



**SEMANTIC TS**

Bureau d'Etudes Environnement, Océanographie & Acoustique

## Rapport d'étude

### Inspection faune, flore, habitat marins pour l'aménagement du ponton du Centre Nautique et Environnement Marin (CNEM)

Baie des Canoubiers

Ville de Saint-Tropez



**Destinataire :** Commune de Saint-Tropez

**Rédacteur :** NOEL Claire



**Projet :** Saint-Tropez - Baie des Canoubiers - Ponton du CNEM

**Document Ref. SEMANTIC TS :** N° R/21/039/CN - Rapport Inspection Faune-Flore-Habitat du 26/03/2021

## Rapport

### Évolution du document

Version N°	Date	Référence	Évolution
1	26/03/2021	R/21/039/CN - Rapport Inspection Faune-Flore-Habitat	Document initial

Visa Contrôle Qualité	Visa Contrôle Administratif
Nom : MARCHETTI Simon Fonction : Chef de projet Date : 30/03/2021 Visa : 	Nom : TEMMOS Jean Marc Fonction : Directeur Date : 31/03/2021 Visa : 

Ce document doit être cité sous la forme suivante :  
 NOEL C. 2021. Inspection faune, flore, habitat marins, pour l'aménagement du ponton du Centre Nautique et Environnement Marin (CNEM) - Baie des Canoubiers - Ville de Saint-Tropez. SEMANTIC TS publ., Fr., R/21/039/CN.

## SOMMAIRE

<b>I. Introduction.....</b>	<b>3</b>
<b>II. Méthodologie &amp; Matériel pour les travaux de cartographie par drone aérien.....</b>	<b>5</b>
<b>III. Méthodologie pour les travaux de reconnaissance subaquatique.....</b>	<b>7</b>
III.1) Moyens matériels mis en œuvre.....	7
III.2) Méthodologie pour les plongées de reconnaissance.....	8
III.3) Observations ponctuelles ou en transect.....	9
III.4) Inventaire des espèces observées.....	10
III.5) Méthodologie pour la mesure de la vitalité de l'herbier de posidonies.....	11
III.6) Autres herbiers.....	13
III.7) Repérage et cartographie des nacres.....	14
<b>IV. Résultats de la mission d'observations biocénotiques : plongeur et drone aérien.....</b>	<b>15</b>
IV.1) Compte rendu de la mission.....	15
IV.2) Vue aérienne.....	16
IV.3) Observations subaquatiques.....	19
IV.4) Synthèse des enjeux & Préconisations.....	26

## I. INTRODUCTION

### Contexte & Objectifs

La commune de Saint-Tropez envisage des travaux d'aménagement du ponton du Centre Nautique Municipal. Dans cette optique, elle souhaite réaliser une inspection faune/flore/habitat par plongeur afin de recenser les enjeux environnementaux présent au droit et autour de la zone d'intervention.

La zone d'étude est représentée en jaune sur la figure suivante :



**Figure 1 : Zones de levé (en jaune). A droite : Transects d'inspection en plongée subaquatique (en bleu)  
Fond de carte : A gauche : Vue Google Earth 08/2006 – A droite : Vue Google Earth 08/2017**

### Moyens mis en œuvre & Travaux réalisés

La société SEMANTIC TS spécialisée en cartographie et monitoring des fonds marins et experte en reconnaissance environnementale et en écologie marine Méditerranéenne, a réalisé les travaux d'inspection faune, flore, habitat marins, pour l'aménagement du ponton du Centre Nautique et Environnement Marin de Saint-Tropez

La diversité des espèces dans la zone d'étude est établie grâce à un inventaire visuel de la faune ichthyologique et des espèces benthiques visibles en plongée. Cet inventaire est mené par les plongeurs biologistes marins de SEMANTIC TS munis d'une écritoire permettant de comptabiliser les individus observés sous l'eau. Les informations relevées sont datées et géo-référencées spatialement.

Les inventaires sont réalisés en arpentant des transects linéaires espacés de 10 m, localisés au niveau des différentes biocénoses présentes dans la zone d'étude.

L'état de conservation des espèces est également évalué avec :

- un examen visuel et prise de mesures pour les grandes nacres (*Pinna nobilis*) + photographie
- la réalisation de stations de mesure de vitalité d'herbier de posidonies (*Posidonia oceanica*) au sein du périmètre d'étude. 4 stations sont réalisées sur la zone d'étude. 3 stations sont localisées DANS la zone d'étude, et une station de référence est réalisée à l'extérieur dans une zone non impactée par les travaux de réfection de la rampe et pouvant servir de témoin.

Les positions des stations seront repérées précisément par GPS afin de permettre un retour sur zone pour un suivi ultérieur.

De plus, **une photographie aérienne par drone** est réalisée afin de disposer d'un fond de carte permettant de visualiser les herbiers sous-marins et les différents habitats du secteur.

L'étude a été conduite selon le principe suivant :

### **Campagne de vérités terrain**

SEMANTIC TS propose pour réaliser les vérités terrain nécessaire à la réalisation de ces travaux de mettre en œuvre les moyens suivants :

- plongeurs professionnels (Classe 2B) spécialisés en écologie marine méditerranéenne
- photographies sous-marines géo-référencées
- stations de mesure de la vitalité
- drone aérien RTK – Pilote de drone professionnel

#### **Livrables**

Les travaux sur le terrain ont été réalisés le 26/03/2021.

Les livrables sont les suivants :

- Un rapport de **reconnaissance subaquatique biologique** :  
**R\_21\_039\_CN\_Rapport\_CanoubiersPonton.pdf**  
présentant :
  - La méthodologie d'investigation employée
  - La description de la mission d'observations subaquatiques :
    - Présentation et commentaires des photos géo-référencées : nombre de vues,
    - Conditions climatiques, Qualité de l'eau (température, visibilité...),
    - Synthèse cartographique des lieux explorés (Atlas photographique)
  - La liste des espèces sous-marines observées
  - L'évaluation de l'état de santé-vitalité de l'herbier de posidonies
  - La synthèse des enjeux écologiques et les préconisations de mesures à prendre pendant les travaux compte tenu des informations techniques relatives aux travaux programmés disponibles.
- Les données livrées sous la référence **B/21/043/CN**.  
Elles sont consultables sous GOOGLE EARTH et consistent en les fichiers suivants :
  - Une synthèse des zones et positions des stations : **B\_21\_043\_CN\_Synthese.kmz**
  - Une **synthèse cartographique** (Atlas photographique au format KMZ)  
**B\_21\_043\_CN\_StTropez-Canoubiers\_CNEM.kmz**
    - Contient les photos sous-marines (JPEG) géo-référencées
  - 4 orthomosaïques :

B_21_043_CN_Orthomosaic_0.1m.kmz	Résolution 10 cm (Taille du pixel)
B_21_043_CN_Orthomosaic_0.05m.kmz	Résolution 5 cm
B_21_043_CN_Orthomosaic_0.02m.kmz	Résolution 2 cm
B_21_043_CN_Orthomosaic_0.006m.kmz	Résolution 0,6 cm

Celles-ci sont aussi livrées au format PGW.

## II. MÉTHODOLOGIE & MATÉRIEL POUR LES TRAVAUX DE CARTOGRAPHIE PAR DRONE AÉRIEN

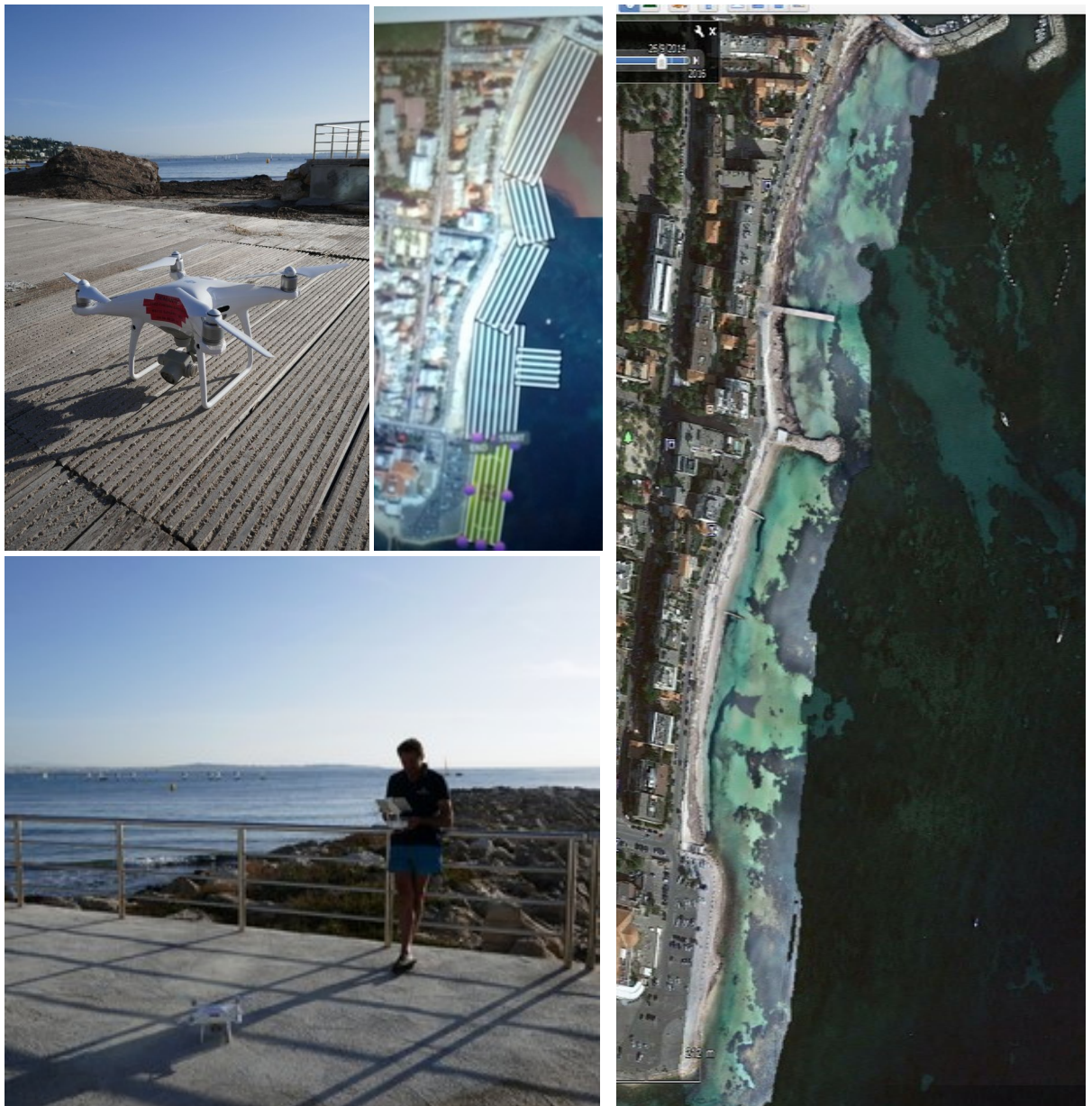
### Acquisition d'une orthographie par drone aérien

Le Phantom 4 Pro RTK, drone aérien piloté par le logiciel Pix4D, permet l'acquisition de clichés haute résolution. Celle-ci est primordiale pour la mise en œuvre de la génération d'une orthophotographie.

