

Expertise environnementale sous-marine sur la route du projet des câbles sous-marins de télécommunication MEDUSA au droit de la plage de la Vieille Chapelle à Marseille

 EXPERTISE



RAPPORT V1

Avril 2021



Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable : en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de Setec in vivo ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

Crédit photographique : Setec in vivo (sauf mention particulière)

Auteurs

Marc CHENOZ
Cédric MARION
Audrey PATUCCA
Romain BRICOUT

Responsable de l'agence Méditerranée
Chef de projet
Chargée d'études
Technicien biologiste marin

setec in vivo
siège social : Immeuble Central Seine
42-52 quai de la Râpée
CS 7120
75 583 Paris cedex 12
France

Tél. +33 1 82 51 55 55
invivo@setec.fr

Agence de La Forêt-Fouesnant
Z.A La Grande Halte
29 940 La Forêt-Fouesnant
France

Tél. + 33 2 98 51 41 75

Agence de TOULON
141 avenue Marcel Castié
83100 TOULON
France

Tél. + 33 4 86 15 61 83



SAS au capital de 50 000 € - RCS Paris 818 424 970 – TVA FR58818424970



Table des matières

1	CONTEXTE	7
2	CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA ZONE D'ETUDE.....	10
3	ETUDE DES HABITATS MARINS SUR LA ROUTE DU CABLE.....	14
3.1	MATERIEL ET METHODES	14
3.1.1	Reconnaissance des fonds sur le tracé des câbles	15
3.1.2	Caractérisation de l'herbier de Posidonies.....	25
3.1.3	Reconnaissance des fonds coralligènes	35
3.1.4	Analyses sédimentaires	36
3.2	RESULTATS.....	40
3.2.1	Description des fonds observés sur la route des câbles nord et sud	40
3.2.2	Caractérisation de l'herbier de Posidonies.....	62
3.2.3	Reconnaissance des fonds à coralligène.....	75
3.2.4	Analyses sédimentaires	80
3.2.1	Conclusions.....	86
4	RETOURS D'EXPERIENCE	91
5	BIBLIOGRAPHIE	100
	FICHE SIGNALÉTIQUE ET DOCUMENTAIRE	101



Liste des figures

Figure 1 : Route des câbles MEDUSA dans les eaux territoriales françaises (© SHOM)	7
Figure 2: Vues du site d'atterrage de la Vieille Chapelle	8
Figure 3 : Distribution des biocénoses marines jusqu'à la limite du plateau continental	11
Figure 4 : Distribution des biocénoses marines à la côte.....	12
Figure 5 : Le « Posidonia » de sefec in vivo	14
Figure 6 : Balises de repérage des tracés du câble nord (N1 à N42) et du câble sud (S1 à S40)	16
Figure 7 : Installation des balises le long du tracé des câbles	17
Figure 8 : Filin lesté sur le fond marquant le tracé des câbles sous-marins.....	17
Figure 9 : Plongeur évoluant le long du filin	21
Figure 10 : Préparation du matériel (à gauche) et sur le bateau avant immersion du ROV (à droite)	22
Figure 11 : Immersion du ROV à la station balisée par un parachute de plongée	23
Figure 12 : Stations des points d'immersion du ROV.....	24
Figure 13 : Les différents types d'herbiers à Posidonia oceanica.	26
Figure 14 : Quadrillage apposé sur une photo pour calcul du taux de recouvrement	28
Figure 15 : Quadrat de 20*20 cm et mesure de la densité des faisceaux	29
Figure 16 : Description des rhizomes de posidonies (Boudouresque et Meinesz, 1982 in Boudouresque et al, 2006)	31
Figure 17 : Mesure du déchaussement de l'herbier de Posidonies (Boudouresque et al, 2006)	32
Figure 18 : Stations définies pour la caractérisation des herbiers.....	34
Figure 19 : Stations des points coralligènes	35
Figure 20 : Carte présentant la station de référence du réseau RNO à proximité de la zone d'étude (RNO, 1998)	37
Figure 21 : Stations des points de prélèvements de sédiments au carottier à main	39
Figure 22 : Matte morte ensablée (à gauche et à droite) et passage du filin sur une tache d'herbier isolé (au centre)	41
Figure 23 : Rhodolithe (à gauche), flabelline sur hydraires. (au centre), et spirographe (à droite)	41
Figure 24 : Tombants de matte de Posidonies aux transects N33-N34 (à gauche) et N36-N37 (à droite)	43
Figure 25 : Herbier de Posidonies au niveau du tracé (transect N28-N29 à gauche et transect N30-N31 à droite)	43
Figure 26 : Câble hors service sectionné sur matte morte, au niveau transect N35-36.....	44
Figure 27 : Limite supérieure de l'herbier de Posidonies (à gauche) et substrat constitué de sables fins (biocénose des sables fins bien calibrés) (à droite) - transect N38-N39.....	44
Figure 28 : Faciès observé le long du tracé du câble sud (transect S1-S2 à gauche, transect S2-S3 au centre et transect S5-S6 à droite).....	45
Figure 29 : Herbier présentant une forte densité (transect des balises S13-S14 à gauche et transect des balises S16-S17 à droite)	45
Figure 30 : Blocs rocheux observés au niveau du transect S20-S21.....	46
Figure 31 : Espèces des enrochements.....	47
Figure 32 : Herbier au niveau du transect S23-S24 (à gauche) et du transect S25-S26 (à droite).....	48
Figure 33 : Tombant de matte morte au niveau du transect S28-S29 (à gauche), matte morte au niveau du transect S32-S33, et formation en colline au niveau du transect S33-S34 (à droite).....	48
Figure 34 : Débris métallique observé au niveau du transect de la balise S32-S22	48
Figure 35 : Zone d'herbier sur sable au niveau du transect S34-S35 et sables grossiers et coquillers au niveau du transect S35-S36.....	49
Figure 36 : Coque en polyester au niveau du transect S36-S37 (à gauche) et biocénose des sables fins bien calibrés au niveau du transect S39-S40 (à droite)	49
Figure 37 : Photos du substrat autour du point d'entrée du forage – 5,2 m.....	50
Figure 38 : Stations observées avec le ROV au niveau du tracé des câbles nord et sud	51
Figure 39 : Transect effectué au niveau de la station 6.....	52
Figure 40 : Espèces benthiques observées le long du transect (alcyonnaire <i>Alcyonium palmatum</i> à gauche, bryozoaires à droite) – 93,3m.....	53
Figure 41 : Pennatulaires observées le long du transect du ROV 6 (<i>Pennatula rubra</i> à gauche, <i>Funiculina quadrangularis</i> à droite) - 93,2m	53
Figure 42 : Transect effectué au moyen du ROV au niveau de la station 5.....	54
Figure 43 : Alcyonnaire (à gauche), <i>Pennatula rubra</i> (à droite) – 91,5 m	54
Figure 44 : <i>Funicula quadrangularis</i> (à gauche) et <i>Echinaster</i> sp. (à droite) – 91,2 m.....	55
Figure 45 : Filet fantôme et gorgonocéphale <i>Astrospartus mediterraneus</i> sur ce filet -91,8 m	55
Figure 46 : Transect de la 4ème station effectuée au moyen du ROV.....	56

Figure 47 : Type de substrat observé au niveau du transect du ROV 4 (à gauche), alcyonaires (au centre) et pennatules (à droite) – 60,0 m	57
Figure 48 : Transect de la 3ème station effectué au moyen du ROV	58
Figure 49 : Type de substrat observé au niveau du transect du ROV 3 (à gauche), et étoile de mer <i>Echinaster</i> sp. (à droite) – 61,2m	58
Figure 50 : Transects effectués à la station ROV 2	59
Figure 51 : Fonds observés au niveau du transect du ROV 2, gorgone <i>Leptogorgia sarmentosa</i> (en haut, à droite) et pennatule non identifié (en bas, à droite) - 63,8 m	60
Figure 52 : Transect effectué à la station ROV 1	61
Figure 53 : Substrat meuble avec des roches isolées et des déchets le long du transect du ROV 1 – 51,7m	61
Figure 54 : Zone de pêche récréative au niveau du transect ROV 1 - 51,4 m.....	62
Figure 55 : Epave le Miquelon – 46,9 m.....	62
Figure 56 : Illustration de l'épave du Miquelon (Coulé en 1917, Longueur : 49m).....	62
Figure 57 : Localisation des stations de mesure de l'herbier de <i>Posidonies</i>	63
Figure 58 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 7, en limite inférieure.....	64
Figure 59 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 6, en limite inférieure.....	66
Figure 60 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 5.....	68
Figure 61 : grande nacre <i>Pinna nobilis</i> morte en station Posi 5 (Coordonnées GPS 43° 14.860'N/ 5° 22.029')	69
Figure 62 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 4.....	70
Figure 63 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 3.....	71
Figure 64 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 2.....	73
Figure 65 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 1.....	74
Figure 66 : Localisation des stations de coralligène le long du tracé du câble nord	76
Figure 67 : Station Cora 1 - 26,9 m – 1. Corallinacées <i>Lithothamnion</i> spp., 2. <i>Cliona viridis</i> , 3. <i>Eunicella singularis</i> , 4. <i>Halocynthia papillosa</i>	77
Figure 68 : Station Cora 2 - 27,4 m – 1. <i>Halocynthia papillosa</i> , <i>Lithothamnion</i> spp. <i>calcareum</i> , 2. Corallinacées <i>Lithothamnion</i> spp. et <i>Cliona viridis</i> , 3. <i>Eunicella singularis</i> , 4. <i>Phallusia mammillata</i>	78
Figure 69 : Station Cora 3 - 27,1 m – 1. Fond sableux marqué de ripple marks, 2. <i>Lithothamnion</i> spp., 3. <i>Eunicella singularis</i> , 4. Eponge perforante <i>Cliona viridis</i>	79
Figure 70 : Station Cora 4 - 26,6 m – 1. Fond sableux à détritique côtier, 2. Pneu colonisé par <i>Crella rosea</i> et <i>Microcosmus sabatieri</i> , 3. <i>Aplysilla sulfurea</i> , 4. <i>Cliona viridis</i>	80
Figure 71 : Proportions des sédiments retrouvées aux stations d'échantillonnage au niveau du tracé du câble nord (Sed nord), du câble sud (Sed sud) et de l'entrée du forage (Sed entrée forage)	85
Figure 72 : Synthèse des observations en plongée (Coralligène) et au ROV les routes des câbles et à proximité (carte MEDTRIX).....	89
Figure 73 : Synthèse des observations en plongée sur l'herbier de <i>Posidonies</i> (carte MEDTRIX)	90
Figure 74 : Enfouissement naturel du câble dans les zones sableuses (In Vivo, 2008).....	93
Figure 75 : 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).....	93
Figure 76 : Câble ANTARES (La Seyne-sur-Mer) pénétrant dans l'herbier de <i>posidonie</i> (In Vivo, 2013)	94
Figure 77 : Câble s'insérant progressivement dans la matre de <i>posidonie</i> (In Vivo, 2013)	94
Figure 78 : 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).....	95
Figure 79 : Câble de transport d'énergie SACOI2 en limite inférieure de l'herbier entièrement colonisé (Bastia – plage de l'Arinella, 2020)	95
Figure 80 : Câble de transport d'énergie (SACOI2) en limite inférieure de l'herbier de <i>posidonie</i> et disparaissant dans la matre (Bastia – plage de l'Arinella, 2020)	95
Figure 81 : Câble transport d'énergie pris dans la matre de <i>posidonie</i> (Bonifacio, 2020)	97
Figure 82 : Câble télécom sur matre morte (Marseille, 2020).....	97
Figure 83 : Câble télécom en sortie d'herbier en limite supérieure (Marseille, 2020)	97
Figure 84 : Câble télécom en suspension au passage d'une zone d'infermatre (Marseille, 2020)	97
Figure 85 : Câble télécom au sein d'un herbier entre les faisceaux de <i>posidonie</i> (Marseille, 2020).....	98
Figure 86 : Câble télécom sur des enrochements (Marseille, 2020)	98



Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées des balises installées pour le câble nord.....	18
Tableau 2 : Coordonnées des balises installées pour le câble sud	19
Tableau 3 : Coordonnées des stations d'observation par le ROV pour le câble nord et le câble sud.....	23
Tableau 4 : Evaluation de la vitalité de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> en fonction de la position bathymétrique de la limite inférieure en Corse (Bein A. et al, 2013)	26
Tableau 5 : Evaluation de la vitalité de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> en fonction de la typologie de la limite inférieure de l'herbier (Bein A. et al, 2013)	27
Tableau 6 : Interprétation de la vitalité de l'herbier en limite inférieure de l'herbier (Charbonnel et al., 2000) ...	28
Tableau 7 : Classification de l'état de l'herbier selon les densités (/m ²) de faisceaux observés et le niveau de profondeur (m) (Pergent et al., 2008 et Pergent-Martini et al., 2010).....	30
Tableau 8 : Evaluation de la vitalité de l'herbier à partir du pourcentage de rhizomes plagiotropes de <i>P. oceanica</i> . (Charbonnel et al., 2000).....	31
Tableau 9 : Échelle d'évaluation du déchaussement en fonction des valeurs moyennes mesurées (Charbonnel et al., 2000)	32
Tableau 10 : Coordonnées GPS des stations herbiers de <i>Posidonies</i>	33
Tableau 11 : Coordonnées des points GPS des stations coralligènes.....	35
Tableau 12 : États de référence pour les métaux traces applicables en Méditerranée pour l'interprétation des niveaux de contamination chimique dans les sédiments fins en milieu côtier naturel (IFREMER, 2002)	38
Tableau 13 : Indice de contamination organique d'après Romont (1966) et Pruvot (1999) dans Alzieu (2003) ..	38
Tableau 14 : Coordonnées (en WGS 84) des points de prélèvement des sédiments pour analyses	39
Tableau 15: Synthèse des observations des câbles croisés le long du tracé du câble Nord.	41
Tableau 16 : Observations des câbles et du sillon croisés entre les transects S10 et S19 du câble sud	45
Tableau 17 : Résultats des paramètres mesurés spécifiquement en Posi 7 - limite inférieure de l'herbier de <i>Posidonies</i>	65
Tableau 18 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 7.....	65
Tableau 19 : Résultats des paramètres mesurés spécifiquement en Posi 6 - limite inférieure de l'herbier de <i>Posidonies</i>	67
Tableau 20 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 6.....	67
Tableau 21 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 5.....	68
Tableau 22 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 4.....	70
Tableau 23 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 3.....	72
Tableau 24 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 2.....	73
Tableau 25 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 1.....	75
Tableau 26 : Nature des sédiments obtenue au moyen du carottier à main.....	81
Tableau 27 : Récapitulatif des analyses et des référentiels utilisables (campagne setec in vivo, 2021)	84
Tableau 28 : Résultats de la granulométrie pour les 3 échantillons moyens (câble nord, câble sud et entrée du forage).....	85
Tableau 29 : Proportions de la nature des sédiments aux 3 stations d'échantillonnages.....	85
Tableau 30 : Synthèse des mesures appliquées en limite inférieure de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i>	87
Tableau 31 : Synthèse des mesures systématiques sur l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i>	88

1 CONTEXTE

Le projet MEDUSA, porté par AFR-IX Telecom, s'inscrit dans le cadre d'un projet de réseau fibre optique visant à augmenter sensiblement la capacité des transmissions de télécommunication entre l'Europe du Sud, (le Portugal, l'Espagne, la France et l'Italie), avec l'Europe du Nord (le Maroc, l'Algérie et la Tunisie).

Pour sa partie française, le projet consiste à déployer deux câbles sous-marins de télécommunication en Mer Méditerranée sur une distance de 69,1 km sur le Domaine Public Maritime (DPM) et 584,7 km en Zone Economique Exclusive (ZEE).

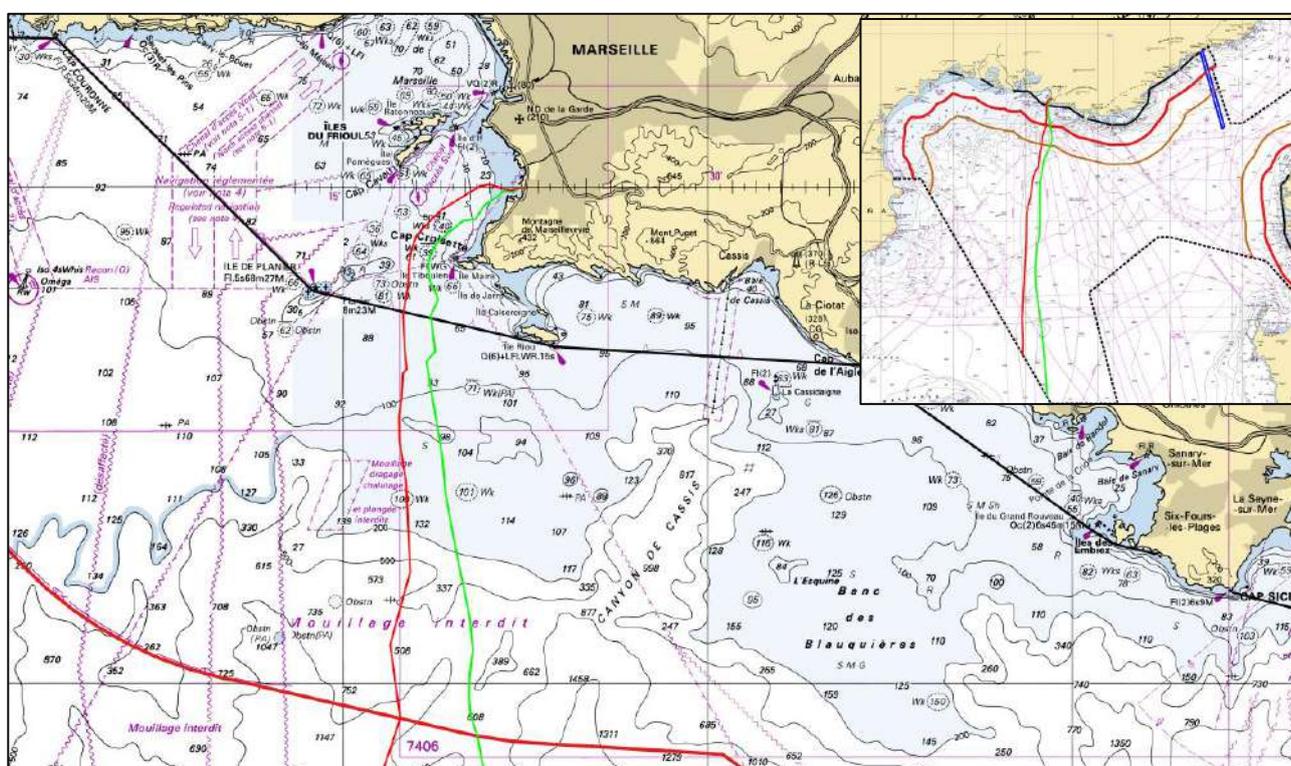


Figure 1 : Route des câbles MEDUSA dans les eaux territoriales françaises (© SHOM)

Le site d'atterrissage des câbles se situe derrière la plage de la Vieille Chapelle à Marseille sur le terre-plein attenant. Les câbles raccordés au système terrestre par l'intermédiaire d'une chambre et d'une conduite installée par forage dirigé depuis la terre vers la mer avec une sortie vers l'isobathe -5 mètres.

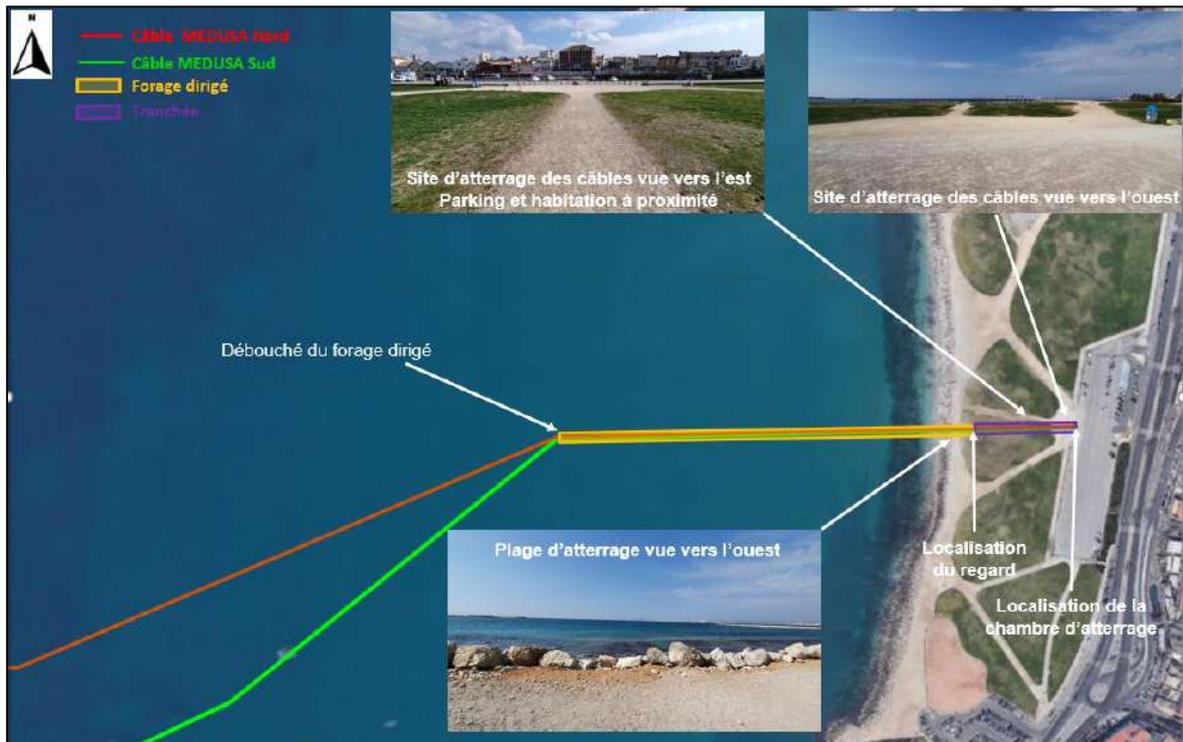


Figure 2: Vues du site d'atterrage de la Vieille Chapelle

Les câbles utilisés sont des câbles sous-marins fibre optique de télécommunication de diamètre maximum de 35,9 mm (moins au-delà du plateau continental). Ils se présentent sous différents diamètres liés à leur blindage leur conférant des niveaux de protection adaptés à leur environnement : de 17 mm dans la Zone Economique Exclusive (ZEE) jusqu'à 35,9 mm sur le DPM. Par ailleurs, ils sont inertes pour l'environnement marin.

Les câbles seront simplement posés sur les fonds. Ils ne seront ensouillés qu'entre l'entrée du forage dirigé (elle-même ensouillée) et la limite supérieure de l'herbier de posidonies. Dans l'herbier, les câbles seront installés au plus près de la matte et ancrés par des ancres adaptées aux substrats de façon régulière afin d'éviter tout mouvement et tout phénomène de ragage des fonds.

Le choix des tracés ont fait l'objet d'une étude d'optimisation prenant en compte l'ensemble des contraintes techniques et environnementales, notamment :

- en choisissant un site à proximité d'une grande agglomération permettant le raccordement aux réseaux existants (Marseille) ,
- en sélectionnant les routes les plus courtes possibles dans les eaux territoriales,
- en limitant au maximum les croisements de câbles existants et en respectant les normes de croisement,
- en choisissant la bathymétrie la moins accidentée pour assurer sa stabilité dans le temps,
- en évitant au maximum les zones de protection réglementaire et d'inventaires scientifiques,
- en limitant au maximum l'emprise des câbles sur les herbiers de Posidonies.



L'ensemble de ces contraintes a donc conduit à sélectionner la plage de la Vieille Chapelle qui présente en effet la plupart des critères de premier rang :

- elle se situe à proximité de Marseille et offre un accès rapide aux réseaux terrestres existants ;
- elle permet de limiter la longueur des câbles à déployer dans les eaux territoriales françaises ;
- elle offre une bathymétrie simple et peu accidentée jusqu'à la boîte de jonction du segment au centre de la Méditerranée ;
- elle permet aux câbles de traverser des zones de faibles emprises sur l'herbier de nature discontinue (moins de 200m de linéaires).

Le tracé des câbles a également été retravaillé au regard des câbles existants, des zones d'intérêt écologique cartographiées (roches coralligènes notamment).

Sur la base du tracé retenu, une campagne d'expertise des biocénoses marines a été réalisée avec pour objectifs de réaliser un état des lieux des fonds marins sur le tracé des câbles dans la zone 0 à 90 mètres de fond (maximum atteint de 92 m), de caractériser l'état de vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica*, les zones à coralligènes, ainsi que de caractériser la qualité des sédiments à la côte dans la zone où les câbles seront ensouillés.

Le document présente le déroulement des investigations ainsi que les résultats obtenus. En fin de document, une synthèse de plusieurs retours d'expérience sur des câbles sous-marins précédemment installés dans les herbiers de posidonies est présentée.

Ce document est à l'attention de l'autorité environnementale pour apporter les éléments sur la nature et la sensibilité des fonds marins sur la route des câbles pour faciliter sa réponse à la demande d'examen au cas par cas du présent projet.

Le contenu de ce dossier viendra par ailleurs alimenter le dossier d'autorisation environnemental et l'étude d'incidences associée.



2 CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSSES MARINES DE LA ZONE D'ETUDE

La cartographie des biocénoses marines de la zone d'étude utilise les données Donia Expert disponible sur la plateforme de surveillance des eaux côtières et des écosystèmes de Méditerranée MEDTRIX.

A noter qu'une cartographie plus précise des fonds sera réalisée dans le cadre des études en géophysique marine et sera utilisée dans l'étude d'incidences du dossier de demande d'autorisation environnemental.

Les cartes suivantes présentent les biocénoses marines croisées par les câbles sous-marins et les différentes stations d'études du plan d'échantillonnage, dont les résultats sont présentés dans le présent document.

Les deux câbles sont présentés ici sous la dénomination « câble nord » et « câble sud ».

À partir de cette cartographie et du tracé des câbles sous-marins, des reconnaissances sous-marines et une caractérisation de l'herbier ont été réalisées selon un plan d'échantillonnage intégrant des plongées sur l'ensemble du tracé des câbles depuis la limite inférieure de l'herbier de posidonies jusqu'à la côte et par de la vidéo sous-marine (ROV) en plusieurs points jusqu'à 92 mètres de profondeur.

L'herbier au droit de la plage de la Vieille Chapelle fait partie de l'herbier de la baie du Prado qui se présente ici dans sa plus faible largeur. Il sépare les sédiments sableux de la biocénose côtière des sables bien calibrés et des fonds meubles circalittoraux.

Sur la zone d'étude, l'herbier est discontinu et les fonds sont dominés par de la matre morte. Les limites inférieures de l'herbier sont difficilement décelables puisqu'il se présente essentiellement sous forme de taches, d'îlots et faisceaux isolés. Sur la route des câbles, l'herbier se situe sur des fonds compris entre environ 25 mètres et 7,5 mètres de fond. Au-delà de la limite supérieure, les fonds sont sableux jusqu'à la côte.

Les zones de matre morte observables sont très étendues et la limite inférieure de la matre morte et les fonds meubles circalittoraux est difficile à définir. En effet, au-delà de l'interface observable, de la matre morte est décelable sous les sédiments.

La limite de l'herbier de posidonies est quant à elle relativement haute puisqu'elle se rencontre sur des fonds de moins de 25 mètres et présente des caractéristiques d'une limite régressive.

