

Suivi Environnemental pour le rechargement des plages du Mourillon-Toulon (83)

Toulon Provence Méditerranée



Février 2024

Suivi Environnemental avant le rechargement des plages du Mourillon-Toulon (83)

Rapport d'inspection subaquatique

Suivi environnemental

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
	19/02/24	

Affaire suivie par

Romuald ARNAUD – Département Infrastructures et Matériaux – Groupe Géotechnique - Section IRS
Tél. : +33(0)6 59 30 68 88
Courrier : romuald.arnaud@cerema.fr
Site d'Aix-En-Provence Cerema Méditerranée – Pôle d'Activités 30 avenue Albert Einstein – CS70499 13593 AIX-EN-PROVENCE cedex 3

Références

n° d'affaire : 23-ME-0488
N de Chrono: IM/24-0182

Destinataires :

Aurèlie Ragot
Responsable du bureau d'étude et observatoire de l'environnement
Direction espace naturel et biodiversité
DGA développement durable et valorisation du territoire
aragot@metropoletpm.fr
tel : 04 94 93 83 33 - 06 61 71 89 29

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Romuald ARNAUD	Le 19/02/2024	
Avec la participation de	Éric SEMIN		
Avec la participation de	Guillaume LOPEZ		
Contrôlé par	Thomas MARY		
Validé par	Jean-Luc GENOIS		

Le Cerema est intervenu pour le compte la Métropole de Toulon Provence Méditerranée pour réaliser le suivi environnemental dans le but du rechargement des plages du Mourillon, sur la commune de Toulon.

Dans ce document, nous identifierons l'état de vitalité des herbiers de *Posidonia oceanica* avant rechargement des plages du Mourillon et le relevé des biocénoses.

SOMMAIRE

1	Généralités	4
1.1	Equipe d'inspection	4
1.2	Moyens mis en œuvre	4
1.3	Conditions de l'inspection	4
2	Contexte	4
3	Méthode d'investigation	6
4	Résultats des investigations	12
5	Conclusions	28
6	Préconisations	36
7	Bathymétrie	38
8	Granulométrie (courbes granulométriques en annexe 9)	41
9	Annexes	46
10	Bibliographie	56

1 Généralités

1.1 Equipe d'inspection



Participants :

Guillaume LOPEZ Responsable de la section Inspections et Reconnaissances
Subaquatiques Inspecteur OA – Scaphandrier classe IIA (membre du Cefracor)

Éric SEMIN Inspecteur OA – Scaphandrier classe IIA (membre du Cefracor)

Romuald ARNAUD Agent d'inspection OA - Biologiste marin - Scaphandrier classe IIA

1.2 Moyens mis en œuvre

- Appareil photo numérique RX100 avec caisson étanche et flash INON.
- Drone Dji mini2.
- Matériels de suivi de vitalité d'herbiers de Posidonia oceanica (Quadrat 0.4 x 0.4m, réglé inox, plaquette transparente de recouvrement de 0.3 x 0.3m, plaquette immergeable de prise de note.
- Bouée avec GPS.
- Bateau de type semi-rigide de 5.4m.
- Matériels de plongée.

1.3 Conditions de l'inspection

L'inspection s'est déroulée du 13 au 16 février 2024.

- hauteur d'eau max : ~ 10 m
- courant : sans objet
- houle : sans objet
- visibilité : 15 m
- température de l'eau : 14°
- température de l'air : 15°
- dernière inspection subaquatique : non connu de nos services.

2 Contexte

Le secteur des plages du Mourillon a été gagné sur la mer dans les années 1970. Auparavant, il y avait des criques de galets. Les travaux de réensablement des plages artificielles par du sable naturel transporté de l'est varois et enrichi de sable artificiel ont permis de gagner plusieurs hectares sur la mer.

En raison de la nature artificielle des plages, le site est régulièrement soumis aux effets de la houle, ce qui peut se traduire par :

- Des dégâts sur les ouvrages de protection
- Une érosion et peu de dépôts sableux

- Des franchissements jusqu'en haut des plages au droit de certaines zones.

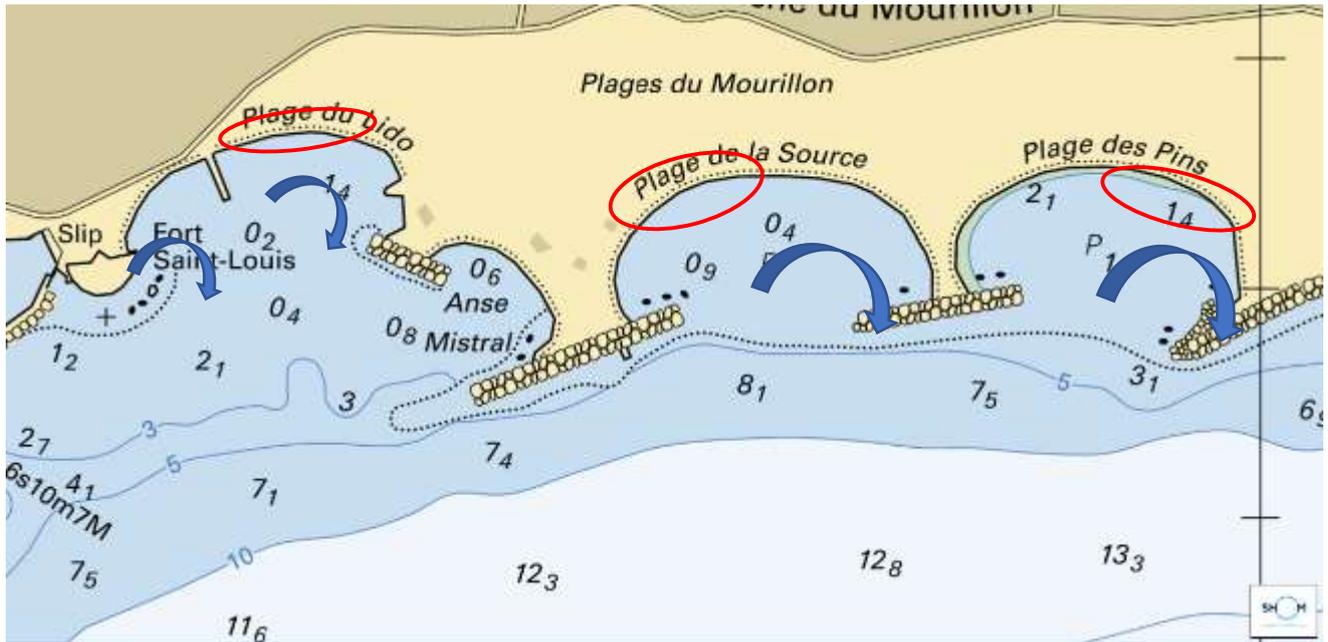


Figure 1 : hydrodynamisme du Mourillon : synthèse

Le rechargement des plages permet de limiter les conséquences phénomènes d'érosion qui sont observés sur cette zone.

L'ensemble des plages que constitue les plages du Mourillon sont composées de sable coquillé et de petits galets.

Le Cerema a été mandaté par TPM afin réaliser cette étude portant sur la vitalité des herbiers de **Posidonia oceanica** présents au droit des différentes anses que constituent les plages du Mourillon, ainsi que le recensement d'espèces protégées ou d'intérêt.

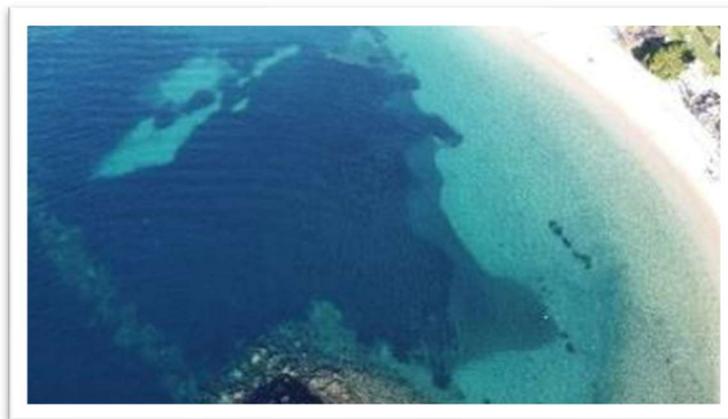
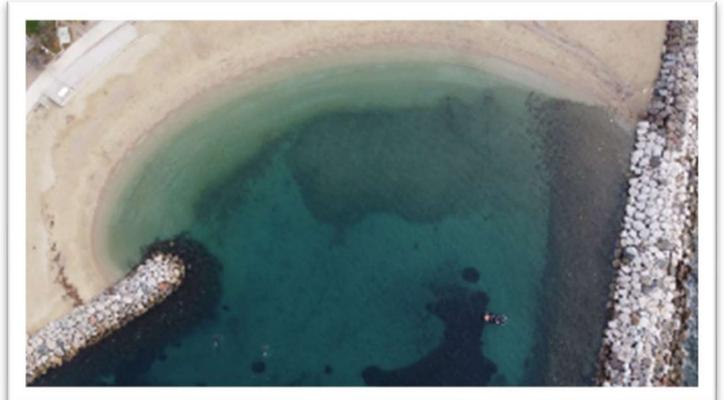


Figure 2 : zone de rechargement

3 Méthode d'investigation

L'objectif des prospections était de mettre en évidence l'absence ou la présence d'espèces ayant un statut de protection ou espèces ayant un intérêt économique ou écologique majeur au niveau de la zone de travaux.

Les investigations ont été réalisées du 13 au 16 février 2024 et se sont déroulées en quatre parties :

- L'étude de l'herbier de *Posidonia oceanica* en 8 stations avec la réalisation de mesures de densité, de recouvrement, de déchaussements, de longueur de feuille et le pourcentage de rhizomes plagiotropes. (État écologique de l'herbier)
- Déterminations de la trace GPS de la limite supérieure de l'herbier de *Posidonia oceanica*.
- Réalisation d'une trace GPS du trait de côte.
- Relevé des biocénoses.

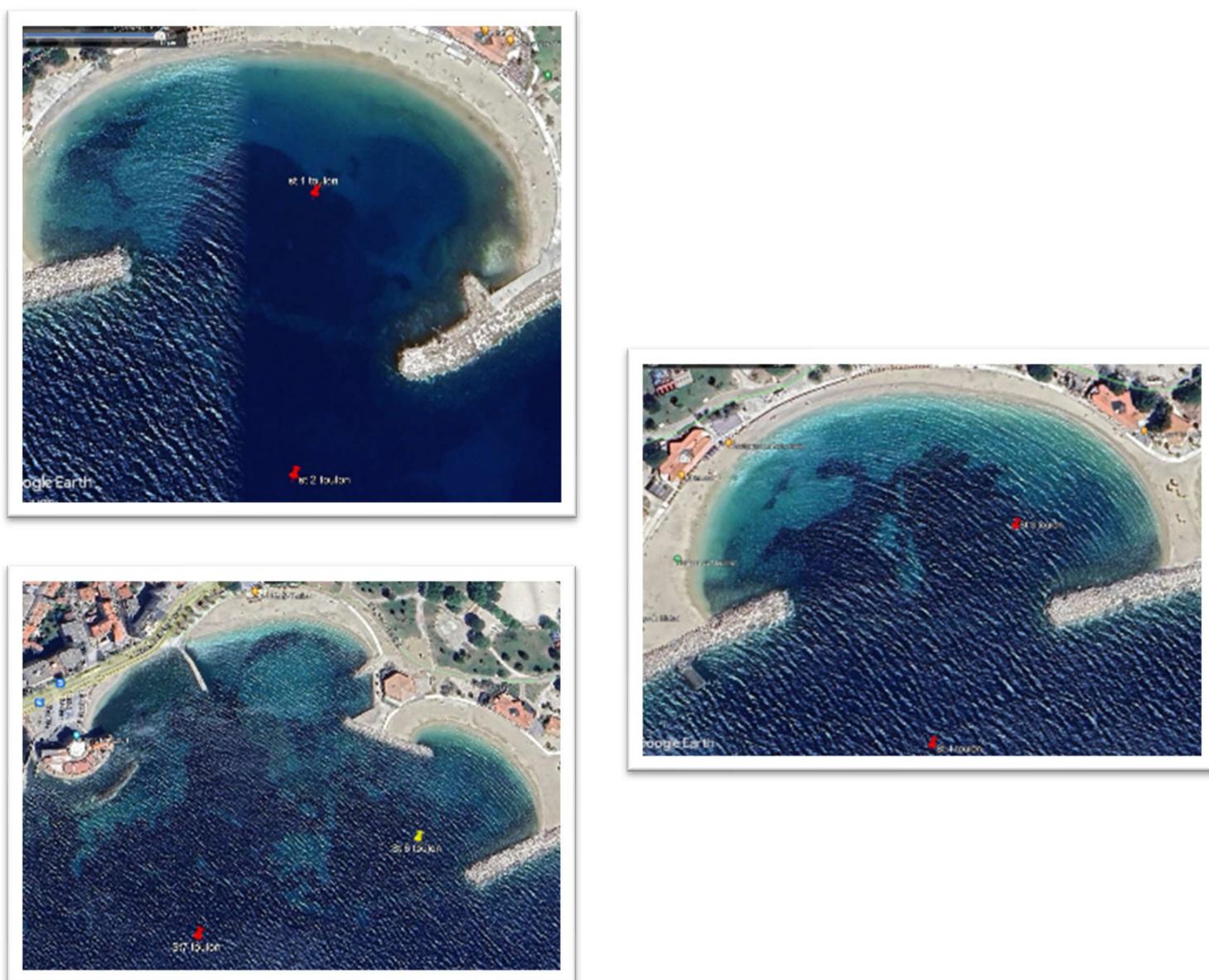


Figure 3 : Images satellites des 3 zones d'études avec localisation des stations de vitalités.

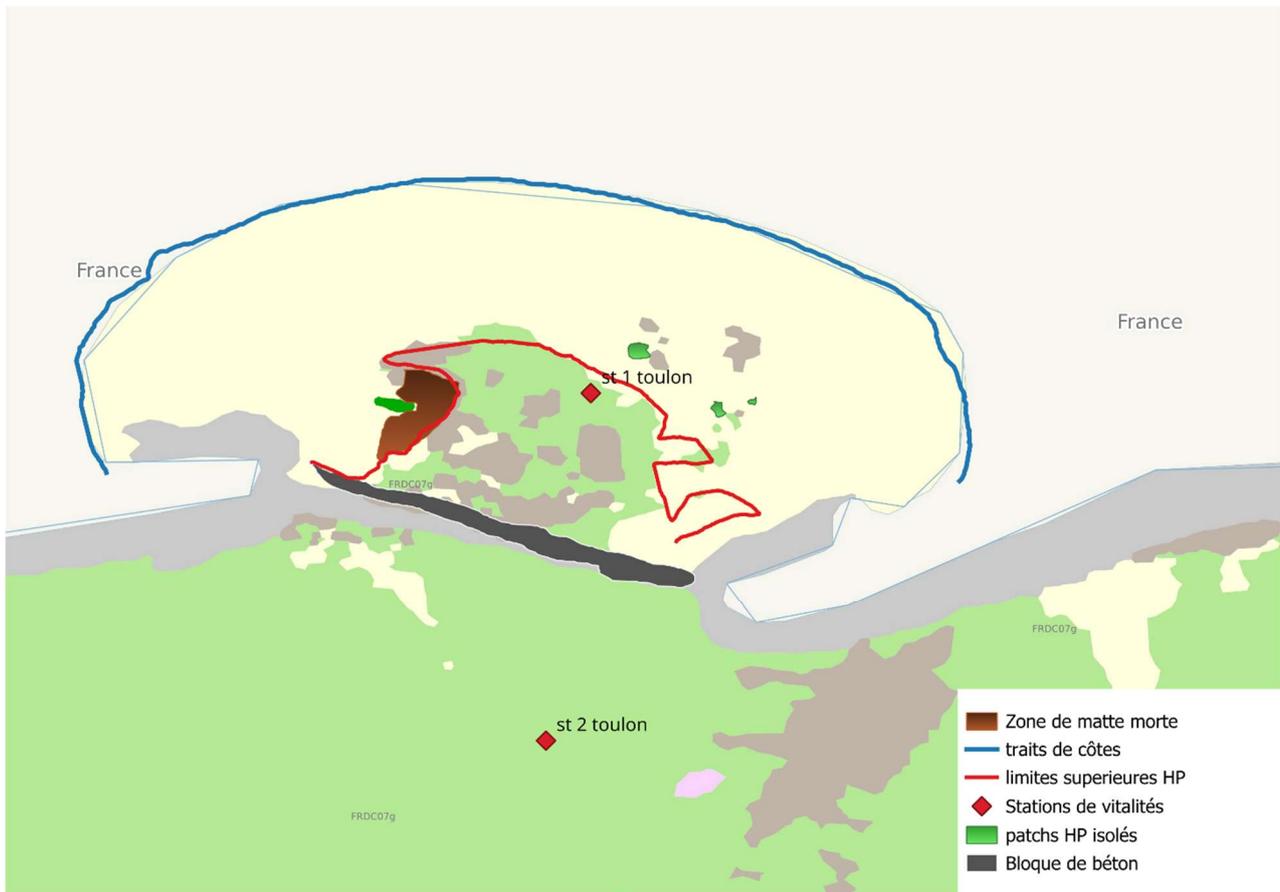


Figure 5 : Limite supérieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* et du trait de côte du jour du suivi de l'anse des Pins.

