

NOTE EXPLICATIVE 07 : EVALUATION DES ENJEUX DU
MILIEU MARIN
PHASE DIAG - JUIN 2021

ANSE DU PHARO - MARSEILLE
Maîtrise d'œuvre pour l'opération création d'un village d'entreprises nautiques
SOLEAM

ARTELIA - PANORAMA ARCHITECTURE





Création d'un village d'entreprises nautiques – Anse du Pharo

Evaluation des enjeux du milieu marin

RAPPORT D'EXPERTISE

SOLEAM



Création d'un village d'entreprises nautiques – Anse du Pharo

Evaluation des enjeux du milieu marin

SOLEAM

Rapport d'expertise

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
V1	Rapport d'expertise	HCL	DVE	28/06/2021

ETUDES HYDRAULIQUES ET ENVIRONNEMENTALES – Direction Méditerranée
Le Condorcet – 18 rue Elie Pelas – CS 80132 – 13322 Marseille Cedex 16 – TEL : 04.91.17.00.00

Rapport d'expertise

CREATION D'UN VILLAGE D'ENTREPRISES NAUTIQUES – ANSE DU PHARO

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	6
2. MATÉRIELS ET MÉTHODES	7
2.1. Zone d'étude	7
2.2. Cartographie des biocénoses marines	7
2.2.1. Compte rendu des interventions	7
2.2.2. Méthodologie mise en œuvre	8
2.2.2.1. Méthodologie pour la réalisation de la cartographie.....	8
2.2.2.2. Moyens mis en œuvre	9
2.2.2.3. Traitement des données.....	11
2.3. Expertise en plongée sous-marine	15
2.3.1. Compte rendu des interventions	15
2.3.2. Méthodologie mise en œuvre	16
2.3.2.1. Observations en plongée sous-marine	16
2.3.2.2. Caractérisation de l'herbier de posidonie	17
3. RÉSULTATS	22
3.1. Les biocénoses marines	22
3.1.1. L'étagement du littoral	22
3.1.2. Description de l'aire d'étude	22
3.1.2.1. Zone de sédiments meubles	24
3.1.2.2. Les herbiers de posidonies	29
3.1.2.3. Les zones du substrats durs	31
3.2. La faune marine	39
3.2.1. La faune associée aux herbiers	39
3.2.2. La faune associée à l'habitat récif.....	39
3.3. Conclusion	42

RÉFÉRENCES 43

TABLEAUX

Tableau 1- Coordonnées des points d'investigations en plongée sous-marine	16
Tableau 2- Interprétation de la vitalité de l'herbier en fonction des pourcentages moyens de rhizomes plagiotropes mesurés (Ifremer, 2003).....	19
Tableau 3- Classification de l'état de l'herbier selon les densités (/m ²) de faisceaux observées et le niveau de profondeur (m) (Pergent et al., 2008 et Pergent-Martini et al., 2010).....	21
Tableau 4- Résultats des mesures de densité de l'herbier de posidonie	31

FIGURES

Figure 1- Zone d'étude pour l'expertise sur les biocénoses marines (d'après Marchetti, 2021)	7
Figure 2- Données acquises au cours des différentes phases de réalisation de la cartographie des biocénoses marines (Marchetti, 2021)	8
Figure 3- Les étapes méthodologiques clés de la réalisation d'une cartographie des biocénoses marines (Marchetti, 2021)	9
Figure 4- Principe de la mesure par sonar latéral - Schéma de principe simplifié de l'acquisition sonar latéral (Marchetti, 2021)	10
Figure 5- Système ENO SEMANTIC TS (Marchetti, 2021)	10
Figure 6- Modèle numérique de terrain bathymétrique (Marchetti, 2021)	11
Figure 7- Indice topographique du fond (Marchetti, 2021)	12
Figure 8- Mosaïque sonar latéral - Détails à investiguer (Marchetti, 2021)	13
Figure 9- Superposition des points de SACLAF sur l'image aérienne – Exemple (Marchetti, 2021).....	14
Figure 10- Superposition des points de SACLAF sur la bathymétrie (Marchetti, 2021)	14
Figure 11- Mise en œuvre de l'Eco système ENO SEMANTIC.....	15
Figure 13- Navire de surface	15
Figure 14- Zone d'intérêt potentielle à explorer	16
Figure 15- Typologie des limites de l'herbier de posidonie (Bernard et al, 2003)	18
Figure 16- Les différents types d'herbiers à Posidonia oceanica.	18
Figure 17- Description des rhizomes de posidonie (Boudouresque et Meinesz, 1982 in Boudouresque et al, 2006)	19
Figure 18- Mesure de la densité des faisceaux et quadrat	20
Figure 19- Cartographie des biocénoses marines (Marchetti, 2021)	23

Figure 20- Représentation de l'habitat des sables grossiers et fins graviers sous influence des courants de fonds à l'est de la zone d'étude	25
Figure 21- Représentation de l'habitat des sables grossiers et fins graviers sous influence des courants de fonds au nord de la zone d'étude	25
Figure 22- Représentation de l'habitat galets infralittoraux à l'est de la zone d'étude	26
Figure 36- Observation de nombreux juvéniles de poissons dans la zone est de la zone d'étude	27
Figure 23- Représentation de l'habitat galets infralittoraux à l'ouest de la zone d'étude	28
Figure 24- Représentation des fonds de l'ouest de l'anse du Pharo	29
Figure 25- Principales fonctions de l'herbier de posidonie (www.mio.univ-amu.fr/gisposidonie)	30
Figure 26- Illustration de l'herbier de posidonie présente dans la passe d'entrée du port	30
Figure 27- Représentation des espèces présentes sur les rochers naturels dans l'étage médiolittoral à l'est de la zone d'étude	32
Figure 28- Présence de <i>Lithophyllum byssoïdes</i> sous le palais du Pharo	33
Figure 29- Représentation des espèces présentes sur les empierrements maçonnés dans l'étage médiolittoral à l'est de la zone d'étude	34
Figure 30- Représentation des espèces présentes sur les enrochements dans l'étage médiolittoral à l'ouest de la zone d'étude	34
Figure 31- Représentation de l'habitat des roches infralittorales à l'est de la zone d'étude	36
Figure 32- Représentation de l'habitat des roches infralittorales à l'ouest de la zone d'étude	37
Figure 33- Représentation de l'habitat des roches infralittorales dans la passe d'entrée du port	38
Figure 34- Présence de plants de posidonie isolés et de matte morte au centre de la passe d'entrée du port	38
Figure 35- Illustration de la faune observée à l'est de la zone d'étude.....	40
Figure 37- Illustration de la faune observée à l'ouest de la zone d'étude	41
Figure 38- Illustration de la faune observée dans la passe du port	42

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le projet de création d'un village d'entreprises nautiques à l'anse du Pharo va nécessiter des aménagements du plan d'eau de l'anse avec notamment, un dragage des fonds marins et la création d'ouvrages maritimes. Ces modifications du milieu pourront avoir des incidences sur la faune et la flore marine présentes lors de la phase travaux et d'exploitation.

Ainsi, une expertise a été menée afin d'évaluer les enjeux du milieu marin sur le secteur. Pour cela, une cartographie des biocénoses marine a été réalisée par Semantic TS, complétée par une expertise en plongée sous-marin réalisée par Artelia, pour évaluer la présence d'espèces protégées et la fonctionnalité écologique de la zone.

Les résultats de cette expertise sont présentés dans ce rapport.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. ZONE D'ETUDE

L'expertise a été menée sur l'emprise de la zone d'étude suivante.



Figure 1- Zone d'étude pour l'expertise sur les biocénoses marines (d'après Marchetti, 2021)

Cette zone d'étude correspond à l'aire d'influence potentielle des travaux projetés dans l'anse du Pharo sur les biocénoses marines.

2.2. CARTOGRAPHIE DES BIOCENOSSES MARINES

2.2.1. Compte rendu des interventions

La mission s'est déroulée en 2 temps. SEMANTIC TS a d'abord déployé son navire instrumenté dédié à la mesure des fonds marins pour la réalisation de travaux de cartographie le 30/03/2021. A cette occasion, des levés au sondeur multifaisceaux, au sonar latéral et au sondeur scientifique ont notamment été réalisés afin d'établir la cartographie de la nature des fonds.

Un second passage a ensuite été réalisé le 10 juin 2021 afin de réaliser des vérifications de la nature des fonds à l'aide d'une caméra tractée pour réaliser l'interprétation de la cartographie acquise au sonar latéral, la météo n'ayant pas permis de faire ces relevés de façon plus rapprochée dans le temps.

2.2.2. Méthodologie mise en œuvre

2.2.2.1. Méthodologie pour la réalisation de la cartographie

Lors de cette mission, les levés ont été réalisés par géo-référencement centimétrique à l'aide d'une base GPS de référence à partir d'une station installée au lieu de la mise à l'eau afin de permettre le positionnement des instruments utilisés.

Pour réaliser la cartographie des biocénoses marines, SEMANTIC TS a utilisé sa méthodologie de monitoring RTK qui est conforme à celles recommandées par le guide CARTOCEAN (Noël *et al.*, 2012).

Dans une chaîne d'instrumentation, chaque capteur joue un rôle spécifique. En augmentant le nombre (et la nature) des capteurs, l'ensemble des informations collectées permet une meilleure compréhension du milieu exploré. SEMANTIC TS déploie simultanément les instruments permettant la collecte de données bathymétriques et de réponse acoustique du fond marin. Toutes ces données possèdent une précision extrêmement fiable puisqu'elles sont géoréférencées à l'aide d'un GPS RTK centimétrique. L'attitude du bateau est connue en permanence grâce à une centrale inertielle. Cela nécessite l'enchaînement des tâches suivantes :

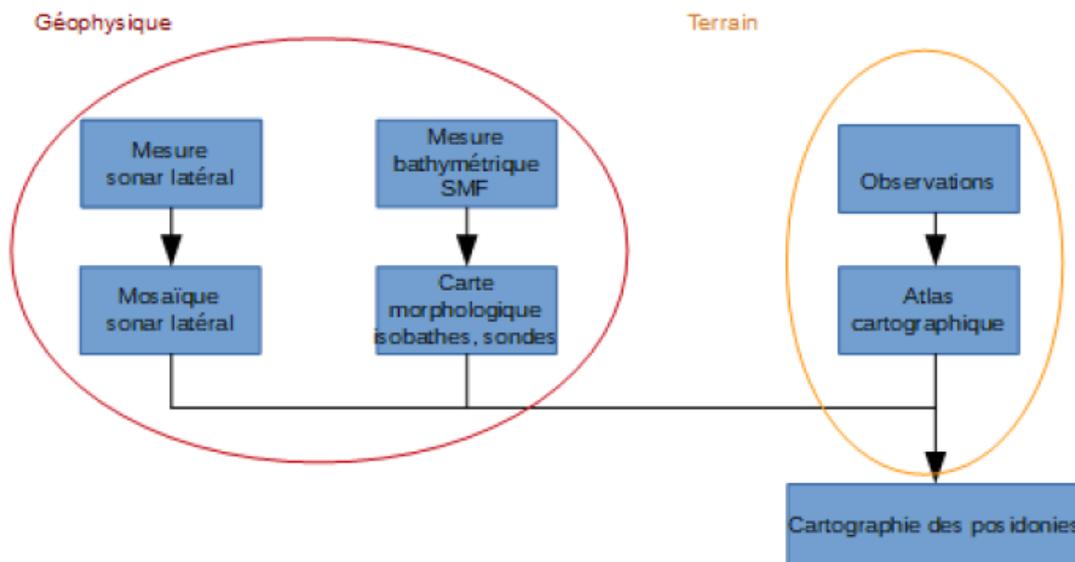


Figure 2- Données acquises au cours des différentes phases de réalisation de la cartographie des biocénoses marines (Marchetti, 2021)

Les huit étapes de la réalisation d'une cartographie des biocénoses marines par fusion multi-capteurs sont les suivantes :