Des cibles géo-codées sont installées dans la zone de mesure et à proximité immédiate de celle-ci. Elles sont géo-référencées à l'aide d'un DGPS-RTK en mode mobile. Le réseau de cibles ainsi constitué permet le calage du modèle numérique issu de la photogrammétrie dans le monde réel.

Les prises de vue aériennes sont effectuées par drone télé-opéré selon un plan de vol pré-établi permettant un recouvrement des clichés aériens supérieur à 50 %.

Les photographies sont assemblées et l'image en sortie est très résolutive (5 cm) et géo-référencée.



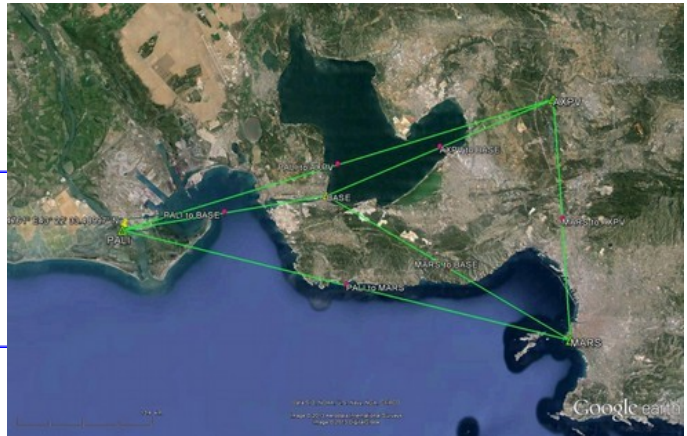
**Figure 2 : À gauche: DJI P4P (Drone de prise de clichés aériens)  
Mise en œuvre du drone aérien et exemple de plan de vol  
A Droite : Orthophotographie aérienne (1km linéaire) très haute résolution réalisée à partir des levers par drone  
aérien RTK**

### Installation des marqueurs de référencements (Géotagging)

Une base de référence GPS RTK est installée à proximité du chantier. Elle permet de garantir un positionnement des cibles sur la zone de mesure.

**Dans tous les cas, la distance entre la base implantée par SEMANTIC TS et les stations RGP (de l'ordre de 20 km) conduiront à une précision du point pivot de 2.5 cm puisque la dégradation est de 1 ppm soit 1 cm par kilomètre d'éloignement.**

Figure 3 : Rattachement du point de référence au réseau IGN



Des cibles géo-codées sont alors installées dans la zone de mesure et à proximité immédiate de celle-ci. Elles sont géo-référencées à l'aide d'un DGPS-RTK en mode mobile. Le réseau de cibles ainsi constitué permet le calage du modèle numérique issu de la photogrammétrie dans le monde réel.

Figure 4 : Exemple d'implantation de cible géo-tagagée



### Prise de vues aériennes par drone téléopéré

Le Phantom 4 Pro **RTK**, drone aérien piloté par le logiciel Pix4D, permet l'acquisition de cliché haute résolution primordiale pour la mise en œuvre de la génération d'une orthophotographie et de mesure photogrammétrique.



Figure 5 : Le DJI P4Pp (Drone de prise de clichés aérien)

### Traitements des données

La photogrammétrie est une technique qui consiste à effectuer des mesures dimensionnelles dans les trois directions de l'espace, en utilisant la parallaxe obtenue entre des images acquises selon des points de vue différents.

Il est important de noter que la mise en œuvre du processus de photogrammétrie, relatif à cette étape, est nécessaire pour l'établissement du modèle numérique de terrain 3D, duquel est extrait l'ortho-référencement, et la construction de l'orthophotographie sur laquelle se base la méthode de suivi.

Sans cette étape, l'image assemblée n'est qu'une mosaïque de photographies, qui n'offre pas les éléments de précision et de résolution demandés dans ce projet.

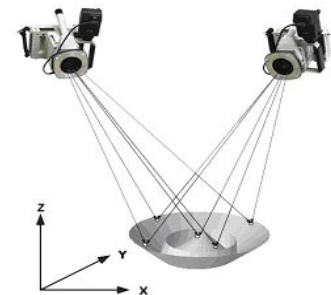


Figure 6 : Principe de la photogrammétrie

### III. MÉTHODOLOGIE POUR LES TRAVAUX DE RECONNAISSANCE SUBAQUATIQUE

#### III.1) Moyens matériels mis en œuvre

Les opérations de reconnaissance subaquatique sont réalisées en plongée subaquatique.

Les opérations de reconnaissances subaquatique sont réalisées selon la réglementation en vigueur de la plongée professionnelle en scaphandre : règles de sécurité édictées par le Ministère du Travail (décret n°90.277 du 28 mars 1990 et décret 2011-45 du 11 janvier 2011).

L'équipe d'observation est constituée de :

- plongeurs INPP Classe II B
- spécialisés en suivis écologiques d'espèces et d'habitats marins sensibles
- équipés d'appareil photo numérique et d'un GPS de surface.

Matériel : Plongée professionnelle et vérités terrain

<b>ÉQUIPEMENTS</b>	Divers	Équipements de plongée autonome avec accessoires pour les vérités terrains (quadra, balises, tablettes,...)	
<b>JUNIOR 2</b>	BAUER	Compresseur 300bar	
<b>TZ</b>	PANASONIC/IKELITE	Appareil photographique numérique et caisson sous-marin	
<b>D7000</b>	NIKON/IKELITE	Appareil photographique numérique et caisson sous-marin	
<b>V4 BLACK EDITION</b>	GOPRO	Caméra photographique numérique et caisson sous-marin	

### III.2) Méthodologie pour les plongées de reconnaissance

Les plongeurs parcourent en plongée subaquatique la zone à observer.

Ils sont équipés d'un GPS de surface et d'un APN numérique en caisson et/ou Caméra HD Gopro, Avant l'immersion, la montre du plongeur, l'horloge de l'appareil photo ou de la caméra et l'heure du GPS sont synchronisées.

Le plongeur relié à une bouée portant un GPS photographie ou filme le fond.

Les plongeurs réalisent simultanément des observations des espèces protégées. Durant les plongées de reconnaissances, notes d'observations et relevés d'espèces sont effectués sur plaquettes immergeables.

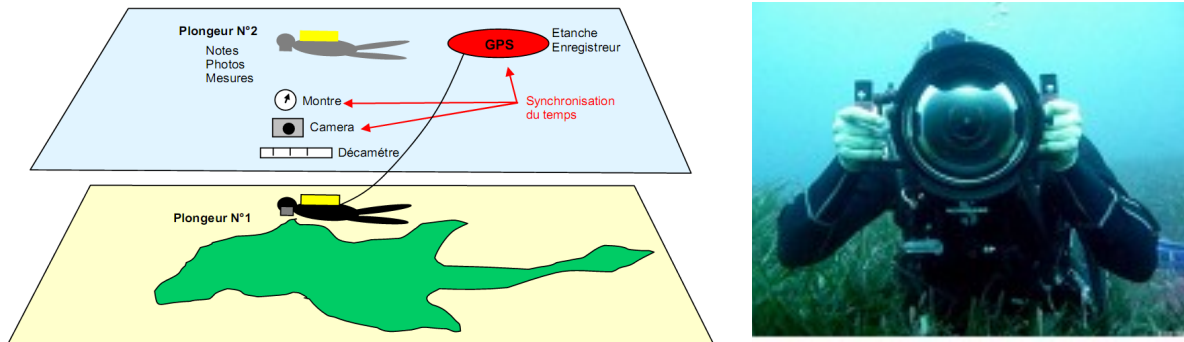


Figure 7 : Méthodologie pour les plongées de reconnaissance subaquatique

La quantité de photos pouvant être importante, une gestion rigoureuse s'impose afin d'éviter les éventuels problèmes d'intégration dans le système de bancarisation final. Ainsi il est nécessaire :

- d'associer un point de localisation GPS à chaque photo,
- d'attribuer à chaque photo un nom unique pour l'ensemble du site,
- de respecter la nomenclature des fichiers proposée dans les spécifications techniques de format de données.

Les photos géo-référencées sont présentées sur une carte dynamique, dite "Atlas photographique".