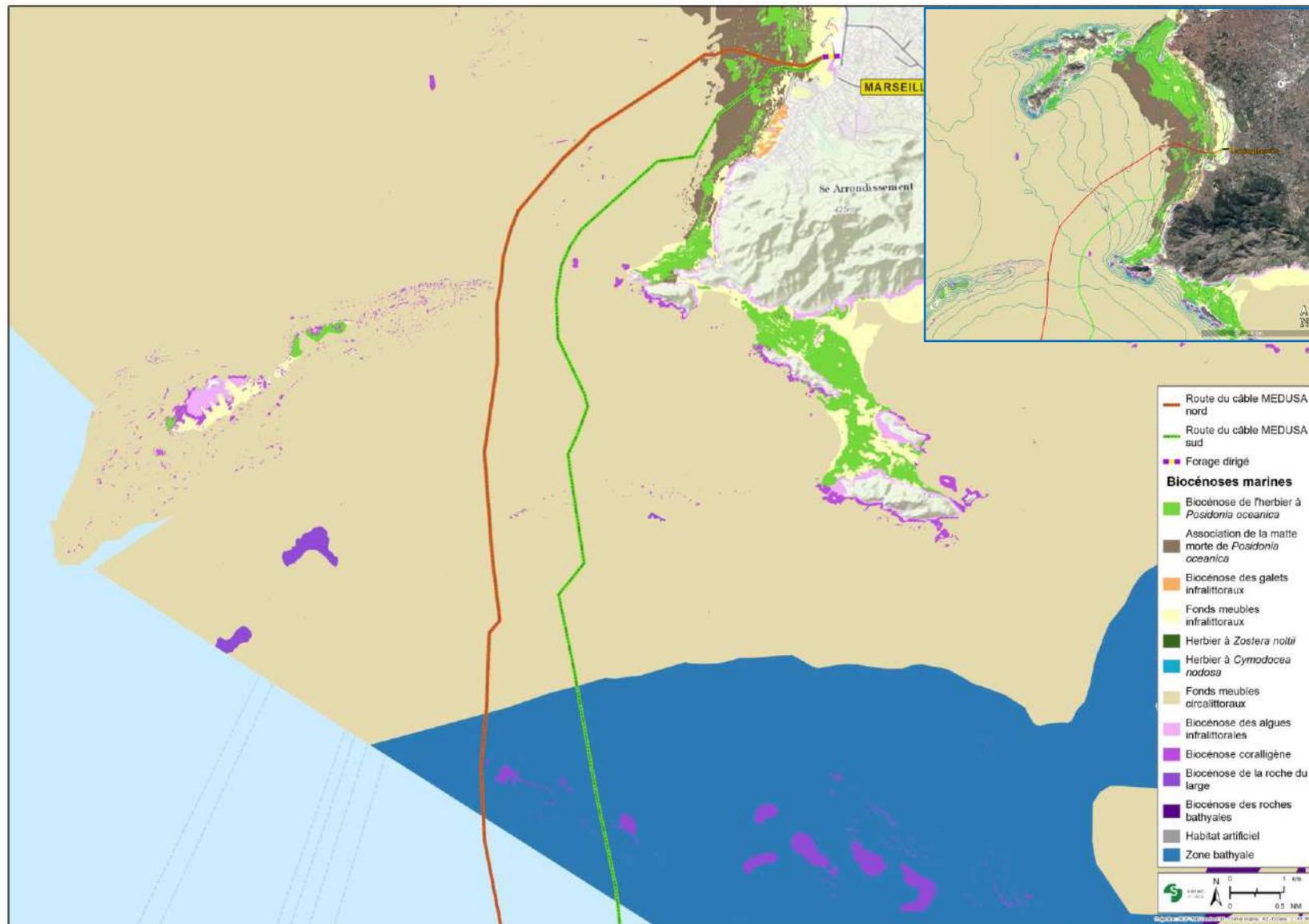


Figure 3 : Distribution des biocénoses marines jusqu'à la limite du plateau continental

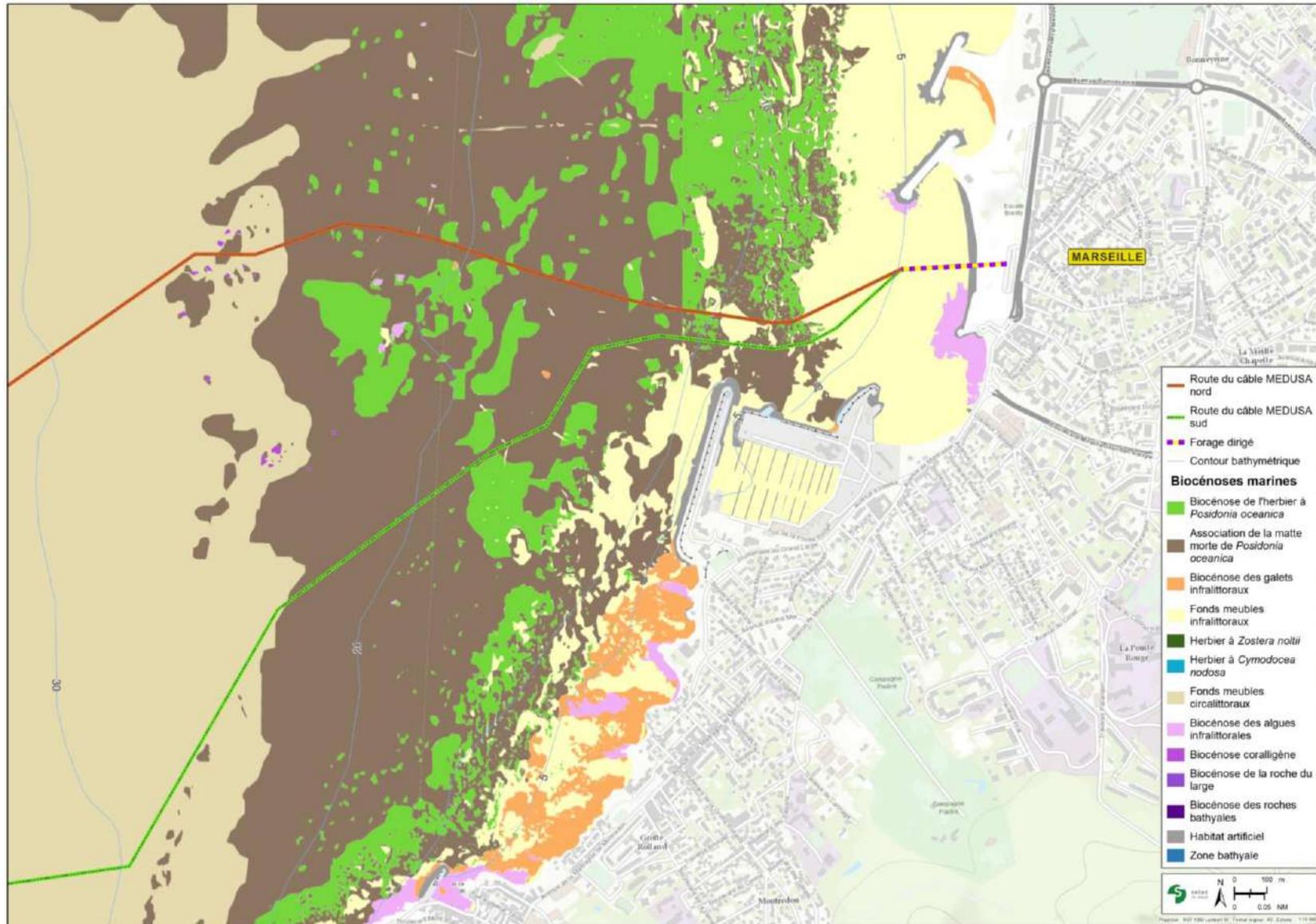


Figure 4 : Distribution des biocénoses marines à la côte



Les tracés des câbles sous-marins croisent l'herbier sur une distance mesurée de 370 mètres environ entre les limites inférieure et supérieure, mais suivent majoritairement des zones de matte morte.

Avec un diamètre de 35,9 mm à ce niveau, les deux câbles auront une emprise estimée de 13,3 m².

3 ÉTUDE DES HABITATS MARINS SUR LA ROUTE DU CÂBLE

3.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

La campagne d'étude a été réalisée du 14 au 17 avril et du 21 au 23 avril 2021 par une équipe de quatre (4) plongeurs professionnels, et a nécessité l'utilisation du bateau « Posidonia », un semi-rigide de 5,20 m de la société setec in vivo.



Figure 5 : Le « Posidonia » de setec in vivo

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 (SONY RX 100 II, SONY RX 100 V et Gopro Hero 4) ;
- ✓ Un ROV de type BlueROV2.

Au préalable, avant chaque intervention, le Cross Med a été informé de chaque début et de fin d'intervention, le secteur étant propice au trafic maritime.

La réglementation en vigueur relative à l'activité de la plongée sous-marine a été respectée, notamment la mise en œuvre du pavillon Alpha ; et la mise en place du balisage temporaire en mer, afin de délimiter la zone d'action, durant toute la durée des investigations.

Par ailleurs, notre organisation et le déroulement de nos interventions étaient conformes aux règles sanitaires en vigueur pour limiter la propagation de l'épidémie de COVID-19.

La campagne d'étude des biocénoses marines a consisté à réaliser des reconnaissances marines le long du tracé des câbles sous-marins notés « câble nord » et « câble sud » dans la zone 5 - 92 mètres en plongée sous-marine et au moyen d'un ROV (robot sous-marin téléguidé), à caractériser l'herbier de posidonies se trouvant sur la route des câbles, à identifier les zones coralligènes, et à étudier la qualité des sédiments côtiers où des travaux d'ensouillage seront nécessaires.

3.1.1 RECONNAISSANCE DES FONDS SUR LE TRACÉ DES CÂBLES

3.1.1.1 Le marquage du tracé des câbles nord et sud

Un marquage des tracés des câbles a été réalisé au préalable à l'ensemble des investigations et expertises sous-marines.

Quarante-deux (42) balises ont été disposées sur le tracé du câble nord et quarante (40) balises ont été installées sur le tracé du câble sud.

Les balises ont été signalées par des parachutes de plongée afin de leur donner de la visibilité.

Ces balises ont permis de couvrir l'ensemble du tracé des câbles dans l'herbier de posidonies. La position des balises, espacées de 50 à 70 mètres en moyenne, a été déterminée à partir de la cartographie des biocénoses marines disponible (Medtrix).

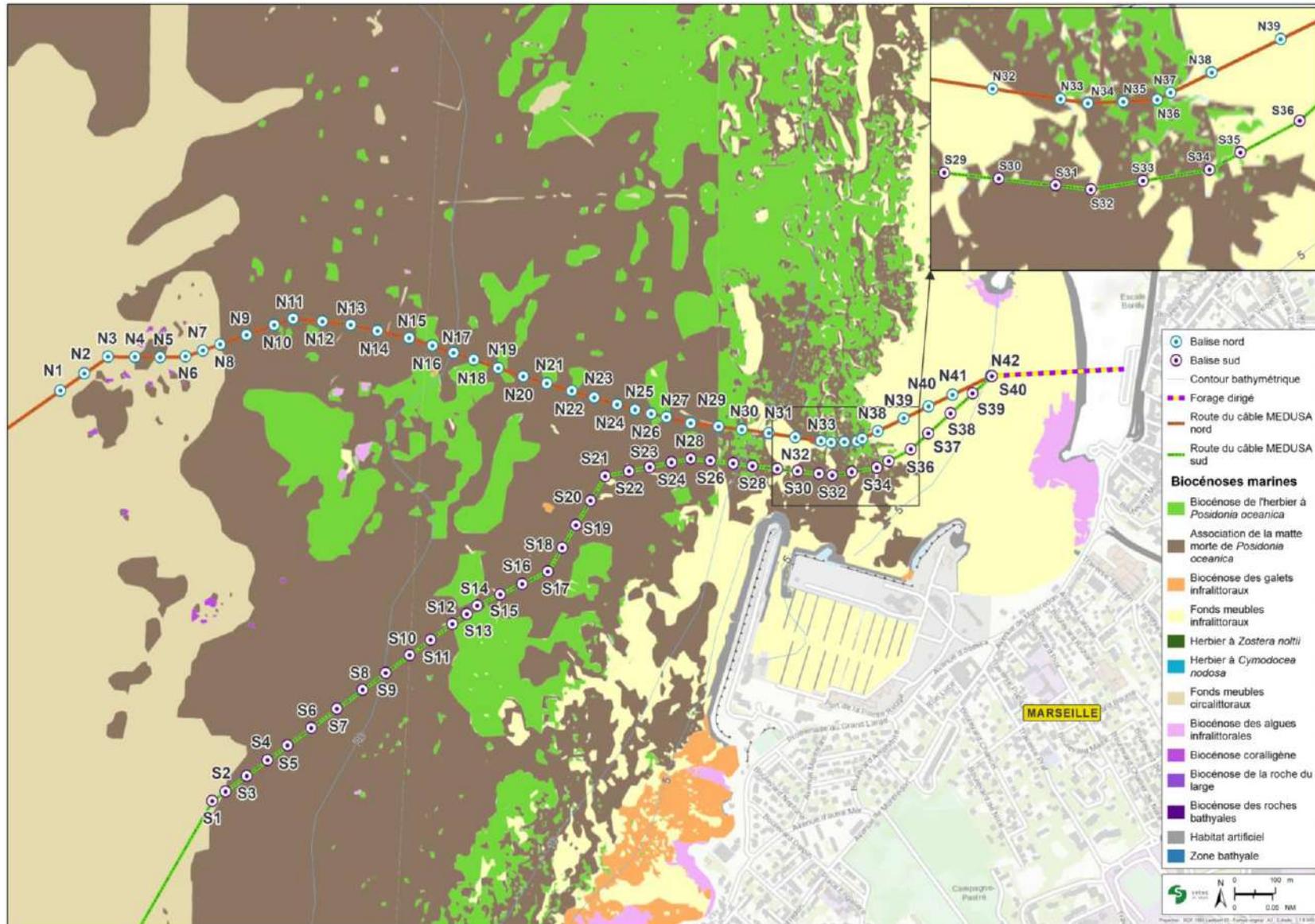


Figure 6 : Balises de repérage des tracés du câble nord (N1 à N42) et du câble sud (S1 à S40)



Figure 7 : Installation des balises le long du tracé des câbles

Les balises ont été déployées depuis la surface vers le fond. Un filin lesté a ensuite été déroulé sur le fond depuis la surface en reliant chacune des balises, pour marquer le tracé de chacun des câbles. 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 concerné.



Figure 8 : Filin lesté sur le fond marquant le tracé des câbles sous-marins

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



Tableau 1 : Coordonnées des balises installées pour le câble nord

Balise	Profondeur (en m)	Nature du fond	Coordonnées (en WGS 84)	
			Latitude	Longitude
N1	28,3	Matte morte	43° 14'59.20"N	5° 20'32.82"E
N2	27,1	Matte morte	43° 15'0.49"N	5° 20'35.49"E
N3	26,3	Matte morte	43° 15'1.77"N	5° 20'38.11"E
N4	26,5	Matte morte	43° 15'1.68"N	5° 20'41.05"E
N5	26,3	Matte morte	43° 15'1.60"N	5° 20'43.77"E
N6	26,0	Matte morte	43° 15'1.59"N	5° 20'46.53"E
N7	25,3	Matte morte	43° 15'2.02"N	5° 20'48.45"E
N8	25,5	Matte morte	43° 15'2.46"N	5° 20'50.34"E
N9	24,8	Matte morte	43° 15'3.14"N	5° 20'53.23"E
N10	24,3	Matte morte	43° 15'3.86"N	5° 20'56.26"E
N11	23,3	Matte morte	43° 15'4.33"N	5° 20'58.36"E
N12	23,4	Matte morte	43° 15'4.04"N	5° 21'1.52"E
N13	22,2	Matte morte	43° 15'3.70"N	5° 21'4.60"E
N14	21,9	Matte morte	43° 15'3.16"N	5° 21'7.50"E
N15	21,8	Matte morte	43° 15'2.51"N	5° 21'10.93"E
N16	21,5	Matte morte	43° 15'1.86"N	5° 21'13.41"E
N17	21,5	Matte morte	43° 15'1.24"N	5° 21'15.67"E
N18	20,9	Matte morte	43° 15'0.65"N	5° 21'17.84"E
N19	19,5	Matte morte	43° 14'59.94"N	5° 21'20.48"E
N20	18,6	Matte morte	43° 14'59.21"N	5° 21'23.17"E
N21	18,0	Matte morte	43° 14'58.61"N	5° 21'25.70"E
N22	16,8	Matte morte	43° 14'57.96"N	5° 21'28.41"E
N23	16,3	Matte morte	43° 14'57.39"N	5° 21'30.83"E
N24	15,6	Matte morte	43° 14'56.78"N	5° 21'33.29"E
N25	14,8	Matte morte	43° 14'56.32"N	5° 21'35.23"E
N26	14,3	Matte morte	43° 14'55.98"N	5° 21'36.97"E
N27	13,9	Matte morte	43° 14'55.67"N	5° 21'38.61"E
N28	12,7	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'55.13"N	5° 21'41.25"E
N29	12,0	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'54.81"N	5° 21'44.26"E
N30	10,6	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'54.52"N	5° 21'46.75"E
N31	10,8	Sable	43° 14'54.17"N	5° 21'49.68"E
N32	10,0	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'53.78"N	5° 21'52.57"E
N33	8,9	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'53.42"N	5° 21'55.34"E

N34	8,3	Matte morte	43° 14'53.27"N	5° 21'56.44"E
N35	7,8	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'53.28"N	5° 21'57.89"E
N36	8,1	Herbier discontinu + sable	43° 14'53.31"N	5° 21'59.27"E
N37	8,8	Herbier discontinu + sable	43° 14'53.50"N	5° 21'59.84"E
N38	8,7	Herbier en limite supérieure herbier + sable	43° 14'54.07"N	5° 22'1.54"E
N39	7,7	Sable	43° 14'55.00"N	5° 22'4.39"E
N40	6,9	Sable	43° 14'55.89"N	5° 22'7.12"E
N41	6,2	Sable	43° 14'56.76"N	5° 22'9.77"E
N42	5,2	Sable	43° 14'58.14"N	5° 22'13.99"E

Tableau 2 : Coordonnées des balises installées pour le câble sud

Balise	Profondeur (en m)	Substrat	Coordonnées (en WGS 84)	
			Latitude	Longitude
S1	24,5	Matte morte	43° 14'26.48"N	5° 20'48.03"E
S2	24	Matte morte	43° 14'27.20"N	5° 20'49.48"E
S3	23,2	Matte morte	43° 14'28.38"N	5° 20'51.85"E
S4	23,7	Matte morte	43° 14'29.56"N	5° 20'54.16"E
S5	22	Matte morte	43° 14'30.68"N	5° 20'56.38"E
S6	21,8	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'32.01"N	5° 20'59.01"E
S7	21,4	Matte morte	43° 14'33.45"N	5° 21'1.88"E
S8	20,9	Matte morte	43° 14'34.89"N	5° 21'4.73"E
S9	20,9	Matte morte	43° 14'36.17"N	5° 21'7.29"E
S10	20,4	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'37.51"N	5° 21'9.96"E
S11	19,5	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'38.69"N	5° 21'12.29"E
S12	18,9	Matte morte	43° 14'39.87"N	5° 21'14.68"E
S13	18,6	Matte morte	43° 14'40.64"N	5° 21'16.28"E
S14	18,5	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'41.27"N	5° 21'17.45"E
S15	18,0	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'42.10"N	5° 21'19.96"E
S16	17,1	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'42.87"N	5° 21'22.41"E
S17	16,5	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'43.80"N	5° 21'25.22"E
S18	16,4	Matte morte	43° 14'45.62"N	5° 21'26.86"E
S19	16,5	Matte morte	43° 14'47.38"N	5° 21'28.42"E
S20	16,3	Matte morte	43° 14'49.27"N	5° 21'30.10"E
S21	16,3	Matte morte	43° 14'51.17"N	5° 21'31.78"E



S22	15,3	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'51.51"N	5° 21'34.36"E
S23	14,5	Herbier étendu	43° 14'51.78"N	5° 21'36.63"E
S24	13,3	Matte morte	43° 14'52.09"N	5° 21'39.00"E
S25	12,8	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'52.33"N	5° 21'41.11"E
S26	12,4	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'52.13"N	5° 21'43.24"E
S27	11,5	Matte morte	43° 14'51.85"N	5° 21'45.71"E
S28	10,5	Taches d'herbier / matte morte	43° 14'51.62"N	5° 21'47.82"E
S29	10,7	Matte morte + sable en alternance	43° 14'51.34"N	5° 21'50.50"E
S30	10,5	Matte morte + sable en alternance	43° 14'51.12"N	5° 21'52.72"E
S31	9,3	Matte morte + sable en alternance	43° 14'50.87"N	5° 21'55.03"E
S32	8,1	Taches d'herbier / matte morte + sable	43° 14'50.71"N	5° 21'56.47"E
S33	8,2	Taches d'herbier / matte morte + sable	43° 14'50.92"N	5° 21'58.60"E
S34	7,2	Taches d'herbier + sable	43° 14'51.19"N	5° 22'1.33"E
S35	7,9	Limite supérieure de l'herbier, sables grossiers	43° 14'51.67"N	5° 22'2.61"E
S36	7,2	Sables fins	43° 14'52.56"N	5° 22'5.07"E
S37	6,7	Sables fins	43° 14'53.76"N	5° 22'6.98"E
S38	6,1	Sables fins	43° 14'55.29"N	5° 22'9.48"E
S39	5,8	Sables fins	43° 14'56.81"N	5° 22'11.94"E
S40	5,2	Sables fins	43° 14'58.13"N	5° 22'14.10"E

3.1.1.2 Les reconnaissances sous-marines en plongée

Le long de la route balisée

Dès la fin de l'installation du filin marquant le tracé du câble, une équipe de 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 pour suivre la route des câbles marquée sur le fond.

Les plongeurs étaient également équipés du matériel nécessaire à la prise de note et de parachutes de balisage pour marquer, depuis le fond vers la surface, tout évènement remarquable nécessitant d'être relevé au GPS par l'équipe de surface.

Une vidéo a ainsi été réalisée entre les balises 1 et 42 du câble nord par l'un des plongeurs pendant que le second prenait des notes sur les changements de faciès observés ainsi que des photographies.

Cette opération a été répétée entre les balises 1 et 40 sur la route du câble sud.

Au point d'entrée du forage, une prospection vidéo circulaire d'environ 20 mètres de rayon a été réalisée.



Figure 9 : Plongeur évoluant le long du filin

3.1.1.3 Les reconnaissances vidéo au moyen du ROV

Au-delà de l'isobathe des 50m, des investigations par ROV (pour Remotely Operated Vehicle) ont été réalisées en six (6) stations sur les tracés des câbles nord et sud au cours de la journée du jeudi 22 avril 2021 (par mer belle à peu agitée).

Il s'agit d'un robot sous-marin téléguidé à distance de type BLUEROV2 pouvant descendre à des profondeurs importantes (100m). Depuis le bateau, le ROV est téléguidé au moyen d'une manette. Des photographies et vidéos sont réalisées au fur et à mesure de son parcours et sont observées en temps réel sur le bateau. Le dispositif est composé d'une caméra (110 degré horizontal de 1080 pixels) et de quatre phares de 1500 lumens sur 135 degrés. Son autonomie sur batterie (~1 à 2 heures par batteries interchangeables) et sa facilité de mise en œuvre (poids en air avec ballast - 12kg), permettent de couvrir intégralement les zones prospectées pour effectuer la reconnaissance des fonds au niveau des tracés des câbles, à l'aide d'un moyen nautique léger.

Une caméra Go Pro hero 4 a été rajouté au ROV par mesure de sécurité afin de doubler les vidéos présent lors des prospections.



Figure 10 : Préparation du matériel (à gauche) et sur le bateau avant immersion du ROV (à droite)

Chaque séquence vidéo représente un enregistrement d'environ 20 minutes d'images au fond. Son autonomie permet donc de couvrir le tracé des câbles à large échelle.

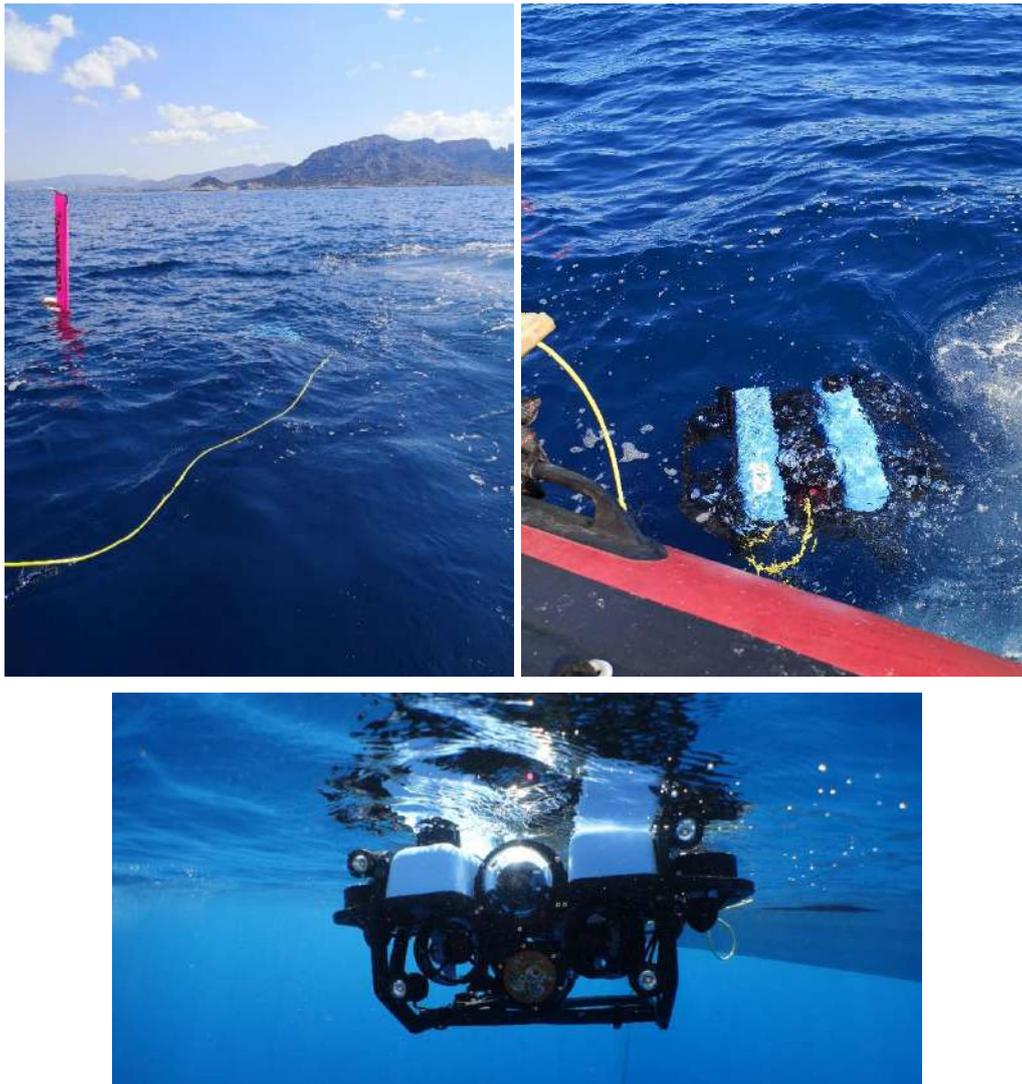


Figure 11 : Immersion du ROV à la station balisée par un parachute de plongée

Les coordonnées des stations d'observation par le ROV sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 3 : Coordonnées des stations d'observation par le ROV pour le câble nord et le câble sud

Station	Profondeur (m)	Substrat	Coordonnées (en WGS 84) du point d'immersion du ROV	
			Latitude	Longitude
ROV1	50	Sablo-vaseux/détritique côtier	43° 14'12.58"N	5° 18'49.14"E
ROV2	62		43° 12'48.82"N	5° 17'42.92"E
ROV3	60		43° 12'46.37"N	5° 17'38.90"E
ROV4	60		43° 12'58.75"N	5° 18'47.38"E
ROV5	92	Vases	43° 10'37.04"N	5° 18'39.14"E
ROV6	90		43° 10'30.13"N	5° 17'48.22"E

