



Département
des Pyrénées-Orientales



Port de Port-Vendres. Requalification du quai Dezoums à l'Anse des Tamarins

Pièce 6.

**Dossier de demande de dérogation d'atteinte
aux espèces protégées au titre des articles
L 411-1 et 2 du code de l'environnement**

Partie 2/3 – Milieu marin



OCTOBRE 2016



Port de Port-Vendres

Requalification du quai Dezoums à l'anse des Tamarins

Dossier de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées (*Posidonia oceanica* et *Pinna nobilis*) au titre des articles L411-1 et 2 du Code de l'Environnement

2016

Maître d'ouvrage :

Département des Pyrénées-Orientales

24 Quai Sadi Carnot
66009 Perpignan Cedex
FRANCE

Maître d'œuvre :

SEANEO

Atlantique – Siège social

65 Rue du Lieutenant Lumo
40000 MONT DE MARSAN
FRANCE
Tél. / Fax : + 33 (0)4 67 65 11 05
Mobile : + 33 (0)6 76 09 03 95
thomas.scourzic@seaneo.com
www.seaneo.com

SEANEO

Méditerranée

11 Rue Louis Esparre
66100 PERPIGNAN
FRANCE
Tél : + 33 (0)4 34 10 43 20
Mobile : + 33 (0)6 20 11 58 75
nicolas.dalias@seaneo.com
www.seaneo.com

Responsables de l'étude :

Nicolas Dalias (SEANEO), Eric Fabre (SEANEO).

Crédits photographiques :

Nicolas Dalias (les photos illustrant le présent rapport ne doivent être ni transformées ni diffusées sans l'accord préalable de l'auteur).

Avertissement : Les documents rendus par SEANEO dans le cadre de cette étude, engagent sa responsabilité et sa crédibilité scientifique. Ils ne peuvent, pour cette raison être modifiés sans son accord.

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

Dalias N., Fabre E., Scourzic T., 2016. Port de Port-Vendres - Requalification du quai Dezoums à l'anse des Tamarins. Dossier de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées (*Posidonia oceanica* et *Pinna nobilis*) au titre des articles L411-1 et 2 du Code de l'Environnement. Conseil Départemental des Pyrénées-Orientales & SEANEO. SEANEO publ. Fr. : 240 pages.

Sommaire

1	Introduction.....	8
2	Objet de la demande.....	10
2.1	Espèces, individus, habitats concernés.....	10
2.2	Localisation de l'objet de la demande.....	10
2.3	Justification de l'objet de la demande, inventaires et études environnementales conduits.....	12
2.4	Présentation des inventaires et études environnementales conduits sur l'emprise du projet et à sa périphérie, état initial.....	12
2.4.1	Méthodologie des inventaires des biocénoses sous-marines.....	12
2.4.2	Résultats des inventaires des biocénoses sous-marines.....	15
2.4.3	Méthodologie des inventaires spécifiques aux espèces protégées.....	24
2.4.4	Résultats des inventaires spécifiques aux espèces protégées.....	26
3	L'environnement du projet, les activités connexes au projet et leurs impacts avérés ou prévisibles sur les habitats et les espèces protégés	30
4	Présentation des espèces protégées faisant l'objet de la demande et de leur environnement.....	31
4.1	Contexte écologique de la zone portuaire de Port-Vendres.....	31
4.1.1	Caractéristiques générales de la zone d'emprise du projet et sa zone d'influence.....	31
4.1.2	Contexte environnemental.....	45
4.1.3	Territoires à enjeux environnementaux sur l'emprise du projet et à sa périphérie.....	56
4.1.4	Continuités écologiques.....	56
4.2	Caractéristiques et état de conservation des deux espèces protégées concernées par la demande.....	61
4.2.1	Description détaillée de <i>Posidonia oceanica</i> (Posidonie).....	61
4.2.2	Description détaillée de <i>Pinna nobilis</i> (Grande nacre).....	81
4.3	Appréciation des pressions résultant des aménagements récents.....	90
5	Analyse des impacts bruts du projet pour chacune des espèces protégées faisant l'objet de la demande.....	91
5.1	Impacts bruts sur le milieu physique en phase de travaux.....	91
5.1.1	Risque d'augmentation de la pollution physico-chimique et bactériologique à proximité du chantier.....	91
5.1.2	Risque de rejets ponctuels dans le milieu marin.....	92
5.1.3	Risque de pollution accidentelle des eaux.....	92
5.2	Impacts bruts sur le milieu physique en phase d'exploitation.....	92
5.2.1	Impacts bruts sur le milieu physique, effet de confinement et modification de la dynamique hydro-sédimentaire.....	92
5.2.2	Impacts bruts sur la qualité des eaux.....	93
5.3	Impacts bruts sur le milieu biologique en phase d'exploitation.....	93
5.3.1	Impacts bruts négatifs sur le milieu biologique en phase d'exploitation.....	93
5.3.2	Impacts bruts positifs sur le milieu biologique en phase d'exploitation.....	93
5.4	Impacts bruts sur les deux espèces protégées concernées par le projet.....	94
5.4.1	Impacts bruts sur <i>Posidonia oceanica</i>	96
5.4.2	Impacts bruts sur <i>Pinna nobilis</i>	109
5.4.3	Synthèse des impacts bruts sur les espèces protégées concernées par le projet.....	119

6	Mesures d'évitement et de réduction des impacts prises pour chacune des espèces protégées faisant l'objet de la demande.....	122
6.1	Mesures globales d'évitement et de réduction des impacts prises pendant la phase de chantier.....	123
6.1.1	Mise en place d'un Plan de Gestion Environnemental.....	123
6.1.2	Mise en place d'un Plan d'Assurance Environnement.....	123
6.1.3	Mesures pour prévenir les incidences sur le milieu naturel pendant le chantier de construction.....	124
6.2	Mesures d'évitement et de réduction des impacts prises pendant la phase d'exploitation portuaire.....	129
6.2.1	Mesures pour prévenir les impacts sur la qualité de l'eau dans le bassin portuaire...	129
6.2.2	Traitement des déblais de dragage d'entretien potentiels lors de la phase d'exploitation du quai Dezoums.....	131
6.3	Mesures d'évitement et de réduction spécifiques à <i>Posidonia oceanica</i>	131
6.4	Mesures d'évitement et de réduction spécifiques à <i>Pinna nobilis</i>	132
6.4.1	Connaissances sur la transplantation de <i>Pinna nobilis</i>	133
6.4.2	Exemples de transplantations de <i>Pinna nobilis</i>	134
6.4.3	Méthodologie retenue pour l'opération de transplantation de <i>Pinna nobilis</i>	136
6.5	Justifications scientifiques et techniques de la faisabilité et de l'efficacité de ces mesures.....	140
7	Impacts résiduels du projet pour chacune des espèces protégées faisant l'objet de la demande.....	141
7.1	Analyse des impacts résiduels sur le milieu physique en phase de chantier.....	141
7.1.1	Risque d'augmentation de la pollution physico-chimique et bactériologique à proximité du chantier.....	141
7.1.2	Risque de rejets ponctuels dans le milieu marin.....	142
7.1.3	Risque de pollution accidentelle des eaux.....	142
7.2	Analyse des impacts résiduels sur les deux espèces protégées concernées par le projet	143
7.2.1	Analyse des impacts résiduels sur <i>Posidonia oceanica</i>	145
7.2.2	Analyse des impacts résiduels sur <i>Pinna nobilis</i>	152
7.2.3	Synthèse des impacts résiduels ayant des effets sur les espèces protégées concernées par le projet.....	155
8	Mesures compensatoires, faisabilité et nature des mesures pour chacune des espèces protégées.....	159
8.1	Faisabilité, nature, effets et efficacité des mesures compensatoires sur les espèces protégées concernées par le projet.....	160
8.1.1	Evaluation des services écosystémiques rendus par l'herbier de Posidonie de Port-Vendres.....	160
8.1.2	Installation de micro-habitats pour les juvéniles de poissons.....	162
8.1.3	Mesure de préservation d'un herbier en voie de dégradation par mise en place d'une Zone de Mouillage d'Équipements Légers (ZMEL) pour les navires de plaisance.....	167
8.2	Justifications scientifiques et techniques de la faisabilité, de l'efficacité et de la pérennité des mesures compensatoires.....	180
9	Mesures de surveillance, de suivi et d'accompagnement.....	182
9.1	Mesures de surveillance et de suivi.....	182
9.1.1	Suivi du Plan de Gestion Environnemental et sanitaire (PGES) pendant le chantier..	182
9.1.2	Contrôle de la turbidité des eaux pendant le chantier.....	183
9.1.3	Suivi relatif à la qualité des eaux et des sédiments pendant la phase d'exploitation. .	185
9.1.4	Suivi scientifique de la vitalité de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> du port de Port-Vendres.....	186

9.1.5	Suivi scientifique de <i>Pinna nobilis</i>	196
9.1.6	Suivi scientifique des structures artificielles du quai Dezoums et micro-habitats artificiels de compensation.....	199
9.2	Mesures d'accompagnement.....	200
9.3	Pérennité des mesures de suivi et d'accompagnement.....	201
10	Synthèse sur les mesures.....	202
11	Conclusion.....	204
12	Bibliographie.....	206
13	Annexes.....	234

Liste des figures

Figure 1 : Localisation géographique du projet de requalification du quai Dezoums à l'anse des Tamarins.....	11
Figure 2 : Méthode de cartographie de l'anse des Tamarins.....	13
Figure 3 : Cartographie plus étendue du port.....	14
Figure 4 : Cartographie des transects réalisés dans le port de Port-Vendres.....	14
Figure 5 : Cartographie des habitats de la zone rocheuse à l'entrée du port.....	17
Figure 6 : Cartographie des habitats sur le transect 1 du port.....	20
Figure 7 : Cartographie des habitats sur le transect 2 du port.....	20
Figure 8 : Cartographie des habitats sur le transect 3 du port.....	21
Figure 9 : Bidon abandonné colonisé par <i>Eunicella singularis</i>	23
Figure 10 : Méthode de cartographie de <i>Pinna nobilis</i> dans l'anse des Tamarins.....	24
Figure 11 : Individus de <i>Pinna nobilis</i> marqués à Port-Vendres.....	25
Figure 12 : Carte de synthèse sur la localisation des espèces protégées à proximité du projet (anse des Tamarins).....	27
Figure 13 : Carte de synthèse sur la localisation des espèces protégées à proximité du projet (zone plus étendue du port).....	29
Figure 14 : Localisation du site de Port-Vendres.....	31
Figure 15 : Bathymétrie de la zone portuaire.....	37
Figure 16 : Localisation des points de mesures.....	39
Figure 17 : Résultats de la modélisation de l'agitation – Etat actuel.....	40
Figure 18 : Cartographie des enjeux et limites d'agitation pour l'exploitation.....	41
Figure 19 : Mesures de courant effectuées dans le port de Port-Vendres.....	45
Figure 20 : Localisation des points REPOM dans le port de Port-Vendres.....	46
Figure 21 : Localisation des plages de la commune de Port-Vendres faisant l'objet d'une surveillance de la qualité des eaux de baignade par l'ARS.....	48
Figure 22 : Cartographie des stations de prélèvement des sédiments.....	50
Figure 23 : Représentation graphique de la constitution granulométrique des échantillons de sédiment.....	53
Figure 24 : Enjeu 6 du Schéma Régional de Cohérence Écologique Languedoc-Roussillon, objectifs et actions.....	59
Figure 25 : Schéma Régional de Cohérence Écologique Languedoc-Roussillon, Trame Verte, sous-trame des milieux littoraux.....	60
Figure 26 : Matte morte de l'anse des Tamarins.....	70
Figure 27 : Représentation des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> sur le littoral des Pyrénées-Orientales.....	72
Figure 28 : Carte synthétique des impacts bruts et de leur rayon d'influence.....	95
Figure 29 : Dégradation de la matte morte de <i>Posidonia oceanica</i> par la chute de matériaux de démolition.....	97
Figure 30 : Destruction de la matte morte de <i>Posidonia oceanica</i> par recouvrement par l'ouvrage.....	99
Figure 31 : Destruction de la matte morte de <i>Posidonia oceanica</i> par les opérations de déroctage de la phase de chantier.....	101
Figure 32 : Dégradation des herbiers et de la matte morte de <i>Posidonia oceanica</i> par la pollution physico-chimique et les engins de chantier.....	103
Figure 33 : Résultats des analyses des micropolluants dans les sédiments.....	104
Figure 34 : Carte synthétique des impacts bruts du projet sur <i>Posidonia oceanica</i>	108
Figure 35 : Destruction de <i>Pinna nobilis</i> par la chute de matériaux de démolition.....	110
Figure 36 : Destruction de <i>Pinna nobilis</i> par recouvrement par l'ouvrage.....	112
Figure 37 : Destruction de <i>Pinna nobilis</i> par les opérations de déroctage de la phase de chantier.....	114
Figure 38 : Dégradation de <i>Pinna nobilis</i> par le nuage de turbidité et les engins de chantier en deça du barrage anti-MES.....	116
Figure 39 : Carte synthétique des impacts bruts du projet sur <i>Pinna nobilis</i>	118
Figure 40 : Aire de stockage.....	127
Figure 41 : Déplacement des individus de <i>Pinna nobilis</i> détruits par les travaux.....	137
Figure 42 : Habitats d'intérêt communautaire proche du site de projet.....	138
Figure 43 : Carte synthétique des impacts résiduels et de leur rayon d'influence.....	144
Figure 44 : Dégradation de la matte morte de <i>Posidonia oceanica</i> par la chute de matériaux de démolition.....	145
Figure 45 : Destruction de la matte morte de <i>Posidonia oceanica</i> par recouvrement par l'ouvrage.....	146
Figure 46 : Destruction de la matte morte de <i>Posidonia oceanica</i> par les opérations de déroctage de la phase de chantier.....	147
Figure 47 : Dégradation de la matte morte de <i>Posidonia oceanica</i> par le nuage turbide et les engins de chantier.....	149
Figure 48 : Carte synthétique des impacts résiduels du projet sur <i>Posidonia oceanica</i>	151
Figure 49 : Dégradation de <i>Pinna nobilis</i> par le nuage de turbidité et les engins de chantier.....	153
Figure 50 : Carte synthétique des impacts du projet sur <i>Pinna nobilis</i>	154
Figure 51 : Aspect des Roselières® dans le milieu naturel.....	165
Figure 52 : Aspect de l'Oursin Diadème® dans le milieu naturel.....	166
Figure 53 : Baie de Paullilles.....	169
Figure 54 : Position de l'anse de Paullilles par rapport au projet du quai Dezoums.....	169
Figure 55 : Cartographie des biocénoses marines de l'Anse de Paullilles.....	171
Figure 55 : Cartographie des biocénoses marines de l'Anse de Paullilles.....	172
Figure 56 : Mouillage sur ancre à vis et Manta ray ®.....	174
Figure 57 : Principes de mesures automatiques de la turbidité et de la télétransmission des données.....	184
Figure 58 : Position des stations de surveillance de la qualité des eaux (CE) et sédiments (CS) du réseau REPOM dans le port de Port-Vendres.....	186

Liste des tableaux

Tableau 1 : Inventaire semi-quantitatif du talus de l'Anse des Tamarins.....	16
Tableau 2 : Inventaire semi-quantitatif de la zone rocheuse à l'entrée du port.....	18
Tableau 3 : Inventaire semi-quantitatif de la zone large du port.....	22
Tableau 4: Densité moyenne de <i>Pinna nobilis</i> dans la zone du projet.....	26
Tableau 5 : Densité moyenne de <i>Pinna nobilis</i> en Méditerranée.....	26
Tableau 6 : Températures moyennes mensuelles et annuelles sur les communes du SCOT Littoral Sud dont Port-Vendres.....	32
Tableau 7 : Synthèse des niveaux atteints lors des submersions marines à Port-Vendres.....	38
Tableau 8 : Hauteurs de houle en mètres pour différentes période de retour pour 6 directions différentes, d'après bouée Banyuls de 2002 à 2011.....	39
Tableau 9 : Agitation annuelle moyenne sur la zone du port de commerce - Etat actuel.....	41
Tableau 10 : Agitation annuelle moyenne sur la zone du Port de pêche (vieux port) - Etat actuel.....	42
Tableau 11 : Agitation annuelle moyenne sur la zone du Port de pêche (Quai de la République) – Etat actuel et projet.....	43
Tableau 12 : Agitation annuelle moyenne sur la zone du Port de plaisance - Etats actuel.....	44
Tableau 13 : Réseaux nationaux de surveillance de la qualité des eaux et du milieu.....	46
Tableau 14 : Résultats REPOM pour la qualité des eaux du port de Port-Vendres.....	47
Tableau 15 : Qualité des eaux de baignade des plages de la commune de Port-Vendres de 2011 à 2014.....	48
Tableau 16 : Résultats REPOM pour la qualité des sédiments du port de Port-Vendres (moyenne des 6 points de contrôle du port de Port-Vendres).....	49
Tableau 17 : Résultats des analyses en métaux lourds, PCB, HAP, Butylétains TBT, et bactériologiques.....	51
Tableau 18 : Tableau de synthèse des contaminants des échantillons.....	52
Tableau 19 : Constitution granulométrique des échantillons de sédiment.....	53
Tableau 20 : Constitution physico-chimique des échantillons de sédiments.....	54
Tableau 21 : Résultats 2006 du suivi RINBIO pour les stations à proximité du site.....	56
Tableau 22 : Enjeux de la Trame Verte et Bleue.....	58
Tableau 23 : Liste des statuts de protection de <i>Posidonia oceanica</i>	69
Tableau 24 : Liste des statuts de protection de <i>Pinna nobilis</i>	85
Tableau 25 : Hiérarchisation des impacts.....	119
Tableau 26 : Synthèse des impacts bruts du projet sur <i>Posidonia oceanica</i> et <i>Pinna nobilis</i>	121
Tableau 27 : Caractéristiques de l'herbier de Posidonie du site de Port-Vendres (plage de la Jetée).....	137
Tableau 28 : Hiérarchisation des impacts.....	155
Tableau 29 : Synthèse des impacts résiduels subsistant après la mise en place de mesures d'évitement et de réduction.....	157
Tableau 30 : Proposition pour l'implantation de modules artificiels destinés aux juvéniles de poissons.....	167
Tableau 31 : Surfaces de l'herbier du site de Bernardi.....	170
Tableau 32 : Surfaces de l'herbier du site de Paulilles et du Fourat.....	170
Tableau 33 : Enjeux et stratégies de gestion sur les zones 12 et 13.....	170
Tableau 34 : Bénéfices et enjeux / contraintes d'une ZMEL.....	173
Tableau 35 : Code de l'Urbanisme, modification de l'article 28.....	175
Tableau 36 : Coût prévisionnel de la ZMEL.....	180
Tableau 37 : Évaluation des effets de la diminution de la lumière due à la turbidité des eaux, sur la croissance annuelle et la photosynthèse de la posidonie dans un secteur portuaire.....	183
Tableau 38 : Suivi du REPOM : teneurs en matières en suspension dans la colonne d'eau (mg/l) entre 2008 et 2013.....	185
Tableau 39 : Tableau synthétique de l'ensemble des mesures prises dans le cadre du projet de requalification du quai Dezoums à l'anse des Tamarins.....	203

Liste des annexes

Annexe 1 : Etat initial des individus de <i>Pinna nobilis</i> dans la zone du projet.....	234
Annexe 2 : Méthodologie.....	237

1 Introduction

Le dossier de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées relatif à la requalification du quai Dezoums à l'anse des Tamarins est élaboré par la société SEANEO qui a réalisé deux dossiers très similaires :

- Réalisation d'une étude et d'un dossier de dérogation par rapport à *Pinna nobilis*. Extension du port de plaisance de Leucate - Aménagement du bassin d'honneur. Le CNPN a émis un avis favorable en date du 2 février 2012, sous réserve de la mise en oeuvre des mesures d'atténuation, de compensation et d'accompagnement décrites dans le dossier ;
- Réalisation d'une étude et d'un dossier de dérogation par rapport aux espèces protégées. Extension du Port de Bastia – Site de la Carbonite. De l'avis général des membres du CSRPN en date du 5 octobre 2012, le dossier de demande de dérogation, très clair et bien rédigé, de même que sa synthèse, ont permis à chacun de disposer de l'information nécessaire relative à ce dossier, le triptyque « éviter réduire compenser » ayant été notamment bien pris en compte. En date du 20 décembre 2012, le Comité Permanent du CNPN a noté la réalisation exemplaire dans ce dossier de la séquence Eviter / Réduire / Compenser, la qualité des recommandations des scientifiques, notamment relatives au principe de précaution lors de la mise en place du chantier, ainsi que de son suivi scientifique pour en limiter les impacts. Le CNPN a émis un avis favorable, sous réserve de la mise en oeuvre des mesures d'atténuation, de compensation et d'accompagnement décrites dans le dossier.
- Réalisation d'une étude et d'un dossier de dérogation par rapport à *Pinna nobilis*. Port de Sète - Réparation générale du quai François Maillol et de son pan coupé. Dans le cadre de ce dossier, le Directeur Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement du Languedoc-Roussillon a émis un avis favorable le 4 septembre 2015. L'expert faune délégué du Conseil National de la Protection de la Nature a également émis un avis favorable en date du 9 octobre 2015. La consultation du public réalisée sur le site internet de la DREAL Languedoc-Roussillon du 11 septembre au 26 septembre 2015 n'a donné lieu à aucune observation. L'arrêté est en cours d'élaboration.

Dans le cadre de l'extension du port de Bastia sur le site de la Carbonite, un Comité Scientifique indépendant, composé de 16 membres (Réserve Naturelle, environnement maritime et littoral, pêche et aquaculture, courantologie, végétation marine, qualité de l'eau, qualité de l'air, faune marine) a été mis en place. SEANEO a participé à ces Comités Scientifiques. Divers experts extérieurs ont participé aux travaux du Comité Scientifique et sont associés à la définition des études complémentaires nécessaires. Les services de la DREAL ont assisté également en qualité d'invités à ces réunions du Comité Scientifique. Ce Comité Scientifique indépendant a pour rôles essentiels :

- L'élaboration de propositions et d'avis sur la définition et la réalisation des études à caractère environnemental du projet de développement portuaire de Bastia sur le site du Grand Port Bastia Corse, notamment dans les domaines de la sédimentologie, la courantologie, la végétation et faune marine, les ressources halieutiques, l'avifaune, la qualité de l'eau et de l'air, les sciences humaines, la pollution terrestre et marine. Ainsi, dans le cadre du présent projet, SEANEO a également pris en compte ces propositions et ces avis ;
- L'élaboration de propositions de mesures d'accompagnement environnementales et de mesures compensatoires aux impacts environnementaux du projet, et le suivi de la mise en oeuvre des mesures qui seront arrêtées par l'Assemblée de Corse. Ainsi, dans le cadre du présent projet, SEANEO a également pris en compte ces propositions et ces avis.

Afin de justifier scientifiquement de la faisabilité, de l'efficacité et de la pérennité des mesures proposées dans le présent dossier, la société SEANEO s'est également rapproché de plusieurs scientifiques, experts et gestionnaires d'Aires Marines Protégées, spécialisés dans les espèces protégées concernées :

- Nardo VICENTE, Professeur émérite à Aix-Marseille Université (IMBE), Délégué Général et Responsable Scientifique de l'Institut Océanographique Paul Ricard ;
- Charles-François BOUDOURESQUE, Professeur de l'Université d'Aix-Marseille, Institut Méditerranéen d'Océanologie, Marseille (argumentaire sur la valeur écologique de la matte morte de Posidonie présente dans le port de Port-Vendres) ;
- Philippe LENFANT, Professeur de l'Université de Perpignan, Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens, Perpignan ;
- Parc Naturel Marin du Golfe du Lion : Gildas LE CORRE, Olivier MUSARD, Bruno FERRARI, Marc DUMONTIER ;
- Direction Gestion du milieu marin de la commune d'Agde, gestionnaire de l'Aire Marine Protégée de la côte agathoise, site Natura 2000 "Posidonies du Cap d'Agde" ;

Enfin, des échanges et des réunions ont été réalisés avec des gestionnaires et des opérateurs de site Natura 2000 (par exemple "Posidonie de la Côte des Albères), comme l'Agence des Aires Marines Protégées et le Parc Naturel Marin du Golfe du Lion. Le Conseil de gestion du Parc naturel marin du golfe du Lion a émis un avis simple favorable relatif à la demande d'autorisation pour la requalification du quai Dezoums dans le port de Port-Vendres, lors de la séance du 9 février 2016 (délibération n°2016-003).

2 Objet de la demande

2.1 Espèces, individus, habitats concernés

L'objet de la demande porte sur les espèces protégées suivantes :

- *Posidonia oceanica* (espèce protégée et habitat qu'elle constitue) ;
- *Pinna nobilis* ;

Les zones occupées par ces espèces, leurs effectifs et/ou la superficie qu'elles occupent sont présentées en détail dans les parties ci-après.

Ainsi, dans le cadre du présent projet, sur la base des données acquises (inventaires réalisés, références bibliographiques, etc.) et/ou disponibles auprès de différents acteurs (Agence des Aires Marines Protégées, Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls, etc.), l'objet de la demande ne porte sur aucune autre espèce protégée marine du fait du projet, de sa localisation, de ses caractéristiques, de la séquence Eviter / Réduire / Compenser mise en œuvre, mais surtout de l'écologie et de la répartition de ces espèces, n'induisant pas d'atteinte aux individus, de perturbation intentionnelle, de dégradation de leur habitat :

- Arrêté du 19 Juillet 1988 relatif à la liste des espèces végétales marines protégées, sauf *Posidonia oceanica* (espèce protégée et habitat qu'elle constitue) précédemment citée ;
- Arrêté du 8 Décembre 1988 fixant la liste des espèces de poissons protégées sur l'ensemble du territoire national ;
- Arrêté du 26 novembre 1992 fixant la liste des animaux de la faune marine protégés sur l'ensemble du territoire, sauf *Pinna nobilis* précédemment citée ;
- Arrêté du 9 juillet 1999 modifiant l'arrêté du 11 septembre 1979 relatif aux autorisations exceptionnelles de capture et de prélèvements à des fins scientifiques d'espèces protégées ;
- Arrêté du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection ;
- Arrêté du 1^{er} juillet 2011 fixant la liste des mammifères marins protégés sur le territoire national et les modalités de leur protection.

2.2 Localisation de l'objet de la demande

La localisation géographique du projet faisant l'objet de la demande de dérogation est présentée ci-dessous (Figure 1).



Figure 1 : Localisation géographique du projet de requalification du quai Dezoums à l'anse des Tamarins.

2.3 Justification de l'objet de la demande, inventaires et études environnementales conduits

Les inventaires pour la constitution de l'état initial vis-à-vis des espèces protégées, présentés dans les parties suivantes, ont été réalisés le 14 juin 2012, le 4 et le 5 juillet 2012 par la société Créocéan (Créocéan, 2012), puis complétés le 14 novembre 2014 par la société SEANEO.

2.4 Présentation des inventaires et études environnementales conduits sur l'emprise du projet et à sa périphérie, état initial

2.4.1 Méthodologie des inventaires des biocénoses sous-marines

2.4.1.1 Cartographie fine des biocénoses sous-marines de l'anse des Tamarins

L'anse des Tamarins est la zone centrale du projet qui sera remblayée pour accueillir le nouveau terre-plein et draguée et déroctée afin de construire le quai et permettre l'accès des navires, et remblayée pour la construction du terre-plein. Les futurs travaux qui seront réalisés sur cette anse auront un impact direct sur les biocénoses présentes puisque cette zone sera entièrement détruite. Afin de réaliser une cartographie la plus fine possible de l'anse, une équipe de plongeurs a réalisé un corroyage de la zone afin de vérifier la présence d'espèces patrimoniales ou sensibles. La palanquée a démarré en suivant la bathymétrie des 9 m puis a remonté la pente progressivement en suivant les lignes de bathymétrie successives et séparées de 1,5 m. Cette technique a été employée pour l'ensemble du talus (zone du futur quai) jusqu'à 3 m de profondeur (Créocéan, 2012).

Sur la zone peu profonde du fond de l'Anse, jusqu'à la limite de la visibilité (4 m de profondeur environ), les plongeurs sont restés en surface et ont inspecté méthodiquement l'ensemble de l'Anse à la recherche des espèces ciblées (Créocéan, 2012).

Ces inspections ont donné lieu à un inventaire en semi-abondance et à de nombreuses photos pour illustrer les résultats. Chaque espèce répertoriée est classée selon son abondance suivant les classes :

- 1 = un seul individu ou colonie observé lors de la plongée ;
- + = quelques individus ou colonies observés ;
- ++ = espèces fréquentes ou abondantes mais non dominantes ;
- +++ = espèces dominantes du peuplement en place.

Les signes de dégradation du milieu ou de prolifération de certaines espèces pouvant être indicateurs d'une perturbation du milieu sont aussi notés (Créocéan, 2012).

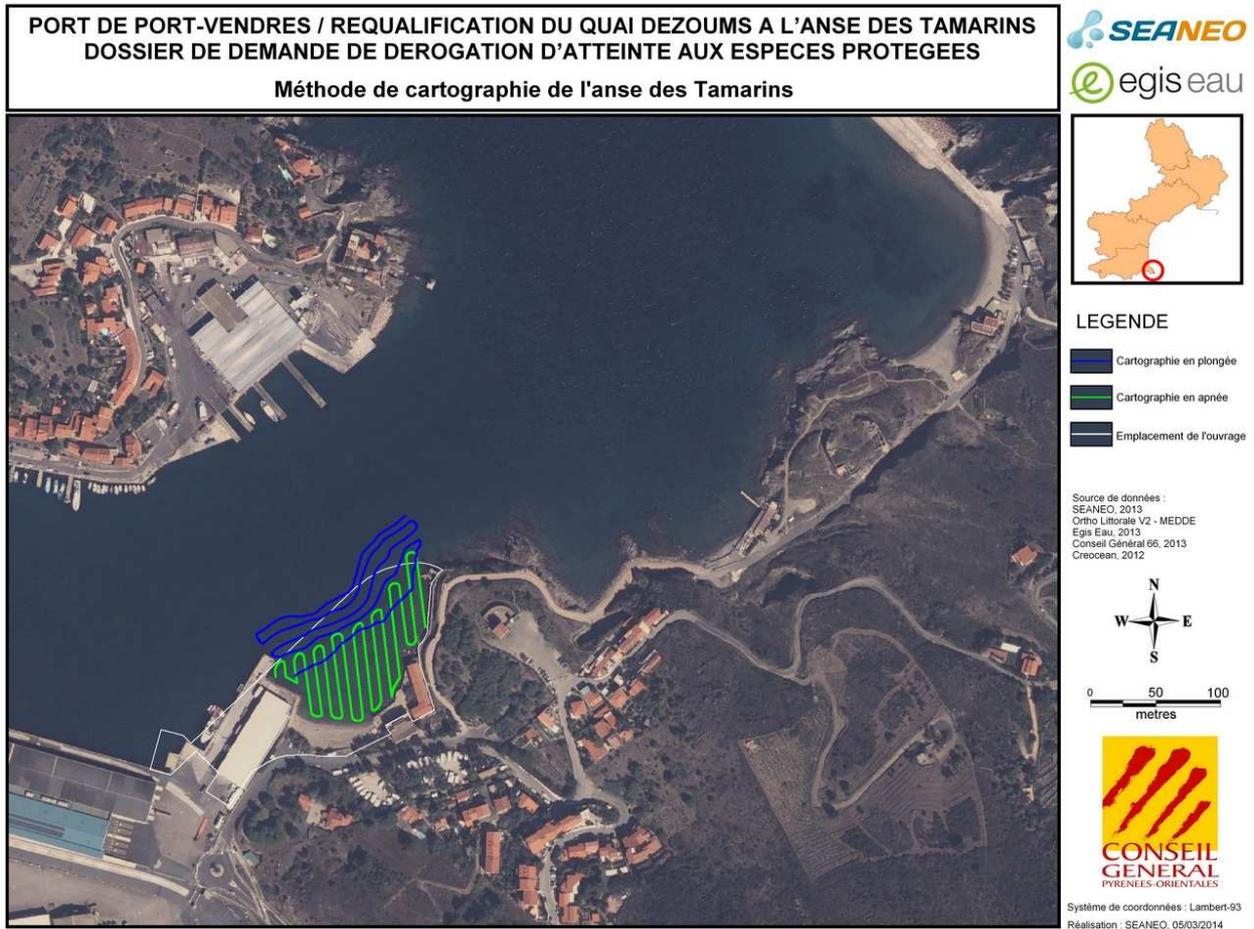


Figure 2 : Méthode de cartographie de l'anse des Tamarins.
(d'après Créocéan, 2012)

2.4.1.2 Cartographie plus étendue du port

Bien que les travaux soient réalisés dans l'Anse des Tamarins, l'ensemble du port peut subir des impacts indirects du projet. En complément de la cartographie fine de l'anse des Tamarins, une cartographie de l'ensemble du port a été réalisée. Cette cartographie est divisée en 3 zones (Créocéan, 2012).

- Zone rocheuse de l'entrée du port : Des zones rocheuses à l'entrée du port peuvent abriter des espèces sensibles ou patrimoniales et ont fait l'objet d'une attention particulière. Les plongeurs réalisent une plongée sur cette zone afin de décrire et de photographier les peuplements. Un inventaire semi-quantitatif de la zone a été réalisé notamment sur les espèces sensibles et les signes de dégradation du milieu ont été relevés (développements importants de macrophytes, mortalités, etc.) (Créocéan, 2012).
- Herbiers à *Posidonia oceanica*. Les herbiers à *Posidonia oceanica* constituent un habitat prioritaire. A partir de la carte réalisée dans le DOCOB de la zone Natura 2000 « Posidonies de la côte des Albères », des prospections sont réalisées sur la zone des herbiers, pour une actualisation. Les deux herbiers identifiés dans le DOCOB sont délimités ainsi que les herbiers trouvés lors de la plongée sur la zone rocheuse de l'entrée du port (Créocéan, 2012). A l'aide de sondeur/sonar Humminbird une première cartographie a été réalisée pour rechercher les différents herbiers. Ensuite, un apnéiste équipé d'une planche de chasse et d'un GPS en surface suit le contour de chaque tâche identifiée pour valider le contour (Créocéan, 2012).

Enfin, des plongeurs autonomes identifient sur chaque zone les signes potentiels de dégradation et notent les espèces remarquables associées (Créocéan, 2012).

- Zone large du port. En complément de toutes ces plongées, des transects sont réalisés par les plongeurs. 3 transects permettent de caractériser les habitats de cette zone et les espèces sensibles, de réaliser un inventaire en semi-abondance des espèces observées et surtout de noter les traces de dégradation du milieu (Figure 4). Sur chaque transect, des photographies sous-marines géoréférencées ont été placées (Créocéan, 2012).

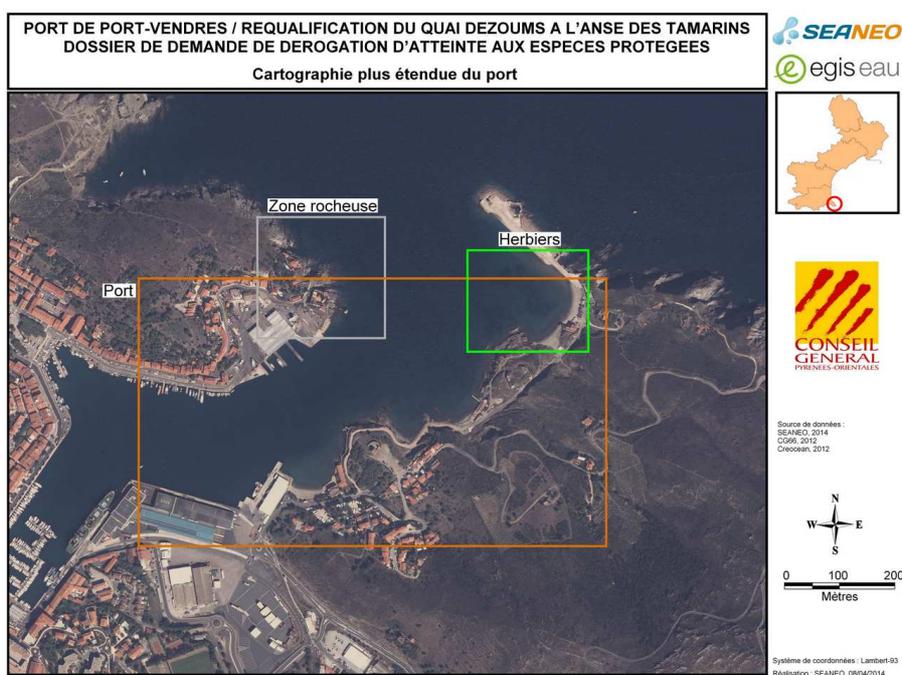


Figure 3 : Cartographie plus étendue du port. (d'après Créocéan, 2012).

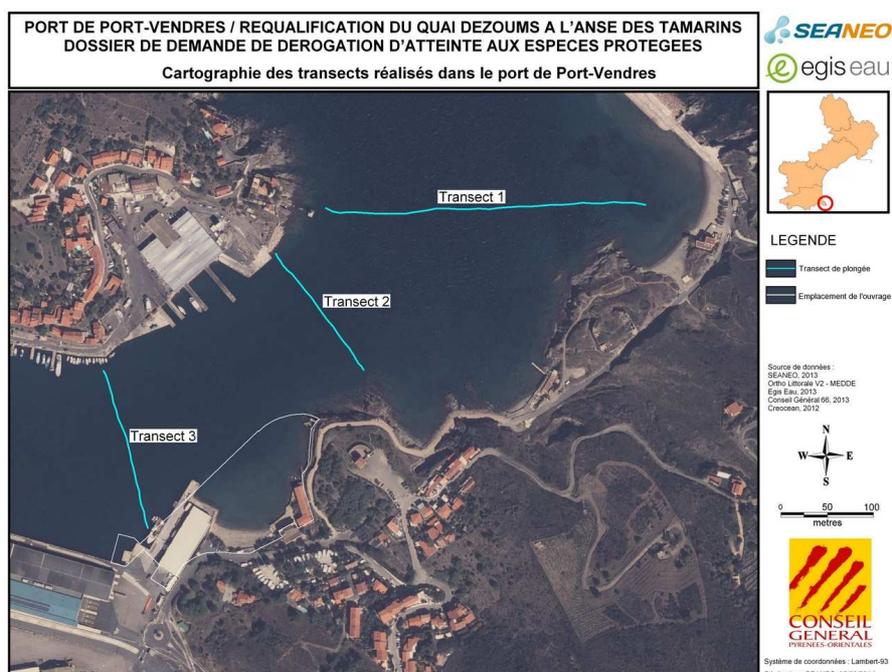


Figure 4 : Cartographie des transects réalisés dans le port de Port-Vendres. (d'après Créocéan, 2012).

2.4.2 Résultats des inventaires des biocénoses sous-marines

2.4.2.1 Cartographie fine de l'Anse des Tamarins

Un inventaire en semi-abondance des espèces rencontrées a été réalisé (Tableau 1).

La zone de la pente est globalement assez riche avec 32 espèces inventoriées. Ce peuplement est dominé par une algue, Dicyote (*Dictyota linéaris*) et un cnidaire, la gorgone blanche (*Eunicella singularis*).

Il faut noter une absence de faune sur le substrat mis à part quelques groupes de poissons qui doivent profiter du calme des petits fonds pour s'y réfugier (Créocéan, 2012).

Aucune espèce indicatrice d'une perturbation n'est à noter. De même, aucune prolifération d'espèce n'est repérée. Toutes les espèces de cette zone sont communes dans cette région et plus particulièrement dans les ports (Créocéan, 2012).

Par contre, il est important de noter que 5 individus de l'espèce protégée *Pinna nobilis* sont recensés entre 9 m et 3 m de profondeur à l'emplacement exact du futur quai (Créocéan, 2012) et de la zone de déroctage. Un sixième individu est situé à proximité, mais en dehors de la zone de travaux et de remaniement des fonds.

La zone de l'anse des Tamarins est globalement homogène avec un substrat dominé par le sable conformément aux analyses granulométriques réalisées. Le fond est recouvert sur presque toute la surface de l'anse par de la matre morte qui prouve la présence, par le passé, d'un herbier de Posidonie (Créocéan, 2012).

En plus de toutes les observations réalisées, des morceaux d'amphores sont repérés, signe de la présence d'une épave antique qui a été fouillée par le DRASSM (Créocéan, 2012).

Tableau 1 : Inventaire semi-quantitatif du talus de l'Anse des Tamarins.
(d'après Créocéan, 2012).

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Anse des Tamarins
Algues brunes		
<i>Dictyota linearis</i>	Dictyote	+++
<i>Padina pavonica</i>	Padine	+
<i>Corallinacées</i>	Corallinacées	++
Algues rouges		
<i>Peyssonnelia sp.</i>	Algues rouges calcaires	+
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	Sphaérocoque	+
Algues vertes		
<i>cf. Cladophora sp.</i>	Algue gazon	+
<i>Codium bursa</i>	Béret basque	+
<i>Codium fragile</i>	Codium fragile	+
Annélides		
<i>Eupolymnia nebulosa</i>	Polymnie	++
<i>Pomatoceros triqueter</i>	Serpule angulaire	+
<i>Serpula vermicularis</i>	Serpule	+
Ascidies		
<i>Didemnum sp.</i>	Didemnidé ind.	++
<i>Microcosmus sabatieri</i>	Violet	++
<i>Phallusia nigra</i>	Phallusie noire	++
Cnidaires		
<i>Cerianthus membranaceus</i>	Cérianthe	1
<i>Eunicella singularis</i>	Gorgone blanche	+++
Echinodermes		
<i>Arbacia lixula</i>	Oursin noir	+
<i>Coscinasterias tenuispina</i>	Etoile de mer épineuse	+
<i>Echinaster sepositus</i>	Etoile rouge	+
<i>Holothuria tubulosa</i>	Holothurie tubuleuse	+
<i>Paracentrotus lividus</i>	Oursin commun	+
<i>Sphaerechinus granularis</i>	Oursin violet	1
Mollusques		
<i>Bittium sp.</i>	Cérithie	+
<i>Bolinus brandaris</i>	Rocher épineux	+
<i>Pinna nobilis</i>	Grande Nacre	+
Poissons		
<i>Coris julis</i>	Girelle royale	+
Juvéniles de poissons	Juvéniles de poissons	+
<i>Seranus cabrilla</i>	Serran chevrette	+
Spongiaires		
<i>Cliona celata</i>	Clione jaune	+
<i>Cliona viridis</i>	Clione verte	+
<i>Crambe crambe</i>	Eponge encroutante orange	+
<i>Spongia officinalis</i>	Eponge de toilette	1
Autres		
Macrodéchets		+

2.4.2.2 Cartographie plus étendue du port

Zone rocheuse à l'entrée du port

A l'Ouest de l'entrée du port, en face de la digue, se trouve une zone rocheuse qui peut donc abriter des espèces sensibles ou patrimoniales. La plongée réalisée sur cette zone, au départ du phare, a permis de cartographier les habitats et de réaliser un inventaire semi-quantitatif de la zone (Figure 5, Tableau 2) (Créocéan, 2012).

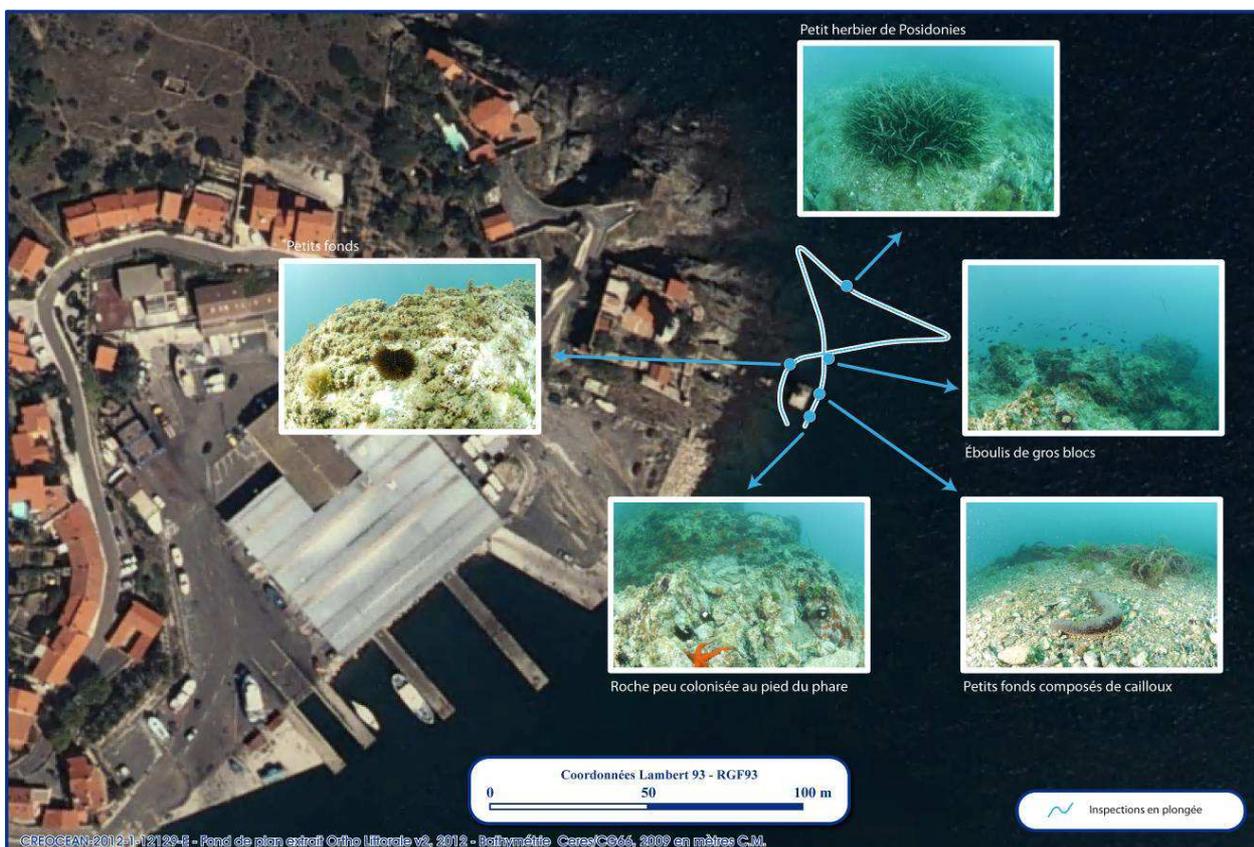


Tableau 2 : Inventaire semi-quantitatif de la zone rocheuse à l'entrée du port.
(d'après Créocéan, 2012).

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Inventaire
Algues brunes		
<i>Dictyota dichotoma</i>	Dictyote	++
<i>Dictyota linearis</i>	Dictyote	+
<i>Padina pavonica</i>	Padina pavonica	+
Algues rouges		
Corallinacées	Corallinacées	+
<i>Peyssonnelia sp.</i>	Algues rouges calcaires	+
Algues vertes		
<i>Codium bursa</i>	Béret basque	+++
<i>Codium fragile</i>	Codium fragile	+
Annélides		
<i>Eupolymnia nebulosa</i>	Polymnie	+
<i>Pomatoceros triqueter</i>	Serpule angulaire	++
<i>Serpula vermicularis</i>	Serpule	+
Ascidies		
<i>Didemnum sp.</i>	Didemnidé ind.	+
Bryozoaires		
<i>Myriapora truncata</i>	Faux corail	+
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>	Bryozoaires encroûtants rouges	+
<i>Sertella septentrionalis</i>	Dentelle de Neptune	+
Cnidaires		
<i>Aiptasia diaphana</i>	Aiptasie jaune	+
<i>Aiptasia mutabilis</i>	Aiptasie verte	+
<i>Anemonia viridis</i>	Anémone verte	++
<i>Eunicella singularis</i>	Gorgone blanche	+++
Echinodermes		
<i>Arbacia lixula</i>	Oursin noir	+++
<i>Echinaster sepositus</i>	Etoile rouge	+
<i>Holothuria tubulosa</i>	Holothurie tubuleuse	+
<i>Paracentrotus lividus</i>	Oursin commun	++
<i>Sphaerechinus granularis</i>	Oursin violet	1
Mollusques		
<i>Arca noae</i>	Arche de noé	+
<i>Bittium sp.</i>	Cérithie	+
<i>Chromodoris purpurea</i>	Doris rose	1
Phanérogames		
<i>Posidonia oceanica</i>	Posidonie	+
Poissons		
<i>Chromis chromis</i>	Castagnoles	++
<i>Coris julis</i>	Girelle royale	+
<i>Parablennius pilicornis</i>	Blennie pilicorne	+
<i>Seranus cabrilla</i>	Serran chevrette	+
<i>Symphodus mediterraneus</i>	Crénilabre yeux jaunes	1
<i>Symphodus melanocercus</i>	Crénilabre à queue noire	1
<i>Symphodus ocellatus</i>	Crénilabre ocellé	1
<i>Tripterygion delaisi</i>	Tripterygion jaune	+
Spongiaires		
<i>Anchinoe tenacior</i>	Eponge encroûtante bleue	1
<i>Aplysina aerophoba</i>	Vérongia	+
<i>Cliona celata</i>	Clione jaune	+
<i>Cliona viridis</i>	Clione verte	+
<i>Crambe crambe</i>	Eponge encroûtante orange	+
<i>Oscarella lobularis</i>	Oscarelle	1
Autres		
Macrodéchets		

L'inventaire sur la zone de l'entrée du port permet de mettre en évidence 42 espèces sur la zone. Parmi ces espèces, les espèces dominantes sont :

- L'Algue verte : Béret basque (*Codium bursa*) ;
- Le Cnidaire : Gorgone blanche (*Eunicella singularis*) ;
- L'Echinoderme : Oursin noir (*Abracia lixula*).

Ces espèces sont typiques des zones peu profondes des milieux rocheux de la région. Il faut noter par contre la présence de plusieurs taches de *Posidonia oceanica* qui est un habitat prioritaire (Créocéan, 2012).

Les herbiers trouvés à l'Ouest de l'entrée du port sont de petites surfaces (inférieures à 20 m²) et ne montre pas de signes particuliers de dégradation. Les deux herbiers à l'Est de l'entrée du port correspondent aux zones identifiées par le réseau Natura 2000. Les contours définis par le DOCOB sont donnés à une échelle assez large et ne permettent pas de faire une comparaison fine de mouvement de régression ou d'avancée de l'herbier. Mais globalement, les contours de la bibliographie correspondent à ceux identifiés sur le terrain (Créocéan, 2012). D'autres taches de Posidonie sont trouvées durant les différentes plongées mais sont trop petites pour être cartographiés (Créocéan, 2012).

Visuellement, les herbiers étudiés ne présentent pas de signe de dégradation et paraissent en bonne santé. Sur la zone la moins profonde, les herbiers peuvent atteindre des taux de recouvrement de plus de 80 % de la surface au sol, aucun déchaussement n'est noté et la charge épiphytaire ne semble pas très importante. Par contre, de grandes surfaces de mattes mortes dans l'ensemble du port sont notées. Ces surfaces indiquent la présence d'un herbier historique mais qui peut dater de plusieurs dizaines d'années. De nombreux macrodéchets dans l'herbier sont présents mais servent de support à différentes espèces (Créocéan, 2012).

La présence de plusieurs Grandes nacres (*Pinna nobilis*), espèce protégée en Méditerranée, est notée au sein de l'herbier ainsi que des juvéniles qui confirme que cet habitat leur est favorable. La présence de juvéniles de poissons est aussi notée mais l'identification n'est pas possible (Créocéan, 2012).

D'après Créocéan (2012), l'herbier de Posidonie de l'avant-port de Port-Vendres est un herbier en bonne santé sans traces de dégradation. L'importante zone de matte morte autour indique la présence d'un herbier historique qui a sûrement régressé suite à l'implantation du port ou à l'apparition de certaines activités portuaires. La comparaison avec la cartographie du réseau Natura 2000 réalisée en 2005 ne permet pas d'affirmer que cette régression continue. De plus, des Grandes Nacres sont notées régulièrement dans l'herbier.

Zone large du port

En cas de dragage de la zone proche de l'Anse des Tamarins, la zone du port pourra être sous l'influence du panache turbide généré par cette activité.

Des photographies sous-marines géoréférencées ont été réalisées (Figure 6, Figure 7, Figure 8). En complément des photographies, un inventaire semi-quantitatif a également été réalisé (Tableau 3) (Créocéan, 2012).



Figure 6 : Cartographie des habitats sur le transect 1 du port.
(d'après Créocéan, 2012).

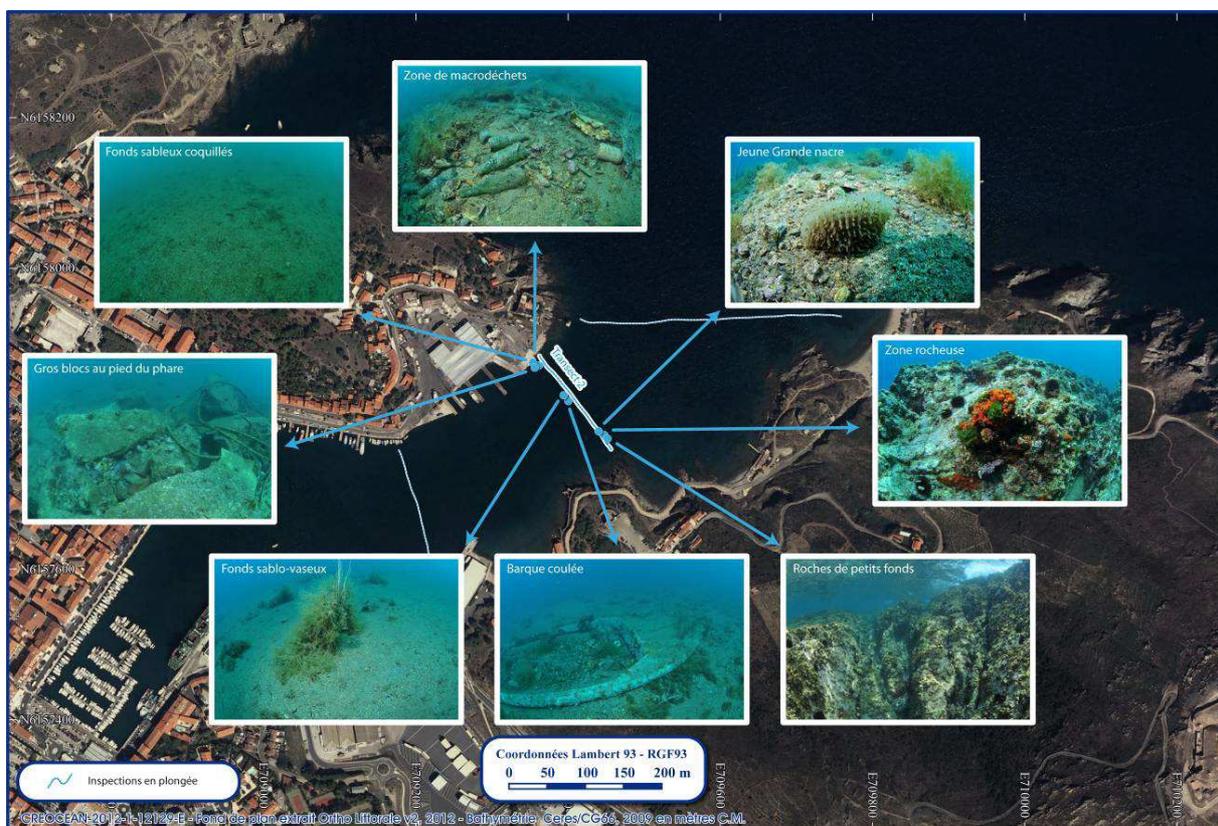


Figure 7 : Cartographie des habitats sur le transect 2 du port.
(d'après Créocéan, 2012).



Figure 8 : Cartographie des habitats sur le transect 3 du port.
(d'après Créocéan, 2012).

Tableau 3 : Inventaire semi-quantitatif de la zone large du port.
(d'après Créocéan, 2012).

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Zone intérieure du port		
		Transect 1	Transect 2	Transect 3
Algues brunes				
<i>Dictyota dichotoma</i>	Dictyote	+	+	
<i>Dictyota linearis</i>	Dictyote	++	++	++
<i>Padina pavonica</i>	Padine		+	
Algues rouges				
Corallinacées	Corallinacées	+	+	+
<i>Peyssonnelia sp.</i>	Algues rouges calcaires	+	+	+
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	Sphaérocoque		1	+
<i>Acetabularia acetabulum</i>	Acetabulaire		1	
Algues vertes				
<i>Codium bursa</i>	Béret basque	++	+	+
<i>Codium fragile</i>	Codium fragile	+	1	
Annélides				
<i>Filograna sp.</i>	Salmacine	1		
<i>Sabella spallanzanii</i>	Spirographe			+
Ascidies				
<i>Didemnum sp.</i>	Didemnidé ind.	+		
<i>Halocynthia papillosa</i>	Acidie solitaire rouge	1		
<i>Phallusia mammillata</i>	Phallusie blanche			+
Bryozoaires				
<i>Pentapora fascialis</i>	Rose de mer	+		
<i>Sertella septentrionalis</i>	Dentelle de Neptune	+		
Cnidaires				
<i>Alcyonium coralloides</i>	Alcyon encroûtant	+	+	
<i>Eunicella singularis</i>	Gorgone blanche	++	++	++
<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	Gorgone orange	+		
Crustacés				
<i>Balanus sp.</i>	Balanes	+	+	
Echinodermes				
<i>Arbacia lixula</i>	Oursin noir	+	+	
<i>Coscinasterias tenuispina</i>	Etoile de mer épineuse		1	
<i>Echinaster sepositus</i>	Etoile rouge	+	+	1
<i>Holothuria tubulosa</i>	Holothurie tubuleuse	+	+	
<i>Paracentrotus lividus</i>	Oursin commun		+	
<i>Psammechinus microtuberculatus</i>	Oursin grimpeur	1		
<i>Sphaerechinus granularis</i>	Oursin violet	+	1	
Mollusques				
<i>Bittium sp.</i>	Cérithé		+	
<i>Bolinus brandaris</i>	Rocher épineux		1	1
<i>Hexaplex trunculus</i>	Rocher fascié	+		+
<i>Pinna nobilis</i>	Grande nacre		1	
Phanérogames				
<i>Posidonia oceanica</i>	Posidonie	++		1
Poissons				
<i>Chromis chromis</i>	Castagnoles	++		+
<i>Coris julis</i>	Girelle royale	+	+	
<i>Scorpaena notata</i>	Rascasse pustuleuse	1		
<i>Seranus cabrilla</i>	Serran chevrette	+		
Spongiaires				
<i>Anchinoe tenacior</i>	Eponge encroûtante bleue		1	
<i>Aplysina aerophoba</i>	Vérongia	+		
<i>Cliona celata</i>	Clione jaune	+		
<i>Cliona viridis</i>	Clione verte	+	++	
<i>Crambe crambe</i>	Eponge encroûtante orange	++	++	1
Autres				
<i>Macrodechets</i>		++	++	++

Les trois transects inventoriés montrent de grandes zones à dominantes vaseuses avec des richesses spécifiques très faibles typiques des zones de fonds de port. De nombreux macrodéchets pouvant atteindre des grandes tailles (plusieurs mètres) ont été observés. Ces derniers sont très bien colonisés et notamment par la Gorgone blanche (*Eunicella singularis*) (Créocéan, 2012).



Figure 9 : Bidon abandonné colonisé par *Eunicella singularis*.
(d'après Créocéan, 2012).

Les zones peu profondes sont dominées par la roche où de nombreuses espèces sont installées. Ces espèces sont typiques des petits fonds rocheux de la zone dominées par les oursins, les codiums et les dictyotes. De nombreux poissons aussi typiques de ces zones, tels que les Girelles ou les Castagnoles, se retrouvent (Créocéan, 2012).

A proximité de ces zones rocheuses, de nombreuses taches d'herbiers à *Posidonia oceanica* et de matte morte de Posidonie ont été observées, notamment sur le transect n°1, ce qui prouve une importante colonisation par le passé (Créocéan, 2012).

La configuration du port de Port-Vendres est particulière, installé dans une grande baie rocheuse ouverte. La circulation des masses d'eau semble bien se faire puisque le dépôt de vase sur le fond n'est pas très important. Ce constat est confirmé par la présence d'herbiers à *Posidonia oceanica* et de grandes nacres (Créocéan, 2012).

Par contre, la présence d'une Grande Nacre vivante et de deux Grandes nacres mortes sur le transect n°2 prouve que cette espèce peut être présente sur l'ensemble de la zone du port. Un autre individu est répertorié au pied du quai existant à l'ouest de l'Anse des Tamarins (Créocéan, 2012).

Les zones intérieures du port de Port-Vendres sont principalement recouvertes de vase mais la présence de nombreux macro-déchets et de roches éparses permettent à de nombreuses espèces de milieux rocheux de s'installer. Ces espèces sont typiques des petits fonds rocheux de la région. Aucune espèce ou prolifération d'espèce pouvant créer perturbation n'est notée dans les zones prospectées. Sur les bords du port, des herbiers de *Posidonia oceanica* ou des taches éparses de Posidonie sont observés. De même, la présence de plusieurs individus de *Pinna nobilis* permet de supposer que cette espèce peut être présente en faible densité sur l'ensemble de la zone du port (Créocéan, 2012).

2.4.3 Méthodologie des inventaires spécifiques aux espèces protégées

Suite aux inventaires des biocénoses sous-marines réalisés par la société Créocéan en juin et en juillet 2012 (Créocéan, 2012) et à une inspection visuelle de l'anse des Tamarins par la société Nautilus Roussillon en septembre 2014, l'étude environnementale pour la constitution de l'état initial vis-à-vis des espèces protégées a été complétée par la société SEANEO. Les interventions sur le terrain ont eu lieu le 14 novembre 2014.

L'échantillonnage a ainsi été réalisé sur les zones soumises au recouvrement par l'ouvrage et au déroctage, intégrant une bande supplémentaire d'environ 20 à 30 m de large.

L'échelle de l'état initial du site et de son environnement est ainsi adaptée à l'échelle du projet de façon à pouvoir restituer de manière claire et lisible les enjeux liés à l'espèce à l'intérieur du périmètre projeté à l'aménagement.

L'échantillonnage par bande transect a été utilisé (García-March et Vicente, 2006). Ce protocole a également été mis en place au niveau du port de Banyuls sur Mer (Preuvost, 2010) et du port de Leucate (Dalias *et al.*, 2011). Deux plongeurs de chaque côté du transect évoluent en parallèle et observent chacun sur une largeur adaptée aux conditions environnementales et à la visibilité (Figure 10). Dans la zone la moins profonde de l'anse des Tamarins, des transects supplémentaires parallèles au rivage ont été réalisés en raison de la présence d'individus juvéniles de *Pinna nobilis*.

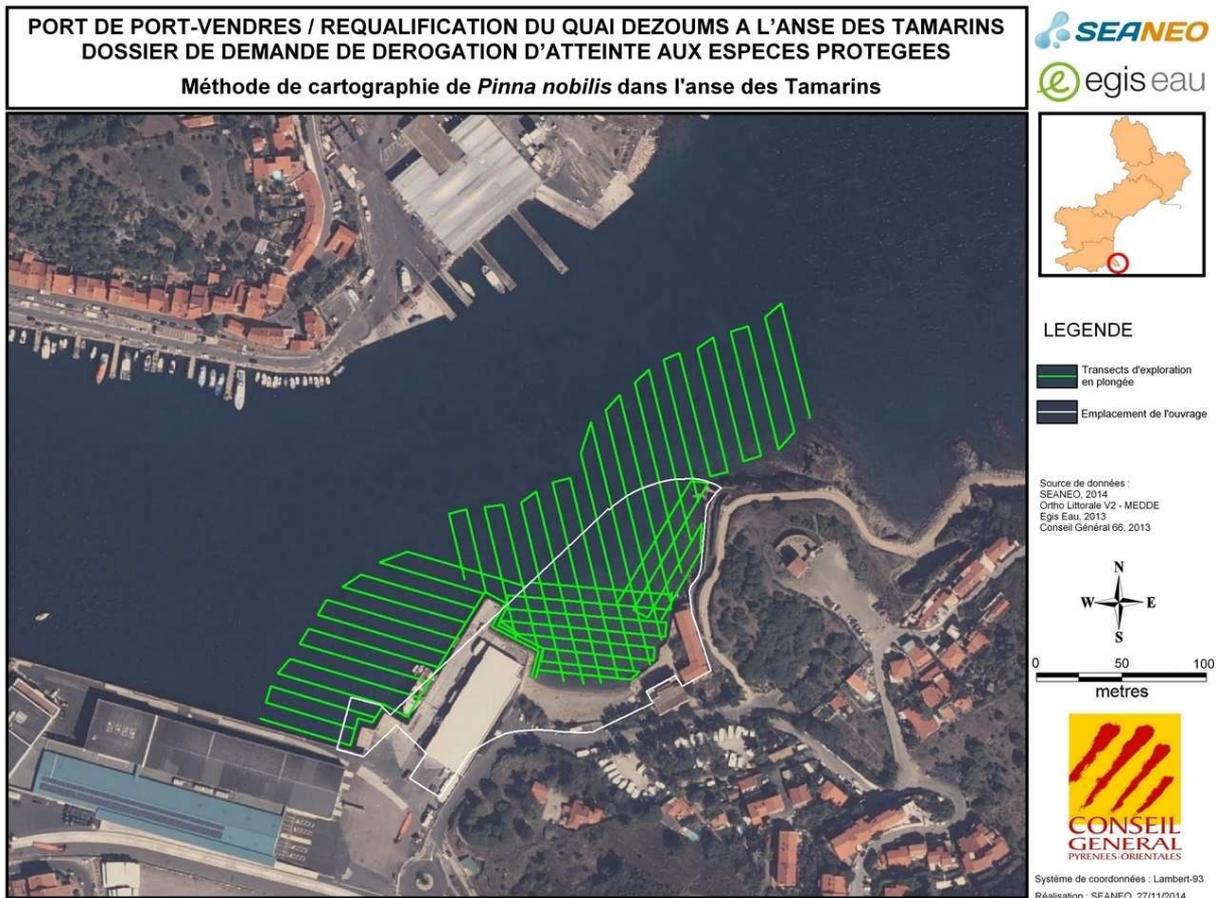


Figure 10 : Méthode de cartographie de *Pinna nobilis* dans l'anse des Tamarins.

Lorsqu'une *Pinna nobilis* est observée, le plongeur procède au relevé des paramètres définis dans la section suivante, tandis qu'un flotteur est déployé en surface. Le support nautique enregistre alors à la verticale la position GPS de la nacre. Lorsque le système bout-flotteur est rembobiné, les plongeurs continuent leur prospection. Une fois le premier transect terminé, les plongeurs prospectent le deuxième transect.

La Hauteur hors sol (Hs) (Moreteau et Vicente, 1980), la profondeur et le type de substrat ont été mesurés.

Les mesures des paramètres sont réalisées à partir de compas à pointe sèche, de pied à coulisse et de mètre ruban. Les mesures au compas sont reportées sur le mètre-ruban. L'utilisation du compas permet aux mesures de ne pas être faussées par le bombé de la coquille et les épibiontes qui y sont fixés.

Par ailleurs, chaque nacre mesurée est marquée (Figure 11). L'ensemble de ces données est compilé sur une fiche d'observation.

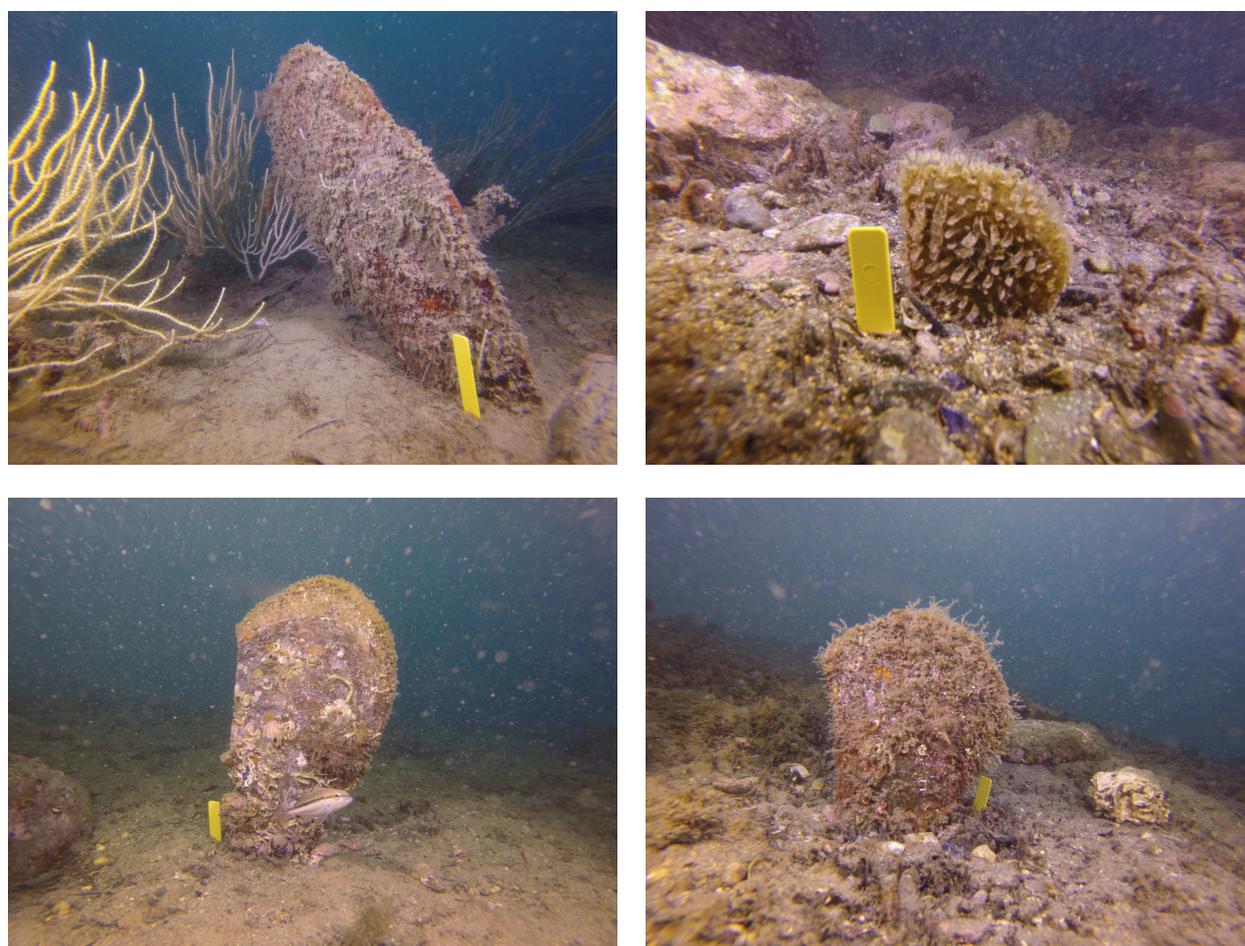


Figure 11 : Individus de *Pinna nobilis* marqués à Port-Vendres.

2.4.4 Résultats des inventaires spécifiques aux espèces protégées

57 individus de *Pinna nobilis* ont été inventoriés dans la zone du projet, entre 1,4 et 9,7 m de profondeur. Environ 77 % des individus sont implantés sur de la matte morte de *Posidonia oceanica* discontinue (alternance de taches de matte morte et de bancs sédimentaires), correspondant donc à un « substrat privilégié », dont la zone a été définie par la méthode dite de « krigeage ». La zone de matte morte discontinue concerne environ 5 065 m² des fonds marins (Figure 12).

