

Expertise environnementale sous-marine de la route du câble sous-marin de télécommunication IEX atterrissant sur la plage de Bonneveine à Marseille

 EXPERTISE



RAPPORT V1

Décembre 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 projets
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	8
3	ETUDE DES HABITATS MARINS SUR LE TRACE DU CÂBLE	10
3.1	MATERIEL ET METHODES	10
3.1.1	Reconnaissance des fonds sur le tracé du câble.....	11
3.1.2	Caractérisation de l'herbier de Posidonies au droit de la plage de Bonneveine	16
3.1.3	Reconnaissance des fonds coralligènes au droit de la plage de Bonneveine	24
3.1.4	Analyses sédimentaires au droit de la plage de Bonneveine.....	24
3.2	RESULTATS.....	28
3.2.1	Description des fonds observés sur la route du câble	28
3.2.2	Caractérisation de l'herbier de Posidonies au droit de la plage de Bonneveine	45
3.2.3	Reconnaissance des fonds à coralligène.....	48
3.2.4	Analyses sédimentaires	54
3.2.1	Conclusions.....	59
4	RETOURS D'EXPERIENCE	62
5	BIBLIOGRAPHIE	70
6	ANNEXES	71
	FICHE SIGNALÉTIQUE ET DOCUMENTAIRE	72



Liste des figures

Figure 1 : Route du câble IEX dans les eaux territoriales françaises (© SHOM)	7
Figure 2 : Le « Posidonia » de setec in vivo	10
Figure 3 : Conditions météorologiques lors de la campagne d'étude.....	10
Figure 4 : Installation des balises le long du tracé du câble.....	12
Figure 5 : Filin lesté sur le fond marquant le tracé du câble sous-marin	12
Figure 6 : Plongeur évoluant le long du filin.....	14
Figure 7 : Préparation du matériel et sur le bateau avant immersion du ROV.....	14
Figure 8 : Immersion du ROV à la station balisée par un parachute de plongée	15
Figure 9 : Stations observées avec le ROV au niveau du tracé du câble.....	16
Figure 10 : Les différents types d'herbiers à Posidonia oceanica.....	17
Figure 11 : Quadrillage apposé sur une photo pour calcul du taux de recouvrement.....	19
Figure 12 : Quadrat de 20*20 cm et mesure de la densité des faisceaux	20
Figure 13 : Description des rhizomes de posidonies (Boudouresque et Meinesz, 1982 in Boudouresque et al, 2006)	22
Figure 14 : Mesure du déchaussement de l'herbier de Posidonies (Boudouresque et al, 2006)	23
Figure 15 : Carte présentant la station de référence du réseau RNO à proximité de la zone d'étude (RNO, 1998)	26
Figure 16 : Substrat constitué de matre morte et de sable coquillier entre les balises B37-B36.....	30
Figure 17 : Câble le long du tracé du filin au large de la balise B37	30
Figure 18 : Matre morte ensablée (à gauche) et passage du filin sur une tache d'herbier isolé (au centre et à droite).....	31
Figure 19 : 1. Cladocora caespitosa, Flabellia petiolata, Codium bursa ; 2. Bloc rocheux colonisé par Crambe crambe et Codium bursa ; 3. Ancre concrétionnée accroché avec un câble	31
Figure 20 : Herbier de Posidonies au niveau du tracé (transect B18 - B17 à gauche et transect B16-B15 à droite)	34
Figure 21 : Observations d'une grande nacre morte entre les transects B15-B14.....	36
Figure 22 : Tombant de matre d'une hauteur de 80 cm entre la balise B11 et B10.....	38
Figure 23 : Limite supérieure de l'herbier de Posidonies (transect B11-B10 à gauche) et substrat de type sablo- vaseux (transect B10-B9 à droite)	38
Figure 24 : Obstruction à proximité du tracé (transect B3-B2, à droite)	39
Figure 25 : Blocs rocheux observés le long du tracé du câble	39
Figure 26 : Stations observées avec le ROV au niveau du tracé du câble	40
Figure 27 : Transect effectué au niveau de la station 2.....	41
Figure 28 : Fonds observés au niveau du transect du ROV 2 - 63,8 m.....	42
Figure 29 : Transect effectué au niveau de la station 2.....	43
Figure 30 : Images du substrat meuble le long du transect du ROV 1 - 51,7m.....	43
Figure 31 : Photo de l'épave du Miquelon - 46,9 m (en haut) et illustration de l'épave du Miquelon (Coulé en 1917, Longueur : 49m ; à droite)	44
Figure 32 : Localisation des stations de mesure de l'herbier de Posidonies.....	45
Figure 33 : Illustrations de l'herbier autour de la station Herb001	46
Figure 34 : Illustrations de l'herbier autour de la station Herb002	47
Figure 35 : Illustrations de l'herbier autour de la station Herb003	48
Figure 36 : Localisation des stations de coralligène le long du tracé du câble	49
Figure 37 : Station Co 1 - 27,4 m - 1. Halocynthia papillosa, 2 Posidonia oceanica, 3 Cliona viridis, 4. Corallinacées Lithothamnion spp. ; 5. 6. Vue générale du transect.....	50
Figure 38 : Structure métallique cruciforme localisée à 27,4 m de fond, colonisée par l'éponge Crambe crambe et le corallinacées Lithothamnion spp.....	51
Figure 39 : Station Co 3-Co4 - 26,6 m - 1. Cliona viridis, 2. Halocynthia papillosa, 3. Corallinacées Lithothamnion spp., 4. Holothuria sp., 5. Et 6. Câble recouvert d'éponges encroûtantes et Codium bursa ; 7. 8. Vue générale du transect	52
Figure 40 : Station Co4-Co5 3 - 26,6 m - 1. Echinaster sp., 2. Ascidie, 3. Holothuria forskali, 4. Holothuria forskali, Lithothamnion spp., Flabellia petiolata ; 5. 6. Vue générale du transect.....	53
Figure 41 : Stations des points de prélèvements de sédiments	55
Figure 42 : Synthèse des observations en plongée (Herbier et coralligène) sur le tracé du câble IEX	61
Figure 43 : Enfouissement naturel du câble dans les zones sableuses (In Vivo, 2008)	64
Figure 44 : 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)	65
Figure 45 : Câble ANTARES (La Seyne-sur-Mer) pénétrant dans l'herbier de posidonie (In Vivo, 2013)	65

Figure 46 : Câble s'insérant progressivement dans la matre de posidonie (In Vivo, 2013).....	65
Figure 47 : 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)	66
Figure 48 : Câble de transport d'énergie SACOI2 en limite inférieure de l'herbier entièrement colonisé (Bastia – plage de l'Arinella, 2020)	66
Figure 49 : Câble de transport d'énergie (SACOI2) en limite inférieure de l'herbier de posidonie et disparaissant dans la matre (Bastia – plage de l'Arinella, 2020).....	66
Figure 50 : Câble télécom au sein d'un herbier entre les faisceaux de posidonie (Marseille, 2020).....	67
Figure 51 : Câble télécom sur des enrochements (Marseille, 2020)	67
Figure 52 : Câble transport d'énergie pris dans la matre de posidonie (Bonifacio, 2020).....	68
Figure 53 : Câble télécom sur matre morte (Marseille, 2020).....	68
Figure 54 : Câble télécom en sortie d'herbier en limite supérieure (Marseille, 2020)	68
Figure 55 : Câble télécom en suspension au passage d'une zone d'intermatre (Marseille, 2020)	68

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées des balises installées le long du tracé du câble	12
Tableau 2 : Coordonnées des stations d'observation par le ROV pour le câble.....	15
Tableau 3 : 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)	18
Tableau 4 : 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)	18
Tableau 5 : Interprétation de la vitalité de l'herbier en limite inférieure de l'herbier (Charbonnel et al., 2000) ..	19
Tableau 6 : 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)	21
Tableau 7 : Evaluation de la vitalité de l'herbier à partir du pourcentage de rhizomes plagiotropes de <i>P. oceanica</i> . (Charbonnel et al., 2000).....	22
Tableau 8 : Échelle d'évaluation du déchaussement en fonction des valeurs moyennes mesurées (Charbonnel et al., 2000)	23
Tableau 9 : Coordonnées GPS des stations herbiers de Posidonies.....	23
Tableau 10 : Coordonnées des points GPS des stations coralligènes.....	24
Tableau 11 : 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)	27
Tableau 12 : Indice de contamination organique d'après Romont (1966) et Pruvot (1999) dans Alzieu (2003) ..	27
Tableau 13 : Coordonnées (en WGS 84) des points de prélèvement des sédiments pour analyses.....	28
Tableau 14 : Synthèse des observations pour chaque transect parcouru en plongée sous-marine.....	29
Tableau 15: Synthèse des observations de câble le long du tracé du câble IEX entre les balises B31 à B28	32
Tableau 16: Synthèse des observations le long du tracé du câble IEX entre la balise B28 à B19.....	33
Tableau 17 : Synthèse des observations des tombants de matre croisés le long du tracé du câble IEX.....	35
Tableau 18: Synthèse des observations de câbles le long du tracé du câble IEX entre la balise B19 à B11.....	37
Tableau 19 : Résultats des mesures réalisées à la station Herb001	46
Tableau 20 : Résultats des mesures réalisées à la station Herb002	47
Tableau 21 : Résultats des mesures réalisées à la station Herb003.....	48
Tableau 22 : Synthèse des observations des sédiments prélevés sur le tracé du câble IEX.....	54
Tableau 23 : Tableau des résultats des prélèvements sédimentaires.....	56
Tableau 24 : Synthèse des mesures systématiques sur l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i>	60



Liste des planches

<i>Planche 1 : Distribution des biocénoses marines jusqu'à la limite du plateau continental.....</i>	<i>8</i>
<i>Planche 2 : Distribution des biocénoses marines à la côte</i>	<i>8</i>
<i>Planche 3 : Balises de repérage le long du tracé du câble (de la balise B37 à B0).....</i>	<i>11</i>
<i>Planche 4 : Stations pour l'évaluation de l'état de vitalité de l'herbier de Posidonia oceanica</i>	<i>23</i>
<i>Planche 5 : Stations des points coralligènes.....</i>	<i>24</i>
<i>Planche 6 : Stations des points de prélèvements de sédiments au carottier à main</i>	<i>28</i>
<i>Planche 7 : Synthèse des obstructions et des observations recensées en plongée sous-marine le long du tracé du câble IEX</i>	<i>39</i>
<i>Planche 8 : Epaves se trouvant à proximité du tracé du câble IEX</i>	<i>40</i>

1 CONTEXTE

Le projet IEX, porté par SUBCOM, s'inscrit dans le cadre d'un projet de fibre optique visant à augmenter sensiblement la capacité des transmissions de télécommunication entre Europe et l'Inde.

Pour sa partie française, le projet consiste à déployer un câble sous-marin de télécommunication en Mer Méditerranée sur une distance de 35,015 km dans les Eaux Territoriales françaises. Le site d'atterrage des câbles se situe sur la plage de Bonneveine à Marseille.

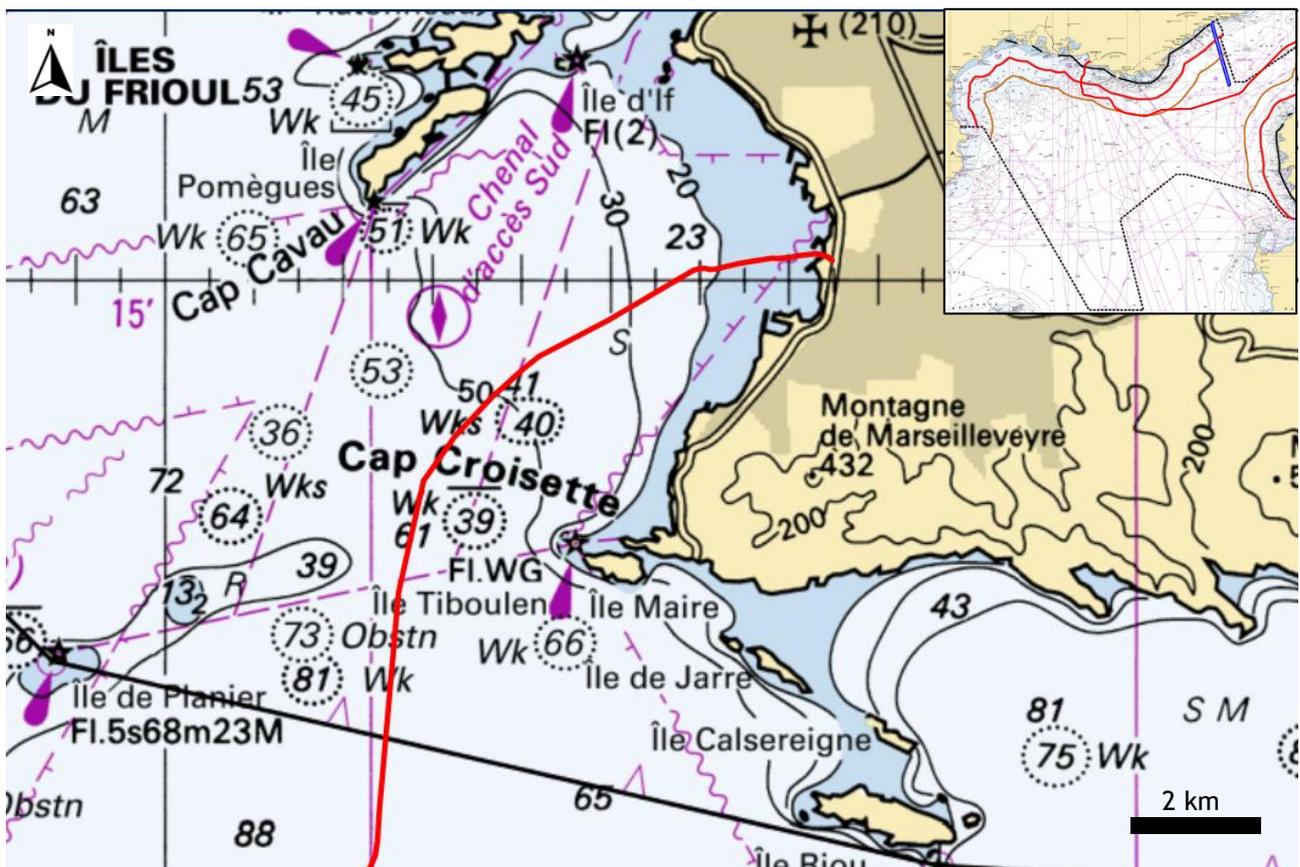


Figure 1 : Route du câble IEX dans les eaux territoriales françaises (© SHOM)

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 du câble 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 de déclaration et l'étude d'incidences associée.



2 CARTOGRAPHIE DES BIOCÉNOSES MARINES DE LA ZONE D'ÉTUDE

La cartographie des biocénoses marines de la zone d'étude utilise l'évaluation écologique de la zone côtière de Marseille issue des levés géophysiques marines inshore réalisés par SUBCOM, ainsi que la cartographie issue des données Donia Expert disponible sur la plateforme de surveillance des eaux côtières et des écosystèmes de Méditerranée MEDTRIX.

Les cartes suivantes (Planche 1 et Planche 2) présentent les biocénoses marines croisées par le câble sous-marin. Les stations d'études du plan d'échantillonnage ont été positionnées à partir de cette cartographie et selon le tracé du câble IEX, les résultats sont présentés dans le présent document.

Planche 1 : Distribution des biocénoses marines jusqu'à la limite du plateau continental

Planche 2 : Distribution des biocénoses marines à la côte

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 du câble au droit de la plage de Bonneveine à Marseille, à partir de l'interface entre le sable et la matte, ainsi qu'entre la matte et les herbiers de *Posidonia oceanica*.

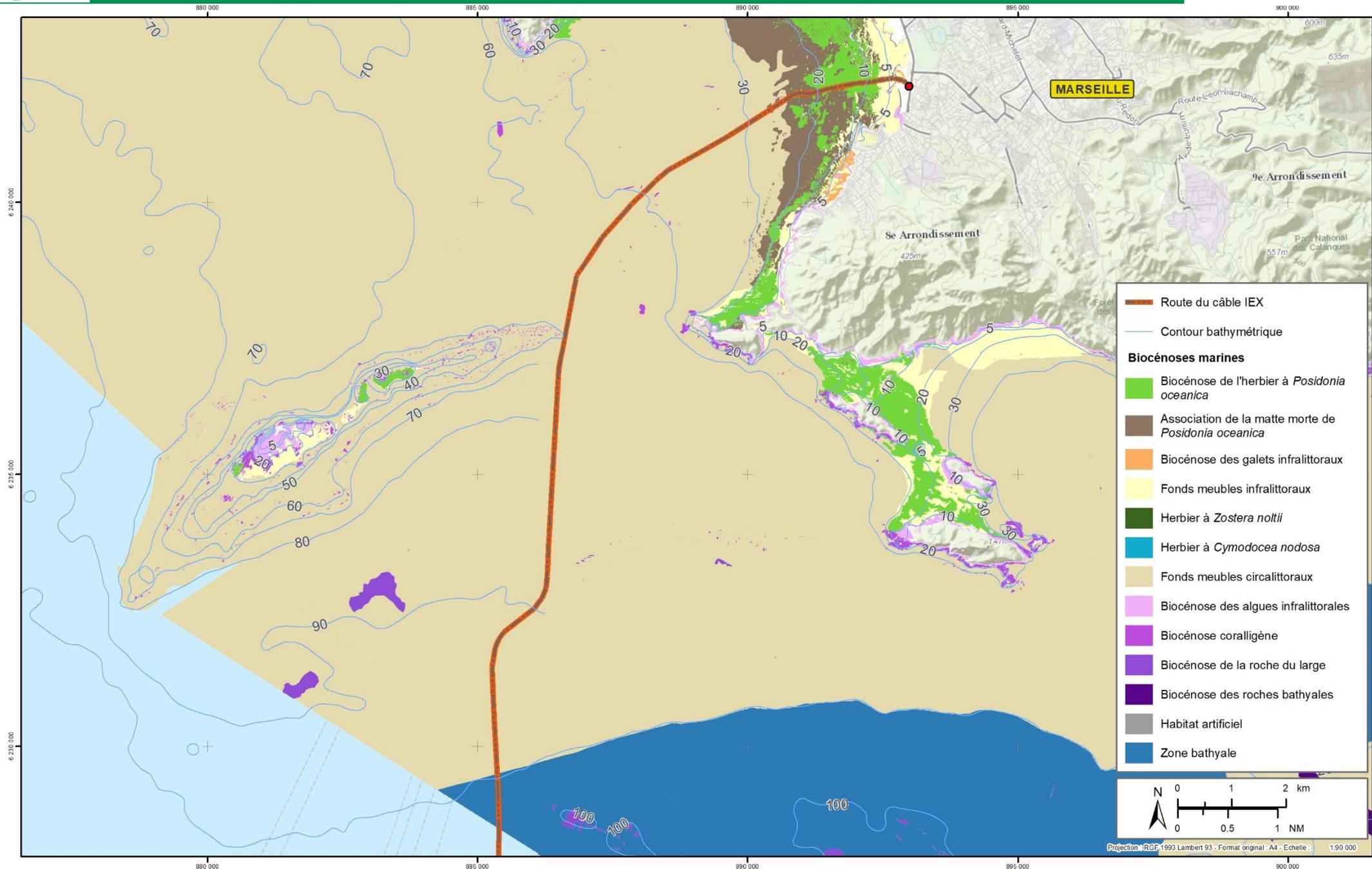
L'herbier au droit de la plage de Bonneveine fait partie de l'herbier de la baie du Prado. Il sépare les sédiments sableux de la biocénose côtière des sables bien calibrés et des fonds meubles circalittoraux.

La typologie de l'herbier au droit de la plage de Bonneveine se distingue en deux catégories selon sa densité, il s'agit de l'herbier continu et de l'herbier discontinu. Cette distinction a été réalisée en fonction du nombre de tâches d'herbiers recensées tous les 100m². Jusqu'à 200 tâches d'herbiers/100m², l'herbier est discontinu. Au-delà, il s'agit d'un herbier continu.

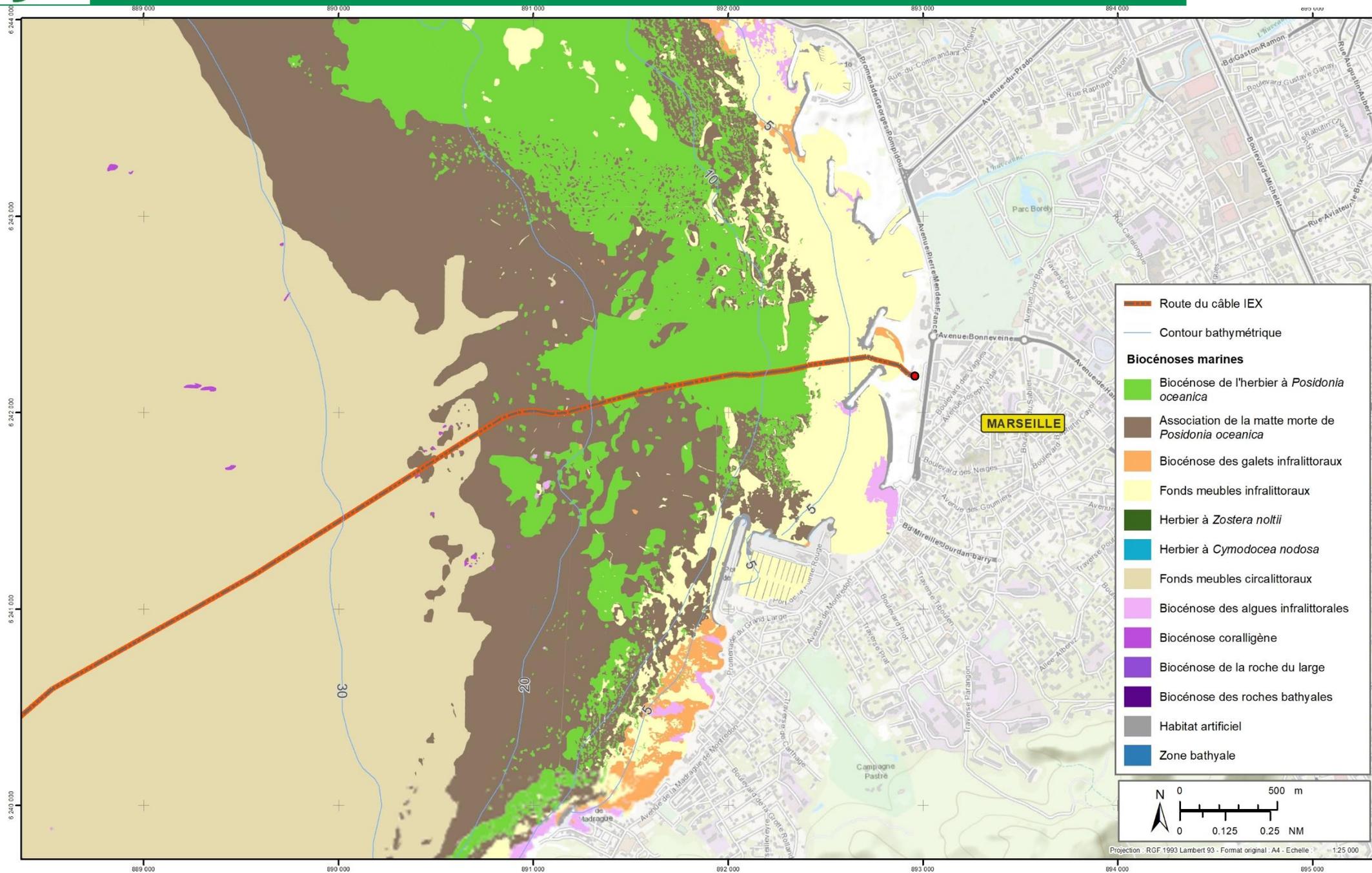
Les limites inférieures de l'herbier sont difficilement décelables puisqu'il se présente essentiellement sous forme de taches, d'ilots et faisceaux isolés. Sur la route du câble, l'herbier se situe sur des fonds compris entre environ 24,7 mètres et 8,9 mètres de fond. Au-delà, les fonds sont sableux jusqu'à la côte.