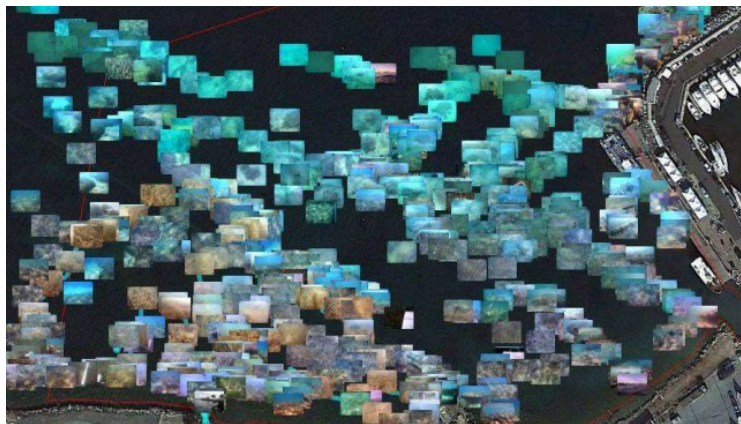


Figure 8: Exemple de localisation des photos géo-référencées relevées lors de plongées de reconnaissance subaquatique



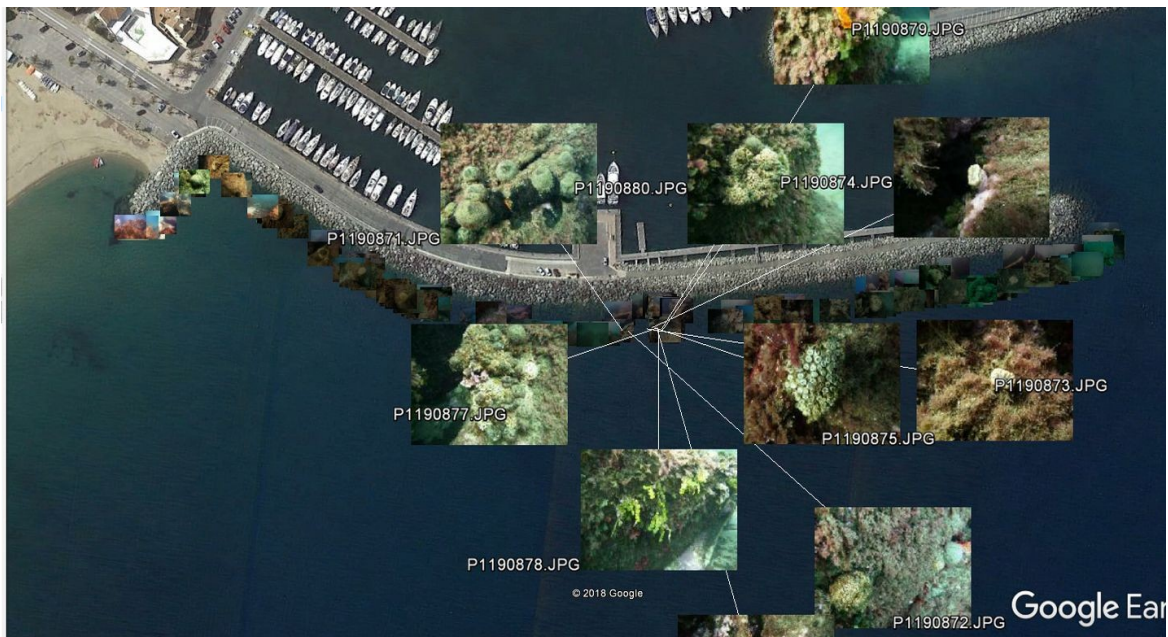


Figure 9 : Exemple d'atlas photographique : un clic sur la photo permet de l'observer

### III.3) Observations ponctuelles ou en transect

Outre les observations de reconnaissance subaquatique visant à confirmer la classification des fonds marins pour la cartographie des herbiers de posidonies, des observations subaquatiques peuvent être réalisées pour les observations ponctuelles ou en transect.

Les plongeurs munis d'un DGPS disposent d'une tablette immergeable, avec un tableau pré-remplé imprimé sur papier étanche. Ils notent leur observations, ainsi que l'instant d'observation.

La synchronisation de l'heure du GPS et de celle du plongeur permet de géo-référencer les observations de façon précises.

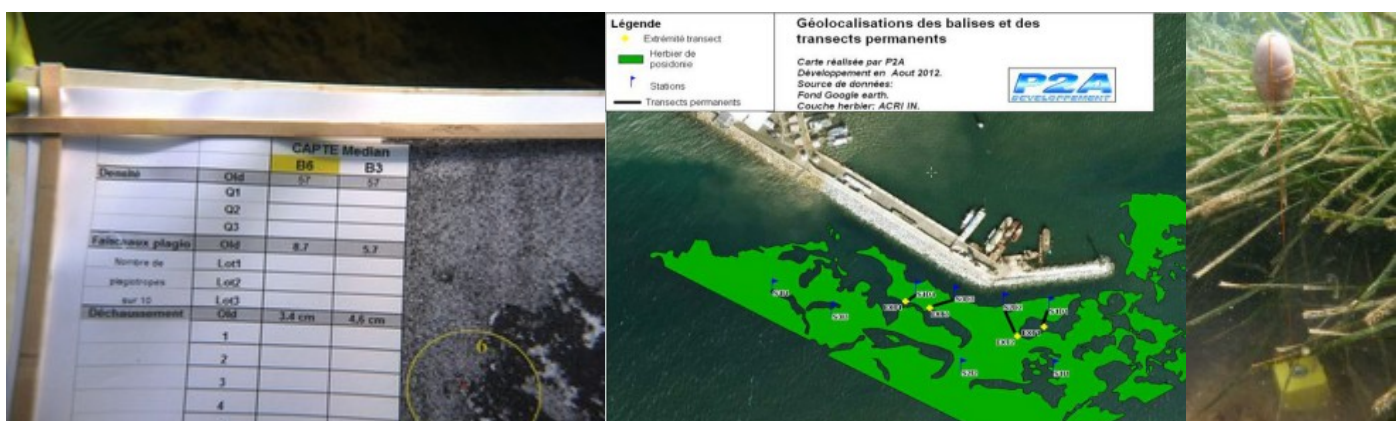


Figure 10 : Tablette immergeable : Tableau pré-remplé, cartographie au sonar latéral et disposition de la balise sont imprimés sur papier étanche. Au centre : Localisation des stations existantes – A gauche : Balise installée par SEMANTIC TS

### III.4) Inventaire des espèces observées

Les espèces observées, ainsi que leurs densités, sont notées par le plongeur sur un tableau pré-imprimé sur une plaquette immergeable.

Famille	Nom Commun	Genre espèce	Stade (J=juvénile, A=adulte)	Intérêt patrimonial
Atherinidae	Athérine	<i>Athenina sp.</i>	A	
Carangidae	Chinchard	<i>Trachurus trachurus</i>	A	
Gobiidae	Gobie à bouche rouge	<i>Gobius cruentatus</i>	A	
Labridae	Crénilabre ocellé	<i>Symphodus ocellatus</i>	A	*
	Crénilabre méditerranéen	<i>Symphodus mediterraneus</i>	A	*
	Crénilabre tanche	<i>Symphodus tinca</i>	A	
	Girelle	<i>Coris julis</i>	A	
Mullidae	Rouget de roche	<i>Mullus surmuletus</i>	A	
Mullidae	Rouget de vase	<i>Mullus barbatus</i>	A	
Mugilidae	Mulet lippu	<i>Chelon labrossus</i>	A/J	
Pomacentridae	Castagnole	<i>Chromis chromis</i>	A/J	

Figure 11: Extrait d'un inventaire des poissons observés le long d'un quai portuaire

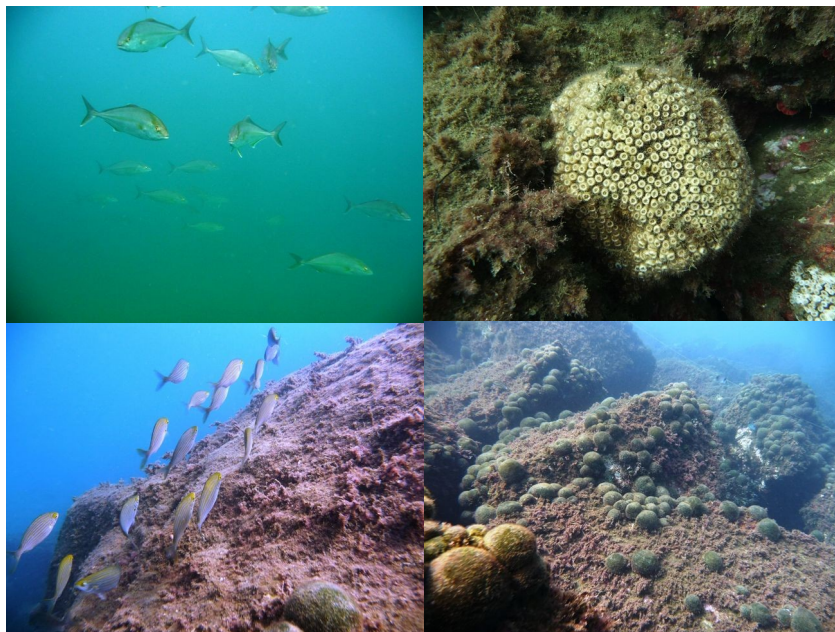


Figure 12 : En haut : Banc de carangues (*Trachurus trachurus*) – Cladocore (*Cladocora caespitosa*)  
En bas : Saupes – Forte densité de *Codium bursa*



Figure 13: Exemple de photographies de quelques espèces observées le long d'un quai portuaire

### III.5) Méthodologie pour la mesure de la vitalité de l'herbier de posidonies

Outre la mesure de :

- la densité des faisceaux

les mesures suivantes seront réalisées :

- déchaussement des rhizomes
- recouvrement de l'herbier
- longueur des 2 plus grande feuilles
- pourcentage de rhizomes plagiotropes

**Les positions des stations seront repérées précisément par GPS afin de permettre un retour sur zone pour un suivi ultérieur.**

#### La mesure de la densité des faisceaux

La densité de l'herbier de posidonie correspond au nombre de faisceaux présents par unité de surface.

Cette mesure est réalisée avec un quadrat de 20 cm x 20 cm, puis ramenée au mètre carré. Trois mesures de densité sont réalisées de façon aléatoire autour de chaque balise (hors intermattes).

Ces mesures de densité permettent de classer l'herbier en cinq catégories, selon les valeurs de densité mesurées en fonction de la profondeur comme le mentionne le tableau suivant [Pergent 2007]:

Profondeur (m)	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
1	>1195	1195-964	964-732	732-501	<501
2	>1126	1126-903	903-679	679-456	<456
3	>1061	1061-846	846-630	630-415	<415
4	>1000	1000-792	792-585	585-377	<377
5	>942	942-742	742-543	543-343	<343
6	>887	887-696	696-504	504-312	<312
7	>836	836-652	652-468	468-284	<284
8	>788	788-611	611-435	435-259	<259
9	>742	742-573	573-404	404-235	<235
10	>699	699-538	538-376	376-214	<214
11	>659	659-504	504-350	350-195	<195
12	>621	621-473	473-325	325-177	<177
13	>585	585-444	444-303	303-161	<161
14	>551	551-416	416-282	282-147	<147
15	>519	519-391	391-262	262-134	<134

16	>489	489-367	367-244	244-122	<122
17	>461	461-344	344-227	227-111	<111
18	>434	434-323	323-212	212-101	<101
19	>409	409-303	303-197	197-92	<92
20	>385	385-285	285-184	184-83	<83
21	>363	363-267	267-172	172-76	<76
22	>342	342-251	251-160	160-69	<69
23	>322	322-236	236-149	149-63	<63
24	>304	304-221	221-139	139-57	<57
25	>286	286-208	208-130	130-52	<52
26	>269	269-195	195-121	121-47	<47
27	>254	254-184	184-113	113-43	<43
28	>239	239-173	173-106	106-39	<39
29	>225	225-162	162-99	99-36	<36
30	>212	212-152	152-92	92-32	<32

Figure 14 : Classification de la densité au m<sup>2</sup> de l'herbier à posidonies en fonction de la profondeur (en mètres) [Pergent, 2007]

Nous prévoyons l'implantation d'un repère fixe (balise Feno), fiable et géo-référencé afin de permettre un retour dans le temps.

