

PROJET DE MODERNISATION DU PORT DE PLAISANCE DE L'ANSE DU PRADET AU CAP BÉNAT

—

DOSSIER DE DEMANDE DE DÉROGATION DE DESTRUCTION D'ESPÈCES PROTÉGÉES



Novembre 2019

Citation du rapport :

Jouvenel J.-Y., Picard-Afrac I. 2019. Projet de modernisation du port de plaisance de l'anse du Pradet au cap Bénat - Dossier de demande de dérogation de destruction d'espèces protégées (98 p).

Sommaire

1. RÉSUMÉ	7
2. JUSTIFICATION ET PRÉSENTATION DU PROJET	8
2.1. PRÉSENTATION DU DEMANDEUR	8
2.2. JUSTIFICATION DU PROJET SELON LES CRITÈRES CUMULATIFS DE DÉROGATION DÉFINIS PAR L'ART. L411-2 CE	8
2.2.1. <i>Motif du projet</i>	8
2.2.2. <i>Absence d'autre solution satisfaisante</i>	9
2.2.3. <i>Etat de conservation final des espèces protégées</i>	11
2.2.3.1. Grandes nacres de Méditerranée	11
2.2.3.2. Herbier de posidonie	12
2.3. PRÉSENTATION DU PROJET, FINALITÉ ET OBJECTIFS	13
2.3.1. <i>Localisation du site de projet</i>	13
2.3.2. <i>Contexte actuel</i>	13
2.3.3. <i>Présentation du projet</i>	15
2.3.3.1. Etude de l'agitation dans le port	15
2.3.3.2. Conception des nouveaux ouvrages maritimes	16
2.3.3.3. Autres travaux programmés	20
2.3.3.4. Planning prévisionnel	21
3. ETAT INITIAL	22
3.1. ZONE D'ÉTUDE	22
3.2. DONNÉES EXISTANTES	22
3.3. INVENTAIRES NATURALISTES	24
3.3.1. <i>Campagne de terrain</i>	24
3.3.2. <i>Méthodologie d'investigation</i>	24
3.3.2.1. Cartographie des biocénoses	24
3.3.2.2. Espèces à enjeu écologique	25
3.3.2.3. Inventaire biologique	32
3.3.2.4. Prélèvements et analyses de sédiments marins	32
3.3.3. <i>Résultats des investigations</i>	34
3.3.3.1. Cartographie des biocénoses	34
3.3.3.2. Espèces à enjeu écologique	36
3.3.3.3. Inventaire biologique	45
3.3.3.1. Qualité des sédiments	46
4. ENJEUX ET IMPACTS	49
4.1. SYNTHÈSE DES ENJEUX ÉCOLOGIQUES	49
4.1.1. <i>Herbier de posidonie</i>	49
4.1.2. <i>Herbier de cymodocée</i>	50
4.1.3. <i>Grandes nacres de Méditerranée</i>	50
4.1.4. <i>Autres espèces de faune et de flore marine</i>	50
4.1.5. <i>Espèce invasive : Caulerpe grappe (Caulerpa racemosa)</i>	50
4.2. ANALYSE DES IMPACTS	52
4.2.1. <i>En phase travaux</i>	52
4.2.1.1. Augmentation temporaire de la turbidité dans la zone d'intervention	52
4.2.1.2. Perte d'habitat – destruction d'individus	52
4.2.1.3. Risque de pollution accidentelle	53
4.2.2. <i>En phase d'exploitation</i>	53
4.2.2.1. Modification de l'hydrodynamisme à proximité des nouveaux ouvrages	53
4.2.3. <i>Synthèse des impacts</i>	54

5.	MESURES D'ÉVITEMENT ET DE RÉDUCTION	55
5.1.	MESURES D'ÉVITEMENT	55
5.2.	MESURES DE RÉDUCTION	55
5.2.1.	<i>MR1 : Suivi de la turbidité.....</i>	55
5.2.2.	<i>MR2 : Mise en place d'un barrage anti-turbidité.....</i>	56
5.2.3.	<i>MR3 : Confinement des pollutions accidentelles</i>	56
6.	IMPACTS RÉSIDUELS	58
6.1.	IMPACTS RÉSIDUELS	58
6.2.	ESPÈCES CONCERNÉES PAR LA DÉROGATION	59
6.2.1.	<i>Herbier de posidonie (Posidonia oceanica).....</i>	59
6.2.1.1.	Classification.....	59
6.2.1.2.	Description	59
6.2.1.3.	Rôles et fonctions écologiques	60
6.2.1.4.	Répartition.....	61
6.2.1.5.	Causes de régressions	61
6.2.1.6.	Protections réglementaires	62
6.2.2.	<i>Grande nacre de Méditerranée (Pinna nobilis).....</i>	64
6.2.2.1.	Classification.....	64
6.2.2.2.	Description	64
6.2.2.3.	Répartition.....	65
6.2.2.4.	Causes de régression	65
6.2.2.5.	Protections réglementaires	66
7.	MESURES DE COMPENSATION, D'ACCOMPAGNEMENT ET DE SUIVI	67
7.1.	MESURES DE COMPENSATION	67
7.1.1.	<i>MC1 : Transplantation des grandes nacres de Méditerranée.....</i>	67
7.1.2.	<i>MC2 : Mise en place de mouillages écologiques pour le balisage du chenal d'accès au port.....</i>	68
7.1.3.	<i>MC3 (optionnelle) : Mise en protection d'une zone d'herbier de posidonie</i>	69
7.1.	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT	70
7.1.1.	<i>MA1 : Transplantation expérimentale des pieds de posidonie voués à destruction</i>	70
7.1.2.	<i>MA2 : Eradication de la caulerpa racemosa sur la zone de travaux</i>	70
7.2.	MESURES DE SUIVI	70
7.2.1.	<i>MS1 : Suivi de la transplantation des nacres</i>	71
7.2.2.	<i>MS2 : Suivi de l'impact du projet sur l'herbier de posidonie</i>	71
8.	SYNTHÈSE DES MESURES COMPENSATOIRES	72
8.1.	MESURES DE COMPENSATION	72
8.2.	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT	75
8.3.	MESURES DE SUIVI	76
9.	CONCLUSIONS.....	78
10.	CERFAS	79
11.	BIBLIOGRAPHIE.....	84
12.	ANNEXES	86
12.1.	PHASAGE DES TRAVAUX	86
12.2.	PHOTOGRAPHIES DES RECOUVREMENTS	96
12.2.1.	<i>Station témoin</i>	96
12.2.2.	<i>Station Port.....</i>	97

Tables des illustrations

Figure 1 - Dignes actuelles et projetées	9
Figure 2 – Implantation de l’herbier de posidonie à proximité du port de l’Anse du Pradet	12
Figure 3 – Localisation de la zone d’étude (en jaune) - (GoogleEarth modifié P2A).....	13
Figure 4 – Plan du port de plaisance de l’Anse du Pradet dans sa configuration actuelle (Corinthe ingénierie)	14
Figure 5 - Résultats des simulations d’agitation résiduelle dans le port actuel et projet pour la houle fréquente observées durant la période d’exploitation du port.....	15
Figure 6 - Résultats des simulations d’agitation résiduelle dans le port actuel et projet pour une houle de direction de provenance au large N75° (PR 1 an)	15
Figure 7 - Résultats des simulations d’agitation résiduelle dans le port actuel et projet pour une houle de direction de provenance au large N75° (PR 50 ans).....	16
Figure 8 – Plan du projet de modernisation du port de plaisance de l’Anse du Pradet (Corinthe Ingénierie)	17
Figure 9 – De gauche à droite : passe d’entrée actuelle et passe d’entrée projet avec la réalisation d’ouvrages de protection complémentaires (Corinthe Ingénierie)	17
Figure 10 – Plan de repérage des coupes.....	18
Figure 11 – Ouvrage de protection coupe AA	18
Figure 12 – Ouvrage de protection coupe BB	19
Figure 13 – Quai coupe DD.....	19
Figure 14 – Butée de pied de la plage	20
Figure 15 – Carte de localisation de la zone d’étude	22
Figure 16 – Carte de synthèse (Semantic TS, 2017)	23
Figure 17 – Equipe et embarcation P2A.....	24
Figure 18 – Logiciels de cartographie Digiterra® et GPS différentiel (DGPS).....	25
Figure 19 – Plongeur réalisant les mesures d’une grande nacre (P2A Développement).....	26
Figure 20 – Présentation des différents types de limite inférieure de l’herbier de posidonie	26
Figure 21 – Estimation du recouvrement (exemple station Posidonie et Cymodocée) - (©P2A Développement).....	27
Figure 22 – Mesure de la densité des faisceaux - (©P2A Développement).....	28
Figure 23 – Convention pour la mesure du déchaussement des rhizomes plagiotropes (à gauche) et orthotropes (à droite), d’après Boudouresque et.al. (1980a) / Photographie de la mesure du déchaussement	31
Figure 24 – Prélèvement / homogénéisation et mise en flacons.....	32
Figure 25 – Cartographie des espèces à enjeu écologique (P2A Développement)	35
Figure 26 – Carte de localisation des Grandes Nacres de Méditerranée (P2A Développement)	37
Figure 27 – Photographies des nacres (P2A Développement).....	39
Figure 28 – Carte de localisation des stations de vitalité (P2A Développement)	40
Figure 29 – Localisation de l’herbier de cymodocées (P2A Développement).....	43
Figure 30 – Herbier de cymodocées.....	44
Figure 31 – Détail de l’herbier de cymodocées.....	44
Figure 32 – Sar et girelles / serran écriture / sar à tête noire (©P2A Développement)	45
Figure 33 – Carte de localisation des stations de prélèvements de sédiments (P2A Développement)	46
Figure 34 – Localisation de la zone d’impact des travaux de réaménagement du port	49

Figure 35 – Observation de <i>caulerpa racemosa</i>	51
Figure 36 – Carte de synthèse des impacts sur les espèces protégées (P2A Développement)	53
Figure 37 - Exemple de turbidimètre	55
Figure 38 – Schéma d’un filet anti-MES	56
Figure 39 – Barrage et kits anti-pollution.....	57
Figure 40 – Illustration de la posidonie	60
Figure 41 – Illustration de bouées de balisage sur mouillage écologique (source : B. Cadville/PCMB, Syndicat mixte PMCB, 2016)	68
Figure 42 – Illustration des types d’ancrages / ligne de mouillage envisagés pour les chenaux temporaires	69

Tableau 1 : Interprétation de la vitalité de l’herbier (tendance à la progression) en fonction des pourcentages de recouvrement moyens mesurés le long du balisage en limite supérieure d’herbier (Gravez et al., 1995).	27
Tableau 2 : Classification de l’herbier selon la profondeur (m).	29
Tableau 3 : Classification des densités au m ² de l’herbier de posidonie en fonction de la profondeur (profondeur en mètres). La densité d’un herbier est classée en « très bonne », « bonne », « moyenne », « médiocre » ou « mauvaise » (Pergent, 2007).	29
Tableau 4 : Echelle d’évaluation du déchaussement en fonction des valeurs moyennes mesurées le long du balisage (Lizaud O., Serantoni Ph., 2006)	31
Tableau 5 : Interprétation de la vitalité de l’herbier (tendance à a progression) en fonction des pourcentages moyens mesurés le long du balisage.....	31
Tableau 6 : Typologie des sédiments (Dauvin et al., 1993 modifié in Harmelin et al., 2006)	34
Tableau 7 : Caractéristiques des nacres observées.....	36
Tableau 8 : Inventaire des espèces de faune observées	45
Tableau 9 : Synthèse des prélèvements de sédiments	46
Tableau 10 : Classification des sédiments selon leur composition granulométrique	47
Tableau 11 : Paramètres physico-chimiques des sédiments	47
Tableau 12 : Paramètres de qualité des sédiments	48
Tableau 13 : Synthèse des enjeux écologiques	51
Tableau 14 : Synthèse des impacts écologiques	54
Tableau 15 : Synthèse des impacts résiduels.....	58
Tableau 16 : Liste des statuts de protection et d’inventaires de <i>Pinna nobilis</i> (Source : INPN)	66
Tableau 17 : Budget prévisionnel MC1	67
Tableau 18 : Budget prévisionnel MC2	69
Tableau 19 : Budget prévisionnel MA1	70
Tableau 20 : Budget prévisionnel MA2	70

1. Résumé

Le projet se situe sur la commune de Bormes-les-Mimosas dans le département du Var. Le port de plaisance de l'Anse du Pradet, sur le domaine du Cap Bénat, nécessite la réalisation de travaux de modernisation visant à améliorer son fonctionnement et sa sécurité (optimisation de la pacification du plan d'eau, améliorations des conditions d'accueil, remplacement d'ouvrages vétustes).

L'exploitation des installations portuaires a été confiée à la Société Civile de l'Anse du Pradet (SCAP) via un contrat de concession de service public par la commune de Bormes-les-Mimosas, depuis 1987. Cette concession a été renouvelée pour une durée de 16 ans le 1^{er} avril 2018.

Le projet prévoit la construction d'ouvrages de défense en entrée de port (contre-digue à l'ouest et extension de la digue du large à l'est), le remplacement du môle central (barge coulée, actuellement en situation de péril) et la reconstruction du quai en fond de bassin afin de pacifier le plan d'eau. Des aménagements de pontons sont également programmés, ainsi que la modification du plan de mouillages (84 places au lieu de 73 actuellement) et la réfection de la capitainerie.

La présence dans l'aire d'étude d'herbiers de posidonie (*Posidonia oceanica*) et de cymodocée (*Cymodocea nodosa*) ainsi que d'individus de grandes nacres de Méditerranée (*Pinna nobilis*) a été observée au cours de plusieurs campagnes d'investigations (Semantic TS en 2017, P2A Développement en 2018).

Ces espèces sont protégées par la loi et constituent des enjeux environnementaux importants. Bien que les impacts du projet soient réduits au maximum, ils ne peuvent être totalement évités. Au total 5 grandes nacres et 165 m² d'herbiers sont présents dans la zone d'impact direct des travaux d'aménagements (moins de 10 m des ouvrages finaux), parmi lesquels 7 m² d'herbier seront détruits, car situés directement sous les ouvrages.

Ce rapport a pour objectif d'établir la demande de dérogation concernant les deux espèces protégées inventoriées dans la zone d'impact direct du projet et de présenter les mesures adoptées afin d'éviter, de réduire, et de compenser les impacts du projet sur l'environnement :

- Mesures d'évitement et de réduction, mises en œuvre dès la conception du projet et pendant l'exécution des travaux ;
- Mesures compensatoires liées à la destruction des espèces protégées impactées ;
- Mesure d'accompagnement sous forme d'un suivi environnemental qui se déroulera tout au long du projet depuis la transplantation des nacres jusqu'à l'étude sur 10 ans de l'évolution de l'herbier de posidonie et des nacres transplantées.

2. Justification et présentation du projet

2.1. Présentation du demandeur

Le demandeur est la SCAP, Société Civile de l'Anse du Pradet, en charge de l'exploitation du port de plaisance de l'Anse du Pradet. C'est la commune de Bormes-les-Mimosas, qui est compétente en matière de gestion des ports de plaisance sur son territoire, qui lui a concédé l'exploitation du port de plaisance via un contrat de concession de service public, établi pour une durée de 16 ans à compter du 1er avril 2018. Ce contrat fait suite à un premier contrat établi en 1987, pour une durée de 30 ans.

La SCAP doit assurer l'exploitation des installations portuaires, et notamment :

- L'exploitation des ouvrages et des équipements du port ;
- L'entretien et le renouvellement des équipements ;
- L'entretien du génie civil des quais et de la digue en enrochements.

La SCAP a mandaté le bureau d'études Corinthe Ingénierie pour la réalisation des études techniques de modernisation du port.

Les études environnementales, ainsi que la rédaction du présent dossier, ont été confiées à la société P2A Développement, qui réalise des diagnostics environnementaux en milieu marin depuis 2004 et qui a déjà rédigé plusieurs dossiers de demandes de dérogations de destruction d'espèces protégées.

Le Parc national de Port-Cros a également été consulté au cours de la phase de définition des mesures compensatoires proposées.

2.2. Justification du projet selon les critères cumulatifs de dérogation définis par l'art. L411-2 CE

2.2.1. Motif du projet

Le demandeur se situe dans un des 5 cas de dérogation prévus par l'Article L411-2 du Code de l'Environnement.

La dérogation est demandée au titre du cas c) « Dans l'intérêt de la santé et de la sécurité publiques ou pour d'autres raisons impératives d'intérêt public majeur, y compris de nature sociale ou économique, et pour des motifs qui comporteraient des conséquences bénéfiques primordiales pour l'environnement ».

En effet, le projet de modernisation du port est indispensable pour garantir la protection des personnes et des biens. La configuration actuelle des installations ne permet pas de pacifier le plan d'eau en présence de houle venant du large, ce qui pose problème à la fois en termes sécuritaire (navigation dangereuse) et économique (période d'exploitation du port limitée). En outre, l'état de dégradation de certains ouvrages présente un risque d'effondrement nécessitant impérativement des travaux de réfection.

2.2.2. Absence d'autre solution satisfaisante

Lors de la phase de conception des ouvrages de protection du port (Digues Est et Ouest), la présence des espèces protégées, et en particulier l'herbier de posidonie implanté en entrée de port, a été prise en compte :

- La localisation des ouvrages a été réalisée en évitant au maximum d'impacter cet herbier. Les enrochements envisagés ont été disposés de façon à éviter les destructions directes de pieds de posidonie.
- Les interventions techniques pour la réalisation des travaux ont été pensées de manière à limiter au maximum la présence d'engins de chantier positionnés sur le fond marin : utilisation d'une grue mobile située sur le môle central avant sa destruction pour la construction des ouvrages (cf. Annexe 1. Phasage des travaux) accompagné d'un support maritime mobile de faible encombrement ; utilisation d'éléments préfabriqués pour limiter les risques liés aux dépôts de laitance de béton.

En outre, pour la réalisation de l'ouvrage de contre-jetée – Digue Ouest, deux solutions techniques ont été étudiées :

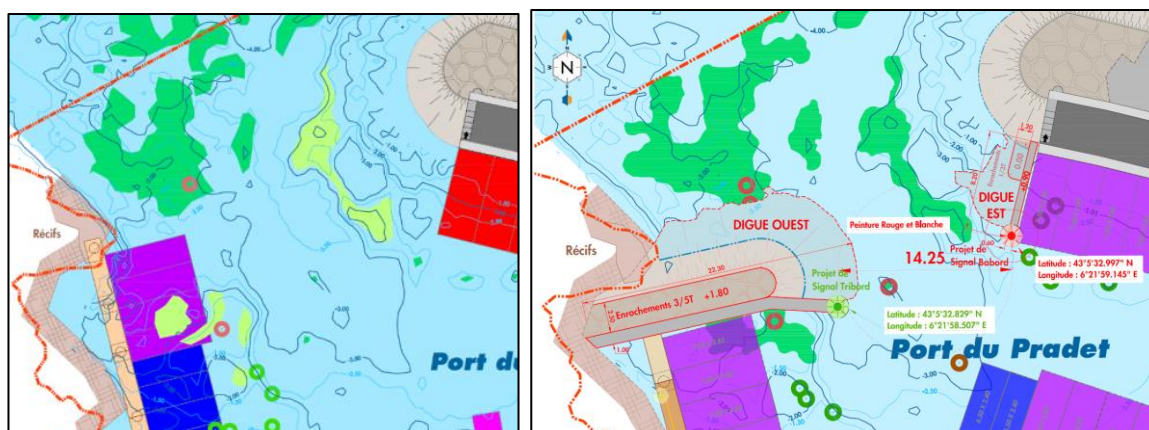
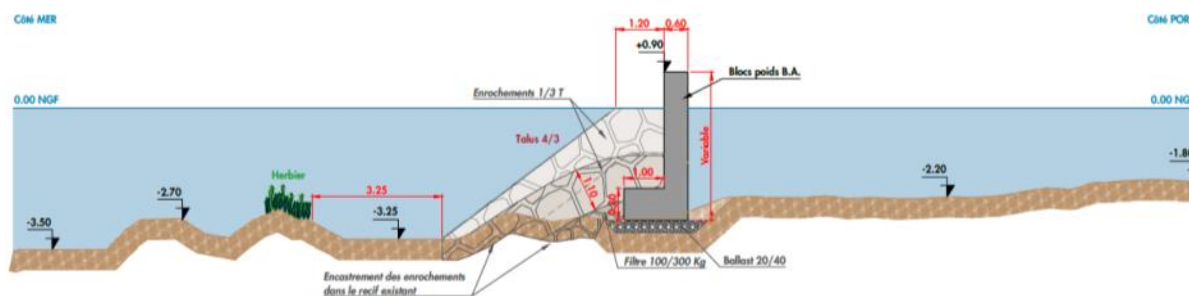
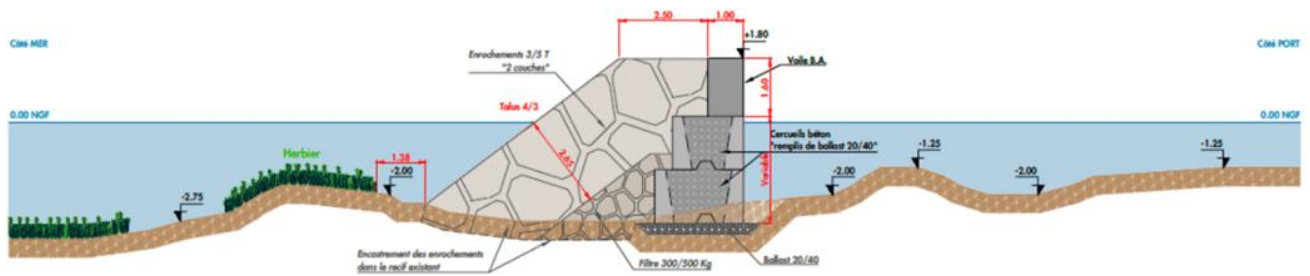


Figure 1 - Digues actuelles et projetées

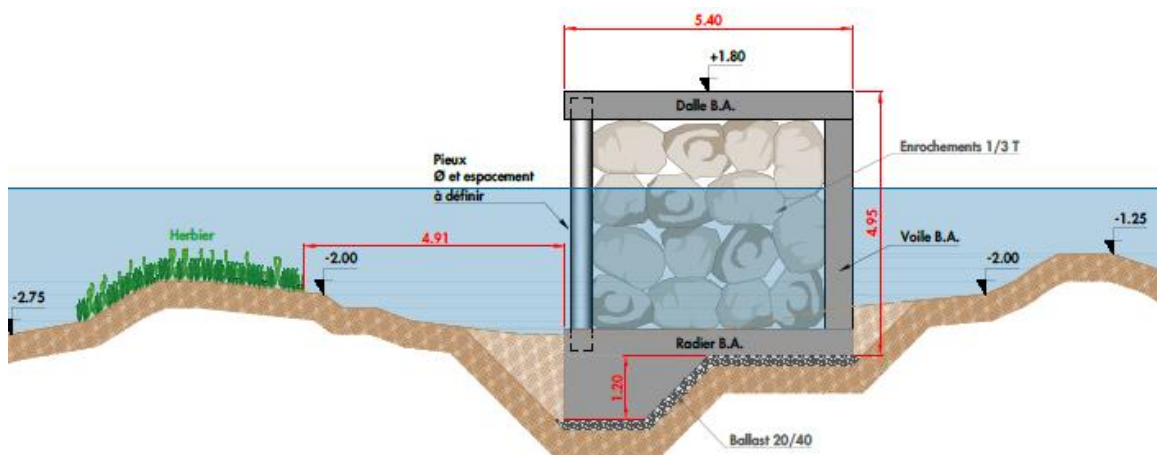
- **Digue Est** : Solution quai vertical côté port et un talus amortisseur côté mer. L'ouvrage est de type mur cantilever » :



- **Digue Ouest** : Solution quai vertical côté port et un talus amortisseur côté mer. L'ouvrage est de type poids avec caisson « cercueil » :



- **Digue ouest** : une solution à parement vertical, présentant une emprise au sol réduite :



Une comparaison de ces deux solutions a été menée, en considérant à la fois les enjeux environnementaux mais également l'efficacité de l'ouvrage et l'aspect financier.

Option technique	Quai vertical côté port et un talus amortisseur côté mer	Parement vertical
Caractéristiques	<p>Quai vertical côté port et Talus en enrochements côté mer</p> <p>Largeur ouvrage : 8,93 m</p> <p>Distance à la posidonie (au niveau du plan de coupe) : 1,38 m</p> <p>Coefficient de réflexion : 0,5</p>	<p>Quai vertical côté port et côté mer</p> <p>Largeur ouvrage : 5,40 m</p> <p>Distance à la posidonie (au niveau du plan de coupe) : 4,91 m</p> <p>Coefficient de réflexion : 0,7 à 0,8</p>
Enjeux environnementaux	<p>Destruction de 5 m² d’herbier</p> <p>Modification modérée de l’hydrodynamisme à proximité de l’herbier</p>	<p>Destruction de 3,11 m² d’herbier</p> <p>Modification importante de l’hydrodynamisme à proximité de l’herbier</p>
Enjeux techniques	<p>Ouvrage moins sollicité par les efforts dynamiques (Talus) et dont la conception révèle un ouvrage réparable</p>	<p>Ouvrage plus fragile dans le sens où il va subir plus d’efforts dynamiques (Verticalité) et dont la conception révèle un ouvrage non réparable</p>
Enjeux économiques	<p>Investissement inférieur et ouvrage réparable</p>	<p>Investissement plus important et ouvrage non réparable</p>
Conclusion	<p>Destruction supérieure en phase travaux mais impact moindre sur le reste de l’herbier à long-terme</p>	<p>Destruction moindre en phase travaux mais impact supérieur sur le long-terme</p>

La solution retenue est la solution avec le talus amortisseur, qui, bien qu’elle implique une destruction d’une superficie d’herbier légèrement supérieure par rapport à l’option sans talus (différence de moins de 2 m²) en phase travaux, aura un impact moindre sur le reste de l’herbier à long-terme, en raison du coefficient de réflexion plus faible de l’ouvrage. En effet, plus le coefficient de réflexion de l’ouvrage est élevé, plus les mouvements de la masse d’eau seront répercutés et impliqueront une modification importante de l’hydrodynamisme à proximité de l’ouvrage. Il est ainsi attendu que l’herbier attendant soit moins perturbé par la présence du talus amortisseur que d’une paroi verticale.

2.2.3. Etat de conservation final des espèces protégées

2.2.3.1. Grandes nacres de Méditerranée

Le projet prévoit la transplantation des individus vivants présents dans la zone d’impact direct vers une zone proche où elles seront réimplantées dans un herbier de posidonie sain et protégées des risques de destruction liés aux mouillages. Ainsi, leurs chances de survie seront optimisées, par rapport à leur localisation actuelle dans le port, et en particulier pour les nacres situées dans des zones à risques (proches de cordages, dans des herbiers présentant un état de vitalité moyen, etc.).

En outre, seul un faible nombre de nacres (5) est impacté par le projet et, bien que les investigations aient été ciblées sur la zone d'étude, il n'a été observé la présence que de 5 individus directement à l'extérieur du port. La communauté de grandes nacres semble bien implantée dans la baie. L'état de conservation de l'espèce n'est donc pas dégradé par le projet.

2.2.3.2. Herbier de posidonie

L'herbier de posidonie localisé dans la zone d'impact direct des travaux présente un état de vitalité moyen, avec des feuilles plutôt courtes et très épiphytées (cf. § 0). La réalisation des ouvrages portuaires va nécessiter le retrait de 7 m² d'herbier, provenant de plusieurs localisations et impacter 158 m² d'herbier attenant en phase travaux, dont potentiellement 120 m² à plus long-terme de par la modification des conditions d'hydrodynamisme de la zone. Toutefois, l'herbier de posidonie est largement répandu dans la baie à l'extérieur du port comme le démontre la figure ci-dessous et c'est un herbier présentant un bon état de vitalité (cf. § 0).

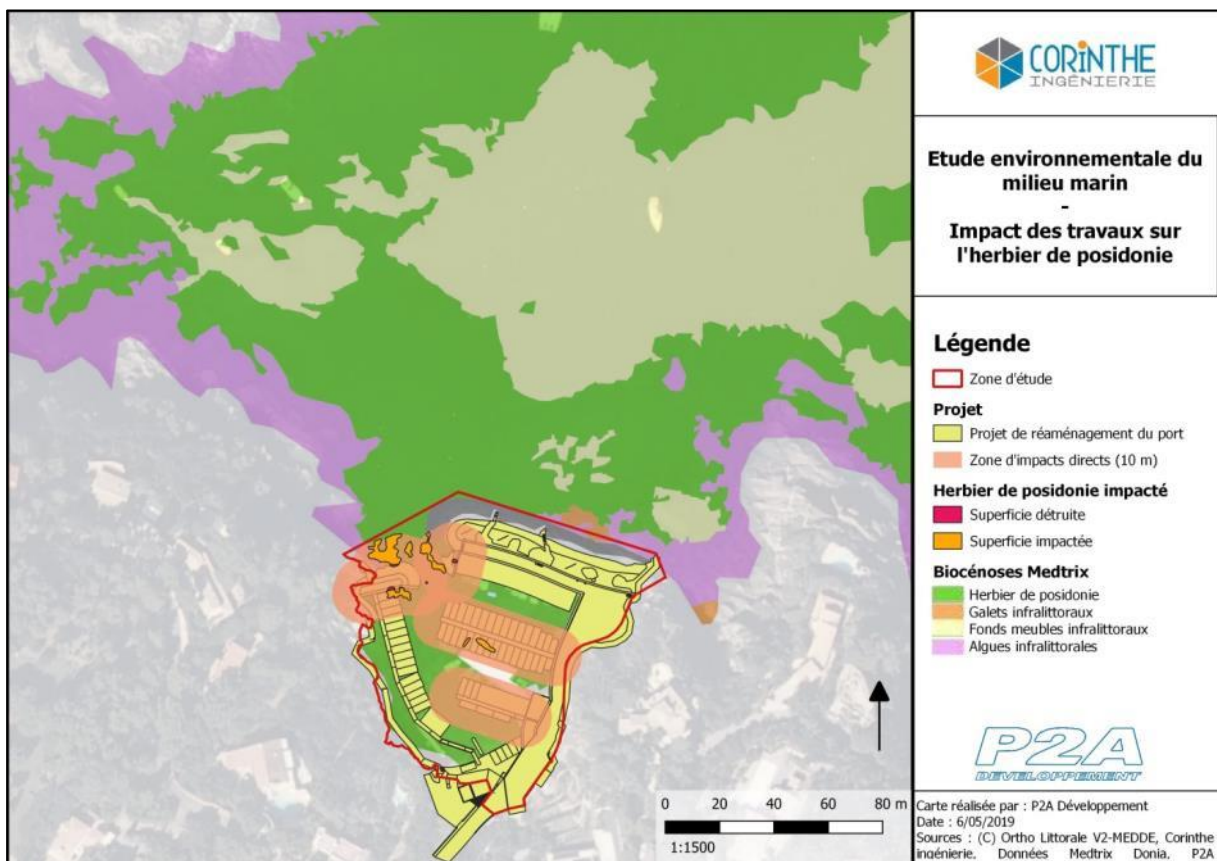


Figure 2 – Implantation de l'herbier de posidonie à proximité du port de l'Anse du Pradet

Ainsi, les travaux envisagés ne contribuent pas à l'altération de l'état de conservation de cette espèce.

2.3. Présentation du projet, finalité et objectifs

2.3.1. Localisation du site de projet

Le port de l'Anse du Pradet, localisé sur la commune de Bormes-les-Mimosas (Var), se situe sur le domaine du Cap Bénat.



Figure 3 – Localisation de la zone d'étude (en jaune) - (GoogleEarth modifié P2A)

2.3.2. Contexte actuel

Le port de plaisance est exploité par la SCAP (Société Civile de l'Anse du Pradet) par l'intermédiaire d'un contrat de concession de service public signé avec la commune de Bormes-les-Mimosas.

La SCAP est donc en charge de l'exploitation des installations portuaires, ainsi que de leur entretien.

Le port abrite actuellement 73 postes d'amarrages, répartis le long de la digue du large (au nord-est), autour du môle central (constitué d'une ancienne barge coulée) et le long d'un ponton construit sur le côté ouest, le long de la falaise (cf. Figure 4).

Une plage naturelle, tout au sud, est utilisée par le club de voile pour y stocker des embarcations.

