1.8	Faible	1.0	Normale

Concernant les observations visuelles :

- Les feuilles présentent une longueur maximale de 56,3 cm avec une faible couverture en épiphytes ;
- Peu d'espèces ichtyologiques ont été observées, sans aucune espèce patrimoniale particulière ;
- Aucune espèce de nacre n'a été observée (ni *Pinna nobilis*, ni *Pinna rudis*).

3.2.2.3 Caractérisation de la station Herbier 3 – 9,3 m de profondeur

La station *Herbier 3* est localisée au niveau d'une zone d'herbier dense et sur une profondeur de 9,3 mètres. La station se situe à l'interface de la biocénose des sables fins bien calibrés. L'herbier présente un relief avec une hauteur de matre modeste mais significative (environ 50 centimètres). On note également la présence de sables grossiers coquilliers et de galets (environ 3 cm).

Les photographies suivantes illustrent les observations de la station.

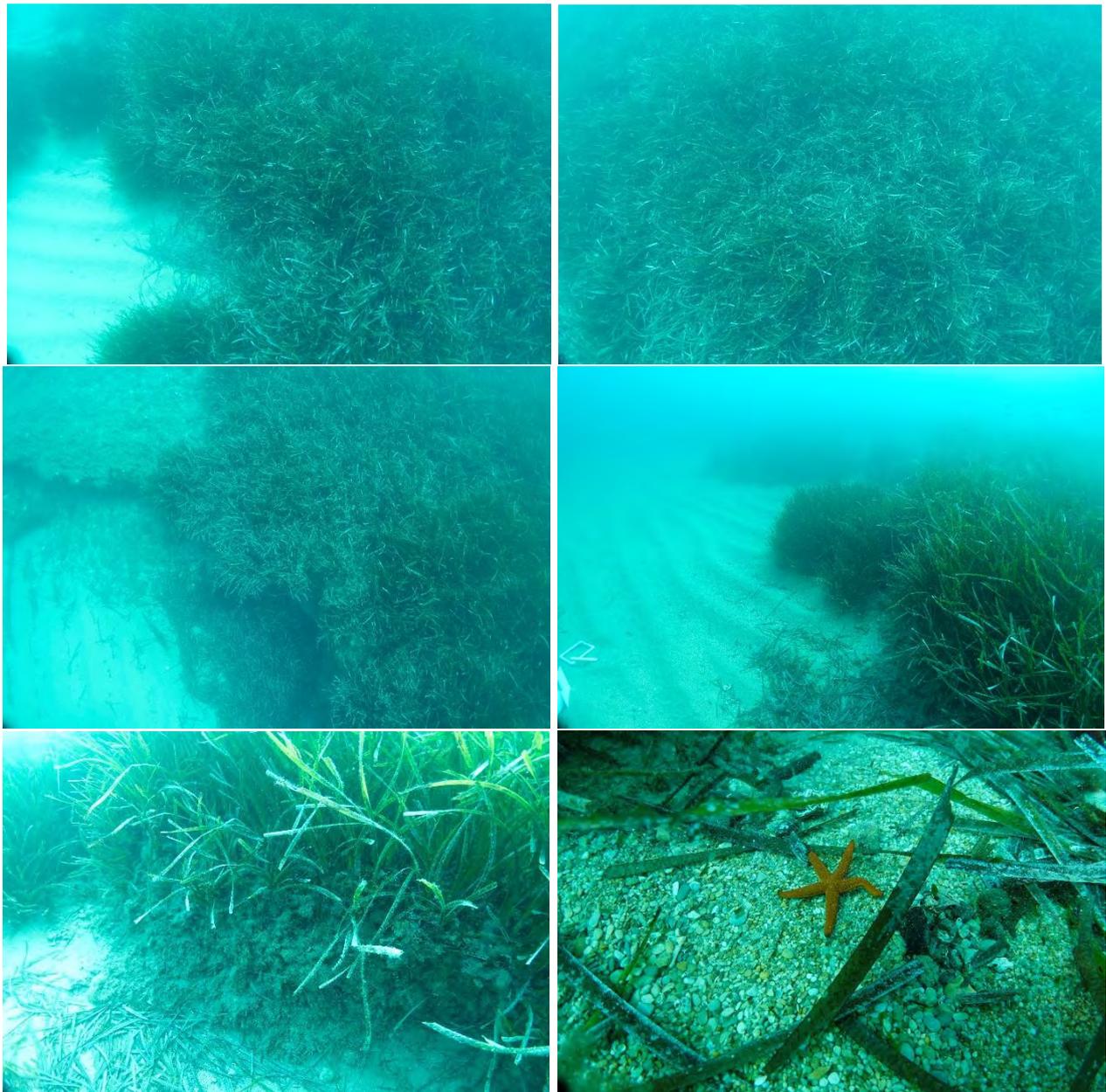


Figure 50 : Illustrations de l'herbier autour de la station Herbier 2 à 9,3 m de profondeur

Concernant les paramètres mesurés :

- La densité mesurée des faisceaux foliaires à cette station est de **457 faisceaux/m²**, ce qui correspond à un herbier à **l'état normal** selon la classification de Pergent-Martini et Pergent, (2010) ;
- Le déchaussement moyen mesuré de **5,5 cm** traduit **un déchaussement moyen** (compris entre 5 et 15 cm), selon la classification de Charbonnel et *al.* (2000) ;
- Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué en son sein à **1,3 %** ce qui correspond à un **état normal** (< 30 %), soit à **un herbier généralement stable**, avec peu ou pas de progression, selon la classification de Charbonnel et *al.*, 2000.

Tableau 17 : Résultats des mesures réalisées à la station Herbier 3

Station	Prof (en m)	Densité moy. (faisceaux/m ²) ± écart-type	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm) ± écart-type	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel et al., 2000)	Rhizomes plagiotropes (en %) ± écart-type	Interprétation % plagiotropes (Charbonnel et al., 2000)
Herbier 3	9,3	457 ± 110	Normal	5.5 ± 1.2	Moyen	1.3	Normale

Concernant les observations visuelles :

- Les feuilles présentent une longueur maximale de 48,9 cm avec une faible couverture en épiphytes dans l'ensemble ;
- Peu d'espèces ichtyologiques ont été observées, sans aucune espèce patrimoniale particulière ;
- Aucune espèce de nacre n'a été observée (ni *Pinna nobilis*, ni *Pinna rudis*).