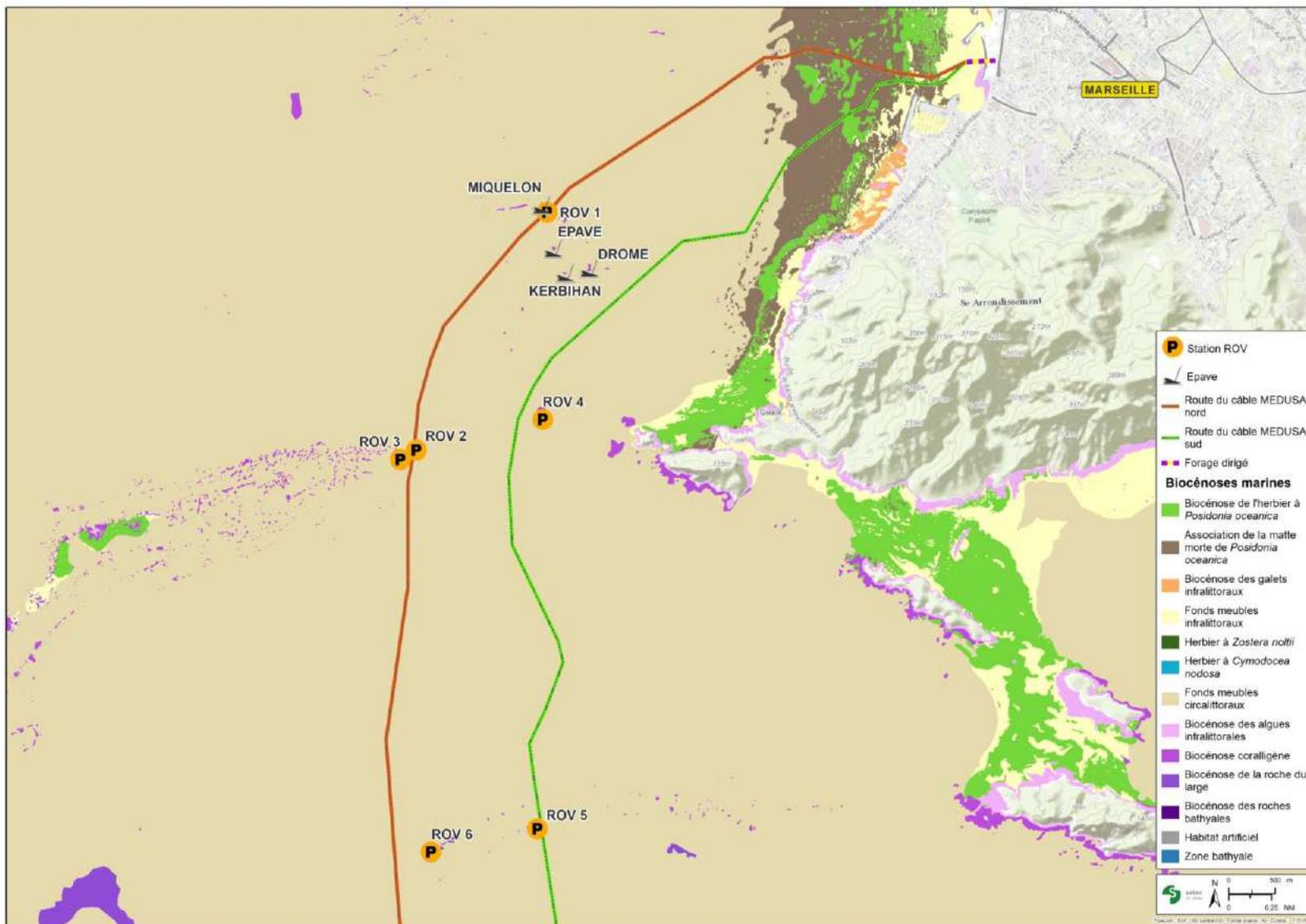


Figure 12 : Stations des points d'immersion du ROV

3.1.2 CARACTERISATION DE L'HERBIER DE POSIDONIES

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 matte ;
- ✓ 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 granulométrie du sédiment, indicative de l'hydrodynamisme ;
- ✓ La présence et la structure de matte morte et les intermattes 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 identification des espèces associées à l'herbier.

Puis, différents paramètres ont été choisis pour évaluer l'état de vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica*, sur sept (7) stations sur le tracé des deux câbles, dont deux en limite inférieure et deux en limite supérieure (à 48 m de distance de la balise N38 et 30m de distance de S35) :

- ✓ La profondeur et le type de limite inférieure ;
- ✓ Le taux de recouvrement ;
- ✓ La densité des faisceaux foliaires ;
- ✓ La proportion de rhizomes plagiotropes ;
- ✓ La mesure du déchaussement des rhizomes.

3.1.2.1 Typologie de l'herbier

Au travers des 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.

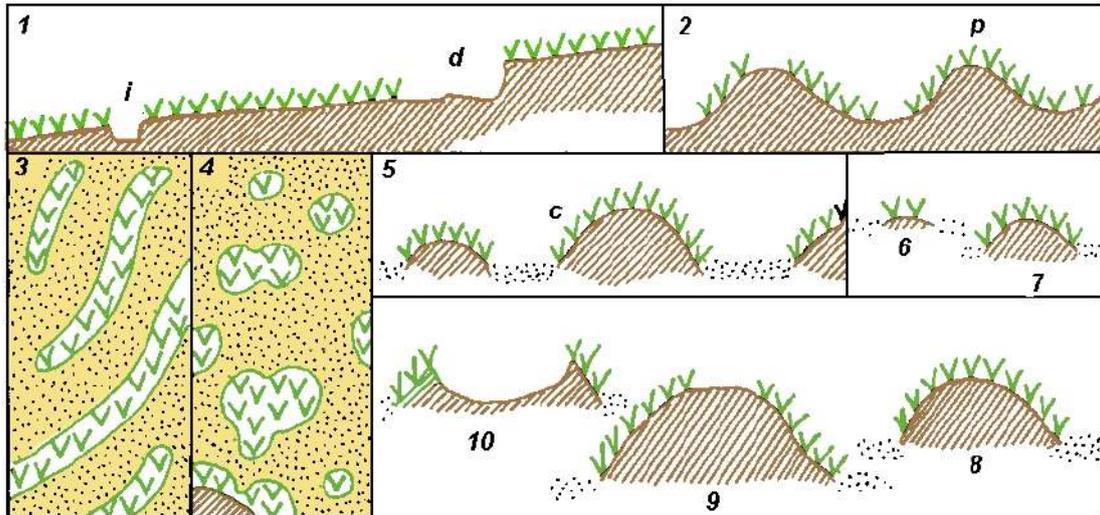


Figure 13 : Les différents types d'herbiers à *Posidonia oceanica*.

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. D'après Boudouresque et al. (1985a)

3.1.2.2 La profondeur et le type de limite inférieure

L'étude de la limite inférieure de l'herbier a été réalisée sur la station Posi 6 (18,4m de fond) et Posi 7 (23m de fond).

Après un premier repérage, la position de la limite de l'herbier de Posidonies a été enregistrée par GPS. 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). A partir de cette profondeur, il est possible de définir une échelle d'interprétation de la vitalité de l'herbier :

Tableau 4 : Evaluation de la vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* en fonction de la position bathymétrique de la limite inférieure en Corse (Bein A. et al, 2013)

ECART PAR RAPPORT A LA PROFONDEUR DE REFERENCE	PROFONDEUR	INTERPRETATION DE LA VITALITE 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 types de limites sont pris en compte, conformément au tableau suivant :

Tableau 5 : Evaluation de la vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* en fonction de la typologie de la limite inférieure de l'herbier (Bein A. et al, 2013)

TYPE DE LIMITE	CARACTERISTIQUES PRINCIPALES	INTERPRETATION DE LA VITALITE 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 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 prises de 20 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 100 carreaux apposé à chaque photo. Le nombre de carreaux occupés par l'herbier est alors compté.

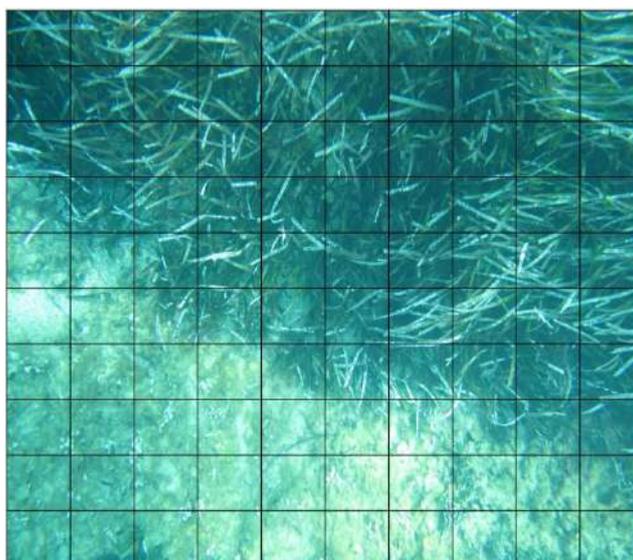


Figure 14 : Quadrillage apposé sur une photo pour calcul du taux de recouvrement

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

Tableau 6 : Interprétation de la vitalité de l'herbier en limite inférieure de l'herbier (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, il a été réalisé douze (12) densités par station. La moyenne des mesures est ensuite établie et ramenée à une densité par mètre carré.



*Figure 15 : Quadrat de 20*20 cm et mesure de la densité des faisceaux*

La classification utilisée de l'état de vitalité de l'herbier selon sa densité de faisceaux foliaires et la profondeur de la station d'étude est la suivante (Pergent-Martini et Pergent, 2010).



Tableau 7 : Classification de l'état de l'herbier selon les densités ($/m^2$) de faisceaux observés et le niveau de profondeur (m) (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 (rhizomes croissants 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.

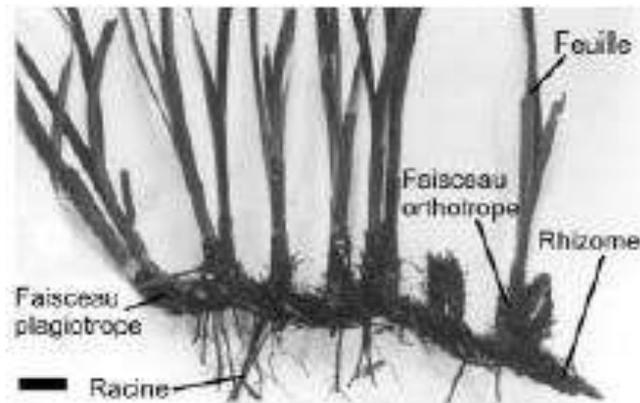


Figure 16 : Description des rhizomes de posidonies (Boudouresque et Meinesz, 1982 in Boudouresque et al., 2006)

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

POURCENTAGE DE RHIZOMES PLAGIOTROPES	INTERPRETATION
< 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 mouillages 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.

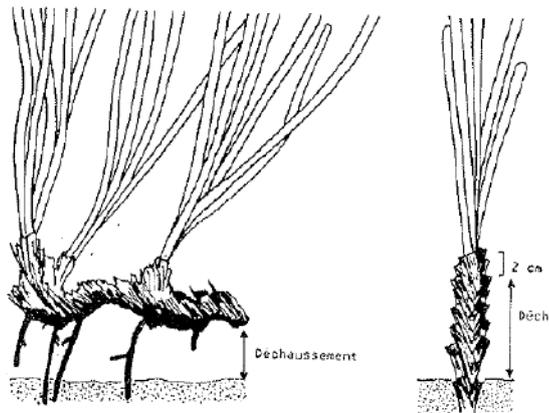


Figure 17 : Mesure du déchaussement de l'herbier de Posidonies (Boudouresque et al, 2006)

Cette valeur est mesurée par le plongeur à l'aide d'un régllet sur 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 9 : Échelle d'évaluation du déchaussement en fonction des valeurs moyennes mesurées (Charbonnel et al., 2000)

DECHAUSSEMENT (VALEURS SEUILS)	INTERPRETATION
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

La caractérisation de l'herbier au niveau du tracé des câbles nord et sud a été réalisée au niveau de sept (7) stations dont les coordonnées des points GPS sont présentées ci-après.

Tableau 10 : Coordonnées GPS des stations herbiers de Posidonies

Station	Profondeur (m)	Coordonnées (en WGS 84) des stations herbiers	
		Latitude	Longitude
Posi 1	18,4	43° 15'0.40"N	5° 21'18.80"E
Posi 2	14,5	43° 14'55.88"N	5° 21'37.67"E
Posi 3	11,4	43° 14'54.59"N	5° 21'46.66"E
Posi 4	8,1	43° 14'53.46"N	5° 21'59.68"E
Posi 5	7,5	43° 14'51.31"N	5° 22'1.64"E
Posi 6 lim inf	18,4	43° 14'39.14"N	5° 21'14.30"E
Posi 7 lim inf	23,0	43° 14'54.42"N	5° 20'55.14"E

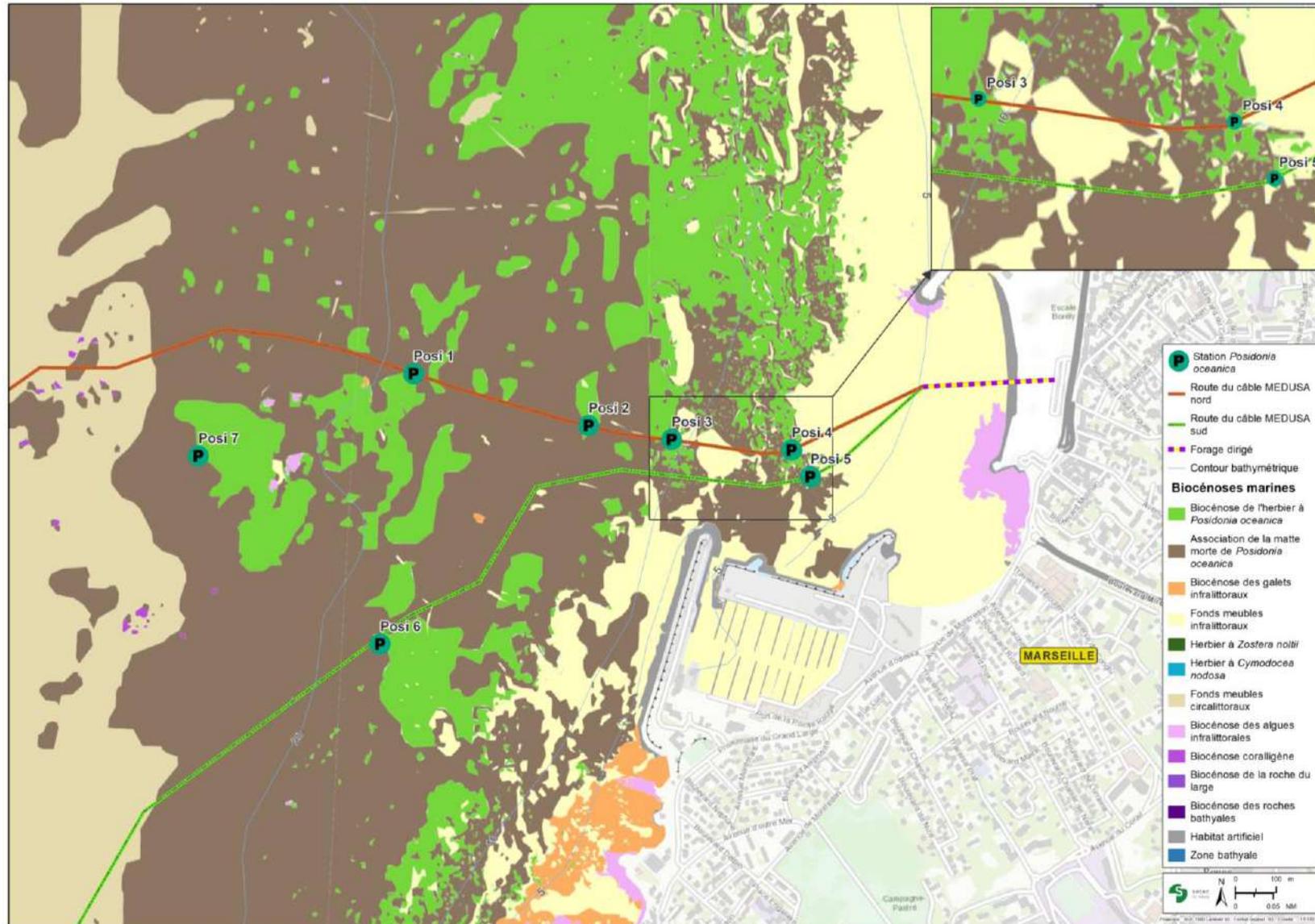


Figure 18 : Stations définies pour la caractérisation des herbiers

3.1.3 RECONNAISSANCE DES FONDS CORALLIGENES

Le coralligène est décrit comme un fond dur d'origine biogénique principalement produit par accumulation d'algues calcaires encroûtantes vivants 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 biologique, 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.

Quatre (4) stations Coralligène ont été observées en plongée sous-marine, les coordonnées des points GPS sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 11 : Coordonnées des points GPS des stations coralligènes

Station	Profondeur (m)	Coordonnées (en WGS 84) des stations à coralligène	
		Latitude	Longitude
Cora1	26,9	43° 15'2.70"N	5° 20'41.76"E
Cora2	27,4	43° 15'0.43"N	5° 20'40.06"E
Cora3	27,1	43° 14'59.98"N	5° 20'37.93"E
Cora4	26,6	43° 15'4.44"N	5° 20'38.40"E



Figure 19 : Stations des points coralligènes



3.1.4 ANALYSES SEDIMENTAIRES

Des prélèvements sédimentaires ont été réalisés afin de caractériser la qualité des sédiments dans la zone d'ensouillage du câble, soit entre le débouché du forage dirigé et la limite supérieure de l'herbier de Posidonies. L'analyse permettra de déterminer la contamination des sables en présence et le risque de remobilisation dans la colonne d'eau de contaminants au cours des opérations d'ensouillage.

Les échantillons prélevés ont été conservés à basse température avant expédition par transporteur express dès le lendemain pour analyse au laboratoire *Eurofins environnement* :

Ce laboratoire possède les agréments du Ministère de l'Environnement et l'accréditation COFRAC. Ces documents sont exigés dans le cadre de la circulaire d'application du 14 juin 2000.

Les analyses ont été menées conformément aux recommandations du guide méthodologique du Réseau Littoral Méditerranéen (RLM).

3.1.4.1 Les paramètres analysés

Les analyses ont porté sur les paramètres suivants :

- Les propriétés physiques : granulométrie et sédimentométrie, % de matières sèches, densité, teneur en Aluminium, Carbone Organique Total (Cot)
- Les propriétés chimiques : Métaux lourds (As, Cr, Hg, Pb, Cd, Cu, Ni, Zn), PCB congénères réglementaires (7), 16 HAP (Hydrocarbures aromatiques polycycliques), Organo-étains (TBT, DBT, MBT)
- Les nutriments : Azote de Kjeldahl (NTK), Phosphore total (Pt)

3.1.4.2 Comparaison avec les valeurs seuils

Les analyses réalisées dans le cadre de l'étude sont interprétées au regard des concentrations connues dans les sédiments pour les paramètres mesurés et :

- des seuils réglementaires : Les concentrations en métaux, en HAP et PCB des sédiments sont comparées aux seuils de références établis par l'arrêté interministériel du 9 août 2006 complété par l'arrêté du 23 décembre 2009 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux. Ces arrêtés relèvent de l'article R.214-1 du code de l'environnement et sont mentionnés également à l'arrêté du 14 juin 2000 relatif aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire (abrogé par l'arrêté du 1^{er} avril 2008 - art 27).

Ils représentent les niveaux de contamination de référence utilisés dans les procédures administratives d'instruction des projets situés sur le littoral français.

- **Les données du Réseau National d'Observation** : géré par l'Ifremer, le RNO permet de disposer d'éléments de comparaison vis-à-vis des analyses effectuées sur les sédiments méditerranéens. Les campagnes ont été menées de 1994 à 1996. Ces campagnes ont été l'occasion de prélèvements tout au long de la côte méditerranéenne. Les valeurs moyennes de l'étude sont comparées au point « 94-03 - Baie de Marseille 8 ».

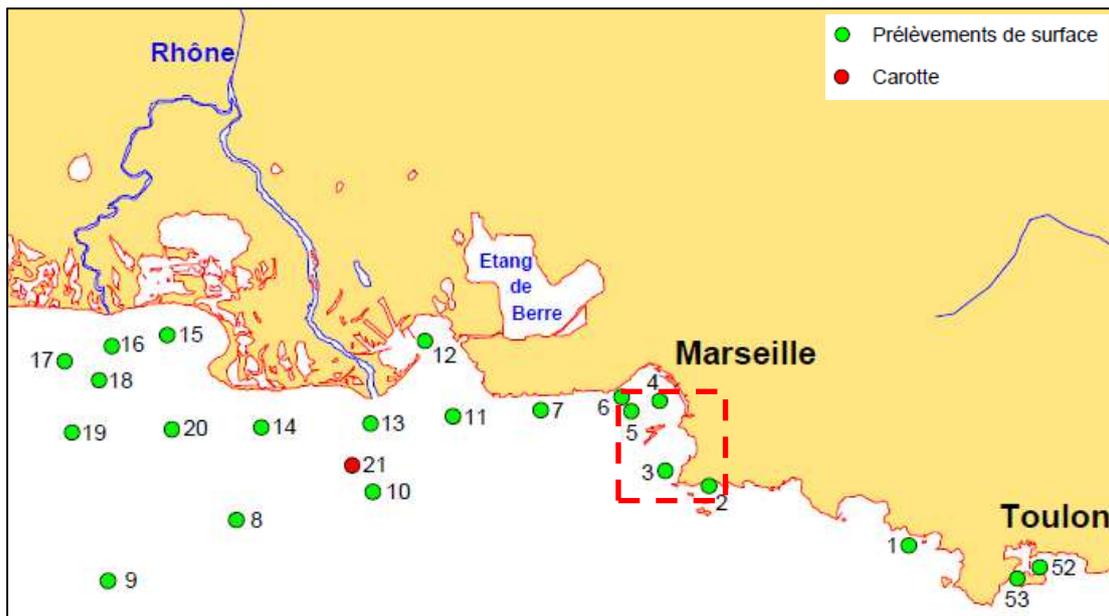


Figure 20 : Carte présentant la station de référence du réseau RNO à proximité de la zone d'étude (RNO, 1998)

- **les seuils établis par le Réseau Littoral Méditerranéen (RLM)** : son « guide méthodologique pour l'évaluation de la contamination chimique et radiologique du sédiment » à destination des institutions de recherche scientifique et paru en 2002 permet de disposer d'états de référence pour certains métaux lourds et HAP :

" En l'absence d'une méthode de référence pour les milieux naturels, les travaux menés dans le cadre du RLM ont permis de définir trois états descriptifs de la qualité chimique des sédiments :

- *État 1 : Il caractérise les niveaux inférieurs ou égaux au bruit de fond de la contamination chimique établis pour chaque contaminant à l'échelle de la Méditerranée française. Le bruit de fond correspond à la valeur limite au-dessus de laquelle une contamination peut être suspectée dans un sédiment fin. Pour les sédiments correspondant à cet état, le RLM ne recommande aucune mesure particulière autre que la surveillance régulière du site.*

- *État 2 : Il caractérise des niveaux correspondant à des valeurs supérieures au bruit de fond de la contamination chimique et inférieures ou égales au seuil de contamination avérée. Pour les sédiments correspondant à cet état, le RLM recommande une expertise complémentaire, pouvant aller jusqu'à une analyse des risques environnementaux.*

- *État 3 : Il caractérise les niveaux supérieurs au seuil d'une contamination avérée pour lesquelles le RLM recommande de mettre en œuvre (> à l'état 2):*

- *une analyse approfondie des risques environnementaux, y compris une identification et une quantification des apports,*



- la définition de mesures propres à remédier à l'état de pollution.

Les valeurs délimitant ces trois états ont été déterminées sur la base du traitement des données issues des travaux du RNO en Méditerranée. Elles ne s'appliquent pas aux sédiments assujettis à la réglementation relative aux rejets de dragage (arrêté du 14 juin 2000)."

Tableau 12 : États de référence pour les métaux traces applicables en Méditerranée pour l'interprétation des niveaux de contamination chimique dans les sédiments fins en milieu côtier naturel (IFREMER, 2002)

Métaux traces	Niveau de contamination en mg/kg de matière sèche		
	État 1	État 2	État 3
Cadmium (Cd)	<0,15	0,15 - 0,6	>0,6
Cuivre (Cu)	<15	15 - 60	>60
Mercure (Hg)	<0,05	0,05 - 0,4	>0,4
Plomb (Pb)	<25	25 - 50	>50
Zinc (Zn)	<90	90 - 200	>200

Pour les métaux lourds, on note que l'état de référence 1 du RLM est plus contraignant que le seuil N1 GEODE.

Pour les métaux lourds, on note que l'état de référence 1 du RLM est plus contraignant que le seuil N1 GEODE.

- **Les classes de l'Indice de Contamination Organique** issues des travaux de Romont (1996) et Pruvot (1999) se basant sur une évaluation de trois (3) paramètres : le Carbone Organique Total, l'Azote Total et le Phosphore Total. Leur concentration dans le sédiment est hiérarchisée en cinq (5) classes selon le tableau suivant. L'Indice de contamination organique s'étend de 0 à 11 et correspond à la somme des trois valeurs obtenues.

Tableau 13 : Indice de contamination organique d'après Romont (1966) et Pruvot (1999) dans Alzieu (2003)

	Seuil de l'Indice de Contamination Organique				
	Nul = 0	Faible = 1	Moyen = 2	Fort = 3	Très fort = 4
COT (% MS)	<0,6	0,6 - 2,3	2,3 - 4	4 - 5,8	>5,8
Azote Kjeldahl (g/kgMS)	<0,6	0,6 - 1,2	1,2 - 2,4	2,4 - 3,6	>3,6
Phosphore total (mg/kg MS)	<500	500 - 800	800 - 1200	>1200	
(ICO)	0	0-2,75	2,75-5,5	5,5-8,25	>8,25

Cet indice représente un outil de comparaison des paramètres impliqués dans les perturbations d'origine organique.

3.1.4.3 Stations des prélèvements de sédiments

Un échantillon moyen a été réalisé dans les sables entre le point d'entrée de forage et la limite supérieure de l'herbier de Posidonies au niveau du tracé des câbles nord et sud. Un troisième échantillon moyen a été réalisé au niveau de l'entrée du forage.

Les coordonnées des stations d'échantillonnage sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Coordonnées (en WGS 84) des points de prélèvement des sédiments pour analyses

	Station	Profondeur (m)	Coordonnées (en WGS 84) des points de prélèvement sédimentaires	
			Latitude	Longitude
Echantillon moyen câble nord	Sed nord 1	8,5	43° 14'54.38"N	5° 22'2.51"E
	Sed nord 2	7,1	43° 14'55.79"N	5° 22'6.78"E
	Sed nord 3	8,0	43° 14'57.23"N	5° 22'11.19"E
Echantillon moyen câble sud	Sed sud 1	6,0	43° 14'52.55"N	5° 22'5.04"E
	Sed sud 2	6,5	43° 14'54.45"N	5° 22'8.13"E
	Sed sud 3	6,9	43° 14'56.34"N	5° 22'11.18"E
Echantillon entrée forage	Sed entrée forage	4,4	3 prélèvements autour de 43° 14'58.13"N	3 prélèvements autour de 5° 22'14.10"E



Figure 21 : Stations des points de prélèvements de sédiments au carottier à main



Les prélèvements d'échantillon élémentaires ont été réalisés en plongée au carottier à main et mélangés en surface pour constituer trois échantillons moyens qui ont été envoyés au laboratoire d'analyse EUROFINs.