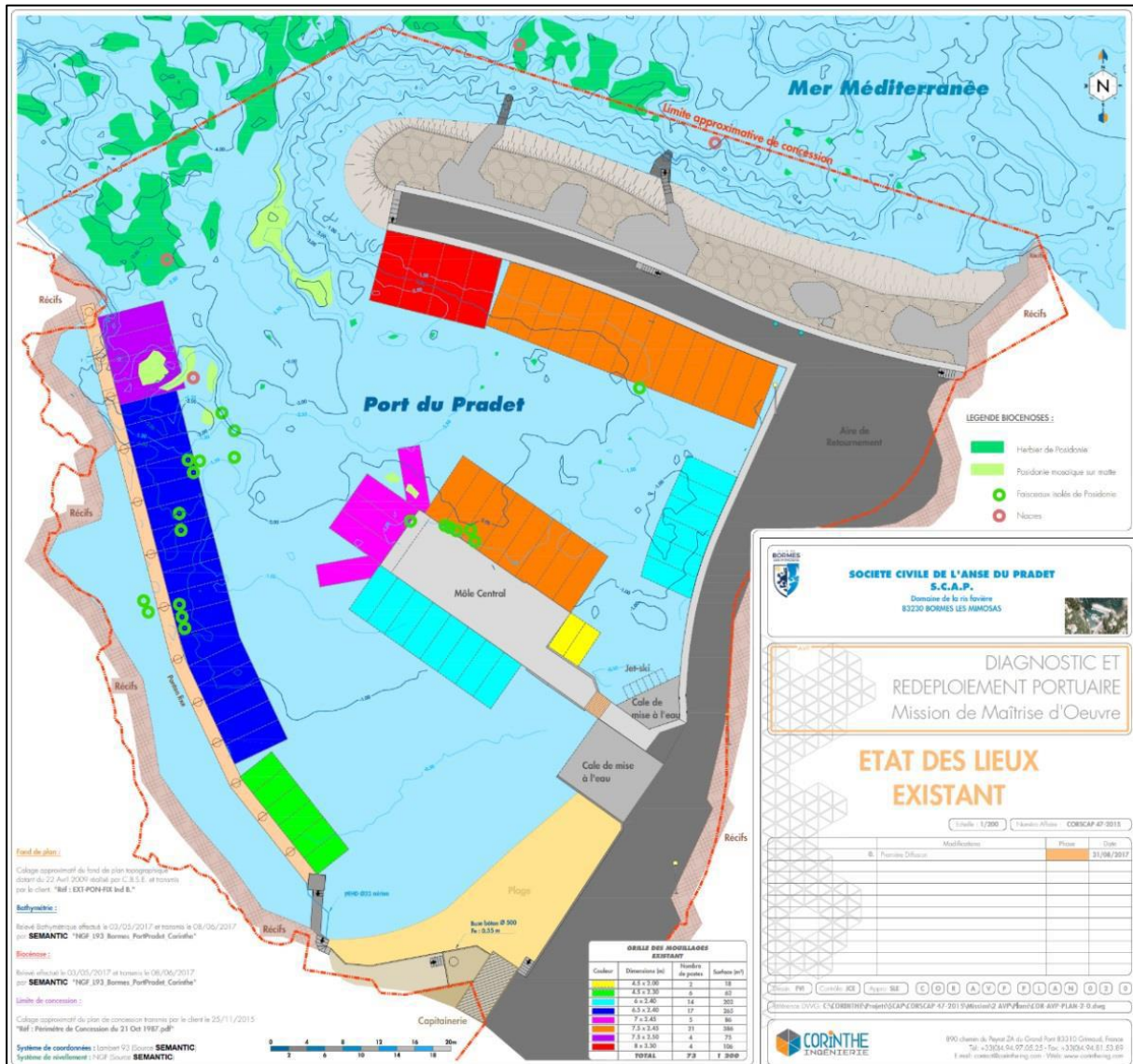


Figure 4 – Plan du port de plaisance de l'Anse du Pradet dans sa configuration actuelle (Corinthe ingénierie)

La configuration actuelle du port présente plusieurs points critiques :

- Une conception qui ne permet pas une pacification sécuritaire du plan d'eau lors de conditions météorologiques non favorables (houle de période de retour supérieure à un an) ;
- Des installations vétustes, liées pour certaines à des problèmes de sécurité des biens et des personnes : la barge faisant office de môle central est dans un état de dégradation avancée ; les locaux de la capitainerie montrent des signes de détérioration (fissures, salpêtre) ;
- Une capacité d'accueil qui ne répond plus à la demande (bateaux plus larges et plus nombreux).

2.3.3. Présentation du projet

Les travaux envisagés répondent aux points critiques précédemment énoncés.

2.3.3.1. Etude de l'agitation dans le port

Le projet de modernisation du port, conformément aux dispositions du cahier des charges de la concession, comprend un objectif de pacification du plan d'eau, afin de garantir l'accueil et la sécurité des personnes et des biens, durant la période d'exploitation du port.

Les résultats des études d'agitation qui ont été réalisées sont présentés ci-après. La situation actuelle et la situation projet sont comparées ci-dessous. On peut clairement observer que dans la situation actuelle, le plan d'eau n'est pas sécurisé. Dans le cadre du projet, la pacification est atteinte pour la période d'exploitation du port.

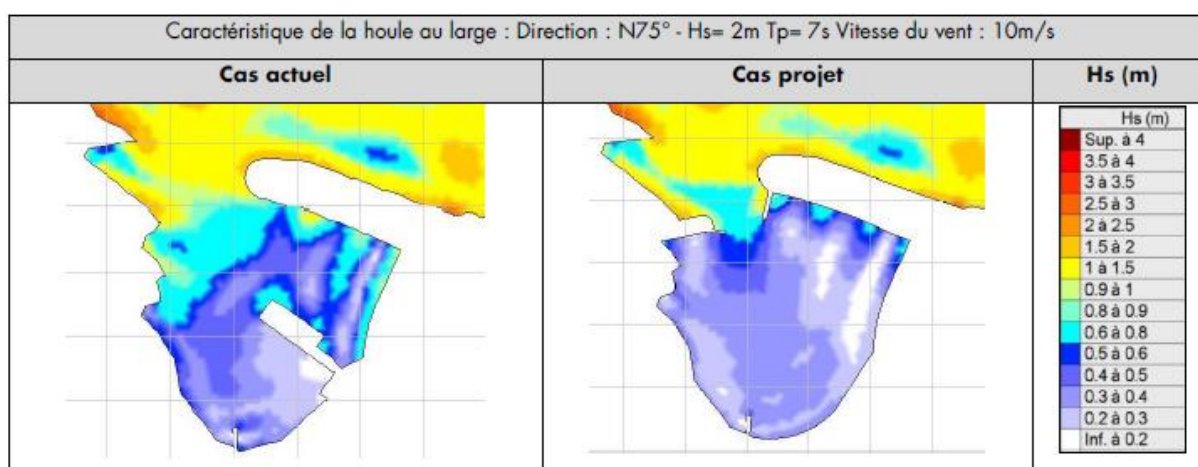


Figure 5 - Résultats des simulations d'agitation résiduelle dans le port actuel et projet pour la houle fréquente observées durant la période d'exploitation du port

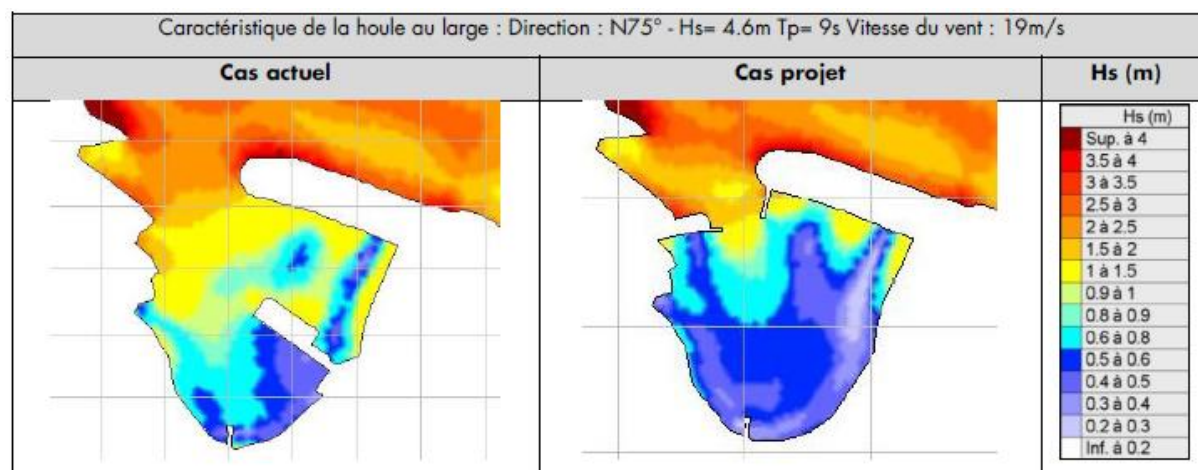


Figure 6 - Résultats des simulations d'agitation résiduelle dans le port actuel et projet pour une houle de direction de provenance au large N75° (PR 1 an)

Pour une houle de période de retour un an, une houle résiduelle inférieure à 0,6 m est observée sur la majorité du port en phase projet, alors que seules les zones Sud et Est présentent une houle modérée actuellement.

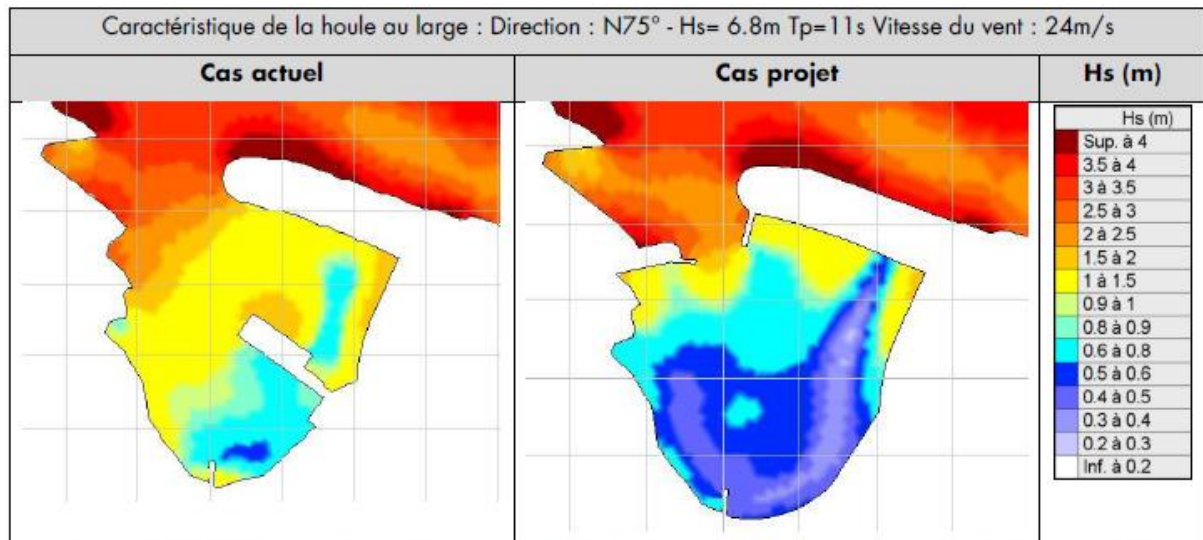


Figure 7 - Résultats des simulations d'agitation résiduelle dans le port actuel et projet pour une houle de direction de provenance au large N75° (PR 50 ans)

Avec une modélisation de houle de fréquence cinquantennale, la quasi-totalité du port est soumise à une houle supérieure à 0,6 m actuellement avec une majorité du plan d'eau dépassant le mètre, tandis qu'en phase projet on observe que toute la partie Sud et Est ne subit qu'une houle modérée.

2.3.3.2. Conception des nouveaux ouvrages maritimes

La conception des ouvrages répond à deux objectifs :

- Pacifier le plan d'eau sur la période d'exploitation, pour des houles annuelles et fréquentes ;
- Limiter au maximum l'impact sur les espèces et habitats protégés.

L'aménagement du plan d'eau est basé sur les principes suivants :

- Maintien de la plage existante pour conserver l'effet amortisseur en fond de bassin, avec la plage en extrémité qui recevra une butée de pied afin d'assurer le tirant d'eau nécessaire ;
- Enlèvement de la barge coulée dans le port provoquant des effets de résonance dans le bassin ;
- Création d'ouvrages de défense :
 - Sur le côté intérieur du port de la digue du large la création d'un « téton » avec enrochements côté mer ;
 - La création d'une contre digue composée d'un quai côté port et d'un talus côté mer afin d'assurer un amortissement de la houle.
- Reprise du fond de port, tout en maintenant le linéaire de plage existant.

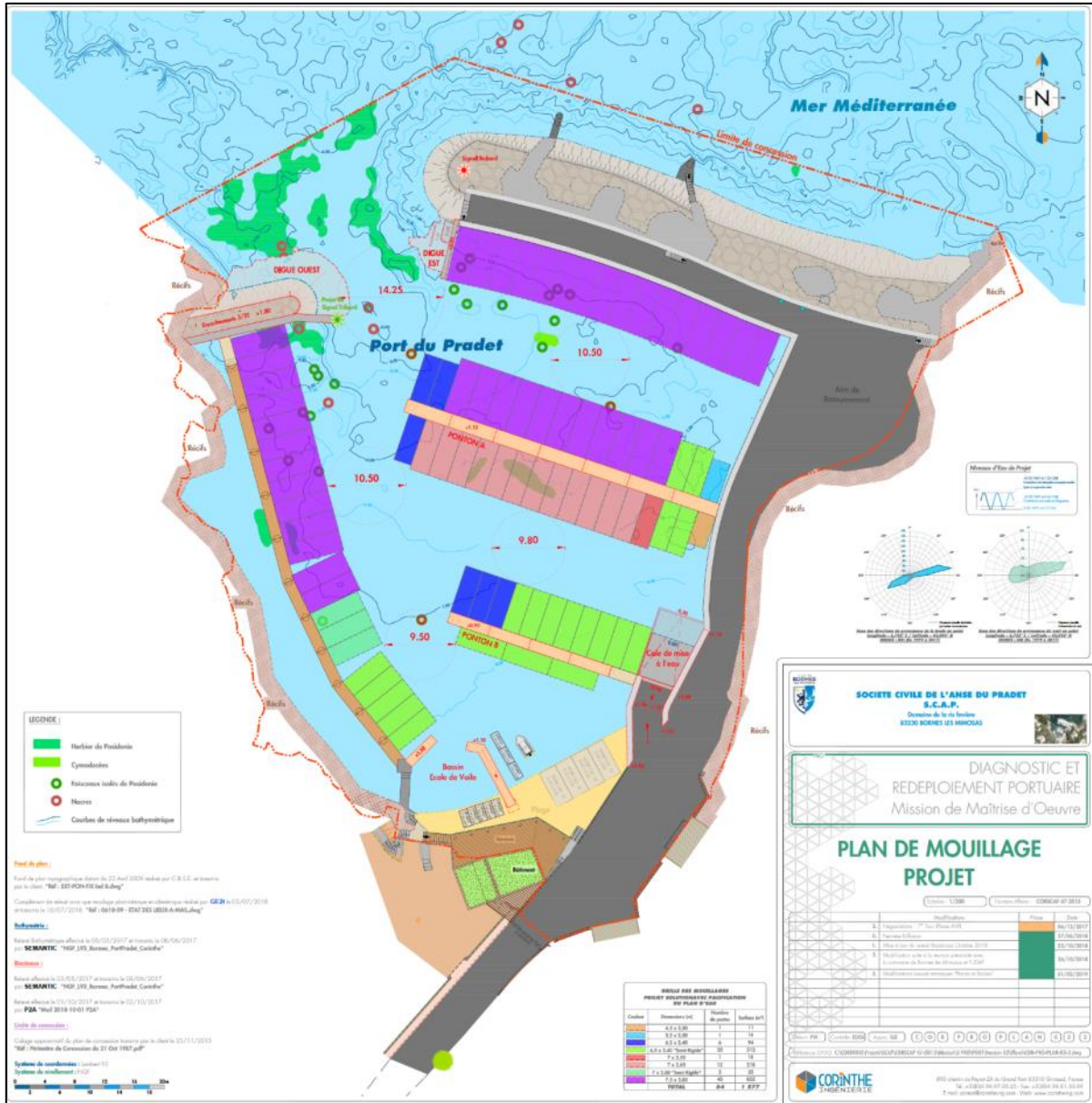


Figure 8 – Plan du projet de modernisation du port de plaisance de l’Anse du Pradet (Corinthe Ingénierie)

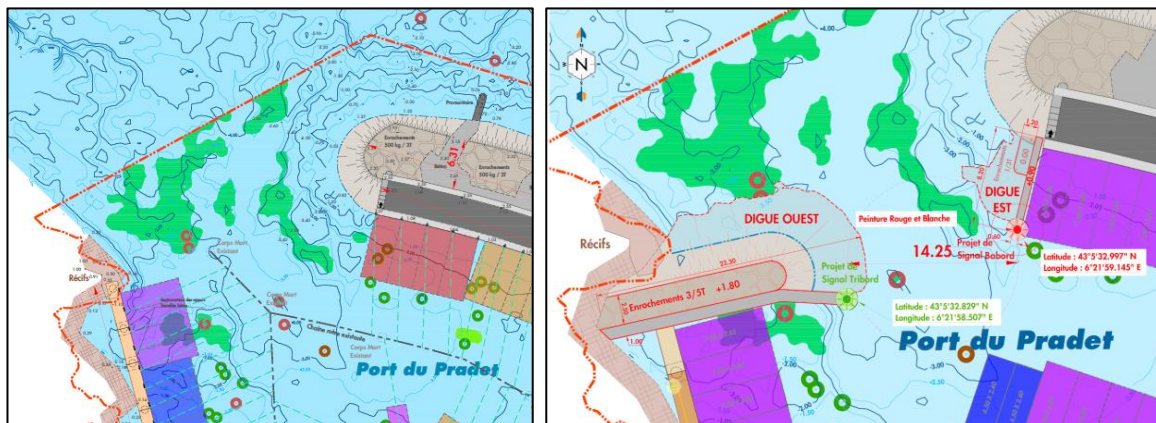


Figure 9 – De gauche à droite : passe d’entrée actuelle et passe d’entrée projet avec la réalisation d’ouvrages de protection complémentaires (Corinthe Ingénierie)

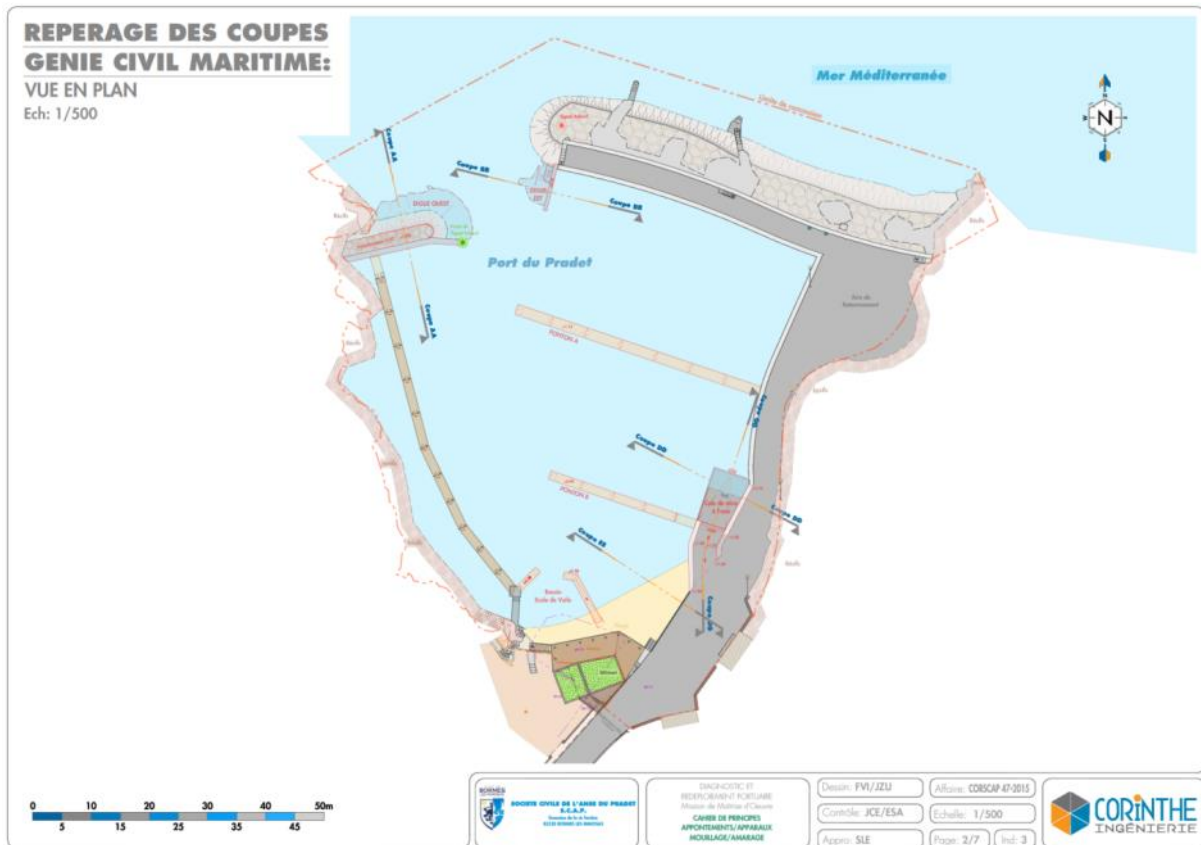


Figure 10 – Plan de repérage des coupes

2.3.3.2.1. La contre-jetée (coupe AA) – Digue Ouest

Il s'agit de construire une contre digue avec un quai vertical côté port et un talus amortisseur côté mer. L'ouvrage sera de type poids avec caisson « cercueil » qui comprendra :

- Un radier ballast d'assise ;
- Un élément bas avec fond ;
- Un élément intermédiaire avec tenons et mortaises ;
- Un remplissage avec caillasse 0/60 ;
- Un talus amortisseur pente 4/3 composé :
 - D'un filtre en enrochements naturels 200/400 kg ;
 - D'une carapace en enrochements naturels 2/5 t ;
- L'ouvrage aura un linéaire en pied de 22.20 mètres ;
- La cote d'arase est à +1.80 NGF.

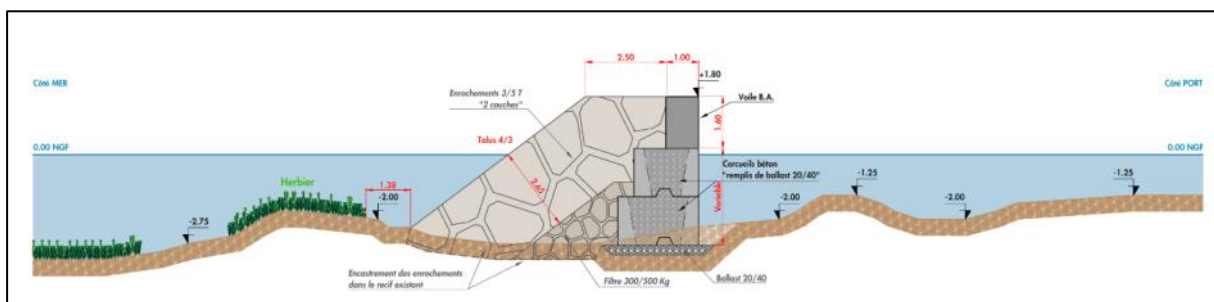


Figure 11 – Ouvrage de protection coupe AA

2.3.3.2.2. « Téton » digue du large (coupe BB) – Digue Est

Il s'agit de construire un « téton » perpendiculaire à la digue du large avec un quai vertical côté port et un talus amortisseur côté mer.

L'ouvrage sera de type mur « cantilever » qui comprendra :

- Un radier ballast d'assise ;
- Un mur BA type cantilever ;
- Un talus amortisseur pente 4/3 composé :
 - D'un filtre en enrochements naturels 100/300 kg ;
 - D'une carapace en enrochements naturels 1/3t ;
- L'ouvrage aura un linéaire en pied de 9.80 mètres ;
- La cote d'arase est à +0.90 NGF.

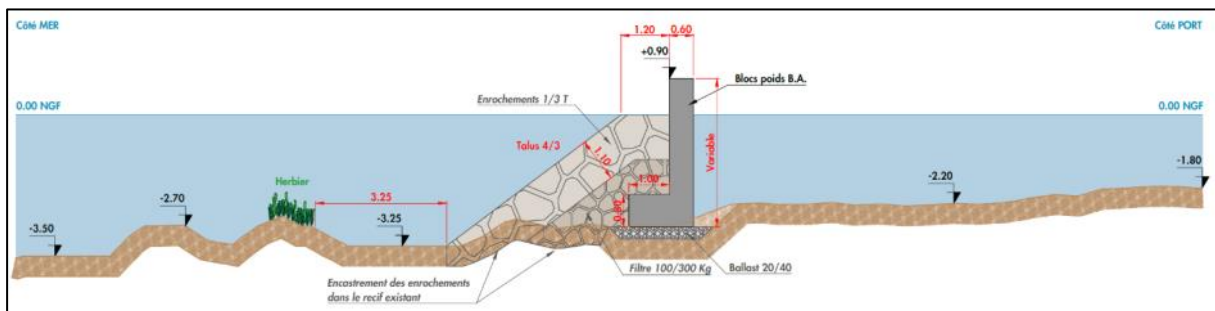


Figure 12 – Ouvrage de protection coupe BB

2.3.3.2.3. Quais (coupe DD) – Cale de mise à l'eau

La refonte du plan de mouillage et les prestations nécessaires pour la pacification du plan d'eau imposent :

- De supprimer le môle actuel au centre du port, constitué d'une barge coulée depuis de nombreuses années et qui est en situation de péril ;
- De déplacer la cale de mise à l'eau actuelle.

Ainsi, il est nécessaire de reconstruire le quai en fond de bassin.

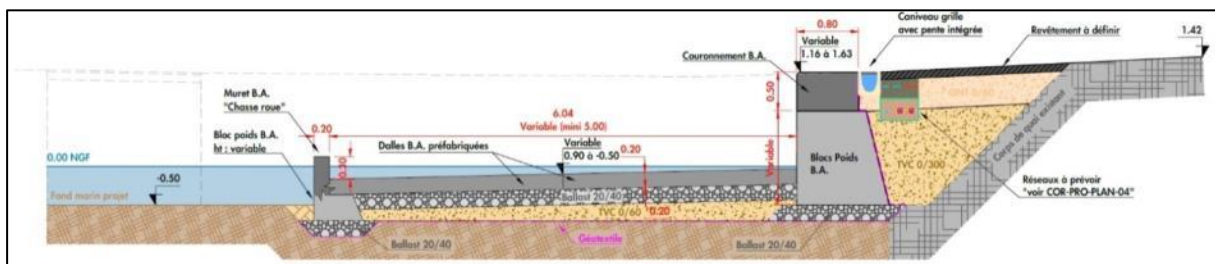


Figure 13 – Quai coupe DD

2.3.3.2.4. Butée de pied (coupe EE)

Le maintien de la plage est rendu nécessaire pour conserver la notion de « bord amortisseur », pour le départ des dériveurs par zodiac et le « beachage » des optimistes.

Dans un souci d'optimisation des transports (bilan carbone et coûts d'évacuation) il sera mis en place des « géobags » qui auront un rôle de butée de pied (soutènement) assurant une bathymétrie d'un minimum de 50 cm ainsi que le maintien de la plage.

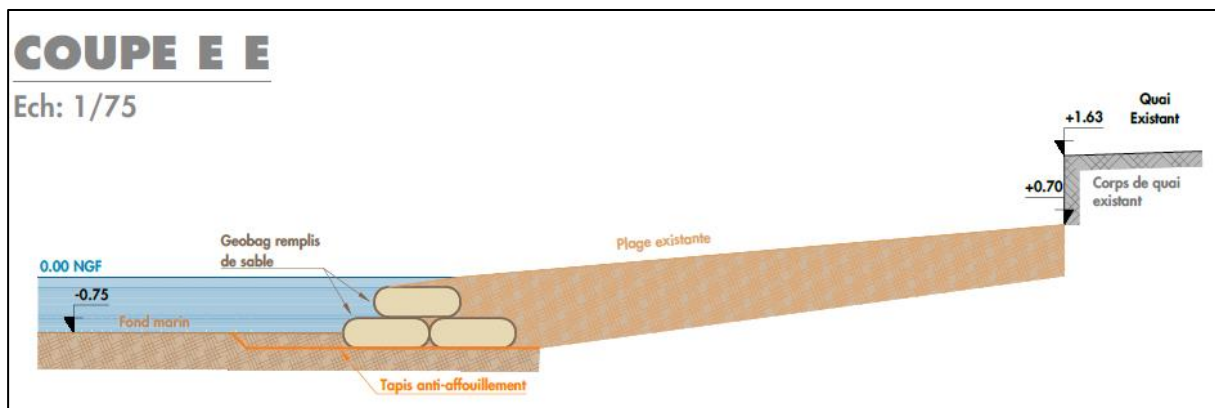


Figure 14 – Butée de pied de la plage

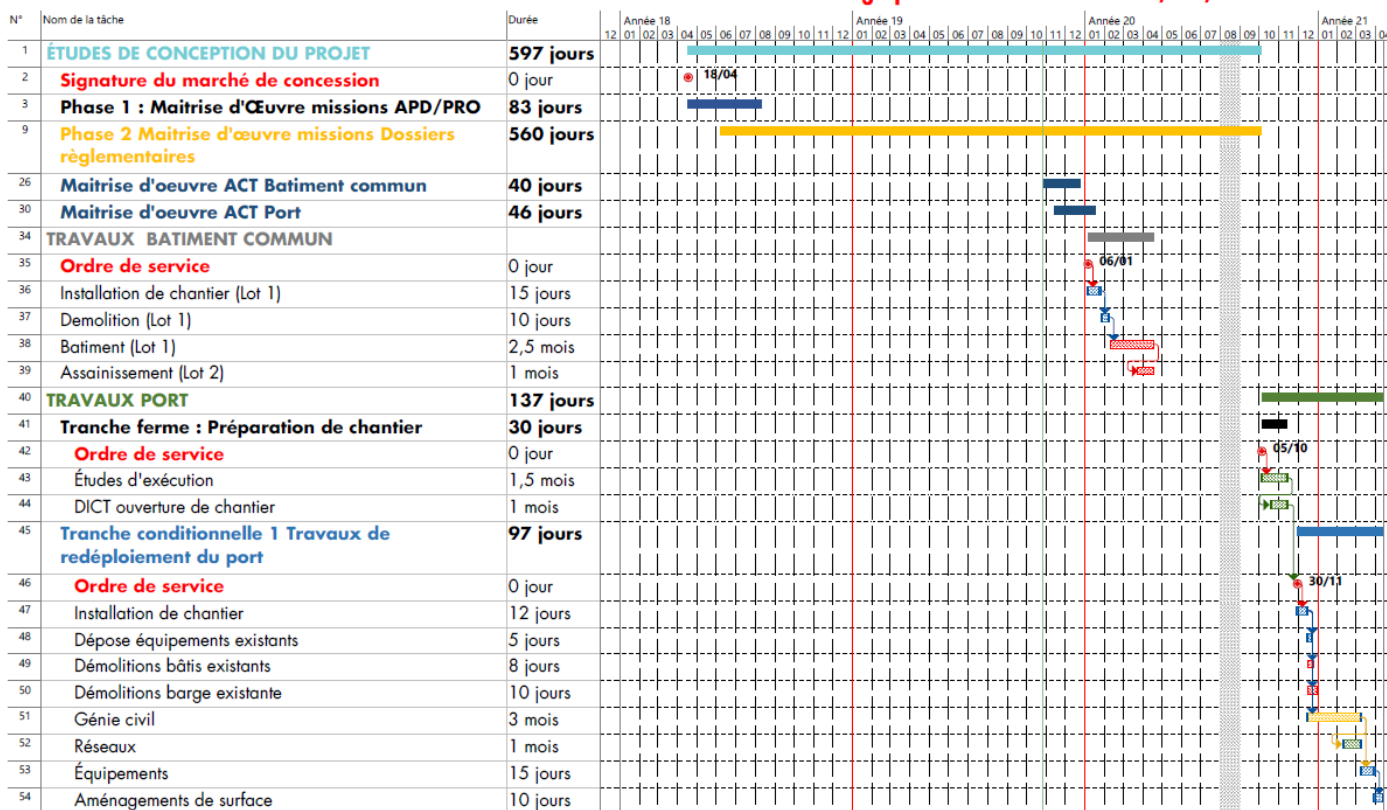
2.3.3.3. Autres travaux programmés

Outre ces travaux visant à pacifier le plan d'eau, le projet comporte aussi :

- La création de deux pontons sur appuis fixes (44,5 et 31 mètres de long) ;
- Le maintien et la réparation du ponton Ouest actuel côté falaise ;
- La création de deux pontons encerclant la zone dédiée à l'école de voile et assurant la sécurité des utilisateurs vis-à-vis du plan d'eau du port ;
- La modification du plan de mouillage (passe de 73 à 84 unités) ;
- La gestion environnementale du port :
 - Traitement des rejets dans le milieu marin :
 - Collecte et traitement des eaux pluviales (déboureur/séparateur d'hydrocarbures). Objectif : Concentration maximale en hydrocarbures 5 mg/l.
 - Assainissement du bâtiment de la capitainerie (installation d'une micro-station avec prétraitement et bio filtration).
 - Collecte des déchets (8 poubelles)
 - Ouverture d'un point propre (tri et élimination des déchets portuaires : huiles, batteries, etc.)
 - Équipements sanitaires, etc.
- La construction d'un nouveau bâtiment pour la capitainerie.

2.3.3.4. Planning prévisionnel

DSP Port Anse du Pradet Commune de Bormes les Mimosas - Planning operation DCE - indice 24/11/2019



Le phasage détaillé des travaux est présenté en annexe.