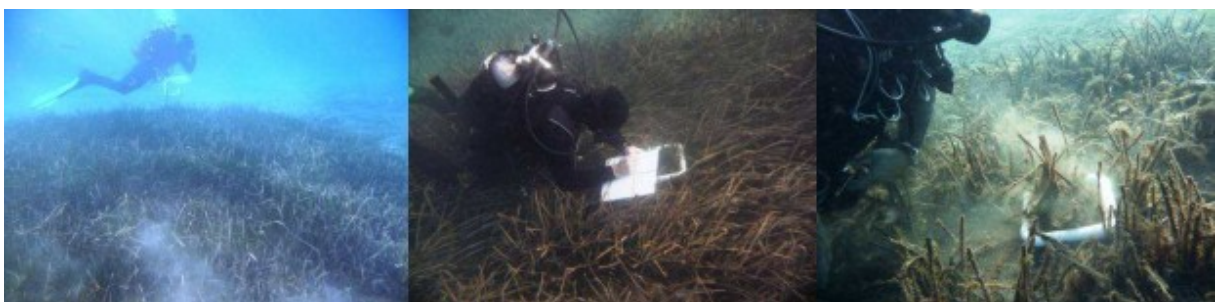
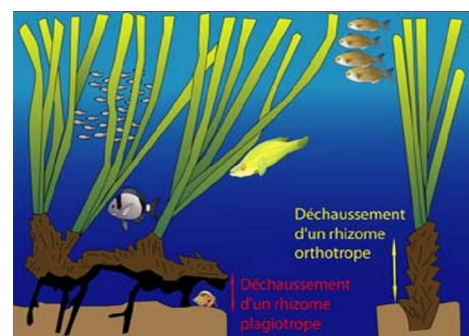


Figure 15: Exemples de mesures de densité de l'herbier de posidonies - Quadrat 20 cm X 20 cm

#### Déchaussement des rhizomes

Les rhizomes de posidonie sont caractérisés par une croissance horizontale (rhizomes plagiotropes) et/ou verticale (rhizomes orthotropes). La croissance verticale est à l'origine de l'édification des mattes et permet à la plante de lutter contre l'enfouissement, lié à la sédimentation. Le déchaussement des rhizomes résulte d'un déficit sédimentaire dans l'herbier : la quantité de sédiment piégé par la canopée et le sédiment produit in situ (restes d'organismes calcifiés ayant vécu dans l'herbier) est inférieure à la quantité de sédiment qui quitte l'herbier, par exemple lors des tempêtes.



Par convention, le déchaussement est mesuré comme schématisé ci-contre [Boudouresque et al., 1980] :

- Rhizomes plagiotropes (rampants): c'est la distance entre le niveau du sédiment ("sol") et la partie inférieure des rhizomes.
- Rhizomes orthotropes (dressés): c'est la distance entre le sédiment et la base de la feuille la plus externe, diminuée de 2 cm.

Le déchaussement est mesuré au cm près.

Une échelle d'évaluation du déchaussement (faible, moyen, important) est proposée en fonction des valeurs moyennes mesurées le long des balisages.

- Déchaussement inférieur à 5 cm : **Faible**
- Déchaussement entre 5 et 15 cm : **Moyen**
- Déchaussement supérieur à 15 cm : **Important**

10 mesures sont réalisées par station.

1 mesure correspond à 1 rhizome.

### Recouvrement de l'herbier

Le recouvrement est le pourcentage moyen du substrat couvert (en projection verticale) par l'herbier de posidonies (quelle que soit la densité des faisceaux au sein de l'herbier ou des taches de posidonies), par rapport à la surface totale du secteur considéré (sable, vase, peuplements algaux de substrat dur, "matte morte" et herbier vivant). Dans les herbiers peu profonds et sains, le recouvrement peut être élevé (80 -100%). Au contraire, dans les herbiers soumis à un fort impact humain, le recouvrement est habituellement faible (entre 5 et 40%).

Le recouvrement sera mesuré autour des stations de suivi.

RECOUVREMENT (%)	INTERPRETATION
> 80 %	Très fort recouvrement
60 % ≤ valeur ≤ 80 %	Fort recouvrement
40 % ≤ valeur ≤ 60 %	Recouvrement moyen
20 % ≤ valeur ≤ 40 %	Faible recouvrement
< 20 %	Très faible recouvrement

Deux méthodes de mesure du recouvrement existent : directe et indirecte, comme le présente le tableau suivant : Présentant la même résolution, les deux méthodes de relevés (direct et indirect) pourront être utilisées en fonction de la qualité des données sonar acquises et de la position des balises. (Le paramètre de précision de la localisation de l'information n'étant pas informatif dans ce cas puisque la mesure est réalisée autour des stations)

Méthodes	Détermination de « Présence /absence »
Relevé direct	Estimation visuelle par le plongeur. Utilisation de carrés subdivisés en sous-carrés <i>Rq : problème de la localisation de la mesure → information liée au point d'observation</i>
Relevé indirect	Estimation du recouvrement à travers l'analyse de photographies ou l'analyse d'imagerie sonar de coque. <i>Mesure bien géoréférencée. Permet une cartographie du recouvrement.</i>

### Résolution de la méthode

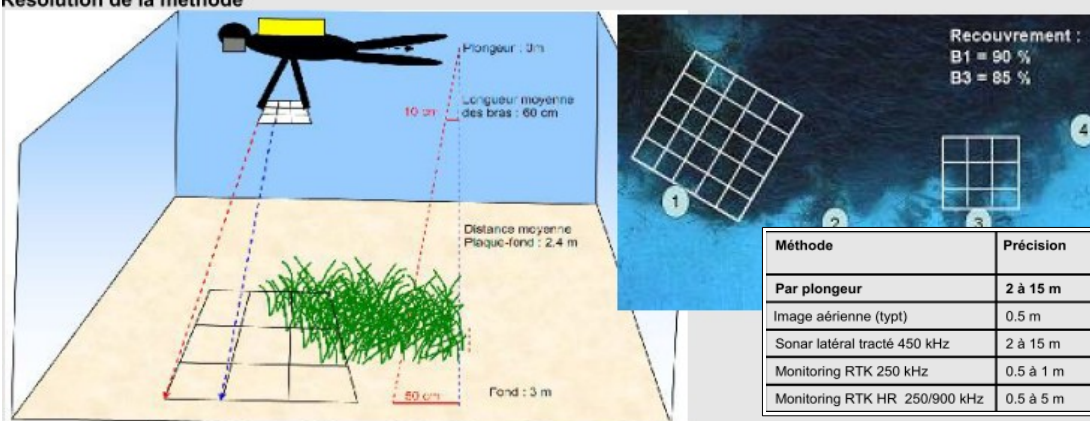


Schéma d'Évaluation de la résolution (Théorème de Thalès)

L'application du théorème de Thalès donne une résolution de 0.5 m pour cette méthode.

Méthode	Précision	Résolution
Par plongeur	2 à 15 m	0.5 m
Image aérienne (typé)	0.5 m	10 à 50 cm
Sonar latéral tracté 450 kHz	2 à 15 m	0.15 à 0.5 m
Monitoring RTK 250 kHz	0.5 à 1 m	0.5 à 1 m
Monitoring RTK HR 250/900 kHz	0.5 à 5 m	0.1 à 0.3 m

@[Pergent 2007]

### Longueur des deux plus grande feuilles

Ces paramètres font partie des paramètres de "Phénologie" (ou biométrie). Ils fournissent des informations sur le développement végétatif de la plante.

La longueur des feuilles adultes, c'est-à-dire, celles dont la croissance est terminée correspond à :

- Longueur de la première (F1) et la deuxième (F2) plus longue feuille du faisceau.

La mesure est réalisée sur une dizaine de faisceaux par station.

### Orientation des rhizomes ou pourcentage de rhizomes plagiotropes

La présence de nombreux rhizomes plagiotropes traçants en limite de l'herbier est un indice de bonne vitalité de l'herbier, car elle traduit une tendance à la progression. Une mesure correspond au comptage sur 10 rhizomes, du nombre de plagiotropes et d'orthotropes, permettant de calculer un pourcentage de rhizomes plagiotropes.

Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est qualifié de la façon suivante :

- **Pourcentage de rhizomes plagiotropes compris entre 0 et 10 : Faible**
- **compris entre 11 et 29 : Moyen**
- **compris entre 30 et 100 : Fort**

### Exemple de rendu du suivi des données de vitalité

B10		2007	2008	2009	2010	2015	2017
Profondeur 4.2 m							
Densité moyenne de faisceaux par m2		489	837	589	770	600	785
Ecart type		110	120	96	68	54	93
		Médiocre	Bonne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Déchaussement moyen (cm)					0	3.4	1.7
Ecart type						1.3	1.6
					Faible	Faible	Faible
Pourcentage de rhizomes plagiotropes					20	63	57
					Moyen	Fort	Fort

Secteur 1: Station 2  
Les observations ont été réalisées sur une station bornée localisée aux coordonnées suivantes (LAMBERT93 en m/3 sous-stations, 3 répétitions):

FENO 5: X = 1951741.8 Y = 6305789.1 Z = 8.50 m NGF  
 DECS 4: X = 1951699.4 Y = 6306786.7 Z = 7.75 m NGF  
 DECS 3: X = 1951699.4 Y = 6306786.7 Z = 7.25 m NGF



Figure 16 : Implantation FENO Station 5 - Herbier de positionnée aux alentours  
A gauche, prise de vue panoramique d'un grand banc

Station	Nombre de répétitions	Densité moyenne	Ecart type	Alabaque densité (Stapel 1997)	Alabaque Poyet & Marfisi (2004)	Alabaque Poyet & Marfisi 2005
Station 2	3x3 stations	652,7	126,5	Herbier dense	Herbier normale	Fort

Mesure de la longueur de la première (F1) et de la deuxième (F2) plus longue feuille du faisceau

Station	Nombre de mesures	Moyenne de F1 (cm)	Moyenne de F2 (cm)
Station 2	18	84	105

Nombre de feuilles présentes sur un faisceau

Station	Nombre de mesures	Nombre de feuilles par faisceau Moyenne	Nombre de feuilles par faisceau Ecart type
Station 2	20	9,7	3,7

### III.6) Autres herbiers

En Méditerranée, on recense 5 espèces de plantes marines (autrefois appelées phanérogames et à présent nommées magnoliophytes) [Boudouresque et al. 2006]. Outre *Posidonia oceanica*, on y rencontre généralement les espèces suivantes : *Cymodocea nodosa* et *Zostera noltii* (magnoliophytes à feuilles plus étroites et plus courtes que celles de la posidonie), ou encore *Zostera marina*. Ces espèces sont des espèces protégées.