La densité moyenne est décrite ci-dessous (Tableau 4).

Tableau 4: Densité moyenne de *Pinna nobilis* dans la zone du projet.

	Zone d'étude totale	Matte morte
Superficie (m²)	32 000	5 065
Nombre de <i>Pinna nobilis</i>	57	44
Densité <i>Pinna nobilis</i> / 100 m²	0,18	0,87

Pinna nobilis est bien représentée en milieu lagunaire (Dalias et Fabre, 2011 ; Dalias et Fabre, 2012 ; Dalias et Fabre, 2013) mais également en milieu portuaire comme à Banyuls sur Mer, à Port-Leucate, à Sète (Dalias *et al.*, 2011 ; Créocéan, 2012 ; Dalias *et al.*, 2013a ; Dalias *et al.*, 2013b). Par exemple, à Port-Leucate, en fonction de la surface envisagée (zone d'étude totale, bassin d'honneur, zone de concentration correspondant à un « substrat privilégié »), la densité était comprise entre 0,6 et 2,11 individus / 100 m². A Sète, sur trois zones étudiées, la densité moyenne était de 0,29 individus / 100 m². La présence de *Pinna nobilis* dans des bassins portuaires tendrait donc à montrer que les conditions sont favorables à son maintien en phase d'exploitation.

Tableau 5 : Densité moyenne de *Pinna nobilis* en Méditerranée.

Zone d'étude	Localisation	Densité (nombre d'ind / 100 m ²)	Année du suivi
Banyuls sur Mer	France	0,1	2010
Mer Adriatique	Croatie	0,2	2002
Sète	France	0,29	2014
Port Leucate	France	0,6	2011
Etang de Salses-Leucate	France	0,88	2011
Porquerolles	France	0,9	2009
Parc National de Port-Cros	France	3,4	2009
Scandola	France	0 à 3,5	2001
Baléares	Espagne	10	2001
Moraira	Espagne	1 à 12	1991
Cap d'Agde	France	2 à 7	2001
Iles Kerkena	Tunisie	3 à 7	1993
Sardaigne	Italie	3,3 à 11,6	2009

L'estimation de la densité normale d'individus des populations de *Pinna nobilis* dépend de l'échelle. Pour de grandes étendues (grand herbier de plusieurs kilomètres carrés), la concentration de 1 individu / 100 m² pourrait être considérée comme une densité normale, au delà de 5 individus / 100 m² la densité serait élevée, et au delà de 10 individus / 100 m² comme très élevée. Si, au contraire, l'étendue considérée est plus petite (petite baie, lagon côtier, etc.), comme à Port-Vendres, 5

individus / 100 m² serait considérée comme une faible densité, 10 individus / 100 m² comme élevée, et au dessus de ce chiffre comme très élevée. Ces populations aux densités de plusieurs individus au mètre carré seraient exceptionnelles.



Figure 12 : Carte de synthèse sur la localisation des espèces protégées à proximité du projet (anse des Tamarins).

La hauteur hors sol des individus de *Pinna nobilis* est comprise entre 2 cm et 34 cm, soit une moyenne de 9,64 cm. Les plus petits individus (hauteur hors sol inférieure à 10 cm ; 64,92 % de la population recensée) pourraient être des juvéniles. Sur la zone d'étude, le recrutement semblerait donc important. Malgré tout, de nombreux individus de juvéniles morts (hauteur totale comprise entre 10 et 15 cm) ont été observés, résultat d'une possible prédation naturelle par des daurades ou des céphalopodes (Combelles *et al.*, 1986 ; Fiorito et Gherardi, 1999 ; Boudouresque, 2012), également observés sur la zone d'étude.

La hauteur moyenne hors sol des individus de *Pinna nobilis* de la zone du projet (milieu portuaire, fond sédimentaire et matte morte de Posidonie) est inférieure à celles mesurées :

- Sur le site de Peyrefite (milieu marin, fond avec des herbiers de Posidonie) au sein de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls (12,3 cm de hauteur hors sol moyenne) (Payrot et Jenot, 2009).
- Sur le port de Port-Leucate (milieu lagunaire et portuaire, fond alluvionnaire fluide en surface) (23,56 cm de hauteur hors sol moyenne). La hauteur hors sol des individus de *Pinna nobilis* était comprise entre 7 cm et 37 cm (Dalias *et al.*, 2011).

Aucune autre espèce protégée n'a été observée dans la zone concernée par les travaux.

Le projet de requalification du quai Dezoums concerne donc directement deux espèces protégées. En effet, plusieurs individus de *Pinna nobilis* ont été inventoriés sur et à proximité immédiate des travaux. Les herbiers de *Posidonia oceanica* vivants se situent à quelques centaines de mètres et doivent donc faire l'objet d'une évaluation des impacts du projet. Enfin, la matte morte de Posidonie (qui garde le même statut de protection réglementaire que la plante vivante) se situe sur la zone de projet et sera donc soumise aux impacts directs (Figure 13).

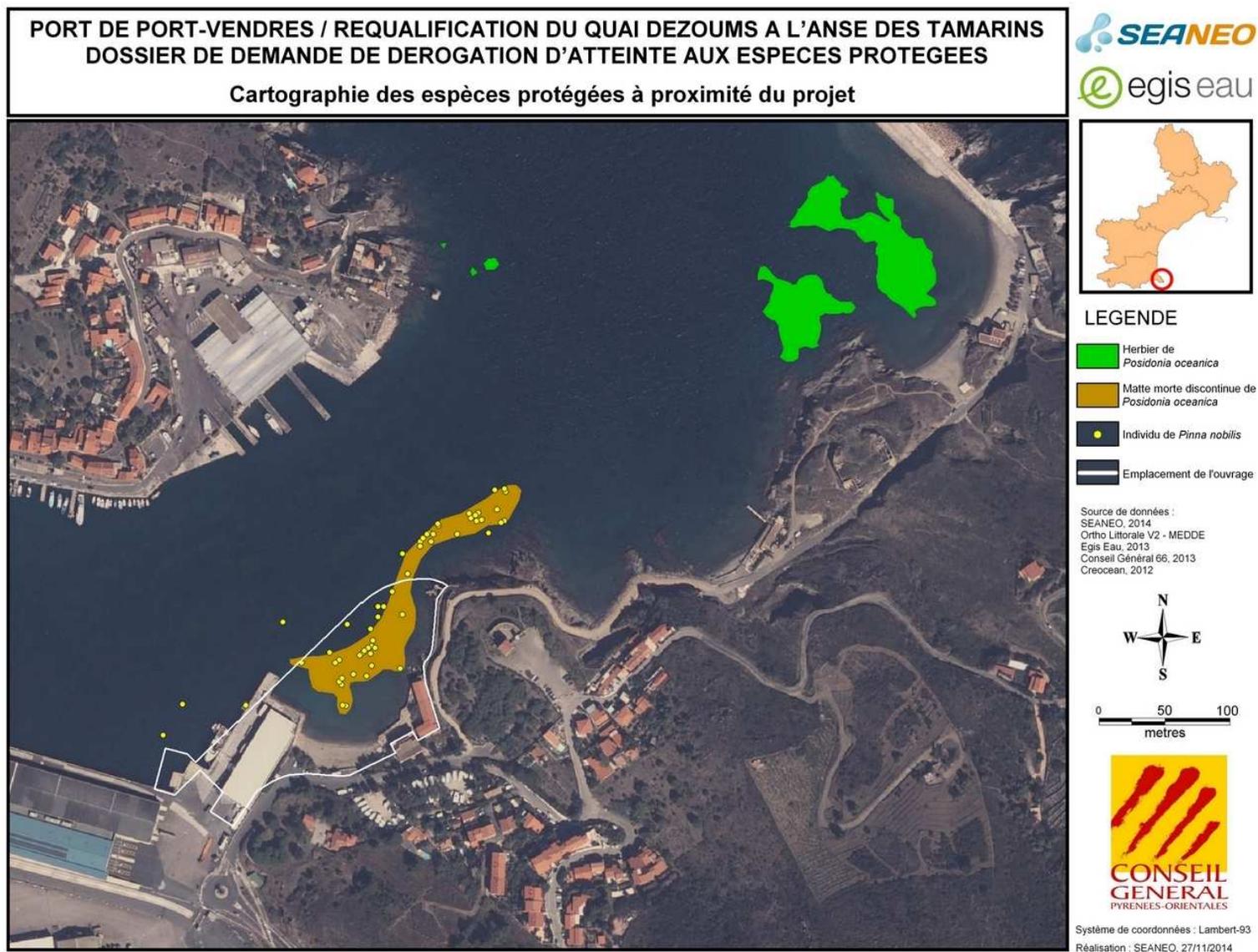


Figure 13 : Carte de synthèse sur la localisation des espèces protégées à proximité du projet (zone plus étendue du port).

3 L'environnement du projet, les activités connexes au projet et leurs impacts avérés ou prévisibles sur les habitats et les espèces protégés

L'environnement du projet, les activités connexes au projet et leurs impacts avérés ou prévisibles sur les habitats et les espèces protégés sont décrits dans les précédents chapitres communs à l'ensemble du dossier de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées au titre des articles L 411-1 et 2 du Code de l'Environnement (partie 1).

4 Présentation des espèces protégées faisant l'objet de la demande et de leur environnement

4.1 Contexte écologique de la zone portuaire de Port-Vendres

4.1.1 Caractéristiques générales de la zone d'emprise du projet et sa zone d'influence

Situé au Sud-Est du département des Pyrénées-Orientales (66), à 30 km de Perpignan et à 20 km de l'Espagne, entre Collioure et Banyuls-sur-Mer, Port-Vendres est un port naturel en eaux profondes (de -16 m de profondeur à - 2 m) parfaitement abrité. Le port est logé dans une anse de la côte rocheuse des Albères, protégé des vents du Nord-Ouest (Tramontane) et du Sud-Est (vent d'Aval), les plus fréquents dans cette région, par des collines abruptes. Les principales activités du port sont le commerce, les croisières, la pêche et la plaisance (Figure 14).

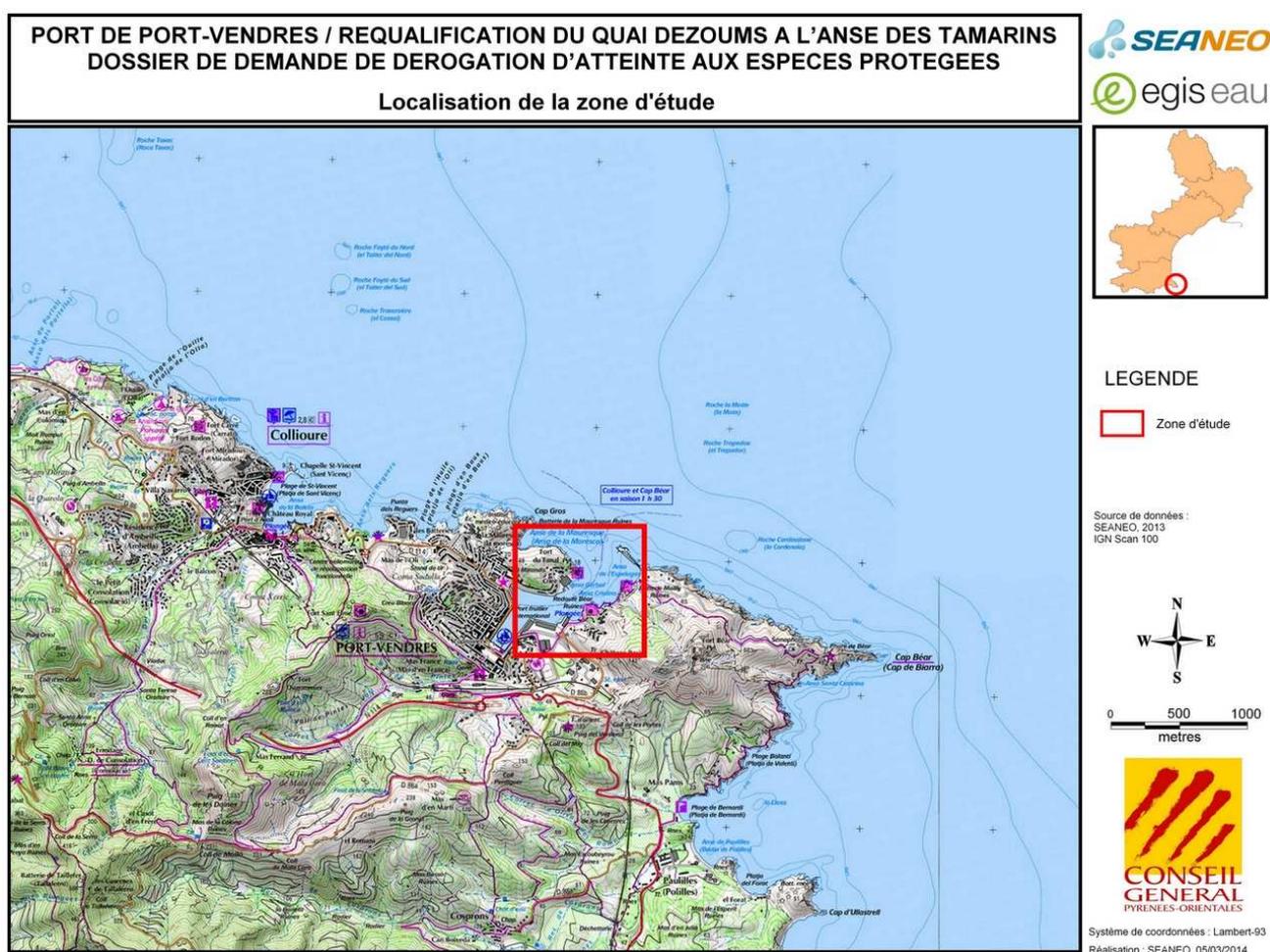


Figure 14 : Localisation du site de Port-Vendres.
(d'après Créocéan, 2012);

4.1.1.1 Contexte climatique

4.1.1.1.1 Températures

Les moyennes thermiques annuelles sous abri sont très généralement supérieures à 15°C. La moyenne des mois les plus froids (de décembre à mars) est de 12°C, celle des mois les plus chauds (de juin à septembre) est de 18°C. Les étés sont chauds (22° à 25 °C, en moyenne, en juillet et en août), mais les brises de mer résultant du fort contraste thermique entre terre et mer pendant le jour rendent agréables le secteur littoral. Les hivers sont relativement doux, les températures de janvier sont de l'ordre de 7° à 9°C . Pendant 128,5 jours par an les températures sont supérieures à 18°C, et pendant 59 jours, supérieures à 25°C.

Tableau 6 : Températures moyennes mensuelles et annuelles sur les communes du SCOT Littoral Sud dont Port-Vendres
(d'après EIE, SCOT Littoral Sud, 2011).

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Aou t	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
T° Moyenne	9,1	9,6	10,9	13	16,2	19,9	22,9	22,6	20,3	16,8	12,6	10	15,3
Moyenne des T° Minimales	6,4	6,9	8	10,1	13,2	16,8	19,7	19,4	17,3	14,1	9,9	7,3	12,4
Moyenne des T° Maximales	11,8	12,4	13,8	16	19,2	23	26,2	25,7	23,3	19,6	15,2	12,7	18,2

4.1.1.1.2 Précipitations

Le climat des Pyrénées-Orientales est un climat typiquement méditerranéen, caractérisé par des étés secs et de violents orages à l'automne. Les pluies sont rares, irrégulières et le plus souvent de faible importance sauf lors d'épisodes rares et violents. Ceux-ci sont à l'origine de l'érosion du sol et de crues subites des torrents ou ruisseaux. D'après Météo France, la moyenne annuelle de pluviométrie en 2011 est particulièrement haute avec 931 mm par rapport à 2010 avec 605,6 mm et 2005 avec 620 mm. D'après le site Alertes Météo, le nombre moyens de jours par an de pluies fortes au Cap Béar est de 26 jours.

4.1.1.1.3 Vents

Ville du littoral méditerranéen sous la latitude la plus méridionale de France (42°31' N de latitude), Port-Vendres est exposée aux vents dominants du Nord-Ouest et suffisamment protégée des vents du Sud par les Albères (240 jours de vent par an au total). La commune est sous l'influence des vents suivants :

- La Tramontane : ce vent du Nord-ouest souffle 1 j sur 3 avec violence. Sa vitesse optimum mensuelle varie de 23 à 43 m/s ;
- Le Vent d'Est (marin) : ce vent moins fréquent souffle 1 j sur 6, il annonce des orages et des grains ;
- Le Vent du Sud : de courte durée, il succède immédiatement aux tempêtes de vent du Nord-Ouest (La Tramontane) ;
- La brise de mer : elle se fait sentir tout l'été, se lève vers 9 h le matin et tempère les journées chaudes (Victoire, 2001).

La sécheresse estivale accompagnée de vents violents (tramontane) qui accélèrent la déperdition d'eau, tant au niveau du sol que de la végétation, favorise l'augmentation des risques d'incendies.

4.1.1.2 Contexte géographique et géologique

La commune de Port-Vendres, construite autour du port, est caractérisée par une topographie accentuée avec une forte déclivité moyenne. La topographie de la commune rend tout équipement onéreux et constitue une donnée discriminante quant au choix d'urbanisation de certains secteurs. De plus, le relief tortueux sur lequel est plaqué le maillage orthogonal des rues, interdit la circulation automobile sur certaines voies ponctuées de volées d'escaliers.

La zone portuaire, dont les bassins en eau profonde concernent environ 60 % de la surface, présente une topographie peu marquée, surtout au Sud, où les terrains sont les plus plats. La montagne du Fort Béar domine le Sud du port et montre un versant à forte pente jusqu'à la mer. Des falaises bordent le parcours menant au Môle-Abri.

4.1.1.2.1 Géologie locale

Le sol est constitué de roches cristallophylliennes, essentiellement des micaschistes clairs à séricités et chlorites de couleur gris vert, alternant localement avec des niveaux de schistes sombres, gris noir, chargés de sulfures (pyrite principalement) et des niveaux plus siliceux de grès ou de quartzites fréquemment injectés de filonnets ou d'amas lenticulaires de quartz gris ou blancs.

La série schisteuse constituée de terrains de différentes duretés à intercalations de calcaires plus ou moins métamorphiques, de filons de quartz et de niveaux graphiteux, appartient à la Haute Chaîne Primaire des Pyrénées. Ces divers niveaux affectés de nombreux replis, présentent une disposition de direction générale Sud-Est, Nord-Ouest.

Sur le territoire de Port-Vendres le massif des Albères porte largement en relief la couverture schisteuse localement quartzitique du socle gneissique hercynien non visible. L'ensemble de ces roches intensément déformé lors de l'orogénèse hercynienne présente une extrême sensibilité des versants au terrassement qui ne peut être ignorée.

Une très faible couverture de sol meuble est observée: ce sont des altérites surmontant avec plus ou moins de puissance les formations du substratum schisteux. Autrement dit, outre l'extrême sensibilité au terrassement, la sensibilité de l'ensemble des terrains naturels de Port-Vendres au risque de ravinement mérite d'être signalée. Ce sont les altérites de surface qui sont les plus sensibles aux ruissellements et susceptibles d'entraînement vers les cours d'eau.

4.1.1.2.2 Caractéristiques géologiques de l'anse des Tamarins

Les couches de vase en place à l'Anse des Tamarins ont été étudiées par GINGER CEBTP en 2011, ce qui a permis d'estimer les hauteurs de sédiments en place et déterminer leurs caractéristiques mécaniques. Une première campagne de sondages qui a été effectuée par FONDASOL en 1999 (EMO.99122 ind A) a servi de comparaison. L'observation a été centrée sur l'emplacement retenu pour l'implantation du nouveau quai avec des essais de laboratoires.

Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous:

- Un tableau récapitulatif des couches obtenues et à quelle profondeur elle est présente lors de la campagne 2011 et celle de FONDASOL en 1999 ;
- Un plan des iso-épaisseurs des dépôts vasards à sableux ;
- Un plan des isohypses⁷ du toit du substratum sain.

Les horizons successifs reconnus par les différents sondages sont de haut en bas :

- Des dépôts de vase sableuse et de sable plus ou moins vasard. Ils présentent de nombreux fils végétaux, et sont de couleur grise ;
- Une couche de fracturation et d'altération ;
- Le schiste sain.

Au niveau du poste Ro-ro, le sondage SP3 réalisé sur le quai, a montré une épaisseur de 4,6 m de remblai, avant de retrouver le schiste très légèrement altéré en tête. Il est possible de considérer que le schiste se trouve à 3,2 m sous le niveau de la mer.

Une description superficielle des sédiments de l'Anse des Tamarins a été réalisée en mars 2001 par le laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer, dans le cadre de leur étude des populations benthiques. Elle fait état d'une nature variée des sédiments avec les répartitions suivantes :

- Des cailloux et sables grossiers de bord de plage ;
- Du sable fin au Sud-Est ;
- La bordure Nord-Est de l'Anse, sur une largeur d'environ 20 m est constituée de roches et de blocs, se prolongeant par une zone de cailloux, de graviers et de sable mélangés ;
- Matte d'herbier mort en position centrale et vers le Nord formant un talus de 2 à 3 m de haut, en pente assez forte se terminant sur la vase fine du fond du port vers 9-10 m de profondeur ; cette matte d'herbier mort est recouverte de sable fin au centre ;
- Roche et cailloux cimentés par des algues encroûtantes au centre de l'Anse.

4.1.1.2.3 Contexte hydrogéologique

La masse d'eau souterraine concernant le projet est inventoriée sous le n°FR_DG_617 et sous le nom : « Domaine plissé Pyrénées axiales dans le Bassin Versant du Tech, du Réart, et de la côte Vermeille ». La masse d'eau souterraine est affleurante et sa recharge se fait par les précipitations sur les affleurements, et par la fonte des neiges.

Les formations géologiques concernées sont des schistes, gneiss, granites migmatiques et formations sédimentaires plus ou moins métamorphisées du Primaire à l'Antécambrien. Les aquifères présents sont donc liés aux zones altérées superficielles ou à des zones fissurées. Ces aquifères sont très morcelés. Le milieu est fissuré, hétérogène et imperméable à structure très complexe.

Les aquifères présents sont trop discontinus pour qualifier nettement les échanges aux limites qui doivent donc être considérés comme globalement étanches. La zone saturée est constituée par les formations d'altérites toujours riches en matériaux argileux ou les roches massives en cas d'aquifère de fractures. Les eaux de ces aquifères sont bicarbonatées, calciques, très souvent agressives et chlorurées sodiques sur le littoral. L'aquifère, de nature schisteuse est peu vulnérable car peu perméable (Egis, 2014).

La station de mesure de référence la plus proche concernant la masse d'eau souterraine profonde, FR_DG_617 « Domaine plissé Pyrénées axiales dans le Bassin Versant du Tech, du Réart, et de la côte Vermeille », est Forage du Val Auger (code station : 11013X0002/F), située à environ 5 km au Sud-Ouest de l'aire d'étude à Banyuls-sur-Mer. Globalement, les eaux de la masse d'eau affleurante au droit de cette station présentent une bonne qualité depuis 2008. La qualité de la masse d'eau souterraine « Domaine plissé Pyrénées axiales dans le Bassin Versant du Tech, du Réart, et de la côte Vermeille » d'après les objectifs de la DCE est bonne. Par ailleurs, la zone de projet n'est pas localisée dans un périmètre de protection de captage d'eau potable (Egis, 2014).

4.1.1.2.4 Contexte hydrologique, réseau hydrographique de Port-Vendres

Principaux cours d'eau

Des cours d'eau et des ravins à écoulement temporaire drainent le territoire de Port-Vendres. Alors que la plupart de ces collecteurs au caractère torrentiel affirmé possèdent de petits bassins versants de superficie comprise entre 10 et 100 ha, deux appareils torrentiels complexes par les multiples affluents de leur bassin d'alimentation se distinguent par les enjeux exposés. Ce sont le ruisseau de Val de Pintas et le ruisseau du Cosprons :

- Le ruisseau de Val de Pintas : cours d'eau côtier au bassin versant ouvert au flanc Nord-Est des contreforts des Albères dominés par le Puig de Las Dayne en territoire communal de Collioure. D'une longueur de 3 km pour un bassin versant de 2,85 km² et une pente moyenne de 11 %, il rejoint le port en pleine ville, au niveau du quai Joly par un lit artificialisé.
- Le ruisseau du Cosprons : cours d'eau côtier au bassin versant ouvert au flanc Nord-Est des contreforts des Albères dominés par la Tour de Madeloc. D'une longueur de 8,9 km pour un bassin versant de 7 km² et une pente moyenne de 18 %, il rejoint l'Anse de Paulilles par un lit rocheux.

Ces deux principaux cours d'eau ont en commun d'avoir des bassins versants faiblement boisés à dénudés ou voués à la vigne. De ce fait, ils présentent une faible protection de leurs sols meubles reposant sur un substratum imperméable et un faible pouvoir de rétention efficace pour des précipitations d'intensité normale.

En période de crue, une charge solide non négligeable, essentiellement à base de plaquettes schisteuses est alors disponible et facilement transportée. Cette situation pourrait être aggravée par les incendies et les nouvelles pratiques culturales (suppression des terrasses sur murets au profit de parcelles d'un seul tenant) (Egis, 2016).

Collecte des eaux pluviales

Le réseau d'évacuation des eaux pluviales se compose de 9,2 km de collecteurs séparatifs, 2 km de fossés et du système hydrographique naturel, avec un franchissement souterrain des voies SNCF. L'unique exutoire des eaux pluviales ruisselant sur le territoire communal est la Méditerranée au niveau du port, ainsi que l'anse de Paulilles. Etant donné les forts dénivelés du secteur d'étude, l'évacuation des eaux est plutôt bien réalisée. La présence de deux bassins dessableurs (Puig de la Grange, Val de Pintas) en amont du centre-ville permet de retenir une partie des matériaux solides transportés. Cependant le caractère torrentiel des écoulements peut entraîner des dysfonctionnements du réseau (embâcles, transport solide notamment). (Egis, 2016).

Écoulements lors de fortes pluies

Port-Vendres connaît des problèmes d'inondation, lors de précipitations violentes, par les ruisseaux du Val Pintas et du Cosprons, ainsi que par de petits émissaires issus des pentes Est des Albères. Les reliefs proches de la mer connaissent en effet des épisodes pluviométriques à forte intensité horaire générant des crues.

Les derniers événements connus concernent le mur fusible en 2014.

Le débit de pointe, pour un événement d'occurrence centennale, atteint 26 m³/s pour le Val Pintas, et 190 m³/s pour le Cosprons. Ces crues coïncident le plus souvent avec un régime de basses pressions régnant en Méditerranée, provoquant une élévation du niveau marin favorable alors au déferlement de vagues s'avancant profondément dans les Anses du littoral de Port-Vendres et au ralentissement du flux de crue. Cette concomitance est très défavorable aux urbanisations bordant le cours d'eau, voire le littoral (Egis, 2016).

L'étude hydraulique pluviale, menée en 2007, a permis d'identifier les dysfonctionnements et les travaux nécessaires pour résoudre les problèmes d'inondations et de ruissellement. Elle souligne notamment l'insuffisance du réseau pluvial, en quelques points localisés, pour des pluies de période de retour 10 ans avec risque de débordement sur des secteurs habités, au niveau notamment : du bassin versant du Ravin Christine, du bassin versant du Pla du port, du bassin versant du Ravin de Val Pintas, et du bassin versant Croix Blanche. Les aménagements proposés concernent principalement le recalibrage des ouvrages (buses) et le redimensionnement des tronçons sensibles (Egis, 2016).

4.1.1.2.5 Contexte hydrologique de l'anse des Tamarins

Les Ravins de Fort Béar, le Ravin du Pla de Port-Vendres et le Ravin des Tamarins, dont les exutoires se trouvent respectivement à l'intersection Quai de la Presqu'île – Quai Dezoums et au niveau de l'Anse Béar se rejettent dans le Port à 80m à l'Est et à l'Ouest de l'Anse des Tamarins.

La surface cumulée des Ravins des Tamarins et du Ravin du Pla de Port-Vendres atteint 48,9 ha pour un coefficient d'imperméabilisation moyen de 0,81.

Les débits décennal (3,6 m³/s) et centennal (8,6 m³/s) du Ravin des Tamarins (contre 12 et 28,9 m³/s pour le Ravin du Pla de Port-Vendres) montrent que, malgré la faible superficie des bassins, ces derniers sont capables de générer des débits importants lors des épisodes pluvieux intenses (Egis, 2016).

Il faut signaler que le Ravin des Tamarins est busé au droit du lotissement « Les Tamarins ». La tête amont des busages est vulnérable au risque d'obstruction, ce qui peut engendrer des inondations sur le lotissement lui-même et plus en aval, devant l'hôtel sans gêne pour les lieux habités, l'écoulement se faisant sur la voirie et le tunnel vers l'anse Béar.

Les eaux de ruissellement issues des surfaces actuellement imperméabilisées et traitées par les trois séparateurs de la zone portuaire (quais, voiries, aires de chargement et de déchargement des véhicules, etc.) vont à la mer. Ces zones de ruissellement sont relativement étendues et propices au dépôt de substances polluantes. En effet, les activités industrielles sur le site sont émettrices de poussières et de divers hydrocarbures et métaux. Ces produits demeurent aisément mobilisables par lessivage et aboutissent en mer. Ils sont alors dilués ou adsorbés à la masse sédimentaire (Egis, 2014).

4.1.1.3 Contexte océanographique

4.1.1.3.1 Bathymétrie

Bathymétrie du Cap Béar

La Méditerranée est une mer profonde avec une moyenne de 1 500 m. La bathymétrie est une donnée essentielle en Méditerranée puisqu'elle détermine en partie la répartition de la ressource halieutique et son abondance. La plupart des espèces vivent sur les plateaux continentaux et les talus. Le Golfe du Lion constitue une exception. Il est un vaste plateau de 15 000 km², allant jusqu'à 50 milles des côtes. Le poisson y est abondant.

Après la sortie du port de Port-Vendres, la côte se prolonge pour former le Cap Béar. La topographie des fonds de la face Nord du cap se caractérise par une descente rapide des fonds (0

à 15 m sur seulement 50 m de distance) constituée de roche massive laissant place, à 100 m de la côte, sur des fonds de 20 m, à une zone d'éboulis quasiment ininterrompue d'Ouest en Est. La face Sud du Cap Béar est beaucoup plus complexe et comprend l'Anse de Sainte-Catherine où se trouve un herbier de Posidonie conséquent. Les parties rocheuses immergées sont séparées par des bandes de sable. A partir de 20 m de profondeur, le coralligène se substitue à la roche sur une largeur équivalente. Les zones d'éboulis se situent principalement dans le prolongement des parties sableuses. Ce site abrite de nombreuses grottes, 8 ayant été localisées.

Bathymétrie au droit de la zone du projet

Le bassin portuaire se structure autour de son chenal d'accès, présentant des profondeurs permettant une navigabilité sécurisée. Il existe une dissymétrie marquée entre les deux bordures du chenal, due aux différences d'exposition, aux facteurs hydrodynamiques, et notamment à la houle. La zone d'étude se trouve dans des eaux peu profondes, à moins de 4 m de profondeur.

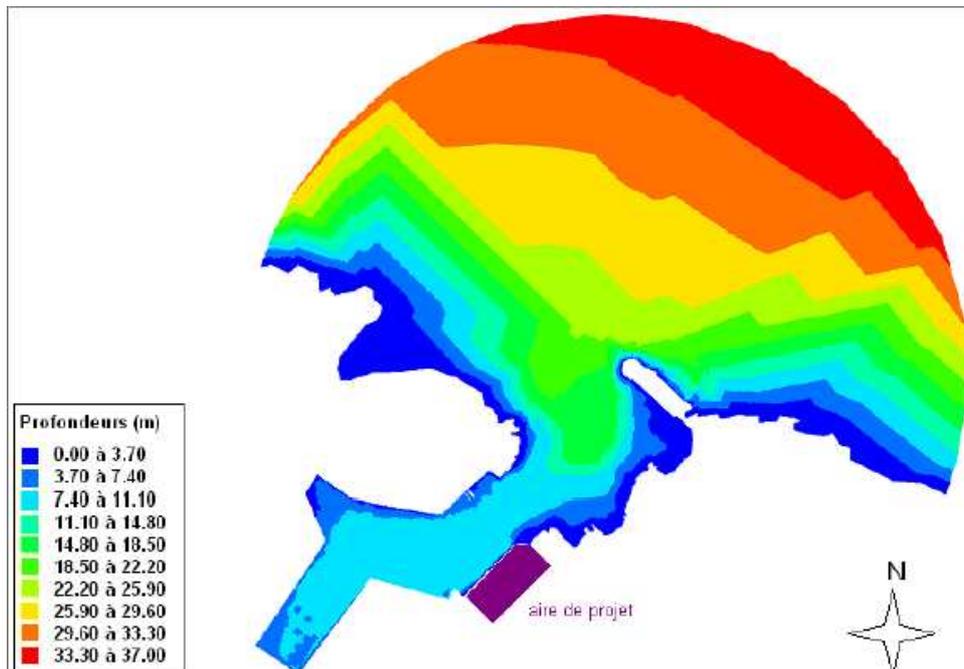


Figure 15 : Bathymétrie de la zone portuaire.
(d'après Etude d'agitation à Port-Vendres ; Egis Eau, 2013).

4.1.1.3.2 Marées et variation du niveau marin

La Mer Méditerranée est une mer à marées d'amplitudes limitées. En 1900, Pruvot a étudié les variations du niveau de la mer à Banyuls-sur-Mer qui se sont échelonnées de + 0,89 m (17 octobre 1898) à + 0,12 m (14 avril 1900), mais les niveaux inférieurs à + 0,25 m sont exceptionnels (DOCOB Posidonies, DREAL, 2004). Dans le cadre d'une étude sur la submersion marine dans le Languedoc Roussillon, la DREAL a synthétisé les niveaux atteints lors des submersions marines à Port-Vendres.

Tableau 7 : Synthèse des niveaux atteints lors des submersions marines à Port-Vendres. (d'après Egis Eau, 2011).

Lieu exact	Source	06-07- 08/11/1982	08- 09/11/1984	Hiver 1995- 1996	16-17- 18/12/1997	12- 13/11/1999
Relevé au limnigraphe du port de Port-Vendres	SMNLR			+0,80 m NGF	+1,70 m NGF (criticable)	+1,30 m NGF
Relevé au marémètre du port de Port-Vendres	SMNLR		+0,75 m NGF			
Relevé au quai de la Santé (Port de pêche et de commerce)	SMNLR	+0,90 m				
Relevé au quai Joly (Port de Plaisance)	SMNLR	+1,30 m				

4.1.1.3.3 Agitation au large

Pour la réalisation de l'étude d'agitation portuaire (Egis Eau, 2011), une analyse concernant les hauteurs de houle pour différentes périodes de retour et différentes directions de provenance au large de Port-Vendres a été réalisée par comparaison entre les données ANEMOC et holographiques issues de la bouée de Banyuls.

La base de données ANEMOC a été construite à partir de simulations rétrospectives (*hind cast*) sur une période de 30 ans, du 01/01/1979 au 31/12/2008, pour la façade Méditerranée :

- Point 2536 : Lat : 42°34.278' N - Long : 3°15.29 4' E à la profondeur de 87,00 m ;
- Point 1870 : Lat : 42°33.102' N - Long : 3°8.046 ' E à la profondeur de 45,00 m.

La bouée de Banyuls est directionnelle, elle se situe aux coordonnées 42°29.370'N et 3°10.060'E dans des profondeurs de 50 m. Elle permet d'avoir des données de houle depuis 2002, avec néanmoins quelques périodes d'inactivité notamment entre 2006 et 2007. Cette bouée est relativement récente, l'échantillon de données n'est donc pas suffisant pour évaluer des houles de période de retour supérieure à 20ans.

L'étude statistique a été réalisée à l'aide du logiciel CAROL, qui permet d'établir des valeurs extrêmes à partir de plusieurs méthodes et plusieurs lois d'ajustement (POT, GEV, etc.). Une extraction des houles par tranche de directions de 30° a ensuite été réalisée pour établir les valeurs extrêmes.

L'étude d'agitation a démontré qu'une différence très importante entre les résultats obtenus à partir de ANEMOC et ceux issus de mesures de la bouée de Banyuls. Les valeurs ANEMOC semblent être très basses sur les valeurs extrêmes (supérieure à 5 ans) et non représentatives de ce qui a été mesuré sur la zone. Les données de houle de la bouée de Banyuls ont été retenues pour établir les conditions aux limites du modèle d'agitation. De plus, il a été convenu que les conditions de période de retour 1, 2, 5 et 10 ans soient retenues pour les 6 directions susceptibles d'atteindre la zone (de 330°N à 120°N).

Tableau 8 : Hauteurs de houle en mètres pour différentes période de retour pour 6 directions différentes, d'après bouée Banyuls de 2002 à 2011.
(d'après Egis Eau, 2011).

Type de condition	Direction (°N)	Hauteur significative (m)	Période pic (s)
Houle annuelle	330° - 360°	2,5	7-9
	0° - 30°	2,3	7-9
	30° - 60°	2,1	7-9
	60° - 90°	3,9	10-12
	90° - 120°	4,5	10-12
	120° - 150°	2,7	8-10
Houle biennale	330° - 360°	2,8	8-10
	0° - 30°	2,6	8-10
	30° - 60°	2,5	7-9
	60° - 90°	4,7	10-12
	90° - 120°	5,7	12-14
	120° - 150°	3,9	10-12
Houle quinquennale	330° - 360°	3,1	10-12
	0° - 30°	3,2	10-12
	30° - 60°	3	10-12
	60° - 90°	5,9	12-14
	90° - 120°	6,9	12-14
	120° - 150°	6	12-14
Houle décennale	330° - 360°	3,4	10-12
	0° - 30°	3,7	10-12
	30° - 60°	3,3	10-12
	60° - 90°	7	12-14
	90° - 120°	7,7	12-14
	120° - 150°	8,2	12-14
Tempête du 04/12/2003	118°N	8,33	11-13
Tempête du 27/12/2008	90°N	7,26	11-13

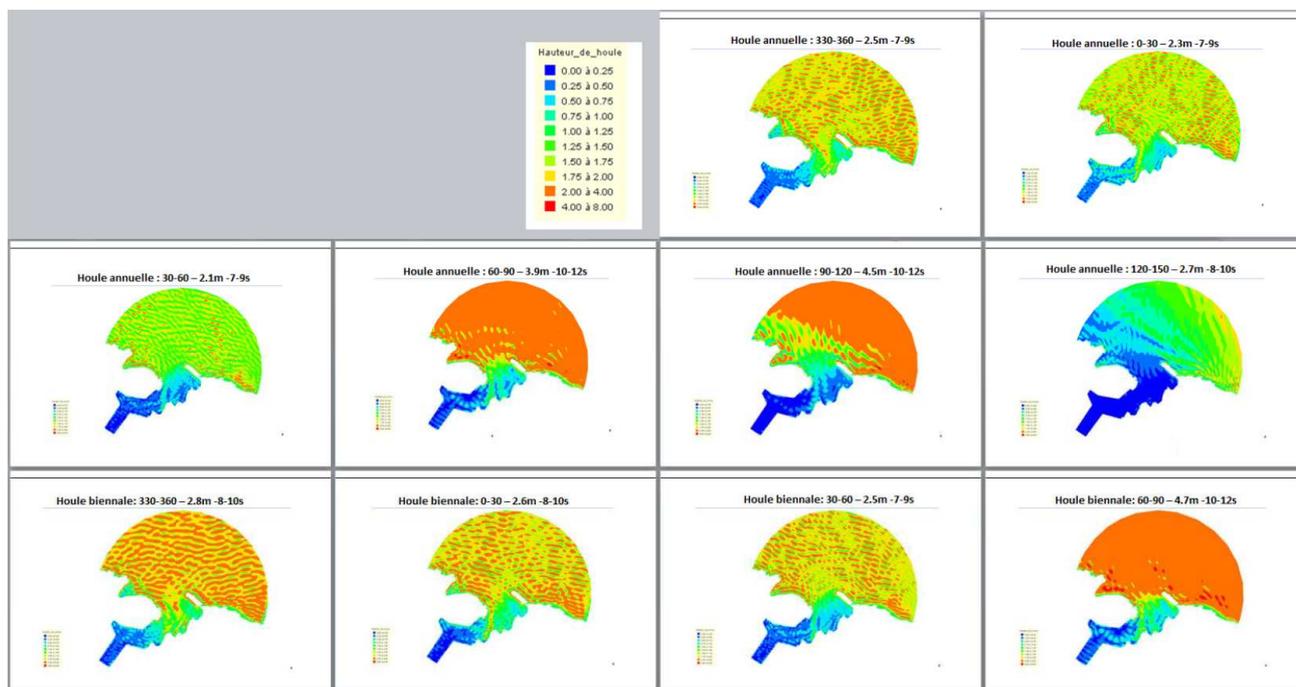
4.1.1.3.4 Agitation dans la zone portuaire

Des mesures de hauteurs d'agitation ont été réalisées sur une durée de 3 mois (du 17 décembre 2010 au 29 mars 2011) en 5 points situés dans le port et à l'entrée de celui-ci (cf. rapport NortekMed8), 3 points de mesures (appelés par la suite « points ») où ont été relevé les courants, la hauteur et la direction de la houle, ainsi que de 2 autres points (appelés par la suite « niveaux ») où seule la hauteur de la houle a été mesurée.



Figure 16 : Localisation des points de mesures.
(d'après CG66, 2011)

Dans un premier temps, les données de houle du large issues de la bouée de Banyuls, les coefficients de réflexion des ouvrages du port en l'état actuel, ainsi que les paramètres numériques de la houle (caractéristiques du spectre de houle) ont été incrémentés dans le modèle. Le résultat de la simulation renseigne sur les champs de houle.



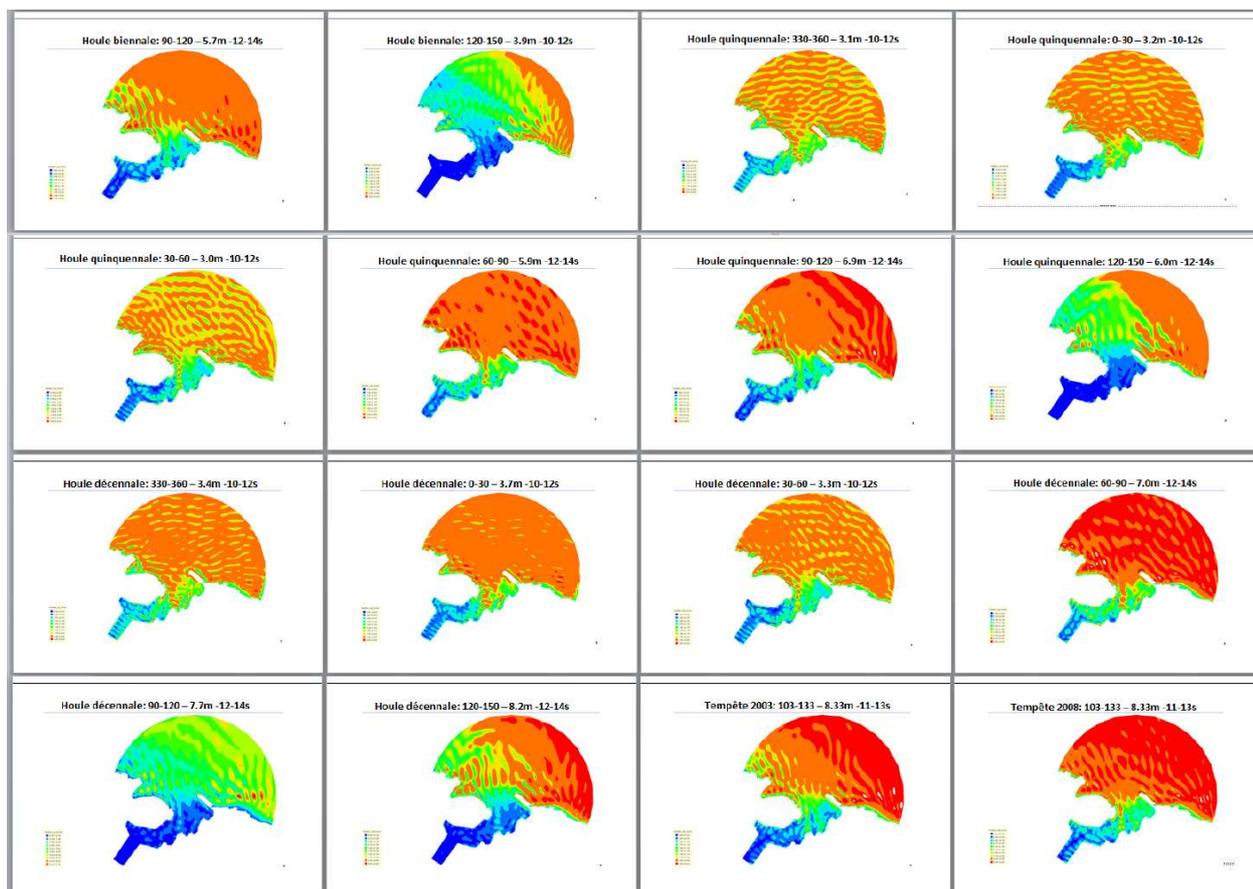


Figure 17 : Résultats de la modélisation de l'agitation – Etat actuel.
(d'après Egis Eau, 2013).

L'agitation variant significativement entre deux points distants de quelques mètres, une estimation des moyennes d'agitation à l'état actuel a été réalisée par zones d'exploitation. Ces zones ont été déterminées par le Conseil Départemental en termes d'enjeux de hauteur d'agitation acceptable pour l'exploitation des types de navires amarrés (commerce, pêche, plaisance).

La carte suivante présente les zones de plus forts enjeux et les limites d'agitation correspondantes au-delà desquelles l'exploitation de ces zones est perturbée de manière significative.

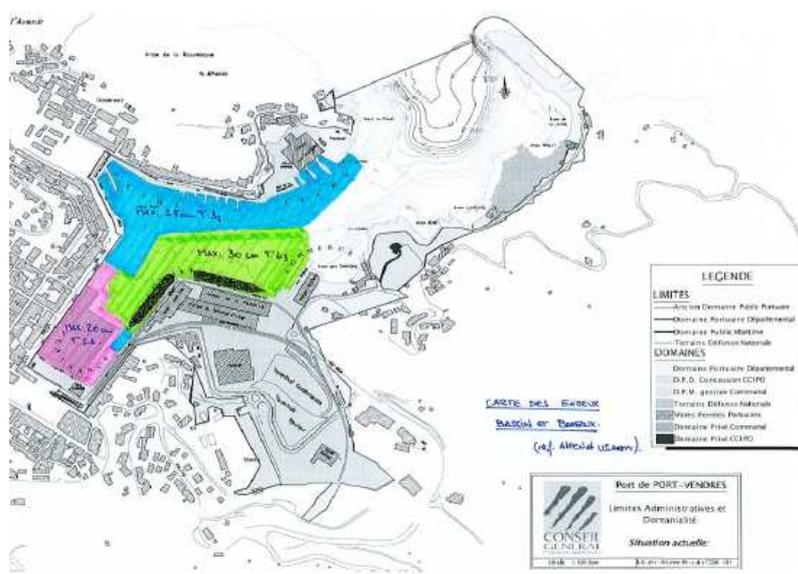


Figure 18 : Cartographie des enjeux et limites d'agitation pour l'exploitation.
(d'après CG66).

Port de commerce

La limite tolérable d'agitation dans la zone d'amarrage des navires de commerce est de 0,30 m. Les navires de commerce ne sont pas présents dans le port lors de tempêtes. L'analyse est donc effectuée uniquement pour les cas de houles annuelles, qui sont les cas de houle simulés les plus faibles.

Le tableau suivant présente pour chaque cas de houle annuelle la moyenne d'agitation calculée sur la zone (en vert sur la figure précédente) à l'état actuel. Les valeurs d'agitation excédant le seuil d'agitation pour l'exploitation sont mises en évidence en rouge.

Ces résultats montrent qu'en conditions annuelles, le seuil d'agitation admissible n'est respecté à l'état actuel qu'en cas de houles de direction supérieure à 120°N au large. Le seuil est atteint ou dépassé pour toutes conditions de houle annuelle de secteur 330°N à 120°N en passant par le Nord à l'état actuel.

Tableau 9 : Agitation annuelle moyenne sur la zone du port de commerce - Etat actuel.
(d'après Egis Eau, 2012).

Etat de mer		Port de commerce Etat actuel (hauteur en m)
Période de retour	Direction au large	
1 an	330-360°	0,41
	0° - 30°	0,55
	30° - 60°	0,30
	60° - 90°	0,36
	90° - 120°	0,36
	120° - 150°	0,06

Port de pêche

La limite tolérable d'agitation dans la zone d'amarrage des bateaux de pêche est de 0,25 m.

Port de pêche - Vieux port

Le tableau suivant présente pour chaque cas de houle la moyenne d'agitation calculée sur la zone (en bleu sur la figure précédente) à l'état actuel. Les valeurs d'agitation excédant le seuil d'agitation pour l'exploitation sont mises en évidence en rouge dans le tableau ci-après.

Ces résultats montrent que le seuil d'agitation admissible n'est respecté à l'état actuel qu'en cas de houles de direction supérieure à 120°N au large. Le seuil est atteint ou dépassé pour toutes les conditions de houles simulées de secteur 330°N à 120°N en passant par le Nord à l'état actuel.

Tableau 10 : Agitation annuelle moyenne sur la zone du Port de pêche (vieux port) - Etat actuel.
(d'après Egis Eau, 2012).

Etat de mer		Port de pêche (vieux port) Actuel (hauteur en m)
Période de retour	Direction au large	
1 an	330° - 360°	0,50
	0° - 30°	0,64
	30° - 60°	0,33
	60° - 90°	0,33
	90° - 120°	0,33
	120° - 150°	0,07
2 ans	330° - 360°	0,57

	0° - 30°	0,53
	30° - 60°	0,39
	60° - 90°	0,39
	90° - 120°	0,50
	120° - 150°	0,11
5 ans	330° - 360°	0,69
	0° - 30°	0,53
	30° - 60°	0,48
	60° - 90°	0,84
	90° - 120°	0,59
10 ans	120° - 150°	0,16
	330° - 360°	0,76
	0° - 30°	0,62
	30° - 60°	0,54
	60° - 90°	0,98
Tempête 2003 (>10 ans)	90° - 120°	0,66
	120° - 150°	0,22
Tempête 2008 (~10 ans)	118°N	0,48
	90°N	0,65

Port de pêche – Quai de la République

Le tableau suivant présente pour chaque cas de houle la moyenne d'agitation calculée sur la zone (en bleu sur la figure précédente) à l'état actuel. Les valeurs d'agitation excédant le seuil d'agitation pour l'exploitation sont mises en évidence en rouge.

Ces résultats montrent cette zone du port de pêche est plus protégée que celle du Vieux Port. Le seuil d'agitation admissible le long du quai de la République est respecté à l'état actuel en cas de houle annuelle de secteur 30-60°N, de houles biennales de secteur 0-30°N et 90-120°N, et pour les houles annuelles à décennales de direction supérieure à 120°N au large.

Tableau 11 : Agitation annuelle moyenne sur la zone du Port de pêche (Quai de la République) – Etat actuel et projet.
(d'après Egis Eau, 2012).

Etat de mer		Port de pêche (Quai de la République) Actuel (hauteur en m)
Période de retour	Direction au large	
1 an	330° - 360°	0,36
	0° - 30°	0,38
	30° - 60°	0,25
	60° - 90°	0,31
	90° - 120°	0,31
	120° - 150°	0,05
2 ans	330° - 360°	0,38
	0° - 30°	0,23
	30° - 60°	0,30
	60° - 90°	0,37
	90° - 120°	0,21
	120° - 150°	0,11
5 ans	330° - 360°	0,79
	0° - 30°	0,48
	30° - 60°	0,47
	60° - 90°	0,35
	90° - 120°	0,25
	120° - 150°	0,08
10 ans	330° - 360°	0,87
	0° - 30°	0,55
	30° - 60°	0,52
	60° - 90°	0,42
	90° - 120°	0,28

	120° - 150°	0,11
Tempête 2003 (>10 ans)	118°N	0,30
Tempête 2008 (~10 ans)	90°N	0,39

Port de plaisance

La limite tolérable d'agitation dans la zone d'amarrage des bateaux de plaisance est de 0,20 m. Le tableau suivant présente, pour chaque cas de houle, la moyenne d'agitation calculée sur la zone (en rose sur la figure précédente) à l'état actuel. Les valeurs d'agitation excédant le seuil d'agitation pour l'exploitation sont mises en évidence en rouge.

Ces résultats montrent que le seuil d'agitation admissible n'est respecté à l'état actuel qu'en cas de houles de direction supérieure à 120°N au large. Le seuil est atteint ou dépassé pour toutes les conditions de houles simulées de secteur 330°N à 120°N en passant par le Nord à l'état actuel.

Tableau 12 : Agitation annuelle moyenne sur la zone du Port de plaisance - Etats actuel. (d'après Egis Eau, 2012).

Etat de mer		Port de plaisance Actuel (hauteur en m)
Période de retour	Direction au large	
1 an	330° - 360°	0,30
	0° - 30°	0,39
	30° - 60°	0,22
	60° - 90°	0,26
	90° - 120°	0,26
2 ans	120° - 150°	0,05
	330° - 360°	0,30
	0° - 30°	0,22
	30° - 60°	0,26
	60° - 90°	0,31
5 ans	90° - 120°	0,27
	120° - 150°	0,08
	330° - 360°	0,58
	0° - 30°	0,38
	30° - 60°	0,39
10 ans	60° - 90°	0,43
	90° - 120°	0,32
	120° - 150°	0,09
	330° - 360°	0,64
	0° - 30°	0,43
	30° - 60°	0,44
	60° - 90°	0,52
	90° - 120°	0,36

	120° - 150°	0,13
Tempête 2003 (>10 ans)	118°N	0,27
Tempête 2008 (~10 ans)	90°N	0,37

4.1.1.3.5 Courantologie

Courantologie du Golfe du Lion

D'après les études Ifremer, la circulation générale est dominée au large par le circuit ibérique qui porte à l'Ouest, puis au Sud-Ouest de façon constante. Par vent d'Est, le courant dont la vitesse moyenne est de 18 milles par jour, peut atteindre 36 à 48 milles par jour. Entre la frontière espagnole et Sète, se développe en hiver un courant de dérive cyclonique lié aux vents de Nord-est, et dont la vitesse varie entre 12 et 24 milles par jour. La circulation générale ne suit pas exactement le rivage. Elle va directement d'un point saillant au point saillant voisin et, chaque fois qu'entre le courant et la côte, il se trouve une baie, un contre-courant suit le rivage en sens inverse du courant principal.

De la frontière espagnole à Leucate, par vent d'Est, le courant porte au Nord et par vent d'Ouest au Sud. La dérive littorale porte au Nord sur le cordon littoral du Roussillon.

Courantologie dans la zone portuaire

D'après la Capitainerie, seule l'entrée du port sous l'influence du vent, présente des courants superficiels portant au Sud-Est par vent du Nord à Nord-Est et portant au Nord par vent d'Est à Sud-Est.

Le chenal principal ne s'ensable pas, profitant d'un auto-curage dû aux courants principaux. Seules les alluvions des exutoires pluviaux peuvent ensabler localement certains coins du port.

Les mesures de courant effectuées dans le port (point 2 et point 3 sur la Figure 19) par capteur (profil de courant, agitation, niveau d'eau) pendant 3 mois (période du 17 décembre 2010 au 29 mars 2011), montrent que les courants sur l'ensemble de la colonne d'eau sont très faibles dans l'avant-port :

- Point 2 : les vitesses moyennes sont comprises entre 4 et 6 cm/s du fond à la surface. Malgré ces faibles vitesses, une direction générale ressort vers le Sud-Ouest qui montre que la circulation est majoritairement rentrante en ce point ;
- Point 3 : les courants n'ont été mesurés que du 17 au 31 décembre 2010. Les vitesses moyennes sont comprises entre 4 et 5 cm/s sur la colonne d'eau et la tendance générale du courant est vers l'Est et le Sud-Est (CG66, 2011).



Figure 19 : Mesures de courant effectuées dans le port de Port-Vendres. (d'après CG66, 2011).

4.1.2 Contexte environnemental

4.1.2.1 Qualité du milieu

Les réseaux de suivi de la qualité du milieu, gérés pour une grande partie par Ifremer et les stations marines, permettent de suivre les peuplements invertébrés des fonds marins, indicateurs de qualité, les métaux et micropolluants, les bactéries, la physicochimie, les phytoplanctons toxiques. Le réseau de suivi de la qualité bactériologique des lieux de baignade est opéré par les établissements dépendant du ministère de la Santé.

Ces réseaux sont complétés par des réseaux locaux permettant de suivre la qualité physique et chimique des sites particuliers (eaux et sédiments portuaires, estuaires, aval des centrales nucléaires, etc.). Depuis 2009, les Agences de l'Eau ont mis en place les réseaux de contrôle liés à la Directive Cadre sur l'Eau, outil d'évaluation de l'état écologique de l'eau.

L'ensemble de ces réseaux permet d'avoir une vision intégrée de la qualité des eaux marines et de suivre les évolutions. Les réseaux nationaux de surveillance de la qualité des eaux et du milieu sont synthétisés ci-après.

Tableau 13 : Réseaux nationaux de surveillance de la qualité des eaux et du milieu.

Réseaux	Objectif	Paramètres analysés	Points dans le secteur du projet
Réseau de surveillance des ports maritimes : REPOM / Service Maritime	Contrôle physico-chimiques des eaux et des sédiments portuaires	Granulométrie, COT Métaux lourds, azote et phosphore, PCB, TBT, DTB, MBT, , hydrocarbures	6 échantillons de sédiments et 1 point de surveillance pour la qualité de l'eau
Réseau national d'analyse bactériologique des eaux de mer : ARS	Contrôle bactériologique des eaux de baignade	Coliformes totaux, streptocoques fécaux, salmonelle, entérovirus	Plage des Batteries ; Plage de l'Oli ; Plage d'en Baux ; et Anse de Paulilles

Réseau d'observation de la contamination chimique : ROCCH (ex-RNO) / Ifremer	Evaluation des niveaux et tendances de la contamination chimique	Métaux : Cd, Pb, Hg, Cu et Zn Organohalogénés : PCB, lindane, DDT + DDE + DDD HAP	1 point de mesure à proximité : « Banyuls – Labo Arago ».
Réseau Intégrateur Biologique : RINBIO / Ifremer	Evaluation des niveaux de contamination chimique et radiologique dans chaque unité du SDAGE	Mortalité, taille et volume de la coquille, croissance, poids sec de chair et de coquille, indice de condition ; Métaux lourds, Organohalogénés, PCB, lindane, DDT + DDE + DDD	1 point de mesure à proximité : « 01B Port-Vendres »

Suivi du REPOM

Le port de Port-Vendres fait l'objet d'un suivi dans le cadre du REPOM (réseau de surveillance de la qualité des ports maritimes) géré par la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM) des Pyrénées-Orientales. Le suivi porte sur la qualité de l'eau et des sédiments. Il existe 6 points de prélèvements de sédiments et un point de prélèvement d'eau dans le port.

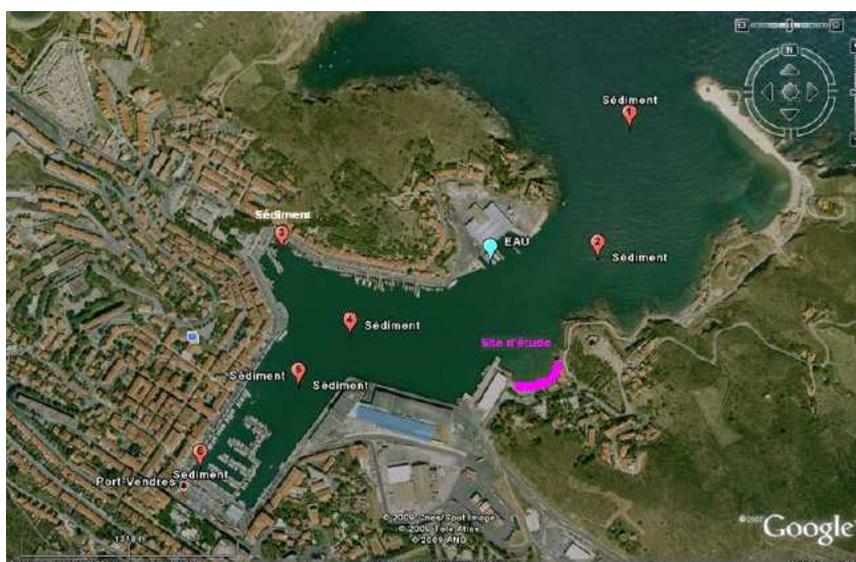


Figure 20 : Localisation des points REPOM dans le port de Port-Vendres. (d'après DDTM Pyrénées-Orientales, 2011).

4.1.2.1.1 Qualité de l'eau

Résultats REPOM

Les résultats pour la qualité de l'eau sont disponibles et sont présentés de 2010 à 2013.

La qualité bactériologique de l'eau près de la zone de carénage est globalement bonne avec seulement des contaminations ponctuelles en concentration d'*E. coli* et de Streptocoques fécaux en

avril 2011 et en juillet et octobre 2012, sans qu'il soit possible de déterminer la cause de cette dégradation.

Tableau 14 : Résultats REPOM pour la qualité des eaux du port de Port-Vendres.
(d'après DREAL Languedoc Roussillon, 2012).

Année	2010				2011			
	Période	03/03	02/06	12/08	07/10	23/02	28/06	04/10
E.coli (u/100 ml)	<15	<15	<15	80	< 15	< 15	15	215
Streptocoques	< 15	< 15	< 15	120	< 15	< 15	< 15	161
MES (mg/l)	5	7	42	5	12,4	3,6	8,5	32,2
NH4 (mg/l)	< 0,02	< 0,02	0,08	0,1	< 0,02	0,08	0,14	0,17
Température (°C)	10,8	18	20,8	18,5	-	21,6	21,9	17,1
Salinité (PSU)	32,4	36,7	37,9	37,9	-	37,7		31
pH	8,34	8,22	8,42	8,34		8,21	8,48	8,49
Oxygène (mg/l)	8,39	6,39	8,23	-	-	12,30	4,38	-
Oxygène (%)	93,7	83,2	106,1	-	-	171,8	52	-

Année	2012				2013		
	Période	13/03	09/05	26/07	10/10	13/02	16/05
E.coli (u/100 ml)	< 15	15	30	210	15	15	< 15
Streptocoques	< 15	15	127	< 40	< 40	< 15	< 15
MES (mg/l)	4	6	2	4,2	5	6	4
NH4 (mg/l)	0,11	< 0,002	0,19	0,03	0,35	0,33	0,47

Qualité des eaux de baignade

La baignade est interdite dans le périmètre portuaire en application du règlement de police du port (article 27).

La commune de Port-Vendres dispose de cinq plages, dont la magnifique plage de Paulilles qui font l'objet d'une surveillance périodique par l'ARS DT des Pyrénées-Orientales en saison estivale (prélèvements et analyses d'eau avec une fréquence au minimum bimensuelle). Les résultats des mesures microbiologiques réalisées sur ces prélèvements sont comparés à des limites de qualité fixées par la directive qui permettent un classement de la qualité des eaux de baignade en fin de saison.

La directive européenne 76/160/CEE a été abrogée par la directive 2006/7/CE du parlement européen et du conseil du 15 février 2006, qui a défini une nouvelle méthode de classement des eaux de baignade.

Les résultats de la qualité bactériologique des eaux de baignade des plages, situées sur le littoral de Port-Vendres sont présentés. Ils indiquent des eaux de qualité bactériologique excellente.

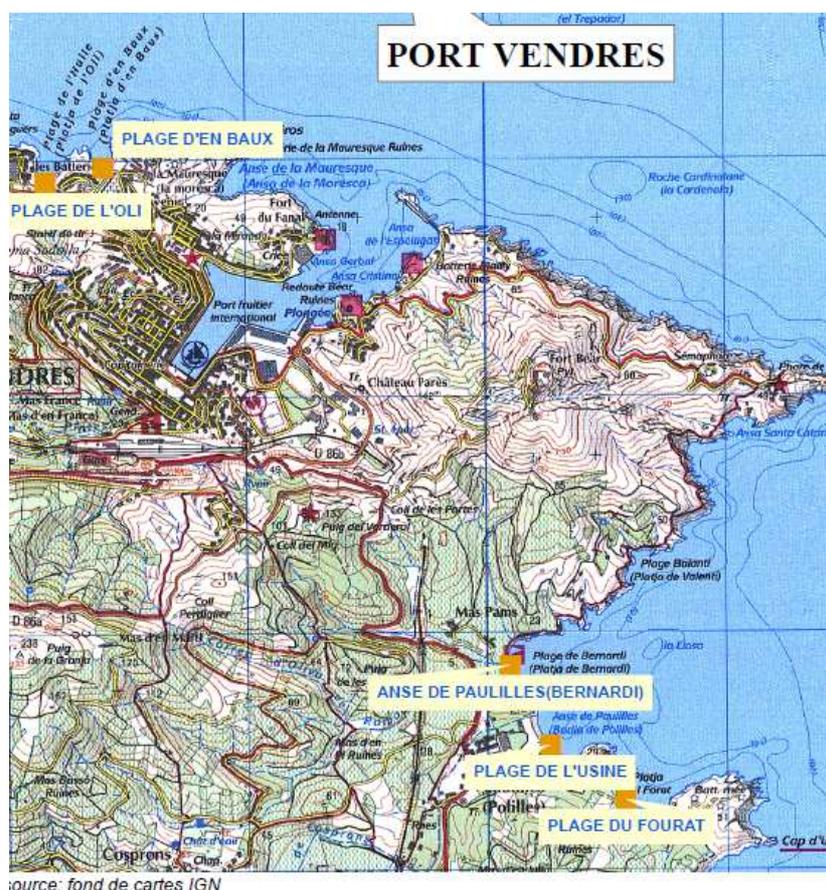


Figure 21 : Localisation des plages de la commune de Port-Vendres faisant l’objet d’une surveillance de la qualité des eaux de baignade par l’ARS.

Tableau 15 : Qualité des eaux de baignade des plages de la commune de Port-Vendres de 2011 à 2014. (d’après ARS DT des Pyrénées-Orientales, 2014).

Plages	2011	2012	2013	2014
L’Oli	Bonne qualité	Bonne qualité	Excellent	Excellent
En Baux	Bonne qualité	Bonne qualité	Excellent	Excellent
Paulilles (Bernardi)	Bonne qualité	Bonne qualité	Excellent	Excellent
l’Usine	Bonne qualité	Bonne qualité	Excellent	Excellent
Fourat	Bonne qualité	Bonne qualité	Excellent	Excellent

4.1.2.1.2 Qualité des sédiments

Résultats REPOM

Les résultats de campagne pour la qualité des sédiments sont disponibles de 2012 à 2013. La moyenne des points de contrôle du port de Port-Vendres (sur 6 échantillons) et les valeurs seuils imposées par la réglementation sont présentés (Tableau 16). Dans l’attente de la définition officielle de niveaux de référence, la définition des niveaux à prendre en compte, selon les critères d’OSPAR, peut être fondée sur :

- L'approche statistique de la distribution d'une série homogène de valeurs, représentatives de différentes conditions de milieu (portuaire classique ou confinée) ;
- L'approche éco-toxicologique qui définit de seuils à partir desquels les substances considérées pourraient entraîner des perturbations de l'écosystème.

Tableau 16 : Résultats REPOM pour la qualité des sédiments du port de Port-Vendres (moyenne des 6 points de contrôle du port de Port-Vendres).
(d'après DREAL Languedoc Roussillon, 2012).

Paramètres	2012	2013	N1	N2
Métaux (en mg/kg)				
Arsenic	14,6	24,2	25	50
Cadmium	0,2	0,2	1,2	2,4
Chrome	65	36	90	180
Cuivre	106	126,1	45	90
Mercure	0,25	0,279	0,4	0,8
Nickel	24	27,4	37	74
Plomb	57	78,9	100	200
Zinc	205	198,1	276	552
Organochlorés et apparentés (en mg/kg)				
PCB 28	< 0,001	0,001	0,005	0,010
PCB 52	0,001	< 0,0015	0,005	0,010
PCB 101	0,0019	0,0042	0,010	0,020
PCB 118	0,0014	0,0047	0,010	0,020
PCB 138	0,0032	0,0078	0,020	0,040
PCB 153	0,0039	0,0077	0,020	0,040
PCB 180	0,0027	0,0057	0,010	0,020
Organoétains (en mg/kg sec)				
Tributylétain (TBT)	0,0392	0,05	0,1	0,4
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) (en µg/kg)				
Naphtalène	22,8	< 10	160	1 130
Acénaphtène	8,7	54	15	260
Fluorène	22,2	< 10	20	280
Phénanthrène	316	677	240	870
Anthracène	48,8	134	85	590
Fluoranthène	571	991	600	2 850
Pyrène	494	1 001	500	1 500
Benzo (a) anthracène	318	581	260	930
Chrysène	301	961	380	1 590
Benzo (b) fluoranthène	314	753	400	900
Benzo (k) fluoranthène	171	280	200	400
Benzo (a) pyrène	345	660	430	1 015
Dibenzo (a,h) anthracène	45,6	219	60	160
Benzo (g,h,i) périlène	229	426	1 700	5 650
Indéno (1,2,3-cd) pyrène	271	690	1 700	5 650
Acénaphthylène	< 10,0	< 50	40	340
<p>La réglementation de référence en vigueur pour la qualité des sédiments est l'arrêté du 9 août 2006 modifié par l'arrêté du 8 février 2013 pour les HAP et l'arrêté du 17 juillet 2014 pour les PCB et le TBT. Cet arrêté définit des niveaux de référence N1 et N2 relatifs à la qualité des sédiments marins et estuariens appréciée au regard des seuils de la rubrique 4.1.3.0 de la nomenclature de l'annexe à l'article R 214-1 du code de l'environnement.</p> <p>Légende: ■ > N2 - ■ entre N2 et N1 - ■ < N1</p>				

Pour les métaux lourds, Comme dans de nombreux ports, le port est contaminé en cuivre, dépassant le niveau N2. Par contre, le plomb, le cadmium, le mercure, l'arsenic, le chrome, le zinc, et le nickel montrent des taux inférieurs au seuil N1.

Pour les PCB, en 2012 et 2013, les teneurs en PCB sont inférieures au niveau N1.

Pour les TBT, les teneurs sont largement en-dessous des valeurs de référence N1.

Pour les HAP, en 2012, des teneurs inférieures au niveau N1 sont détectées pour la majorité des HAP, sauf pour Fluorène, Phénanthrène et Benzo (a) anthracène qui se situent entre N1 et N2. En

2013, la situation se dégrade, la plupart des HAP ayant une teneur comprise entre N1 et N2. Le Dibenzo (a,h) anthracène se distingue en étant présent à des concentrations supérieures à N2.

En conclusion, au vu des résultats du REPOM, les résultats des analyses sur les sédiments montrent des résultats satisfaisants en ce qui concerne les concentrations en métaux lourds (sauf le cuivre), en PCB et TBT. La situation montre des signes de dégradation au regard des HAP. Ces résultats sont à relier à la pression des activités maritimes (cuivre issu des peintures antisalissures et hydrocarbures imbrulés), sachant que la pollution des sédiments portuaires est souvent localisée le long des quais, et au droit de l'aire de carénage et des exutoires pluviaux. (Egis, 2014).