Le tracé du câble sous-marins traverse l'herbier sur une distance mesurée de 1,59 km environ entre la limite inférieure et supérieure, mais suivent majoritairement des zones de matte morte. Le tracé du câble croise l'herbier dense sur une distance d'1 km.

Au-delà des zones d'herbiers et de l'interface entre la matte et les fonds sableux, le tracé du câble traverse environ une dizaine d'enrochements de biocénoses à coralligène, à l'isobathe des 28 m. Ils sont à nouveau présents à partir de l'isobathe des 60 m, sur une zone se situant à l'est du plateau du Veyron, au nord-est de l'île de Planier, et au nord-ouest de l'île Maire,



Préparation et réalisation: Alexandre CERRUTI, ©setec in vivo - Date: décembre 2021 - Ref.: SUBCOM_PERMIS_MARSEILLE01 - Sources: ESRI, SHOM, MEDTRIX DONA



Préparation et réalisation : Alexandre CERRUT, ©setec in vivo - Date : décembre 2021 - Ref. : SUBCOM_PERMIS_MARSEILLE02 - Sources : ESR, SHOM, MEDTRX DONA



Aux alentours de l'isobathe de 50 m, le câble passe à proximité de cinq (5) épaves, notamment à l'est du Miquelon, et à l'Ouest du Ker-Bihan, de la Drôme (scindée en partie nord et sud), ainsi que d'une épave dont le nom n'est pas identifié.

Un survey écologique a donc été réalisé sur le tracé du câble au sein de l'herbier au droit de la plage de Bonneveine de la baie du Prado, ainsi qu'au niveau des enrochements des biocénoses à coralligènes en plongée sous-marine et au moyen d'un véhicule sous-marin. Des prélèvements sédimentaires ont été réalisés au niveau des zones d'ensouillages du câble.

3 ÉTUDE DES HABITATS MARINS SUR LE TRACE DU CÂBLE

3.1 MATÉRIEL ET MÉTHODES

La campagne d'étude a été réalisée sur deux (2) jours, le 23 novembre et le 25 novembre 2021 par une équipe de quatre (4) plongeurs scientifiques, et a nécessité l'utilisation du bateau « Posidonia », un semi-rigide de 5,20 m de la société setec in vivo.



Figure 2 : Le « Posidonia » de setec in vivo

La mission a été contrainte par un stand-by météorologique le 24 novembre en raison d'un fort coup de vent annoncé. La journée du 23 novembre présentait de bonnes conditions météorologiques, avec une belle mer et un ensoleillement sur la majorité de la journée. Les conditions de la journée du 25 novembre s'étaient dégradées, avec une pluie continue rendant la visibilité moindre. Les journées étant réduite par un ensoleillement plus court en hiver, le bateau est équipé de feux de tête de mat. Plusieurs plongées ont été réalisées au moyen de phares en raison de la luminosité réduite.



Figure 3 : Conditions météorologiques lors de la campagne d'étude

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, décimètres, plaquette immergeable, etc.) ;
- ✓ Matériel photo et vidéo (SONY RX 100 II, SONY RX 100 V et Gopro Hero 4) ;

Au préalable, une notification d'intervention a été adressée à la préfecture maritime de Marseille et la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM).

La réglementation en vigueur relative à l'activité de la plongée sous-marine a été respectée, notamment la mise en œuvre du pavillon Alpha. Les plongées se sont déroulées en scaphandre autonomes à circuit ouvert, relativement à la protection des travailleurs intervenant en milieu hyperbare (décret n°2011-45 du 11 janvier 2011 et de l'arrêté du 14 mai 2019).

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

3.1.1 RECONNAISSANCE DES FONDS SUR LE TRACÉ DU CÂBLE

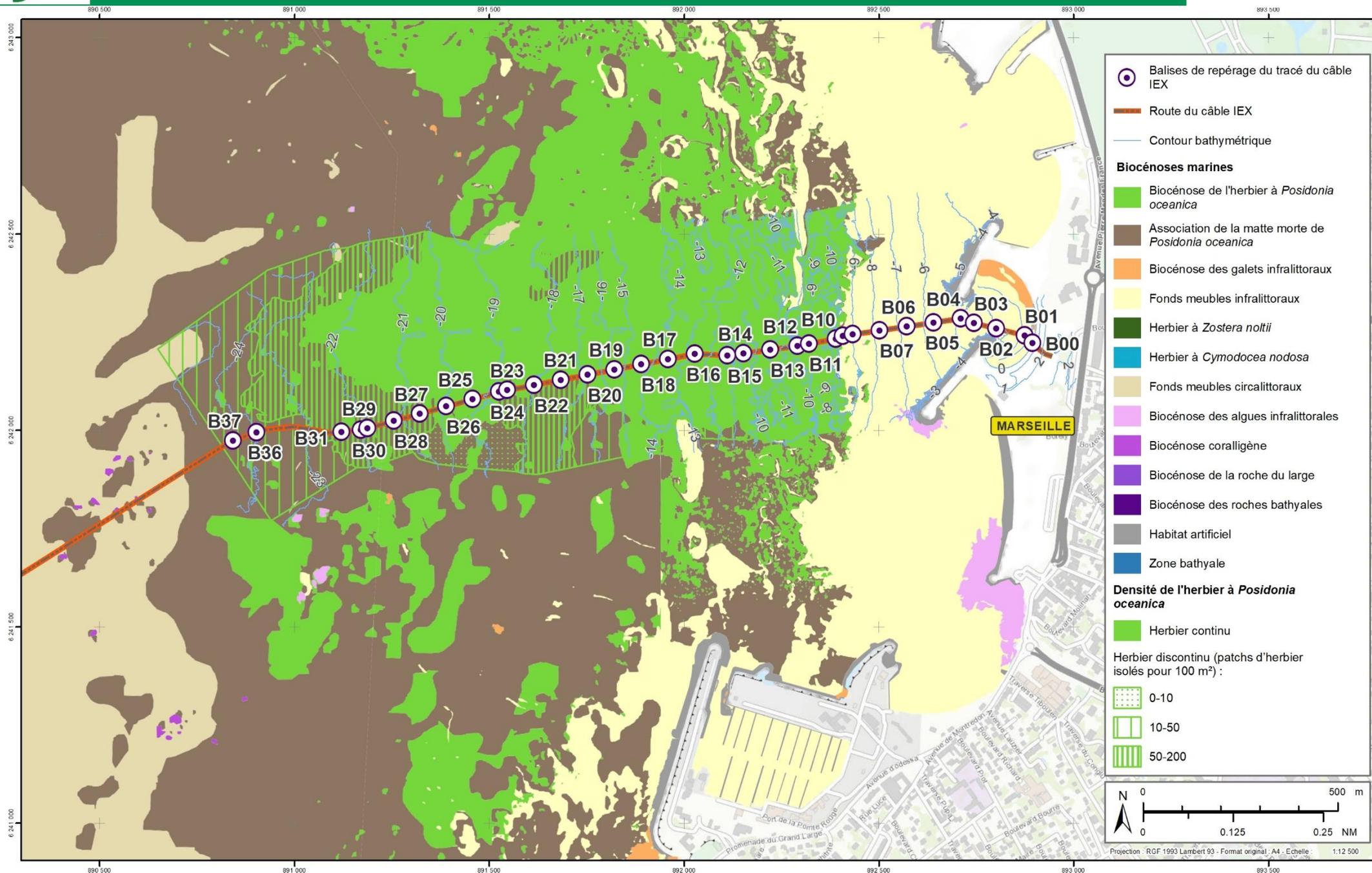
La campagne d'étude des biocénoses marines a consisté à réaliser des reconnaissances marines le long du tracé du câble sous-marin IEX dans la zone 0- 27,4 mètres en plongée sous-marine, à caractériser l'herbier de posidonies se trouvant sur la route du câble, à identifier les zones coralligènes, et à étudier la qualité des sédiments côtiers où des travaux d'ensouillage seront nécessaires.

3.1.1.1 Le marquage du tracé du câble

Un marquage du tracé du câble a été réalisé au préalable à l'ensemble des investigations et expertises sous-marines, où trente-quatre (34) balises ont été disposées, espacées de 70 mètres, délimitant trente-deux (32) transects. Les balises ont été signalées par des parachutes de plongée afin de leur donner de la visibilité pour la navigation maritime dans la baie du Prado.

Ces balises ont permis de couvrir l'ensemble du tracé du câble dans l'herbier de posidonies au droit de la plage de Bonneveine. La position des balises a été déterminée le plus précisément possible à partir de la survey écologique inshore de SUBCOM et des biocénoses marines disponible (Medtrix).

Planche 3 : Balises de repérage le long du tracé du câble (de la balise B37 à B0)



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



Figure 4 : Installation des balises le long du tracé du câble

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

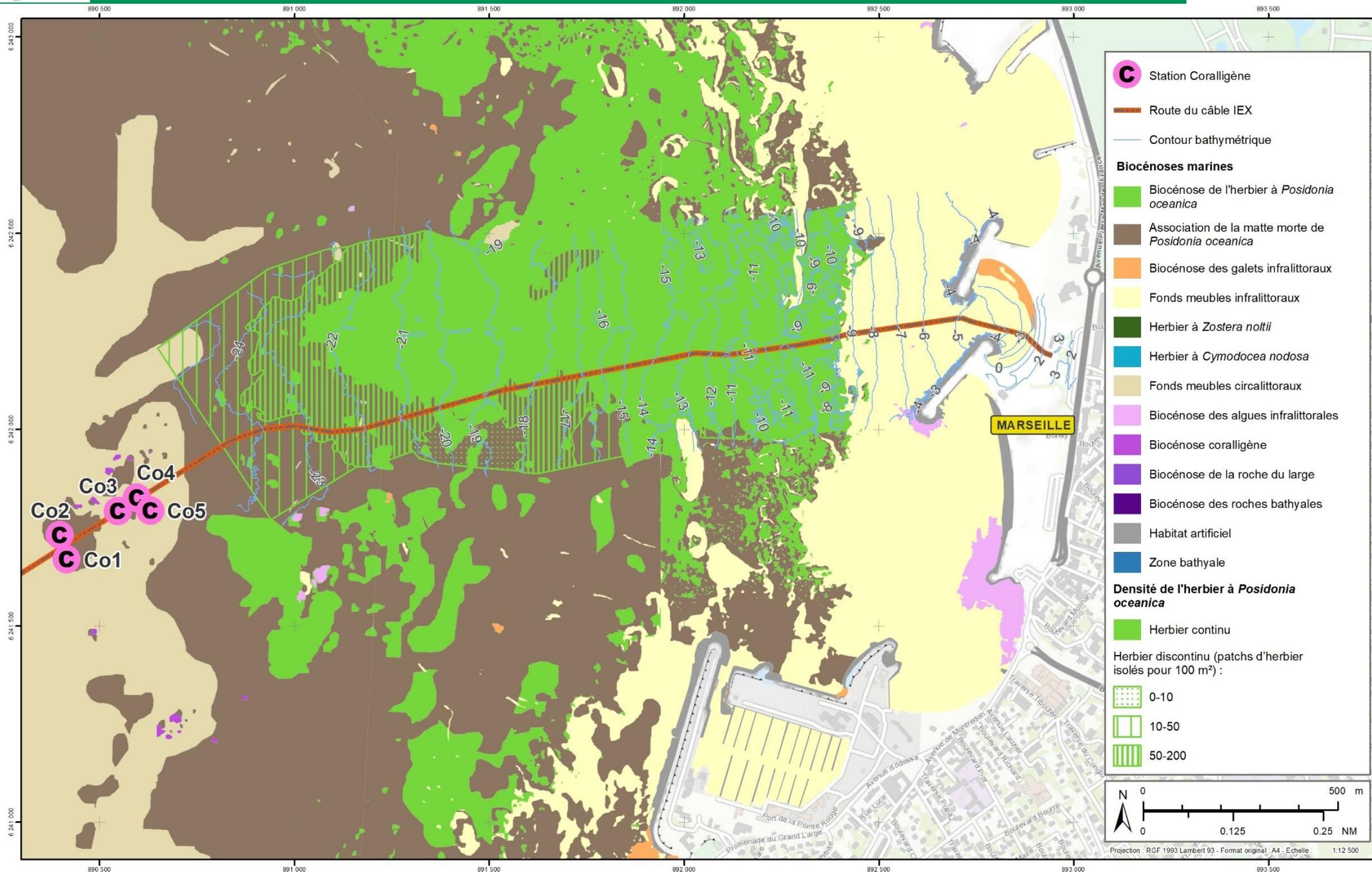


Figure 5 : Filin lesté sur le fond marquant le tracé du câble sous-marin

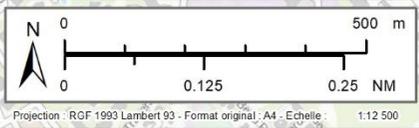
Les coordonnées des balises installées sont présentées dans le tableau ci-après.

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

Balise	Profondeur (m)	Coordonnées (en WGS 84)	
		Latitude	Longitude
B0	0 m	43° 15'11.11"N	5° 22'27.24"E
B1	3 m	43° 15'11.75"N	5° 22'26.36"E
B2	4 m	43° 15'12.40"N	5° 22'23.16"E
B3	4 m	43° 15'12.91"N	5° 22'20.66"E
B4	5 m	43° 15'13.31"N	5° 22'19.14"E
B5	5 m	43° 15'13.05"N	5° 22'16.06"E
B6	6 m	43° 15'12.79"N	5° 22'12.98"E



- C** Station Coralligène
- Route du câble IEX
- Contour bathymétrique
- Biocénoses marines**
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*
- Association de la matre morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose des galets infralittoraux
- Fonds meubles infralittoraux
- Herbier à *Zostera noltii*
- Herbier à *Cymodocea nodosa*
- Fonds meubles circalittoraux
- Biocénose des algues infralittorales
- Biocénose coralligène
- Biocénose de la roche du large
- Biocénose des roches bathyales
- Habitat artificiel
- Zone bathyale
- Densité de l'herbier à *Posidonia oceanica***
- Herbier continu
- Herbier discontinu (patches d'herbier isolés pour 100 m²) :
- 0-10
- 10-50
- 50-200



Préparation et réalisation : Alexandre CERRUTI, ©setec in vivo - Date : décembre 2021 - Ref. : SUBCOM_PERMIS_MARSEILLES - Sources : ESRI, SHOM, MEDTRIX DONA

B7	7 m	43° 15'12.54"N	5° 22'9.90"E
B8	9 m	43° 15'12.28"N	5° 22'6.81"E
B9	9 m	43° 15'12.18"N	5° 22'5.70"E
B10	10 m	43° 15'11.94"N	5° 22'4.88"E
B11	11 m	43° 15'11.61"N	5° 22'1.82"E
B12	11 m	43° 15'11.46"N	5° 22'0.50"E
B13	11 m	43° 15'11.22"N	5° 21'57.41"E
B14	12 m	43° 15'10.99"N	5° 21'54.33"E
B15	12 m	43° 15'10.85"N	5° 21'52.51"E
B16	13 m	43° 15'11.06"N	5° 21'48.82"E
B17	14 m	43° 15'10.70"N	5° 21'45.75"E
B18	15 m	43° 15'10.34"N	5° 21'42.69"E
B19	16 m	43° 15'9.98"N	5° 21'39.62"E
B20	17 m	43° 15'9.62"N	5° 21'36.56"E
B21	18 m	43° 15'9.26"N	5° 21'33.50"E
B22	18 m	43° 15'8.90"N	5° 21'30.43"E
B23	19 m	43° 15'8.54"N	5° 21'27.37"E
B24	19 m	43° 15'8.42"N	5° 21'26.39"E
B25	19 m	43° 15'7.89"N	5° 21'23.38"E
B26	20 m	43° 15'7.35"N	5° 21'20.36"E
B27	21 m	43° 15'6.82"N	5° 21'17.35"E
B28	21 m	43° 15'6.28"N	5° 21'14.35"E
B29	22 m	43° 15'5.75"N	5° 21'11.34"E
B30	22 m	43° 15'5.62"N	5° 21'10.59"E
B31	23 m	43° 15'5.51"N	5° 21'8.37"E
B36	24 m	43° 15'5.69"N	5° 20'58.69"E
B37	25 m	43° 15'5.06"N	5° 20'56.01"E

3.1.1.2 Les reconnaissances sous-marines en plongée

Le long du tracé balisé

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 le tracé du câble marqué sur le fond.

Les plongeurs étaient également équipés du matériel nécessaire à la prise de note et d'un flotteur permettant au plongeur de signaler tout événement marquant sur le fond nécessitant d'être relevé par l'équipe de surface. Pour chaque relevé, l'heure et le numéro du point relevé ont été notés.

Trente-deux (32) vidéos ont réalisées entre les balises B37 et B0 par l'un des plongeurs pendant que le second prenait des notes sur les changements de faciès observés et de toutes autres observations (la présence éventuelle de grande nacre *Pinna nobilis*, d'obstructions, de tombant de matre, de câble, etc.), ainsi que des photographies.



Figure 6 : 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 deux (2) stations sur le tracé du câble.

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 degrés 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 du tracé du câble, 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 7 : Préparation du matériel et sur le bateau avant immersion du ROV

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

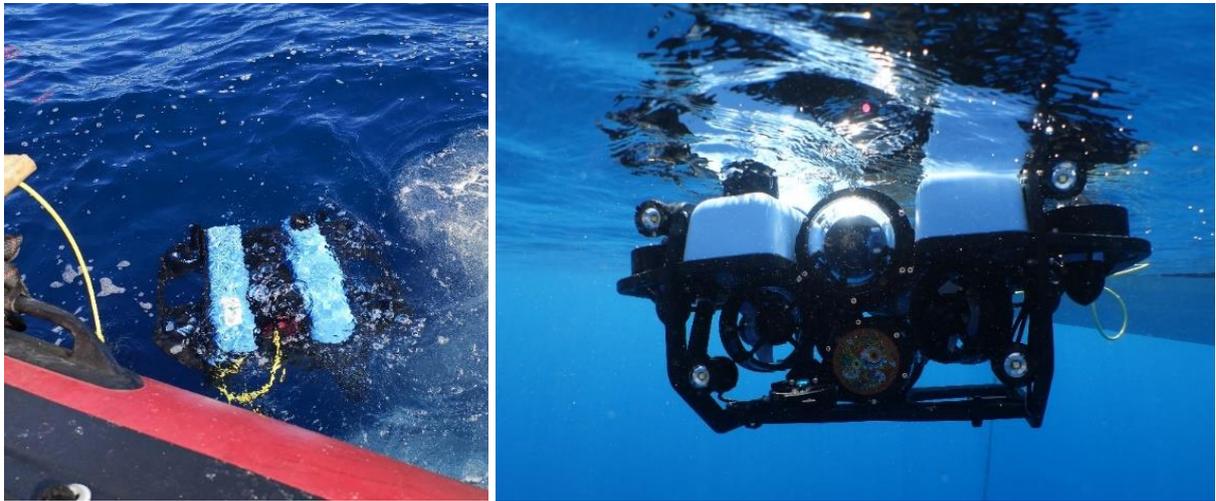


Figure 8 : Immersion du ROV à la station balisée par un parachute de plongée

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

Tableau 2 : Coordonnées des stations d'observation par le ROV pour le câble

Station	Profondeur (m)	Substrat	Coordonnées (en WGS 84) du point d'immersion du ROV	
			Latitude	Longitude
ROV1	50 m	Sablo-vaseux/détritique côtier	43° 14'12.58"N	5° 18'49.14"E
ROV2	62 m		43° 12'48.82"N	5° 17'42.92"E

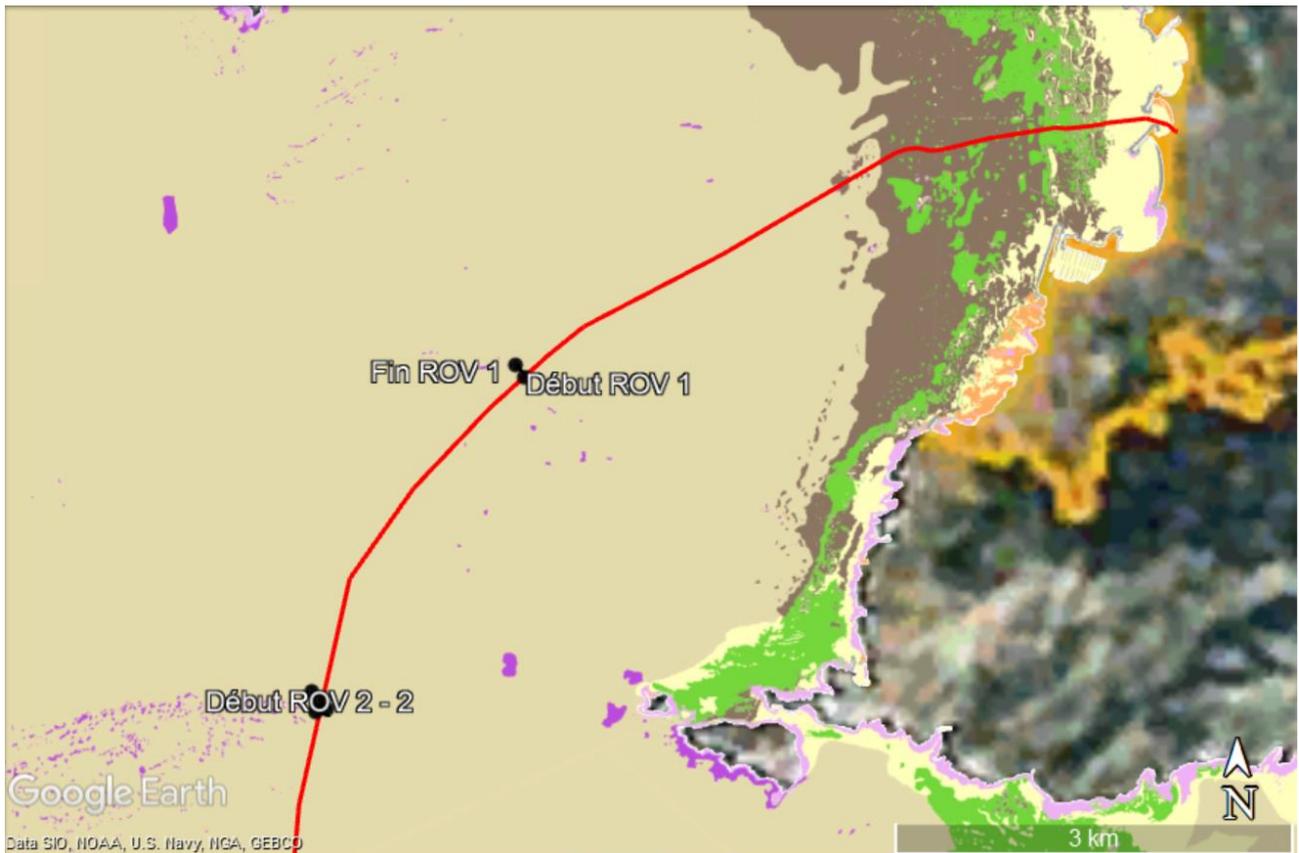


Figure 9 : Stations observées avec le ROV au niveau du tracé du câble

3.1.2 CARACTERISATION DE L'HERBIER DE POSIDONIES AU DROIT DE LA PLAGE DE BONNEVEINE

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

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

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

- ✓ La profondeur de la limite inférieure ;
- ✓ La granulométrie du sédiment, indicative de l'hydrodynamisme ;
- ✓ La présence et la structure de matre morte et les intermatres structurelles ;

- ✓ La typologie de la limite inférieure de l'herbier donnant une information sur la dynamique de l'herbier et son caractère évolutif, avec une observation visuelle et par photos/vidéos le long de la limite ;
- ✓ Des prises de vues photographiques, vidéos et identification des espèces associées à l'herbier.