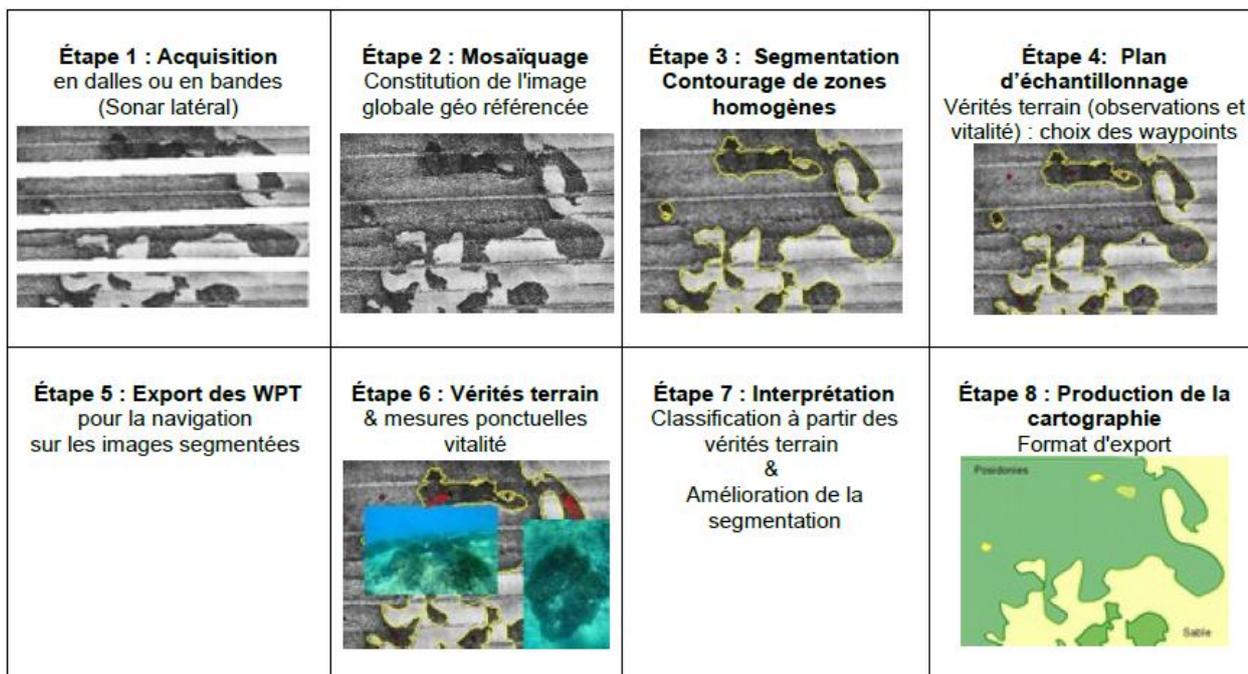


Figure 3- Les étapes méthodologiques clés de la réalisation d'une cartographie des biocénoses marines (Marchetti, 2021)

2.2.2.2. Moyens mis en œuvre

SEMANTIC TS met en œuvre les moyens suivants :

- Le navire océanographique SEMANTIC TS, dédié à la reconnaissance des fonds marins et présentant un très faible tirant d'eau, équipé d'un DGPS RTK et d'une centrale d'attitude, ainsi que des fonctionnalités de navigation ;
- Le sondeur multi-faisceaux R2SONIC 2020, nouvelle génération ;
- Le sonar latéral interféromètre de coque nouvelle génération KONGSBERG NG + (ex GEOSWATH GS) (Fréquence de 250 kHz). Il s'agit d'un sondeur de nouvelle génération, deux fois plus résolvant que le système classique précédemment utilisé. Il "ping" à une récurrence double et permet donc d'acquérir deux fois plus d'échos dans un intervalle de temps donné. Il permet d'établir l'imagerie sonar latéral en même temps que la bathymétrie multi-faisceaux ;
- Le sondeur scientifique SIMRAD ES60 avec mise en œuvre d'un système SACLAF (Classification acoustique des fonds marins) ;
- Un D-GPS RTK Mobile couplé à une centrale inertielle CODA Octopus FS185+ ;
- Un profileur de célérité Valeport Mini SVS P ;
- Une caméra d'inspection vidéo HD tractée et géoréférencée, avec retour surface en temps réel.

Le sonar latéral réalise, à l'aide d'ondes sonores, des images acoustiques détaillées de la réflectivité des fonds marins. Ces images sont obtenues en balayant un faisceau sonore étroit, en incidence rasante sur le fond. L'écho recueilli au cours du temps est une représentation de la réflectivité du fond et surtout de la présence d'irrégularités ou de petits obstacles. Ce signal enregistré latéralement à la direction d'avancée du sonar (d'où son nom : side scan sonar) constitue ligne après ligne une image acoustique du fond.

Pour que les images soient de bonne qualité, l'incidence des ondes sonores doit être très rasante, le poisson doit donc être positionné à une altitude proche du fond (typiquement 10 m - 15 m). Pour les fonds inférieurs à 15 m, comme c'est le cas dans le secteur d'étude, le poisson peut être installé sous la coque du navire. Les données acoustiques mesurées latéralement sont géo-référencées au moment de l'acquisition. Les profils acquis peuvent être ajoutés les uns aux autres, par superposition ou par fusion, afin de constituer l'image acoustique appelée « mosaïque sonar ». Elle représente la valeur de la réflectivité du fond en niveaux de gris.

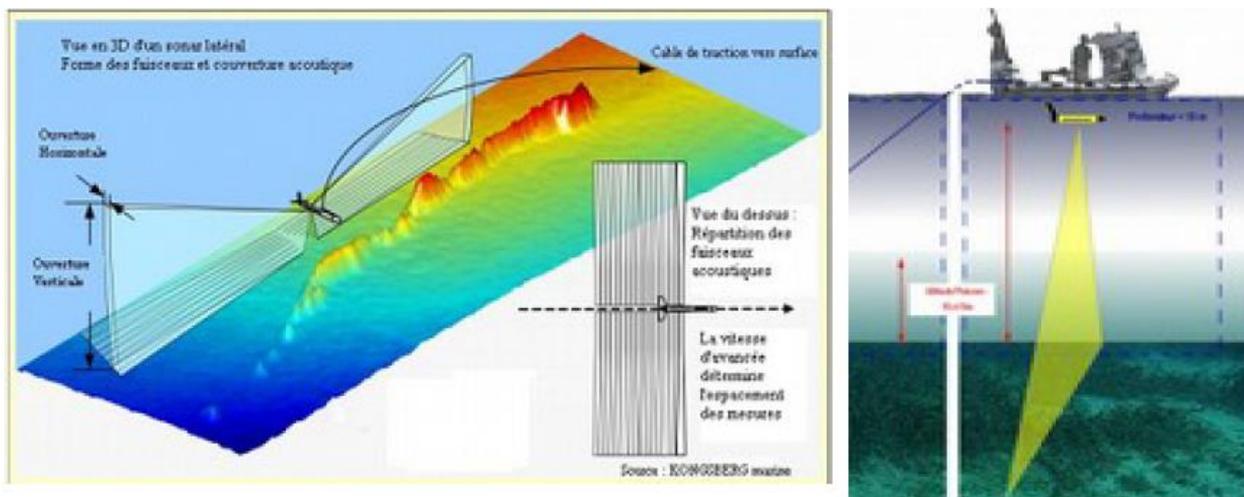


Figure 4- Principe de la mesure par sonar latéral - Schéma de principe simplifié de l'acquisition sonar latéral (Marchetti, 2021)

En complément du sonar latéral, un sondeur mono-faisceau scientifique de grande précision fixé sous la coque du navire a été déployé afin de mettre en œuvre le module « SACLAF » qui permet de renseigner le fond en termes de probabilité de présence d'un herbier de plaine, sain et développé. En effet, ce dernier émet une onde acoustique qui se réfléchit au fond et revient vers la surface. Cette onde subit une déformation qui est fonction de la nature du fond. Le signal reçu est enregistré par le sondeur et sa comparaison avec le signal émis permet au Système Acoustique de Classification Automatique des natures de Fonds (SACLAF) de classer les fonds. Le module de traitement du signal mis en œuvre ici correspond à « SACLAF- DIVA : Présence / absence de végétation sur le fond ». Couplées à des mesures sonar latéral la méthode DIVA permet d'obtenir une cartographie surface des fonds (substrats) et des biocénoses.

Enfin, l'inspection en vidéo a été menée via le système ENO développé par SEMANTIC TS permettant l'enregistrement et le retour en temps réel des images sous-marines pour cibler les inspections. Pour le positionnement de la caméra, SEMANTIC TS reporte la position du porteur auquel s'ajoute une longueur de câble filé afin de géo-référencer à un ou deux mètres prêt le support immergé.



Figure 5- Système ENO SEMANTIC TS (Marchetti, 2021)

2.2.2.3. Traitement des données

La mise en œuvre d'un sondeur bathymétrique haute résolution permet de connaître la bathymétrie très précise de la zone et d'en extraire les informations relatives aux limites topographiques. Complétée par une mesure au sonar latéral et l'amélioration de la donnée par injection des données bathymétriques, une mosaïque sonar permet de déterminer des zones acoustiques homogènes. La méthode SACLAF permet de détecter les zones de forte probabilité de présence d'herbiers. Dans un dernier temps pour classifier ces zones homogènes, l'ajout de données issues du système de collecte de données vidéos permet l'interprétation de la zone en termes de répartition des biocénoses.

Les données produites par ce système sont illustrées sur les figures suivantes :

- Imagerie au sondeur multifaisceau/bathymétrie

Après fusion et traitement des données un modèle numérique de terrain avec une résolution de 20 cm x 20 cm a été généré en considérant la moyenne des sondes dans chacune des mailles.

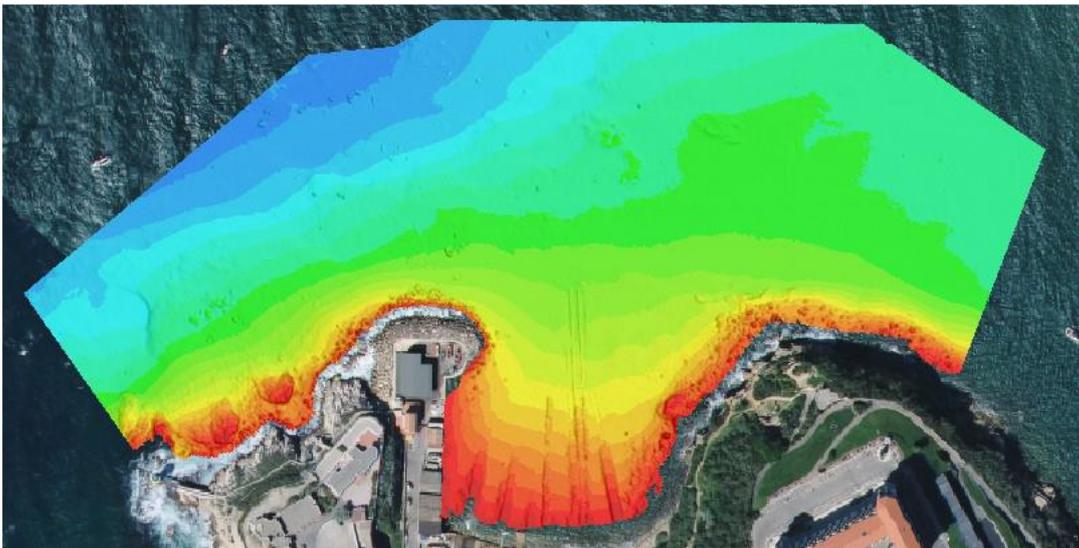


Figure 6- Modèle numérique de terrain bathymétrique (Marchetti, 2021)

Ce modèle numérique de terrain permet d'établir des isobathes sur la zone ainsi que l'extraction de sondes régulières dans la zone. Ces informations sont utiles pour la planification et l'organisation des levés géophysiques par caméra liée à la détermination de la position d'éventuels herbiers.

Afin d'exploiter ces données bathymétriques très précises de la zone, SEMANTIC TS applique un algorithme de traitement de l'indice topographique afin de mettre en évidence les discontinuités bathymétriques de la zone. Ces informations seront utilisées pour la répartition spatiale des probabilités de présence de substrats sur le fond.



Figure 7- Indice topographique du fond (Marchetti, 2021)

- Imagerie sonar latéral : mise en évidence de zone acoustique homogène

Après fusion et traitement des données, une mosaïque sonar avec une résolution de 25 cm x 25 cm a été générée en considérant la moyenne des sondes dans chacune des mailles. Cette image met en évidence les substrats qui répondent de manière homogène aux ondes acoustiques.