L'ensemble des critères d'acceptation à réception était conforme sur le dossier à destination du laboratoire Eurofins.

3.2 RESULTATS

3.2.1 DESCRIPTION DES FONDS OBSERVES SUR LA ROUTE DES CABLES NORD ET SUD

Les résultats des observations sont présentés ci-après du large vers la côte.

Sont présentées successivement les observations faites :

- par plongeur le long du parcours du câble nord balisé depuis 28,2 mètres et 5,2 mètres de profondeur d'eau ;
- par plongeur le long du parcours du câble sud balisé depuis 24,5 mètres et 5,2 mètres de profondeur d'eau ;
- à l'aide du ROV sur des fonds compris entre 50 mètres et 94 m de profondeur, en deçà de la limite inférieure de l'herbier de Posidonies.

3.2.1.1 Observations en plongée

3.2.1.1.1. Le tracé du câble nord

Les observations réalisées en plongées sont présentées depuis le point d'immersion des plongeurs au niveau de la balise 1 (côté large sur 28,3 m de fond) vers la balise 42 (sur 5,2 m de fond) correspondant à l'entrée du forage dirigé.

Le long du tracé entre les balises N1 à N42, aucun individu vivant ou mort de l'espèce patrimoniale « *Pinna nobilis* » (grande nacre) n'a été observé.

De la balise N1 (28,3 m) à la balise N28 (12,7 m) :

La balise N1 a été positionnée au-delà de la zone matte morte, sur un fond de substrat infralittoral, à 28 mètres de fond.

Le long du tracé jusqu'à la balise N28, le câble longe plusieurs taches et îlots d'herbiers isolés de superficies variables, mais restreintes (de l'ordre d'un à quelques mètres carrés). A la balise N10, en fin de transect, la limite inférieure de l'herbier de Posidonies est identifiée à 24,3m de fond. L'herbier de Posidonies devient plus étendu (continu) au niveau de la balise N28, à 12,7 mètres de fond.

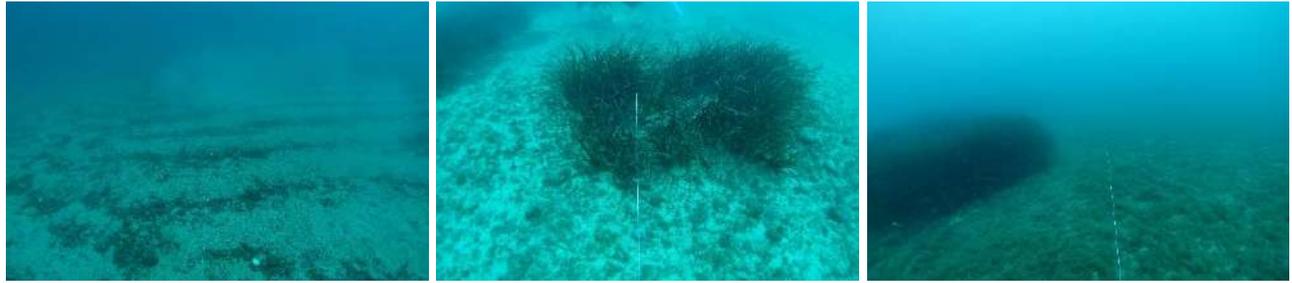


Figure 22 : Matte morte ensablée (à gauche et à droite) et passage du filin sur une tache d'herbier isolé (au centre)

Les fonds sont principalement constitués de matte morte ensablée ainsi que de sables grossiers à coquillers. Des algues rouges calcaires sous forme libre (rhodolithes : nodules compacts libres) sont observées de façon isolée sur les sédiments qui recouvrent la matte morte ainsi que des individus d'algues vertes des espèces *Flabellia petiolata* et *Codium bursa*.

Concernant les invertébrés benthiques, quelques espèces ont été notées par les plongeurs : l'holothurie *Holothuria sp.*, la flabelline *Flabellina affinis* sur hydraires., et le ver annelé tubicole (spirographe) *Sabella spallanzanii*.



Figure 23 : Rhodolithe (à gauche), flabelline sur hydraires. (au centre), et spirographe (à droite)

Entre les balises N1 et N28, plusieurs câbles de type télécom (de faibles diamètres) ont été observés, en direction du nord-est principalement. Les observations sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15: Synthèse des observations des câbles croisés le long du tracé du câble Nord.

Balises	Observations	Profondeur (en m)	Illustrations
N1 - N3	1 câble (parallèle au filin)	27,5	



N11- N12	2 câbles	24,1 - 23,4	
N12- N13	1 sillon (supposition d'un câble ensouillé)	22	
N13- N14	1 câble	22,3	
N14- N15	1 câble	22,3	
N15 - N16	1 câble	21,5	
N17 - N18	1 câble	21	
N19 - N20	1 câble	21	
N20 - N21	2 câbles	18,6 - 18	
N24 - N25	5 câbles	22,3 - 20 - 20 - 14,8	

De la balise N29 (12,0 m) à la balise N37 (8,8 m) :

L'herbier de Posidonies se présente sous différentes formes successives discontinues : en îlots, voire des formations en colline (de 0,7 à 1,0 mètre de hauteur) et sur matre (herbier développé sur des hauteurs de matre importantes et formant des tombants aux interfaces avec les fonds sableux). Les sables dans les alternances avec la matre morte et les zones d'herbier sont grossiers et coquillers.

Les zones d'herbier présentes sont plus importantes et resserrées que précédemment sans toutefois se dessiner en continu. L'herbier semble présenter une bonne vitalité, avec de longues feuilles recouvertes d'épiphytes, et un fort taux de recouvrement des feuilles en son sein. L'herbier a fait l'objet d'une caractérisation plus fine selon les descripteurs définis précédemment (densité, déchaussement, etc.).

Des tombants de matre, de 0,7 mètre de hauteur, se rencontrent au niveau du transect N33-N34 ainsi qu'à la fin du transect N37.

Un corps mort de la ligne de balisage du chenal de navigation de la cale de mise à l'eau de la pointe rouge a été observé à la balise N36.



Figure 24 : Tombants de matre de Posidonies aux transects N33-N34 (à gauche) et N36-N37 (à droite)



Figure 25 : Herbier de Posidonies au niveau du tracé (transect N28-N29 à gauche et transect N30-N31 à droite)

Au centre du transect entre les balises N35 et N36, un câble sectionné est posé sur la matre morte.

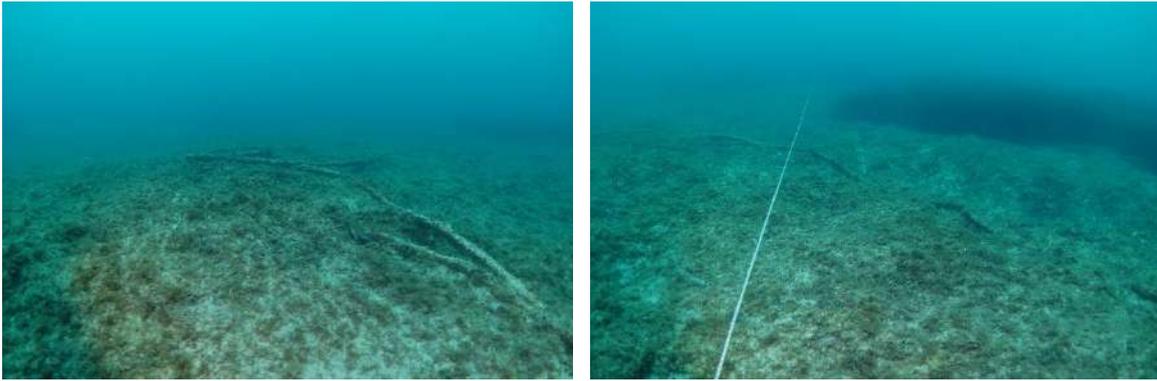


Figure 26 : Cable hors service sectionné sur matte morte, au niveau transect N35-36

De la balise N38 (8,7 m) à la balise N42 (5,2 m : entrée forage dirigé) :

Ce transect croise la limite supérieure de l'herbier de Posidonies, à 8,7m de fond. Au-delà c'est la biocénose des sables fins bien calibrés qui s'impose jusqu'à l'entrée du forage dirigé.

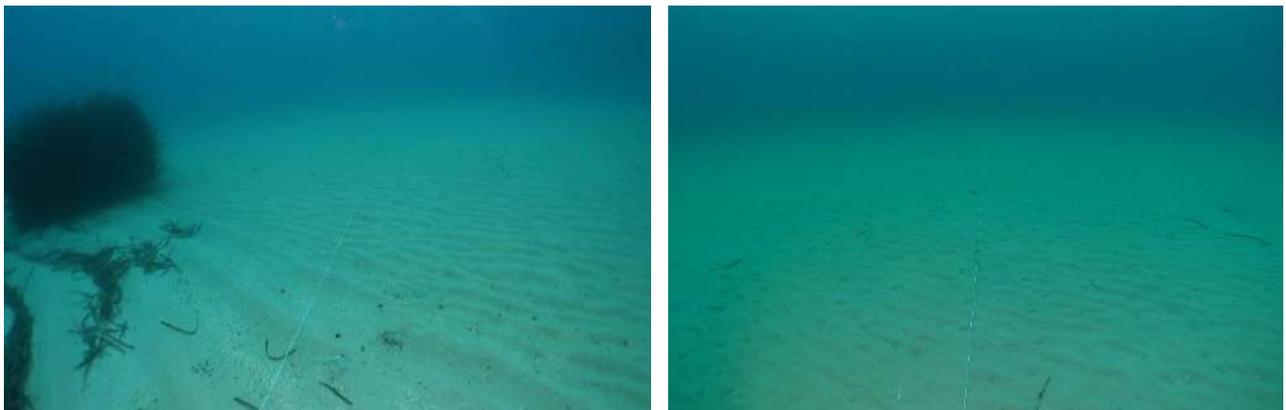


Figure 27 : Limite supérieure de l'herbier de Posidonies (à gauche) et substrat constitué de sables fins (biocénose des sables fins bien calibrés) (à droite) - transect N38-N39

3.2.1.1.2. **Le tracé du câble sud**

Les observations réalisées en plongées sont présentées depuis le point d'immersion des plongeurs au niveau de la balise 1 (côté large sur 24,5 m de fond) vers la balise 40 (sur 5,2 m de fond) correspondant à l'entrée du forage. Le long du tracé de la balise S1 à S40, aucune grande nacre, *Pinna nobilis*, n'a été observée.

De la balise S1 (24,5m) à la balise S20 (16,3m) :

Il s'agit principalement d'un substrat de type matte morte ensablée. Plusieurs tâches d'herbier de faible superficie (3m² maximum) croisent la route du câble. Le faciès est identique à celui observé au début des balises du tracé du câble nord, c'est-à-dire de la matte morte avec de façon isolée quelques rhodolithes et des algues vertes (notamment *Flabellia petiolata*).



Figure 28 : Faciès observé le long du tracé du câble sud (transect S1-S2 à gauche, transect S2-S3 au centre et transect S5-S6 à droite)

La limite inférieure de l’herbier de Posidonies est déterminée à 19,5 m de fond, se situant au centre du transect débutant à la balise S11. Au niveau de ce transect (S11-S12), l’herbier de Posidonies commence à présenter des ilots de tailles plus importantes de part et d’autre du câble. Cependant la matte morte reste très largement prédominante. Le câble croise toutefois quelques îlots de posidonies (Figure 29). L’herbier semble être en bonne vitalité, avec de longues feuilles, recouvertes d’épiphytes, et un fort taux de recouvrement. L’herbier a fait l’objet d’une caractérisation plus fine selon les descripteurs définis précédemment (densité, déchaussement, etc.).

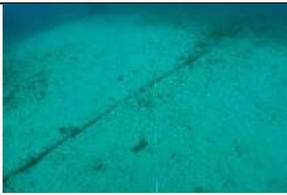


Figure 29 : Herbier présentant une forte densité (transect des balises S13-S14 à gauche et transect des balises S16-S17 à droite)

Plusieurs câbles préexistants dans ce secteur ont croisé la route des transects du câble sud. Les observations sont décrites dans le tableau ci-dessous :

Tableau 16 : Observations des câbles et du sillon croisés entre les transects S10 et S19 du câble sud

Balises	Observations	Profondeur (en m)	Illustrations
S10-S11	1 câble (parallèle au filin)	20,4	

S11-S12	1 câble (parallèle au filin)	19,5	
S14-S15	1 sillon	18,5	
S18-S19	1 câble + galets et pierres éparses	16,4	

De la balise S20 (16,3m) à S22 (15,3m) :

Entre les balises S20 et S22, plusieurs blocs rocheux sont dispersés sur le fond. Ces blocs rocheux sont visibles sur une largeur de 10 m de part et d'autre du tracé.



Figure 30 : Blocs rocheux observés au niveau du transect S20-S21

Ces roches, d'une hauteur maximum de l'ordre du mètre, sont recouvertes principalement d'algues photophiles de type *Codium bursa*, de *Dictyota sp.*, *Flabellia petiolata*...

Sur les parties ombragées, les algues rouges calcifiées telles que *Lithophyllum sp.* et *Penyssonnelia sp.* sont présentes, ainsi que quelques individus d'éponges encroûtantes *Crambe crambe* et *Phorbastenacior*, de l'éponge caverneuse grise *Fasciospongia cavernosa*, de l'ascidie blanche *Phallusia mammillata* et de l'ascidie rouge *Halocynthia papillosa*.

Aucune espèce érigée n'est observée sur l'ensemble des enrochements, à l'exception d'une gorgone *Eunicella singularis* fixée à un petit galet hors du tracé.

Une galathée *Galathea strigosa* a été également observée, ainsi que plusieurs oursins *Paracentrotus lividus*, des étoiles de mer rouge *Echinaster sepositus*, et quelques catagnoles *Chromis chromis*.

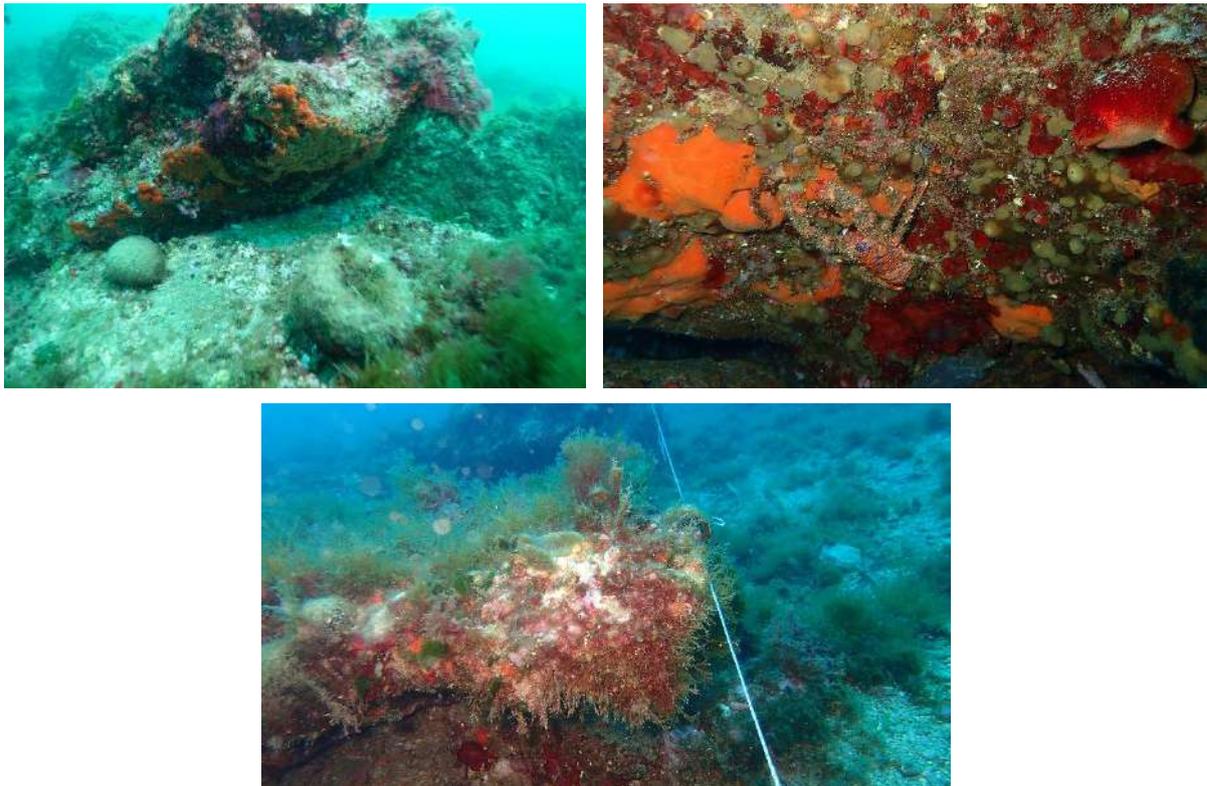


Figure 31 : Espèces des enrochements

De la balise S23 (14,5m) à la balise S35 (7,9m) :

Au niveau de la station S23, le substrat est composé de matre morte ensablée et de zones d'herbier d'apparence denses. Les zones d'herbier tendent à augmenter leurs surfaces en direction de la balise S27. La matre morte reste cependant prédominante.



Figure 32 : Herbier au niveau du transect S23-S24 (à gauche) et du transect S25-S26 (à droite)

Un tombant de matte d'environ 0,7 m est observé en fin de transect entre les balises S28 et S29. A partir de la balise S29 et jusqu'à la balise S35, des formations en colline et sur matte sont observées successivement, avec un substrat principalement constitué de sables fins.



Figure 33 : Tombant de matte morte au niveau du transect S28-S29 (à gauche), matte morte au niveau du transect S32-S33, et formation en colline au niveau du transect S33-S34 (à droite)

Un débris métallique non identifié d'environ 1m de long sur 50 cm de large a été observé au niveau de la balise S32.



Figure 34 : Débris métallique observé au niveau du transect de la balise S32-S22

Entre les balises S34 à S35, il s'agit principalement d'une zone d'herbier sur sable. La limite supérieure de l'herbier se situe au niveau de la balise S35 à l'interface avec des sables grossiers coquillers.



Figure 35 : Zone d'herbier sur sable au niveau du transect S34-S35 et sables grossiers et coquillers au niveau du transect S35-S36

De la balise S36 (7,2) à S40 (5,2) :

Le substrat est constitué de sables fins (biocénose des sables fins bien calibrés), dépourvu d'herbier. On note la présence d'une coque de bateau en polyester en épave d'environ 4m de long sur 1m de large au niveau de la balise S37.



Figure 36 : Coque en polyester au niveau du transect S36-S37 (à gauche) et biocénose des sables fins bien calibrés au niveau du transect S39-S40 (à droite)

3.2.1.1.3. **Zone d'entrée du forage**

Au point d'entrée du forage, une vidéo à 180 degrés a été réalisée sur une circulaire de 20 mètres de rayon. Le substrat autour du point d'entrée du forage est constitué de sables fins. La zone est dépourvue d'herbier ou d'obstacle.



Figure 37 : Photos du substrat autour du point d'entrée du forage - 5,2 m

3.2.1.2 Observations du Véhicule sous-marin téléguidé

La prospection du tracé des câbles nord et sud au-delà de 50 m de fond a été réalisée au moyen d'un véhicule sous-marin téléguidé, communément appelé ROV en anglais.

Les investigations ont porté sur six (6) stations d'études, sélectionnées à partir de la cartographie disponible des biocénoses benthiques (Medtrix), se référant à la biocénose coralligène qui présente une forte sensibilité face à l'installation de câbles sous-marins. L'objectif ici était donc de vérifier d'une part la nature des fonds en chacun de ces points identifiés cartographiquement et d'autre part de valider l'absence de cette biocénose au niveau des deux routes préliminaires passant à proximité.

Toutes des stations investiguées au ROV (stations ROV1 à ROV6) se rattachent la même biocénose marine identifiée, celle des fonds meubles circalittoraux qui peuvent se décliner en biocénoses du détritique côtier (DC) et du large (DL). Les fonds présentent des sédiments hétérogènes constitués d'un mélange de sables grossiers, constitués d'une part de débris calcaires (coquilles, tests, etc.) et de sédiments sablo-vaseux en fractions variables.

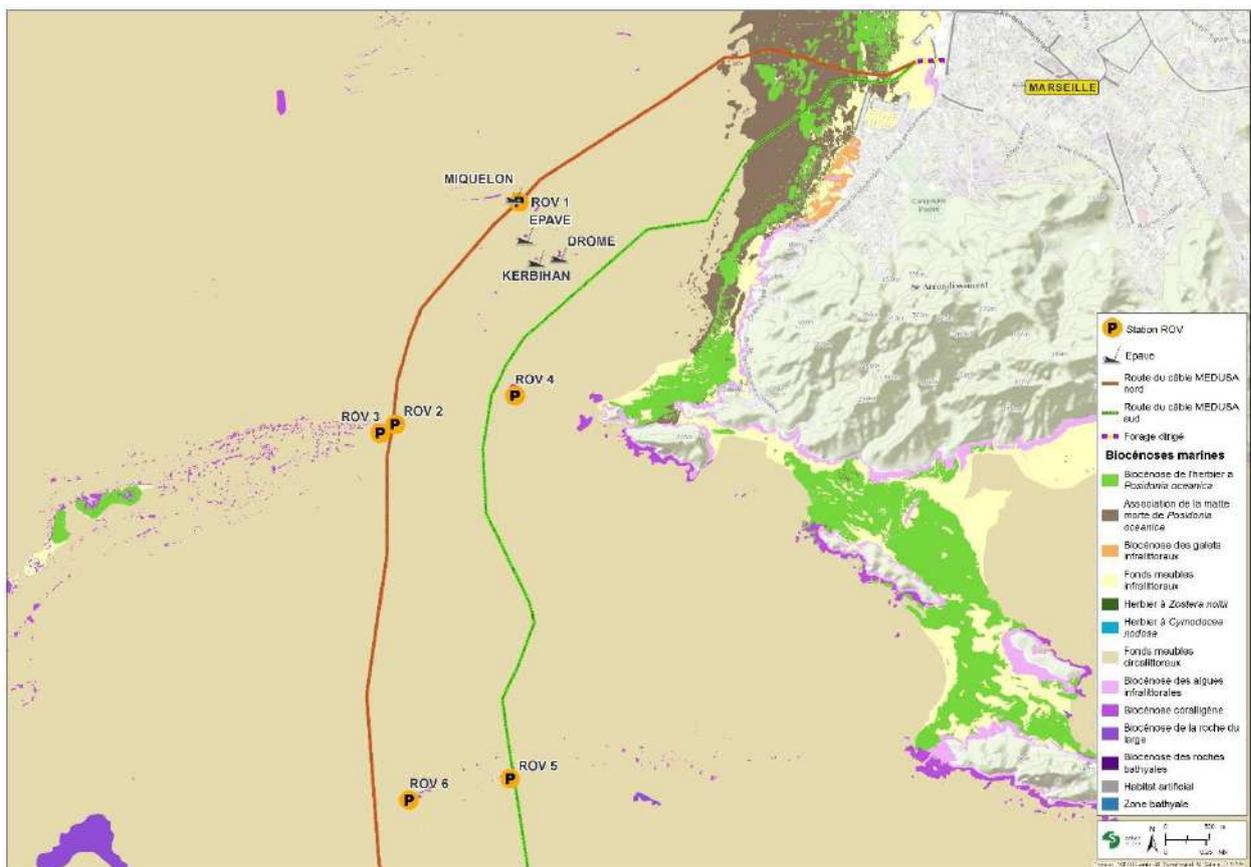


Figure 38 : Stations observées avec le ROV au niveau du tracé des câbles nord et sud

Les résultats d'observation de chacune des stations sont présentés ci-après.

Station ROV 6 : 93,3 m de fond ; 21 minutes de vidéos

Le ROV a parcouru un transect de 107 m orienté nord nord-ouest en direction du tracé du câble nord (à 312 m de distance), à une profondeur continue de 93 m.

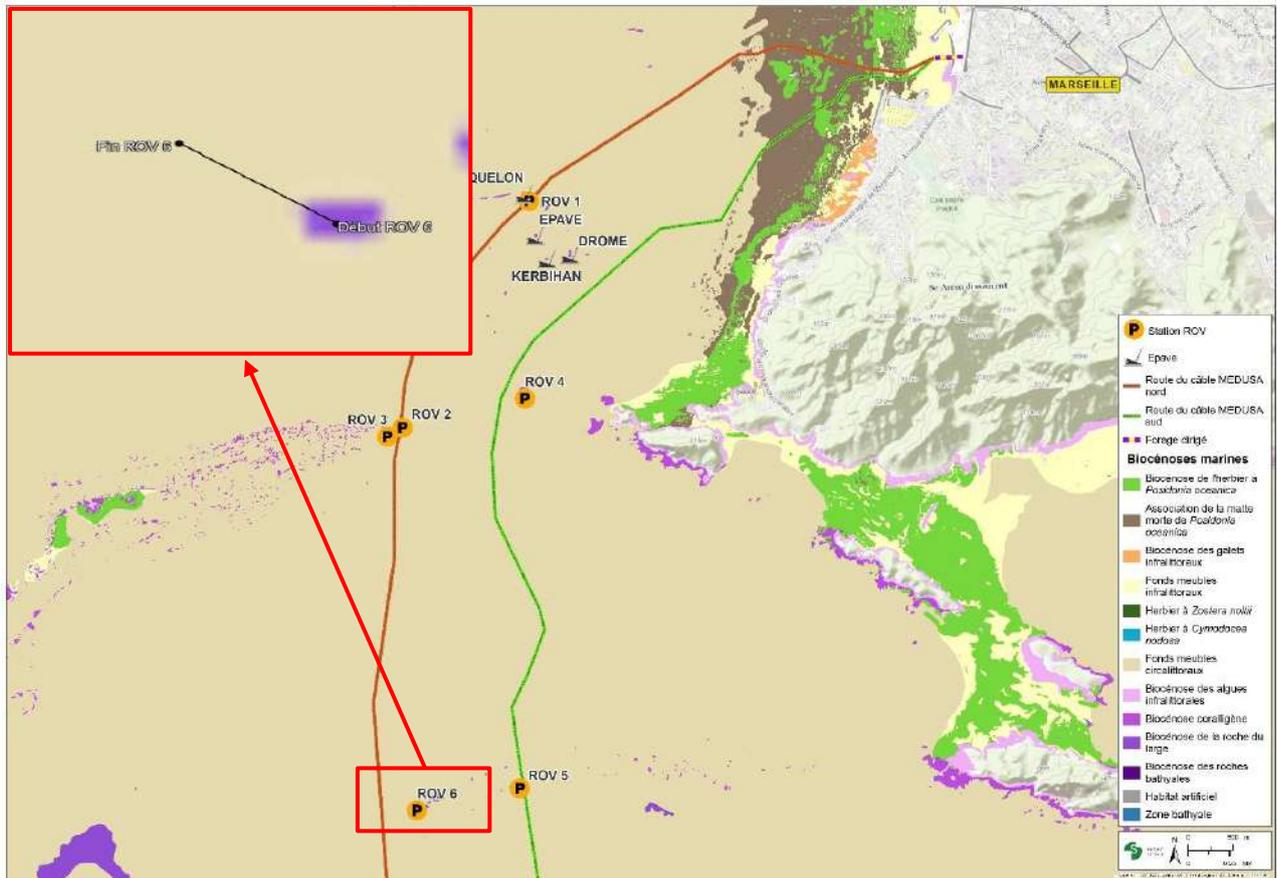


Figure 39 : Transect effectué au niveau de la station 6

Cette station se localise sur un plateau constitué d'un substrat relativement vaseux pouvant d'appartenir à la biocénose des fonds détritiques envasés (DE) sans roche apparente. Cette profondeur marque aussi le passage à la biocénose des fonds détritiques du large (DL).