Résultats des analyses effectuées sur et à proximité de la zone du projet

En prévision des dragages qui seront réalisés dans la zone de l'Anse des Tamarins, et conformément à la réglementation en vigueur dans le cadre des projets de dragage et d'immersion des matériaux de dragage en mer, 5 prélèvements moyennés de sédiments ont été réalisés par Créocéan en 2012 sur la zone à draguer. Les 5 stations ont été positionnées de façon à être le plus représentatives de la zone à draguer (Figure 22) (Créocéan, 2012).



Figure 22 : Cartographie des stations de prélèvement des sédiments.
(d'après Créocéan, 2012).

Les résultats des analyses en métaux lourds, PCB, HAP, Butylétains TBT et produits de dégradation MBT et DBT, et la qualité bactériologique (*E. coli* et entérocoques) des sédiments sont présentés (Tableau 17).

Tableau 17 : Résultats des analyses en métaux lourds, PCB, HAP, Butylétains TBT, et bactériologiques. (d'après Créocéan, 2012).

Contaminants métalliques									
Prélèvements CREOCEAN	Produit sec	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
		mg/kg							
Station 1		16,9	0,2	55	79	27	56	207	0,16
Station 2		14,3	0,1	56	69	23	59	148	0,29
Station 3		15,5	0,1	59	65	24	48	136	0,18
Station 4		9,3	<0,1	40	20	13	22	71	0,05
Station 5		5,5	<0,1	40	7	14	12	59	<0,02
Niveaux de référence N1 et N2 de l'Arrêté du 09/08/06	N1	25	1,2	90	45	37	100	276	0,40
	N2	50	2,4	180	90	74	200	552	0,80

Contaminants organiques : Polychlorobiphényles (PCB)									
Prélèvements CREOCEAN	Produit sec	PCB 28	PCB52	PCB101	PCB118	PCB153	PCB138	PCB180	ΣPCB
		µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg	µg/kg
Station 1		1,5	6,6	12,7	12,2	15,3	16,2	6,4	141,8
Station 2		1,5	5,4	12,7	11,8	18,7	15,7	14,1	239,7
Station 3		1,7	1,2	5,3	1,6	4,3	3,4	2,1	19,6
Station 4		<1	<1	4,1	<1	1,2	1,3	<1	<10,6
Station 5		2,1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<8,1
Niveaux de référence N1 et N2 de l'Arrêté du 09/08/06, modifié par l'arrêté du 17/07/2014	N1	5	5	10	10	20	20	10	
	N2	10	10	20	20	40	40	20	

Contaminants organiques : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)								
Prélèvements CREOCEAN composé HAP en mg/kg poids sec	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	N1	N2	
Naphtalène	0,032	0,048	0,019	0,006	0,001	0,160	1,130	
Acénaphthylène	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,040	0,340	
Acénaphthène	0,01	0,011	0,008	0,002	<0,002	0,015	0,260	
Fluorène	0,028	0,019	0,012	<0,005	<0,005	0,020	0,280	
Phénanthrène	0,262	0,266	0,151	0,050	<0,005	0,240	0,870	
Anthracène	0,090	0,067	0,040	0,011	<0,001	0,085	0,590	
Fluoranthène	0,587	0,610	0,366	0,125	0,003	0,600	2,850	
Pyrène	0,400	0,434	0,351	0,082	0,002	0,500	1,500	
Benzo (a) anthracène	0,291	0,319	0,195	0,064	0,002	0,260	0,930	
Chrysène	0,305	0,286	0,171	0,059	0,002	0,380	1,590	
Benzo (b) fluoranthène	0,242	0,303	0,172	0,067	0,003	0,400	0,900	
Benzo (k) fluoranthène	0,151	0,185	0,107	0,031	0,001	0,200	0,400	
Benzo (a) pyrène	0,316	0,396	0,222	0,056	0,003	0,430	1,015	
Dibenzo (a,h) anthracène	0,052	0,051	0,035	0,009	<0,001	0,060	0,160	
Benzo (g,h,i) périlène	0,292	0,349	0,199	0,050	0,004	1,700	5,650	
Indéno (1,2,3-cd) pyrène	0,232	0,288	0,164	0,049	0,003	1,700	5,650	
Σ16HAP	<0,39	<0,01	<2,21156	<0,68558	<0,04779	6,790	24,115	

Contaminants organiques : Butylétains				
Prélèvements CEOCEAN	Produit sec	MBT	DBT	TBT
		ng/g = µg/kg		
Station 1		37,89	67,05	163,27
Station 2		67,35	213,68	737,06
Station 3		37,15	42,15	70,05
Station 4		8,29	6,47	12,45
Station 5		<2,96	<3,92	<4,88
Niveaux de référence de l'arrêté du 23 décembre 2009	N1			100
	N2			400

Contamination bactériologique		
Prélèvements CEOCEAN	Entérocoques	<i>E. coli</i>
	/10g matière brute	
Station 1	<1000	430
Station 2	<1000	230
Station 3	<1000	210
Station 4	<1000	23
Station 5	<1000	4
Qualité des sédiments Grille CQEL 17-85 <i>E. coli</i> / 10g matière brute	Bonne	<10
	Médiocre	10 à 100
	Mauvaise	100 à 1000
	Très mauvaise	>1000

Les stations 1, 2 et 3 montrent des concentrations en contaminants qui, pour certains paramètres (cuivre, 4 congénères PCB et 4 HAP) dépassent le niveau N1 mais restent inférieurs au niveau N2. Dans ces mêmes stations, la qualité bactériologique est mauvaise. Le TBT à la station 2 reste un cas particulier du fait de sa forte teneur dépassant le niveau N2.

- La station 1 présente des teneurs en cuivre, en PCB (CB 52, CB 101 et CB 118), en TBT et en HAP (fluorène, phénanthrène, anthracène, benzo(a)anthracène) dépassant les seuils réglementaires N1 ;
- La station 2 présente des teneurs en cuivre, PCB (CB 52, CB 118 et CB 180) et en HAP (phénanthrène, fluoranthène, benzo(a) anthracène) dépassant les seuils réglementaires N1. Les concentrations en TBT très élevées dépassant de presque deux fois, la valeur réglementaire N2 ;
- La station 3 montre des teneurs en cuivre dépassant le seuil réglementaire N1.

Tableau 18 : Tableau de synthèse des contaminants des échantillons.
(d'après Créocéan, 2012).

	Qualité bactériologique	Métaux	PCB	TBT	HAP
Station 1	Mauvaise	Moyenne Cu>N1	Moyenne 3 PCB > N1	Moyenne TBT>N1	Moyenne 4 HAP>N1
Station 2	Mauvaise	Moyenne Cu>N1	Moyenne 3 PCB > N1	Dégradée TBT>N2	Moyenne 3 HAP>N1
Station 3	Mauvaise	Moyenne Cu>N1	Bonne	Bonne	Bonne
Station 4	Moyenne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Station 5	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne

En conclusion, les deux stations situés près du quai Dezoums actuel (S1) et dans le chenal de navigation (S2) présentent la situation la moins bonne au plan chimique (dépassement du niveau N1 pour le cuivre, de certains PCB et HAP ; dépassement du niveau N2 pour le TBT à la station 2). Il est possible d'y voir l'influence des rejets liés au port de commerce et à la circulation des navires ainsi que de la qualité granulométrique des sédiments (vases sableuses adsorbant les contaminants).

Les stations situées dans l'anse des Tamarins (3, 4 et 5) montrent des sédiments plutôt de bonne qualité, même s'il faut retenir une contamination bactériologique aux stations 3 et 4.

Nature des sédiments

Les résultats des analyses par granulométrie laser sont présentés dans le Tableau 19.

Tableau 19 : Constitution granulométrique des échantillons de sédiment.
(d'après Créocéan, 2012).

Constitution granulométrique				
Prélèvements CREOCEAN 14/06/2012	Pourcentages volumiques par classe			
	Pérites		Arénites	Rudites
	Argiles	Silts	Sables	Graviers, galets, blocs
	<2 µm	2 – 63 µm	63 µm – 2 mm	>2 mm
Station 1	3,09	48,81	48,10	0,0
Station 2	4,15	56,25	39,60	0,0
Station 3	3,94	54,66	41,40	0,0
Station 4	0,41	6,34	93,25	0,0
Station 5	0,21	2,94	96,85	0,0

Les sédiments de l'Anse de Tamarins possèdent une structure hétérogène entre les stations proches de la plage (4 et 5) et celles plus éloignées (1, 2 et 3). Le sédiment est composé de moitié de particules fines (Silts) et de moitié de sables (Arénites) pour les stations 1, 2 et 3 et essentiellement de sables (Arénites) pour les stations 4 et 5 qui sont les plus proches de la côte et moins profondes (Créocéan, 2012).

Un gradient granulométrique croissant entre l'entrée de l'Anse et la plage des Tamarins avait déjà été observé lors d'une étude réalisée en 2006 sur les sédiments du port de Port-Vendres (IDRA Environnement, 2006).

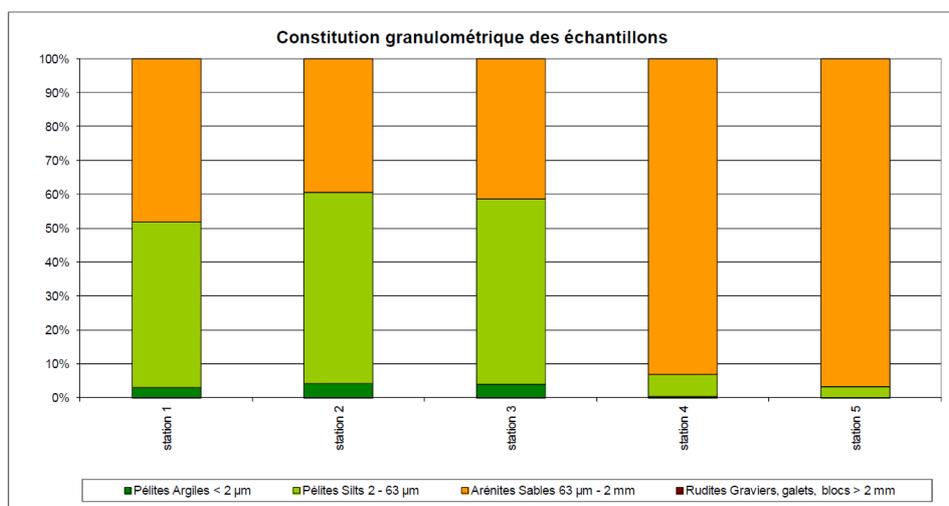


Figure 23 : Représentation graphique de la constitution granulométrique des échantillons de sédiment.

(d'après Caractérisation des sédiments du port de Port-Vendres, 2006, IDRA Environnement).

Les teneurs en matière sèche sont comprises entre 49,1 et 70,7 %. Les sédiments des stations 4 et 5 ont des teneurs en matière sèche plus élevées (> 60%) du fait de leur constitution à dominante sableuse.

Les densités sont également caractéristiques de la composition granulométrique de chaque station. Les sédiments plus sableux des stations 4 et 5 ont une densité plus forte (1,84 et 1,93).

Les teneurs en Aluminium sont comprises entre 43,9 et 60,9 g/kg de matière sèche. Les sédiments des stations 4 et 5 à plus forte teneur en sable ont les concentrations les plus faibles. Les sédiments plus fins des stations 1, 2 et 3 sont en effet des matériaux plus propices au stockage des métaux. Ces valeurs sont supérieures à la teneur moyenne en aluminium (moyenne des teneurs moyennes par port) évaluée sur l'ensemble des ports du Bassin Rhône-Méditerranée et qui est comprise entre 30 et 35 g/kg (Programme Sédiment REPOM, Bilan National du REPOM, 2009).

Les teneurs en carbone organique total sont comprises entre 4,1 et 28 g/kg (équivalent à 0,41 et 2,80%) de matière sèche. Les valeurs des stations 4 et 5 sont très inférieures à la teneur moyenne en carbone organique total (moyenne des teneurs moyennes par port) évaluée sur l'ensemble des ports du Bassin Rhône-Méditerranée et qui est comprise entre 25 et 30 g/kg (Programme Sédiment REPOM, Bilan National du REPOM, 2009).

Les teneurs en Phosphore sont comprises entre 346 et 709 mg/kg de produit sec. Les valeurs les plus faibles sont localisées au niveau des stations 4 et 5.

Les teneurs en Azote Kjeldhal sont comprises entre 500 et 1400 mg/kg de produit sec. Les sédiments de la station 4 et de la station 5 ont des teneurs faibles (inférieures à la limite de quantification en laboratoire pour la station 5) (Tableau 20) (Créocécian, 2012).

Tableau 20 : Constitution physico-chimique des échantillons de sédiments.
(d'après Créocécian, 2012).

Paramètres de constitution						
Prélèvements CREOCEAN	Matière sèche	Masse volumique	Teneur en Aluminium	COT	Phosphore	Azote Kjeldahl
	% prod. brut	g/cm ³	g/kg prod sec	g/kg prod sec	g/kg prod sec	g/kg prod sec
Station 1	55,30	1,54	55,30	28,00	709	1400
Station 2	58,20	1,65	57,90	22,90	686	1200
Station 3	49,10	1,53	60,90	21,90	704	1400
Station 4	63,00	1,84	43,90	6,00	412	600
Station 5	70,70	1,93	49,70	4,10	346	<500

4.1.2.1.3 Qualité des coquillages issus des zones conchylicoles

Le suivi ROCCH permet de quantifier les concentrations en métaux lourds (cadmium, plomb et mercure) dans les coquillages issus des zones conchylicoles à proximité du point de suivi. Le point le plus proche de la zone d'étude est la station 094-P-008 « Banyuls – Labo Arago ». Toutefois, les informations émises sur ce point ne sont pas reportables à la zone de projet.

Les niveaux de contamination dans les moules, à ce point, pour les trois contaminants réglementaires (Pb, Cd et Hg) sont stables depuis les années 2000 et toujours inférieurs aux seuils réglementaires en 2013.

Au niveau du mercure, le niveau de contamination médian des moules ces cinq dernières années y est inférieur à la médiane nationale.

Pour les deux autres métaux, cadmium et plomb, par comparaison aux médianes nationales, le point « Banyuls – Labo-Arago » (094-P-008) présente encore sur les cinq dernières années un niveau de contamination supérieur à la médiane nationale.

Concernant le zinc, les valeurs sont également stables depuis les cinq dernières années (autour de 150 mg/kg p.s.). Cependant, cette valeur reste plus élevée que les niveaux enregistrés sur d'autres littoraux (médiane 2012 ROCCH Manche Atlantique Zinc = 85 mg/kg p.s.) et au niveau national (médiane nationale 2013 Zinc = 104 mg/kg p.s.).

Ce phénomène semble général au bassin méditerranéen probablement en relation avec la géologie des bassins versants et des apports de zinc en Méditerranée par voie atmosphérique en provenance du Nord-Est de l'Europe.

Il n'existe plus de suivi sur les PCB et HAP au niveau de ce point depuis 2006. Cependant, les dernières valeurs obtenues en 2006 au niveau de ce point sont en dessous des seuils réglementaires actuels.

4.1.2.1.4 Qualité des moules en stations artificielles

Dans le cadre des propositions opérationnelles du Réseau Littoral Méditerranéen (RLM), le réseau intégrateur biologique (RINBIO) a été créé en 1996 pour évaluer à l'aide d'un organisme bio intégrateur les niveaux de contamination chimique et radiologique des eaux littorales et lagunaires dans le champs de dilution des apports polluants affectant chaque zone homogène du référentiel géographique du SDAGE.

La maîtrise d'ouvrage est assurée par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, l'Ifremer et l'Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire. La maîtrise d'œuvre est assurée par ces deux derniers organismes.

La faible disponibilité de gisements naturels ou cultivés de coquillages ne permettant pas de couvrir l'ensemble des zones homogènes en Méditerranée et de renseigner le champ moyen, le réseau RINBIO développe une méthode novatrice au moyen de moules placées en stations artificielles. Les mouillages supportant les échantillons sont posés sur des fonds de 20 à 30 m en mer ouverte, en lagune la bathymétrie déterminant le positionnement des stations. La période de stabulation est de 2,5 mois.

La fréquence des campagnes est de trois ans. La campagne de 2012 est en cours d'analyses. Seuls les résultats de la campagne de 2009 ont été publiés. Le tableau ci-dessous présente les résultats 2009 du suivi RINBIO pour les métaux lourds et les composés organiques pour les deux stations localisées à proximité du site d'étude : Station 01B « Port-Vendres » et Station 01A03 « Banyuls ».

Tableau 21 : Résultats 2006 du suivi RINBIO pour les stations à proximité du site. (d'après Ifremer, 2010).

Paramètre	Unité	Port-Vendres	Banyuls	Statistiques			Limites supérieures				
				Méd	Min	Max	Base	Faible	Modéré	Elevé	Très élevé
Argent	µg/g p.s.	0,03	0,03	0,03	0,03	0,19	0,03	0,08	0,12	0,17	Sup
Plomb	µg/g p.s.	1,31	1,22	1,02	0,36	8,97	1,03	2,16	3,29	4,42	Sup
Zinc	µg/g p.s.	114,20	142,57	143	93	194	141,93	229,08	316,22	403,37	Sup
Cadmium	µg/g p.s.	0,78	0,82	0,85	0,55	2,42	0,84	1,26	1,68	2,09	Sup
Mercure	µg/g p.s.	0,12	0,14	0,13	0,03	0,23	0,12	0,23	0,34	0,44	Sup
Cuivre	µg/g p.s.	3,83	3,82	4,47	3,39	11,9	4,67	6,90	9,13	11,36	Sup
Nickel	µg/g p.s.	1,02	1,01	1,00	0,38	2,97	0,99	2,00	3,00	4,01	Sup
Arsenic	µg/g p.s.	29,31	37,69	0,40	0,10	1,70	20,63	35,85	51,08	66,31	Sup
Chrome	µg/g p.s.	0,45	0,44	0,39	0,17	4,26	0,4	0,9	1,4	1,9	Sup
S DDTs	ng/g p.s.	4,73	4,05	2,21	0,20	25,30	2,03	5,45	8,87	12,29	Sup
S HCHs	ng/g p.s.	7,71	0,60				0,67	1,17	1,67	2,18	Sup
S PCBs	ng/g p.s.	760	5,82				6,7	14,43	22,16	29,9	Sup
S 16 HAP	ng/g p.s.	71,60	54,40				39,85	78,65	117,45	156,25	Sup

Dans le secteur de Port-Vendres, les concentrations mesurées en argent, zinc, cadmium, cuivre et Somme HCHs sont inférieures au bruit de fond représenté par la moyenne de la distribution.

Les autres paramètres (plomb, mercure, nickel, arsenic, chrome, Somme DDTs, Somme PCBs et Somme 16 HAP) présentent des niveaux faibles.

4.1.3 Territoires à enjeux environnementaux sur l'emprise du projet et à sa périphérie

Les territoires à enjeux environnementaux sur l'emprise du projet et à sa périphérie sont présentés dans les précédents chapitres communs à l'ensemble du dossier de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées au titre des articles L 411-1 et 2 du Code de l'Environnement (partie 1).

4.1.4 Continuités écologiques

4.1.4.1 Posidonies de la Côte des Albères

Le projet de requalification du quai Dezours à l'anse des Tamarins concerne particulièrement deux Aires Marines Protégées :

- Le Site d'Importance Communautaire FR9101482 « Posidonies de la Côte des Albères » ;
- Le Parc Naturel Marin du Golfe du Lion.

Le Document d'objectifs du site Natura 2000 ne fait pas état des continuités écologiques (Licari *et al.*, 2004), mais d'après Ferrari (2006), l'herbier de Posidonie de la côte des Albères ne couvre que des surfaces très faibles, réparties uniquement le long de la côte rocheuse. Lorsqu'il est présent, il constitue des herbiers morcelés, généralement entourés de surface importante de matie morte,

témoignant d'une régression importante de la partie vivante de l'herbier (Pergent *et al.*, 1985). D'après Licari *et al.* (2004), cette régression importante vient du fait que ces herbiers sont implantés dans des conditions naturelles extrêmes.

Les herbiers de *Posidonia oceanica* de la côte des Albères constituent donc un corridor écologique discontinu assez fragile. Par conséquent, il est tout à fait envisageable que des changements mineurs (d'origine naturelle et/ou anthropique) dans des facteurs abiotiques déjà défavorables suffiraient à entraîner des régressions importantes. Les liens fonctionnels qu'il existe entre les différents herbiers de la côte des Albères doivent donc être maintenus.

Ainsi, la présence de l'ensemble de ces territoires à enjeux environnementaux sur l'emprise du projet et à sa périphérie démontre de la richesse de l'environnement naturel, au niveau des espèces et des habitats par exemple.

4.1.4.2 Schéma de Cohérence Écologique Languedoc-Roussillon

Le Schéma Régional de Cohérence Écologique (SRCE) est un document cadre élaboré dans chaque région, mis à jour tous les 6 ans et suivi conjointement par le Conseil régional et l'État en association avec un Comité régional trame verte et bleue (CRTVB). Le contenu des SRCE est fixé par le code de l'environnement aux articles L. 371-3 et R. 371-25 à 31 et précisé dans les orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques.

Le SRCE comprend :

- Un diagnostic du territoire régional portant sur la biodiversité et ses interactions avec les activités humaines et une présentation des enjeux relatifs à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques à l'échelle régionale ;
- Un volet présentant les continuités écologiques retenues pour constituer la Trame verte et bleue régionale et qui identifie les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques ;
- Un plan d'action stratégique, qui présente les outils de mise en œuvre mobilisables pour atteindre les objectifs du SRCE et précise des actions prioritaires et hiérarchisées ;
- Un atlas cartographique au 1/100 000, qui identifie notamment les éléments retenus dans la trame verte et bleue ;
- Un dispositif de suivi et d'évaluation de la mise en œuvre du schéma ;
- Un résumé non technique, pour faciliter l'appropriation du document par les acteurs territoriaux.

Le lancement officiel de l'élaboration du SRCE Languedoc-Roussillon a été marqué par la mise en place du Comité Régional Trame verte et bleue (CRTVB), le 28 septembre 2012. Le contenu (diagnostic, cartographie et recommandations) du schéma régional de cohérence écologique a été partagé au début de l'été 2013, puis la phase de concertation s'est déroulée sur un an avec plus de 30 réunions bilatérales. Suite aux remarques émises, lors du deuxième CRTVB du 22 octobre 2013, une dernière phase de concertation au niveau des cinq départements de la région, a été entreprise pour aboutir à version soumise au CRTVB du 7 octobre 2014 puis à l'enquête publique du 16 juin au 16 juillet 2015.

4.1.4.2.1 Plan d'action stratégique

Le plan d'action stratégique du Schéma Régional de Cohérence Écologique Languedoc-Roussillon a été défini pour chaque enjeu, identifié dans le diagnostic.

Ce plan d'action a pour ambition d'approfondir la connaissance des points de rupture au sein de la trame verte et bleue pour cibler les actions de restauration et de gestion sur des secteurs à enjeux. Par ailleurs, il a vocation à permettre une intégration des enjeux dans les documents de planification et d'orientation stratégique aux échelles pertinentes.

Le plan rappelle les liens entre le SRCE et les documents-cadre et six thèmes répondent aux enjeux de la Trame Verte et Bleue régionale.

Tableau 22 : Enjeux de la Trame Verte et Bleue.

Enjeux de la Trame Verte et Bleue	Stratégie
1. Intégration des continuités écologiques dans les politiques publiques	C'est l'articulation entre le SRCE et les documents-cadre d'orientation stratégique
2. Ménager le territoire par l'intégration de la trame verte et bleue dans les décisions d'aménagement	Il s'agit de mettre à disposition les données issues du SRCE (localisation des réservoirs, des corridors et des mesures compensatoires) aux aménageurs et porteurs de projets. Cette orientation permettra de développer des projets de territoires conciliant l'aménagement du territoire et les besoins de restauration et de préservation des continuités écologiques.
3. Transparence des infrastructures pour le maintien et la restauration des continuités écologiques	Ce volet met en avant la nécessité d'une meilleure connaissance des points de rupture associés à divers types d'infrastructures situées dans la trame verte et bleue : production et transport d'énergie - voies routières, ferroviaires, fluviales - installations de loisirs - sites patrimoniaux - carrières...) sur les continuités écologiques. Il s'agit in fine d'améliorer leur transparence écologique. Pour les nouvelles infrastructures, le SRCE contribue à une conception compatible avec le bon fonctionnement écologique du territoire, voire à son amélioration.
4. Des pratiques agricoles et forestières favorables au maintien et à la restauration des continuités écologiques	Ce volet est orienté d'une part sur une amélioration des connaissances des secteurs de dégradation des continuités écologiques dans les sous trames agricoles, forestières et milieux ouverts. Le plan d'action propose une politique de valorisation et, le cas échéant, d'adaptation des pratiques agricoles et forestières compatibles avec les enjeux identifiés dans la trame verte et bleue.
5. Les continuités écologiques des cours d'eau et des milieux humides	Ce volet met en avant la nécessité d'une meilleure connaissance des points de rupture dus aux infrastructures (énergétiques -transport - usages abandonnés...) sur les cours d'eau et l'amélioration du recensement des zones humides. Les actions sont en conséquence orientées sur l'effacement des obstacles et la gestion, ou la restauration, des milieux humides.
6. Des milieux littoraux uniques et vulnérables	Sur le littoral la continuité écologique est réputée très vulnérable et les milieux naturels sont en situation critique (pression urbaine et effet de l'érosion du littoral). Le plan d'action vise à mieux connaître les points de rupture entre terre – lagunes - espace marin, pour permettre leur conservation et leur reconquête.

L'enjeu 6 relatif au littoral recouvre 4 objectifs déclinés en actions.

Enjeu 6 Des milieux littoraux uniques et vulnérables			
Ce volet traite des actions spécifiques sur le littoral. Cette sous-trame concerne plus spécifiquement les classes d'occupation du sol (BD Carthage, 2006) suivantes : - 331 - Plage, dunes et sable - 421 - Marais maritimes - 422 - Marais salés - 521 - Lagunes littorales			
N°action	Sous-trame	Actions possibles	Outils
Objectif 1 Amélioration de l'accès aux données et approfondissement des connaissances			
E6.1.52	LI	Améliorer la connaissance sur le fonctionnement des continuités écologiques terre-lagunes-mer	Traux de l'Ineris Plateforme recherche-gestion du Pôle lagunes et le RGL
E6.1.53	LI	Inventorier et caractériser les ruptures de continuité sur le littoral (connexions mer-lagunes et lagunes - milieu tributaires)	SNP Inventaire PNM Cartographie de l'occupation du sol
Objectif 2 Sensibilisation des acteurs du territoire			
E6.2.54	LI	Développer la sensibilisation du public et des acteurs sur les continuités écologiques des milieux littoraux et les services écosystémiques rendus	Journée mondiale des ZN Activités périscolaires Sentiers littoraux documentés Projets LIFE
Objectif 3 Restauration des continuités écologiques			
E6.3.55	LI	Mener des actions de génie écologique visant à la restauration des cordons dunaires, l'aménagement du territoire, la défragmentation des milieux humides	Outil LIFE, contrat Natura 2000, Plan de gestion des sites du Conservatoire du littoral, contrat de milieu, OPR & Feeder Stratégie foncière 2015-2020 du Conservatoire du littoral
E6.3.56	LI	Mettre en place des plans de gestion des zones compatibles avec les enjeux de continuité	Outil LIFE, contrat Natura 2000, Plan de gestion des sites du Conservatoire du littoral, contrat de milieu, OPR & Feeder Identification des gestionnaires
E6.3.57	LI	Restaurer les milieux, assurant des coupures vertes	Déclaration littorale de la charte du PNR de la Méditerranée en Méditerranée, DOCOB
Objectif 4 Gestion et préservation des continuités écologiques			
E6.4.58	LI	Véifier au maintien d'un espace de mobilité en littoral permettant aux espèces et habitats de s'adapter aux effets du changement climatique	Planification, SCoT, PLU Restaurer ou maintenir les continuités écologiques dans le cadre des programmes de réconciliation stratégique Stratégie foncière 2015-2020 du Conservatoire du littoral

Figure 24 : Enjeu 6 du Schéma Régional de Cohérence Écologique Languedoc-Roussillon, objectifs et actions.

4.1.4.2.2 Prise en compte du Schéma Régional de Cohérence Écologique Languedoc-Roussillon

Par rapport aux objectifs stratégiques

Le projet n'a pas d'interaction avec les quatre objectifs stratégiques.

Par rapport aux continuités écologiques

Le projet de requalification du quai Dezoums prend en compte :

- Les continuités écologiques terrestres : le projet est en prolongement des installations portuaires existantes sans emprise directe ou indirecte sur les espaces naturels situés entre la Redoute Béar et le Cap Béar ;
- Les continuités écologiques marines : le cordon d'enrochements en pied de talus du quai fournira des habitats supplémentaires à la faune marine. Ils seront par ailleurs complétés par des micro-habitats pour les juvéniles de poissons.

Par rapport à la Trame Verte, sous-trame des milieux littoraux

La carte n° B4 représentant la trame verte, sous-trame des milieux littoraux, considère les bassins du port et la jetée du port comme un réservoir de biodiversité. Les réservoirs de biodiversité sont des espaces dans lesquels la biodiversité est la plus riche ou la mieux représentée, où les espèces peuvent effectuer tout ou partie de leur cycle de vie et où les habitats naturels peuvent assurer leur fonctionnement en ayant notamment une taille suffisante, qui abritent des noyaux de populations d'espèces à partir desquels les individus se dispersent ou qui sont susceptibles de permettre l'accueil de nouvelles populations d'espèces. Aucune justification de cette vocation n'est donnée ni dans le diagnostic ni dans les autres parties consacrées aux enjeux par grand ensemble paysager (littoral rocheux des Albères), mais il est possible de considérer que le port et la grande jetée ont une fonction d'accueil et de nurserie pour les juvéniles de poissons.

Le projet de requalification conduit à une perte d'habitats (roches et sables) dans les petits fonds sur l'emprise du terre-plein dans l'anse des Tamarins et de mattes mortes de posidonies du fait du dragage et du déroctage devant le futur quai.

Le projet prévoit des mesures d'accompagnement pour compenser ces pertes, d'une part par l'installation d'habitats artificiels adaptés aux juvéniles de poissons, d'autre part en contribuant à l'installation d'un mouillage léger organisé afin d'éviter l'impact des ancrages de navires de plaisance sur un herbier de posidonies sur le côté des Albères.

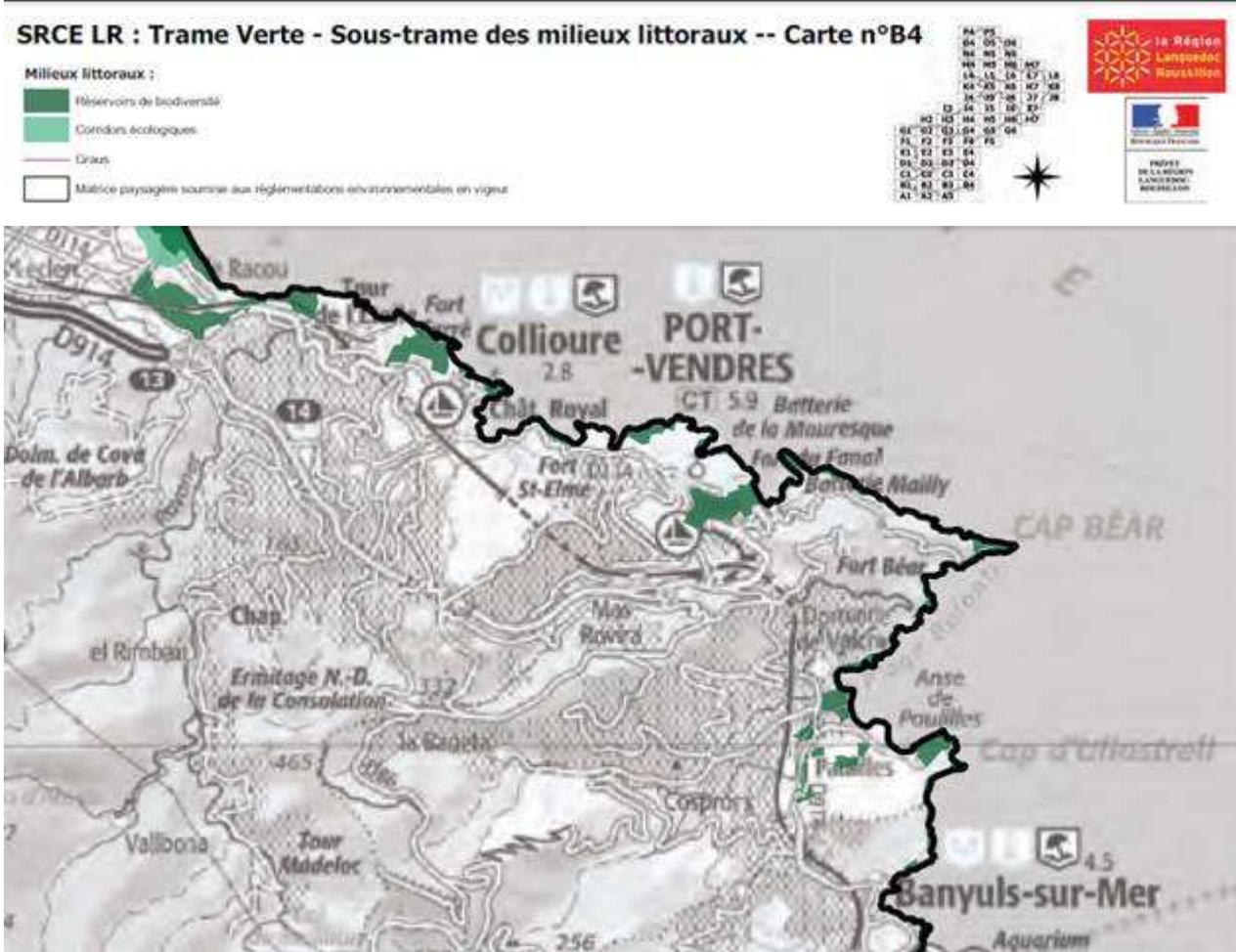


Figure 25 : Schéma Régional de Cohérence Écologique Languedoc-Roussillon, Trame Verte, sous-trame des milieux littoraux.

4.2 Caractéristiques et état de conservation des deux espèces protégées concernées par la demande

La présente partie permet d'apprécier les caractéristiques biologiques et écologiques de chaque espèce protégée concernée par le projet. Leur statut de protection réglementaire est également abordé.

L'état de conservation actuel de l'espèce est présenté, au niveau international, national (France), régional (Golfe du Lion) et local (région de Port-Vendres). Enfin, une description complète des différentes pressions (naturelles et d'origine anthropique) permettront d'apprécier par la suite les impacts que le projet pourrait avoir sur l'espèce protégée en question. Dans la mesure du possible, pour chaque pression identifiée, des mesures de gestion existantes dans la littérature sont proposées et décrites brièvement.

4.2.1 Description détaillée de *Posidonia oceanica* (Posidonie)

4.2.1.1 Classification

Posidonia oceanica appartient au règne des *Plantae*, aux Embryobiontes, à la division des *Magnoliophyta*, à la classe des *Liliopsida* et à la famille des *Posidoniaceae* (Kuo et Den Hartog, 2001).

La famille des *Posidoniaceae* est exclusivement marine et ne contient que le genre *Posidonia* (Kuo et Den Hartog, 2000).

Actuellement, 9 espèces du genre *Posidonia* ont été identifiées : *P. angustifolia*, *P. australis*, *P. sinuosa*, *P. coriacea*, *P. denhartogii*, *P. kirkmanii*, *P. ostefeldii*, *P. robertsonae* et *P. oceanica*. Seule cette dernière espèce est présente en Méditerranée (Pergent-Martini et Le Ravallec, 2007). Les autres espèces sont largement réparties dans les mers tropicales et subtropicales, à l'exception du continent américain.

4.2.1.2 Morphologie

Posidonia oceanica est constituée par des tiges rampantes ou dressées, généralement enfouies dans le sédiment, nommés les rhizomes. Les rhizomes se terminent par des faisceaux de 4 à 8 feuilles rubanées, longues de 40 à 140 cm, larges de 7 à 11 mm, avec de 13 à 17 nervures, qui s'insèrent de façon distique. Une coupe effectuée dans le pétiole d'une feuille montre un véritable réseau de lacunes dans toute la plante de l'extrémité de la feuille jusqu'au bout des racines que l'on appelle aérarium, et tous les tissus baignent dans du gaz. Cela constitue la différence majeure entre les Magnoliophytes marines et les végétaux qui n'ont jamais quitté la mer.

La base des feuilles ou pétiole, est engainante, et persiste sur les rhizomes après la chute du limbe. Ces pétioles, qui recouvrent de façon caractéristique les parties âgées des rhizomes, sont appelés écailles.

Les rhizomes rampants (croissance horizontale de l'herbier) sont dits plagiotropes, et les rhizomes dressés sont dits orthotropes (croissance verticale de la matte). En fonction de l'espace disponible, un rhizome orthotrope peut devenir plagiotrope, et réciproquement (Caye, 1980).

Les rhizomes portent également des racines épaisses (de plus de 2 mm de diamètre), lignifiées et peu nombreuses et qui peuvent descendre jusqu'à 70 cm dans le sédiment (Giraud *et al.*, 1979 ; Boudouresque et Meinesz, 1982).

Ce lacis de rhizomes et le sédiment qui colmate les interstices, constituent un ensemble très caractéristique de l'herbier à *P. oceanica*, désigné sous le nom de matte.

Avec le temps, cette matte peut atteindre une épaisseur importante. Une matte de 7 m d'épaisseur a été mesurée sur des tranchées pratiquées par l'érosion (Molinier et Picard, 1952 ; Jeudy de Grissac, 1975).

4.2.1.3 Reproduction

La floraison de *Posidonia oceanica* se produit de septembre à novembre. Les fleurs hermaphrodites, sont groupées en une inflorescence au sommet d'un pédoncule de 10 à 30 cm de longueur.

La floraison ne se produit pas tous les ans, surtout dans les eaux relativement froides du bassin Nord-occidental. Certaines années ont été marquées par une floraison particulièrement intense, à l'échelle de l'ensemble de la Méditerranée, comme par exemple les années 1971, 1982, 1993, 1997 et 2003 (Giraud, 1977b ; Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Mazzella *et al.*, 1983 ; Caye et Meinesz, 1984a ; Caye et Meinesz, 1984b ; Pergent, 1985 ; Pergent *et al.*, 1989 ; Acunto *et al.*, 1996 ; Piazzini *et al.*, 1999 ; Gobert *et al.*, 2005). La floraison semble stimulée par des températures estivales élevées et par une température de 20°C en octobre (Caye et Meinesz, 1984a ; Caye et Meinesz, 1984b ; Pergent *et al.*, 1989).

Il faut 6 à 9 mois aux fruits de *P. oceanica* pour mûrir. Ces fruits ont la forme et la dimension d'une olive, leur couleur est vert foncé, brun foncé à noir. Ils contiennent une seule graine (Den Hartog, 1970 ; Boudouresque et Meinesz, 1982). Entre mai et juillet, les fruits se détachent et flottent un certain temps.

Cependant, chez *P. oceanica*, la reproduction asexuée par bouturage est la plus efficace (Molinier et Picard, 1952). Meinesz et Lefèvre (1984), estiment que dans un site favorable (présence de sol humifié), le nombre de boutures qui se fixent avec succès est en moyenne de 3/ha/an. Les peuplements à *Cymodocea nodosa* et à *Caulerpa prolifera* sont également favorables à la fixation des boutures et à la germination des graines de Posidonie (Cinelli *et al.*, 1995).

Une autre forme de reproduction végétative par pseudo-viviparité a été observée aux îles Baléares (Ballesteros *et al.*, 2005). Des plantules végétatives se forment directement sur les inflorescences et remplacent les organes de reproduction sexuée. Cette stratégie contribue à une dispersion à courte distance. Pour le moment, personne ne sait s'il s'agit d'un mode de reproduction très local, ou s'il concerne d'autres régions de Méditerranée.

4.2.1.4 Croissance et longévité

Dans un herbier à Posidonie, les nouvelles feuilles se forment toute l'année (Caye, 1989 ; Pergent et Pergent-Martini, 1991), elles vivent entre 5 et 8 mois, plus rarement jusqu'à 13 mois (Thelin et Boudouresque, 1983 ; Pergent et Pergent-Martini, 1990). La zone de croissance des feuilles est située à leur base.

Les feuilles juvéniles et les intermédiaires sont respectivement les feuilles de moins de 5 cm de longueur et celles de plus de 5 cm sans gaine basale. Lorsque la croissance est terminée, une gaine basale de quelques centimètres se met en place, la feuille est alors dite adulte (Giraud, 1979 ; Ott, 1980 ; Thélin et Boudouresque, 1983).

A leur mort, les feuilles ne se détachent pas en totalité, seul le limbe est caduc, tandis que la gaine basale reste fixée au rhizome (écaille). Les écailles (comme les rhizomes) sont peu putrescibles et se conservent très bien. L'épaisseur et la longueur des écailles varient de façon cyclique en fonction de leur rang d'insertion sur le rhizome (Crouzet, 1981). L'évolution au cours du temps, de l'épaisseur de la dernière écaille, apparue à l'apex du rhizome, montre une périodicité annuelle avec un maximum et un minimum d'épaisseur par an. Les écailles minces apparaissent à la fin de l'hiver ou au début du printemps et les écailles épaisses, en automne. La lépidochronologie est l'analyse de ces cycles (Crouzet, 1981 ; Crouzet *et al.*, 1983 ; Pergent *et al.*, 1983 ; Pergent, 1990a).

La lépidochronologie est utilisée depuis des années par la communauté scientifique. Elle permet de mesurer la vitesse de croissance des rhizomes, le nombre de feuilles formées chaque année, la dynamique d'édification des herbiers, la production primaire passée, les teneurs anciennes en polluants, etc. (Pergent, 1990b ; Pergent et Pergent-Martini, 1990 ; Pergent et Pergent-Martini, 1991 ; Pergent *et al.*, 1992 ; Pergent-Martini et Pergent, 1994 ; Pergent-Martini, 1998 ; Pergent-Martini *et al.*, 2005 ; Tranchina *et al.*, 2005 ; Gosselin *et al.*, 2006 ; Lafabrie *et al.*, 2007 ; Peirano *et al.*, 2011 ; etc.).

Les rhizomes plagiotropes s'allongent plus vite que les rhizomes orthotropes (Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1983). L'allongement annuel d'un rhizome orthotrope est très variable d'une station à l'autre, d'un rhizome à l'autre dans une même station, et surtout d'une année à l'autre dans une même station. Les valeurs extrêmes mesurées vont de 3 à 77 mm par an.

La vitesse de croissance d'un rhizome orthotrope ne semble pas dépendre de la profondeur, ni de la densité de faisceaux et des feuilles, ce qui signifie que l'allongement n'est pas déterminé par la recherche de lumière en hauteur. Cette croissance ne dépend pas non plus des facteurs climatiques (Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1983).

En revanche, un enfouissement dans le sédiment entraîne une accélération de la vitesse de croissance des rhizomes orthotropes (Molinier et Picard, 1952 ; Caye, 1980 ; Boudouresque *et al.*, 1984). Si l'enfouissement est trop important, ou trop brutal, les nouvelles feuilles ne peuvent se dégager du sédiment et se plient en accordéon sous le sédiment. Les points végétatifs meurent alors en moins d'un an (Boudouresque *et al.*, sous presse *in* Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1983). La vitesse de sédimentation serait la plus influente sur la vitesse de croissance des rhizomes orthotropes.

La progression des rhizomes plagiotropes est un peu plus rapide et peut dépasser 100 mm par an (Caye, 1982 ; Boudouresque *et al.*, 1983, Boudouresque *et al.*, 1984). Toutefois, sur le long terme, la progression d'un front d'herbier grâce à la croissance des rhizomes plagiotropes, ne dépasse pas 3 à 4 cm/an en moyenne (Meinesz et Lefèvre, 1984 ; Meinesz *et al.*, 1991).

La matre d'un herbier de Posidonie est un ensemble (rhizomes, écailles, racines et sédiment qui comble les interstices) très peu putrescible. Il peut former des structures vieilles de plusieurs siècles ou plusieurs millénaires (Boudouresque *et al.*, 1980d). Au cours du temps, cette matre s'étend vers la surface à une vitesse de plusieurs centimètres par an (Boudouresque *et al.*, 1980d ; Mateo *et al.*, 1997 ; Tchernia *et al.*, 1978 ; Molinier et Picard, 1952). La montée de la matre peut alors amener l'herbier au voisinage de la surface. (Molinier et Picard, 1952).

Si l'herbier se situe dans un milieu abrité (baie), la croissance peut se poursuivre jusqu'à la formation d'un récif-frangeant, dans lequel les feuilles de Posidonie gênent la circulation de l'eau. A l'intérieur de ce récif frangeant, les conditions peuvent alors devenir intolérables pour la plante (températures extrêmes, salinité variable). Entre le rivage et le début de la zone d'émergence du récif-frangeant, la Posidonie disparaît progressivement. Il se forme alors un lagon séparé de la mer par le front d'émergence de *P. oceanica*. Ce front d'émergence devient alors un « récif barrière » (Boudouresque et Meinesz, 1982). A l'intérieur de ce lagon, les conditions sont toujours défavorables à l'installation de *P. oceanica*, mais deviennent favorables à l'installation de nouvelles espèces de Magnoliophytes marines pionnières, donc plus tolérantes, comme *Cymodocea nodosa* ou *Zostera noltei* (Boudouresque *et al.*, 2006). Les « récifs-barrières » sont classés parmi les formations remarquables d'herbier à *Posidonia oceanica*, du fait de leur rareté. En région Languedoc-Roussillon, les « récifs-barrières » sont absents.

Le développement de *P. oceanica* peut également donner lieu à d'autres types morpho-structuraux plus ou moins communs. Ces formations sont généralement liées aux conditions physiques du milieu (hydrodynamisme, température, etc.) (Borg *et al.*, 2005).

Parmi tous les types morpho-structuraux, « l'herbier de plaine » constitue le type d'herbier le plus courant en Méditerranée, surtout dans le bassin occidental.

L'herbier de plaine se présente sous la forme d'une prairie plus ou moins continue, horizontale ou en pente modérée, interrompue par des structures érosives (tombants de matte, intermattes érosives, intermattes déferlantes, rivières de retour) et des « mattes mortes » non érosives (intermattes structurelles) (Boudouresque *et al.*, 1980d, Boudouresque *et al.*, 1985a). Ce type d'herbier a été observé par Créocéan (2012), dans l'avant-port de Port-Vendres.

Toutes ces structures sont d'origine naturelle (Blanc et Jeudy de Grissac, 1984).

- Les intermattes érosives sont des sortes de « marmites de géants » creusées dans la matte, circulaires ou ovoïdes. Si les intermattes érosives sont assez profondes, *P. oceanica* peut à nouveau s'y réinstaller (Molinier et Picard, 1952). Les formations intermattes érosives n'ont pas été mentionnées par Créocéan (2012), lors de l'étude environnementale sur le site de Port-Vendres.
- Les intermattes déferlantes sont des sillons de plusieurs dizaines de mètres de longueur et de quelques mètres de largeur, parallèles au rivage. Le côté d'une intermatte déferlante le plus proche de la côte est constitué par un tombant de matte, son érosion est active. La partie centrale de l'intermatte déferlante est constituée par de la matte morte, éventuellement recouverte par du sable. Le côté le plus éloigné de la côte est constitué par un front d'herbier, avec des rhizomes plagiotropes, recolonisant l'intermatte. Au cours du temps, l'intermatte déferlante se déplace donc, en direction de la côte (Boudouresque *et al.*, 1980d ; Leriche *et al.*, 2004). Des intermattes déferlantes typiques ont été observées dans la baie de Calvi (Corse), dans la rade de Giens (Var, France) ainsi qu'à Torre Astura, Circeo et Terracina (Latium méridional, Italie) (Boudouresque *et al.*, 1980d ; Paillard *et al.*, 1993 ; Diviacco *et al.*, 2001). Ce type de formation n'a pas été observé par Créocéan (2012), lors de l'étude environnementale sur le site de Port-Vendres.
- Les rivières de retour sont des chenaux perpendiculaires à la côte, creusés dans l'herbier, par où se fait le retour vers le large, au niveau du fond, des eaux de surface poussées par le vent vers la côte. Le lit de la rivière de retour peut être suivi jusqu'à 10-15m de profondeur, plus rarement 20 m ; il est large de 100 à 300m, parfois moins et est souvent bordé par des tombants de matte (Blanc, 1974, Blanc, 1975 ; Boudouresque et Meinesz, 1982). La vitesse du courant de retour peut être importante, lors des tempêtes, puisque Blanc (1974) a observé des blocs de roche de 50 kg transportés sur plusieurs centaines de mètres. Ce type de formation n'a pas été observé par Créocéan (2012), lors de l'étude environnementale sur le site de Port-Vendres.

- Les intermattes structurelles sont de petites étendues de “matte morte” (0,2 à 0,5 m²) dont l'origine, qui reste à élucider, semble naturelle (Boudouresque, données inédites in Boudouresque *et al.*, 2006).

« L'herbier de colline » est moins fréquent. Il se rencontre entre 15 et 30 m de profondeur, dans des secteurs où l'hydrodynamisme est important (Boudouresque *et al.*, 1985b). Dans l'herbier de colline, des boutures de *P. oceanica* donnent naissance à des collines qui s'accroissent en largeur et en hauteur. La croissance en hauteur des collines les expose à l'hydrodynamisme. A leur sommet, le sédiment de la matte se maintient mal et les rhizomes se déchaussent. Les rhizomes déchaussés sont vulnérables, de telle sorte qu'une intermatte se forme. Avec le temps, cette intermatte s'élargit, jusqu'à ce que la colline soit entièrement (ou presque) détruite. La durée de vie d'une colline, entre sa naissance et sa destruction, serait de l'ordre d'un siècle (Boudouresque *et al.*, 1985a, Boudouresque *et al.*, 1986a). L'herbier de colline a été décrit en Corse (Boudouresque *et al.*, 1985b). Il a également été observé dans le Var et en Toscane. Ce type de formation n'a pas été observé par Créocéan (2012), lors de l'étude environnementale sur le site de Port-Vendres.

« L'herbier tigré » correspond à des bandes d'herbier à *P. oceanica* de 1 à 2 m de largeur, plusieurs dizaines de mètres de longueur, séparées par de la matte morte occupée par un peuplement à *Cymodocea nodosa* et/ou *Caulerpa prolifera*. Les bandes d'herbier se déplacent parallèlement à elles-mêmes, contre le courant dominant, à une vitesse moyenne de 10 cm/an. En coupe transversale, une bande d'herbier comporte d'un côté un front de rhizomes plagiotropes qui progresse et en arrière du front, un petit tombant érosif au niveau duquel la bande se détruit (Boudouresque *et al.*, 1985b ; Boudouresque *et al.*, 1990a). Cette formation très particulière est surtout développée dans le Golfe de Gabès, en Tunisie, principalement autour des îles Kerkennah. Sous une forme moins typique, il se rencontre dans les Bouches de Bonifacio (Corse) et à Marsala (Italie) (Blanpied *et al.*, 1979 ; Calvo et Fradà-Orestano, 1984 ; Boudouresque *et al.*, 1990a). Plus récemment, il a été observé en Lybie (lagune de Farwa et littoral à l'Est de Tripoli) et à Porto-Vecchio (Pergent *et al.*, 2010). Ce type de formation n'a pas été observé lors de l'étude environnementale sur le site de Port-Vendres.

Les « micro-atolls » de *P. oceanica* sont souvent associés à l'herbier tigré. Un micro-atoll est, à l'origine, une tache plus ou moins circulaire de *P. oceanica*, à très faible profondeur. La Posidonie meurt au centre de la tache, tandis que celle-ci s'agrandit, grâce à des rhizomes plagiotropes, à sa périphérie, donnant ainsi naissance à une couronne de Posidonie (Boudouresque *et al.*, 1990a). Des micro-atolls ont été décrits en Turquie, à Marsala (Italie) et à Sain-Florent (Corse) (Calvo et Fradà-Orestano, 1984 ; Boudouresque *et al.*, 1990a ; Pasqualini *et al.*, 1995). Ce type de formation n'a pas été observé par Créocéan (2012), lors de l'étude environnementale sur le site de Port-Vendres.

« L'herbier en pain de sucre » a été décrit par Molinier et Picard (1954) en Tunisie. Au départ, il s'agit d'un herbier de plaine à faible profondeur. Sans doute en raison de la température de l'eau trop élevée, l'herbier meurt, à l'exception de taches plus ou moins circulaires. Ces taches continuent à monter vers la surface, en même temps que leur diamètre diminue, déterminant ainsi des “pains de sucre” caractéristiques. En dehors des côtes tunisiennes, ce type d'herbier a été observé dans la rade de Giens (France) (Boudouresque *et al.*, 2006). Ce type de formation n'a pas été observé par Créocéan (2012), lors de l'étude environnementale sur le site de Port-Vendres.

« L'herbier en escalier » se développe sur des substrats durs en pente forte, parcourus par des courants de fond descendants. Le fonctionnement est similaire à celui de l'herbier tigré. Des bandes d'herbier, parallèles entre elles, larges de 0,5 à 3 m, remontent la pente, contre le courant descendant. Du côté amont de chaque marche d'escalier, des rhizomes plagiotropes progressent, à la vitesse moyenne de 10 cm/an, du côté aval, le courant érode le tombant de la marche. A Punta Ciuttone (Corse - France), où ce type d'herbier a été découvert, il faudrait en moyenne quelques siècles pour qu'une marche, partie du bas de la pente, la remonte complètement et y soit détruite par l'hydrodynamisme (Boudouresque, données non publiées in Boudouresque *et al.*, 2006).

L'herbier en escalier est également présent à Port-Cros (France). Il est probablement présent dans d'autres secteurs de Méditerranée Nord-Occidentale, où il devrait être recherché. Ce type de formation n'a pas été observé par Créocéan (2012), lors de l'étude environnementale sur le site de Port-Vendres.

Enfin, « l'herbier ondoyant » se développe vers la limite inférieure de *P. oceanica*, entre 25 et 40 m de profondeur, sur substrat sub-horizontale (Clairefond et Jeudy de Grissac, 1979). Il a également été observé à faible profondeur (El Asmi-Djellouli *et al.*, 2000). Il est caractérisé par des bandes d'herbier larges, parallèles entre-elles et anastomosées, en très léger relief, séparées par des bandes de sable, parallèles entre elles également. Il a été décrit entre les îles de Port-Cros et Bagaud (France) (Clairefond et Jeudy de Grissac, 1979) et retrouvé à l'entrée de la baie de Galeria (Corse – France) (Bianconi et Boudouresque, données inédites in Boudouresque *et al.*, 2006), dans la baie de La Ciotat (France) (Charbonnel et Francour, 1994 ; Bonhomme *et al.*, 1999) et en Tunisie (El Asmi-Djellouli *et al.*, 2000). Ce type de formation n'a pas été observé par Créocéan (2012), lors de l'étude environnementale sur le site de Port-Vendres.

4.2.1.5 Ecologie

Les herbiers de Magnoliophytes marines sont considérés comme étant parmi les écosystèmes les plus importants du milieu marin (Boudouresque *et al.*, 2009). A l'échelle de la Méditerranée, l'herbier à Posidonie est considéré comme l'écosystème le plus important. Avec un intérêt majeur en ce qui concerne à la fois l'écologie et la biodiversité, et les services qu'ils fournissent (Fergusson *et al.*, 1980 ; Phillips, 1984 ; Denninson *et al.*, 1993 ; Dawes *et al.*, 1995 ; Warwick et Clarke, 1996 ; Boudouresque *et al.*, 2009), les herbiers marins, ont une forte productivité biologique et une riche biodiversité.

Le rôle écologique d'un herbier de Posidonie est souvent assimilé à celui des forêts terrestres. Comme ces dernières, ils jouent un rôle important dans la structuration des communautés vivantes et sont indispensables à la survie d'autres espèces qui leur sont associées (Bell et Harmelin-Vivien, 1983 ; Romero *et al.*, 1992).

Ces herbiers constituent la base de la richesse des eaux littorales en Méditerranée, par les surfaces qu'ils occupent (20 à 50 % des fonds entre 0 et 50 m de profondeur), et surtout par le rôle important qu'ils jouent dans le maintien des équilibres biologiques littoraux et des activités économiques concomitantes.

Une caractéristique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* est la juxtaposition de deux types de production primaire. Cette particularité est typique des herbiers de Magnoliophytes marines (Boudouresque, 1996 in Boudouresque *et al.*, 2006).

Le premier type de production primaire issue de *P. oceanica* est riche en cellulose, en lignine, et en composés phénoliques de défense (Swain, 1977 ; Steinberg, 1988), donc peu utilisables par les herbivores (Piovetti *et al.*, 1984 in Boudouresque *et al.*, 2006). Cette production primaire nette de *P. oceanica* est en moyenne de :

- 51 à 142 gMS/m²/an pour les gaines basales (écailles) ;
- 167 à 530 gMS/m²/an pour les limbes ;
- 20 à 42 gMS/m²/an pour les rhizomes et les racines.

Cependant, en fonction des conditions locales, la production primaire globale de la plante peut être nettement plus élevée, par exemple 1 426,4 gMS/m²/an à Méjan (France) (Vela, 2006) Cette production diminue en fonction de la profondeur (Mazzella et Ott, 1984 ; Pergent *et al.*, 1994).

La production primaire diminue également lorsque la température de l'eau est élevée (été). La baisse du taux de chlorophylle dans la plante est, d'après Drew (1978) lié à cette augmentation de température. Or, chez *P. oceanica*, la baisse du taux de chlorophylle est étroitement corrélée avec la diminution de la photosynthèse.

Le deuxième type de production primaire issue des communautés épiphytes est constitué de Chromobiontes et de Rhodobiontes, consommables par les herbivores. Elle est comprise entre 100 et 500 gMS/m²/an (Giorgi et Thélin, 1983 *in* Boudouresque *et al.*, 2006 ; Mazzella et Ott, 1984 ; Jacquemart et Demoulin, 2006).

Au total, les herbiers à *P. oceanica* constituent l'un des écosystèmes les plus productifs de la planète.

Dans un herbier à *Posidonia oceanica*, la biomasse végétale est exceptionnellement élevée, avec un maximum de :

- 900 gMS/m² pour les feuilles ;
- 470 gMS/m² pour les épiphytes des feuilles ;
- 50 gMS/m² pour les épiphytes des rhizomes ;
- 5 500 gMS/m² pour les rhizomes, les écailles et les racines.

La matrice contient donc la plus grande biomasse végétale, susceptible de se conserver plusieurs siècles ou millénaires. La matrice d'un herbier à *P. oceanica* peut être considérée comme une formation essentielle dans le stockage du carbone atmosphérique (puits de carbone) (Romero *et al.*, 1992 ; Hemminga et Duarte, 2000 ; Pergent *et al.*, 1994 ; Boudouresque, 1996 *in* Boudouresque *et al.*, 2006).

Comme pour la production primaire, cette accumulation de biomasse végétale diminue avec la profondeur (Ballesteros, 1987).

En revanche, la biomasse animale d'un herbier à *P. oceanica* est beaucoup plus faible que la biomasse végétale. Pour chaque groupe taxonomique ou compartiment trophique, les valeurs varient considérablement d'une station à l'autre et en fonction de la profondeur. La faune représente habituellement 100 à 200 gMS/m² (Ballesteros, 1987 ; Francour, 1990 ; Jiménez *et al.*, 1997).

Moins de 10% de la production primaire de *P. oceanica* est utilisée par des herbivores. Il s'agit principalement de *Sarpa salpa*, *Paracentrotus lividus*, *Idotea hectica*, *Pisa mucosa* et *P. nodipes* (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Chessa *et al.*, 1983 ; Lorenti et Fresi, 1983 ; Verlaque, 1990 ; Pergent *et al.*, 1994 ; Rico-Raimondino, 1995 ; Boudouresque et Verlaque, 2001 ; Cebrian et Duarte, 2001 ; Beqiraj *et al.*, 2010). Une part importante de la production primaire est exportée, sous forme de feuilles mortes. Ces feuilles mortes constituent, une ressource alimentaire non négligeable dans des écosystèmes parfois lointains (Pergent *et al.*, 1994 ; Cebrian et Duarte, 2001). Elles peuvent également s'accumuler en banquettes, sur les plages. Enfin, une partie des feuilles mortes de *P. oceanica* reste au sein de l'herbier, où elle constitue la litière. Sa dégradation (micro-organismes et détritivores) est relativement lente.

La voie des détritivores constitue la principale voie de transfert de la production primaire des feuilles de *P. oceanica* dans l'écosystème. Ces détritivores jouent un rôle essentiel dans la fragmentation des débris de feuilles (Chessa *et al.*, 1983 ; Mazzella *et al.*, 1995).

La chaîne des détritivores est constituée au départ, d'oursins comme *Psammechinus microtuberculatus* et *Sphaerechinus granularis*, puis des crustacés amphipodes comme *Atylus guttatus*, *Melita palmata*, *Gammarus aequicauda* et *Gammarella fucicola*, l'isopode *Zenobiana*

prismaticus et le brachyoure *Sirpus zariquieyi* (Wittmann *et al.*, 1981 ; Campos-Villaça, 1984 ; Paul *et al.*, 1984 ; Vadon, 1984 ; Lepoint *et al.*, 2006).

Des échinodermes comme l'holothurie *Holothuria tubulosa* et les ophiures *Ophiura texturata* et *Ophioderma longicauda* jouent également un rôle important dans la voie des détritivores (Verlaque, 1981 ; Zupi et Fresi, 1984 ; Coulon et Jangoux, 1992). La dégradation se fait aussi par les bactéries et les Fungi (Boudouresque *et al.*, 2006).

De nombreux prédateurs se nourrissent de ces détritivores. Parmi eux, se retrouvent les étoiles de mer *Echinaster sepositus* et *Asterina panceri*, le crustacé *Palaemon xiphias*, les mollusques *Chauvetia minima* et *Sepia officinalis* et les poissons *Coris julis*, *Diplodus annularis*, *Hippocampus guttulatus*, avec de nombreux labridés comme *Symphodus cinereus*, *S. doderleini*, *S. ocellatus*, *S. roissali* et *S. rostratus*, et aussi de nombreuses espèces benthiques de *Gobiidae* ; *Blenniidae* ; *Bothidae*, etc. (Galán *et al.*, 1982 ; Templado-González, 1982 ; Chessa *et al.*, 1983 ; Fresi *et al.*, 1984 ; Lejeune, 1985 ; Harmelin-Vivien et Francour, 1992).

Les prédateurs de l'oursin *Paracentrotus lividus* sont nombreux. Il peut être consommé par l'étoile de mer *Marthasterias glacialis*, l'araignée *Maja squinado* et les poissons *Coris julis*, *Diplodus vulgaris*, *D. sargus*, *Sparus aurata*, *Symphodus mediterraneus*, *S. roissali* et *S. tinca* (Dance et Savy, 1987 ; Savy, 1987 ; Boudouresque et Verlaque, 2001).

Des prédateurs de plus grande taille sont des consommateurs réguliers de poissons. Il s'agit notamment des rascasses *Scorpaena notata*, *S. porcus*, *S. scrofa*, des serrans *Serranus cabrilla* et *S. scriba* et du congre *Conger conger* (Harmelin-Vivien, 1984 ; Lejeune, 1985 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1989).

Certains poissons de l'herbier sont planctonophages. Ils occupent toute la colonne d'eau au dessus de l'herbier durant la journée, pour ensuite s'y réfugier durant la nuit. Il s'agit notamment de la castagnole *Chromis chromis*, des mandoles *Spicara smaris* et *S. maena* (Harmelin-Vivien, 1984).

L'écosystème à *Posidonia oceanica* est également caractérisé par sa grande diversité en organismes filtreurs actifs ou passifs. Ils peuvent être épiphytes des feuilles (hydrides, bryozoaires) ou fixés sur la matre, comme le Polychète *Sabella spallanzanii*, le Lamellibranche *Pinna nobilis*, ou le Tunicier *Halocynthia papillosa* (Mazzella *et al.*, 1986 ; Boudouresque *et al.*, 1994b in Boudouresque *et al.*, 2006).

Les espèces citées ne constituent pas une liste exhaustive de la grande diversité spécifique présente au sein d'un herbier à *Posidonia oceanica*, qui est peuplé par des centaines d'espèces animales et végétales (Mazzella *et al.*, 1982 ; Mazzella *et al.*, 1989). Cela exprime bien la très grande valeur écologique d'un tel écosystème.

En plus de leur grande importance écologique, tous les herbiers de Magnoliophytes marines ont également un rôle économique très grand (Costanza *et al.*, 1997 ; Costanza *et al.*, 1999 ; Duarte, 2000). Il concerne la gestion des ressources vivantes à travers :

- La forte production biologique d'un herbier ;
- La protection qu'il assure pour les juvéniles vis à vis des prédateurs (nurseries) ;
- L'aire de frai qu'il constitue ;
- L'habitat permanent ;
- La source de nourriture ou de nutriments pour des centaines d'espèces.

Il est important de noter que bon nombre d'espèces à fort intérêt commercial (crustacés, céphalopodes, poissons) grandissent, se nourrissent et se reproduisent dans les herbiers de Magnoliophytes marines (Mazzella *et al.*, 1989 ; Mazzella *et al.*, 1992 ; Francour et Le Direac'h, 1994 ; Jimenez *et al.*, 1996 ; Francour, 1997 ; Pergent *et al.*, 1997 ; Thayer *et al.*, 1997 ; Boer, 2000

; Duarte, 2000 ; Francour, 2000 ; Francour et Le Direac'h, 2001 ; Le Direach et Francour, 2001 ; Vizzini *et al.*, 2002).

En plus de la pêche, le rôle économique des herbiers de *Posidonia oceanica* concerne le tourisme et les activités balnéaires, car les herbiers contribuent fortement à maintenir les eaux transparentes, à stabiliser le substrat et ainsi réduire l'effet d'érosion des côtes (Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985 ; Hemminga et Nieuwenhuize, 1990 ; Thayer *et al.*, 1997 ; Gacia *et al.*, 1999 ; Terrados et Duarte, 2000 ; Terrados et Borum, 2004 ; Boudouresque *et al.*, 2006). En effet, un herbier de *P. oceanica* entre 5 et 15 m de profondeur peut atténuer de 30 à 40 % la puissance d'une houle (Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1983), contribuant fortement à réduire l'impact de celle-ci sur le littoral, mais aussi, les déplacements de sédiments.

A l'échelle mondiale, les herbiers de Magnoliophytes marines constituent l'un des écosystèmes ayant la plus grande valeur économique, soit trois fois plus élevée que les récifs coralliens ou même 10 fois plus élevés que les forêts tropicales. Par comparaison, une zone côtière sur laquelle est présente un herbier de Magnoliophytes marines rapporte 11 fois plus que la même zone côtière dépourvue d'herbiers (Costanza *et al.*, 1997).

4.2.1.6 Statuts de protection

Posidonia oceanica est une espèce protégée par différentes réglementations (Tableau 23).

Tableau 23 : Liste des statuts de protection de *Posidonia oceanica*.

Niveau de protection	Date	Nom	Référence
International	1976	Convention de Barcelone	Annexe 2, relative aux « espèces en danger ou menacées »
	1979	Convention de Berne (Décret du 7 juillet 1999 au niveau national)	Annexe 1, relative aux espèces de flore strictement protégées
	1995	Convention d'Alghero	Annexe 1, relative aux « critères de biodiversité pour les organismes infralittoraux »
Européen	1992	Directive Habitat Faune-Flore n°92/43/CEE	Annexe 1, relative aux « espèces végétales » d'intérêt communautaire
National	1976	Loi « Protection de la nature »	Relative à la destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier à ces espèces animales ou végétales
	1988	Arrêté ministériel	Relatif à la liste des espèces végétales marines protégées
	1989	Décret d'application du code de l'Urbanisme du 20 septembre 1989 (Loi Littoral)	Permet la préservation d'un herbier ou d'une partie d'herbier, qui présente un intérêt écologique ou s'avère indispensable au maintien de l'équilibre biologique

Remarque concernant la matte morte de Posidonie présente à Port-Vendres

Lorsque les eaux sont trop chargées en polluants ou en sédiments, l'état de conservation de *Posidonia oceanica* se dégrade jusqu'à ce que seule la matte reste en place (Pergent *et al.*, 1995). Cette « matte morte » fonctionne en surface comme un habitat semi-dur à dur, sur lequel prospèrent quelques macrophytes. Le substrat, formé d'un enchevêtrement de rhizomes morts, colmatés par des éléments de granulométrie très hétérogène, du fin gravier à la vase, est particulièrement compact et favorise l'établissement d'une faune relativement spécialisée (Kantin *et al.*, 2006 ; OEC, 2014) et une diversité spécifique très élevée, plus élevée que dans la matte d'un

herbier vivant (Boudouresque comm. pers.). D'après Pergent *et al.* (2002), la matte morte d'herbier à *P. oceanica* possède une sensibilité écologique faible. Par comparaison, un herbier à *P. oceanica* vivant possède une sensibilité écologique élevée. Malgré tout, même si la matte morte possède une faible valeur écologique, elle constitue une zone d'influence directe et indirecte sur l'état écologique des foyers de biodiversité proches (herbiers vivants), comme c'est particulièrement le cas à Port-Vendres (Corre *et al.*, 2012).

D'un point de vue strictement réglementaire, comme le précise la loi de 1976, la matte morte (qui constitue une partie de *P. oceanica*) garde son statut de protection. En revanche, comme le précisent Boudouresque *et al.* (1994a), les zones de matte morte avec quelques faisceaux isolés (comme à Port-Vendres) ou de taches résiduelles de *P. oceanica* ne doivent pas être considérées comme un herbier de Posidonie vivant.

Malgré tout, la matte morte constitue un élément naturel de l'herbier de Posidonie, avec des cycles herbier vivant-matte morte-herbier vivant, au cours du temps. Un herbier est une mosaïque herbier vivant - matte morte. De la même façon, les clairières constituent un élément naturel de la dynamique forestière (Boudouresque comm. pers.).

Par ailleurs, quand la matte morte est due à un impact humain (ce qui est probablement le cas à Port-Vendres), elle indique les zones où l'herbier a existé, et donc où il pourra exister à nouveau. La matte morte indique les zones qui peuvent être recolonisées naturellement, si la cause de la régression a disparu. Cette recolonisation naturelle peut être relativement rapide (Boudouresque comm. pers.), via par exemple, l'apport (naturel ou provoqué) de boutures, ou encore par le biais de faisceaux isolés encore présents dans la matte (Jouvenel *et al.*, 2013).

Il ne faut donc pas considérer les mattes mortes comme des zones perturbées et/ou (quand leur origine est humaine) comme définitivement perdues (Boudouresque comm. pers.).

Ainsi, les mesures applicables dans le présent dossier considéreront la matte morte comme un enjeu aussi important qu'un herbier vivant. En cas de destruction, les mesures devront donc permettre de maintenir, voire d'améliorer les liens directs et indirects existant entre les herbiers et la matte morte.



Figure 26 : Matte morte de l'anse des Tamarins.
(d'après Créocéan, 2012).

4.2.1.7 Répartition et état de conservation au niveau international, national, régional et local

Malgré des signalisations douteuses anciennes hors de la Méditerranée, notamment dans l'Océan Atlantique (Portugal et côte Basque) (Den Hartog, 1970), *Posidonia oceanica* est une espèce endémique stricte de la Méditerranée (Boudouresque *et al.*, 1977). Les herbiers couvriraient entre 1 et 2 % des fonds méditerranéens, soit 35 000 km² de surface maritime (Pasqualini *et al.*, 1998b) et constituent le principal peuplement climacique (Figure 27).