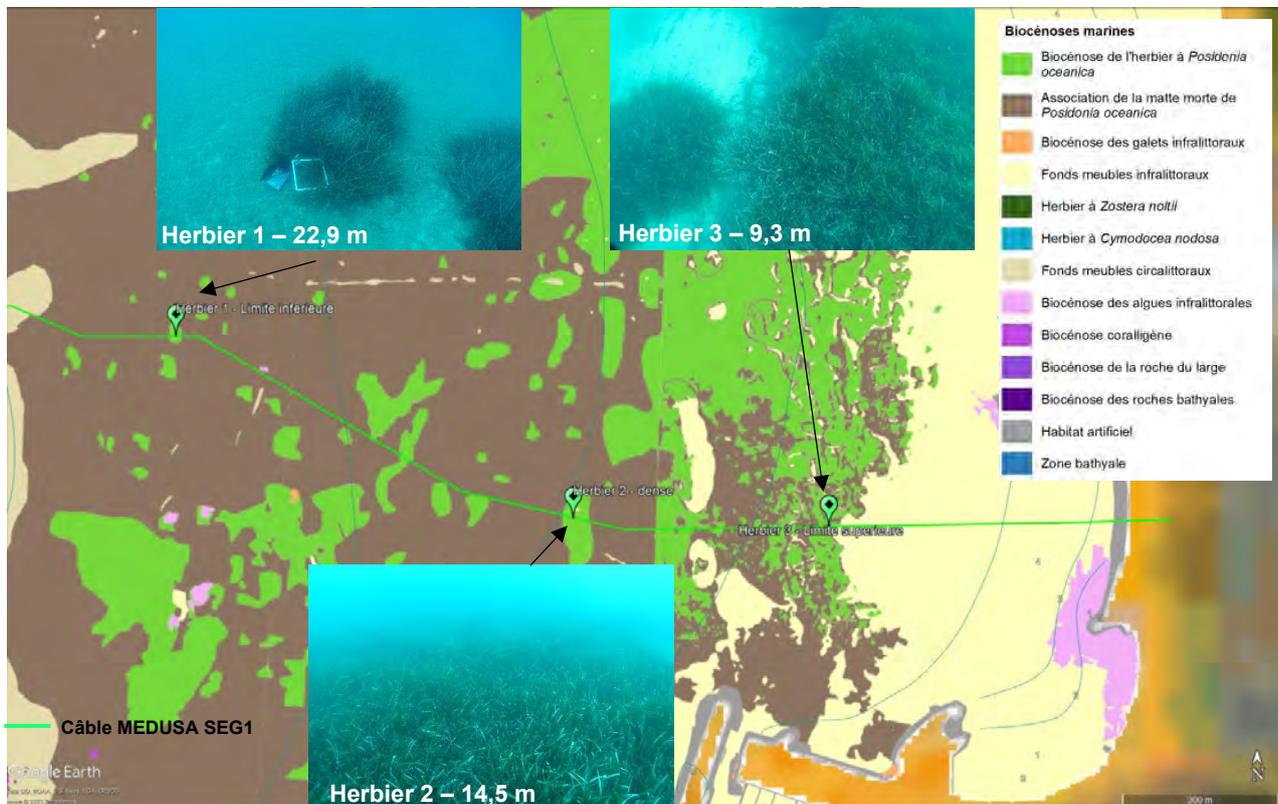


Figure 51 : Illustrations des stations vitalité de l'herbier (fond de carte MEDTRIX)

3.2.3 Reconnaissance des fonds à coralligènes

Une investigation en plongée a été réalisée à 35 mètres de profondeur pour une étude du coralligène d'après la cartographie des biocénoses issue de Medtrix.

Un premier transect a été effectué entre le tracé du câble (C1) et le point le plus proche de la roche coralligène (C2) sur une distance d'environ 30 m, orienté perpendiculairement au tracé en direction du sud. A partir de la roche coralligène, un second transect a été parcouru sur l'ensemble de la zone délimitée par les points C3 et C4 sur une distance d'environ 160 m.

Au point d'immersion (C1) jusqu'à la roche coralligène (C2), les fonds sont constitués de sables détritiques coquilliers.



Figure 52 : Type de fond au point C1 à 35 m de profondeur

À partir du point C3 jusqu'au point C4, un affleurement rocheux a été observé d'une longueur équivalente à l'ensemble du transect parcouru (160 m) et d'une largeur d'environ 5 m pour une hauteur d'1 à 2 m environ. Cet affleurement présente des anfractuosités colonisées par plusieurs espèces. Des roches colonisées d'environ 2 m² se situent de part et d'autre de l'affleurement rocheux.



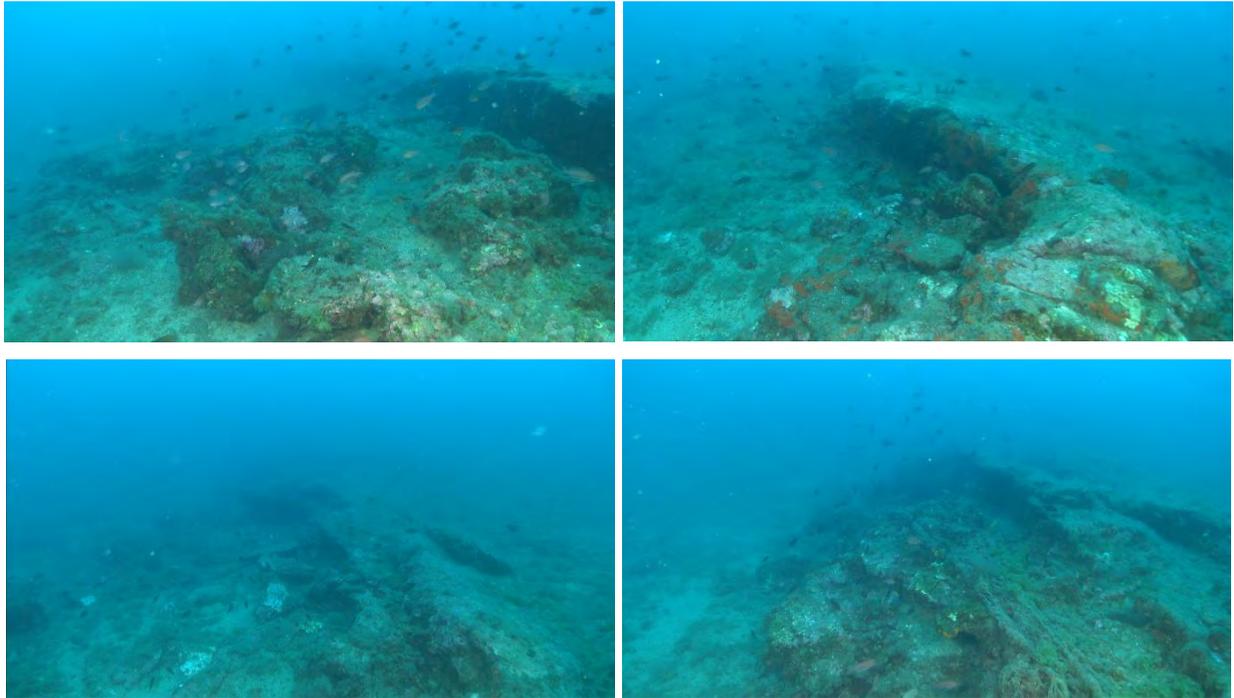


Figure 53 : Affleurement rocheux de la station coralligène située entre C3 et C4 à 35 m de fond

Cet affleurement est recouvert d'un filet de pêche colonisé par des algues.