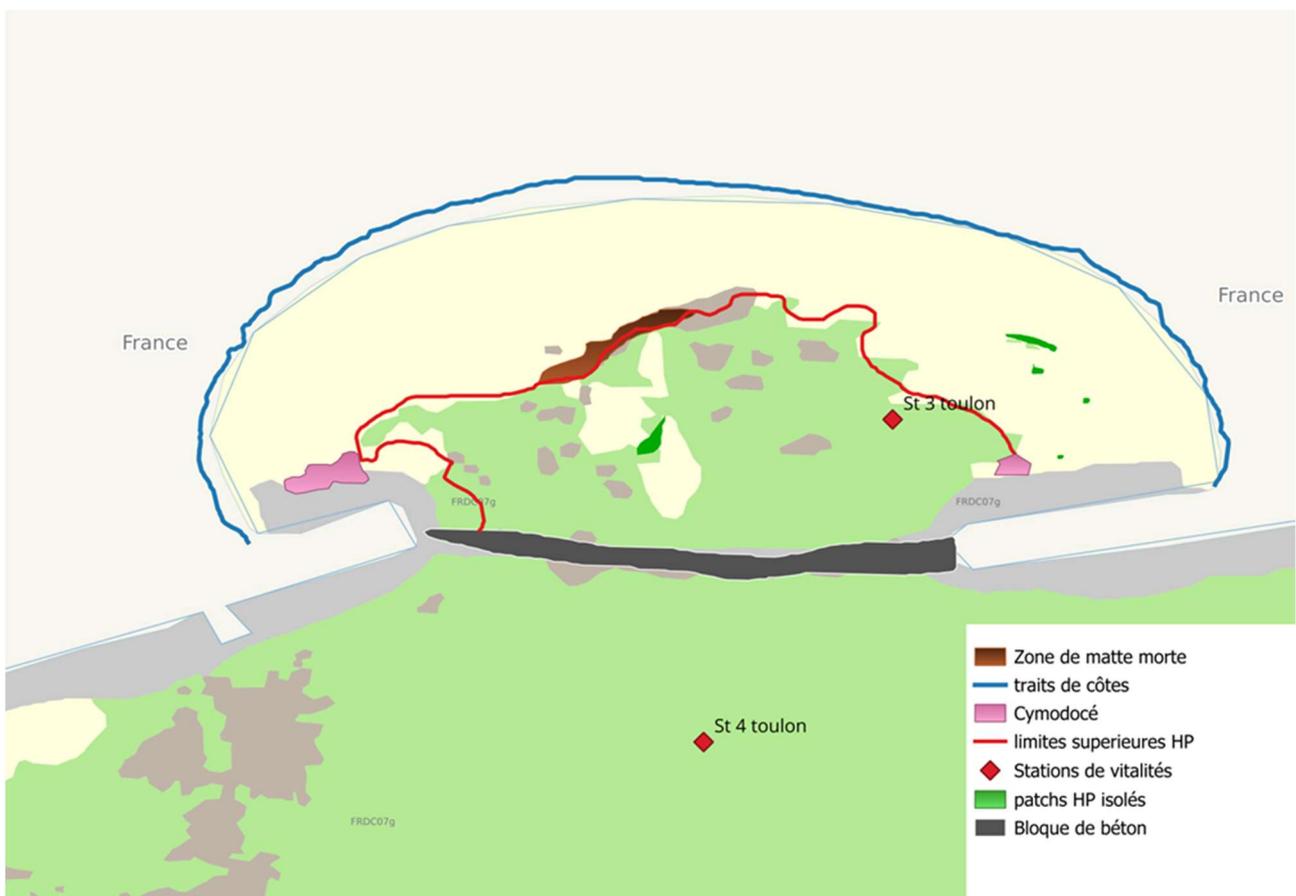


Figure 6 : Limite supérieure de l'herbier de *Posidonia oceanica*, représentation du trait de côte de l'anse de la source, et géolocalisation des herbiers de *Cymodocea nodosa*.



Figure 7 : relevés des biocénoses anse mistral

3.2 Prospection faune flore.

Des observations en scaphandre autonome ont été effectuées à l'intérieur et à l'extérieur des anses ainsi que le long des digues, afin de vérifier la présence éventuelle d'espèces protégées (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Pinna nobilis*, et *Patella ferruginea*).

Les informations ont été répertoriées : la nature des substrats observés, les espèces d'intérêts identifiées, leurs caractéristiques (mesure de la taille des individus, comptage), la profondeur des observations.

L'ensemble de ces renseignements a été géolocalisé et photographié.

3.3 Evaluation de l'état de vitalité de l'herbier de *Posidonia oceanica*.

Les herbiers de posidonies jouent un rôle fondamental tant d'un point de vue économique (nursérie pour des espèces commerciales, protection contre l'érosion des plages, qualité de l'eau), que d'un point de vue écosystémique (export de production primaire, habitat). Cette plante endémique de Méditerranée est potentiellement présente de la surface jusqu'à plus de 40m de profondeur. Les herbiers de posidonies sont ainsi soumis aux impacts issus des activités anthropiques et face à leur vitesse de croissance lente (1cm par an en moyenne), toute destruction est considérée comme irréversible à l'échelle humaine.



Pour évaluer l'état de vitalité de l'herbier, nous avons sélectionné trois stations de mesure (st1, 3 et 6) situées au plus près des plages concernées par le rechargement. Cela nous permet d'évaluer la partie de l'herbier la plus susceptible d'être impactée par les travaux. Parallèlement, trois stations de mesure localisées en dehors des anses, dans la zone intermédiaire, ont également été suivies pour évaluer l'état de vitalité de cet herbier de *Posidonia oceanica*. Nous avons également effectué des mesures à une station en limite inférieure de l'herbier. Enfin, une station de référence en dehors de la zone susceptible d'être impactée a été sélectionnée.

3.4 Mesure de recouvrement

Le recouvrement indique le pourcentage moyen de substrat recouvert par l'herbier. Cet indicateur a été mesuré au travers d'une plaque translucide divisée en 9 sous-parties, par un scaphandrier évoluant à environ 3 mètres au-dessus de l'herbier.

A chaque station, 20 mesures en réplique ont été réalisées à proximité de la limite supérieure de l'herbier. L'état de vitalité de l'herbier, selon ce paramètre, se détermine à partir de la classification présentée dans le tableau figure 10.

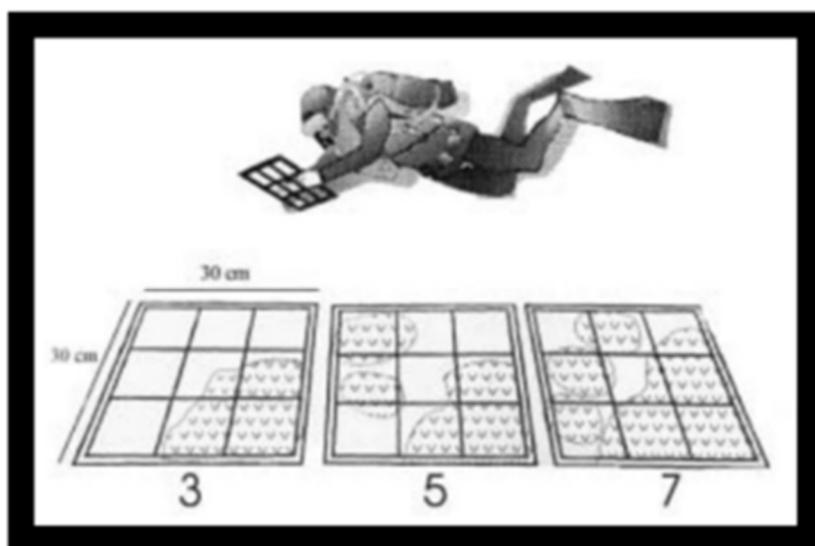


Figure 9 : Illustration d'un scaphandrier effectuant des mesures de recouvrement (Boudouresque et al., 2006)

Limite supérieure (% de recouvrement)	Interprétation vitalité	Limite inférieure (% de recouvrement)
Supérieur à 80 %	Fort recouvrement	Supérieur à 50 %
Compris entre 40 % et 80 %	Recouvrement moyen	Compris entre 20 % et 50 %
Inférieur à 40 %	Faible recouvrement	Inférieur à 20 %

Figure 10 : Classification de la vitalité de l'herbier de Posidonie en fonction du taux de recouvrement (Charbonnel et al. 2000)

3.5 Mesure de densité.

La densité des faisceaux : cette mesure consiste à compter dans un Quadrat (40cm x 40cm dans le cadre de cette étude) le nombre de faisceaux de posidonie. Cette mesure est ensuite exprimée en nombre de faisceaux par mètre carré (faisceaux/m²).

Dix mesures (quadrats) sont réalisées par station soit un total de 80 mesures. Les valeurs de densité sont ensuite interprétées en utilisant une grille d'interprétation permettant d'évaluer l'état de santé de l'herbier en fonction de sa profondeur.



Figure 11 : Plongeur réalisant une mesure de densité à l'aide d'un quadrat.

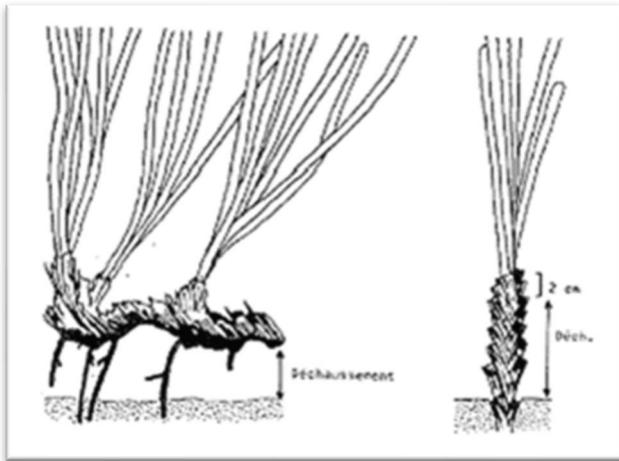
Profondeur (m)	Excellent	Bon	Normal	Médiocre	Mauvais
1	> 1133	1133 à 930	930 à 727	727 à 524	< 524
2	> 1067	1067 à 863	863 à 659	659 à 456	< 456
3	> 1005	1005 à 808	808 à 612	612 à 415	< 415
4	> 947	947 à 757	757 à 567	567 à 377	< 377
5	> 892	892 à 709	709 à 526	526 à 343	< 343
6	> 841	841 à 665	665 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

Figure 12 : Classification de la vitalité de l'herbier de Posidonie selon les densités de faisceaux observées (/m²) et le niveau de profondeur (m) (Pergent et al., 2008 et Pergent-Martini et al., 2010)

3.6 Déchaussement.

Le déchaussement des rhizomes correspond à la distance entre le sédiment et le haut du rhizome pour les rhizomes orthotropes plagiotropes.

40 mesures ont été réalisées à chaque station en sélectionnant des rhizomes aléatoirement. Les valeurs de déchaussement ont été interprétées en utilisant l'échelle d'interprétation de Boudouresque et al. (1980).



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

Figure 13 : Tableau d'interprétation des données de déchaussement des rhizomes de posidonie.

3.7 Limite supérieure

La limite supérieure est réalisée par un plongeur à l'aide d'une bouée de surface équipée d'un GPS et couplée à des photographies aériennes réalisées en drone Dji mini 2.

Ces données sont ensuite traitées sur un logiciel de SIG.

4 Résultats des investigations

4.1 Herbier de Posidonia oceanica.

- Station 1 :

Station	Profondeur (m)	Densité moyen de faisceaux (faisceaux/m ²)	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm)	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel et al., 2000)	Pourcentage de rhizomes Plagiotropes (%)	Interprétation rhizomes plagiotropes (Ifremer, 2003)	Longueur max des feuilles	Taux de recouvrement (%) Limite sup.	Pourcentage de recouvrement Limite sup. (Charbonnel et al., 2000)
S1	4,0	573	Normal	4,9	Déchaussement faible	1,0	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	41,9	87	Fort recouvrement
± écart-type		50		0,9				8,2		

L'herbier de la station 1 présente une densité normale et un faible déchaussement. Les pieds en bordure sont recouverts de sable et de débris de feuilles de Posidonie morte. On observe une érosion de la mat sous l'herbier à sa limite supérieure. Quelques rhizomes plagiotropes sont observés, mais en général, des rhizomes orthotropes sont présents. Les feuilles sont plus longues que la normale pour la saison, avec une faible épiphytisation d'environ 20%. Une zone de mat morte a été relevée entre la plage et la limite de l'herbier. Quelques patches de *Posidonia oceanica* sont également observés en dehors de la zone d'herbier.

En longeant les digues du côté intérieur, nous avons observé différentes espèces associées à l'environnement, mais aucune espèce protégée ou figurant sur la liste rouge de l'UICN. Un dispositif de bloc de béton est présent entre les digues et sert de protection contre les coups de mer.

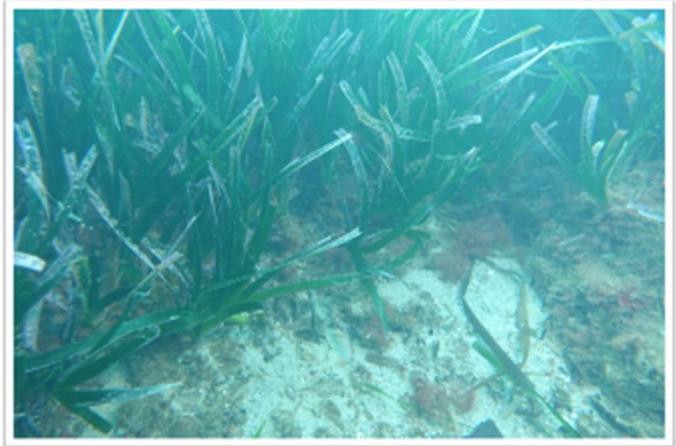
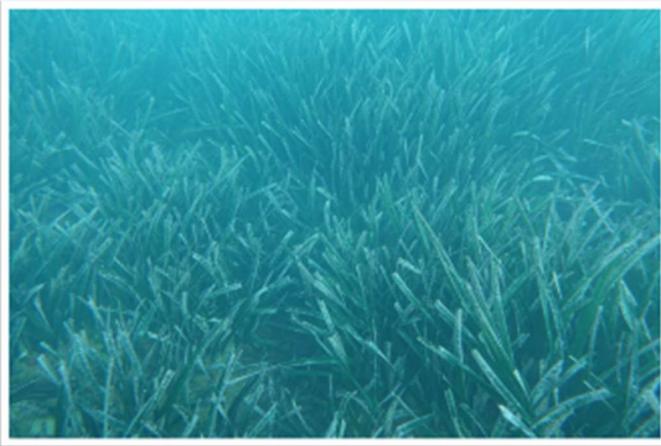


Figure 14 : vue général sur l'herbier de la station 1.



Figure 15 : photographies sur le recouvrement epiphytes des feuilles.



Figure 16 : déchets biotique et abiotique en limite supérieure.



Figure 17 : rhizomes plagiotropes et orthotropes en limite supérieure.



Figure 18 : érosion de la matte sous l'herbier en limite supérieure.

- **Station 2 :**

Station	Profondeur (m)	Densité moyen de faisceaux (faisceaux/m ²)	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm)	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel et al., 2000)	Poucentage de rhizomes Plagiotropes (%)	Interprétation rhizomes plagiotropes (Ifremer, 2003)	Longueur max des feuilles	Taux de recouvrement (%) Limite sup.	Poucentage de recouvrement Limite sup. (Charbonnel et al., 2000)
S2	7,0	502	Normal	5,8	Déchaussement moyen	1,0	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	58,8	94	Fort recouvrement
± écart-type		38		1,2				4,6		

L'herbier de la station 2, située en dehors de l'anse, présente une densité normale et un déchaussement moyen. Cependant, des déchaussements ponctuels plus importants sont constatés en limite de l'herbier et dans les zones d'érosion. Ces valeurs n'ont pas été prises en compte afin de ne pas fausser les mesures de manière générale. Les relevés de recouvrement indiquent un fort taux de recouvrement de l'herbier. Aucune espèce protégée ou d'intérêt n'a été observée, seules des espèces associées au milieu sont présentes. Nous avons repéré une *Pinna nobilis* morte en N 43° 6.415' E 5° 56.922'.



Figure 19 : vue générale sur la station 2 (-9m)



Figure 20 : photographies sur le recouvrement épiphytes des feuilles.

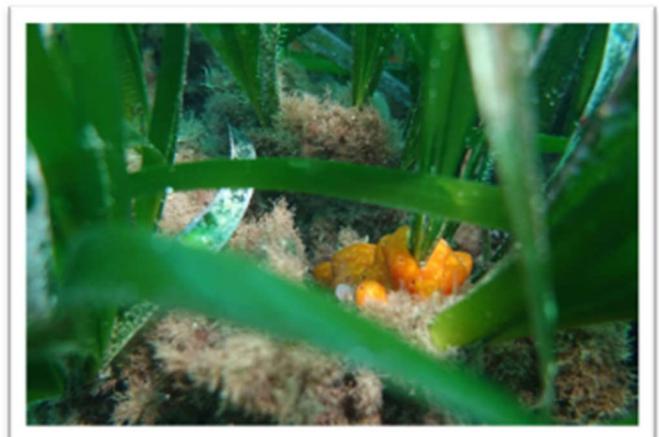
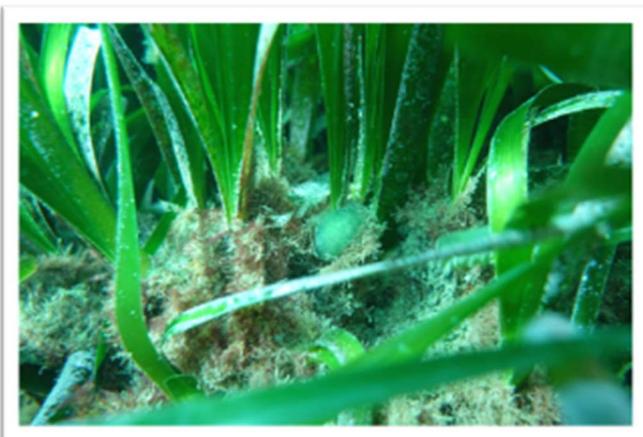


Figure 21 : photographies sur la colonisation présente.

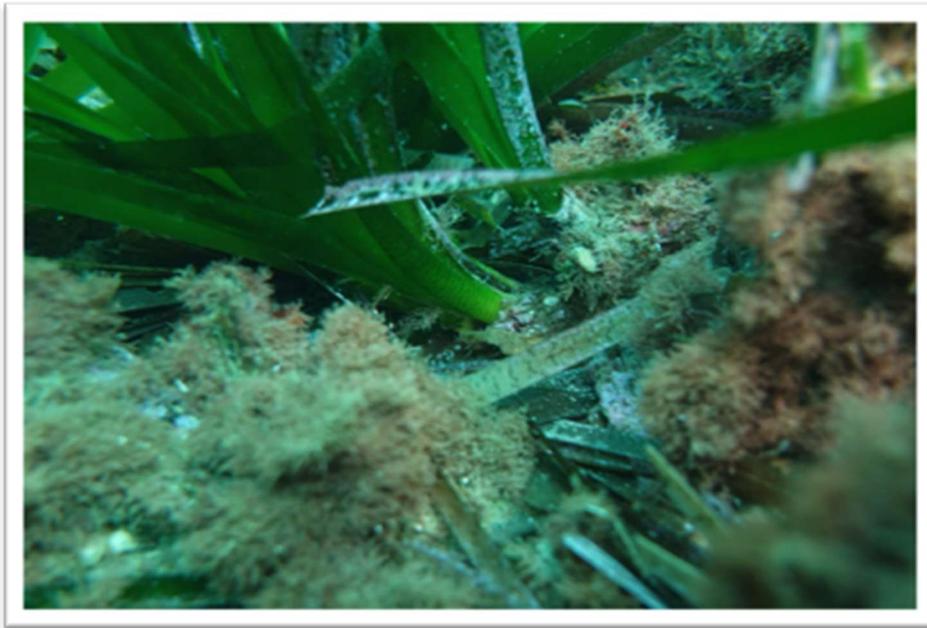


Figure 22 : photographie sur les rhizomes de l'herbier.

- **Station 3 :**

Station	Profondeur (m)	Densité moyen de faisceaux (faisceaux/m ²)	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm)	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel et al., 2000)	Pourcentage de rhizomes Plagiotropes (%)	Interprétation rhizomes plagiotropes (Ifremer, 2003)	Longueur max des feuilles	Taux de recouvrement (%) Limite sup.	Pourcentage de recouvrement Limite sup. (Charbonnel et al., 2000)
S3	3,0	619	Normal	5,1	Déchaussement moyen	0,9	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	53,1	97	Fort recouvrement
± écart-type		40		1,0				7,5		

Au niveau de la station 3, l'herbier principal de *Posidonia oceanica* présente une densité normale et un déchaussement moyen. Les feuilles sont exceptionnellement longues pour la saison, avec une épiphytisation légère d'environ 20%. Une zone de matte morte entre la plage et la limite supérieure de l'herbier suggère une régression passée de cet herbier.