Trois (3) stations ont été choisies pour évaluer l'état de vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* au droit de la plage de Bonneveine. Il s'agit des stations Herb001 en limite de l'herbier dense, Herb002 au centre de l'herbier, et Herb003 en limite supérieure.

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

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

3.1.2.1 La profondeur et type de limite inférieure

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.

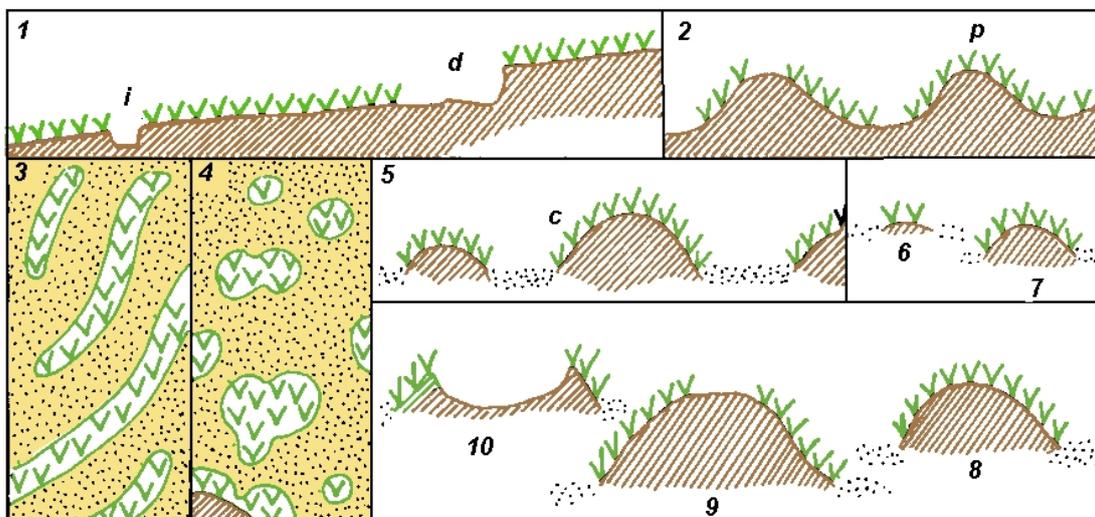


Figure 10 : Les différents types d'herbiers à *Posidonia oceanica*.

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 limite inférieure de l'herbier au droit de la plage de Bonneveine

L'étude de la limite inférieure de l'herbier a été réalisée à la balise B37, à 24,7m de fond.

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 3 : 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 (5) types de limites sont pris en compte, conformément au tableau suivant :

Tableau 4 : 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, matie 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.

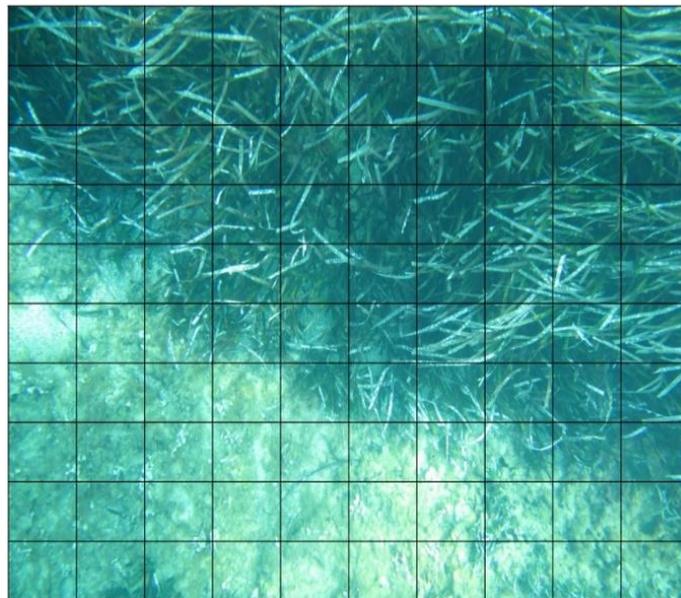


Figure 11 : Quadrillage apposé sur une photo pour calcul du taux de recouvrement

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

Tableau 5 : 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 quinze (15) densités par station. La moyenne des mesures est ensuite établie et ramenée à une densité par mètre carré.



Figure 12 : 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 6 : 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.

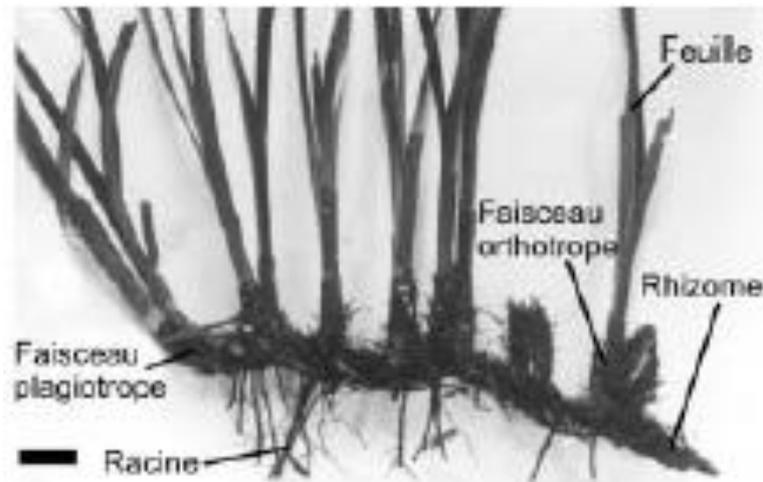


Figure 13 : Description des rhizomes de posidonies (Boudouresque et Meinesz, 1982 in Boudouresque et al., 2006)

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 7 : 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.

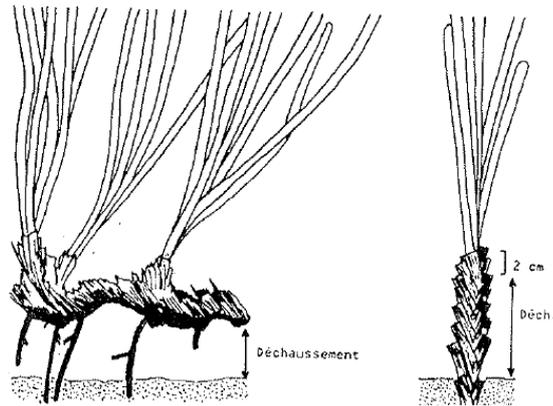


Figure 14 : Mesure du déchaussement de l'herbier de Posidonies (Boudouresque et al., 2006)

Cette valeur est mesurée par le plongeur à l'aide d'un réglelet 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 8 : 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

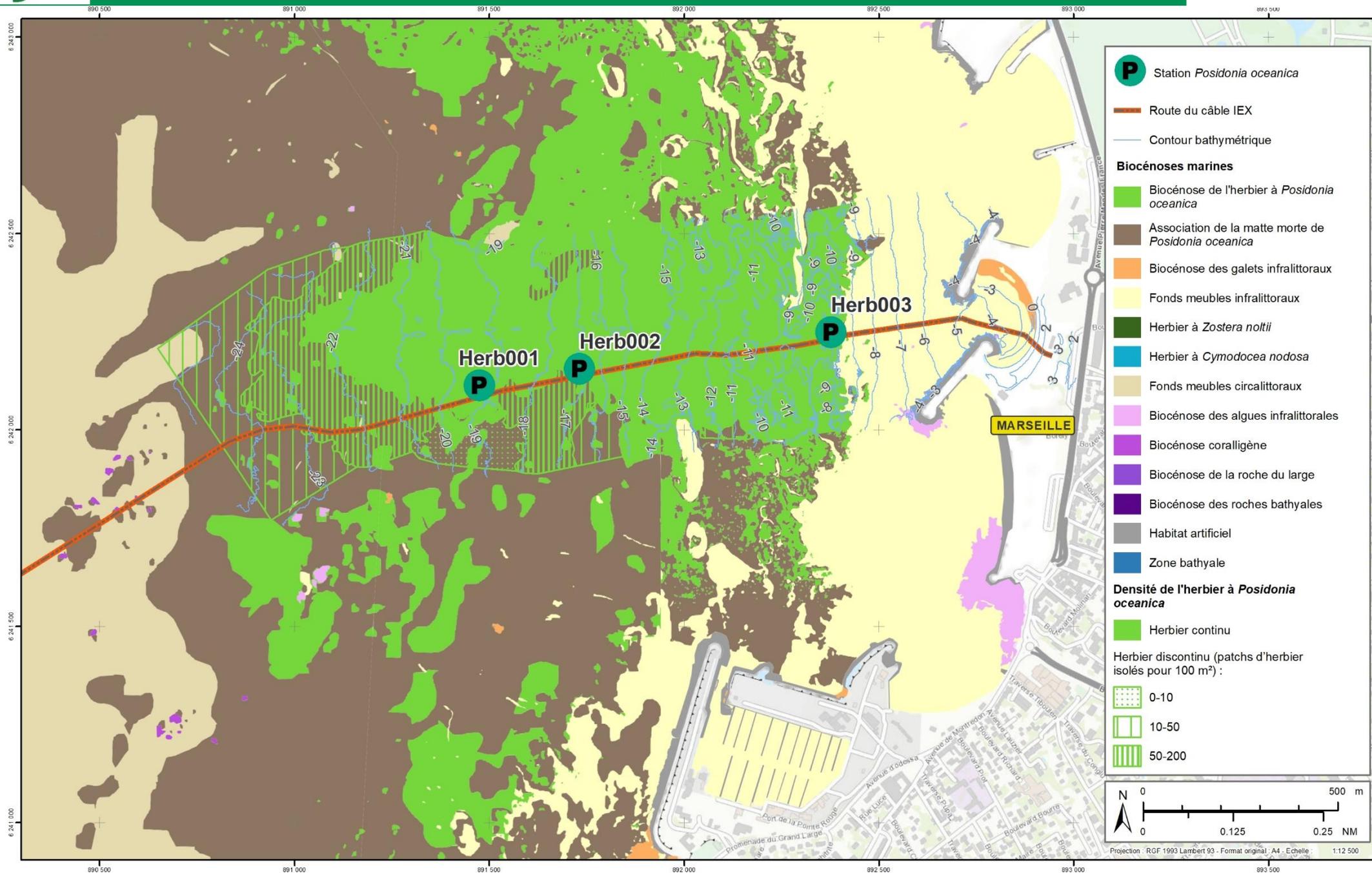
3.1.2.7 Stations définies pour la caractérisation de l'herbier à Posidonia oceanica

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

Tableau 9 : Coordonnées GPS des stations herbiers de Posidonies

Station	Profondeur (m)	Coordonnées (en WGS 84) des stations herbiers	
		Latitude	Longitude
Herb001	19,4	43° 15'8.38"N	5° 21'24.17"E
Herb002	17,3	43° 15'9.50"N	5° 21'35.60"E
Herb003 Limite supérieure	10,1	43° 15'11.90"N	5° 22'4.33"E

Planche 4 : Stations pour l'évaluation de l'état de vitalité de l'herbier de Posidonia oceanica





3.1.3 RECONNAISSANCE DES FONDS CORALLIGENES AU DROIT DE LA PLAGE DE BONNEVEINE

La biocénose du coralligène est décrite 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.

Trois (3) transects ont été effectués sur cinq (5) stations Coralligène (Co1, Co2, Co3, Co4, Co5) en plongée sous-marine. Les transects effectués ont été Co1-Co2 à 65 m de distance l'un de l'autre, perpendiculairement au câble ; Co3-Co4 à 61 m de distance, parallèlement au câble et à 5m de celui-ci, et enfin Co4-Co5 à 50 m de distance, et perpendiculaire au câble.

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

Tableau 10 : Coordonnées des points GPS des stations coralligènes

Station	Profondeur (m)	Coordonnées (en WGS 84) des stations à coralligène	
		Latitude	Longitude
Co1	27	43° 14'55.62"N	5° 20'36.67"E
Co2		43° 14'57.62"N	5° 20'35.94"E
Co3		43° 14'59.50"N	5° 20'42.65"E
Co4		43° 15'0.54"N	5° 20'44.85"E
Co5		43° 14'59.45"N	5° 20'46.34"E

Planche 5 : Stations des points coralligènes

3.1.4 ANALYSES SEDIMENTAIRES AU DROIT DE LA PLAGE DE BONNEVEINE

Des prélèvements sédimentaires ont été réalisés afin de caractériser la qualité des sédiments dans la zone d'ensouillage du câble, soit entre le bas de plage et à 470 m de distance. 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 (Al, As, Cu, Cr, Hg, Pb, Cd, Ni, Zn, Fe, P), PCB congénères réglementaires (7), 16 HAP (Hydrocarbures aromatiques polycycliques), Organo-étains (TBT, DBT, MBT)
- Les nutriments : Azote de Kjeldahl (NTK), Phosphore total (Pt)
- Les bactéries : entérocoques et *Escherichia coli*.

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 ».

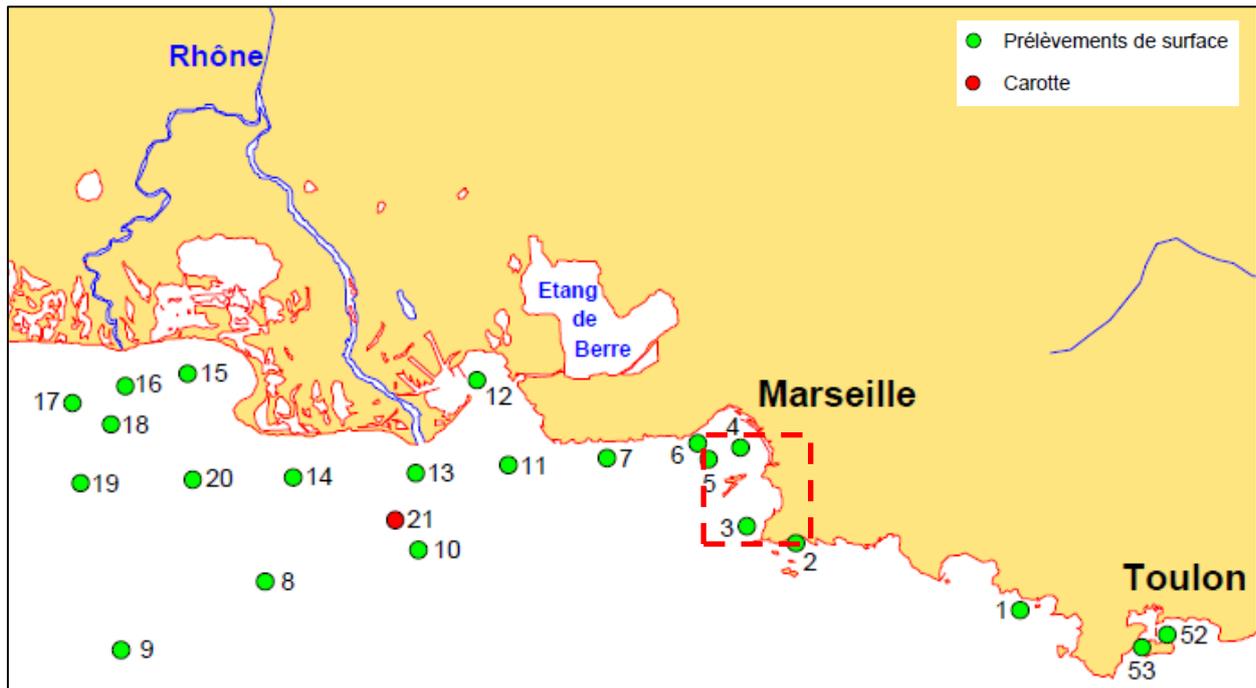


Figure 15 : Carte présentant la station de référence du réseau RNO à proximité de la zone d'étude (RNO, 1998)

- **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 11 : 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 12 : 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

Les prélèvements de sédiments ont été réalisés au niveau de quatre (4) stations, située entre le bas de plage et la limite supérieure de l'herbier de Posidonie, le long du tracé du câble. Il s'agit des stations MRS-DS001, MRS-DS002, MRS-DS003 et MRS-DS004. Trois prélèvements ont été réalisés sur chaque station afin de constituer un échantillon moyen.



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

Tableau 13 : 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
MRS-DS001	3,0	3 prélèvements autour de 43° 15'11.76"N	3 prélèvements autour de 5° 22'26.34"E
MRS-DS002	4,5	3 prélèvements autour de 43° 15'13.32"N	3 prélèvements autour de 5° 22'19.14"E
MRS-DS003	5,8	3 prélèvements autour de 43° 15'12.64"N	3 prélèvements autour de 5° 22'16.24"E
MRS-DS004	9,1	3 prélèvements autour de 43° 15'12.22"N	3 prélèvements autour de 5° 22'6.22"E

Planche 6 : 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 DU CÂBLE

3.2.1.1 Observations en plongée

Les observations réalisées en plongées sont présentées depuis le point d'immersion des plongeurs au niveau de la balise B37 (côté large sur 24,7 m de fond) vers la balise B0 (à l'isobathe 0 m sur la plage de Bonneveine). Aucun individu vivant de l'espèce patrimoniale « *Pinna nobilis* » (grande nacre) n'a été observé le long du tracé du filin, sur un couloir de 5 mètres de part et d'autre du filin. Chaque transect a fin l'objet d'une caractérisation des fonds et de la biocénose associée. Les observations sont synthétisées dans le tableau ci-dessous, puis détaillés dans les parties suivantes.

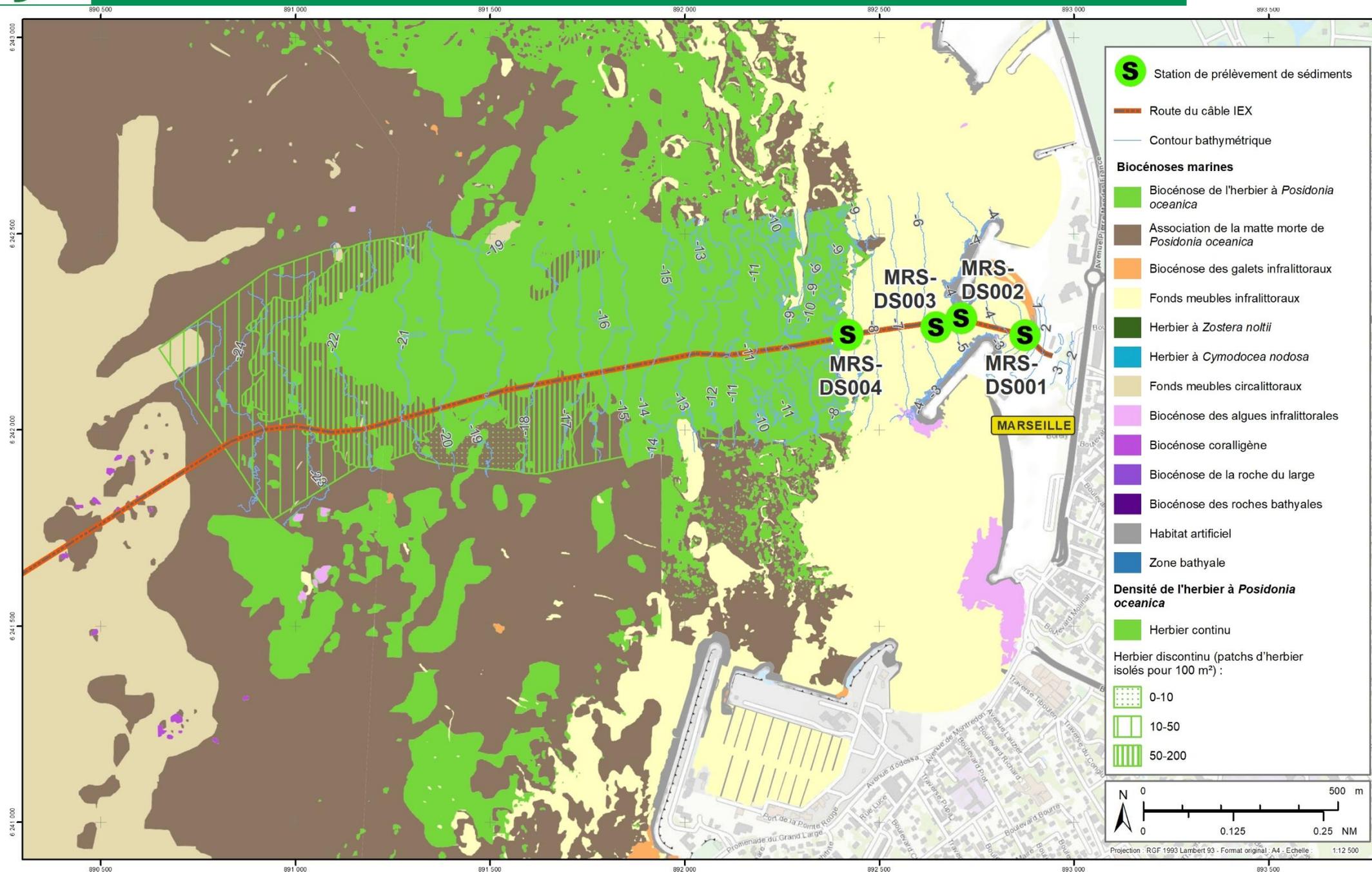


Tableau 14 : Synthèse des observations pour chaque transect parcouru en plongée sous-marine

Balise	Profondeur	Nature du fond
B0	0 m	Sable grossier
B1	3,0 m	Sable fin
B2	4,2 m	Sable fin - enrochements
B3	4,2 m	Sable fin - ancre fusible
B4	4,7 m	Sable fin
B5	5,4 m	Sable fin
B6	6,5 m	Sable fin
B7	7,5 m	Sable fin
B8	8,9 m	Sable fin
B9	9,3 m	Sablo-vaseux - ilots d'herbiers
B10	9,9 m	Sablo-vaseux
B11	11,0 m	Herbier dense - tombant de matte
B12	11,0 m	Matte
B13	10,6 m	Herbier dense
B14	12,2 m	Sable - Tombant de matte- Herbier dense - câble
B15	11,8 m	Herbier dense - Tombant de matte - 1 nacre morte
B16	12,9 m	Herbier dense - Tombant de matte
B17	13,9 m	Herbier dense- Tombant de matte
B18	14,6 m	Herbier dense
B19	15,9 m	Herbier dense - câble
B20	17,0 m	Limite inférieure de l'herbier dense
B21	17,8 m	Ilots d'herbier
B22	18,1 m	Ilots d'herbier - câble
B23	18,8 m	Ilots d'herbier
B24	18,9 m	Ilots d'herbier
B25	19,5 m	Herbier
B26	20,0 m	Matte- ilots d'herbier
B27	20,9 m	Matte- ilots d'herbier - câble
B28	21,5 m	Matte- ilots d'herbier
B29	22,1 m	Matte - câble
B30	22,3 m	Matte - câble
B31	22,8 m	Matte -îlots posidonie
B36	24,3 m	Matte
B37	24,7 m	Matte- îlots posidonie

De la balise B37 (24,7 m) à la balise B36 (24,3 m) :

Le fond est constitué de sable détritique côtier sur de la matte morte de Posidonie. Trois (3) taches d'herbiers de Posidonie d'une superficie inférieure à 1 m² ont été observées. La limite inférieure de l'herbier est déterminée au niveau de la balise B37 à 24,7 m de fond.



Figure 16 : Substrat constitué de matte morte et de sable coquillier entre les balises B37-B36

A 335 m de distance de la balise B37 en direction du large, un câble se trouve sur le tracé du filin.



Figure 17 : Câble le long du tracé du filin au large de la balise B37

De la balise B31 (22,8 m) à la balise B28 (21,5 m) :

La balise B31 a été positionnée au niveau d'une zone de matte morte, sur un fond de substrat infralittoral, à 22 mètres de fond. Les fonds sont principalement constitués de matte morte et de sables grossiers et coquillers.