Figure 21 : Mosaïque sonar latéral de la zone

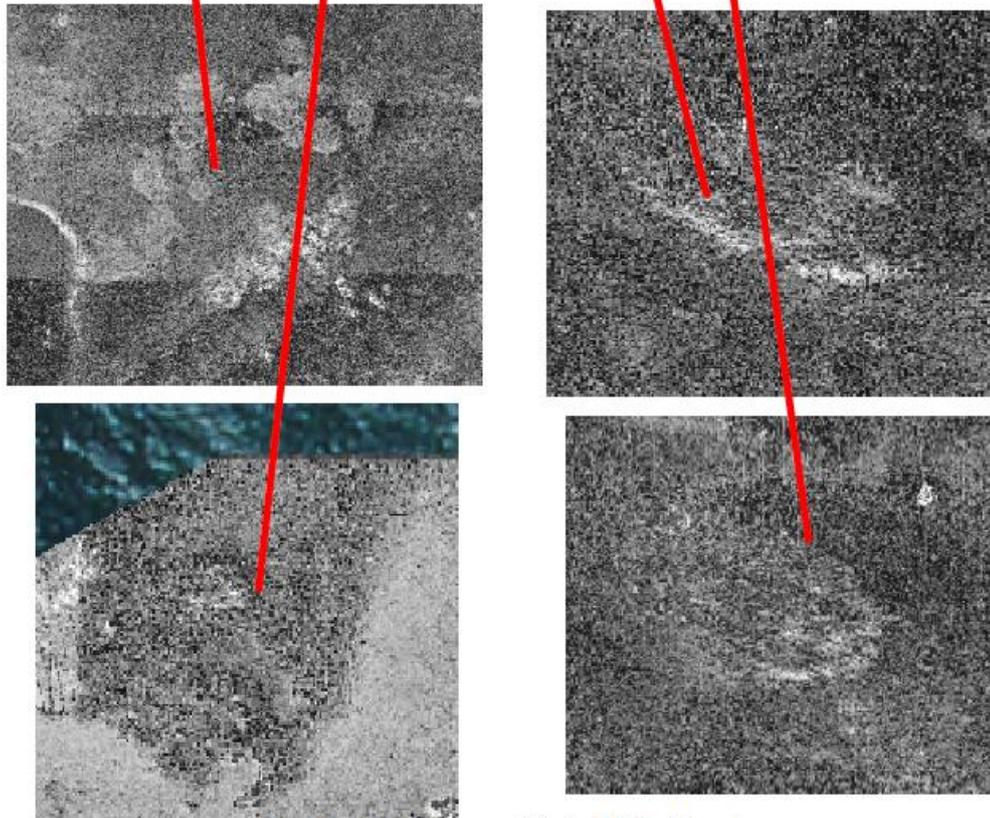


Figure 8- Mosaïque sonar latéral - Détails à investiguer (Marchetti, 2021)

- Système de cartographie et de classification acoustique des végétations (SACLAF Végétaux) basé sur les résultats des sondeurs

Le SACLAF permet de renseigner le fond en termes de probabilité de présence d'un herbier de plaine sain et développé. Les points verts montrent la forte probabilité d'herbier comme l'illustre l'image exemple ci-dessous.



Figure 9- Superposition des points de SACLAF sur l'image aérienne – Exemple (Marchetti, 2021)

Dans la zone d'étude de l'anse du Pharo, aucun herbier sain n'est détecté par cette méthode. Cependant, cette information n'est disponible qu'à l'aplomb du navire. Or celui-ci n'est pas directement passé sur la zone où il est possible de trouver un herbier.

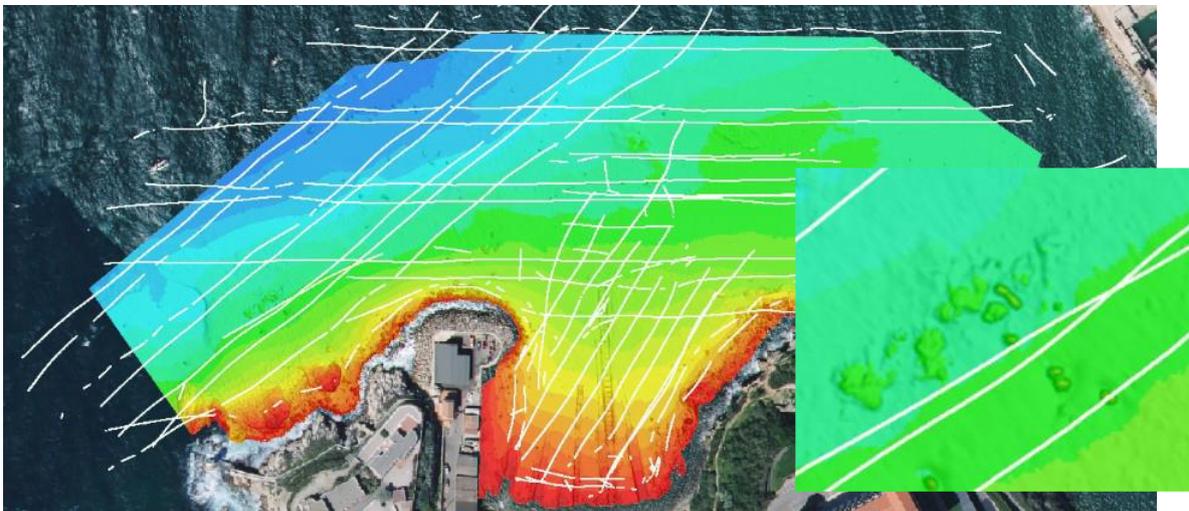


Figure 10- Superposition des points de SACLAF sur la bathymétrie (Marchetti, 2021)

■ Système d'acquisition de données vidéo sous-marine

Les vidéos acquises par le système ENO développé par SEMANTIC TS sont géoréférencées et un traitement des images est réalisé pour évaluer la nature des fonds par vidéo. La trajectoire de la caméra a été incrustée sur les images vidéo lors du traitement et est observable dans le coin haut-droit de la vidéo.

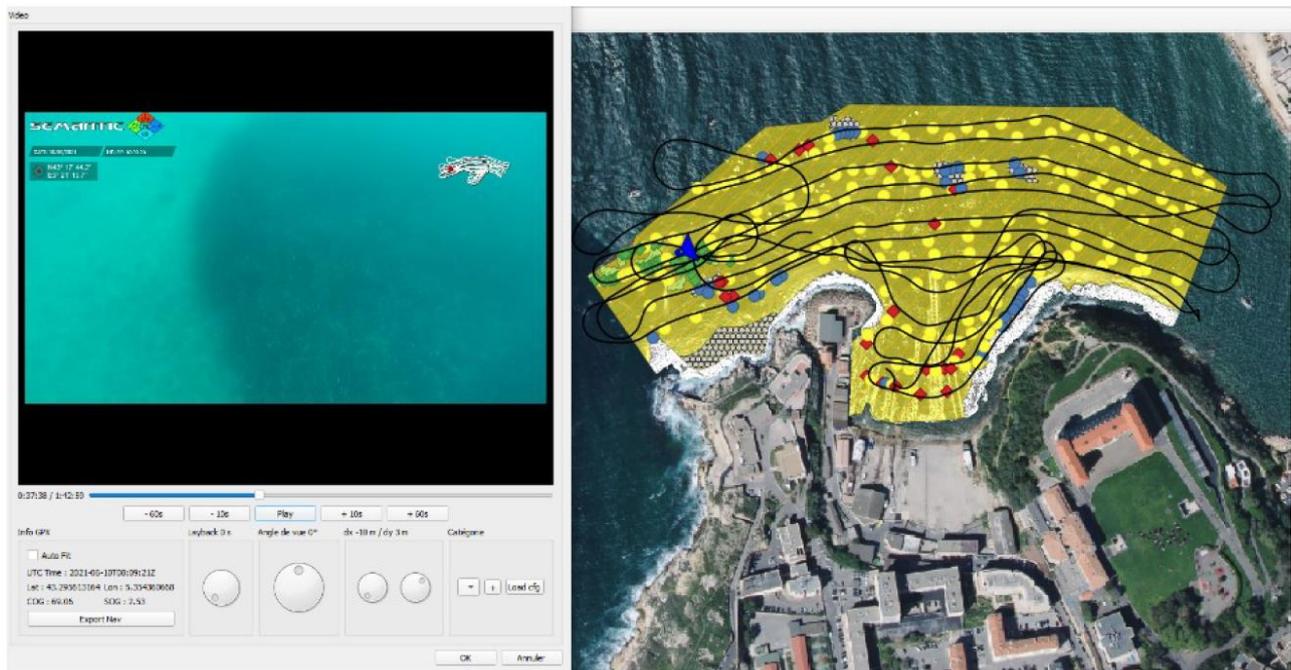


Figure 11- Mise en œuvre de l'Eco système ENO SEMANTIC

Finalement la fusion de toutes ces informations au sein d'un algorithme supervisé permet d'établir une carte de répartition des biocénoses sur la zone d'étude avec une résolution de 1 à 2 m² en fonction de la configuration.

2.3. EXPERTISE EN PLONGEE SOUS-MARINE

2.3.1. Compte rendu des interventions

La mission d'expertise en plongée sous-marine s'est déroulée le 01/06/2021. Le temps était gris et il n'y avait pas de vent. Une équipe, constituée de 2 plongeurs et d'un équipier, est intervenue pour réaliser les observations. L'intervention a été menée depuis un semi-rigide de 5 m.



Figure 12- Navire de surface

2.3.2. Méthodologie mise en œuvre

2.3.2.1. Observations en plongée sous-marine

L'expertise en plongée sous-marine avait plusieurs objectifs :

- Evaluer la présence d'espèce protégées ;
- Evaluer la fonctionnalité de la zone d'étude pour la faune et la flore marine.

L'objectif final étant d'évaluer l'enjeu de la zone d'étude pour mieux envisager les impacts potentiels du projet sur le secteur.

Ainsi, les investigations menées ont été définies pour répondre à ces objectifs. Il a été réalisé des observations sur l'ensemble du linéaire côtier de la zone d'étude définie, en plongée sous-marine, puis des investigations sur des points localisés comme présentant un enjeu potentiel d'après les levés géophysiques réalisés.

En effet, le traitement de l'imagerie acoustique réalisé par SEMANTIC TS a permis d'envisager la présence de 5 zones d'intérêt à explorer, présentées sur la figure suivante, avec en orange, la présence potentielle de matte morte de posidonie et, en vert, la présence potentielle d'un herbier de posidonie vivant.

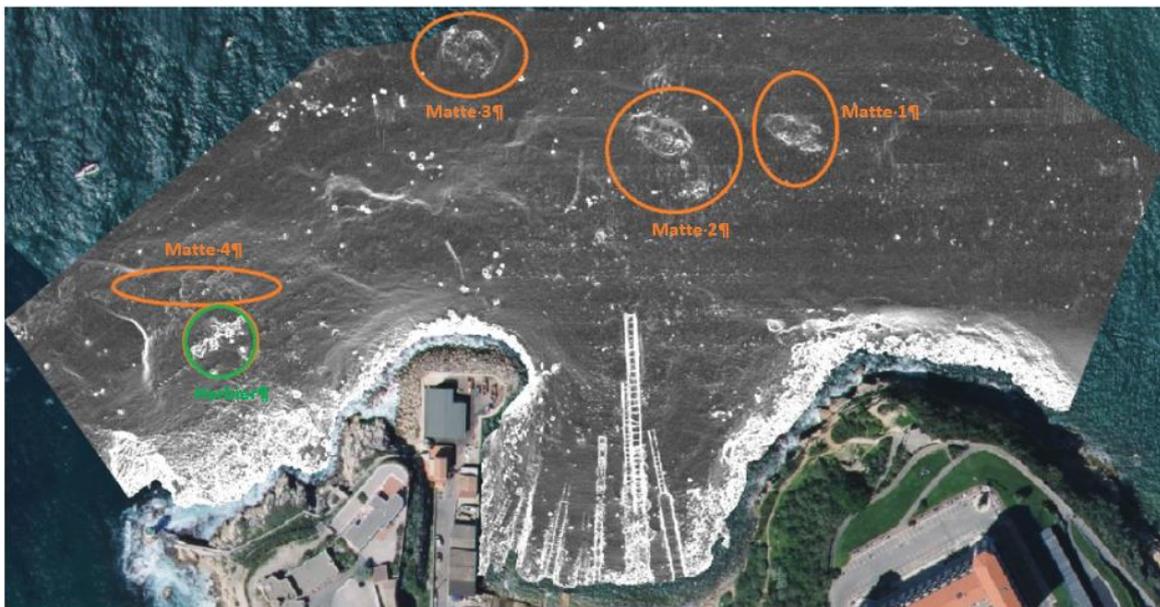


Figure 13- Zone d'intérêt potentielle à explorer

Des points géographiques ont été pointés sur ces zones. Ils sont donnés dans le tableau suivant.

Type	Latitude	Longitude
Matte 1	43°17'45.98"N	5°21'27.07"E
Matte 2	43°17'45.99"N	5°21'24.65"E
Matte 3	43°17'47.18"N	5°21'21.02"E
Matte 4	43°17'44.07"N	5°21'15.72"E
Herbier	43°17'43.37"N	5°21'16.13"E

Tableau 1- Coordonnées des points d'investigations en plongée sous-marine

Ainsi, ces points ont fait l'objet d'observations en plongée sous-marine. La visibilité sous l'eau était claire permettant une bonne réalisation des observations. Les plongeurs étaient équipés d'appareils photos afin de caractériser le secteur.

2.3.2.2. Caractérisation de l'herbier de posidonie

Au cours des observations en plongée sous-marine, la présence d'un herbier de posidonie a été constaté au point « Matte 4 » (et non pas au point Herbier). Ainsi, il a fait l'objet d'une caractérisation de sa vitalité.

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

Sur l'herbier, une description du site et de l'herbier a été réalisée avec :

- La profondeur ;
- La granulométrie du sédiment, indicative de l'hydrodynamisme ;
- La présence et la structure de matte morte et les intermattes structurelles ;
- La typologie de la limite supérieure de l'herbier donnant une information sur la dynamique de l'herbier et son caractère évolutif ;
- Des prises de vues photographiques et une identification des espèces associées à l'herbier.

Puis des mesures de densité des faisceaux foliaires ont été réalisées pour évaluer l'état de vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* sur une station sur l'un des patchs les plus importants de l'herbier.