Figure 54 : Filet de pêche sur affleurement rocheux entre C3 et C4 à 35 m de fond

Au niveau des anfractuosités et sur l'affleurement rocheux, on retrouve plusieurs espèces sous forme isolés ou recouvrant la surface de l'affleurement rocheux qui s'apparenteraient à la biocénose du coralligène. Toutefois, il ne s'agit pas d'une biocénose à coralligène à proprement parler en raison du faible concrétionnement formant des massifs biogènes, de la faible complexité structurale en comparaison à ce type d'habitat, ainsi que de la faible densité d'espèces d'invertébrés dressées rencontrées.

On retrouve cependant plusieurs espèces caractéristiques de cet habitat comme défini selon l'INPN (https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_hab/1010/tab/description) telles que :

- Des algues corallinacées : *Lythophyllum sp.*, *Mesophyllum sp.* ;
- Des algues peyssonneliacées : *Peyssonnelia sp.* ;
- Des éponges : *Axinella damicornis* ;
- Des bryozoaires : *Myriapora truncata*, *Schizomavella mamillata* ;

- Des oursins, dont l'oursin diadème *Centrostephanus longispinus* (2 individus).

L'oursin diadème *Centrostephanus longispinus* est une espèce protégée au niveau international puisqu'elle figure dans l'annexe II de la convention de Barcelone, l'annexe II de la Convention de Berne, dans l'annexe IV de la Directive européenne dite Habitats Faune-Flore 92/43/CEE ainsi qu'au niveau national dans l'arrêté du 20 décembre 2004 fixant la liste des animaux de la faune marine protégés sur l'ensemble du territoire.

Cependant, le tracé du câble se situe à une distance de 30 m de l'affleurement rocheux où se situe les deux individus d'oursin diadème.



Figure 55 : Algues encroûtantes du genre *Lythophyllum* sp., *Mesophyllum* sp, (à gauche) et *Centrostephanus longispinus* (à droite)



Figure 56 : Le bryzoaire *Myriapora truncata* (à gauche) et l'éponge *Axinella damicornis* (à droite)

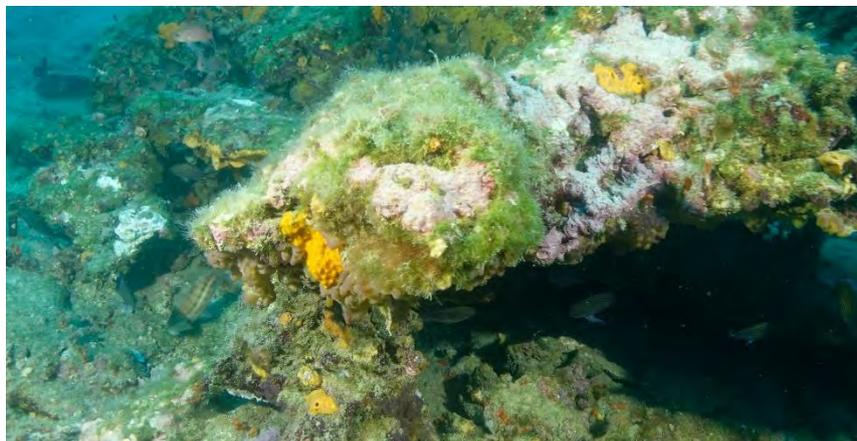


Figure 57 : Colonisation de la roche par le bryzoaire *Schizomavella mamillata*

D'autres espèces ont également été observées telles que :

- Des algues vertes *Halimeda tuna* ;
- Des algues rouges *Jania rubens* ;
- Des pontes de nudibranche ;
- Des éponges telles que les espèces *Crambe crambe*, *Chondrosia reniformis*, *Aplysilla sulfurea*, *Axinella verrucosa* ;
- Des ascidies *Halocynthia papillosa* ;
- Des poissons *Chromis chromis* ;
- Des vers *Bonellia viridis*, *Protula intestinum* ;
- Des hydraires ;
- Des étoiles de mer *Echinaster sepositus*, *Marthasterias glacialis* ;
- Des holothuries *Holothuria tubulosa*.



Figure 58 : Roche colonisée par l'éponge *Crambe crambe* (à gauche) et *Chondrosia reniformis* (à droite)



Figure 59 : L'éponge *Axinella verrucosa* (à gauche) et l'étoile de mer *Marthasterias glacialis* (à droite)



Figure 60 : Les ascidies *Halocynthia papillosa* (à gauche) et roche colonisée par l'éponge *Aplysilla sulfurea* (à droite)



Figure 61 : Le ver tubicole *Protula intestinum* (à gauche) et l'algue verte *Halimeda tuna* et le ver *Bonellia viridis* (à droite)



Figure 62 : Ponte de nudibranche

Un câble colonisé par les algues se situe au niveau de l'affleurement rocheux entre C3 et C4. Notre base de données ne mentionne pas de câble à proximité de C3 et C4, mais il arrive que les tracés théoriques et réels présentent un léger décalage. Néanmoins, en passant en revue la base de données de câbles alentour, l'artefact linéaire croisé semble être un câble téléphonique intercontinental hors service.



Figure 63 : Câble colonisé par les algues encroûtantes à proximité du filet de pêche et de l’affleurement rocheux

4. CONCLUSION

La campagne d'étude a permis de délimiter l'herbier de posidonies et de mettre en évidence deux (2) tombants de matre sur le tracé du câble, ainsi que de localiser quatorze (14) croisements de câbles dans la baie du Prado. Aucune nacre n'a été recensée sur le tracé du câble parcouru en plongée.

Deux (2) individus de l'oursin diadème, *Centrostephanus longispinus*, protégé au niveau international, européen et national, ont été observés sur un affleurement rocheux situé à plus de 30 m du tracé du câble, à 35 m de profondeur.