Le long du tracé jusqu'à la balise B28, le câble longe plusieurs taches et îlots d'herbiers clairsemés (50 à 200 taches d'herbiers/100m²) de superficies restreintes (de l'ordre d'un à quelques mètres carrés).

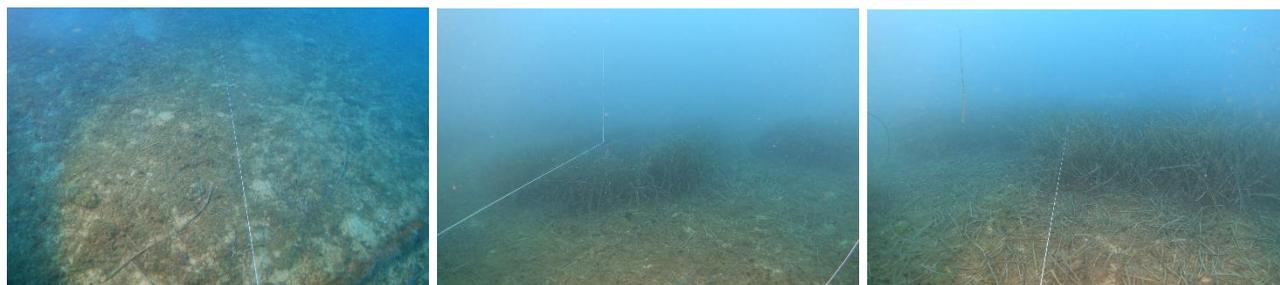


Figure 18 : Matte morte ensablée (à gauche) et passage du filin sur une tache d'herbier isolé (au centre et à droite)

Plusieurs espèces ont été observées telles que l'holothurie *Holothuria sp*, le corail *Cladocora caespitosa*, l'éponge encroutante *Crambe crambe* et l'algue verte *Codium bursa* et *Flabellia petiolata*. Les éponges et les algues vertes se trouvent sur des blocs rocheux.

Une ancre et des débris rocheux, inférieurs à 50 cm de longueur, ont été relevés au sud du tracé.

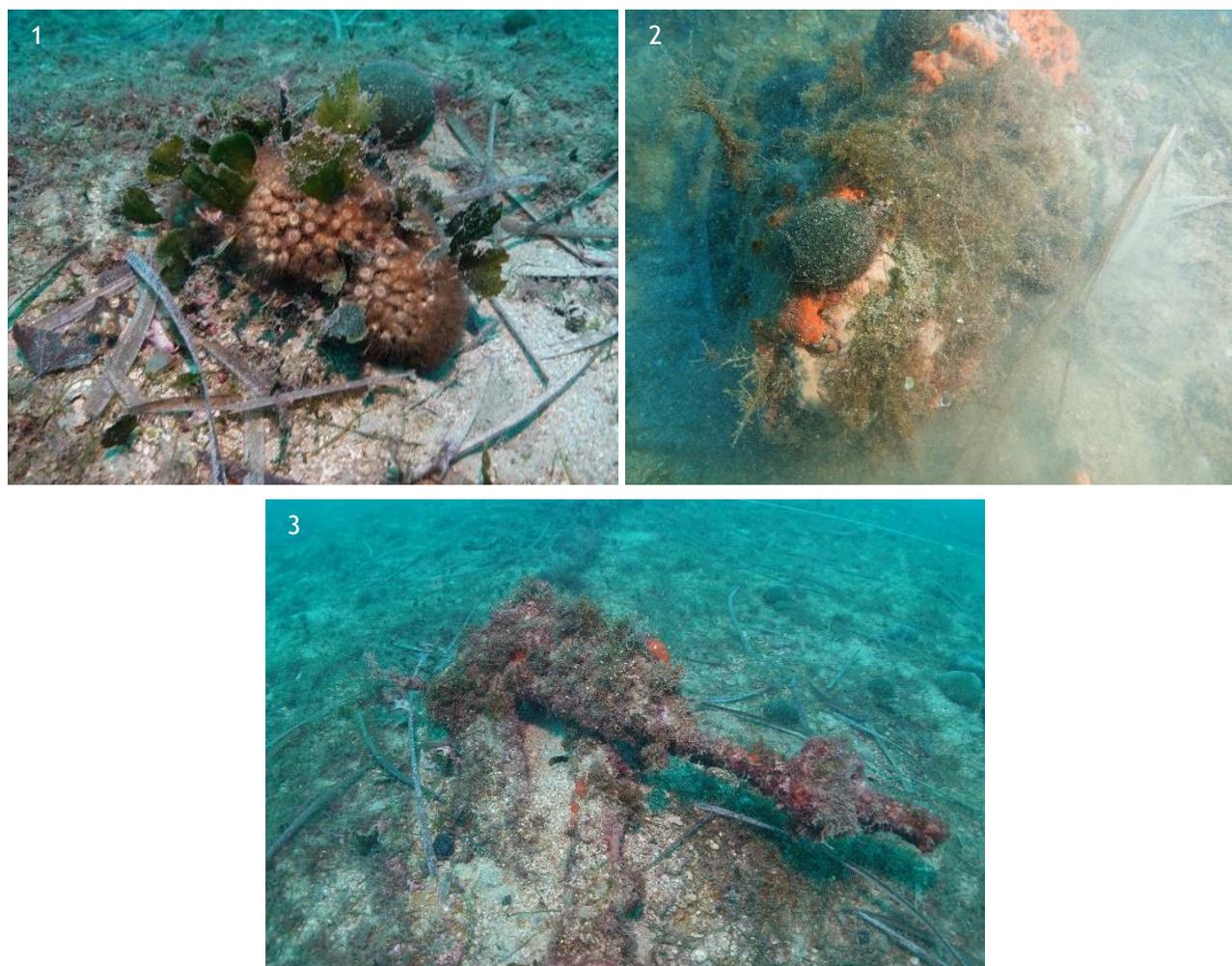


Figure 19 : 1. *Cladocora caespitosa*, *Flabellia petiolata*, *Codium bursa* ; 2. Bloc rocheux colonisé par *Crambe crambe* et *Codium bursa* ; 3. Ancre concrétionnée accroché avec un câble

Le tracé croise deux (2) câbles en mauvais état, illustrés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 15: Synthèse des observations de câble le long du tracé du câble IEX entre les balises B31 à B28

Balises	Observations	Profondeur (m)	Illustrations
B30 - B29	1 câble	22,3 - 22,1	
B29- B28	1 câble	22,1 - 21,5	

De la balise B28 (22,1 m) à la balise B19 (15,9 m) :

L'herbier de Posidonies se présente également sous forme d'herbier discontinu (50 à 200 taches d'herbiers/100m²). On retrouve une forte densité des espèces de *Flabellia petiolata* et *Codium bursa* sur des fonds de sable grossier et coquiller.

Plusieurs câbles croisent le tracé du filin. Une ancre à proximité du tracé a également été observée. Les observations sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16: Synthèse des observations le long du tracé du câble IEX entre la balise B28 à B19

Balises	Observations	Profondeur (m)	Illustrations
B27- B26	2 câbles	20,9 - 20,0	
B26- B25	1 ancre (à 2 m de distance au sud du câble)	20-19,5	
B22- B21	2 câbles	18,1 - 17,8	

De la balise B19 (15,9 m) à la balise B11 (11,0 m) :

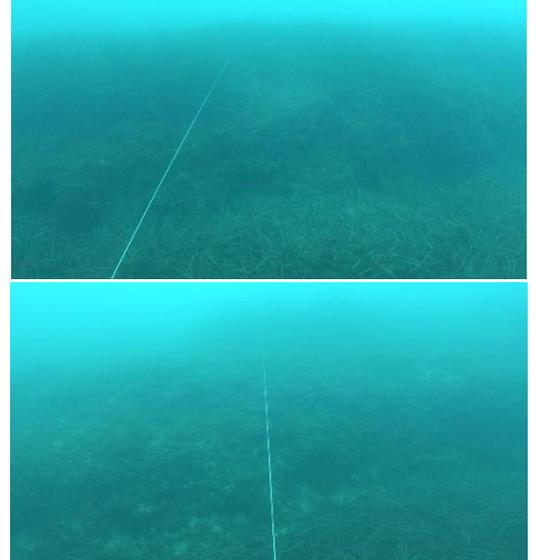
L'herbier se définit comme un herbier de plaine, dense et continu.



Figure 20 : Herbier de Posidonies au niveau du tracé (transect B18 - B17 à gauche et transect B16-B15 à droite)

Des anfractuosités dans la matte morte sont présents en alternance dans l'herbier (de 1m50 à 40 cm), entre les isobathes 13,9 et 10,6 m. Ces tombants de matte sont recensés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 17 : Synthèse des observations des tombants de matre croisés le long du tracé du câble IEX

Balises	Observations	Profondeur (m)	Illustrations
B17	1 tombant de matre d'une hauteur de 150 cm, sur une longueur entre 8 et 10 m, à 1 m au nord du tracé	13,9	
B15	1 tombant de matre d'une hauteur de 90 cm, sur une distance de 10 m de long, au sud du tracé	11,8	
B15- B14	1 tombant d'une hauteur de 100 cm 1 tombant d'une hauteur de 60 cm	12,2 - 11,8	
B14- B13	1 tombant de matre d'une hauteur de 70 cm 1 deuxième tombant d'une hauteur de 40 cm	12,0 - 10,6	

Une (1) grande nacre (*Pinna nobilis*) morte a été recensée entre les balises B15 et B14, à 12,1 m de fond.



Figure 21 : Observations d'une grande nacre morte entre les transects B15-B14

Cinq (5) câbles croisent le tracé du câble IEX entre les balises B19 et B11, ils sont décrits dans le tableau ci-dessous :

Tableau 18: Synthèse des observations de câbles le long du tracé du câble IEX entre la balise B19 à B11

Balises	Observations	Profondeur (en m)	Illustrations
B19- B18	1 câble	15,9-14,6	
B15- B14	1 câble	12,2-11,8	
B14- B13	3 câbles	12,0-10,6	  

De la balise B11 (11,0 m) à la balise B0 (0 m : estran) :

Un tombant de matre d'une hauteur de 80 cm se situe au niveau du tracé du câble, entre la balise B11 et B10, entre 11,0 et 9,9m de fond.



Figure 22 : Tombant de matre d'une hauteur de 80 cm entre la balise B11 et B10

Ce transect croise la limite supérieure de l'herbier de Posidonies à 10,0 m de fond. On distingue l'alternance entre la limite franche de l'herbier de Posidonie et le fonds sablo-vaseux.



Figure 23 : Limite supérieure de l'herbier de Posidonies (transect B11-B10 à gauche) et substrat de type sablo-vaseux (transect B10-B9 à droite)

Une obstruction se trouve sur le tracé du câble à 4,2 m de fond. Elle est utilisée pour les ZRUB (Zone Réservée à l'Usage de la Baignade).



Figure 24 : Obstruction à proximité du tracé (transect B3-B2, à droite)

Plusieurs blocs rocheux (supérieure à 20 blocs, d'une largeur d'environ 150 cm et d'une hauteur de 100 cm) ainsi qu'une dalle rocheuse ont été observés entre 3,5 et 3,0 m de fond.



Figure 25 : Blocs rocheux observés le long du tracé du câble

A partir de 2,5 m de fond, le substrat est constitué de sable grossier.

L'ensemble des observations, à savoir les obstructions, les tombants de matie, les enrochements, la localisation de la nacre morte, et des câbles sous-marin observés en plongée sur le tracé du câble IEX sont représentées sur la Planche 7.

Planche 7 : Synthèse des obstructions et des observations recensées en plongée sous-marine le long du tracé du câble IEX

Les épaves se situant à proximité du câble ont été représentées sur la Planche 8.

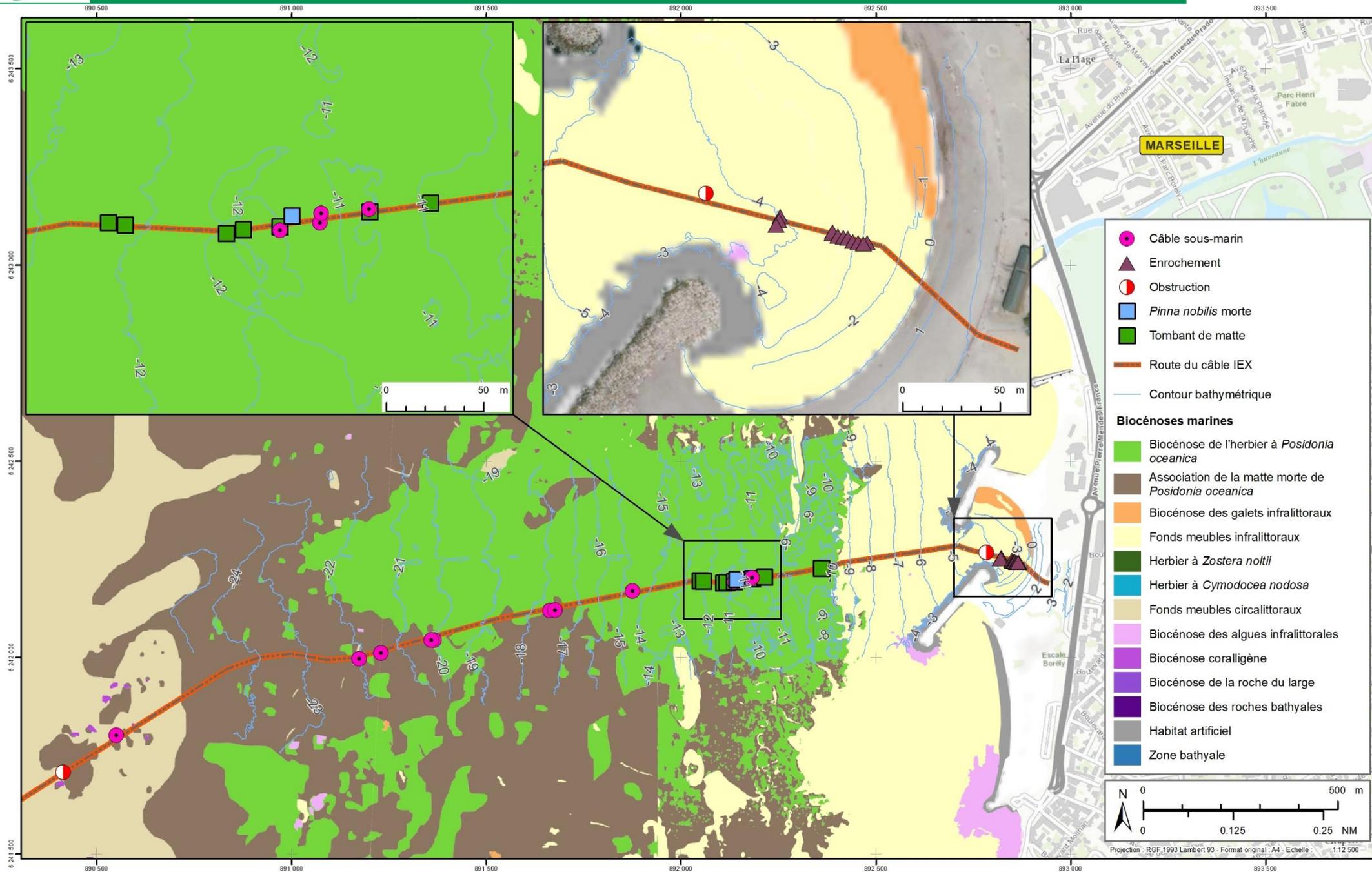


Planche 8 : Epaves se trouvant à proximité du tracé du câble IEX

3.2.1.2 Observations au moyen du véhicule sous-marin téléguidé (ROV)

La prospection du tracé du câble 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 deux (2) stations d'études, sélectionnées à partir de la cartographie disponible des biocénoses benthiques (Medtrix), se référant à la biocénose du 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 du tracé passant à proximité.

Ces deux (2) stations investiguées au ROV (stations ROV1 et ROV2) se rattachent la même biocénose marine identifiée, celle des fonds meubles circalittoraux qui peuvent se décliner en biocénoses du détritique côtier (DC). Les fonds présentent des sédiments sablo-vaseux en fractions variables.

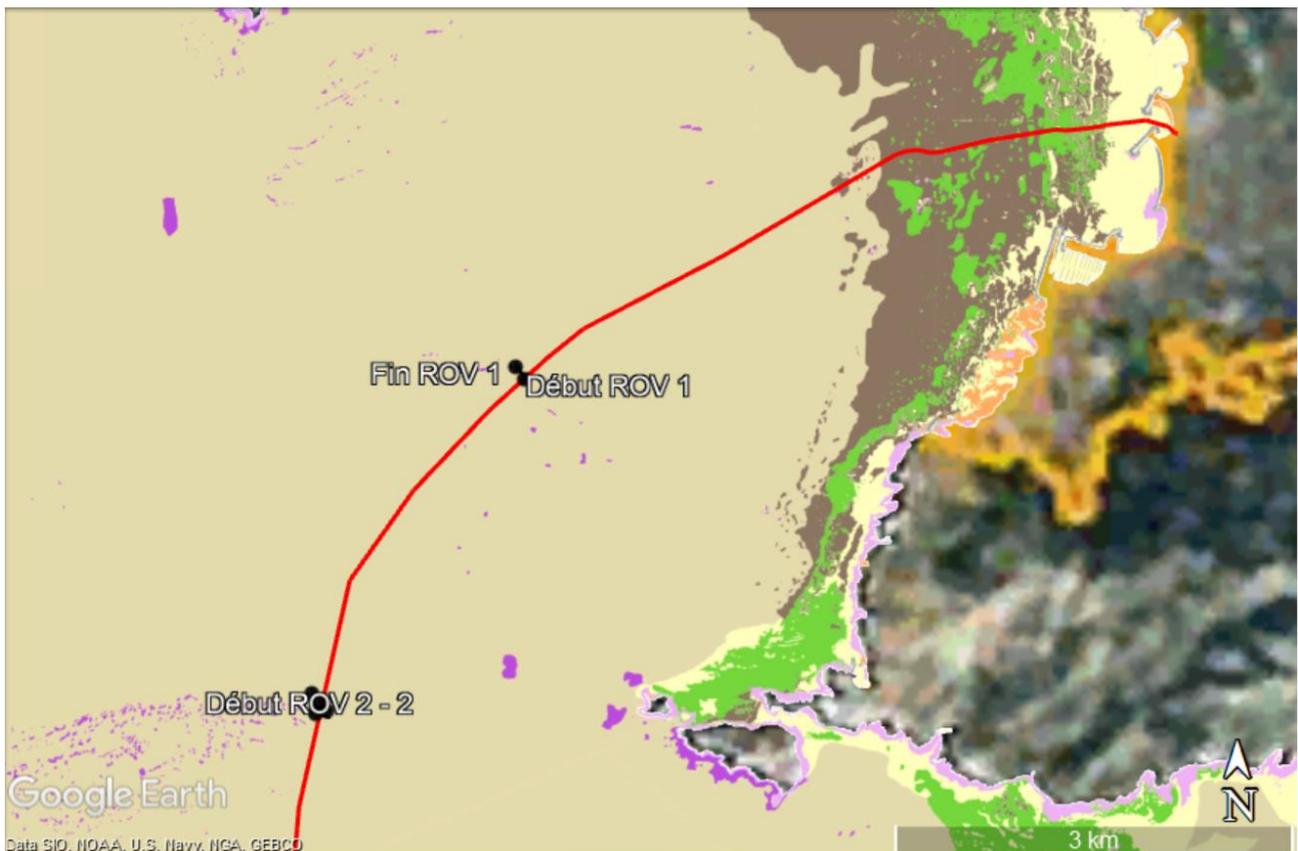
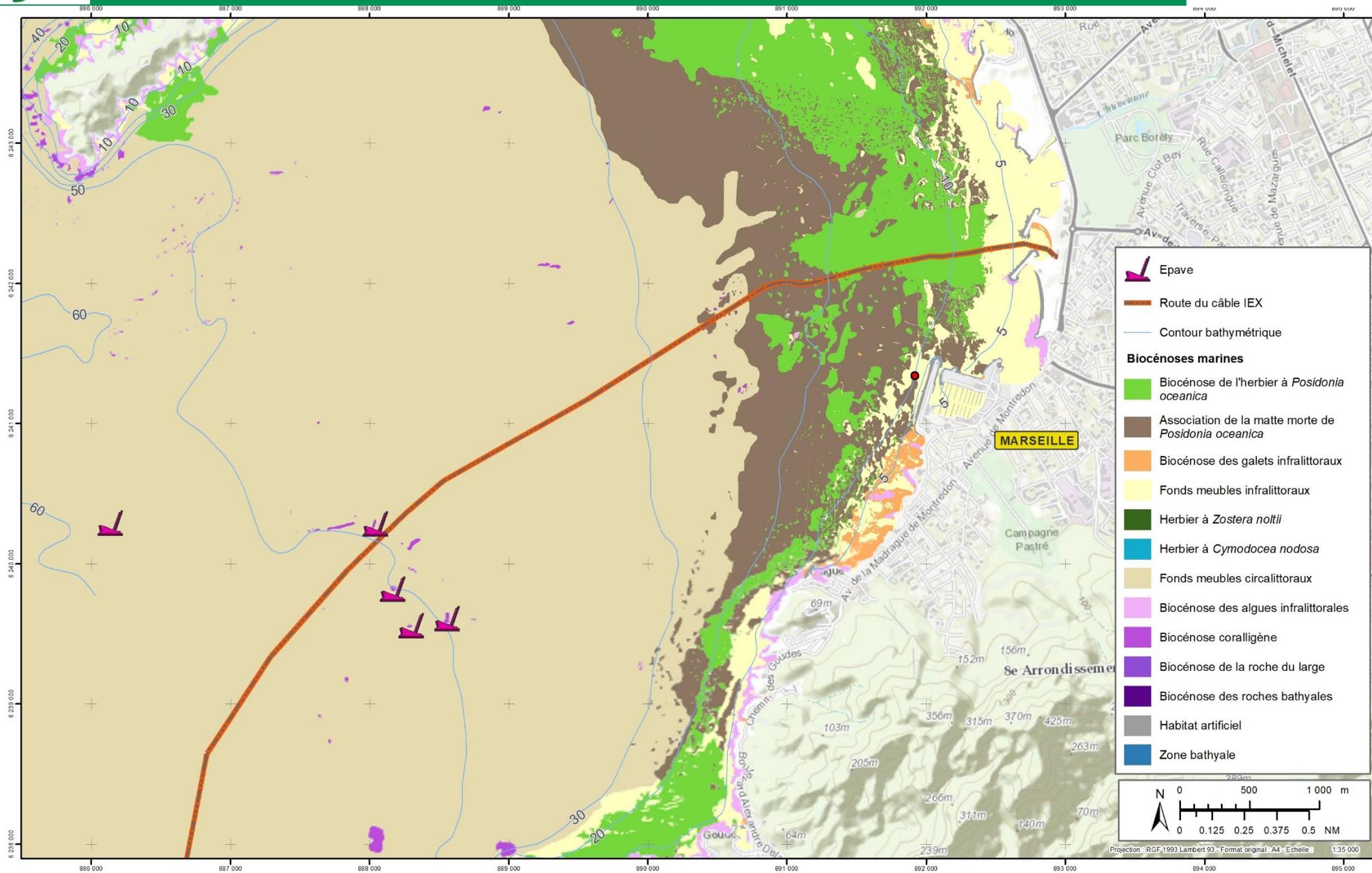
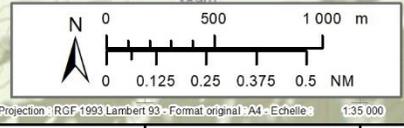


Figure 26 : Stations observées avec le ROV au niveau du tracé du câble

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



- Epave
- Route du câble IEX
- Contour bathymétrique
- Biocénoses marines**
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*
- Association de la matie morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose des galets infralittoraux
- Fonds meubles infralittoraux
- Herbier à *Zostera noltii*
- Herbier à *Cymodocea nodosa*
- Fonds meubles circalittoraux
- Biocénose des algues infralittorales
- Biocénose coralligène
- Biocénose de la roche du large
- Biocénose des roches bathyales
- Habitat artificiel
- Zone bathyale



Préparation et réalisation: Alexandre CERRUTTI | setec in vivo - Date: décembre 2021 - Ref.: SUBCOM_PERWIS_MARSEILLE09 - Sources: ESRU, SHOM, MEDTRX, DONA

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 la route du câble. Un deuxième transect de 260 m quasiment perpendiculaire au câble a été effectué en direction du nord nord-ouest également.