Bien qu'elle soit présente dans la quasi-totalité de la mer Méditerranée, *Posidonia oceanica* disparaît à proximité du détroit de Gibraltar, vers Calaburros au Nord et Melilla au Sud (Molinier et Picard, 1956 ; Conde Poyales, 1989).

Dans le bassin oriental, elle est également absente des côtes d'Egypte (à l'Est du delta du Nil), de la Palestine, d'Israël (Por, 1978). Sur les côtes libanaises, l'espèce est rare et menacée (Mayhoub, 1976).

Elle était signalée comme absente en Mer de Marmara et en Mer Noire (Lipkin, 1977), mais récemment, Meinesz *et al.* (2008), ont découvert des petites populations de *P. oceanica* en Mer de Marmara.

Enfin, elle est très rare dans l'extrême Nord de l'Adriatique (Gamulin-Brida, 1974) et le long des côtes languedociennes, entre la Camargue et Port-la-Nouvelle (France) (Boudouresque et Meinesz, 1982), sans doute en raison des mouvements sédimentaires trop importants et des variations de salinité dus aux apports du Rhône.

Dans les zones abritées, *Posidonia oceanica* peut se développer dans très peu de fond. La profondeur maximale atteinte par *P. oceanica* dépend de la transparence de l'eau. Ainsi dans des eaux très oligotrophes (Var, Corse), la limite inférieure peut se retrouver jusqu'à 44 à 48 m (Augier

et Boudouresque, 1979 ; Boudouresque *et al.*, 1990c). A l'inverse, dans des eaux chargées en particules, comme dans les Pyrénées-Orientales (Golfe du Lion - France), cette limite inférieure peut se trouver à 15 m seulement (Ben, 1971 ; Pergent *et al.*, 1985).

La lumière constitue donc l'un des facteurs les plus importants pour la répartition et la densité de *P. oceanica* (Elkalay *et al.*, 2003).

Au niveau régional, le long de la côte du Golfe du Lion, *Posidonia oceanica* est une espèce assez peu représentée. Les herbiers occupent une surface totale de 2 km² (Ferrari, 2006) et leur limite de répartition est fortement liée aux facteurs naturels (turbidité et faible transparence des eaux, brassage des sédiments apportés par le Rhône notamment lors d'épisodes climatiques violents) (ADENA, 2003 ; Ferrari, 2006 ; Holon et Descamps, 2008).

Les herbiers à *Posidonia oceanica* situés le long de la côte rocheuse des Albères sont les seuls en région Languedoc-Roussillon à présenter un bon état général. L'évaluation de leur qualité écologique à partir de leur densité de faisceaux s'étend de normale à très bonne selon la classification validée au niveau de la Convention de Barcelone lors du programme MedPosidonia en 2009 (Ferrari, 2006 ; PNUE, 2009 ; Licari *et al.*, 2004). La régression mise en évidence par de nombreuses études (Molinier et Picards, 1952 ; Centene, 1992 ; Descamps *et al.*, 2007) tout en se poursuivant s'est considérablement ralentie depuis 1997, y compris au sein de la réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls (Ferrari, 2006 ; Descamps *et al.*, 2007). Le long de la côte palavasienne et au niveau du Cap d'Agde, des régressions importantes ont été observées mais encore aucune explication n'a pu être trouvée du fait du manque de données et de suivi dans cette région (ADENA, 2003 ; Holon et Descamps, 2008).

Dans les Pyrénées-Orientales, l'herbier à Posidonie ne couvre que des surfaces très faibles, réparties uniquement le long de la côte rocheuse. Lorsqu'il est présent, il constitue des herbiers morcelés, généralement entourés de surface importante de matie morte. Cette dernière a toujours une épaisseur très faible, entre 5 et 30 cm.

Au niveau de la Côte des Albères, les herbiers se rencontrent principalement dans les zones peu profondes entre -1 m et -20 m. De vastes zones de mattes mortes témoignent d'une régression importante de la partie vivante de l'herbier (Pergent *et al.*, 1985). D'après Licari *et al.* (2004), cette régression importante vient du fait que ces herbiers sont implantés dans des conditions extrêmes. Par conséquent, il est tout à fait envisageable que des changements mineurs dans des facteurs abiotiques déjà défavorables suffisent à entraîner des régressions importantes.

Il existe plusieurs sites, au niveau de la côte rocheuse des Albères, où se développent des herbiers de *Posidonia oceanica*. 14 sites, contenant des herbiers répartis le long de la côte rocheuse sont identifiables (Figure 27) (Ferrari, 2006) :

- Racou (1) ;
- Cap Gros (2) ;
- Anse de la Mauresque (3) ;
- Anse de Ste Catherine (4) ;
- Anse de Balanti (5) ;
- Fourat (6) ;
- Anse d'Oullestrell (7) ;
- Plage de Elmes (8) ;
- Port de Banyuls (9) ;
- Anse de Tancade (10) ;
- Anse du Pin Parasol (11) ;
- Anse de Peyrefite (12) ;
- Anse de Terembo (13) ;

- Cerbère (14).

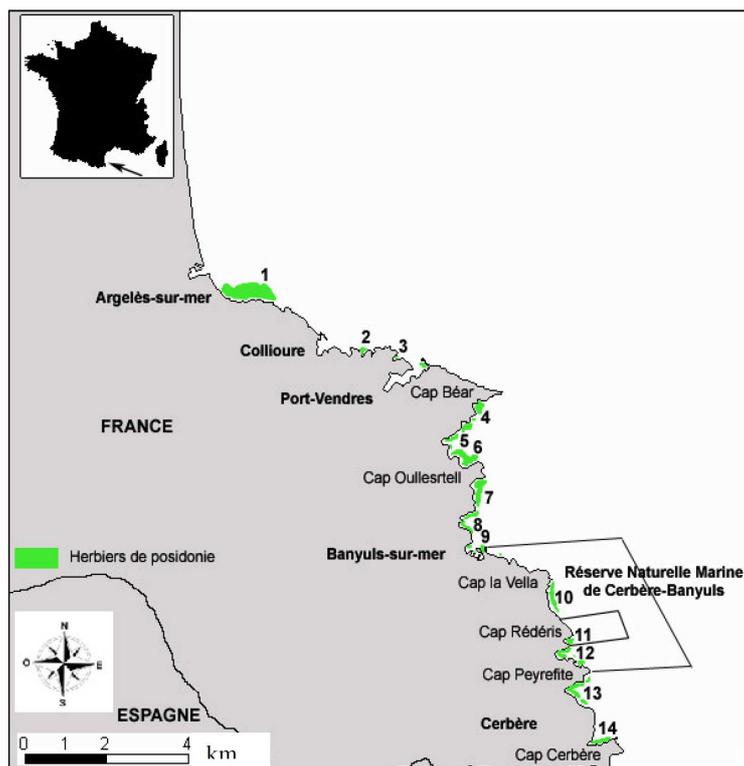


Figure 27 : Représentation des herbiers à *Posidonia oceanica* sur le littoral des Pyrénées-Orientales. (d'après Ferrari, 2006)

4.2.1.8 Pressions d'origine naturelle

Posidonia oceanica est très sensible aux variations de salinité et notamment à la dessalure. Elle dépérit immédiatement si la salinité du milieu descend en dessous de 33 (Ben Alaya, 1972). La faible salinité l'élimine de la quasi-totalité de la Mer de Marmara (21-27), de la proximité du détroit de Gibraltar, des lagunes côtières et du voisinage de l'embouchure des fleuves.

En revanche, l'espèce semble mieux résister aux salinités élevées, bien que Ben Alaya (1972) ait indiqué qu'une salinité de 41 constitue sa limite supérieure tolérable.

Néanmoins, elle est présente dans des lagunes hyperhalines de Tunisie (Bahiret el Biban) où la salinité atteint 46 en moyenne en août. Elle est également présente dans une lagune de Libye (Farwa) où la salinité varie entre 39 et 44. Dans ces lagunes, sa vitalité semble identique, voire supérieure à ce qui est observé en mer ouverte (Pergent et Zaouali, 1992 ; Pergent et Pergent-Martini, 2000 ; Pergent *et al.*, 2002a).

En Sicile (Italie), Calvo *et al.* (2003) signalent même *P. oceanica* dans un milieu où la salinité peut monter jusqu'à 48.

Les températures extrêmes mesurées dans un herbier à *P. oceanica* vivant, sont 9,0°C et 29,2°C (Augier *et al.*, 1980 ; Robert, 1988 in Boudouresque *et al.*, 2006). Il est possible que les températures de moins de 10°C et plus de 28°C ne soient supportées qu'exceptionnellement.

L'absence de *P. oceanica* sur les côtes levantines pourrait être due aux températures estivales trop élevées. Inversement, son absence sur les côtes languedociennes et au Nord de l'Adriatique serait due aux températures hivernales trop basses (Boudouresque et Meinesz, 1982).

Posidonia oceanica craint un hydrodynamisme trop intense. Les tempêtes peuvent arracher des faisceaux, éroder directement la matre, la vider de son sédiment, ce qui peut fragiliser la structure, et à terme tuer l'herbier. Les mattes mortes en résultant peuvent donc constituer un phénomène complètement naturel, comme par exemple dans la baie de La Palud, à Port-Cros (France) (Augier et Boudouresque, 1967).

La faible variabilité génétique de *Posidonia oceanica* pourrait constituer un facteur fragilisant pour cette espèce (Raniello et Procaccini, 2002). La rareté de la floraison et surtout de la production de graines, ainsi que l'autopollinisation, et inversement l'importance de la reproduction asexuée pourraient expliquer cette faible variabilité génétique.

4.2.1.9 Pressions d'origine anthropique

Il convient de préciser que la destruction d'un herbier à *Posidonia oceanica* est irréversible à l'échelle humaine (Boudouresque *et al.*, 2006). En effet, la recolonisation des surfaces perdues est extrêmement lente puisque, il faut plusieurs décennies pour avoir seulement une reconstitution partielle de l'herbier (Meinesz et Lefèvre, 1984 ; Pergent-Martini et Pasqualini, 2000).

Les pressions d'origine anthropique sur l'herbier à *Posidonia oceanica* sont multiples et ont fait l'objet de nombreuses études approfondies. Ces études montrent clairement que l'homme est le responsable de la plus grande partie des régressions d'herbiers à *P. oceanica*, observées depuis la seconde moitié du 20^{ème} siècle (Short et Willie Echeverria, 1996 ; Pasqualini *et al.*, 1998a ; Duarte, 2002 ; Boudouresque *et al.*, 2006).

Par conséquent, ces régressions ont été particulièrement spectaculaires, aux alentours des grands centres urbains et portuaires comme Barcelone, Marseille, Toulon, Nice, Gênes, Trieste, Gabès, etc. (Pères et Picard, 1975 ; Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Solis-Weiss *et al.*, 2004 *in* Boudouresque *et al.*, 2006), où l'herbier régresse en profondeur (remontée de la limite inférieure, en raison de la diminution de la transparence de l'eau), aux profondeurs intermédiaires, mais également au niveau de sa limite supérieure.

Par exemple, sur le littoral de Ligurie (Italie), l'herbier à *P. oceanica* a perdu entre 10 et 30 % de sa surface par rapport au début du 20^{ème} siècle (Bianchi et Peirano, 1995 ; Peirano et Bianchi, 1995 *in* Boudouresque *et al.*, 2006).

A Gênes (Italie), il est devenu très clairsemé et a même disparu le long de plusieurs kilomètres de côte (Balduzzi *et al.*, 1984 ; Bianchi et Peirano, 1995 *in* Boudouresque *et al.*, 2006).

Dans le Latium (Italie), la régression est générale, avec dans certains cas, un remplacement par une autre Magnoliophyte, *Cymodocea nodosa* (Diviacco *et al.*, 2001).

A Marseille, près de 90 % de l'herbier cartographié à la fin du 19^{ème} siècle par Marion (1883) *in* Boudouresque *et al.* (2006), a aujourd'hui disparu (Boudouresque, 1996).

Dans l'Hérault (France), l'herbier qui s'étendait entre Carnon et Agde, sur plusieurs dizaines de kilomètres, a également, en grande partie disparu (Foulquié et Dupuy de la Granrive, 2003).

Néanmoins, la régression des herbiers de Posidonie n'est pas générale. Dans certaines régions, les limites de l'herbier sont restées stables. Autour de l'île d'Ischia (Italie), les limites d'herbier étudiées, n'ont pas régressé pendant une période d'une cinquantaine d'années (Colantoni *et al.*, 1982)

Il convient de rappeler que *Posidonia oceanica* a survécu à des événements géologiques et climatiques très sévères. Elle a en particulier résisté aux crises Messiniennes, pendant lesquelles, le taux de salinité de la Méditerranée a considérablement augmenté (Krigsman *et al.*, 1999), puis aux cycles glaciaires et climatiques, alternativement froids et chauds, qui caractérisent le Quaternaire (Clark *et al.*, 1999 ; Bradley, 2000 ; DeMenocal *et al.*, 2000 ; McDermott *et al.*, 2001).

La régression récente de *P. oceanica*, à l'échelle de la Méditerranée, peut donc difficilement être attribuée à une désadaptation, ni au réchauffement climatique actuel (Béthoux et Gentili, 1998 ; Salat et Pascual, 2002 *in* Boudouresque *et al.*, 2006). Il est donc clair que les activités humaines constituent le principal facteur de régression des herbiers à *Posidonia oceanica* (Boudouresque *et al.*, 2006).

Les activités humaines pouvant entraîner directement, indirectement, par effet cumulatif voire même synergique selon l'importance des pressions engendrées, une dégradation ou une destruction de l'herbier à *Posidonia oceanica* sont décrites.

4.2.1.9.1 Pressions liées à la réalisation d'ouvrages côtiers

La réalisation d'ouvrages tels que les digues, les terre-pleins gagnés sur la mer et les ports constitue une des menaces les plus importantes pour les milieux côtiers, et en particulier pour les herbiers à *Posidonia oceanica* (Boudouresque *et al.*, 2006).

En plus des impacts directs destructeurs, générés par la construction de ces ouvrages côtiers, ceux-ci modifient localement les houles et les courants, et les processus de transport des sédiments littoraux, qui déterminent leur distribution, érosion ou accumulation (Astier, 1984 *in* Boudouresque *et al.*, 2006). Ces modifications altèrent l'équilibre entre le taux de sédimentation et la croissance verticale des rhizomes qui y répond.

La construction d'un ouvrage qui avance dans la mer, tel qu'une zone portuaire ou une digue perpendiculaire au rivage, détermine un déplacement du courant vers le large, avec hypersédimentation en amont (dépôt excessif du sédiment en transit) et érosion (déficit en sédiment) en aval du flux (Blanc et Jeudy de Grissac, 1989).

Les digues parallèles au rivage modifient également les courants et provoquent la déflexion des houles, ce qui peut déterminer un effet similaire. Les effets sont d'autant plus importants que les ouvrages sont de grande dimension.

Une hypersédimentation peut entraîner le recouvrement des apex végétatifs de *Posidonia oceanica*. Si ce taux de sédimentation dépasse 5 à 7 cm/an, les points végétatifs meurent (Boudouresque *et al.*, 1984). A l'inverse, si ce taux est nul ou négatif (départ de sédiment), les rhizomes finissent par se déchausser et deviennent alors très sensibles à la cassure (hydrodynamisme, ancras, chalutages, etc.) (Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1983).

Par exemple, à Monterosso (Ligurie, Italie), une zone d'herbier à *P. oceanica* a été enfouie sous des sédiments, en relation directe avec un ouvrage côtier gagné sur la mer (Gongora-Gonzalez *et al.*, 1996 *in* Boudouresque *et al.*, 2006).

Outre la modification des courants et des flux sédimentaires, les ports et terre-pleins peuvent générer, lors de leur construction, un nuage turbide qui peut agir de trois manières :

- Il diminue la transparence de l'eau (et donc la photosynthèse) ;

- Il se dépose dans l'herbier (hypersédimentation) ;
- Les sédiments les plus fins sont régulièrement remis en suspension par les vagues, ce qui diminue la transparence de l'eau sur le long terme (Charbonnel, 1993).

À Toulon (France), Astier (1984) a mis en évidence la destruction directe par recouvrement, de 22ha de *P. oceanica*, suivie par la destruction indirecte de 10ha et de l'envasement de 27ha supplémentaires.

À Marseille (France), la construction du port de la Pointe Rouge a détruit directement 11ha, et indirectement 68 ha d'herbier de Posidonie (Gravez *et al.*, 1992 ; Charbonnel *et al.*, 1995d *in* Boudouresque *et al.*, 2006).

Enfin, les bassins portuaires constituent souvent un site très pollué par les peintures antifouling et les rejets d'eaux usées depuis les bateaux. Cette pollution se répand ensuite au voisinage des ports, ce qui peut altérer la vitalité des herbiers (Boudouresque *et al.*, 2006).

4.2.1.9.2 Rejets dans le milieu marin

Une arrivée naturelle d'eau douce dans le milieu marin (fleuve, émissaire urbain) modifie, à proximité du point de rejet, la salinité du milieu. Cette baisse de salinité affecte significativement *P. oceanica*, dans la mesure où c'est une des espèces les plus sténohalines de Méditerranée (Pergent et Le Ravallec, 2007). En effet, au niveau de l'embouchure des fleuves côtiers, le recul des herbiers est souvent important (Pasqualini *et al.*, 1999).

Cependant, en plus d'avoir un impact naturel par la dessalure des eaux, les fleuves côtiers peuvent, par le biais des activités humaines, avoir un impact par les apports excessifs en nutriments et en sédiments. Cela est fortement influencé par la canalisation et la diminution artificielle (digues) de la surface du lit majeur accentue nettement les pics de débit lors des crues (Boudouresque *et al.*, 2006).

La construction de barrages et de retenues sur les fleuves, peut avoir un impact positif sur les herbiers de *P. oceanica*. La réduction sensible de la quantité d'eau arrivant à la mer, offre en effet un milieu potentiellement plus favorable à l'installation de *P. oceanica* (Boudouresque *et al.*, 2006). En revanche, ces mêmes barrages et retenues, tendent à ralentir voire stopper l'alimentation en sédiments sur le littoral. Ce faible apport sédimentaire peut être responsable du déchaussement des rhizomes de *P. oceanica*, ce qui les fragilise (Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1983 ; Jeudy de Grissac et Boudouresque, 1985). De plus, ces aménagements peuvent modifier les caractéristiques granulométriques des sédiments transportés, au profit de la fraction la plus fine. La remise en suspension de ces sédiments fins par l'hydrodynamisme génère une turbidité beaucoup plus élevée dans la colonne d'eau, qui limite l'accès des feuilles de *P. oceanica* à la lumière (Tunesi *et al.*, 2001 *in* Boudouresque *et al.*, 2006).

Les sels nutritifs apportés naturellement ou artificiellement par les fleuves côtiers ne semblent pas jouer un rôle direct important pour *P. oceanica*. En revanche, si ces apports sont excessifs, ils peuvent modifier deux paramètres essentiels au bon fonctionnement des herbiers, les concentrations en nutriments et l'irradiance (Cambridge et McComb, 1984 ; Havens *et al.*, 2001 ; Waycott *et al.*, 2005).

En effet, la concentration en nutriment régule le développement des herbiers, que se soit directement, par un bouleversement du métabolisme interne de la plante, ou indirectement, par développement massif d'épiphytes, de phytoplancton et de macroalgues flottantes ou fixées entrant en compétition intense avec *P. oceanica*. Tout cela conduit à une réduction de lumière et de la quantité d'oxygène dissous disponible (Lapointe *et al.*, 1994 ; Pergent-Martini *et al.*, 1996).

Les rejets urbains et d'autres activités anthropiques peuvent également accroître la charge des eaux côtières en particules en suspension, en nutriments et en matière organique dissoute ou particulaire. A leur tour, les nutriments (azote et phosphore), et la matière organique provoquent la prolifération des organismes planctoniques. Au total, la transparence de l'eau s'en trouve réduite. Cela provoque le même phénomène que cité précédemment, à savoir, un recul de la limite inférieure de l'herbier, par manque d'accès à la lumière. Dans certains cas, si cet accès à la lumière est fortement réduit et prolongé dans le temps, l'herbier peut mourir en quelques semaines seulement (Ruiz et Romero, 2001 ; Ruiz et Romero, 2003).

Enfin, les rejets anthropiques, outre le fait de modifier de façon importante l'équilibre sédimentaire des eaux côtières, véhiculent une large gamme de contaminants. Les détergents, les hydrocarbures, les produits phytosanitaires, les métaux lourds, et les composants des peintures anti-fouling (TBT), réduisent fortement la vitalité des herbiers à *Posidonia oceanica*, si ces composés sont présents en quantités importantes (Kelly *et al.*, 1990 ; Short et Willie Echeverria, 1996 ; Haynes *et al.*, 2000 ; Pergent-Martini et Pergent, 2000 ; Prange et Dennison, 2000 ; Ralph, 2000 ; Ruiz et Romero, 2003).

Ces contaminants peuvent altérer la biosynthèse des pigments photosynthétiques. En effet, le long d'un gradient de pollution croissante, la teneur des feuilles de *P. oceanica* en pigments photosynthétiques diminue progressivement à mesure que l'on s'approche de la source où la concentration est la plus élevée (Augier et Maudinas, 1979).

En conclusion, les rejets dans le milieu marin peuvent être à l'origine d'une multitude de pressions sur *P. oceanica*. Mais, l'augmentation de la turbidité des eaux apparaît comme le facteur le plus aggravant, auquel viennent s'ajouter d'autres perturbations, telle qu'un apport excessif en nutriments, en sédiment ou en substances toxiques.

Il est important de noter qu'avec l'aménagement du littoral, l'enrichissement excessif des eaux (avec toutes les conséquences qu'il entraîne) est une des causes majeures du déclin des herbiers à Magnoliophytes marines (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Pérès, 1984 ; Short et Burdick, 1996 ; Short et Willie Echeverria, 1996 ; Delgado *et al.*, 1999 ; Ruiz *et al.*, 2001 ; Cancemi *et al.*, 2003 ; Cardoso *et al.*, 2004).

La régression des herbiers est surtout observable près de la limite inférieure. En effet toute augmentation de la teneur en particules en suspension provoque une modification quantitative et qualitative de la lumière, qui affecte inévitablement la photosynthèse, en premier lieu dans les zones où les contraintes pour l'accès à la lumière sont déjà fortes (profondeur), ce qui peut provoquer une remontée de la position de la limite inférieure de l'herbier (Peres et Picard, 1975 ; Peres, 1984).

4.2.1.9.3 Pressions liées aux ancrages

Les herbiers à *Posidonia oceanica* sont particulièrement sensibles aux activités humaines liées à une action mécanique. Parmi les impacts mécaniques, l'action des ancres constitue la cause d'altération des herbiers la plus fréquemment mise en avant (Boudouresque *et al.*, 1995a).

Outre l'impact direct des ancres (arrachage des feuilles et des rhizomes), il convient de souligner que les zones de mouillage sont le site d'une pollution significative aux peintures anti-fouling, hydrocarbures, détergents, rejets de matière organique et macrodéchets (Francour *et al.*, 1997 ; Francour *et al.*, 1999 ; Milazzo *et al.*, 2004 ; [Montefalcone et al.](#), 2007).

Des études récentes ont montré que le type de l'ancre utilisé influe beaucoup sur l'impact généré sur l'herbier. Ainsi, l'ancre de type "Hall" est celle ayant le plus faible impact (Milazzo *et al.*, 2003 ; Milazzo *et al.*, 2004). En outre, de mauvaises pratiques de remontée de l'ancre accentuent l'impact sur l'herbier.

4.2.1.9.4 Pressions liées à l'utilisation de bouées de balisage

La densification des usages, liée à la vocation touristique du littoral, a entraîné depuis plusieurs années une multiplication des dispositifs de balisage estival des zones de baignade. Ces bouées jaunes disposées dans les criques ou le long des plages ont un impact visuel et paysager certain, mais présentent également un impact important sur le fond, en particulier sur l'herbier à *Posidonia oceanica*.

En France, les communes ont la charge de ce balisage. En effet, depuis l'Arrêté du 27 mars 1991, la législation confère au maire, la gestion de certaines activités nautiques (baignade, engins non immatriculés et non motorisés) dans la bande des 300 m. Les communes se sont trouvées devant l'obligation d'agir et d'informer le public en la matière. La mise en place de ce balisage représente souvent un coût important pour la collectivité et les options d'aménagement sont très contrastées d'une commune à l'autre.

Pour baliser la bande des 300 m, le système généralement utilisé consiste à relier une bouée jaune hémisphérique à un corps-mort par l'intermédiaire d'une chaîne dont l'amortissement des mouvements se fait sur le fond, autour du corps-mort.

Les mouvements de cette chaîne autour du corps-mort génèrent l'essentiel de l'impact (Boudouresque *et al.*, 2006).

4.2.1.9.5 Pressions liées à l'utilisation de chaluts de fond ou d'arts traînants

L'utilisation de chaluts ou d'arts traînants sur un herbier à *P. oceanica* constitue une menace directe. En effet, bien que la législation interdise l'utilisation de ces engins sur les fonds de moins de 50 m ou à proximité des côtes, ils n'en restent pas moins utilisés dans certaines régions de Méditerranée (Ardizzone et Pelusi, 1984).

En raison de ses caractéristiques structurelles, le chalut a un impact important sur l'herbier à *Posidonia oceanica*. Cet impact est dû non seulement à la ligne de plombs, qui arrache des faisceaux (Ardizzone et Pelusi, 1984), mais aussi aux panneaux latéraux, susceptibles de creuser de profonds sillons dans la matre (Paillard *et al.*, 1993 in Boudouresque *et al.*, 2006).

Ces agressions favorisent le déclenchement de phénomènes érosifs, dus aux courants, accentués par le déséquilibre sédimentaire provoqué par la mise en suspension du matériel sédimentaire auparavant piégé par la matre.

4.2.1.9.6 Fermes aquacoles

Concernant les installations aquacoles, les études réalisées montrent clairement que quand elles sont situées à proximité d'un herbier à *Posidonia oceanica*, elles ont un impact significatif sur celui-

ci. Elles entraînent une diminution de la vitalité de l'herbier, à cause des trop grandes quantités de nutriments rejetés (azote, phosphore et matière organique) (Cancemi *et al.*, 2000). La présence en excès de matière organique peut mener à la production de composés toxiques pour *Posidonia oceanica* (Hemminga, 1998). En outre, comme dans le cas des rejets en mer, un enrichissement des eaux en nutriments peut déterminer un accroissement des épiphytes des feuilles, avec pour conséquence la réduction de l'accès à la lumière, mais aussi, l'augmentation du broutage des feuilles par les herbivores (Ruiz-Fernández, 2000 *in* Boudouresque *et al.*, 2006 ; Pergent-Martini *et al.*, 2006). Enfin, l'ombre portée des cages, limite localement l'accès à la lumière, ce qui réduit significativement la vitalité de l'herbier situé en contrebas (Ruiz-Fernández, 2000 *in* Boudouresque *et al.*, 2006 ; Ruiz et Romero, 2001).

Dans la baie d'Hornillo (Espagne), le suivi de l'herbier a montré que la mise en place d'une ferme piscicole a conduit, en 10 ans, à la destruction de 11 ha d'herbier et à la dégradation de 10 autres hectares (Ruiz *et al.*, 2001).

Plusieurs études de cas réalisées sur des fermes piscicoles en baie d'Ajaccio (Corse), baie de Figari (Corse), Sant'Amanza (Corse), golfe d'Aranci (Sardaigne), baie de Fornells (Baléares), baie d'Hornillo (Espagne), et la baie de Saint-Paul (Malte), ont montré des effets significatifs sur *P. oceanica*. En effet, si elles sont positionnées au dessus d'un herbier, les fermes aquacoles ont un impact sévère sur la vitalité de l'herbier, avec notamment un phénomène d'anoxie lié à la forte teneur en matière organique (Pergent-Martini *et al.*, 2006). Les mêmes conclusions ont été tirées d'études plus anciennes (Delgado *et al.*, 1999).

4.2.1.9.7 Canalisations et câbles sous-marins

La mise en place de canalisations et de câbles sous-marins sur un herbier à *Posidonia oceanica* peut avoir des impacts extrêmement variables selon le contexte.

Souvent, avant la pose des linéaires, des tranchées (ensouillage) sont creusées pour la traversée de l'herbier. Ces tranchées, généralement réalisées perpendiculairement à la côte, peuvent constituer un grave problème pour l'herbier. Si du sédiment a été disposé pour refermer la tranchée, il est rapidement emporté par l'hydrodynamisme. Ce dernier a tendance à agrandir la tranchée. Enfin, lors des travaux, l'herbier est généralement détérioré sur une largeur beaucoup plus importante que celle de la tranchée elle-même (Boudouresque *et al.*, 2006).

En revanche, si le câble ou la conduite est installé correctement en respect avec la stratégie décisionnelle, adaptée au contexte local (Boudouresque *et al.*, 2006), l'impact sur l'herbier peut être extrêmement modeste, voire positif si l'herbier traversé est en excellent état de conservation.

4.2.1.9.8 Dumping

Le dumping est le rejet au large de matériaux meubles ou solides, en particulier de produits de dragage. Son impact négatif sur l'herbier à *Posidonia oceanica* est directe (ensevelissement, envasement) ou indirecte (remise en suspension des particules fines et accroissement de la turbidité).

Les impacts ont pu être mis en évidence en Ligurie par Peirano et Bianchi (1995) et en Corse, dans le golfe de Porto-Vecchio par Pasqualini *et al.* (1999).

Il convient donc de réaliser le dumping dans des zones suffisamment profondes ou éloignées des herbiers pour réduire au maximum les impacts négatifs.

4.2.1.9.9 Espèces introduites par l'homme

L'introduction d'espèces invasives susceptibles d'entrer directement en compétition avec les Magnoliophytes marines est un phénomène relativement récent.

Aujourd'hui, les connaissances sont de plus en plus précises sur les mécanismes mis en œuvre lors de ces interactions, notamment vis-à-vis des espèces du genre *Caulerpa* (Villèle et Verlaque, 1995 ; Ceccherelli *et al.*, 2000 ; Ceccherelli et Campo, 2002 ; Memed *et al.*, 2007).

Aujourd'hui, les espèces en compétition avec *P. oceanica* sont *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* puis de *Womersleyella setacea* et *Acrothamnion preissii*.

Bien que leur impact sur l'herbier à *Posidonia oceanica* ait été beaucoup étudié, et que leur présence modifie profondément le fonctionnement de l'écosystème (Ruitton et Boudouresque, 1994 ; Gélin *et al.*, 1998 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1999), il n'a, à ce jour pas été démontré un recul important des herbiers en bonne santé. En revanche, il a été démontré que des herbiers de *P. oceanica* affaiblis ou dégradés, sont plus vulnérables à une invasion d'espèces introduites comme *C. taxifolia* (Villèle et Verlaque, 1995).

Il apparaît tout de même judicieux de se conforter au principe de précaution et de considérer les espèces invasives comme des facteurs susceptibles d'engendrer une menace pour les herbiers marins (Pergent et Le Ravallec, 2007).

4.2.1.9.10 Surpâturage

L'oursin *Paracentrotus lividus*, consommateur de *P. oceanica* est normalement contrôlé par des prédateurs comme le sar *Diplodus* sp. La surpêche de ces derniers est une des causes de l'explosion des populations d'oursins. La pollution urbaine, favorise également la prolifération des oursins (Harmelin *et al.*, 1981 ; Ruiz-Fernández, 2000). Enfin, dans les eaux trop enrichies en nutriments comme dans les cas décrits précédemment (présence de rejets urbains ou d'installation piscicole), la teneur en azote des feuilles de *P. oceanica* et des épiphytes augmente significativement, cela a un effet attractif pour les brouteurs comme *Paracentrotus lividus* et *Sarpa salpa* (Ruiz-Fernández, 2000). Il en résulte donc un surpâturage des végétaux benthiques.

Pas exemple, à Aguilas (Espagne), au voisinage d'une ferme aquacole, le surpâturage par les oursins a été constaté. La prolifération des oursins a été favorisée par la pollution, et serait la cause directe de la régression de l'herbier (Ruiz-Fernández, 2000).

4.2.1.9.11 Synergie entre les différentes pressions

Il est probable que la plupart des causes de régression mentionnées ne soient en mesure, à elles seules, de dégrader ou de détruire l'herbier à *Posidonia oceanica* sur de vastes étendues, si l'on excepte des effets locaux (recouvrement par un aménagement, proximité immédiate d'un rejet d'eau usée non épurée, etc.).

La concomitance de divers types de perturbations, le long de certains secteurs de côte, et leur synergie, peuvent expliquer les dommages sérieux et étendus observés dans l'espace : disparition complète de l'herbier ou diminution de sa vitalité (recouvrement, densité des faisceaux) (Boudouresque *et al.*, 2006).

En général, les herbiers les plus dégradés sont ceux qui sont situés à proximité des centres urbains et des grandes zones portuaires. Toutefois, pour établir une véritable relation de cause à effet, il est nécessaire de mettre en place des systèmes de surveillance spécifiques, conçus de telle façon que la variabilité spatio-temporelle naturelle, qui caractérise l'écosystème à *P. oceanica*, puisse être prise en compte.

Les processus écologiques susceptibles d'influencer la vitalité de *P. oceanica* sont nombreux et pas forcément d'origine anthropique. En effet, Il existe des herbiers qui présentent une faible vitalité (faible densité, faible recouvrement, etc.) alors qu'ils sont éloignés de toute activité anthropique (Boudouresque *et al.*, 2006). De même, les mattes mortes peuvent constituer un phénomène naturel, qui ne doit pas forcément être interprété comme le signe univoque d'un impact d'origine anthropique (Moreno *et al.*, 2001).

Parfois, des impacts d'origine naturelle et anthropique se superposent, ce qui rend l'évaluation de l'état de santé d'un herbier difficile. Par ailleurs, vu la très grande lenteur de reconstitution d'un herbier à *P. oceanica*, l'impact peut avoir eu lieu il y a des décennies, voire des siècles (Boudouresque *et al.*, 1980c *in* Boudouresque *et al.*, 2006 ; Gravez *et al.*, 1992). Tous les paramètres cités ci-dessus doivent donc être considérés avec soin, dans un site et à une échelle donnée, avant de conclure à la régression et de mettre en place des procédures spécifiques (Boudouresque *et al.*, 2006).

4.2.2 Description détaillée de *Pinna nobilis* (Grande nacre)

4.2.2.1 Classification

La coquille et les tissus mous du Pinnidé montrent des caractéristiques distinctives qui ont permis de classer le groupe dans la superfamille unique des *Pinnacea*, avec seulement une famille, les *Pinnidae* et trois genres : *Pinna*, *Atrina* et *Streptopinna* (García-March et Vicente, 2006).

4.2.2.2 Morphologie

La forme triangulaire des pinnidés et leur condition anisomyaire (la réduction du muscle adducteur antérieur par rapport au muscle adducteur postérieur) sont une conséquence de l'adaptation de leur attache au substrat par les filaments du byssus. Leur grande taille est due aux grandes extensions postérieures du manteau et de la coquille, probablement comme conséquence de l'habitat semi-endofaune dans des substrats meubles (Yonge, 1953).

La coquille est composée de deux couches principales. La couche externe est faite de calcite avec une microstructure de petits prismes calcitiques réguliers (c. 1mm) et la couche interne est faite de nacre aragonitique. Le Périostracum, la couche externe protéique de la coquille du mollusque, est usée juste après sa sécrétion et des dépôts de coquilles de prismes simples irréguliers aragonitiques sont observés sous les muscles adducteurs formant le myostracum. La quantité de conchyaline absorbée dans la couche calcitique est très élevée et confère une grande flexibilité aux extensions postérieures de la coquille. La couche nacrée est dure et augmente en largeur vers la direction antérieure. L'extension de celle-ci a des valeurs systématiques :

- Dans la *Streptopinna*, la nacre est fortement réduite ;

- Dans la *Pinna*, il existe un sulcus calcitique (strate de calcite séparant la nacre en un lobe dorsal et ventral) ;
- Dans l'*Atrina*, le genre le plus primitif, la couche interne de la coquille est plus développée et il n'y a pas de sulcus, alors que la couche de nacre est continue, contrairement à celle de la *Pinna* (García-March et Vicente, 2006).

La structure du ligament de la *Pinna nobilis* n'a été décrite en détail que récemment. Par conséquent, les descriptions rencontrées dans les bibliographies antérieures peuvent être équivoques. D'après García-March *et al.*, *Pinna nobilis* possède un ligament opisthodète allongé submarginal recouvert dorsalement par la couche externe prismatique calcitique de la coquille, sauf là où celle-ci a été retirée par l'érosion. Cependant, au lieu d'avoir seulement une couche lamellaire et fibreuse, comme précédemment décrit pour la superfamille Pinnacea, cette espèce en a quatre. Par conséquent, le ligament de la *Pinna nobilis* est duplivinculaire opisthodète, comme ceux des ancêtres du Carbonifère (*Pteronites*), au lieu de planivinculaire, comme décrit pour les autres Pinnidés. Yonge (1953) a décrit pour la première fois la répétition des couches ligamentaires chez le *P. carnea*, et a interprété qu'elles étaient occasionnelles, et le résultat de la rétraction du manteau suite à des lésions postérieures graves de la coquille. Cela peut amener à une mauvaise interprétation de la structure et de la forme de la coquille chez la *P. nobilis*, deux caractéristiques utilisées pour l'étude des paramètres de croissance à partir de valves vides (García-March et Vicente, 2006).

Une caractéristique frappante du ligament des Pinnidés est sa fonction basique de tenir ensemble les deux valves. L'ouverture se produit par la flexion de la coquille calcitique postérieure, grâce à la flexibilité susmentionnée. Lorsque le muscle adducteur postérieur se contracte, la coquille fléchit et l'ouverture se ferme. Certains auteurs ont suggéré que le sulcus de la *Pinna*, sur lequel la nacre n'est pas déposée, aide à plier la coquille pendant le processus de fermeture (Carter, 1990). Il s'agit de la seule utilité suggérée pour cette structure. Tous les individus présentent un orifice étroit dans la partie antéro-ventrale des valves pour la sortie du byssus (García-March et Vicente, 2006).

La coquille présente une plasticité morphologique importante chez les adultes, les juvéniles et entre les deux, adultes et juvéniles. Cizhak et Dierl (1961) ont décrit deux principales tendances morphologiques qu'ils ont appelées *forma crassa* et *papyracea*. La première aurait l'axe maximal de la coquille courbe sur la face ventrale, une coquille épaisse marron foncé, et une largeur maximale d'environ 20 cm. La deuxième ne serait pas courbée sur la face ventrale, serait plus fine, pale et d'une largeur maximale d'environ 30 cm. De récentes observations indiquent que les types de morphologies sont plus diverses. García-March et Marquez-Aliaga (2006a) ont distingué trois principaux types de morphologies (droite et large, droite et étroite, et courbé), à part des morphologies juvéniles et adultes. Ces formes peuvent être observées ensemble dans la même population et gamme bathymétrique (García-March et Vicente, 2006).

Les auteurs précédents ont suggéré que la forme de la coquille chez la *Pinna nobilis* est fortement influencée par le degré d'abrasion antérieur et le taux de migration postérieur des tissus souples. Ce dernier est proportionnel au dépôt des nouvelles couches et à la construction de la coquille (Yonge, 1953). Le processus d'abrasion et de reconstruction de la coquille conduit à une restructuration effective de la coquille pendant l'ontogénie, ce qui explique également les différences entre les formes des juvéniles et des adultes. Mais l'influence de l'abrasion de la coquille antérieure sur la forme de la coquille signifie que les individus d'une même population et gamme bathymétrique, avec la même hauteur (Ht) mais de forme différente, sont habituellement d'âges différents. Ceci est un facteur potentiel du biais lorsque sont utilisées des coquilles vides pour des estimations des taux de croissance et de l'âge, dont la magnitude n'a pas encore été quantifiée avec précision (García-March et Vicente, 2006).

Bien que Combelles *et al.* (1986) aient remarqué que ces jeunes lisses se trouvaient habituellement dans les herbiers, alors que ceux épineux étaient rencontrés sur les sédiments nus (le phénomène d'écomorphose chez les jeunes), de récentes études indiquent que les individus épineux se

trouvent également dans les herbiers (García-March, 2006). Par conséquent, l'hypothèse suggérant que l'apparition des épines chez les jeunes exposés est une adaptation de défense doit être revue.

Les tissus mous présentent une série de caractéristiques typiques des Pinnidés, principalement liées à leur adaptation réussie aux habitudes de vie semi-endofaune. Une description détaillée de l'anatomie de la *Pinna nobilis* peut être trouvée chez Czihak et Dierl (1961). Les travaux de Yonge (1953) donnent également des signes importants sur la forme de la coquille et les habitudes des Pinnidés.

Le manteau n'adhère pas à la coquille, ce qui lui confère une grande capacité de rétraction. Cela est de la plus haute importance pour la surprenante faculté des Pinnidés à reconstruire presque toutes les extensions postérieures de la coquille après une cassure. Toutefois, pendant la période de reconstruction les spécimens sont plus susceptibles de se faire dévorer par les prédateurs et les charognards. Si ces derniers sont abondants, même de petites cassures peuvent être fatales à la survie de l'individu. La reconstruction de la coquille présente également des conséquences négatives sur les estimations de la taille en fonction de l'âge, la coquille reconstruite peut être plus petite que l'ancienne. Par conséquent, les coquilles déformées et distinctement reconstruites, (présentant des bords de reconstruction) ne doivent pas être utilisées pour des estimations de la taille en fonction de l'âge (García-March et Vicente, 2006).

Des connaissances sur le byssus des Pinnidés sont importantes pour le développement des essais de repeuplement. Un individu adulte possède habituellement plus de 20 000 filaments attachés au substrat. Ces filaments, d'environ 25 cm de longueur, ne sont pas seulement collés à de minuscules particules, à des racines et rhizomes des Posidonie avec les plaques d'adhésion, mais sont également noués entre eux et avec les racines et les débris de sédiment. Cette procédure améliore la fixation au substrat. Si la plaque d'adhésion se perd, le filament reste noué remplissant sa fonction (García-March, 2006). Tous ces facteurs combinés confèrent à la *Pinna nobilis* une grande force de résistance, dont la force maximale est estimée autour de 45 Newtons (García-March *et al.*, 2007a).

La taille totale des individus est influencée dans une certaine mesure, directement ou indirectement, par l'hydrodynamique. Les grands spécimens se trouvent généralement à une plus grande profondeur car la force d'entraînement F_d exercée par les vagues sur la coquille des grands Pinnidés dans les eaux peu profondes dépasse le plus souvent la force de résistance (F_r), les détachant et les tuant. Il a également été observé que les spécimens habitant à des profondeurs différentes dans le même herbier ne grandissent pas à la même vitesse ni n'atteignent la même taille maximale. A Moraira (Alicante, Méditerranée occidentale), les spécimens habitant dans les eaux peu profondes grandissent plus vite pendant les premières années de leur vie, mais atteignent vite une taille asymptotique limitée. Ceux vivant dans des lieux plus profonds grandissent lentement mais atteignent de plus grande taille $H_{t_{max}}$ (García-March *et al.*, 2007b). Le ramassage des spécimens par des plongeurs amateurs peut partiellement être responsable de l'absence de grands individus dans les sites protégés peu profonds (García-March et Vicente, 2006). En 2009, sur le site de Peyrefite au sein de la RNMCB, la majorité des nacres était de taille moyenne (12,3 cm de hauteur hors sol et 26,9 cm de hauteur totale (Payrot et Jenot, 2009). En 2010, un suivi des grandes nacres du port de Banyuls sur Mer est réalisé en plongée scaphandre autonome. Au total, 36 grandes nacres ont été dénombrées lors de 15 plongées. Leur hauteur totale moyenne est de 27,9 cm ce qui correspond à un âge moyen de 2,5 à 3 ans. Ce recrutement correspondrait peut-être à la hausse anormale de température observée durant la saison estivale 2006. La population de grandes nacres est constituée d'individus jeunes (33 %) et d'adultes (67 %). La hauteur totale est fonction de la profondeur, mais également de la géomorphologie des sites (Preuvost, 2010).

4.2.2.3 Nutrition

Les nacres sont inclinées vers le courant. Elles filtrent leur nourriture : particules vivantes souvent constituées d'algues unicellulaires de petit diamètre ou mortes (matière organique). Les nacres filtrent 6,5 litres d'eau par jour. Elles ont une capacité de filtration lente par rapport aux moules (100 l/24h) ou aux huîtres (40l/24h).

4.2.2.4 Reproduction

La sexualité de *Pinna nobilis* s'articule autour d'un hermaphrodisme successif à maturation asynchrone. Différents stades de développement (D) et de régression (R) de la glande génitale male (M) et de la femelle (F) peuvent être identifiés (MD/MR et FD/FR).

La gonade de *Pinna nobilis* se situe entre les anses intestinales, en partie sur le muscle rétracteur du pied. L'évolution sexuelle se fait en plusieurs phases, avec une phase de repos (octobre à mars) et une phase d'activité sexuelle (le reste du temps). Une succession d'émissions gamétiques alternées et de gamétogenèses rapides a lieu du mois de juin au mois d'août. La maturation asynchrone des gamètes pour un même animal empêche l'autofécondation. Les phases mâle et femelle ne sont jamais équilibrées chez les individus matures. La fécondation croisée n'est possible que lorsqu'il y a la présence simultanée de *Pinna nobilis* en phase male ou femelle. Une succession continue de cycles de reproduction est observée avec alternance de sexes. Malgré tout, la nature du sexe peut changer lors d'une nouvelle phase sexuelle avec la permanence de gamètes résiduels du sexe opposé. Les ovocytes sont fécondés en pleine eau.

Des facteurs exogènes peuvent influencer les rythmes sexuels. Des températures supérieures à 14°C environ sont un facteur important dans le déclenchement de l'activité génitale et diminuent la durée entre deux phases sexuelles successives. En l'absence de produits génitaux (en période de repos), un tissu alvéolaire de réserve et de soutien des acini apparaît.

4.2.2.5 Croissance et longévité

Une fois la fécondation terminée, l'œuf se développe suivant le mode spiral donnant une larve trochophore qui évoluera en véligère. La larve véligère se fixe sur un support quelconque ou s'ancre sur le sol avant de donner le jeune naissain.

Une fois fixée, *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).

Le modèle retenu pour décrire la croissance de *Pinna nobilis* est celui de Von Bertalanffy, déjà utilisé couramment en biologie halieutique. L'utilisation de ce modèle a débouché sur l'établissement de tables de vie. (Moreteau et Vicente, 1982, Vicente, 1984).

Le modèle ne présente pas une valeur générale et doit être ajusté en fonction des biotopes où vit *Pinna nobilis* (zones littorales ouvertes, criques semi-fermées, lagunes, etc.).

De plus, et grâce à l'étude sur la croissance des *Pinna nobilis* de l'étang de Diana en Corse, De Gaulejac (1993) a démontré la pertinence de ce modèle associé à une modulation saisonnière.

A ce facteur saisonnalité, Garcia-March (2006) ajoute un facteur « localité ». En effet, d'un pays à l'autre de la Méditerranée, il semble exister des différences considérables, tant au niveau des vitesses de croissance que des tailles maximales atteintes par les individus. Chaque étude de

croissance revêt donc un caractère très local et les résultats sont difficilement extrapolables et transposables d'une population distincte à une autre.

4.2.2.6 Ecologie

Associées à la *Pinna nobilis*, dans la cavité du manteau, près des branchies, vivent plusieurs espèces de crevettes commensales du genre *Pontonia* (*P. pinnophylax*) et de crabes du genre *Pinnotheres* (*P. pinnotheres* et *P. pisum*). Les *P. pinnophylax* se trouvent généralement par deux, mâle et femelle (Richardson *et al.*, 1997).

Pinna nobilis est un substrat idéal pour de nombreux organismes épibiontiques comme les ascidies (*Halocynthia papillosa*), les algues (*Acetabularia acetabulum*) ou d'autres bivalves (*Ostrea edulis*). La faune associée à *Pinna nobilis* a été étudiée en Tunisie (Rabaoui *et al.*, 2009).

4.2.2.7 Statuts de protection

Pinna nobilis est une espèce protégée par différentes réglementations (Tableau 24).

Tableau 24 : Liste des statuts de protection de *Pinna nobilis*.

Niveau de protection	Date	Nom	Référence
International	1976	Convention de Barcelone	Annexe 2, relative aux « espèces en danger ou menacées »
	1995	Convention d'Alghero	Annexe 1, relative aux « critères de biodiversité pour les organismes infralittoraux »
	1995	Plan d'Actions pour la Méditerranée, réunion d'expert à Montpellier	Annexe 4, relative aux « espèces menacées »
	1996	Plan d'Actions pour la Méditerranée, réunion d'expert à Tunis	Annexe 3, relative aux « espèces en danger ou menacées »
Européen	1992	Directive Habitat Faune-Flore n°92/43/CEE	Annexe 4, relative aux « espèces animales » d'intérêt communautaire
National	2004	Arrêté interministériel	Liste des Invertébrés protégés : interdiction de pêche, transport et vente
			Liste rouge des espèces vulnérables

4.2.2.8 Répartition et état de conservation au niveau international, national, régional et local

La *Pinna nobilis* est un mollusque bivalve Ptériomorphe qui a élu domicile dans la Mer Méditerranée depuis la fin du Miocène (Gomez-Alba, 1988). L'espèce se trouve fréquemment dans des herbiers de Posidonie, où elle vit avec le tiers antérieur pointu de la coquille enfoui dans le substrat. 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 Posidonie (Garcia-March, 2006). D'après Templado *et al.* (2004), les individus *Pinna nobilis* peuvent être rencontrés jusqu'à -60 m, mais elle est surtout présente dans l'étage infralittoral (entre le niveau des basses mers et 30-40 m de profondeur) (Boudouresque, 2012).

Les *Pinna nobilis* se trouvent dans de nombreux environnements, les herbiers de Posidonie étant les plus fréquents. Sur les sédiments nus tels que les lits de maërl, les spécimens sont facilement localisables, mais dans les herbiers de Posidonie ou Cymodocée, ils sont totalement ou partiellement cachés. Les grands spécimens sont, au moins, assez volumineux pour être trouvés relativement facilement, mais les petits individus sont difficiles à détecter, plus particulièrement les nouvelles recrues de l'année. Des populations ont également été trouvées dans les entrées des cavernes et mêmes dans les épaves. Dans le Parc Marin des Iles de la Galite (Tunisie), une population dense de *P. nobilis* et de *Pinna rudis*, estimée pour comporter plus de 30 individus/100 m², a été observée dans une épave dans les années soixante. Chez les populations en bonne santé, quelques spécimens peuvent également être trouvés parmi des blocs (García-March et Vicente, 2006).

Bien que les données publiées sur la densité de population de la *Pinna nobilis* soient rares, certaines tendances peuvent être obtenues à partir de la bibliographie. En général, la densité des individus est faible comparée à d'autres mollusques bivalves marins vivant sur des substrats meubles.

Butler *et al.* (1993) ont indiqué que la *Pinna nobilis* est répartie en formant des métapopulations où les grandes étendues avec seulement 1 individu/100 m² sont interrompues par des populations dispersées ayant de hautes densités (jusqu'à 16 individus/100m²).

En Tunisie, une concentration de 30 individus/100 m² a été observée dans une épave dans les années soixante.

En Grèce, à partir des données fournies par Katsanevakis (2005), une densité de 1,13 spécimen/100m² est observée dans le Lac Vouliagmeni entre 2 et 30 m de profondeur. Dans certains lagons et baies protégés de Corse et de Grèce une densité allant jusqu'à 6 individus/m² a été trouvée (De Gaulejac et Vicente, 1990 ; Catsiki et Catsiliery, 1992). Cependant, ces dernières populations sont exceptionnelles et restreintes à des zones où probablement la combinaison de plusieurs facteurs favorables améliore la survie des individus. Les raisons exactes de ces concentrations exceptionnelles restent inconnues (García-March et Vicente, 2006).

Sur les côtes adriatiques, Zavodnik *et al.* (1991) ont indiqué une densité moyenne de 9 individus/100m². Une fourchette de densité allant de 2 à 20 individus/100 m² a été observée dans le Parc National de Mljet (Croatie) (Siletic et Peharda, 2003).

En Italie, des individus ont été étudiés entre 3 et 16 m de profondeur, pour une densité comprise entre 0,1 et 0,7 individus par hectare (Centoducati *et al.*, 2006).

En Espagne, les densités moyennes observées sont inférieures à 1 individu/100 m² à Javea (Alicante) et allant de 1 à 12 individus/100 m² à Moraira (Alicante). Des pics de concentration de 10 individus/m² ont également été observés à Murcie, Almeria et aux Iles Baléares (García-March, 2003). Dans la Réserve Marine de Columbretes, une densité de 1,5 *Pinna nobilis*/100 m² a été comptée, avec un pic de 16 individus/100 m² à El Carallot (García-March et Kersting, 2006). Dans les Iles Chafarinas, Guallart (2000) a rapporté une densité moyenne de 3,2 individus/100 m².

En Sardaigne, 530 individus de *Pinna nobilis* ont été comptés et mesurés sur une surface de 4 500 m² (Addis *et al.*, 2009).

En France, dans le Parc National de Port-Cros, de nombreuses études ont été réalisées (Vicente *et al.*, 1980 ; Moreteau et Vicente, 1982 ; Combelles *et al.*, 1986 ; Vicente et Briano, 1987 ; Vicente, 2004). Les populations de *Pinna nobilis* demeurent stables au Parc National de Port-Cros, avec notamment les individus les plus âgés (44 ans) connus à ce jour en Méditerranée. La densité pour l'ensemble des sites étudiés est de 3,4 nacres pour 100 m². Cette densité n'était que d'une nacre pour 100 m² en 1970. La population globale se situe dans une fourchette de 13 000 à 15 000 individus (Medioni et Vicente, 2003). Les populations de Porquerolles sont évidemment bien moins riches et très altérées partout où se poursuit la pêche aux arts trainants et où les plaisanciers jettent leur ancre (Vicente, 2006). Une jeune population a été signalée à l'entrée du Port de Porquerolles où le mouillage est inexistant. Il s'agit de l'anse de la Pointe Prime, où par petit fond (1,50 m), dans un herbier assez sale pourtant, il existe une population de jeunes nacres (2 à 3 ans), avec une dizaine d'individus sur une surface assez réduite. Pour l'ensemble des sites étudiés la densité est donc de 0,91 nacres pour 100 m² (Vicente, 2009). Sur le site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde, FR 9101414 », de 1996 à 2002, *Pinna nobilis* est essentiellement représentée par des individus juvéniles, installés sur de la matte morte, entre 3 et 7 mètres de profondeur. En 2001, le nombre total de nacres vivantes mesurées était de 114. L'analyse des tailles révélait en outre que ces individus constituaient une population jeune. Une recrudescence de juvéniles a été observée durant les étés 2000 et 2001 (densités de 3 à 4 individus pour 100 m²) (Foulquié et Dupuy De La Grandrive, 2002). En 2009, au niveau des mattes, 2 *Pinna nobilis* vivantes et 2 mortes ont été observées (ADENA, 2009).

Au niveau du Golfe du Lion, *Pinna nobilis* est une espèce relativement abondante. Sur plusieurs sites de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls (RNMCB), un inventaire des populations de nacres a été réalisé en 1996, en plongée scaphandre, selon un échantillonnage par bande-transect. Au total, 13 individus ont été dénombrés et mesurés lors de 14 plongées (Medioni et Guille, 1996). En 1997, cet inventaire a été complété et a permis le dénombrement de 16 grandes nacres. Ces deux rapports définissent des zones cibles de recensement des grandes nacres dans le périmètre de la RNMCB (Cazes et Gazeilles, 1997). En 2009, l'inventaire des grandes nacres a été réalisé par la RNMCB sur le secteur de Peyrefite. L'échantillonnage est réalisé par 3 transects linéaires de 200 m² (100 m de long sur 2 m de large), et a permis le dénombrement de 45 nacres lors de 10 plongées (Payrot et Jenot, 2009). En 2009 également, l'inventaire est complété à Peyrefite à partir de transects réalisés en apnée. Une enquête a été réalisée auprès des plaisanciers afin d'estimer leur connaissance sur la grande nacre. Au total, 377 nacres ont été inventoriées et seulement 43 % des plaisanciers interrogés connaissent le coquillage (Guay et Stagnol, 2009). En 2010, un suivi des grandes nacres du port de Banyuls sur Mer est réalisé en plongée scaphandre autonome. Au total, 36 grandes nacres ont été dénombrées lors de 15 plongées, la densité moyenne est de 0,1 individu/100 m². En parallèle, une enquête auprès des plongeurs réguliers de la Côte Vermeille est effectuée afin de localiser les sites potentiels hébergeant des grandes nacres. Le site de Paulilles a été cité par 42% des plongeurs (Preuvost, 2010).

La Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls a retenu dans son plan de gestion la grande nacre comme espèce prioritaire. En effet, la présence de cette espèce fragile et vulnérable est considérée comme un bio-indicateur d'un bon état écologique (bonne qualité de l'eau) et de mesures de protection efficaces, notamment en ce qui concerne l'interdiction de mouillages limitant l'impact des ancrages des bateaux (RNMCB - CD66, 2016).

En 2014 et 2015, une étude a été réalisée le long de la côte rocheuse des Albères, afin de mesurer l'influence de la posidonie sur la distribution des grandes nacres et d'estimer la distribution de cette

espèce. Entre Argelès-sur-Mer et Cerbère, 5 000 m² d'herbiers de posidonie ont été étudiés, chaque *Pinna nobilis* ayant été mesurée et cartographiée. Les résultats montrent que la grande nacre s'établit quasi-exclusivement dans la posidonie (avec toutefois quelques rares individus dans le sable et le gravier) et que les jeunes individus s'implantent dans une densité d'herbier moins importante que les adultes. Sur la côte rocheuse des Albères, le nombre de jeunes individus (juvéniles dont la taille est inférieure à 24 cm) est quatre fois plus important que le nombre d'adultes (dont la taille est supérieure à 24 cm). Un recrutement important a été observé ces dernières années. La population comprend 81 % de juvéniles (taille inférieure à 24 cm) et 19% d'adultes (taille supérieure à 24 cm). Ces résultats diffèrent de ceux observés dans la baie de Peyrefite où sont observés près de 74 % d'adultes et 26 % de juvéniles. La population de la baie de Peyrefite est plus ancienne que celle des zones localisées en périphérie de la Réserve Marine. Le fait de trouver des individus adultes conduit à supposer un renouvellement des populations, le rôle de la Réserve Marine étant essentiel pour le maintien des populations de grandes nacres dans la Réserve Marine et en zones périphériques. Même si ces dernières années un recrutement important a été observé sur la côte rocheuse des Albères (présence de juvéniles en augmentation), il paraît important de souligner que cette espèce est confrontée à une mortalité élevée, en grande partie liée à ses (dorade royale *Sparus aurata* ou poulpe *Octopus vulgaris*) (RNMCB - CD66, 2016).

En janvier 2016, après avoir inventorié environ 2 600 m² (soit un quart des herbiers de posidonie de Peyrefite), plus de 410 grandes nacres ont été référencées. La densité moyenne d'individus calculée à Peyrefite est de 16 nacres / 100 m². Cette étude a également montré que l'herbier de la baie de Peyrefite présentait une densité très importante de grandes nacres « adultes », bien plus significative que les autres herbiers présents sur le littoral catalan (RNMCB - CD66, 2016).

Pinna nobilis est également bien représentée en milieu lagunaire (Dalias et Fabre, 2011 ; Dalias et Fabre, 2012 ; Dalias et Fabre, 2013) et en milieu portuaire comme Port-Leucate, le port de Port-Vendres, ou le port de Sète (Dalias *et al.*, 2011 ; Créocéan, 2012 ; Dalias *et al.*, 2013a ; Dalias *et al.*, 2013b).

L'estimation de la densité normale d'individus des populations de *Pinna nobilis* dépend de l'échelle. Pour de grandes étendues (grand herbier de plusieurs kilomètres carrés), la concentration de 1 individu / 100 m² pourrait être considérée comme une densité normale, au delà de 5 individus / 100 m² la densité serait élevée, et au delà de 10 individus / 100 m² comme très élevée. Si, au contraire, l'étendue considérée est plus petite (petite baie, lagon côtier, etc.), comme à Port-Vendres, 5 individus / 100 m² serait considérée comme une faible densité, 10 individus / 100 m² comme élevée, et au dessus de ce chiffre comme très élevée. Ces populations aux densités de plusieurs individus au mètre carré seraient exceptionnelles.

Selon l'échelle prise en considération, la répartition spatiale est aléatoire ou inégale en formant des métapopulations (Moreteau et Vicente, 1982 ; Butler *et al.*, 1993; García-March *et al.*, 2007b). La répartition spatiale semble être aléatoire à petite échelle (zones de 9 m²) (Katsanevakis, 2005; García-March *et al.*, 2007b), suggérant que le regroupement est dû à l'apparition de conditions environnementales adéquates sur certains sites, plutôt qu'à un comportement grégaire. Une configuration de conséquence de regroupement des conditions hydrodynamiques a également été observée. Sur les côtes exposées, la majorité des individus sont concentrés dans les herbiers de Posidonie, et seuls quelques spécimens sont observés en dehors. De plus, de nombreux chercheurs ont rapporté une élévation du nombre d'individus avec l'augmentation de la profondeur de l'eau jusqu'à la couche isobathe de 15 m (Zavodnik 1967 ; Vicente *et al.*, 1980; Moreteau et Vicente 1982; Vicente, 1990 ; Vicente et Moreteau, 1991 ; Barberá *et al.*, 1996 ; Templado, 2001). Cette augmentation des individus avec la profondeur de l'eau est probablement due à la réduction des forces d'entraînement (F_d) produites par les vagues sur la coquille, ainsi que l'augmentation correspondante de la survie des individus (García-March *et al.*, 2007a). Pour la même raison, les

populations ont tendance à être plus denses dans les endroits protégés que dans ceux plus exposés. Cependant, d'autres recherches sont nécessaires pour comprendre les causes de la répartition spatiale en dessous de ce niveau de profondeur (15 m de profondeur). De plus, il y a peu d'information sur la répartition de la *Pinna nobilis* dans les eaux profondes (>40 m). Le ramassage de la *Pinna nobilis* par des plongeurs amateurs peut contribuer à la mortalité de grands spécimens dans les eaux peu profondes des sites touristiques. Cependant, la protection produite par les herbiers rend cette explication rarement acceptable comme la raison principale de l'absence de grands spécimens dans les populations vivant dans les herbiers de Posidonie (García-March et Vicente, 2006).

4.2.2.9 Pressions d'origine naturelle

Sparus aurata (daurade) est un poisson ostéichtyen de la famille de Sparidés. Egalement prédateur de *Pinna nobilis*, il brise les coquilles des mollusques grâce à de puissantes molaires. Le poulpe *Octopus vulgaris* parvient souvent à écarter les valves de la jeune nacre afin de se nourrir de sa chair (Combelles *et al.*, 1986 ; Fiorito et Gherardi, 1999 ; Boudouresque, 2012).

4.2.2.10 Pressions d'origine anthropique

Il existe un consensus généralisé d'impact négatif des activités humaines sur les populations de *Pinna nobilis*. Il est admis que la pollution peut affecter les larves (comme pour beaucoup d'autres invertébrés) (Vicente, 1990 ; Vicente et Moreteau, 1991) et le développement des infrastructures côtières ont été responsables de la destruction de grandes étendues de fonds marins recouverts d'herbier de Posidonie, l'habitat de prédilection des *P. nobilis* (García-March et Vicente, 2006).

Le ramassage des individus par des plongeurs amateurs a été une autre cause du déclin de l'espèce. Il est fréquent de trouver des coquilles vides comme décoration dans les restaurants de bord de mer, ou plus rarement dans les magasins de souvenirs.

La pêche commerciale a été la principale cause du déclin de la population. Même aujourd'hui, les filets des pêcheurs locaux prennent de grands individus. Mais les effets que les chalutiers ont eu sur les populations vivant en profondeur sont probablement incalculables. Il y a environ 20 ans, les gardes de la Réserve Marine des îles de Columbretes ont du aider un chalutier arrivant à "l'Îlla Grossa", l'île principale de la Réserve, car les pêcheurs tiraient les filets, remplis de grandes *Pinna nobilis*. Une population entière a probablement été tuée ce jour là.

Les ancres des bateaux cassent les extensions postérieures de la coquille, donnant lieu à des malformations de la coquille. Les cassures prononcées de la coquille conduisent à des taux de mortalité élevés, malgré la grande capacité de reconstruction de la coquille que présentent les Pinnidés (García-March et Vicente, 2006).

Il existe de nombreuses preuves des effets négatifs des activités humaines sur les *Pinna nobilis*, cependant, il existe peu, s'il en existe, d'expériences pour évaluer quantitativement ces effets. Ceci est principalement lié aux complications techniques et théoriques de ce type d'études, mais

également du fait que jusqu'à récemment les recherches sur cette espèce ont été fortement négligées.

Le développement des études d'évaluation des impacts humains sur une population est contraint par les anciennes connaissances sur la structure de cette population. Si cette dernière est méconnue, les effets d'un impact sont difficiles à évaluer, et il est nécessaire de comparer avec d'autres populations similaires dans des environnements similaires. Il est fréquemment difficile de prédire l'apparition d'un impact sur une population et, par conséquent, il sera seulement possible de s'approcher de son degré de détérioration par le biais d'une connaissance précise de l'écologie de l'espèce.

Par conséquent, la meilleure politique d'études des impacts humains sur les populations de *Pinna nobilis* est l'amélioration de la connaissance des populations non dérangées dans des environnements différents. Les agressions subies par les populations de *Pinna nobilis* sont variées mais elles peuvent être classées en deux groupes :

- Les impacts chimiques sont ceux dus par exemple aux déversements des eaux usées ;
- Les impacts physiques sont ceux dus par exemple aux engins de pêche, aux ancres des bateaux et aux ramassages par les plongeurs (García-March et Vicente, 2006).

4.3 Appréciation des pressions résultant des aménagements récents

Le site de l'anse des Tamarins se situe en zone d'agglomération et au sein de la zone portuaire de Port-Vendres. Par conséquent, il est directement concerné par les diverses dégradations habituellement observées sur les côtes anthropisées.

D'après Créocéan (2012), les indices les plus marquants concernent la présence de macrodéchets et la pollution parfois importante des sédiments par les micropolluants. Ainsi, lors de crues, en plus d'avoir un impact naturel par la dessalure des eaux, les cours d'eau côtiers peuvent, par le biais des activités humaines, avoir un impact par les apports excessifs en nutriments et en sédiments (matière en suspension).

L'importante zone de matie morte située sur l'implantation du projet indique la présence d'un herbier historique qui a surement régressé historiquement suite à l'activité portuaire (terminal pétrolier) ou à l'apparition de certaines activités portuaires (par exemple, pollution par les composants des peintures anti-fouling, mouillages sur corps-mort notamment).

Malgré tout, les herbiers situés près de la sortie du port ne semblent pas subir de dégradation depuis l'état initial de 2005 (Créocéan, 2012).

La zone du projet de requalification du quai Dezoums semble donc être sous l'influence d'une nuisance suffisante pour entrainer la destruction des herbiers à *P. oceanica*. La portée de cette nuisance est faible, car elle ne semble pas avoir d'effets négatifs sur les herbiers situés près de la sortie du port.

Les individus de *Pinna nobilis* observés près du quai Dezoums ne montrent quant à eux, pas de signes de dégradation résultant des aménagements récents (Créocéan, 2012).

Concernant la qualité des sédiments, des concentrations élevées en TBT, en cuivre et en HAP ont pu être relevées. Pour rappel, les analyses des micropolluants dans le sédiment réalisées par Créocéan (2012) montrent un dépassement du niveau réglementaire N2 pour le TBT et du niveau N1 pour le cuivre et les HAP. La présence d'une pollution de ce type dans un port de commerce n'est pas rare. En effet, les TBT et le cuivre sont des composés entrant dans la composition des peintures anti-salissures (l'usage des TBT est interdit depuis 1992, mais la molécule peut subsister plusieurs années piégée dans le sédiment). La présence de HAP est la résultante de l'emploi et / ou la combustion de produits pétroliers.

5 Analyse des impacts bruts du projet pour chacune des espèces protégées faisant l'objet de la demande

Une analyse préalable des impacts bruts du projet (avant la mise en œuvre de mesures d'évitement et de réduction) est présentée.

La phase de chantier est une période transitoire, source de nuisances, mais limitée dans le temps et dans l'espace. Les impacts durant la période de chantier concerneront les travaux maritimes et à moindre titre terrestres.

Les travaux maritimes, réalisés sur le plan d'eau de la zone portuaire de Port-Vendres, comprennent des opérations de déroctage, d'immersion de blocs de roches, de structures en béton, la construction d'un terre-plein, la démolition de certains bâtiments existants, etc. Le temps nécessaire pour réaliser cet ouvrage portuaire est voisin de deux ans, fonction des alternatives et des méthodes retenues par l'entreprise choisie (Egis, 2016).

5.1 Impacts bruts sur le milieu physique en phase de travaux

5.1.1 Risque d'augmentation de la pollution physico-chimique et bactériologique à proximité du chantier

Durant les travaux de démolition des anciennes structures et de construction du nouveau quai, la qualité des eaux pourra être localement dégradée à cause de l'augmentation de la turbidité ou d'éléments polluants, même si écrans de confinement seront utilisés (voir Chapitre 6). Les sources de dégradation sont les suivantes :

- Augmentation de la turbidité en deçà du barrage anti-MES : Travaux de déroctage, mise en place des matériaux rocheux sous l'eau ;
- En deçà des barrages prévus : risque de pollution par les sédiments dragués remis en suspension, les déversements accidentels de produits polluants par les engins de travaux maritimes et terrestres et la centrale à béton, les eaux de ruissèlement du chantier et des engins de travaux.
- Relargage possible de TBT (dépassement du niveau N2), de HAP et de cuivre (dépassement du niveau N1) dans les sédiments à draguer (Créocéan, 2012) ;
- Possible augmentation de la pollution bactériologique liée à un relargage de bactéries contenues dans les sédiments portuaires (Créocéan, 2012), mais les travaux se déroulant hors période touristique, le risque sera nul pour la baignade (interdite dans le port) et pour le ramassage des coquillages (art 27 du règlement de police du port) ;

Ces dégradations ont un effet négatif sur les écosystèmes, qu'il convient de limiter autant que possible.

5.1.2 Risque de rejets ponctuels dans le milieu marin

En phase de travaux, il s'agit principalement de limiter les apports de matières en suspension vers la mer et d'éviter toute infiltration de polluants dans le sous-sol du littoral.

Les risques de dégradation de la qualité des eaux sont essentiellement liés :

- Aux installations de chantier ;
- A la pollution par rejets directs d'eaux de lavage, d'eaux usées, etc. ;
- A la pollution par une mauvaise gestion des déchets ;
- Aux produits polluants susceptibles d'être manipulés ou stockés sur des aires annexes ;
- Aux incidents de chantier (lors de l'approvisionnement en hydrocarbures, en cas de fuite d'engins).

Lors des périodes pluvieuses, les apports de matières en suspension issus de l'emprise du projet seront faibles. En revanche, le risque de rejet de produits polluants susceptibles d'être manipulés ou stockés, ou en cas d'incident est réel. La mise en place de mesures d'évitement et de réduction semble pertinente.