Le coût total du projet est de 1 088 270,50 euros HT soit 1 305 924,60 euros TTC.

3. Etat initial

3.1. Zone d'étude

Les investigations de terrain ont été menées sur la zone de concession du port.

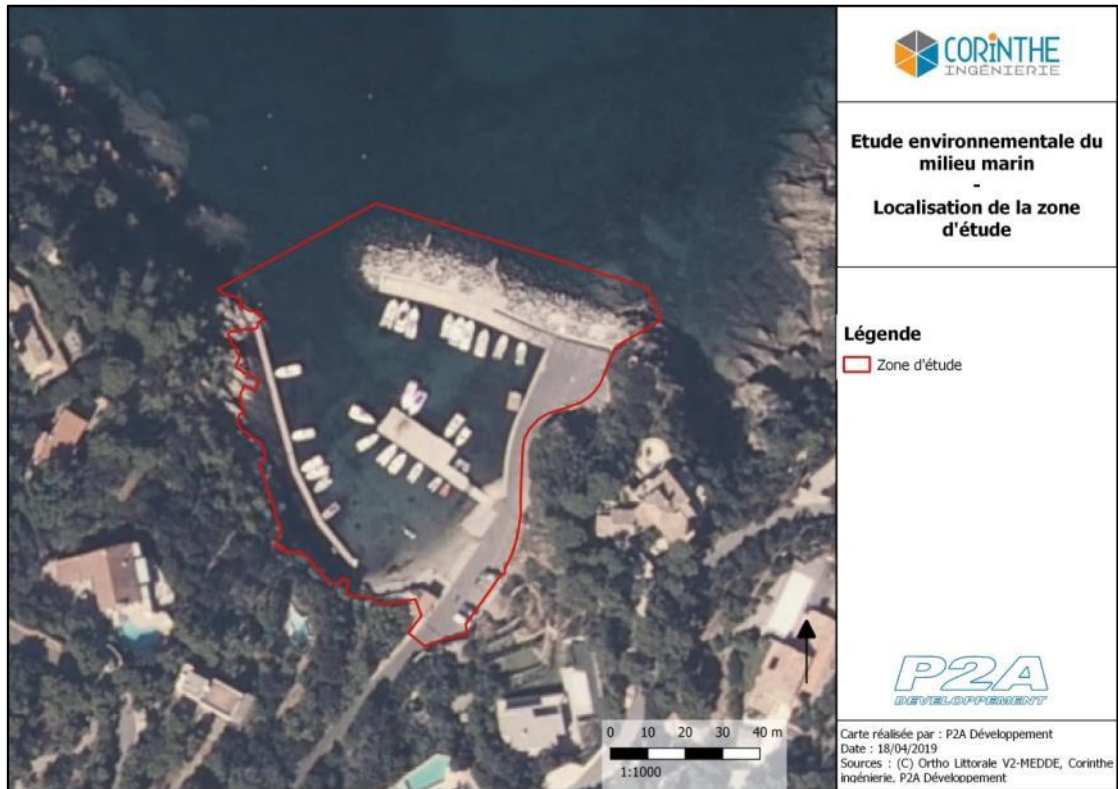


Figure 15 – Carte de localisation de la zone d'étude

3.2. Données existantes

Une étude des biocénoses du port avait été réalisée en 2017 par Semantic TS. Les herbiers de posidonie, ainsi que les grandes nacres de Méditerranée présentes dans la zone d'étude avaient été cartographiés.

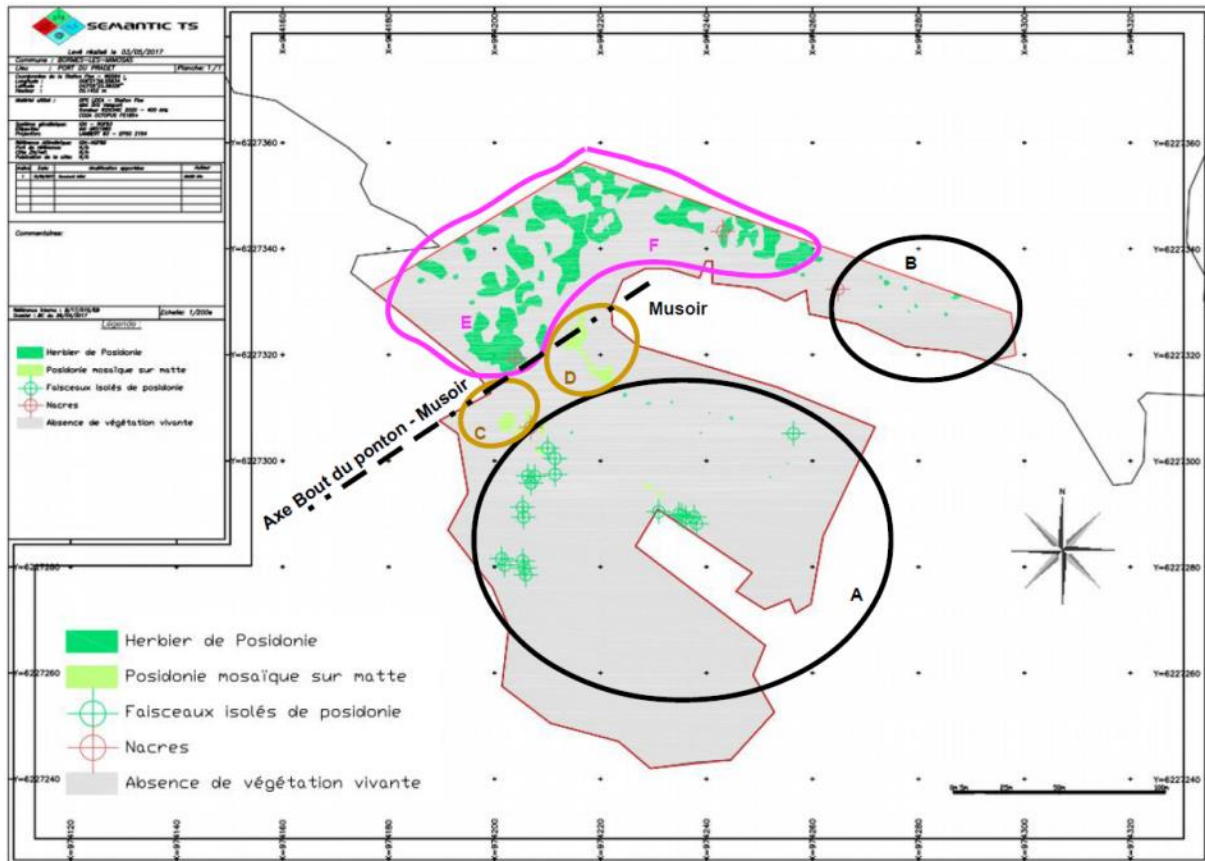


Figure 16 – Carte de synthèse (Semantic TS, 2017)

Le détail des observations est reporté ci-après :

Intérieur du port et partie ouest de l’extérieur de la digue: Secteurs A & B cerclés en noir :

A l’intérieur du port l’herbier de posidonies est uniquement présent sous forme de faisceaux isolés ou de petites taches de posidonies. Il en est de même à l’extérieur du port sur la partie ouest de la digue.

Bout du ponton et partie intérieure du musoir : Secteurs C & D cerclés en marron :

Au bout du ponton et au pied de la partie intérieure du musoir l’herbier est réduit à une mosaïque de posidonies sur matte.

Partie située au Nord -Nord Est de l’axe bout du ponton-musoir : Secteur en magenta E & F :

Enfin, l’herbier est présent au Nord - Nord Est de l’axe bout du ponton-musoir sous forme morcelée : les posidonies sont présentes en taches de diamètre moyen de l’ordre de 2 à 10 mètres.

Dans ce secteur la bathymétrie est chahutée et l’herbier a plutôt tendance à se situer sur la partie haute de la bathymétrie, mais sans que cela soit une généralité, les creux bathymétriques étant parfois constitués eux aussi de matte sur laquelle les posidonies sont présentes.

Nous n’avons pas observé d’herbier continu sur le reste du secteur.

3.3. Inventaires naturalistes

3.3.1. Campagne de terrain

La campagne d'acquisition des données s'est déroulée du 30 au 31 août 2018.

Les conditions météo ont été favorables, temps voilé à beau, sans vent.

Pour la collecte des données sur le terrain, P2A a mobilisé une équipe de 4 personnes, ingénieurs et techniciens de l'environnement marin pratiquant la plongée sous-marine. L'embarcation utilisée est un bateau rigide de 4,7 m de marque FunYak.

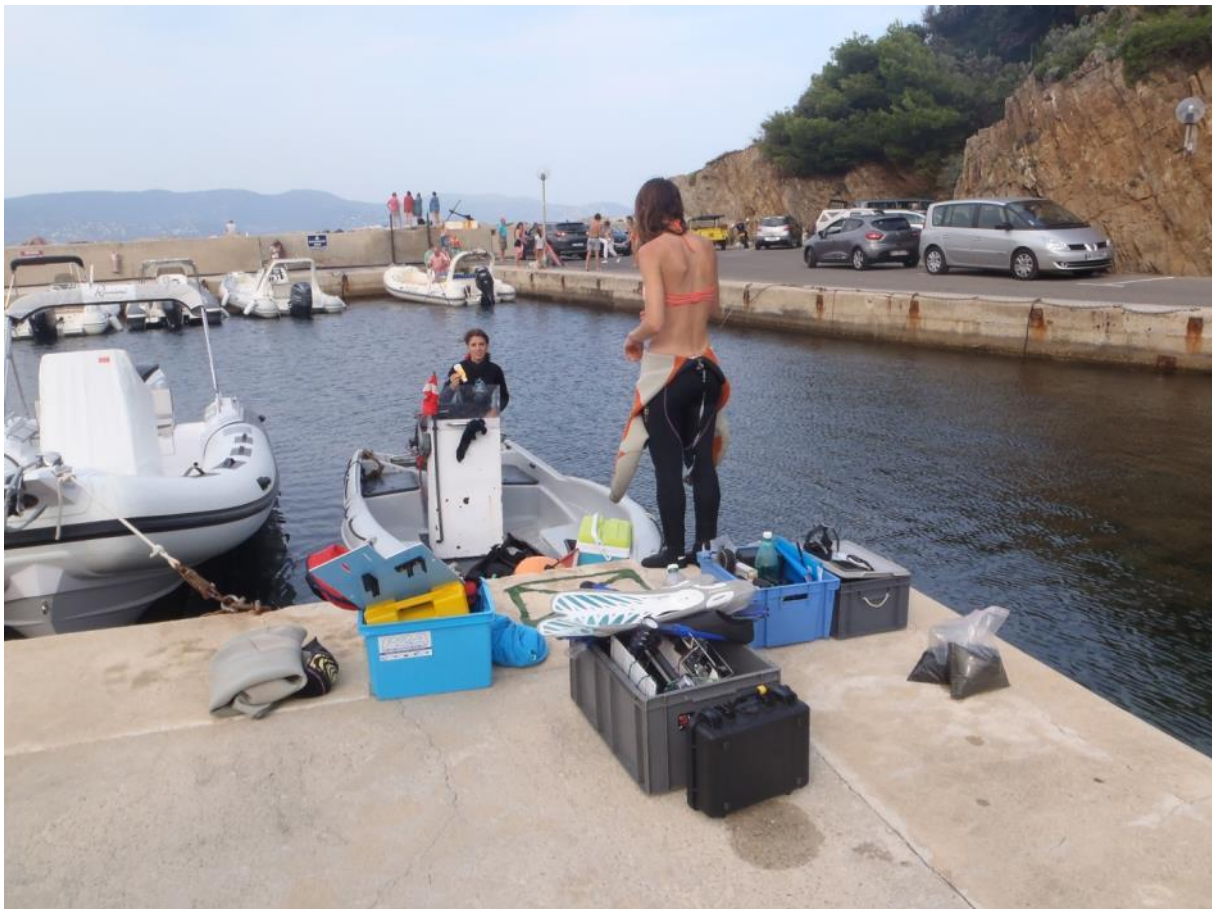


Figure 17 – Equipe et embarcation P2A

3.3.2. Méthodologie d'investigation

3.3.2.1. Cartographie des biocénoses

Une inspection exhaustive a été menée par des plongeurs scientifiques pour valider les données existantes (localisation de l'herbier de posidonie et de nacres, Sémantic TS, 2017). Les plongeurs ont arpenté la zone en délimitant les contours des habitats remarquables (herbiers) et en relevant la présence des espèces à enjeu à l'aide d'un GPS différentiel disposé dans un conteneur étanche flottant. Un PC Tablet, équipé du logiciel de cartographie Digiterra®, relié par Bluetooth avec le GPS différentiel (DGPS) est utilisé pour réaliser la géolocalisation des habitats et des points remarquables.



Figure 18 – Logiciels de cartographie Digiterra® et GPS différentiel (DGPS).

Les données collectées sur le terrain ont ensuite été reportées dans le logiciel de SIG QGIS pour réaliser les cartographies, en utilisant la projection RGF93/Lambert93.

3.3.2.2. Espèces à enjeu écologique

Les différentes espèces à enjeu (espèces protégées) observées dans la zone d'étude ont été les suivantes :

3.3.2.2.1. Grandes nacres de Méditerranée (*Pinna nobilis*)

Lors des investigations sous-marines, les individus de *Pinna nobilis* ont été recherchés.

Pour chaque individu observé, les informations suivantes ont été collectées :

- profondeur,
- localisation précise,
- adulte/juvénile,
- dimensions :
 - Hs = hauteur au sédiment,
 - Lc = plus grande largeur de la coquille,
 - lc = plus petite largeur au niveau du sédiment,
- photographie.



Figure 19 – Plongeur réalisant les mesures d'une grande nacre (P2A Développement)

3.3.2.2. Herbier de posidonie

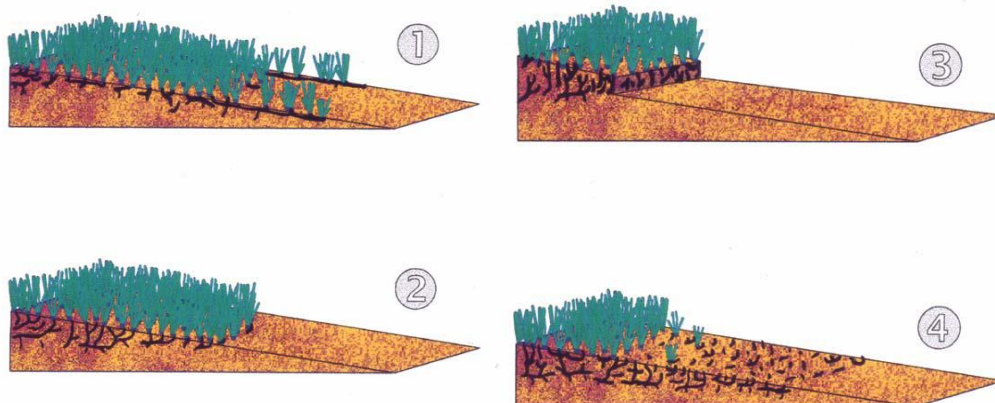
Caractérisation de l'état de vitalité des herbiers

Deux stations de vitalité ont été réalisées dans les herbiers de posidonie : une localisée dans le port et l'autre dans l'herbier à l'extérieur du port.

Les paramètres analysés pour les stations de vitalité sont détaillés ci-dessous. Ces paramètres sont standardisés pour l'évaluation du niveau de vitalité des herbiers de posidonie.

Typologie de la limite de l'herbier

Le type de limite inférieure de l'herbier est déterminé selon les typologies ci-dessous :



1 = limite progressive ; 2 = limite franche ; 3 = limite érosive ; 4 = limite régressive (d'après MEINESZ & LAURENT, 1978, modifié par BOUDOURESQUE, redessiné par PALLUY).

Figure 20 – Présentation des différents types de limite inférieure de l'herbier de posidonie

La classification de Pergent 2007 est également utilisée pour qualifier l'état de la limite de l'herbier, selon le descriptif ci-après :

Type de limite	Caractéristiques principales
Progressive	Présence de rhizomes plagiotropes en avant de la limite
Franche – Fort recouvrement (R+)	Limite nette présentant un recouvrement supérieur à 25%
Franche – Faible recouvrement (R-)	Limite nette présentant un recouvrement inférieur à 25%
Clairsemée	Densité inf. à 100 faiscs./m ² , recouvrement inf. à 15%
Régressive	Présence de mattes mortes en avant de la limite

Type de limite	Interprétation
Progressive (Pr)	Très bonne
Franche – Fort recouvrement (F+)	Bonne
Franche – Faible recouvrement (F-)	Normale
Clairsemée (Cl)	Médiocre
Régressive (Re)	Mauvaise

Taux de recouvrement

Le recouvrement est estimé par l'analyse de clichés pris au droit de chaque station, avec mise en place d'une pige d'un mètre pour visualiser l'étendue de la surface couverte (10 mesures sont réalisées pour chaque station). Un quadrillage est ensuite appliqué sur la prise de vue. Les carrés contenant de l'herbier sont comptés pour estimer le recouvrement de chaque prise de vue. La moyenne des résultats permet d'obtenir la valeur du recouvrement.

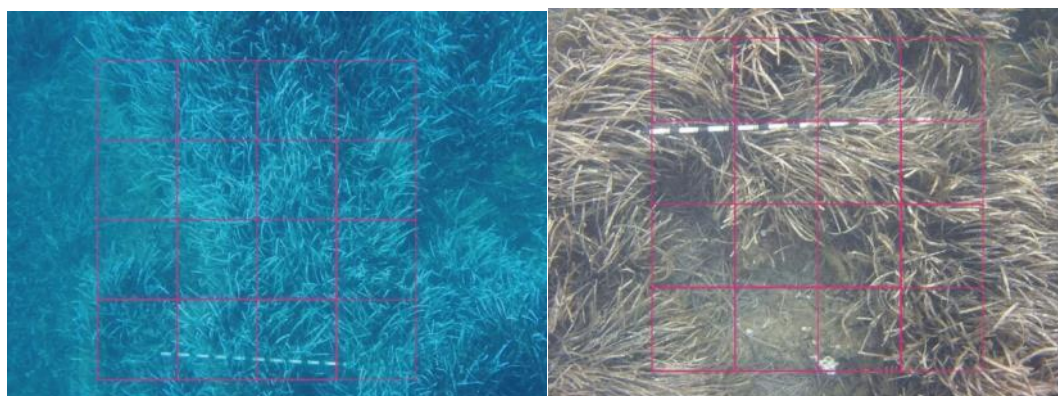


Figure 21 – Estimation du recouvrement (exemple station Posidonie et Cymodocée) - (©P2A Développement)

Une échelle d'évaluation du recouvrement le long des limites de l'herbier (faible, moyen, fort) est utilisée en fonction des valeurs moyennes mesurées ou estimées. Les valeurs seuils considérées par cette échelle sont différentes selon la position de la limite (supérieure ou inférieure).

Tableau 1 : Interprétation de la vitalité de l'herbier (tendance à la progression) en fonction des pourcentages de recouvrement moyens mesurés le long du balisage en limite supérieure d'herbier (Gravez et al., 1995).

Pourcentage de recouvrement (valeurs seuils)		
Limite supérieure	Limite inférieure	Interprétation
Inférieur à 40 %	Inférieur à 20 %	Faible recouvrement
40 % à 80 %	20 % à 50 %	Recouvrement moyen
Supérieur à 80 %	Supérieur à 50 %	Fort recouvrement

L'interprétation des résultats peut également être affinée selon la grille suivante (Charbonnel et al., 2000) :

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

Densité des faisceaux

Le faisceau est défini comme un ensemble de feuilles de posidonie regroupées autour d'un même axe de croissance.

La densité des faisceaux est établie en comptant les faisceaux de feuilles dans des quadrats de 0,2 x 0,2 m soit 0,04 m². Un total de **5 réplicats** a été réalisé par station. Les réplicats permettent de calculer un nombre moyen de faisceaux /m² pour chacune des deux stations.

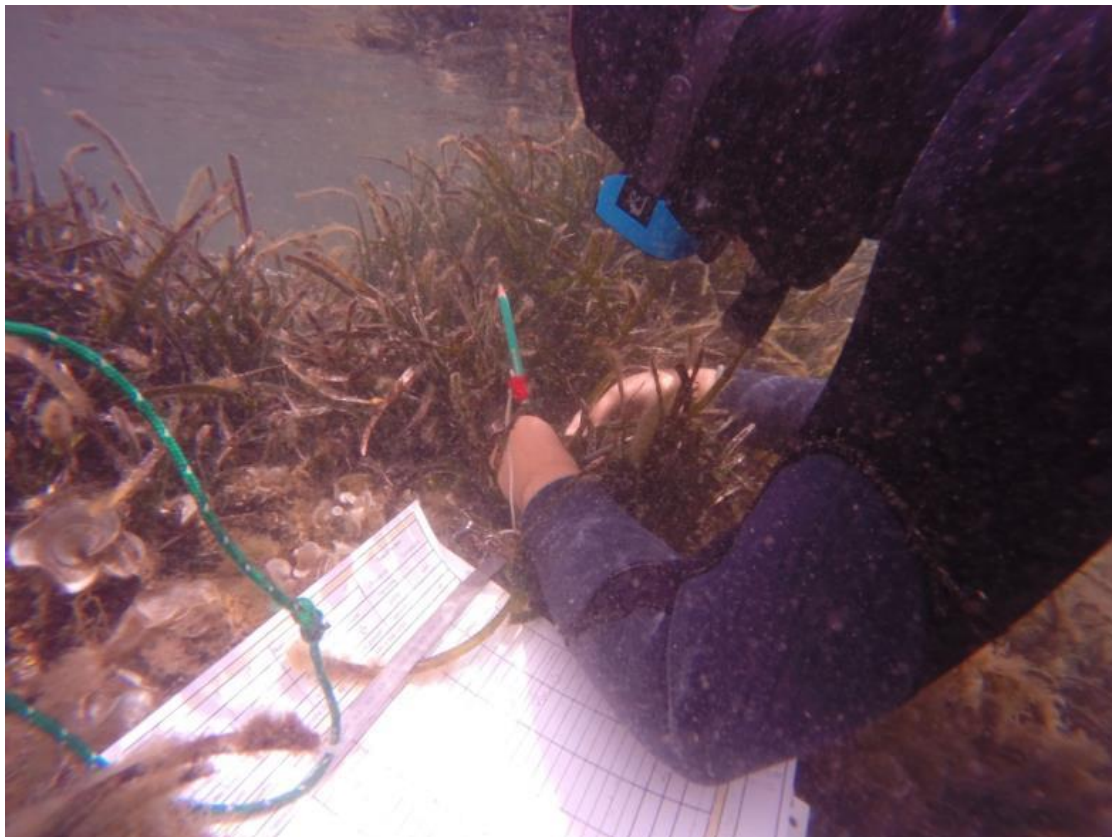


Figure 22 – Mesure de la densité des faisceaux - (©P2A Développement)

Une classification de la vitalité de l'herbier selon la profondeur a été proposée d'après les critères de Pergent-Martini et Pergent (1994).

Tableau 2 : Classification de l'herbier selon la profondeur (m).

Prof	DA	DSI	DN	DSS	Prof	DA	DSI	DN	DSS
1	←822	↔	934 ↔ 1158	→	21	← 48	↔	160 ↔ 384	→
2	←646	↔	758 ↔ 982	→	22	← 37	↔	149 ↔ 373	→
3	←543	↔	655 ↔ 879	→	23	← 25	↔	137 ↔ 361	→
4	←470	↔	582 ↔ 806	→	24	← 14	↔	126 ↔ 350	→
5	←413	↔	525 ↔ 749	→	25	← 4	↔	116 ↔ 340	→
6	←367	↔	479 ↔ 703	→	26		↔	106 ↔ 330	→
7	←327	↔	439 ↔ 663	→	27		↔	96 ↔ 320	→
8	←294	↔	406 ↔ 630	→	28		↔	87 ↔ 311	→
9	←264	↔	376 ↔ 600	→	29		↔	78 ↔ 302	→
10	←237	↔	349 ↔ 573	→	30		↔	70 ↔ 294	→
11	←213	↔	325 ↔ 549	→	31		↔	61 ↔ 285	→
12	←191	↔	303 ↔ 527	→	21		↔	53 ↔ 277	→
13	←170	↔	282 ↔ 506	→	33		↔	46 ↔ 270	→
14	←151	↔	263 ↔ 487	→	34		↔	38 ↔ 262	→
15	←134	↔	246 ↔ 470	→	35		↔	31 ↔ 255	→
16	←117	↔	229 ↔ 453	→	36		↔	23 ↔ 247	→
17	←102	↔	214 ↔ 438	→	37		↔	16 ↔ 240	→
18	←88	↔	200 ↔ 424	→	38		↔	10 ↔ 234	→
19	←74	↔	186 ↔ 410	→	39		↔	3 ↔ 227	→
20	←61	↔	173 ↔ 397	→	40		↔	↔ 221	→

DA = densité anormale, DSI= densité subnormale inférieure, DN = densité normale, DSS= densité subnormale supérieure, Pergent-Martini (1994) et Pergent et.al (1995).

L'interprétation de la densité de l'herbier de posidonie est également évaluée selon le tableau suivant :

Tableau 3 : Classification des densités au m² de l'herbier de posidonie en fonction de la profondeur (profondeur en mètres). La densité d'un herbier est classée en « très bonne », « bonne », « moyenne », « médiocre » ou « mauvaise » (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
31	>200	200-143	143-86	86-30	<30
32	>188	188-135	135-81	81-27	<27
33	>178	178-127	127-76	76-24	<24
34	>167	167-119	119-71	71-22	<22
35	>158	158-112	112-66	66-20	<20
36	>148	148-105	105-62	62-18	<18
37	>140	140-99	99-58	58-17	<17
38	>132	132-93	93-54	54-15	<15
39	>124	124-87	87-51	51-14	<14
40	>117	117-82	82-47	47-13	<13

Déchaussement

Le déchaussement des rhizomes de posidonie correspond à :

- Pour un rhizome orthotrope : à la distance entre la base des feuilles et la surface du sédiment, moins deux centimètres ;
- Pour un rhizome plagiotope : à la distance entre la partie inférieure des rhizomes et la surface du sédiment.

Les mesures s'effectuent directement en plongée à l'aide d'une règle graduée au millimètre dans chacune des stations avec **5 réplicats** par station.

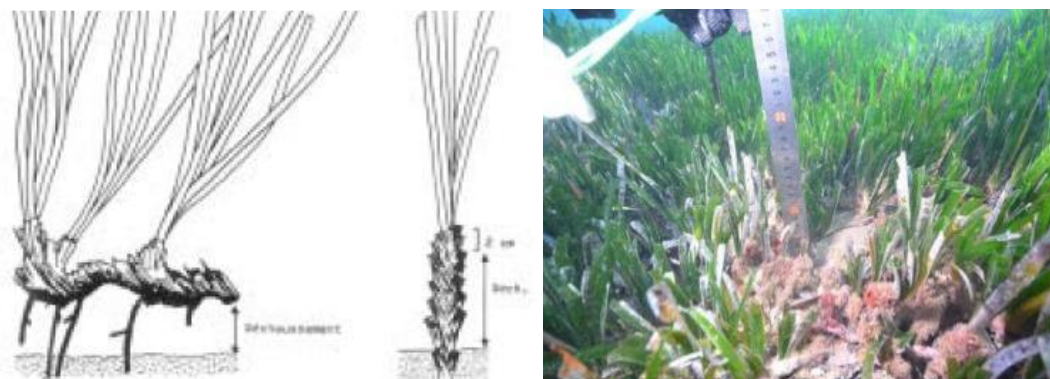


Figure 23 – Convention pour la mesure du déchaussement des rhizomes plagiotropes (à gauche) et orthotropes (à droite), d’après Boudouresque et.al. (1980a) / Photographie de la mesure du déchaussement

Tableau 4 : Echelle d’évaluation du déchaussement en fonction des valeurs moyennes mesurées le long du balisage (Lizaud O., Serantoni Ph., 2006)

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

Proportion de rhizomes plagiotropes (traçants)

Les rhizomes de Posidonie peuvent croître soit horizontalement (rhizomes plagiotropes), ce qui permet à l’herbier de rétablir ou d’étendre sa surface de recouvrement, soit verticalement (rhizomes orthotropes) pour lutter contre l’enfouissement. La proportion de rhizomes plagiotropes nous permet de connaître la dynamique de colonisation des différentes taches d’herbier.

La proportion de rhizomes plagiotropes par rapport aux rhizomes orthotropes (en %) a été déterminée sur une longueur d’un mètre, en limite d’herbier, sur chacune des stations.

Tableau 5 : Interprétation de la vitalité de l’herbier (tendance à a progression) en fonction des pourcentages moyens mesurés le long du balisage

Pourcentage de rhizomes plagiotropes (valeurs seuils)		Interprétation
Inférieur à 30 %	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression	
30 % à 70 %		Légère tendance à la progression
Supérieur à 70 %		Nette tendance à la progression

Biométrie foliaire

Pour chaque station, les feuilles de 20 faisceaux sont dénombrées et la longueur de la feuille la plus longue de chacun des 20 faisceaux est mesurée.

Les mesures biométriques sont effectuées selon la méthode non destructive définie par Gobert *et al.* (2009) pour le calcul de l’indice PREI (Posidonia Rapid Easy Index). Ainsi, les mesures sont réalisées en plongée, sans prélèvement de faisceaux ni découpe des feuilles. La mesure de la longueur Lmax des feuilles est réalisée depuis la base de la feuille à la limite de la dernière écaille.

3.3.2.3. Inventaire biologique

La diversité des espèces dans la zone d'étude a été établie grâce à un inventaire visuel de la faune ichtyologique visible en plongée. Cet inventaire a été mené par un plongeur biologiste marin muni d'une écritoire permettant de noter les noms d'espèces sous l'eau. Le plongeur note à chaque fois qu'il rencontre une nouvelle espèce dans son champ de vision. Le nombre d'individus observés, ainsi que le stade (adulte / juvénile) est également indiqué. Les observations remarquables sont géoréférencées.

3.3.2.4. Prélèvements et analyses de sédiments marins

Les sédiments superficiels ont été prélevés en 3 stations de prélèvement par zone. Les positions des stations de prélèvement ont été géoréférencées et reportées sur le logiciel de cartographie.

Le prélèvement a été effectué de façon manuelle par un plongeur, à l'aide d'une pelle à sédiment. Le sédiment est pelleté délicatement et transféré dans un sac hermétique posé sur le fond. Une fois la quantité de sédiment prélevée suffisante, le sac est fermé et remonté en surface, garantissant la conservation de l'intégralité du prélèvement. Cette technique est particulièrement adaptée pour les petits fonds et les fonds compacts.

Chaque prélèvement a fait l'objet d'une fiche de description des conditions de prélèvement.

Les 3 prélèvements réalisés dans chaque zone ont été homogénéisés pour produire un échantillon moyen. Les deux échantillons moyens ainsi constitués (un par zone) ont été envoyés au laboratoire d'analyses Eurofins, agréé COFRAC, dans une glacière réfrigérée.



Figure 24 – Prélèvement / homogénéisation et mise en flacons

Pour chaque échantillon, les paramètres suivants ont été déterminés :

Propriétés physiques et caractérisation de base

- granulométrie laser à pas variable ou sur tamis humides (minimum 5 classes de taille de 0 à 2000 μm).
- MS : % de matières sèches (pesées différentielles à 105°C).
- MM : % de matières minérales (perte au feu à 550°C)
- densité (pesée différentielle).
- teneur en Al, sur la fraction inférieure à 2 mm.

- Teneur en matière organique.
- Carbone organique total (COT, mg/kg MS), sur la fraction inférieure à 2 mm.

Propriétés chimiques (sur la fraction inférieure à 2 mm) :

- Métaux-traces : Arsenic (As), Chrome (Cr), Mercure (Hg), Plomb (Pb), Cadmium (Cd), Cuivre (Cu), Nickel (Ni), Zinc (Zn).
- Polychlorobiphényles (PCB) suivants: 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180.
- 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques individuels (HAP) : naphtalène, acénaphthylène, acénaphtène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, benzo(a)anthracène, chrysène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo(ah)anthracène, benzo(ghi)pérylène, indéno (123-cd)pyrène
- Organo-staniques et produits de dégradation (TBT, etc.).
- Nutriments : Azote (N) et phosphore (P) totaux.

Les résultats obtenus permettent d'évaluer les caractéristiques granulométriques et géochimiques des sédiments. La qualité des sédiments est évaluée en utilisant les seuils de référence N1 et N2 fournis par l'arrêté du 9 août 2006¹ et par l'arrêté du 17 juillet 2014².

L'étude des résultats de la granulométrie permettent de qualifier les sédiments selon leur composition (pourcentages d'argiles, limons, sables fins à moyens et sables grossiers à très grossiers) ainsi que sur le pourcentage de particules fines (<63µm).

¹ Arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement

² Arrêté du 17 juillet 2014 modifiant l'arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement - Article 1.