Caractérisation de la limite de l'herbier

La typologie de la limite de l'herbier donne une information sur la dynamique de l'herbier et son caractère évolutif. On distingue ainsi 4 principaux types de limites inférieures (Meinesz & Laurent, 1978 in Bernard *et al*, 2003) :

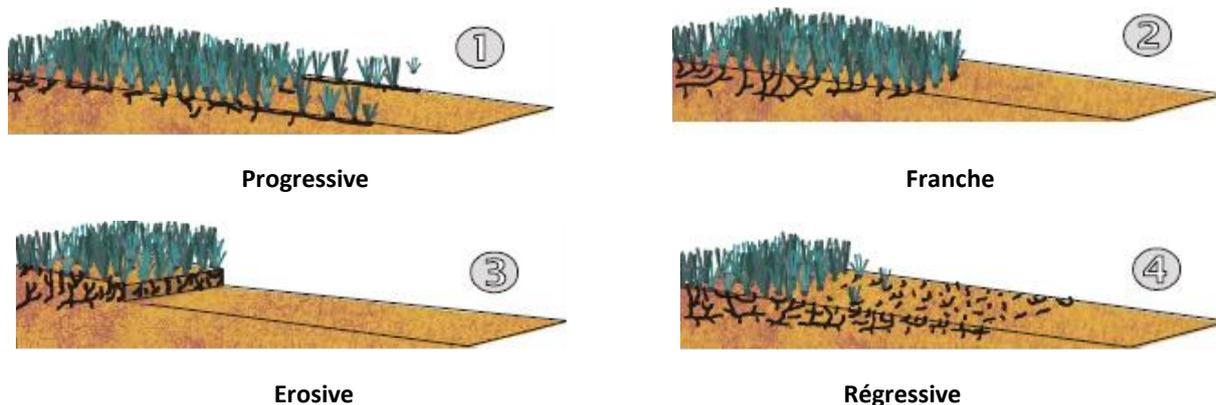
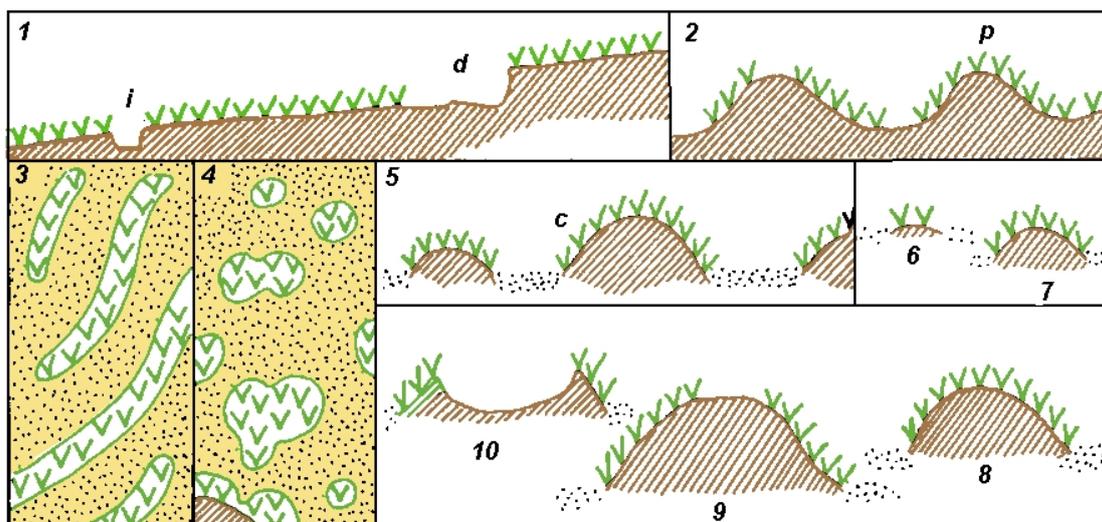


Figure 14- Typologie des limites de l'herbier de posidonie (Bernard et al, 2003)

Les différentes limites sont évaluées par des plongeurs expérimentés à partir des caractéristiques propres à chaque type.

Au travers des différentes structures d'herbier rencontrées et selon les caractéristiques du milieu (hydrodynamisme...), il est aussi 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...



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)

Figure 15- Les différents types d'herbiers à *Posidonia oceanica*.

La présence de rhizomes plagiotropes a été relevée au niveau de la limite de l'herbier par un plongeur. A la limite d'un herbier ou d'une tâche de *Posidonia oceanica*, la présence de faisceaux plagiotropes (rhizome croissant horizontalement) est un signe de bonne santé, puisqu'elle exprime la tendance de l'herbier à coloniser (ou à recoloniser) les zones voisines. Au sein d'un herbier, toutefois, l'importance des rhizomes plagiotropes peut également traduire la réaction (positive) de l'herbier à un stress, par exemple la pression d'ancrage.

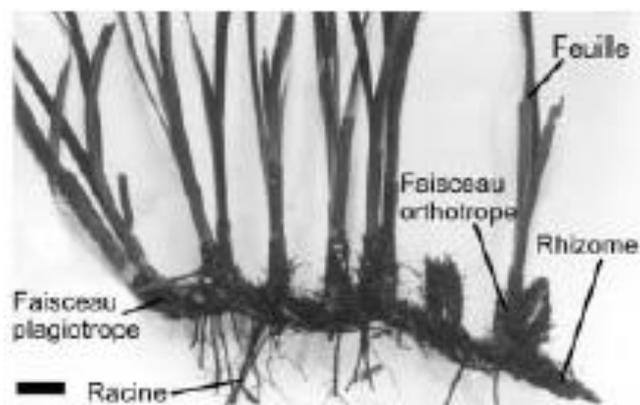


Figure 16- Description des rhizomes de posidonie (Boudouresque et Meinesz, 1982 in Boudouresque et al, 2006)

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 :

Pourcentage de rhizomes plagiotropes	Interprétation
< 30%	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression
Entre 30% et 70%	Légère tendance à la progression
> 70%	Nette tendance à la progression

Tableau 2- Interprétation de la vitalité de l'herbier en fonction des pourcentages moyens de rhizomes plagiotropes mesurés (Ifremer, 2003)

Densité des faisceaux foliaires

La mesure de la densité des faisceaux foliaires et l'expertise associée permet 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 de côté. Le comptage est répété 15 fois de manière aléatoire dans l'herbier (Pergent-Martini et al., 2005). La moyenne des mesures est ensuite établie et ramenée à une densité par mètre carré.

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).



Figure 17- Mesure de la densité des faisceaux et quadrat

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). Elle modifie les précédentes classifications et propose 5 classes de division.

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

Tableau 3- Classification de l'état de l'herbier selon les densités (/m²) de faisceaux observées et le niveau de profondeur (m) (Pergent et al., 2008 et Pergent-Martini et al., 2010)

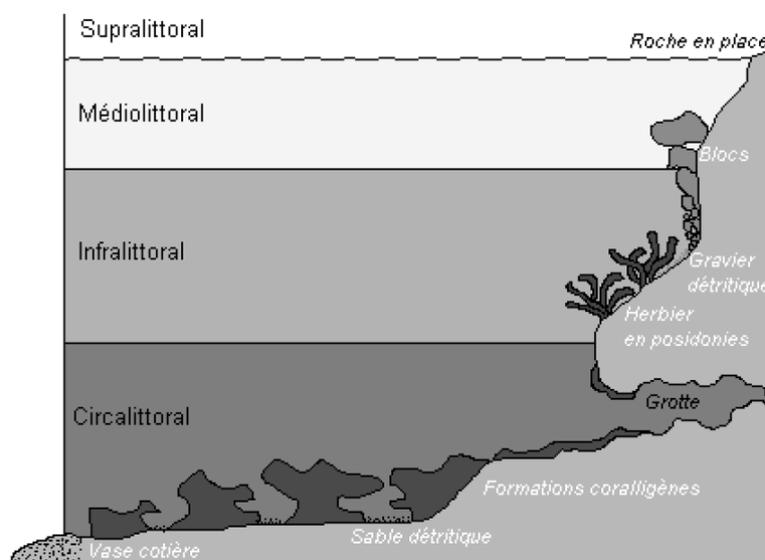
3. RESULTATS

3.1. LES BIOCENOSSES MARINES

3.1.1. L'étagement du littoral

Le système de classement des différents étages du littoral se fait en fonction de facteurs abiotiques tels que la lumière ou l'immersion. On distingue 4 étages représentés de 0 à 50 m (Andromede Oceanologie, 2009) :

- L'étage supralittoral : zone découverte exposée aux embruns où se localisent les organismes qui supportent ou exigent une émergence continue. Les immersions véritables y sont exceptionnelles ;
- L'étage médiolittoral : zone de balancement des vagues et marées ;
- L'étage infralittoral : correspond à la zone immergée et bien éclairée. Sa limite inférieure est celle qui est compatible avec la vie des algues photophiles et des phanérogames marines ;
- L'étage circalittoral : correspond à la zone profonde du plateau continental qui s'étend depuis 40 m de profondeur environ (limite inférieure de vie des algues photophiles) jusqu'à la limite de la pénétration de la lumière dans l'eau, laquelle dépend de la plus ou moins grande transparence des eaux, en général une centaine de mètres.



L'aire d'étude n'est concernée que par le médiolittoral et l'infralittoral.

3.1.2. Description de l'aire d'étude

La cartographie des biocénoses marines de l'infralittoral établie par SEMANTIC TS, et complétée par les données d'expertise en plongée, est présentée sur la figure suivante.

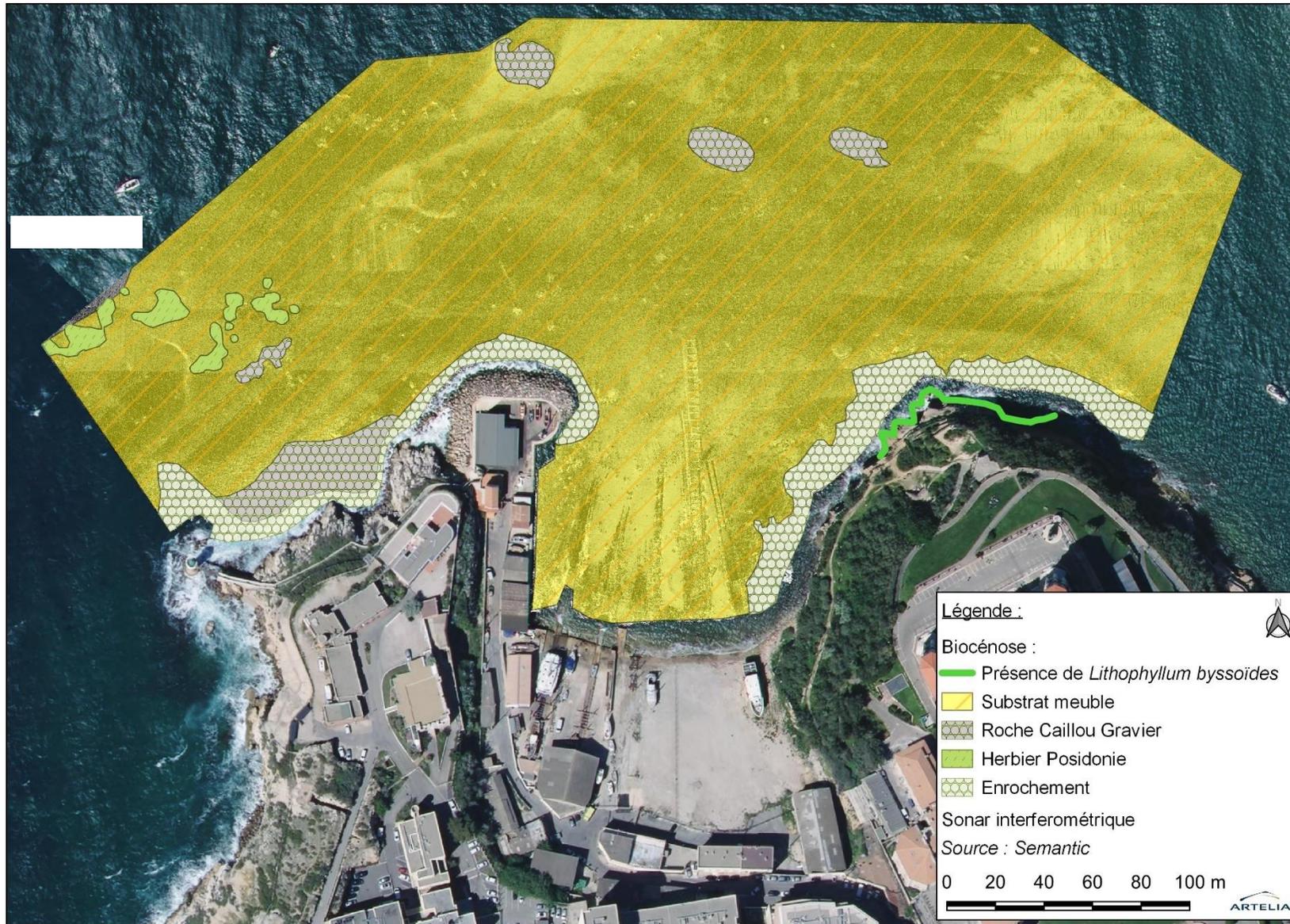


Figure 18- Cartographie des biocénoses marines (Marchetti, 2021)

Plusieurs secteurs de nature de fonds différentes peuvent être mis en évidence sur la zone d'étude.