Plusieurs espèces érigées ont été observées sur ces fonds meubles, notamment des alcyonaires *Alcyonium palmatum* (17 individus), des pennatulaires des espèces *Pennatula rubra* (19 individus), et *Cavernularia pusilla*, des bryozoaires arbustifs non identifiés (4 individus) ainsi que l'éponge *Axinella damicornis* (1 individu).

Des pennatulaires pouvant être des *Funiculina quadrangularis* (9 individus) ont également été observés. Cependant, leur identification à partir d'un support vidéo/photo ne peut être certaine. Par ailleurs, l'espèce *Funiculina quadrangularis* est définie comme vulnérable au chalutage et vulnérable sur la liste rouge de l'IUCN. La densité des colonies observées durant la campagne est relativement faible.



Figure 40 : Espèces benthiques observées le long du transect (alcyonnaire *Alcyonium palmatum* à gauche, bryozoaires à droite) - 93,3m



Figure 41 : Pennatulaires observées le long du transect du ROV 6 (*Pennatula rubra* à gauche, *Funiculina quadrangularis* à droite) - 93,2m

Station ROV 5 : 91,7 m de fond ; 22 minutes de vidéos

Le ROV a parcouru un transect de 126 m orienté nord nord-est en direction du tracé du câble sud (à 45 m distance), sur une profondeur constante avoisinant 92m (91,7 m relevés).

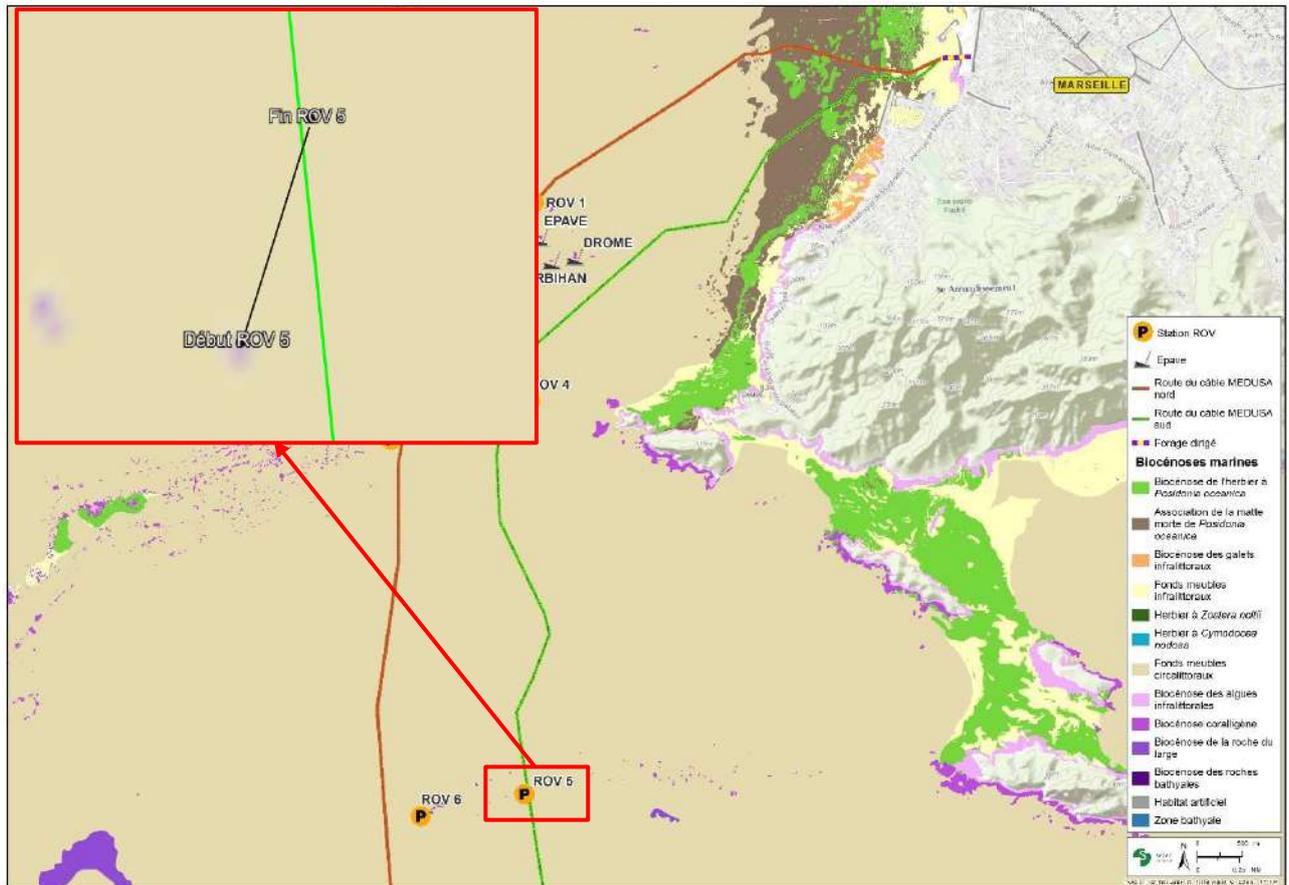


Figure 42 : Transect effectué au moyen du ROV au niveau de la station 5

Comme pour la station précédente les fonds peuvent se rattacher à la biocénose des fonds détritiques envasés (DE). Cette profondeur marque aussi le passage à la biocénose des fonds détritiques du large (DL). Les mêmes espèces érigées ont été observées qu'au cours de la plongée ROV6 avec notamment des alcyonnaires *Alcyonium palmatum* (25 individus), des pennatulaires *Pennatula rubra* (61 individus) et probablement *Funiculina quadrangularis* (1 individu), des bryozoaires arbustifs non identifiés (4 individus) ainsi que deux étoiles de mer *Echinaster sp.*

Un filet fantôme a été observé sur le fond, et un individu de gorgonocéphale de l'espèce *Astrospartus mediterraneus* a été identifié.



Figure 43 : Alcyonnaire (à gauche), Pennatula rubra (à droite) - 91,5 m

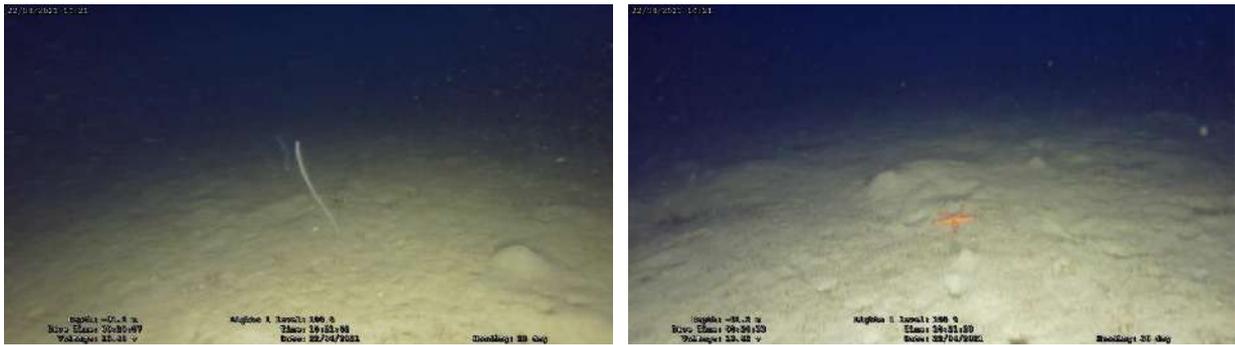


Figure 44 : *Funicula quadrangularis* (à gauche) et *Echinaster sp.* (à droite) - 91,2 m



Figure 45 : Filet fantôme et gorgonocéphale *Astrospartus mediterraneus* sur ce filet - 91,8 m

Station ROV 4 : 61,0 m de fond ; 16 minutes 50 de vidéos

Le ROV a parcouru un transect de 200 m orienté nord en direction du tracé du câble sud (à 345 m distance), sur une profondeur continue de 61,0 m.

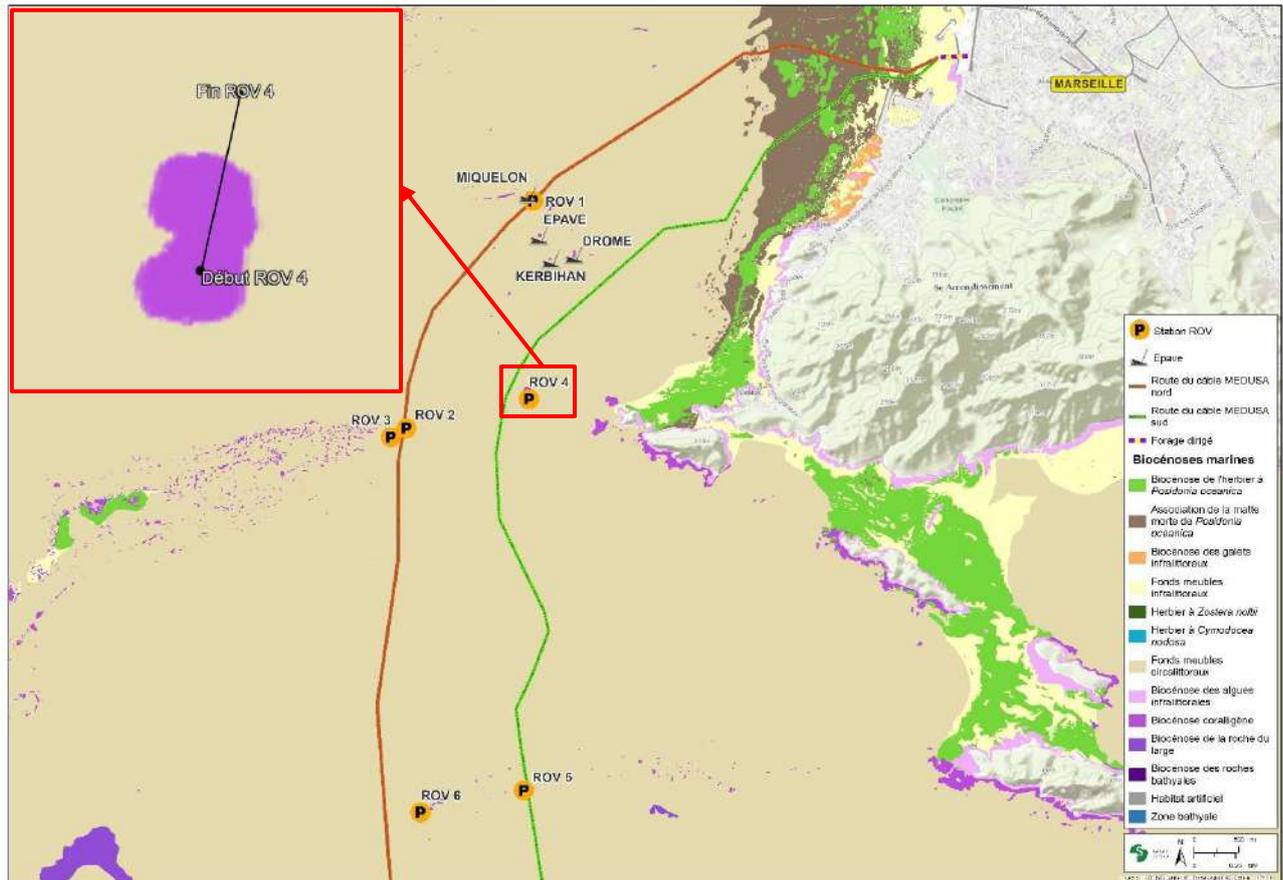


Figure 46 : Transect de la 4ème station effectuée au moyen du ROV

A l'interface entre la biocénose du détritique côtier (DC) et des fonds détritiques envasés (DE), il a été observé quelques amas épars d'algues brunes et de cailloux, et un champ d'alcyonaire *Alcyonium acaule* (4 individus), de pennatulaires *Pennatula rubra*, ainsi que de bryozoaires arbustifs non identifiés (4 individus). Des alcyonaires pouvant s'apparenter à *Alcyonium sp* (2 individus) ont également été observés. Cependant, leur identification à partir d'un support vidéo/photo ne peut être certaine.

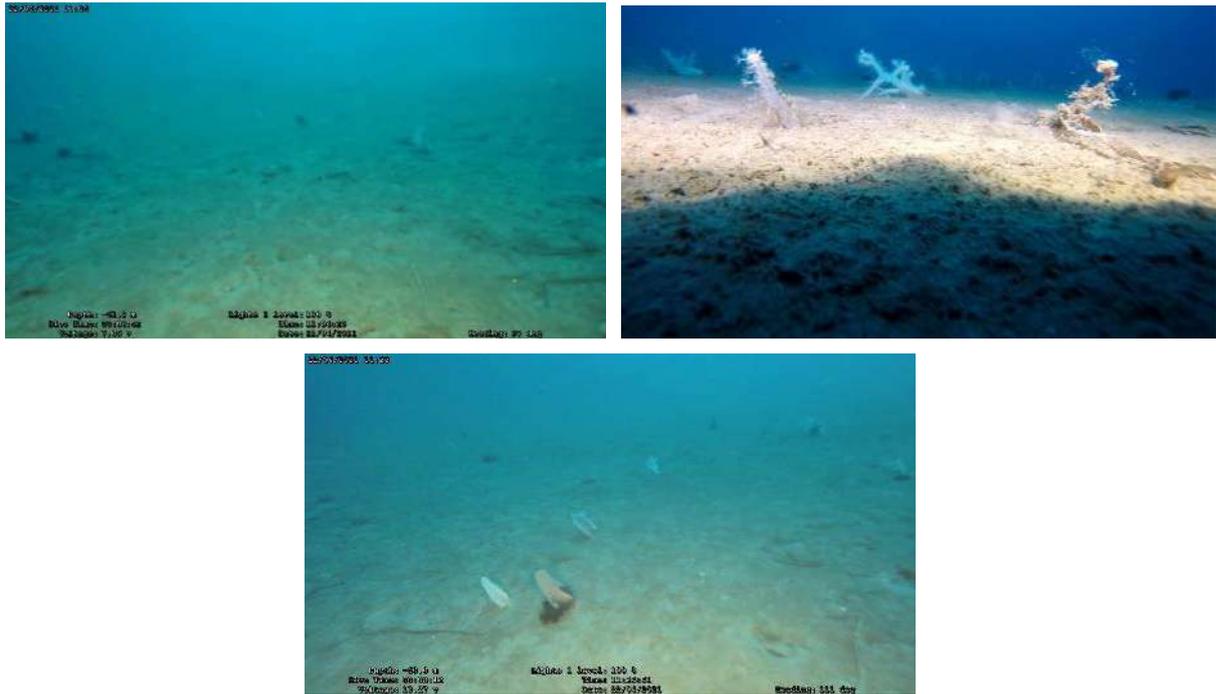


Figure 47 : Type de substrat observé au niveau du transect du ROV 4 (à gauche), alcyonaires (au centre) et pennatules (à droite) - 60,0 m

Station ROV 3 : 62 m de fond ; 12 minutes de vidéos

Le ROV a parcouru un premier transect de 110 m orienté nord nord-ouest puis un deuxième de 38 m plus à l'ouest (à 130 m distance du câble nord), sur un fond sans relief à 62 m.

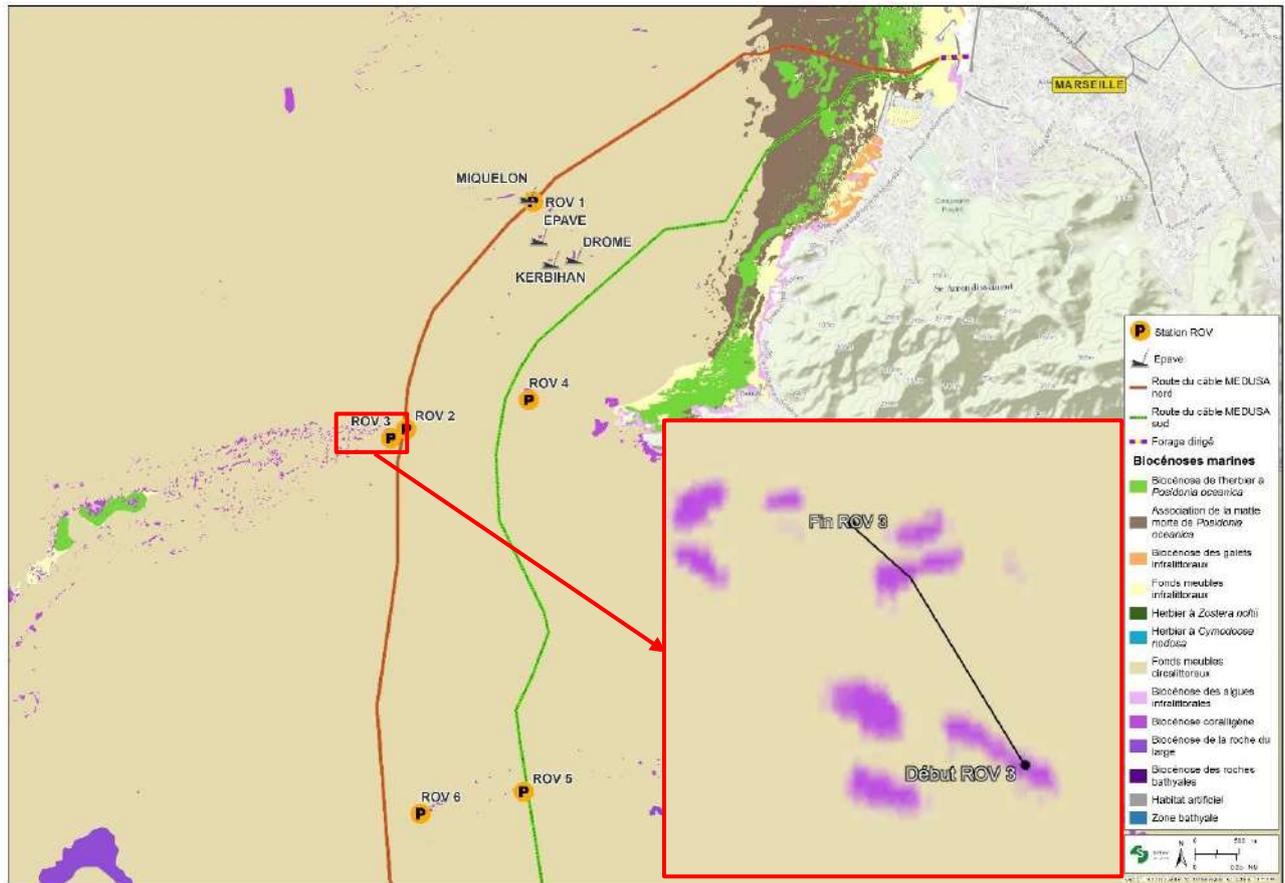


Figure 48 : Transect de la 3ème station effectué au moyen du ROV

La station se situe ici aussi l'interface entre la biocénose du détritique côtier (DC) et des fonds détritiques envasés (DE). Les espèces d'alcyonaires *Alcyonium acaule* et de pennatulaires *Pennatula rubra*, ainsi que des bryozoaires arbustifs non identifiés (10 individus) ont été observés.

Le fond est également constitué de quelques amas d'algues brunes où des espèces de bryozoaires aburstifs non identifiés (10 individus), d'alcyonaires rouges *Alcyonium acaule* (6 individus) ainsi que l'éponge *Axinella damicornis*. (10 individus) ont également été observés. D'autres espèces sur le reste du transect ont été identifiées telles que des étoiles de mer *Echinaster sp.* (7 individus).



Figure 49 : Type de substrat observé au niveau du transect du ROV 3 (à gauche), et étoile de mer *Echinaster sp.* (à droite) - 61,2m

Station ROV 2 : 64,4 m de fond ; 8 minutes 10 de vidéos

Le ROV a parcouru un premier transect de 86 m en direction du nord-ouest, traversant le câble nord. Un deuxième transect de 157 m quasiment parallèle au câble nord a été effectué en direction du nord nord-ouest également, à 55 m de distance du câble nord.

Les fonds varient de 64,4 m à 61,4 m. Très peu d'espèces ont été observées lors de ces transects.

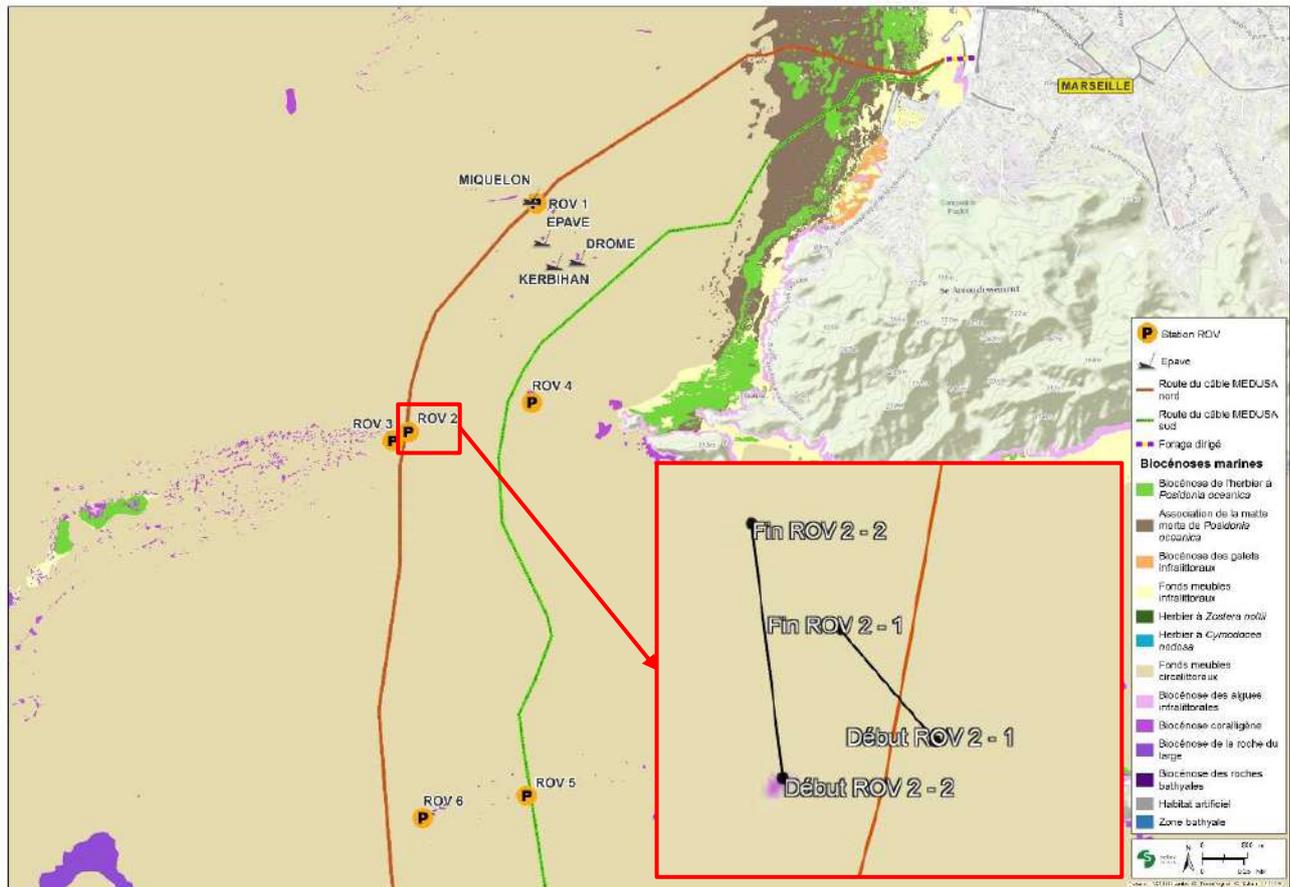
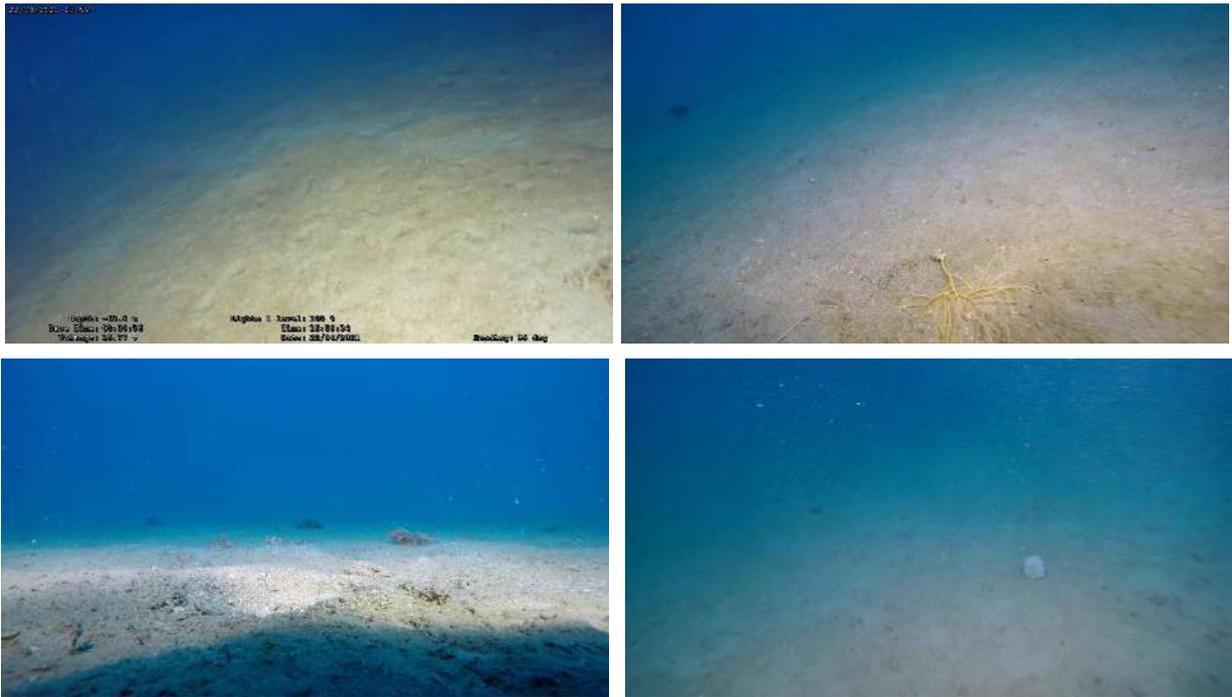


Figure 50 : Transects effectués à la station ROV 2

Les fonds sont caractérisés par un substrat vaseux à détritique côtier (entre la biocénose du détritique côtier (DC) et des fonds détritiques envasés (DE)). Les espèces observées sont une pennatule rouge *Pennatula rubra*, une pennatule *Pteroeides sp.*, des individus de l'alcyonaire *Alcyonium palmatum*, une étoile de mer *Echinaster sp* et une gorgone *Leptogorgia sarmentosa*.



*Figure 51 : Fonds observés au niveau du transect du ROV 2, gorgone *Leptogorgia sarmentosa* (en haut, à droite) et pennatule non identifié (en bas, à droite) - 63,8 m*

Station ROV 1 : 52,3 m de fond ; 9 minutes de vidéos

Le ROV a parcouru un transect de 112 m et a traversé le câble nord au début du transect, orienté nord-nord-ouest. Ce transect a été également effectué de manière à déterminer la distance entre l'épave du Miquelon (1917) et le passage du câble nord. Le ROV croise l'épave du Miquelon, quelques mètres avant la fin du transect. L'épave, de 6,5 mètres de haut et d'environ 49 mètres de long, repose sur 52 m de fond, à environ 90 m au nord-ouest du câble nord.