La granulométrie des éléments sédimentaires est définie par Larssonneur (Larssonneur, 1977 modifié)

- Chaos rocheux
- Blocs : supérieurs à 10 cm ;
- Galets et coquilles : éléments supérieurs à 2 cm ;
- Gros graviers : éléments compris entre 1 et 2 cm ;
- Graviers moyens : éléments compris entre 5 et 10 mm ;
- Petits graviers et granules : éléments compris entre 2 et 5 mm ;
- Sables grossiers : éléments compris entre 1 et 2 mm ;
- Sables moyens : éléments compris entre 0,5 et 1 mm ;
- Sables fins : éléments compris entre 0,2 et 0,5 mm ;
- Sablons : éléments compris entre 0,1 et 0,2 mm ;
- Sablons fins : éléments compris entre 0,0063 et 0,1 mm ;
- Particules fines, lutites, silts + argiles : fraction inférieure à 0,05 mm.
- Sédiment bien classé
- Sédiment mal classé, hétérogène

Tableau 6 : Typologie des sédiments (Dauvin et al., 1993 modifié in Harmelin et al., 2006)

Type de sédiment	% de particules fines (< 63 µm)	Autres composants	Médiane
Vases	> 75 %		
Vases sableuses	25 à 75 %		
Sables fins plus ou moins envasés	5 à 25 %		
Sables fins	Moins de 5 %	Fraction supérieure à 2 mm < 15 %	< 250 µm
Sables moyens dunaires	0 %	Fraction supérieure à 2 mm < 15 %	Entre 315 et 800 µm
Sables hétérogènes envasés	10 à 30 %	Sables grossiers et graviers entre 50 et 80 %	
Sables grossiers	Moins de 5 %	Plus de 50 % de sables + particules fines	< 2 mm
Sédiment hétérogène envasé	Plus de 5 %	Fort % de galets ou coquilles	> 500 µm
Graviers	Moins de 5 %	Moins de 50% de galets + coquilles	> 2 mm
Cailloutis	Moins de 5 %	Plus de 50% de galets + coquilles	

3.3.3. Résultats des investigations

3.3.3.1. Cartographie des biocénoses

Les investigations menées par les plongeurs scientifiques ont permis de valider la majorité des observations antérieures (relevés Semantic TS de 2017). Quelques faisceaux d'herbier de posidonie non répertoriés ont néanmoins été observés ainsi que plusieurs nacres et un petit herbier de cymodocées, à proximité du quai situé contre la digue.

La cartographie actualisée synthétisant les observations réalisées en août 2018 est présentée ci-après.

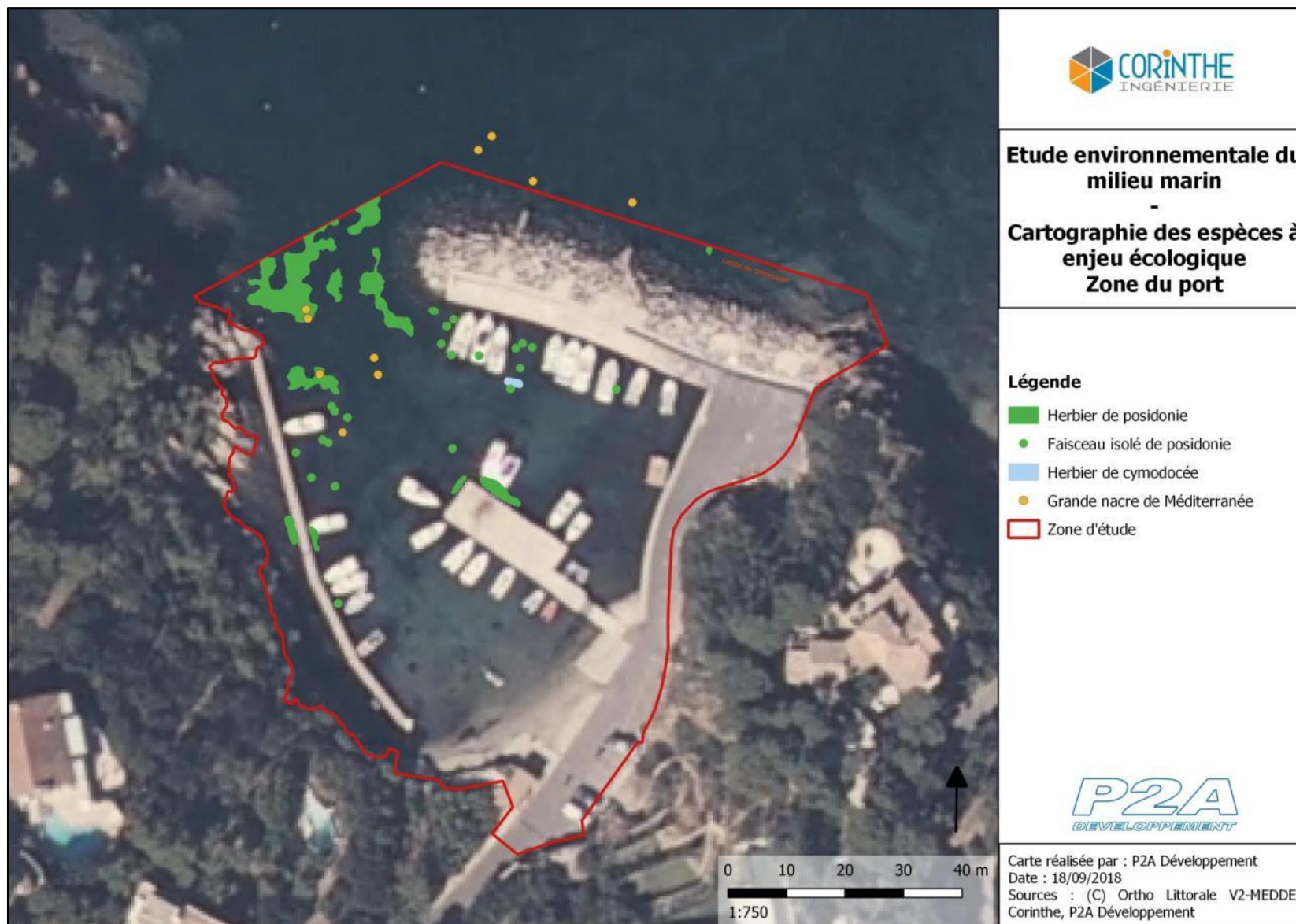


Figure 25 – Cartographie des espèces à enjeu écologique (P2A Développement)

3.3.3.2. Espèces à enjeu écologique

3.3.3.2.1. Grandes nacres de Méditerranée

Les investigations de terrain ont permis de détecter la présence de 10 nacres sur la zone d'étude ou à proximité.

Les caractéristiques de ces nacres sont les suivantes :

Tableau 7 : Caractéristiques des nacres observées

Nacre n°	Largeur base	Largeur max	Hauteur (hors sol)	Observations (environnement, espèces associées, état, etc.)
A	10	19	32,5	Epiphytée
B	13	21	25	Epiphytée / Sars, girelle, padines
C	15	26	33	Epiphytée / Très large
D	12	20	30,5	Peu épiphytée
E	12	18,5	26	Peu épiphytée
F	12	22	28	Epiphytée / Proximité cordage
G	18	21	30	Epiphytée / Padines / Proximité cordage
H	16	21,5	24	Epiphytée / Padines
I	6	7	5	Juvénile - Sur corde / Sar, serran chevrette, girelle
J				MORTE – non mesurée / Caulerpe

Sur les 10 individus recensés, un individu adulte mort a été observé, ainsi qu'un juvénile (hauteur totale estimée inférieure à 24 cm).

Une plongée de reconnaissance effectuée en avril 2019 a permis de constater que les grandes nacres situées dans le port ne se fermaient pas complètement et très lentement. Certaines sont en partie déchaussées. Il est possible que la parasitose actuellement présente en Méditerranée ait atteint les nacres dans cette zone.

En outre, la présence de *Caulerpa racemosa* a été observée en 2018. La présence de cette espèce invasive requiert la mise en place de mesures spécifiques visant à éviter sa propagation.

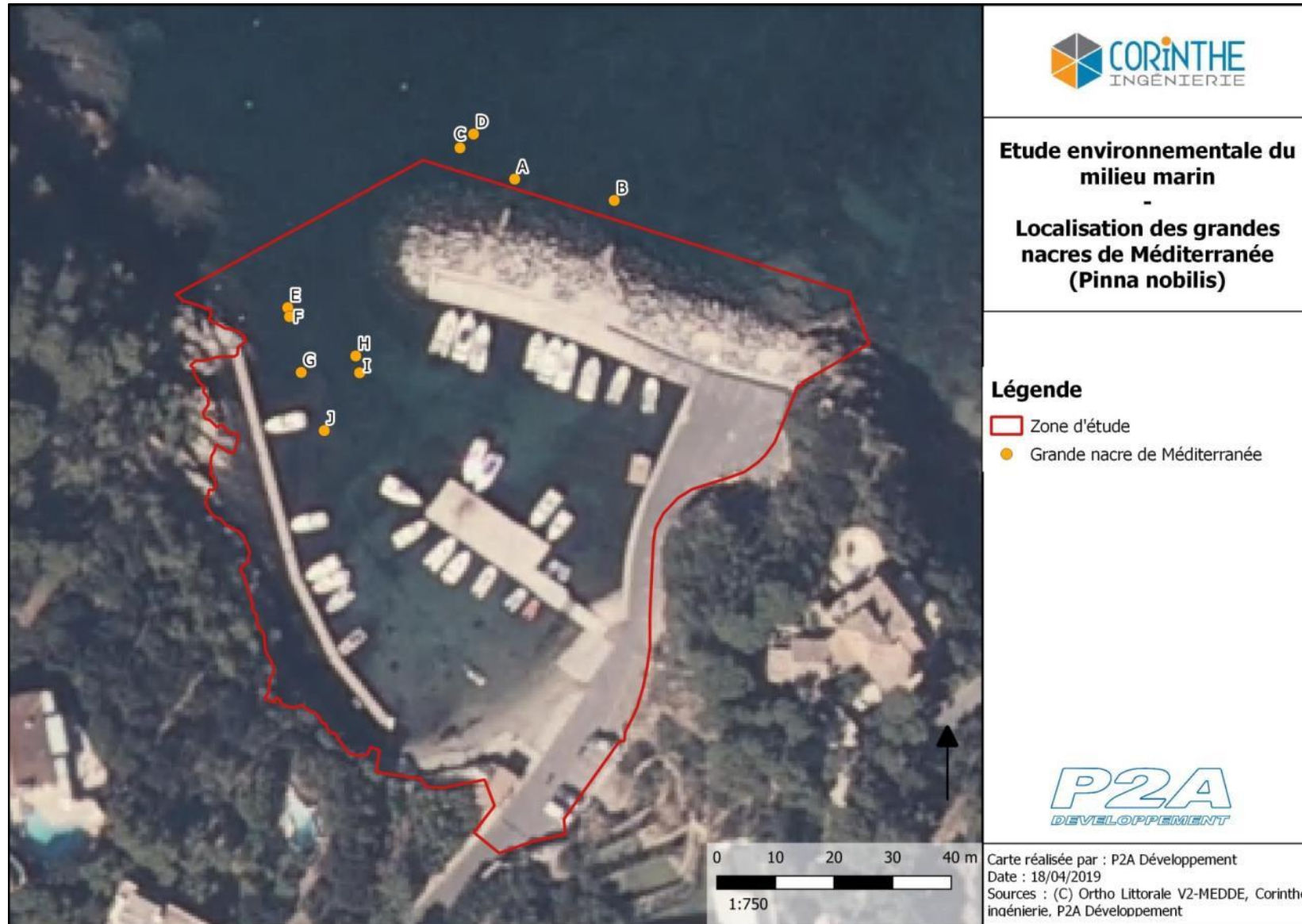


Figure 26 – Carte de localisation des Grandes Nacres de Méditerranée (P2A Développement)

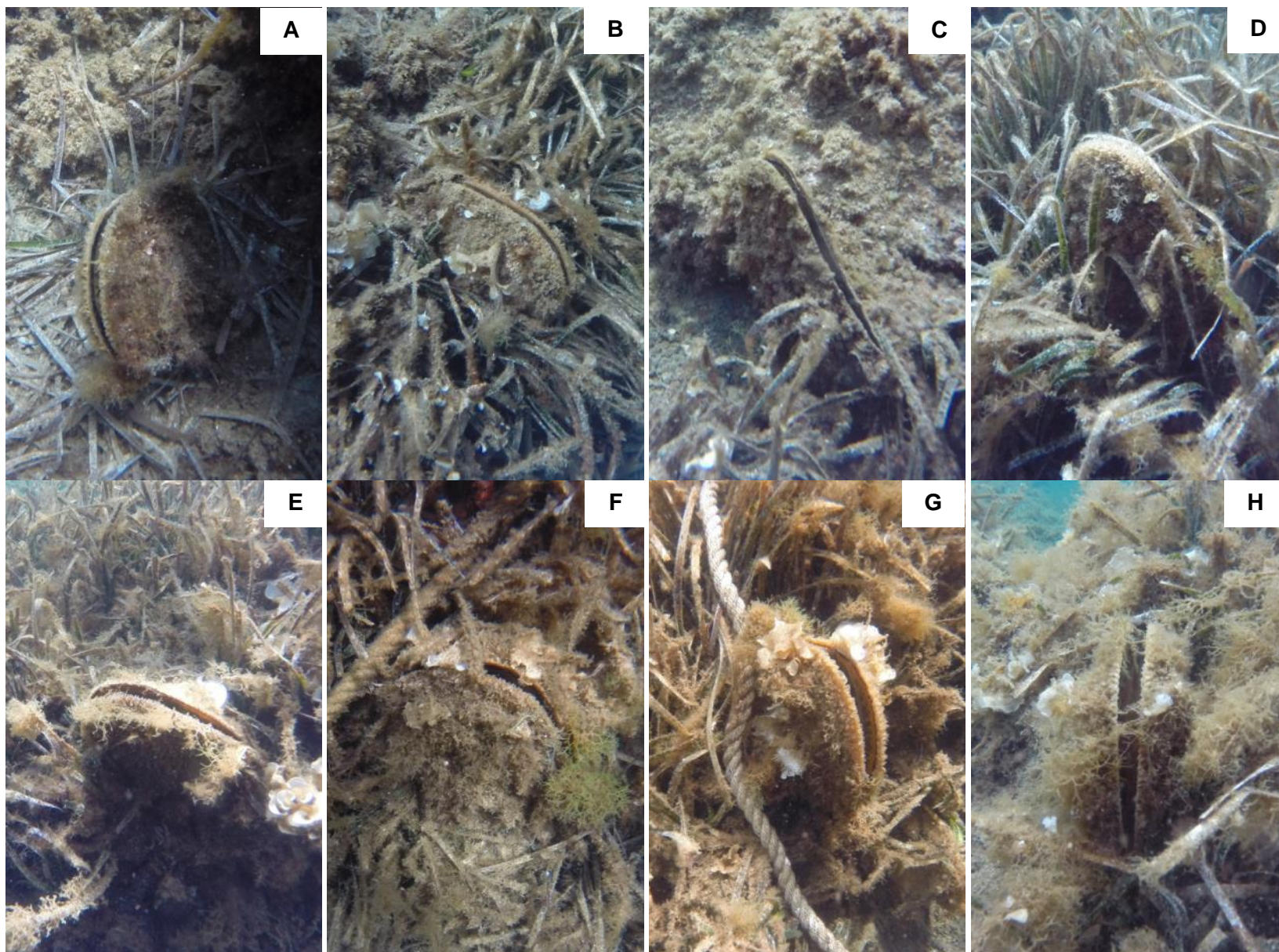




Figure 27 – Photographies des nacres (P2A Développement)

3.3.3.2. Herhier de posidonie : Caractérisation de l'état de vitalité

La vitalité des herbiers a été évaluée au niveau de 2 stations, une dans la zone du port, l'autre au nord de la zone d'étude.

La localisation des stations est reportée sur la carte ci-dessous.

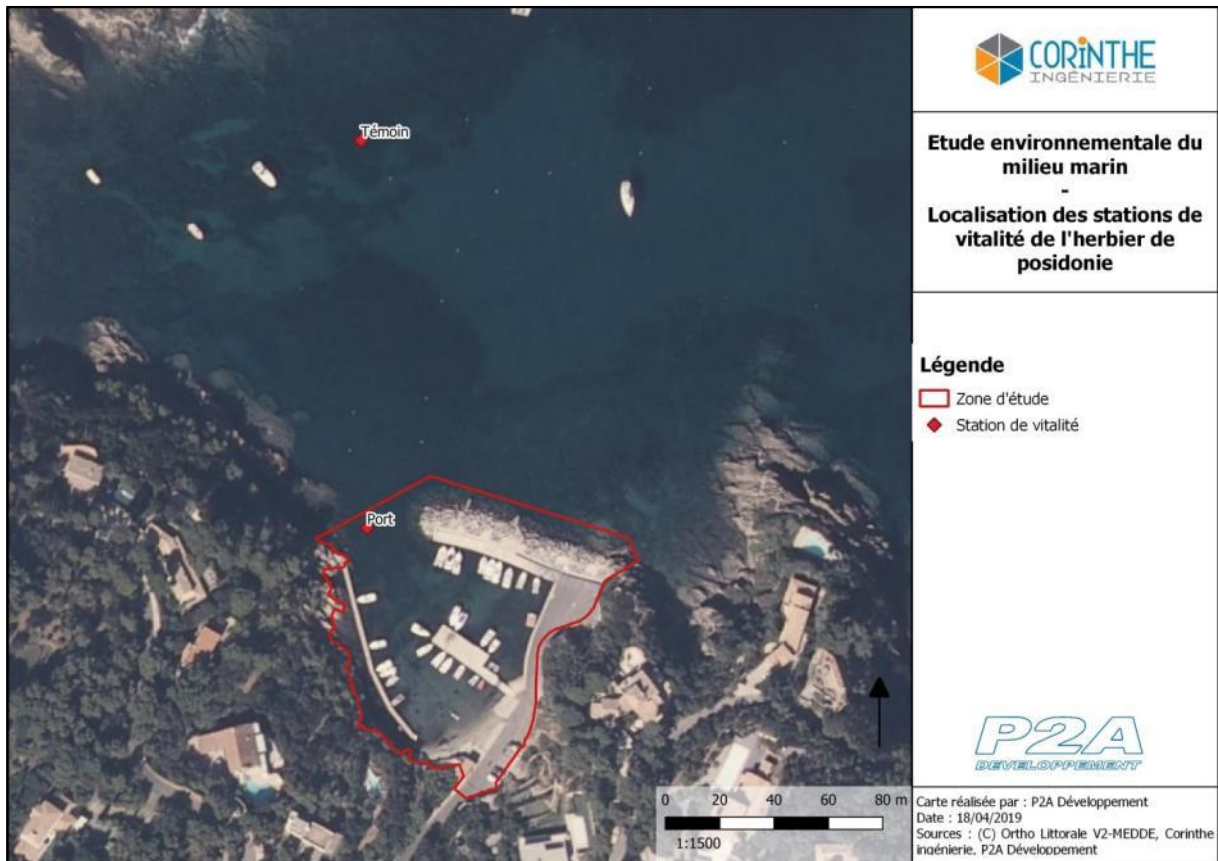



Figure 28 – Carte de localisation des stations de vitalité (P2A Développement)



Station Port

Station	Port	
Date	31/08/2018	
Observateur	CM	
Profondeur (m)	3,2	
Limite	Franche	
Morphologie	Mosaïque	
Nature du fond	Sablo-vaseux sur roche	
Densité foliaire (nb faisceaux/m ²)	780	
Classification Pergent 1995	Densité normale	
Pergent 2007	Moyenne	
Nombre de feuilles par faisceau	4,05	
Lmax (cm)	37,8	
Recouvrement	74,9%	
Classification	Fort recouvrement	
Déchaussement ortho	2,4	
plagio	0	
Classification	Déchaussement faible	
% plagio/ortho	100% ortho	
Interprétation	Herbier stable, peu ou pas de progression	
Observations		Etat de vitalité : moyen
Epiphytes	Oui	
Broutage	Oui	
Faune / flore	Labre, girelle, sars, saupe, padines	

La station de vitalité est située dans l'herbier de posidonie implanté dans l'entrée du port. L'herbier y est en mosaïque, c'est-à-dire qu'il est discontinu, les zones recouvertes d'herbier sont séparées les unes des autres par des zones de substrat nu.

Les feuilles sont assez grandes mais très épiphytées ce qui les alourdit et les incline vers le sol. L'herbier présente une densité considérée comme moyenne à normale pour un herbier situé à cette profondeur. Le recouvrement est bon.

Station témoin

Station	Témoin		
Date	30/08/2018		
Observateur	AM		
Profondeur (m)	6,6		
Limite	Franche		
Morphologie	Continu		
Nature du fond	Sable coquiller sur roche		
Densité foliaire (nb faisceaux/m ²)	865		
Classification Pergent 1995	Densité subnormale supérieure		
Pergent 2007	Très bonne		
Nombre de feuilles par faisceau	5,2		
Lmax (cm)	56,2		
Recouvrement	65,5%		
Classification	Fort recouvrement		
Déchaussement ortho	2,2		
plagio	0		
Classification	Déchaussement faible		
% plagio/ortho	100% ortho		
Interprétation	Herbier stable, peu ou pas de progression		
Observations		Etat de vitalité : Bon	
Epiphytes	oui		
Broutage	oui		
Faune / flore	Sars, crénilabre, girelles, castagnoles, saupes		

L'herbier, situé au nord-ouest de la zone d'étude, présente un bon état de vitalité. Il est dense avec un bon taux de recouvrement et des feuilles longues et peu épiphytées. L'herbier de type continu, bien que la configuration d'herbier sur roche induise une implantation hétérogène, en fonction du relief du substrat.

3.3.3.2.3. Herbier de cymodocée

Au cours des investigations dans le port, un herbier de cymodocée a été observé. Il s'agit d'une petite zone d'implantation (environ 4 m²) d'herbier épars, peu dense.

Il se situe à proximité du quai de la digue, dans une zone où quelques faisceaux de posidonie sont également présents.

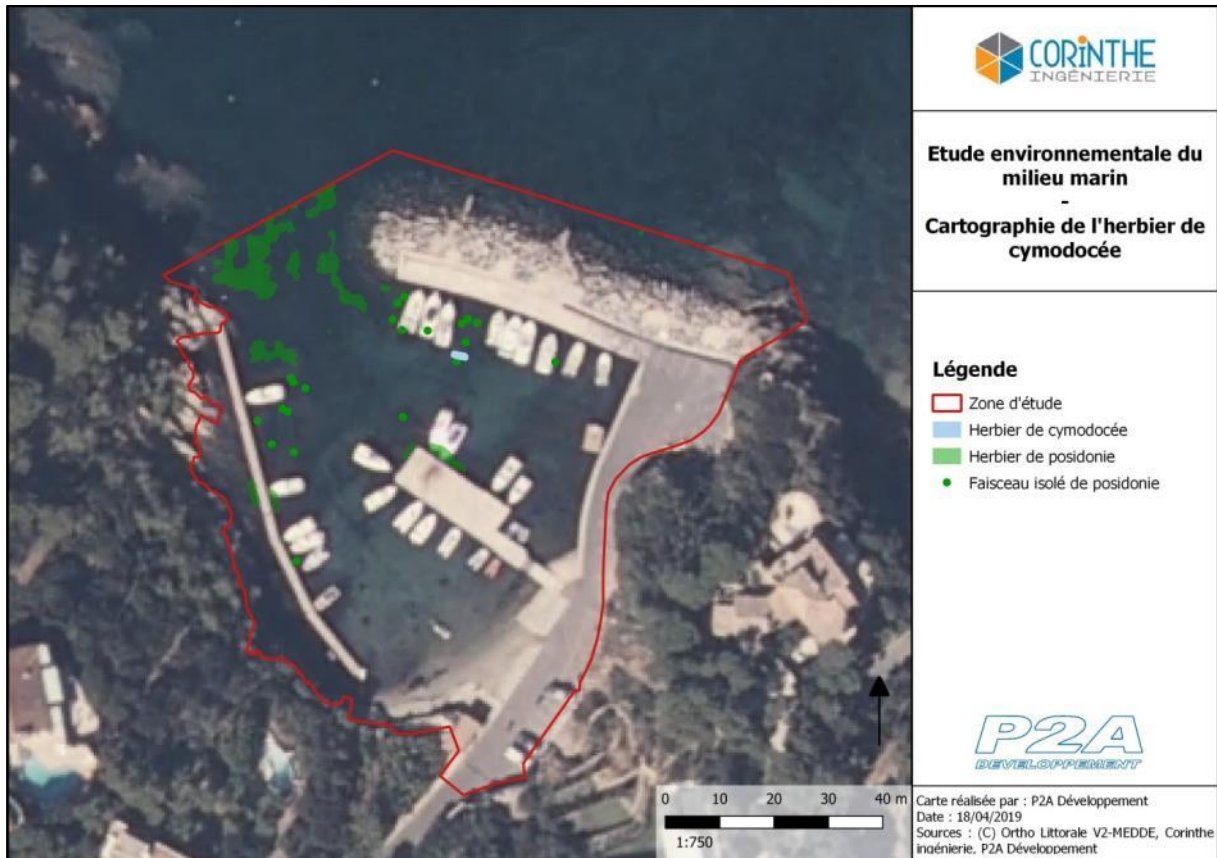


Figure 29 – Localisation de l'herbier de cymodocées (P2A Développement)



Figure 30 – Herbier de cymodocées



Figure 31 – Détail de l'herbier de cymodocées

3.3.3.3. Inventaire biologique

Plusieurs espèces de faune et de flore ont été observées au cours des investigations sur la zone d'étude.

Il s'agit des espèces typiques et représentatives de l'ichtyofaune des herbiers de posidonie.

Tableau 8 : Inventaire des espèces de faune observées

Familles	Espèces		Densité	Observations
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i>	Atherine / Joel	+++	Juvéniles / Adultes
Blenniidae	<i>Parablennius gattorugine</i>	Blennie gattorugine	+	Adultes
Sparidae	<i>Diplodus annularis</i>	Sparaillon	++	Adultes
Sparidae	<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	++	Adultes
Sparidae	<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	++	Adultes
Sparidae	<i>Sarpa salpa</i>	Saupe	++	Juvéniles / Adultes
Sparidae	<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	+	Adultes
Sparidae	<i>Lithognathus mormyrus</i>	Marbré	+	Adultes
Labridae	<i>Symphodus</i>	Crénilabre	++	Juvéniles / Adultes
Labridae	<i>Coris julis</i>	Girelle	++	Adultes
Labridae	<i>Symphodus rostratus</i>	Sublet	++	Adultes
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i>	Muge	++	Juvéniles / Adultes
Mullidae	<i>Mullus surmulletus</i>	Rouget	++	Juvéniles / Adultes
Gobiidae	<i>Gobius sp</i>	Gobie	+	Adultes
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	Castagnoles	++	Juvéniles / Adultes
Serranidae	<i>Serranus scriba</i>	Serran écriture	+++	Juvéniles / Adultes
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevette	+	Adultes
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup	++	Juvéniles / Adultes
Octopodidae	<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe	+	Adulte

Aucune espèce protégée n'a été observée lors des investigations.



Figure 32 – Sar et girelles / serran écriture / sar à tête noire (©P2A Développement)

3.3.3.1. Qualité des sédiments

Les prélèvements de sédiments ont été réalisés au niveau de 6 stations, localisées dans les deux zones d'étude. La localisation des stations est reportée sur la carte ci-dessous.

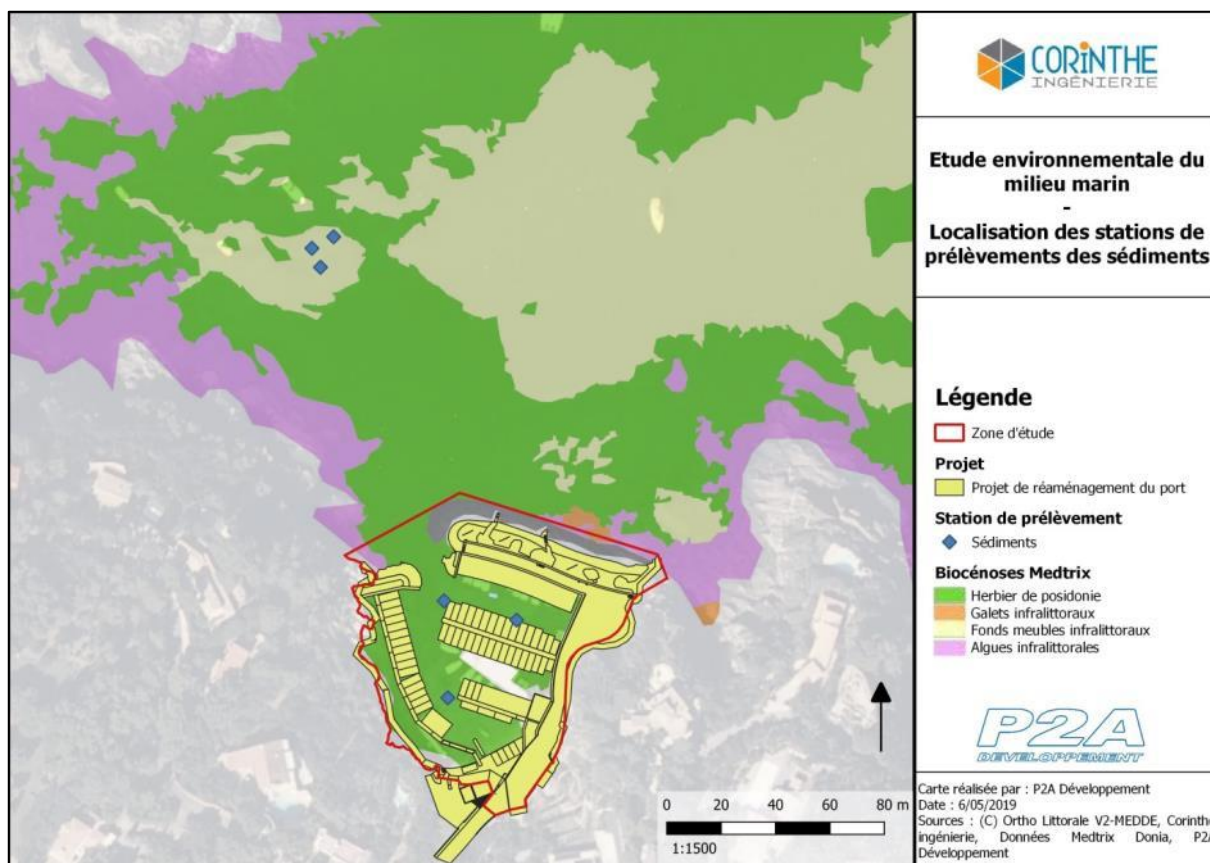


Figure 33 – Carte de localisation des stations de prélèvements de sédiments (P2A Développement)

Les paramètres concernant le prélèvement des échantillons élémentaires sont décrits ci-dessous :

Tableau 9 : Synthèse des prélèvements de sédiments

Site	Témoin	Port
Date de prélèvement	30/08/2018	30/08/2018
Heure de début de prélèvement	16h37	17h10
Profondeur	7 m	1,5 m
Type de sédiments	Sable	Sable
Couleur	Gris	Noir
Odeur	Pas d'odeur	Faible odeur

3.3.3.1.1. Granulométrie

La composition granulométrique des échantillons a été mesurée.

On observe que les sédiments sont de nature plutôt homogène pour les deux stations, ils contiennent tous une faible proportion de particules fines.

Tableau 10 : Classification des sédiments selon leur composition granulométrique

Station	Port	Témoïn
Limons et argiles (<63 µm)	7,71	3,71
Fraction sableuse (63 µm < % < 200 µm)	25,73	13,84
Fraction grossière (200 µm < % < 2 mm)	66,56	82,45
Refus pondéral à 2 mm	<1% PB	<1% PB
Médiane	271,29 µm	320,64 µm
Typologie des sédiments	Sables fins plus ou moins envasés	Sables fins plus ou moins envasés

Les deux stations présentent une répartition similaire des différentes fractions granulométriques, avec cependant un pourcentage de particules fines (limons et argiles et sables) plus important pour le port que pour la zone témoïn.

Les sédiments sont des sables fins plus ou moins envasés.