Les investigations sous-marines ont permis de vérifier la nature des fonds et de confirmer l'emprise du tracé du câble sur l'herbier de posidonies, en passant sur des fonds composés de **matte morte et d'îlots d'herbiers** sur 1,64 km dont **d'herbier discontinu** sur 1,43 km de distance. À ce niveau, le câble sous-marin présentera son plus fort diamètre avec 53 mm. En estimant la surface occupée par le câble de 0,053 m² au mètre linéaire, l'emprise calculée sur l'herbier discontinu est de 75,8 mètres carrés environ.

Les différentes observations aux trois (3) stations de mesure de vitalité de l'herbier de posidonies au droit de la plage de la Vieille-Chapelle le long du tracé du câble MEDUSA SEG1 présentent un herbier de plaine sur des fonds allant de 9,3 m (limite supérieure de l'herbier) à 22,9 m de profondeur (limite inférieure de l'herbier).

La limite supérieure de l'herbier de posidonies (station *Herbier 3* à 9,3 m de fond) est franche et marque la transition avec les sables de la biocénose des Sables Fins Bien Calibrés (SFBC) qui s'étend jusqu'à la côte.

Concernant l'évaluation de l'état de santé de l'herbier, plusieurs descripteurs ont été utilisés. Les mesures de densité de faisceaux foliaires sur l'herbier rendent compte d'un herbier en bon état (station au centre de l'herbier dense et discontinu à 14,5 m de profondeur) et en état normal (stations en limites inférieure et supérieure de l'herbier à respectivement 22,9 m et 9,3 m de profondeur).

Le déchaussement faible des rhizomes (stations en limites inférieure et supérieure de l'herbier) à moyen (station au centre de l'herbier) souligne une stabilité relative des apports sédimentaires.

Les proportions de rhizomes plagiotropes observés sur l'ensemble des stations, inférieures à 10 % sur chacune d'elles, sont le reflet d'un herbier stable sans montrer toutefois de tendance à la progression.

Tableau 18 : Synthèse des mesures systématiques sur l'herbier à *Posidonia oceanica*

Station	Prof. (m)	Densité moy. (faisceaux/m ²) ± écart-type	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm) ± écart-type	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel et al., 2000)	Rhizomes plagiotropes (en %)	Interprétation % plagiotropes (Charbonnel et al., 2000)	Longueur max des feuilles (cm)
Herbier 1 - Limite inférieure	22.9	174 ± 32	Normal	3.0 ± 0.7	Déchaussement faible	0.0	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	74.2
Herbier 2 - dense	14.5	420 ± 104	Bon	3.8 ± 1.8	Déchaussement faible	1.0	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	74.2
Herbier 3 - Limite supérieure	9.3	457 ± 110	Normal	5.5 ± 1.2	Déchaussement moyen	1.3	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	78.8

Au-delà de la limite inférieure de l'herbier, le câble passe à 31 m de distance d'un affleurement rocheux recouvert d'espèces s'apparentant à la biocénose du coralligènes, localisé à 35 m de profondeur. Cette zone présente un intérêt écologique, quoique déjà impactée par des activités de pêche avec la présence de filets recouvrant les roches.

Les cartes suivantes illustrent les principales observations faites sur le tracé du câble MEDUSA SEG1.

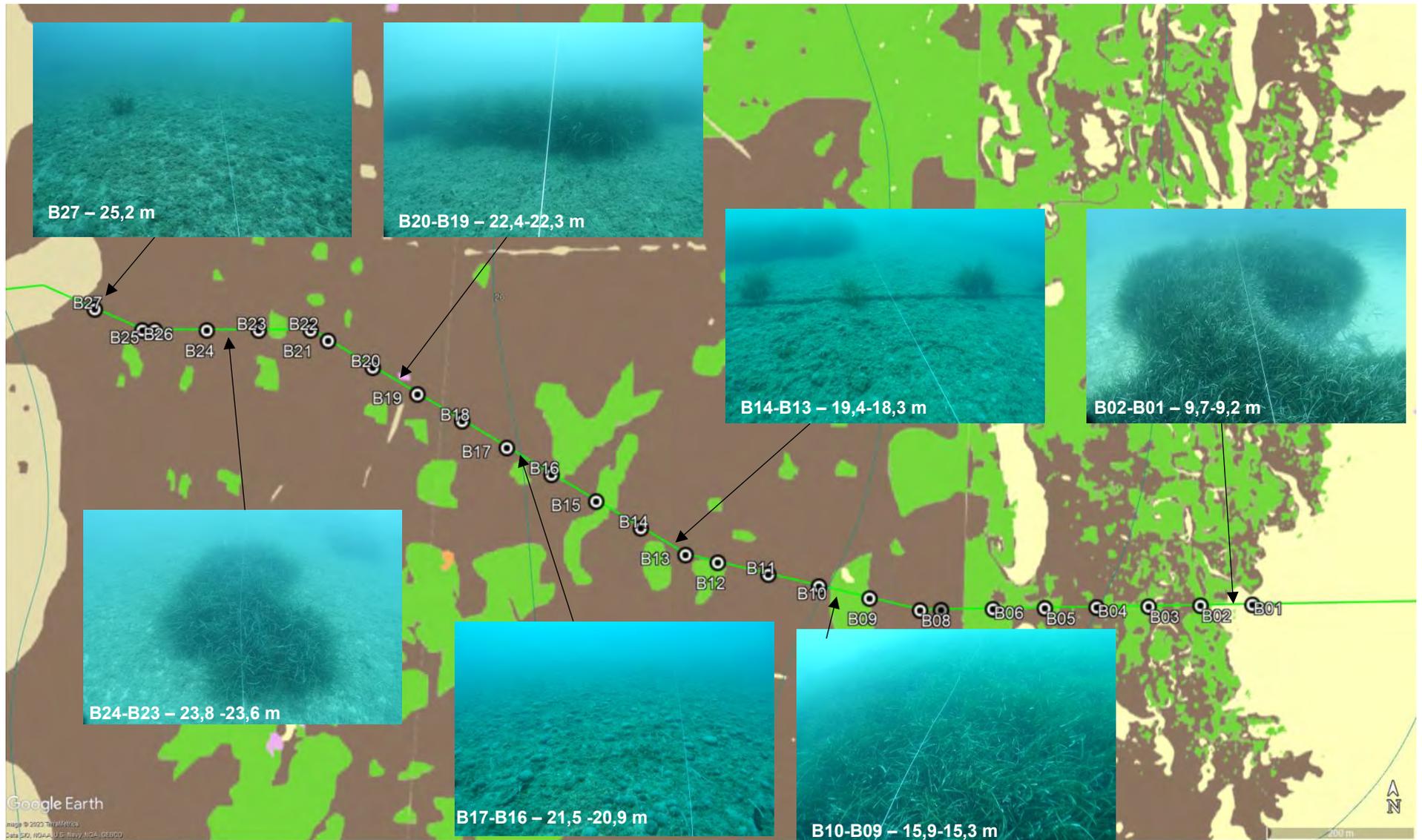


Figure 64 : Synthèse des observations en plongées le long du tracé du câble entre les balises B27-B01