Dans le cadre de cette étude, un prélèvement de magnoliophyte, dans le secteur d'étude peut être réalisé et identifié. Nous réalisons l'identification *Cymodocea nodosa* ou *Zostera noltei* à la binoculaire.



Figure 17 : Identification *Cymodocea nodosa* / *Zostera noltei*. A gauche : Bords dentelés (*Cymodocée*)

### III.7) Repérage et cartographie des nacres

La figure suivante montre un exemple de rendu dans le cas d'une cartographie des grandes nacres. Cliquer sur l'icône magenta permet en même temps de visualiser la photographie de la nacre.



**Figure 18: Exemple de localisation ds points particuliers :**  
 En bleu : Corps morts, pneus, câble, macro-déchet  
 En cyan : petite faille bathymétrique - En magenta : Grande nacre (*Pinna nobilis*)

## IV. RÉSULTATS DE LA MISSION D'OBSERVATIONS BIOCÉNOTIQUES : PLONGEUR ET DRONE AÉRIEN

### IV.1) Compte rendu de la mission

Le vol de drone ainsi que les opérations de reconnaissance subaquatique en plongée ont été réalisés le 26 Mars 2021 (Bonne visibilité – Mer plate - Vent faible), après une période de 4 jours sans pluie et sans vent.

GFS 13 km	Vitesse du vent (noeuds)												Direction du vent											
	00h	02h	04h	06h	08h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h	00h	02h	04h	06h	08h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h
21.03.2021	4	8	4	4	2	2	7	10	10	9	9	9	↓	↓	↓	↓	↘	↘	↖	↖	↖	↖	↖	↖
22.03.2021	3	3	6	6	5	4	8	11	13	12	8	4	←	←	←	←	←	←	↑	↑	↑	↑	↑	↑
23.03.2021	2	2	3	2	5	9	8	5	5	4	5	2	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↖	↖	↖	↖	↖	↖
24.03.2021	3	4	4	4	4	4	6	5	7	7	4	4	→	→	→	→	→	→	↖	↖	↖	↖	↖	↖
25.03.2021	6	4	4	5	4	2	5	6	6	4	2	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↖	↖	↖	↖	↖	↖
26.03.2021	4	5	4	4	4	4	6	5	5	6	4	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↖	↖	↖	↖	↖	↖

Figure 19 : Conditions météorologiques des jours précédents le jour d'intervention et du jour d'intervention : le 26/03/2021



Figure 20 : Etat de mer le 26/03/2021

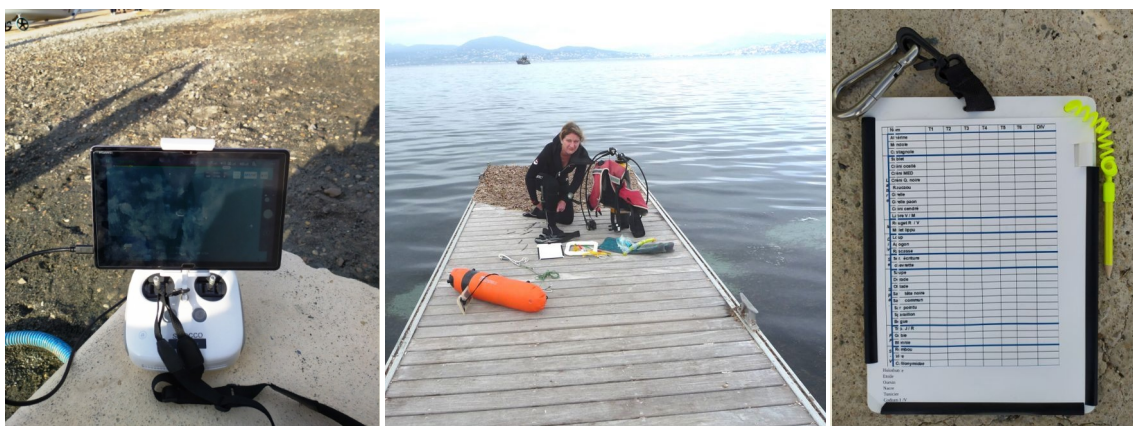


Figure 21 : Console de pilotage du drone aérien - Plongée subaquatique  
Fiches imprimées sur la plaquette immergeable

Support immergeable de repérage et de report pour le plongeur : Espèces faune/Flore

L'installation et le calage de la base GPS ont été réalisés le même jour par une seconde équipe localisée à Port Grimaud.

## IV.2) Vue aérienne

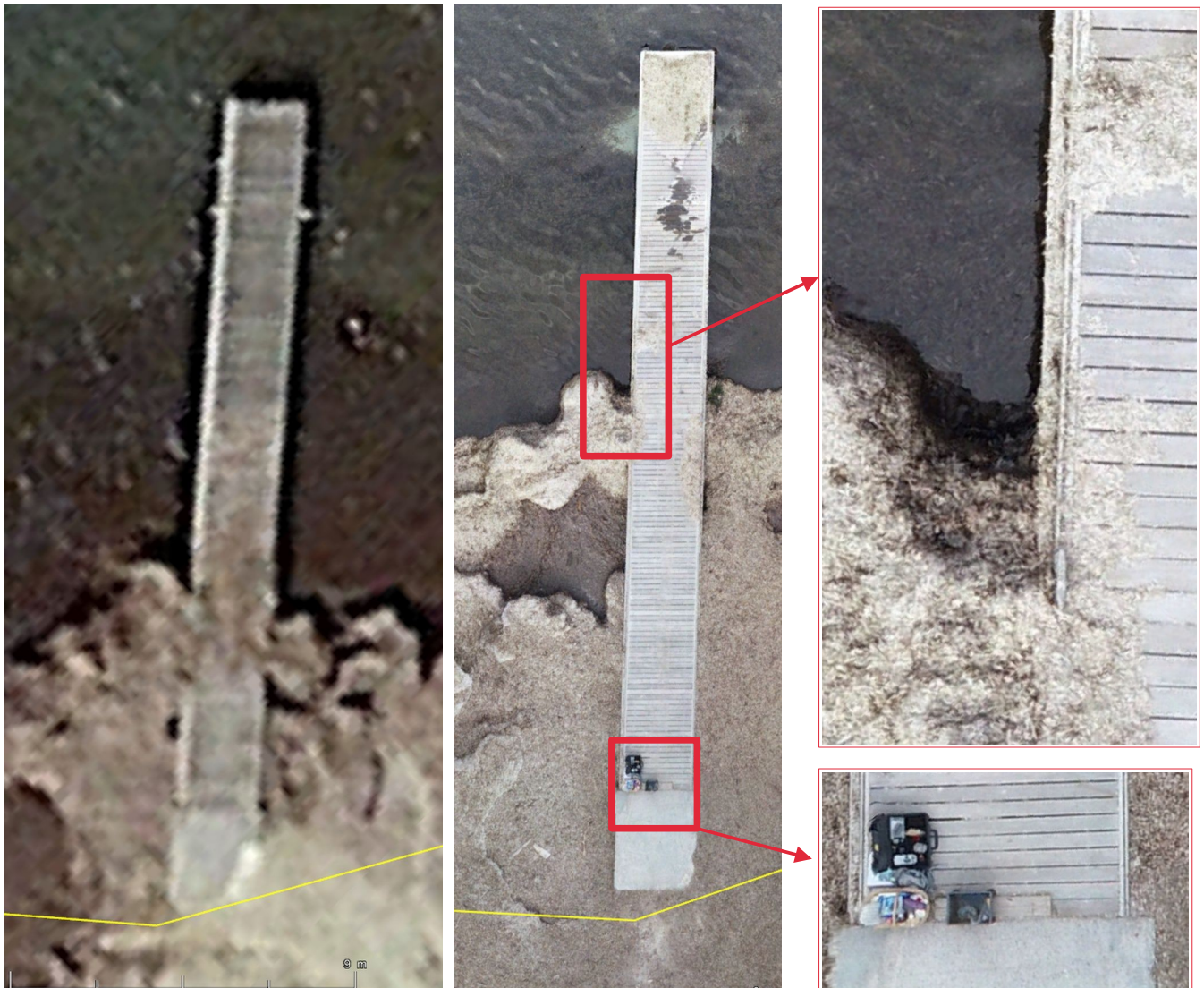
Quatre vues géo-référencées ont été calculées à différentes résolutions (taille du pixel : 10 cm, 5 cm, 2 cm et 6 mm). La figure ci-dessous présente la vue aérienne orthoréférencée réalisée, ainsi que la vue GOOGLE EARTH du 28/09/2019.



Figure 22 : En haut : Orthophotographie aérienne prise par drone le 26/03/2021  
En bas : Vue GOOGLE EARTH du 28/09/2019



Les orthomosaïques permettent une bonne observation des petits fonds marins et des structures du CNEM.



**Figure 23 : A gauche : Vue GOOGLE EARTH du 28/09/2019  
 Au centre : Orthophotographie aérienne prise par drone le 26/03/2021 – A droite : Détails**

Les feuilles mortes de posidonies sont accumulées en banquette sur le bord de la plage, et en litière sur le fond marin. Les feuilles mortes de posidonies recouvrent pratiquement l'intégralité de la zone d'étude. L'analyse des images aériennes permet une bonne observation des petits fonds marins et les images unitaires permettent de distinguer la litière des les herbiers vivants.