3.3.3.1.2. Qualité physico-chimique

Les résultats des analyses de la qualité des sédiments sont présentés ci-dessous :

Tableau 11 : Paramètres physico-chimiques des sédiments

	Station	Port	Témoïn
	Date	30/08/2018	
Paramètres	unité		
Paramètres physiques			
Carbone Organique Total	mg/kg MS	1 290	<1000
Masse volumique	g/cm3	1,55	1,44
Matière sèche	% P.B.	73,6	80,1
Refus pondéral à 2 mm	% P.B.	<1,00	<1,00
Matière organique (Perte au feu)	% MS	2,93	1,05
pH		9	9,5
Azote Kjeldahl	g/kg MS	<0,5	<0,5
Phosphore	mg/kg MS	158	133
Phosphore (P2O5)	mg/kg MS	362	305
Aluminium	mg/kg	2 810	1 540

Tableau 12 : Paramètres de qualité des sédiments

Station	Port	Témoïn	NIVEAU N1	NIVEAU N2	
Date	30/08/2018				
Paramètres	unité				
Éléments traces					
Arsenic	mg/kg	6,80	5,2	25	50
Cadmium	mg/kg	<0,10	<0,10	1,2	2,4
Chrome	mg/kg	6,4	3,8	90	180
Cuivre	mg/kg	6,3	<5,00	45	90
Mercure	mg/kg	<0,10	<0,10	0,4	0,8
Nickel	mg/kg	4,0	2,2	37	74
Plomb	mg/kg	<5,00	<5,00	100	200
Zinc	mg/kg	30,5	10,1	276	552
Polychlorobiphényles (PCB)					
PCB congénère 28	µg/kg	<1	<1	5	10
PCB congénère 52	µg/kg	<1	<1	5	10
PCB congénère 101	µg/kg	<1	<1	10	20
PCB congénère 118	µg/kg	<1	<1	10	20
PCB congénère 138	µg/kg	<1	<1	20	40
PCB congénère 153	µg/kg	<1	<1	20	40
PCB congénère 180	µg/kg	<1	<1	10	20
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)					
Acénaphène	µg/kg	<2,3	<2,2	15	260
Acénaphylène	µg/kg	<2,3	2,3	40	340
Anthracène	µg/kg	<2,3	<2,2	85	590
Benzo [a] anthracène	µg/kg	2,5	2,6	260	930
Benzo [a] pyrène	µg/kg	3,6	4,4	430	1 015
Benzo [b] fluoranthène	µg/kg	5,5	3,9	400	900
Benzo [g,h,i] pérylène	µg/kg	<2,3	<2,2	1 700	5 650
Benzo [k] fluoranthène	µg/kg	<2,3	<2,2	200	400
Chrysène	µg/kg	<2,3	2,3	380	1 590
Di benzo [a,h] anthracène	µg/kg	<2,3	<2,2	60	160
Fluoranthène	µg/kg	6,3	4,8	600	2 850
Fluorène	µg/kg	2,3	<2,2	20	280
Indéno [1,2,3-cd] pyrène	µg/kg	<2,3	<2,2	1 700	5 650
Naphtalène	µg/kg	5,3	21,0	160	1 130
Phénanthrène	µg/kg	<2,3	<2,2	240	870
Pyrène	µg/kg	4,4	4,4	500	1 500
Organoétains					
Tributylétain (TBT)	µg/kg	<2,5	<2,5	100	400
Dibutylétain (DBT)	µg/kg	<2,5	<2,5	-	-
DiOctylétain (DOT)	µg/kg	<2,0	<2,0	-	-
Monobutylétain (MBT)	µg/kg	<2,5	<2,5	-	-
MonoOctylétain (MOT)	µg/kg	<2,0	<2,0	-	-
Tétrabutylétain (TeBT)	µg/kg	<15	<15	-	-
Tricyclohexylétain (TcHexT)	µg/kg	<2,0	<2,0	-	-
Triphénylétain (TPHT)	µg/kg	<2,0	<2,0	-	-

On observe que **les sédiments sont de bonne qualité** pour tous les paramètres testés, **pour les deux stations.**

4. Enjeux et impacts

4.1. Synthèse des enjeux écologiques

Les enjeux écologiques ont été analysés sur la zone d'étude du port, afin d'évaluer et de hiérarchiser les enjeux présents dans la zone d'impact des futurs travaux de réaménagement des infrastructures portuaires.

Les ouvrages envisagés ont été reportés sur la cartographie de la zone d'étude, avec la zone d'impacts directs associée (10 m autour des ouvrages). La carte ci-dessous permet de visualiser les espèces impactées par la réalisation des nouveaux aménagements portuaires.

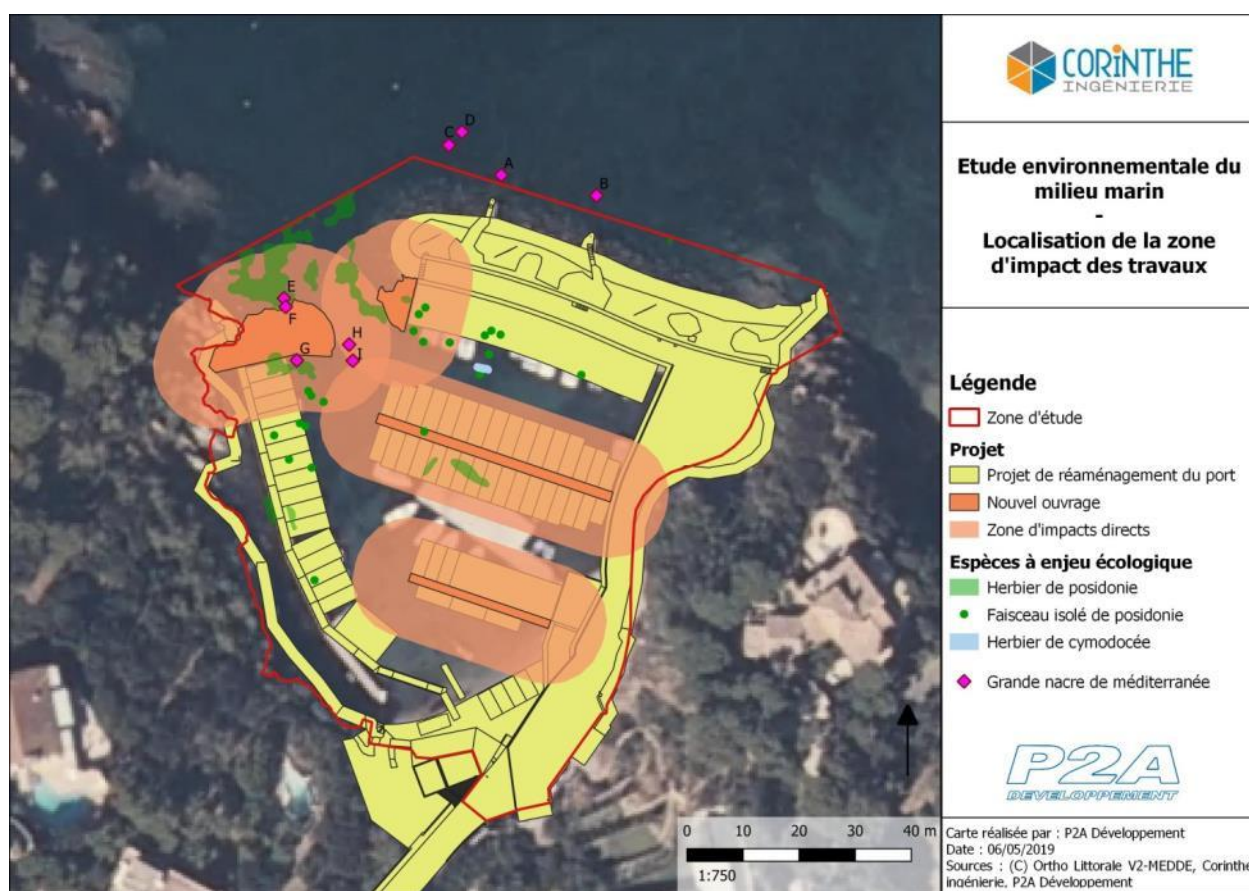


Figure 34 – Localisation de la zone d'impact des travaux de réaménagement du port

4.1.1. Herbier de posidonie

Dans la zone d'étude, la posidonie est majoritairement présente au niveau de l'entrée du port, sous forme d'un herbier discontinu. Cet herbier présente un état de vitalité moyen. Des pieds de posidonie sont également situés dans le port, sous les emplacements de mouillage et à proximité des quais et pontons. La surface d'herbier comprise dans l'enceinte de la limite de concession est de l'ordre de 215 m².

Le réaménagement du port, et en particulier les ouvrages visant à pacifier le plan d'eau (digues ouest et est), vont avoir un impact direct sur la posidonie, par destruction au cours de la phase de travaux, ainsi que par modification des conditions hydrodynamiques, à proximité des ouvrages.

En considérant que l'herbier situé à moins de 10 m des ouvrages sera potentiellement impacté par les travaux, c'est 165 m² d'herbier qui seront concernés (76% de l'herbier de la zone d'étude).

La posidonie, en tant qu'espèce protégée, est considérée comme un **enjeu fort**.

4.1.2. Herbier de cymodocée

Seule une petite implantation d'herbier de cymodocée a été observée dans le port, au niveau du quai de la digue. D'une superficie estimée de 4 m², cet herbier présente une densité faible.

L'herbier de cymodocée se situe en dehors de la zone d'impact directe des travaux. Elle est cependant susceptible d'être impactée de façon indirecte lors de la réalisation des aménagements (augmentation de la turbidité, risque lié aux pollutions accidentelles, etc.).

La cymodocée, en tant qu'espèce protégée, constitue un **enjeu écologique fort**.

4.1.3. Grandes nacres de Méditerranée

Six nacres ont été recensées à l'intérieur de la limite de concession du port, dont une était morte. Les nacres situées dans le port sont soumises à un risque de mortalité plus important que celles implantées à l'extérieur, en particulier du fait de la présence de cordages (risque d'arrachement).

Les 5 nacres vivantes se trouvent à moins de 10 mètres des ouvrages et, parmi elles, 3 sont implantées à proximité immédiate des structures de la digue Ouest. Elles seront directement impactées par le projet.

Les grandes nacres, de par leur statut de protection, représentent un **enjeu fort**.

4.1.4. Autres espèces de faune et de flore marine

Les espèces de poissons et céphalopodes observées dans l'enceinte du port sont les espèces habituellement rencontrées dans ce type d'habitat. De nombreux individus de juvéniles et d'adultes de 19 espèces différentes ont été recensés, mais aucune espèce protégée ou remarquable n'a été observée. Les espèces présentes sont de type mobile, elles sont peu sensibles aux travaux programmés et elles n'auront pas à subir de perte conséquente d'habitat.

L'enjeu écologique lié à la faune marine est **faible**.

4.1.5. Espèce invasive : Caulerpe grappe (*Caulerpa racemosa*)

Caulerpa racemosa (appelée caulerpe raison ou caulerpe grappe) est une algue verte de la famille des caulerpacées. Apparue depuis les années 1990 en Méditerranée, elle est considérée comme une espèce invasive sur nos côtes.

Cette caulerpe se reproduit par fragmentation, ainsi, si elle est dispersée (par exemple par arrachage mécanique et transport) chaque fragment peut se développer et créer un nouvel individu (Ceccherelli et al., 2001).

Elle a été observée dans le port en plusieurs endroits, et de façon particulièrement dense au niveau de la nacre morte (J).



Figure 35 – Observation de *caulerpa racemosa*

La présence d'une espèce invasive (*C. racemosa*) requiert la mise en place de mesures spécifiques visant à éviter sa propagation.

Tableau 13 : Synthèse des enjeux écologiques

Espèce	Observations	Enjeu écologique	Zone d'impact
Herbier de posidonie	Herbier discontinu, en état écologique moyen. Localisé majoritairement dans la zone d'impact direct (superficie 165 m ²).	Enjeu fort	Directe
Herbier de cymodocée	Petit herbier épars, peu dense (4 m ²). Localisé hors de la zone d'impact direct des travaux.	Enjeu fort	Indirecte
Grande nacre de Méditerranée	5 nacles vivantes recensées, toutes situées dans la zone d'impact direct.	Enjeu fort	Directe
Autres espèces de faune et de flore marine	Espèces habituellement observées dans ce type d'habitat.	Enjeu faible	Directe
Caulerpe (<i>C. racemosa</i>)	Observée avec une densité importante au niveau de la nacre morte (J) et ponctuellement ailleurs	Espèce invasive – éviter la prolifération	Directe

4.2. Analyse des impacts

Les travaux de modernisation du port vont générer différents types d'effets en phase travaux et en phase d'exploitation.

4.2.1. En phase travaux

4.2.1.1. Augmentation temporaire de la turbidité dans la zone d'intervention

Les manœuvres des moyens nautiques, ainsi que les opérations de construction des ouvrages génèrent la mise en suspension de particules, provoquant une augmentation temporaire du niveau de turbidité dans la zone. Les herbiers sont particulièrement sensibles à une diminution de la luminosité, l'accès à la lumière étant crucial pour leur photosynthèse.

La superficie d'herbier située dans la zone d'impact direct des travaux (à moins de 10 m des nouveaux ouvrages) est de 165 m².

En revanche, les fonds sont de type sables fins plus ou moins envasés, si l'agitation est modérée, les sédiments remaniés par les opérations se redéposeront à proximité, la zone d'impact sera limitée. En outre, la durée prévisionnelle des travaux est estimée 5 mois, au cours de l'automne et de l'hiver, la perturbation du milieu est donc temporaire.

Ainsi, l'impact de la modification de la turbidité sur les herbiers est qualifié de **moyen**.

4.2.1.2. Perte d'habitat – destruction d'individus

La construction des nouveaux ouvrages (principalement les digues Est et Ouest) vont conduire à une perte d'habitat. Cette perte d'habitat concerne les fonds meubles (sables) mais également une biocénose d'herbier de posidonie. La superficie concernée est estimée à 7 m².

Les grandes nacres de Méditerranée sont situées à très grande proximité des ouvrages, un risque de destruction des individus lors des opérations de construction est également présent.

L'impact est qualifié de **fort**.

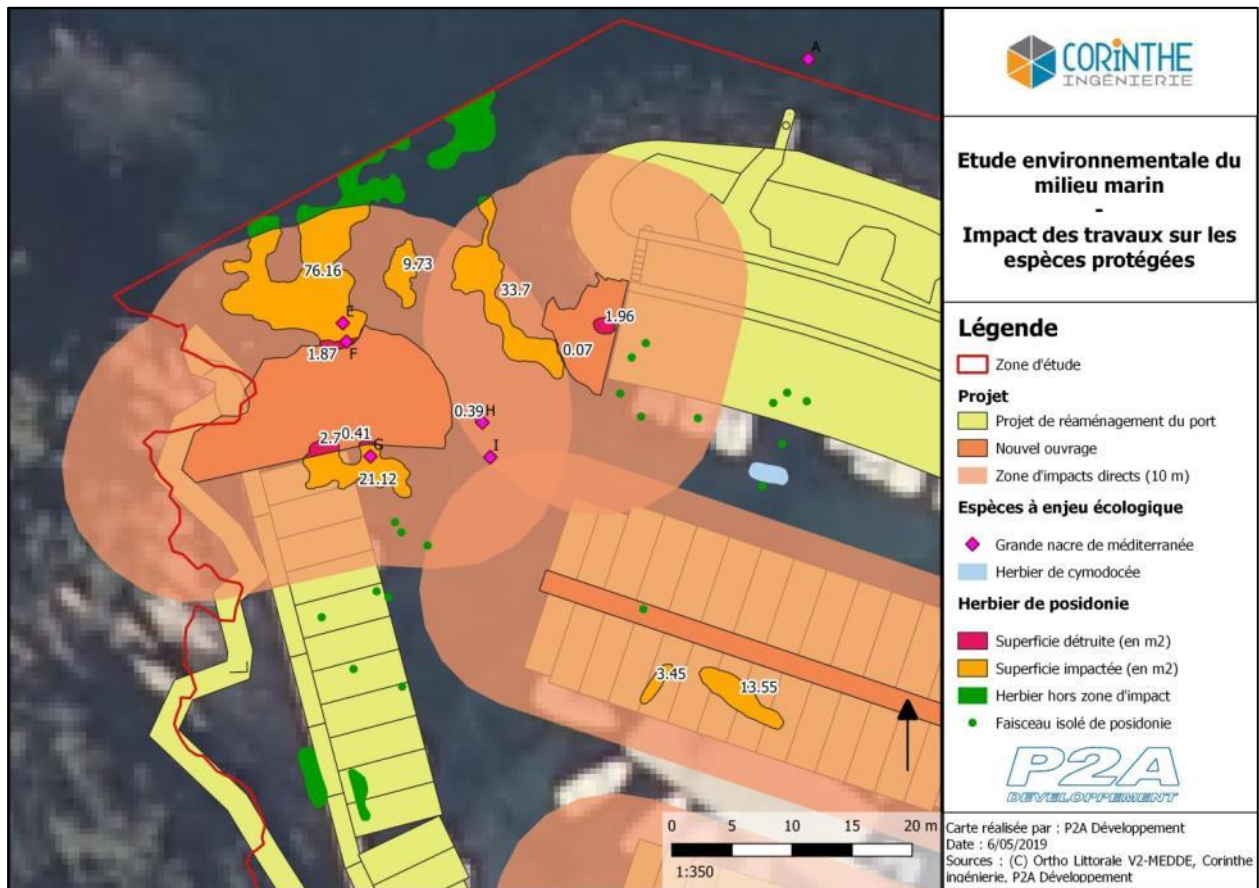


Figure 36 – Carte de synthèse des impacts sur les espèces protégées (P2A Développement)

4.2.1.3. Risque de pollution accidentelle

La présence de moyens nautiques et terrestres pour la réalisation des travaux entraîne un risque de pollution accidentelle (déversement d'hydrocarbures, huiles, etc.) tandis que les travaux peuvent provoquer des rejets divers (laitance de béton, chute d'objets ou de matériaux).

Les populations d'herbiers ne présentent pas une sensibilité élevée face à ce genre de pressions. En revanche, les populations de faune marine peuvent être plus exposées à des modifications de qualité de l'eau.

L'impact est qualifié de faible à moyen selon les espèces.

4.2.2. En phase d'exploitation

4.2.2.1. Modification de l'hydrodynamisme à proximité des nouveaux ouvrages

La construction des nouveaux ouvrages, et en particulier les deux digues en entrée de port, va modifier l'hydrodynamisme de la zone. En effet, la présence des ouvrages va provoquer une réflexion de la houle et des courants, ce qui pourrait impacter le développement des herbiers alentours du fait des possibles modifications des flux sédimentaires (ensablement / érosion) ainsi que des vitesses et directions des courants sous-marins.

La superficie d’herbier concernée est évaluée à 120 m² (herbiers situés à l’extérieur de la passe d’entrée du port, dans un rayon de 10 m autour des ouvrages). En revanche, il est attendu que les herbiers présents dans le port ne soient pas impactés négativement par les ouvrages.

Etant donné la configuration du site, il n’est pas possible d’évaluer de façon précise l’impact sur l’herbier ; le suivi de son évolution, sur 10 ans, permettra de déterminer a posteriori, la superficie d’herbier réellement impactée.

L’impact est donc qualifié de faible (pas de modification significative de l’évolution des herbiers) à fort (modification significative de l’évolution des herbiers) et sera confirmé par l’analyse du suivi.

4.2.3. Synthèse des impacts

Tableau 14 : Synthèse des impacts écologiques

Effets	Espèces impactées et quantités	Phase travaux	Phase exploitation
Augmentation temporaire de la turbidité dans la zone d’intervention	Herbier de posidonie : 165 m ² Herbier de cymodocée : 4 m ²	Moyen	-
Perte d’habitat – destruction d’individus	Herbier de posidonie : 7 m ² Grandes nacres de Méditerranée : 5 individus	Fort	-
Risque de pollution accidentelle	Faune et flore marine	Faible à Moyen	-
Modification de l’hydrodynamisme à proximité des nouveaux ouvrages	Herbier de posidonie : 120 m ²	-	Faible à fort

5. Mesures d'évitement et de réduction

5.1. Mesures d'évitement

L'évitement d'impact sur les espèces protégées n'est possible qu'en déplaçant les ouvrages à distance de ces espèces. Or, au vu de la localisation de l'herbier de posidonie et des grandes nacres, aucune solution technique efficace n'a pu être identifiée. En effet, la posidonie est présente au niveau du chenal d'entrée du port, à l'endroit de la mise en place des ouvrages de pacification du plan d'eau.

5.2. Mesures de réduction

5.2.1. MR1 : Suivi de la turbidité

La turbidité exprime la transparence du milieu, c'est-à-dire la pénétration de la lumière dans ce milieu. Elle donne une mesure de la charge en matières en suspension dans l'eau.

Afin de prévenir les impacts environnementaux liés à la dégradation de la turbidité lors des opérations, un suivi de la turbidité sera effectué durant toute la durée des travaux, ceux-ci étant susceptibles de mettre des matériaux en suspension, associé à un protocole d'arrêt des travaux lorsque la turbidité est supérieure à un seuil fixé au préalable.

Protocole de suivi de la turbidité :

Au minimum 15 jours avant la période des travaux, des mesures quotidiennes en matières en suspension (MES) seront réalisées dans le but de connaître les valeurs de référence.

Pendant les travaux, 3 mesures en MES sont effectuées par jour dont une à proximité de la zone des travaux et deux plus loin à l'aide d'un turbidimètre. Elles seront comparées aux valeurs de référence.

Les valeurs de référence seront mises à jour régulièrement à partir de relevés et prélèvements éloignés dans des zones non perturbées. L'étalonnage du turbidimètre permet de relier la mesure de turbidité à la teneur en MES.

Si un panache de turbidité est observé au-delà du filet, une mesure MES est réalisée. Le seuil d'alerte est atteint pour une augmentation de 20% par rapport aux valeurs de référence, proche de la zone des travaux. Si ce seuil d'alerte est dépassé, un dispositif de confinement est mis en place (rideau anti-MES autour de la zone concernée). De plus, les travaux sont arrêtés temporairement jusqu'au retour à des valeurs en MES comparables aux valeurs de référence.

Lorsque les travaux reprennent, des mesures régulières en MES sont réalisées afin de s'assurer de l'efficacité du dispositif de confinement.

La combinaison de l'ensemble de ces mesures permettra d'éviter et de réduire les risques de dispersion d'un panache de turbidité.



Figure 37 - Exemple de turbidimètre

5.2.2. MR2 : Mise en place d'un barrage anti-turbidité

Un barrage anti-turbidité, aussi appelé filet anti-MES, est un rideau en géotextile imperméable maintenu à la verticale à l'aide de flotteurs en surface et de corps morts et d'une chaîne de lestes au fond. De cette façon les sédiments en suspension sont maintenus dans une zone restreinte, cela évite qu'un panache turbide ne se dissipe.

Protocole de mise en place du rideau anti-MES :

- mis en place en périphérie de la zone de travaux, il couvrira toute la colonne d'eau (il sera mis en place autant que possible à distance des herbiers de posidonie présent),
 - il sera composé d'un géotextile lesté avec un dispositif non destructeur pour l'herbier (tube rempli de sable, etc.) et maintenu en suspension par des flotteurs en surface,
- ⇒ ceci garantira l'étanchéité de la zone de travail et évitera toute dispersion des particules.

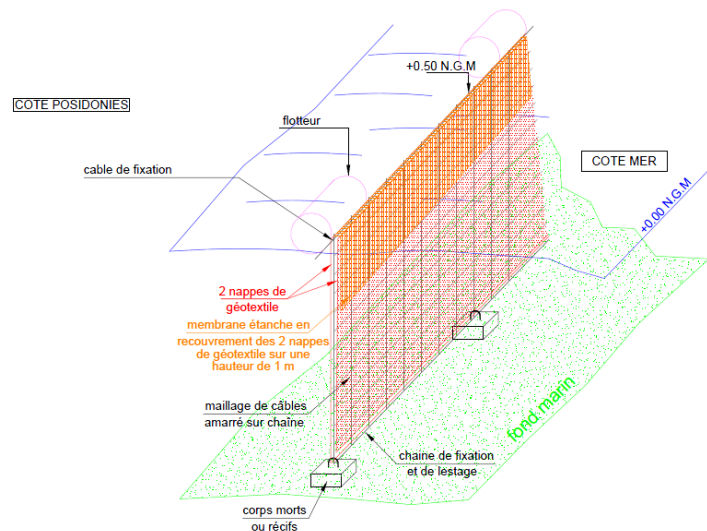


Figure 38 – Schéma d'un filet anti-MES

Les rideaux anti-MES permettant de confiner les zones d'intervention seront mis en place autour des zones d'intervention pendant toute la durée des travaux, en prenant garde de ne pas endommager l'herbier éventuellement présent avec le filet.

5.2.3. MR3 : Confinement des pollutions accidentelles

Lors des travaux, des fuites de fluides propres aux engins et outillages utilisés sont possibles :

- Fuite de carburant,
- Eau de fond de cale polluées par de l'huile et/ou du carburant.

⇒ Les réservoirs de carburant sont dans des coffres étanches. Les **moteurs** sont **révisés et contrôlés régulièrement**.

Toutefois si une pollution d'hydrocarbures ou d'huile devait se produire, elle serait très vite détectée par l'apparition d'un voile irisé, visible à la surface.

↳ L'entreprise mettra en œuvre un **barrage absorbant en cas de fuite**, ainsi que l'ensemble des équipements nécessaires pour circonscrire la cause de la pollution avant de continuer le chantier.

Les **impacts liés à des fuites accidentelles sont peu probables** puisque des mesures préventives sont mises en place.



Figure 39 – Barrage et kits anti-pollution

6. Impacts résiduels

6.1. Impacts résiduels

Tableau 15 : Synthèse des impacts résiduels


Effets	Espèces impactées	Impact avant mesures	Mesures d'évitement et de réduction	Impact après mesures
Augmentation temporaire de la turbidité dans la zone d'intervention	Herbier de posidonie : 165 m ² Herbier de cymodocée : 4 m ²	Moyen	MR1 / MR2	Faible
Perte d'habitat – destruction d'individus	Herbier de posidonie : 7 m ²	Fort		Fort
	Grandes nacres de Méditerranée : 5 individus	Fort		Fort
Pollution accidentelle	Faune et flore marine	Faible à moyen	MR3	Faible
Modification de l'hydrodynamisme à proximité des nouveaux ouvrages	Herbier de posidonie : 120 m ²	Faible à fort	-	Faible à fort

6.2. Espèces concernées par la dérogation

6.2.1. *Herbier de posidonie (Posidonia oceanica)*

6.2.1.1. Classification

Posidonia oceanica est une magnoliophyte endémique stricte de la Méditerranée, c'est une plante à fleurs qui constitue de vastes prairies sous-marines, appelées herbiers, depuis la surface de l'eau jusqu'à 30 à 40 m de profondeur, selon la transparence des eaux.

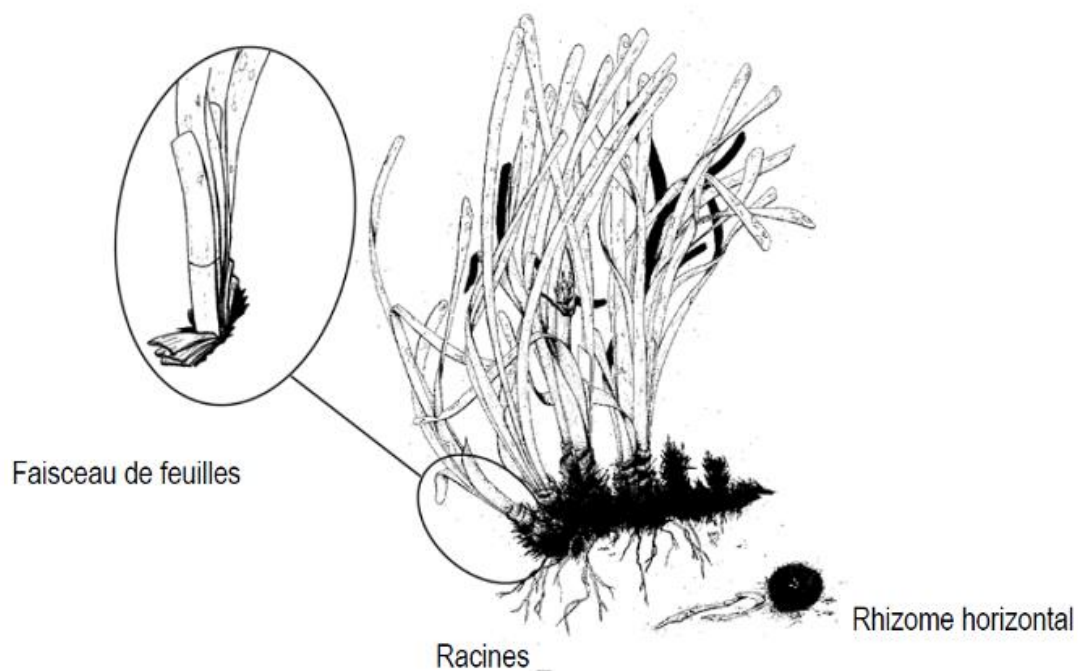
<p>Nom : <i>Posidonia oceanica</i> Nom commun : Posidonie Règne : Plantae Sous-règne : Tracheobionta Division : Magnoliophyta Classe : Liliopsida Sous classe : Alismatidae Ordre : Najadales Famille des Posidoniaceae Genre : Posidonia</p>	
---	---

6.2.1.2. Description

La formation des herbiers, leur dynamique et leur densité dépendent étroitement du milieu environnant. C'est une espèce sensible aux variations de la salinité et photophile exigeante en lumière et en eau claire. D'autres paramètres influencent son développement tels que la nature du substrat sur lequel les Posidonies se fixent, l'hydrodynamisme, les courants, la profondeur et la qualité des eaux (Boudouresque *et al.*, 2006). Les feuilles de posidonie peuvent mesurer de 50 à 120 cm de long et 1 cm de large.

Elles sont regroupées en faisceaux de 4 à 8 feuilles environ. Chaque faisceau de feuilles est situé à l'apex d'un axe appelé rhizome (tige souterraine), qui croît horizontalement (rhizome plagiotrope) ou verticalement (rhizome orthotrope). La densité des faisceaux peut atteindre 1000/m² près de la surface ; elle diminue progressivement en profondeur, ou elle peut descendre en dessous de 100/m² en limite inférieure de l'herbier (Pergent *et al.*, 1995).

La croissance des rhizomes de Posidonies est lente, en moyenne 2 cm par an pour les orthotropes et 10 cm par an pour les plagiotropes.



Présentation de la Posidonie. (Figure modifiée d'après une illustration de N. Müller)

Figure 40 – Illustration de la posidonie

L'herbier édifie au cours du temps un enchevêtrement complexe et extrêmement compact de rhizomes et de racines, dont les interstices sont comblés par du sédiment, que l'on nomme "mattes". Ces mattes stabilisent les fonds meubles ; elles servent d'ancrage à l'herbier ; elles peuvent atteindre une épaisseur de plus de 8 m (Molinier & Picard, 1952). Les mattes s'élèvent lentement, à la vitesse de 1 m par siècle, en fonction du taux de sédimentation et des cycles érosion-construction. L'herbier à *Posidonia oceanica* peut se présenter sous un certain nombre de types morpho-structuraux qui sont liés à l'hydrodynamisme, aux courants et/ou à la température des eaux. Il existe des herbiers continus, herbiers discontinus en mosaïque, herbiers de plaine, herbiers de colline ainsi que des herbiers tigrés.

6.2.1.3. Rôles et fonctions écologiques

Les herbiers à *Posidonia oceanica* constituent un écosystème-pivot de la bande littorale méditerranéenne (Molinier & Picard, 1952 ; Boudouresque & Meinesz, 1982). Ils constituent le premier pôle de biodiversité, puisque 20 à 25% des espèces animales et végétales marines méditerranéennes y ont été observées (Boudouresque *et al.*, 2006 ; Pithois-mille D., 2007).

Au même titre que la forêt en milieu terrestre, l'herbier de posidonie est le terme ultime d'une succession de peuplements et sa présence est la condition *sine qua non* de l'équilibre écologique et de la richesse des fonds littoraux méditerranéens, en termes de biodiversité et de qualité des eaux littorales.

D'un point de vue fonctionnel, les herbiers à *Posidonia oceanica* constituent à la fois une zone de nutrition, de reproduction (frayère et nurserie), de recrutement mais aussi un habitat diversifié pour de nombreuses espèces de vertébrés et d'invertébrés. Plus de 400 espèces différentes de végétaux et plusieurs milliers d'espèces animales peuplent les herbiers à *P. oceanica*, et font de ces prairies sous-marines un pôle unique de biodiversité ("hot spot") (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Bell et Harmelin-Vivien, 1982 ; Bellan-Santini *et al.*, 1994 ; Francour, 1997 ; Boudouresque, 2004).

Les herbiers présentent une forte production primaire dont la valeur moyenne est estimée à 4,2 tonnes par hectare/an (Pergent G. *et al.*, 2008). C'est une source trophique pour de nombreuses espèces, dont certaines à forte valeur commerciale. Certaines espèces animales faisant l'objet de protection nationale ou internationale fréquentent les herbiers de posidonie.

Ils contribuent à l'oxygénation de l'eau et interviennent sur la qualité des eaux du littoral grâce à cette production d'oxygène et sur la transparence de l'eau par le piégeage des particules en suspension.

De plus, *Posidonia oceanica* a un rôle dans les équilibres hydro-sédimentaires des systèmes littoraux en protégeant les côtes de l'érosion car ils amortissent les effets hydrodynamiques de la houle. Les herbiers forment des barrières végétales grâce au piégeage des particules dans la matrice ce qui atténue l'action des vagues sur les plages et a donc un effet sur la stabilisation des cordons sableux littoraux. Les feuilles mortes de posidonie en s'accumulant sur les rivages et en constituant de véritables banquettes protègent également les plages de l'érosion.

Les herbiers jouent également un rôle majeur dans la séquestration du carbone (puits de carbone) et jouent un rôle primordial dans la régulation des changements climatiques (Duart, 2005a). Il permet de stocker 48 litres de CO₂ par jour et par m².