Un herbier d'environ 15m² se trouve au nord-est de l'herbier principal, à une distance de 27m du rivage. D'après nos relevés, cet herbier semble actuellement stable. Aucune espèce protégée ou inscrite sur la liste rouge de l'IUCN n'a été observée, ni dans l'herbier, ni le long des digues. Cependant, nous remarquons une forte densité de téléostéens juvéniles le long des digues, suggérant un rôle de nurserie des infrastructures.

Un ensablement est notable aux pieds de l'herbier, principalement en limite de celui-ci.

Aux extrémités Est et Ouest de la plage, un herbier de *Cymodocea nodosa* est présent, couvrant respectivement une surface de 162m² à l'ouest et de 35m² à l'est (voir carte). Cette surface peut varier selon les saisons.

La *Cymodocea nodosa* bénéficie d'une protection nationale depuis l'arrêté du 19 juillet 1988, ainsi que d'une protection internationale dans le cadre de la Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe, depuis 1996. Les herbiers marins sont également pris en compte par l'UNESCO depuis la conférence de Rio en 1992.

Un rocher est présent dans l'herbier de *Posidonia oceanica*, écrasant celui-ci, facilement repérable par son nokalon fixé dessus.



Figure 23 : vue générale de l'herbier de la station 3.



Figure 24 : vue sur la limite supérieure de l'herbier.



Figure 25 : zone de nécrose de l'herbier.



Figure 26 : ensablement de pied de l'herbier en limite supérieur.

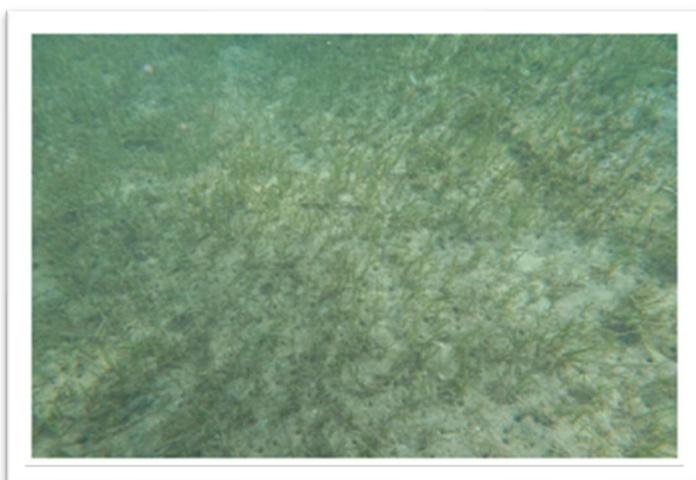


Figure 27 : herbier de *Cymodocea nodosa*.



Figure 28 : rocher posé sur la *Posidonia oceanica*.

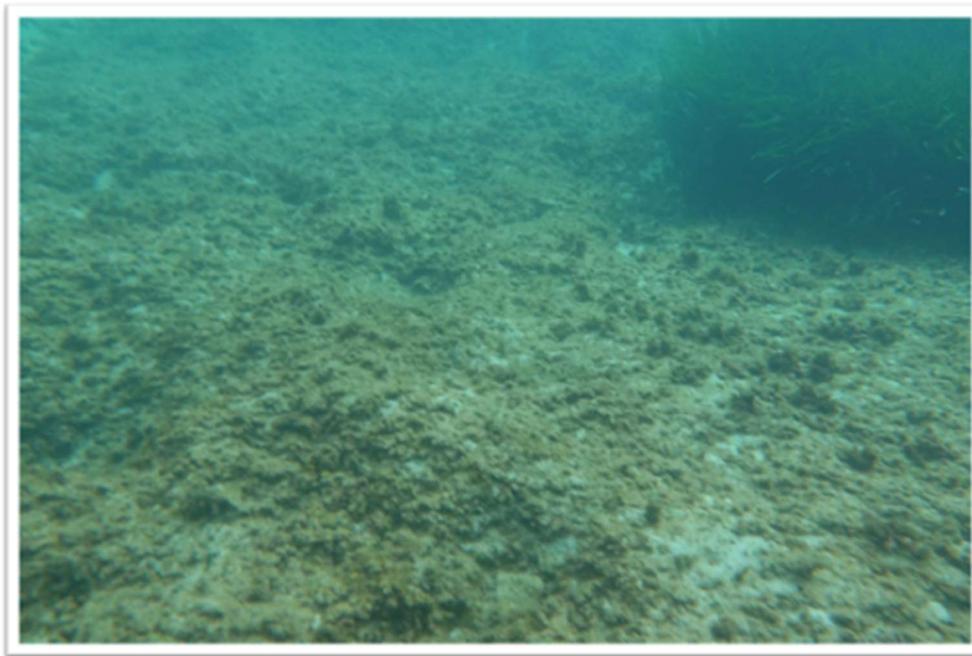


Figure 29 : photographie de la zone de matte morte de la station 3.

- **Station 4 :**

Station	Profondeur (m)	Densité moyen de faisceaux (faisceaux/m ²)	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm)	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel et al., 2000)	Pourcentage de rhizomes Plagiotropes (%)	Interprétation rhizomes plagiotropes (Ifremer, 2003)	Longueur max des feuilles	Taux de recouvrement (%) Limite sup.	Pourcentage de recouvrement Limite sup. (Charbonnel et al., 2000)
S4	9,0	409	Normal	8,2	Déchaussement moyen	0,1	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	61,0	95	Fort recouvrement
± écart-type		67		2,5				9,4		

Les observations concernant l'herbier à la station 4 sont identiques aux observations relevées à la station 2, avec des valeurs de déchaussement légèrement supérieure.

La densité est légèrement plus faible que sur la station 2, mais reste dans des critères de densité « Normal » suivant le tableau de classification (Pergent et al., 2008 et Pergent-Martini et al., 2010).



Figure 30: vue générale de l'herbier de la station 4.

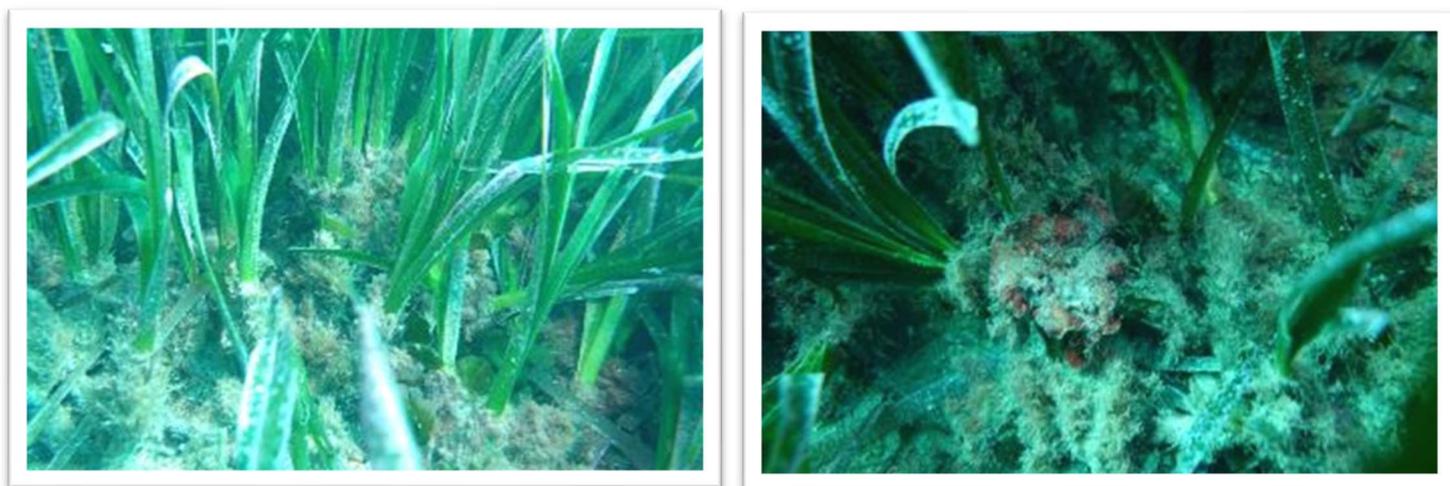


Figure 31 : photographies des déchaussements à l'extrémité de l'herbier.

- **Station 5 :**

Station	Profondeur (m)	Densité moyen de faisceaux (faisceaux/m ²)	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm)	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel et al., 2000)	Pourcentage de rhizomes Plagiotropes (%)	Interprétation rhizomes plagiotropes (Ifremer, 2003)	Longueur max des feuilles	Taux de recouvrement (%) Limite sup.	Pourcentage de recouvrement Limite sup. (Charbonnel et al., 2000)
SS	17,0	268	Normal	3,9	Déchaussement faible	0,0	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	39,1	67	recouvrement moyen
± écart-type		46		1,5				7,2		

La station se trouve à la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica*, et il nous a paru pertinent de considérer l'état écologique de la zone profonde de l'herbier pour recueillir des données en vue d'un futur suivi post-rechargement des plages. La transition vers la limite supérieure de l'herbier est graduelle, caractérisée par une densité normale et un faible déchaussement. Le substrat est principalement sablo-vaseux, distinct de celui des plages selon nos observations.

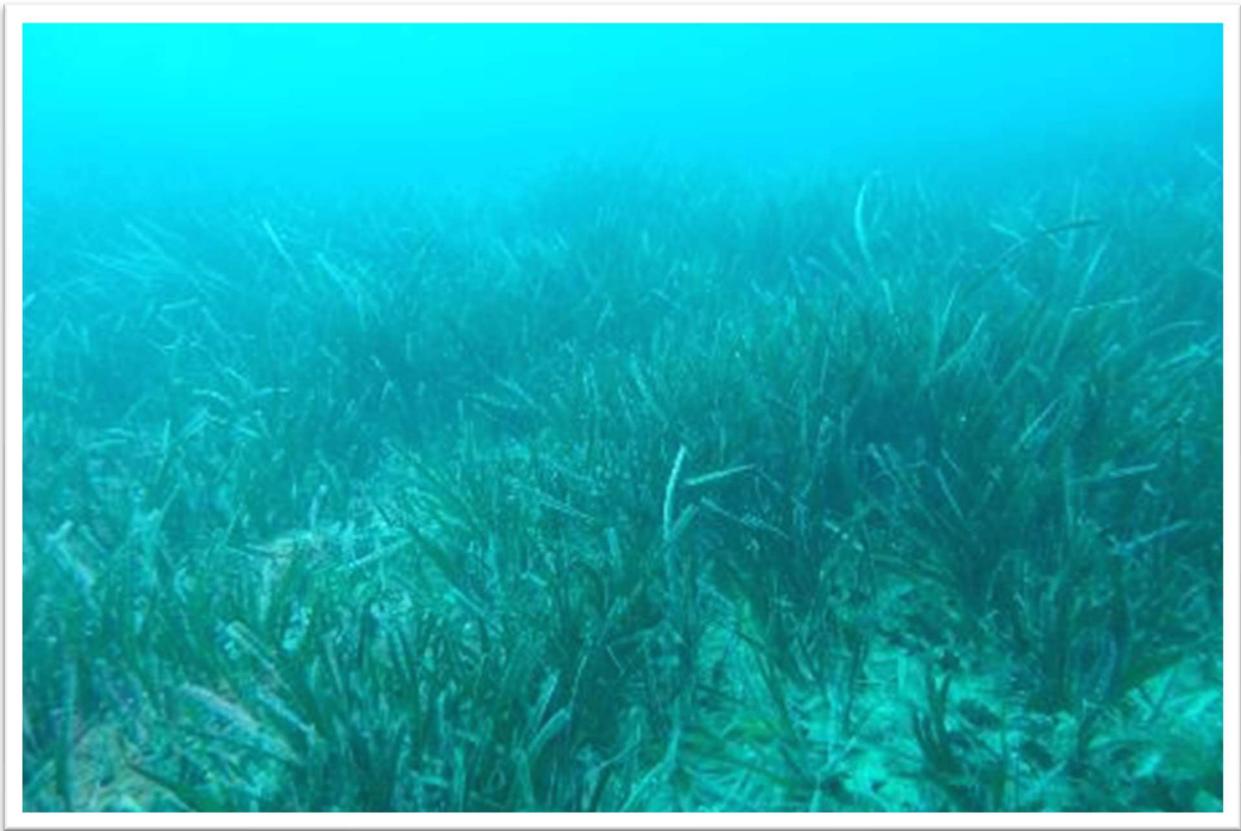


Figure 32 : vue générale de l'herbier de la station 5.

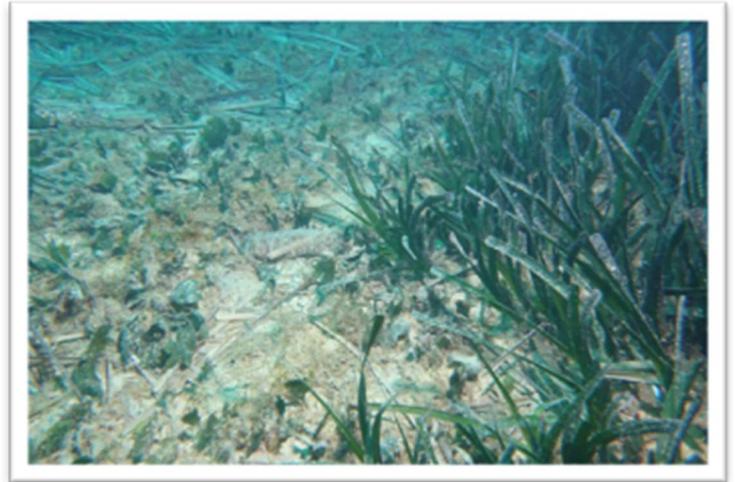


Figure 33 : vue sur la limite inférieure de l'herbier.

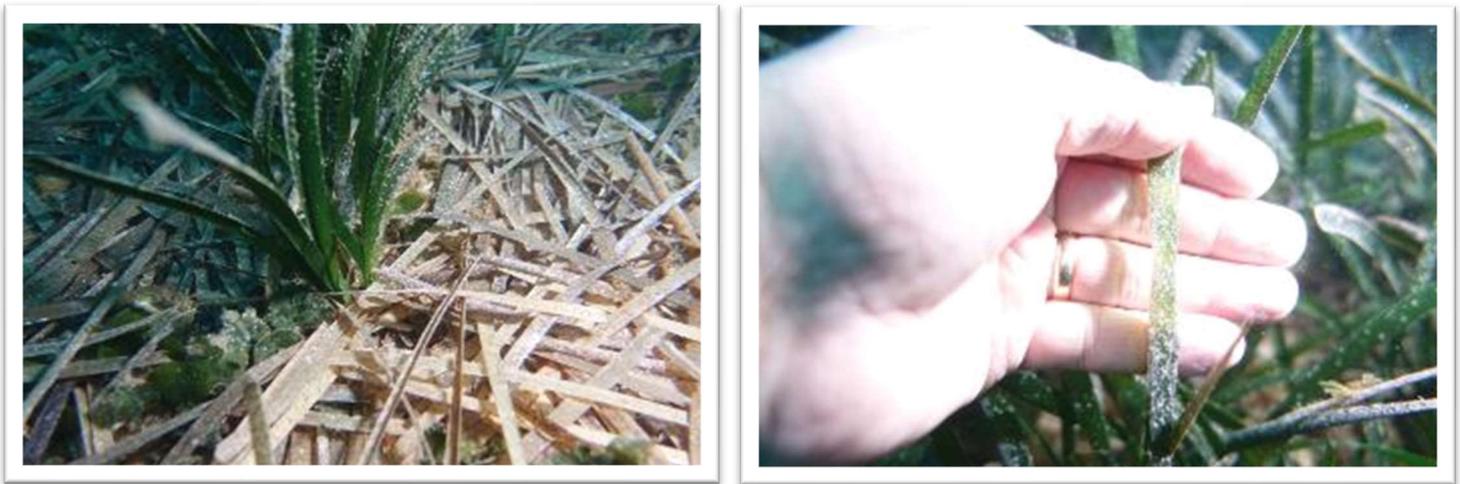


Figure 34 : recouvrement épiphyte des feuilles de *Posidonia oceanica*.



Figure 35 : prise de mesure de densité avec un quadrat de 0.4m.

- **Station 6 :**

Station	Profondeur (m)	Densité moyen de faisceaux (faisceaux/m ²)	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm)	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel et al., 2000)	Pourcentage de rhizomes Plagiotropes (%)	Interprétation rhizomes plagiotropes (Ifremer, 2003)	Longueur max des feuilles	Taux de recouvrement (%) Limite sup.	Poucentage de recouvrement Limite sup. (Charbonnel et al., 2000)
56	3,0	588	Normal	2,5	Déchaussement faible	2,5	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	51,8	87	Fort recouvrement
± écart-type		59		1,5				11,5		

Les observations effectuées à la station 6 concernent les plages du Mistral. Les mesures révèlent que l'herbier présent le long de ces plages est progressif. En effet, une quantité importante de rhizomes plagiotropes est observée à la limite supérieure de l'herbier, sur un substrat sableux. La densité est normale et le déchaussement est faible, ce qui suggère un herbier avec un recouvrement fort. Les feuilles sont plutôt longues pour la saison, avec très peu d'épiphytes.

Des herbiers de *Posidonia oceanica* sont également observés le long de la digue, avec la présence d'espèces habituellement associées à ce milieu. Nous avons relevé la présence d'un corps-mort qui écrase

l'herbier sur une surface de 0.5m² en N 43° 6.379' E 5° 56.506'. Celui-ci est facilement repérable grâce à la présence d'un nokalon jaune fixé sur le bloc.

À l'ouest de la plage Mistral, un herbier se situant au niveau de la plage présente une zone de 220m² de matte morte. Un ensablement est également observé aux pieds de l'herbier, principalement en limite de celui-ci.



Figure 36 : vue générale de l'herbier de la station 6.



Figure 37 : présence de sable en pied d'herbier.



Figure 38 : présence de rhizomes plagiotropes à l'extrémité de l'herbier.



Figure 39 : présence d'un rocher dans l'herbier.

- **Station 7 :**

Station	Profondeur (m)	Densité moyen de faisceaux (faisceaux/m ²)	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm)	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel <i>et al.</i> , 2000)	Pourcentage de rhizomes Plagiotropes (%)	Interprétation rhizomes plagiotropes (Ifremer, 2003)	Longueur max des feuilles	Taux de recouvrement (%) Limite sup.	Pourcentage de recouvrement Limite sup. (Charbonnel <i>et al.</i> , 2000)
S7	5,0	603	Normal	4,8	Déchaussement faible	0,6	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	60,0	95	Fort recouvrement
± écart-type		50		1,4				4,4		

En prolongement de la station 6, cet herbier semble stable, présentant des valeurs de densité normales et un faible déchaussement. Son substrat se compose de matre morte et de sable.