**Figure 24 : Limite litière – herbier vivant :Orthophotographie aérienne prise par drone le 26/03/2021**

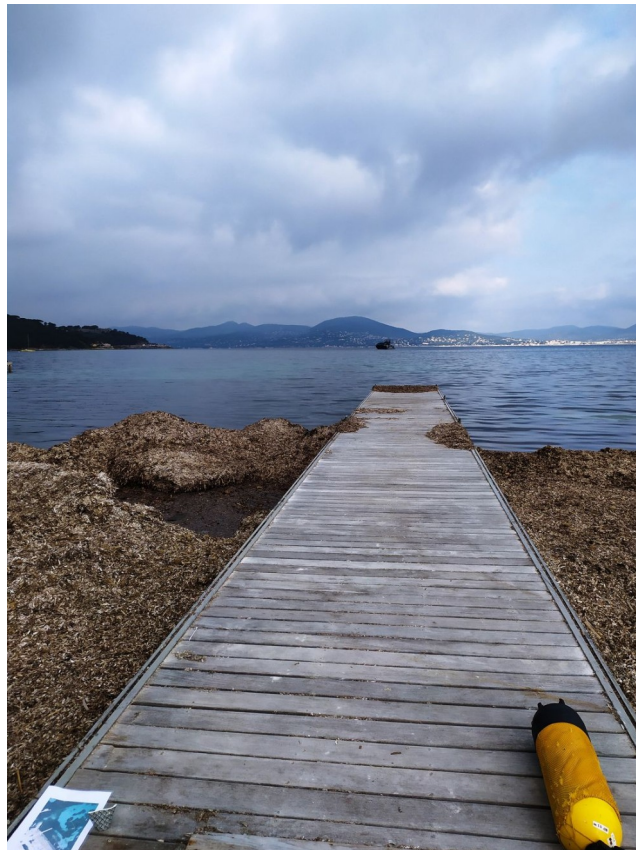


Figure 25 : Observations depuis le ponton

### IV.3) Observations subaquatiques

#### Atlas photographique

Environ 205 vues sous-marines géo-référencées ont été acquises en plongée subaquatique. L'ensemble de toutes ces vues des fonds marins a été compilé dans un dossier unique au format KMZ. L'atlas photographique présente ces 205 photos géo-référencées ; elles y sont accessibles par simple clic sous Google Earth.



Figure 26 : Atlas photographique : Positions des 205 vues sous-marines réalisées lors des explorations (26/03/2021)

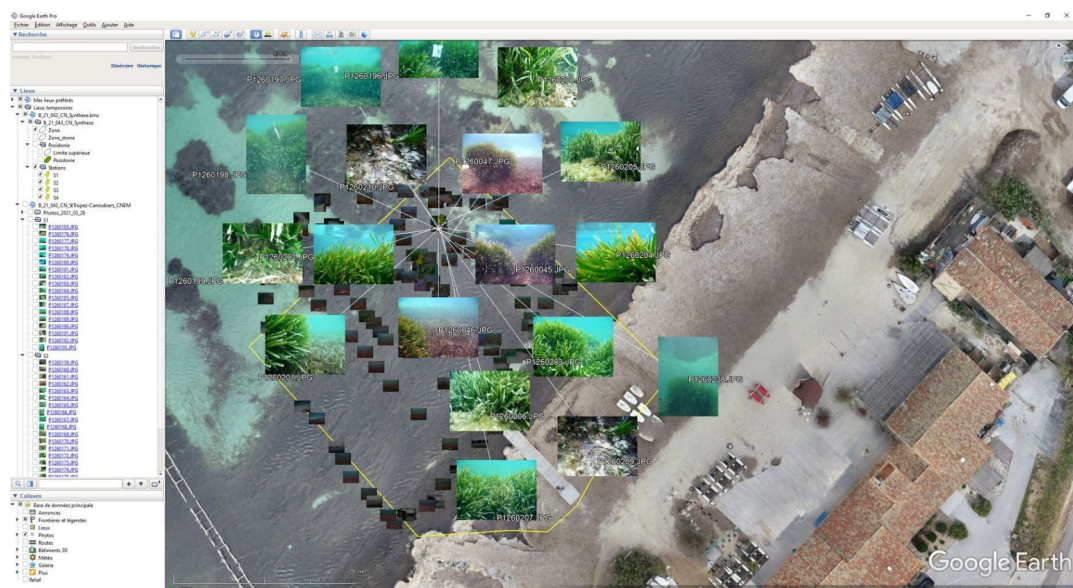


Figure 27 : Atlas photographique : un clic sur la photo permet de l'observer



**Observations le long des transects**

La figure ci-contre présente les positions des transects réalisés.

Les plongées sont réalisées le long de 6 transects (représentés en bleu sur la figure précédente) qui traversent l'ensemble des habitats.

Leur répartition depuis le rivage jusqu'à la limite de l'herbier de posidonies permet d'obtenir une bonne représentation des habitats. Ces transects sont parcourus en plongée par des plongeurs professionnels spécialisés en reconnaissance environnementale et en écologie marine Méditerranéenne qui effectuent un relevé détaillé de leurs observations : description des habitats et espèces, limites d'habitats.

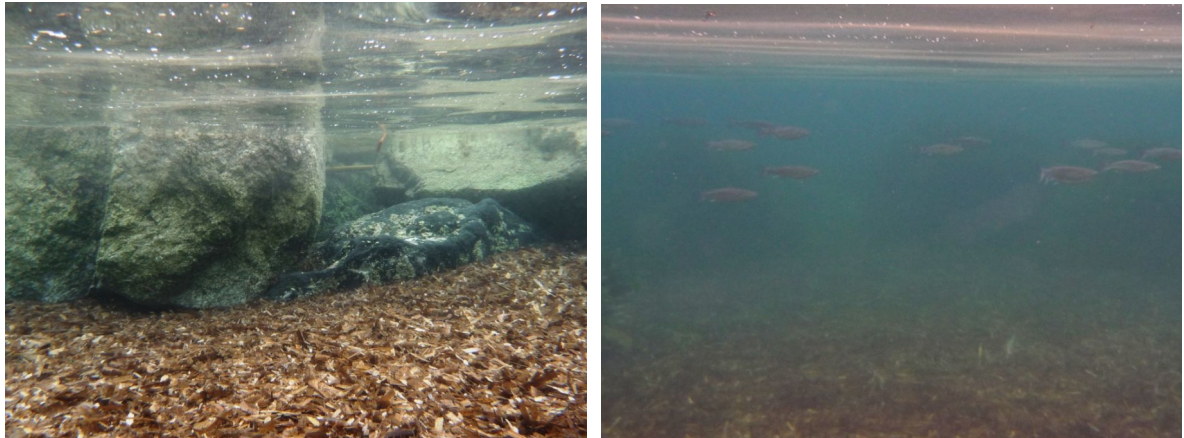


**Figure 28 : Positions des transects réalisés**

Les figures suivantes illustrent les types de fond observés dans la majeure partie du secteur d'étude. Le fond aux abords et au dessous du ponton est constitué de sédiments fins recouvert le plus souvent de litière.



**Figure 29 : En haut : Fonds de sédiments fins recouverts de litière (feuilles mortes de posidonies)  
En bas : Vue du fond sous le ponton et dans son voisinage proche (Sable et litière)**

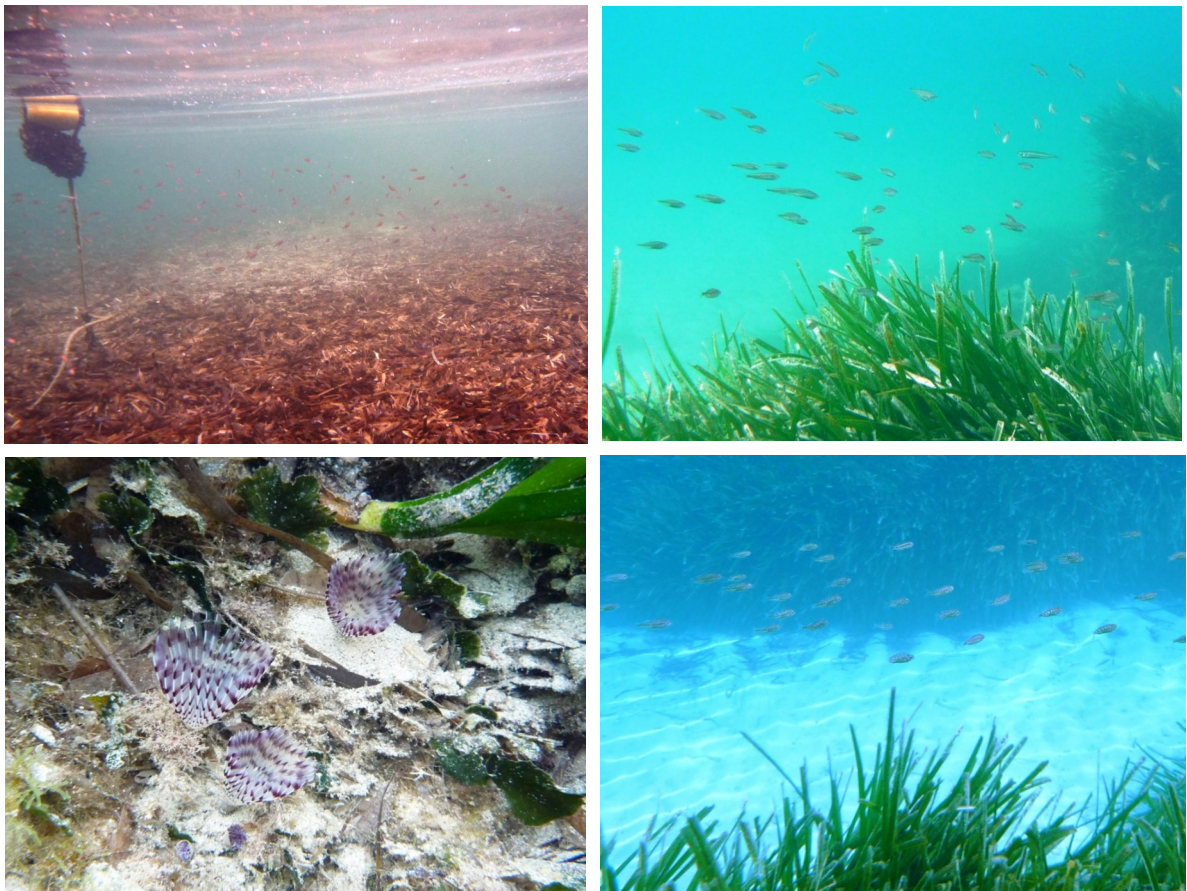


**Figure 30 : Fond au voisinage de la digue proche du ponton (litière accumulée) - Banc de mulets (centre de la zone)**

Hormis un banc de mulets, un banc d'athérines et deux bancs de juvéniles, la majorité des espèces ont été observées au large du secteur d'étude, dans l'herbier de posidonies.