6.2.1.4. Répartition

Posidonia oceanica est présente dans presque toute la méditerranée. C'est une espèce endémique de la méditerranée. Les herbiers sont très riches et largement développés sur les côtes de Provence et des Alpes-Maritimes, en particulier dans la rade de Giens, la baie d'Hyères, ainsi que sur les côtes de Corse.

6.2.1.5. Causes de régressions

La posidonie est fragile car elle supporte mal la dessalure et la sursalure, des températures extrêmes, un hydrodynamisme trop intense et une forte turbidité.

Les herbiers sont en forte régression depuis la moitié du 20^{ème} siècle à cause des activités humaines (directes et indirectes) qui constituent le principal facteur de régression. On estime à plus de 90 % de pertes de surface de l'herbier dans les eaux marseillaises. Les principales causes de dégradation sont la construction d'ouvrages maritimes tels que les digues, les terre-pleins gagnés sur la mer et la construction de ports. La construction des ouvrages en mer dévie souvent les courants et entraîne une hyper-sédimentation en amont et une érosion en aval.

Les eaux fluviales et terrestres peuvent avoir également un impact sur les herbiers de posidonie du fait de phénomènes de dessalure et d'apports en nutriments entraînant l'eutrophisation des eaux côtières. Les rejets urbains peuvent accroître la quantité de particules en suspension et en nutriments entraînant une diminution de la transparence de l'eau de ce fait, la régression des herbiers.

Le rechargement des plages et les déblais de dragage entraînent également une augmentation de la turbidité empêchant l'herbier de réaliser sa production photosynthétique ce qui se traduit par une diminution du recouvrement, une plus faible densité des faisceaux et la mort des herbiers.

Les impacts mécaniques par l'action des ancrages constituent la cause d'altération des herbiers la plus fréquemment mise en avant. L'augmentation de la plaisance ces dernières décennies provoque une dégradation dans certains sites à hautes valeurs écologiques et touristiques. Une ancre a un effet sur les

herbiers car elle casse les rhizomes et les mattes à la fois en s’immergeant et en se remontant. Les chaînes raclent également sur le fond, arrachant les feuilles.

Les activités halieutiques ont également un effet en arrachant les faisceaux du fait de l’emploi des engins de pêche (comme l’utilisation des chaluts et des ganguis qui raclent les fonds). L’aquaculture diminue la vitalité des herbiers du fait d’un relargage de forte quantité d’azote et de phosphore.

La mise en place des câbles de canalisation, le dumping et l’introduction d’espèces invasives comme la *Caulerpa taxifolia* sont d’autres facteurs qui ont engendré la réduction de la surface d’herbiers en Méditerranée.

6.2.1.6. Protections règlementaires

En raison de son importance écologique, *Posidonia oceanica* est une espèce strictement protégée au niveau national et international.

Les conventions internationales et textes communautaires

- La Convention de Berne du 19 septembre 1979

Cette convention est relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe (1979, modifiée en 1996). L’espèce *Posidonia oceanica* est citée dans l’annexe Une de la Convention depuis le 1^{er} mars 2002 en tant qu’espèce végétale strictement protégée. La Convention de Berne précise que les États membres doivent en tenir compte dans leurs politiques pour éviter ou réduire sa détérioration, protéger les habitats et conserver les zones protégées. La liste des espèces de flore strictement protégées inclut la posidonie, zostères et les cymodocées.

- Convention de Barcelone (1976, modifiée en 1995)

Cette convention est l’outil juridique du Plan d’Action pour la Méditerranée lancé par le Programme des Nations Unies pour l’Environnement. La posidonie est listée dans l’annexe II du Protocole relatif aux Aires Spécialement Protégées et à la Diversité Biologique en Méditerranée (Protocole ASP/DB), protocole adopté à Barcelone en 1995 et doté de trois annexes qui ont été adoptées en 1996 à Monaco. Entré en vigueur en 1999, ce nouveau Protocole vise à promouvoir la conservation et la gestion durable des espaces ayant une valeur naturelle ou culturelle particulière, ainsi qu’à promouvoir la conservation des espèces animales et végétales en danger ou menacées (medpan.org).

- **espèce à protéger** par l’Organisation pour la sécurité et la coopération en Europe (OSCE). Lors de la deuxième Conférence sur la Sécurité et la Coopération en Europe (CSCE), tenue à Paris en 1991, les états participants se sont engagés à “prendre acte que les signataires de la Convention de Barcelone se sont engagés à adopter toutes les mesures appropriées pour la protection des peuplements de *Posidonia oceanica* et de toutes les autres phanérogames marines qui constituent des végétaux essentiels de l’écosystème méditerranéen, et à contrôler et réglementer la pêche au chalut et les autres activités entraînant la destruction des *Posidonia* et de toutes les autres phanérogames marines”. (GIS Posidonie, 2103, Posidonie : mesures de protection légale)

- Directive européenne « Habitats » (1992) :

L'herbier de Posidonie est mentionné dans l'annexe I de la Directive Habitat n°92/43/CEE. Il y est cité comme un habitat d'intérêt communautaire prioritaire nécessitant la création d'une zone spéciale de conservation (ZSC). Selon la typologie Natura, les banquettes de Posidonie appartiennent à cet habitat élémentaire (code Natura 1120-1).

- l'espèce est classée sur le livre de la liste rouge des espèces menacées ;
- Directive cadre stratégie pour le milieu marin du 17 juin 2008 (DCSMM : 2008/56/CE) relatif à la gestion du milieu marin et conservation des écosystèmes. L'autorité administrative pour chaque sous-région marine doit élaborer et mettre en œuvre un plan d'action pour le milieu marin (PAMM). Elles doivent réaliser un bon état écologique du milieu marin des mers européennes.
- **prise en compte** par l'Unesco, depuis la conférence de Rio en 1992 (Agenda 21). (Blouet *et al.*, 2011)

Protection nationale

- L'arrêté interministériel du 19 Juillet 1988

Espèce protégée, par l'arrêté ministériel du 19 juillet 1988 (JO du 9 août 1988) dans le cadre de la Loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature. Cet Arrêté stipule qu'il est interdit «de détruire, de colporter, de mettre en vente, de vendre ou d'acheter et d'utiliser tout ou partie» de la plante.

- La loi du littoral du 3 Janvier 1986

Milieu à préserver, en application de la Loi n° 86.2 du 3 janvier 1986, relative à l'aménagement et la protection et la mise en valeur du littoral « Loi littorale », via le décret n° 89.694 du 20 septembre 1989 portant application de dispositions du code de l'urbanisme particulières au littoral et modifiant la liste des catégories d'aménagements, d'ouvrages ou de travaux devant être précédés d'une enquête publique, modifié par le décret n° 2004-310 du 29 mars 2004 relatif aux espaces remarquables du littoral et modifiant le code de l'urbanisme.

Extrait de l'article R. 146-1 du Code de l'Urbanisme :

*« En application du premier alinéa de l'article L. 146-6, sont préservés, dès lors qu'ils constituent un site ou un paysage remarquable ou caractéristique du patrimoine naturel et culturel du littoral, sont nécessaires au maintien des équilibres biologiques ou présentent un intérêt écologique : (...) f) les milieux abritant des concentrations naturelles d'espèces animales ou végétales telles que les **herbiers**, les **frayères**, les **nourriceries** et les **gisements naturels de coquillages vivants** ; (...) »*

- Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel arrêté du 9 mai 1994

Pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, en tant qu'habitat marin Natura 2000, le Conseil Supérieur Régional de la Protection de la Nature (CRSPN) a classé l'herbier à posidonie à enjeu très fort pour son niveau de priorité régionale de conservation au motif que c'est un habitat fragile (de faible résistance), qu'il a une faible résilience (habitat qui ne repousse pas ou extrêmement lentement).


- Directive cadre Eau 2000/60/CE

Elle vise la protection de l'environnement et des écosystèmes avec réduction des pollutions.

6.2.2. Grande nacre de Méditerranée (*Pinna nobilis*)

6.2.2.1. Classification

L'espèce *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) est un mollusque de Méditerranée classé dans la super famille des Pinnacea, dans la famille (Pinnidae) et appartenant au genre *Pinna* sp. Deux autres genres appartiennent à cette famille *Atria* sp. et *Streptopinna* sp..

Règne : Animalia Embranchement : Mollusca Classe : Bivalvia Sous-classe : Pteriomorphia Ordre : Pterioida Famille : Pinnidae Genre : <i>Pinna</i> Nom binominal : <i>Pinna nobilis</i> (Linnaeus, 1758)	
--	--

6.2.2.2. Description

La *Pinna nobilis* est un mollusque bivalve ptériomorphe qui a élu domicile dans la Mer Méditerranée depuis la fin du Miocène (Gómez Alba, 1988). Espèce endémique de Méditerranée, elle est le plus grand coquillage au monde avec le bénitier tropical.

Pinna nobilis peut atteindre une taille de 86 cm et vivre jusqu'à l'âge de 20 ans (Moreteau et Vicente, 1982 ; Butler *et al.*, 1993). Elle peut être rencontrée sur la matre de l'herbier, dans les pelouses de cymodocées, dans le sédiment, ou encore dans des cailloutis (Vicente et al. 1980, Vicente et De Gaulejac 1993, Zavodnik et al. 1991, Šiletić and Peharda 2003, Garcia-March 2006). Elle se fixe, comme pour beaucoup d'autres ptériomorphes, par les filaments du byssus, qui sont collés à des galets, maërl, sable, petits morceaux de conglomérats biodétritiques solides, des racines et des rhizomes de Posidonies (García March, 2006).

Les nacres sont implantées dans le sédiment (1/3 inférieur ou plus selon l'hydrodynamisme) et inclinées vers le courant. Elles filtrent leur nourriture : particules vivantes (plancton) ou mortes (matière organique). Le plancton végétal, représenté par de nombreuses espèces d'algues microscopiques, est très apprécié, à condition que leur taille corresponde au diamètre de la bouche (quelques dizaines de microns). L'animal va aussi filtrer de grandes quantités d'eau (jusqu'à 100 litre) qu'il épure avant de la rejeter hors de sa coquille. Les filaments de byssus fixés dans les grains de sable et le pied permettent à la *Pinna* d'effectuer des déplacements plus ou moins importants. Couchée dans le sable, la nacre est capable de se redresser et de se replanter.

Les nacres constituent des substrats pour de nombreux organismes épibiontiques comme les ascidies (ex : *Halocynthia papillosa*), les algues (ex : *Acetabularia acetabulum*) ou d'autres bivalves comme l'huitre plate (*Ostrea edulis*).

Les juvéniles dont la croissance se fait à découvert présentent des épines sur toute leur surface. Ceux qui se développent à l'abri de l'herbier ne gardent leurs épines qu'au niveau de la ligne de croissance de la coquille. Le recrutement (l'installation des larves et leur transformation en naissain) se fait d'août à octobre. Il dépend des conditions locales : courants, forme des côtes, topographie des fonds.

Les principaux prédateurs naturels de la nacre sont : la daurade (*Sparus aurata*) qui brise les coquilles des mollusques grâce à de puissantes molaires et le poulpe (*Octopus vulgaris*) qui écarte les valves de la jeune nacre afin de se nourrir de sa chair (Combelles *et al.*, 1986 ; Fiorito et Gherardi, 1999).

6.2.2.3. Répartition

L'espèce est endémique de Méditerranée. En France elle est observée dans la plupart des herbiers de Posidonie étudiés et/ou protégés (Parc National de Port-Cros, Réserve de Scandola en Corse, Réserve marine de Cerbères-Banyuls, côte agathoise, etc.).

La concentration peut varier entre 1 individu/100 m² à 16 individus/100m². Des grandes étendues avec peu d'individus peuvent être interrompues par des populations de plus hautes densités (Butler *et al.*, 1993). L'estimation du niveau de densité des *Pinna nobilis* dépend de l'échelle inventoriée. Pour de grandes étendues (ex. un grand herbier de plusieurs kilomètres carrés), la concentration normale est considérée à 1 individu/100m² et élevée au-delà de 5 individus/100 m². Sur une plus petite étendue (petite baie ou un lagon côtier) une densité de 5 individus/100 m² est considérée comme faible et élevée pour 10 individus/100m² (Garcia-March et Vicente, 2006).

6.2.2.4. Causes de régression

Jadis abondante sur l'ensemble du littoral méditerranéen où elle était exploitée en certains endroits : Sicile, Malte, pour son byssus et sa coquille, elle s'est raréfiée, à cause des prélèvements abusifs, des aménagements du littoral, des rejets d'eaux usées, et du chalutage. Aujourd'hui, l'espèce est protégée en divers pays, et en France depuis 1992 (Vicente et Moreteau, 1991). De ce fait, les populations redeviennent plus importantes, notamment dans les zones protégées où des études concernant la biologie et l'écologie de l'espèce ont été initiées depuis quelques années, en divers pays de la Méditerranée : Croatie, France, Tunisie, Espagne, Grèce.

Depuis quelques années une épizootie touche les nacres, provenant de l'Ouest (Espagne, particulièrement des îles Baléares) et qui a déjà été observée en Sicile et en Corse. Il s'agit d'un parasite de la glande digestive qui semble se propager très rapidement, avec un taux de mortalité élevé dans les populations atteintes.

Les agressions subies par les populations de *Pinna nobilis* sont variées mais elles peuvent être classées en deux groupes :

- Les impacts chimiques, lié à la dégradation de la qualité des eaux consécutive des activités anthropiques (apports par les rejets fluviaux, pollutions, déversements d'eaux usées, etc.) ;
- Les impacts physiques (par exemple destruction par les engins de pêche, les ancres des bateaux ou ramassages par les plongeurs) (García-March et Vicente, 2006).

6.2.2.5. Protections réglementaires

Pinna nobilis est une espèce inventoriée et protégée par différents statuts.

Tableau 16 : Liste des statuts de protection et d’inventaires de *Pinna nobilis* (Source : INPN)

Type	Date	Niveau de protection	Référence
Arrêté interministériel	1992 modifié en 2004	National	Arrêté du 20 décembre 2004 fixant la liste des animaux de la faune marine protégés sur l'ensemble du territoire.
Liste rouge de France Espèce évaluée en catégorie VULNERABLE	1994	National	Inventaire des mollusques de France métropolitaine. Bouchet, P. 1994. Mollusques in Maurin, H. & Keith, P., [Eds]. Inventaire de la faune menacée en France. Muséum national d'Histoire naturelle / WWF / Nathan. Paris. 151-155.
Directive habitats Faune-Flore 92/43/CEE	1992	Communautaire	Annexe IV relative aux espèces animales d'intérêt communautaire
Convention de Barcelone	Adopté en 1995, entré en vigueur en 1999	International	Décret n° 2002-1454 du 9 décembre 2002 portant publication du protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée
Convention d'Alghero	1995	International	Annexe 1, relative aux « critères de biodiversité pour les organismes infralittoraux »
Plan d'Actions pour la Méditerranée, réunion d'expert à Montpellier	1995	International	Annexe 4, relative aux « espèces menacées »
Plan d'Actions pour la Méditerranée, réunion d'expert à Tunis	1996	International	Annexe 3, relative aux « espèces en danger ou menacées »

7. Mesures de compensation, d'accompagnement et de suivi

7.1. Mesures de compensation

7.1.1. MC1 : Transplantation des grandes nacres de Méditerranée

La présence de plusieurs grandes nacres dans l'enceinte portuaire, à proximité des ouvrages à construire, représente un impact résiduel fort du projet. Ainsi, il est proposé de procéder au déplacement des individus recensés, vers une zone favorable à leur développement.

Le processus de transplantation des nacres est une opération courante dans le cadre de projet en milieu marin. La transplantation consistera à prélever l'individu avec le sédiment dans lequel il est implanté, transporter l'ensemble vers la zone de réimplantation et réintégrer la nacre et son sédiment dans une cavité creusée au préalable dans le sédiment, afin de limiter au maximum les perturbations pour l'animal.

Les nacres seront réimplantées dans une zone protégée (interdite au mouillage) pour éviter les risques de dégradation par les ancres. La zone de réintroduction présentera des caractéristiques similaires à la zone d'où vient la nacre (profondeur, environnement, etc.) pour optimiser le taux de survie.

Etant donné la présence en Méditerranée d'une parasitose, mortelle pour les nacres, il sera indispensable de vérifier la survie des individus concernés avant de débiter l'opération de transplantation.

Les étapes de la mesure sont les suivantes :

Etape 1 : 2 mois avant le début des travaux. Mission de reconnaissance pour vérifier la survie des nacres, prise de mesures et valider le site de réimplantation, le cas échéant.

Etape 2 : Avant le début des travaux. Réalisation de la mission de transplantation :

- Prélèvement des individus vivants
- Transport jusqu'à la zone de réimplantation
- Réimplantation des nacres
- Géolocalisation des nacres transplantées et prise de photographies

En cas de constat de mortalité de la totalité des individus lors de la mission préliminaire de reconnaissance, l'opération de transplantation sera annulée et un rapport détaillé sera adressé à l'autorité environnementale pour l'informer de la situation.

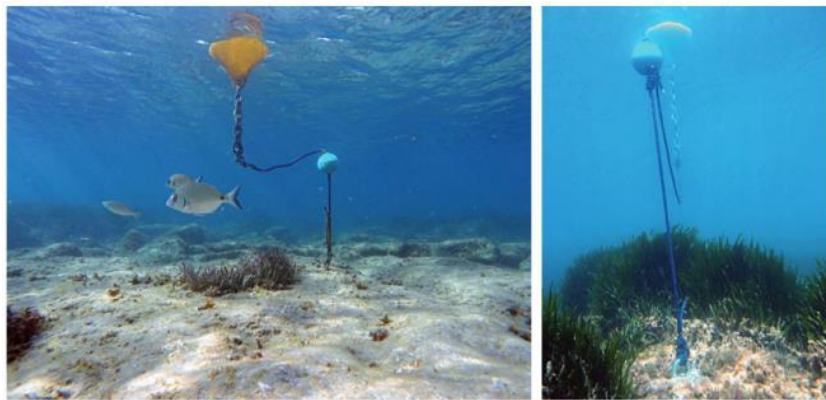
Tableau 17 : Budget prévisionnel MC1

Composantes	Montant € HT
Mission de reconnaissance préliminaire	2 310,00
Mission de transplantation	2 460,00
Rapport de mission	590,00
Total	5 360,00

7.1.2. MC2 : Mise en place de mouillages écologiques pour le balisage du chenal d'accès au port

Les dispositifs de mouillage dit « traditionnels », composés d'un corps-mort et d'une chaîne dont le mou traîne sur le fond, sont sources de dégradation lorsqu'ils sont implantés dans des zones d'herbier. En effet, l'herbier est rapidement endommagé par la présence de ces dispositifs, à la fois par le ragage de la chaîne sur le fond, qui produit des zones d'érosion ainsi que par écrasement par les corps-morts.

La mise en place de « mouillages écologiques » est actuellement en plein essor dans les zones où doivent cohabiter des mouillages et les herbiers de posidonie, car ils permettent la préservation de cette espèce protégée à croissance lente. En effet, les mouillages écologiques sont équipés d'un flotteur intermédiaire sur la chaîne d'ancrage, visant à supprimer le ragage et d'un système d'ancrage fixe (corps-mort bien dimensionné, vis ou enroulement hélicoïdal) permettant de réduire, voire supprimer, toute dégradation de l'herbier.



Exemples de bouées écologiques installées devant la Côte Bleue pour préserver l'herbier de Posidonie. Photos : B. Cadville/PCMB

Figure 41 – Illustration de bouées de balisage sur mouillage écologique (source : B. Cadville/PCMB, Syndicat mixte PMCB, 2016)

Le système de balisage temporaire actuellement utilisé, basé sur un chapelet de corps-morts reliés par une chaîne, mis en place en début de saison et relevés en fin, est adéquat pour les fonds sableux mais est très destructeur lorsqu'il est utilisé dans des zones d'herbier (écrasement par les corps-morts, arrachage des rhizomes par les mouvements de la chaîne, etc.), la zone impactée s'étendant à chaque déplacement du dispositif.

Ainsi, il est proposé de mettre en place un dispositif permanent de mouillage écologique pour les 16 bouées de balisage temporaire du chenal d'accès au port de l'Anse du Pradet, afin de supprimer définitivement les atteintes à l'herbier de posidonie provoquées par les chapelets de balisage.

Des dispositifs d'ancrage constitués de système à enroulement hélicoïdal pour l'implantation dans l'herbier, ou d'ancres à vis dans les zones sableuses, seront privilégiés. Ces ancrages seront implantés de façon permanente, la pose et dépose des bouées se faisant par plongeurs professionnels en début et fin de saison. Les lignes de mouillage seront également équipées de flotteurs de sub-surface pour éviter tout ragage dans l'herbier.

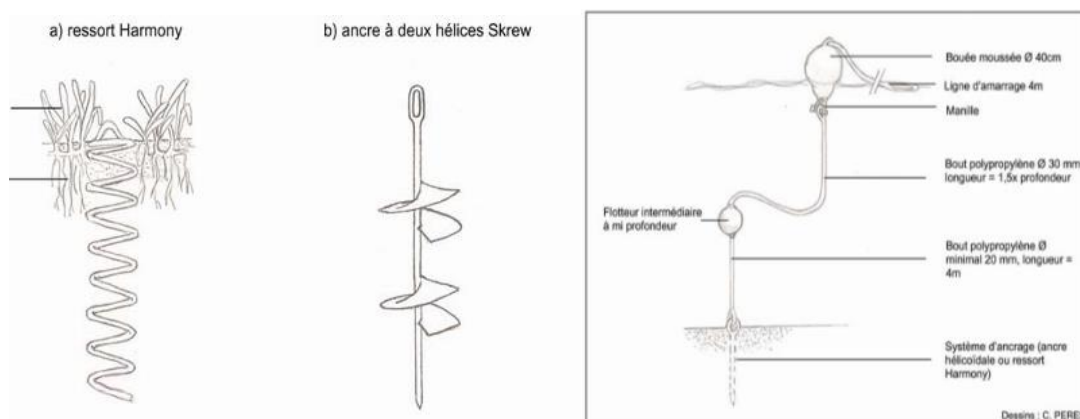


Figure 42 – Illustration des types d'ancrages / ligne de mouillage envisagés pour les chenaux temporaires

Tableau 18 : Budget prévisionnel MC2

Composantes	Montant € HT
Ancrages écologique (fourniture et pose – 16 ancres)	13 760,00
Lignes et bouées de sub-surface (16 bouées)	4 000,00
Contrôle de la pose des mouillages (plongeur écologique)	1 280,00
Total	19 040,00

7.1.3. MC3 (optionnelle) : Mise en protection d'une zone d'herbier de posidonie

L'herbier de posidonie situé dans la zone d'impact direct des travaux sera potentiellement impacté par la modification des conditions d'hydrodynamisme induites par la mise en place des digues Est et Ouest. Cependant, les impacts réels n'ont pas été identifiés.

Option A : Il est proposé d'utiliser les résultats du suivi de l'herbier (mesure MS2) afin de déterminer, a posteriori, si l'herbier a été dégradé suite à la mise en place des ouvrages et, le cas échéant, la superficie impactée.

Le demandeur s'engage à mettre en place une zone d'interdiction de mouillage d'une superficie 10 fois supérieure à la superficie impactée en compensation de l'altération de l'herbier. Ainsi, une zone de biocénose d'herbier de posidonie d'une superficie maximale de 1200 m² sera identifiée et protégée.

La zone de protection sera garantie sur le long-terme (30 ans).

Option B : il existe actuellement une ZIEM (Zone interdite aux embarcations motorisées) localisée devant la digue du port, de 6000 m² (50 m de profondeur sur 120 m de longueur). Dans cette zone, la navigation, le mouillage des navires et des engins immatriculés ainsi que la plongée sous-marine sont interdits par arrêté préfectoral (arrêté préfectoral n°114/2017 réglementant la navigation, le mouillage des navires, la plongée sous-marine et la pratique des sports nautiques de vitesse dans la bande littorale des 300 mètres bordant la commune de Bormes-les-Mimosas (Var)). Il est proposé de modifier le statut de cette zone pour la placer en zone d'interdiction totale de mouillage.

7.1. Mesures d'accompagnement

7.1.1. MA1 : Transplantation expérimentale des pieds de posidonie voués à destruction

L'objectif de cette mesure vise à expérimenter la transplantation des mottes de posidonie destinées à être détruites lors des opérations de réalisation des ouvrages, plutôt que de les jeter. Il est ainsi proposé de retirer les mottes d'herbier situées dans les zones d'implantation des nouveaux ouvrages et de rassembler les fragments dans un ou plusieurs cadres de contrainte (méthode Cooper) afin de les réimplanter à proximité dans une ou plusieurs cuvettes d'érosion. Dans de faibles profondeurs la posidonie montre de réelles capacités de reprise, à condition de l'ancrer convenablement pour la protéger de l'hydrodynamisme et des mouillages des plaisanciers. Par exemple, il serait possible de la réimplanter le long de la digue, à proximité des enrochements, où elle sera hors des zones d'ancrage des bateaux.

Tableau 19 : Budget prévisionnel MA1

Composante	Montant € HT
Etude détaillée de la transplantation	1 180,00
Mission de transplantation	3 135,00
Total	4 315,00

7.1.2. MA2 : Eradication de la caulerpa racemosa sur la zone de travaux

Afin de limiter au maximum les risques de dissémination de la caulerpe lors des travaux, il est proposé de réaliser une opération d'éradication manuelle de cette espèce avant le début des travaux. L'opération sera réalisée par des plongeurs professionnels qui arpenteront toute la zone de travaux.

La caulerpe sera délicatement retirée en prenant soin de ne pas libérer des morceaux et directement placée dans un sac en filet à maille fine. A la fin de l'inspection, toute la caulerpe prélevée sera détruite.

Tableau 20 : Budget prévisionnel MA2

Composante	Montant € HT
Mission d'éradication de la <i>caulerpa racemosa</i> dans le port	2 310,00
Total	2 310,00

7.2. Mesures de suivi

Les mesures proposées doivent faire l'objet de suivis réguliers afin d'évaluer le taux de succès de leur mise en œuvre.

Le suivi des mesures de réduction (suivi turbidité et pollution accidentelle) s'effectue lors des phases de travaux et fait partie des éléments fournis pour le contrôle global du chantier. Un suivi environnemental spécifique peut néanmoins être mis en place.

Le suivi des mesures compensatoires est un suivi qui se déroule à la fois en phase travaux mais également en phase d'exploitation, sur plusieurs années.

7.2.1. MS1 : Suivi de la transplantation des nacres

Le **suivi de la transplantation de nacres** consiste en une campagne de suivi des individus transplantés, couplé à des individus ‘témoins’ présents au préalable à proximité du site de réimplantation. Les individus (marqués pour les identifier de façon certaine lors des suivis successifs) sont mesurés et photographiés. La comparaison du taux de survie et de croissance des individus transplantés avec les individus témoins permet d’évaluer le taux de succès de l’opération. La fréquence de suivi envisagée est la suivante : T0 (transplantation), T+1, T+3, T+5, T+10 ans.

7.2.2. MS2 : Suivi de l’impact du projet sur l’herbier de posidonie

En ce qui concerne **l’herbier de posidonie**, un suivi scientifique focalisé sur l’évolution de ces herbiers est programmé à la suite de la réalisation des travaux et de la mise en place des mesures compensatoires et d’accompagnement.

Ce suivi a plusieurs objectifs :

- Estimer l’impact réel des travaux sur les herbiers (et en particulier ceux situés dans la zone d’impact direct des travaux) ;
- Suivre l’évolution des herbiers situés sur les zones d’implantation du dispositif de mouillage écologique pour le balisage du chenal ;
- Conclure quant au succès ou non de l’opération de transplantation de l’herbier.

Il est prévu de réaliser 5 campagnes de suivi : à T0, afin de définir l’état initial avant travaux ; à T+1, T+3, T+5, T+10 ans, pour suivre l’évolution des stations au cours du temps.

Les protocoles de suivi comprendront :

- la réalisation de mesures de vitalité à chaque campagne et au niveau de 4 stations :
 - **Une station témoin**, hors zone d’influence des travaux ou des mesures compensatoires ;
 - **Deux stations dans la zone d’impact direct des travaux** (côté digue Ouest et côté digue Est), afin d’évaluer l’impact du projet sur ces herbiers ;
 - **Une station dans la zone de mise en place du mouillage écologique** du balisage du chenal.
- un balisage de l’herbier sur les 4 stations à T0, suivi, pour les campagnes suivantes, de la mesure de l’évolution de l’herbier par rapport aux balises de marquage mises en place ;



8. Synthèse des mesures compensatoires

8.1. Mesures de compensation

FICHE N°	MC1	CATÉGORIE DE MESURE	Compensatoire
TRANSPLANTATION DES GRANDES NACRES DE MÉDITERRANÉE			
OBJECTIF DE LA MESURE			
Les grandes nacres de Méditerranée seront mises en sécurité, hors de la zone d'impact des travaux et dans une zone interdite au mouillage afin d'éviter leur destruction lors des travaux de modernisation du port.			
DESCRIPTION DE LA MESURE			
<p>La mesure consiste à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réaliser une mission de reconnaissance avant le début des travaux (2 mois avant) afin de vérifier la survie des nacres et de valider le site de réimplantation si nécessaire, - Réaliser la mission de transplantation avant le début des travaux : <ul style="list-style-type: none"> o Prélèvement des individus vivants o Transport jusqu'à la zone de réimplantation o Réimplantation des nacres o Géolocalisation des nacres transplantées et prise de photographies <p>En cas de constat de mortalité de la totalité des individus lors de la mission préliminaire de reconnaissance, l'opération de transplantation sera annulée et un rapport détaillé sera adressé à l'autorité environnementale pour l'informer de la situation.</p>			
RÉSULTATS ATTENDUS			
<p>Il est attendu de la mise en œuvre de la mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Une mise en protection des nacres vivantes présentes dans la zone d'impact direct des travaux. 			
MISE EN ŒUVRE	Avant la réalisation des travaux	ESTIMATION DES COÛTS (€ HT)	5 360 € HT

FICHE N°	MC2	CATÉGORIE DE MESURE	Compensatoire
MISE EN PLACE DE MOUILLAGES ÉCOLOGIQUES POUR LE BALISAGE DU CHENAL D'ACCÈS AU PORT			
OBJECTIF DE LA MESURE			
<p>Les mouillages des bouées de balisage du chenal d'accès au port sont actuellement réalisés avec des corps morts et une chaîne mère de fond sur laquelle sont fixées les bouées. Ce dispositif entraîne, quand il est situé dans l'herbier de posidonie, une dégradation localisée de l'herbier due au ragage de la chaîne et aux déplacements des corps-morts.</p> <p>L'objectif de la mesure est de remplacer ces mouillages par des mouillages écologiques permanents. Ces mouillages, équipés de flotteurs de sub-surface pour éviter le ragage de la chaîne sur le fond, cesseront d'impacter l'herbier de posidonie tout en garantissant un balisage efficace du chenal. Ainsi, il est attendu une reprise de la posidonie dans ces zones où leur progression est actuellement contrariée.</p>			
DESCRIPTION DE LA MESURE			
<p>La mesure consiste à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - abandonner le système de chapelet de corps-morts reliés par une chaîne, déposé en début de saison et enlevé en fin de saison, - mettre en place des ancrages permanents (16 ancrages), adaptés à la biocénose (herbier de posidonie et zones sableuses). Les bouées seront posées et retirées individuellement en début et en fin de saison. La ligne de mouillage comprendra un flotteur de sub-surface pour éviter tout ragage sur le fond. <p>Afin de garantir l'impact minimal sur l'herbier de posidonie, les ancrages seront positionnés préférentiellement dans des zones actuellement érodées par les mouillages actuels. Le positionnement sera validé par un plongeur professionnel écologue au cours des opérations de mise en place des mouillages.</p>			
RÉSULTATS ATTENDUS			
<p>Il est attendu de la mise en œuvre de la mesure :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un arrêt de la dégradation de l'herbier de posidonie par les mouillages actuellement en place ; - Une recolonisation progressive par l'herbier de posidonie de ces zones actuellement impactées. 			
MISE EN ŒUVRE	Avant la réalisation des travaux	ESTIMATION DES COÛTS (€ HT)	19 040 € HT

FICHE N°	MC3 (OPTIONNELLE)	CATÉGORIE DE MESURE	Compensatoire
----------	-------------------	---------------------	---------------

MISE EN PROTECTION D'UNE ZONE D'HERBIER DE POSIDONIE

OBJECTIF DE LA MESURE

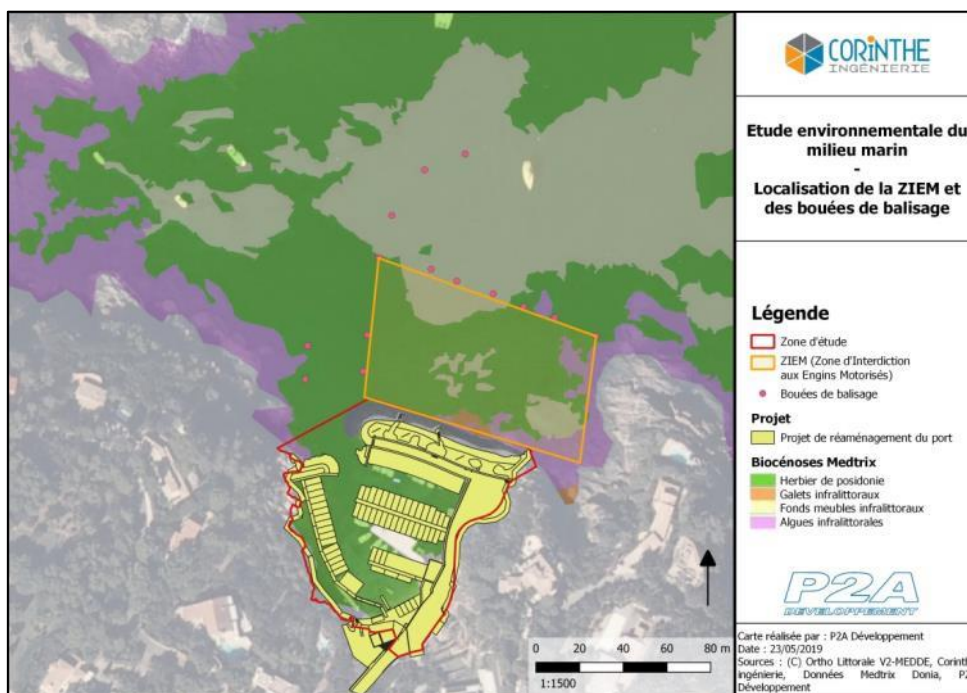
Mettre en protection une zone d'herbier de posidonie au moins dix fois supérieure à la superficie d'herbier effectivement détruite par le réaménagement du port.