- Des zones de sédiments meubles, avec des granulométries variables ;
- Des zones de substrats durs, avec présence de roches, platier rocheux mais aussi d'enrochement artificiels ;
- Un herbier de posidonies.

Afin de caractériser les habitats en présence la typologie Natura 2000 a été utilisée. Ces biocénoses sont décrites.

3.1.2.1. Zone de sédiments meubles

Les fonds marins de l'anse du Pharo, et la majorité des zones au large de l'anse, sont couverts de sédiments meubles de granulométrie variée. En fonction de leur répartition bathymétrique et de leur nature, ces fonds sont associables à l'habitat des « bancs de sable à faible couverture d'eau marine », décliné en « sables fins bien calibrés », « sables grossiers et fins graviers sous influence des courants de fonds » et « graviers infralittoraux ».

Les sables grossiers et fins graviers sous influence des courants de fonds

Les sables grossiers et fins graviers sous influence des courants de fonds sont présents à l'est et à l'entrée de l'anse du Pharo ainsi que dans la passe d'entrée du port. C'est l'habitat le plus représenté sur le secteur d'étude. Cet habitat s'étend le plus communément entre 3 à 4 m et jusqu'à 20 à 25 m de profondeur, mais peut, localement, descendre jusqu'à 70 m de profondeur. Il se rencontre donc aux étages infra et circalittoral. Cette nature des fonds s'explique par l'agitation subie ponctuellement par ces secteurs et les courants marins qui l'accompagne, constituant le principal facteur nécessaire à l'existence de cet habitat, généralement dépourvu de fraction fine.

A l'est du secteur d'étude, en s'éloignant du linéaire côtier et de la zone de roche, la granulométrie s'affine vers des sables grossiers peu ou pas colonisés en surface. Une anémone verte (*Anemonia viridis*) y a été observée.





Figure 19- Représentation de l'habitat des sables grossiers et fins graviers sous influence des courants de fonds à l'est de la zone d'étude

Au centre de la passe d'entrée du port, cet habitat couvre les fonds marins. Il présente des algues échouées à sa surface et des fragments de coquilles éparses.



Figure 20- Représentation de l'habitat des sables grossiers et fins graviers sous influence des courants de fonds au nord de la zone d'étude

Cet habitat, dont le sédiment présente une grande quantité d'anfractuosités, peut-être très riche en méiofaune et en mésopsammon, groupes écologiques très mal connus mais qui ont une grande importance dans l'alimentation des autres organismes. En revanche, il est fortement soumis au maintien de l'agitation du secteur et ne peut alors persister qu'en la présence de courants. De grandes périodes de calme sont susceptibles de mettre son existence en péril par envasement.

Les galets infralittoraux

Cet habitat est rencontré généralement dans les criques des côtes rocheuses soumises à un fort hydrodynamisme. Il ne s'étend pas profondément, jusqu'à quelques décimètres tout au plus et sa limite inférieure correspond à la zone où la force des vagues est insuffisante pour rouler les galets.

Présents à l'est de l'anse du Pharo, dans les espaces entre les rochers, cet habitat se compose de galets de 2 à 3 cm de diamètre, colonisés par un film algal et quelques espèces de chlorophycées (de type acétabulaire) et phéophycées. On y trouve également des algues échouées apportées par les courants. En effet, lors des périodes de calme, les galets se recouvrent d'un enduit de diatomées, et un certain nombre d'espèces des biotopes voisins viennent y faire des incursions. L'accumulation des débris lors des tempêtes favorise le développement épisodique des détritivores tels que les crustacés amphipodes.



Figure 21- Représentation de l'habitat galets infralittoraux à l'est de la zone d'étude

A cet endroit, il a surtout été constaté la présence de nombreux juvéniles de poisson comme les sars, démontrant la fonctionnalité de la zone comme nurserie.



Figure 22- Observation de nombreux juvéniles de poissons dans la zone est de la zone d'étude

Les petits fonds côtiers sont en effet propices à la fonction de nurseries pour les espèces marines. La post-larve correspond au dernier stade larvaire pélagique du cycle de vie, qui se termine par une phase de colonisation de l'habitat littoral d'origine pour la majorité des espèces d'animaux marins côtiers. Or aujourd'hui, près de 95% des post-larves disparaissent en quelques jours par prédation, manque d'habitat ou pollution.

La morphologie et les besoins des espèces définissent les caractéristiques de l'habitat pouvant jouer le rôle fonctionnel de nurserie. Cet habitat doit pouvoir permettre : une nutrition variée et adaptée, un habitat favorable à l'installation des post-larves, un environnement où les juvéniles grandissent plus vite et ont un meilleur taux de survie qu'ailleurs et une localisation qui permet un déplacement vers les habitats adultes.

Or l'habitat récif présent en zone calme, comme ici, possède les caractéristiques pour l'accueil de ces post-larves et permettre le développement des jeunes poissons qui contribueront à renforcer les stocks d'adulte en pleine mer. Cette fonctionnalité est donc importante car ces habitats sont soumis à une disparition progressive au grès des aménagements littoraux croissants.

A l'ouest de la zone d'étude, au pied des enrochement artificiels présents entre la pointe du Pharo et la pointe de la Désirade, il est retrouvé la même configuration qu'à l'est, avec des zones de galets et de sables grossiers présentant peu ou pas de colonisation.



Figure 23- Représentation de l'habitat galets infralittoraux à l'ouest de la zone d'étude

Substrat envasé à l'ouest de l'anse du pharo

L'ouest de l'anse du Pharo, au niveau des chantiers navals est abritée des agitations et présente des fonds de substrats meubles envasés. L'analyse granulométrique réalisée sur une carotte de 1 m a classifié les sédiments en sable moyen, présentant des teneurs en vase entre 8 et 10%, ce qui est assez faible au vu des observations.

Les fonds de ce secteur sont surtout jonchés de déchets, pneus et parcourus par les rails des slipway utilisés par les chantiers navals et leurs assises.

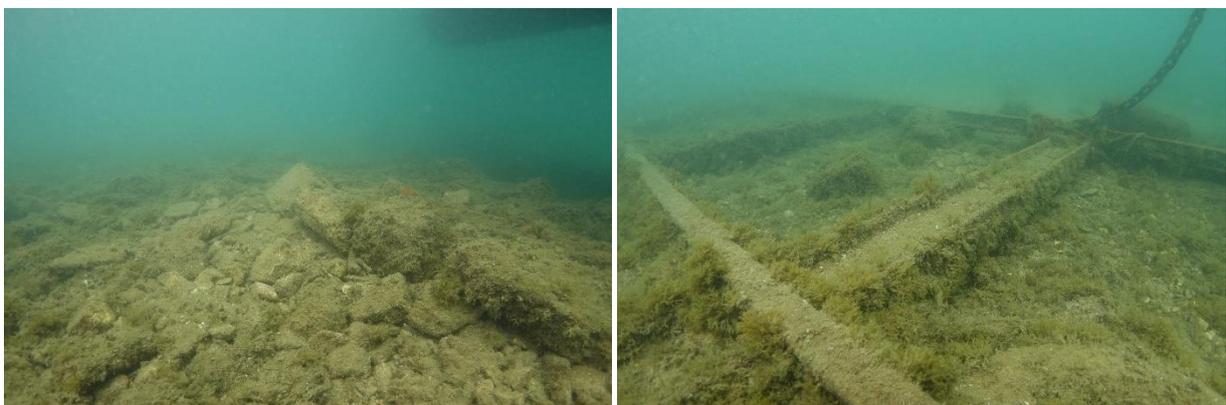




Figure 24- Représentation des fonds de l'ouest de l'anse du Pharo

Le développement d'algues filamenteuses a été constaté sur ce secteur. Des huîtres plates ont été vues par endroit.

Les habitats de sédiments meubles sont variés sur l'aire d'étude et diffèrent selon les conditions d'agitation auxquels ils sont soumis. L'habitat de sables moyens à grossiers est dominant et présente peu d'enjeu. Les zones envasées sont soumises à la pression des activités humaines du site et ne présentent pas non plus d'enjeu particulier. En revanche les zones de galets sont importantes du fait de leur fonctionnalité révélée comme zone de nurseries pour les poissons. Leur enjeu est moyen.

3.1.2.2. Les herbiers de posidonies

Généralités

La posidonie, *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, est une magnoliophyte marine (plante à fleurs) endémique de la Méditerranée. En tant qu'espèce, elle est protégée par la Convention de Berne (relative à la conservation de la vie sauvage et des milieux naturels en Europe), par la Convention de Barcelone sur la protection de la Méditerranée, et par des lois spécifiques à portée nationale (France, Espagne Italie) relatives à la protection de la nature. En tant qu'habitat, les herbiers sont notamment pris en considération par la « Directive Habitats » de l'Union Européenne du 21 mai 1992. Elle constitue en effet de vastes prairies sous-marines, appelées herbiers, qui se développent depuis la surface de l'eau jusqu'à 30 à 40 m de profondeur, selon la transparence des eaux. La formation des herbiers, leur dynamique et leur densité dépendent étroitement du milieu environnant : nature du substrat sur lequel les posidonies se fixent, force et direction des courants sous-marins, profondeur, qualité des eaux, etc.

Les prairies sous-marines ou « herbiers » ont une forte productivité biologique et ont une riche biodiversité. Ces prairies sont un terrain important pour l'élevage des jeunes poissons. Les invertébrés associés aux prairies sous-marines comprennent des vers polychètes, des amphipodes, des isopodes, des décapodes et des mollusques. L'herbier joue également un rôle fondamental dans la protection contre l'érosion de la frange côtière et des plages.

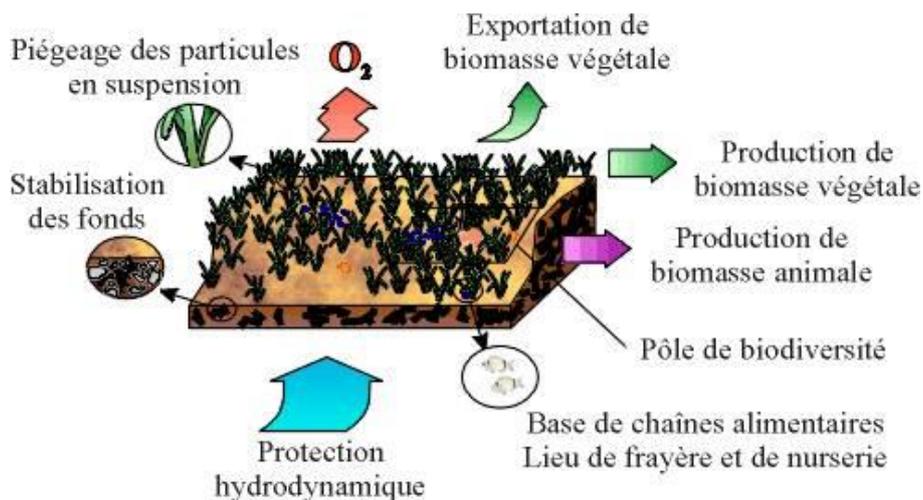


Figure 25- Principales fonctions de l'herbier de posidonie (www.mio.univ-amu.fr/gisposidonie)

Comme pour l'ensemble des herbiers, les posidonies sont sensibles aux modifications du milieu, turbidité, baisse de la lumière et modification de l'hydrodynamisme, mais aussi aux pollutions et aux atteintes physiques telles que l'arrachage par les ancrages ou les aménagements.

Caractérisation de l'herbier

Structure générale de l'herbier

Sur la zone d'étude, un herbier de posidonies en patch est rencontré dans la passe d'entrée du port à 8 m de profondeur.



Figure 26- Illustration de l'herbier de posidonie présente dans la passe d'entrée du port

Il se présente en plusieurs îlots de surface plus ou moins importante, estimée entre 10-15 m² pour certains, à 100 m² pour d'autres. Il est entouré de sable moyen à grossier qui semble consolidé.

Limite de l'herbier

Sur les différentes tâches d'herbier, la matse n'est pas visible et les limites sont franches mais ne présentent pas de signe d'érosion. Le pourcentage de rhizomes palgiotropes a été estimé inférieur à 30%, signifiant que l'herbier est stable, avec peu ou pas de progression.

Densité des faisceaux foliaires

Les résultats des mesures de densité de l'herbier sont donnés dans le tableau suivant.