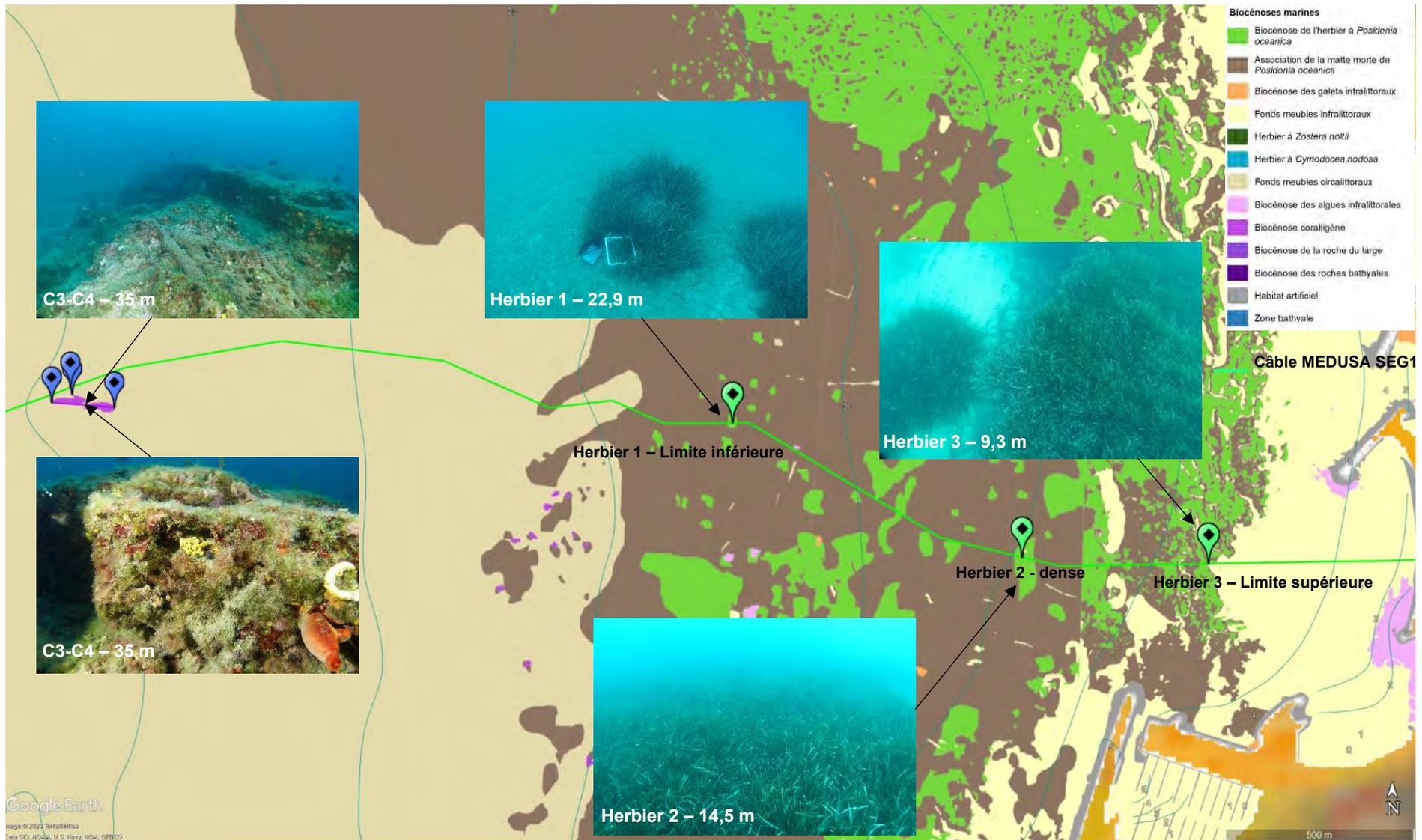


Figure 65 : Synthèse des observations en plongées aux stations Herbier et Coralligène

5. RETOUR D'EXPERIENCE

Une synthèse des retours d'expérience sur l'installation des câbles sous-marins en zone d'herbier de posidonie est présentée ci-après.

Une étude du GIS Posidonie (Charbonnel, 1999) fait état d'un inventaire des références bibliographiques concernant les études relatives à l'impact écologique de la pose de câbles et de conduites sur le milieu marin (Cap Couronne, îles d'Hyères, Porquerolles, Marseille).

Les observations réalisées en plongée au cours de ces études ont montré que les anciens câbles (diamètre supérieur à celui prévu dans le présent dossier), posés sur le fond depuis 20 à 50 ans, ne subissent plus aucun déplacement. Les impacts sont minimes et très peu de dégradation imputable à la présence des câbles a été observée. Au contraire, les anciens câbles sont souvent recouverts naturellement par les posidonies, du fait de la croissance verticale ou horizontale des rhizomes. Par exemple, d'après le rapport RAMOGE (2006), les câbles électriques immergés à la Tour Fondue (Var) depuis 1948 sont enfouis sous une hauteur de 35 cm de rhizomes, qui par leur enchevêtrement compact leur assurent une bonne stabilité sur le fond. À Marseille, le même processus fait que la localisation du trajet des câbles sur le fond est souvent difficile en plongée, du fait de l'incorporation naturelle des câbles dans l'herbier. Ainsi, un câble électrique immergé en 1975 dans la passe d'If est naturellement recouvert par 15 à 20 cm de rhizomes (Charbonnel, 1999).

La dégradation de l'herbier de posidonie environnant semble ainsi très limitée et ne concerne, selon les cas, que 10 cm de part et d'autre de ces câbles. Toutefois, pour des câbles récemment posés, l'impact lié à l'évitement du câble peut être localement plus important et l'herbier peut être dégradé sur environ 1 m. Par exemple, à Porquerolles, sur un raccordement de câble réalisé 2 ans auparavant, un suivi a montré que les déplacements latéraux du câble se visualisent par les feuilles de posidonies couchées sur lesquelles le câble glisse. La pose de cette portion de câble est sans doute trop récente pour que celui-ci soit naturellement incorporé entre les rhizomes de Posidonies (Charbonnel, 1999).