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

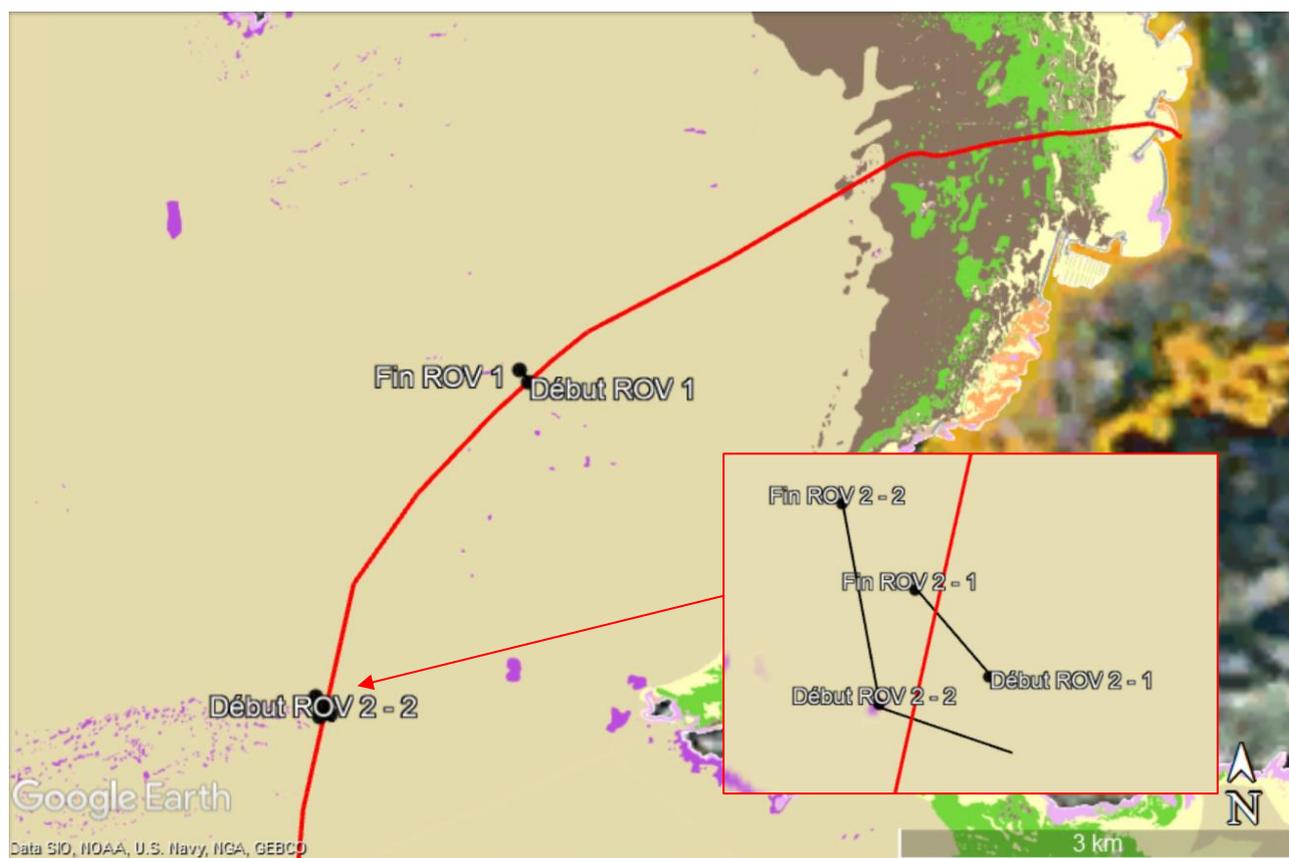


Figure 27 : Transect effectué au niveau de la station 2

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*.

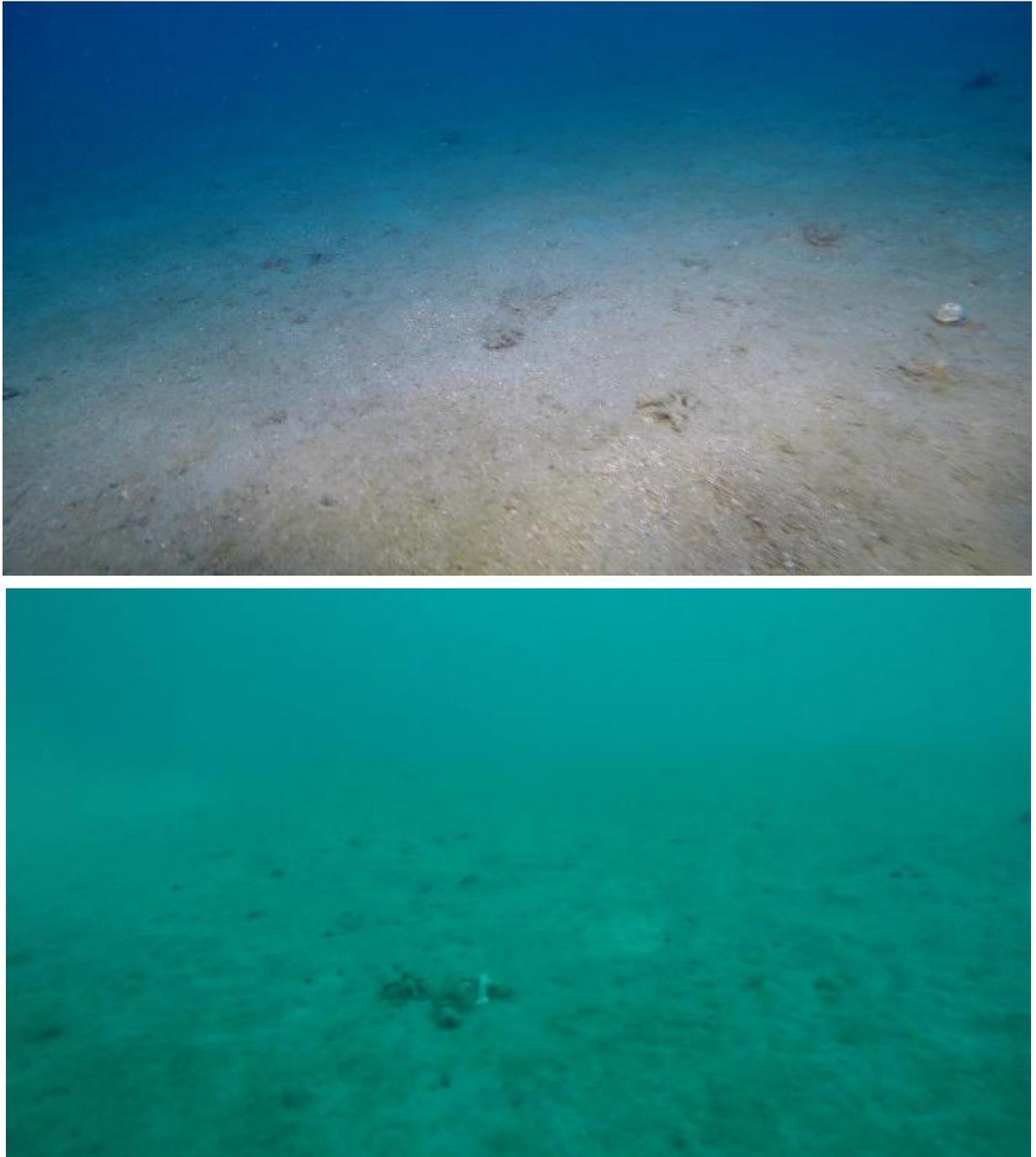


Figure 28 : Fonds observés au niveau du transect du ROV 2 - 63,8 m

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 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. Le ROV croise l'épave du Miquelon. L'épave, de 6,5 mètres de haut et d'environ 49 mètres de long, repose sur 52 m de fond, à environ 97 m au nord-ouest du câble.

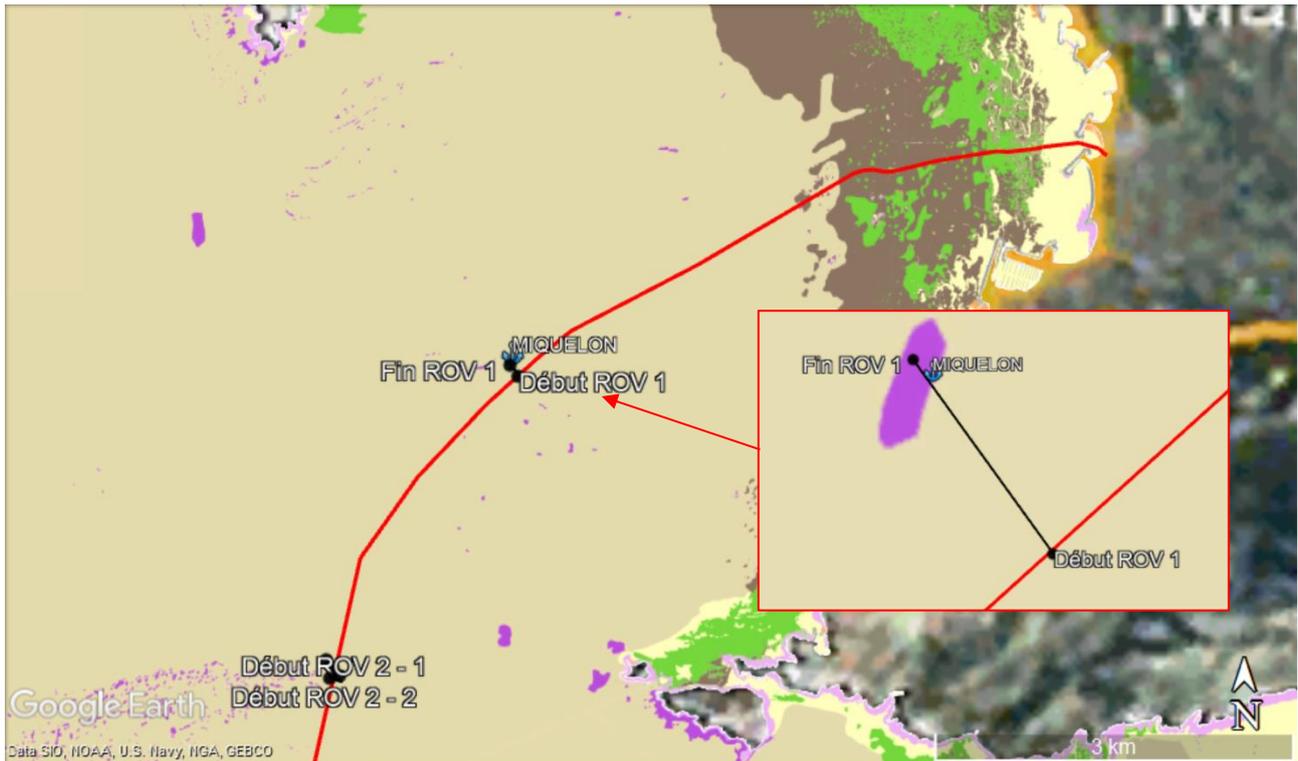


Figure 29 : Transect effectué au niveau de la station 2

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.

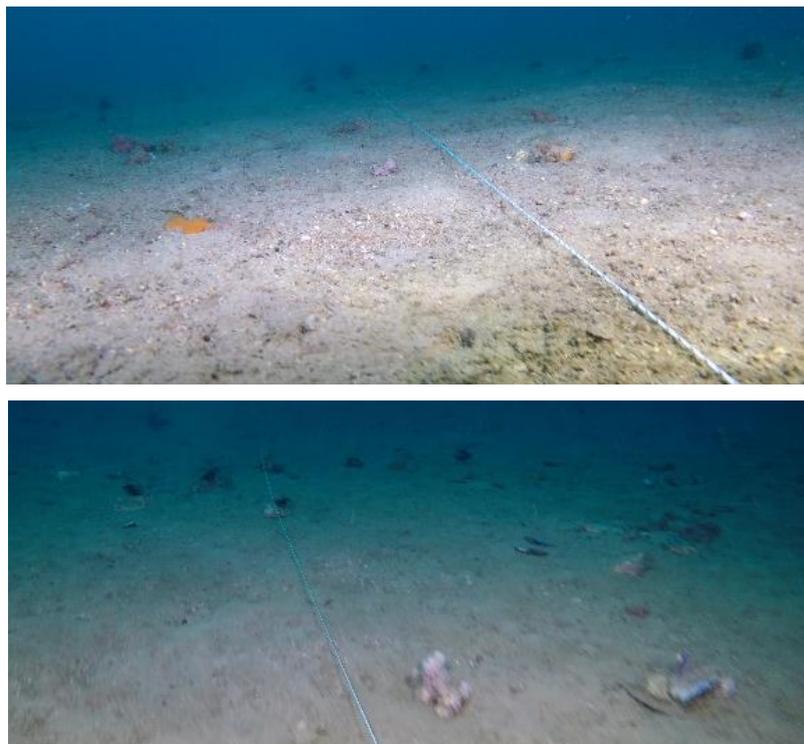


Figure 30 : Images du substrat meuble le long du transect du ROV 1 - 51,7m

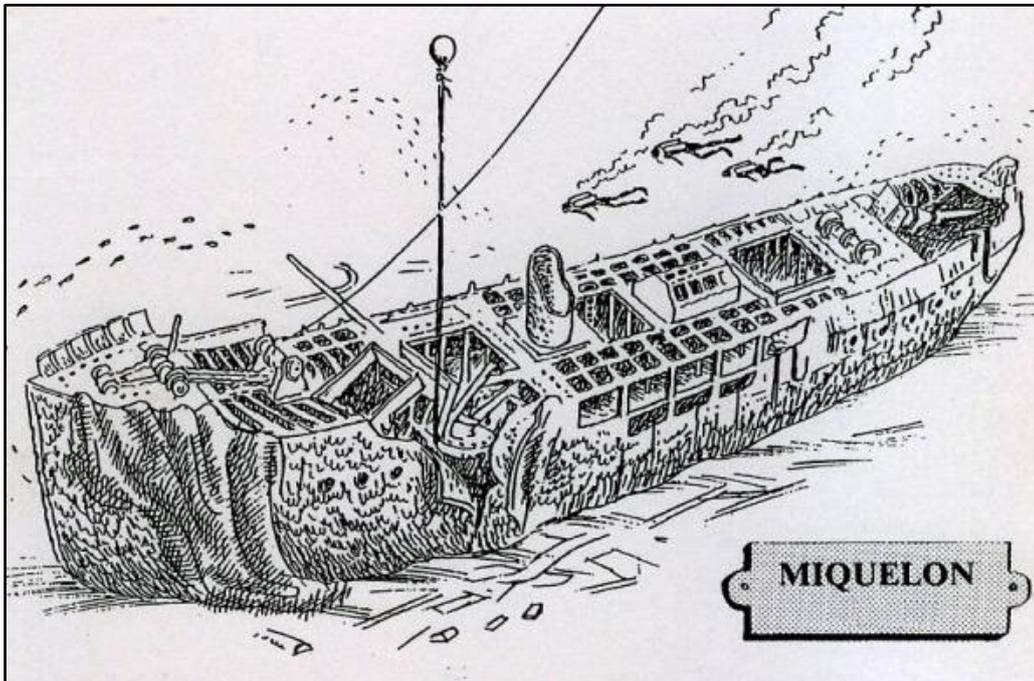
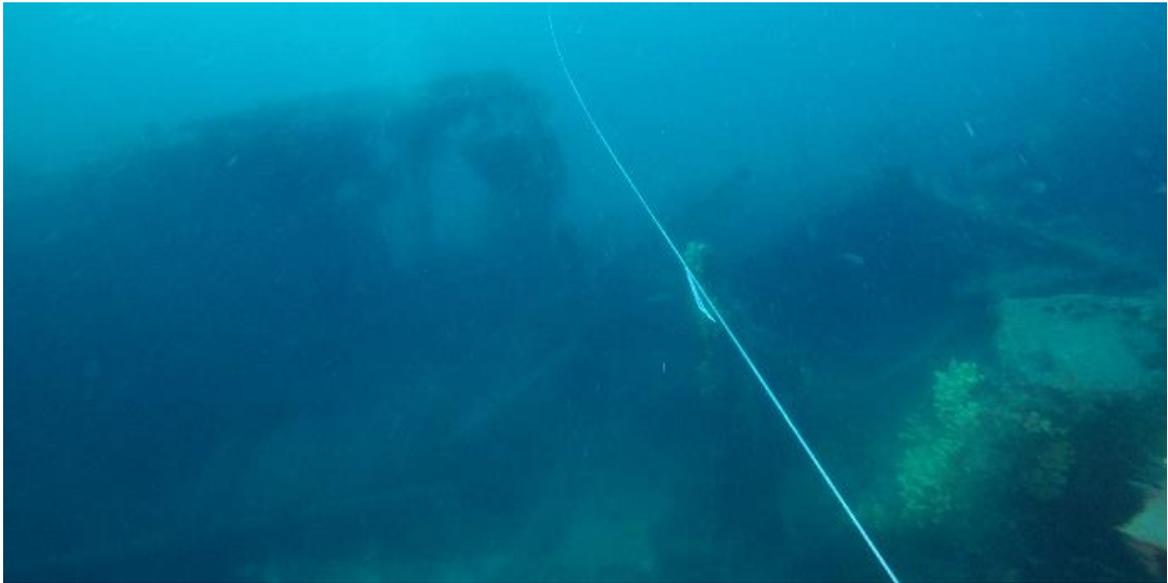


Figure 31 : Photo de l'épave du Miquelon - 46,9 m (en haut) et illustration de l'épave du Miquelon (Coulé en 1917, Longueur : 49m ; à droite)

Les observations en ROV menées lors des précédentes campagnes scientifiques fournissent des informations complémentaires sur la typologie des fonds. Il s'agit de points d'observations se situant à l'est du tracé du câble, entre 60 et 90 m de fond.

Au niveau de ces stations, les fonds se rattachent principalement à la biocénose des fonds détritiques envasés (DE) autour des 90m de profondeur, ou se trouvent à l'interface entre la biocénose du détritique côtier (DC) et des fonds détritiques envasés (DE) autour de l'isobathe des 60 m.

Les espèces observées sont principalement des alcyonnaires (*Alcyonium palmatum*, *Alcyonium acaule*), des pennatulaires (*Pennatula rubra*, *Funiculina quadrangularis*), des bryozoaires arbustifs, des éponges et des étoiles de mer.

3.2.2 CARACTERISATION DE L'HERBIER DE POSIDONIES AU DROIT DE LA PLAGE DE BONNEVEINE

La caractérisation de l'herbier de Posidonies a été réalisée en trois (3) stations selon une série de descripteurs utilisés pour caractériser son état de vitalité. La limite inférieure de l'herbier a été identifiée à 24,7m de fond (balise B37). Les mesures ont été réalisées en limite d'herbier dense (Herb001 à 10,1 m, Herb002 à 17,3 m, Herb003 à 19,4 m).

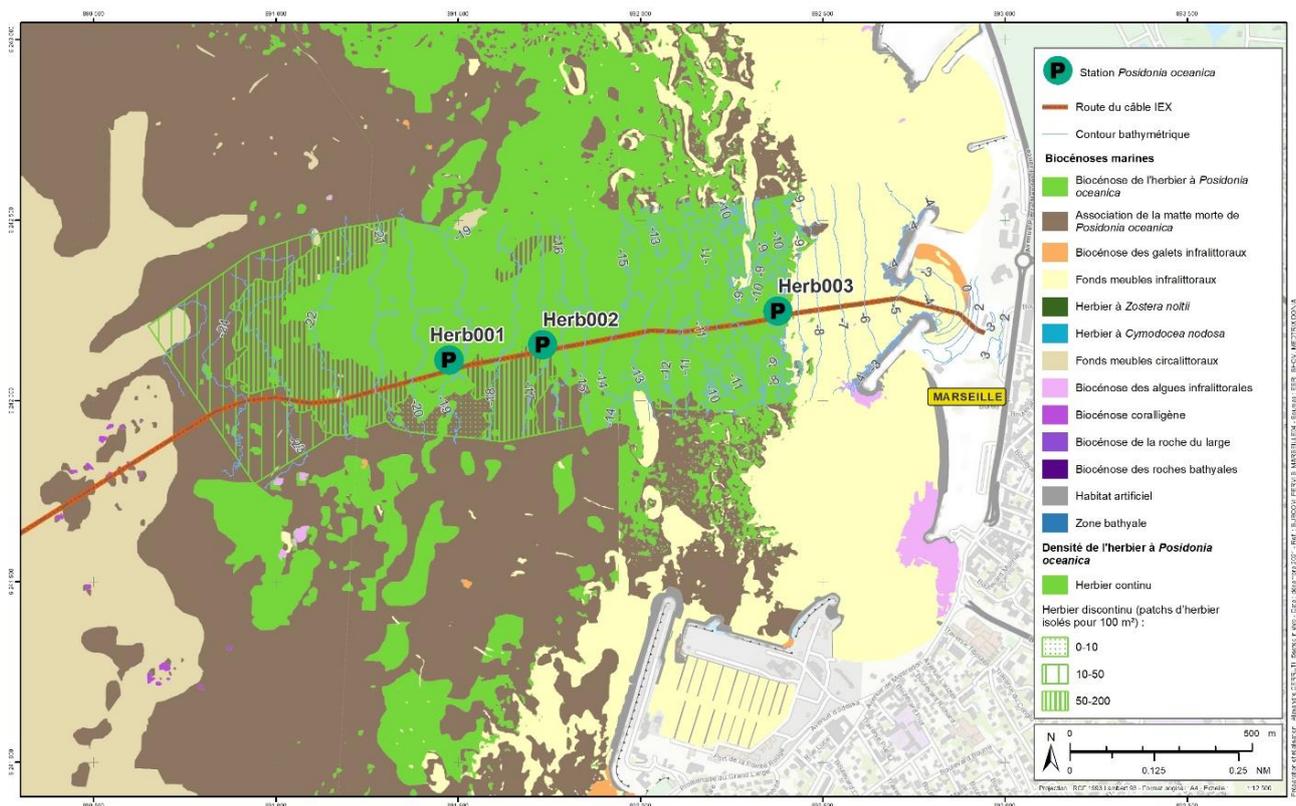


Figure 32 : Localisation des stations de mesure de l'herbier de Posidonies

3.2.2.1 Caractérisation de la station Herb001 - 19,4m

Cette station a été choisie en limite de l'herbier dense, sur une profondeur de 19,4 mètres. Elle présente de nombreuses zones de matte morte étendues de part et d'autour, mais l'herbier prédomine en termes de recouvrement.

Les photographies suivantes illustrent les observations de la station.



Figure 33 : Illustrations de l'herbier autour de la station Herb001

Concernant les paramètres mesurés :

- ✓ La densité mesurée des faisceaux foliaires en cette station est de **370 faisceaux/m²**, ce qui correspond à un herbier en excellent état selon la classification de Pergent-Martini et Pergent, (2010);
- ✓ Le déchaussement moyen mesuré de **6,1 cm** traduit un déchaussement moyen (entre 5 à 15 cm), selon la classification de Charbonnel et al. (2000);
- ✓ Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué en son sein à **3,5 %** 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 19 : Résultats des mesures réalisées à la station Herb001

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)
Herb001	19,4	370 ± 80	Excellent	6,1 ± 2,1	Moyen	3,5	Normale

Concernant les observations visuelles :

- ✓ Les feuilles relativement longues (longueur maximale des feuilles à 55,7 cm) présentent dans l'ensemble une couverture en épiphytes faible à moyenne ;
- ✓ Peu d'espèces ichtyologiques ont été observées, sans aucune espèce patrimoniale particulière ;
- ✓ Aucune espèce de grande nacre n'a été observée (*Pinna nobilis* et *Pinna rudis*).