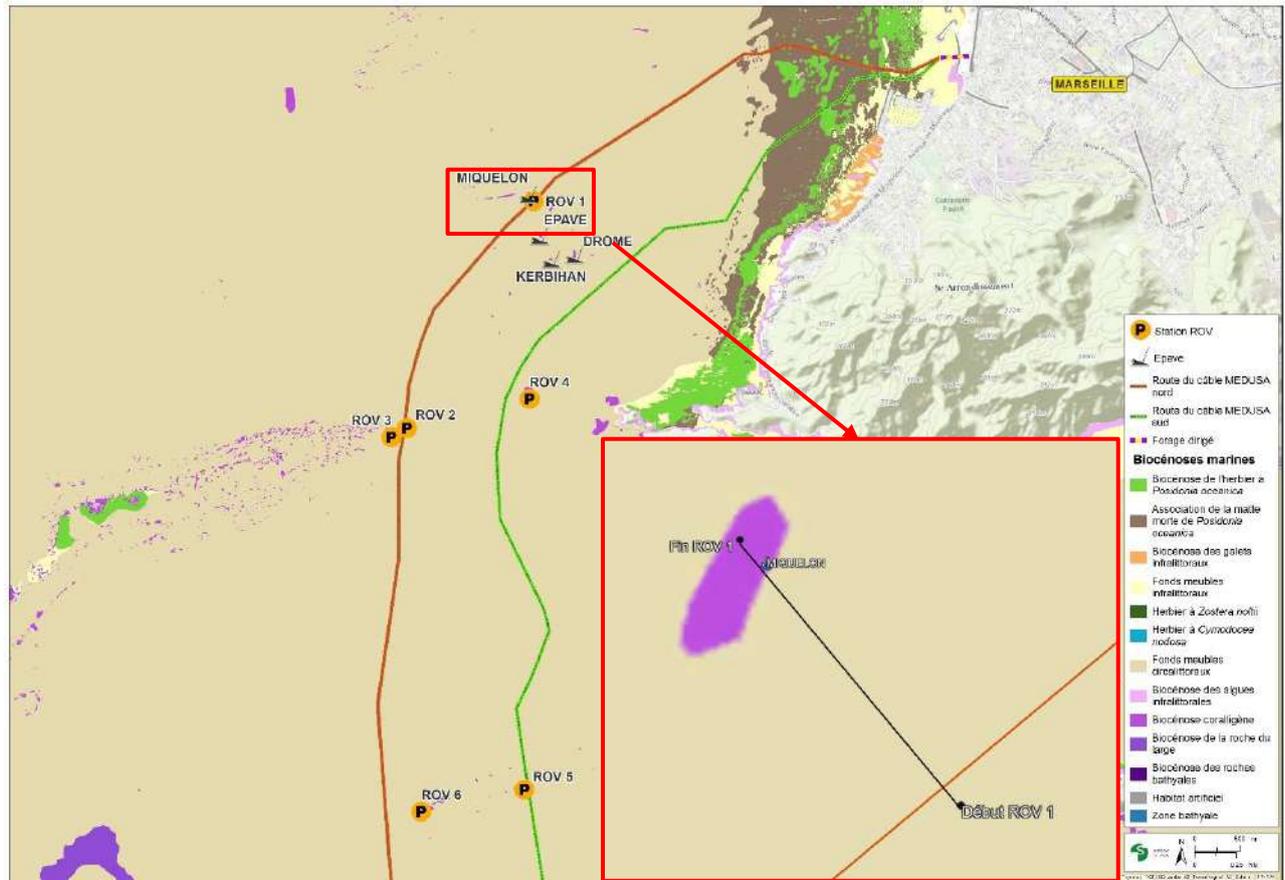


Figure 52 : Transect effectué à la station ROV 1

Les fonds observés sont de nature sablo-vaseux avec présence de nombreux cailloux, s'apparentant à la biocénose du détritique côtier (DC). Plusieurs espèces ont été observées telles que des bryozoaires, des étoiles de mer *Echinaster sp.*, des gorgones *Eunicella verrucosa*. Plusieurs éponges *Dysidea avara* ont été également identifiées.

Il s'agit d'une zone de pêche récréative, où est pratiquée la pêche à la moule à la pierre. Des moules ouvertes caractéristiques de cette technique de pêche sont retrouvées tout au long du transect du ROV 1.



Figure 53 : Substrat meuble avec des roches isolées et des déchets le long du transect du ROV 1 - 51,7m



Figure 54 : Zone de pêche récréative au niveau du transect ROV 1- 51,4 m



Figure 55 : Epave le Miquelon - 46,9 m

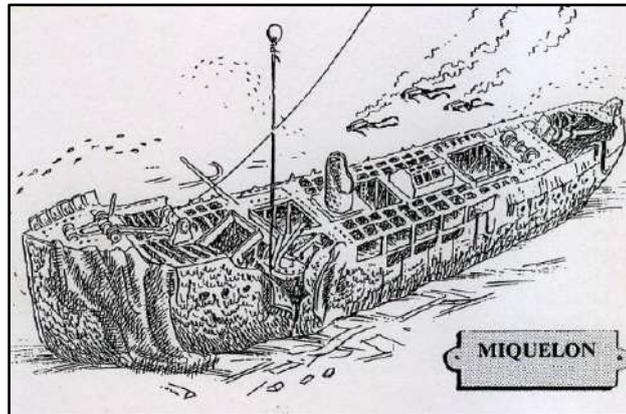


Figure 56 : Illustration de l'épave du Miquelon (Coulé en 1917, Longueur : 49m)

3.2.2 CARACTERISATION DE L'HERBIER DE POSIDONIES

La caractérisation de l'herbier de Posidonies a été réalisée en sept (7) stations selon une série de descripteurs utilisés pour caractériser son état de vitalité. Les mesures ont été réalisées en limite inférieure à 23,0 et 18,4 mètres de fond et le long des tracés des câbles.

La recherche de grande nacre a été effectuée sur l'ensemble des tracés des câbles au sein de l'herbier et aucun individu vivant n'a été observé.

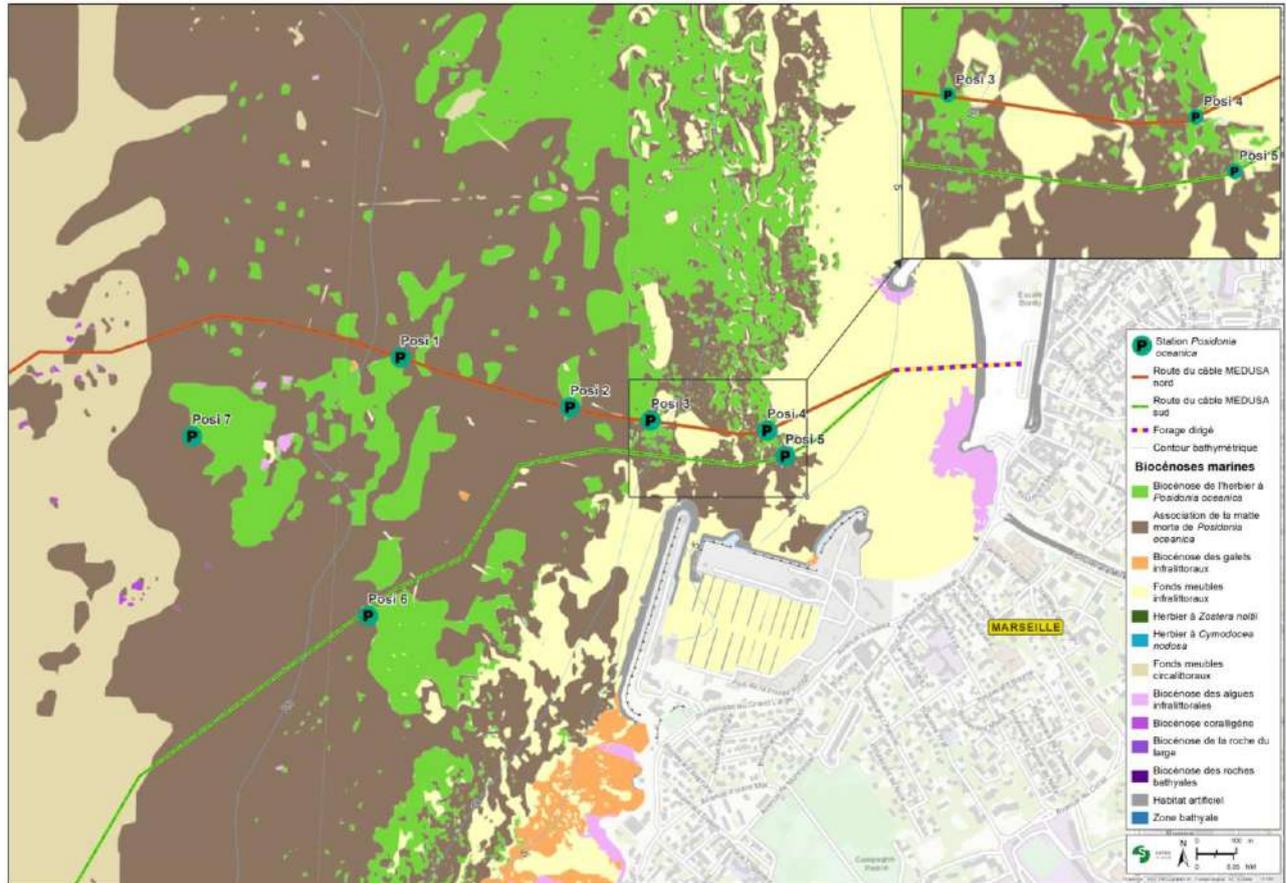


Figure 57 : Localisation des stations de mesure de l'herbier de Posidonies

3.2.2.1 Caractérisation de la station Posi 7 (limite inférieure)

Cette station a été choisie en limite inférieure de l'herbier de la zone d'étude à l'interface avec la matre morte, entre les tracés des câbles nord et sud, sur une profondeur de 23,0 mètres.

La matre morte est apparente en avant de la limite et tout autour de la station. Elle est recouverte de sédiments grossiers sableux.

La limite inférieure à cette station est discontinue, l'herbier se présente en plusieurs patches de quelques mètres carrés seulement sur l'ensemble de la station et semble être de faible vitalité en première approche.

Les photographies suivantes illustrent les observations de la limite inférieure.



Figure 58 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 7, en limite inférieure

La profondeur moyenne sur cette station est de **23,0 m** environ. L'écart par rapport à la profondeur de référence (38 m selon les mesures de Pasqualini, 1997) est de 39 %, ce qui correspond à la vitalité de l'herbier médiocre selon la grille d'évaluation de Bein A. et al, 2013.

La limite est ici **régressive** puisque la matte morte est présente 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. En effet, le type de limite lui confère un état mauvais tandis qu'il est considéré comme médiocre selon l'écart par rapport à la profondeur de référence.

Tableau 17 : Résultats des paramètres mesurés spécifiquement en Posi 7 - limite inférieure de l'herbier de Posidonies

Station	Prof. de limite inférieure (m)	Ecart par rapport à la profondeur de référence (38m)	Interprétation de la vitalité de l'herbier (Bein A. et al, 2013)	Type de limite inférieure	Interprétation type limite (Bein A. et al, 2013)	Taux de recouvrement moyen (%)	Interprétation de la vitalité de l'herbier Charbonnel et al., 2000.
Posi 7 Lim inf.	23,0	39%	Médiocre	Régressive	Mauvaise	Non mesuré	/

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

- ✓ La densité mesurée de faisceaux foliaires en cette station est de **273 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 **1,3 cm** traduit un faible déchaussement (inférieure à 5 cm) selon la classification de Charbonnel et al., 2000 ;
- ✓ Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué en son sein à **0,2 %**, 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.

D'après ces trois (3) paramètres, l'état de vitalité de l'herbier en limite inférieure peut donc être interprété comme étant normal.

Tableau 18 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 7

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 %) ± écart-type	Interprétation % plagiotropes (Charbonnel et al., 2000)
Posi 7 Limite inf.	23,0	273 ± 92	Bon	1,3 ± 0,9	Faible	0,2	Normale

Concernant les observations visuelles :

- ✓ Les feuilles de Posidonies sont longues et présentent une couverture en épiphytes faible à normale pour la saison ;
- ✓ Peu d'espèces ichtyologiques ont été observées, sans aucune espèce patrimoniale particulière.

3.2.2.2 Caractérisation de la station Posi 6 (limite inférieure)

Cette station a été choisie en limite inférieure de l'herbier à proximité du câble sud, à l'interface avec la matte morte, sur une profondeur de 18,4 mètres.

La matte morte est apparente en avant de la limite et tout autour de la station.

La limite inférieure à cette station est discontinue, l'herbier se présente en plusieurs patches sur l'ensemble de la station, et il semble être de bonne vitalité à première approche.

Les photographies suivantes illustrent les observations de la limite inférieure.

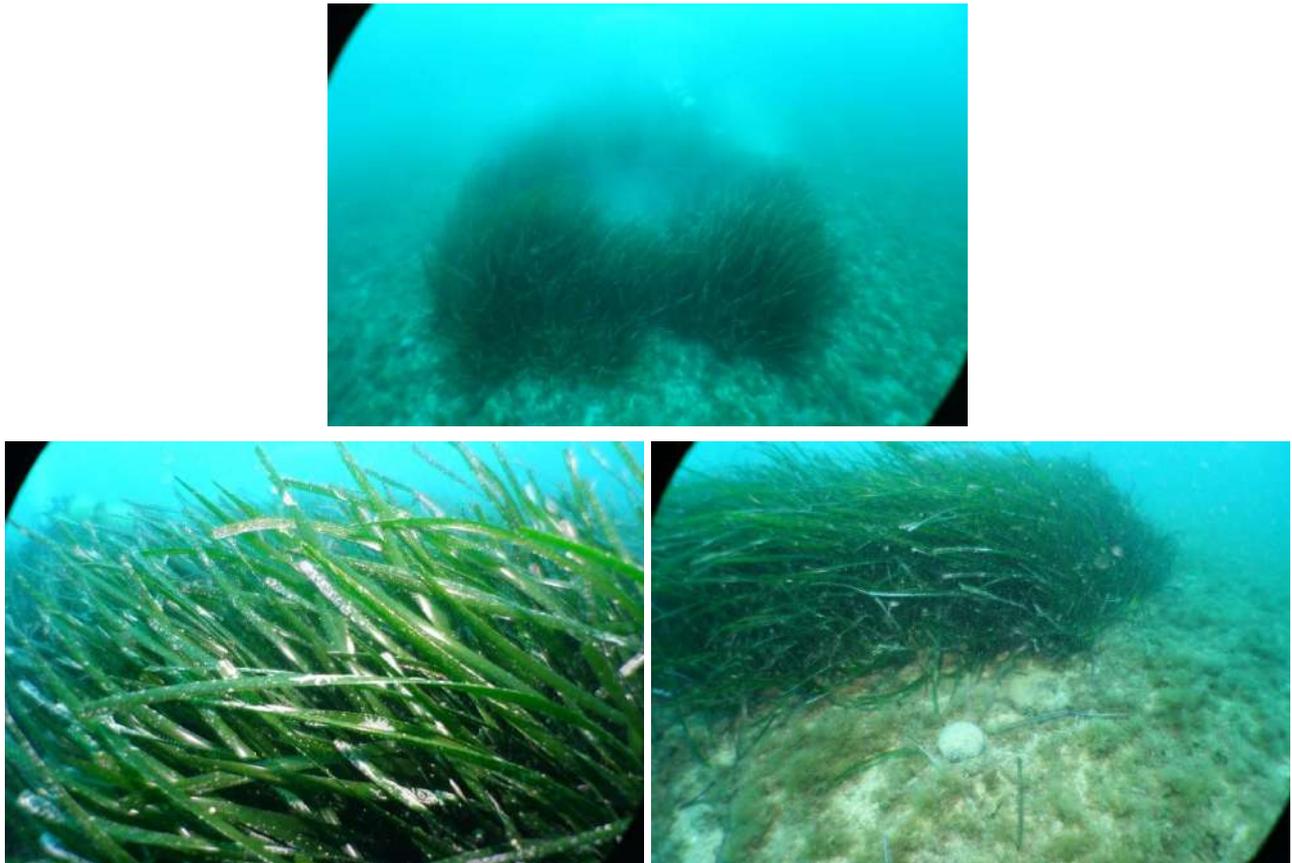


Figure 59 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 6, en limite inférieure

La profondeur moyenne sur cette station est de **18,4 m** environ. L'écart par rapport à la profondeur de référence (38 m selon les mesures de Pasqualini, 1997) est de **51 %**, ce qui correspond à un état classé mauvais 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 à l'intérieur de la tache représente **40 %**, ce qui correspond à une vitalité classée comme étant bonne en limite inférieure (25 % à 35%), selon la grille d'interprétation de Charbonnel et *al.*, 2000.

L'état de vitalité de l'herbier en limite inférieure est donc variable en fonction des descripteurs retenus. Il est considéré comme étant mauvais si l'on considère uniquement le type de limite, à un bon si l'on se restreint au taux de recouvrement.

Tableau 19 : Résultats des paramètres mesurés spécifiquement en Posi 6 - limite inférieure de l'herbier de Posidonies

Station	Prof. de limite inférieure (m)	Ecart par rapport à la profondeur de référence (38m)	Interprétation de la vitalité de l'herbier (Bein A. et al, 2013)	Type de limite inférieure	Interprétation type limite (Bein A. et al, 2013)	Taux de recouvrement moyen (%)	Interprétation de la vitalité de l'herbier Charbonnel et al., 2000.
Posi 6 Limite inf.	18,4	51%	Mauvaise	Régressive	Mauvaise	40	Bonne

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

- ✓ La densité mesurée des faisceaux foliaires en cette station est de **363 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 **3,6 cm** traduit un déchaussement faible (inférieure à 5 cm) selon la classification de Charbonnel et al., 2000 ;
- ✓ Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué en son sein à **0,0 %** 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.

D'après ces trois (3) paramètres, l'état de vitalité de l'herbier en limite inférieure peut donc être interprété comme étant normal.

Tableau 20 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 6

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 %) ± écart-type	Interprétation % plagiotropes (Charbonnel et al., 2000)
Posi 6 Limite inf.	18,4	363 ± 67	Bon	3,6 ± 2,5	Faible	0,00	Normale

Concernant les observations visuelles :

- ✓ Les feuilles de posidonies sont longues et présentent une couverture en épiphytes faible à normale pour la saison ;
- ✓ Peu d'espèces ichtyologiques ont été observées, sans aucune espèce patrimoniale particulière.

3.2.2.3 Caractérisation de la station Posi 5 – 7,5 m - Câble sud

La station Posi 5 se localise avant la limite supérieure de l'herbier de Posidonies, sur le tracé du câble sud, à l'interface avec la biocénose cartographiée des sables fins bien calibrés et sur une profondeur de 7,5 mètres. On notera cependant la présence de sables grossiers coquillers en cette limite.

L'herbier est ici découpé, en îlots resserrés, avec très peu de matière morte apparente.

Des rhizomes plagiotropes sont observables aux interfaces sableuses.

Les photographies suivantes illustrent les observations de la limite supérieure.

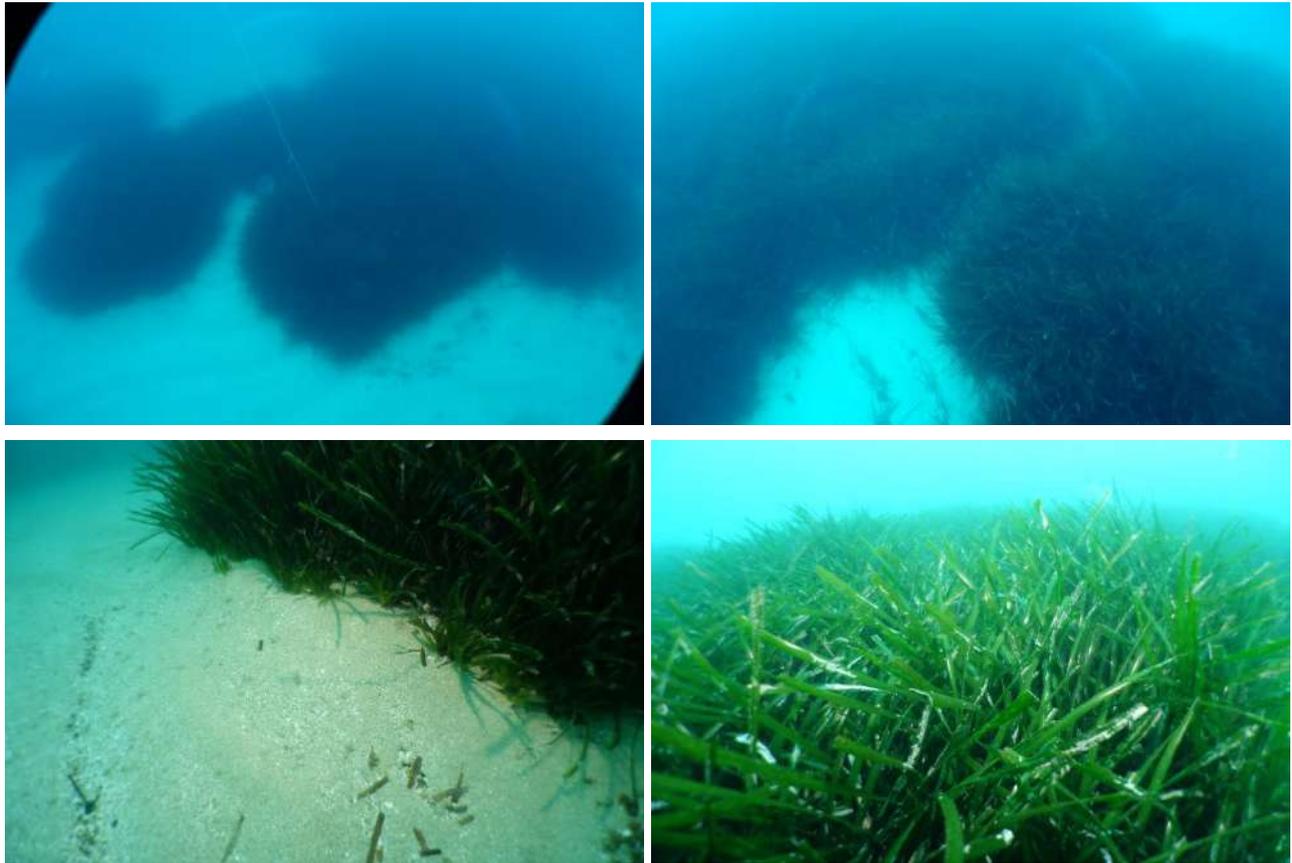


Figure 60 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 5

Concernant les paramètres mesurés :

- ✓ La densité mesurée des faisceaux foliaires en cette station est de **528 faisceaux/m²**, ce qui correspond à un herbier en état normal selon la classification de Pergent-Martini et Pergent, 2010 ;
- ✓ Le déchaussement moyen mesuré de **0,9 cm** traduit un déchaussement faible (inférieure à 5 cm), selon la classification de Charbonnel et *al.*, 2000 ;
- ✓ Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué en son sein à **0,0 %** 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 21 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 5

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 %) ± écart-type	Interprétation % plagiotropes (Charbonnel et al., 2000)
Posi 5	7,5	528 ± 123	Normale	0,9 ± 1,0	Faible	0,00	Normale

Concernant les observations visuelles :

- ✓ Les feuilles relativement longues présentent dans l'ensemble une couverture en épiphytes faible à moyenne ;
- ✓ Une grande nacre *Pinna nobilis* morte a été observée au niveau de la station.



Figure 61 : grande nacre *Pinna nobilis* morte en station Posi 5 (Coordonnées GPS 43° 14.860'N/ 5° 22.029')

3.2.2.4 Caractérisation de la station Posi 4 – 8,1 m - Câble nord

La station Posi 4 se localise avant la limite supérieure de l'herbier de Posidonies, sur le tracé du câble nord, à l'interface avec la biocénose cartographiée des sables fins bien calibrés et sur une profondeur de 8,1 mètres. Comme pour la station Posi 5, on observe toutefois en cette limite des sables grossiers et le blocage de galets décimétriques en pied de matte.

L'herbier présente un relief avec une hauteur de matte modeste, mais significative (0,7 mètres). Quelques tombants de matte sont observables.

Quelques rhizomes plagiotropes sont visibles à l'interface avec le substrat, mais ils sont peu nombreux.

Les photographies suivantes illustrent les observations de la limite supérieure.

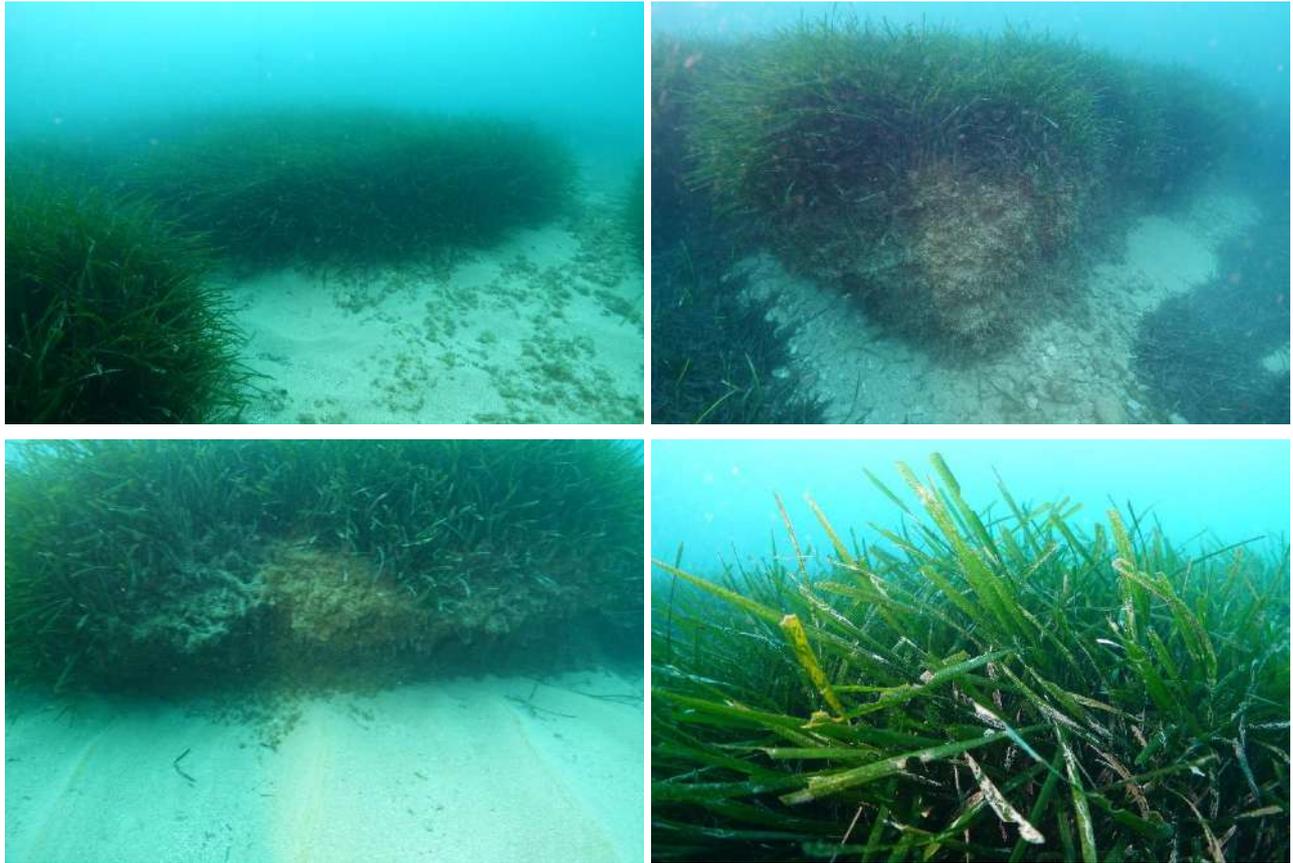


Figure 62 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 4

Concernant les paramètres mesurés :

- ✓ La densité mesurée de faisceaux foliaires en cette station est de **543 faisceaux/m²**, ce qui correspond à un herbier en état classé normal selon la classification de Pergent-Martini et Pergent, 2010 ;
- ✓ Le déchaussement moyen mesuré de **3,8 cm** traduit un déchaussement faible (inférieure à 5 cm), selon la classification de Charbonnel et *al.*, 2000 ;
- ✓ Le pourcentage de rhizomes plagiotropes en son sein est évalué **0,0 %** 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 22 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 4

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 %) ± écart-type	Interprétation % plagiotropes (Charbonnel et al., 2000)
Posi 4	8,1	543 ± 141	Normale	3,8 ± 2,3	Faible	0,00	Normale

Concernant les observations visuelles :

- ✓ Les feuilles relativement longues présentent dans l'ensemble une couverture en épiphytes faible à moyenne ;
- ✓ Peu d'espèces de poisson ont été observées, sans aucune espèce patrimoniale particulière.