Aucune espèce protégée n'a été identifiée. Seules des espèces associées au milieu ont été observées. On observe un faible déchaussement et un fort recouvrement, avec des feuilles relativement longues pour la saison et très peu épiphytées. Les rhizomes sont principalement orthotropes, bien que quelques rhizomes plagiotropes soient remarqués en limite d'herbier. Quelques zones d'herbier nécrosées sont également relevées, mettant en évidence le système racinaire de l'herbier de *Posidonia oceanica*.



Figure 40 : vue générale sur l'herbier de la station 7.



Figure 41 : recouvrement épiphyte des feuilles de l'herbier.



Figure 42 : vue sur les rhizomes orthotropes et plagiotropes

- **Station de réf :**

Station	Profondeur (m)	Densité moyen de faisceaux (faisceaux/m ²)	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm)	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel et al., 2000)	Pourcentage de rhizomes Plagiotropes (%)	Interprétation rhizomes plagiotropes (Ifremer, 2003)	Longueur max des feuilles	Taux de recouvrement (%) Limite sup.	Poucentage de recouvrement Limite sup. (Charbonnel et al., 2000)
st réf	5,0	603	Normal	3,8	Déchaussement faible	0,1	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	52,9	96	Fort recouvrement
± écart-type		46		1,3				9,4		

Une station de référence a été choisie, éloignée de la zone concernée par le rechargement, afin d'obtenir des valeurs de mesures non impactées par les travaux prévus. Ces valeurs serviront de base de comparaison après l'achèvement des travaux, permettant ainsi d'évaluer leur impact sur le milieu environnant.

Les relevés effectués sur la station de référence indiquent que l'herbier dans cette zone est stable, avec une densité de faisceaux au m² normale et un déchaussement faible. La longueur des feuilles est également supérieure à la normale pour la saison, et le pourcentage de recouvrement est élevé. Des zones de nécrose sont observées au sein de l'herbier, ainsi que des zones où la matte morte est exposée. Le substrat est principalement composé de sable fin, avec quelques rochers dispersés.



Figure 43 : vue générale de l'herbier de la station de réf.



Figure 44 : photographie sur le recouvrement épiphyte des feuilles.



Figure 45 : vue sur les zones de sable au milieu de l'herbier.



Figure 46: zone de matte morte de la station de référence.

5 Conclusions

Les différents herbiers de *Posidonia oceanica* faisant l'objet du suivi semblent être dans un bon état écologique, présentant une densité normale de faisceaux au m² et un faible déchaussement sur 5 stations. Cependant, il est à noter que les déchaussements sont classés comme moyens pour les stations 2, 3 et 4, laissant apparaître les rhizomes à certains endroits. Les longueurs de feuilles sont relativement élevées pour la saison, ce qui peut s'expliquer par la présence de digues et de brise-lames qui ralentissent la houle par mauvais temps, occasionnant un faible hydrodynamisme à l'intérieur des anses.

Le taux de recouvrement est élevé sur toutes les zones observées. Une courbe de complétude a été calculée pour vérifier si l'effort d'échantillonnage était suffisant afin garantir la fiabilité des données à exploiter.

Un ensablement est observé aux pieds des herbiers de *Posidonia oceanica* des stations 1, 3 et 6, qui reposent sur un fond de sable et de matte morte. L'état écologique des herbiers de *Posidonia oceanica* suivis est sensiblement identique. Cependant, les différentes zones de matte morte observées en limite supérieure des herbiers attirent notre attention sur le fait que cet herbier subit une agression qui favorise sa régression. Ce constat concerne uniquement les zones d'herbiers les plus proches des plages concernées par l'engraissement.

Nous avons également observé plusieurs espèces associées au milieu ainsi que des juvéniles de *Coris julis*, de *Symphodus spp*, de *Chromis chromis*, *Diplodus spp*, de *Mullus surmuletus*.

Ces juvéniles sont observées principalement dans les interstices des digues côté intérieur, à l'intérieur des herbiers de *Posidonia oceanica*.

Les limites supérieures ont été déterminées en utilisant un GPS tracté par le plongeur,

Cette méthode permet également d'améliorer la précision des données par rapport aux informations provenant de sources couramment employées telles que Medtrix.

Deux zones d'herbiers de *Cymodocea*, proches du rivage, ont été observées et doivent faire l'objet d'une vigilance particulière compte tenu de leur statut de protection.

La *Cymodocea nodosa* bénéficie d'une protection nationale depuis l'arrêté du 19 juillet 1988, ainsi que d'une protection internationale dans le cadre de la Convention de Berne relative à la conservation de la

vie sauvage et du milieu naturel en Europe, depuis 1996. Les herbiers marins sont également pris en compte par l'UNESCO depuis la conférence de Rio en 1992.

Concernant le recul du trait de côte, il se réfère à l'érosion ou à l'affaissement de la côte, entraînant une réduction de la surface terrestre à l'interface entre la terre et la mer. Il s'agit d'un phénomène courant sur tous les littoraux, des plages sablonneuses aux falaises rocheuses, et qui est souvent influencé par une combinaison de facteurs naturels et d'origine humaine.

En complément du suivi nous avons réalisé une trace GPS du trait de côte de chaque anse, ce qui permet d'avoir une base de données afin de cartographier l'érosion des plages concernées par le rechargement en sable.



Figure 47 : cartographie des biocénoses sous QGIS.

Station	Profondeur (m)	Densité moyen de faisceaux (faisceaux/m ²)	Classe de densité (Pergent-Martini, 2010)	Déchaussement moyen (cm)	Interprétation déchaussement moyen (Charbonnel et al., 2000)	Pourcentage de rhizomes Plagiotropes (%)	Interprétation rhizomes plagiotropes (Ifremer, 2003)	Longueur max des feuilles	Pourcentage de recouvrement Limite sup.	Pourcentage de recouvrement Limite sup. (Charbonnel et al., 2000)
S1	4,0	573	Normal	4,9	Déchaussement faible	1,0	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	41,9	87	Fort recouvrement
± écart-type		50		0,9				8,2		
S2	7,0	502	Normal	5,8	Déchaussement moyen	1,0	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	58,8	94,0	Fort recouvrement
± écart-type		38		1,2				4,6		
S3	3,0	619	Normal	5,1	Déchaussement moyen	0,9	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	53,1	97,0	Fort recouvrement
± écart-type		40		1,0				7,5		
S4	9,0	409	Normal	8,2	Déchaussement moyen	0,1	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	61,0	95,0	Fort recouvrement
± écart-type		67		2,5				9,4		
S5 lim inf	17,0	268	Normal	3,9	Déchaussement faible	0,0	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	39,1	67,0	Fort recouvrement
± écart-type		46		1,5				7,2		
S6	3,0	588	Normal	2,5	Déchaussement faible	2,5	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	51,8	87,0	Fort recouvrement
± écart-type		59		1,5				11,5		
S7	5,0	603	Normal	4,8	Déchaussement faible	0,6	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	60,0	95,0	Fort recouvrement
± écart-type		50		1,4				4,4		
St réf	4,0	603	Normal	3,8	Déchaussement faible	0,1	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	52,9	96,0	Fort recouvrement
± écart-type		46		1,3				9,4		

Figure 48 : tableau de synthèses des différents résultats.

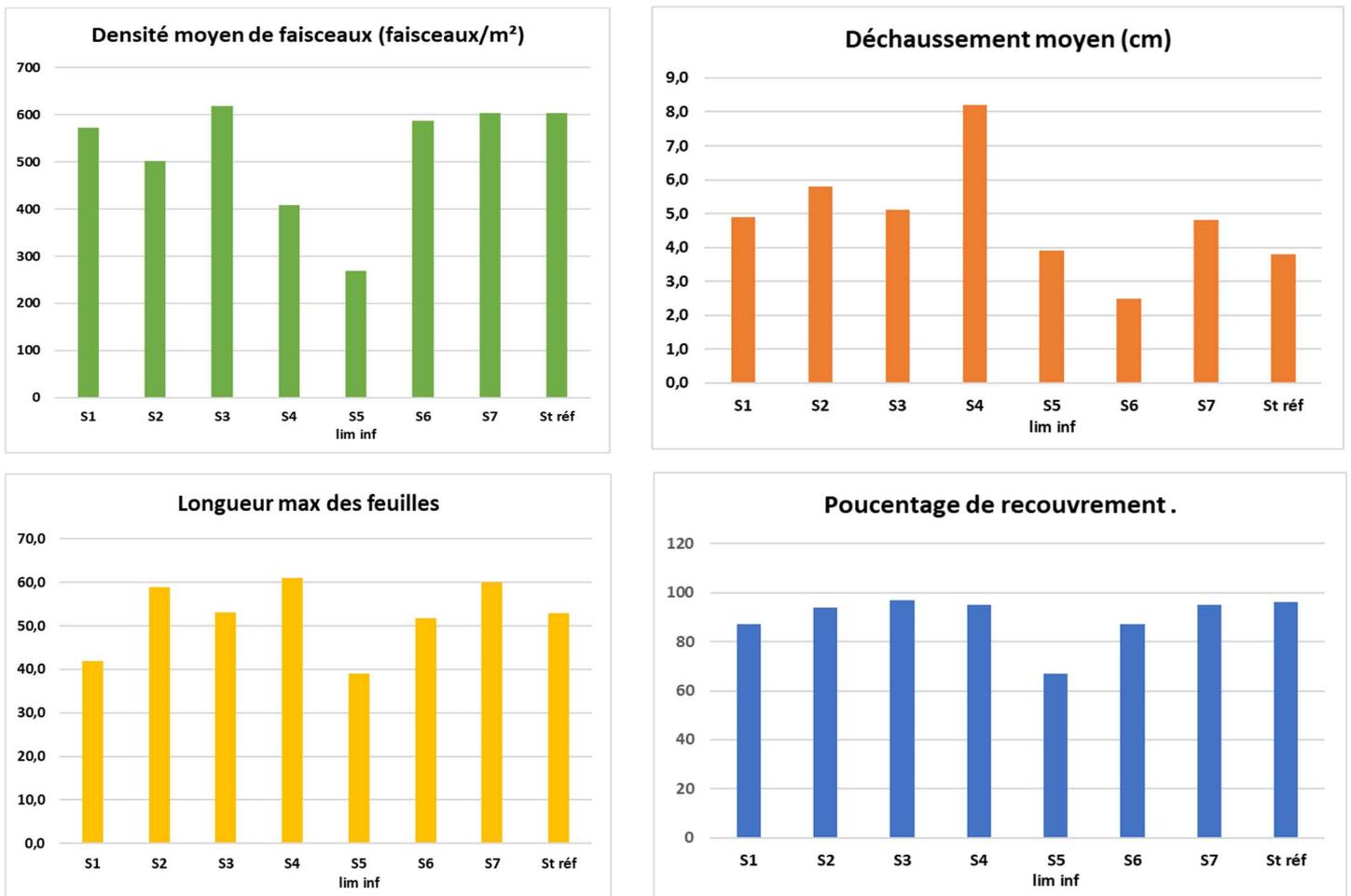


Figure 49 : graphiques représentent les résultats des valeurs de densités, déchaussements, longueur de feuilles et recouvrement.

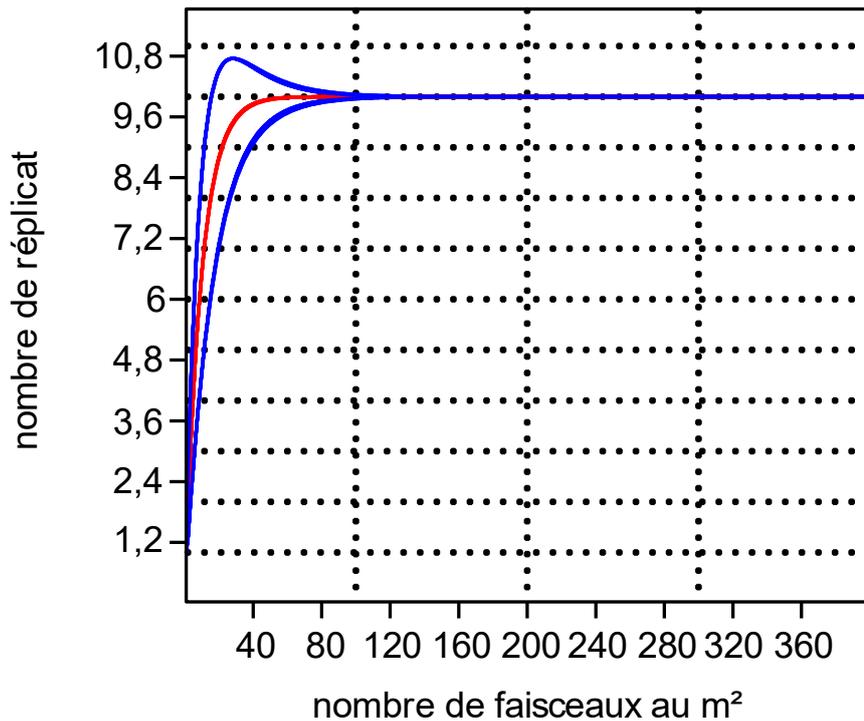


Figure 50 : Courbe de complétude d'échantillonnage.

4.3 Efficacité de l'échantillonnage

Afin de déterminer si la puissance de l'échantillonnage a été suffisante pour caractériser les huit stations étudiées, une courbe d'accumulation a été réalisée (figure 50). Pour cela, le nombre de faisceaux présent dans chaque quadrat a été comptabilisé, quadrat après quadrat, pour les huit stations étudiées.

L'analyse a été effectuée en utilisant le logiciel libre Past v 4.03.

4.4 Diagnostic des digues de protection.

Les digues de protection actuelles sont de type digue à talus, composées d'un empilement d'enrochements naturels. La carapace de la digue est principalement constituée de blocs calcaires, tandis que les blocs à la crête présentent une nature différente.

Le rôle de la digue à talus est de dissiper l'énergie de la houle provenant du large afin de protéger les plages situées dans les trois anses. En raison de l'exposition aux fortes vagues, la digue est sujette à des dommages progressifs lors de tempêtes importantes, pouvant entraîner un décrochement des blocs constituant la carapace et compromettre son intégrité.

Des pertes de quelques blocs en partie aérienne sont observables dans la zone de marnage entraînant des glissements ponctuels dans la carapace et des légers tassements au niveau de la crête de digue. Ces observations se concentrent principalement sur la partie extérieure de la digue. En revanche, la partie intérieure ne présente pas de désordres visibles, à l'exception de quelques rochers détachés de la carapace, et observés au pied de la digue intérieure.

Dans l'ensemble, les digues ne présentent pas de désordres majeurs, seuls des problèmes structurels mineurs ont été identifiés jusqu'à présent, ne compromettant pas la stabilité des ouvrages à ce jour. Pour

garantir la pérennité des ouvrages de protection des plages, il est recommandé de procéder à un suivi régulier après chaque évènement météorologique important.

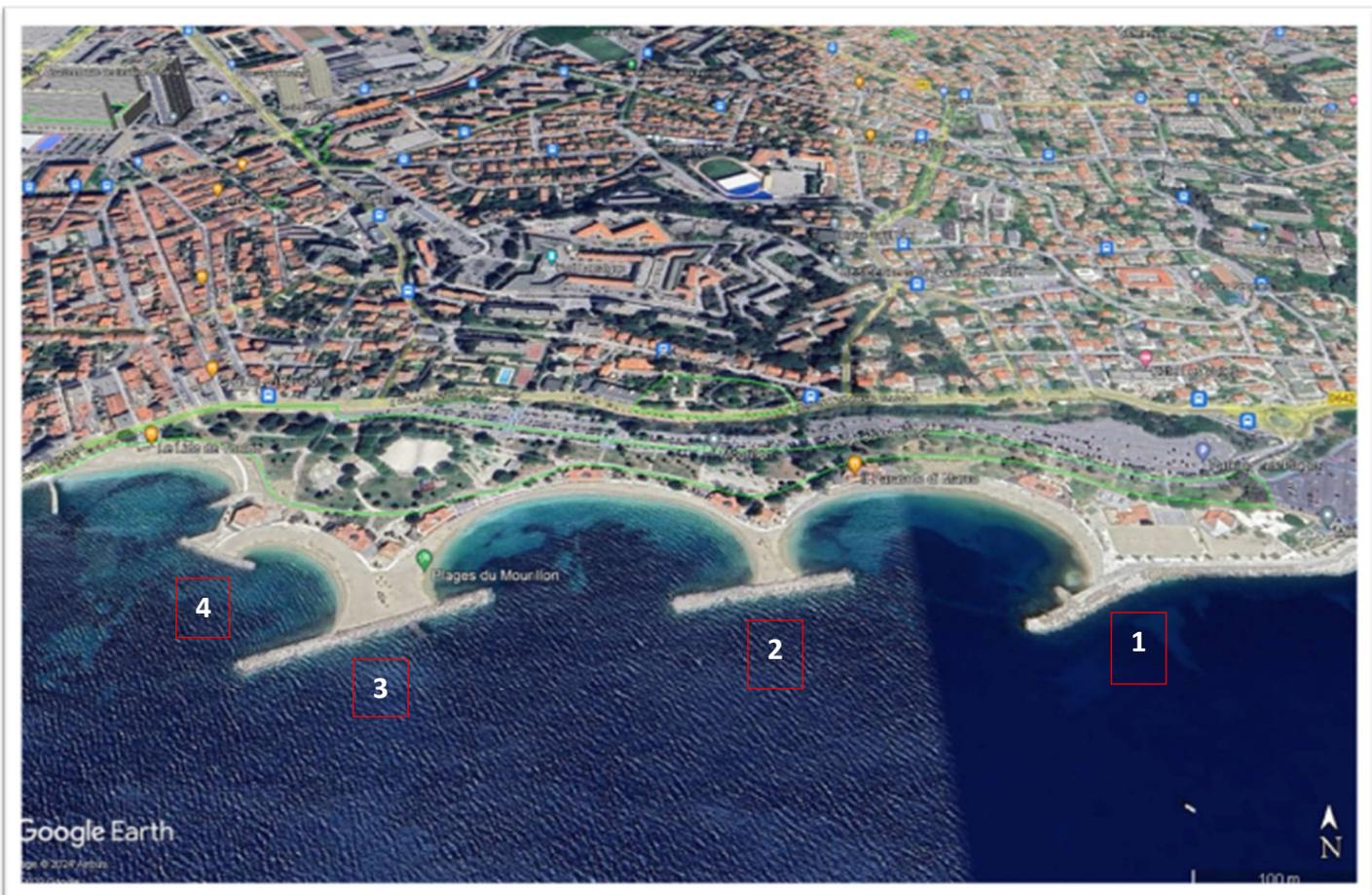


Figure 51 : image satellite des digues des plages du Mourillon.