3.2.2.2 Caractérisation de la station Herb002 – 17,3 m

La station Herb002 est localisée au niveau d'une zone d'herbiers de posidonie discontinue en alternance avec la matte morte. 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.

Les photographies suivantes illustrent les observations de la limite supérieure.



Figure 34 : Illustrations de l'herbier autour de la station Herb002

Concernant les paramètres mesurés :

- ✓ La densité mesurée de faisceaux foliaires en cette station est de **343 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 **6,4 cm** traduit un déchaussement moyen (entre 5 à 15 cm), selon la classification de Charbonnel et al. (2000) ;
- ✓ Le pourcentage de rhizomes plagiotropes en son sein est évalué **3,3 %** ce qui correspond à un état normal (<30 %), soit à un herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression, selon la classification de Charbonnel et al. (2000).

Tableau 20 : Résultats des mesures réalisées à la station Herb002

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)
Herb002	17,3	343 ± 105	Bon	6,4 ± 3,2	Moyen	3,3	Normale

Concernant les observations visuelles :

- ✓ Les feuilles relativement longues (longueur maximale de 60,0 cm) présentent dans l'ensemble une couverture en épiphytes faible à moyenne ;
- ✓ Quelques espèces ichtyologiques ont été observées ;
- ✓ Aucune espèce de grande nacre n'a été observée (*Pinna nobilis* et *Pinna rudis*).

3.2.2.3 Caractérisation de la station Herb003 (limite supérieure) – 10,1 m

La station Herb003 est localisée au niveau de la limite supérieure de l'herbier sur une profondeur de 10,1 mètres.

L'herbier présente une hauteur de matte significative (de 80 cm), avec une alternance de matte morte et de substrat sablo-vaseux.

Les photographies suivantes illustrent les observations en cette station.



Figure 35 : Illustrations de l'herbier autour de la station Herb003

Concernant les paramètres mesurés :

- ✓ La densité mesurée des faisceaux foliaires en cette station est de **365 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 **4,6 cm** traduit un déchaussement faible (inférieur à 5 cm), selon la classification de Charbonnel et *al.* (2000) ;
- ✓ Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué **9,7 %**, 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 Herb003

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)
Herb003	10,1	365 ±43	Normale	4,6 ±2,6	Faible	9,7	Normale

Concernant les observations visuelles :

- ✓ Les feuilles relativement longues (longueur maximale de 37,1 cm) présentent dans l'ensemble une couverture en épiphytes faible à moyenne ;
- ✓ Peu d'espèces ichtyologiques ont été observées ;
- ✓ Aucune espèce de grande nacre n'a été observée (*Pinna nobilis* et *Pinna rudis*).

3.2.3 RECONNAISSANCE DES FONDS A CORALLIGENE

Trois (3) transects coralligènes ont été sélectionnées d'après la cartographie des biocénoses utilisée (Medtrix), sur des fonds plats de 26,6 et 27,4 mètres. Les transects effectués ont été Co1-Co2 à 65 m de

distance l'un de l'autre, perpendiculairement au câble ; Co3-Co4 à 61 m de distance, parallèlement au câble et à 5m de celui-ci, et enfin Co4-Co5 à 50 m de distance, et perpendiculaire au câble.

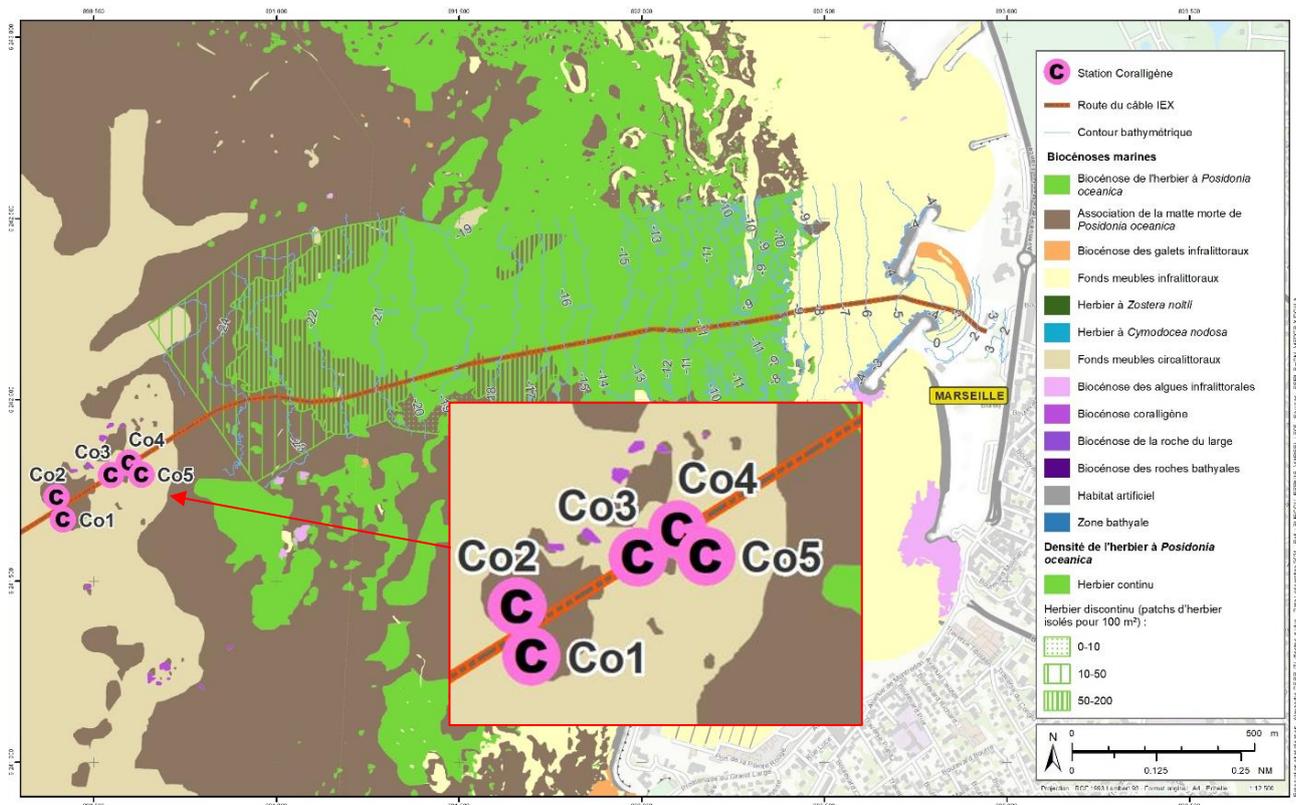


Figure 36 : Localisation des stations de coralligène le long du tracé du câble

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 sable détritique coquillier, entre 26,6 et 27,4 mètres de fond.

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 Co1 - Co2- 27,4 m :

Au niveau du transect entre la station Co1 et Co2, le substrat est constitué de sable détritique coquillier. Les espèces observées sont principalement les algues calcaires corallinacées *Lithothamnion spp.*, l'ascidie *Halocynthia papillosa*, les algues vertes *Codium bursa* et *Flabellia petiolata*, l'éponge encroûtante *Crambe crambe*, et l'éponge cornéo-silicieuse *Cliona viridis*.

Quelques îlots d'herbier isolés sont présents d'une superficie inférieure au mètre carré.

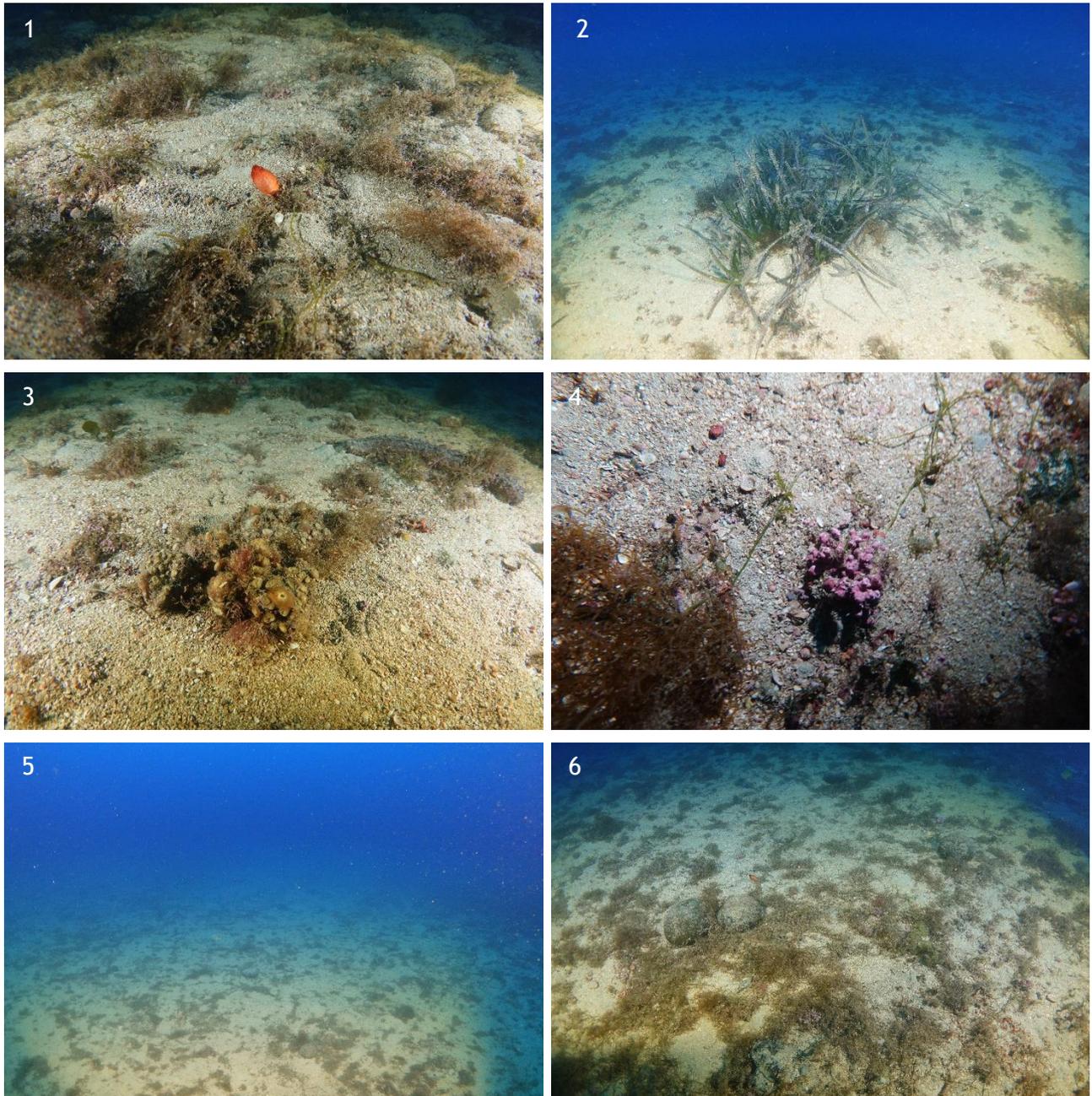
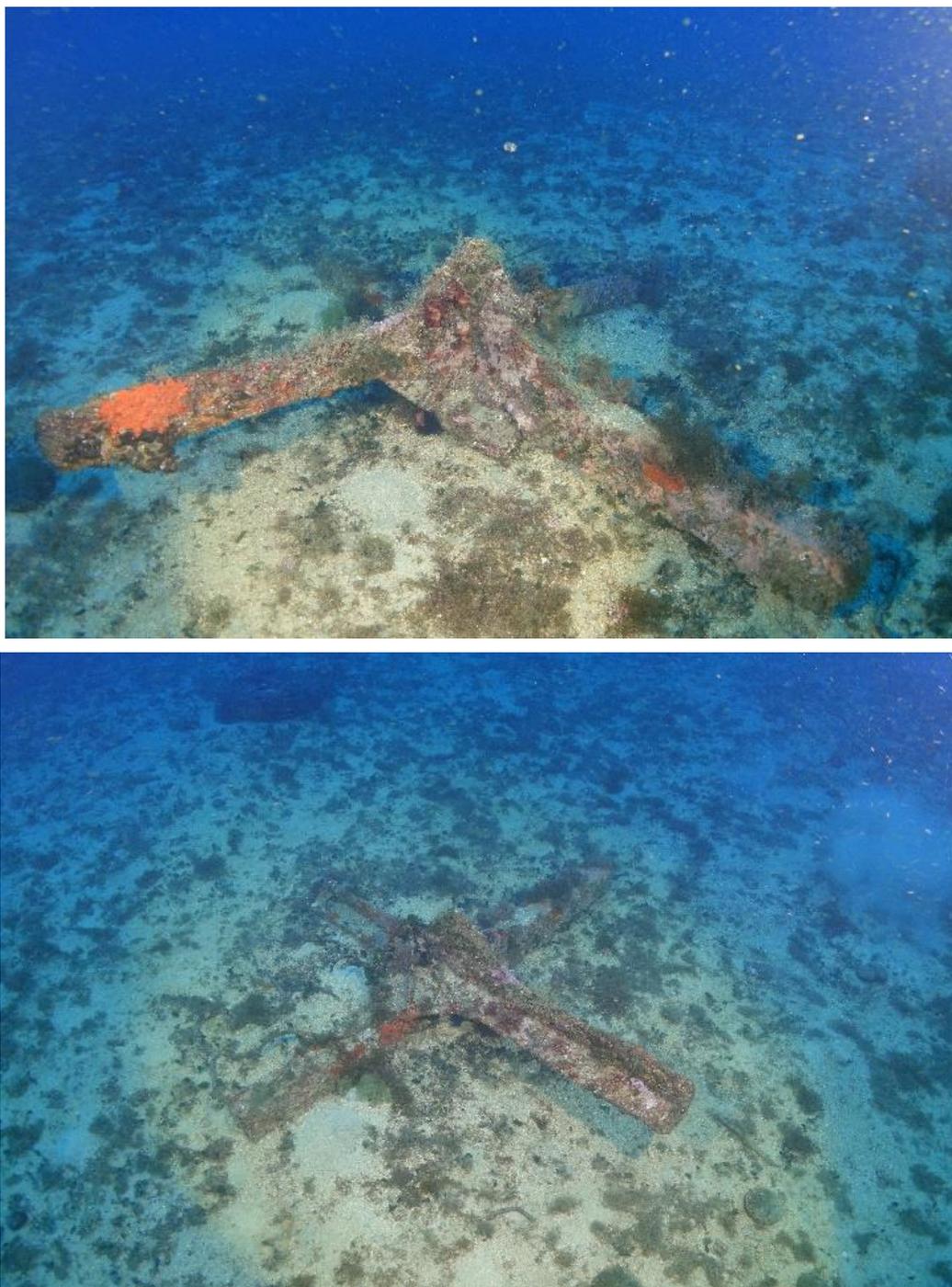


Figure 37 : Station Co 1 - 27,4 m - 1. *Halocynthia papillosa*, 2 *Posidonia oceanica*, 3 *Cliona viridis*, 4. *Corallinacées Lithothamnion spp.* ; 5. 6. Vue générale du transect

Une structure cruciforme métallique, dont l'identification reste incertaine et les dimensions approximativement 1,5 m x 1,5 m x 0,5 m, a été repérée sur le tracé du câble à 27,4 m de fond. La localisation de cette obstruction est représentée sur la Planche 7.



*Figure 38 : Structure métallique cruciforme localisée à 27,4 m de fond, colonisée par l'éponge *Crambe crambe* et le corallinacées *Lithothamnion spp.**

Station Co3-Co4 - 26,6 m :

Les espèces observées sont principalement les algues calcaires corallinacées *Lithothamnion spp.*, l'algue verte *Codium bursa*, l'éponge *Cliona viridis*, l'ascidie *Halocynthia papillosa*, et quelques holothuries *Holothuria sp.*

Un câble concrétionné par les algues encroûtantes et les organismes épiphytes croise le transect des deux stations.

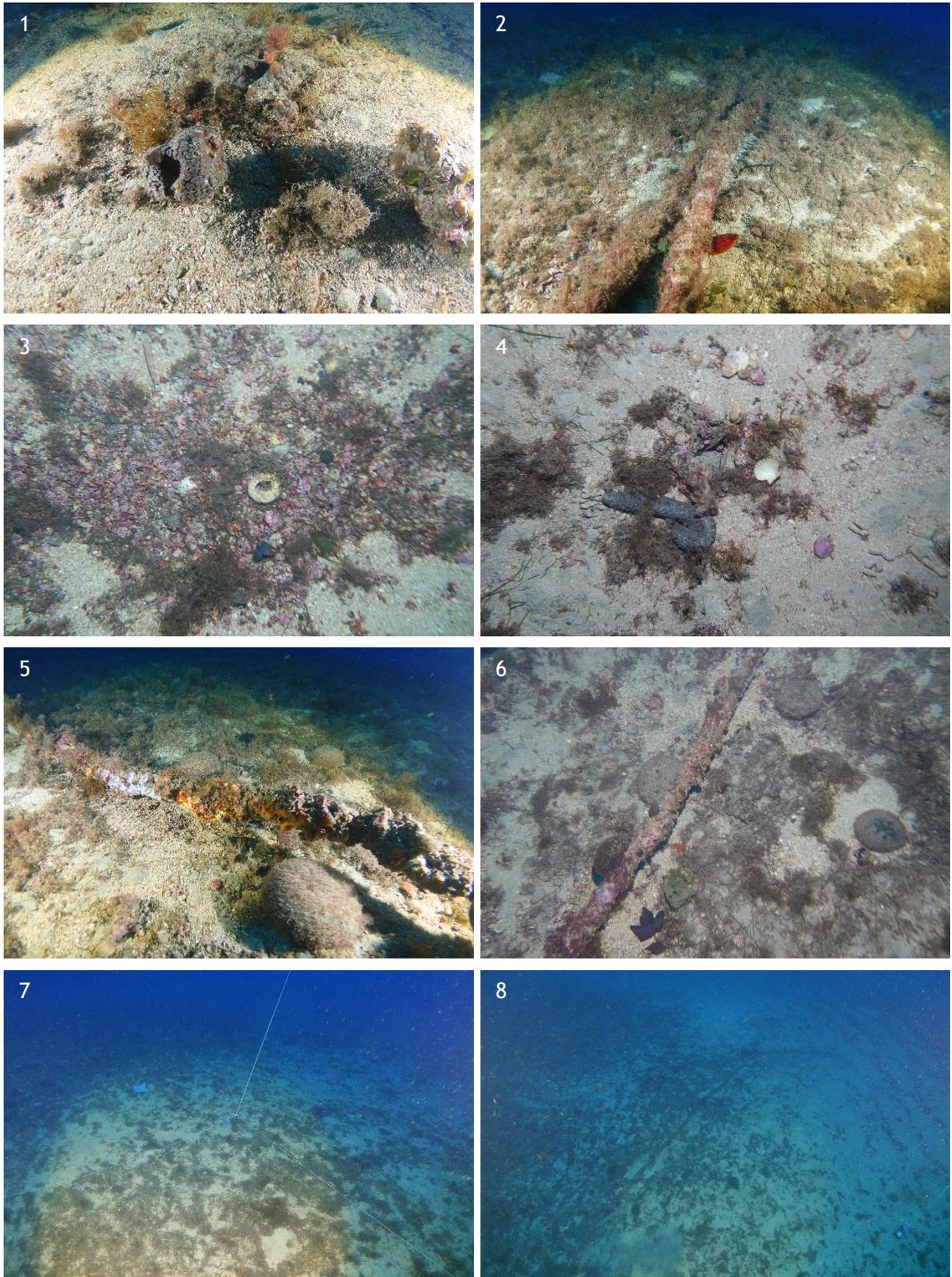


Figure 39 : Station Co 3-Co4 - 26,6 m - 1. *Cliona viridis*, 2. *Halocynthia papillosa*, 3. Corallinacées *Lithothamnion* spp., 4. *Holothuria* sp., 5. Et 6. Câble recouvert d'éponges encroûtantes et *Codium bursa* ; 7. 8. Vue générale du transect

Station Co4-Co5 - 26,6 m :

Les espèces observées sont principalement les algues calcaires corallinacées *Lithothamnion spp.*, l'éponge perforante *Cliona viridis*, l'algue verte *Flabellia petiolata* et *Codium bursa*, les holothuries *Holothuria forskali* et *Holothuria sp.*, une ascidie, quelques ilots isolés de *Posidonia oceanica*, et l'étoile de mer *Echinaster sp.*

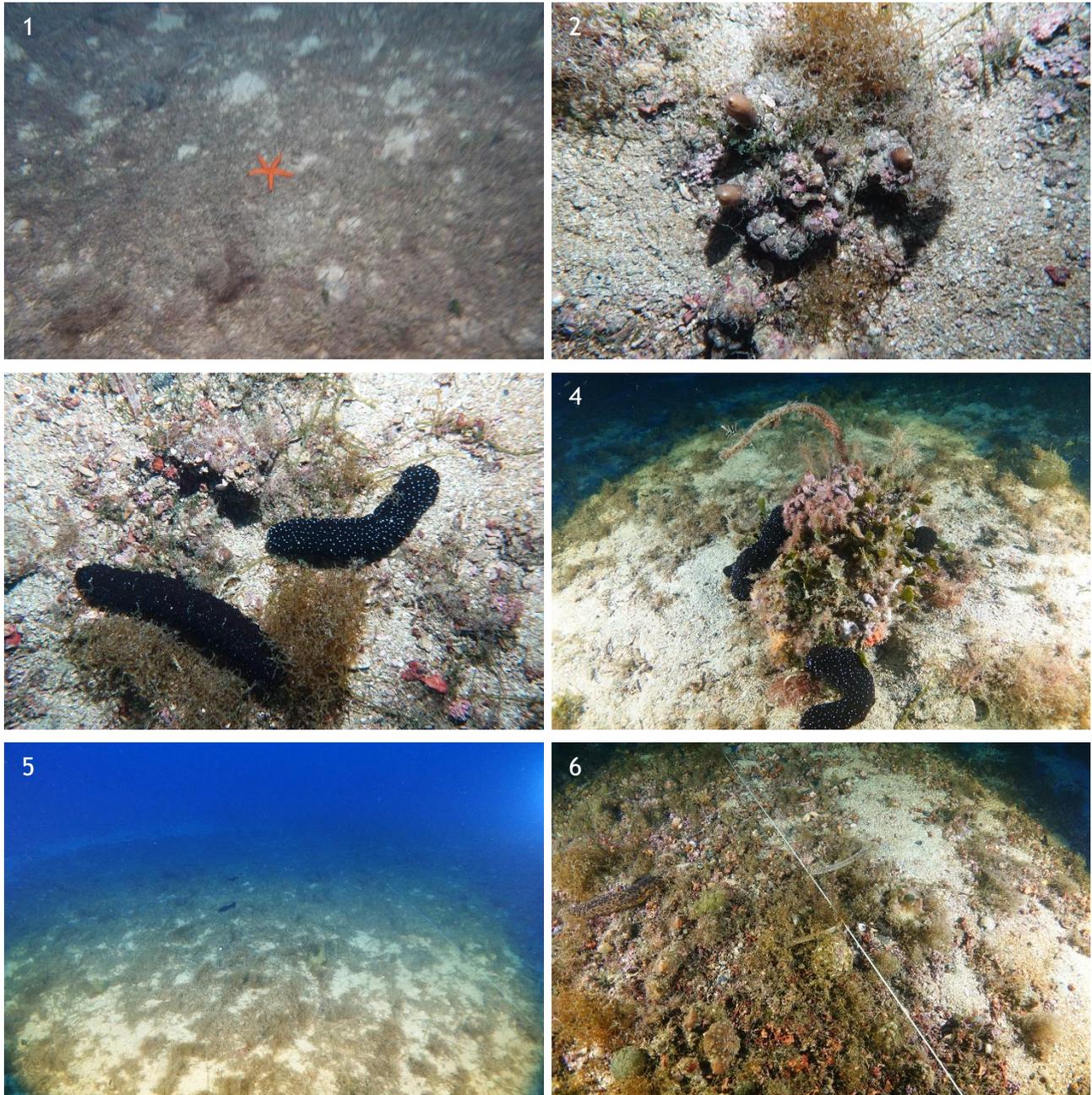


Figure 40 : Station Co4-Co5 3 - 26,6 m - 1. *Echinaster sp.*, 2. Ascidie, 3. *Holothuria forskali*, 4. *Holothuria forskali*, *Lithothamnion spp.*, *Flabellia petiolata* ; 5. 6. Vue générale du transect

3.2.4 ANALYSES SEDIMENTAIRES

3.2.4.1 Prélèvements des sédiments

La qualité des sédiments a été déterminée à partir de quatre (4) stations, au niveau du tracé du câble entre la limite supérieure de l'herbier à 9,0 m de profondeur et le bas de plage à 3,0 m de profondeur.