5.1.3 Risque de pollution accidentelle des eaux

Le risque de pollution accidentelle des sols et des eaux est inhérent à tous les travaux. Ces risques sont liés au déversement de produits polluants lors d'incidents de chantier (béton) ou aux engins de chantier (hydrocarbures). En effet, les travaux prévus nécessitent, outre l'emploi d'engins de chantiers, l'utilisation de produits polluants tels que les carburants, les huiles, etc. Le renversement d'un véhicule, les fuites d'huile de moteur ou de carburant peuvent intervenir de façon aléatoire.

Les produits chimiques sont susceptibles de contaminer les sols et les eaux superficielles et souterraines.

Au regard des caractéristiques du projet, ce risque de pollution accidentelle des eaux n'est pas nul. La mise en place de mesures d'évitement et de réduction semble pertinente.

5.2 Impacts bruts sur le milieu physique en phase d'exploitation

5.2.1 Impacts bruts sur le milieu physique, effet de confinement et modification de la dynamique hydro-sédimentaire

D'après le plan de masse, l'ouvrage n'entraînera pas d'impact supplémentaire sur le milieu physique du bassin portuaire de Port-Vendres. En effet, l'ouvrage n'accentuera pas l'un des effets les plus importants générés par les ports, le confinement. Au regard de l'évolution géomorphologique du site de Port-Vendres, la majorité de la côte étant rocheuse, la disparition de l'anse des Tamarins n'aura pas de conséquence sur le transit sédimentaire général. Elle ne participera pas à un dégraissement éventuel de la plage de la Jetée, puisqu'elle n'alimente pas celle-ci située à l'aval par rapport à un transit hypothétique en provenance de la mer et qu'il s'agit de deux unités sédimentaires indépendantes (Egis, 2016).

En conclusion, l'impact lié au confinement et à la modification de la dynamique sédimentaire sera négligeable. Aucune mesure d'évitement ou de réduction n'est nécessaire.

5.2.2 Impacts bruts sur la qualité des eaux

En phase d'exploitation, la qualité des eaux pourra être localement dégradée. Les sources de dégradation sont principalement :

- Le rejet des eaux de ruissellement sur les terre-pleins et les quais (eaux pluviales qui seront collectées et traitées dans un ouvrage déboureur-déshuileur, avec une vérification du bon fonctionnement, tous les 3 mois) ;
- Le déversement de produits polluants et/ou dangereux présents dans le port. Ces rejets peuvent avoir plusieurs origines dont un déversement accidentel. La pollution mobilisée dépend des activités réalisées sur les quais et terre-pleins.

Toutefois, les prescriptions réglementaires obligatoires doivent permettre d'éviter ce type de dégradation. Ce type d'impact peut donc être qualifié de faible et ne nécessite pas la mise en place de mesures d'évitement ou de réduction.

5.3 Impacts bruts sur le milieu biologique en phase d'exploitation

5.3.1 Impacts bruts négatifs sur le milieu biologique en phase d'exploitation

La perte de superficie en termes de fonds marins est de 10 144 m² par recouvrement par l'ouvrage et 9 705 m² supplémentaires seront détruits par le déroctage et le dragage. Tous les habitats et les espèces existantes sur ces zones seront détruits.

Par ailleurs, les fonds marins situés dans l'enceinte portuaire de Port-Vendres seront impactés par le nuage turbide et par les engins de chantier (dragues, barges à l'ancrage, etc.). Ce dernier impact a été évalué en prenant une marge de sécurité en considérant que les dispositifs de travaux n'évolueront pas à plus de 100 m des zones de travaux. Dans la réalité, cette distance devrait être inférieure (20 à 30 m environ).

5.3.2 Impacts bruts positifs sur le milieu biologique en phase d'exploitation

Les ouvrages de protection du quai (notamment les enrochements et les pieux bordant le quai) favoriseront la colonisation par les espèces benthiques de substrat dur (moules, anémones, huîtres, éponges, gorgones, etc.) et une diversification des milieux. Enfin, les enrochements créent une multitude de cavités qui constituent autant d'abris pour nombre d'espèces (poissons juvéniles, crustacés, mollusques, etc.). Parallèlement à la destruction de 19 849 m² de fonds marins, le projet créera 2 700 m² d'habitat rocheux, avec des fonctionnalités différentes et complémentaires.

Les conséquences attendues sont les suivantes :

- La colonisation des pieux, notamment dans les premiers mètres où la pénétration de la lumière est la plus forte, par des algues (vertes, rouge et brunes), hydriaires, bryozoaires, ascidies, petits bivalves, polychètes sédentaires de type serpulidae, spongiaires encroûtants, échinodermes ;
- La colonisation des enrochements du talus par algues (premiers mètres) et des invertébrés de substrats durs (groupes identiques à ceux cités dans l'alinéa précédent) ;

- La fréquentation des cavités entre les enrochements par des poissons, mollusques et crustacés necto-benthiques (congres, divers labridés, serranidés, scorpénidés, poulpes, etc.) au stade adulte ou pré-adulte essentiellement.

Les enrochements immergés représenteront une surface d'environ 2 700 m². En considérant un indice de cavité d'environ 16 %, le nombre théorique de cavités pour 10 m² est de l'ordre de 4,3, ce qui correspond à la création de quelque 11 600 cavités. Ces cavités serviront d'abri artificiel pour la faune vagile, poissons et crustacés notamment aux stades adultes et pré-adultes. En fonction de leur position et de leur distribution selon la profondeur, ces cavités pourront être plus ou moins fréquentées. La taille des cavités joue également sur la taille des poissons qui les fréquenteront et sur le taux de prédation. Ainsi ces cavités ne sont pas forcément adaptées au stade juvénile des poissons qui requiert des caches de plus faible volume adaptées à leur morphologie et disponibles dans les petits fonds (Egis, 2014).

Les enrochements bénéficieront au développement de la biodiversité marine mais ils devront être complétés par des dispositifs mieux adaptés aux stades juvéniles. Le futur quai Dezoums aura donc un impact dont les effets seront positifs et localisés aux structures de protection (pieux et talus d'enrochements). Malgré tout, cet aspect pourra être optimisé par le biais d'une mesure compensatoire.

5.4 Impacts bruts sur les deux espèces protégées concernées par le projet

Le projet de requalification du quai Dezoums à l'anse des Tamarins, affectera les deux espèces protégées. L'ensemble des impacts bruts sur les espèces protégées, sont représentés avec leur rayon d'influence. Les effets en interaction sont également représentés visuellement (Figure 28).

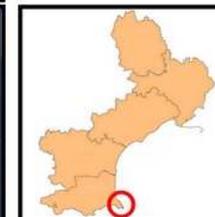
La portée des impacts du projet concerne au total 320 000 m² de fonds marins, représentés par des couleurs différentes sur la Figure 28. La portée des impacts à effets uniques et les impacts en interaction entre eux (superficie de fonds marins atteinte) sont listés ci-dessous, leur représentation est également visible (hachures) sur la Figure 43 :

- Risque de chute de matériaux lors de la démolition des ouvrages (quai Dezoum) : 5 559 m² ;
- Recouvrement par l'ouvrage (quai et terre plein) : 10 144 m² ;
- Dragage de chantier et déroctage : 9 485 m² ;
- Nuage turbide / pollution des eaux / divagation et ancrage des engins de chantier : 296 000 m² ;
- Hydrodynamisme au pied de l'ouvrage : 3 096 m².

En contrepartie, l'ouvrage aura un effet positif par création d'un habitat rocheux (quai sur pieux et talus en enrochements). Cet effet positif concerne 2 700 m² de fonds marins (Figure 28).

PORT DE PORT- VENDRES / REQUALIFICATION DU QUAI DEZOUMS A L'ANSE DES TAMARINS DOSSIER DE DEMANDE DE DEROGATION D'ATTEINTE AUX ESPECES PROTEGEES

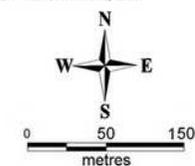
Carte synthétique des impacts du projet sur les espèces protégées concernées



LEGENDE

- Recouvrement par l'ouvrage
Espèces détruites :
P. oceanica (matte morte) ; *P. nobilis*
- Déroctage. Espèces détruites :
P. oceanica (matte morte) ; *P. nobilis*
- Turbidité / Engins de chantier
Espèces dégradées : *P. nobilis*
P. oceanica (matte morte et herbier)
- Hydrodynamisme (piéd d'ouvrage)
Espèces dégradées : aucune
- Chute de matériaux
Espèces dégradées :
P. oceanica (matte morte)

Source de données :
SEANEO, 2013
Ortho Littoral V2 - MEDDE
Egis Eau, 2013
Conseil Général 66, 2013



Système de coordonnées : Lambert-93
Réalisation : SEANEO, 05/03/2014

Figure 28 : Carte synthétique des impacts bruts et de leur rayon d'influence.

5.4.1 Impacts bruts sur *Posidonia oceanica*

Au préalable, il est important de noter que la destruction d'un herbier à *Posidonia oceanica* est irréversible à l'échelle humaine (Boudouresque *et al.*, 2006), plusieurs décennies, voire siècles étant nécessaires pour restaurer un herbier détruit (Meinesz et Lefèvre, 1984 ; Pergent-Martini et Pasqualini, 2000).

5.4.1.1 Impact brut lié à la démolition des ouvrages maritimes existants et enlèvement des enrochements de protection du terre-plein Dezoums

Les travaux de démolition des ouvrages et l'enlèvement des enrochements existants entraîneront le remaniement localisé des fonds au pied des enrochements et du quai et lors de l'extraction des ducs-d'Albe. Par ailleurs les différentes phases de démolition pourront provoquer la chute de matériaux ou de fragments plus ou moins gros de la plate-forme en béton armé. Les éléments de béton ne sont pas *a priori* polluants si des débris tombent à l'eau. Ces fragments seront de toute manière repris par les engins de dragage lors de la phase d'extraction des vases et de déroctage qui suivra (Egis, 2014).

Les matériaux de démolition seront ensuite expédiés vers un centre de collecte de matériaux inertes. Les enrochements enlevés seront également réutilisés à la base des enrochements du talus du futur quai (Egis, 2014).

Au regard de l'état initial, la démolition des ouvrages maritimes existants et l'enlèvement des enrochements de protection du terre-plein Dezoums n'impacteront pas les herbiers de *Posidonia oceanica* vivants existants en raison de leur éloignement (les plus proches se trouvant à 330 m). En revanche, en tenant compte d'une zone de risque de chute de matériaux de 20 m au droit de tout travaux, 53 m² de matte morte de *Posidonia oceanica* pourront être impactés (Figure 29).

Il convient de rappeler que par interaction, la totalité de cette matte morte sera de toute façon détruite, soit par recouvrement par l'ouvrage, soit par les travaux de déroctage.

Cet impact est direct, permanent et localisé. Il entraînera une dégradation de la matte morte et peut être qualifié de « moyen ». Il nécessitera éventuellement la mise en place de mesures permettant d'éviter, de réduire ou de compenser la dégradation de cet habitat.

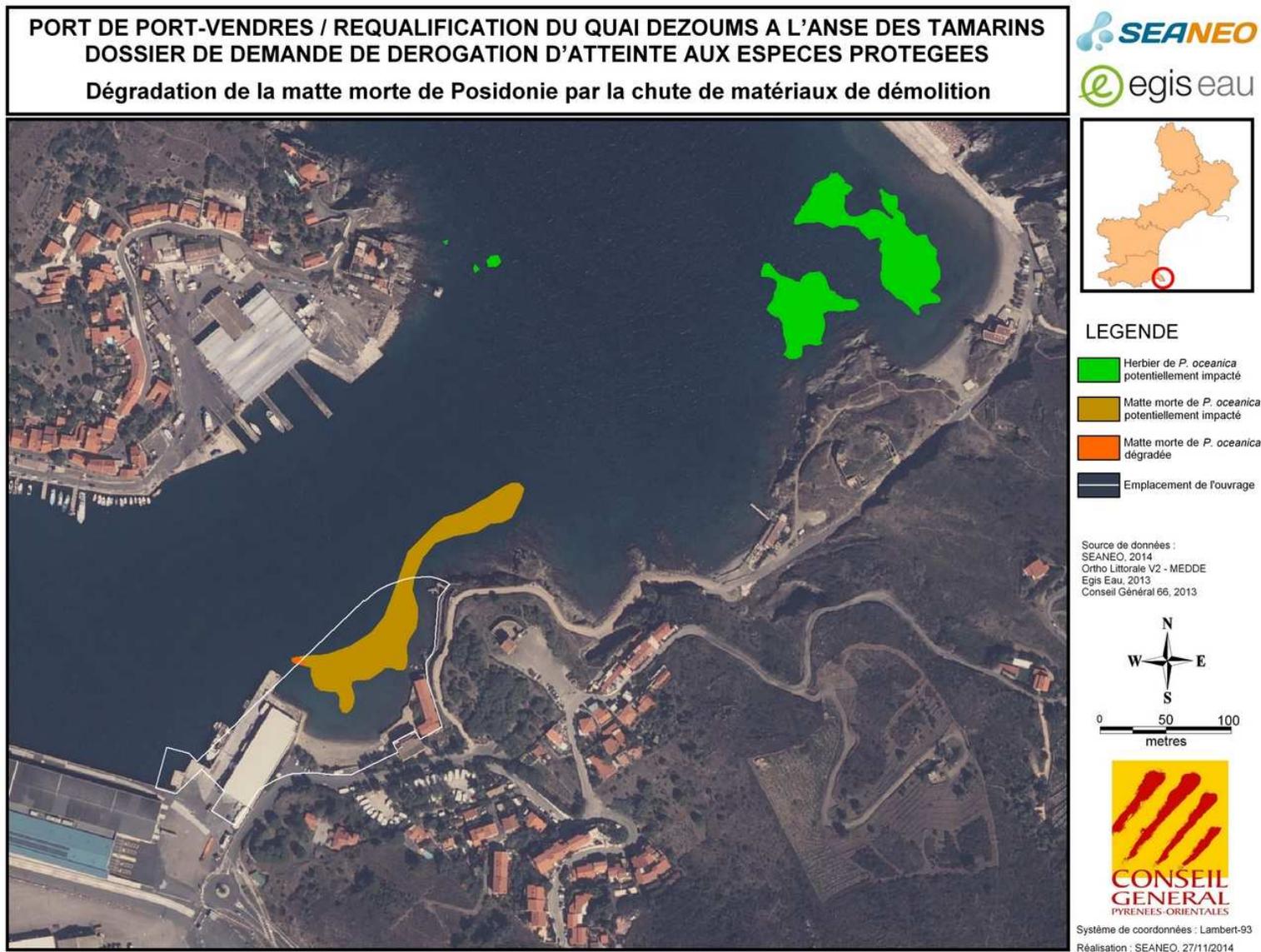


Figure 29 : Dégradation de la matre morte de *Posidonia oceanica* par la chute de matériaux de démolition.

5.4.1.2 Impact brut lié au recouvrement par l'ouvrage

Les travaux d'implantation des rideaux de pieux et de palplanches, le bétonnage des pieux, la construction du talus (purge de vase et immersion d'enrochements) et le comblement de l'anse des Tamarins auront tous un seul et même effet, le recouvrement par l'ouvrage portuaire.

Ainsi, tous les herbiers de *Posidonia oceanica* (matte morte, pas d'herbiers vivants) inclus sur la zone d'emprise du projet seront immédiatement détruits, et ce, de manière irréversible. Comme le précisent Boudouresque *et al.* (2006), ce type d'impact direct constitue une des menaces les plus importantes pour les milieux côtiers, et en particulier pour les herbiers à *Posidonia oceanica*.

Au regard de l'actuel plan de masse, les herbiers vivants de *P. oceanica* ne seront pas impactés par le recouvrement par l'ouvrage, en raison de leur éloignement (de la pointe des Tamarins, les herbiers situés au Nord sont à environ 260 m et les herbiers de l'anse de la jetée, à environ 325 m).

En revanche, l'ouvrage recouvrera et détruira 3 249 m² de matte morte de Posidonie.

Cet impact est direct, permanent et localisé. Il peut être qualifié de fort et nécessitera la mise en place de mesures permettant d'éviter, de réduire ou de compenser la perte de cet habitat. Il faut noter que les effets s'additionnent aux effets indirects de la démolition des ouvrages existants sur la zone de matte morte à l'Ouest du projet (Figure 30).

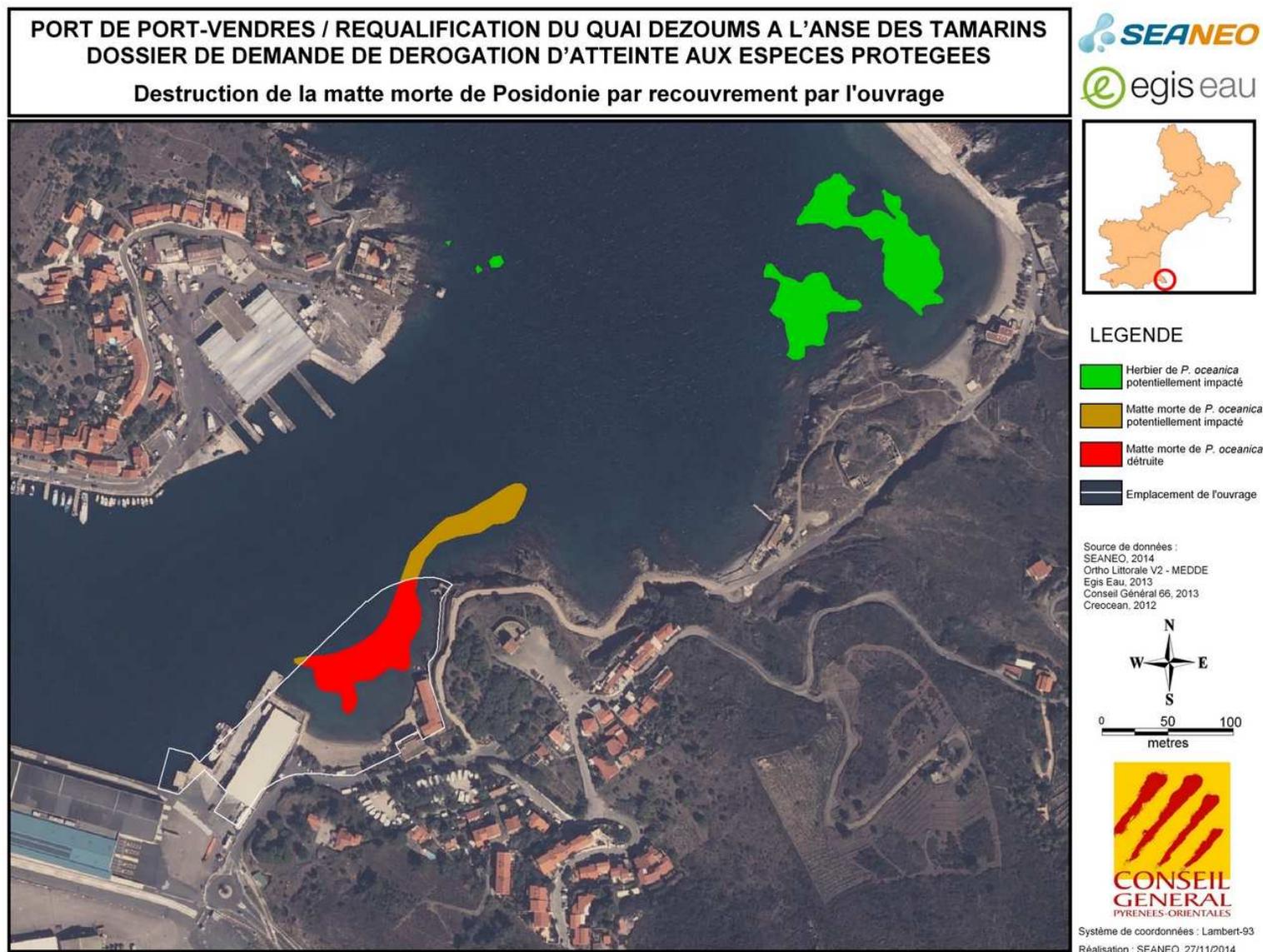


Figure 30 : Destruction de la matte morte de *Posidonia oceanica* par recouvrement par l'ouvrage.

5.4.1.3 Impact brut lié aux opérations de dragage et de déroctage

Les opérations de dragage et de déroctage auront un effet direct sur les habitats sous-marins en les détruisant totalement. Cependant, les herbiers vivants de *P. oceanica*, hors de portée des impacts du dragage et du déroctage, et ne seront pas impactés.

En revanche, la matte morte de Posidonie située sur cette zone de déroctage sera détruite de manière irréversible. Les opérations de déroctage détruiront 747 m² de matte morte.

Cet impact est direct, permanent et localisé. Il peut être qualifié de fort et nécessitera la mise en place de mesures permettant d'éviter, de réduire ou de compenser la perte de cet habitat (Figure 31).

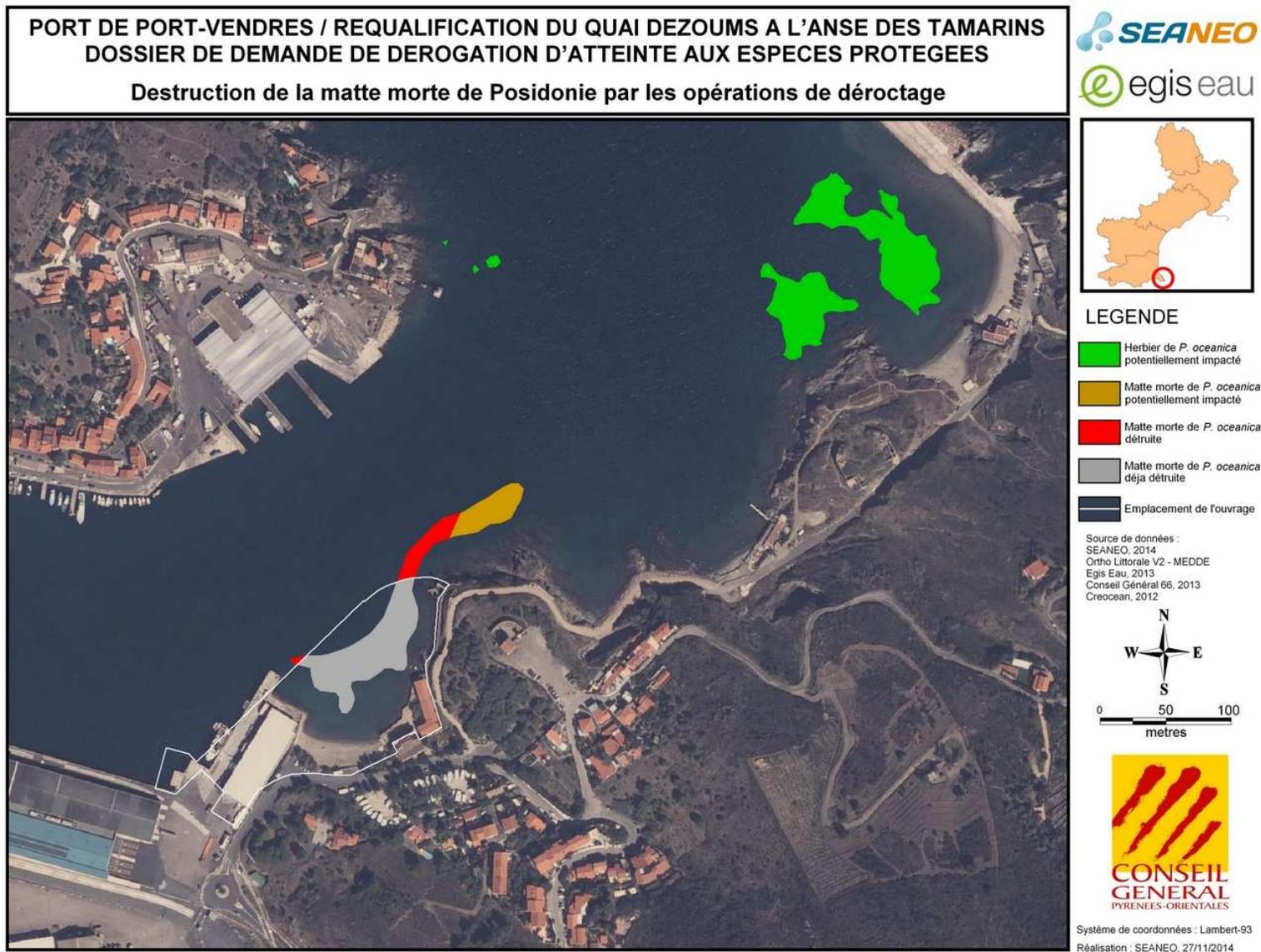


Figure 31 : Destruction de la matte morte de *Posidonia oceanica* par les opérations de déroctage de la phase de chantier.

5.4.1.4 Impact brut lié à la pollution physico-chimique du chantier (MES)

La démolition des ouvrages existants, la construction du nouveau quai, l'immersion d'enrochements, les travaux de dragage et de déroctage ainsi que les eaux d'exharc résultant du comblement de l'anse des Tamarins, peuvent générer un nuage turbide agissant de trois manières :

- Diminution de la transparence de l'eau et donc la photosynthèse ;
- Dépôt dans l'herbier (hypersédimentation) ;
- Remise en suspension régulière des sédiments les plus fins par les vagues, diminuant la transparence de l'eau sur le long terme (Charbonnel, 1993).

La destruction directe et indirecte d'herbiers à cause du nuage turbide est un phénomène récurrent quand un ouvrage côtier est construit (Astier, 1984 ; Gravez *et al.*, 1992 ; Charbonnel *et al.*, 1995d, Boudouresque *et al.*, 2006).

Ces effets indirects auront une incidence significative sur le milieu marin en raison de leur durée (plusieurs mois).

Il est considéré que tous les herbiers à *Posidonia oceanica* situés dans l'enceinte portuaire de Port-Vendres peuvent être potentiellement et significativement dégradés. Au total 6 521 m² d'herbiers vivants et 1 069 m² de matte morte sont concernés par cette dégradation.

Cet impact indirect et temporaire aura une emprise localisée à la zone portuaire de Port-Vendres. Cet impact est qualifié de fort. Il nécessitera la mise en place de mesures d'évitement, de réduction ou de compensation (Figure 32).

5.4.1.5 Impact brut lié aux engins de chantier

Dans la même zone, des engins de chantier (barges, navires) évolueront à proximité des travaux. Ces engins doivent parfois s'ancrer sur les fonds marins afin de rester stationnaires et de pouvoir travailler. Toutefois, les engins nautiques ne s'ancreront pas au niveau des herbiers vivants de la zone portuaire, en raison de leur éloignement, mais surtout d'une interdiction d'ancrage sur les herbiers. Par conséquent, leurs impacts sur les herbiers à *Posidonia oceanica* vivants seront nuls.

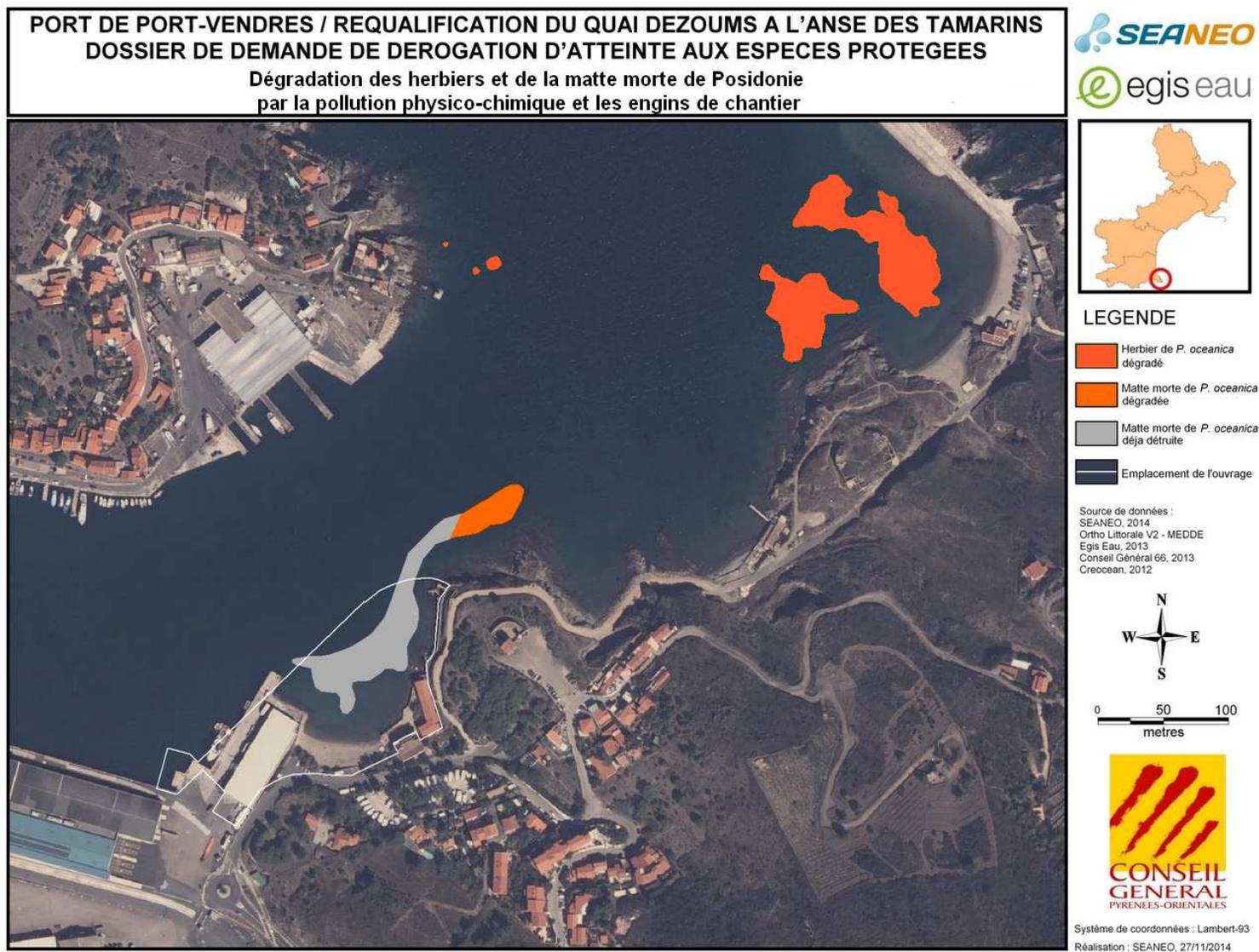


Figure 32 : Dégradation des herbiers et de la matte morte de *Posidonia oceanica* par la pollution physico-chimique et les engins de chantier.

5.4.1.6 Impact brut lié au relargage de micropolluants lors des travaux de dragage

L'impact du relargage de micropolluants lors des travaux de dragage est pris en compte à travers les résultats des analyses des micropolluants dans les sédiments (Figure 33).



Figure 33 : Résultats des analyses des micropolluants dans les sédiments. (d' après Créocéan, 2012).

5.4.1.7 Impact brut lié au confinement à l'intérieur de l'enceinte portuaire

D'après Boudouresque *et al.* (2006), si un herbier à *Posidonia oceanica* est inclus dans un port, il sera détruit, à moyen ou long terme. Ceci est d'autant plus valable que l'enceinte portuaire est « fermée » sur la mer, créant un milieu aux conditions physico-chimiques très défavorables pour la plante (salinité et température trop variables, excès d'enrichissement et de sédimentation, envasement, prolifération d'algues épiphytes et opportunistes, etc.) (Ben Alaya, 1972 ; Calvo *et al.*, 2003 ; Augier *et al.*, 1980 ; Robert, 1988).

D'après le plan de masse du projet, l'ouvrage ne créera pas de nouvelle zone confinée. Par ailleurs, la présence de ce nouvel ouvrage n'aura pas d'influence sur l'effet de confinement déjà existant dans la zone portuaire de Port-Vendres, notamment sur les herbiers de *P. oceanica* présents dans l'avant-port.

En conclusion, l'impact lié au confinement (ou accentuation du confinement déjà présent) sur les herbiers de Posidonie à proximité du projet peut être qualifié de négligeable.

Aucune mesure d'évitement ou de réduction ne s'avère nécessaire.

5.4.1.8 Impact brut lié à la modification des conditions d'agitation au pied de l'ouvrage

La construction d'un ouvrage portuaire peut également avoir un impact sur les herbiers situés à l'extérieur de cette enceinte portuaire. En effet, dans la majorité des cas existants, il existe une zone de matie morte (donc d'herbier mort) entre les enrochements et l'herbier vivant (Francour et Marchadour, 1989 ; Francour *et al.*, 1995 ; Charbonnel *et al.*, 1997 ; Boudouresque *et al.*, 2006).

Cependant, il est extrêmement difficile de prévoir l'impact qu'aura l'ouvrage une fois construit (Boudouresque *et al.*, 2006). Par mesure de précaution, les auteurs recommandent une distance minimale de 10 m de large entre la limite externe du futur ouvrage, et l'herbier.

Du fait de sa faible portée, la modification des conditions d'agitation au pied de l'ouvrage n'impactera pas les herbiers de Posidonie (de la pointe des Tamarins, les herbiers situés au Nord sont à environ 260 m et les herbiers de l'anse de la jetée, à environ 325 m). En effet, le talus en enrochements pourra permettre d'amortir plus efficacement la houle, qu'un quai vertical.

L'impact peut donc être qualifié de faible et ne nécessite pas la mise en place de mesures d'évitement ou de réduction.

5.4.1.9 Impact brut lié à l'hypersédimentation et à l'érosion

Les ouvrages portuaires gagnés sur la mer modifient localement les houles et les courants, et les processus de transport des sédiments littoraux, déterminant leur distribution, par érosion ou accumulation (Astier, 1984 *in* Boudouresque *et al.*, 2006). Ces modifications altèrent l'équilibre entre le taux de sédimentation et la croissance verticale des rhizomes qui y répond.

La construction d'un ouvrage avançant dans la mer, tel qu'une zone portuaire ou une digue perpendiculaire au rivage, détermine un déplacement du courant vers le large, avec hypersédimentation en amont (dépôt excessif du sédiment en transit) et érosion (déficit en sédiment) en aval du flux (Blanc et Jeudy de Grissac, 1989).

5.4.1.9.1 Impact brut lié à l'hypersédimentation

Il existe un équilibre entre le taux de sédimentation et la croissance verticale des rhizomes de *Posidonia oceanica* qui peut être altéré par une sédimentation modifiée. Si le taux de sédimentation dépasse 5 à 7cm/an, les points végétatifs meurent (Boudouresque *et al.*, 1984) et inversement si ce taux est nul ou négatif, les rhizomes se déchaussent et deviennent sensibles à la cassure (Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1983).

Au plan sédimentologique, l'augmentation de bathymétrie au droit de l'ouvrage créera des conditions plus favorables à la sédimentation des particules fines résultant de l'agitation naturelle ou artificielle (manœuvre des navires au droit du quai). La sédimentation dans le port est néanmoins relativement faible. Les fonds modifiés tendront vers le faciès actuellement observé sur les fonds de bathymétrie équivalente.

Cependant, cette zone de sédimentation sera plus instable car périodiquement remaniée par :

- Les hélices des navires (navires de commerce et remorqueurs associés) lors des manœuvres d'accostage ou d'appareillage sur le nouveau quai Dezoums (surtout celles d'accostage qui nécessitent au préalable la rotation des navires dans l'aire d'évitage) ;
- Les propulseurs d'étrave éventuels. Ces propulseurs d'étraves peuvent produire des courants localisés de plusieurs mètres par seconde, mais il n'existera pas de réflexion de ces courants sur le quai qui ne comporte pas de partie verticale. L'impact de ces courants sera en effet limité par la structure du quai et son talus qui permettront leur amortissement (Egis, 2014).

En conséquence, l'évolution sédimentaire dans cette zone sera caractérisée par des « cycles » alternant sédimentation lorsque le quai est inoccupé, et remises en suspension périodiques et temporaires dans la colonne d'eau lors des manœuvres des navires (Egis, 2014).

Les herbiers de *Posidonia oceanica* présents dans la zone portuaire seront suffisamment éloignés de la zone du quai Dezoums. Par ailleurs, lors des phases de remise en suspension, la turbidité générée ne devrait pas se diriger en direction des herbiers, en raison des caractéristiques des courants évoquées précédemment.

L'impact peut donc être qualifié de non significatif et ne nécessite pas la mise en place de mesures d'évitement ou de réduction.

5.4.1.9.2 Impact brut lié à l'érosion

Le projet entrainera la disparition d'une des deux unités sédimentaires du port de Port-Vendres, l'autre étant la plage de la Jetée, au droit de laquelle l'herbier de *Posidonia oceanica* est présent. Toutefois, au regard de l'évolution géomorphologique du site de Port-Vendres, la majorité de la côte étant rocheuse, la disparition de l'anse des Tamarins n'aura pas de conséquence sur le transit sédimentaire général. Elle ne participera pas à un dégraissement éventuel de la plage de la Jetée, puisqu'elle n'alimente pas celle-ci située à l'aval par rapport à un transit hypothétique en provenance de la mer et qu'il s'agit de deux unités sédimentaires indépendantes (Egis, 2014).

Le risque d'érosion de l'herbier situé au droit de l'anse de la Jetée est donc nul. Aucune mesure d'évitement ou de réduction ne s'avère nécessaire.

5.4.1.10 Impact brut lié aux rejets dans le milieu marin

Les bassins portuaires constituent souvent un site pollué par les peintures antifouling et les rejets d'eaux usées des bateaux. Cette pollution se répand ensuite au voisinage des ports, ce qui peut altérer la vitalité des herbiers (Boudouresque *et al.*, 2006).

Les rejets mal traités peuvent modifier plusieurs paramètres essentiels au bon fonctionnement des herbiers, comme la concentration en nutriments et en matière organique et la charge en particules en suspension (Cambridge et McComb, 1984 ; Havens *et al.*, 2001 ; Waycott *et al.*, 2005). Cela conduit à une réduction de lumière et de la quantité d'oxygène dissous (Lapointe *et al.*, 1994 ; Pergent-Martini *et al.*, 1996). Au total, la transparence de l'eau s'en trouve réduite et peut provoquer un recul de l'herbier. Si la luminosité est fortement réduite et prolongée dans le temps, l'herbier peut mourir en quelques semaines seulement (Ruiz et Romero, 2001 ; Ruiz et Romero, 2003). Dans un

milieu excessivement enrichi en nutriments, la pression de surpâturage peut également intervenir et contribue à la régression de l'herbier (Ruiz-Fernández, 2000 ; Harmelin *et al.*, 1981).

Les rejets anthropiques véhiculent une large gamme de contaminants (détergents, hydrocarbures, phytosanitaires, métaux lourds, composants des peintures anti-fouling, TBT), qui réduisent la vitalité des herbiers si ces composés sont présents en quantités importantes (Kelly *et al.*, 1990 ; Short et Willie Echeverria, 1996 ; Haynes *et al.*, 2000 ; Pergent-Martini et Pergent, 2000 ; Prange et Dennison, 2000 ; Ralph, 2000 ; Ruiz et Romero, 2003).

En considérant que les mesures règlementaires (et donc obligatoires) encadrant actuellement les rejets de ce type seront respectées par le Conseil Départemental des Pyrénées-Orientales, l'impact brut lié aux rejets dans le milieu marin ouvert sera négligeable.

5.4.1.11 Impact brut lié aux opérations de dragage d'entretien et de dumping

Le dragage constitue une activité vitale pour l'exploitation des ports, 50 millions de m³ de sédiments en moyenne étant dragués par an dans les ports français et rejetés dans le milieu marin. Les dragages d'entretien des bassins portuaires sont des opérations indispensables pour rétablir la côte d'exploitation des chenaux et des bassins existants pour permettre la navigation des navires.

Du fait d'un cadre règlementaire international et national strict respecté, l'impact lié aux opérations de dragage d'entretien du port et de dumping sera nul. Dans le présent projet (phase de chantier), des dragages sont envisagés pour les travaux neufs (requalification du quai), mais aucun dumping extérieur des matériaux de dragage ne sera réalisé. De plus, aucun dragage d'entretien n'est actuellement conduit pendant la phase d'exploitation, le port de Port-Vendres n'étant pas soumis à une forte sédimentation.

5.4.1.12 Conclusion

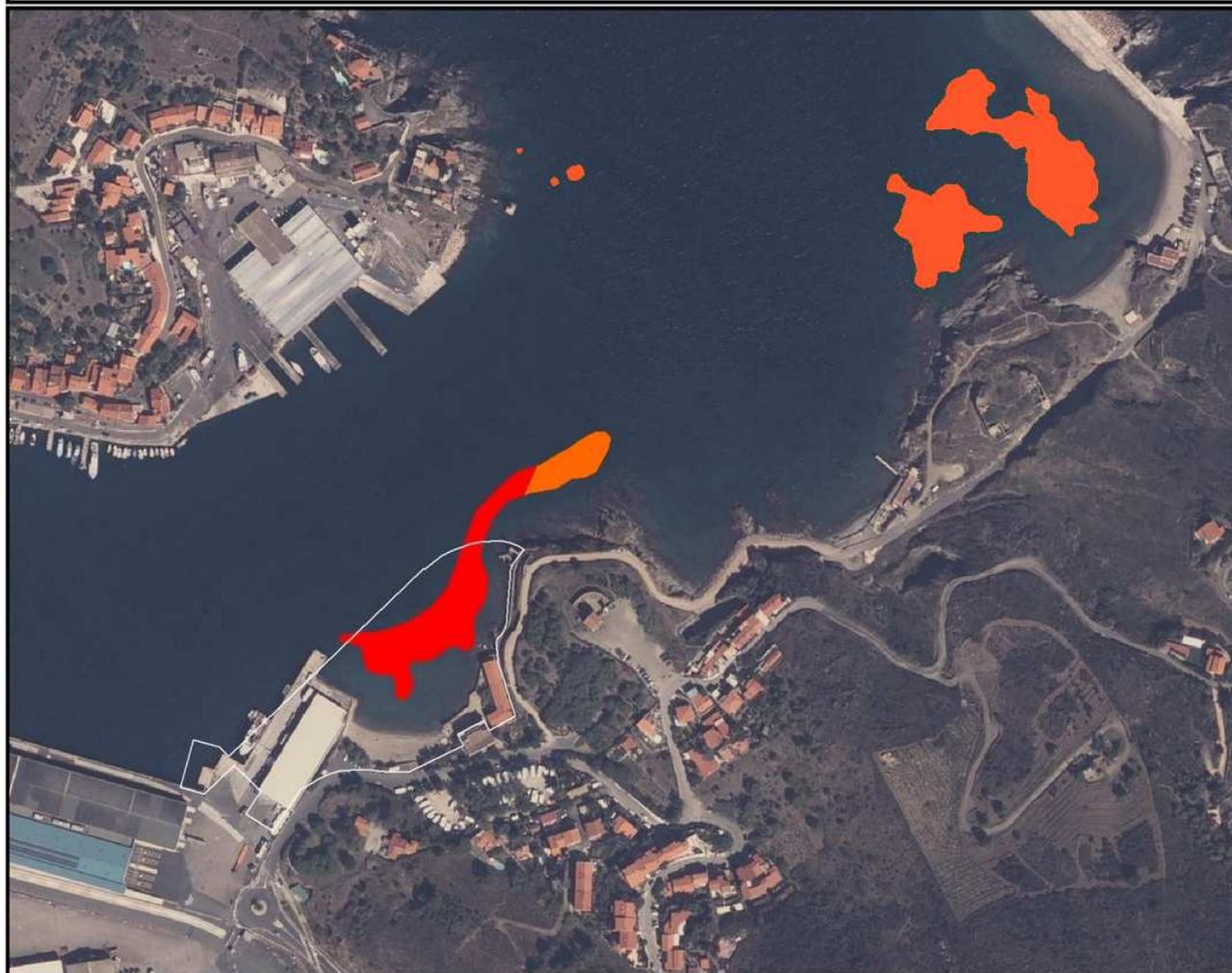
Au total, l'addition de plusieurs effets directs et indirects entrainera la destruction de 3 996 m² de matre morte et la dégradation de 1 069 m² de matre morte au niveau de l'anse des Tamarins (sur 5 065 m² de matre morte).

Les herbiers de *P. oceanica* vivants répertoriés en 2012 (Créocéan) sont hors de portée de l'ensemble des effets directs et indirects pouvant entrainer leur destruction. En revanche, les impacts (notamment la pollution physico-chimique induite par les MES) auront une incidence significative sur ces herbiers. Au total, 6 521 m² d'herbiers seront potentiellement susceptibles d'être dégradés par les travaux.

Au vu des impacts bruts sur *Posidonia oceanica* (destruction de 3 996 m² de matre morte et dégradation de 6 521 m² d'herbiers vivants), des mesures d'évitement et de réduction doivent obligatoirement être mises en œuvre par le CG66 (Figure 34).

PORT DE PORT- VENDRES / REQUALIFICATION DU QUAI DEZOUMS A L'ANSE DES TAMARINS DOSSIER DE DEMANDE DE DEROGATION D'ATTEINTE AUX ESPECES PROTEGEES

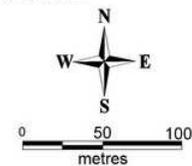
Carte synthétique des impacts du projet sur *Posidonia oceanica*



LEGENDE

- Herbier de *P. oceanica* potentiellement impacté
- Matte morte de *P. oceanica* dégradée
- Matte morte de *P. oceanica* détruite
- Emplacement de l'ouvrage

Source de données :
SEANEO, 2014
Ortho Littorale V2 - MEDDE
Egis Eau, 2013
Conseil Général 66, 2013
Creocean, 2012



Système de coordonnées : Lambert-93
Réalisation : SEANEO, 27/11/2014

Figure 34 : Carte synthétique des impacts bruts du projet sur *Posidonia oceanica*.

5.4.2 Impacts bruts sur *Pinna nobilis*

5.4.2.1 Impact brut lié à la démolition des ouvrages maritimes existants et enlèvement des enrochements de protection du terre-plein Dezoums

Les travaux de démolition des ouvrages et l'enlèvement des enrochements existants entraîneront le remaniement localisé des fonds au pied des enrochements et du quai et lors de l'extraction des ducs-d'Albe. Les différentes phases de démolition pourront provoquer la chute de matériaux ou de fragments plus ou moins gros de la plate-forme en béton armé. Les éléments de béton ne sont pas *a priori* polluants si des débris tombent à l'eau. Ces fragments seront de toute manière repris par les engins de dragage lors de la phase d'extraction des vases et de déroctage qui suivra.

Les matériaux de démolition seront ensuite expédiés vers un centre de collecte de matériaux inertes. Les enrochements enlevés seront réutilisés à la base des enrochements du talus du futur quai.

Au regard de l'état initial, la démolition des ouvrages existants et l'enlèvement des enrochements de protection du terre-plein Dezoums devraient détruire un individu situé à quelques centimètres au pied du quai Dezoums et concerner un individu situé dans la zone d'impact (20 m) par la chute de matériaux de démolition.

Cet impact indirect et temporaire aura une emprise localisée à la zone portuaire de Port-Vendres. Il peut être qualifié de fort et nécessitera la mise en place de mesures permettant d'éviter, de réduire ou de compenser si nécessaire la perte de ces individus (Figure 35).

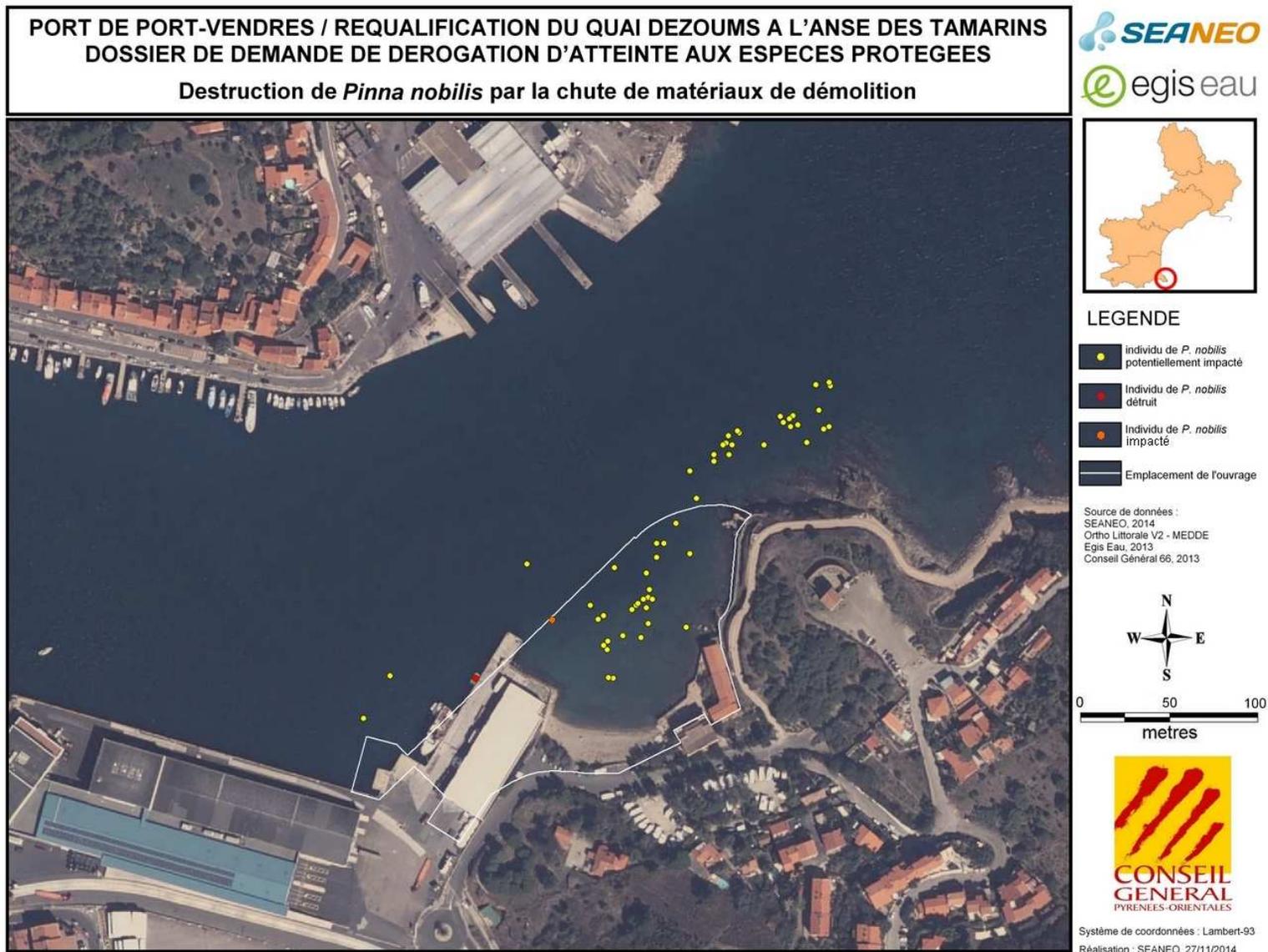


Figure 35 : Destruction de *Pinna nobilis* par la chute de matériaux de démolition.

5.4.2.2 Impact brut lié au recouvrement par l'ouvrage

Ce type d'impact direct constitue l'une des menaces les plus importantes pour les milieux côtiers (Boudouresque *et al.*, 2006). Du fait de leur très faible mobilité, tous les individus de *Pinna nobilis* inclus sur la zone d'emprise des terre-pleins, jetées, etc. sont détruits.

Au regard de l'actuel plan de masse, 28 individus seront détruits par recouvrement par le terre-plein et la digue. Cet impact direct et permanent aura un effet localisé à l'emprise de l'infrastructure.

Le niveau de cet impact peut être qualifié de fort et nécessitera la mise en place de mesures permettant d'éviter, de réduire ou de compenser la perte de ces individus (Figure 36).

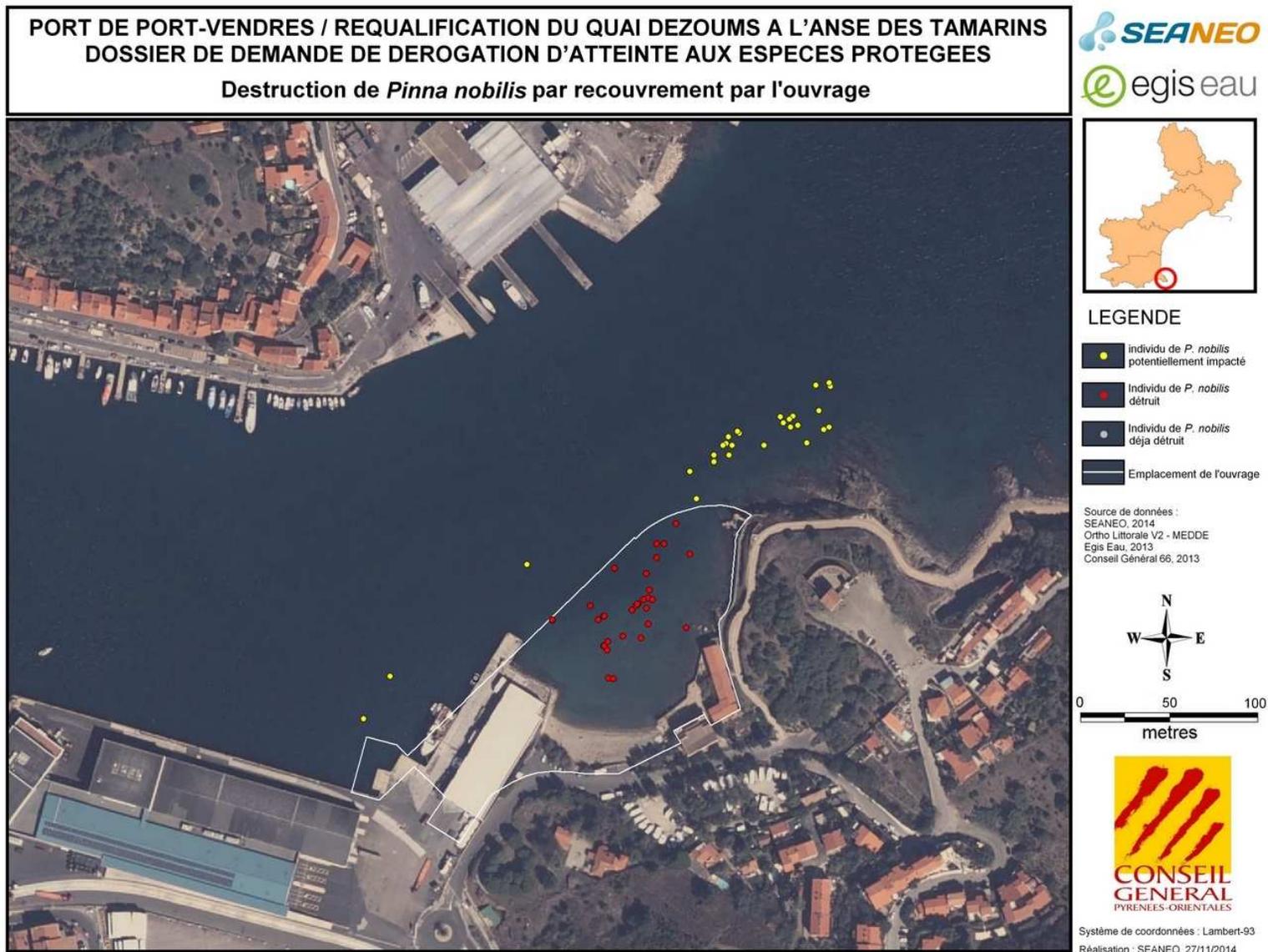


Figure 36 : Destruction de *Pinna nobilis* par recouvrement par l'ouvrage.

5.4.2.3 Impact brut lié aux opérations de dragage / déroctage

Les opérations de déroctage prévues auront également un effet important sur *Pinna nobilis*. Du fait de leur très faible mobilité, 21 individus de *Pinna nobilis* inclus dans la zone de déroctage seront détruits. Les autres individus, situés à 20 m de la zone de déroctage sont exposés à un risque de destruction (chute accidentelle d'un bloc de roche ou à cause de l'ancrage de l'engin de chantier).

Cet impact direct aura un effet temporaire, localisé à la zone de dragage et de déroctage. Il peut être qualifié de fort et nécessitera la mise en place de mesures permettant d'éviter, de réduire ou de compenser la perte de ces individus (Figure 37).



Figure 37 : Destruction de *Pinna nobilis* par les opérations de déroctage de la phase de chantier.

5.4.2.4 Impact brut lié à la pollution physico-chimique du chantier

La construction des ouvrages portuaires peuvent générer, lors de leur construction, un nuage turbide agissant de trois manières :

- Il diminue la transparence de l'eau (et donc la photosynthèse) ;
- Il se dépose sur les fonds (hypersédimentation) ;
- Les sédiments les plus fins sont régulièrement remis en suspension par les vagues, diminuant la transparence de l'eau sur le long terme (Charbonnel, 1993).

Les 7 individus de *Pinna nobilis* non détruits par les précédents impacts engendrés par les travaux seront impactés négativement par le nuage de turbidité.

Cet impact indirect aura un effet temporaire, localisé à l'ensemble de la zone portuaire de Port-Vendres. Il peut être qualifié de moyen et nécessitera éventuellement la mise en place de mesures permettant d'éviter, de réduire ou de compenser la dégradation de l'espèce.

5.4.2.5 Impact brut lié aux engins nautiques

Des engins de chantier (barges, navires, drague) évolueront dans la zone périphérique immédiate du chantier. Ces engins doivent parfois s'ancrer sur les fonds marins afin de rester stationnaires et de pouvoir travailler. Cet ancrage (pieux, ancres, chaînes, etc.) détruira les individus de *Pinna nobilis*, s'ils se trouvent en contact avec ces structures (casse, écrasement, arrachement, etc.). Par mesure de sécurité, une zone de 100 m maximum en périphérie de tous travaux a été définie comme présentant un risque d'incidence. Cet effet se cumule avec l'effet du nuage de turbidité.

Ces opérations (nuage turbide et engins de chantier) impacteront les 7 individus de *Pinna nobilis* non détruits par les précédents impacts. Cet impact indirect aura un effet temporaire et localisé. Il peut être qualifié de moyen et nécessitera éventuellement la mise en place de mesures permettant d'éviter, de réduire ou de compenser, si nécessaire, la dégradation de l'espèce (Figure 38).

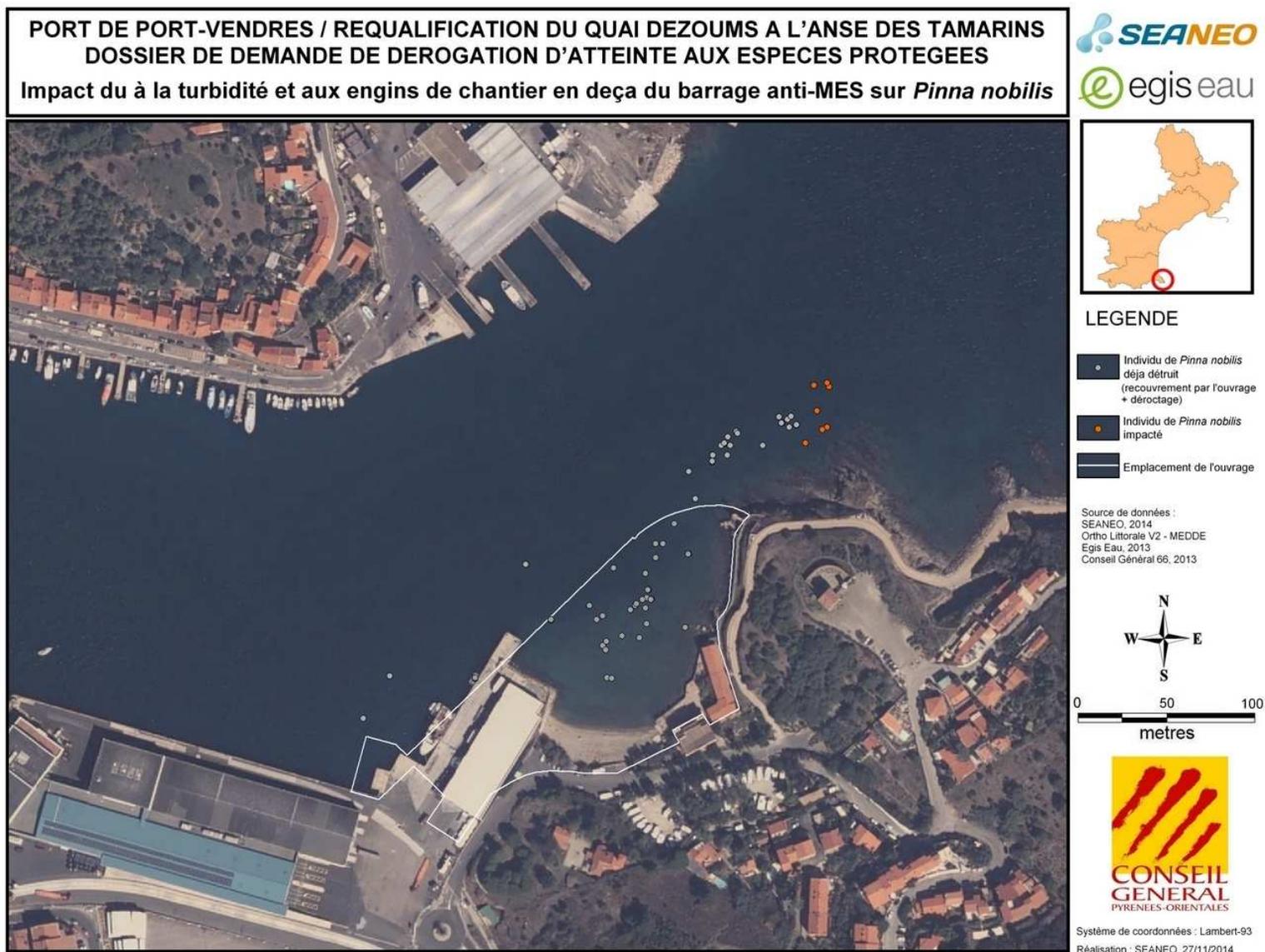


Figure 38 : Dégradation de *Pinna nobilis* par le nuage de turbidité et les engins de chantier en deça du barrage anti-MES.

5.4.2.6 Impact brut lié au confinement à l'intérieur de l'enceinte portuaire

Il est démontré que *Pinna nobilis* peut vivre en l'absence de son habitat de prédilection, les herbiers à *Posidonia oceanica*. Cette espèce se retrouve ainsi dans des zones portuaires fortement envasées, turbides et donc confinées, comme par exemple le port de Port-Vendres, mais également Port-Leucate ou Sète, où l'espèce atteint des densités très respectables de plus de 2 individus / 100 m² (Dalias *et al.*, 2011 ; Dalias *et al.*, 2013a ; Dalias *et al.*, 2013b). L'espèce était également présente dans les bassins du grand port maritime de Marseille (Recueil des Actes Administratifs, 2009), milieu également turbide, envasé et confiné.

Comme cela a été précisé précédemment, le futur ouvrage n'aura pas d'influence significative sur l'effet de confinement déjà présent. Cet impact peut donc être qualifié de nul et ne nécessite pas la mise en place de mesures d'évitement, de réduction ou de compensation.

5.4.2.7 Impact brut lié aux opérations de dragage d'entretien

Comme indiqué précédemment, les individus juvéniles observés dans le port de Port-Vendres signifient que le milieu est favorable à l'espèce et que de nouveaux individus pourront se réinstaller au droit du futur quai Dezoums. Toute nouvelle opération de dragage devra donc être précédée d'une campagne d'exploration fine en plongée de la zone concernée. Toute présence avérée de *Pinna nobilis* dans une zone à draguer entraînera automatiquement l'élaboration d'un dossier de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées.

La réglementation actuelle écarte donc tout risque de destruction ou de dégradation de *Pinna nobilis* pendant la phase d'exploitation du futur quai Dezoums. Cette réglementation devant être respectée, l'impact est qualifié de nul. De plus, aucun dragage d'entretien n'est actuellement conduit pendant la phase d'exploitation, le port de Port-Vendres n'étant pas soumis à une forte sédimentation.

5.4.2.8 Conclusion

Au total, l'addition de plusieurs effets directs et indirects entraînera la destruction de 50 individus de *Pinna nobilis*. 7 individus seront également dégradés. La mise en place de mesures d'évitement, de réduction ou de compensation est donc indispensable.

La Figure 39 représente l'ensemble des impacts bruts que le projet aura sur *P. nobilis*.

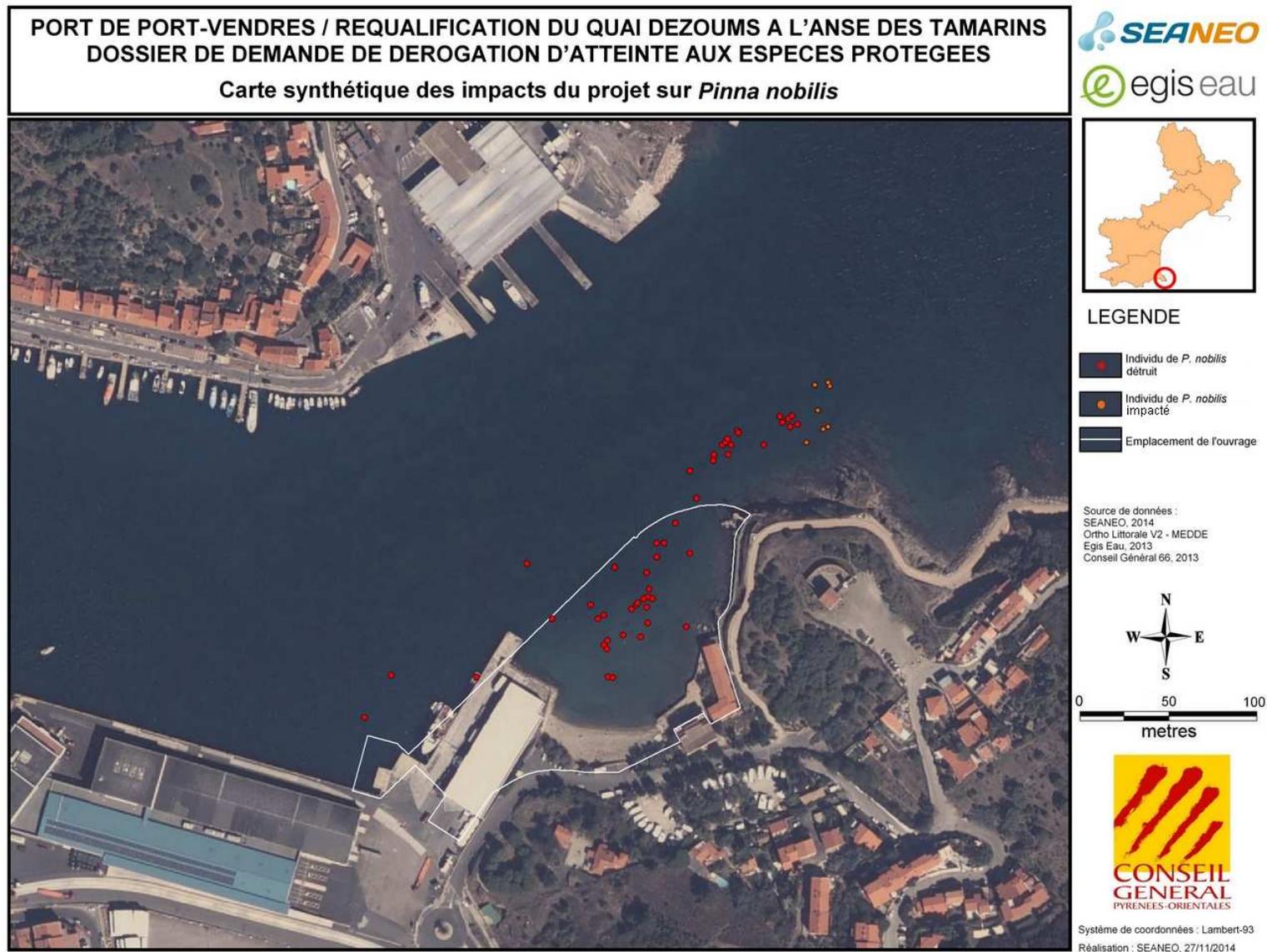


Figure 39 : Carte synthétique des impacts bruts du projet sur *Pinna nobilis*.

5.4.3 Synthèse des impacts bruts sur les espèces protégées concernées par le projet

Chaque impact identifié a été caractérisé :

- Caractéristiques de l'impact : brève description de l'impact ;
- Typologie : impact direct ou indirect ;
- Intensité : elle exprime le niveau relatif des effets liés à la dégradation d'un composant donné. Elle combine la valeur environnementale (établie dans le cadre de l'état initial) et la portée de la modification des caractéristiques structurales et fonctionnelles de la valeur environnementale (c'est-à-dire le degré de perturbation causée). Il peut s'agir soit d'une destruction (destruction totale de l'individu ou de l'habitat), soit d'une dégradation (destruction partielle de l'habitat ou diminution de l'état de conservation ou de santé de l'individu) ;
- Etendue : elle est l'expression de la portée et de la distribution spatiale des effets générés par les activités affectant l'environnement (distance, surface, proportion de la population concernée). L'étendue de l'impact peut être régionale, locale, ciblée ou non ciblée, etc. ;
- Durée : il s'agit de la dimension temporelle de l'impact, c'est-à-dire la période de temps durant laquelle dureront les modifications du (ou des) composants affectés. Les effets peuvent donc être soit temporaires, soit permanents.
- Niveau : il est déterminé en combinant les trois indicateurs « intensité », « étendue » et « durée », utilisant une grille de détermination divisée en impacts négatifs composés de 7 niveaux (Positif à Rédhibitoire).

Les impacts sont hiérarchisés selon la grille d'évaluation présentée dans le Tableau 25.

Tableau 25 : Hiérarchisation des impacts.

Typologie de l'impact	Description
Direct	Exprime une relation de cause à effet entre une composante du projet et un élément de l'environnement.
Indirect	Découle d'un impact direct et lui succède dans une chaîne de conséquences.

Intensité des effets	Conséquences sur la ou les espèces protégées
Destruction	Les individus / population ou habitats concernés seront tués ou détruits sur toute la zone concernée par l'impact.
Dégradation	S'il s'agit d'individus (<i>P. nobilis</i>), la dégradation entraîne une diminution de l'état de santé des individus : baisse du taux de survie, du taux de recrutement, de l'efficacité de la reproduction, ou encore un risque accru d'apparition de pathologies ou de prédation. S'il s'agit d'un habitat (herbier), son état de conservation risque d'être atteint (perte de la vitalité de l'habitat). Le rôle écologique de l'habitat est donc amoindri.

Etendue de l'impact	Description
Ciblé	Des individus isolés au sein d'une population seront touchés ou quelques mètres carrés d'habitat sont concernés. Il est possible de définir précisément la surface concernée par l'impact et donc de le quantifier.
Localisé	Il s'agit d'un impact entraînant des effets négatifs sur une superficie moyenne (quelques hectares ou dizaines d'hectares). Par ailleurs il est possible de définir précisément la surface concernée par l'impact et donc de le quantifier.
Etendu	Il s'agit d'un impact entraînant des effets négatifs sur une superficie importante (plusieurs centaines voire milliers d'hectares). Par ailleurs, il s'agit d'effets diffus difficiles à quantifier précisément ou à prévoir (panaches turbides, futurs sites de clapage, etc.).

Durée des effets	Conséquences sur la ou les espèces protégées
Permanent	Un impact permanent ne permet pas une restauration de l'espèce ou de l'habitat à court ou moyen terme. L'impact est irréversible à l'échelle humaine.
Temporaire	Un impact temporaire permet à une population d'espèces ou un habitat de se restaurer à court ou moyen terme, quand les effets négatifs ont cessé.