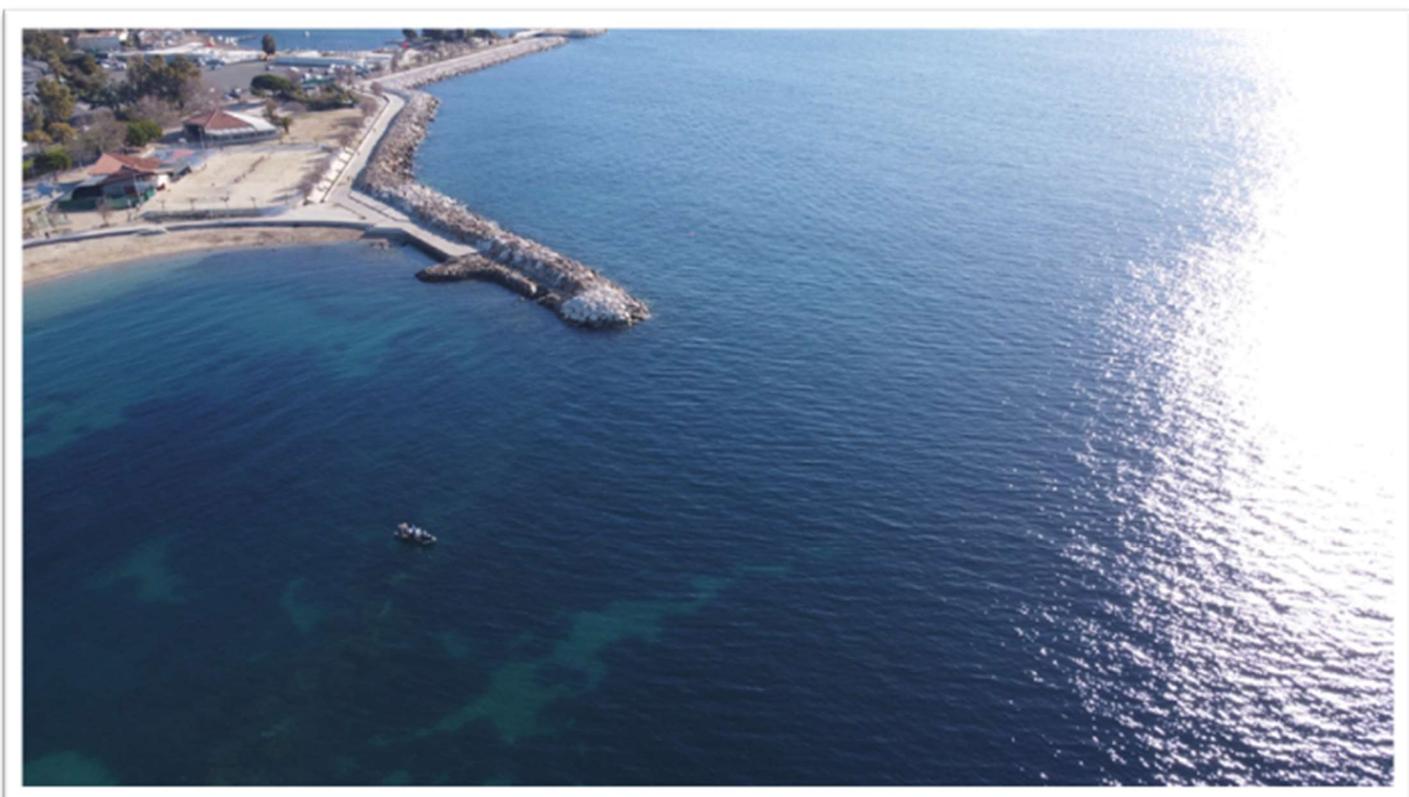


Figure 52 : vue aérienne de la digue n°1.

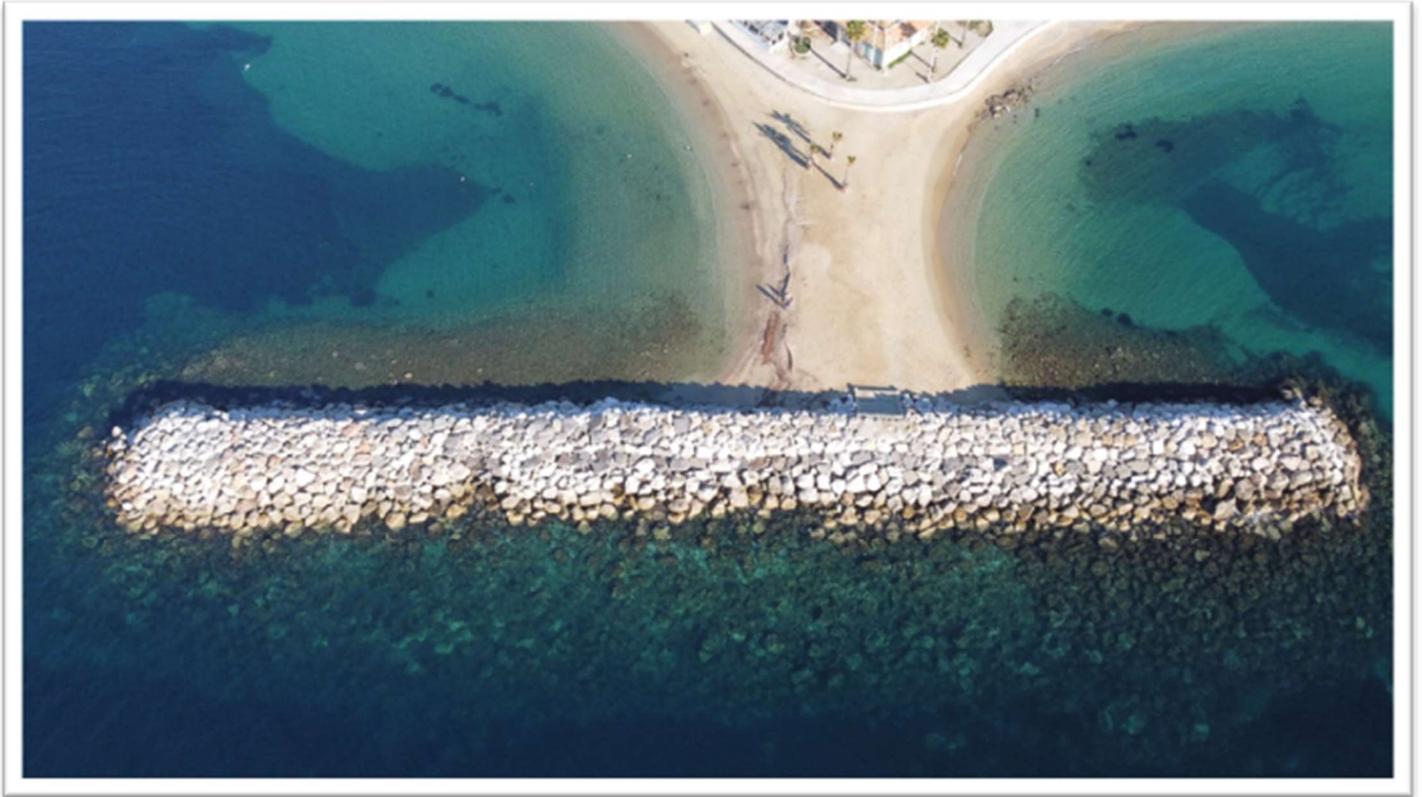


Figure 53 : vue aérienne de la digue n°2

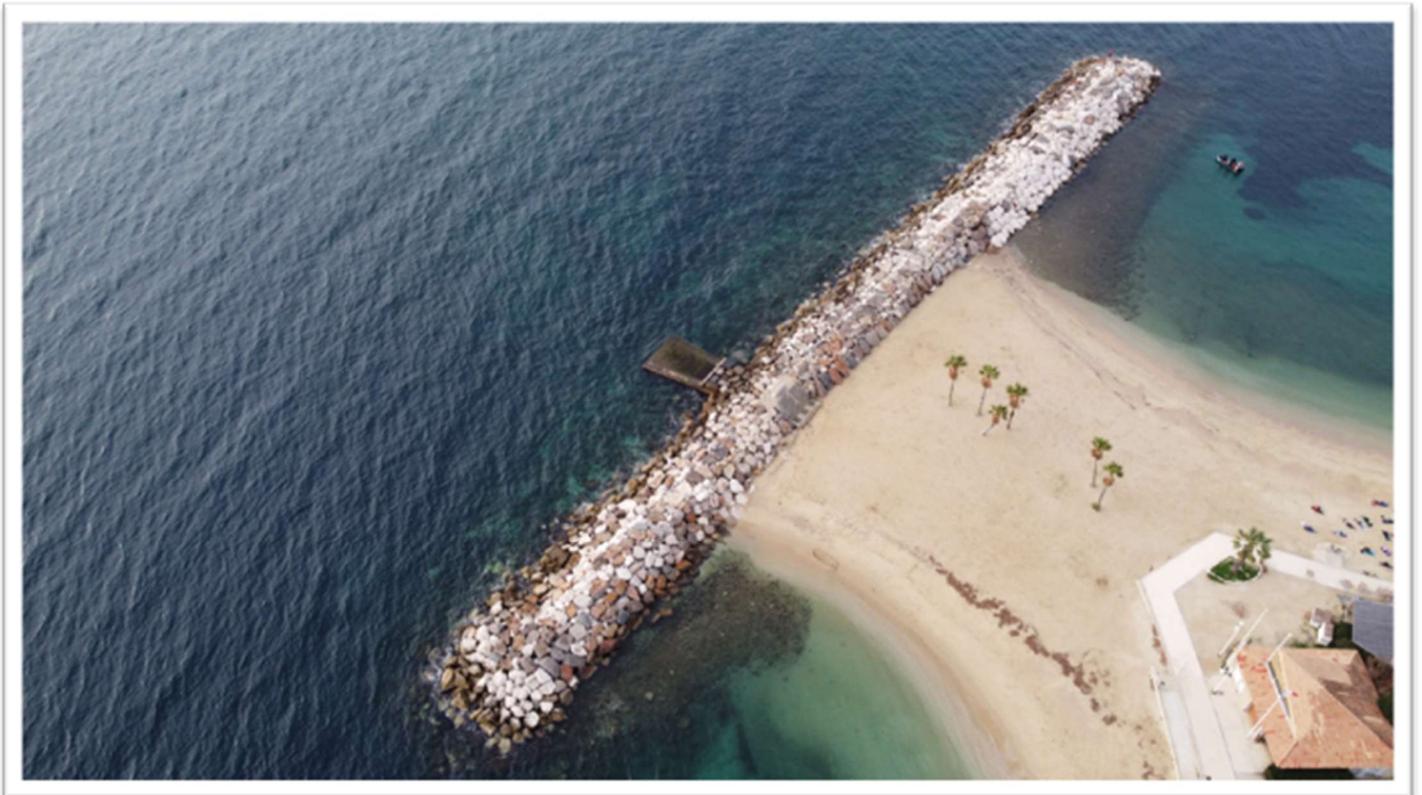


Figure 54 : vue aérienne de la digue n°3.

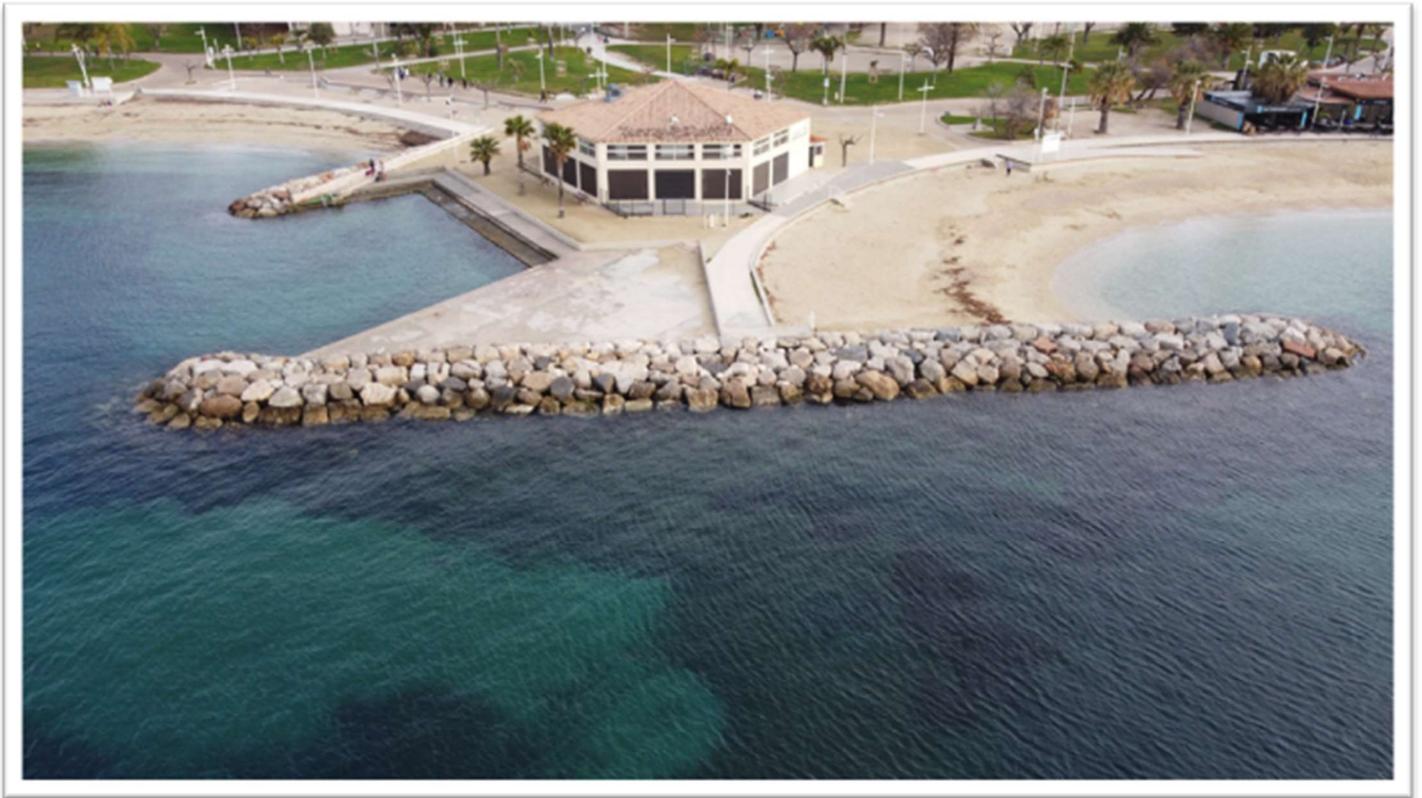


Figure 55 : vue aérienne de la digue n°4.

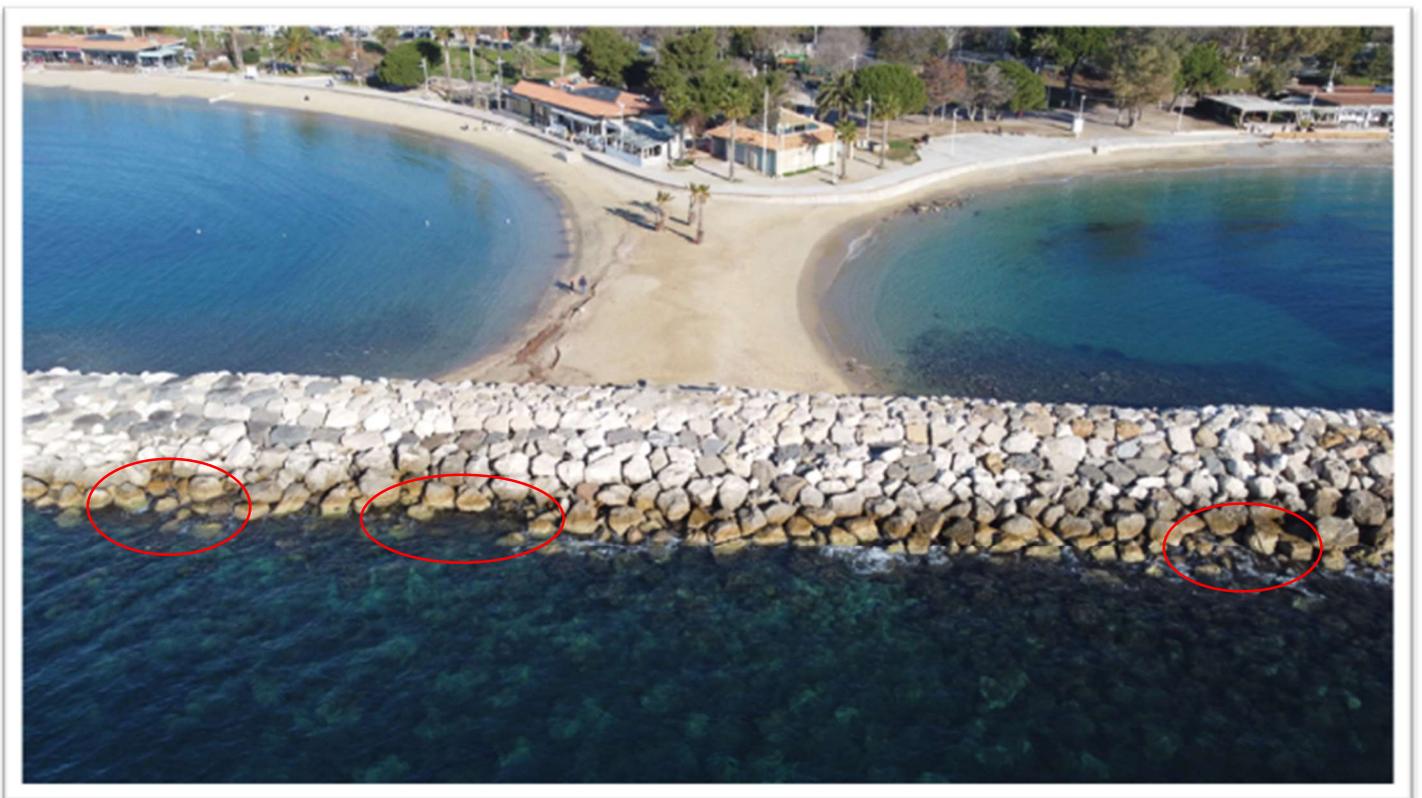


Figure 56 : perte d'énrochements sur la digue 2.