Or, les impacts réels de la construction et de la présence des nouveaux ouvrages sur l'herbier de posidonie n'ayant pas été identifiés, la superficie à compensée sera évaluée suite au suivi de l'herbier (mesure MS2). La mesure sera appliquée si une compensation s'avère nécessaire, suite à une régression de l'herbier liée à ces nouveaux ouvrages.

DESCRIPTION DE LA MESURE

La mesure consiste à :

- Option A : Le demandeur s'engage à mettre en place une zone d'interdiction de mouillage d'une superficie 10 fois supérieure à la superficie impactée (superficie impactée déterminée par le suivi MS2) en compensation de l'altération de l'herbier. Ainsi, une zone de biocénose d'herbier de posidonie d'une superficie maximale de 1200 m² sera identifiée et protégée. La zone de protection sera garantie sur le long-terme (30 ans).
- Option B : Il existe actuellement une ZIEM (Zone interdite aux embarcations motorisées) localisée devant la digue du port, de 6000 m² (50 m de profondeur sur 120 m de longueur). Dans cette zone, la navigation, le mouillage des navires et des engins immatriculés ainsi que la plongée sous-marine sont interdits par arrêté préfectoral (arrêté préfectoral n°114/2017 réglementant la navigation, le mouillage des navires, la plongée sous-marine et la pratique des sports nautiques de vitesse dans la bande littorale des 300 mètres bordant la commune de Bormes-les-Mimosas (Var)). Il est proposé de modifier le statut de cette zone pour la placer en zone d'interdiction totale de mouillage.



RÉSULTATS ATTENDUS

Il est attendu de la mise en œuvre de la mesure une mise en protection contre les impacts du mouillage d'une superficie d'herbier au moins 10 fois supérieure à la superficie effectivement dégradée consécutivement aux travaux.

MISE EN ŒUVRE	Dès qu'une dégradation de l'herbier est constatée via le suivi MS2	ESTIMATION DES COÛTS (€ HT)	-
---------------	--	-----------------------------	---

8.2. Mesures d'accompagnement

FICHE N°	MA1	CATÉGORIE DE MESURE	Accompagnement
TRANSPANTATION EXPÉRIMENTALE DES PIEDS DE POSIDONIE DESTINÉS À ÊTRE DÉTRUITS			
OBJECTIF DE LA MESURE			
Expérimenter la transplantation des pieds de posidonie destinés à être détruits lors des travaux.			
DESCRIPTION DE LA MESURE			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Les pieds de posidonie implantés sous les nouveaux ouvrages, et qui seraient donc inévitablement détruits lors de la réalisation des travaux, seront prélevés avec la matre présente. 2. Ces mottes seront déplacées en immersion vers les sites de réimplantation. Les sites envisagés sont localisés au niveau des enrochements le long de la digue du port. C'est une zone naturellement protégées des ancragés. 3. Les fragments d'herbier prélevé seront rassemblés dans des cadres de contrainte (méthode Cooper) afin de les réimplanter. 4. Un suivi sera mis en place (cf. mesure suivi MS2) 			
RÉSULTATS ATTENDUS			
<p>Il est attendu de la mise en place de cette mesure une survie des pieds de posidonie destinés à être détruits. Le suivi mis en place permettra de valider ou non le succès de l'opération.</p>			
MISE EN ŒUVRE	Avant la réalisation des travaux	ESTIMATION DES COÛTS (€ HT)	4 315 € HT

FICHE N°	MA2	CATÉGORIE DE MESURE	Accompagnement
ERADICATION DE LA CAULERPA RACEMOSA SUR LA ZONE DE TRAVAUX			
OBJECTIF DE LA MESURE			
Afin de limiter au maximum les risques de dissémination de la caulerpe (espèce invasive) lors des travaux, il est proposé de réaliser une opération d'éradication manuelle de cette espèce avant le début des travaux.			
DESCRIPTION DE LA MESURE			
La mesure consiste à : <ol style="list-style-type: none"> 1. Rechercher la caulerpe sur toute la zone de travaux par des plongeurs professionnels ; 2. Retirer délicatement la caulerpe en prenant soin de ne pas libérer des morceaux et la placer directement dans un sac en filet à maille fine ; 3. Procéder à la destruction de toute la caulerpe prélevée. 			
RÉSULTATS ATTENDUS			
Il est attendu une absence de <i>caulerpa racemosa</i> sur le site de travaux.			
MISE EN ŒUVRE	Avant la réalisation des travaux	ESTIMATION DES COÛTS (€ HT)	2 310 € HT

8.3. Mesures de suivi

FICHE N°	MS1	CATÉGORIE DE MESURE	Suivi
SUIVI DE LA TRANSPLANTATION DES NACRES			
OBJECTIF DE LA MESURE			
Le suivi de la transplantation des grandes nacres de Méditerranée a pour but d'évaluer l'évolution des nacres transplantées (taux de survie, croissance).			
DESCRIPTION DE LA MESURE			
Le suivi consiste à : <ol style="list-style-type: none"> 1. Marquer les individus suivis (pour les identifier de façon certaine lors des suivis successifs) lors de la première campagne (T0) ; 2. Vérifier la survie des individus ; 3. Mesurer et photographier individuellement chaque individu. Le suivi intégrera le suivi des individus transplantés, ainsi que des individus 'témoins' présents au préalable à proximité du site de réimplantation.			
RÉSULTATS ATTENDUS			
La comparaison du taux de survie et de croissance des individus transplantés avec les individus témoins permet d'évaluer le taux de succès de l'opération.			
MISE EN ŒUVRE	Après la transplantation (T0) puis T+1, T+3, T+5, T+10 ans.	ESTIMATION DES COÛTS (€ HT)	2 450 € HT (Coût supplémentaire à MS2)

FICHE N°	MS2	CATÉGORIE DE MESURE	Suivi
SUIVI DE L'IMPACT DU PROJET SUR L'HERBIER DE POSIDONIE			
OBJECTIF DE LA MESURE			
<p>Le suivi de l'herbier est destiné à analyser l'évolution globale de l'herbier après la réalisation des travaux et la mise en place des mesures compensatoires. Le suivi portera sur l'évaluation de l'impact réel des travaux sur les herbiers (en particulier ceux situés à proximité de la zone de travaux) ; sur la dynamique d'évolution des herbiers situés au niveau des zones de mouillage écologique du balisage, afin de valider l'effet positif lié à la suppression des pressions dues à la mise en place et au retrait successif du balisage saisonnier ; sur les mottes d'herbier qui auront été transplantées.</p>			
DESCRIPTION DE LA MESURE			
<p>Le suivi s'effectuera, au cours de 5 campagnes :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Par la mesure de la vitalité de l'herbier au niveau de 4 stations : <ol style="list-style-type: none"> a. Une station témoin hors zone d'influence des travaux ou des mesures compensatoires, b. Deux stations dans la zone d'impact direct des travaux (côté digue Ouest et côté digue Est), afin d'évaluer l'impact du projet sur ces herbiers, c. Une station dans la zone de mise en place du mouillage écologique du balisage du chenal. 2. Un suivi de l'évolution de l'herbier : <ol style="list-style-type: none"> a. Un marquage sous-marin sera mis en place au niveau de 4 stations permanentes afin de matérialiser la position de l'herbier à T0 (avant travaux), b. Lors des campagnes de suivi, l'évolution de l'herbier sera mesurée. Des photographies seront réalisées pour visualiser l'éventuelle régression ou progression. 3. Un suivi spécifique des populations transplantées sera mené. Il consistera à suivre la progression des pieds transplantés, le taux de survie, etc. 			
RÉSULTATS ATTENDUS			
<p>Evaluation de l'impact réel des travaux, de l'efficacité des mesures, via la progression observée de l'herbier de posidonie ainsi que la survie et l'évolution des herbiers transplantés.</p>			
MISE EN ŒUVRE	Après la mise en place des mouillages et de la transplantation (T0) puis T+1, T+3, T+5, T+10 ans.	ESTIMATION DES COÛTS (€ HT)	17 325 € HT

9. Conclusions

Les investigations menées dans la zone du port ont confirmé la **présence de plusieurs espèces protégées** (herbier de posidonie, de cymodocée et grandes nacres de Méditerranée) :

- **L’herbier de posidonie**, espèce protégée au niveau national, se situe majoritairement dans l’entrée du port. C’est un herbier en état de conservation moyen, de type discontinu. Des implantations de « tâches », de petite superficie, ainsi que des faisceaux isolés sont également présentes dans l’enceinte portuaire. La superficie totale impactée par les travaux est estimée à 165 m² (76% de la totalité de l’herbier présent dans la zone d’étude) ;
- Six **grandes nacres de Méditerranée** (dont 1 morte et 1 juvénile), espèce également protégée au niveau national, ont été recensées sur la zone d’étude. Tous les individus vivants sont situés dans la zone d’impact direct du projet ;
- Un petit **herbier de cymodocée** (4 m²), espèce protégée au même titre que la posidonie, a été observé. Il se situe en dehors de la zone d’impact direct des travaux ;
- Aucune autre espèce de faune ou flore marine n’a été recensée sur la zone d’étude.

Afin de réduire l’impact du projet sur les espèces protégées, des mesures ERC ont été élaborées.

Bien qu’aucune mesure d’évitement n’ait pu être identifiée, plusieurs mesures de réduction sont envisagées en phase travaux : suivi de la turbidité, mise en place d’un filet anti-MES et confinement des pollutions accidentelle.

Malgré ces mesures, les grandes nacres de Méditerranée et de l’herbier de posidonie seront impactés par le projet.

Afin de compenser la destruction inévitable de ces espèces, des mesures compensatoires seront mises en œuvre. Ainsi, la transplantation des nacres va mettre en sécurité les individus vivants présents dans la zone de travaux, tandis que le remplacement des mouillages des bouées de balisage du chenal d’accès par des dispositifs écologiques va permettre de protéger un herbier habituellement soumis aux dégradations causées par la mise en place des mouillages temporaires. La mise en protection d’une zone d’herbier de posidonie est également envisagée dans le cas où une dégradation avérée de l’herbier serait observée lors des suivis après travaux.

En accompagnement, les pieds de posidonie localisés sous les futurs ouvrages seront transplantés afin de tenter de les sauver de la destruction. En outre, une campagne d’éradication de la *caulerpa racemosa* dans la zone de travaux sera réalisée pour éviter toute propagation de cette espèce invasive.

Des suivis seront également mis en place afin de s’assurer de l’efficacité des mesures ERC proposées (suivi de la transplantation des nacres et suivi de l’herbier) sur une période de 10 ans.

10. CERFAs



N° 13 616*01

DEMANDE DE DÉROGATION

POUR **LA CAPTURE OU L'ENLÈVEMENT ***
 LA DESTRUCTION *
 LA PERTURBATION INTENTIONNELLE *

DE SPÉCIMENS D'ESPÈCES ANIMALES PROTÉGÉES

* cocher la case correspondant à l'opération faisant l'objet de la demande

Titre I du livre IV du code de l'environnement
 Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations
 définies au 4° de l'article L. 411-2 du code l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées

A. VOTRE IDENTITÉ

Nom et Prénom :

ou Dénomination (pour les personnes morales) : .. SCAP Société Civile de l'Anse du Pradet

Nom et Prénom du mandataire (le cas échéant) :

Adresse : N° rue

Commune

Code postal

Nature des activités :

Qualification :

B. QUELS SONT LES SPÉCIMENS CONCERNÉS PAR L'OPÉRATION

	Nom scientifique Nom commun	Quantité	Description (1)
B1	Pinna nobilis Grande nacre de Méditerranée	5	Présence de 5 individus vivants et 1 mort dans la zone d'impact des travaux, observés en août
B2			
B3			
B4			
B5			

(1) nature des spécimens, sexe, signes particuliers

C. QUELLE EST LA FINALITÉ DE L'OPÉRATION *

Protection de la faune ou de la flore	<input type="checkbox"/>	Prévention de dommages aux cultures	<input type="checkbox"/>
Sauvetage de spécimens	<input type="checkbox"/>	Prévention de dommages aux forêts	<input type="checkbox"/>
Conservation des habitats	<input type="checkbox"/>	Prévention de dommages aux eaux	<input type="checkbox"/>
Inventaire de population	<input type="checkbox"/>	Prévention de dommages à la propriété	<input type="checkbox"/>
Etude écoéthologique	<input type="checkbox"/>	Protection de la santé publique	<input type="checkbox"/>
Etude génétique ou biométrique	<input type="checkbox"/>	Protection de la sécurité publique	<input type="checkbox"/>
Etude scientifique autre	<input type="checkbox"/>	Motif d'intérêt public majeur	<input checked="" type="checkbox"/>
Prévention de dommages à l'élevage	<input type="checkbox"/>	Détention en petites quantités	<input type="checkbox"/>
Prévention de dommages aux pêcheries	<input type="checkbox"/>	Autres	<input type="checkbox"/>

Préciser l'action générale dans laquelle s'inscrit l'opération, l'objectif, les résultats attendus, la portée locale, régionale ou nationale : Projet de modernisation du port afin de garantir la protection des personnes et des biens

Suite sur papier libre

D. QUELLES SONT LES MODALITÉS ET LES TECHNIQUES DE L'OPÉRATION
 (enseigner l'une des rubriques suivantes en fonction de l'opération considérée)

D1. CAPTURE OU ENLÈVEMENT *

Capture définitive Préciser la destination des animaux capturés :

Transplantation des individus prélevés vers une zone favorable à leur développement

Capture temporaire avec relâcher sur place avec relâcher différé

S'il y a lieu, préciser les conditions de conservation des animaux avant le relâcher :

S'il y a lieu, préciser la date, le lieu et les conditions de relâcher :

Capture manuelle Capture au filet
 Capture avec épouvette Pièges Préciser :

Autres moyens de capture Préciser : Prélèvement des individus avec le substrat dans lequel les nacres sont implantées

Utilisation de sources lumineuses Préciser :

Utilisation d'émissions sonores Préciser :

Modalités de marquage des animaux (description et justification) :

Suite sur papier libre

D2. DESTRUCTION *

Destruction des nids Préciser :

Destruction des œufs Préciser :

Destruction des animaux Par animaux prédateurs Préciser :

Par pièges létaux Préciser :

Par capture et euthanasie Préciser :

Par armes de chasse Préciser :

Autres moyens de destruction Préciser :

Suite sur papier libre

D3. PERTURBATION INTENTIONNELLE *

Utilisation d'animaux sauvages prédateurs Préciser :

Utilisation d'animaux domestiques Préciser :

Utilisation de sources lumineuses Préciser :

Utilisation d'émissions sonores Préciser :

Utilisation de moyens pyrotechniques Préciser :

Utilisation d'armes de tir Préciser :

Utilisation d'autres moyens de perturbation intentionnelle Préciser :

Suite sur papier libre

E. QUELLE EST LA QUALIFICATION DES PERSONNES CHARGÉES DE L'OPÉRATION *

Formation initiale en biologie animale Préciser : Ingénieur en écologie marine

Formation continue en biologie animale Préciser :

Autre formation Préciser :

F. QUELLE EST LA PÉRIODE OU LA DATE DE L'OPÉRATION

Préciser la période : .. Avant le début des travaux

ou la date : ..

G. QUELS SONT LES LIEUX DE L'OPÉRATION

Régions administratives PACA

Départements : .. Var

Cantons : ..

Communes : .. Bormes-les-Mimosas

H. EN ACCOMPAGNEMENT DE L'OPÉRATION, QUELLES SONT LES MESURES PRÉVUES POUR LE MAINTIEN DE L'ESPÈCE CONCERNÉE DANS UN ÉTAT DE CONSERVATION FAVORABLE *

Relâcher des animaux capturés Mesures de protection réglementaires

Renforcement des populations de l'espèce Mesures contractuelles de gestion de l'espace

Préciser éventuellement à l'aide de cartes ou de plans les mesures prises pour éviter tout impact défavorable sur la population de l'espèce concernée : .. Le détail des mesures compensatoires, d'accompagnement et de suivi sont détaillés dans le mémoire technique

Suite sur papier libre

I. COMMENT SERA ÉTABLI LE COMPTE RENDU DE L'OPÉRATION

Bilan d'opérations antérieures (s'il y a lieu) :

Modalités de compte rendu des opérations à réaliser :

Un rapport de mission sera produit en fin de mission de transplantation et des rapports de suivi seront établis tout au long de la période de suivi

* cocher les cases correspondantes

La loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux données nominatives portées dans ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour ces données auprès des services préfectoraux.

Fait à ..

le ..

Votre signature ..

cerfa
N° 13 617*01

DEMANDE DE DÉROGATION

POUR LA COUPE* L'ARRACHAGE*
 LA CUEILLETTE* L'ENLÈVEMENT*

DE SPÉCIMENS D'ESPÈCES VÉGÉTALES PROTÉGÉES

* cocher la case correspondant à l'opération faisant l'objet de la demande

Titre I du livre IV du code de l'environnement
Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations
définies au 4° de l'article L. 411-2 du code l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées

A. VOTRE IDENTITÉ

Nom et Prénom :

ou Dénomination (pour les personnes morales) :

Nom et Prénom du mandataire (le cas échéant) :

Adresse : N° Rue

Commune

Code postal

Nature des activités :

Qualification :

B. QUELS SONT LES SPÉCIMENS CONCERNÉS PAR L'OPÉRATION

Nom scientifique Nom commun		Quantité(1)	Description (2)
B1	Posidonia oceanica Posidonie	7 m2	Pieds d'herbier de posidonie situés sous les ouvrages prévisionnels
B2			
B3			
B4			
B5			

(1) poids en grammes ou nombre de spécimens
(2) préciser la partie de la plante récoltée

C. QUELLE EST LA FINALITÉ DE L'OPÉRATION *

Protection de la faune ou de la flore	<input type="checkbox"/>	Prévention de dommages aux cultures	<input type="checkbox"/>
Sauvetage de spécimens	<input type="checkbox"/>	Prévention de dommages aux forêts	<input type="checkbox"/>
Conservation des habitats	<input type="checkbox"/>	Prévention de dommages aux eaux	<input type="checkbox"/>
Inventaire de population	<input type="checkbox"/>	Prévention de dommages à la propriété	<input type="checkbox"/>
Etude phytoécologique	<input type="checkbox"/>	Protection de la santé publique	<input type="checkbox"/>
Etude génétique	<input type="checkbox"/>	Protection de la sécurité publique	<input type="checkbox"/>
Etude scientifique autre	<input type="checkbox"/>	Motif d'intérêt public majeur	<input checked="" type="checkbox"/>
Prévention de dommages à l'élevage	<input type="checkbox"/>	Détention en petites quantités	<input type="checkbox"/>
Prévention de dommages aux pêcheries	<input type="checkbox"/>	Autres	<input type="checkbox"/>

Préciser l'action générale dans laquelle s'inscrit l'opération, l'objectif, les résultats attendus, la portée locale, régionale ou nationale :
Projet de modernisation du port afin de garantir la protection des personnes et des biens

Suite sur papier libre

D. QUELLE EST LA PÉRIODE OU LA DATE DE L'OPÉRATION

Préciser la période ou la date : Travaux programmés à l'automne 2020

E. QUELLES SONT LES CONDITIONS DE REALISATION DE L'OPERATION *

Arrachage ou enlèvement définitif Préciser la destination des spécimens arrachés ou enlevés :
 Transplantation expérimentale des pieds prélevés dans une zone d'herbier existante, hors de la zone d'impact des travaux

Arrachage ou enlèvement temporaire avec réimplantation sur place
 avec réimplantation différée

Préciser les conditions de conservation des spécimens avant la réimplantation :

Préciser la date, le lieu et les conditions de réimplantation :

Suite sur papier libre.

EI. QUELLES SONT LES TECHNIQUES DE COUPE, D'ARRACHAGE, DE CUEILLETTE OU D'ENLEVEMENT

Préciser les techniques :

La technique de prélèvement et de réimplantation de l'herbier est décrite dans la mesure d'accompagnement MA1 du mémoire technique.

Suite sur papier libre.

F. QUELLE EST LA QUALIFICATION DES PERSONNES CHARGÉES DE L'OPERATION *

Formation initiale en biologie végétale Préciser :
 Ingénieur en écologie marine

Formation continue en biologie végétale Préciser :

Autre formation Préciser :

G. QUELS SONT LES LIEUX DE L'OPERATION

Régions administratives : PACA
 Départements : Var
 Cantons :
 Communes : Bornes-les-Mimosas

H. EN ACCOMPAGNEMENT DE L'OPERATION, QUELLES SONT LES MESURES PREVUES POUR LE MAINTIEN DE L'ESPECE CONCERNEE DANS UN ETAT DE CONSERVATION FAVORABLE *

Réimplantation des spécimens enlevés Mesures de protection réglementaires
 Renforcement des populations de l'espèce Mesures contractuelles de gestion de l'espace

Préciser éventuellement à l'aide de cartes ou de plans les mesures prises pour éviter tout impact défavorable sur la population de l'espèce concernée :
 Le détail des mesures compensatoires, d'accompagnement et de suivi sont détaillées dans le mémoire technique

Suite sur papier libre.

I. COMMENT SERA ÉTABLI LE COMPTE RENDU DE L'OPERATION

Bilan d'opérations antérieures (s'il y a lieu) :

Modalités de compte rendu des opérations à réaliser :
 Un rapport de mission sera produit en fin de mission de transplantation et des rapports de suivi seront établis tout au long de la période de suivi (10 ans)

* cocher les cases correspondantes

La loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux données nominatives portées dans ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour ces données auprès des services préfectoraux.

Fait à _____ le _____
 Votre signature _____

11. Bibliographie

- Agostini S., Pergent G., Marchand B., 2003. Growth and primary production of *Cymodocea nodosa* in a coastal lagoon. *Aquat. Bot.*, 76 : 185 - 193.
- Barbera C., Tuya F., Boyra A., Sanchez-Jerez P., Blanch I., Haroun R.J., 2005. Spatial variation in the structural parameters of *Cymodocea nodosa* seagrass meadows in the Canary Islands: a multiscaled approach. *Botanica Marina* 48 (2005): 122–126.
- Ben Maiz N., Shili A., 2007. Les peuplements phytobenthiques du Lac Nord de Tunis de 1926 À 2006. In: C. Pergent-Martini, S. El Asmi & C. Le Ravallec (Eds), "Proceedings of the third Mediterranean symposium on marine vegetation" Marseilles, 27-29 March 2007, RAC/SPA Publ., Tunis: 247–249
- Borum J., Duarte C.M., Krause-Jensen D. & Greve T.M. (Editors). European seagrasses: an introduction to monitoring and management. The M&MS project, pp. 1-7.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Pergent G., Shili A., Verlaque M., 2009. Regression of Mediterranean Seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review. *Botanica Marina*, 52: 395-418.
- Boudouresque C.F. & Meinesz A., 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. Cahier n°4 1982. Parc national de Port-Cros et Parc Naturel régional de la Corse.
- Boudouresque C.F., Thommeret J., Thommeret Y., 1980. Sur la découverte d'un bioconcrétionnement fossile intercalé dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie de Calvi (Corse) *Journées Etud. System. Biogéogr. médit.*, Cagliari. CIESM. Monaco. 139-142
- Cancemi G., Buia M.C., Mazzella L., 2002. Structure and growth dynamics of *Cymodocea nodosa* meadows. Univ. Corte, Fr., International Marine Centre, Torregrande-Oristano, It., Lab. Di Ecologia del Benthos, Ischia, It. *Sci. mar.* 66(4) : 365 - 373.
- Ceccherelli, G., L. Piazzini, 2001. Dispersal of *Caulerpa racemosa* fragments in the Mediterranean: lack of detachment time effect on Establishment. *Bot. Mar.* 44, 209-213.
- CRIOBE, 2016. Suivi de la grande nacre de Méditerranée (*Pinna nobilis*) dans la baie de Peyrefite
- Ecologie.ma, 2018. Méditerranée: la survie de la grande nacre sous la menace. <https://ecologie.ma/grande-nacre/>
- Feugas Marie-Pierre, Lamare Véronique, Pergent Gérard in : DORIS, 06/03/2017 : *Cymodocea nodosa* (Ucria) Asch., <http://doris.ffessm.fr/ref/specie/762>
- Gravez V. et al., 1995. Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille)-Suivi 1995. Ville de Marseille & GIS Posidonie, Marseille, Fr., 56 p.
- Green, E.P., Short, F.T. (Eds.), 2003. World Atlas of Seagrasses. University of California Press, Berkeley
- Harmelin, J.G., Pergent, G., 2006. Classification des biocénoses benthiques marines pour la région méditerranéenne. UNEP/PAM/RAC/SPA, 14p.

Ibouily G., 1981. Etude sédimentologique de la rade de Marseille (Bouches de Rhône). Thèse de spécialité Univ. de Provence 130p.

Lizaud O., Serantoni Ph., 2006, Suivi de l'herbier de Posidonie sur le site du SIVOM du Littoral des Maures, 67 p.

Moreteau J.C., Vicente N., 1982 • Évolution d'une population de *Pinna nobilis* L. (Mollusca Bivalvia). *Malacologia*, 22 (1-2) : 341-345

Moreteau J.C., Vicente N., 1980 • Étude de l'évolution d'une population de *Pinna nobilis* L. (Mollusque eulamellibranche) au large de l'anse de La Palud (Parc national Sous-Marin de Port-Cros)

Olesen Birgit, Enríquez Susana, M. Duarte Carlos, Sand-Jensen Kaj, 2002. Depth-acclimation of photosynthesis, morphology and demography of *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* in the Spanish Mediterranean Sea. *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES* Vol. 236: 89–97, 2002

Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., 1995. Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée état des connaissances *Mésogée*, Fr., 54 :3-2

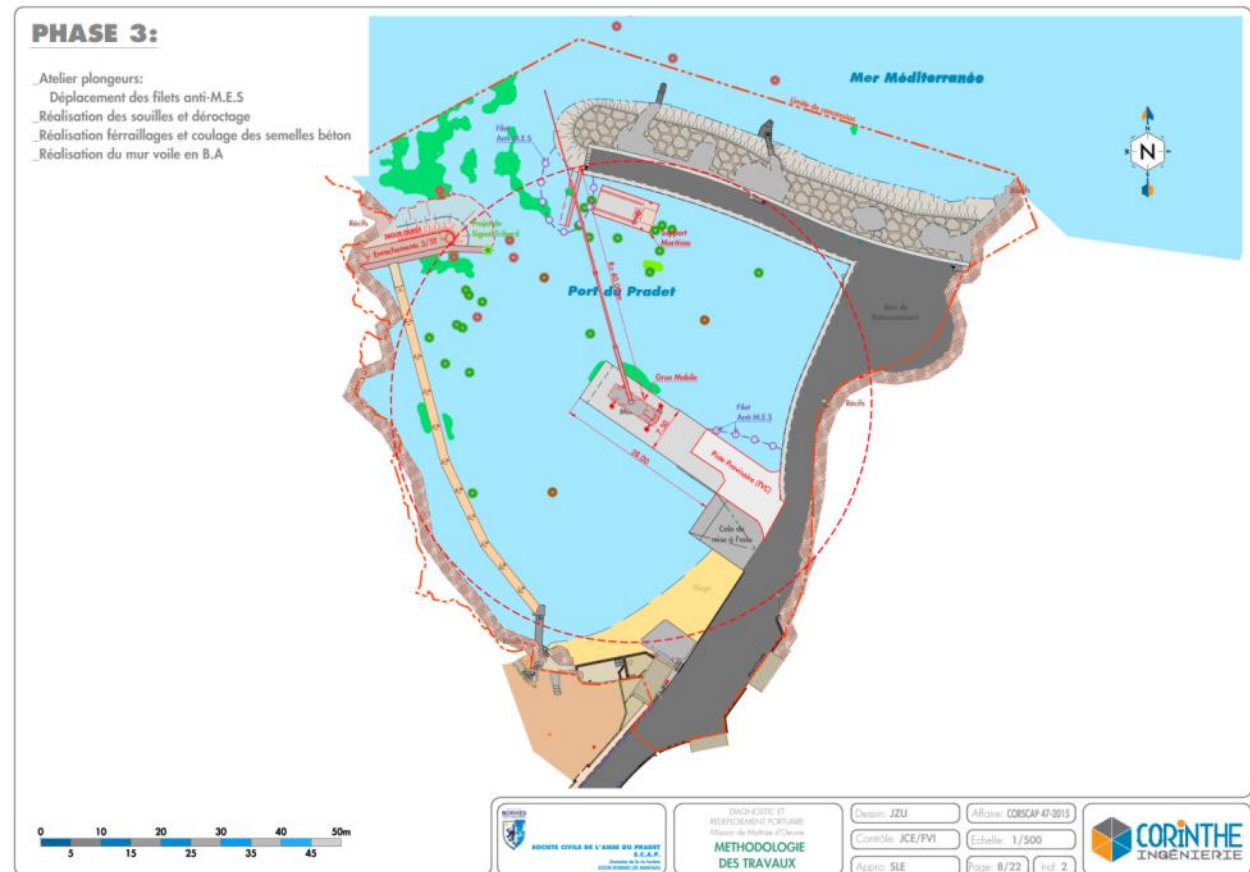
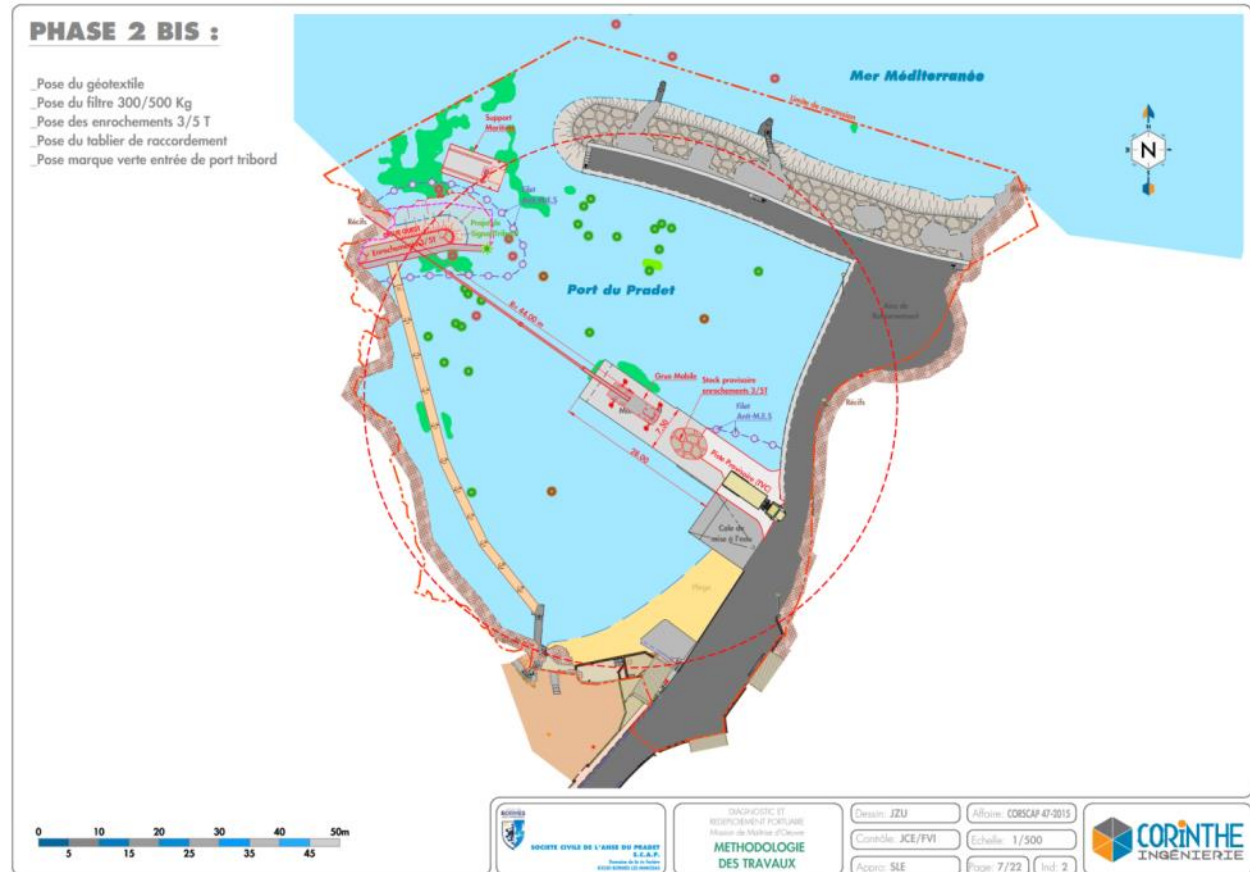
Pergent G., 2007. Protocole pour la mise en place d'une surveillance des herbiers de Posidonies. Programme « MedPosidonia » / CAR/ASP - Fondation d'entreprise TOTAL pour la Biodiversité et la Mer ; Mémoire d'Accord N°21/2007/RAC/SPA/ MedPosidonia Nautilus-Okianos: 21p.