Niveau de l'impact	Conséquences pour le Maître d'Ouvrage
Rédhibitoire	Conséquences néfastes du projet ne pouvant être réduit ou même compenser significativement et remettant en cause la pertinence ou la faisabilité technique ou économique du projet
Très fort	Effet ne pouvant être réduit ou évité dans le cadre de la réalisation du projet et nécessitant obligatoirement la mise en œuvre de mesures compensatoires
Fort	Effet pouvant être réduit par des mesures de réduction lourdes et nécessitant obligatoirement la mise en œuvre de mesures compensatoires.
Moyen	Effet pouvant être réduit ou évité dans le cadre de la conception ou la réalisation du projet et nécessitant éventuellement des mesures compensatoires
Faible	Effet pouvant facilement être réduit ou évité dans le cadre du projet (absence de mesure compensatoire)
Nul	Le projet n'a pas d'effet significatif.
Positif	Le projet a pour effet d'améliorer la situation initiale

Le Tableau 26 présente de façon synthétique l'ensemble des impacts bruts existant avant la mise en place de mesures d'évitement ou de réduction. Cette classification permet notamment de caractériser chaque impact brut et de décider si des mesures d'évitement ou de réduction sont nécessaires.

Tableau 26 : Synthèse des impacts bruts du projet sur *Posidonia oceanica* et *Pinna nobilis*.

Posidonia oceanica											
Phases du projet		Phase de chantier					Phase d'exploitation				
Impacts bruts du projet	Caractéristiques de l'impact brut	Dégradation de 53 m ² de matre morte par la démolition des ouvrages existants (chute de matériaux).	Destruction de 3 249 m ² de matre morte de posidonie, par l'ouvrage (terre plein, digue).	Destruction de 747 m ² de matre morte de posidonie par les opérations de déroctage.	Augmentation de la turbidité des eaux pendant la phase de chantier. Dégradation de 1 069 m ² de matre morte et de 6 521 m ² d'herbier vivant	Impact des engins de chantier (ancrages). Dégradation de 1 069 m ² de matre morte	Confinement dans la zone enclose du bassin portuaire.	Modification de l'hydrodynamisme jusqu'à 10 m du pied d'ouvrage.	Modification de la dynamique sédimentaire.	Impact lié aux rejets dans le milieu marin	Impact lié aux opérations de dragage d'entretien et au dumping des déblais de dragage
	Typologie	Indirect	Direct	Direct	Indirect	Direct	Indirect	Indirect	Indirect	Indirect	Indirect
	Intensité	Dégradation	Destruction	Destruction	Dégradation	Dégradation	Destruction	Destruction	Dégradation	Dégradation	Dégradation
	Etendue	Locale	Locale	Locale	Locale	Locale	Locale	Ciblée	Etendu	Etendu	Etendu
	Durée	Temporaire	Permanent	Permanent	Temporaire	Temporaire	Permanent	Permanent	Permanent	Permanent	Permanent
	Niveau	Moyen	Fort	Fort	Fort	Fort	Fort	Nul	Nul	Nul	Nul
Total global		Destruction de 3 996 m ² de matre morte et dégradation de 1 069 m ² de matre morte de Posidonie. Dégradation de 6 521 m ² d'herbier vivant de Posidonie.									
Mesures d'évitement ou de réduction		Accessoire	Indispensable	Indispensable	Indispensable	Indispensable	Accessoire	Accessoire	Accessoire	Accessoire	Accessoire

Pinna nobilis											
Phases du projet		Phase de chantier					Phase d'exploitation				
Impacts bruts du projet	Caractéristiques de l'impact brut	Risque de chute de matériaux pendant la démolition des ouvrages existants. Destruction d'un individu et dégradation d'un individu	Destruction de 28 individus par l'ouvrage (terre plein, digue).	Destruction de 21 individus par les opérations de déroctage.	Augmentation de la turbidité des eaux pendant la phase de chantier. 7 individus impactés.	Impact des engins de chantier (ancrages) dans la zone en deçà du barrage anti-MES. 7 individus impactés.	Confinement dans la zone enclose du bassin portuaire.	Les individus sont déjà dans une zone confinée, donc sont adaptés à de telles conditions.	Impact lié aux rejets dans le milieu marin	Impact lié aux opérations de dragage d'entretien et au dumping des déblais de dragage.	
	Typologie	Indirect	Direct	Direct	Indirect	Direct	Indirect	Indirect	Indirect	Indirect	
	Intensité	Destruction	Destruction	Destruction	Dégradation	Dégradation	Dégradation	Dégradation	Dégradation	Dégradation	
	Etendue	Locale	Local	Local	Locale	Ciblé	Local	Etendu	Etendu	Etendu	
	Durée	Temporaire	Permanent	Permanent	Temporaire	Temporaire	Permanent	Permanent	Permanent	Permanent	
	Niveau	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Nul	Nul	Nul	Nul	
Total global		Destruction de 50 individus et dégradation de 7 individus de <i>Pinna nobilis</i> (sur 57 individus observés lors de l'état initial).									
Mesures d'évitement ou de réduction		Indispensable	Indispensable	Indispensable	Accessoire	Accessoire	Accessoire	Accessoire	Accessoire	Accessoire	

6 Mesures d'évitement et de réduction des impacts prises pour chacune des espèces protégées faisant l'objet de la demande

D'une manière générale, le Parc Naturel Marin du Golfe du Lion a fortement contribué à éclairer le débat scientifique autour du projet, ainsi que des mesures d'évitement, de réduction ou de compensation.

Les mesures d'évitement et de réduction doivent être proposées dès lors qu'un impact brut négatif est prévu sur une ou des espèces ou habitat d'espèces protégées concernées.

Dans la conception et la mise en œuvre de leurs projets, les maîtres d'ouvrage doivent définir les mesures adaptées pour éviter, réduire et, lorsque c'est nécessaire et possible compenser leurs impacts négatifs significatifs sur l'environnement. Cette démarche doit conduire à prendre en compte l'environnement le plus en amont possible lors de la conception des projets d'autant plus que l'absence de faisabilité de la compensation peut, dans certains cas mettre en cause le projet (Albertini *et al.*, 2013).

Les mesures d'évitement et de réduction proposées doivent permettre de garantir, dans l'espace et dans le temps, le maintien à long terme de l'état de conservation favorable des espèces concernées. Dans le cas, où l'état de conservation d'une espèce est déjà considéré comme défavorable, les mesures proposées doivent avoir pour effet, *a minima*, de ne pas accroître cet état défavorable. Ceci implique que les mesures proposées doivent en règle générale porter directement sur les espèces impactées.

Chaque situation doit faire l'objet de propositions spécifiques et adaptées à la nature du projet et de ses impacts d'une part et aux espèces concernées d'autre part.

Toutes ces mesures d'évitement et de réduction doivent :

- Diminuer au maximum l'impact négatif des opérations (chantier puis exploitation de l'ouvrage) au niveau des populations concernées des espèces protégées touchées ;
- Avoir une réelle probabilité de succès et être fondées sur les meilleures connaissances et expériences disponibles ;
- Etre préférentiellement mises en œuvre avant la réalisation de l'activité, ou, lorsque cela est compatible avec leur efficacité, au plus tard simultanément à la réalisation de l'activité pour laquelle une dérogation est sollicitée ;
- Etre décrites de façon détaillée (protocole des opérations : période ou dates, modalités techniques de réalisation des opérations, qualification des personnes procédant aux opérations, procédés mis en œuvre) et avec un chiffre précis ;
- Prévoir les suivis et contrôles nécessaires à l'évaluation de leur efficacité et de leur pertinence en précisant les conditions dans lesquelles ces mesures seront effectuées (coordonnateurs, moyens, durée, etc.). Il est souhaitable, selon les cas, de proposer un suivi sur plusieurs années avec des rendus intermédiaires (pendant la période d'exploitation) ;
- Préciser les modalités de compte-rendu des opérations et des publications scientifiques prévues le cas échéant.

Dans cette partie seront tout d'abord décrites des mesures d'évitement et de réduction générales prises en faveur du milieu physique et du milieu naturel. Il convient de rappeler que ces mesures auront toujours des effets positifs vis-à-vis des impacts sur les espèces protégées concernées par le projet. Cependant leurs effets agiront à des degrés différents selon le type d'espèce.

En second lieu, des mesures d'évitement ou de réduction supplémentaires seront décrites, celles-ci seront spécifiques à chaque espèce protégée concernée par la demande.

6.1 Mesures globales d'évitement et de réduction des impacts prises pendant la phase de chantier

6.1.1 Mise en place d'un Plan de Gestion Environnemental

Les effets du chantier peuvent être fortement réduits, et pour certains évités, si le chantier est accompagné par un Plan de Gestion Environnemental (PGE) afin d'anticiper les risques environnementaux et de maîtriser sur le terrain les impacts prévus et potentiels des différentes opérations (préparation du terrain, fondations, tranchées et raccordements électriques, pose des panneaux, construction des dépendances).

Le PGE repose sur :

- L'engagement, au regard des principes de développement durable et de la protection de l'environnement, du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre et des entreprises pendant la conduite du chantier de construction ;
- La définition d'un plan d'actions (moyens et procédures) pour limiter les impacts environnementaux et améliorer la performance environnementale du projet ;
- La formation et sensibilisation du personnel des entreprises ;
- Un programme de surveillance du milieu pour quantifier les impacts du projet sur le milieu et mettre en place, si nécessaire, les actions correctives et préventives.

Le maître d'œuvre fera appel à un « coordonnateur environnement », extérieur et notamment spécialisé en espèces et habitats marins, pour la préparation et le suivi des chantiers. Celui-ci sera chargé de faire appliquer les prescriptions imposées par l'arrêté préfectoral autorisant les travaux, sur la base des enjeux identifiés dans l'étude d'impact et concernant la préservation du milieu naturel. Le « coordonnateur environnement » aura pour mission d'aider et de guider le maître d'œuvre lors de l'installation des chantiers, puis veillera tout au long de celui-ci à ce que les prescriptions environnementales soient respectées. Le « coordonnateur environnemental » établira des comptes-rendus de suivi de chantier, notamment vis-à-vis des différentes espèces protégées (*Posidonia oceanica* et *Pinna nobilis*), et adressés au CD66, à la DREAL Languedoc-Roussillon. Il l'informera notamment de la prise en compte de la biodiversité en phase de chantier.

Le coût pour l'engagement d'un « coordonnateur environnement » est présenté dans le chapitre 9.

6.1.2 Mise en place d'un Plan d'Assurance Environnement

Dans le Dossier de Consultation des Entreprises, le CG66 indiquera aux entreprises consultées les dispositions de réduction des impacts et de protection de l'environnement qu'elles devront adopter lors du déroulement du chantier. Ces entreprises présenteront dans leur offre un Plan Assurance Environnement (PAE).

Le Plan d'Assurance Environnement est établi pour l'ensemble des travaux à réaliser. Il est soumis au visa du Maître d'œuvre. Ce visa ne dégage en rien la responsabilité de l'Entrepreneur dans le respect de l'environnement au cours du chantier.

L'Entrepreneur exerce un contrôle interne au processus d'élaboration et de mise en œuvre du Plan d'Assurance environnement (PAE) du chantier. Il a également l'obligation de mettre en place un contrôle externe.

En cas de non-conformité, l'Entrepreneur soumet à l'acceptation du Maître d'œuvre, qui exercera un contrôle extérieur, les mesures correctives qu'il propose d'appliquer, dûment visées par les contrôles interne et externe. Les éléments permettant de contrôler la mise en place des actions correctives devront être communiqués au Maître d'œuvre.

Afin de s'assurer de la prise en compte de l'environnement le plus en amont possible dans les procédures de consultation des entreprises, les cahiers des charges intégreront des clauses destinées à prendre en compte les problématiques environnementales et celles liées au cadre de vie pendant les opérations.

Chaque entreprise consultée justifiera en particulier de ses méthodes de travail, intégrant l'acheminement des matériaux, au regard de la réduction des nuisances sur l'environnement humain (bruit, trafic routier, risques d'accidents).

La gestion, la surveillance et le suivi de l'ensemble des mesures d'évitement et de réduction des impacts sera assurée par un « coordonnateur environnement » extérieur et spécialisé en espèces et en habitats marins. Le coordonnateur environnement engagé par le Maître d'œuvre du projet sera destinataire des prescriptions subordonnées à l'obtention de l'autorisation des travaux. Le coordonnateur environnement aura pour mission d'aider et de guider le Maître d'œuvre lors de l'installation des chantiers.

Sur la base d'indicateurs, le « coordonnateur environnement » aura également comme mission de veiller tout au long des travaux de chantier, à ce que les différentes mesures d'évitement et de réduction proposées soient respectées (indicateurs de mise en œuvre), et qu'elles engendrent les effets escomptés (indicateurs de résultat). Plusieurs campagnes d'observation à terre et en plongée seront ainsi nécessaires pour mener à bien cette surveillance et ce suivi. Le coordonnateur environnement établira des rapports de suivi mensuels adressés aux institutions précédemment citées.

Le coordonnateur environnement informera les différents acteurs des éventuels problèmes pendant toute la phase de chantier.

6.1.3 Mesures pour prévenir les incidences sur le milieu naturel pendant le chantier de construction

Une part significative des destructions affectant le milieu physique et biologique, à la suite des aménagements littoraux, est liée aux techniques de chantier employées. Afin de minimiser cet impact, il convient donc d'imposer aux entreprises en charge des travaux, un certain nombre d'obligations relatives au type de matériel ou de méthodes à employer, limitant les effets du projet sur la biologie terrestre et marine du site, limitant la pollution de l'eau et de l'air, limitant les volumes de matériaux à mettre en place et limitant également l'impact du projet sur la vie (Egis, 2014).

6.1.3.1 Mesures pour prévenir les impacts du dragage et du déroctage

Le déroctage des fonds sous-marins peut être effectué par différentes techniques, certaines pouvant être combinées selon les caractéristiques des fonds à dérocter :

- Charges explosives, imposant la réalisation de forages exécutés le plus souvent à partir d'une plateforme maritime ;
- Drague à désagrégateur : il s'agit d'une drague aspirante dont l'élinde est munie d'un outil rotatif (cutter) qui déstructure les matériaux à draguer, y mélange de l'eau avant d'aspirer la mixture dans la conduite aspiratrice ;
- Pelle équipée avec un brise-lame hydraulique monté sur barge plus pelle équipée d'un godet ou pelle araignée pour récupérer les déblais ;
- Utilisation de gel de mortier expansif injecté dans des trous d'un diamètre de 40 mm, effectués par des plongeurs. L'expansion fend progressivement le rocher et les blocs éclatés sont ensuite évacués avec une pelle araignée.

Les opérations de dragage des vases, et si possible le déroctage, ne seront pas effectuées pendant la saison estivale pour éviter de dégrader la qualité des eaux du port pendant la saison touristique. Le déroctage par charges explosives sera prohibé en raison de la sensibilité de la faune aquatique aux ondes de choc sous-marines.

Les entreprises seront consultées préférentiellement sur la base de trois techniques : brise-roche hydraulique et/ou gel de mortier expansif.

6.1.3.2 Mesures pour prévenir la turbidité engendrée par les travaux

Le potentiel risque d'augmentation de la turbidité dans le bassin portuaire ne doit pas être négligé. En effet, un herbier à *Posidonia oceanica*, soumis à un manque de lumière, peut être détruit en quelques semaines (Ruiz et Romero, 2001 ; Ruiz et Romero, 2003). Ainsi, lors de la phase de chantier, plusieurs mesures permettant de supprimer ou réduire la diffusion de matériaux fins dans le milieu marin seront prises :

- Lors de l'implantation des rideaux de pieux et de palplanches : confinement de l'anse des Tamarins lors de l'implantation du premier rideau de palplanches : celles-ci seront calées au-dessus du niveau de l'eau, puis ensuite découpées après la mise en place du second rideau. Par la suite, la réalisation du second rideau mixte parallèle au premier, se fera à l'intérieur de l'anse isolée qui contiendra les panaches turbides) (Egis, 2014) ;
- Lors de la construction du talus (purge des vases) : Utilisation d'un écran en polyéthylène fixé en U autour de la zone faisant l'objet de la purge, adapté à la profondeur de travail. L'écran peut isoler une cellule d'une longueur correspondant à deux intervalles de pieux (soit environ 12 m) sur une largeur égale à celle des deux rideaux mixtes, soit environ 18 m. L'écran peut être fixé sur les pieux et être déplacé sur chaque cellule voisine. (Egis, 2014).
- Lors des travaux de dragage et de déroctage : utilisation d'une drague mécanique minimisant les flux de turbidité : le dragage mécanique employant une benne environnementale permet de prélever les vases sans volumes d'eau additionnels comme dans le cas d'un dragage hydraulique.

Cependant, l'échappement de MES reste envisageable en cas de déchirure de la jupe, d'un mauvais amarrage de l'écran, d'évènements climatiques importants (Tramontane, coup d'Est) ou lors du déplacement de l'écran d'une zone à l'autre. Dans ce cas, il serait nécessaire d'attendre 12 heures entre la fin des travaux dans la zone confinée et le déplacement de l'écran sur la zone suivante afin de laisser le temps au MES de se redéposer. Dans le port de Port-Vendres, les vitesses de courant sont comprises entre 4 et 6 cm/s du fond à la surface et ne favorisent pas une dispersion à grande échelle d'un éventuel panache turbide. Par ailleurs, les courants sont majoritairement rentrants, de ce fait, le risque de voir un panache turbide se diriger vers les herbiers de *Posidonia oceanica* est faible (Egis, 2014).

L'ensemble des mesures techniques listées ci-dessus devront figurer dans les cahiers des charges. Par ailleurs, le « coordonnateur environnemental » sera chargé de contrôler, sur le site des travaux, leur mise en œuvre effective.

6.1.3.3 Relargage de micropolluants lors des travaux de dragages

Les analyses des micropolluants dans le sédiment réalisées par Créocéan (2012) montrent un dépassement du niveau N2 pour le TBT et du niveau N1 pour le cuivre et les HAP, présageant un impact potentiel lors de travaux dans la zone en raison de la remise en suspension des éléments fins, sur lesquels les micropolluants sont piégés sous forme adsorbée.

D'après la bibliographie, les concentrations élevées en TBT et HAP réduisent la vitalité des herbiers à *Posidonia oceanica* (Pérès et Picard, 1975 et Augier *et al.*, 1987). En revanche, d'après Giglio (1985), les effets du cuivre sur *P. oceanica* ne s'observent que pour des doses supérieures à celles mesurées en Méditerranée, y compris dans des bassins portuaires. Il est donc possible que, dans le passé, il ait été exagéré le rôle direct de la pollution en lui attribuant des effets indirects (développement des épiphytes ou des herbivores par exemple), des effets synergiques entre polluants, ou les effets d'autres perturbations (turbidité par exemple) qui lui sont presque toujours associés (Balduzzi *et al.*, 1984).

Pour éviter au maximum le relargage de micropolluants lors des travaux de dragage, il peut par exemple être préconisé l'emploi de techniques de dragages, comme une benne environnementale, entraînant le moins possible la remise en suspension des éléments fins. De plus, les aires de stockage des polluants seront éloignées de la mer et également des ravins pouvant éventuellement entrer en crue.

6.1.3.4 Mesures pour prévenir les impacts sur le milieu par les engins nautiques

Les engins de travaux utilisés pour la construction des ouvrages portuaires sont souvent fixés ou ancrés sur le fond pour des raisons de stabilité. Cela peut avoir un impact négatif sur les fonds sensibles et notamment sur l'herbier à *Posidonia oceanica* et les espèces associées comme *Pinna nobilis* par creusement de trous (pieux des engins et de la drague), de sillons (chaînes des ancres), ou encore casse des espèces fragiles comme *P. nobilis*. Dans la mesure du possible, leur utilisation doit être évitée, et l'usage d'engins situés à terre doit être privilégié. Dans le cas présent, les barges ne s'ancreront pas au niveau de l'herbier de Posidonie de l'avant-port et les grandes nacres seront déplacées avant le début du chantier.

6.1.3.5 Mesures pour éviter et/ou réduire les risques de pollution accidentelle ou diffuse

Une aire de stockage des matériaux et des produits potentiellement polluants (hydrocarbures, huiles non biodégradables, etc.) sera mise en place de manière à éviter toute fuite vers la mer et les milieux naturels terrestres du littoral. Les installations de chantier (base vie et stockage de matériel et de matériaux) pourront être implantées à proximité des aires de travaux. Les produits polluants seront gardés dans des réservoirs étanches, correctement fermés, et clairement identifiés. Toutes les manipulations des produits polluants s'effectueront sur cette aire.



	Emplacement disponible pour la base-vie sur le quai après déconstruction de l'actuel hangar Dezoums
	Aire de stationnement pour les engins de chantier (cloture + gardiennage)
	Utilisation possible du terre-plein portuaire pour le stockage provisoire de matériaux encombrants (pieux, préfabrication, par exemple)
	Accès unique au chantier via l'installation portuaire

Figure 40 : Aire de stockage.

Tout stockage ou déversement d'eaux usées, de boues, d'hydrocarbures et de polluants de toutes natures (solide ou liquide) dans la mer ou sur le sol, sera strictement interdit. Pour réduire les risques de pollution accidentelle, les précautions suivantes seront prises :

- Les réservoirs des engins de chantier seront remplis sur site avec des pompes à arrêt automatique ;
- Les vidanges des véhicules seront réalisées par un système d'aspiration évitant toute perte de produit ;
- L'entretien et la réparation des engins et véhicules seront effectués hors emprise du chantier ;
- Les huiles usées de vidange et les liquides hydrauliques usés seront récupérés dans des réservoirs étanches, puis évacués au fur et à mesure pour être retraités ;
- Tout stockage d'hydrocarbures sur le site ou de produits polluants susceptibles de contaminer les eaux à proximité sera strictement interdit ;
- Afin d'éviter des rejets dans le port, les sanitaires des locaux de chantier seront soit des sanitaires chimiques, soit raccordés au réseau urbain de collecte des eaux usées.

Pour synthétiser, les mesures de gestion des pollutions accidentelles porteront sur :

- Réduction des risques de pollution accidentelle à terre :
 - Mise en sécurité (étanchéité) de l'aire d'avitaillement réservée aux engins de chantier permettant de récupérer des déversements accidentels ;
 - Avitaillement des engins de chantier avec une pompe à arrêt automatique permettant d'éviter tout débordement ;
 - Équipement de chaque poste de travail, d'une réserve d'absorbants pour contenir / récupérer les petits écoulements sur le sol (hydrocarbures, huiles).
- Réduction des risques de pollution accidentelle du milieu récepteur (anse et mer) :
 - Installation d'un kit opérationnel pour confiner une pollution accidentelle résultant du déversement d'une petite quantité d'hydrocarbures. Ces kits sont conçus pour absorber les hydrocarbures et sont hydrophobes. Ils ne servent qu'une fois et doivent donc être éliminés après utilisation. Ils se présentent sous forme de boudins flottants de longueur unitaire 10 m conditionnés dans des sacs autonomes.
 - Barges de travail : les eaux huileuses de cale des barges ne seront pas évacuées directement en mer par des pompes de cale, mais récupérées dans des fûts stockés sur bac de rétention en arrière du port et/ou par un camion-citerne pour être retraitées.

En cas de pollution accidentelle (déversement de gasoil et/ou d'huile dans l'eau), le polluant sera piégé par l'utilisation du matériel anti-pollution présent sur le site (boudins absorbants, barrage anti-pollution). Il sera ensuite pompé par un camion pompe puis acheminé vers un centre de traitement agréé. La DREAL sera informée par le « coordonnateur environnement », extérieur et spécialisé en espèces et habitats marins, en charge de la préparation et du suivi des chantiers.

L'ensemble des mesures décrites ci-dessus sont obligatoires sur un chantier de ce type. Il n'existera donc aucun surcoût à les appliquer et à les respecter.

6.1.3.6 Mesures pour prévenir les impacts du bétonnage des pieux

Une fois vidés, les tubes forés seront remplis de béton dosé à 300 kg par m³. Ils seront ferrillés en tête. Le volume nécessaire de béton est estimé à quelque 3 000 m³ (1,166 m² x 12 m x 220 pieux) ou environ 14 m³ par pieu (Egis, 2014).

Le remplissage des tubes pourra se faire à l'aide d'une pompe installée sur la barge de service et d'un flexible. L'opération peut être exécutée directement depuis le quai avec un flexible adapté. Le coulis de scellement sera injecté dans les tubes des pieux avec un système permettant d'éviter tout débordement dans la darse et sur le sol (Egis, 2014).

Les modalités opératoires prévoient :

- De poser le pieu avec une garde supérieure à sa hauteur utile (+ 0,50 m qui seront arasés après prise du coulis) et régler le volume de coulis à injecter en conséquence ;
- D'installer une goulotte circulaire autour de la tête des pieux permettant de recueillir les éventuels débordements de coulis (Egis, 2014).

6.2 Mesures d'évitement et de réduction des impacts prises pendant la phase d'exploitation portuaire

6.2.1 Mesures pour prévenir les impacts sur la qualité de l'eau dans le bassin portuaire

Plusieurs sources peuvent affecter la qualité de l'eau du fait des nouveaux aménagements.

- Les ouvrages eux-mêmes du fait des peintures anticorrosion et des anodes sacrificielles utilisés sur les ouvrages métalliques ;
- Les navires eux-mêmes du fait de leur fonctionnement : peintures antisalissure, eaux usées, divers rejets, déchets de cargaison ;
- Les ruissellements sur le nouveau terre-plein pouvant entraîner des matières minérales et organiques, de métaux lourds et divers contaminants du fait des activités qui s'y exercent ;
- Les pollutions accidentelles provenant de la navigation ou du contenu des cargaisons.

6.2.1.1 Pollution par les ouvrages eux-mêmes

Les pieux et palplanches sont considérés recevoir un système de peinture anticorrosion certifié par l'ACQPA. Ces peintures ne sont pas des peintures antisalissure libérant de principes actifs nocifs dans l'environnement pour éviter le fouling. Néanmoins, elles peuvent contenir un certain nombre de composés potentiellement toxiques (Egis, 2014). Ainsi, pour éviter tout déversement accidentel dans le milieu marin, les pieux et palplanches métalliques seront peints à terre avant livraison sur le chantier.

L'entretien de l'ouvrage (décapage, peinture, etc.) prévoit de minimiser au maximum le rejet en mer de matériaux potentiellement pollué (collecte et recyclage des abrasifs, collecte des écailles de peinture, etc.) (Egis, 2014).

Les dispositifs de protection cathodique en aluminium/indium qui seront installés pour protéger les parties métalliques de la corrosion peuvent disperser une quantité importante d'ions métalliques dans le milieu marin. Les organismes filtreurs comme *Pinna nobilis* peuvent être potentiellement affectés par cette pollution, si de nouveaux individus se développent à proximité. Cependant comme l'indiquent Pineau *et al.* (2011), l'impact de dispositifs de type anode sacrificielle reste toutefois minime sur ce genre d'organismes. Aucune mesure spécifique n'est donc à prévoir.

6.2.1.2 Pollution par les navires (peintures antisalissure et rejets)

Les peintures antisalissure actuellement utilisées sur les navires sont chargées en biocides pouvant avoir des effets nuisibles sur les organismes marins. Toutefois, aujourd'hui, ces biocides sont moins toxiques que ceux utilisés dans le passé (comme le TBT). De plus, d'après Egis (2014) :

- En situation actuelle, l'apport principal des peintures antisalissure provient en premier lieu de la plaisance (83 %), le port de commerce lui-même ne contribuant qu'à 12 % des apports ;
- En situation future, sans utilisation de peintures de nouvelles générations, la contribution des activités de commerce est de 19 % soit 7 % de plus qu'en situation actuelle, à paramètres d'exploitation identiques ;
- En situation future, avec utilisation de peintures de nouvelles générations (*voir encadré ci-dessous*), les apports pourraient chuter de près de 77 %.

Concernant les rejets des navires, conformément à la directive européenne 2000/59/CE du 27 novembre 2000, le port de Port-Vendres a mis en œuvre un plan de réception et de traitement des déchets d'exploitation des navires et des résidus de cargaison. Ce plan prévoit la collecte, l'évacuation et le traitement de l'ensemble des déchets et rejets des navires, à savoir :

- Les « boues » de la salle des machines ;
- Les eaux de fonds de cales ;
- Les déchets machines divers (chiffons gras) ;
- Les déchets de fonctionnement ou ménagers ;
- Les eaux grises et eaux noires.

6.2.1.3 Pollution par les eaux de ruissellement

Dans le secteur du quai Dezoums requalifié, le principal apport d'eaux pluviales reste l'exutoire du Ravin des Tamarins ou exutoire du bassin versant du Pla de Port-Vendres. Il sera récupéré et raccordé en vue d'un passage sous la plate-forme du futur quai. L'exutoire verra sa capacité augmentée dans le cadre des travaux (Egis, 2014).

Le terre-plein sera recouvert d'un revêtement bitumineux qui pourra être le réceptacle de poussières, hydrocarbures, certains éléments traces métalliques (cuivre, chrome, cadmium) ou organiques (hydrocarbures), provenant des différentes opérations qui s'y dérouleront (déchargement des conteneurs, avitaillement des navires) et du trafic (tracteurs, poids lourds). Compte tenu du trafic concerné (fruits déchargés sur palettes ou dans des conteneurs), les charges polluantes sont faibles par rapport à d'autres trafics maritimes (vrac par exemple).

Les eaux pluviales du terre-plein seront collectées et traitées avant rejet au droit du quai. La solution retenue est le débourbeur / décanteur lamellaire / séparateur à hydrocarbures (avec une vérification du bon fonctionnement, tous les 3 mois) comportant successivement :

- Le débouillage afin de retenir les déchets grossiers et sable lourds ;
- La décantation lamellaire pour retenir les plus fines matières en suspension ;
- La séparation des hydrocarbures par flottation.

Le dispositif envisagé va donc retenir les MES, les stocker et permettre leur évacuation séparément. La décantation particulière repose sur l'utilisation d'une cellule lamellaire dont les caractéristiques principales sont un profilé de section de passage important qui évite le colmatage, une inclinaison de 55° à 60° afin de drainer les boues, la possibilité de remplacement des cellules lamellaires, un matériau insensible à la nature des effluents.

Le débourbeur-décanteur lamellaire-séparateur à hydrocarbures projeté aura un rendement effectif minimal de 40 % à 85 % en fonction des paramètres considérés et des vitesses de sédimentation des particules. Il convient de prévoir au minimum une visite de l'ouvrage tous les 6 mois et une vidange annuelle.

L'installation de ce type d'infrastructures peut être envisagée pour un tel projet, aucun surcoût n'est donc à prévoir. Le budget nécessaire à la mise en place des décanteurs déshuileurs est pris en compte dans le montant global des travaux.

6.2.1.4 Pollution accidentelle provenant du terre-plein

En cas de pollution accidentelle, un système de fermeture manuelle permettra d'actionner la fermeture du décanteur déshuileur pour contenir tous les types de déversement de pollution accidentelle sur le terre-plein (Egis, 2014).

6.2.2 Traitement des déblais de dragage d'entretien potentiels lors de la phase d'exploitation du quai Dezoums

Du fait d'un cadre réglementaire international et national strict respecté, aucun surcoût n'est à prévoir pour l'application de ces mesures. De plus, aucun dragage d'entretien n'est actuellement conduit pendant la phase d'exploitation, le port de Port-Vendres n'étant pas soumis à une forte sédimentation. Si un dragage est prévu malgré tout, l'activité sera soumise à la réglementation et aux suivis obligatoires (notamment par rapport aux espèces protégées).

6.3 Mesures d'évitement et de réduction spécifiques à *Posidonia oceanica*

Lors de la construction de l'ouvrage (phase de chantier), il sera nécessaire de se conformer à un certain nombre de prescriptions destinées à minimiser les dommages éventuels sur l'herbier à *Posidonia oceanica*.

Toutes les mesures proposées précédemment, ont été adaptées de façon à impacter le moins possible les biocénoses marines, dont *Posidonia oceanica* constitue un habitat majeur. Ces mesures permettront de réduire considérablement les effets négatifs dus à la construction de l'ouvrage et à l'exploitation du futur quai Dezoums.

Malgré tout, d'autres mesures spécifiques à *P. oceanica* peuvent encore réduire ces impacts.

Réduction des impacts liés au cycle saisonnier de *Posidonia oceanica*

La saison de mise en œuvre des travaux (travaux de chantier, et en période d'exploitation) doit tenir compte de la biologie de l'espèce. L'été est la saison durant laquelle la plante reconstitue ses réserves pour l'année suivante (Alcoverro *et al.*, 2001). Pour éviter un impact négatif indirect sur les herbiers à *P. oceanica* situés à proximité du chantier, tous les travaux pouvant occasionner une diminution de la transparence de la colonne d'eau (chantier de construction, mise en place des enrochements, dragage, déroctage, comblement de l'anse des Tamarins, etc.) ne devront pas être entrepris pendant la saison estivale (Boudouresque *et al.*, 2006). Actuellement, le dragage et le déroctage ne seront pas entrepris durant la période estivale.

Cette mesure est d'autant plus importante à prendre en compte que les herbiers à *Posidonia oceanica* de la côte des Albères sont particulièrement sensibles à toute modification de conditions abiotiques (Licari *et al.*, 2004).

Ces contraintes saisonnières devront figurer dans les cahiers des charges. Par ailleurs, le « coordonnateur environnemental » sera chargé de contrôler, sur le site des travaux, leur mise en œuvre effective.

6.4 Mesures d'évitement et de réduction spécifiques à *Pinna nobilis*

Etant donné que l'herbier à *Posidonia oceanica* est l'habitat de prédilection de *Pinna nobilis* (García-March et Vicente, 2006), il paraît évident que les mesures d'évitement et de réduction prises en faveur de l'habitat « Herbier à *Posidonia oceanica* » auront également un effet positif sur le maintien des populations de *Pinna nobilis*.

Cependant, *Pinna nobilis* est capable de survivre, voire même de constituer des populations relativement importantes sur des zones totalement dépourvues d'herbier, voire même au sein de bassins portuaires. Au port de Port-Leucate (France), les densités de *Pinna nobilis* peuvent localement dépasser 2 individus / 100 m². Dans ces bassins portuaires, le substrat très envasé, la turbidité importante et l'absence totale d'herbiers et même de Macrophytes ne semblent pas entraver le bon état de conservation de la population recensée (Dalias *et al.*, 2011). *Pinna nobilis* était également présente dans les bassins du grand port maritime de Marseille (Recueil des Actes Administratifs, 2009), milieu également turbide, envasé et confiné. Enfin, dans le port de Sète, une population de *Pinna nobilis* a été observée dans le chenal reliant la mer à l'étang de Thau. Les individus présents dans ce site vivent dans un milieu envasé, où règne une turbidité assez importante, dépourvu d'herbiers et de macrophytes, et soumis aux courants forts (Dalias *et al.*, 2013a ; Dalias *et al.*, 2013b).

S'il est envisageable de penser qu'au sein de l'enceinte portuaire, les individus de *Pinna nobilis* pourront survivre, les individus recouverts par l'ouvrage (bétonnage, jetées, quais, dragage, etc.) ne survivront pas et seront détruits directement.

Il est donc indispensable de mettre en œuvre une mesure permettant d'éviter ou réduire la destruction de cette espèce protégée. L'ensemble des 57 individus de *Pinna nobilis* initialement exposés à un risque de dégradation ou de destruction sera déplacé.

Transplantation expérimentale de *Pinna nobilis*

Du fait du nombre d'individus impactés, la mesure la plus adaptée consiste à réaliser des transplantations expérimentales de *Pinna nobilis*, en tenant compte de l'argumentaire contre le déplacement d'individus de Boudouresque (comm. pers.) : « le déplacement des individus impactés se justifie peut-être d'un point de vue strictement réglementaire et éthique, mais certainement pas du point de vue de l'écologie et de l'efficacité (rapport coût / résultat) ».

Il s'avère toutefois que les données concernant les transplantations de *Pinna nobilis* sont rares, et il serait intéressant d'un point de vue scientifique, de procéder à une telle expérience, à partir des individus présents sur le site.

La transplantation à proximité de l'ouvrage des individus détruits ou potentiellement détruits, accompagnée d'un suivi scientifique du taux de survie et de la croissance pourrait être envisagée en tant que mesure d'évitement.

6.4.1 Connaissances sur la transplantation de *Pinna nobilis*

Les premières expérimentations de transplantation des *Pinna nobilis* ont été réalisées en Mer Adriatique par Mihailinovic (1955). L'intention était de faire grandir les individus pour commercialiser la coquille, la chair et le byssus. Hignette (1983) a transplanté un groupe de 16 individus dans la Réserve Marine de Monaco, et a suivi leur croissance pendant 3 ans. Plus tard, De Gaulejac et Vicente (1990) ont étudié la survie des individus adultes et juvéniles après transplantation, en concluant que les spécimens plus grands de 20 cm avaient de sérieux problèmes pour se rattacher. La principale caractéristique commune à ces études était la survie limitée des individus transplantés, probablement due à la connaissance réduite de l'écologie des *Pinna nobilis* existante à ce moment. La connaissance de l'écologie des *Pinna nobilis* s'est considérablement améliorée, ce qui permet l'exploration de nouvelles alternatives pour la transplantation des individus. Ceci est un terrain d'intérêt grandissant, car de nombreuses populations menacées pourraient être rétablies avec cette procédure (García-March et Vicente, 2006 ; Trigos et Vicente, 2016).

L'hydrodynamique et les prédateurs sont deux autres facteurs limitant la réussite de la transplantation des individus. Les procédures à utiliser pour la transplantation sont conditionnées afin de garder des forces d'entraînement (F_d) supportées par les individus dans des limites de sécurité raisonnables. Ces dernières peuvent être calculées dans une certaine limite de précision en utilisant la théorie de l'onde solitaire ou linéaire et l'équation de Morison. L'impact des prédateurs est important lorsque le repeuplement est réalisé avec des juvéniles et peut être diminué avec l'utilisation de cages grillagées pour protéger les individus (García-March et Vicente, 2006 ; Trigos et Vicente, 2016).

D'après García-March *et al.* (2007a), les individus de Moraira peuvent résister à une F_d maximale d'environ 45 N, même s'ils habitent dans des endroits où la F_d exercée sur la coquille dépasse rarement 9 N. La solution pour augmenter la probabilité de survie des individus transplantés serait d'imiter ces conditions, en équilibrant le compromis entre l'hydrodynamique de l'eau, la profondeur, la taille de la coquille et l'orientation. Réduire la tension de translocation et traiter le byssus comme si c'était des racines d'arbre est également important. Un endroit optimal aurait une hydrodynamique faible à modérée due à la profondeur de l'eau ou à la protection (García-March et Vicente, 2006).

Pour les calculs de l'hydrodynamique, des données de hauteur (H), de période (T_p), et de direction des vagues des populations donneuse et réceptrice sont requises. La connaissance de la bathymétrie et de l'exposition de la zone est également basique pour sélectionner les directions des vagues frappant directement le ou les site(s). Généralement, les données de la houle dans les populations donneuses et réceptrices ne sont pas disponibles, puisque des courantomètres coûteux devraient être installés. Comme alternative, les données des modèles à partir des bouées océanographiques proches peuvent être utilisées. Ces données sont généralement traitées statistiquement et les hauteurs des vagues sont groupées pour montrer une hauteur de vague significative (H_s), c'est-à-dire, la moyenne du tiers des plus hautes vagues enregistrées sur une période de temps. Pour obtenir la hauteur de vague maximale, quelques calculs supplémentaires sont nécessaires. Il est possible d'utiliser le modèle proposé par Denny (1995). Lorsque les individus habitent les herbiers de Posidonie, les racines et les feuilles des plantes réduisent la vitesse de l'eau au niveau du fond. Quelques auteurs (García-March *et al.*, 2007a) ont appliqué un facteur de $\frac{1}{2}$ pour corriger la diminution de la vitesse de l'eau. Finalement, la force d'entraînement (F_d) est calculée en résolvant l'équation de Morison :

$$C_d = 2F_d / \rho v^2 A_s$$

où C_d est le coefficient d'entraînement, ρ est la densité de l'eau (1025 kg/m³ pour l'eau de mer), v est la vitesse de l'eau et A_s est la surface de l'objet projeté dans un plan.

Les coefficients d'entraînement pour les positions latérale et dorsoventrale de la coquille de *Pinna nobilis* ont été étudiés par García-March *et al.* (2007a), et les différentes vitesses d'eau peuvent être approchées par les équations suivantes :

$$C_{d \text{ latérale}} = \exp^{-0.2482+(0.1703/v)} \quad r^2 = 0,94$$

$$C_{d \text{ dorso-ventrale}} = \exp^{-0.3024+(0.0685/v)} \quad r^2 = 0,95$$

Une approximation de la surface de la coquille (SSA) des individus peut être obtenue en utilisant les équations reliant Ht et SSA calculées pour les individus de la population de Moraira, pour l'orientation de la coquille latérale et dorso-ventrale (García-March *et al.*, 2007a) :

$$S_{\text{latérale}} = 0,2567 * Ht^{1.9180}, \quad R^2 = 0,99$$

$$S_{\text{dorso-ventrale}} = 0,0734 * Ht^{1.8954}, \quad R^2 = 0,98$$

Toutes ces équations peuvent être utilisées pour calculer le lieu optimal de transplantation, la position, la profondeur de l'eau, la profondeur d'enfouissement et l'orientation de chaque spécimen, selon sa taille. Dans tous les cas, les endroits exposés, les lieux avec d'importants mouvements des sédiments, ou les dépôts de particules avancés doivent, a priori être évités pour la transplantation. D'un autre côté, les lieux où quelques Pinnidés vivent déjà sont de bons candidats pour recevoir les individus transplantés. Les nouveaux spécimens aideront à améliorer la réussite de la reproduction et la probabilité de rétablissement naturel de la population (García-March et Vicente, 2006).

Le processus de transplantation lui-même doit être rapide et l'exposition des individus à l'air doit être autant que possible évitée. Pour les individus adultes, les filaments du byssus doivent être préservés. En effet, il est recommandé de transplanter les individus avec 20-30 cm de sédiment autour de la partie antérieure enfouie, y compris des faisceaux et des racines de Posidonie si la population donneuse habite un herbier de Magnoliophytes. Un trou doit être creusé à l'emplacement de la transplantation où à la fois l'individu et le sédiment peuvent être déposés. Une fois les individus transplantés sur le site adéquat, le sédiment doit être sécurisé avec un filet en plastique fixé avec des taquets de fixation en acier inoxydable fins (≈ 20 cm de longueur) enfoncés dans le substrat. Si les juvéniles provenant des collecteurs sont utilisés pour le repeuplement, le plus important est de protéger les individus avec des cages grillagées jusqu'à ce qu'ils atteignent la Ht adéquate pour réduire la probabilité d'être dévorés par des pieuvres et poissons sparidés. Il est conseillé de laisser les cages jusqu'à ce qu'ils atteignent une longueur maximale de 30-35 cm. Les calculs d'hydrodynamique doivent assurer que les spécimens transplantés puissent développer leur coquille dans des limites de sécurité de F_d et que l'orientation est adéquate, car les individus ne changent plus leur position une fois qu'ils sont transplantés (García-March et Vicente, 2006).

6.4.2 Exemples de transplantations de *Pinna nobilis*

Les premières expérimentations de transplantation de *Pinna nobilis* ont été réalisées en Mer Adriatique par Mihailinovic en 1955, avec comme objectif la croissance de ces individus afin de commercialiser la coquille, la chair et le byssus (Rouanet et Vicente, 2011 ; Trigos et Vicente, 2016).

En 1979, Hignette a transplanté un groupe de 26 individus depuis la Corse et la région toulonnaise vers la Réserve Marine du Larvotto à Monaco. Elles ont été implantées dans l'herbier de posidonie, par 15 m de profondeur. L'objectif de cette manipulation était d'étudier la croissance des grandes nacres, mais aussi d'essayer de reconstituer un champ de grandes nacres suffisamment dense pour favoriser la reproduction (Hignette 1982). En effet, Hignette avait constaté une absence initiale apparente de grandes nacres dans la réserve. Les individus avaient été mesurés et identifiés par des marques (étiquettes en plastique fixées par un fil nylon traversant la coquille à environ 1 cm de la charnière). Trois ans plus tard, seulement seize individus ont été retrouvés. Ils ont été arrachés du sédiment, mesurés et réimplantés. L'auteur constate que la croissance de ces grandes nacres

est beaucoup plus faible que celles suivies par Vicente *et al.* (1980) dans le Parc National de Port-Cros. Le stress subi par ces individus lors de leur collecte, du transport et du marquage (coquille percée et boucle nylon en contact permanent du manteau) apparaît en être la cause. A ceci, il faut ajouter que la densité des individus implantés à Monaco (1 à 2 par m²) est très supérieure à celle observée à Port-Cros (maximum 2 pour 100 m²) (Rouanet et Vicente, 2011).

En 1990, De Gaulejac et Vicente ont étudié la survie de 53 individus adultes et juvéniles de *Pinna nobilis* après transplantation dans la baie de Calvi en Corse. Au cours de cette étude, différents types de substrat (sable, gravier et herbier de posidonie), méthodes (plantées vs couchées) et profondeurs ont été testés pour différentes classes de taille de *Pinna nobilis* afin de connaître leurs meilleures conditions de survie. Il apparaît que la survie des grandes nacres est optimale dans l'herbier de posidonie qui semble constituer une protection efficace face à la prédation par les poulpes (*Octopus vulgaris*) notamment. Concernant la méthode de réimplantation, les individus de petites tailles (< 20 cm) sont capables de se fixer lorsqu'ils sont couchés sur le substrat à l'inverse des grands individus (> 20 cm). Pour les individus de grandes tailles, le succès d'une réimplantation est observé dans les cas où ces individus ont été plantés dans le substrat. Les expériences et les suivis sur deux mois mettent en évidence l'absence d'orientation préférentielle des coquilles de grandes nacres réimplantées. De plus sur cette même période de suivis, la croissance des individus apparaît nulle mais des études au niveau microscopique montrent un épaissement de la strate prismatique. Par contre, en cas de cassure de la coquille, il se produit une reconstitution très rapide de celle-ci. *Pinna nobilis* est une espèce résistante qui supporte très bien le prélèvement, le transport et la réimplantation (Rouanet et Vicente, 2011 ; Trigos et Vicente, 2016).

En décembre 2009, cinq *Pinna nobilis* ont été transplantés depuis les darses du Grand Port Maritime de Marseille vers la Réserve Marine de Cap Couronne sur la Côte Bleue. Les grandes nacres ont été implantées par 18 m de fond dans l'herbier de posidonie. Sept mois plus tard, seule une grande nacre a été retrouvée vivante et semble s'être solidement accrochée au substrat. Sa hauteur totale est de 34,5 cm et sa largeur au niveau de la charnière est de 13 cm. Les quatre autres individus implantés n'ont pas été retrouvés et semblent avoir été victimes de prédateurs (Rouanet et Vicente, 2011).

En 2011, vingt-sept *Pinna nobilis* ont été prélevées le long de la canalisation d'adduction d'eau du musée océanographique de Monaco, sur un couloir de 10-15 m de part et d'autre. Les grandes nacres implantées dans un substrat de cailloux-graviers ont été prélevées méticuleusement de façon à ne pas endommager le byssus indispensable à la fixation au substrat. Elles ont été ensuite transplantées dans la Réserve Marine du Larvotto, sur deux secteurs distants d'une cinquantaine de mètres. Les lieux de réimplantation ont des caractéristiques de substrat similaires, avec une mosaïque d'herbier de posidonie et de sable-vaseux. Les grandes nacres ont toutes été implantées au contact de l'herbier qui leur offre une meilleure protection contre des prédateurs (poulpes notamment). Un trou d'au minimum un tiers de leur hauteur maximale a été creusé afin de garantir un meilleur succès de réimplantation. Néanmoins, la période de fixation complète des coquilles au substrat, allant de quelques heures à quelques jours, reste critique. Les grandes nacres sont particulièrement vulnérables aux prédateurs, comme les poulpes, qui rencontrent peu de résistance pour arracher les coquilles du substrat. Toutes les grandes réimplantées ont été identifiées par des plaquettes numérotées et mesurées de manière à apprécier la structure démographique de cette population. L'individu le plus grand mesurait 69 cm et le plus petit 39 cm (Rouanet et Vicente, 2011).

6.4.3 Méthodologie retenue pour l'opération de transplantation de *Pinna nobilis*

L'opération de transplantation des 57 *Pinna nobilis* pourra être réalisée par un organisme privé ou public, en collaboration avec le milieu universitaire.

La transplantation de certains individus de grande nacre pourra être envisagée, en concertation notamment avec le Parc Naturel Marin du Golfe du Lion (avis simple favorable relatif à la demande d'autorisation pour la requalification du quai Dezoums dans le port de Port-Vendres émis par le Conseil de gestion du Parc naturel marin du golfe du Lion lors de la séance du 9 février 2016, délibération n°2016-003), à travers différents lots implantés :

- Dans plusieurs sites : par exemple 3 sites, comprenant déjà au préalable des grandes nacres, comme au sein d'autres herbiers de posidonie (par exemple l'herbier de *Posidonia oceanica* situé au droit de la plage de la jetée), la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls, etc. ;
- Selon des conditions différentes (profondeur, substrat, exposition à la houle, etc.). Les paramètres abiotiques (température, courantologie, turbidité, etc.) pourront être pris en compte, sur la base des données disponibles et/ou accessibles (expérimentation du taux de survie des petites et des grandes nacres en fonction des conditions environnementales, de la profondeur, du substrat, de l'exposition, de la taille des individus, etc.).

La transplantation de la grande nacre *Pinna nobilis* peut être réalisée dans son habitat d'origine sans perturber sa physiologie à condition de respecter certaines précautions. Ces opérations de transplantation peuvent être réalisées dans tous les milieux où se développent les populations de grandes nacres (Trigos et Vicente, 2016).

Sur la côte des Albères, il apparaît que les *Pinna nobilis* ne s'établissent pas dans la même densité de posidonie en fonction de leur « maturité ». Les individus adultes (taille estimée $\geq 24,5$ cm) s'établissent d'avantage dans la posidonie dense, alors les individus juvéniles (taille estimée $< 24,5$ cm) ont été le plus souvent détectés dans la posidonie éparsée. Les résultats obtenus suggèrent donc un rôle primordial des herbiers de posidonie sur la distribution de la population de grandes nacres en influençant probablement la colonisation ainsi que le taux de mortalité. Des analyses sur l'effet-réserve montrent que les juvéniles sont moins abondants dans les herbiers des zones protégées et plus nombreux au sein des herbiers hors de la réserve qui bénéficient d'une biomasse de prédateurs moins importante (Iwankow, 2015).

Ainsi, le site de transplantation peut être **par exemple** l'herbier de *Posidonia oceanica* situé au droit de la plage de la jetée au sein duquel sont déjà présentes des *Pinna nobilis*. L'implantation des grandes nacres sera réalisée à proximité et/ou au contact (par exemple, sur une zone de substrat meuble) de l'herbier vivant, sans altération (dégradation, destruction) de l'habitat (d'autant plus que *Posidonia oceanica* est une espèce protégée, soumise à demande de dérogation d'atteinte à cette espèce). Ce site présente des conditions environnementales similaires (notamment par la présence de matre morte). Comme le signalent plusieurs auteurs (García-March et Vicente, 2006 ; Trigos et Vicente, 2016), les lieux où quelques Pinnidés vivent déjà sont de bons candidats pour recevoir les individus transplantés (Figure 41).

Si le site de l'avant-port apparaît comme le plus évident, les lieux définitifs de transplantation seront choisis en collaboration avec le Parc et la communauté scientifique.

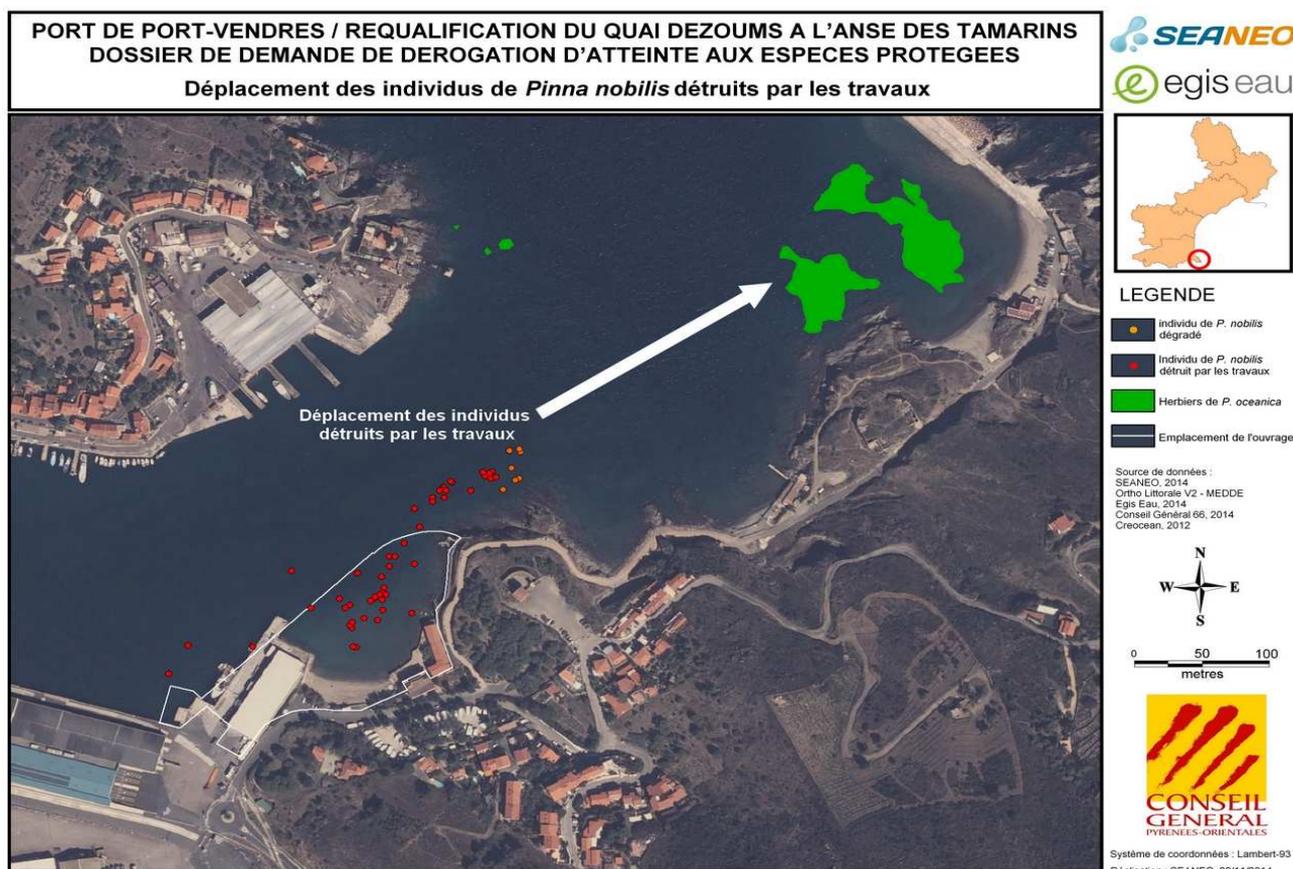


Figure 41 : Déplacement des individus de *Pinna nobilis* détruits par les travaux.

L'herbier de Posidonie, situé à l'entrée Est du port de Port-Vendres, est composé d'herbier dense et épars. Il s'étale sur environ 160 m le long de la digue est du port. Légèrement au Sud, une tache d'herbier dense conséquente est observable (environ 40 m de diamètre), séparée du reste de l'herbier. Avec 48% d'herbier dense, cet herbier semble en bon état (Licari *et al.*, 2004) (Figure 42).

Tableau 27 : Caractéristiques de l'herbier de Posidonie du site de Port-Vendres (plage de la Jetée).
 (d'après Licari *et al.*, 2004).

Superficie Herbier (m ²)	Totale	Dense	Epars
		7694	3669
Pourcentage		48	52

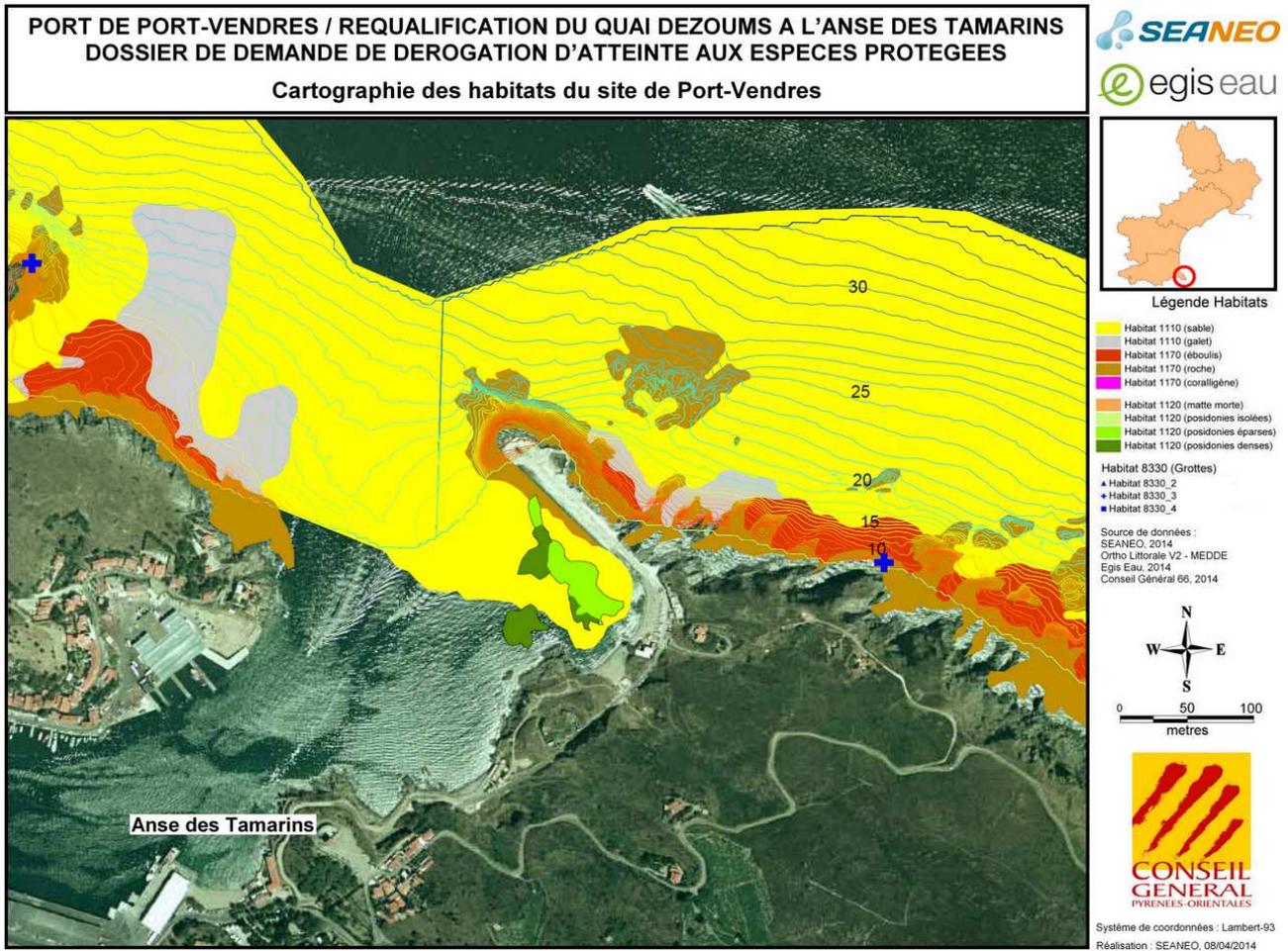


Figure 42 : Habitats d'intérêt communautaire proche du site de projet (d'après Licari *et al.*, 2004).

Les deux herbiers à l'Est de l'entrée du port correspondent aux zones identifiées par le réseau Natura 2000. Les contours définis par le DOCOB sont donnés à une échelle assez large et ne permettent pas de faire une comparaison fine de mouvement de régression ou d'avancée de l'herbier. Mais globalement, les contours de la bibliographie correspondent à ceux identifiés sur le terrain (Créocéan, 2012). D'autres taches de Posidonie sont trouvées durant les différentes plongées mais sont trop petites pour être cartographiés (Créocéan, 2012).

Visuellement, les herbiers étudiés ne présentent pas de signe de dégradation et paraissent en bonne santé. Sur la zone la moins profonde, les herbiers peuvent atteindre des taux de recouvrement de plus de 80 % de la surface au sol, aucun déchaussement n'est noté et la charge épiphytaire ne semble pas très importante. Par contre, de grandes surfaces de mattes mortes dans l'ensemble du port sont notées. Ces surfaces indiquent la présence d'un herbier historique mais qui peut dater de plusieurs dizaines d'années. De nombreux macrodéchets dans l'herbier sont présents mais servent de support à différentes espèces (Créocéan, 2012).

La présence de plusieurs grandes nacres (*Pinna nobilis*), espèce protégée en Méditerranée, est notée au sein de l'herbier ainsi que des juvéniles qui confirme que cet habitat leur est favorable. La présence de juvéniles de poissons est aussi notée mais l'identification n'est pas possible (Créocéan, 2012).

D'après Créocéan (2012), l'herbier de Posidonie du port de Port-Vendres et un herbier en bonne santé sans traces de dégradation. L'importante zone de matte morte autour indique la présence d'un herbier historique qui a sûrement régressé suite à l'implantation du port ou à l'apparition de certaines activités portuaires. La comparaison avec la cartographie du réseau Natura 2000 réalisée en 2005 ne permet d'affirmer que cette régression continue. De plus, des grandes nacres sont notées régulièrement dans l'herbier.

Le processus de transplantation devra être rapide et l'exposition des individus à l'air doit être autant que possible évitée.

- Prélèvement : Les spécimens prélevés seront placés dans un sachet plastique individuel (García-March et Vicente, 2006 ; Trigos et Vicente, 2016), et conservés dans un bac ouvert rempli d'eau enrichie en oxygène (si il est nécessaire de les sortir de l'eau). Il est envisagé de transplanter les individus entre les mois d'octobre et mars (phase de repos pour la reproduction). Malgré tout, en fonction du planning et des travaux, la transplantation expérimentale pourra également être envisagée entre les mois de mars et d'octobre (phase d'activité sexuelle), aucune mortalité n'ayant été observée lors de précédentes transplantations réalisées durant cette période (De Gaulejac, 1993; Trigos et Vicente, 2016 ; Vicente comm. pers.). Pour les individus adultes, les filaments du byssus doivent être préservés. En effet, il est recommandé de transplanter les individus avec 20-30 cm de sédiment autour de la partie antérieure enfouie.
- Transplantation : Un trou doit être creusé à l'emplacement de la transplantation où à la fois l'individu et le sédiment peuvent être déposés. Les individus sont enfoncés dans le substrat jusqu'à l'extrémité proximale du byssus. La hauteur de coquille dépassant du sédiment est notée. Les individus seront considérés comme bien « réimplantés » quand cette hauteur du sédiment aura diminué de 2 cm, démontrant ainsi une action du byssus. Une fois les individus transplantés sur le site adéquat, le sédiment doit être sécurisé avec un filet en plastique fixé avec des taquets de fixation en acier inoxydable fins (≈ 20 cm de longueur) enfoncés dans le substrat. Il est conseillé de laisser les cages (taille adaptée à l'individu, forme cylindrique, maillage de 1 cm^2) jusqu'à ce que les individus atteignent une longueur maximale de 30-35 cm, sous réserve des conditions techniques et/ou environnementales (par exemple, débris entraînés par le fort et pouvant à terme obstruer les cages, etc.) (García-March et Vicente, 2006 ; Kozul *et al.*, 2011 ; Trigos et Vicente, 2016).

Les nacres peuvent être réimplantées dans un milieu différent de celui d'origine sans que leur comportement soit modifié, quelle que soit la saison, en période de reproduction ou de repos sexuel, et même en cours de croissance. Seul l'enfoncement varie en fonction du substrat et leur orientation qui dépend du courant apportant les particules nutritives. Il est important de creuser un trou assez profond afin d'enterrer la nacre au moins jusqu'au milieu de la coquille. Elle se positionnera ensuite elle-même (Trigos et Vicente, 2016).

Cette expérimentation et le suivi correspondant pourront faire l'objet d'un programme de recherches, comprenant des spécialistes en espèces et habitats marins du milieu universitaire et privé. Un suivi scientifique des 57 individus transplantés pendant plusieurs années est prévu (voir Chapitre spécifique du présent dossier).

6.5 Justifications scientifiques et techniques de la faisabilité et de l'efficacité de ces mesures

La plupart des mesures d'évitement et de réduction proposées dans le présent dossier, sont recommandées dans la littérature scientifique ou technique. Elles ont donc pour la plupart déjà été expérimentées avec succès dans le cadre de projets similaires ou d'essais scientifiques.

Le dossier de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées relatif à la requalification du quai Dezoums à l'anse des Tamarins est élaboré par la société SEANEO qui a réalisé trois dossiers très similaires précédemment décrits.

Afin de justifier scientifiquement de la faisabilité, de l'efficacité et de la pérennité des mesures proposées dans le présent dossier, la société SEANEO s'est également rapproché de plusieurs scientifiques, experts et gestionnaires d'Aires Marines Protégées, spécialisés dans les espèces protégées concernées :

- Nardo VICENTE, Professeur émérite à Aix-Marseille Université (IMBE), Délégué Général et Responsable Scientifique de l'Institut Océanographique Paul Ricard ;
- Charles-François BOUDOURESQUE, Professeur de l'Université d'Aix-Marseille, Institut Méditerranéen d'Océanologie, Marseille (argumentaire sur la valeur écologique de la matre morte de Posidonie présente dans le port de Port-Vendres) ;
- Philippe LENFANT, Professeur de l'Université de Perpignan, Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens, Perpignan ;
- Parc Naturel Marin du Golfe du Lion : Gildas LE CORRE, Olivier MUSARD, Bruno FERRARI, Marc DUMONTIER ;
- Direction Gestion du milieu marin de la commune d'Agde, gestionnaire de l'Aire Marine Protégée de la côte agathoise, site Natura 2000 "Posidonies du Cap d'Agde" ;

Ainsi, plusieurs mesures proposées ont donc été validées dans un dossier de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées similaire, par un Comité Scientifique, constitué d'experts, de scientifiques, de gestionnaires, de membre des services de l'Etat (Dalias *et al.*, 2012). Cet élément constitue une garantie supplémentaire quant à leur pertinence, leur opportunité, leur faisabilité et leur efficacité.

7 Impacts résiduels du projet pour chacune des espèces protégées faisant l'objet de la demande

Ce chapitre reprend l'ensemble des impacts bruts déjà traités dans le Chapitre 5, et ayant des effets directs ou indirects non négligeables sur les espèces protégées, avant la mise en place des mesures d'évitement et de réduction.

Les impacts résiduels présentés ci-après prennent donc en compte les effets des mesures d'évitement et de réduction sur le milieu naturel et les espèces protégées.

7.1 Analyse des impacts résiduels sur le milieu physique en phase de chantier

La phase de travaux est une période transitoire, source de nuisances, mais limitée dans le temps et dans l'espace. Les impacts durant la période de chantier concerneront les travaux maritimes et terrestres.

Les travaux maritimes, réalisés sur le plan d'eau de la zone portuaire de Port-Vendres, comprennent des opérations de déroctage, d'immersion de blocs de roche, de structures en béton, la construction d'un terre-plein, la démolition de certains bâtiments existants, etc. Le temps nécessaire pour réaliser cet ouvrage portuaire est estimé à deux ans. Ce temps est fonction des alternatives et des méthodes retenues par l'entreprise choisie (Egis, 2014).

7.1.1 Risque d'augmentation de la pollution physico-chimique et bactériologique à proximité du chantier

Durant les travaux de démolition des anciennes structures et de construction du nouveau quai, la qualité des eaux pourra être localement dégradée à cause de l'augmentation de la turbidité ou d'éléments polluants, même si des barrages de protection seront utilisés (voir Chapitre 6).

Ces dégradations ont un effet négatif sur les écosystèmes, qu'il convient de limiter autant que possible.

En tenant compte d'une distance maximale séparant l'ouvrage en chantier du dispositif de protection anti-MES de 100 m, la superficie de cet impact résiduel a pu être réduite par les mesures mises en œuvre et concerne environ 55 530 m² de fonds marins.

7.1.2 Risque de rejets ponctuels dans le milieu marin

En phase de travaux, il s'agit principalement de limiter les apports de matières en suspension vers la mer et d'éviter toute infiltration de polluants dans le sous-sol du littoral.

Les risques de dégradation de la qualité des eaux sont essentiellement liés :

- Aux installations de chantier ;
- A la pollution par rejets directs d'eaux de lavage, d'eaux usées, etc. ;
- A la pollution par une mauvaise gestion des déchets ;
- Aux produits polluants susceptibles d'être manipulés ou stockés sur des aires annexes ;
- Aux incidents de chantier (lors de l'approvisionnement en hydrocarbures, en cas de fuite d'engins).

Lors des périodes pluvieuses, les apports de matières en suspension issus de l'emprise du projet seront faibles.

Suite à la mise en place des mesures d'évitement et de réduction pendant la phase de chantier (voir Chapitre 6), l'impact résiduel du risque de rejets ponctuels dans le milieu marin sera faible. Aucune mesure de compensation n'est donc à prévoir.

7.1.3 Risque de pollution accidentelle des eaux

Le risque de pollution accidentelle des sols et des eaux est inhérent à tous les travaux. Ces risques sont liés au déversement de produits polluants lors d'incidents de chantier (béton) ou aux engins de chantier (hydrocarbures). En effet, les travaux prévus nécessitent, outre l'emploi d'engins de chantiers, l'utilisation de produits polluants tels que les carburants, les huiles, etc. Le renversement d'un véhicule, les fuites d'huile de moteur ou de carburant peut intervenir de façon aléatoire. Lors du chantier, des mesures d'ordre organisationnel et préventives seront mises en place afin de prévenir une éventuelle pollution accidentelle.

Les produits chimiques sont susceptibles de contaminer les sols et les eaux superficielles et souterraines.

Toutefois, au regard des caractéristiques du projet (emploi limité de produits chimiques dangereux ou toxiques) et à la mise en place des mesures d'évitement et de réduction pendant la phase de chantier (voir Chapitre 6), l'impact résiduel du risque de pollution accidentelle des eaux sera faible. Aucune mesure de compensation n'est donc à prévoir.

7.2 Analyse des impacts résiduels sur les deux espèces protégées concernées par le projet

Le projet de requalification du quai Dezoums à l'anse des Tamarins, affectera les deux espèces protégées. L'ensemble des impacts résiduels subsistant après la mise en place de mesures d'évitement et/ou de réduction, et ayant des effets non négligeables sur les espèces protégées, sont représentés avec leur rayon d'influence.

Les effets en interaction sont également représentés visuellement (Figure 43).

La portée des impacts du projet concerne au total 75 159 m² de fonds marins, représentés par des couleurs différentes sur la Figure 43. La portée des impacts à effets uniques et les impacts en interaction entre eux (superficie de fonds marins atteinte) sont listés ci-dessous, leur représentation est également visible (hachures) sur la Figure 43 :

- Risque de chute de matériaux lors de la démolition des ouvrages (quai Dezoums) : 5 559 m² ;
- Recouvrement par l'ouvrage (quai et terre plein) : 10 144 m² ;
- Dragage de chantier et déroctage : 9 485 m² ;
- Nuage turbide / divagation et ancrage des engins de chantier : 55 530 m² ;
- Hydrodynamisme au pied de l'ouvrage : 3 096 m²

En contrepartie, l'ouvrage aura un effet positif par création d'un habitat rocheux (quai sur pieux et talus en enrochements). Cet effet positif concerne 2 700 m² de fonds marins.