3.2.2.5 Caractérisation de la station Posi 3 – 11,4 m - Câble nord

La station Posi 3 se localise au sein de l'herbier, sur le tracé du câble nord et sur une profondeur de 11,4 mètres.

L'herbier présente peu de relief et la hauteur de matte est modeste (de quelques centimètres). L'herbier peut ici être rattaché à un herbier de plaine. Il présente de nombreuses zones de matte morte étendues, mais l'herbier prédomine en termes de recouvrement.

Les photographies suivantes illustrent les observations en cette station.



Figure 63 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 3

Concernant les paramètres mesurés :

- ✓ La densité mesurée des faisceaux foliaires en cette station est de **419 faisceaux/m²**, ce qui correspond à un herbier en état normal selon la classification de Pergent-Martini et Pergent, 2010 ;



- ✓ Le déchaussement moyen mesuré de **3,7 cm** traduit un déchaussement faible (inférieure à 5 cm), selon la classification de Charbonnel et *al.*, 2000 ;
- ✓ Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué **0,0 %**, 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 23 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 3

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 %) ± écart-type	Interprétation % plagiotropes (Charbonnel et al., 2000)
Posi 3	11,4	419 ±188	Normale	3,7 ±1,9	Faible	0,00	Normale

Concernant les observations visuelles :

- ✓ Les feuilles relativement longues présentent dans l'ensemble une couverture en épiphytes faible à moyenne ;
- ✓ Peu d'espèces ichtyologiques ont été observées, sans aucune espèce patrimoniale particulière.

3.2.2.6 Caractérisation de la station Posi 2 – 14,5 m - Câble nord

La station Posi 2 se localise au sein de l'herbier dans une tache isolée sur matte morte, sur le tracé du câble nord et sur une profondeur de 14,5 mètres. La matte morte y est très largement prédominante. L'herbier présente peu de relief et la hauteur de matte est modeste (de quelques centimètres).

Les photographies suivantes illustrent les observations en cette station.



Figure 64 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 2

Concernant les paramètres mesurés :

- ✓ La densité mesurée des faisceaux foliaires en cette station est de **438 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 **3,3 cm** traduit un déchaussement faible (inférieure à 5 cm), selon la classification de Charbonnel et *al.*, 2000 ;
- ✓ Le pourcentage de rhizomes plagiotropes en son sein est évalué **0,0 %**, 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 24 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 2

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 %) ± écart-type	Interprétation % plagiotropes (Charbonnel et al., 2000)
Posi 2	14,5	438 ± 121	Bon	3,3 ± 1,0	Faible	0,00	Normale

Concernant les observations visuelles :



- ✓ Les feuilles relativement longues présentent dans l'ensemble une couverture en épiphytes faible à moyenne ;
- ✓ Peu d'espèces de poissons ont été observées, sans aucune espèce patrimoniale particulière.

3.2.2.7 Caractérisation de la station Posi 1 – 18,4 m - câble nord

La station Posi 1 se localise plus au large que les deux stations précédentes, sur le tracé du câble nord et sur une profondeur de 18,4 mètres.

L'herbier présente peu de relief et la hauteur de matte est modeste de quelques centimètres. Ici aussi la matte morte est largement prédominante et l'herbier se présente sous forme de taches diffuses, mais avec un bon recouvrement apparent.

Les photographies suivantes illustrent les observations en cette station.



Figure 65 : Illustrations de l'herbier autour de la station Posi 1

Concernant les paramètres mesurés :

- ✓ La densité mesurée des faisceaux foliaires en cette station est de **363 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 **3,6 cm** traduit un déchaussement faible (inférieure à 5 cm), selon la classification de Charbonnel et *al.*, 2000 ;
- ✓ Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué **0,0 %**, 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 25 : Résultats des mesures réalisées à la station Posi 1

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 %) ± écart-type	Interprétation % plagiotropes (Charbonnel et al., 2000)
Posi 1	18,4	363 ± 67	Bon	3,6 ± 2,57	Faible	0,00	Normale

Concernant les observations visuelles :

- ✓ Les feuilles relativement longues présentent dans l'ensemble une couverture en épiphytes faible à moyenne ;
- ✓ Peu d'espèces de poisson ont été observées, sans aucune espèce patrimoniale particulière.

3.2.3 RECONNAISSANCE DES FONDS A CORALLIGENE

Quatre (4) stations coralligènes ont été sélectionnées d'après la cartographie des biocénoses utilisée (Medtrix), sur des fonds plats de 27 mètres.



Figure 66 : Localisation des stations de coralligène le long du tracé du câble nord

L'ensemble des stations échantillonnées en plongée sous-marine présente des caractéristiques plus proches d'associations à la biocénose du détritique côtier (DC) bien que certaines espèces du coralligène soient toutefois représentées. On rencontre ici ces stations sur des fonds de sables grossiers à fins, de graviers mélangés à des éléments détritiques, entre 26,6 et 27,4 mètres de fond. Les ripple marks sont également visibles sur le fond, elles sont le signe de l'influence de courants de fonds dans le secteur.

On y retrouve une association d'algues calcaires libres, très probablement des espèces du genre *Lithothamnion*, caractéristiques de cette association à rhodolithes sur DC dont l'identification jusqu'à l'espèce n'est pas possible depuis un support vidéo/photos.

Chaque station de « coralligène » observée en plongée sous-marine est décrite ci-dessous.

Station Cora 1 - 26,9 m :

Au niveau de la station Cora 1, les espèces observées sont principalement les algues calcaires corallinacées *Lithothamnion spp.*, l'éponge perforante *Cliona viridis* (plusieurs colonies), la gorgone *Eunicella singularis* (1 individu) et l'ascidie *Halocynthia papillosa*.

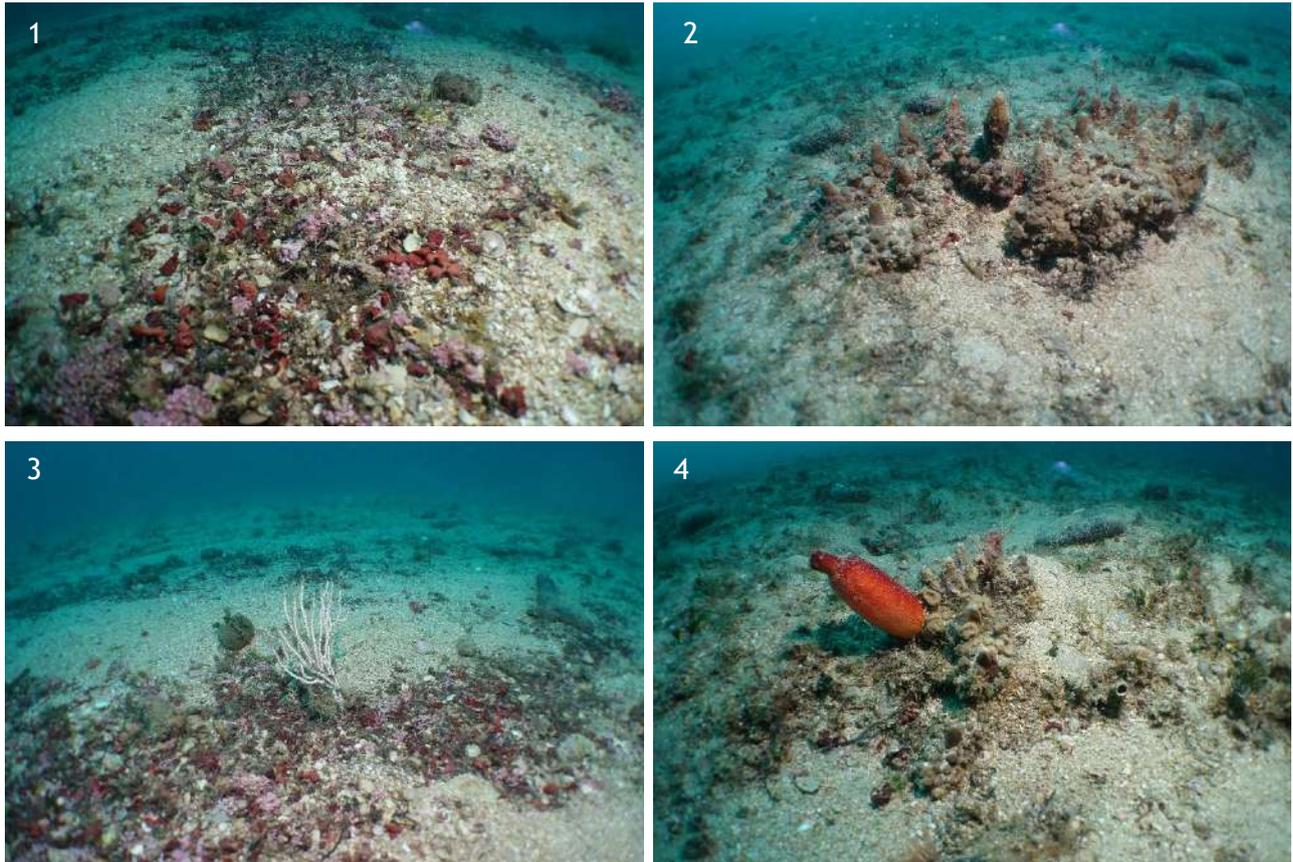


Figure 67 : Station Cora 1 - 26,9 m - 1. Corallinacées *Lithothamnion* spp., 2. *Cliona viridis*, 3. *Eunicella singularis*, 4. *Halocynthia papillosa*

Station Cora 2 - 27,4 m :

Au niveau de la station Cora 2, les espèces observées sont principalement les algues calcaires corallinacées *Lithothamnion* spp., l'éponge *Cliona viridis*, la gorgone *Eunicella singularis* et les ascidies *Halocynthia papillosa* et *Phallusia mammillata*.

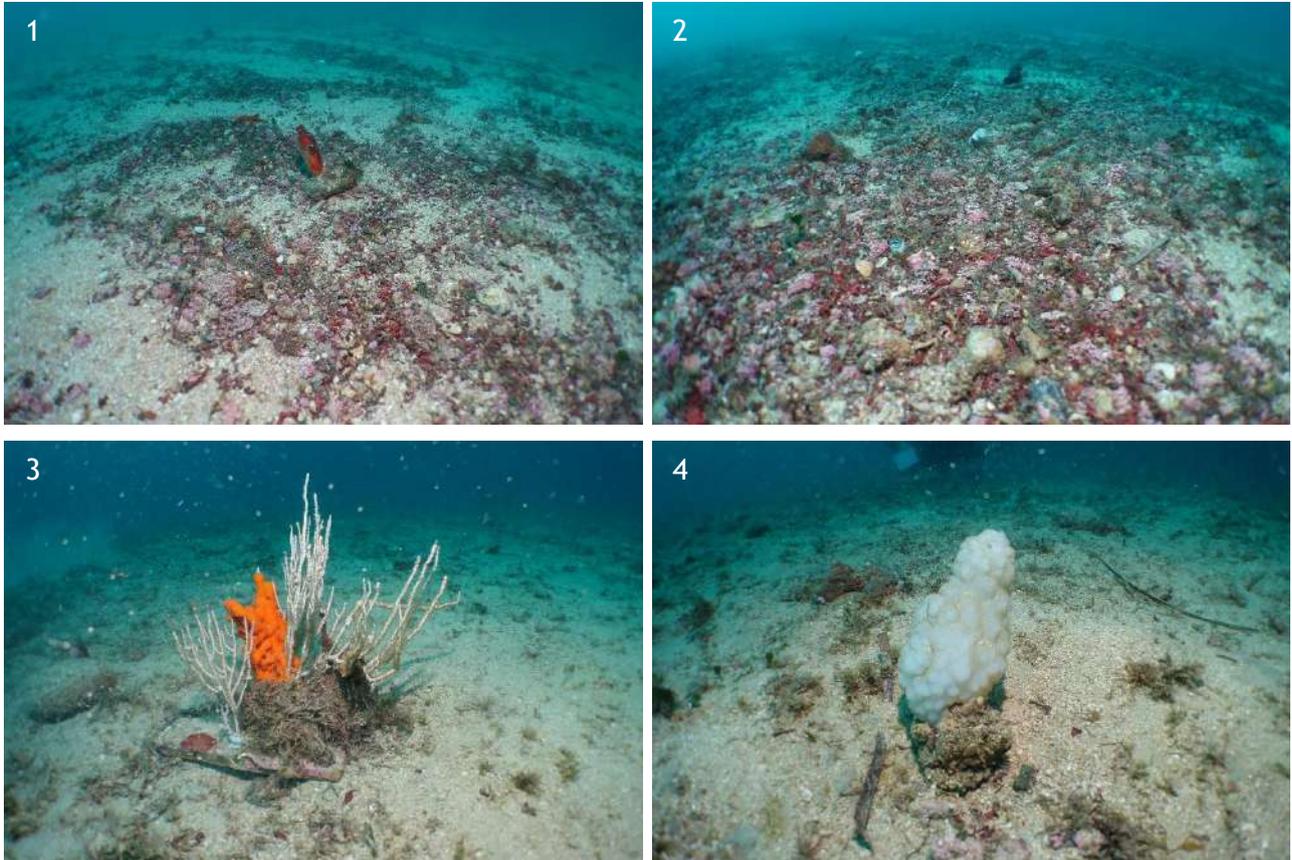


Figure 68 : Station Cora 2 - 27,4 m - 1. *Halocynthia papillosa*, *Lithothamnion* spp. *calcareum*, 2. Corallinacées *Lithothamnion* spp. et *Cliona viridis*, 3. *Eunicella singularis*, 4. *Phallusia mammillata*

Station Cora 3 - 27,1 m :

Au niveau de la station Cora 3, les espèces observées sont principalement les algues calcaires corallinacées *Lithothamnion spp.*, l'éponge perforante *Cliona viridis*, et la gorgone *Eunicella singularis*.

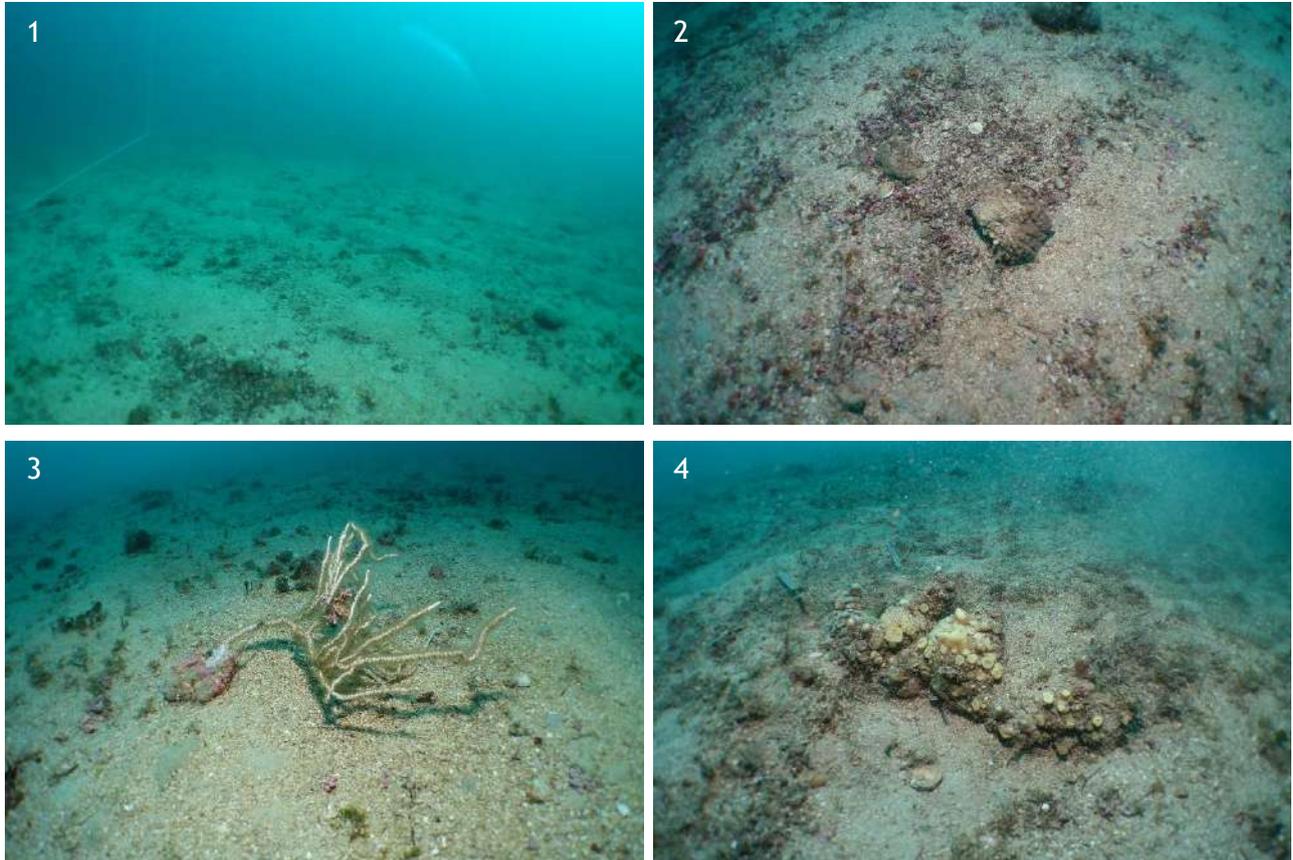


Figure 69 : Station Cora 3 - 27,1 m - 1. Fond sableux marqués de ripple marks, 2. *Lithothamnion spp.*, 3. *Eunicella singularis*, 4. *Eponge perforante Cliona viridis*

Station Cora 4 - 26,6 m :

Au niveau de la station Cora 4, les espèces observées sont principalement les éponges *Cliona viridis*, *Crambe crambe*, et *Aplysilla sulfurea*, ainsi que l'ascidie *Microcosmus sabatieri*.

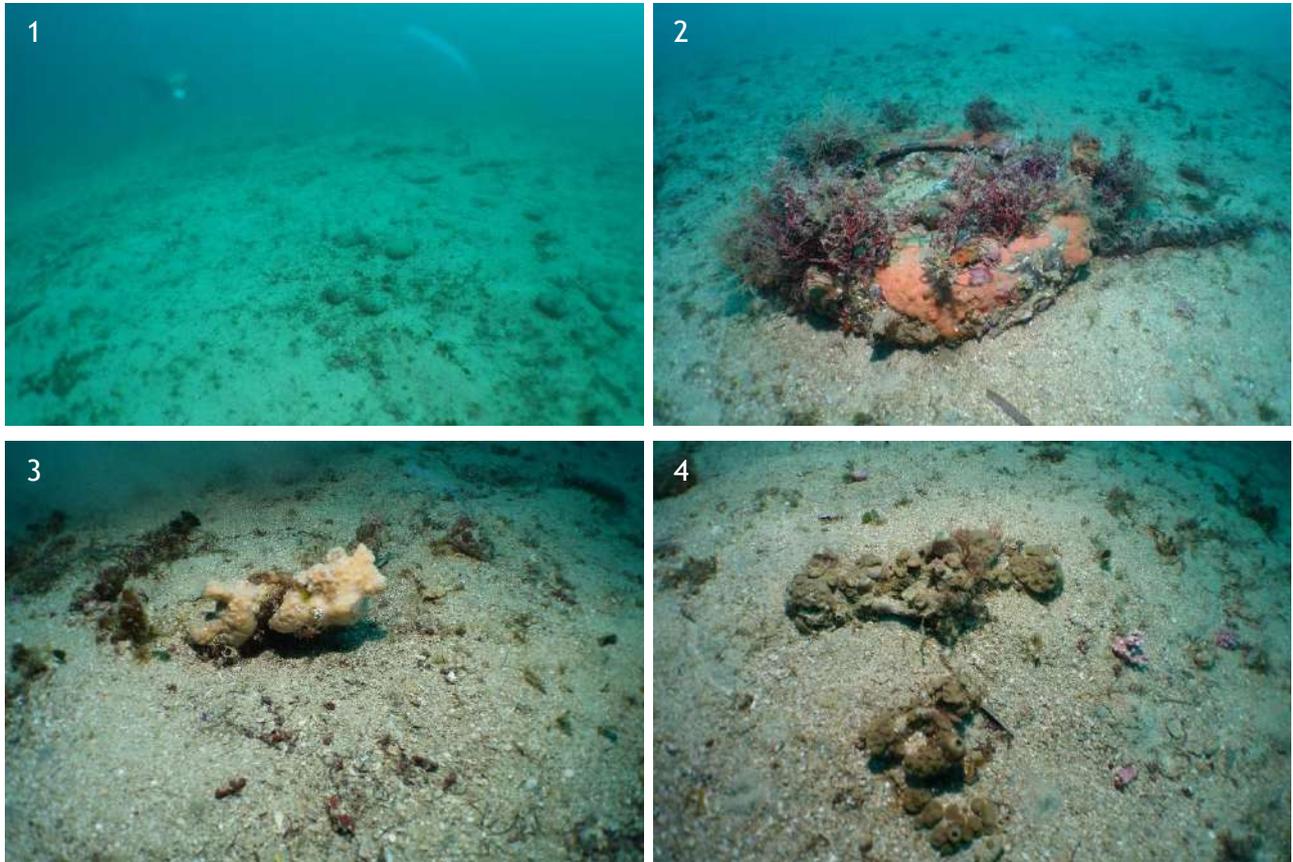


Figure 70 : Station Cora 4 - 26,6 m - 1. Fond sableux à détritique côtier, 2. Pneu colonisé par *Crambe crambe* et *Microcosmus sabatieri*, 3. *Aplysilla sulfurea*, 4. *Cliona viridis*

3.2.4 ANALYSES SEDIMENTAIRES

3.2.4.1 Prélèvements des sédiments

La qualité des sédiments a été déterminée à partir de 3 stations, au niveau de l'entrée du forage, du tracé du câble nord et du tracé du câble sud. La profondeur atteinte avec le carottier à main et la nature des sédiments observés sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Tableau 26 : Nature des sédiments obtenue au moyen du carottier à main

	Station	Profondeur (en m)	Profondeur du carottier (en cm)	Nature des sédiments	Illustrations	
					Carottier à main	Sédiments prélevés
Echantillon moyen câble nord	Sed nord 1	8,50	60	Sables fins Pas d'odeur de vase		
	Sed nord 2	7,1	52	Sables fins Sables coquillers Quelques cailloux Pas d'odeur de vase		
	Sed nord 3	8,0	55	Sables fins Gravillons Pas d'odeur de vase		
Echantillon moyen câble sud	Sed sud 1	6,0	40	Sables fins Sables coquillers Quelques cailloux Pas d'odeur de vase		
	Sed sud 2	6,5	45	Sables fins Pas d'odeur vaseuse		
	Sed sud 3	6,9	50	Sables fins Sables grossiers (gravillons) à coquillers Quelques cailloux Pas d'odeur de vase		
Echantillon entrée forage	Sed entrée forage	4,4	80	Sables fins Gravillons Pas d'odeur de vase		



3.2.4.2 Composition des sédiments et comparaison avec les valeurs seuils

Les résultats du laboratoire Eurofins sont présentés dans les tableaux ci-dessous (Tableau 27).

Les métaux lourds :

Concernant les métaux lourds, seul le mercure présente une concentration supérieure à la valeur de l'état 1 du RLM pour les échantillons Sed nord et Sed sud. La valeur de l'échantillon Sed entrée du forage est quant à elle inférieure à la limite de détection de 0,1 mg/km M.S. Les autres éléments chimiques analysés (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, nickel, plomb et zinc) présentent des concentrations inférieures aux seuils et valeurs GEODES, RLM état 1 et RLM état 2 ainsi que RNO séd pour les 3 échantillons moyens.

Les Polychlorobiphényles (PCB) :

Les 3 échantillons moyens, Sed nord, Sed sud et Sed entrée du forage présentent des concentrations inférieures aux seuils pour chaque PCB analysés.

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) :

Pour les HAP analysés, seul le fluoranthène présente des concentrations supérieures à la valeur RLM état 1 pour l'ensemble des échantillons.

Les dérivés de l'étain :

Les concentrations en TBT, DBT et MBT sont inférieures à 2,0 µg Sn/kg M.S. pour l'ensemble des échantillons.

Les indices de contaminations organiques :

L'Azote Kjeldahl présente des concentrations très faibles par rapport au seuil de référence (considérée comme nulle) pour l'ensemble des échantillons

Le Phosphore total présente des concentrations nulles pour les échantillons Sed nord et Sed entrée du forage, et une concentration faible par rapport au seuil de référence, pour l'échantillon Sed sud.

La granulométrie et nature des sédiments :

Concernant la granulométrie (Figure 71), ce sont principalement des sables fins à très fins (entre 63 et 250 µm ; 51 %) et des sables moyens (entre 250 et 500 µm ; 41 %) qui composent les échantillons moyens prélevés au niveau du tracé du câble nord. Une faible proportion de silt (entre 4 et 63 µm ; 7 %) a été retrouvé.

Celle-ci diffère pour les échantillons du câble sud puisque ce sont en grande majorité des sables moyens (64 %) qui ont été retrouvés ainsi que 28 % de sables fins et 8 % de silt.

La granulométrie des échantillons au niveau de l'entrée du forage est principalement composée de sables fins à très fins (79 %), de sables moyens (13 %) et de silt (8 %).



Pour les 3 stations, la vase sur laquelle se fixent préférentiellement les polluants représente en moyenne moins de 10 % des échantillons moyens.