Ce cas ne se produira pas à Marseille, car le système d'ancrage aura pour fonction d'interdire le mouvement du câble et donc de ne pas coucher les frondes ni d'abîmer les rhizomes.

Les études sur les canalisations d'eau et conduites sous-marines donnent le même ordre de grandeur de l'impact, malgré leur diamètre plus important (20 à 30 cm). L'impact peut être quasiment nul. C'est par exemple le cas d'une canalisation d'eau en Corse (île de Cavallo), où le suivi a montré qu'aucune trace de dégradation de l'herbier n'avait été mise en évidence de part et d'autre de cette canalisation, sur la majorité du tracé. L'herbier présentait une très bonne vitalité d'ensemble et les posidonies avaient même tendance à recoloniser certaines surfaces perdues lors de la pose, avec de nombreux rhizomes traçants qui se développaient entre les interstices et sous la canalisation. Néanmoins, cet impact peut atteindre localement jusqu'à 1 m de part et d'autre de la canalisation, selon les zones d'herbier. C'est le cas en Corse et le long de la conduite d'eau à Marseille reliant l'île d'If au Frioul. Dans ces secteurs, la fragilisation de l'herbier se traduit par un déchaussement progressif des rhizomes des posidonies lié à la modification locale de l'hydrodynamisme (lessivage du sédiment) et une diminution des valeurs de densité (phénomène de mitage, avec apparition de petites zones de matte morte) d'après Charbonnel (1999).

De plus, les différents suivis opérés par setecinvivo (anciennement In Vivo Environnement) pour les câbles de télécommunication SeaMeWe4, IMEWE, TE-North, etc. à Marseille sur deux (2) années consécutives et plus récemment sur MEUST et SeaMeWe5 à La Seyne-sur-Mer ont montré l'absence d'impact sur les posidonies et une colonisation des câbles par endroits.

Extrait du rapport de suivi du câble SeaMeWe4 réalisé en 2008 :

« Aucun signe de déchaussement n'a été repéré tout au long du suivi du câble. Il apparaît que le câble n'a pas d'impact physique sur les rhizomes. Le câble avait été installé contre les rhizomes en écartant les faisceaux lors de la pose. Les faisceaux ne présentent pas de marque et les rhizomes semblent ne pas souffrir de la présence du câble.

Ce dernier devient à de très nombreux endroits invisibles dans l'herbier.

En effet, un fort fouling et un développement autour de la gaine du câble se font. Par endroits, des éponges ont même englobé le câble. Ce dernier est très bien intégré dans l'herbier.

Aucun signe de ragage n'est repérable au sein des posidonies. Le câble est immobile dans les faisceaux.

Aucun signe de déchaussement n'est visible sur la matre accueillant le câble. Le déchaussement, qui traduit généralement l'existence d'un déficit sédimentaire et permet d'apprécier l'hydrodynamisme d'une zone, est sur l'ensemble du secteur moyen à faible. L'ensemble de l'herbier ne semble donc pas subir de déficit sédimentaire majeur puisqu'aucune station ne présente un déchaussement important.

Il apparaît que l'herbier présente une vitalité et un recouvrement normal. Les comptages de densité et de recouvrement sur les zones où le câble a été déroulé mettent en évidence une absence d'impact du câble sur les posidonies. Les frondes enveloppent bien le câble et ce dernier est très bien intégré au système racinaire.

Les densités obtenues ainsi que les recouvrements sont similaires avec d'autres relevés proches : les données du premier suivi et celles du Réseau de Suivi des Posidonies sont semblables.

La technique préconisée qui était de déposer le câble avec précaution au sein de l'herbier et de l'ancrer de proche en proche prouve son efficacité, car le câble n'a pas bougé et devient bien intégré aux posidonies, devenant en de nombreux endroits invisibles dans l'herbier (In Vivo, 2008).»

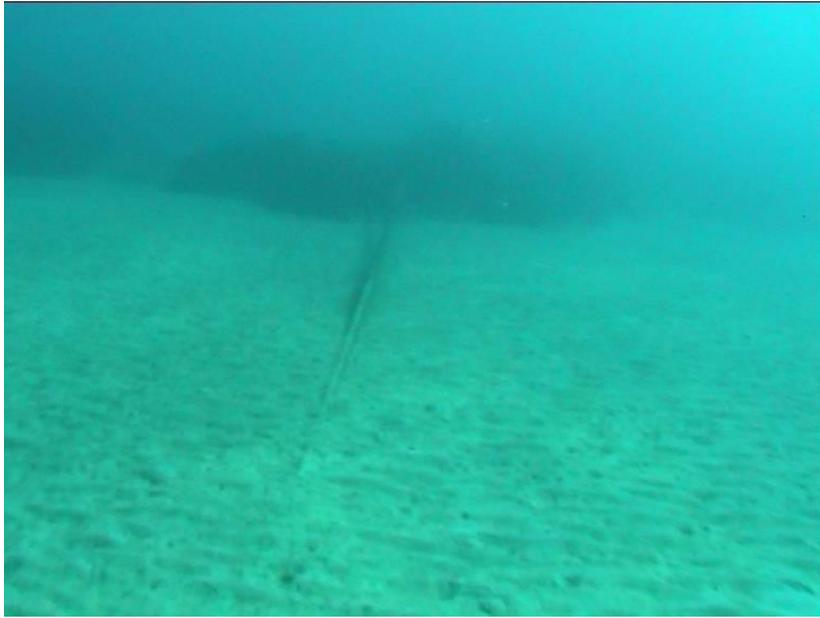


Figure 66 : Enfouissement naturel du câble dans les zones sableuses (In Vivo, 2008)

D'autres exemples sur des câbles simplement posés dans l'herbier ont montré qu'avec le temps l'intégration dans l'environnement pouvait être quasiment totale.