Station	Coordonnées	Profondeur	Nombre de quadrat	Densité moyenne (faisceaux/m ²) ± écart-type	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)
1	43°17,739' N 5°21,262' E	8 m	15	305 ± 55,7	Médiocre

Tableau 4- Résultats des mesures de densité de l'herbier de posidonie

La densité mesurée de faisceaux foliaires en cette station est de 305 faisceaux/m², ce qui correspond à un herbier en état médiocre selon la classification de Pergent-Martini et Pergent, 2010. En effet, compte tenu de sa taille et de sa morphologie, cet herbier semble relictuel bien qu'il semble stable et ne montre pas de signe d'érosion.

Il est à noter que quelques juvéniles de poissons ont été observés sur le site, conférant à cet herbier une fonction potentielle de nurserie. Compte tenu de sa position à l'entrée de la passe, et de la fonction de nurserie constatée à la côte dans l'habitat des galets infralittoraux, il est envisageable de penser que, bien que peu développé, l'herbier permet de constituer une continuité écologique, sorte de passerelle pour que ces espèces en développement puissent rejoindre le large dès lors qu'elles ont atteint l'âge requis. Il revêt une potentielle importance.

Cette espèce endémique de Méditerranée est protégée au niveau national. Sa fonction potentielle de nurserie et de continuité écologique dans la passe du port lui confère une importance particulière. Son enjeu est fort.

3.1.2.3. Les zones du substrats durs

A l'est de la baie se trouve les « falaises » situées sous le parc du palais du Pharo. Une partie de cette zone est en pierre naturelle, l'autre a été renforcée en empierrements maçonnés. Cette zone de roche abrupte se prolonge sous l'eau sur 1 à 2 m de profondeur. On trouve au droit de ce secteur des rochers volumineux de 1 à 2 m de diamètre et dans le renforcement de l'anse de Pharo, un platier rocheux. La nature de ces fonds est associable à l'habitat « récif », décomposé en « roche médiolittorale » et « roche infralittorale à algue photophile ».

La zone à l'ouest de l'anse, entre la pointe du Pharo et la balise de la pointe de la Désirade, présente des enrochements artificiels également associables à l'habitat « récif ».

Enfin, l'habitat récif est aussi représenté au large de l'anse sur certains des secteurs d'intérêt pointés par les relevés géophysique, sous la forme de petits amas de galets et de roches de petites tailles.

Les roches du médiolittoral

Sur l'aire d'étude, le médiolittoral du linéaire côtier est essentiellement observable sur les zones rocheuses d'origine naturelles et artificielles, la « plage » de l'anse du Pharo étant artificiel et constituée de gravats issus du chantier de démolition des bâtiments. Elle n'est alors pas représentative d'un habitat qualifiable d'après les éléments naturels qui les modèlent habituellement.

A l'est de l'anse, la zone rocheuse est abrupte et est constituée de roches naturelles pour une partie et d'éléments maçonnés ensuite. Sur les roches naturelles, il a été constaté la présence de différentes espèces plutôt caractéristiques d'une zone exposée à l'agitation telles que :

- l'algue calcaire *Ellisolandia elongata* ;
- des lichens ;
- des patelles...

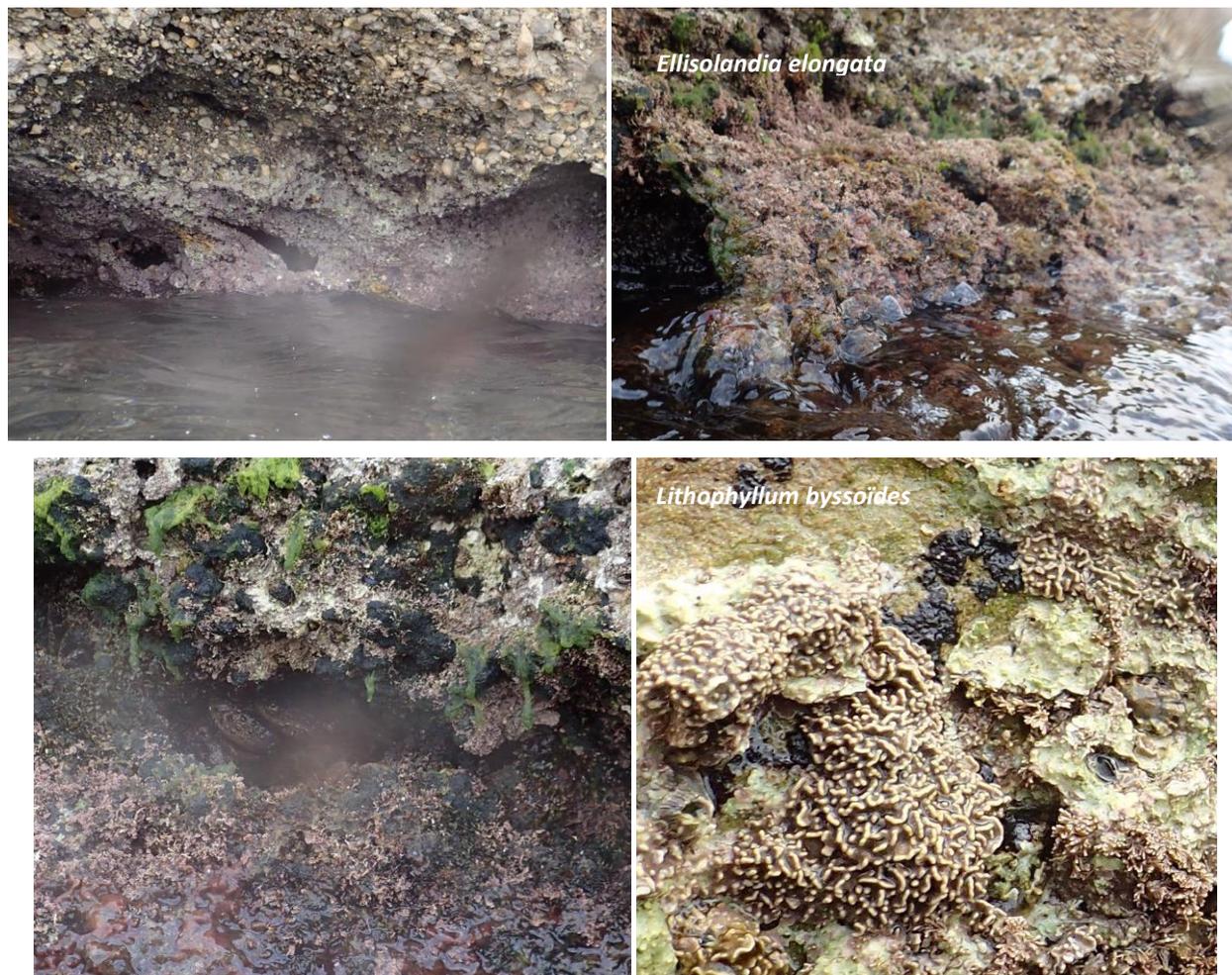


Figure 27- Représentation des espèces présentes sur les rochers naturels dans l'étage médiolittoral à l'est de la zone d'étude

Il est important de noter la présence de l'espèce *Lithophyllum byssoïdes* sur ce secteur en petit patch isolé. *Lithophyllum byssoïdes* est une algue rouge calcaire formant des coussinets mais pouvant construire de véritables « encorbellements » appelés improprement « trottoirs », dans la zone de déferlement des vagues. L'algue se développe sur des côtes battues par les vagues et exposées aux vents.

Les « trottoirs » à *Lithophyllum byssoïdes* constituent des paysages de grand intérêt esthétique et patrimonial. Sa capacité à construire ces formations calcaires ont justifié son inscription à l'annexe I de la Convention de Berne (1996) et à l'annexe II de la Convention de Barcelone (1996). Elle n'est en revanche pas protégée au niveau national.

Ces formations calcaires sont en effet remarquables à plusieurs titres. Elles constituent un marqueur du niveau moyen de la mer et, lorsque les conditions sont très favorables, elles peuvent atteindre plus de 1 m de largeur, témoignant d'une stabilité du niveau de la mer sur plusieurs siècles. Malheureusement, leur croissance est trop lente pour

Rapport d'expertise

CREATION D'UN VILLAGE D'ENTREPRISES NAUTIQUES – ANSE DU PHARO

compenser l'augmentation actuelle plus rapide de l'élévation du niveau de la mer due au réchauffement climatique. Beaucoup de ces « monuments naturels » sont déjà submergés et morts et tous sont menacés d'extinction à moyen terme. De ce fait, l'espèce est classée en préoccupation mineure sur la liste de l'UICN mais sa formation calcaire est classée comme en danger critique (catégorie de type UICN : LC (espèce), CR (bordures)) (Verlaque *et al.*, 2019).

Il existe trois types morphologiques de développement caractéristiques de *Lithophyllum byssoïdes* :

- Type I : thalles isolés les uns des autres (en forme de demi-sphères éparses) ;
- Type II : thalles voisins, localement coalescents (même si cette coalescence n'intéresse qu'une partie du tronçon de 50 m), le relief formé par le placage des thalles ne constituant pas de surplomb ;
- Type III : la coalescence des thalles et leur mode de croissance déterminent la formation d'un surplomb dont la profondeur est supérieure à 5 cm (encorbellement).

Sur la zone d'étude, l'espèce serait de type II. Elle est présente sur environ 100 m de linéaire à l'endroit indiqué sur la carte présentée en début de chapitre.



Figure 28- Présence de *Lithophyllum byssoïdes* sous le palais du Pharo

Sur les empièvements maçonnés présents sous le palais du Pharo, on ne trouve pratiquement pas de colonisation.



Figure 29- Représentation des espèces présentes sur les empierements maçonnés dans l'étage médiolittoral à l'est de la zone d'étude

Concernant les enrochements artificiels présents à l'ouest de la zone d'étude, entre la pointe du Pharo et la pointe de la Désirade, l'étage médiolittoral présente très peu de colonisation. Il y est constaté la présence de patelle et de l'algue calcaire *Ellisolandia elongata* très ponctuellement.



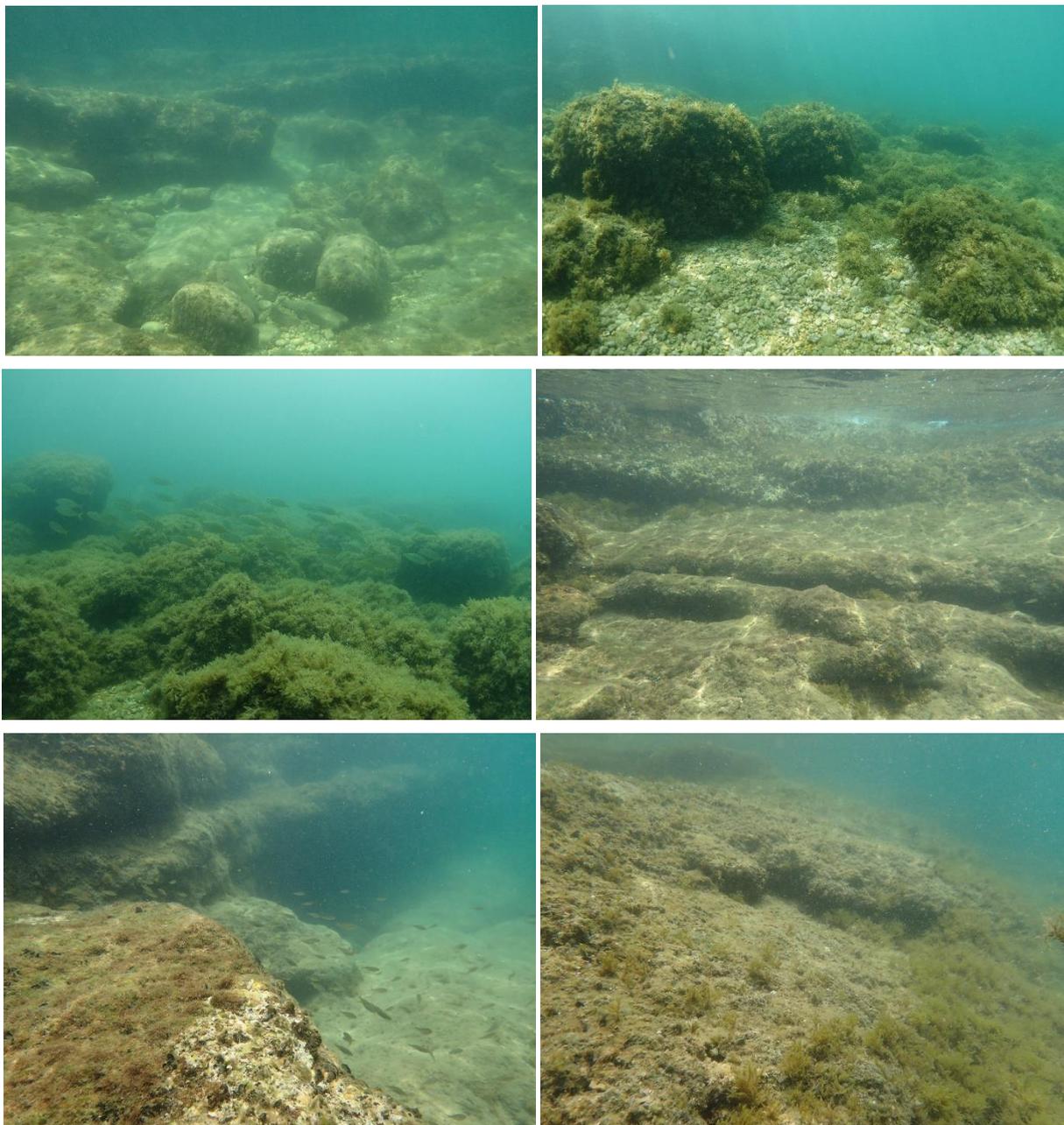
Figure 30- Représentation des espèces présentes sur les enrochements dans l'étage médiolittoral à l'ouest de la zone d'étude

Roches infralittorales à algues photophiles

Cet habitat est situé dans l'étage infralittoral qui s'étend depuis la zone où l'immersion est permanente jusqu'à la limite au-delà de laquelle les magnoliophytes et les macrophytes photophiles ne peuvent plus survivre. Cette limite inférieure est conditionnée par la pénétration de la lumière, elle est donc extrêmement variable selon la topographie et la qualité

de l'eau. Dans certaines zones d'eau très claire, elle peut descendre jusqu'à -35 à -40 m, alors qu'elle est limitée à seulement quelques mètres dans les zones les plus turbides. Tous les substrats rocheux de l'étage infralittoral où règnent des conditions de lumière suffisantes sont recouverts par des peuplements extrêmement riches et variés d'algues photophiles (Glémarec et Bellan-Santini, 2004).