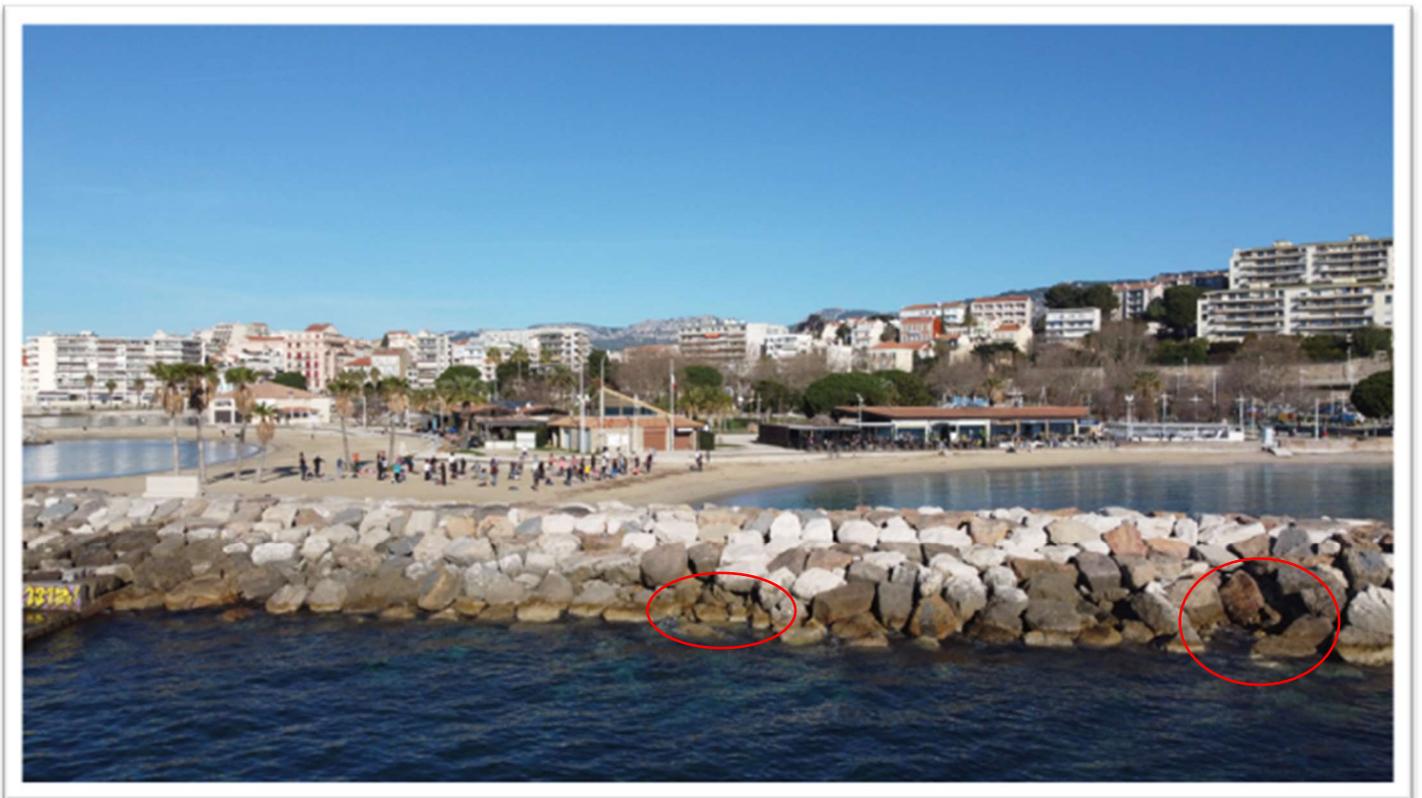


Figure 57 : perte d'énrochements sur la digue 3.

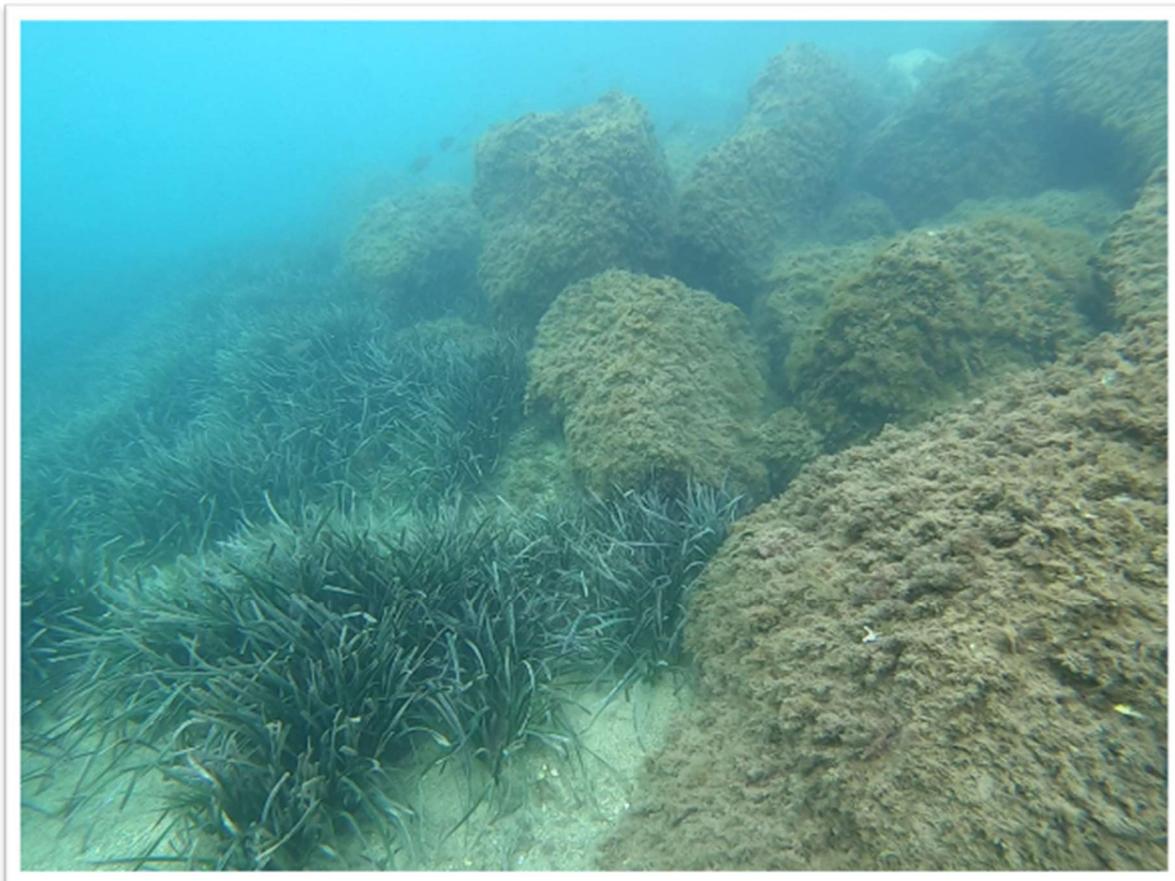


Figure 58 : photographie de l'herbier contre la digue n°4.

6 Préconisations

Cette étude sur les herbiers de *Posidonia oceanica* souligne l'importance d'adopter des mesures de protection efficaces. D'autre part la présence d'herbier de *Cymodocea nedusa* doit faire l'objet également de mesures conservatrices de celui-ci en raison de son statut de protection.

Nous recommandons donc ainsi l'installation d'un rideau de Matériaux en Suspension (MES) entre la limite supérieure des herbiers, située à l'intérieur des anses, et la plage, afin d'optimiser la préservation de l'herbier de *Posidonia oceanica* et de l'herbier de *Cymodocea*.

De plus, il serait judicieux de mettre en place des bornes de suivi FENO à la lisière supérieure de l'herbier de *Posidonia oceanica*. Cela permettrait de suivre précisément, à l'aide de relevés photographiques sur pège, l'évolution écologique de ces herbiers (progression, stabilité ou régression).

Nous recommandons également l'installation de pièges à sédiments un mois avant le début des travaux, accompagnée d'une évaluation du taux de sédimentation la veille du rechargement des plages. Ce dispositif devrait inclure un relevé à la fin du rechargement des plages, afin de déterminer le dépôt sédimentaire sur les herbiers lors de la phase de travaux, et un relevé un mois après la fin des travaux sera nécessaire afin de déterminer si le taux de sédimentation à régressé.

A très court terme, Il serait intéressant de retirer les blocs rocheux se trouvant dans l'herbier de *Posidonia oceanica*, et de les remplacer par des ancres écologiques pour herbier.

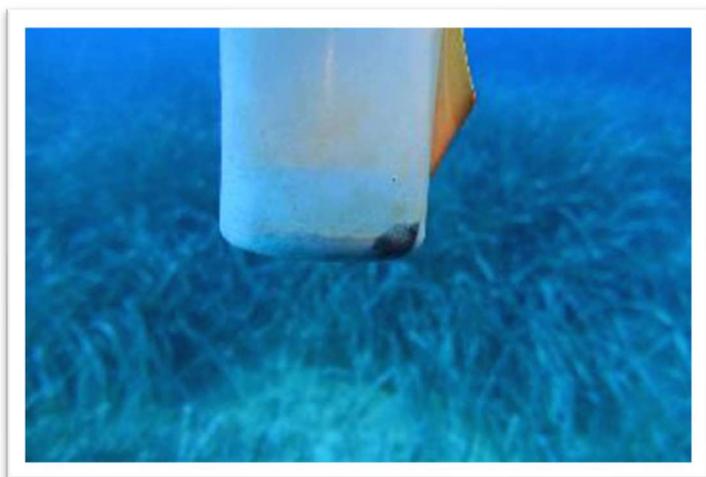


Figure 59 : suivi sédimentaire par piège à sédiments.

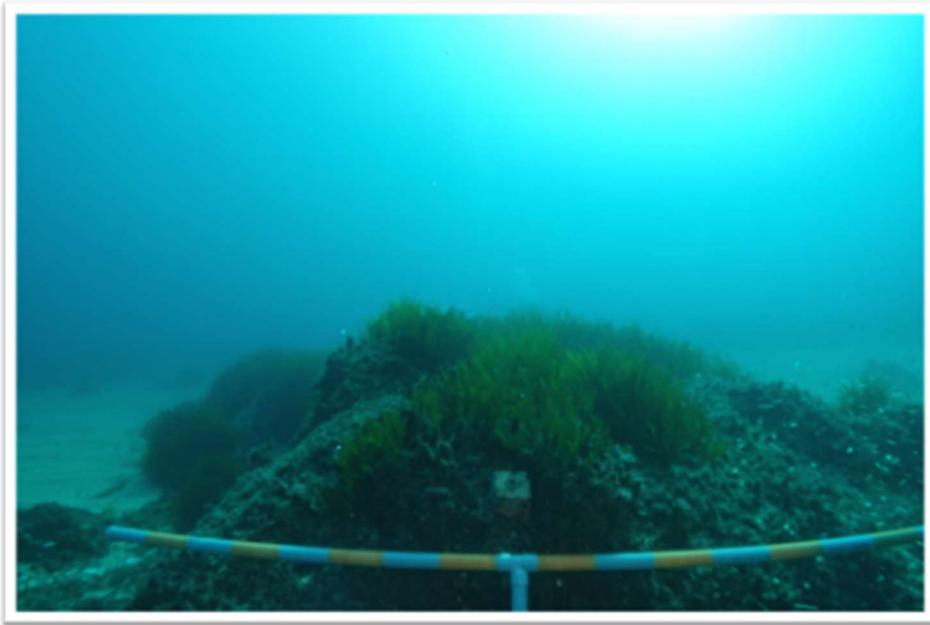


Figure 60 : suivi par borne FENO.

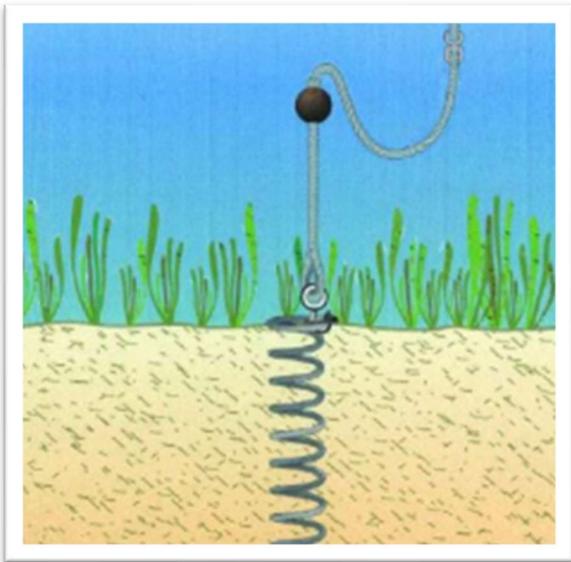


Figure 61 : Ancre écologique pour herbier.

Le levé bathymétrique ci-dessus met en évidence les zones de surélévation et d'érosion du substrat, a priori influencées par le mouvements de sable lors des épisodes méditerranéens. Ces valeurs sont le résultat de relevés effectués entre les levés de 2015 et ceux de cette année. Une carte différentielle d'évolution des fonds a été réalisée afin d'analyser les évolutions d'ensemble (Figure 15).

Les variations altimétriques sur l'ensemble de la zone entre les deux levés sont inférieures au mètre.

L'érosion sur l'ensemble du site reste très limitée (entre 0,1 et 0,3 m) et se situe essentiellement en bordure des plages. Les zones de dépôts sont plus étendues. On observe cependant que ce phénomène d'accrétion est plus important au droit des ouvrages de protection côtés intérieur et extérieur. En effet des zones d'accumulations atteignant ponctuellement 1,40 m sont visibles le long des ouvrages, alors que sur le reste des zones intérieures de l'ouvrages de protection les dépôts sont compris entre 0,10 et 0,40 m.

A l'extérieur de l'ouvrage de protection, les zones de dépôts restent faibles, elles sont essentiellement comprises entre 0,20 et 0,5m.

De manière générale, on constate un ensablement uniforme sur les trois anses. Le transit sédimentaire pouvant être important lors d'évènements météorologiques des levés bathymétriques comparatifs pourraient être réalisés sur un intervalle de temps plus court que celui étudiée.

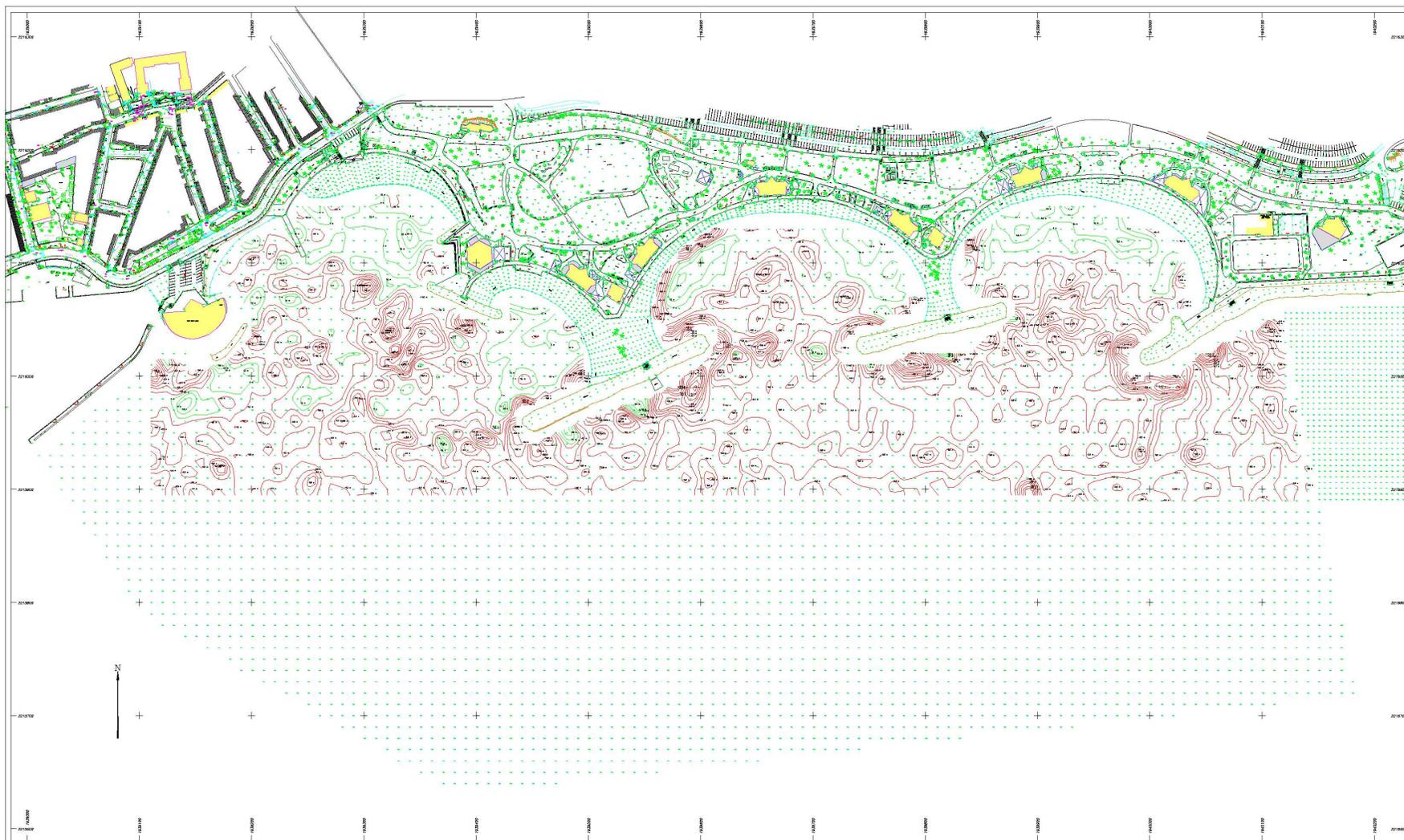
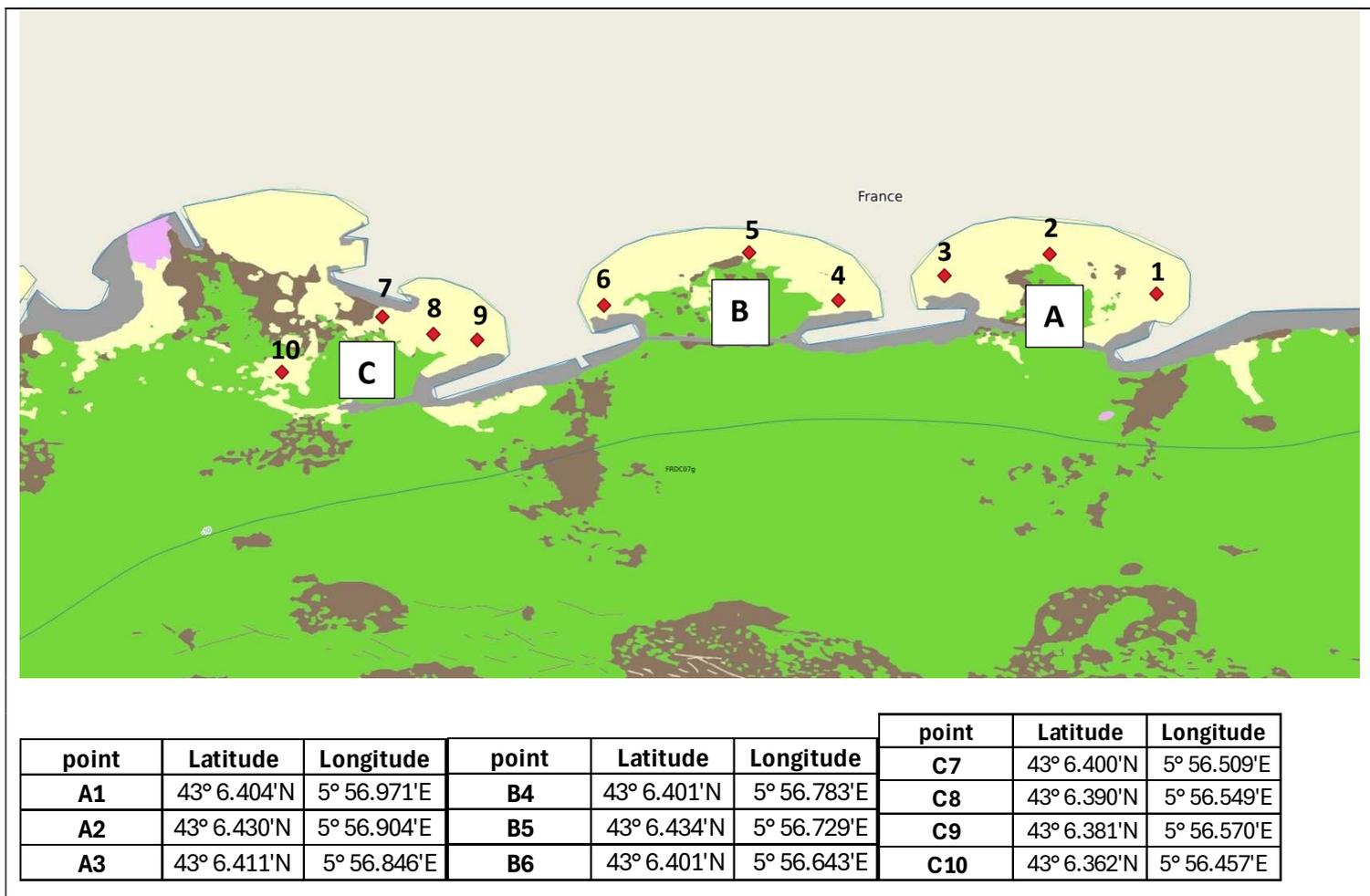


Figure 63 : Relevé des écarts bathymétriques, un double clic pour ouvrir le document.