Tableau 27 : Récapitulatif des analyses et des référentiels utilisables (campagne setec in vivo, 2021)

Paramètres	Unité	Station			Seuils GEODE		RLM état 1	RLM état 2	RNO Séd, 98Med	Bruit de fond
		Sed Nord	Sed Sud	Sed entrée Forage	N1	N2				
Phase 1: Propriétés physiques										
Matière sèche	% P.B.	70,1	71,2	70,5						
Masse volumique	g/cm ³	1,85	1,92	1,86						
Phase 2: Propriétés chimiques: substances polluantes										
Métaux lourds										
Arsenic (As)	mg/kg M.S.	4,35	4,7	2,56	25	50				4,4
Cadmium (Cd)	mg/kg M.S.	<0.10	<0.10	<0.10	1,2	2,4	<0.15	<0.6	0.15	0.5
Chrome (Cr)	mg/kg M.S.	7,91	9,3	5,47	90	180				45
Cuivre (Cu)	mg/kg M.S.	7,81	7,16	<5.00	45	90	<15	<60	30	35
Mercure (Hg)	mg/kg M.S.	0,21	0,28	<0.10	0,4	0,8	<0.05	<0.4	0.1	0.2
Nickel (Ni)	mg/kg M.S.	2,94	1,92	3,08	37	74				20
Plomb (Pb)	mg/kg M.S.	18,5	14,7	8,95	100	200	<25	<50	30	47
Zinc (Zn)	mg/kg M.S.	22,5	21	12,6	276	552	<90	<200	90	115
Polychlorobiphényles (PCB)										
PCB 28	mg/kg M.S.	<0.001	<0.001	<0.001	0,005	0,01				
PCB 52	mg/kg M.S.	<0.001	<0.001	<0.001	0,005	0,01				
PCB 101	mg/kg M.S.	<0.001	<0.001	<0.001	0,01	0,02				
PCB 118	mg/kg M.S.	<0.001	<0.001	<0.001	0,01	0,02				
PCB 138	mg/kg M.S.	<0.001	<0.001	<0.001	0,02	0,04				
PCB 153	mg/kg M.S.	0,0017	0,0013	<0.001	0,02	0,04				
PCB 180	mg/kg M.S.	<0.001	<0.001	<0.001	0,01	0,02				
SOMME PCB (7)	mg/kg M.S.	0,005	0,004	0,004						
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)										
Acénaphthène	mg/kg M.S.	<0.0022	<0.002	<0.0021	0,015*	0,26*				
Acénaphthylène	mg/kg M.S.	0,0088	0,0094	0,0035	0,04*	0,34*				
Anthracène	mg/kg M.S.	0,0071	0,0088	0,0028	0,085*	0,59*				
Benzo(a)-anthracène	mg/kg M.S.	0,037	0,071	0,02	0,26*	0,93*				
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg M.S.	0,076	0,13	0,038	0,4*	0,9*	<0,2	<0,5		
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg M.S.	0,02	0,053	0,017	0,2*	0,4*	<0,1	<0,25		
Benzo(g,h,i)perylène	mg/kg M.S.	0,048	0,08	0,024	1,7*	5,65*				
Benzo(a)pyrène	mg/kg M.S.	0,051	0,087	0,023	0,43*	1,015*	<0,1	<0,5		
Chrysène	mg/kg M.S.	0,046	0,08	0,025	0,38*	1,59*				
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg M.S.	0,012	0,024	0,0075	0,06*	0,16*				
Fluoranthène	mg/kg M.S.	0,065	0,099	0,027	0,6*	2,85*	<0,04	<0,2		
Fluorène	mg/kg M.S.	<0.0022	0,0035	<0.0021	0,02*	0,28*				
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg M.S.	0,04	0,064	0,018	1,7*	5,65*				
Phénanthrène	mg/kg M.S.	0,019	0,022	0,0047	0,24*	0,87*				
Pyrène	mg/kg M.S.	0,046	0,083	0,022	0,5*	1,5*				
Dérivés de l'étain										
Tributylétain cation-Sn (TBT)	µg Sn/kg M.S.	<2.0	<2.0	<2.0	100	400	<40	<100		
Dibutylétain cation-Sn (DBT)	µg Sn/kg M.S.	<2.0	<2.0	<2.0						
Monobutylétain cation-Sn (MBT)	µg Sn/kg M.S.	<2.0	<2.0	<2.0						
Phase 3: Indice de contamination organique										
COT	mg/kg M.S.	2760	2850	1240						
Azote Kjeldahl	g/kg M.S.	<0.5	<0.5	<0.5						
Phosphore total	mg/kg M.S.	455	508	270						

Tableau 28 : Résultats de la granulométrie pour les 3 échantillons moyens (câble nord, câble sud et entrée du forage)

Granulométrie	Unité	Station		
		Sed Nord	Sed Sud	Sed entrée Forage
Fraction < 2 µm	%	0	0	0
Fraction 2 - 20 µm	%	3.63	4.1	4.16
Fraction 20 - 63 µm	%	3.12	3.59	3.85
Fraction 63 - 200 µm	%	50.41	27.98	77.97
Fraction 200 - 2000 µm	%	42.08	63.36	12.93

Tableau 29 : Proportions de la nature des sédiments aux 3 stations d'échantillonnages

Echantillon	Sed Nord	Sed Sud	Sed entrée Forage
Cailloutis >2 mm	0	0	0
Sables grossiers à tres grossiers 500µm <x<2 mm	0	0	0
Sables moyens 250<x<500 µm	42.08	63.36	12.93
Sables fins à tres fin 63<x<250 µm	50.41	27.98	77.97
Silts 4<x<63 µm	6.75	7.69	8.01
Précolloïdes 0,12< x <4 µm	0	0	0
Colloïdes <0,12 µm	0	0	0

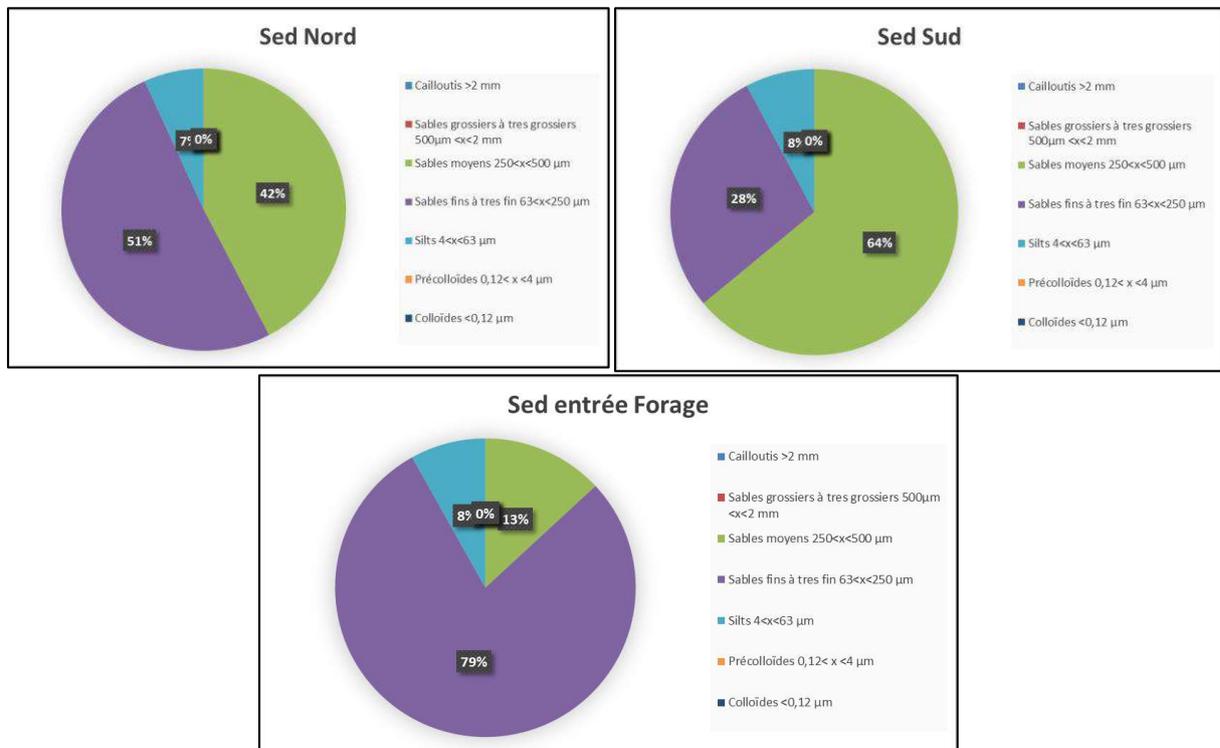


Figure 71 : Proportions des sédiments retrouvées aux stations d'échantillonnage au niveau du tracé du câble nord (Sed nord), du câble sud (Sed sud) et de l'entrée du forage (Sed entrée forage)



3.2.1 CONCLUSIONS

La cartographie de l'herbier de posidonie présente un herbier de plaine formant une bande parallèle au littoral entre la Point d'Endoume et le Cap Croisette. C'est au niveau de la plage de la Vieille Chapelle et du port de la Pointe Rouge que l'herbier de la baie du Prado se présente sous sa plus faible largeur, car dominée par de la matre morte, et que l'herbier est le plus discontinu.

Les investigations sous-marines ont permis vérifier la nature des fonds et de confirmer que les deux tracés auront une emprise réduite sur l'herbier de Posidonies en passant majoritairement sur des fonds de matre morte.

Cependant, les inspections sous-marines ont montré que la cartographie disponible (Medtrix) présente quelques différences avec la réalité du terrain qui seront par ailleurs mises à jour avec les reconnaissances en géophysique marine à venir. En revanche, ces observations ne remettent pas en question la qualité des tracés qui sont déjà optimisés. Malgré cela des optimisations localisées pourront être encore apportées à l'issue des relevés cartographiques à venir.

A partir de la cartographique existante il est possible de calculer que les tracés nord et sud traversent au total environ 370 m d'herbier de Posidonies. A ce niveau les câbles sous-marins présenteront leur plus fort diamètre avec 35,9 mm (soit 0,0359 m² au mètre linéaire). L'emprise calculée sur l'herbier est d'alors de 13,3 mètres carrés environ.

En aval de la limite inférieure, à partir de 25 mètres environ (23 mètres à proximité des routes des câbles), les sédiments rencontrés sont ceux de la biocénose du détritique côtier qui s'étendent vers le large pour laisser place ensuite à la biocénose du détritique du large.

Les observations en plongée et par ROV sur le tracé du câble et à proximité, jusqu'à 94 mètres de fond, confirment la présence de cette biocénose du détritique côtier (DC), puis de celle du détritique du large (DL). Les sites d'intérêt cartographiés les plus proches ont également été inspectés.

Ainsi, les câbles, au-delà de la limite inférieure de l'herbier, ne croisent pas de zone coralligène et restent sur des sédiments meubles sur l'ensemble de leurs routes. Les reconnaissances au ROV montrent que le câble nord, sur la biocénose du détritique côtier (DC), évite une association à rhodolithes faiblement représentée (stations Cora 1 à Cora 4) et par ailleurs de faible sensibilité face à la pose d'un câble simplement posé n'ayant pas d'autre incidence que son emprise directe sur le fond.

Les stations ROV1 et ROV2 sur la route du câble nord ont permis également d'observer des fonds meubles ou seules quelques espèces benthiques sessiles sont observées de façon éparse.

Les observations sur la route du câble sud au niveau de la station ROV 5 ont montré la présence d'espèces dressées sur la biocénose du détritique du large (DL). L'habitat y est dominé par des alcyonaires et des pennatulaires. Bien qu'une interaction directe soit à attendre pour certains individus à la descente du câble, la sensibilité de la biocénose peut être qualifiée de faible à moyenne face à la simple pose du câble compte tenu de son faible diamètre et de sa stabilité immédiate sur ces fonds très meubles. Les fonctionnalités de l'habitat ne seront pas remises en question.

Les différentes stations de mesure de l'herbier de posidonie le long des tracés des câbles présentent un herbier de plaine discontinu, constitué de taches et îlots épars de faibles superficies en limite inférieure (stations Posi 6 et 7), sur des fonds de 23,0 et 18,4 mètres, à un herbier plus étendu (stations Posi 3, 4 et 5), sur des fonds de 11,4 à 7,5 mètres. A partir des stations Posi 4 et 5, l'herbier présente plus de relief, des hauteurs de matte plus importantes (0,7 mètre mesuré), et des îlots de posidonies pouvant présenter des caractéristiques d'herbier en colline. La matte morte est apparente en avant de la limite inférieure et tout autour des stations de mesure.

La limite supérieure de l'herbier de Posidonies marque quant à elle la transition avec les sables de la biocénose des sables fins bien calibrés qui s'étend jusqu'à la côte.

Aucune grande nacre vivante, ni aucune autre espèce protégée, n'a été recensé sur le tracé du câble à l'intérieur de l'herbier ni au-delà dans la biocénose des sables fins bien calibrés. Seule une grande nacre morte a été observée.

Concernant l'évaluation de l'état de santé de l'herbier, plusieurs descripteurs ont été utilisés.

Certains d'entre eux ont été appliqués uniquement à la limite inférieure de l'herbier.

Ainsi, l'état de vitalité de l'herbier en limite inférieure est qualifié de mauvais à médiocre pour les descripteurs suivants : type de limite inférieure, profondeur de la limite inférieure et taux de recouvrement au niveau de la limite inférieure. Avec une limite régressive à 23,0 m et 18,4 m de fond, la vitalité de l'herbier est qualifiée respectivement de mauvaise à médiocre. En revanche, le taux de recouvrement mesuré à l'intérieur de l'herbier classe la limite de l'herbier en bonne vitalité pour la station P6, mais ce résultat reste à relativiser compte tenu de la faible représentation des taches d'herbier en cette limite.

Tableau 30 : Synthèse des mesures appliquées en limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica*

Station	Prof. de limite inférieure (m)	Ecart par rapport à la profondeur de référence (38m)	Interprétation de la vitalité de l'herbier (Bein A. et al, 2013)	Type de limite inférieure	Interprétation type limite (Bein A. et al, 2013)	Taux de recouvrement moyen (%)	Interprétation de la vitalité de l'herbier Charbonnel et al., 2000.
Posi 6 Limite inf.	18,4	51%	Mauvaise	Régressive	Mauvaise	40	Bonne
Posi 7 Lim inf.	23,0	39%	Médiocre	Régressive	Mauvaise	Non mesuré	/

D'autres descripteurs communs ont été utilisés sur cinq (5) stations dans l'herbier de posidonie : au sein de l'herbier à -18,4 m, -14,5 m, -11,4 m, et en limite supérieure à -7,5 m et -8,1 m.

Les mesures de densité de faisceaux foliaire sur l'herbier rendent compte d'un herbier de bonne vitalité (stations en limites inférieure et intermédiaire) à normale (stations en limite supérieure).

Le déchaussement moyen (ensemble des sept (7) stations) des rhizomes souligne une stabilité relative des apports sédimentaires.



Les proportions de rhizomes plagiotropes observés, pratiquement égales à zéro sur les sept (7) stations, sont le reflet d'un herbier stable sans toutefois de tendance à la progression.

Tableau 31 : 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 %) ± écart-type	Interprétation % plagiotropes (Charbonnel et al., 2000)
Posi 1	18,4	363 ± 67	Bon	3,6 ± 2,57	Faible	0,00	Normale
Posi 2	14,5	438 ± 121	Bon	3,3 ± 1,0	Faible	0,00	Normale
Posi 3	11,4	419 ± 188	Normale	3,7 ± 1,9	Faible	0,00	Normale
Posi 4	8,1	543 ± 141	Normale	3,8 ± 2,3	Faible	0,00	Normale
Posi 5	7,5	528 ± 123	Normale	0,9 ± 1,0	Faible	0,00	Normale
Posi 6 Limite inf.	18,4	363 ± 67	Bon	3,6 ± 2,5	Faible	0,00	Normale
Posi 7 Limite inf.	23,0	273 ± 92	Bon	1,3 ± 0,9	Faible	0,2	Normale

En synthèse, en considérant l'ensemble des descripteurs, la vitalité de l'herbier de posidonies étudié peut être qualifiée de « normale » avec une certaine stabilité, mais avec une limite inférieure présentant des signes de régression : limite haute et une zone de matte morte étendue.

Enfin, les analyses sédimentaires entre l'entrée de la conduite du forage dirigé et la limite supérieure de l'herbier de Posidonies présentent des sédiments de bonne qualité sans contamination notable, avec seulement deux dépassements des valeurs caractéristiques de l'état 1 du RLM pour le mercure et le fluoranthène (HAP).

Les cartes suivantes illustrent les principales observations faites sur les tracés des câbles.

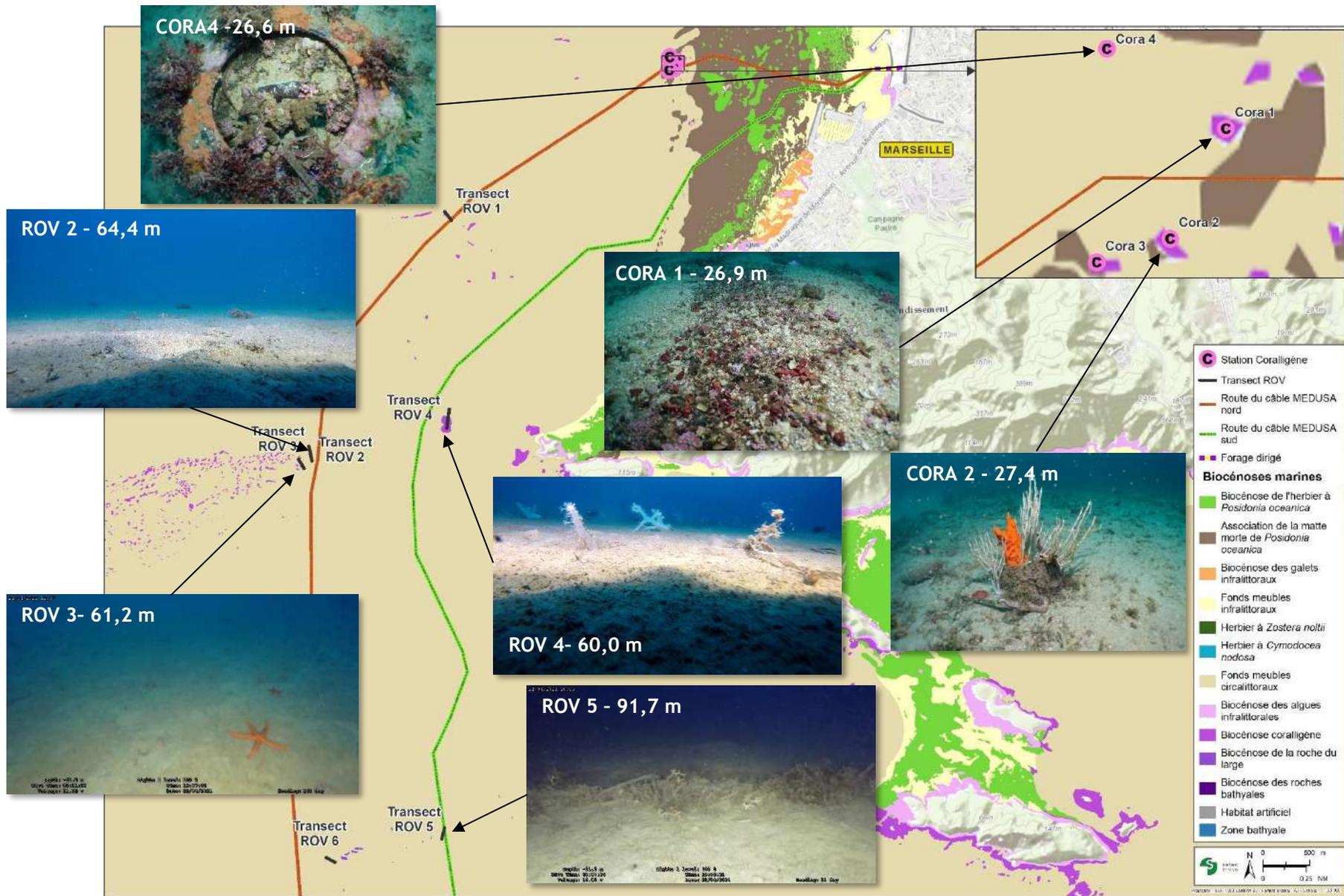


Figure 72 : Synthèse des observations en plongée (Coralligène) et au ROV les routes des câbles et à proximité (carte MEDTRIX)

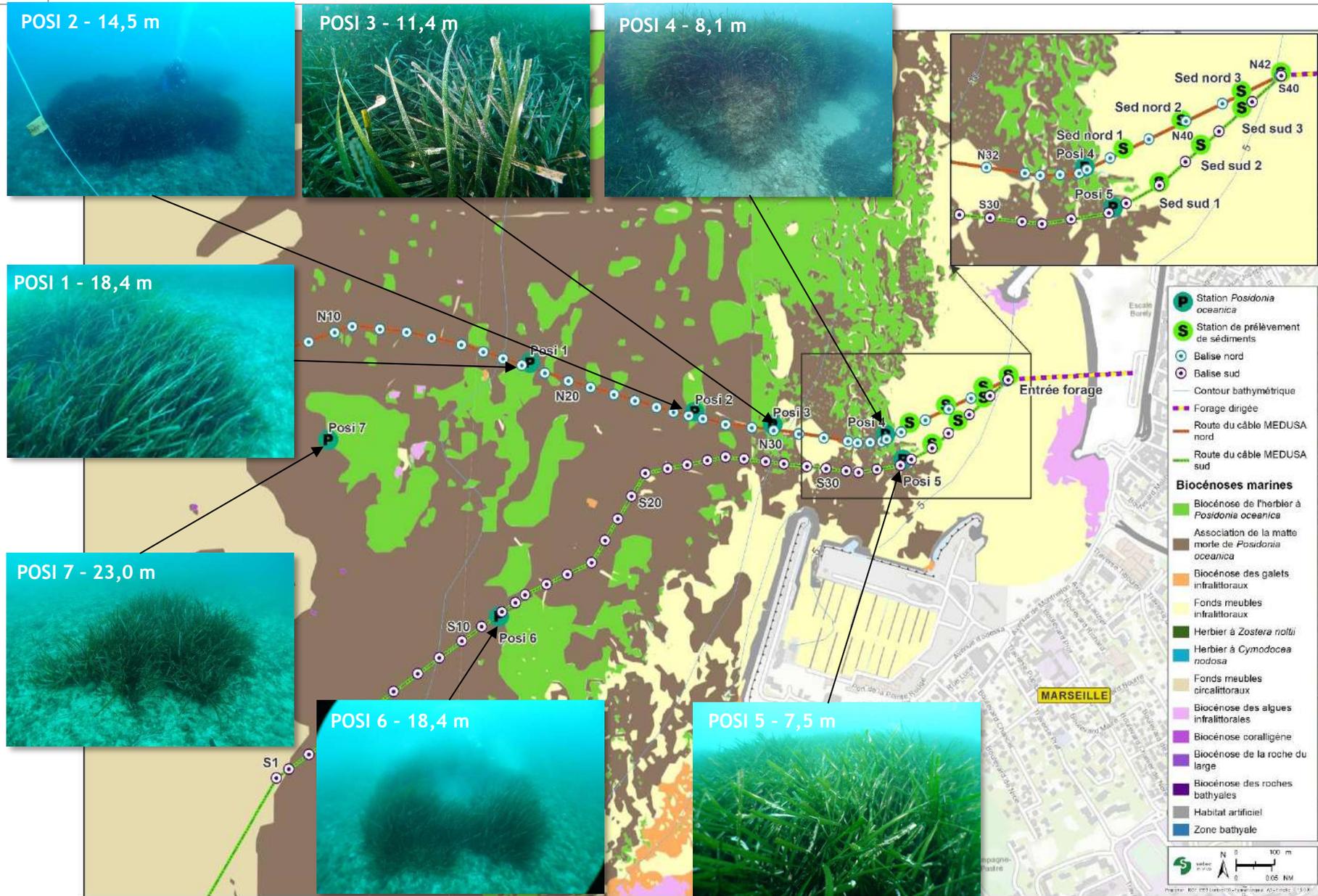


Figure 73 : Synthèse des observations en plongée sur l'herbier de Posidonies (carte MEDTRIX)

4 RETOURS D'EXPERIENCE

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

Une étude du GIS Posidonie (Charbonnel, 1999) présente un inventaire des références bibliographiques concernant les études relatives à l'impact écologique de la pose de câbles et de conduites sous-marins 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 des deux câbles 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) (Charbonnel, 1999).

De plus, les différents suivis opérés par In Vivo 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 puisque 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 74 : 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 75 : 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 76 : Câble ANTARES (La Seyne-sur-Mer) pénétrant dans l'herbier de posidonie (In Vivo, 2013)

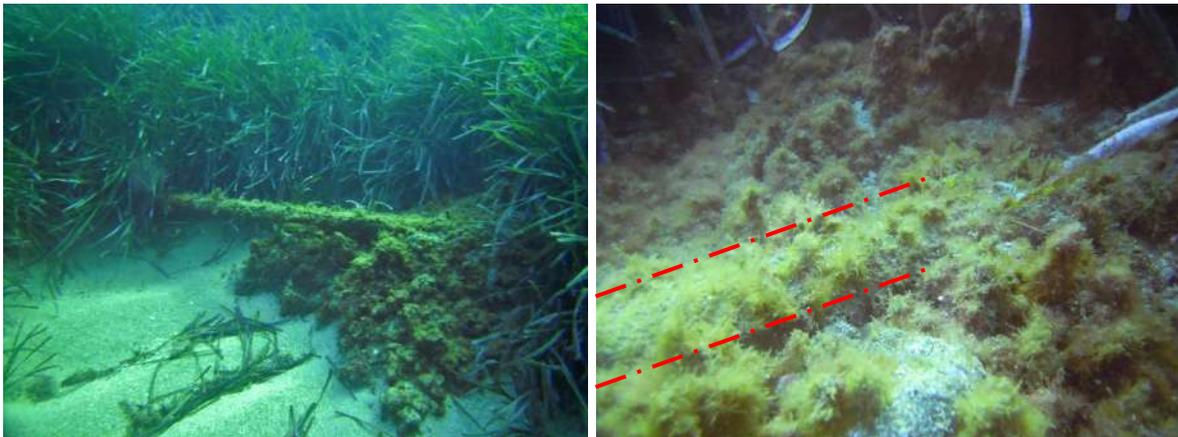


Figure 77 : Câble s'insérant progressivement dans la matte de posidonie (In Vivo, 2013)

De récentes plongées en Corse à Bastia ont permis d'observer deux câbles de transport d'énergie (SACO12), 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 puisqu'ils atterrissent au niveau de la plage de l'Arinella à Bastia.

Bien que ces câbles 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.

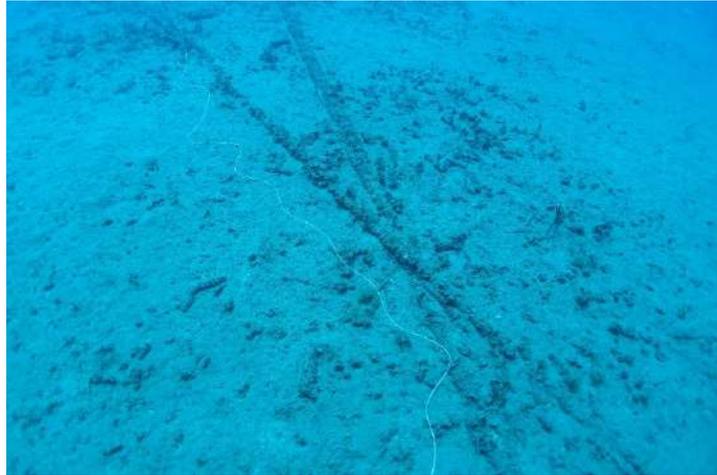


Figure 78 : Câbles de télécommunication et câble de transport d'énergie se croisant en aval de la limite inférieure de l'herbier, sur matte morte (Bastia - Arinella, 2020)



Figure 79 : Câble de transport d'énergie SACOI2 en limite inférieure de l'herbier entièrement colonisé (Bastia - plage de l'Arinella, 2020)



Figure 80 : Câble de transport d'énergie (SACOI2) 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 81 : Câble transport d'énergie pris dans la matte de posidonie (Bonifacio, 2020)



Figure 83 : Câble télécom en sortie d'herbier en limite supérieure (Marseille, 2020)



Figure 82 : Câble télécom sur matte morte (Marseille, 2020)



Figure 84 : Câble télécom en suspension au passage d'une zone d'intermatte (Marseille, 2020)



Figure 85 : Câble télécom au sein d'un herbier entre les faisceaux de posidonie (Marseille, 2020)



Figure 86 : Câble télécom sur des enrochements (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 une croissance verticale de 1cm/an et une croissance horizontale de 3 à 10 cm/an et que le câble est d'un diamètre de 35,9 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.



5 BIBLIOGRAPHIE

BONHOMME P., ROIG D., BERNARD G., CHARBONNEL E., DIVETAÏN 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 des biocénoses marines de la route du projet des câbles sous-marins de télécommunication MEDUSA
Nombre de pages/planches	101 pages
N° affaire / Date de notification	

Historique des envois

Documents envoyés	Exemplaires papier	Exemplaires FTP	Date d'envoi	N° récépissé
Rapport provisoire		pdf	11/05/2021	
Rapport définitif				

Intervenants dans l'élaboration des documents

Marc Chenoz (Chargé de Projet), Audrey Patucca (Chargée d'études), Romain Bricout (Technicien), Alexandre Cerruti (cartographie, SIG)

Contrôle Qualité

	Niveau 1	Niveau 2
Contrôlé par	Audrey Patucca	Marc Chenoz
Date		11/05/2021