Figure 67 : Câble électrique SACOI entre la Corse et la Sardaigne, simplement posé sur l'herbier près de Cala di Sciumara (Corse). 35 ans après sa mise en place (en 1967), il n'y a pas d'impact négatif sur l'herbier. D'après Pergent et al. (2002b)

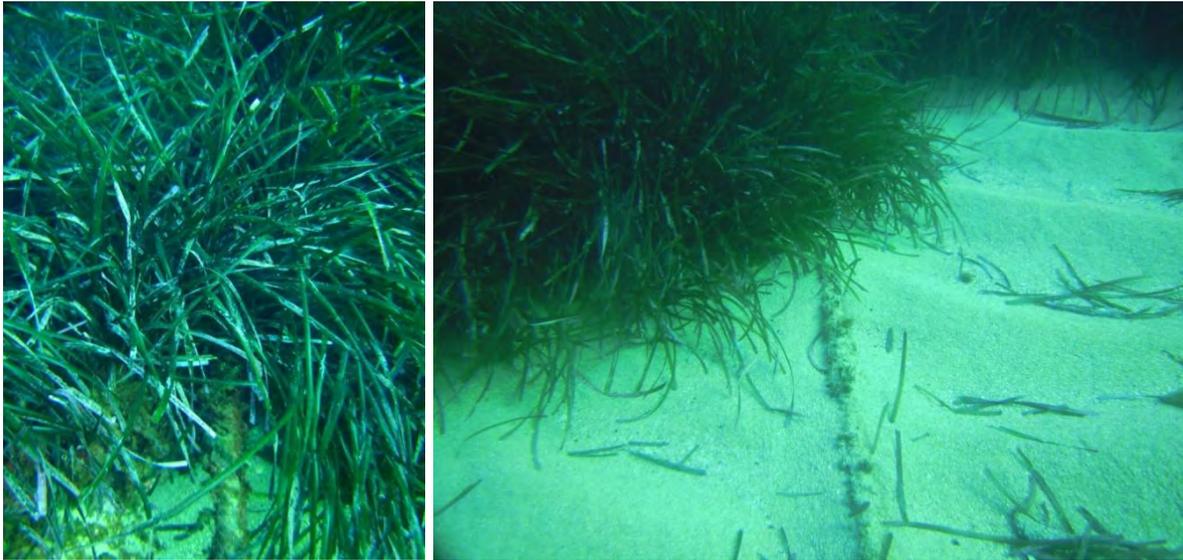


Figure 68 : Câble ANTARES (La Seyne-sur-Mer) pénétrant dans l'herbier de posidonie (In Vivo, 2013)

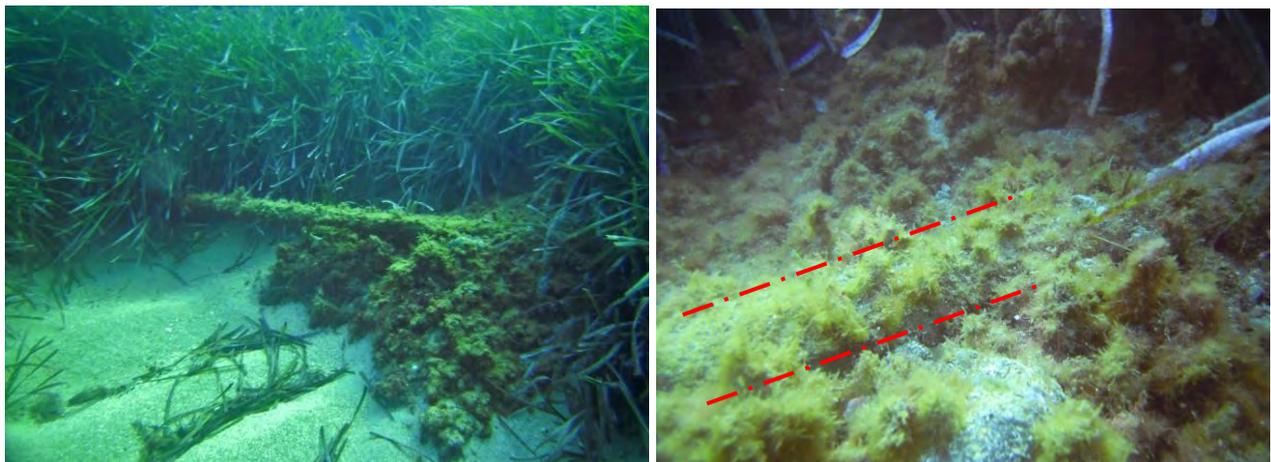


Figure 69 : Câble s'insérant progressivement dans la matre de posidonie (In Vivo, 2013)

De récentes plongées en Corse à Bastia ont permis d'observer deux câbles de transport d'énergie (SACOI2), de diamètre supérieur à 10 cm et installés depuis une trentaine d'années et un câble de télécommunication (Ajaccio). Ces câbles croisent également l'herbier de posidonie et, bien qu'ils présentent des diamètres différents (près de trois fois plus importants pour un câble de transport d'énergie), il est très difficile de les observer dans les zones d'herbier dense.

Les photos ci-dessous illustrent les segments de câble observables en dehors de ces zones.



Figure 70 : Câbles de télécommunication et câble de transport d'énergie se croisant en aval de la limite inférieure de l'herbier, sur matte morte (Bastia – Arinella, 2020)

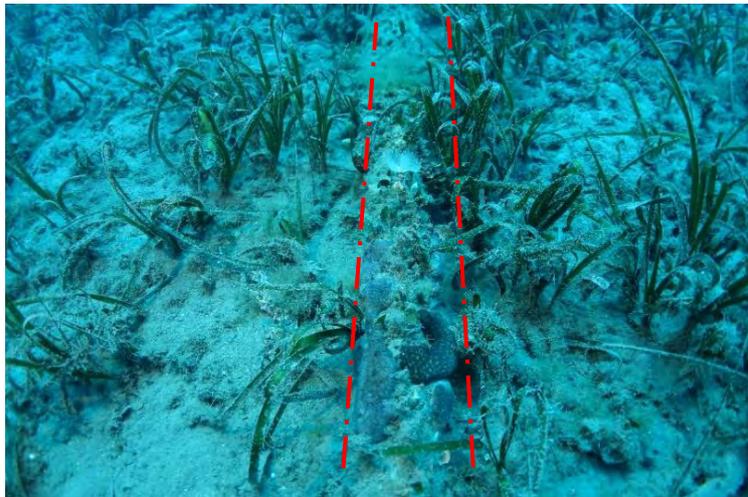


Figure 71 : Câble de transport d'énergie SACOI2 en limite inférieure de l'herbier entièrement colonisé (Bastia – plage de l'Arinella, 2020)



Figure 72 : Câble de transport d'énergie (SACO12) en limite inférieure de l'herbier de posidonie et disparaissant dans la matte (Bastia – plage de l'Arinella, 2020)

D'autres observations récentes, en d'autres secteurs, montrent l'absence de mouvement des câbles de télécommunication installés depuis plusieurs années.