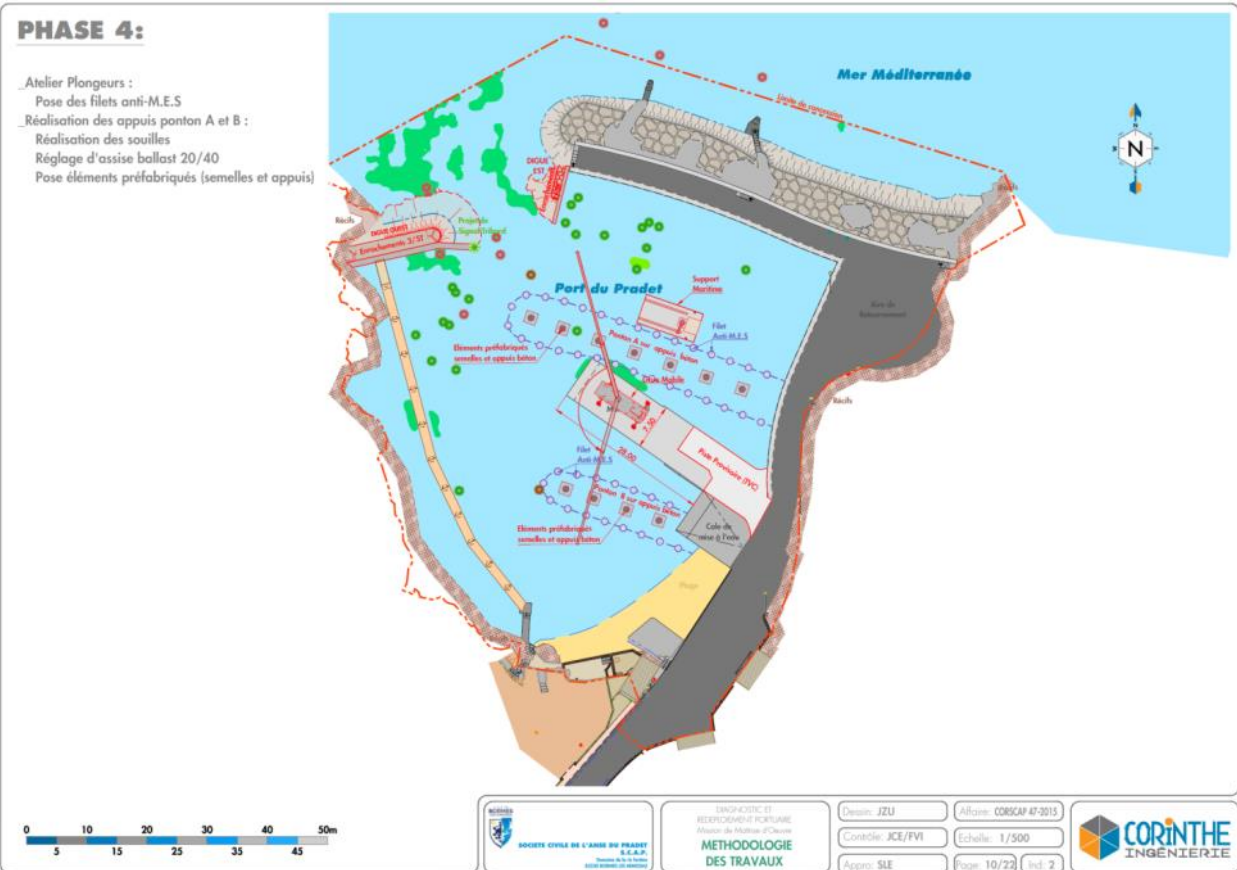
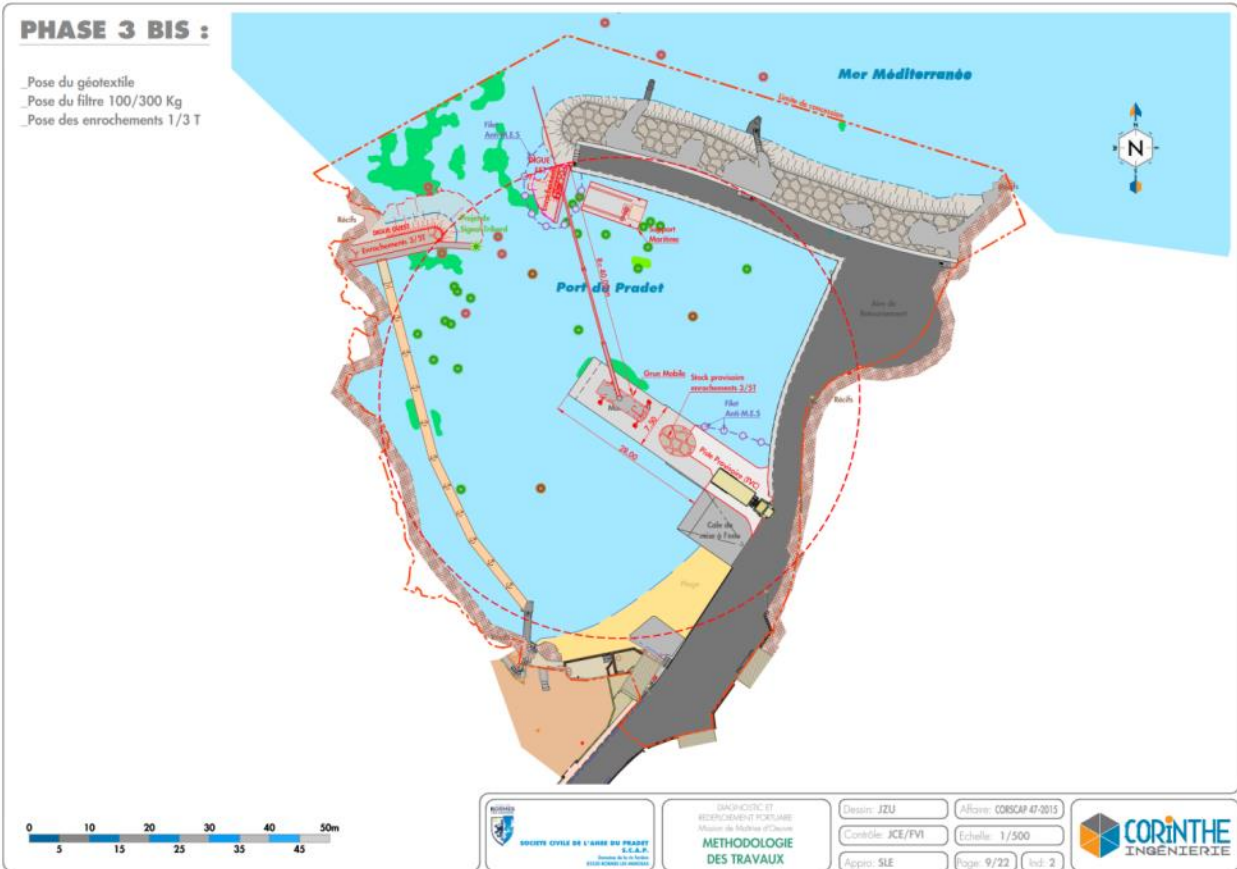
Pergent G., Bazairi H., Bianchi C.N., Boudouresque C.F., Buia M.C., Clabaut P., Harmelin-Vivien M., Mateo M.A., Montefalcone M., Morri C., Orfanidis S., Pergent-Martini C., Semroud R., Serrano O., Verlaque M. 2012. Les herbiers de Magnoliophytes marines de Méditerranée : résilience et contribution à l'atténuation des changements climatiques. Gland, Suisse et Malaga, Espagne : IUCN. 80 pages.

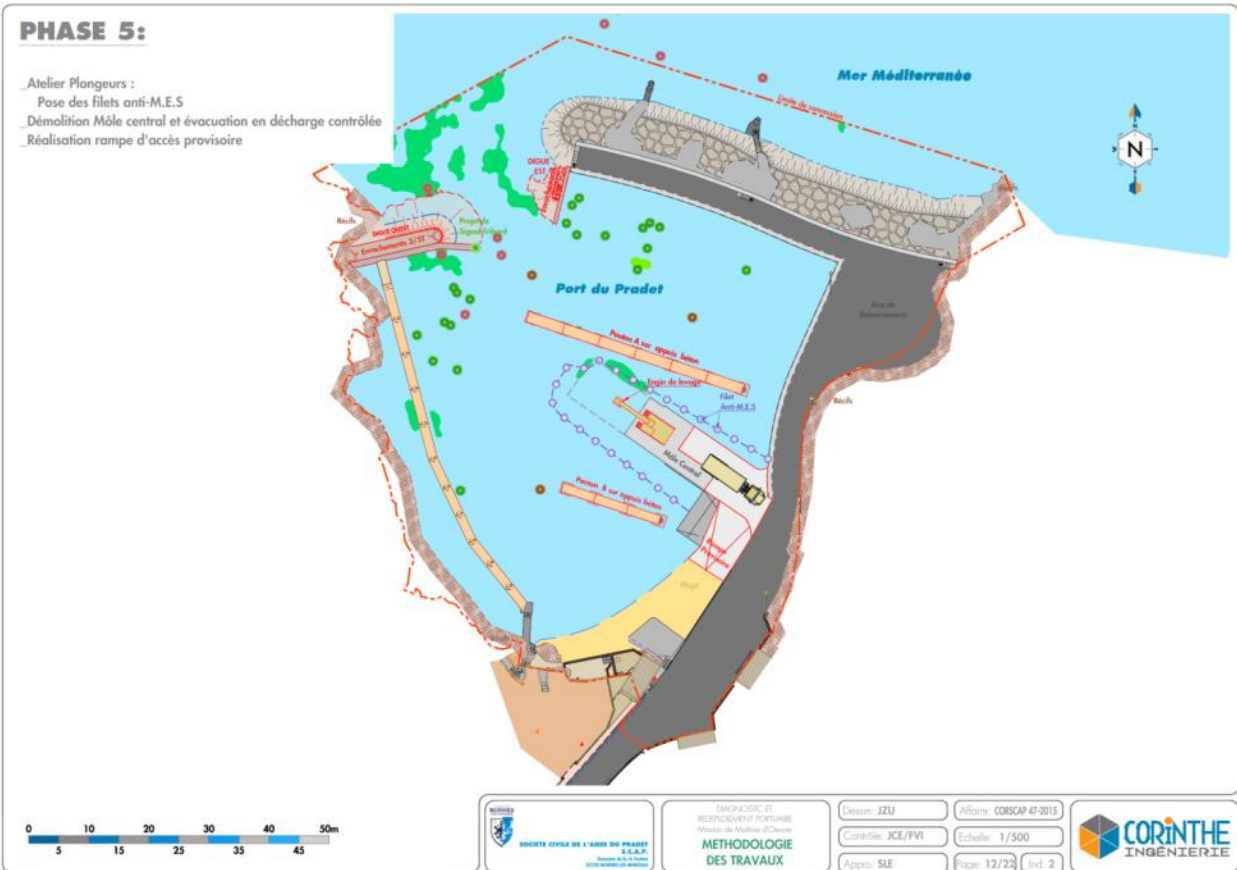
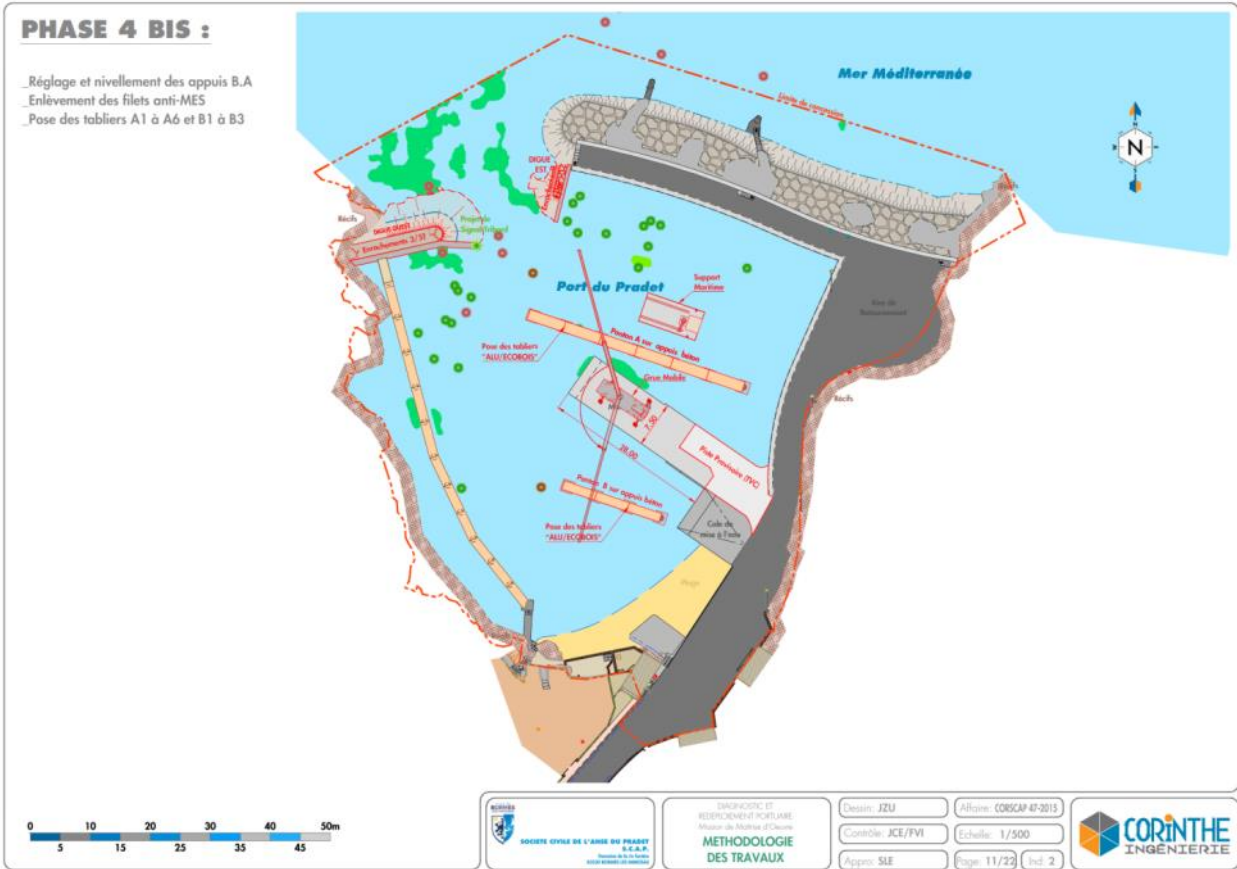
Pergent-Martini C., Buia M., Sghaier Y., Fernández Torquemada Y., Pergent, G. & Gerakaris, V. 2015. *Cymodocea nodosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T153535A712011.

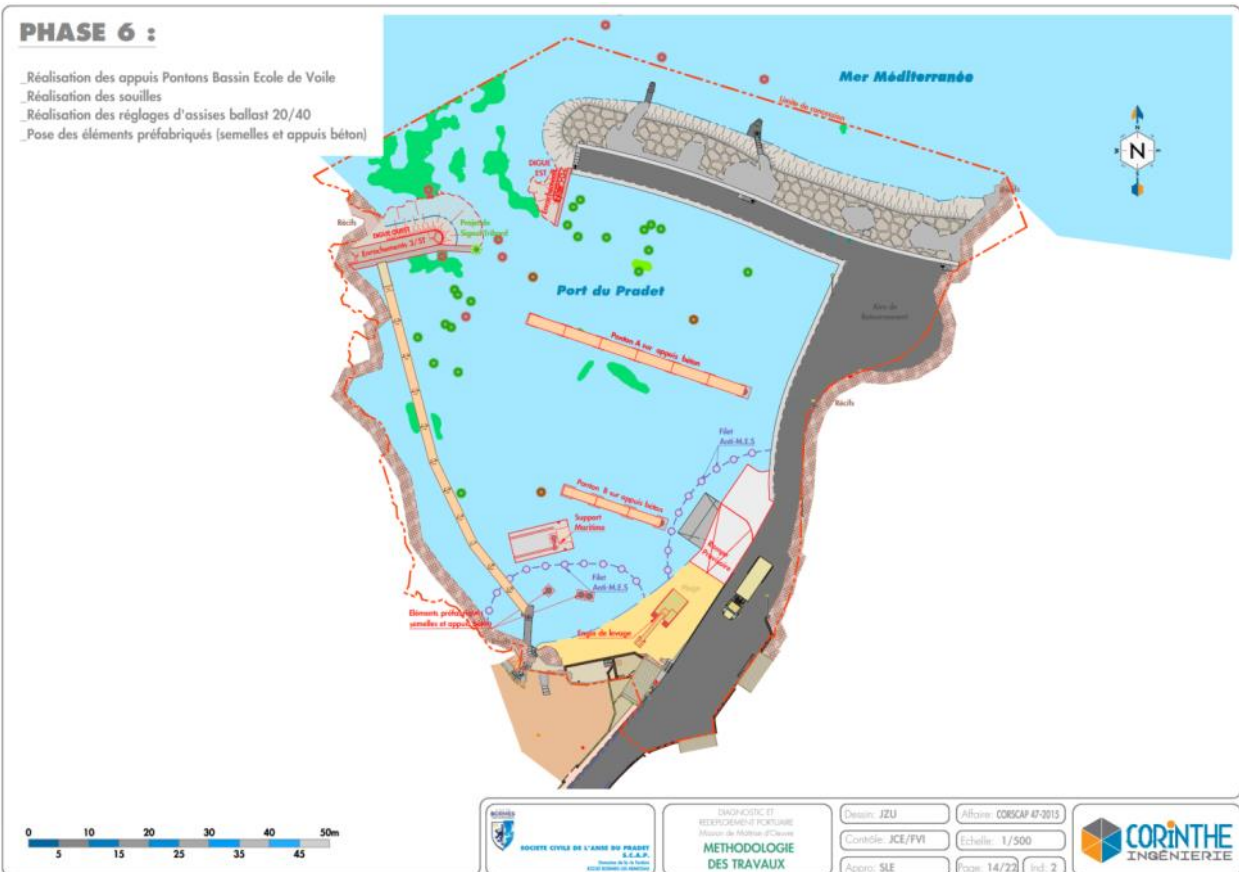
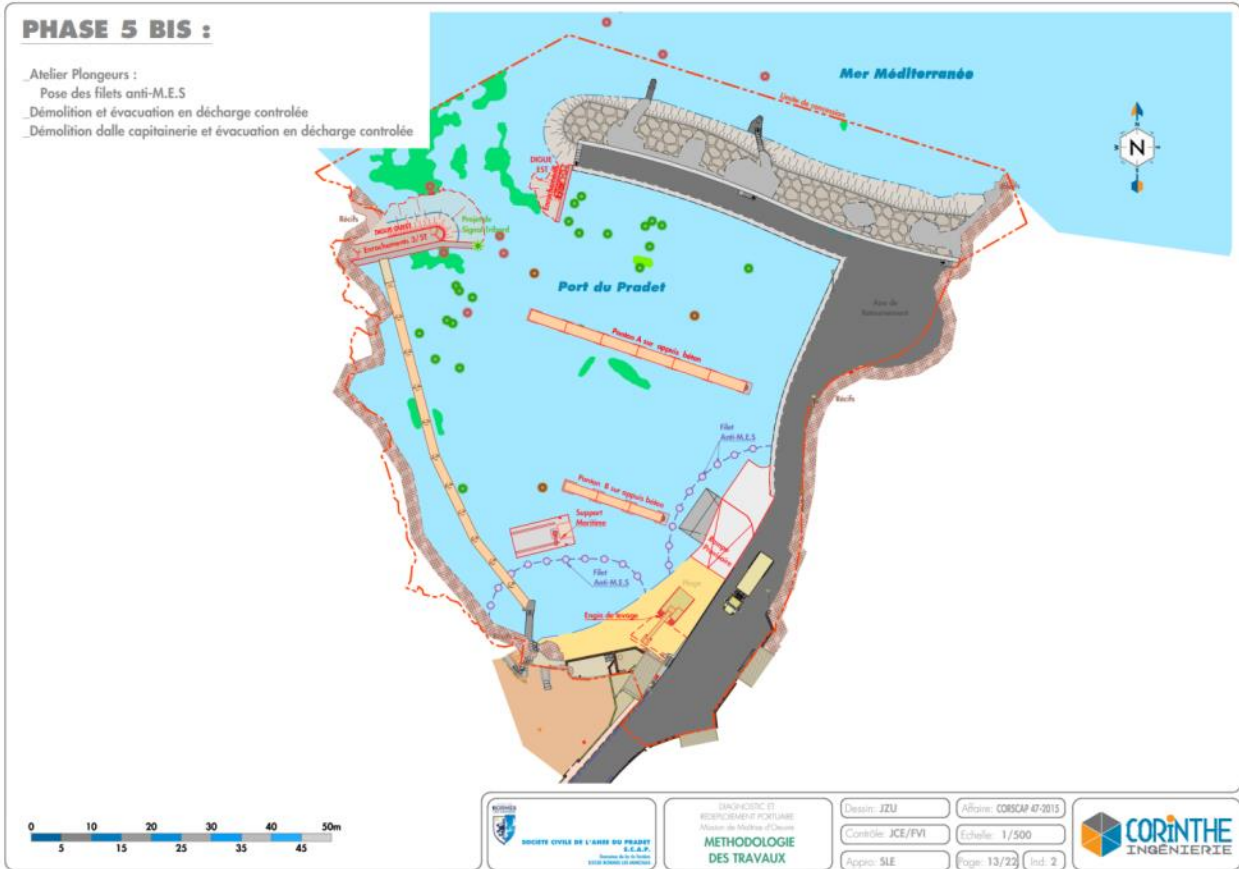
Short F.T., Carruthers T.J.R., Waycott M., Kendrick G.A., Fourqurean J.W., Callabine A., Kenworthy W.J. & Dennison, W.C. 2010. *Cymodocea nodosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T153535A4516419

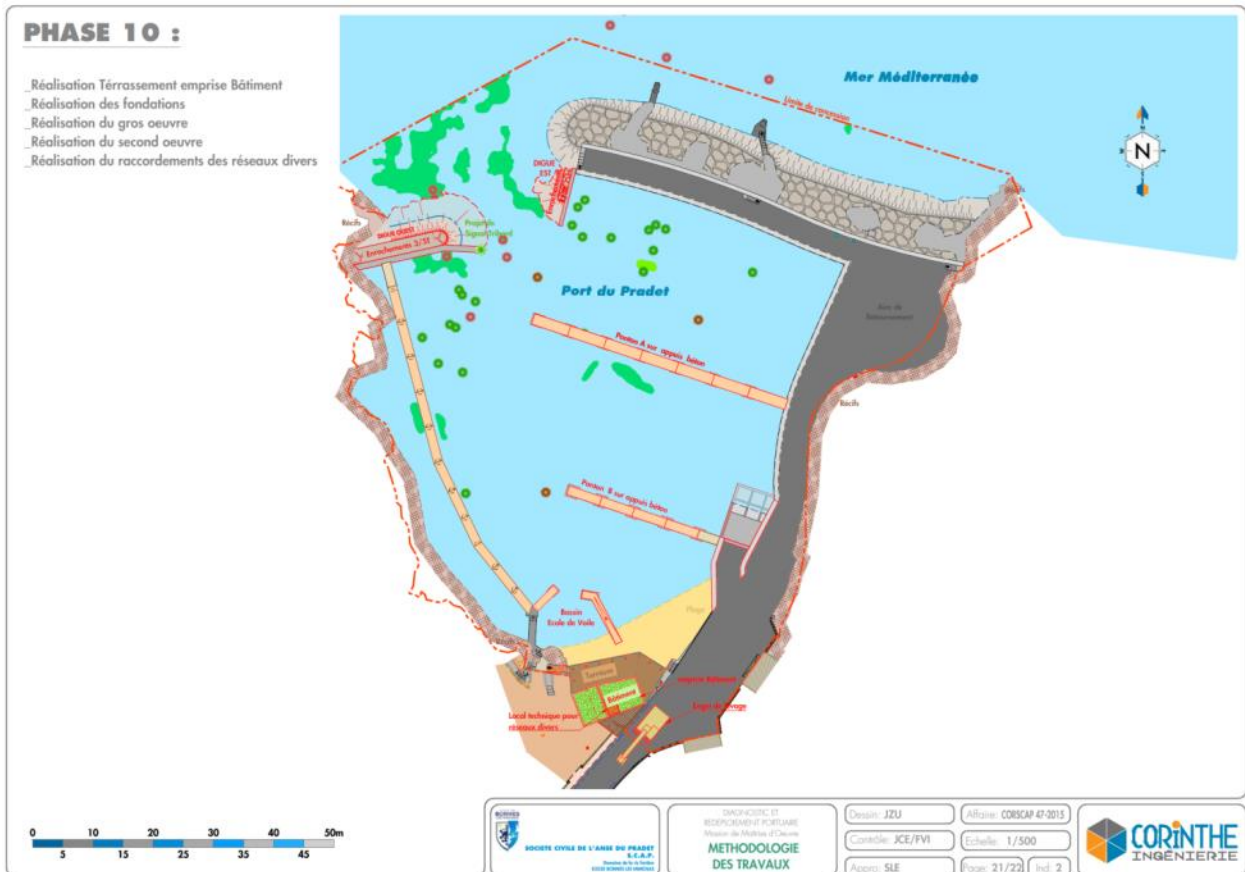
Vicente N., Kirchhofer D. et Trigos S., 2016. Etat des populations du Mollusque bivalve *Pinna nobilis*, la Grande Nacre de Méditerranée sur les côtes de Provence de 2009 à 2016. Institut Océanographique Paul Ricard, 62 p.





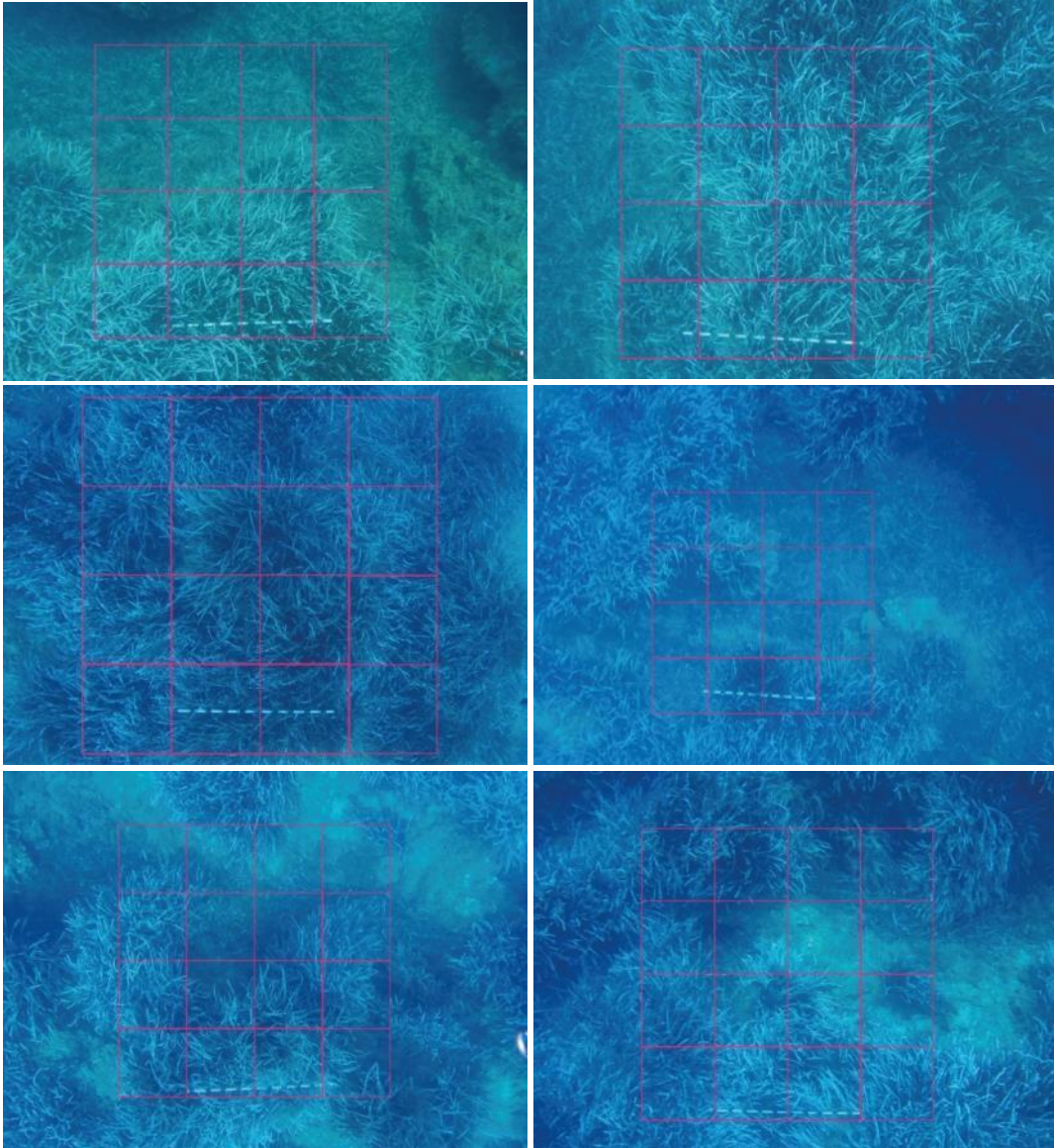


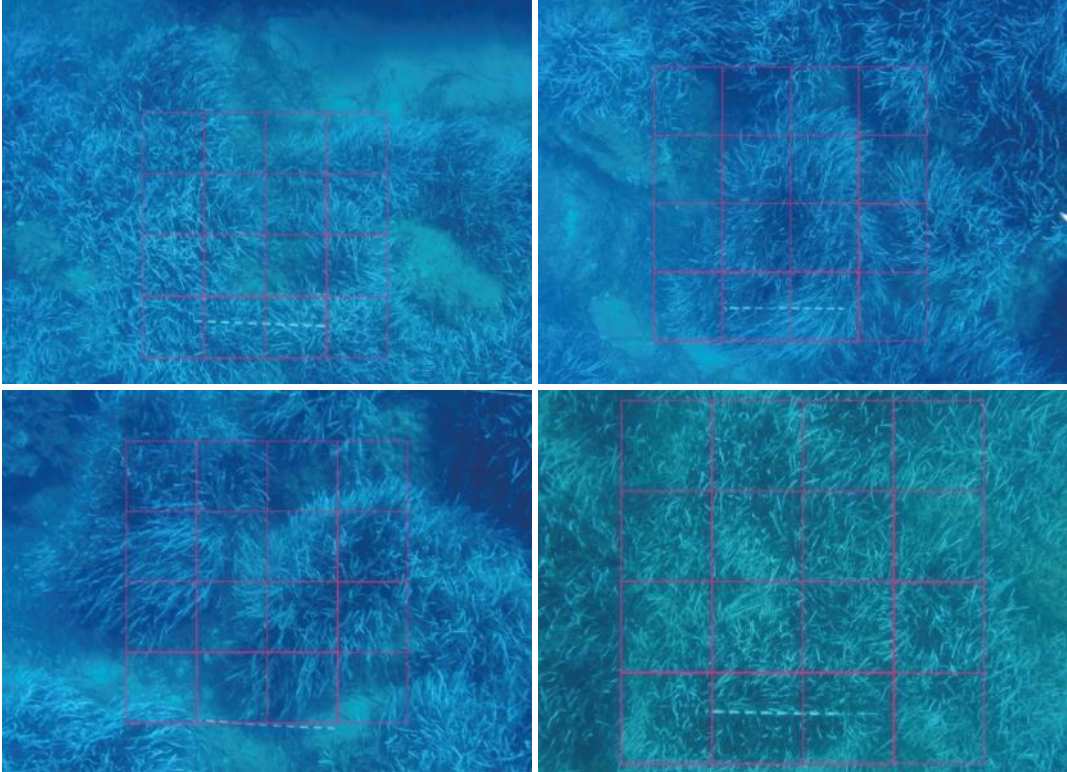




12.2. Photographies des recouvrements

12.2.1. Station témoin





12.2.2. Station Port