Celui-ci abrite un grand nombre de bancs de juvéniles et de larves d'espèces variées. Les vertébrés observés sont le plus souvent des juvéniles ou des alevins.

Les figures suivantes présentent quelques espèces observées :



**Figure 31 : Banc d'alevins - Juvéniles sur l'herbier de posidonies  
Sabelles et banc de juvéniles**

**Espèces de vertébrés observées**

Famille	Nom Commun	Genre espèce	T1	T2	T3	T4	T5	T6
<i>Atherinidae</i>	Athérine	<i>Atherina sp.</i>	++	+++	+++	+++		
<i>Labridae</i>	Crénilabre nettoyeur (Sublet)	<i>Symphodus rostratus</i>	++		++J			
	Girelle	<i>Coris julis</i>		1 J	3 J	2 J		
	Crénilabre tanche (paon)	<i>Symphodus tinca</i>			+++J	++J		
	Crénilabre cendré	<i>Symphodus cinereus</i>		++J	++J			
<i>Mullidae</i>	Rouget de vase	<i>Mullus barbatus</i>			1 A	1 A	2 A	
	Mulet lippu	<i>Chelon labrossus</i>	++	+++	+++	++		
<i>Serranidae</i>	Serran écriture	<i>Serranus scriba</i>		1 J	1 A			
<i>Sparidae</i>	Saupe	<i>Sarpa salpa</i>		++ J	++ J	++ J		
	Sar à tête noire	<i>Diplodus vulgaris</i>			2J	1 J	1 J	
	Sar commun	<i>Diplodus sargus</i>			1J	2J		
	Bancs d'alevins np.		+++	+++	+++	+++		
	Larves np.		++	+++	+++	+++		

**Figure 32 : Vertébrés observés lors des plongées de vérité terrain et de mesures des paramètres de vitalité de l'herbier de posidonies**

Densité : + 1 ou 2 individus ++ 3 à 10 individus +++ [10 ,100] individus ++++ >100 individus  
(J) : Juvéniles – (A) Adultes

**Autres espèces observées dans l'herbier de posidonies (Nom commun)**

- Concombres de mer - Holothurie noire
- Padine (*Padina pavonica*)
- Codium (*Codium bursa*)
- Sabelle (*Sabella pavonina*)
- Dictyote - Algue fourchue
- Moules

**Remarques :**

Notons, qu'aucune autre espèce protégée que la posidonie n'a été observée lors de la plongée d'exploration subaquatique réalisée dans le secteur d'étude.

A l'extérieur du secteur, à proximité de la station de référence S4, observation de quelques rhizomes de cymodocée (*Cymodocea nodosa*) ou de *Zostera noltii* (magnoliophytes à feuilles plus étroites et plus courtes que celles de la posidonie).

Absence de grande nacre (*Pinna nobilis*) sur l'intégralité de la zone.

Nous n'avons pas non plus observé de *Caulerpa taxifolia* lors des interventions subaquatiques.



**Figure 33 : Cériante solitaire et quelques rhizomes de cymodocées ou zostères observés hors du secteur d'étude à proximité de la station S4 de référence.**

### Mesure des paramètres de vitalité de l'herbier de posidonies en 4 stations

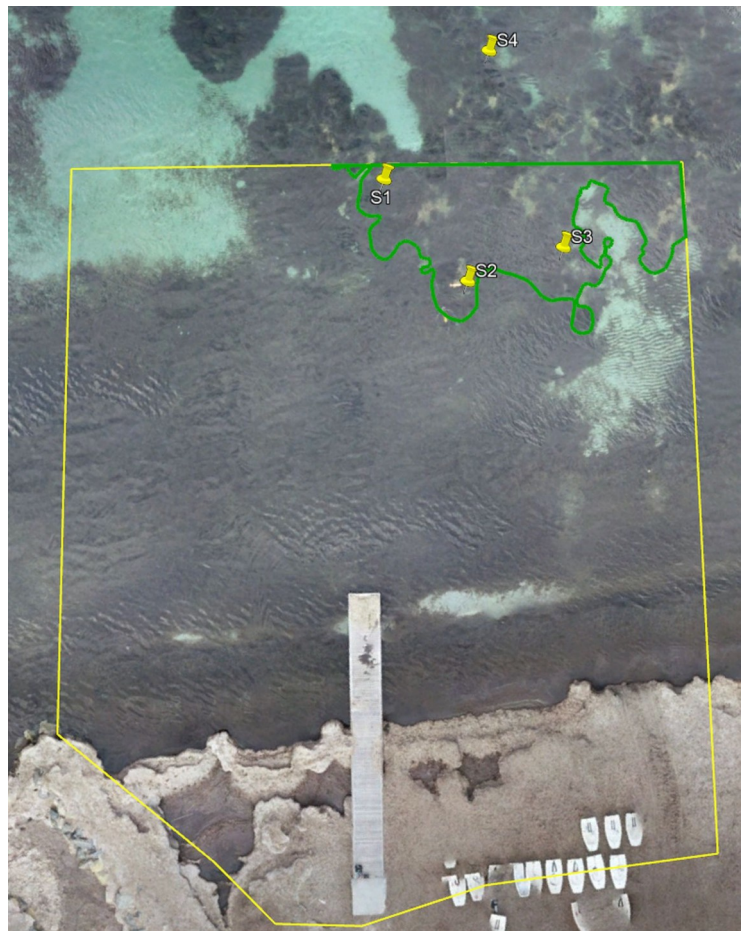
La vitalité de l'herbier a été mesurée sur 4 stations, dont les positions sont données sur la figure ci-contre.

La limite supérieure de l'herbier de posidonies a été déterminée d'après l'analyse des vues aériennes et contrôle terrain en plongée.

Les 3 stations, S1, S2 et S3, sont localisées DANS la zone d'étude le long de la limite supérieure de l'herbier de posidonies.

Une station de référence S4 est réalisée à l'extérieur dans une zone non impactée par les travaux de réfection du ponton et pouvant servir de témoin.

Les positions des stations seront repérées précisément par GPS afin de permettre un retour sur zone pour un suivi ultérieur.



**Figure 34 : Positions des 4 stations de mesure de la vitalité de l'herbier de posidonies**  
 En jaune : Limites de la zone d'étude.  
 En vert : Limite supérieure de l'herbier

L'herbier de posidonies est situé au large, en fin de zone d'étude. Il évolue entre 0,8 m et -1,8 m sur une topographie chaotique de matte. Il est extrêmement morcelé, comme l'attestent la présence d'îlots isolés de posidonies en limite supérieure et les nombreuses intermattes observées au sein de l'herbier.



**Figure 35 : Structure de l'herbier de posidonies**

La figure de la page suivante présente quelques vues caractéristiques de l'environnement de chaque station.

La zone d'étude étant de faible étendue, les 3 stations sont proches. Les stations S1 et S3 sont situées à 7 m de la station S2.

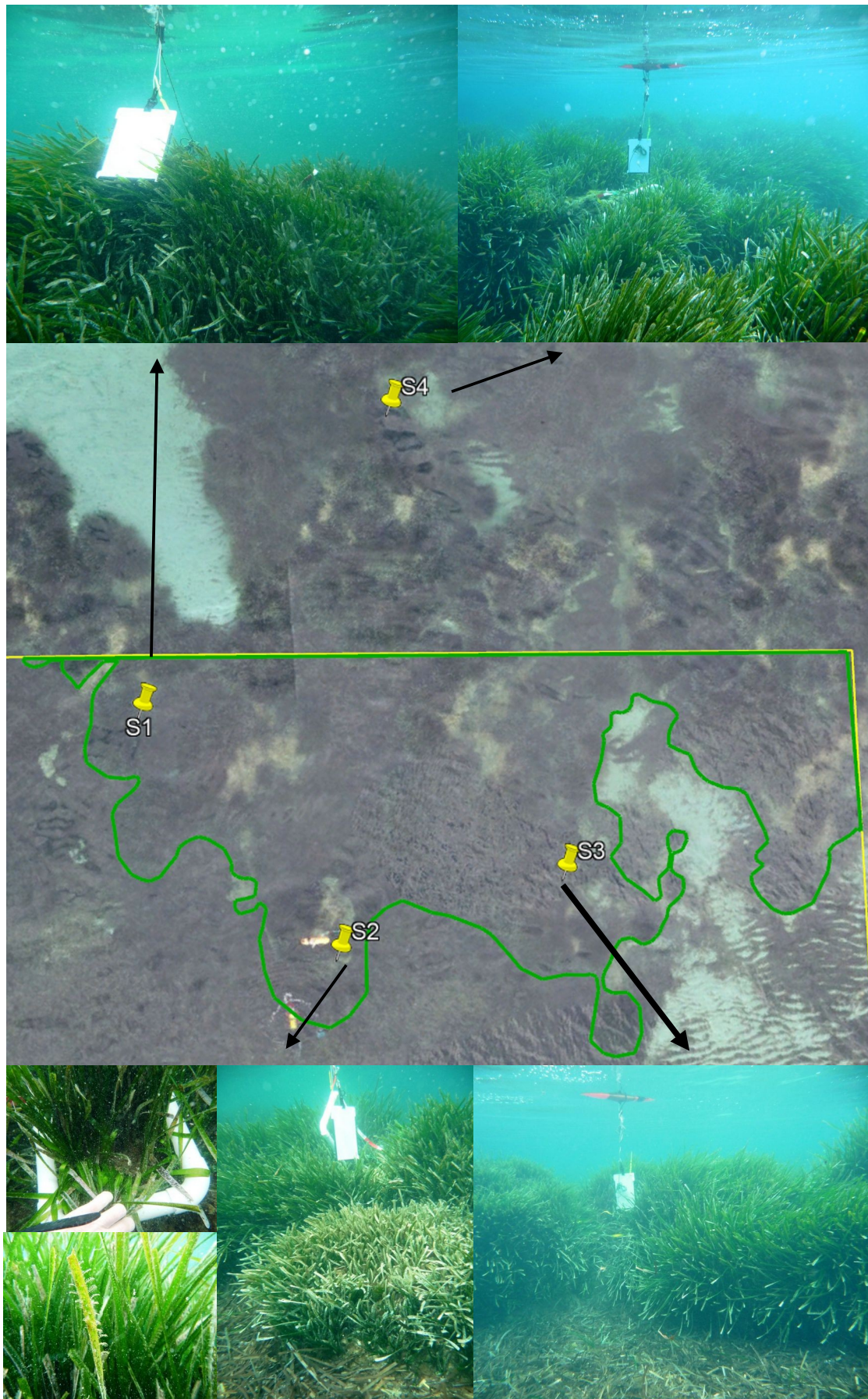


Figure 36 : Stations de mesure de la vitalité de l'herbier de posidonies



Les résultats des mesures de la vitalité de l'herbier sur les 4 stations sont donnés dans les tableaux suivants :