La nature des sédiments observés est décrite dans le Tableau 22 ci-après.

Les échantillons ont été déposés au transporteur le jour même pour un transfert d'une durée inférieure à 24 h au laboratoire. Durant le transport, un des échantillons a été endommagé MRS-DS004, rendant les analyses non conformes. Cet échantillon a été de nouveau prélevé le 14 décembre 2021. Les résultats pour cette station DS004 sont attendus et seront présentés ultérieurement.

Tableau 22 : Synthèse des observations des sédiments prélevés sur le tracé du câble IEX

Stations	Observations	Profondeur (m)	Illustrations	Echantillons
MRS-DS001	Sable grossier	3,0		
MRS-DS002	Sable fin	4,5		
MRS-DS003	Sable fin	5,8		
MRS-DS004	A venir	A venir	A venir	A venir

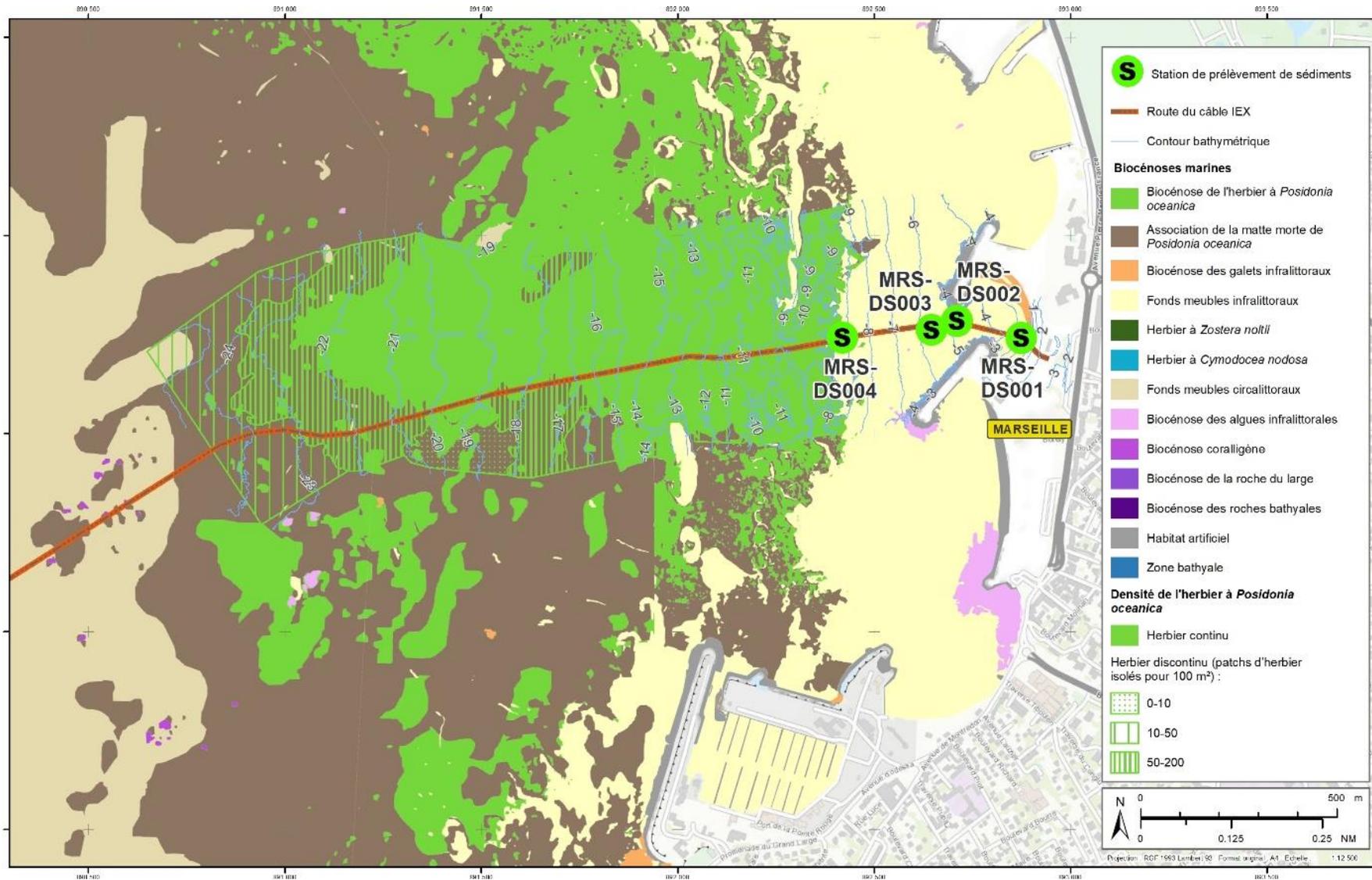


Figure 41 : Stations des points de prélèvements de sédiments



Paramètres	Unité	Station			Seuils GEODE		RLM état 1	RLM état 2	RNO Séd. 98Med	Bruit de fond
		MRS-DS001	MRS-DS002	MRS-DS003	N1	N2				
Phase 1: Propriétés physiques										
Matière sèche	% P.B.	97,4	77,4	79,5						
Masse volumique	g/cm ³	1,46	1,74	1,49						
Phase 2: Propriétés chimiques: substances polluantes										
Métaux lourds										
Arsenic (As)	mg/kg M.S.	3,82	3,97	4,15	25	50				4,4
Cadmium (Cd)	mg/kg M.S.	0,11	<0,10	<0,10	1,2	2,4	<0,15	<0,6	0,15	0,5
Chrome (Cr)	mg/kg M.S.	18	6,85	6,9	90	180				45
Cuivre (Cu)	mg/kg M.S.	8,58	<5,00	<5,00	45	90	<15	<60	30	35
Fer (Fe)	mg/kg M.S.	5110	2360	2700						
Mercure (Hg)	mg/kg M.S.	<0,10	<0,10	0,19	0,4	0,8	<0,05	<0,4	0,1	0,2
Nickel (Ni)	mg/kg M.S.	6,15	2,1	2,43	37	74				20
Plomb (Pb)	mg/kg M.S.	<5,00	11,5	13,1	100	200	<25	<50	30	47
Phosphore (P)	mg/kg M.S.	151	156	161						
Zinc (Zn)	mg/kg M.S.	12,1	9,93	12,9	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	0,0014	0,02	0,04				
PCB 153	mg/kg M.S.	<0,001	<0,001	0,0017	0,02	0,04				
PCB 180	mg/kg M.S.	<0,001	<0,001	0,0011	0,01	0,02				
SOMME PCB (7)	mg/kg M.S.	0,004	0,004	0,006						
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)										
Acénaphthène	mg/kg M.S.	0,4	<0,002	<0,0022	0,015*	0,26*				
Acénaphthylène	mg/kg M.S.	0,018	0,0043	<0,0022	0,04*	0,34*				
Anthracène	mg/kg M.S.	0,075	<0,002	<0,0022	0,085*	0,59*				
Benzo(a)-anthracène	mg/kg M.S.	0,023	0,012	0,014	0,26*	0,93*				
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg M.S.	0,017	0,024	0,018	0,4*	0,9*	<0,2	<0,5		
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg M.S.	0,0042	0,0055	0,0053	0,2*	0,4*	<0,1	<0,25		
Benzo(g,h,i)perylène	mg/kg M.S.	0,0055	0,013	0,012	1,7*	5,65*				
Benzo(a)pyrène	mg/kg M.S.	0,013	0,02	0,013	0,43*	1,015*	<0,1	<0,5		
Chrysène	mg/kg M.S.	0,019	0,012	0,015	0,38*	1,59*				
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg M.S.	<0,002	0,0027	0,0031	0,06*	0,16*				
Fluoranthène	mg/kg M.S.	0,13	0,023	0,024	0,6*	2,85*	<0,04	<0,2		
Fluorene	mg/kg M.S.	0,51	<0,002	<0,0022	0,02*	0,28*				
Indeno(1,2,3-cd) Pyrene	mg/kg M.S.	0,0075	0,016	0,0098	1,7*	5,65*				
Phénanthrène	mg/kg M.S.	0,51	0,006	0,0084	0,24*	0,87*				
Pyrene	mg/kg M.S.	0,068	0,019	0,021	0,5*	1,5*				
Dérivés de l'étain										
Tributylétain cation-Sn (TBT)	µg Sn/kg M.S.	3,3	<2,0	59	100	400	<40	<100		
Dibutylétain cation-Sn (DBT)	µg Sn/kg M.S.	<2,0	<2,0	15						
Monobutylétain cation-Sn (MBT)	µg Sn/kg M.S.	3,1	2,4	7,5						
Phase 3: Indice de contamination organique										
COT	mg/kg M.S.	5720	<1180	1600						
Azote Kjeldahl	g/kg M.S.	<0,5	<0,5	0,6						
Phosphore total	mg/kg M.S.	346	358	369						
Granulométrie										
	Unité	Station								
		MRS-DS001	MRS-DS002	MRS-DS003						
Fraction < 2 µm	%	0	0	0						
Fraction 2 - 20 µm	%	3,53	0	0						
Fraction 20 - 63 µm	%	1,4	0,51	0,66						
Fraction 63 - 200 µm	%	3,4	93,94	94,92						
Fraction 200 - 2000 µm	%	90,25	5,56	4,42						
Echantillon		MRS-DS001	MRS-DS002	MRS-DS003	MRS-DS004					
Cailloutis >2 mm		0	0	0						
Sables grossiers à tres grossiers 500µm <x<2 mm		0	0	0						
Sables moyens 250<x<500 µm		90,25	5,56	4,42						
Sables fins à tres fin 63<x<250 µm		3,4	93,94	94,92						
Silts 4<x<63 µm		4,93	0,51	0,66						
Précolloïdes 0,12< x <4 µm		0	0	0						
Colloïdes <0,12 µm		0	0	0						
		MRS-DS001	MRS-DS002	MRS-DS003						
Entérocoques	NPP/g	<56	<56	<56						
Escherichia coli	NPP/g	<56	<56	<56						

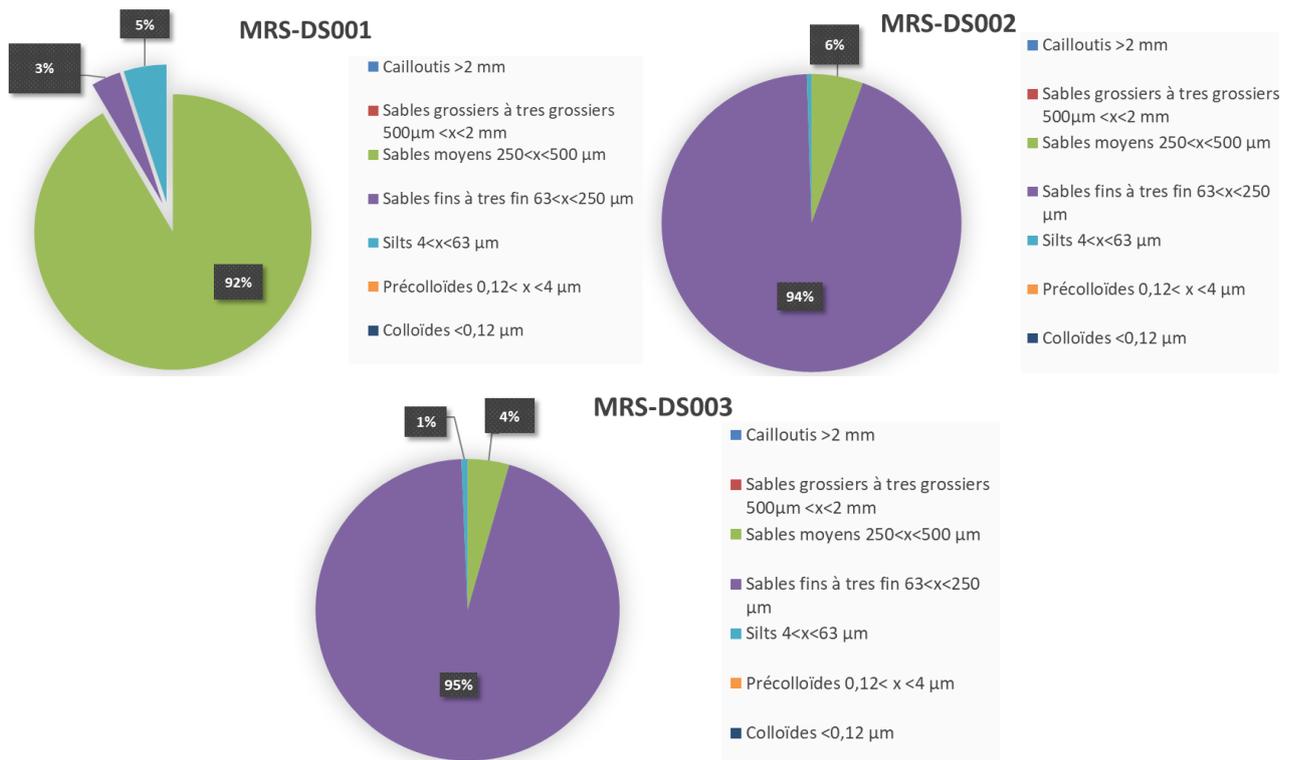
Tableau 23 : Tableau des résultats des prélèvements sédimentaires

Les résultats du laboratoire sont joints en annexe de ce rapport et leur résumé est présenté sous la forme du tableau ci-dessus. Ils sont comparés aux valeurs seuils des normes réglementaires.

En conclusion, les paramètres suivis montrent que :

- Les sédiments superficiels sont majoritairement grossiers car constitués de **sables**.

En effet, la station DS001, la plus proche de la côte, est composée en majorité (92 %) de sables moyens dont le diamètre est compris entre 250 et 500 μm , alors que les stations plus distales, DS002 e DS003, sont constituées en majorité (94-95 %) de sables fins à très fins dont le diamètre est supérieur à 63 μm .



- Les teneurs en métaux lourds ne dépassent pas les seuils *Geode*.
 Néanmoins, la concentration en **mercure** (0,19 mg/kg de matière sèche) dépasse légèrement les seuils *RNO Séd* et *RLM état 1* au niveau de la station DS003, sans pour autant montrer une contamination effective des sédiments. La station DS002, pourtant proche de la station DS003, présente une concentration en-dessous du seuil de détection.
- Concernant les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), aucun des composés ne montre de concentration au-dessus des seuils de contamination.
- En ce qui concerne les Polychlorobiphényles (PCB), deux (2) composés présentent des concentrations supérieures à des valeurs seuils au niveau de la station DS001 uniquement :
 - l'**acénaphène** avec une concentration (0,4 mg/kg de matière sèche) supérieure au seuil *Geode N2* (0,26 mg/kg m.s),
 - le **fluoranthène** avec une concentration (0,13 mg/kg de matière sèche) supérieure au seuil *RLM état 1* (0,04 mg/kg m.s)



Pour ce qui est du fluoranthène, aucune contamination effective n'est à remarquer. Dans le cas de l'acénaphène, une possible contamination extérieure est envisageable car les stations à proximité présentent des concentrations en-dessous des seuils de détection.

- Pour les dérivés de l'étain, seul le **tributhyl-étain (TBT)** voit sa concentration (59 µg Sn/kg m.s) légèrement supérieure au seuil *RLM état 1* ((59 µg Sn/kg m.s) au niveau de la station DS003 uniquement, mais ne constitue pas une contamination effective.

3.2.1 CONCLUSIONS

La campagne d'étude a permis de mettre en évidence la présence des herbiers de posidonie et des sept (7) tombants de matie sur le tracé du câble IEX, ainsi que la présence de douze (12) anciens câbles dans la baie du Prado qui traverse le câble IEX. Plusieurs encochements entre 3,5 et 3,0 m de fond et obstructions, à 27,4 m et 4,2 m de fond, ont été observées le long du tracé du câble.

Les investigations sous-marines ont permis vérifier la nature des fonds et de confirmer l'emprise du tracé sur l'herbier de Posidonies en passant sur des fonds composés d'herbier continu sur 630 m de distance, et d'herbier discontinu (jusqu'à 200 taches d'herbiers/100 m²) sur une distance de 630 m également. Les inspections sous-marines ont montré que l'évaluation écologique des *surveys inshore* est représentative avec la réalité du terrain.

A partir de la cartographique existante, il est possible de calculer que le câble traverse près de 1,6 km d'herbiers de Posidonies. A ce niveau, le câble sous-marin présentera leur plus fort diamètre avec 39,9 mm (soit 0,0399 m² au mètre linéaire). L'emprise calculée sur l'herbier est d'alors de 63,9 mètres carrés environ.

Les différentes stations de mesure de l'herbier de posidonie le long du tracé du câble présentent un herbier de plaine discontinu sur des fonds de 19,5 et 17,3 mètres (stations Herb001 et Herb002), à un herbier plus étendu (station Herb003), sur des fonds de 10,1 mètres.

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

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

Concernant l'évaluation de l'état de santé de l'herbier, plusieurs descripteurs ont été utilisés. Les mesures de densité de faisceaux foliaire sur l'herbier rendent compte d'un herbier en excellente vitalité, de bonne vitalité (station en limite inférieure de l'herbier dense), à normale (station en limite supérieure).

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

Les proportions de rhizomes plagiotropes observés, pratiquement égales à zéro sur les trois (3) stations, sont le reflet d'un herbier stable sans toutefois de tendance à la progression.



Tableau 24 : 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)
Herb001	19,4	370 ± 80	Excellent	6,1 ± 2,1	Moyen	0,00	Normale
Herb002	17,3	343 ± 105	Bon	6,4 ± 3,2	Moyen	0,00	Normale
Herb003	10,1	365 ± 43	Normale	4,6 ± 2,6	Faible	0,00	Normale

Le câble au-delà de la limite inférieure de l'herbier ne croise pas de zone coralligène et reste sur des sédiments meubles sur l'ensemble de la route.

Les observations en plongée et par ROV sur le tracé du câble et à proximité, en aval de la limite inférieure de l'herbier, à partir de 26 mètres environ et jusqu'à 60 mètres de fond, confirment la présence de la biocénose du détritique côtier (DC).

Les stations ROV1 et ROV2 sur la route du câble ont également permis d'observer des fonds meubles où seules quelques espèces benthiques sessiles sont présentes de façon éparse. 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 cartes suivantes illustrent les principales observations faites sur le tracé du câble.

Les résultats d'analyse physico-chimique des sédiments prélevés dans la zone d'ensouillage du câble montrent que les fonds marins sont composés de particules grossières (sables fins à moyens).

Aucun signe de contamination n'est à noter en considérant les valeurs seuils *Geode*, malgré la possible contamination extérieure de la station DS001 concernant l'acénaphène alors que la station toute proche DS002 se trouve en-deçà du seuil de détection. Les concentrations en mercure et TBT pour la station DS003, ainsi qu'en fluoranthène pour la station DS001, sont au-dessus du seuil *RLM état 1*.

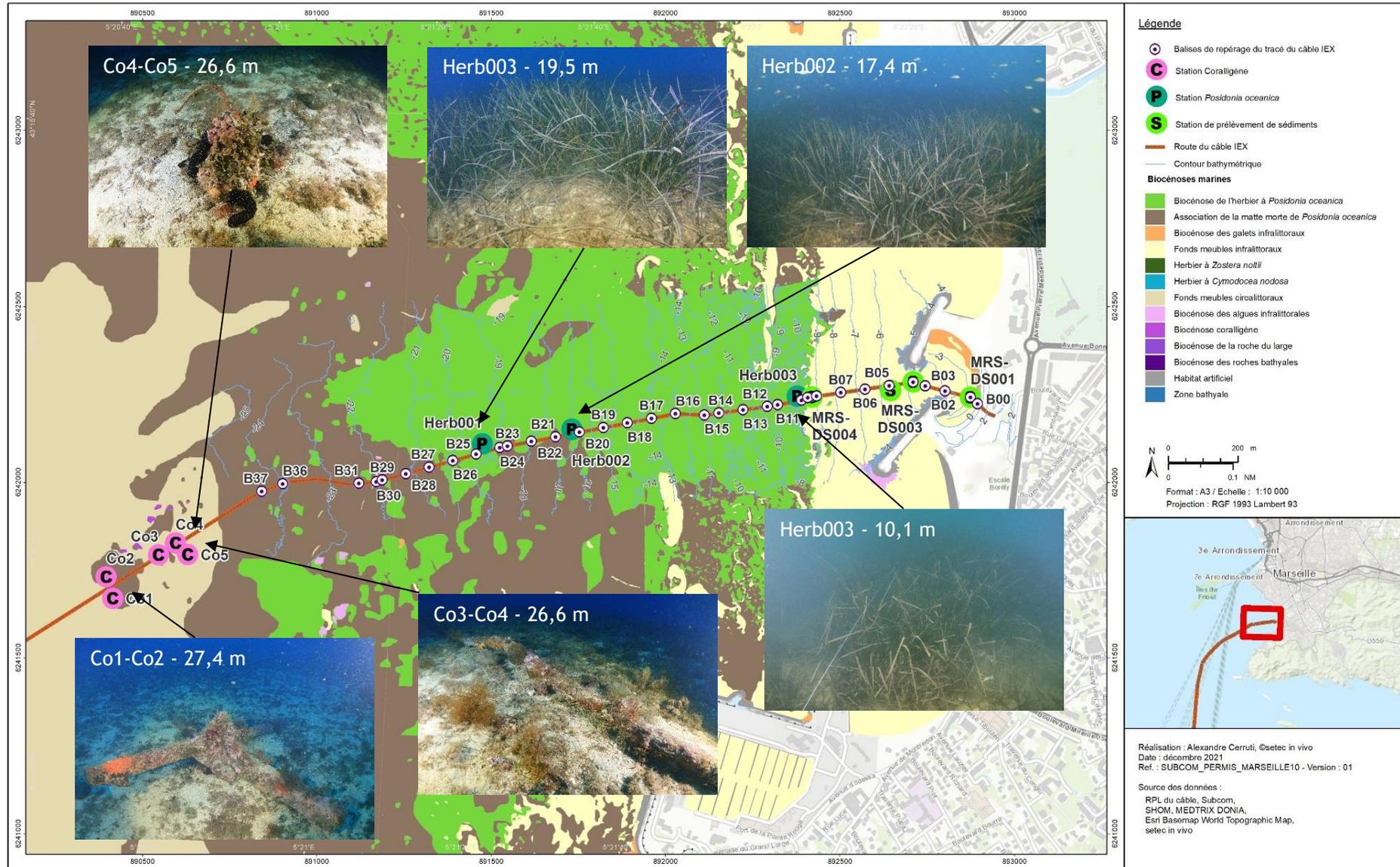


Figure 42 : Synthèse des observations en plongée (Herbier et coralligène) sur le tracé du câble IEX