A l'est de la zone d'étude, cet habitat est constitué des roches observées en surface sous le palais du Pharo et qui se prolonge dans l'eau. On trouve le tombant rocheux, qui s'étale en platier et des blocs de roches de 1 à 3 m de diamètre. Ces roches sont couvertes d'algues brunes, dont *Dictyota dichotoma*. Certaines d'entre elles présentent des surplombs où se déploie une faune caractéristique d'éponges encrustantes et de concrétions calcaires.



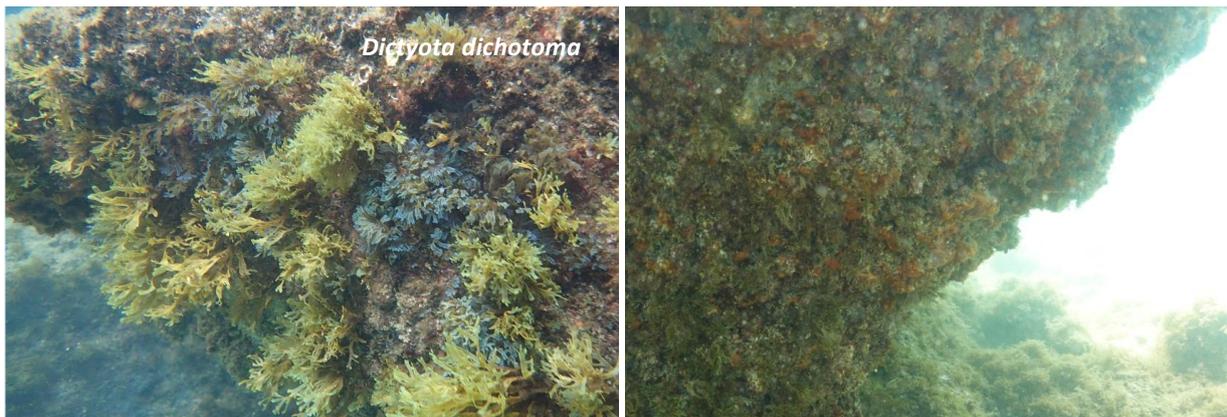


Figure 31- Représentation de l'habitat des roches infralittorales à l'est de la zone d'étude

A l'ouest de la pointe du Pharo, les enrochements artificiels sont des blocs de plusieurs mètres de diamètre également colonisés. On y observe l'algue rouge à crochets *Asparagopsis armata* en grand nombre, alors qu'elle était peu présente à l'est de la zone d'étude. Cette algue est considérée comme invasive. Originaires d'Australie occidentale, cette espèce s'est probablement introduite dans les eaux européennes par l'intermédiaire de l'ostréiculture. Aujourd'hui, elle est présente dans toute l'Europe, aussi bien dans le bassin méditerranéen que dans l'océan atlantique, et est très envahissante. L'impact de son introduction et de sa prolifération est inconnu mais l'espèce domine probablement les espèces autochtones en termes d'espace et de lumière. Dès qu'elle est introduite, il est impossible de l'éradiquer ni même de la confiner. La manière la plus efficace et la moins coûteuse de contrôler éventuellement cette espèce consiste à agir dès le début du processus d'invasion (Otero *et al.*, 2013).

On y trouve également des algues brunes du genre *Dictyota* (*Dictyota spiralis*, *Dictyota dichotoma*). Quelques surplombs sont présents en pied des enrochements, présentant des espèces calcaires et encroutantes (éponge/algues/tube...).





Figure 32- Représentation de l'habitat des roches infralittorales à l'ouest de la zone d'étude

Enfin, dans la passe d'entrée du port, ont été constatées différentes zones constituées de petits amas rocheux éparses de faibles tailles présentant peu de relief. Au point Herbier, un platier rocheux plus imposant a été constaté. Aux points Matte 1 et 2, ces zones étaient couvertes d'algues filamenteuses ne permettant pas de voir la colonisation des substrats. Sur le point Matte 3, un couvert algal d'algues brunes essentiellement et des concrétionnements calcaires ont été observés sur ces rochers.





Figure 33- Représentation de l'habitat des roches infralittorales dans la passe d'entrée du port

A noter que sur le point Matte 3, des plants de posidonies isolés ont été observés. Au point Matte 1, de la matte morte de posidonie a été constatée en grattant le sédiment, signe de la présence d'herbier ancien.

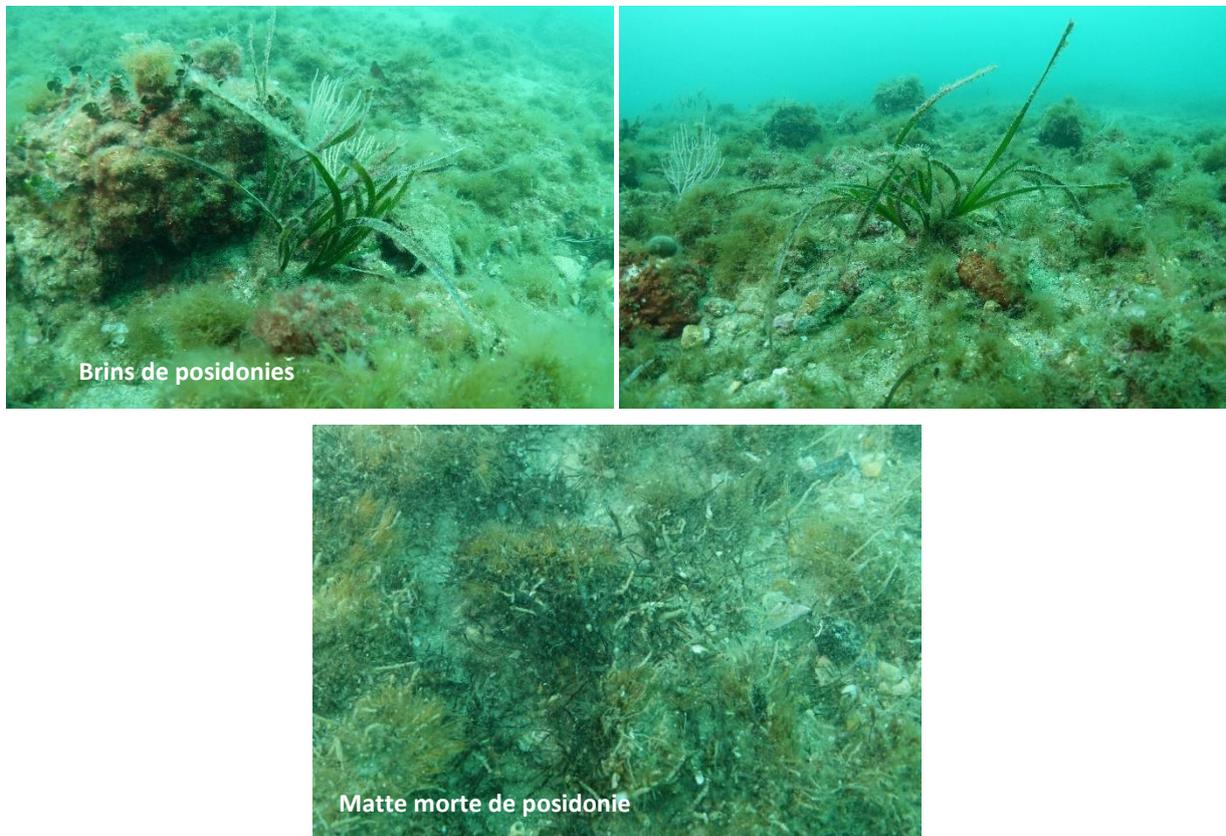


Figure 34- Présence de plants de posidonie isolés et de matte morte au centre de la passe d'entrée du port

L'habitat récif est représenté par des blocs rocheux de grandes tailles à la côte sur le site, naturels et artificiels, ainsi que par un platier rocheux naturel présent au niveau des falaises sous le palais du Pharo. Les enrochements artificiels présentent peu d'enjeu alors que la roche naturelle des falaises du médiolittoral à l'ouest de la zone d'étude est le support au développement de l'espèce *Lithophyllum byssoïdes*, espèce d'intérêt du fait de la disparition progressive de son développement le plus aboutis, l'encorbellement. Bien que ce type de développement n'ai pas été constaté sur le site, la présence de l'espèce confère à l'habitat un enjeu moyen. Enfin, les zones d'amas rocheux présents dans

la passe constituent une diversification de la nature des fonds et permettent le développement d'une faune variée et différente, ce qui leur confère un enjeu moyen.

3.2. LA FAUNE MARINE

3.2.1. La faune associée aux herbiers

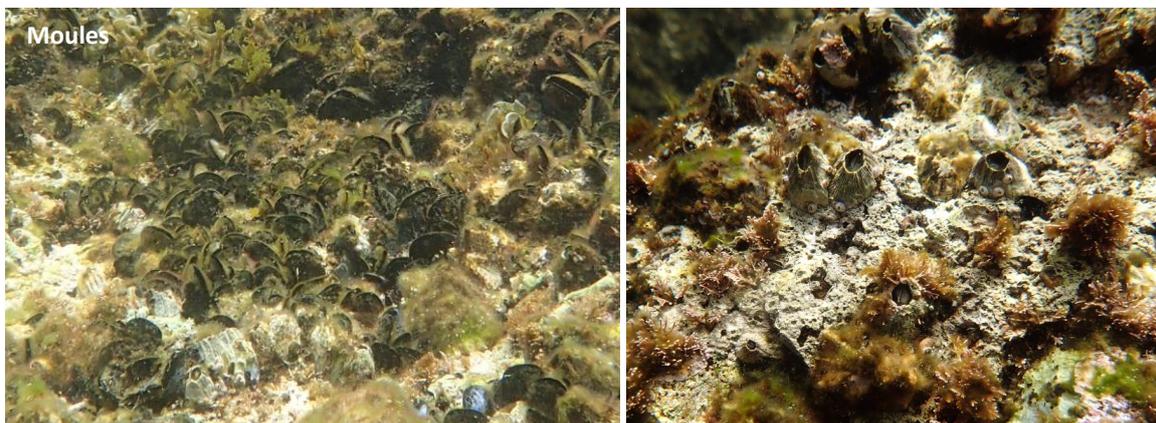
La faune associée aux herbiers de posidonies est constituée d'animaux sessiles qui vivent sur le substrat de feuilles et rhizomes, et d'animaux vagiles capables de bouger à l'intérieur de l'herbier. Il y a également des organismes vivants à l'intérieur des mattes, principalement saprophages. Des études menées par Gambi *et al.* en 1992 ont démontré qu'environ 70 % de la population animale des herbiers est herbivore. Les plus abondants sont les échinodermes, particulièrement *Paracentrotus lividus*, pouvant se nourrir des feuilles de la plante. Les carnivores sont à leur tour représentés par des poissons, mollusques, annélides polychètes et crustacés décapodes.

Compte tenu de la taille réduite de l'herbier présent dans la passe d'entrée du port, peu d'espèces y ont été observées. Quelques girelles, labres, et juvéniles de poissons ont été vus sur la zone.

La faune observée sur l'herbier est peu développée et ne présente pas un enjeu patrimonial particulier. L'enjeu de la faune associée aux herbiers est donc faible.

3.2.2. La faune associée à l'habitat récif

Dans les zones de petits fonds (< 2-3 m) à l'est de l'anse du Pharo, il a été constaté la présence d'une faune peu abondante et de petite taille, composées de moules et balanes à proximité de la surface, d'étoile de mer, de blennie et tryptérygion, de bernard l'hermite et coquillages ainsi que d'anémones et d'espèces calcaires comme la dentelle de Neptune.