Station S1 - Profondeur 0.8 - 1.6 m	2021		Station S2 - Profondeur 0.8 - 1.5 m	2021	
Etat santé/vitalité			Etat santé/vitalité		
Taux de recouvrement (%)	80%	<i>Ecart typ.</i>	Taux de recouvrement (%)	60%	<i>Ecart typ.</i>
Densité moyenne de faisceaux par m <sup>2</sup>	1100	115	Densité moyenne de faisceaux par m <sup>2</sup>	1208	38
Pourcentage de rhizomes plagiotropes	10%		Pourcentage de rhizomes plagiotropes	3%	
Déchaussement moyen (cm)	-		Déchaussement moyen (cm)	-	
Longueur F1 (cm)	41	15.0	Longueur F1 (cm)	40	15.4
Longueur F2 (cm)	35	11.4	Longueur F2 (cm)	30	13.5
Nombre de feuilles par faisceau	5.3	0.9	Nombre de feuilles par faisceau	5.5	1.0

Station S3 - Profondeur 0.8 - 1.4 m	2021		Station S4 - Profondeur 0.9 - 1.8 m	2021	
Etat santé/vitalité			Etat santé/vitalité		
Taux de recouvrement (%)	70%	<i>Ecart typ.</i>	Taux de recouvrement (%)	80%	<i>Ecart typ.</i>
Densité moyenne de faisceaux par m <sup>2</sup>	1150	90	Densité moyenne de faisceaux par m <sup>2</sup>	1075	115
Pourcentage de rhizomes plagiotropes	13%		Pourcentage de rhizomes plagiotropes	10%	
Déchaussement moyen (cm)	-		Déchaussement moyen (cm)	-	
Longueur F1 (cm)	47	8.7	Longueur F1 (cm)	43	9.5
Longueur F2 (cm)	41	8.0	Longueur F2 (cm)	34	5.3
Nombre de feuilles par faisceau	5.6	0.9	Nombre de feuilles par faisceau	5.7	0.7

Figure 37 : Résultats des mesures de la vitalité de l'herbier

La synthèse des résultats des mesures sur les 4 stations est présentée dans le tableau suivant :

Stations	S1 (0.8 - 1.6 m)	S2 (0.8 - 1.5 m)	S3 (0.8 - 1.4 m)	S4 (0.9 - 1.8 m)
Etat santé/vitalité				
Taux de recouvrement (%)	80%	60%	70%	80%
Densité moyenne de faisceaux par m <sup>2</sup>	1100	1208	1150	1075
Pourcentage de rhizomes plagiotropes	10%	3%	13%	10%
Déchaussement moyen (cm)	-	-	-	-
Longueur F1 (cm)	41	40	47	43
Longueur F2 (cm)	35	30	41	34
Nombre de feuilles par faisceau	5.3	5.5	5.6	5.7
Etat Santé/Vitalité		Bon	Moyen	Mauvais

Figure 38 : Résultats des mesures de la vitalité de l'herbier

L'herbier est peu brouté et couvert d'épiphytes. Cette observation est cohérente avec la faible quantité d'adultes observée et le grand nombre de larves et d'alevins.



Figure 39 : Banc de larves au sein de l'herbier – Epiphytes sur les feuilles de posidonies

#### IV.4) Synthèse des enjeux & Préconisations

La figure suivante présente la synthèse cartographique de l'habitat "herbier de posidonies".

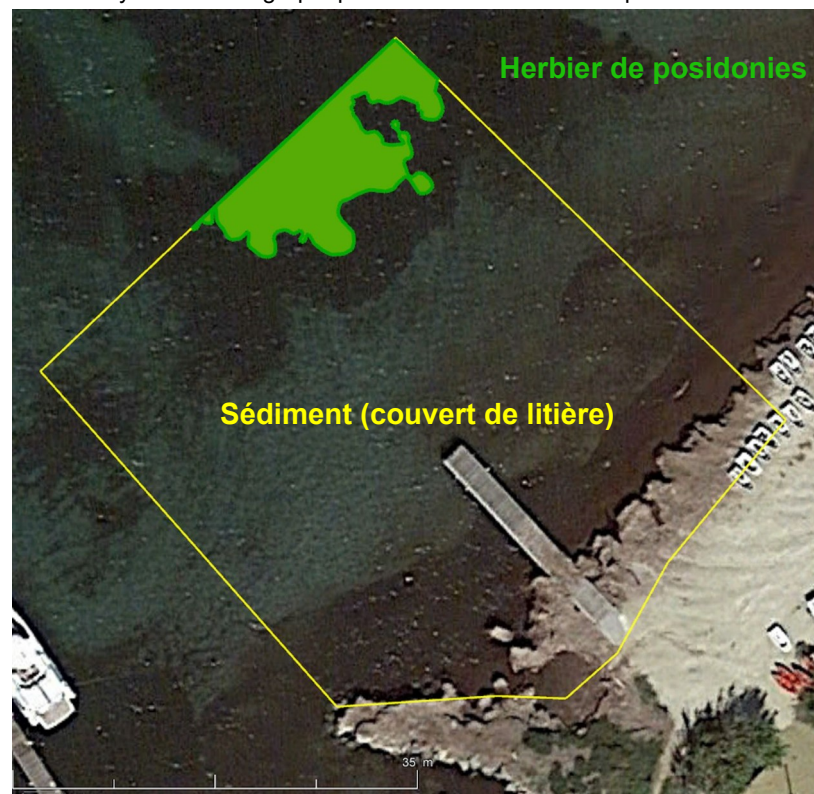


Figure 40 : Synthèse cartographique des habitats à enjeu

L'herbier de posidonies est situé au large, en fin de zone d'étude. Il évolue entre 0,8 m et -1,8 m sur une topographie chaotique de matte. Il est extrêmement morcelé, comme l'attestent la présence d'îlots isolés de posidonies en limite supérieure et les nombreuses intermattes observées au sein de l'herbier.

L'analyse du classement des paramètres de vitalité selon les grilles standardisées montre une bonne vitalité de l'herbier de posidonies.

L'herbier de posidonies présente en limite supérieure de forts taux de recouvrement.

Notons que les valeurs mesurées sont proches de la classe "très bonne" des abaques, en densité des faisceaux. L'herbier étant soumis à un fort hydrodynamisme et se développant le plus généralement sur la matte élevée de quelques dizaines de centimètres par rapport au fond sédimentaire, il ne peut s'étendre horizontalement, comme l'atteste le faible nombre de faisceaux plagiotropes observés sur le secteur d'étude.

Les informations relatives à la biométrie (longueur des feuilles et nombre de feuilles par faisceau) sont très similaires d'une station à l'autre. Le nombre de feuilles observées par faisceau est conforme à la moyenne en Méditerranée, soit 5 à 6 feuilles par faisceau.

Le déchaussement n'est pas informatif, car extrêmement variable dans un herbier morcelé, peu profond et soumis à un fort hydrodynamisme.

Le nombre important de bancs de juvéniles et de larves observés au sein de l'herbier témoigne de son bon fonctionnement en termes d'abris de juvéniles et de nurserie.

**L'herbier de posidonies du secteur étudié est sain et en bon état de vitalité.**

Aucune autre espèce protégée n'a été observée dans le secteur d'étude.

La limite supérieure de l'herbier est située à plus de 20 m du ponton.

Dans le reste du secteur d'étude, entre la limite supérieure de l'herbier et la plage, les feuilles mortes de posidonies sont accumulées en litière sur le fond marin, puis en banquette épaisse (Accumulation verticale compacte de feuilles mortes de posidonies) sur le bord de la plage. Le fond marin est quasi intégralement recouvert de litière.

Les abords du ponton sont, sur plus de la moitié de sa longueur, constitués de banquettes épaisses de posidonies.

Le dessous du ponton, ainsi que les abords du ponton non recouverts de banquette, sont intégralement constitués de sable fin le plus souvent couvert de litière (feuilles mortes de posidonies).

Compte tenu de la distance entre l'herbier de posidonies et le ponton, et de la méthode de réalisation des travaux d'aménagement du ponton, prévus depuis la terre avec une grue posée sur la plage, l'impact de ces travaux sur l'herbier n'est pas représentatif.

Les travaux réalisés viseront donc à limiter les dépôts sur le fond marin.

En particulier, puisque les travaux seront réalisés depuis la terre, des précautions doivent être prises pour éviter tout rejet de contaminant et de chute de matériaux dans le milieu lors des travaux, en particulier :

- Nettoyage du chantier (extraction des macrodéchets)
- Nettoyage des fonds pour extraire les macrodéchets potentiellement tombés au pied du ponton
- Eviter l'apport de déchets et emballages depuis la terre vers le plan d'eau

et ce, au fur et à mesure de l'avancement du chantier.

Etant donné l'intérêt en termes de biodiversité des espèces observées, et notamment en raison de l'importante quantité de larves et banc d'alevins présents dans l'herbier de ce secteur, un panneau informatif, rappelant et soulignant l'intérêt et le fonctionnement de l'herbier de posidonies, et notamment son rôle d'abris et de nurserie, pourrait être proposé.