8 Granulométrie (courbes granulométriques en annexe 9)



Afin de disposer des données relatives à la qualité des matériaux en place au droit des Plages concernées par le rechargement en sable, des prélèvements de sédiments ont été diligentés par TPM et réalisés par l'équipe subaquatique du Cerema.

Les prélèvements ont été réalisés le 15 février 2024 suivant un plan d'échantillonnage proposé par l'équipe subaquatique du Cerema à Toulon Provence Métropole.

Ces prélèvements ont été effectués par l'intermédiaire d'un carottier manuel sur une épaisseur de 20 cm afin de collecter les matériaux meubles superficiels dans les zones A, B, C.

Les échantillons moyens ont été conditionnés dans des flaconnages fournis par le Cerema et transmis au laboratoire VPF du Cerema le jour des prélèvements.

Pour ce faire, trois points de prélèvements ont été réalisés dans chaque zone et il nous a semblé pertinent d'effectuer un quatrième au large de la zone C en raison de la présence de sable dans l'herbier de *Posidonia oceanica*.

Les zones investiguées contiennent des répartitions granulométriques assez homogènes, seul l'échantillon A3 caractérise un sable très grossier.



Figure 64 : prélèvement A1.



Figure 65 : prélèvement A2.



Figure 66 : prélèvement A3.



Figure 67 : prélèvement B4.



Figure 68 : prélèvement B5.



Figure 69 : prélèvement B6.





Figure 70 : prélèvement C7.



Figure 71 : prélèvement C8.



Figure 72 : prélèvement C9.



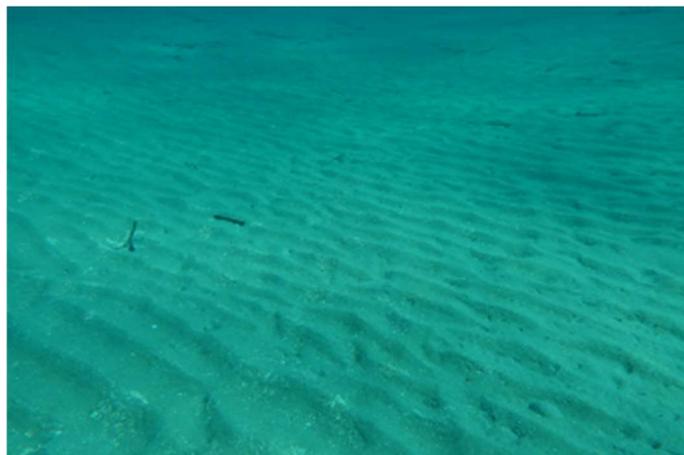


Figure 73 : prélèvement C10.

A1

Centre Laboratoire d'Als en Provence
 Pôle d'activité Les Mées
 Avenue Albert Einstein
 CS 70499
 13563 Aix-en-Provence

N° AFFAIRE : **23-ME-0488**

DEMANDEUR : **DM-Géotechnique**

**Rapport d'essai d'identification des sols
 NF P11 300 (Septembre 1992)**

Informations relatives au matériau

Provenance : **TOULON - Plage du Mourillon**

Sondage : **A1**

Echantillon : **2024-14**

Profondeur : _____

Prélevé le : **14 février 2024**

Prélevé par : **DM-Géotechnique**

Remis le : **14 février 2024**

Nature des matériaux : **SABLE**

Observations : _____

Date d'essai : **14 mars 2024**

Opérateur : **VDF**

Informations relatives aux essais

Conformité aux masses des échantillons

Masse de l'échantillon (kg) : **2.183** Conforme : **OUI**

ETUVAGE à : **105 °C**

Tamisé à 5 mm sur fraction 0/50 : **90 %**

Tamisé à 2 mm sur fraction 0/50 : **90 %**

Tamisé à 0,075 mm sur fraction 0/50 : **15 %**

OBSERVATION : _____

Tamisats cumulés

OUVERTURES DES MAILLES DU TAMIS (mm)	0,063	0,08	0,1	0,2	0,4	0,5	1	2	4	5,0	6,3	8	10	12,5	14	16	20	25	28	31,5
TAMISATS CUMULES (%)	0%	15%	27%	87%	98%	97%	98%	99%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				

Analyse granulométrique NF EN ISO 17892-4

W ₆₀ NF P 94-050 sur 0/50	Limites d'ATTERBERG NF P 94-052 & NF P 94-051		Valeur de bleu NF P 94-050		Classe OTR NF P 13-905 Indice 'D'	Essais granulés NF EN 12617-1 et 2 MDE - LA (2014)	Observations	
	W _L	I _p	VB	VBS			Cr :	Cu :
0,64								

OBSERVATIONS : Présence de matière organique (positivées) à hauteur de 20,4g soit 1,3% de la masse sèche de la pesée d'essai.

Date et Visa du RA

Date et Visa du RE



Cerema
L'ÉTAT EN PROGRES

Dentel Laboratoire d'Aix en Provence
Pôle d'activité Les Millés
Avenue Abel Sabin
CS 70496
13280 Aix-en-Provence

N° AFFAIRE : **23-ME-0488**

DEMANDEUR : **DIM-Géotechnique**

**Rapport d'essai d'identification des sols
NF P11 300 (Septembre 1992)**

Informations relatives au matériau

Provenance : **TOULON - Plage du Mourillon**

Sondage : **A2**

Echantillon : **2024-15**

Profondeur :

Prélevé le : **14 février 2024**

Prélevé par : **DIM-Géotechnique**

remis le : **14 février 2024**

Nature des matériaux : **SABLE**

Observations :

Date d'essais : **14 mai 2024**

Opérateur : **VDF**

Informations relatives aux essais

Conformité aux masses des échantillons

Masse de l'échantillon (g) : **2 183** Conforme : **OUI**

ETUVAGE à : **105 °C**

Tamisé à 5 mm sur fraction G50 : **100%**

Tamisé à 3 mm sur fraction G50 : **99%**

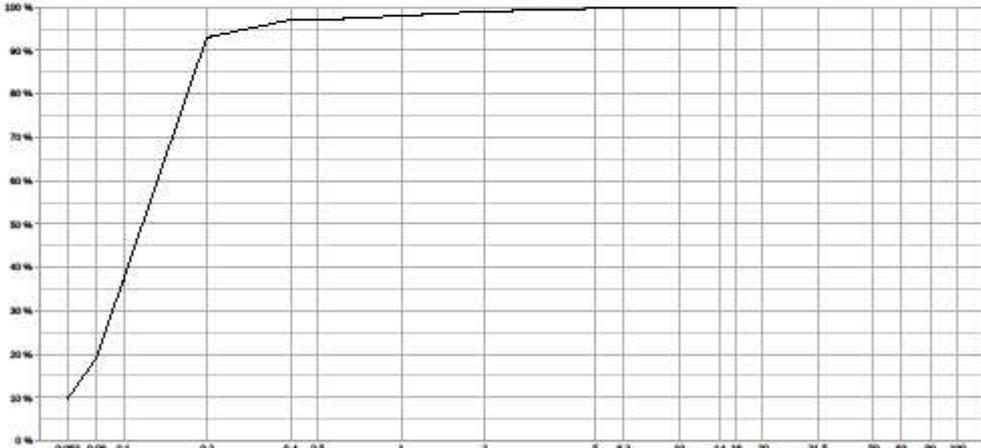
Tamisé à 0,075 mm sur fraction G50 : **10%**

OBSERVATION :

Tamisats cumulés

OUVERTURES DES MAILLES DU TAMIS (mm)	0,063	0,08	0,1	0,2	0,4	0,5	1	2	4	5,0	6,3	8	10	12,5	14	16	20	25	28	31,5
TAMISATS CUMULÉS (%)	10%	12%	37%	93%	97%	97%	98%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				

Analyse granulométrique NF EN ISO 17892-4



W_{60} NF P 94-050 sur G50	Limites d'ATTERBERG NF P 94-052 & NF P 94-051		Valeur de bleu NF P 94-050		Classe OTR NF P 15-200 Indice U ^o	Essais granulés NF EN 1297-1 et 2 MDE - LA (2014)	Observations	
	W_L	I_p	VB	VBS			Ce :	Cu :
0,07								

OBSERVATIONS: Présence de matière organique (postérieures) à hauteur de 40,1g soit 2,3% de la masse sèche de la pâte d'essai.

Date et Visa du RA

Date et Visa du RE

N° AFFAIRE : **23-ME-0488**

Département : Alpes-et-Provence

Site : Station Les Milles

Adresse : Avenue Albert Einstein

CS : 70488

LD : 13618 Aix-en-Provence

Rapport d'essai d'identification des sols
NF P11 300 (Septembre 1992)

DEMANDEUR : **DM-Géotechnique**

Informations relatives au matériau

Provenance : **TOULON - Plage du Mourillon**

Sondage : **A3**

Echantillon : **2024-15**

Profondeur :

Prélevé le : **14 février 2024**

Prélevé par : **DM-Géotechnique**

Remis le : **14 février 2024**

Nature des matériaux : **SABLE**

Observations :

Date d'essai : **12 mars 2024**

Opérateur : **VDF**

Informations relatives aux essais

Contenue aux masses des échantillons

Masse de l'échantillon (g) : **2 450** Confirme : **NON**

ETUVAGE à : **105 °C**

Tamisé à 5 mm sur trécote 550 : **72%**

Tamisé à 2 mm sur trécote 550 : **59%**

Tamisé à 0,075 mm sur trécote 550 : **2%**

OBSERVATION:

Tamisats cumulés

QUARTIERS DE MILLIÈRES DU SIÈCLE (mm)	0,063	0,08	0,1	0,2	0,4	0,5	1	2	4	5,0	6,3	8	10	12,5	14	16	20	25	28	31,5	40,0
TAMISATS CUMULÉS (%)	1%	2%	2%	18%	52%	54%	55%	55%	58%	72%	75%	80%	84%	88%	89%	91%	92%	95%	96%	98%	100%

Analyse granulométrique NF EN ISO 17892-4

W _{at} NF P 84-050 sur 100	Limites d'ATTERBERG NF P 84-052 & NF P 84-051		Valeur de bleu NF P 84-056		Classe GTR NF P 11-300	Essais granulats NF EN 12617-1 et 2 MDE - LA (10/14)	Observations	
	W _L	I _p	VB	VBS	Indice T _r		De :	Cu :
0,02								

OBSERVATIONS: Présence de matière organique (positives) à hauteur de 1,0g soit 0,04% de la masse sèche de la prise d'essai. Par rapport à la norme de détermination de teneur en eau NF EN ISO 17892-1, insuffisance de quantité de matériau.

Date et Visa du RA

Date et Visa du RE



Cerema
L'ÉTAT EN PROGRES

Dentel Laboratoire d'Air et Provence
Pôle d'activité Les Millés
Avenue Albert Einstein
CS 70496
13280 Aix-en-Provence

N° AFFAIRE : **23-ME-0488**

DEMANDEUR : **DIM-Géotechnique**

**Rapport d'essai d'identification des sols
NF P11 300 (Septembre 1992)**

Informations relatives au matériau

Provenance : **TOULON - Plage du Mourillon** Nature des matériaux : **SABLE**

Sondage : **B4**

Echantillon : **2024-17**

Profondeur : Observations : Date d'essais : **12 mars 2024**

Prélevé le : **14 février 2024** Opérateur : **VDF**

Prélevé par : **DIM-Géotechnique**

remis le : **14 février 2024**

Informations relatives aux essais

Conformité aux masses des échantillons

Masse de l'échantillon (kg) : **2,264** Conforme : **OUI** ETUVAGE à : **105 °C**

Tamisé à 5 mm sur fraction 0/50 : **90 %**

Tamisé à 2 mm sur fraction 0/50 : **98 %**

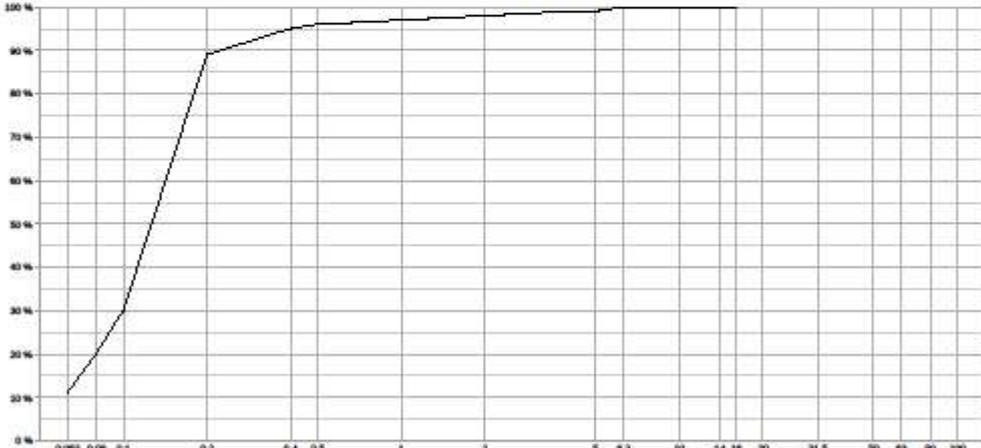
Tamisé à 0,075 mm sur fraction 0/50 : **20 %**

OBSERVATION :

Tamisats cumulés

OUVERTURES DES MAILLES DU TAMIS (mm)	0,063	0,08	0,1	0,2	0,4	0,5	1	2	4	5,0	6,3	8	10	12,5	14	16	20	25	28	31,5
TAMISATS CUMULÉS (%)	11%	20%	30%	85%	95%	96%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				

Analyse granulométrique NF EN ISO 17892-4



W_{net} NF P 94-050 sur 0/50	Limites d'ATTERBERG NF P 94-052 & NF P 94-051		Valeur de bleu NF P 94-050		Classe OTR NF P 13-200	Essais granulés NF EN 1297-1 et 2 MDE - LA (2014)	Observations	
	W_L	I_p	VB	VBS	Indice U_r		Ca :	Ce :
0,29								

OBSERVATIONS: Présence de matière organique (postérieures) à hauteur de 9,0g soit 0,5% de la masse sèche de la prise d'essai.

Date et Visa du RA

Date et Visa du RE



Cerema
L'ÉTAT EN PROTECTION

Département Laboratoire d'Aix en Provence
Pôle d'activité Les Milles
Avenue Albert Einstein
CS 70496
13362 Aix-en-Provence

N° AFFAIRE : **23-ME-0488**

DEMANDEUR : **DIM-Géotechnique**

**Rapport d'essai d'identification des sols
NF P11 300 (Septembre 1992)**

Informations relatives au matériau

Provenance : **TOULON - Plage du Mourillon**

Sondage : **B5**

Echantillon : **2024-18**

Profondeur :

Prélevé le : **14 février 2024**

Prélevé par : **DIM-Géotechnique**

remis le : **14 février 2024**

Nature des matériaux : **SABLE**

Observations :

Date d'essais : **12 mars 2024**

Opérateur : **VDF**

Informations relatives aux essais

Conformité aux masses des échantillons

Masse de l'échantillon (kg) : **2,293** Conforme : **OUI**

ETUVAGE à : **105 °C**

Tamisé à 5 mm sur fraction USI : **100 %**

Tamisé à 3 mm sur fraction USI : **99 %**

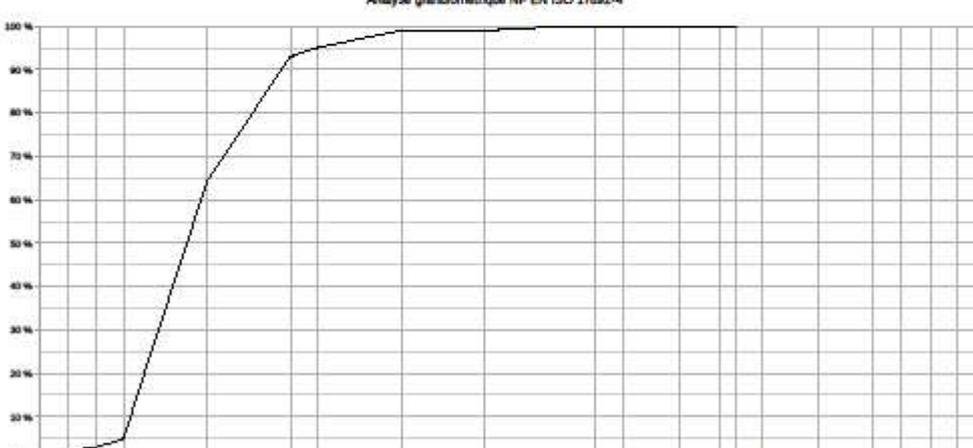
Tamisé à 0,075 mm sur fraction USI : **3 %**

OBSERVATION :

Tamisats cumulés

OUVERTURES DES MAILLES DU TAMIS (mm)	0,063	0,08	0,1	0,2	0,4	0,5	1	2	4	5,0	6,3	8	10	12,5	14	16	20	25	28	31,5
TAMISATS CUMULÉS (%)	2%	3%	5%	64%	97%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				

Analyse granulométrique NF EN ISO 17892-4



W _{nat} NF P 94-050 sur 0,075	Limites d'ATTERBERG NF P 94-052 & NF P 94-051		Valeur de bleu NF P 94-050		Classe GTR NF P 13-200	Essais granulés NF EN 12957-1 et 2 MDE - LA (2014)	Observations	
	W _L	I _p	VB	VBS	Indice U _r		Ca :	Cu :
0,00								

OBSERVATIONS: Présence de matière organique (positivée) à hauteur de 0,0g soit 0,04% de la masse sèche de la pâte d'essai.