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

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

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

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

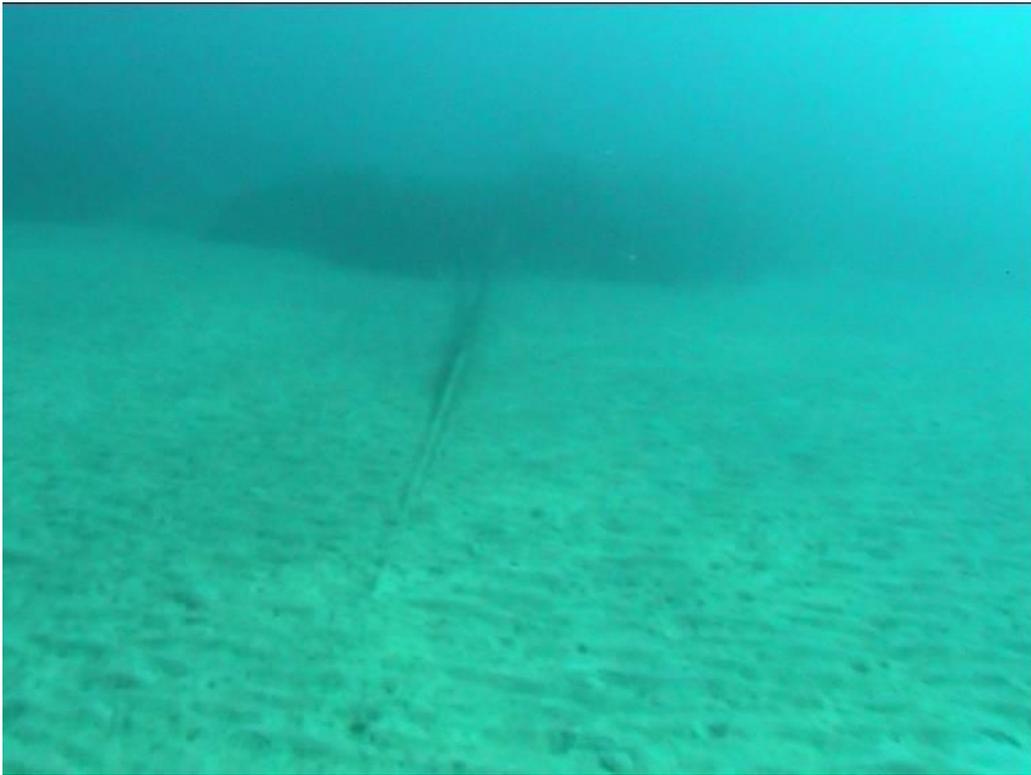


Figure 43 : Enfouissement naturel du câble dans les zones sableuses (In Vivo, 2008)

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 44 : 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)

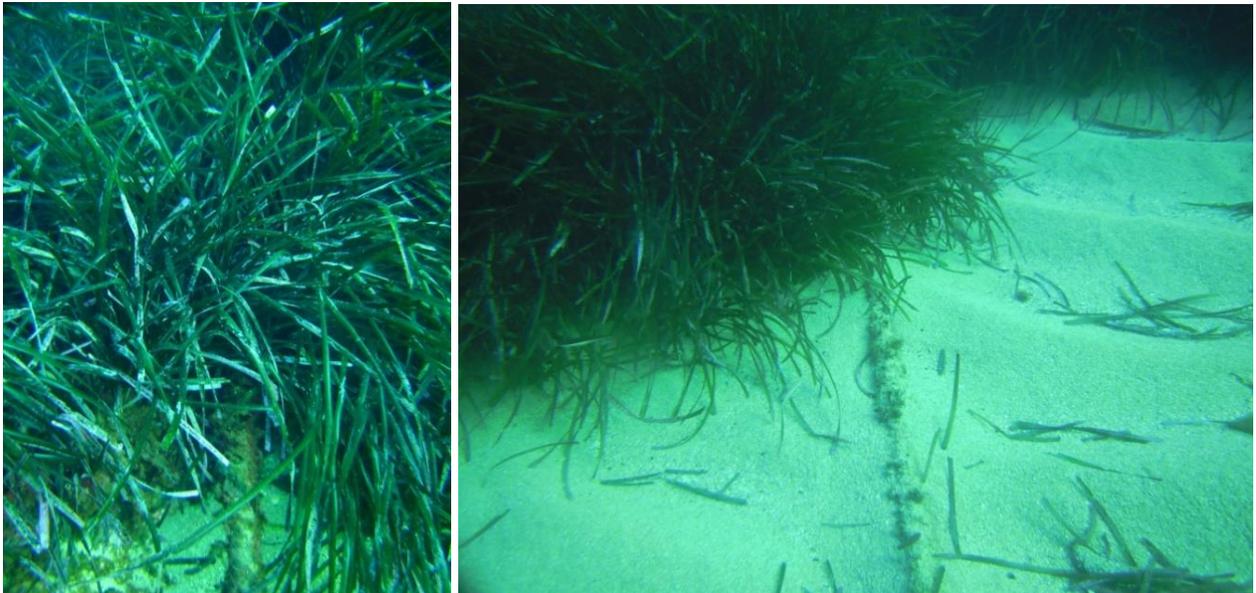


Figure 45 : Câble ANTARES (La Seyne-sur-Mer) pénétrant dans l'herbier de posidonie (In Vivo, 2013)

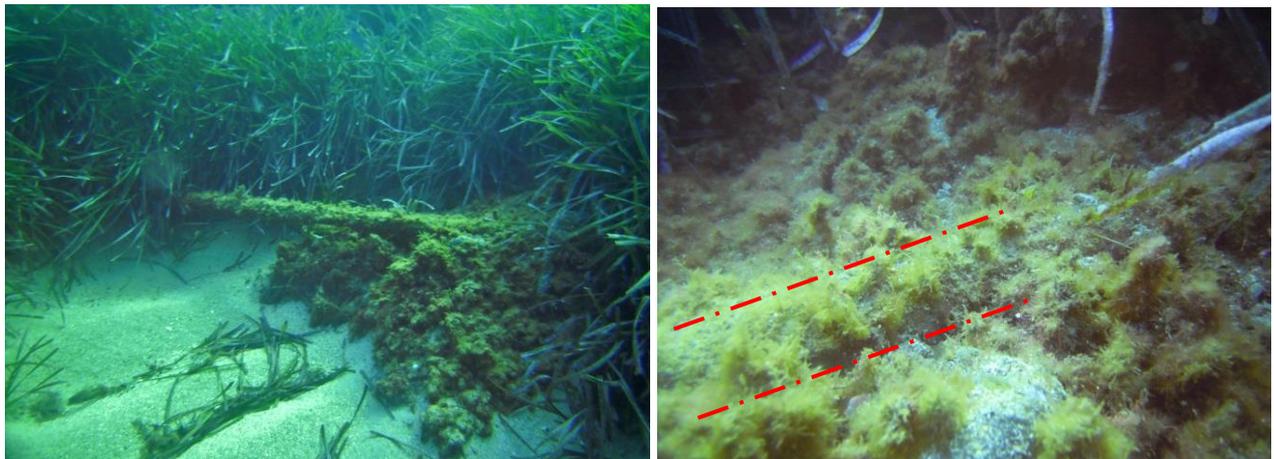


Figure 46 : Câble s'insérant progressivement dans la matre de posidonie (In Vivo, 2013)

De récentes plongées en Corse à Bastia ont permis d'observer deux câbles de transport d'énergie (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 47 : 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)



Figure 48 : Câble de transport d'énergie SACO12 en limite inférieure de l'herbier entièrement colonisé (Bastia - plage de l'Arinella, 2020)



Figure 49 : Câble de transport d'énergie (SACO12) en limite inférieure de l'herbier de posidonie et disparaissant dans la matre (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 50 : Câble télécom au sein d'un herbier entre les faisceaux de posidonie (Marseille, 2020)

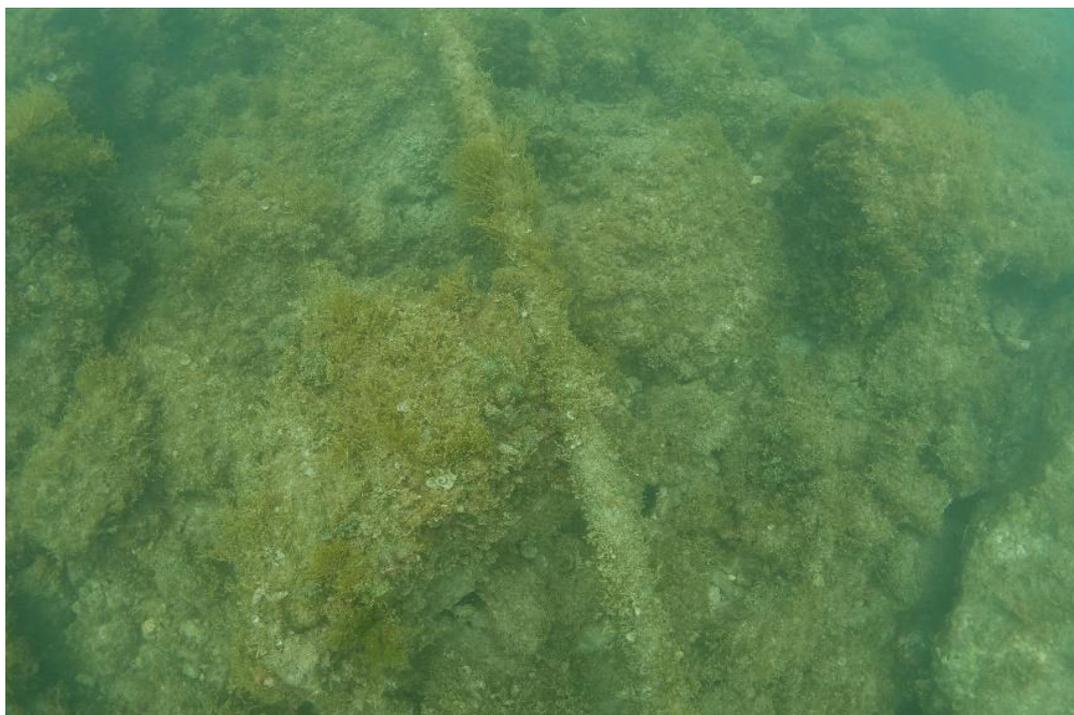


Figure 51 : Câble télécom sur des enrochements (Marseille, 2020)



Figure 52 : Câble transport d'énergie pris dans la matte de posidonie (Bonifacio, 2020)



Figure 54 : Câble télécom en sortie d'herbier en limite supérieure (Marseille, 2020)



Figure 53 : Câble télécom sur matte morte (Marseille, 2020)



Figure 55 : Câble télécom en suspension au passage d'une zone d'intermatte (Marseille, 2020)

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

- L'herbier montre dans ce secteur des signes de vitalité qui laissent à penser que l'incidence négative locale sera rapidement compensée par la croissance des rhizomes. Le câble constituera un simple frein temporaire au développement qui sera limité à son voisinage immédiat. Rapidement, le câble s'intégrera dans l'herbier qui l'englobera et le cachera.
- Le diamètre du câble est suffisamment petit pour permettre une rapide repousse par-dessus : sachant que l'herbier a 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.



6 ANNEXES

Référence Dossier EUROFINS :	21E249079
Référence Dossier Client :	N° Projet : 04849314 Nom Projet : Subcom - IEX- MRS Nom Commande : Subcom - IEX

Matrice : SED : Sédiments (NT)

Sur les onglets -Incertitude les niveaux d'incertitudes associés à chaque résultat dépendent de ce dernier et sont donc - dans la majorité des cas - plus faibles que les incertitudes rendues ici.

Référence EUROFINS :	21E249079-001	21E249079-002	21E249079-003
Référence Client :	DS001	DS002	DS003
Date prélèvement :	24/11/2021	24/11/2021	24/11/2021

Tests	Paramètres	Unités	N° CAS	Incert.	Méthode d'analyse	LQ			
Matière sèche (Boue ; Sédiment - NF EN 12880)	Matière sèche	% P.B.		5%	NF EN 12880	0,1	97,4	77,4	79,5
Refus Pondéral à 2 mm	Refus pondéral à 2 mm	% P.B.				1	17,6	1,01	<1.00
Prétraitement et séchage à 40°C	Préparation physico-chimique (séchage à 40°C)				NF ISO 11464 (Boue et sédiments)		Fait	Fait	Fait
Masse volumique sur échantillon brut	Masse volumique	g/cm ³			Méthode interne		1,46	1,74	1,49
Perte au feu à 550°C	Perte au feu à 550°C	% MS			NF EN 12879 (annulée)	0,1	1,89	2,46	2,5
Pourcentage cumulé 0.02 à 2 µm	Pourcentage cumulé 0.02 à 2 µm	%			Méthode interne	0	1,43	0	0
Pourcentage cumulé 0.02 à 20 µm	Pourcentage cumulé 0.02 à 20 µm	%			Méthode interne	0	4,96	0	0
Pourcentage cumulé 0.02 à 63 µm	Pourcentage cumulé 0.02 à 63 µm	%			Méthode interne	0	6,35	0,51	0,66

Pourcentage cumulé 0.02 à 200 µm	Pourcentage cumulé 0.02 à 200 µm	%			Méthode interne	0	9,75	94,45	95,58
Pourcentage cumulé 0.02 à 2000 µm	Pourcentage cumulé 0.02 à 2000 µm	%			Méthode interne	0	100	100	100
Fraction 2 - 20 µm	Fraction 2 - 20 µm	%			Méthode interne	0	3,53	0	0
Fraction 20 - 63 µm	Fraction 20 - 63 µm	%			Méthode interne	0	1,4	0,51	0,66
Fraction 63 - 200 µm	Fraction 63 - 200 µm	%			Méthode interne	0	3,4	93,94	94,92
Fraction 200 - 2000 µm	Fraction 200 - 2000 µm	%			Méthode interne	0	90,25	5,56	4,42
pH H2O	pH extrait à l'eau				Ad. NF ISO 10390 (SED) NF EN 12176 (abrogée,BOU)		12,1	9,2	9,2
	Température de mesure du pH	°C			Ad. NF ISO 10390 (SED) NF EN 12176 (abrogée,BOU)		18	18	18
Azote Kjeldahl (NTK)	Azote Kjeldahl	g/kg M.S.	7727-37-9	35%	Méthode interne (Sols) - NF EN 13342 (autres matrices)	0,5	<0.5	<0.5	0,6
COT (Sédiments) par combustion sèche	Carbone Organique Total par Combustion	mg/kg M.S.		40%	NF EN 15936 - Méthode B	1000	5720	<1180	1600
	Coefficient de variation (CV)	%			NF EN 15936 - Méthode B			15,5	11,1
Minéralisation eau régale - Bloc chauffant	Minéralisation Eau Régale - Bloc chauffant après p						-	-	-
Aluminium (Al) après minéralisation Eau Régale	Aluminium (Al)	mg/kg M.S.	7429-90-5	50%	NF EN ISO 54321(sol,boue) Méthode interne(autres) - NF EN ISO 11885	5	2250	929	940
Arsenic (As)	Arsenic (As)	mg/kg M.S.	7440-38-2	40%	NF EN ISO 54321(sol,boue) Méthode interne(autres) - NF EN ISO 11885	1	3,82	3,97	4,15
Cuivre (Cu)	Cuivre (Cu)	mg/kg M.S.	7440-50-8	50%	NF EN ISO 54321(sol,boue) Méthode interne(autres) - NF EN ISO 11885	5	8,58	<5.00	<5.00
Fer (Fe)	Fer (Fe)	mg/kg M.S.	7439-89-6	25%	NF EN ISO 54321(sol,boue) Méthode interne(autres) - NF EN ISO 11885	5	5110	2360	2700
Nickel (Ni)	Nickel (Ni)	mg/kg M.S.	7440-02-0	40%	NF EN ISO 54321(sol,boue) Méthode interne(autres) - NF EN ISO 11885	1	6,15	2,1	2,43
Phosphore (P)	Phosphore	mg/kg M.S.	7723-14-0	45%	NF EN ISO 54321(sol,boue) Méthode interne(autres) - NF EN ISO 11885	1	151	156	161
Plomb (Pb)	Plomb (Pb)	mg/kg M.S.	7439-92-1	30%	NF EN ISO 54321(sol,boue) Méthode interne(autres) - NF EN ISO 11885	5	<5.00	11,5	13,1

Zinc (Zn)	Zinc (Zn)	mg/kg M.S.	7440-66-6	25%	NF EN ISO 54321(sol,boue) Méthode interne(autres) - NF EN ISO 11885	5	12,1	9,93	12,9
Mercuré (Hg)	Mercuré (Hg)	mg/kg M.S.	7439-97-6	20%	NF ISO 16772 (sol) - NF EN ISO 54321(sol,boue) Méthode interne(autres) - NF ISO 16175-2 (boue)	0,1	<0.10	<0.10	0,19
Cadmium (Cd)	Cadmium (Cd)	mg/kg M.S.	7440-43-9	28%	NF EN ISO 54321(sol,boue) Méthode interne(autres) - NF EN ISO 17294-2	0,1	0,11	<0.10	<0.10
Chrome (Cr)	Chrome (Cr)	mg/kg M.S.	7440-47-3	30%	NF EN ISO 54321(sol,boue) Méthode interne(autres) - NF EN ISO 17294-2	0,1	18	6,85	6,9
Phosphore total (P2O5)	Phosphore (P2O5)	mg/kg M.S.	72906-42-4		Calcul		346	358	369
Naphtalène / LSA33	Naphtalène	mg/kg M.S.	91-20-3	34%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	<0.002	<0.002	<0.0022
Fluorène / LSA33	Fluorène	mg/kg M.S.	86-73-7	27%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,51	<0.002	<0.0022
Phénanthrène / LSA33	Phénanthrène	mg/kg M.S.	85-01-8	39%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,51	0,006	0,0084
Pyrène / LSA33	Pyrène	mg/kg M.S.	129-00-0	36%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,068	0,019	0,021
Benzo-(a)-anthracène / LSA33	Benzo-(a)-anthracène	mg/kg M.S.	56-55-3	34%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,023	0,012	0,014
Chrysène / LSA33	Chrysène	mg/kg M.S.	218-01-9	36%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,019	0,012	0,015
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène / LSA33	Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg M.S.	193-39-5	36%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,0075	0,016	0,0098
Dibenzo(a,h)anthracène / LSA33	Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg M.S.	53-70-3	31%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	<0.002	0,0027	0,0031
Acénaphthylène / LSA33	Acénaphthylène	mg/kg M.S.	208-96-8	32%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,018	0,0043	<0.0022
Acénaphène / LSA33	Acénaphène	mg/kg M.S.	83-32-9	31%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,4	<0.002	<0.0022
Anthracène / LSA33	Anthracène	mg/kg M.S.	120-12-7	34%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,075	<0.002	<0.0022
Fluoranthène / LSA33	Fluoranthène	mg/kg M.S.	206-44-0	41%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,13	0,023	0,024
Benzo(b)fluoranthène / LSA33	Benzo(b)fluoranthène	mg/kg M.S.	205-99-2	39%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,017	0,024	0,018

Benzo(k)fluoranthène / LSA33	Benzo(k)fluoranthène	mg/kg M.S.	207-08-9	41%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,0042	0,0055	0,0053
Benzo(a)pyrène / LSA33	Benzo(a)pyrène	mg/kg M.S.	50-32-8	46%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,013	0,02	0,013
Benzo(ghi)Pérylène / LSA33	Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg M.S.	191-24-2	34%	PR NF EN 17503 - NF ISO 18287 (Sols)	0,002	0,0055	0,013	0,012
Somme des HAP	Somme des HAP	mg/kg M.S.			Calcul		1,8	0,16	0,14
PCB 28 / LSA42	PCB 28	mg/kg M.S.	7012-37-5	30%	NF EN 17322	0,001	<0.001	<0.001	<0.001
PCB 52 / LSA42	PCB 52	mg/kg M.S.	35693-99-3	32%	NF EN 17322	0,001	<0.001	<0.001	<0.001
PCB 101 / LSA42	PCB 101	mg/kg M.S.	37680-73-2	32%	NF EN 17322	0,001	<0.001	<0.001	<0.001
PCB 118 / LSA42	PCB 118	mg/kg M.S.	31508-00-6	34%	NF EN 17322	0,001	<0.001	<0.001	<0.001
PCB 138 / LSA42	PCB 138	mg/kg M.S.	35065-28-2	34%	NF EN 17322	0,001	<0.001	<0.001	0,0014
PCB 153 / LSA42	PCB 153	mg/kg M.S.	35065-27-1	29%	NF EN 17322	0,001	<0.001	<0.001	0,0017
PCB 180 / LSA42	PCB 180	mg/kg M.S.	35065-29-3	37%	NF EN 17322	0,001	<0.001	<0.001	0,0011
Somme PCB (7)	SOMME PCB (7)	mg/kg M.S.			Calcul		0,004	0,004	0,006
Dibutylétain cation-Sn (DBT) / LSG6B	Dibutylétain cation-Sn (DBT)	µg Sn/kg M.S.	1002-53-5	34%	XP T 90-250	2	<2.0	<2.0	15
Tributylétain cation-Sn (TBT) / LSG6B	Tributylétain cation-Sn (TBT)	µg Sn/kg M.S.	36643-28-4	35%	XP T 90-250	2	3,3	<2.0	59
Tétra-butylétain -Sn (TeBT) / LSG6B	Tétra-butylétain -Sn (TeBT)	µg Sn/kg M.S.	1461-25-2	45%	XP T 90-250	10	<10	<10	<10
Monobutylétain cation-Sn (MBT) / LSG6B	Monobutylétain cation-Sn (MBT)	µg Sn/kg M.S.	78763-54-9	35%	XP T 90-250	2	3,1	2,4	7,5
Triphénylétain cation-Sn (TPhT) / LSG6B	Triphénylétain cation-Sn (TPhT)	µg Sn/kg M.S.	668-34-8	46%	XP T 90-250	2	<2.0	<2.0	2,6
MonoOctylétain cation-Sn (MOT) / LSG6B	MonoOctylétain cation-Sn (MOT)	µg Sn/kg M.S.	94410-07-8	40%	XP T 90-250	2	<2.0	<2.0	<2.0
DiOctylétain cation-Sn (DOT) / LSG6B	DiOctylétain cation-Sn (DOT)	µg Sn/kg M.S.	60004-29-7	36%	XP T 90-250	2	<2.0	<2.0	<2.0
Tricyclohexylétain cation-Sn (TcHexT) / LSG6B	Tricyclohexylétain cation-Sn (TcHexT)	µg Sn/kg M.S.	36580-86-6	35%	XP T 90-250	2	<2.0	<2.0	<2.0
Entérocoques microplaque	Entérocoques	NPP/g			NF EN ISO 7899-1	56	<56	<56	<56
E. coli (microplaque)	Escherichia coli	NPP/g			Méthode interne	56	<56	<56	<56



FICHE SIGNALÉTIQUE ET DOCUMENTAIRE

Renseignements généraux concernant le document envoyé

Titre de l'étude	Rapport d'expertise des biocénoses marines de la route du câble sous-marin de télécommunication IEX
Nombre de pages/planches	72 pages
N° affaire / Date de notification	

Historique des envois

Documents envoyés	Exemplaires papier	Exemplaires FTP	Date d'envoi	N° récépissé
Rapport provisoire		pdf	16/12/2021	
Rapport définitif				

Intervenants dans l'élaboration des documents

Marc Chenoz (Responsable d'agence), Cédric MARION (Chef de projet), Audrey Patucca (Chargée d'études), Romain Bricout (Technicien), Alexandre Cerruti (cartographie, SIG)

Contrôle Qualité

	Niveau 1	Niveau 2
Contrôlé par	Cédric MARION	Marc Chenoz
Date	17/12/2021	17/12/2021