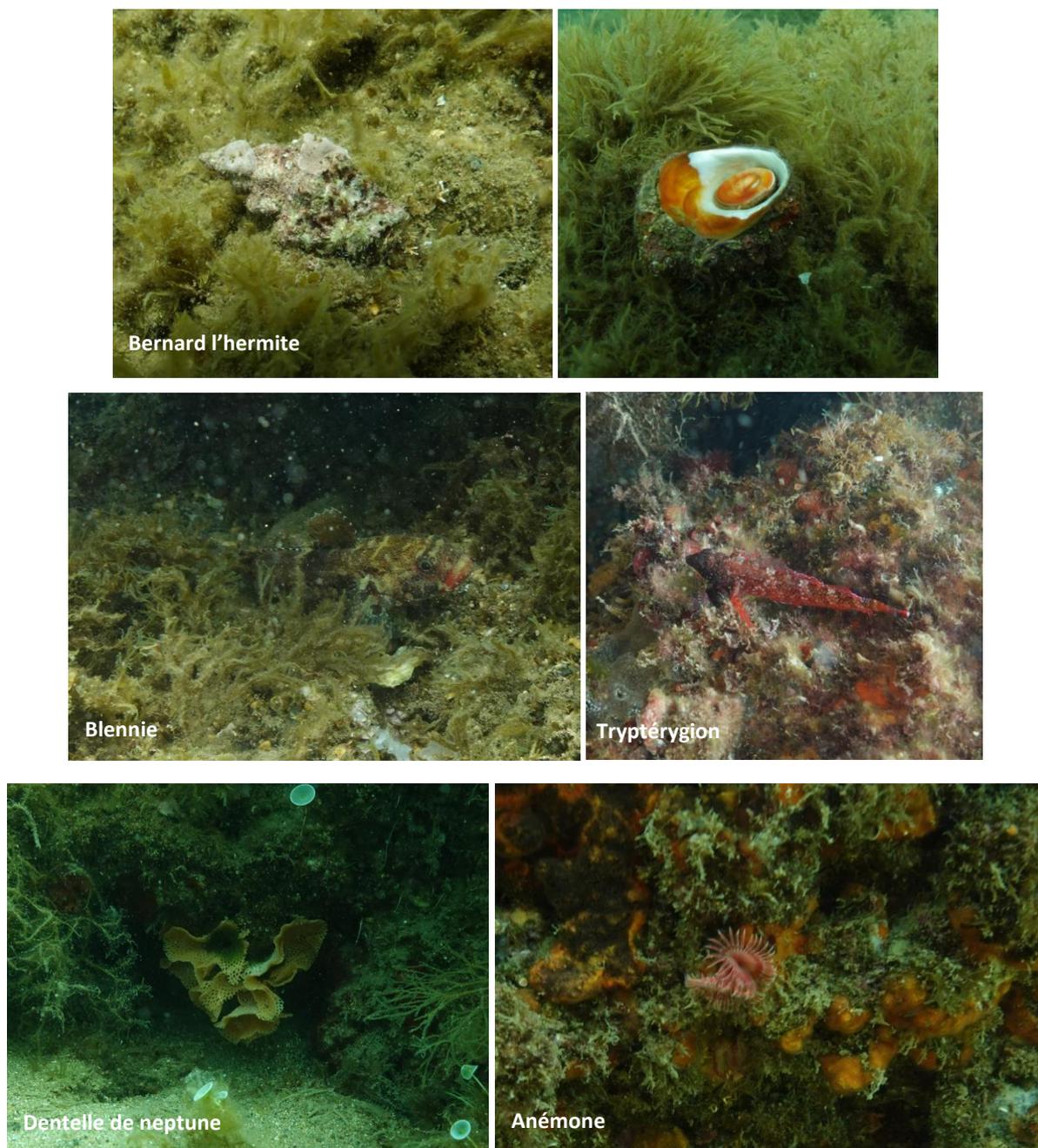


Figure 35- Illustration de la faune observée à l'est de la zone d'étude

A l'ouest de la zone d'étude, on constate la même petite faune inféodée au rocher. De plus grosses espèces de poissons y sont cependant constatées comme des sars adultes, des loups, des saupes...



Figure 36- Illustration de la faune observée à l'ouest de la zone d'étude

Enfin, dans la passe d'entrée du port au centre de l'aire d'étude, les petits amas rocheux présentent une espèce caractéristique de zone sous influence de courant : la gorgone blanche *Eunicella singularis*. Hormis cette espèce, essentiellement présente au point Matte 3, on trouve peu de faune sur les points Matte 1 et 2 qui sont couverts d'algues filamenteuses.



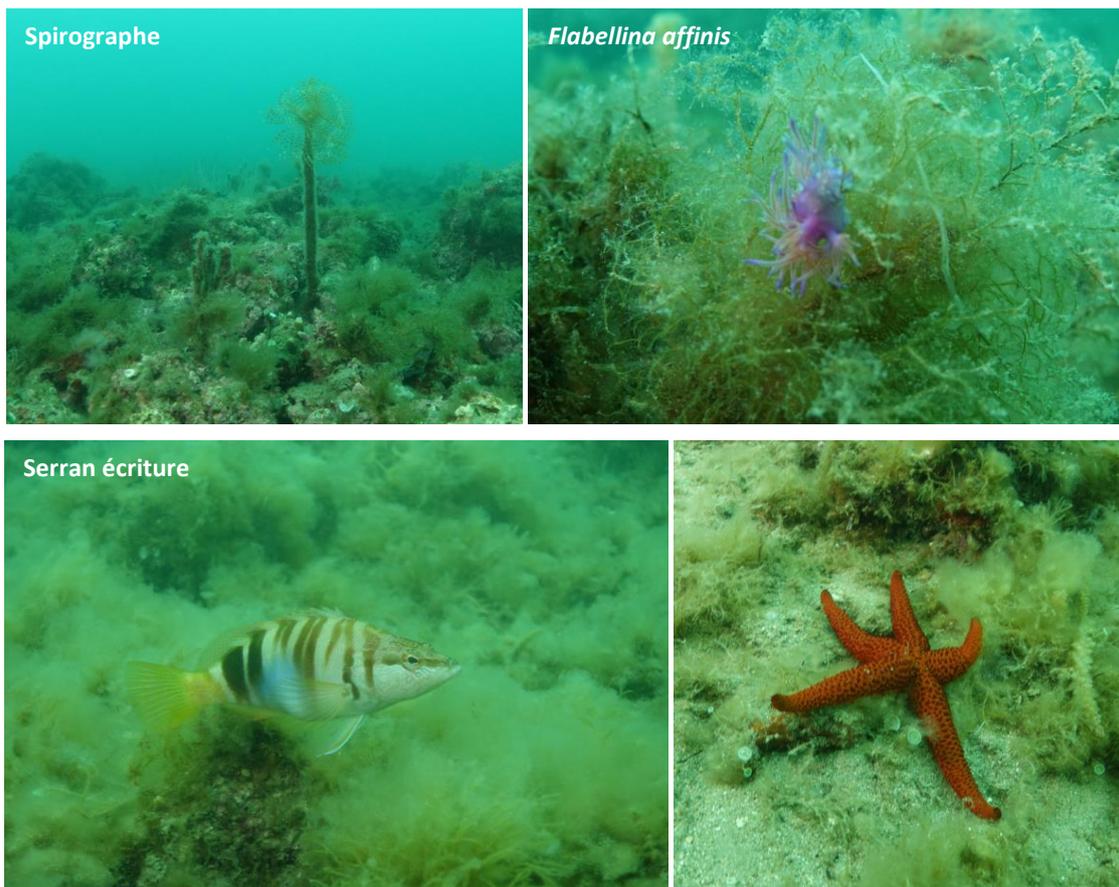


Figure 37- Illustration de la faune observée dans la passe du port

Aucune espèce d'intérêt patrimoniale n'a été constatée au sein de l'habitat récif. L'enjeu de la faune associée à l'habitat récifs est donc faible.

3.3. CONCLUSION

La zone d'étude présente plusieurs points d'intérêt :

- La présence d'un herbier de posidonie dans la passe d'entrée du port, espèce protégée au niveau national ;
- La présence de *Lithophyllum byssoïdes* à l'est de la zone d'étude, inscrite à l'annexe I de la Convention de Berne (1996) et à l'annexe II de la Convention de Barcelone (1996). Elle n'est en revanche pas protégée au niveau national ;
- La fonction de nurseries pour les juvéniles de nombreuses espèces de poisson à l'est de la zone d'étude principalement et la continuité écologique potentielle formée par l'herbier de posidonie présent en sortie de passe pour ces espèces.

REFERENCES

- Andromede Oceanologie, 2009. Etude et cartographie des biocénoses marines de la rade de Toulon. Evolutions 2009/2001. Contrat Andromede Oceanologie / Communauté d'agglomération Toulon Provence Méditerranée. 173pp.
- Bernard G., Denis J., Bonhomme P., Emery E., Cadiou G., Charbonnel E., Herve G., Boudouresque C.F., 2003. Cartographie des biocénoses marines entre la Tour Fondue et l'île de Porquerolles. Alimentation en eau potable de l'île de Porquerolles. Rapport de synthèse final. Ville de Hyères-les-Palmiers, GIS Posidonie et Ifremer, GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.: 1-60.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., Lefèvre J.R., 1985. Cartographie des peuplements benthiques marins de Corse. I. La formation récifale à *Posidonia oceanica* de Saint-Florent. Ann. Inst. océanogr., 61(1): 27-38.
- 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., Monaco: 1-202. N° ISBN 2-905540-30-3
- Gambi M.C., Lorenti M., Russo G.F., Scipione M.B., Zupo V., 1992. Depth and seasonal distribution of some groups of the vagile fauna of the *Posidonia oceanica* leaf stratum: structural and trophic analyses. PSZN I: Mar Ecol 13(1):17-39
- Giraud G., 1977a. Contribution à la description et à la phénologie des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doct. Spécialité, Univ. Aix-Marseille II, Fr.: 1-150.
- Giraud G., 1977b. Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. Bot. Mar. 20(8): 487-491.
- Glémarec M., Bellan-Santini D., 2004. Cahiers d'habitats Natura 2000 – Tome 2 Habitats côtiers. La Documentation française, Paris, 399 p.
- Ifremer, 2003. Cartographie des biocénoses marines. Volet n°1 : l'herbier à *Posidonia oceanica* – Guide méthodologique. Ifremer, Toulon-la Seyne-sur-Mer, Centre océanologique de Marseille, GIS Posidonie, 93pp.
- Marchetti S., 2021. Rapport de mission - Levés bathymétriques multi-faisceaux, cartographie des biocénoses, Marseille - Anse du Pharo. SEMANTIC TS, ARTELIA, N° R/21/053/SM
- Noël C., Boissery P., Quelin N., Raimondino V., 2012 : Cahier Technique du Gestionnaire : Analyse comparée des méthodes de surveillance des herbiers de posidonies. 96 p - CartOcean, Agence de l'eau RMC, Dreal PACA, Région PACA
- Otero M., Cebrian E., Francour P., Galil B., Savini D., 2013. Surveillance des espèces envahissantes marines dans les aires marines protégées (AMP) méditerranéennes : guide pratique et stratégique à l'attention des gestionnaires. UICN. 136 pages.
- Pergent G., Leonardini R., Lopez Y., Royo C., Mimault B., Pergent-Martini C., 2008. Mise en oeuvre d'un Réseau de Surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse – Rapport de synthèse 2004-2008. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse, GIS Posidonie Publ., Corte : 1 – 273.
- Pergent-Martini C., Leoni V., Pasqualini V., Ardizzone G.D., Balestri E., Bedini R., Belluscio A., Belsher T., Borg J., Boudouresque C.F., Boumaza S., Bouquegneau J.M., Buia M.C., Calvo S., Cebrian J., Charbonnel E., Cinelli F., Cossu A., Di Maida G., Dural B., Francour P., Gobert S., Lepoint G., Meinesz A., Molenaar H., Mansour H.M., Panayotidis P., Peirano A., Pergent G., Piazzi L., Pirrotta M., Relini G., Romero J., Sanchez-Lizaso J.L., Semroud R., Shembri P., Shili A., Tomasello A., Velimirov B., 2005. Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: use and application. Ecol. Indicators 5: 213-230.
- Pergent-Martini C., Pergent G., 2010. Propositions de lignes directrices pour la standardisation des méthodes de cartographie et de surveillance des magnoliophytes marines en Méditerranée. PNUE-PAM-CAR/ASP, Contrat N°72/2009, Tunis :1 – 66.
- Verlaque M., Boudouresque C-F., Perret-Boudouresque M., 2019. Mediterranean seaweeds listed as threatened under the Barcelona Convention: A critical analysis. Parc national de Port-Cros, Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, 33: 179-214 (2019)

Sites internet consultés :

- www.mio.univ-amu.fr/gisposidonie