Les mesures de compensation qui suivent s'appliqueront globalement à l'ensemble des individus de l'espèce protégée.

PORT DE PORT- VENDRES / REQUALIFICATION DU QUAI DEZOUMS A L'ANSE DES TAMARINS DOSSIER DE DEMANDE DE DEROGATION D'ATTEINTE AUX ESPECES PROTEGEES

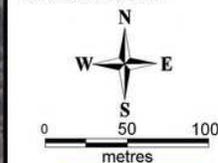
Carte synthétique des impacts du projet sur les espèces protégées concernées



LEGENDE

- Recouvrement par l'ouvrage
Espèces détruites :
P. oceanica (matte morte) ; *P. nobilis*
- Déroctage. Espèces détruites :
P. oceanica (matte morte) ; *P. nobilis*
- Turbidité / Engins de chantier
Espèces dégradées : *P. nobilis*
- Hydrodynamisme (pied d'ouvrage)
Espèces dégradées : aucune
- Chute de matériaux
Espèces dégradées :
P. oceanica (matte morte)

Source de données :
SEANEO, 2013
Ortho Littorale V2 - MEDDE
Egis Eau, 2013
Conseil Général 66, 2013



Système de coordonnées : Lambert-93
Réalisation : SEANEO, 05/03/2014

Figure 43 : Carte synthétique des impacts résiduels et de leur rayon d'influence.

7.2.1 Analyse des impacts résiduels sur *Posidonia oceanica*

7.2.1.1 Impact lié à la démolition des ouvrages maritimes existants et enlèvement des enrochements de protection du terre-plein Dezoums

Au regard de l'état initial, la démolition des ouvrages maritimes existants et l'enlèvement des enrochements de protection du terre-plein Dezoums n'impacteront pas les herbiers de *Posidonia oceanica* vivants existants en raison de leur éloignement (de la pointe des Tamarins, les herbiers situés au Nord sont à environ 260 m et les herbiers de l'anse de la jetée, à environ 325 m). En revanche, en tenant compte d'une zone de risque de chute de matériaux de 20 m au droit de tout travaux, 53 m² de matte morte de *Posidonia oceanica* pourront être impactés (Figure 44).

Cet impact résiduel est direct, permanent et localisé. Il peut être classé de niveau « moyen » et n'a pas été évité ou réduit. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre des mesures compensatoires.

Il convient de rappeler que par interaction, la totalité de cette matte morte sera de toute façon détruite, soit par recouvrement par l'ouvrage, soit par les travaux de déroctage.

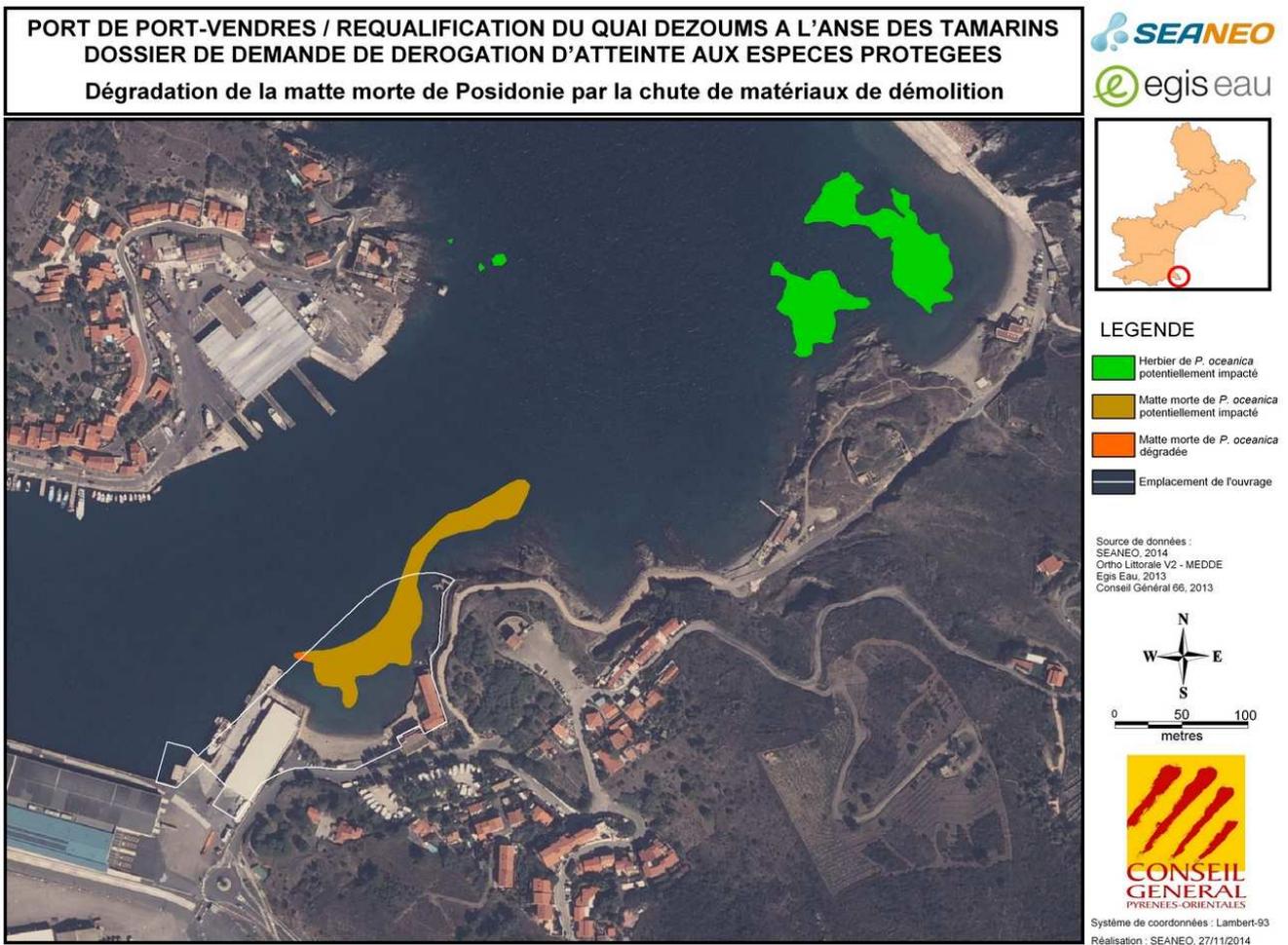


Figure 44 : Dégradation de la matte morte de *Posidonia oceanica* par la chute de matériaux de démolition.

7.2.1.2 Impact lié au recouvrement par l'ouvrage

Au regard de l'actuel plan de masse, les herbiers vivants de *P. oceanica* ne seront pas impactés par le recouvrement par l'ouvrage, en raison de leur éloignement (les plus proches se trouvant à plus de 200 m). En revanche, l'ouvrage recouvrera et détruira 3 249 m² de matte morte de Posidonie.

Cet impact est direct, permanent et localisé. Il peut être classé de niveau « fort », et n'a pas pu être évité ou réduit. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre des mesures compensatoires (Figure 45).

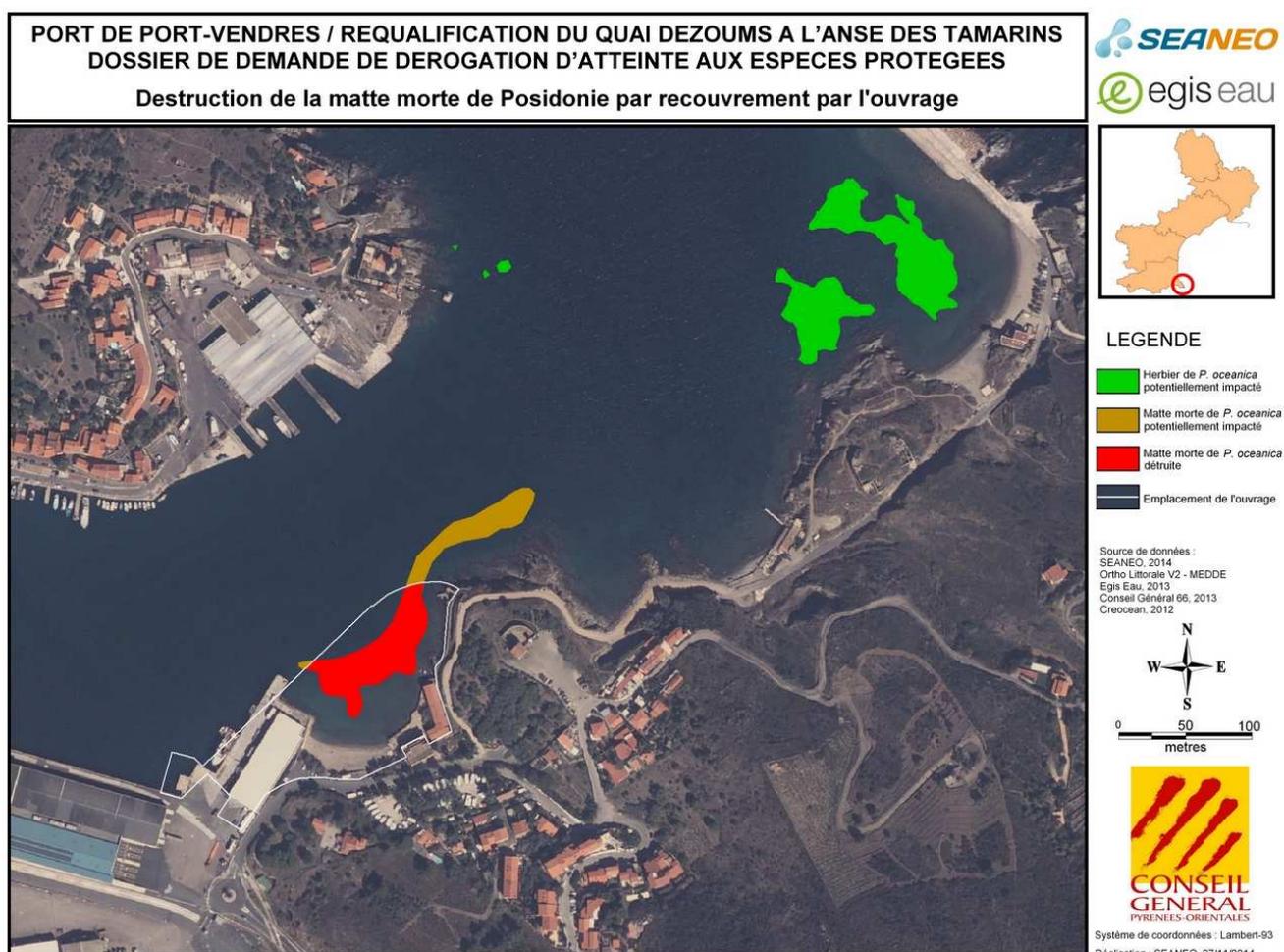


Figure 45 : Destruction de la matte morte de *Posidonia oceanica* par recouvrement par l'ouvrage.

7.2.1.3 Impact lié aux opérations de dragage et de déroctage

Les herbiers vivants de *P. oceanica* sont hors de portée des impacts du déroctage, et ne seront pas impactés.

En revanche, la matte morte de Posidonie située sur cette zone de déroctage sera détruite de manière irréversible. Les opérations de déroctage détruiront 747 m² de matte morte.

Tous les matériaux de dragage et de déroctage seront ensuite réutilisés pour le comblement de l'anse des Tamarins. Toute incidence sur les espèces protégées due aux rejets de matériaux de dragages est donc à écarter, en raison de l'isolement préalable de la zone de comblement et du contrôle strict de la concentration en MES dans les eaux de trop plein.

Cet impact est direct, permanent et localisé. Il peut être classé de niveau « fort », et n'a pas pu être évité ou réduit. Il est donc nécessaire de mettre en œuvre des mesures compensatoires (Figure 46).

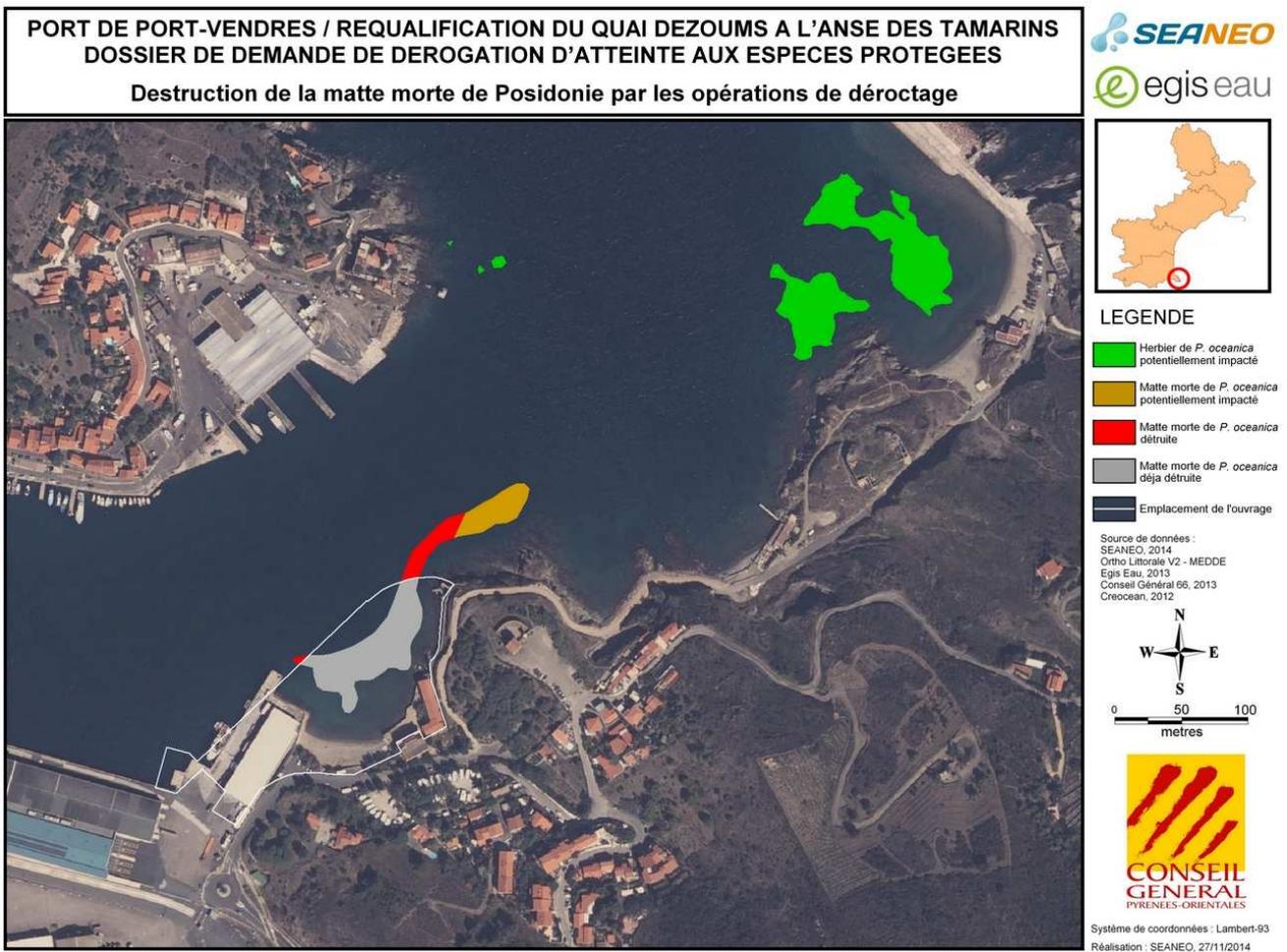


Figure 46 : Destruction de la matte morte de *Posidonia oceanica* par les opérations de déroctage de la phase de chantier.

7.2.1.4 Impact lié au nuage turbide du chantier

Bien que réduits par plusieurs mesures décrites précédemment, ces effets indirects auront une incidence significative sur le milieu marin en raison de leur durée (plusieurs mois).

Les mesures d'évitement et de réduction permettront de réduire suffisamment la turbidité dans une zone proche des travaux (zone tampon de 100 m au maximum, définie selon la bibliographie et des experts, précédemment présentés). Ainsi, toute dégradation des herbiers de *P. oceanica* vivants est évitée.

De plus, toute pollution physico-chimique accidentelle pendant la période d'activité maximale de la plante est évitée, puisque les travaux de dragage et de déroctage sont programmés hors de la saison estivale.

L'impact est donc qualifié de faible et aucune mesure compensatoire n'est à prévoir.

7.2.1.5 Impact liés aux engins nautiques

Dans la même zone tampon de 100 m (définie selon la bibliographie et des experts), des engins de chantier (barges, navires) évolueront ou pourront s'ancrer. Ces engins ne s'ancreront pas au niveau des herbiers vivants de la zone portuaire, en raison de leur éloignement. Par conséquent, leurs impacts sur les herbiers à *Posidonia oceanica* seront nuls. En revanche, ils contribueront à dégrader une zone de 1 069 m² de matte morte.

Cet impact est direct / indirect, temporaire et localisé. Il peut être classé de niveau « moyen », et n'a pas pu être totalement évité. La mise en place des mesures compensatoires est accessoire (Figure 47).

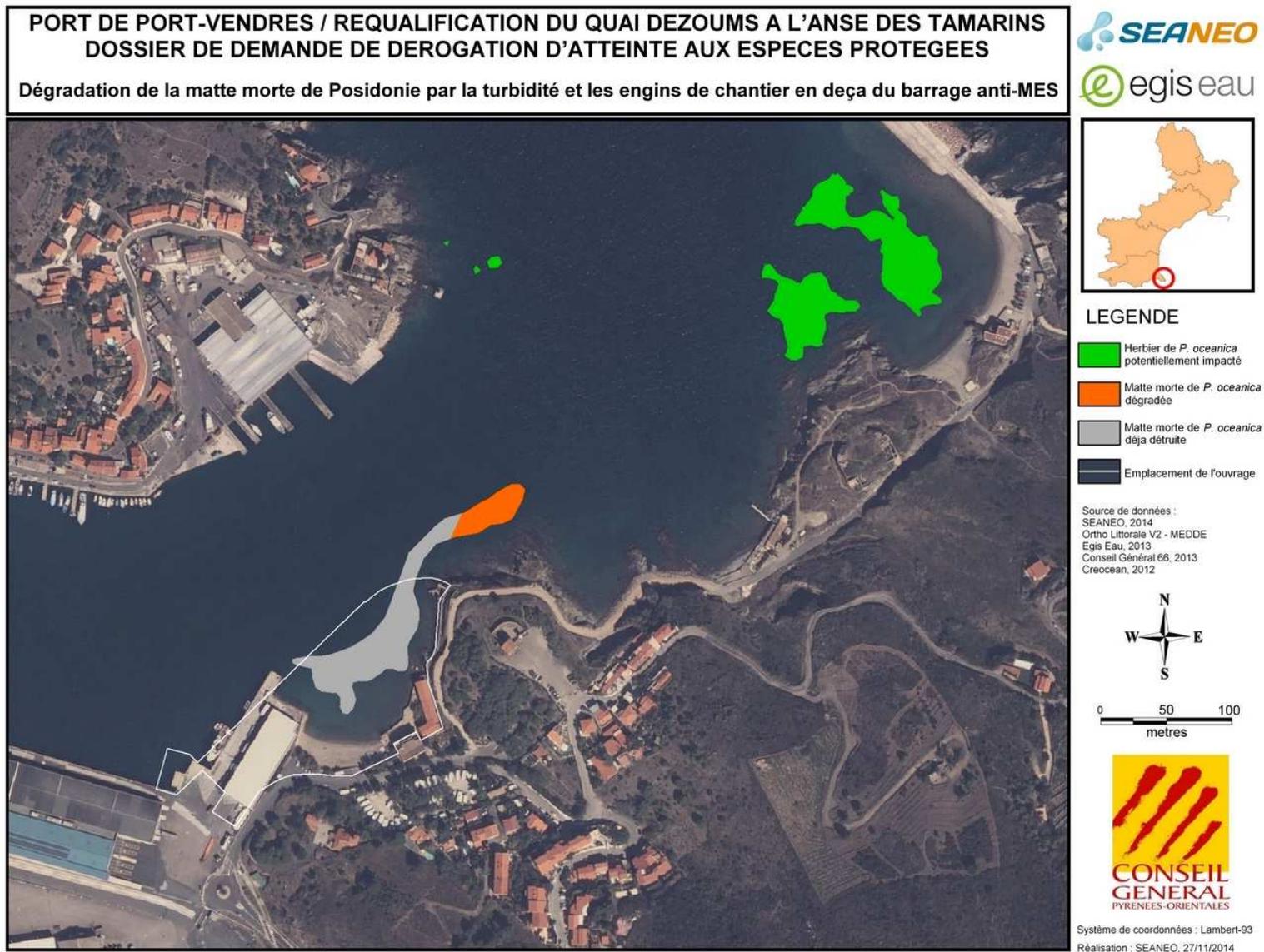


Figure 47 : Dégradation de la matte morte de *Posidonia oceanica* par le nuage turbide et les engins de chantier.

7.2.1.6 Impact lié au relargage de micropolluants lors des travaux de dragage

L'impact du relargage de micropolluants lors des travaux de dragage est pris en compte à travers les résultats des analyses des micropolluants dans les sédiments et de mesures précédemment citées.

7.2.1.7 Impact lié à la modification des conditions d'agitation au pied de l'ouvrage

Comme détaillé précédemment, du fait de sa faible portée, la modification des conditions d'agitation au pied de l'ouvrage n'impactera pas les herbiers de Posidonie (de la pointe des Tamarins, les herbiers situés au Nord sont à environ 260 m et les herbiers de l'anse de la jetée, à environ 325 m). L'impact est donc qualifié de faible à nul.

Il convient d'ajouter que dans l'objectif d'amortir l'agitation de Nord-Ouest, le nouveau quai est construit sur pieux et intègre un talus en enrochements dans la structure du quai. La pente adaptée du talus permet, par rapport à un quai vertical, d'absorber une partie importante de la houle incidente et donc de réduire encore plus, l'impact du projet sur l'agitation dans le port (Egis, 2014).

7.2.1.8 Conclusion

Au total, l'addition de plusieurs effets directs et indirects entrainera la destruction de 3 996 m² de matte morte et la dégradation de 1 069 m² de matte morte au niveau de l'anse des Tamarins (sur 5 065 m² de matte morte). Les herbiers de *P. oceanica* vivants répertoriés en 2012 (Créocéan) sont en revanche hors de portée de l'ensemble des effets directs et indirects du projet. Les impacts existants (notamment la turbidité) ont été évités ou suffisamment réduits pour ne plus avoir d'incidence significative sur ces herbiers vivants.

Toutefois, au vu de l'ampleur des impacts résiduels sur la matte morte, des mesures supplémentaires de compensation doivent être prises (Figure 48). Elles concerneront l'ensemble de la matte morte.

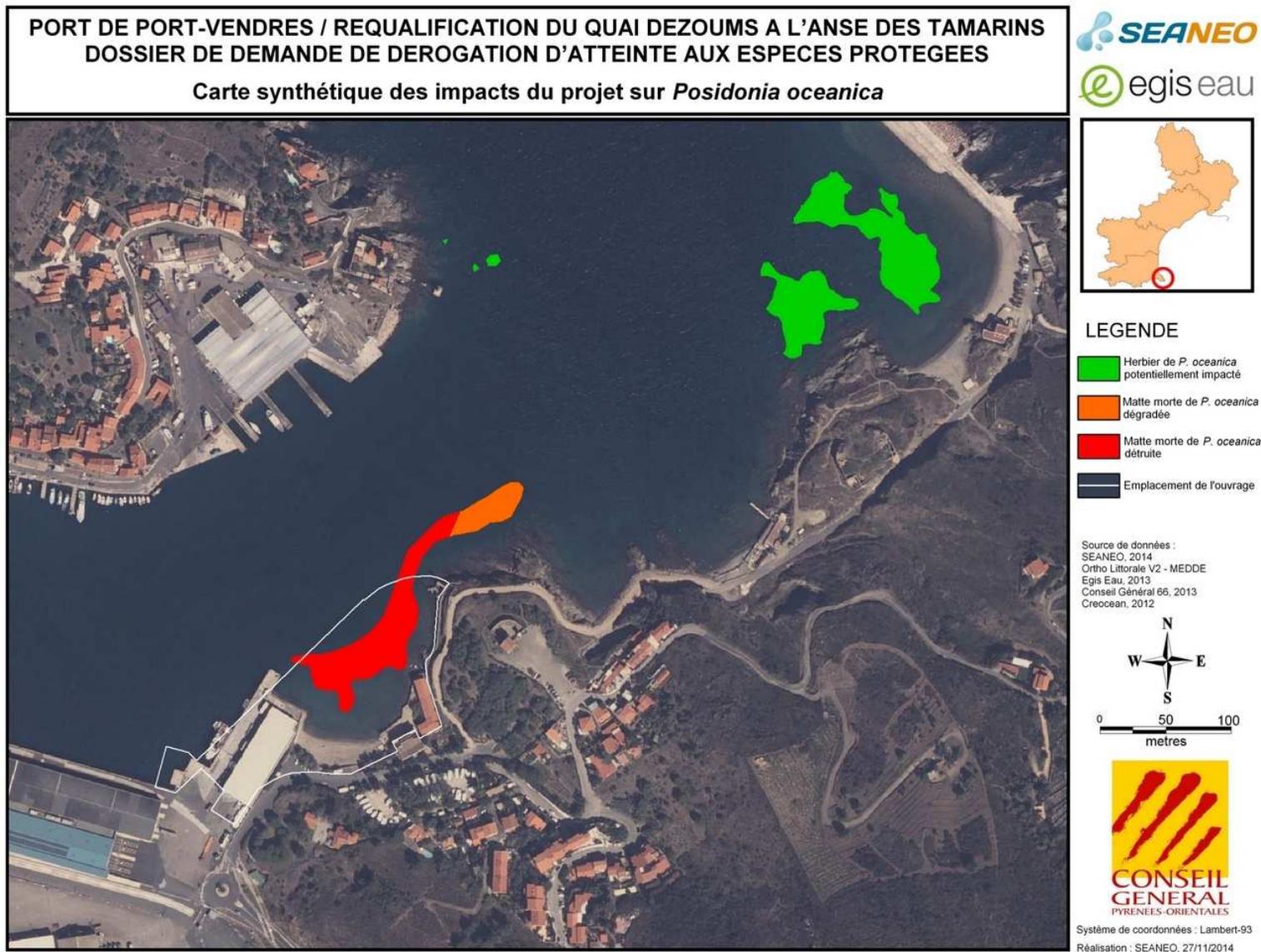


Figure 48 : Carte synthétique des impacts résiduels du projet sur *Posidonia oceanica*.

7.2.2 Analyse des impacts résiduels sur *Pinna nobilis*

7.2.2.1 Impact lié à la démolition des ouvrages maritimes existants et enlèvement des enrochements de protection du terre-plein Dezoums

Suite au déplacement de 2 individus situés dans le rayon d'incidence de ces travaux, l'impact n'aura plus d'effet sur *Pinna nobilis*. Le niveau d'impact est qualifié de nul et ne nécessite pas la mise en place de mesures compensatoires.

7.2.2.2 Impact lié au recouvrement par l'ouvrage

Suite au déplacement de 28 individus situés dans le rayon d'incidence de ces travaux, l'impact n'aura plus d'effet sur *Pinna nobilis*. Le niveau d'impact est qualifié de nul et ne nécessite pas la mise en place de mesures compensatoires.

7.2.2.3 Impact lié aux opérations de déroctage

Suite au déplacement de 21 individus situés dans le rayon d'incidence de ces travaux, l'impact n'aura plus d'effet sur *Pinna nobilis*. Le niveau d'impact est qualifié de nul et ne nécessite pas la mise en place de mesures compensatoires.

7.2.2.4 Impact lié à la turbidité provoquée par le chantier

Si les dispositifs permettant de réduire la turbidité sont correctement employés, seuls les individus de *Pinna nobilis* inclus en deçà du dispositif seront impactés par le nuage de turbidité. Au total, 7 individus de *Pinna nobilis* auraient été dégradés par la pollution physico-chimique. Ainsi, par précaution, ces 7 individus de *Pinna nobilis* seront déplacés. Le niveau d'impact est qualifié de nul et ne nécessite pas la mise en place de mesures compensatoires.

7.2.2.5 Impact lié aux engins nautiques

Comme pour la matte morte de Posidonie, les engins de chantier embarqués et ancrés dans la zone de travaux (zone tampon de 100 m autour des travaux, définie selon la bibliographie et des experts) auraient pu dégrader les 7 individus de *Pinna nobilis*. Ainsi, par précaution, ces 7 individus de *Pinna nobilis* seront déplacés. Le niveau d'impact est qualifié de nul et ne nécessite pas la mise en place de mesures compensatoires (Figure 49).

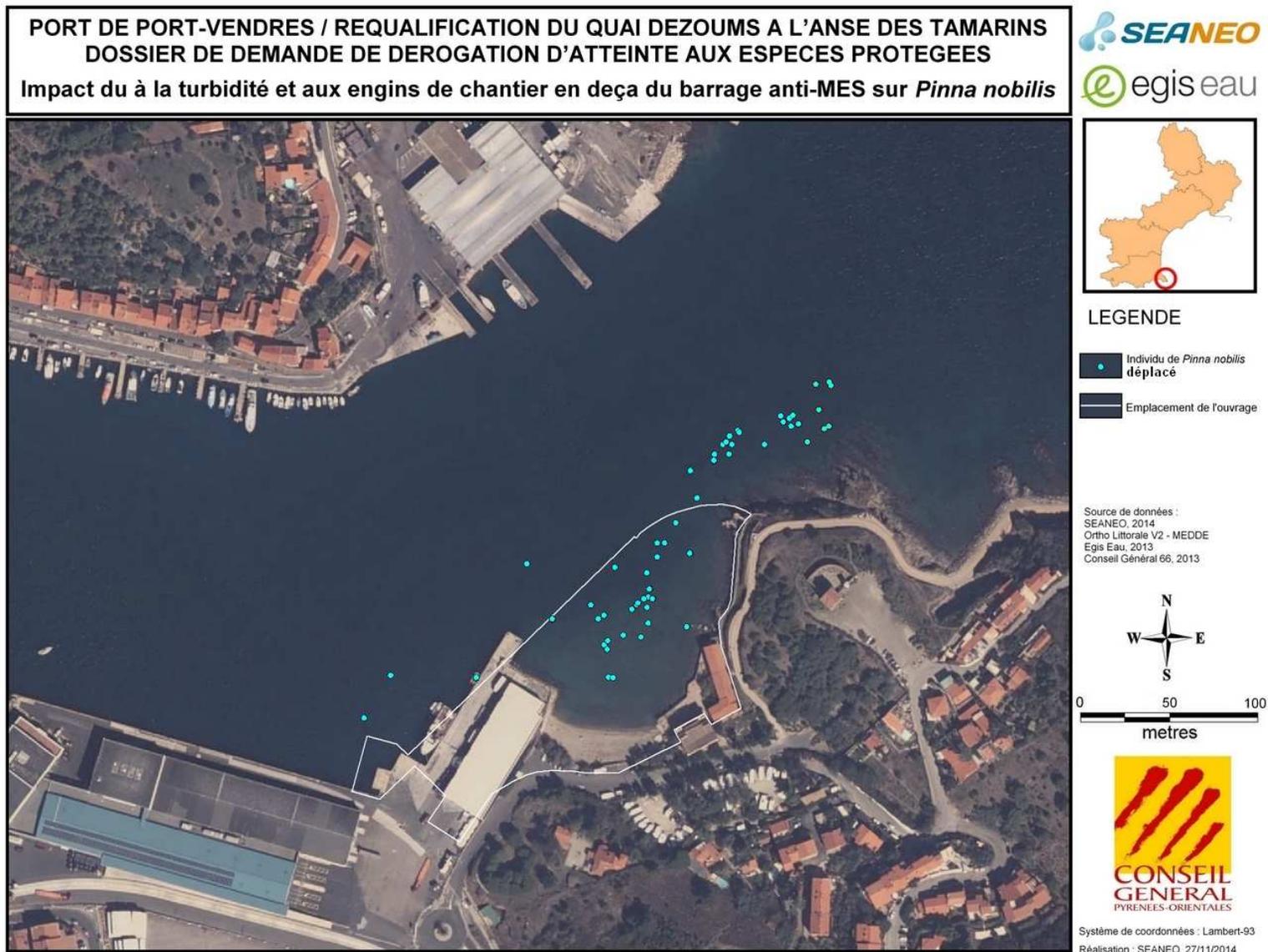


Figure 49 : Dégradation de *Pinna nobilis* par le nuage de turbidité et les engins de chantier.

7.2.2.6 Conclusion

L'ensemble des 57 individus de *Pinna nobilis* initialement exposés à un risque de dégradation ou de destruction sera déplacé sur un site semblable à l'intérieur de l'enceinte portuaire. La mise en place de mesures compensatoires est donc accessoire.

La Figure 50 représente l'ensemble des impacts que le projet aura sur *P. nobilis*.

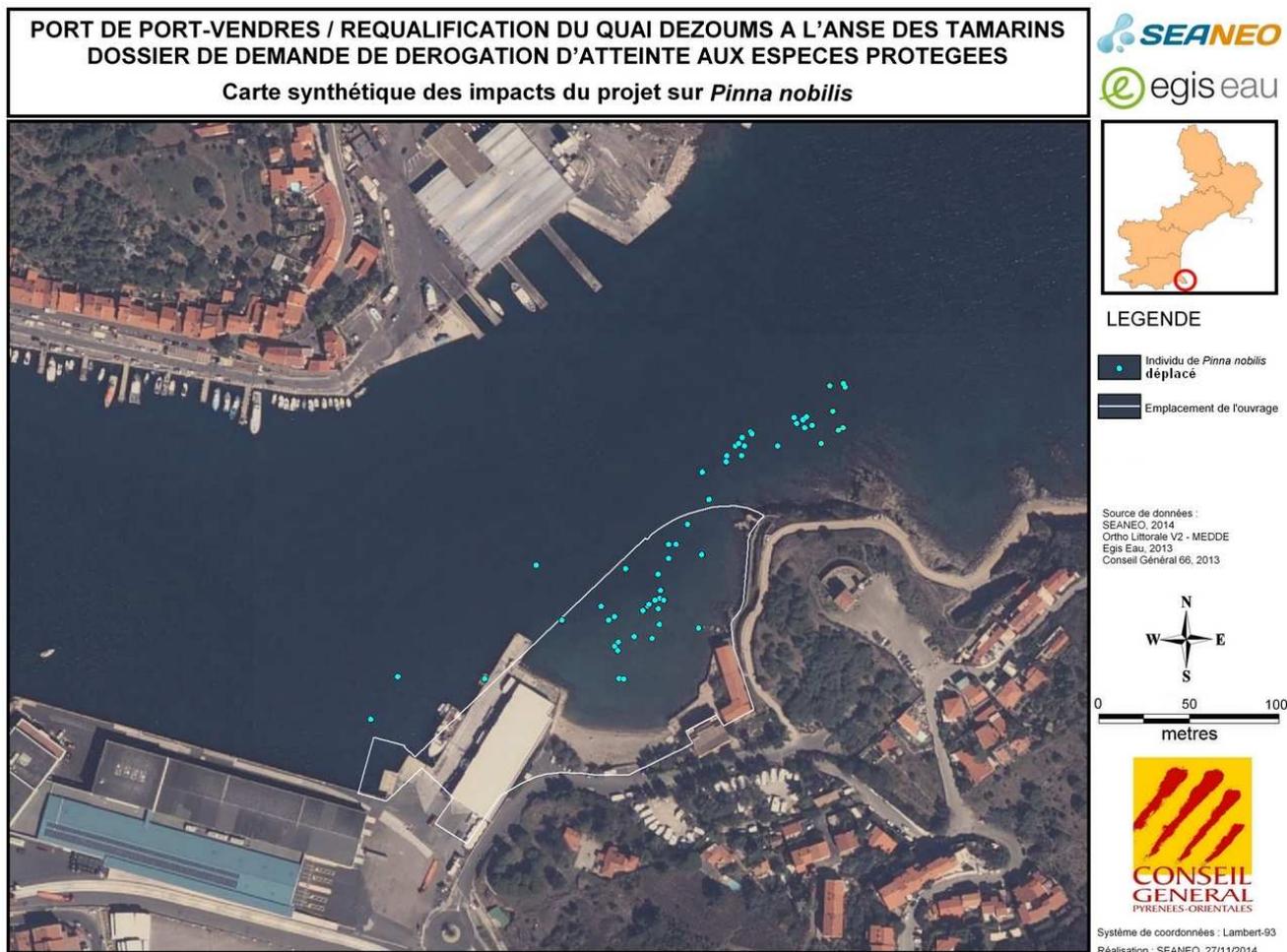


Figure 50 : Carte synthétique des impacts du projet sur *Pinna nobilis*.

7.2.3 Synthèse des impacts résiduels ayant des effets sur les espèces protégées concernées par le projet

Chaque impact identifié a été caractérisé :

- Caractéristiques de l'impact : brève description de l'impact ;
- Typologie : impact direct ou indirect ;
- Intensité : elle exprime le niveau relatif des effets liés à la dégradation d'un composant donné. Elle combine la valeur environnementale (établie dans le cadre de l'état initial) et la portée de la modification des caractéristiques structurales et fonctionnelles de la valeur environnementale (c'est-à-dire le degré de perturbation causée). Il peut s'agir soit d'une destruction (destruction totale de l'individu ou de l'habitat), soit d'une dégradation (destruction partielle de l'habitat ou diminution de l'état de conservation ou de santé de l'individu) ;
- Etendue : elle est l'expression de la portée et de la distribution spatiale des effets générés par les activités affectant l'environnement (distance, surface, proportion de la population concernée). L'étendue de l'impact peut être régionale, locale, ciblée ou non ciblée, etc. ;
- Durée : il s'agit de la dimension temporelle de l'impact, c'est-à-dire la période de temps durant laquelle dureront les modifications du (ou des) composants affectés. Les effets peuvent donc être soit temporaires, soit permanents.
- Niveau : il est déterminé en combinant les trois indicateurs « intensité », « étendue » et « durée », utilisant une grille de détermination divisée en impacts négatifs composés de 7 niveaux (Positif à Réhibitoire).

Les impacts sont hiérarchisés selon la grille d'évaluation présentée dans le Tableau 28.

Tableau 28 : Hiérarchisation des impacts.

Typologie de l'impact	Description
Direct	Exprime une relation de cause à effet entre une composante du projet et un élément de l'environnement.
Indirect	Découle d'un impact direct et lui succède dans une chaîne de conséquences.

Intensité des effets	Conséquences sur la ou les espèces protégées
Destruction	Les individus / population ou habitats concernés seront tués ou détruits sur toute la zone concernée par l'impact.
Dégradation	S'il s'agit d'individus (<i>P. nobilis</i>), la dégradation entraîne une diminution de l'état de santé des individus : baisse du taux de survie, du taux de recrutement, de l'efficacité de la reproduction, ou encore un risque accru d'apparition de pathologies ou de prédation. S'il s'agit d'un habitat (herbier), son état de conservation risque d'être atteint (perte de la vitalité de l'habitat). Le rôle écologique de l'habitat est donc amoindri.

Etendue de l'impact	Description
Ciblé	Des individus isolés au sein d'une population seront touchés ou quelques mètres carrés d'habitat sont concernés. Il est possible de définir précisément la surface concernée par l'impact et donc de le quantifier.
Localisé	Il s'agit d'un impact entraînant des effets négatifs sur une superficie moyenne (quelques hectares ou dizaines d'hectares). Par ailleurs il est possible de définir précisément la surface concernée par l'impact et donc de le quantifier.
Etendu	Il s'agit d'un impact entraînant des effets négatifs sur une superficie importante (plusieurs centaines voire milliers d'hectares). Par ailleurs, il s'agit d'effets diffus difficiles à quantifier précisément ou à prévoir (panaches turbides, futurs sites de clapage, etc.).

Durée des effets	Conséquences sur la ou les espèces protégées
Permanent	Un impact permanent ne permet pas une restauration de l'espèce ou de l'habitat à court ou moyen terme. L'impact est irréversible à l'échelle humaine.
Temporaire	Un impact temporaire permet à une population d'espèces ou un habitat de se restaurer à court ou moyen terme, quand les effets négatifs ont cessé.

Niveau de l'impact	Conséquences pour le Maître d'Ouvrage
Rédhibitoire	Conséquences néfastes du projet ne pouvant être réduit ou même compenser significativement et remettant en cause la pertinence ou la faisabilité technique ou économique du projet
Très fort	Effet ne pouvant être réduit ou évité dans le cadre de la réalisation du projet et nécessitant obligatoirement la mise en œuvre de mesures compensatoires
Fort	Effet pouvant être réduit par des mesures de réductions lourdes et nécessitant obligatoirement la mise en œuvre de mesures compensatoires.
Moyen	Effet pouvant être réduit ou évité dans le cadre de la conception ou la réalisation du projet et nécessitant éventuellement des mesures compensatoires
Faible	Effet pouvant facilement être réduit ou évité dans le cadre du projet (absence de mesure compensatoire)
Nul	Le projet n'a pas d'effet significatif.
Positif	Le projet a pour effet d'améliorer la situation initiale

Le Tableau 29 présente de façon synthétique l'ensemble des impacts résiduels subsistant après la mise en place de mesures d'évitement ou de réduction. Cette classification permet notamment de caractériser chaque impact résiduel et de décider si des mesures compensatoires seront nécessaires.

Tableau 29 : Synthèse des impacts résiduels subsistant après la mise en place de mesures d'évitement et de réduction.

<i>Posidonia oceanica</i>						
Impacts bruts du projet avant la mise en œuvre des mesures d'évitement / réduction	Caractéristiques de l'impact brut	Dégradation de 53 m ² de matre morte par la démolition des ouvrages existants (chute de matériaux).	Destruction de 3 249 m ² de matre morte de posidonie, par l'ouvrage (terre plein, digue).	Destruction de 747 m ² de matre morte de posidonie par les opérations de déroctage.	Augmentation de la turbidité des eaux pendant la phase de chantier. Dégradation de 1 069 m ² de matre morte et de 6 521 m ² d'herbier vivant.	Impact des engins nautiques (ancrages).
	Typologie	Indirect	Direct	Direct	Indirect	Direct
	Intensité	Dégradation	Destruction	Destruction	Dégradation	Dégradation
	Etendue	Locale	Locale	Locale	Locale	Locale
	Durée	Temporaire	Permanent	Permanent	Temporaire	Temporaire
	Niveau	Moyen	Fort	Fort	Fort	Fort
Mesures d'évitement / réduction mises en œuvre		Non réalisable	Non réalisable	Non réalisable	Réduction de la zone impactée par les MES, travaux hors saison estivale, confinement des matériaux de dragage, etc.	Non réalisable
Efficacité des mesures d'évitement / réduction		Nulle	Nulle	Nulle	Evitement de l'impact pour les herbiers vivants. Réduction de l'impact pour la matre morte.	Nulle
Niveau de l'impact résiduel		Moyen	Fort	Fort	Moyen	Moyen
Caractérisation de l'impact résiduel		Destruction de 3 996 m ² de matre morte de Posidonie et dégradation de 1 069 m ² de matre morte de Posidonie.				
Mesures compensatoires		Indispensable	Indispensable	Indispensable	Accessoire	Accessoire

<i>Pinna nobilis</i>						
Impacts bruts du projet avant la mise en œuvre des mesures d'évitement / réduction	Caractéristiques de l'impact brut	Risque de chute de matériaux pendant la démolition des ouvrages existants. Destruction d'un individu et dégradation d'un individu	Destruction de 28 individus par l'ouvrage (terre plein, digue).	Destruction de 21 individus par les opérations de déroctage.	Augmentation de la turbidité des eaux pendant la phase de chantier. 7 individus impactés.	Impact des engins de chantier (ancrages) dans la zone en deçà du barrage anti-MES. 7 individus impactés.
	Typologie	Indirect	Direct	Direct	Indirect	Direct
	Intensité	Destruction	Destruction	Destruction	Dégradation	Dégradation
	Etendue	Locale	Local	Local	Locale	Ciblé
	Durée	Temporaire	Permanent	Permanent	Temporaire	Temporaire
	Niveau	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen
Mesures d'évitement / réduction mises en œuvre		Déplacement des individus vers une zone non impactée et favorable à leur survie.				
Efficacité des mesures d'évitement / réduction		Evitement de l'impact pour les individus qui auraient été dégradés ou détruits				
Niveau de l'impact résiduel		Nul	Nul	Nul	Nul	Nul
Caractérisation de l'impact résiduel		Nul				
Mesures compensatoires		Accessoire	Accessoire	Accessoire	Accessoire	Accessoire

8 Mesures compensatoires, faisabilité et nature des mesures pour chacune des espèces protégées

Malgré l'application de mesures d'évitement et de réduction, des impacts négatifs résiduels significatifs demeurent, pour autant que le projet puisse être approuvé ou autorisé, il a été envisagé la façon la plus appropriée d'assurer la compensation de ces impacts.

De tels impacts portant atteinte aux objectifs de préservation des espèces protégées, l'étape relative à la compensation a pu être engagée car il a été démontré que le projet justifie d'une raison impérative d'intérêt public majeur, de l'absence de solution alternative une fois les mesures compensatoires définies.

Le projet n'ayant pas pu éviter les enjeux environnementaux majeurs et les impacts n'ayant pas pu être plus réduits, il est nécessaire de définir des mesures compensatoires.

Le respect des démarches a permis d'établir des mesures compensatoires appropriées à la spécificité des projets et aux écosystèmes impactés, à savoir :

- Des mesures compensatoires *in situ* ou *ex situ*, sachant que la mesure *in situ* est celle qui est recherchée et favorisée ;
- Des mesures espèce pour espèce et habitat pour habitat, ou faute de disponibilité ou de faisabilité, des mesures reposant sur une grille d'équivalence écologique ;
- Des mesures reposant sur des ratios de compensation définis.

Il convient de retenir quatre mots d'ordre :

- Faisabilité : les mesures compensatoires proposées doivent pouvoir être effectivement mises en œuvre (faisabilité technique, scientifique, financière, disponibilité des surfaces) ;
- Immédiateté : les mesures compensatoires doivent être mises en œuvre le plus rapidement possible (délai de 0 à 3 ans) ;
- Proportionnalité : la compensation doit être proportionnelle aux impacts environnementaux du projet (grilles d'équivalence, ratios de compensation, prise en compte de la fonctionnalité écologique) ;
- Durabilité : les mesures compensatoires doivent tendre vers une certaine pérennité (sécurisation du site, suivi, évaluation, gestion des zones de compensation, efficacité à démontrer).

Une fois ces préalables remplis, la définition des mesures compensatoires spécifiques au projet peut avoir lieu. Il convient toutefois d'établir une priorisation des mesures compensatoires en fonction de la valeur écologique qu'elles représentent mais aussi en fonction de leur faisabilité :

- La restauration : mener des opérations de restauration d'habitats préexistants mais détruits ou dégradés ;
- La préservation : mettre en place une protection réglementaire ou acquérir une zone puis la rétrocéder à un organisme gestionnaire de protection de l'environnement (création d'une Aire Marine Protégée, d'une réserve naturelle, d'un site Natura 2000, etc.).
- La création : lorsque cela est possible, créer des habitats qui n'existaient pas originellement (génie écologique), afin de rendre un zone écologiquement pauvre, plus propice à l'installation d'espèces sensibles, protégées, ou à grand intérêt économique (récifs artificiels, sanctuaire, etc.).

La restauration et la création sont les options les plus à même de garantir l'additionnalité écologique de la compensation. Ces mesures peuvent se cumuler, elles ne sont pas exclusives. Dans tous les cas, un plan de gestion doit être mis en place afin d'assurer la pérennité de la mesure (Albertini *et al.*, 2013).

8.1 Faisabilité, nature, effets et efficacité des mesures compensatoires sur les espèces protégées concernées par le projet

Ces mesures visent à compenser la perte d'habitat que constitue l'herbier à *Posidonia oceanica* (matte morte), abritant également des grandes nacres *Pinna nobilis*.

Quand la matte morte est liée à un impact humain, elle indique les zones où l'herbier a existé, et donc où il pourrait exister à nouveau. La matte morte indique les zones qui peuvent être recolonisées naturellement, si la cause de la régression a disparu. Cette recolonisation naturelle est bien plus rapide qu'on ne le croyait il y a 20 ans (Boudouresque comm. pers.).

Il ne faut donc pas considérer la matte morte détruite par le projet comme un herbier définitivement perdu. Les mesures compensatoires proposées ci-après sont ainsi évaluées en considérant la matte morte comme un potentiel herbier de *Posidonia oceanica* en excellent état de conservation.

8.1.1 Evaluation des services écosystémiques rendus par l'herbier de Posidonie de Port-Vendres

D'après Boudouresque *et al.* (2006), un herbier à *Posidonia oceanica* produit au maximum 1 300 gMS/m²/an de biomasse primaire nette.

La biomasse végétale d'un herbier de Posidonie est au maximum de :

- 900 gMS/m² pour les feuilles ;
- 470 gMS/m² pour les épiphytes des feuilles ;
- 50 gMS/m² pour les épiphytes des rhizomes ;
- 5 500 gMS/m² pour les rhizomes, les écailles et les racines ;

La production de biomasse végétale diminue avec la profondeur (Thélin et Bedhomme, 1983 ; Pirc, 1983 ; Libes, 1984 ; Boudouresque et Jeudy de Grissac, 1986 ; Ballesteros, 1987 ; Francour, 1990 ; Mazzella *et al.*, 1992).

La biomasse animale produite dans un herbier de Posidonie est plus faible que la biomasse végétale produite. A titre indicatif, les intervalles de valeurs suivants peuvent être considérés comme habituels (Harmelin, 1964 ; Vadon, 1981 ; Harmelin-Vivien, 1982, 1983, 1984 ; Francour, 1984 ; Ballesteros, 1987 ; Francour et Paul, 1987 ; Francour, 1990, Harmelin-Vivien et Francour, 1992 ; Jiménez *et al.*, 1997) :

- 2 à 180 gMS/m² pour les épiphytes des feuilles ;
- 2 à 25 gMS/m² pour les poissons ;
- 0,2 gMS/m² pour l'étoile de mer *Marthasterias glacialis* ;
- 3 à 6 gMS/m² pour les mollusques et crustacés vagiles ;
- 2 à 33 gMS/m² pour les oursins (*Paracentrotus lividus* et *Psammechinus microtuberculatus*) ;
- 6 à 9 gMS/m² pour les holothuries (*Holothuria polii* et *H. tubulosa*) ;
- 50 à 70 gMS/m² pour l'endofaune de la matte.

Au total, la faune de l'herbier représente habituellement 100 à 200 gMS/m² (Boudouresque *et al.*, 2006).

En outre, un herbier à *Posidonia oceanica* rend également les services écosystémiques suivants :

- Eco tourisme balnéaire ;
- Frayère et nurserie ;
- Production d'oxygène : 14 l/m²/jour ;
- Fixation du sol ;
- Amortissement de la houle.

Un herbier vivant de 5 065 m² (superficie correspondant à la matte morte détruite ou impactée par le projet) en excellent état de conservation peut donc théoriquement atteindre un niveau de service maximal de :

- 32 416 kgMS/an de biomasse végétale issue de *Posidonia oceanica* (feuilles, rhizomes, racines, écailles) ;
- 2 634 kgMS/an de biomasse végétale issue des épiphytes (épiphytes des feuilles et des rhizomes) ;
- 1 510 kgMS/an de biomasse animale invertébrée ;
- 127 kgMS/an de biomasse animale vertébrée (poissons), soit, 508 kgMF/an en considérant un taux d'humidité de 75% ;
- 71 m³ d'oxygène par jour.

A titre de comparaison, l'herbier de Posidonie de l'avant-port de Port-Vendres (6 521 m²) pourrait théoriquement produire au maximum :

- 41 734 kgMS/an de biomasse végétale issue de *Posidonia oceanica* (feuilles, rhizomes, racines, écailles) ;
- 3 391 kgMS/an de biomasse végétale issue des épiphytes (épiphytes des feuilles et des rhizomes) ;
- 1 943 kgMS/an de biomasse animale invertébrée ;
- 163 kgMS/an de biomasse animale vertébrée (poissons), soit, 652 kgMF/an en considérant un taux d'humidité de 75% ;
- 91,3 m³ d'oxygène par jour.

Les services comme la biomasse végétale produite par *Posidonia oceanica* (feuilles, rhizomes, racines, écailles) ainsi que par les épiphytes associées à l'herbier ne peuvent pas être compensés par les mesures proposées. L'oxygène produit par la plante et la fixation des sols ne pourra pas être compensé si l'herbier est détruit. En outre, les services comme l'éco-tourisme balnéaire (absent dans la zone portuaire), ainsi que l'amortissement de la houle (assuré par la zone portuaire) ne peuvent pas être quantifiés.

La mesure proposée ci-après pourra en revanche compenser la production de biomasse animale, ainsi que la préservation d'un habitat favorable à la croissance aux juvéniles (service « frayère et nurserie »). La mesure pourra également combler le manque d'habitat adapté aux stades pré-adultes évoqué dans le paragraphe suivant en renforçant l'impact positif lié à la création d'habitats rocheux (enrochements du talus du futur quai Dezoums).

8.1.2 Installation de micro-habitats pour les juvéniles de poissons

8.1.2.1 Contexte et objectifs

8.1.2.1.1 Améliorer l'accueil des juvéniles de poissons dans le port

Les poissons osseux possèdent un cycle de vie comportant une phase océanique de dispersion leur permettant de coloniser de nouveaux habitats et favorisant ainsi la connectivité entre les populations et donc la sauvegarde de l'espèce. Selon les espèces, les larves passent d'une vingtaine de jours à plus d'une centaine de jours dans l'océan. Elles se déplacent au gré des masses d'eau pendant la plus grande partie de cette phase.

Au dernier stade de la phase océanique, celui de post-larve, les individus deviennent actifs et rejoignent l'habitat côtier pendant la nuit. Au cours de cette colonisation des habitats côtiers, on estime que plus de 95 % des post-larves disparaissent. La prédation, les changements physiologiques et la dégradation ou la disparition des habitats sont à l'origine de cette mortalité, réduisant ainsi la biodiversité.

Les aménagements portuaires ne sont pas conçus pour accueillir la vie marine de manière optimale. Les communautés biologiques qui s'y installent sont décrites comme appauvries ou déséquilibrées par rapport aux substrats rocheux naturels avoisinants et les fonctionnalités écologiques des sites d'origine comme diminuées. Parois verticales lisses, anfractuosités trop grandes, substrats aux caractéristiques physico-chimiques inadaptées, faible complexité des ouvrages, pentes et profondeurs importantes, forte concentration de prédateurs, sont autant de critères qui peuvent expliquer ces différences.

8.1.2.1.2 Reproduire la fonctionnalité d'abri de l'herbier de Posidonie

La fonctionnalité d'abri par l'herbier à *Posidonia oceanica* est assurée par la micro-complexité tridimensionnelle créée par les feuilles dressées de l'herbier (cependant détruites dans le contexte d'une matte morte), décrite comme à l'origine même d'un ensemble de fonctionnalités telles que la nurserie, la frayère ou encore le support de nombreuses espèces marines clés pour l'équilibre trophique des milieux.

L'objectif recherché est de « reproduire » la micro-complexité d'un herbier à *Posidonia oceanica*, à savoir les centaines de feuilles dressées par mètre carré, d'une hauteur de 30 à 40 cm, par des micro-habitats artificiels. Il faut se placer ici dans l'optique où les mattes mortes concernées, en l'absence du projet, ne pourraient pas être considérées comme définitivement perdues et seraient susceptibles, à long terme, de se régénérer, en partie ou en totalité, en herbiers viables.

8.1.2.1.3 Micro-habitats intégrés aux ouvrages portuaires

Des solutions innovantes de micro-habitats artificiels ont été développées ces dernières années en Méditerranée française dans une logique de restauration écologique de milieux dégradés et de réponses intégrées aux impacts d'aménagements maritimes. Elles consistent à reproduire in situ, par « habillage » des ouvrages portuaires, la micro complexité des habitats perdus ou dégradés.

Ces solutions de compensation peuvent être directement intégrées sur les ouvrages portuaires (quais, digues, pontons etc.), leur donnant ainsi une double fonction technique et écologique. À titre

d'exemple, plusieurs solutions de ce type sont actuellement expérimentées et suivies dans le cadre du projet GIREL (Gestion des Infrastructures pour la Réhabilitation Écologique du Littoral) portant sur l'ensemble des espaces du domaine portuaire du Grand Port Maritime de Marseille (Golfe de Fos et Rade Nord de Marseille) (Egis, 2014).

Placées en surface ainsi qu'à différentes profondeurs, sur des parois verticales ou directement sur le substrat, elles compensent la perte de fonctionnalité de nurserie de l'herbier de Posidonie et des petits fonds côtiers pour tout un ensemble d'espèces aux préférences écologiques différents. Cette précaution évite ainsi le risque de modifier la structure des communautés de poissons en ne favorisant que les espèces dont l'installation des stades de vie larvaire a uniquement lieu dans les premiers mètres de la colonne d'eau. Elle permet également de compenser la perte de fonctionnalité de nurserie de l'herbier de Posidonie pour les espèces à reproduction benthique comme les *Labridae*, principales espèces de poissons peuplant les herbiers de Posidonies (Egis, 2014).

Finalement, ces solutions permettent une compensation de la perte de microhabitats *in situ*, soit directement au niveau de la zone impactée (proximité directe de la zone impactée, compensation des impacts à la profondeur de l'herbier d'origine et développement de la fonctionnalité de nurserie).

8.1.2.2 Limites de la compensation proposée

Une approche par la compensation voudrait que les écosystèmes impactés soient restaurés, ou remplacés au minimum de manière égale afin de compenser la perte de biodiversité (pas de perte nette de biodiversité).

S'agissant de l'herbier de Posidonie, les difficultés sont relatives à :

- L'impossibilité de réimplanter l'espèce à l'échelle de grandes surfaces constituant des herbiers viables, notamment du fait de sa croissance très faible et des aléas liés à la transplantation de la plante.
- La difficulté de compenser toutes les fonctionnalités ou tous les services rendus de l'herbier : *a minima* l'habitat (abri pour les poissons), l'alimentation (nurserie), la production d'oxygène, le piégeage des particules sédimentaires favorisant l'accrétion et la protection contre l'érosion.

Or, la mesure proposée ne permet d'envisager que la compensation partielle de la fonction d'habitat, et en partie la fonction de nurserie, les habitats artificiels pouvant être colonisés par des espèces d'invertébrés sessiles ou vagiles, ceci avec une incertitude sur les objectifs de résultats. L'incertitude qui caractérise le fonctionnement des systèmes vivants constitue nécessairement une limite à l'obligation de résultats.

Il faut donc considérer la mesure de compensation ou d'accompagnement proposée comme une expérimentation qui nécessitera au préalable :

- Une étude de faisabilité pour dimensionner les mesures en intégrant des critères écologiques et technico-économiques (cf paragraphe spécifique) ;
- Une expérimentation en vraie grandeur dans le port de Port-Vendres (cf paragraphe spécifique)
- Un suivi de l'efficacité dans le temps des systèmes mis en place permettant éventuellement de « réorienter » la mesure ou de sélectionner les dispositifs les plus efficaces pour respecter les engagements pris.

8.1.2.3 Etude de faisabilité

La définition d'habitats artificiels doit faire l'objet d'une étude de faisabilité intégrant des critères écologiques et technico-économiques. Elle sera suivie et validée par un comité de pilotage associant le Conseil Départemental, les experts scientifiques du Parc Naturel Marin du Golfe du Lion et les usagers du port.

Le cahier des charges suivant est proposé.

8.1.2.3.1 Critères écologiques

Les critères écologiques sont :

- Maillage et densité de la complexité structurelle : La dimension des espaces de circulation offerts aux poissons juvéniles à l'intérieur des structures doit être définie par rapport à la taille des individus visés, elle-même dépendante des espèces cibles et de la position dans la colonne d'eau. Afin d'assurer une protection contre la prédation par des individus plus grands, le maillage structurel du module doit permettre de limiter l'accès au sein du module aux individus juvéniles uniquement.
- Position dans la colonne d'eau : La profondeur à laquelle les modules seront installés doit être définie en fonction des espèces cibles et du stade de développement des individus visés.
- Capacité de colonisation des matériaux : Le potentiel qu'ont les matériaux à être colonisés par une flore et une macrofaune sessile dépend essentiellement des caractéristiques physico-chimiques des matériaux et de leur rugosité.

8.1.2.3.2 Critères technico-économiques

Les critères technico-économiques sont :

- Durabilité des matériaux : Il s'agit de prendre en compte l'évolution des propriétés physiques et structurelles des matériaux une fois les modules immergés en milieu marin. L'évaluation de ce critère pour chacun des matériaux est indispensable pour juger de l'intégrité des modules dans le temps soumis à l'exposition à un milieu aqueux salin et à des contraintes mécaniques (hydrodynamisme) variables.
- Intégrité structurelle : La tenue de l'ensemble doit être assurée sur le long terme en évaluant la résistance à la déformation, à l'arrachage, etc. sous les contraintes physico-chimiques et mécaniques du milieu.
- Opérationnalité de fabrication : Ce critère regroupe l'ensemble des contraintes de fabrication agissant sur la faisabilité de fabrication des modules : disponibilité des matériaux, complexité d'usinage, temps de mise en œuvre, etc. Ce critère influence directement le coût des modules et la capacité de fabrication en série.
- Opérationnalité de pose : Les modalités de pose des modules doivent être compatibles avec le respect de l'intégrité des ouvrages d'une part, et avec les objectifs de tenue et de résistance aux efforts hydrodynamiques, d'autre part.
- Opérationnalité d'entretien : L'objectif est de minimiser les besoins d'intervention ainsi que les moyens à mettre en œuvre en cas de besoin éventuel de réparation ou d'entretien, en s'affranchissant au maximum des besoins d'engins de levage ou d'outillage complexes pour effectuer ces opérations.
- Compatibilité avec les contraintes d'activités du port : La présence des modules sur les ouvrages du port ne doit pas entraver leur fonctionnalité, modifier leur intégrité ni gêner les activités qui s'y déroulent. Ces contraintes seront évaluées avec les services de la capitainerie de Port-Vendres.

- Risque macro-déchets : Le risque macro-déchets se pose ici en termes de colmatage des structures par la dérive de déchets dans les eaux du port.
- Coût : Le coût de fabrication, de pose et d'entretien des modules à grande échelle doit être cohérent avec les coûts d'aménagement habituel en milieu marin et les services écologiques visés par ces aménagements spécifiques.
- Ces matériels seront ensuite intégrés comptablement aux installations portuaires et pris en compte pour leur renouvellement au même titre par l'exploitant portuaire.

8.1.2.4 Exemples de solutions possibles

Les solutions présentées sont deux exemples en cours d'expérimentation. Elles ne sont pas exclusives d'autres systèmes.

8.1.2.4.1 Roselières®

- Concept La conception des Roselières® est issue d'une démarche biomimétique. Son design innovant s'inspire de l'observation et de l'étude des comportements des juvéniles de poissons et de leurs habitats de prédilection. Les réseaux racinaires ou foliaires, formés par les roselières naturelles, les herbiers de Posidonie ou encore les mangroves, constituent des zones de nurserie privilégiées pour les espèces aquatiques.
- Structure et micro-complexité : Les Roselières® sont constituées de grandes lianes disposées horizontalement ou verticalement sur les ouvrages à aménager ou directement sur le substrat. Chaque liane est formée de centaines de racines, d'origine naturelle ou synthétique. Associées les unes aux autres, elles forment de véritables réseaux de milliers de micro-habitats entrelacés. Elles combinent ainsi un volume d'habitats et de supports important et une microcomplexité unique. La longueur des éléments et leur densité sont adaptables au contexte local.
- Fonctionnalité : La mise en place de Roselières® permet de recréer des conditions structurelles optimales pour l'accueil de nombreuses espèces fixées ainsi que pour la ponte de différentes espèces de poissons, crustacés et céphalopodes. Les Roselières® forment alors de parfaits abris pour l'accueil, le développement et la survie des larves et juvéniles de nombreuses espèces marines.

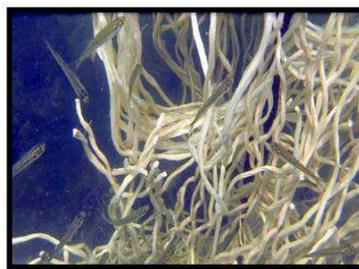


Figure 51 : Aspect des Roselières® dans le milieu naturel.
(d'après Egis, 2014).

8.1.2.4.2 Oursin Diadème®

- Concept : La conception et le design de l'Oursin Diadème® s'inspire de l'observation et de l'étude de comportements naturels chez les juvéniles de poissons. Ce biomimétisme s'inspire ainsi de l'étroite symbiose entre l'oursin diadème qui protège entre ces piquants les nouveau-nés du poisson cardinal. Cette fonctionnalité structurelle a été reproduite et adaptée pour couvrir le comportement d'un ensemble plus large d'espèces méditerranéennes, et notamment celles évoluant au sein de l'herbier de Posidonie.
- Structure et micro-complexité : La partie externe de l'Oursin Diadème® est constituée par un ensemble dense de longs piquants souples qui rappelle la structure tridimensionnelle des herbiers de Posidonies. Cette dernière recouvre une cavité interne rigide, zone de protection privilégiée, qui propose un ensemble de micro-ouvertures à différents niveaux. L'Oursin Diadème® bénéficie ainsi d'une structure en trois dimensions qui offre unitairement un volume d'habitats et de protection conséquent (0,52 m³ par sphère).
- Fonctionnalité : La disposition des piquants, les micro-cavités ou encore la capacité de colonisation biogénique rapide de l'Oursin Diadème®, sont autant de facteurs qui garantissent une survie maximale aux stades de vie précoces d'espèces qui les colonisent. Les individus peuvent évoluer paisiblement entre les piquants et les cavités à l'abri de toute prédation. La mise en place de mosaïques d'Oursins Diadème® permet la recreation d'une fonctionnalité structurelle perdue du fait de la disparition de l'herbier de Posidonies. Il peut être installé sur tout type d'ouvrage (digues, pontons, quais) ou directement sur le substrat et former ainsi une mosaïque de microhabitats.

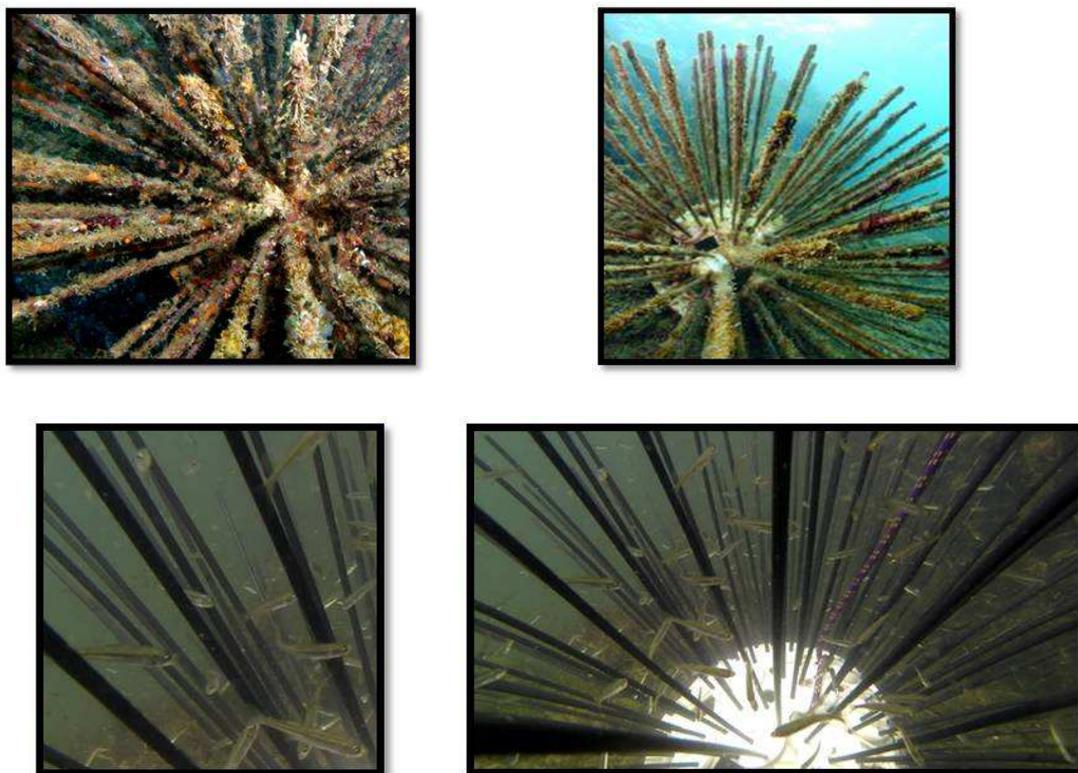


Figure 52 : Aspect de l'Oursin Diadème® dans le milieu naturel
(d'après Egis, 2014).

8.1.2.5 Mise en oeuvre expérimentale

Le protocole de l'expérimentation, définie dans l'étude de faisabilité, répondra aux points suivants :

- Test de plusieurs types de modules (en fonction des systèmes existants à ce jour) ;
- Implantation à différents supports et endroits du port (pieux du nouveau quai Dezoums, quais verticaux existants, pontons utilisés pour la plaisance et la pêche, etc.) ;
- Immersion à plusieurs profondeurs (subsurface, sous la surface 1 à 2 m, en profondeur 5 à 6 m) ,
- Suivi de l'efficacité de modules par observations sous-marines (plongeurs et/ou surveillance vidéo-pilotée : 4 campagnes l'année 1 puis, après exploitation des résultats, deux campagnes annuelles pour les années 2, 4, 6, 8 et 10 ;
- Analyse croisée des résultats par types de modules et sites (positions, profondeurs d'immersion) et relativement à des stations témoins non équipées ;
- Premier bilan au bout de trois années d'expérimentation, en vue d'adapter le protocole : sélection des meilleurs dispositifs, prise en compte des avancées scientifiques sur d'autres sites, test de nouveaux procédés si nécessaire ;
- Déploiement du dispositif à plus grande échelle et maintenance (remplacement ou renouvellement des modules, en cas de détérioration ou de dégradation).

Une proposition indicative est formulée ci-dessous pour l'aménagement du nouveau quai. Elle est indicative. Les solutions mises en place seront détaillées suite à l'étude de faisabilité.

Tableau 30 : Proposition pour l'implantation de modules artificiels destinés aux juvénimes de poissons

Type de modules pour juvéniles	Emplacement préconisé	Dispositions techniques	Budget (€ HT)
Roselières® ou équivalent	Fixation par colliers sur les pieux du quai de premier rang (entre - 1 m et - 4 m).	30 pieux (un pieu sur deux) x circonférence 3,80 m = 114 m x 3 m de hauteur = 342 m ²	75 000
Oursins Diadème® ou équivalent	Fixation sur les enrochements du talus par spit	Volume installé = 50 modules x 0,52 m ³ = 26 m ³	25 000

8.1.3 Mesure de préservation d'un herbier en voie de dégradation par mise en place d'une Zone de Mouillage d'Équipements Légers (ZMEL) pour les navires de plaisance

8.1.3.1 Mesures envisagées et leurs limites

L'emprise des ouvrages portuaires et les dragages / déroctages associés nécessités par le tirant d'eau de projet vont conduire à la perte inexorable de petits fonds côtiers ainsi que des surfaces de mattes mortes de posidonies. Une mesure est parallèlement prévue sous la forme de microhabitats artificiels associés aux nouveaux ouvrages maritimes (pieux soutenant la plateforme du nouveau quai), afin de fournir des « services » adaptés aux juvéniles de poissons : protection et alimentation (nurseries artificielles).