Les photos ci-après illustrent des câbles sous-marins installés à Bonifacio et Marseille. Ces câbles ne présentent aucun signe de dégradation de leur environnement immédiat.



Figure 73 : Câble télécom au sein d'un herbier entre les faisceaux de posidonie (Marseille, 2020)



Figure 74 : Câble télécom sur des enrochements (Marseille, 2020)



Figure 75 : Câble transport d'énergie pris dans la matte de posidonie (Bonifacio, 2020)



Figure 76 : Câble télécom en sortie d'herbier en limite supérieure (Marseille, 2020)



Figure 77 : Câble télécom sur matte morte (Marseille, 2020)



Figure 78 : Câble télécom en suspension au passage d'une zone d'intermatte (Marseille, 2020)

À terme, l'impact sur les surfaces d'herbier directement concernées par la réalisation de ce projet sera vraisemblablement minime, car :

- L'herbier montre dans ce secteur des signes de vitalité qui laissent à penser que l'incidence négative locale sera rapidement compensée par la croissance des rhizomes. Le câble constituera un simple frein temporaire au développement qui sera limité à son voisinage immédiat. Rapidement, le câble s'intégrera dans l'herbier qui l'englobera et le cachera.
- Le diamètre du câble est suffisamment petit pour permettre une rapide repousse par-dessus : sachant que l'herbier a globalement des croissances moyennes verticale de 1 cm/an et horizontale de 3 à 10 cm/an et que le câble est d'un diamètre de 41 mm, cela ne devrait pas excéder 1 an au mieux et 3 ans au pire.

Un impact lié aux modifications locales de l'hydrodynamisme peut aussi être envisagé. Il pourrait conduire à un certain déchaussement de l'herbier situé de part et d'autre du câble. Cependant, cet impact peut vraisemblablement être négligé, car l'expérience montre qu'il devrait être très léger et temporaire (le temps que le câble s'intègre dans l'herbier).

L'impact généré par une simple pose d'un câble sur l'herbier reste toutefois très faible, sinon quasiment négligeable dans la majorité des cas.

6. BIBLIOGRAPHIE

BONHOMME P., ROIG D., BERNARD G., CHARBONNEL E., DIVETAIN N., 1999. Extension de la cartographie des fonds et de l'herbier à *Posidonia oceanica* entre la calanque du Mugel et l'île verte. *Contrat ADES et GIS Posidonie. GIS Posidonie publ.*, Marseille, Fr. : 1-90.

BOUDOURESQUE C.F., BERNARD G., BONHOMME P., CHARBONNEL E., DIVIACCO G., MEINESZ A., PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., RUITTON S., TUNESI L. 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub. : 1-202

BRL. 2000. Projet de pose d'une canalisation immergée entre les chantiers navals de La Ciotat et l'île verte. Notice d'impact. 38p.

CHARBONNEL E., BONHOMME P., DE VAUGELAS J., GRAVEZ V., COQUILLARD Y., BERNARD G., CADIOU G., BOUDOURESQUE C-F., 1999. Notice d'impact de la pose d'un câble Alcatel à fibres optiques sur le milieu marin. Cartographie des fonds et de l'herbier de Posidonie et recommandations sur les sites d'atterrage (Agde, Marseille, Lavandou et Nice). Rapport final. *Contrat TRAVOCEAN et GIS Posidonie. GIS Posidonie publ.*, Marseille, Fr. : 1-145.

CHARBONNEL E., BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., BONHOMME P., BERNARD G., PATRONE J., KRUCZEK R., COTTALORDA J.M., BERTRANDY M.C., FORET P., BRICOUT P., RAGAZZI M., MARRO C., SERRE C., LE DIREAC'H L., 2001. Le réseau de surveillance des posidonies de la Région Provence Alpes Côte d'Azur : résultats du suivi 2001. Région PACA / Agence de l'Eau RMC / GIS Posidonie / CQEL 83 / Conseil Général 06. *GIS Posidonie Publ.*, Marseille, Fr. : 1-119.

IN VIVO. 2006. Suivi biologique et caractéristiques techniques de l'implantation du câble. Projet MED CABLE. *Contrat France Télécom / IN VIVO*.27 p.

IN VIVO. 2006. Suivi biologique et caractéristiques techniques de l'implantation du câble. Projet SEA-ME-WE 4. *Contrat France Télécom / IN VIVO*.31 p.

IN VIVO. 2008. Suivi biologique n°2 et caractéristiques techniques de l'implantation du câble. Projet SEA-ME-WE 4. *Contrat France Télécom / IN VIVO*.31 p.

Pergent-Martini C., Valette-Sansevin A., Pergent G., 2015, Cartographie continue des habitats marins en Corse / Résultats cartographiques - Programme CARTHAMED. Contrat Agence des Aires Marines Protégées et Université de Corse – Equipe Ecosystèmes Littoraux », Corte : 1-60 + annexes.

FICHE SIGNALÉTIQUE ET DOCUMENTAIRE

Renseignements généraux concernant le document envoyé	
Titre de l'étude	Expertise environnementale sous-marine de la route du câble de télécommunication MEDUSA SEGMENT 1 (SEG1) atterrissant sur la plage de la Vieille-Chapelle à Marseille
Nombre de pages/planches	66 pages
Maitre d'Ouvrage	
N° marché / Date de notification	

Historique des envois				
Documents envoyés	Exemplaire papier	Exemplaire électronique	Date d'envoi	N° réceptionné
Rapport provisoire			24/07/2023	
Rapport provisoire V2				
Rapport définitif				

Intervenants dans l'élaboration des documents
Cédric MARION (Chargé de projets – contrôle)
Audrey PATUCCA (Chargée d'études – rédaction)

Contrôle qualité		
	Niveau 1	Niveau 2
Contrôlé par	Cédric MARION	Marc CHENOZ
Date		
Signature		



www.setec.fr

Paris
Immeuble Central Seine
42-52 quai de la Rapée
CS 71230
75583 PARIS CEDEX 12
FRANCE

Tél +33 1 82 51 55 55

Lille
Palais de la Bourse
40 place du Théâtre
59000 LILLE
FRANCE

Tél +33 3 74 09 10 31

Lyon
Immeuble le Bonnel
20 rue de la Villette
69003 LYON
FRANCE

Tél +33 4 27 85 49 56

Marseille
4 place Sadi Carnot
13002 MARSEILLE
FRANCE

Tél +33 4 86 15 61 80

Nantes
L'Acropole
1 allée Baco
44000 NANTES
FRANCE

Tél +33 2 44 76 63 30