Date et Visa du RA

Date et Visa du RE



Cerema
L'ÉTAT PROTEGE VOS TERRES

Dentel Laboratoire d'Air et Provence
Pôle d'activité Les Millés
Avenue Abel Sabin
CS 70496
13280 Aix-en-Provence

N° AFFAIRE : **23-ME-0488**

DEMANDEUR : **DIM-Géotechnique**

**Rapport d'essai d'identification des sols
NF P11 300 (Septembre 1992)**

Informations relatives au matériau

Provenance : **TOULON - Plage du Mourillon**

Sondage : **B5**

Echantillon : **2024-19**

Profondeur :

Prélevé le : **14 février 2024**

Prélevé par : **DIM-Géotechnique**

remis le : **14 février 2024**

Nature des matériaux : **SABLE**

Observations :

Date d'essais : **12 mars 2024**

Opérateur : **VDF**

Informations relatives aux essais

Conformité aux masses des échantillons

Masse de l'échantillon (kg) : **2 180** Conforme : **OUI**

ETUVAGE à : **105 °C**

Tamisé à 5 mm sur fraction 0/50 : **90 %**

Tamisé à 2 mm sur fraction 0/50 : **98 %**

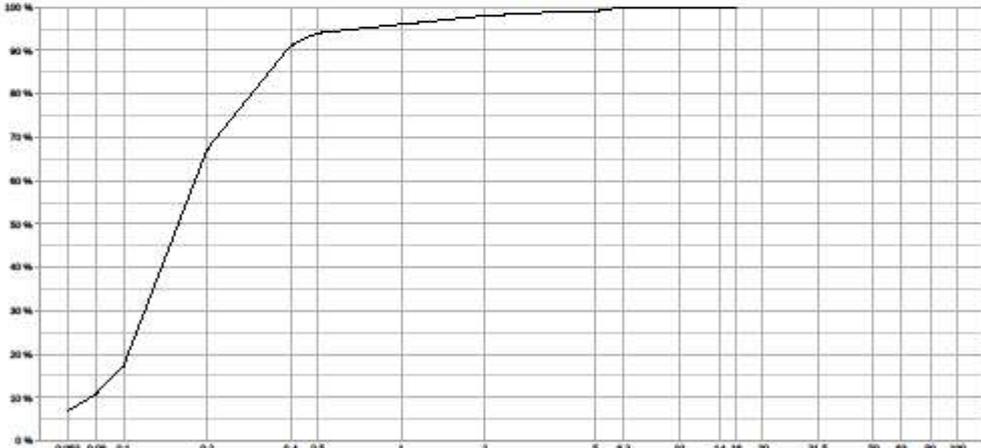
Tamisé à 0,075 mm sur fraction 0/50 : **11 %**

OBSERVATION :

Tamisats cumulés

OUVERTURES DES MAILLES DU TAMIS (mm)	0,063	0,08	0,1	0,2	0,4	0,5	1	2	4	5,0	6,3	8	10	12,5	14	16	20	25	28	31,5
TAMISATS CUMULÉS (%)	7%	11%	17%	67%	93%	94%	96%	98%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				

Analyse granulométrique NF EN ISO 17892-4



W_{net} NF P 94-050 sur 0/50	Limites d'ATTERBERG NF P 94-052 & NF P 94-051		Valeur de bleu NF P 94-050		Classe OTR NF P 13-200	Essais granulés NF EN 1297-1 et 2 MDE - LA (2014)	Observations	
	W_L	I_p	VB	VBS	Indice U^*		Ca :	Ce :
0,02								

OBSERVATIONS: Présence de matière organique (postérieures) à hauteur de 4,0g soit 0,2% de la masse sèche de la prise d'essai.

Date et Visa du RA

Date et Visa du RE



N° AFFAIRE : **23-ME-0488**

DEMANDEUR : **DIM-Géotechnique**

**Rapport d'essai d'identification des sols
NF P11 300 (Septembre 1992)**

Informations relatives au matériau

Provenance : **TOULON - Plage du Mourillon** Nature des matériaux : **SABLE**

Sondage : **C7**

Echantillon : **2024-20**

Profondeur : _____ Observations : _____

Prélevé le : **14 février 2024** Date d'essais : **12 mars 2024**

Prélevé par : **DIM-Géotechnique** Opérateur : **VDF**

Remis le : **14 février 2024**

Informations relatives aux essais

Conformité aux masses des échantillons

Masse de l'échantillon (kg) : **2.217** Conforme : **OUI** ETUVAGE à : **105 °C**

Tamis à 5 mm sur fraction 0/5 : **100%**

Tamis à 3 mm sur fraction 0/5 : **100%**

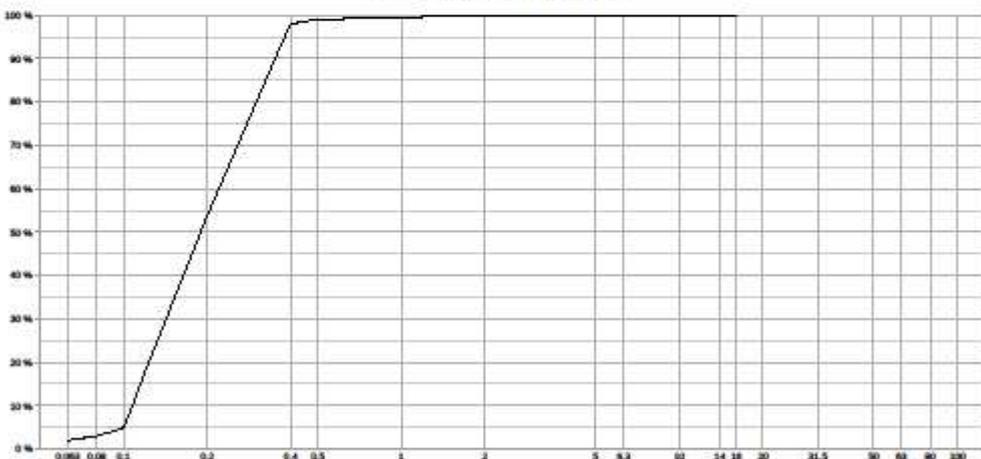
Tamis à 0,075 mm sur fraction 0/5 : **3%**

OBSERVATION :

Tamisats cumulés

OUVERTURES DES MAILLES DES TAMIS (mm)	0,063	0,08	0,1	0,2	0,4	0,5	1	2	4	5,0	6,3	8	10	12,5	14	16	20	25	28	31,5
TAMISATS CUMULÉS (%)	2%	3%	5%	54%	98%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				

Analyse granulométrique NF EN ISO 17892-4



W _{nat} NF P 94-050 sur 0/50	Limites d'ATTERBERG NF P 94-052 & NF P 94-051		Valeur de bleu NF P 94-050		Classe GTR NF P 13-200	Essais granulés NF EN 12957-1 et 2 MDE - LA (2014)	Observations	
	W _L	I _p	VB	VBS	Indice G _r		Ca :	Cu :
0,02								

OBSERVATIONS: Présence de matière organique (posidonées) à hauteur de 1,0g soit 0,07% de la masse sèche de la pâte d'essai.



Cerema
L'ÉTAT EN PROGRES

Dentel Laboratoire d'Aix en Provence
Pôle d'activité Les Millés
Avenue Abel Sabin
CS 70496
13280 Aix-en-Provence

N° AFFAIRE : **23-ME-0488**

DEMANDEUR : **DIM-Géotechnique**

**Rapport d'essai d'identification des sols
NF P11 300 (Septembre 1992)**

Informations relatives au matériau

Provenance : **TOULON - Plage du Mourillon**

Sondage : **C8**

Echantillon : **2024-21**

Profondeur :

Prélevé le : **14 février 2024**

Prélevé par : **DIM-Géotechnique**

remis le : **14 février 2024**

Nature des matériaux : **SABLE**

Observations :

Date d'essais : **13 mars 2024**

Opérateur : **VDF**

Informations relatives aux essais

Conformité aux masses des échantillons

Masse de l'échantillon (kg) : **2.181** Conforme : **OUI**

ETUVAGE à : **105 °C**

Tamisé à 5 mm sur fraction 0/50 : **100%**

Tamisé à 2 mm sur fraction 0/50 : **99%**

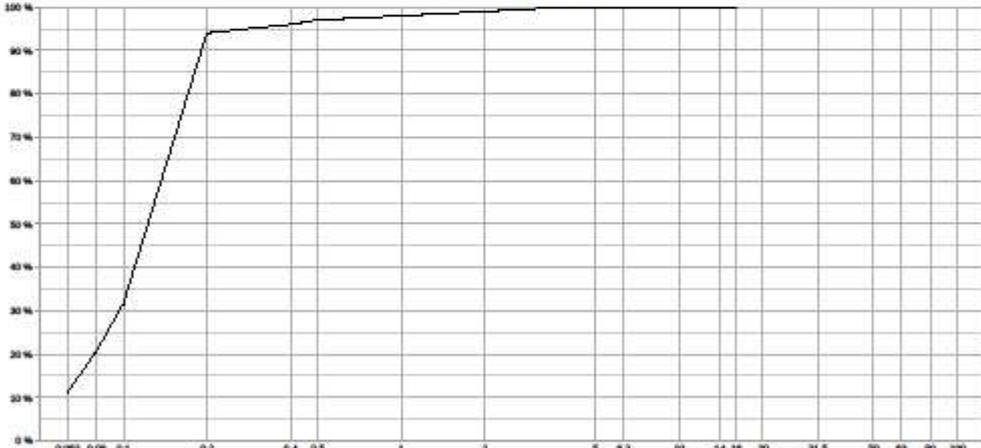
Tamisé à 0,075 mm sur fraction 0/50 : **21%**

OBSERVATION :

Tamisats cumulés

OUVERTURES DES MAILLES DU TAMIS (mm)	0,063	0,08	0,1	0,2	0,4	0,5	1	2	4	5,0	6,3	8	10	12,5	14	16	20	25	28	31,5
TAMISATS CUMULÉS (%)	11%	23%	32%	94%	95%	97%	98%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				

Analyse granulométrique NF EN ISO 17892-4



W_{wet} NF P 94-050 sur 0/50	Limites d'ATTERBERG NF P 94-052 & NF P 94-051		Valeur de bleu NF P 94-050		Classe OTR NF P 15-200 Indice U _r	Essais granulés NF EN 1297-1 et 2 MDE - LA (2014)	Observations	
	W_L	I_p	VB	VBS			Ca :	Ce :
0,40								

OBSERVATIONS: Présence de matière organique (positivées) à hauteur de 24,5g soit 1,2% de la masse sèche de la prise d'essai.

Date et Visa du RA

Date et Visa du RE



Cerema
L'ÉTAT EN PROTECTION

Département Laboratoire d'Aix en Provence
Pôle d'activité Les Milles
Avenue Albert Einstein
CS 70496
13362 Aix-en-Provence

N° AFFAIRE : **23-ME-0488**

DEMANDEUR : **DIM-Géotechnique**

**Rapport d'essai d'identification des sols
NF P11 300 (Septembre 1992)**

Informations relatives au matériau

Provenance : **TOULON - Plage du Mourillon**

Sondage : **C9**

Echantillon : **2024-Z2**

Profondeur :

Prélevé le : **14 février 2024**

Prélevé par : **DIM-Géotechnique**

remis le : **14 février 2024**

Nature des matériaux : **SABLE**

Observations :

Date d'essais : **13 mars 2024**

Opérateur : **VDF**

Informations relatives aux essais

Conformité aux masses des échantillons

Masse de l'échantillon (kg) : **2 120** Conforme : **OUI**

ETUVAGE à : **105 °C**

Tamisé à 5 mm sur fraction USI : **100 %**

Tamisé à 3 mm sur fraction USI : **100 %**

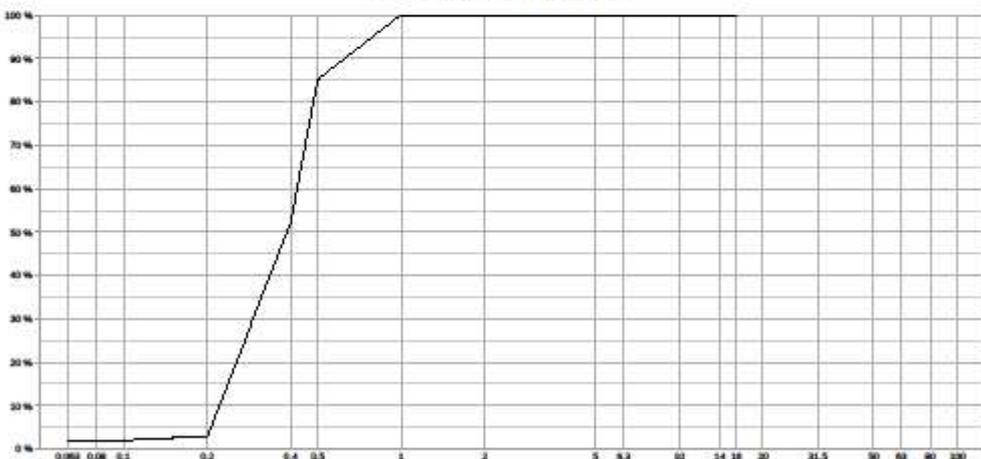
Tamisé à 0,075 mm sur fraction USI : **2 %**

OBSERVATION :

Tamisats cumulés

OUVERTURES DES MAILLES DU TAMIS (mm)	0,063	0,08	0,1	0,2	0,4	0,5	1	2	4	5,0	6,3	8	10	12,5	14	16	20	25	28	31,5
TAMISATS CUMULÉS (%)	2%	2%	2%	3%	5%	85%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				

Analyse granulométrique NF EN ISO 17892-4



W_{nat} NF P 94-050 sur 0,075	Limites d'ATTERBERG NF P 94-052 & NF P 94-051		Valeur de bleu NF P 94-050		Classe GTR NF P 13-200	Essais granulés NF EN 1297-1 et 2 MDE - LA (1014)	Observations	
	W_L	I_p	VB	VBS	Indice G _r		Ca :	Cu :
0,20								

OBSERVATIONS: Présence de matière organique (positivée) à hauteur de 2,4g soit 0,1% de la masse sèche de la partie d'essai.

Date et Visa du RA

Date et Visa du RE

C10



Cerema
L'ÉTAT EN PROGRES

Dentel Laboratoire d'Air et Provence
Pôle d'activité Les Millés
Avenue Albert Einstein
CS 70496
13380 Aix-en-Provence

N° AFFAIRE : **23-ME-0488**

DEMANDEUR : **DIM-Géotechnique**

**Rapport d'essai d'identification des sols
NF P11 300 (Septembre 1992)**

Informations relatives au matériau

Provenance : **TOULON - Plage du Mourillon**

Sondage : **C10**

Echantillon : **2024-Z3**

Profondeur :

Prélevé le : **14 février 2024**

Prélevé par : **DIM-Géotechnique**

remis le : **14 février 2024**

Nature des matériaux : **SABLE**

Observations :

Date d'essais : **13 mars 2024**

Opérateur : **VDF**

Informations relatives aux essais

Conformité aux masses des échantillons

Masse de l'échantillon (kg) : **2,149** Conforme : **OUI**

ETUVAGE à : **105 °C**

Tamisé à 5 mm sur fraction 0/50 : **100%**

Tamisé à 2 mm sur fraction 0/50 : **100%**

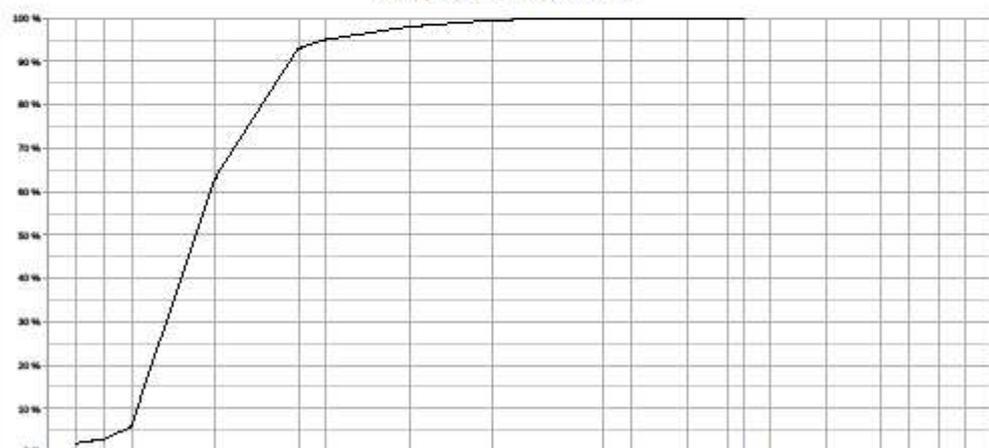
Tamisé à 0,075 mm sur fraction 0/50 : **3%**

OBSERVATION :

Tamisats cumulés

OUVERTURES DES MAILLES DU TAMIS (mm)	0,063	0,08	0,1	0,2	0,4	0,5	1	2	4	5,0	6,3	8	10	12,5	14	16	20	25	28	31,5	
TAMISATS CUMULÉS (%)	2%	2%	6%	63%	93%	95%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%					

Analyse granulométrique NF EN ISO 17892-4



$W_{0,075}$ NF P 94-050 sur 0/50	Limites d'ATTERBERG NF P 94-052 & NF P 94-051		Valeur de bleu NF P 94-050		Classe OTR NF P 13-200	Essais granulés NF EN 1297-1 et 2	Observations	
	W_L	I_p	VB	VBS	Indice U^*		Ca :	Ce :
0,07						MDE - LA (1014)		

OBSERVATIONS: Présence de matière organique (postérieures) à hauteur de 5,0g soit 0,3% de la masse sèche de la prise d'essai.

Date et Visa du RA

Date et Visa du RE

10 Bibliographie

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 publ. : 1-202, ISBN 2- 905540-30-3, 204PP.

Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Bernard G., Bonhomme P., Patrone J., Kruzeck R., Cottalorda J.M., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Le Direac'h L., 2000. Le réseau de surveillance Posidonie de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Première partie : présentation et guide méthodologique. Année 2000. Région PACA / Agence de l'Eau RMC / GIS Posidonie / CQEL 13 / CQEL 83 / Conseil Général 06. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 76 PP.

Pergent G., 2007. Protocole pour la mise en place d'une surveillance des herbiers de Posidonies. Programme « MedPosidonie » / CAR/ASP - Fondation d'entreprise TOTAL pour la Biodiversité et la Mer ; Mémoire d'Accord N°01/2007/RAC/SPA_MedPosidonie Nautilus-Okianos: 24p + Annexes.



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Cerema Direction Méditerranée – Pôle d’activités 30 avenue Albert Einstein – CS 70499 - 13593 Aix-en-Provence cedex 3 –
Tel : +33(0)4 42 24 76 76

Siège social : Cité des mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30

www.cerema.fr

[@ceremacom](https://twitter.com/ceremacom)



[@Cerema](https://www.linkedin.com/company/cerema)