Cependant cette mesure dont il est prévu de vérifier l'efficacité par un suivi scientifique avec le Parc, l'Université, les scientifiques intéressés sur plusieurs saisons, présente plusieurs limites :

- Il existe une incertitude sur le nombre, le volume et la structure des « modules artificiels » qui sont proposés, par rapport aux pertes réelles subies par les petits fonds qu'ils sont sensés compenser (la simple compensation surfacique ne saurait être utilisée comme un critère unique en milieu marin) ;
- Tous les services écosystémiques ne sont pas réellement compensés (par exemple, la fonction d'oxygénation des herbiers de posidonies ou encore la fonction de nurserie de poissons plats que constituent certains habitats sableux), sachant que dans le cas présent, la compensation est celle de matras mortes qui par définition ne produisent pas d'oxygène ;
- La complexité des petits fonds détruits (hétérogénéité des substrats, étagement, flore et faune associée) n'est jamais reproduite à l'identique ;
- Les habitats sableux ne sont pas compensés par la reconstitution de substrats durs artificiels ;
- La compensation avancée par les seuls enrochements artificiels des digues doit être considérée avec circonspection. Si les vides entre les enrochements constituent effectivement des habitats pour certaines espèces de poissons adultes, ils n'ont pas ce rôle pour les juvéniles ou les espèces de petite taille qui nécessitent des cavités adaptées à leur taille ou leur mode de vie.

8.1.3.2 Principe de la mesure compensatoire proposée

Devant la difficulté de compenser l'**ensemble** des services rendus par l'herbier qui va être détruit ou fortement dégradé, la compensation peut envisager des actions visant à diminuer la pression d'autres activités sur une surface équivalente ou plus importante d'un autre herbier afin de ralentir sa dégradation et mieux d'améliorer son état de santé général.

Le Conseil Départemental propose donc d'améliorer l'état de santé d'un herbier subissant des dégradations par les ancrages répétés de navires de plaisance par l'organisation d'une Zone de Mouillage d'Équipements Légers (ZMEL).

8.1.3.3 Objectifs

Une zone sans mouillage sur ancre individuelle, préserve les herbiers de Posidonie et les espèces associées comme les grandes nacres. En effet, des concentrations excessives de bateaux pratiquant le mouillage forain constituent une atteinte grave à cet écosystème. Les ancres raclent le fond arrachant les rhizomes des herbiers, provoque une diminution de la densité et de la couverture foliaire des herbiers, détruit l'habitat naturel que constitue l'herbier (Boudouresque *et al.*, 2006). Par ailleurs l'effet négatif des ancrages des bateaux de plaisance sur les grandes nacres a été montré en Corse sur un site de la Réserve de Bonifacio où 40 % du peuplement de nacres étudié avait disparu à cause des ancrages (Cancemi *et al.*, 2007).

Avec pour objectif de supprimer la pression des ancrages individuels, la mesure doit s'accompagner de mesures de gestion appropriées (maîtrise des rejets des navires au mouillage, surveillance du plan d'eau, information des usagers) et d'un suivi scientifique de l'herbier afin de constater l'amélioration de son état de santé.

Enfin, la création d'une ZMEL sur le territoire du Parc Naturel Marin du Golfe du Lion doit être parfaitement compatible avec les enjeux environnementaux qui ont motivé sa désignation et les orientations de son plan de gestion.

8.1.3.4 Quel site et herbier choisir ?

Particularités du site de la baie de Paulilles

La zone retenue devra permettre la satisfaction de l'objectif de protection d'une zone exposée aux mouillages des bateaux.

Sur la côte Vermeille, plusieurs sites combinant à la fois la présence d'un herbier et une pression forte de la fréquentation estivale par les navires de plaisance sont « éligibles » à la mesure compensatoire sur les communes de Collioure, Port-Vendres, Argelès.

Le site de la baie de Paulilles (et notamment de l'anse du Fourat ou El Forat avec son herbier) peut être considéré comme l'un des plus fréquentés et impactés par les ancrages.



Figure 53 : Baie de Paulilles.

8.1.3.4.1 Caractéristiques de la baie de Paulilles et pression exercée par la plaisance

La baie de Paulilles est très large, profonde et découpée en trois anses (Bernardi, Del Mitg et Fourat). Elle constitue un attrait certain pour les plaisanciers qui peuvent mouiller dans un site remarquable, abrité, peu profond et sécurisé aussi bien vis-à-vis de la tramontane que du vent de Sud-Est. Ce site qui connaît une fréquentation très importante des navires de plaisance surtout en été avec des pics journaliers qui peuvent approcher 80 à 100 bateaux lors des journées les plus belles. Il en résulte une dégradation des fonds du fait de l'abrasion par les ancres et les chaînes, mais également de la qualité de l'eau en relation avec les rejets des bateaux (eaux noires et grises, macro-déchets).

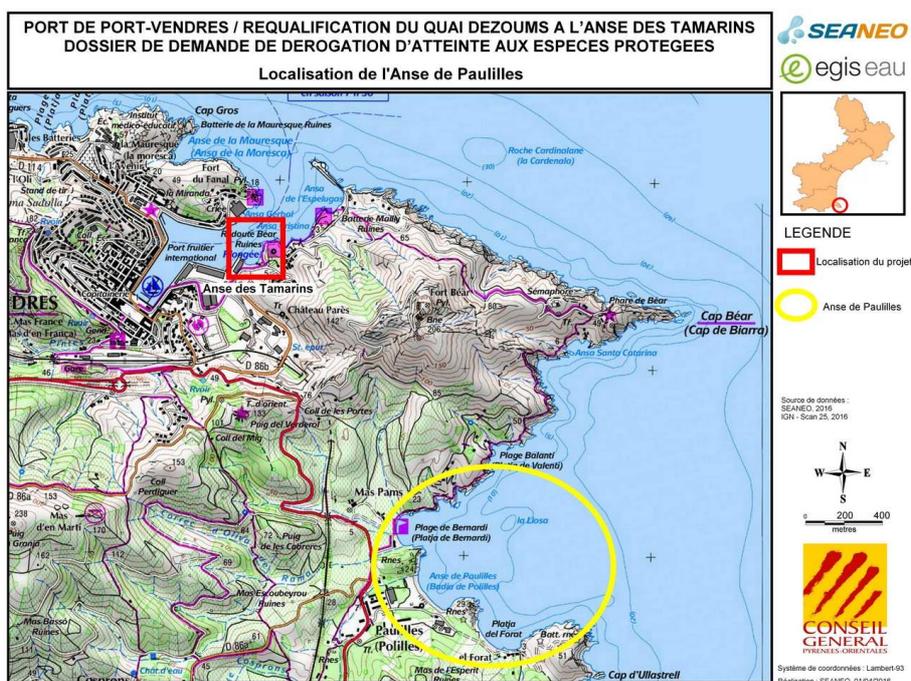


Figure 54 : Position de l'anse de Paulilles par rapport au projet du quai Dezoums.

8.1.3.4.2 Herbiers de Posidonie dans la baie de Paulilles

Deux sites d'herbiers ont été initialement cartographiés et sont caractérisés dans le DOCOB du Site Natura 2000 «Posidonies de la côte des Albères, site Natura 2000 FR 910 1482 ».

Site de Bernardi

L'herbier se situe dans la crique de Bernardi orientée à l'Est. Il est divisé en trois parties. Les deux premières sont caractérisées par des herbiers denses qui longent respectivement les limites Nord et Sud de la crique. Le troisième herbier est situé un peu plus au Nord et son recouvrement montre différents aspects. Cet herbier est de type II, avec en moyenne 609 faisceaux/m². Malgré le pourcentage élevé d'herbier dense (83 %), sa distribution en mosaïque, présentant une matrice fortement découpée (observation en plongée), donne une image d'un herbier en mauvais état, principalement dans l'intérieur de la crique.

Tableau 31 : Surfaces de l'herbier du site de Bernardi.

	Totale	Dense	Epars	Isolé
Superficie Herbier (m ²)	4 048	3 376	555	117
Pourcentage		83	14	3

Site de Paulilles et du Forat

L'herbier de l'anse de Paulilles prend naissance au Nord dans la crique de Paulilles et se poursuit dans la crique d'El Forat. Dans sa partie la plus étendue, il mesure environ 430 m. Une certaine dégradation dans la partie proche de la côte a été observée en plongée se traduisant par un herbier mité. Elle est due à un ancrage régulier des plaisanciers pendant la période estivale. Malgré le risque de détérioration d'une partie de l'herbier, il est possible de dire qu'il est en bon état avec un nombre moyen de faisceaux de 696 faisceaux/m² (limite inférieure type I).

Tableau 32 : Surfaces de l'herbier du site de Paulilles et du Fourat

	Totale	Dense	Epars
Superficie Herbier (m²)	86 529	29 651	56 878
Pourcentage		34	66

Au large des trois criques, sur la partie correspondant à la remontée rocheuse de la Llose, un herbier sur roche très étendu est essentiellement représenté par de l'herbier épars. Sa délimitation en plongée a été difficile du fait de son étendue. Son état de santé est difficile à évaluer.

Le document d'Objectifs Site Natura 2000 « Posidonies de la Côte des Albères » définit des enjeux et des stratégies de gestion pour chaque secteur. Le tableau détaille les enjeux pour les deux secteurs concernés.

Tableau 33 : Enjeux et stratégies de gestion sur les zones 12 et 13.

Secteurs	Enjeux	Stratégies de gestion
N°12 : Posidonies de Bernardi	<ul style="list-style-type: none"> - Préserver l'herbier - Gérer le mouillage forain 	<ul style="list-style-type: none"> - Interdire l'ancrage sur l'herbier - Immersion de récifs artificiels
N°13 : Posidonies de Paulilles et du Forat	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place une protection prioritaire pour conserver l'intérêt des habitats - Préserver l'herbier - Gérer le mouillage forain - Lien avec sentier littoral 	<ul style="list-style-type: none"> - Interdire l'ancrage et la pose de filets sur l'herbier - Réglementer le mouillage et installer des dispositifs d'amarrage - Étudier la faisabilité de création d'un deuxième sentier sous-marin.

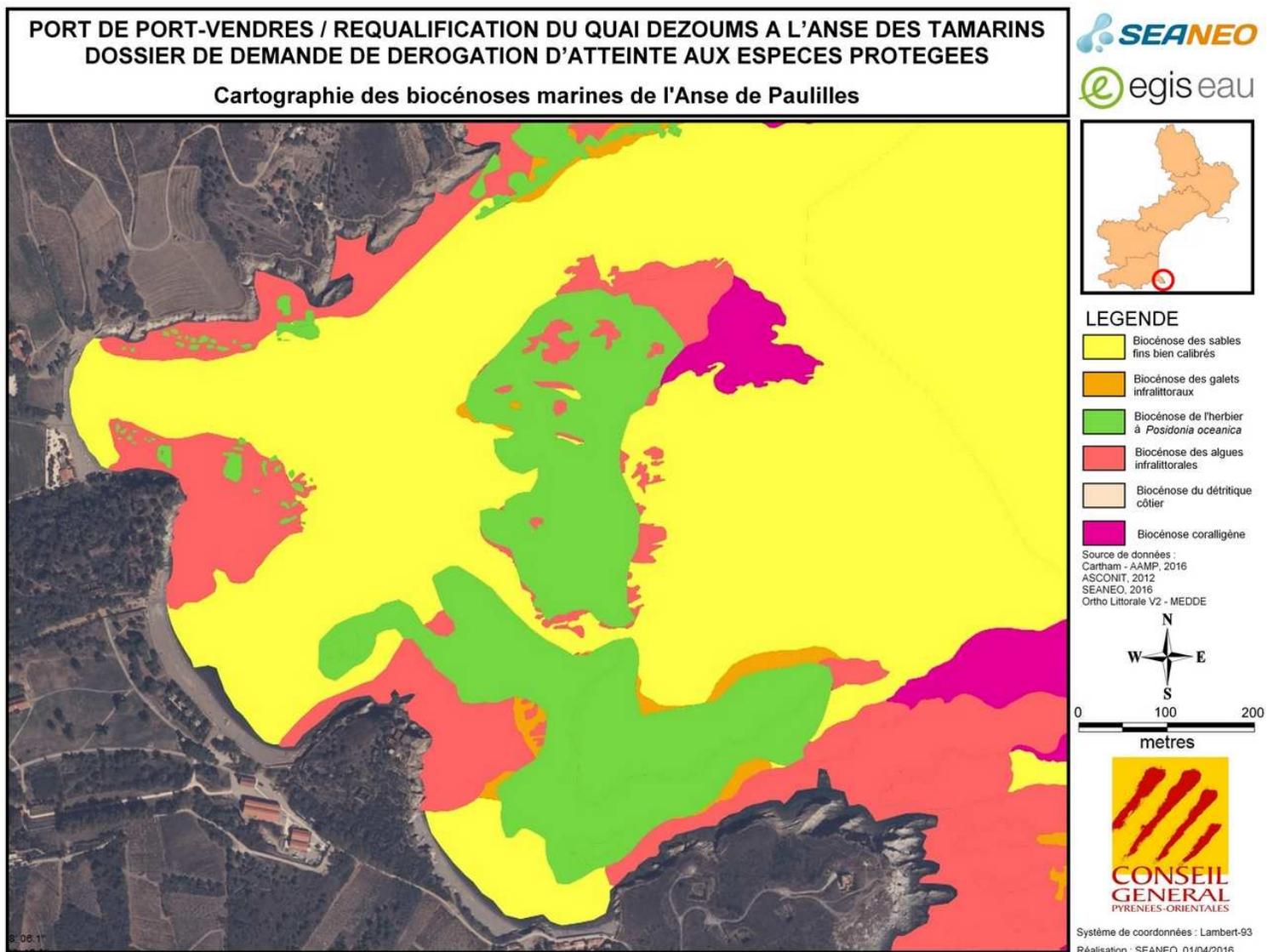


Figure 55 : Cartographie des biocénoses marines de l'Anse de Paulilles.
(d'après CARTHAM)

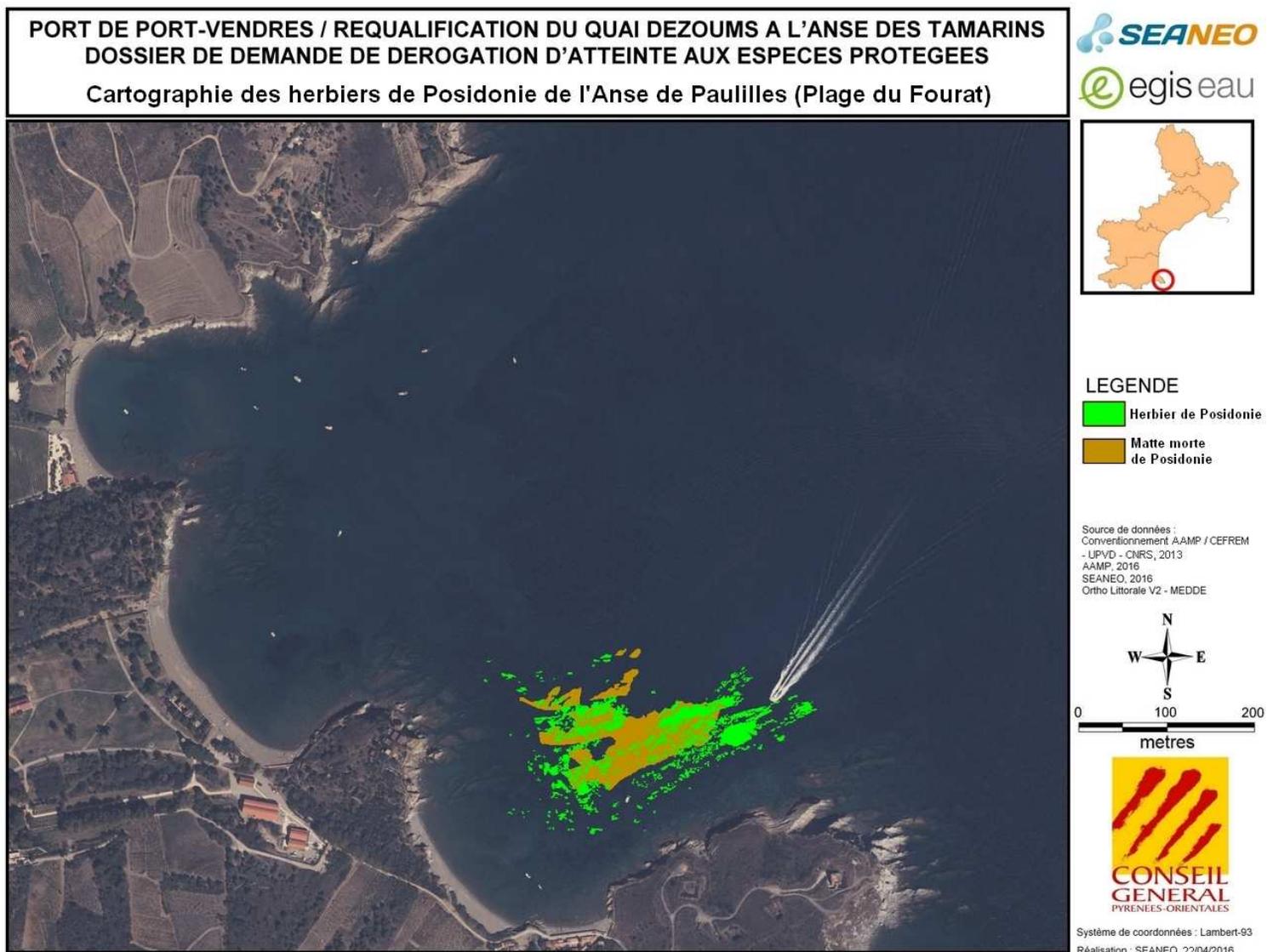


Figure 56 : Cartographie des biocénoses marines de l'Anse de Paulilles, plage du Fourat.
(d'après Conventionnement AAMP / CEFREM - UPVD - CNRS, 2013)

8.1.3.5 Principe d'un mouillage organisé

8.1.3.5.1 Gestion différenciée, bénéfiques envisagés et difficultés attendus

Il consiste à proposer une gestion différenciée des mouillages dans la baie de Paulilles en fonction de la vulnérabilité des fonds, ceci en couplant plusieurs aménagements :

- Dispositifs d'amarrage écologiques sur fonds d'herbiers,
- Corps-morts (ou scellements) sur fonds rocheux,
- Ancrages autorisés sur fonds sableux,

La solution consistant à concevoir la ZMEL sans aucun mouillage sur l'herbier, y compris les mouillages écologiques de faible impact, devra être examinée.

Par ailleurs, des zones d'interdictions de mouillages devront être proposées afin de ne pas contrebalancer les effets bénéfiques d'un mouillage organisé dans les zones aux alentours par effet de report.

Tableau 34 : Bénéfices et enjeux / contraintes d'une ZMEL.

Thèmes	Bénéfices	Difficultés / contraintes
Milieu naturel		
Ecosystèmes marins	Arrêt de l'impact des ancrages et des chaînes sur les herbiers de posidonies	
Usagers		
Plaisanciers	Meilleure organisation de l'espace Facilité et sécurité de mouillage pour les plaisanciers et respect des distances entre bateaux	Réduction du nombre de bateaux pouvant mouiller dans la ZMEL par rapport à la situation existante Risque de report à proximité ou sur d'autres zones avec dégradations des habitats sensibles sur les autres sites.
Usagers des plages	Réduction des risques d'accident vis-à-vis des baigneurs des plages concernées (plan de balisage)	
Pêcheurs professionnels	A long terme, amélioration de l'état de conservation de l'herbier et de ses fonctions (habitat, nurserie) et donc impact indirect positif sur la ressource	Perte d'espaces de pêche en période estivale (espace libéré hors saison du fait du démontage des installations).
Autres usagers	Amélioration de la sécurité nautique (bateaux au mouillage regroupés dans la ZMEL)	Aucun impact sur les bateaux de promenade

8.1.3.5.2 Plan de mouillage et types d'ancres

Il devra être élaboré sur la base d'une étude technique prenant en compte :

- La capacité attendue du mouillage pour les différents types de navires (en fonction de la longueur et donc de la masse des bateaux) ;
- Les contraintes océano-météorologiques : force des vents dominants, agitation ;
- Les paramètres de navigation : zone d'évitement, contraintes de prise de mouillage ;
- Les paramètres de sol (caractéristiques géotechniques, résistance à l'arrachage) ;
- Les matériels utilisés (chaînes, ancres spécifiques, corps morts).

Deux types d'ancrages peuvent être utilisés : les ancres à vis et les ancres de type Manta ray®.

L'ancrage à vis est conçu pour les petites unités (< 15 m) et a très peu d'impact sur le milieu car son emprise au sol est négligeable. L'ancrage Manta ray® est également conçu pour les mouillages sur les herbiers de Posidonie. L'ancre est enfoncée de 1 à 2 m dans le sol. Ces systèmes d'ancrage sont simples et fiables avec un impact environnemental limité car le phénomène de ragage par les chaînes est supprimé. Il n'existe aucun contact de la ligne de mouillage avec le fond.

Chaque mouillage se compose des éléments suivants : une ancre plate ou une ancre aiguille ; une ligne de mouillage d'utilisation intensive, avec un flotteur attaché à environ un mètre du point d'ancrage, pour garder la ligne hors de contact du fond ; une bouée de surface sur une bride en boucle, pour lui permettre une meilleure tenue ; un bout flottant permettant une saisie facile par un navire.

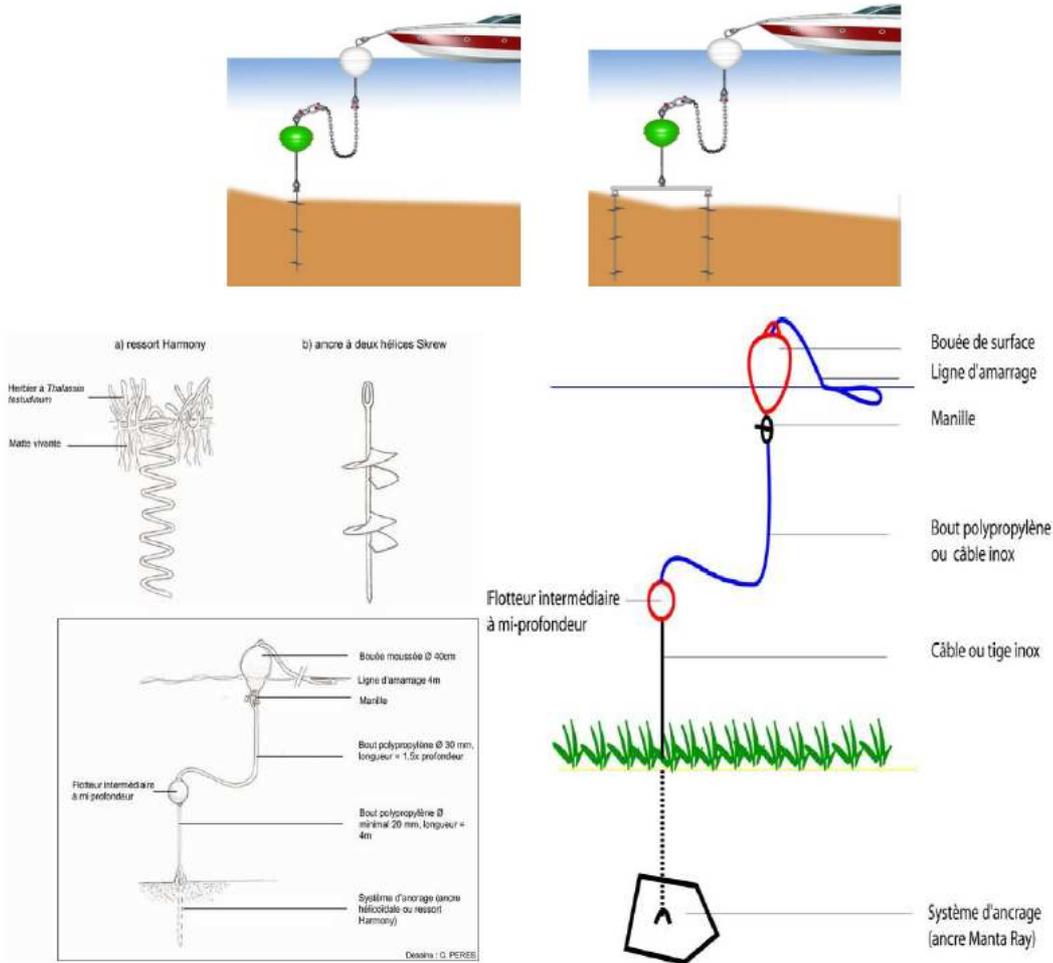


Figure 57 : Mouillage sur ancre à vis et Manta ray®.

8.1.3.5.3 Réversibilité

Les lignes de mouillage et les bouées sont facilement amovibles pour être stockées en hiver, réparées ou changées pour la saison suivante.

8.1.3.6 Cadre juridique et réglementaire

8.1.3.6.1 Code de l'Urbanisme

La mise en place d'une ZMEL est conditionnée par l'article 28 de la loi n°86-2 du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral. Ce texte est aujourd'hui codifié aux articles L 2124-5 et L 2124-14 du code général de la propriété des personnes publiques et aux articles L 341-9 à L 341-13 du code du tourisme, selon les modifications détaillées ci-dessous.

Tableau 35 : Code de l'Urbanisme, modification de l'article 28.

Code de l'Urbanisme, modification de l'article 28	
Devenu l'article L. 2124-5 du code général de la propriété des personnes publiques – Partie législative	Des autorisations d'occupation temporaire du domaine public peuvent être accordées à des personnes publiques ou privées pour l'aménagement, l'organisation et la gestion de zones de mouillages et d'équipement léger lorsque les travaux et équipement réalisés ne sont pas de nature à entraîner l'affectation irréversible du site. Ces autorisations sont accordées par priorité aux communes ou groupements de communes ou après leur avis si elles renoncent à leur priorité.
Devenu l'article L. 341-9 du code du tourisme- Partie législative	Le bénéficiaire d'une telle autorisation peut être habilité à percevoir des usagers une redevance pour services rendus.
Devenu l'article L. 341-13 du code du tourisme – Partie législative	Les conditions d'application du présent article sont fixées par décret en Conseil d'État. Ce décret définit notamment les règles générales de la police et de l'exploitation de ces mouillages.
Devenu l'article L. 341-10 du code du tourisme-Partie législative	Les infractions à la police du mouillage sont constatées par les officiers et agents de police judiciaire et par les fonctionnaires et agents de l'État habilités à constater les infractions à la police des ports maritimes, à la police de la navigation et à la police de la conservation du domaine public maritime et fluvial. Elle peuvent également, lorsque le bénéficiaire de l'autorisation est une collectivité territoriale, être constatées par des fonctionnaires et agents de ces collectivités, assermentés et commissionnés à cet effet par le président du conseil régional, le président du conseil départemental ou le maire, selon le cas.
Devenu l'article L. 2124-14 du code général de la propriété des personnes publiques – Partie législative	Les dispositions prévues aux alinéas ci-dessus s'appliquent aux mouillages et équipements légers réalisés sur le domaine public fluvial même lorsqu'il n'est pas situé dans les communes définies par l'article 2 de la présente loi. Sur le domaine public fluvial, le pouvoir de délivrer ces autorisations peut être délégué par l'autorité compétente, dans les conditions déterminées par celles-ci, à une autorité organisatrice ayant vocation à développer la plaisance fluviale dans un bassin de navigation.
Devenu l'article L. 341-12 du code du tourisme – Partie législative	Les droits de ports et autres redevances perçus dans les ports de plaisance peuvent être affectés à l'aménagement et à l'exploitation de mouillages ou d'équipements isolés pour l'accueil et l'exercice de la navigation de plaisance dans le cadre de leur bassin de navigation de plaisance.

8.1.3.6.2 Code général de la propriété des personnes publiques

Le Code général de la propriété des personnes publiques comprend notamment :

- Articles L 2124-5 et L 2124-14 (provenant de la loi littoral) et les textes d'application R.2124-39 à R 2124-56 – partie réglementaire, deuxième partie, livre Ier, titre II, chapitre IV, Section 1, Sous-section 3 : Autorisations d'occupation temporaire (AOT) concernant les zones de mouillages et d'équipements légers sur le domaine public maritime – créés par le décret n°2011-1612 du 22 novembre 2011 (qui abroge le décret d'application n°91-110 du 22 octobre 1991).
- Article R 2124-39 L'occupation temporaire du domaine public maritime, en dehors des limites des ports, en vue de l'aménagement, de l'organisation et la gestion des zones de mouillages et d'équipements légers destinées à l'accueil et au stationnement des navires et bateaux de plaisance fait l'objet d'une autorisation dans les conditions fixées par les dispositions de la présente sous-section et des articles [D. 341-2](#), [R. 341-4](#) et [R. 341-5](#) du code du tourisme.
- Article R 2124-40 Dans les zones de mouillage et d'équipements légers, les travaux et équipements réalisés ne doivent en aucun cas entraîner l'affectation irréversible du site. En particulier, aucun ouvrage permanent n'est autorisé sur le sol de la mer en dehors des équipements d'amarrage et de mise à l'eau. Seuls sont permis, sur le rivage et les lais et relais de la mer, des équipements et installations mobiles et relevables dont la nature et l'importance sont compatibles avec l'objet de l'autorisation, sa durée et l'obligation de démolition prévue à l'article [R. 2124-51](#).
- Article R 2124-41 La demande d'autorisation, adressée au préfet, est accompagnée d'un rapport de présentation, d'un devis des dépenses envisagées, d'une notice descriptive des installations prévues, d'un plan de situation et d'un plan de détail de la zone faisant ressortir l'organisation des dispositifs des mouillages ainsi que des installations et des équipements légers annexes au mouillage. Le rapport de présentation indique les modalités de prise en compte de la vocation et des activités de la zone concernée et des terrains avoisinants, des impératifs de sécurité des personnes et des biens notamment du point de vue de la navigation, des conditions de préservation des sites et paysages du littoral et des milieux naturels aquatiques ainsi que des contraintes relatives à l'écoulement et à la qualité des eaux.
- Article R 2124-42 Lorsqu'une commune ou un groupement de communes compétent sur le territoire desquels l'implantation est prévue le demandeur, l'autorisation leur est accordée par priorité. Ils déposent leur demande selon les modalités prévues à l'article [R. 2124-41](#). Lorsque la demande émane d'une autre personne publique ou privée, elle est notifiée à la commune ou au groupement de communes compétent. Pour faire valoir la priorité prévue à l'article [L. 2124-5](#), la commune ou le groupement de communes disposent d'un délai de trois mois à compter de cette notification. La commune ou le groupement de communes qui ont fait connaître dans ce délai leur décision d'exercer leur droit de priorité disposent alors d'un délai de six mois pour déposer leur propre demande. Ce droit de priorité peut être exercé à chaque délivrance d'une nouvelle autorisation, sous réserve, s'il y a lieu, de l'indemnisation du précédent titulaire dans le cas prévu au dernier alinéa de l'article [R. 2124-48](#).
- Article R 2124-43 : La demande d'autorisation d'occupation temporaire du domaine public maritime est instruite sous l'autorité du préfet par le chef du service déconcentré chargé des affaires maritimes, en liaison avec le préfet maritime ou le délégué du Gouvernement pour l'action de l'État en mer. et soumise pour avis aux services et organismes intéressés, et notamment :
 - 1° à la commission départementale de la nature, des paysages et des sites ;
 - 2° à la commission nautique locale prévue par le décret n° 86-606 du 14 mars 1986 relatif aux commissions nautiques ;
 - 3° à l'organe délibérant des communes ou du groupement de communes compétent dans le ressort desquels se trouve le site objet de la demande, lorsque ceux-ci ont renoncé à leur droit de priorité ;
 - 4° au directeur départemental des finances publiques. Le directeur départemental des finances publiques fixe en outre le montant de la redevance domaniale.

- Article R 2124-44 Dans le cas où l'autorisation demandée entraîne un changement substantiel dans l'utilisation du domaine public maritime, le dossier est soumis par le préfet à une enquête publique selon les modalités prévues aux articles R. 123-1 à R. 123-23 du code de l'environnement.

8.1.3.6.3 Code du Tourisme

Le Code du Tourisme comprend notamment les Articles L 341-9 à L 341-13 (provenant de la loi Littoral) et ses textes d'application D.341-2, R.341-4 et R.341-5, partie réglementaire, Livre III, Titre IV, chapitre 1er, Section 2 : Ports de plaisance et zones de mouillages, créé par le décret n° 2011-1612 du 22 novembre 2011.

8.1.3.6.4 Code de l'Environnement

Le Code de l'Environnement comprend notamment :

- Articles L .214-1 à 6 : Selon la rubrique 4.1.2.0. de l'article R. 214-1 : Travaux d'aménagement portuaires et autres ouvrages réalisés en contact avec le milieu marin et ayant une incidence directe sur ce milieu :
 - Si le montant total des travaux est supérieur à 1 900 000 € TTC, le projet est soumis à une demande d'autorisation.
 - Si le montant des travaux est compris entre 160 000 € TTC et 1 900 000 € TTC, le projet est soumis à déclaration.
- Article R 122-2 : En application de l'article R122-2 du Code de l'Environnement (rubrique 10g de l'annexe), les « Zones de mouillages et d'équipements légers » sont considérées comme des projets soumis à la procédure de "cas par cas" en application de l'annexe III de la directive 85/337/CE.
- Articles L.123-1 à 3 : Les zones de mouillages légers sont soumises à enquête publique, si elles font l'objet d'une étude d'impact et/ou d'une demande d'autorisation au titre des articles L. 214-1 à 6.
- Articles L414-4 à 7 : Les projets situés dans ou à proximité d'un site Natura 2000 doivent faire l'objet d'une étude d'incidences des travaux au regard des objectifs de conservation du site.

8.1.3.7 Cadre institutionnel

8.1.3.7.1 Maître d'Ouvrage de la ZMEL

Au titre de Maître d'Ouvrage du projet de requalification du quai Dezoums, le Conseil Départemental 66 se porte maître d'ouvrage de la ZMEL. A ce titre :

- Il finance les études préalables (faisabilité technique, étude d'impact si nécessaire) ;
- Il engage les procédures pour obtenir les autorisations nécessaires (cf paragraphe spécifique) ;
- Il assure le financement du projet (dépenses d'investissements et de fonctionnement) sur une durée de 20 ans) ;
- Il assure le financement et met en place le suivi environnemental de la mesure.

8.1.3.7.2 Bénéficiaire de l'AOT et ses responsabilités

Pour rappel, l'autorisation est délivrée à titre précaire et révocable pour une durée maximale de quinze ans.

Le département sollicitera cette AOT sur 15 ans, puis son renouvellement pour 5 ans.

Le bénéficiaire de l'AOT devra assurer les responsabilités suivantes :

- Il doit en particulier maintenir les équipements en bon état de fonctionnement et veiller à ce qu'ils n'entraînent pas de gêne à la navigation, mais il doit également assurer par des moyens appropriés la sécurité et la salubrité des lieux et notamment l'évacuation des déchets et effluents de toute nature, conformément à la législation en vigueur.
- Il doit se conformer au contenu de l'autorisation : obligations générales et prescriptions particulières prévues dans l'arrêté préfectoral (auquel est joint le règlement de police), et doit informer le chef de service en charge de la gestion du DPM concerné de tout changement apporté au fonctionnement de la zone de mouillages.
- Il est tenu de souscrire une assurance couvrant la responsabilité civile et les dégradations susceptibles d'être causées aux ouvrages et outillages.

8.1.3.7.3 Comité technique

Un comité technique sera mis en place pour donner un avis technique et environnemental sur l'aménagement de la ZMEL et sa gestion environnementale. Il sera formé de représentants :

- Du Maître d'Ouvrage (Conseil départemental) ;
- Du bénéficiaire ;
- Du Parc Naturel Marin du Golfe du Lion ;
- De la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls ;
- Des services compétents de l'Etat (DIRM, DDTM, DREAL) ;
- Des usagers (plaisanciers, pêcheurs professionnels).

Ce comité technique se réunira tous les ans afin de prendre connaissance des résultats des suivis scientifiques.

8.1.3.8 Etudes techniques

Le Conseil Départemental, Maître d'Ouvrage, déléguera les études à un Maître d'Oeuvre.

8.1.3.8.1 Etudes préliminaires

- Étude des conditions de mouillage sur la base des données océano-météorologiques (régime des vents, agitation) ;
- État des lieux environnemental (courantologie, hydrodynamisme, état de conservation de l'herbier existant et évaluation des pressions actuelles (effet des ancrages répétés, macro-déchets, qualité de l'eau) ;
- Étude de fréquentation plaisancière de la zone d'avril à octobre (typologie des navires, durée de stationnements, pratiques au mouillage, etc.) ;
- Esquisse d'un plan de mouillage adapté.

8.1.3.8.2 Avant-projet

- Nombre de mouillages (**70 minimum**) et délimitation précise des zones de mouillages (évitage);
- Recherche de facilités d'accès et de manœuvres pour le plaisancier ;
- Sondages géotechniques afin de dimensionner les ancrages en fonction de la nature des sols et de la typologie des navires ;
- Type de mouillages envisagés ;
- Services et tarification proposés, recettes de fonctionnement ;
- Modalités de gestion et préparation d'un règlement de police ;
- Budget des investissements et dépenses de fonctionnement.

8.1.3.8.3 Projet

- Enquête publique ;
- Après enquête publique : dépôt du dossier d'autorisation d'occupation temporaire du domaine maritime accompagné d'un règlement de police par le bénéficiaire de l'AOT de la ZMEL

8.1.3.9 Suivis scientifiques pour évaluer les effets des mouillages

Une évaluation de l'état de conservation de l'herbier sera effectuée sur plusieurs stations avant et après la mise en place des mouillages. Une station hors de la zone de mouillage sera également étudiée à titre de station-témoin pour aider à l'interprétation des évolutions des états de santé générale de l'herbier.

Les paramètres suivants seront observés :

- Type et état de la limite de l'herbier : progressive, franche, érosive, régressive ;
- Morphologie générale de l'herbier : herbier continu, herbier discontinu, en mosaïque (alternance d'herbier et de matte morte, présence de roche et/ou de sable, etc.) ;
- Nature du fond (sable fin, sable coquillier, sable grossier, sablo-vaseux) ;
- Structures érosives : orientations et dimensions (Identification d'intermattes, tombants de mattes, rivières de mattes, etc.) ;
- Densité ;
- Déchaussement des rhizomes ;
- Recouvrement de l'herbier ;
- Longueurs des feuilles ;
- Espèces associées aux herbiers.

Le suivi comprendra également des analyses de la qualité bactériologique de l'eau (contrôle des rejets de navires au mouillage si ceux-ci ne sont pas équipés de dispositifs de rétention des eaux grises et noires).

Le suivi sera réalisé sur la période de 20 ans accordée à l'AOT.

8.1.3.10 Coût prévisionnel de la ZMEL

Le budget cité ci-dessous est purement indicatif. Il devra être ajusté :

- Pour les dépenses d'investissement, ainsi que le suivi scientifique: prises en charge dans le cadre du projet de requalification du quai Dezoums en fonction des études préliminaires réalisées et du nombre de places d'accueil envisagées, de leur densité (rayon, d'évitage, contraintes de prise de mouillage), de la répartition entre mouillages sur herbiers et sur le sable, etc. ;
- Pour les dépenses de fonctionnement : en fonction des services proposés par le bénéficiaire de l'AOT (personnel et moyens nautiques pour la surveillance et la gestion des mouillages pendant la saison estivale).

Tableau 36 : Coût prévisionnel de la ZMEL.

Dépenses d'investissement (€ HT)	
Études préliminaires	22 000
Mission de maîtrise d'œuvre conception et suivi des travaux	40 000
Mise en place de 70 postes de mouillage sur ancrés à vis (environ 500 à 850 € de travaux d'investissement par place de mouillage, pour les ZMEL les plus simples, équipées seulement d'ancres à vis et accueillant des navires ne dépassant pas 10 à 12 m)	Mouillages 70 x 1 000 = 50 000 Test de traction = 8 000
Total € HT	140 000
Dépenses annuelles de fonctionnement (€ HT)	
Personnel (2 saisonniers pendant 4 mois et navire)	16 000
Mise en place/enlèvement, contrôle des bouées, entretien, remplacement des lignes de mouillage, (prestations en régie et comprises dans le poste ci-dessus)	4 000
Divers (taxes domaniales, équipement)	2 000
Total € HT	22 000
	Soit 440 000 euros sur 20 ans
Suivi annuel 9 SUIVIS SUR 20 ANS(€ HT)	
Suivi de l'herbier (fonctionnement, espèces abritées, rapport, réunions, etc.)	15 000
Contrôle bactériologique de l'eau (sondages)	2 000
Total € HT	17 000

8.2 Justifications scientifiques et techniques de la faisabilité, de l'efficacité et de la pérennité des mesures compensatoires

La plupart des mesures d'évitement, de réduction et de compensation proposées dans le présent dossier, sont recommandées dans la littérature scientifique ou technique. Elles ont donc pour la plupart déjà été expérimentées avec succès dans le cadre de projets similaires ou d'essais scientifiques.

Le dossier de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées relatif à la requalification du quai Dezoums à l'anse des Tamarins est élaboré par la société SEANEO qui a réalisé deux dossiers très similaires précédemment décrits. Afin de justifier scientifiquement de la faisabilité, de l'efficacité et de la pérennité des mesures proposées dans le présent dossier, la société SEANEO s'est également rapproché de plusieurs scientifiques, experts et gestionnaires d'Aires Marines Protégées, spécialisés dans les espèces protégées concernées :

- Nardo VICENTE, Professeur émérite à Aix-Marseille Université (IMBE), Délégué Général et Responsable Scientifique de l'Institut Océanographique Paul Ricard ;
- Charles-François BOUDOURESQUE, Professeur de l'Université d'Aix-Marseille, Institut Méditerranéen d'Océanologie, Marseille (argumentaire sur la valeur écologique de la matre morte de Posidonie présente dans le port de Port-Vendres) ;
- Philippe LENFANT, Professeur de l'Université de Perpignan, Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens, Perpignan ;

- Parc Naturel Marin du Golfe du Lion : Gildas LE CORRE, Olivier MUSARD, Bruno FERRARI, Marc DUMONTIER ;
- Direction Gestion du milieu marin de la commune d'Agde, gestionnaire de l'Aire Marine Protégée de la côte agathoise, site Natura 2000 "Posidonies du Cap d'Agde" ;

Ainsi, plusieurs mesures proposées ont donc été validées dans un dossier de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées similaire, par un Comité Scientifique, constitué d'experts, de scientifiques, de gestionnaires, de membre des services de l'État (Dalias *et al.*, 2012). Cet élément constitue une garantie supplémentaire quant à leur pertinence, leur opportunité, leur faisabilité et leur efficacité.

La mesure visant à compenser la perte d'habitat qu'aurait pu constituer la matte morte de Posidonie en cas d'une restauration de l'herbier sera effective pendant toute la durée d'exploitation du Quai Dezoums.

9 Mesures de surveillance, de suivi et d'accompagnement

Aux fins d'une bonne intégration des enjeux relatifs aux espèces protégées, le projet doit comprendre, lorsque la situation biologique des espèces concernées le justifie, des mesures de suivi et d'accompagnement qui contribuent à la consolidation et à l'efficacité des mesures compensatoires et qui traduisent l'engagement du demandeur en faveur de la protection des espèces qu'il a impactées.

Il doit être précisé qu'en fonction de ces impacts, un projet n'a pas nécessairement à être accompagné de telles mesures. Mais dans tous les cas, le projet doit justifier d'un suivi. Celui-ci doit être d'une période minimale de 5 années avec bilans annuels. Toutefois, les mesures proposées tiennent compte de recommandations de la DREAL Languedoc-Roussillon ainsi que du Parc et seront sur 20 ans .

L'ensemble des mesures (d'évitement, de réduction et de compensation) proposées dans le présent dossier sont assorties de mesures de suivi et de surveillance. Chaque suivi scientifique et programme de surveillance fera l'objet de la publication d'un ou plusieurs rapports d'étude concluant sur l'efficacité ou la mise en œuvre des mesures (indicateurs de mise en œuvre et indicateurs de résultats) (Albertini *et al.*, 2013).

Des mesures d'accompagnement seront également être proposées. Ces mesures d'accompagnement consistent principalement en des actions financières ou de connaissance, et dont la vocation est de renforcer et optimiser les mesures compensatoires en leur donnant plus d'assise et de potentialité :

- Mesures expérimentales de déplacement des espèces impactées : pertinence à argumenter, estimation des probabilités de succès, bilan des opérations de même type déjà menées, dénombrements les plus précis possibles, protocole scientifique des opérations de transfert permettant une évaluation de l'opération détaillée, identification des partenaires, description précise du lieu de destination ou de la zone d'expérimentation ;
- Financement de programmes d'actions locales (prévues dans les DOCOB Natura 2000, accompagnement de contrats de milieux, etc.), nationales (plan d'actions et/ou de restauration d'espèces) et européennes (dans le cadre des projets financés par les fonds structurels, le programme Life, etc.) ;
- Mesures d'études et recherches : justification et description détaillée des mesures proposées, de leur coût, des partenariats proposés pour leur réalisation.
- Selon les cas, d'autres mesures, comme la participation à des plans d'actions, le développement d'actions de sensibilisation, ou autres peuvent être envisagés et doivent dans ce cas être justifiés, décrits de façon la plus détaillée possible et chiffrés.

9.1 Mesures de surveillance et de suivi

9.1.1 Suivi du Plan de Gestion Environnemental et sanitaire (PGES) pendant le chantier

Le PGES décrit précédemment, vise à organiser et conduire un chantier à faible impact sur l'environnement et la santé. Son application repose sur le Plan d'Assurance Environnement (PAE) établi pour l'ensemble des travaux à réaliser et soumis au visa du Maître d'Oeuvre. L'Entrepreneur exerce un contrôle interne au processus d'élaboration et de mise en œuvre du Schéma

d'Organisation du Plan d'Assurance de l'Environnement (SOPAE) puis du Plan d'Assurance environnement (PAE) du chantier. Il a également obligation de mettre en place un contrôle externe.

9.1.2 Contrôle de la turbidité des eaux pendant le chantier

Différentes opérations (démolition des ouvrages existants, forage des pieux, purge des vases, dragage et déroctage, eaux d'exhaure) vont provoquer temporairement la remise en suspension des particules fines des sédiments meubles. Des mesures sont prévues pour limiter les départs de matières en suspension, notamment l'utilisation d'écrans adaptés aux divers types de travaux.

Malgré ces précautions, les panaches de turbidité peuvent contraindre plus ou moins fortement la vie biologique : baisse de la luminosité, sédimentation dans l'herbier de posidonie, libération de composés toxiques contenus dans les sédiments. La réaction des herbiers (réduction de la photosynthèse, dépérissement) est liée à la teneur en matière en suspension de la colonne d'eau, mais aussi à la durée d'exposition à cette concentration. La littérature fournit peu de données sur les teneurs et les durées d'exposition « létales » en matières en suspension. Il est démontré que la diminution de luminosité liée à la turbidité de l'eau, notamment causée par les matières en suspension minérales, a une influence directe sur la photosynthèse.

Tableau 37 : Évaluation des effets de la diminution de la lumière due à la turbidité des eaux, sur la croissance annuelle et la photosynthèse de la posidonie dans un secteur portuaire.
(d'après Ruiz et Romero, 2003)

	Station en fond de port	Station intermédiaire	Station dans l'avant-port	Station témoin
Disponibilité de la lumière				
Coefficient d'atténuation (K, m-1)	0,205	0,184	0,131	0,110
Réduction de lumière par rapport à la station de référence (%)	33,8	23,1	6,62	-
Photosynthèse de la Posidonie				
Production nette P en oxygène (mg/h)	5,18	7,08	8,74	8,45
Oxygène consommé R pour la respiration (mg/h)	0,183	0,395	0,295	0,446
Rapport P/R	28,3	17,9	17,48	12,07
Gain en carbone dans les feuilles (mg C / j)	10,5	10,3	9,5	9,8

Pendant le chantier, la turbidité des eaux fera l'objet d'un contrôle à deux niveaux :

- D'une part par l'entrepreneur ;
- D'autre part, par le maître d'œuvre, à titre de contrôle extérieur.

Les dispositions suivantes seront prises.

9.1.2.1 Contrôle de la turbidité en continu pendant le chantier

Le principe sera de mesurer la turbidité en continu en deux points :

- Dans une zone non influencée par les travaux : le point témoin retenu sera au Sud de l'herbier colonisant l'avant-port, face à la plage de la Jetée ;
- Dans la zone d'influence du chantier (périmètre de 100 m autour du chantier).

Il sera considéré une valeur-seuil correspondant au dépassement de 50 % de la teneur « naturelle » mesurée au point témoin.

En cas de dépassement, les alertes signifieront l'arrêt des opérations génératrices de MES et la vérification des mesures prises pour réduire la production de MES (par exemple : vérification de l'étanchéité des barrières anti-turbidité, arrêt de rejet d'eaux d'exhaure, arrêt momentanée d'une opération, etc.). Les travaux générateurs de MES ne pourront reprendre que si :

- La raison de l'augmentation de la turbidité est identifiée et une solution peut être apportée pour la réduire ;
- La turbidité diminue en dessous des valeurs-seuils prédéfinies ;
- La raison de l'augmentation de la turbidité est étrangère aux travaux. À cet effet, les données météorologiques (vent, état de la mer, fortes pluies, etc.) seront suivies pour mieux identifier l'origine de pics de turbidité n'ayant pas de lien direct avec les travaux.

La turbidité sera mesurée en continu par l'intermédiaire d'un turbidimètre mouillé sur une ligne fixe. Les mesures seront télétransmises selon le dispositif illustré sur la figure 90. Les résultats pourront être visualisés en direct sur PC et des alertes de dépassement des valeurs-seuils permettront d'avertir l'entreprise via SMS sur mobiles.

Mesure en continu de la turbidité de l'eau

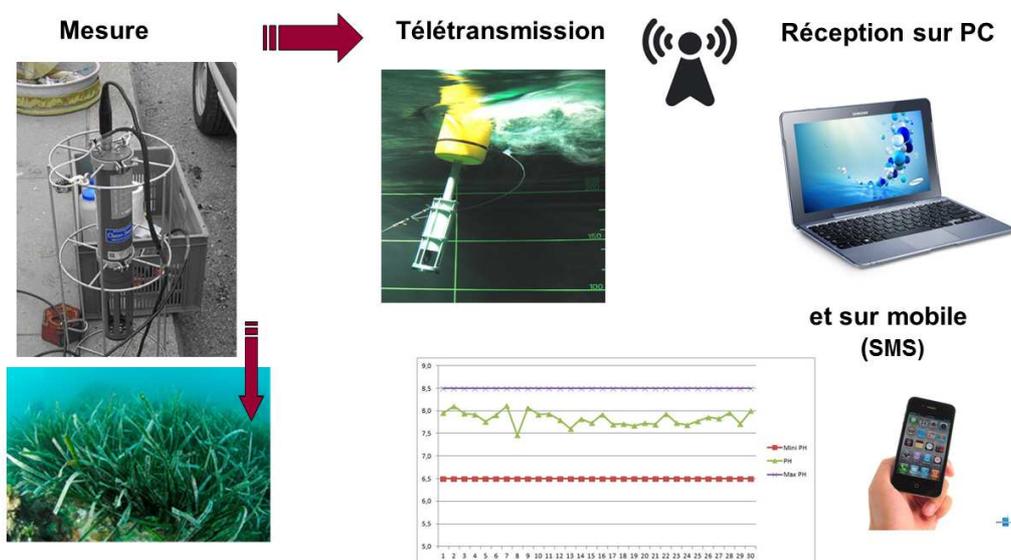


Figure 58 : Principes de mesures automatiques de la turbidité et de la télétransmission des données.

Pour rappel, les valeurs moyennes de la turbidité dans les eaux portuaires de Port-Vendres sont rappelées, selon les analyses réalisées dans le cadre du REPOM. Les valeurs « naturelles » varient, selon la saison ou les épisodes météorologiques, entre 3 et 42 mg/l. La concentration moyenne est de 9 mg/l. Trois mesures seulement atteignent ou dépassent 27 mg/l.

Tableau 38 : Suivi du REPOM : teneurs en matières en suspension dans la colonne d'eau (mg/l) entre 2008 et 2013.
(d'après DREAL)

2008				2009				2010			
12/02	22/05	11/10	10/10	05/01	22/4	11/08	21/10	03/03	02/06	12/08	07/10
4	5	3	11	3	27	4	5	5	7	42	5

2011				2012				2013			
23/2	28/6	04/10	4/11	13/03	09/05	26/07	10/10	13/02	16/05	26/07	21/10
12,4	3,6	8,5	32,2	4	6	2	4,2	5	6	4	6

9.1.2.2 Contrôles de la turbidité dans l'emprise du chantier et dans sa zone d'influence

Ces contrôles auront pour objectif de suivre les teneurs en MES autour du chantier de manière à anticiper le dépassement des valeurs-seuils au droit de la station de référence. Ils seront réalisés :

- D'une part, par l'entrepreneur : quotidiennement lorsque des opérations génératrices de MES seront menées ; les mesures seront réalisées en deux points situés le premier dans un rayon de 50 m du chantier concerné et le second dans un rayon de 150 m. Une première mesure sera réalisée avant le démarrage des travaux et une seconde mesure 6 h après.
- D'autre part, par le maître d'œuvre qui exercera des contrôles périodiques pour vérifier que les seuils sont bien respectés.

La turbidité néphélogométrique (NTU) sera mesurée directement à l'aide d'un turbidimètre embarqué. L'Entrepreneur établira, à l'issue des premières mesures de suivi in situ, des courbes de corrélation entre les mesures de turbidité de l'eau (NTU) et la teneur en matières en suspension totales en mg/l.

9.1.3 Suivi relatif à la qualité des eaux et des sédiments pendant la phase d'exploitation

L'objectif sera de mesurer l'évolution de la qualité de l'eau et des sédiments remaniés par les travaux de dragage sous l'effet de l'activité portuaire.

Pour mémoire, le suivi de la qualité des eaux et sédiments du port est actuellement assuré par le réseau REPOM opéré par la DREAL, mais il n'est pas certain que ce réseau continue à suivre le port de Port-Vendres après 2015.

La station de surveillance pourra être calée sur le point cs2 du réseau REPOM ou entre les points cs2 et cs4 dont la position est plus proche du futur quai Dezoums



Figure 59 : Position des stations de surveillance de la qualité des eaux (CE) et sédiments (CS) du réseau REPOM dans le port de Port-Vendres.

Le suivi procédera aux analyses des paramètres de caractérisation des sédiments :

- Fractions granulométriques, Carbone Organique Total, teneur en eau ;
- Métaux (Aluminium, Arsenic, Zinc, Cadmium, Chrome, Cuivre, Plomb, Mercure et Nickel) ;
- Polychlorobiphényles (7 congénères) ;
- Hydrocarbures polyaromatiques (14 molécules) ;
- et organostanniques (TBT, DBT et MBT).

Les analyses seront confiées à un laboratoire accrédité.

Les analyses de sédiments seront réalisées aux dates suivantes :

- Deux mois après la finalisation des travaux maritimes ;
- Six mois après la mise en exploitation du quai ;
- Annuellement pendant une période de 5 années.

9.1.4 Suivi scientifique de la vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* du port de Port-Vendres

Il est proposé de suivre l'état de santé des herbiers de Posidonies inclus dans l'enceinte du port de Port-Vendres. Le but de ce suivi est :

- De vérifier que les travaux du projet de requalification du quai Dezoums n'ont pas eu d'incidence sur l'état de conservation des herbiers.
- D'étudier en détail les différents effets pouvant agir sur l'herbier durant la période d'exploitation du nouveau quai.

La période de suivi est estimée à 20 années(9 campagnes).

Enfin, ce suivi constitue une opportunité permettant d'enrichir les connaissances scientifiques sur les impacts potentiels de tels projets sur *P. oceanica*. Il contribuera ainsi à diminuer l'impact environnemental des futurs projets.

Pour être pertinent, ce suivi sera réalisé à *minima* sur deux zones :

- Suivi d'un herbier de référence. Pour que le suivi d'un herbier soit réalisable, il est nécessaire de le comparer à un herbier dit de « référence » en bon état de conservation. Il est important que cet herbier soit suffisamment éloigné et abrité de toute activité humaine qu'elle soit négative ou positive sur celui-ci (Tuya *et al.*, 2002 ; Rais *et al.*, 2009). Les caractéristiques morphologiques et les paramètres topographiques de cet herbier de référence doivent être semblables à ceux de l'herbier suivi. Dans le cadre de la Directive Cadre Eau (Guillaumont et Gauthier, 2005), il est signalé 3 herbiers de référence (Etat de référence), dont un herbier proche de Port-Vendres. Ce site sera précisé en concertation avec l'Agence des Aires Marines Protégées et le Parc Naturel Marin du Golfe du Lion
- Suivi de l'herbier potentiellement impacté par les travaux et l'ouvrage : ce suivi sera réalisé sur les herbiers situés à l'intérieur de l'enceinte du port de Port-Vendres.

Les objectifs du suivi scientifique des herbiers de Posidonie sont :

- Surveiller un écosystème à grande valeur patrimoniale, mais vulnérable, afin de déceler rapidement toute nouvelle régression ;
- Utiliser cet écosystème comme un indicateur biologique de la qualité globale des milieux littoraux ;
- Mesurer l'efficacité d'une politique locale ou régionale en matière d'environnement littoral (Boudouresque *et al.*, 1990b, 1994a ; Charbonnel *et al.*, 1993 ; Pergent *et al.*, 1995 ; Boudouresque *et al.*, 2000 ; Sandulli, 2004).

Les outils de surveillance des herbiers à *Posidonia oceanica* se situent à trois échelles spatiales :

- L'échelle de l'écosystème : cartographie, utilisation de photographies aériennes dans un but autre que la cartographie, mesure du recouvrement, transects permanents.
- L'échelle locale : mise en place de balises à la limite supérieure et inférieure de l'herbier, carrés permanents.
- A l'échelle du faisceau ou de groupes de faisceaux de feuilles :
 - Densité des faisceaux ;
 - Importance respective des faisceaux plagiotropes et orthotropes ;
 - Déchaussement des rhizomes ;
 - Granulométrie du sédiment ;
 - Lépidochronologie ;
 - Biométrie de la plante ;
 - Taux de couverture et biomasse des épiphytes.

Ces outils ont été progressivement diversifiés et perfectionnés depuis les années 1980, en fonction de l'expérience tirée de leur mise en œuvre et des avancées de la recherche scientifique et technologique (Charbonnel *et al.*, 1993 ; Niéri *et al.*, 1993a ; Boudouresque *et al.*, 2000 ; Pergent-Martini *et al.*, 2005). Les méthodes couramment utilisées pour le suivi des herbiers à *P. oceanica* sont décrites en annexes. La présente méthodologie se base sur la mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de Posidonie des sites Natura 2000 du Languedoc-Roussillon (Blouet *et al.*, 2011) et sur la d'un réseau Posidonie Languedoc-Roussillon (en continuité de celui de Provence Alpes Côte d'Azur et de Corse).

9.1.4.1 Cartographie à l'échelle de l'herbier

Contrairement aux herbiers présents en région Provence Alpes Côte d'Azur, ceux du Languedoc-Roussillon ont une morphologie dite en "mosaïque". Cette configuration permet difficilement l'utilisation de métriques, couramment utilisées en Provence Alpes Côte d'Azur, telles que la profondeur ou le type de limite inférieure et supérieure. Pour réaliser ce type de suivi à l'échelle de l'herbier, plusieurs techniques peuvent être employées (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.1.1 Télémétrie acoustique

L'objectif est de suivre de façon assez rapide l'évolution de zones sensibles de chaque herbier tous les 2 ans par des cartographies d'environ 500 m² (carré de 20 m x 25 m s'enfonçant dans l'herbier), en incluant lorsque cela est possible la limite inférieure de l'herbier tout en prolongeant la cartographie au cœur de l'herbier (Blouet *et al.*, 2011).

Cette cartographie peut être réalisée à l'aide d'un système de positionnement local subaquatique basé sur un principe d'interférométrie acoustique 3D (par exemple Aqua-mètre D100 PLSM), (Descamp *et al.*, 2009). La portée est de 150 m de rayon. Il s'agit d'un système simple à mettre en œuvre, complètement autonome (indépendant de la surface). La préparation de la plongée et la récupération des mesures se font par l'intermédiaire d'un PC et d'une liaison infrarouge. Le système est auto-calibrant et ne nécessite pas de sonde de célérité (mesure de la célérité acoustique lors de l'initialisation). Le positionneur acoustique est composé d'une base de mesure (origine du repère cartésien) montée à l'extrémité d'un mât, associée à un cadre interférométrique (correction de la non verticalité) et d'un pointeur mobile sur canne (permettant une bonne réception du signal et une vision d'ensemble de la zone à cartographier). Le plongeur utilise le mini clavier et l'écran à cristaux liquides pour pointer les limites de l'herbier et les stocker en mémoire. L'augmentation de la précision se fait par l'accumulation de relevés sur le même point (maximum 10). La base accepte jusqu'à huit pointeurs simultanément permettant ainsi d'augmenter la rapidité des relevés des zones à cartographier. Les points sont ensuite transférés sur SIG (Blouet *et al.*, 2011).

Afin de pouvoir repositionner la base lors des différents suivis, un repère fixe doit être positionné sur le site (ancrage fixe, roche, etc.) (Blouet *et al.*, 2011).

Il est recommandé de réaliser un point au maximum tous les 40 cm (Blouet *et al.*, 2011).

Il faut noter que le système fait preuve d'une précision relativement fiable pour des distances pointeur / base comprises entre de 2 et 20 m :

- A 10 m de la base, la précision de +/- 0,1° conduit à une erreur de +/- 1,7 cm.
- A 100 m, l'erreur devient +/- 17 cm (Blouet *et al.*, 2011).

La dynamique de progression d'un herbier étant de l'ordre de 1 à 2 cm par an, il est donc conseillé pour des herbiers de grandes étendues, de déplacer la base afin de rester dans une limite inférieure à 50 m entre la base et le pointeur (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.1.2 Micro-cartographie, carré permanent

Afin d'étudier la dynamique de ces herbiers dans le temps, tout en intégrant la notion de recouvrement (pourcentage d'une surface donnée occupée par la posidonie) (Pergent, 2007) ou de surface colonisée, il est nécessaire de délimiter une zone de surface connue dans laquelle la mosaïque de Posidonie est étudiée. Pour cela, un carré dit "permanent" est utilisé afin de mettre en évidence une progression ou une régression de l'herbier (Foulquié et Dupuy de la Grandrive, 2004 ; Boudouresque *et al.*, 2006).

Les carrés permanents sont disposés sur une zone représentative de l'herbier, dite zone de référence. Ils sont matérialisés par un balisage pérenne formant des carrés de 4 m x 4 m (Blouet *et al.*, 2011).

La pose des balises s'effectue au moyen d'une masse, d'un outil d'enfoncement et d'un mandrin (Blouet *et al.*, 2011).

Ces balises sont maintenues grâce à une amarre spécifique qui leur assure un bon ancrage dans le substrat, ici la matre de Posidonie. Cette dernière doit donc être suffisamment épaisse et compacte pour permettre d'enfoncer l'amarre sur toute sa longueur (environ 450 mm) et de déployer le système de grappin (3 tiges à haute résistance) pour parfaire l'accroche du dispositif (Blouet *et al.*, 2011).

Le carré est repéré sur le fond par 4 balises aux 4 coins et 1 balise intermédiaire sur chacun des côtés du carré (8 balises au total) (Blouet *et al.*, 2011).

A l'intérieur de ces carrés permanents, trois méthodes de cartographie peuvent être utilisées :

- La première consiste à établir une couverture photographique du carré, permettant un premier repérage du positionnement des taches au sein du carré permanent. En aucun cas, cette méthode ne peut être retenue pour établir une comparaison spatiale des taches dans le temps. Seules les deux autres méthodes suivantes sont assez précises pour cet exercice.
- La deuxième méthode utilise le système de positionnement local subaquatique basé sur le principe d'interférométrie acoustique 3D (décrit précédemment).
- La troisième méthode est basée sur le principe de triangulation qui consiste à situer un point par rapport à trois repères fixes. Ici, les trois repères sont les angles du carré permanent concerné, ainsi plusieurs points en limite extérieure des tâches de Posidonie sont mesurés puis repositionnés (Blouet *et al.*, 2011).

La couverture photographique permet l'interprétation hors plongée des différentes macrostructures de l'herbier (rhizome traçant, chenaux d'érosion, etc.). Cependant en fonction de la saison, ou en cas de courant ou de houle sur le site, la taille et l'ondulation des feuilles peuvent fausser les données. Ainsi, l'emploi de la méthode d'interférométrie ou de triangulation est nécessaire pour une meilleure interprétation. L'association de la méthode par couverture photographique avec l'une des méthodes de positionnement (acoustique ou triangulation) permet de dresser une cartographie du carré avec maximum de précision une cartographie du carré (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.2 Evaluation de l'état de conservation de l'herbier

Cet état de conservation peut être évalué au travers de l'analyse de la structure générale de l'herbier, des caractéristiques de la matre et de la vitalité de la plante (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.3 Structure générale de l'herbier

9.1.4.3.1 Substrat

La nature du substrat (sable grossier, sable fin, sable vaseux, matie morte y compris sous-jacente, algues en épave) et la présence de ripple-marks, peuvent apporter des informations sur les conditions hydrodynamiques du site (Pergent, 2007). Les herbiers du Languedoc-Roussillon situés en eaux peu profondes peuvent subir de forts mouvements sédimentaires pouvant affecter à terme l'état général de l'herbier. Des marées de sables peuvent ensevelir l'herbier et provoquer sa disparation. L'observation de la nature du fond permet ainsi d'apporter des éléments complémentaires sur l'environnement immédiat de l'herbier (Blouet *et al.*, 2011).

Lors des plongées in situ, des observations sur ces structures érosives dans l'herbier seront relevées par les plongeurs et compléteront les données acoustiques (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.3.2 Structures érosives et mattes mortes

La présence d'intermattes, tombants de mattes, rivières de retour permettent de mieux comprendre l'hydrodynamisme agissant sur l'herbier et susceptible de contrarier son état de conservation. Les observations sur les structures érosives de la matie sont complémentaires au suivi de la nature du substrat pour l'interprétation de phénomènes naturels (courants sous-marins notamment), et mesurer leurs impacts sur l'herbier (Blouet *et al.*, 2011).

Ce travail pourra être réalisé lors de plongée in situ mais aussi à partir de la sismique réflexion qui permet simultanément de caractériser le substrat sédimentaire et de faire la distinction entre les faisceaux de feuilles et l'épaisseur de la matie (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.3.3 Analyse des limites supérieures et inférieures de l'herbier

Les limites de l'herbier sont un paramètre facilement utilisable en Provence Alpes Côte d'Azur et en Corse. En Languedoc-Roussillon, ces paramètres sont beaucoup plus difficiles à suivre faute de limites franches. Seuls les herbiers du site Natura 2000 "Posidonie de la côte rocheuse des Albères" permettent l'utilisation de ces paramètres (Blouet *et al.*, 2011).

Limites supérieures

La surveillance de l'herbier est réalisée en limite supérieure par 7 à 12 prises de vues aériennes au 1/4500^{ème} pour chacun des sites étudiés, selon un protocole standardisé (Lefèvre *et al.*, 1984 ; Sinnassamy *et al.*, 1991 ; Charbonnel *et al.*, 1993). A l'issue des prises de vues, les intervenants procéderont à un contrôle de la qualité des clichés de manière à assurer une exploitation optimale des images. Plus récemment, des images satellitaires ont pu être utilisées grâce à une résolution de l'ordre de 60 cm (Spot Image, THR Quick Bird). Une photo satellite par site sera commandée pour compléter les photographies aériennes (Blouet *et al.*, 2011).

A l'issue du traitement de ces photographies aériennes, il est indispensable de procéder à des vérifications sur le terrain, au moyen de plongées ponctuelles d'observations en scaphandre autonome ("vérités-terrain"), pour confirmer et compléter les données obtenues par photo-interprétation (Bertrand *et al.*, 1986 ; Boudouresque *et al.*, 1987 ; Niéri *et al.*, 1993 ; Charbonnel *et al.*, 1993).

Il peut être envisageable d'obtenir une approche complémentaire à celle par photographie aérienne / vérité-terrain, en analysant plus précisément à l'échelle du décimètre. Une cartographie fine par la technique du positionnement acoustique sera réalisée pour obtenir une délimitation précise de la limite supérieure afin d'affiner la dynamique de l'herbier. Deux balises seront positionnées de part et d'autre du linéaire de suivi, afin de repositionner dans le temps et dans l'espace la limite supérieure. La distance entre les deux balises sera d'environ 50 m. Le recouvrement foliaire et le pourcentage de rhizomes plagiotropes seront aussi déterminés. Cette méthode de cartographie par positionnement acoustique permettra de suivre la limite supérieure de l'herbier dans les zones où le balisage ne tient pas, pour des raisons hydrologiques ou de substrats (par exemple, l'herbier du pin parasol sur la côte Vermeille) (Blouet *et al.*, 2011).

Limites inférieures

Une observation en plongée permettra de caractériser la limite inférieure de l'herbier de Posidonie selon de la typologie dérivée de Meisnez et Laurent (1978) (limite progressive, brusque, érosive ou régressive). Seuls les herbiers ayant une limite inférieure franche pourront être suivis (herbier de la côte rocheuse des Albères) (Blouet *et al.*, 2011).

Une cartographie fine par la technique du positionnement acoustique sera réalisée pour obtenir une délimitation précise des limites inférieures et d'affiner l'analyse de la dynamique des limites inférieures de l'herbier. Deux balises seront positionnées de part et d'autre du linéaire de suivi, afin de repositionner dans le temps et dans l'espace la limite inférieure. La distance entre les deux balises sera d'environ 50 m. Le recouvrement foliaire et le pourcentage de rhizomes plagiotropes seront aussi déterminés (Blouet *et al.*, 2011).

Comme pour la limite supérieure, seuls les herbiers du site Natura 2000 de la côte rocheuse des Albères pourront être suivis (Blouet *et al.*, 2011).

Autre limite, notion de contour

Etant donné la configuration des herbiers des sites Natura 2000 du Languedoc, il est préférable de considérer pour chacun des herbiers suivis la notion de contour plutôt que de limite inférieure ou supérieure. Ainsi, il faut prendre en compte dans les paramètres de suivi l'aspect externe de la bordure de l'herbier (Blouet *et al.*, 2011).

Ces herbiers épars peuvent être représentés comme de petits îlots entourés de matrice morte ou de sédiment. Ainsi, le contour de chacune de taches constitue une limite propre à une micro-structure interne de l'herbier (Blouet *et al.*, 2011).

La classification décrivant la typologie de la limite comme limite progressive, brusque, érosive ou régressive sera décrite pour un minimum de 6 micro-structures pour chacun des herbiers suivis (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.4 Caractérisation de la matre

La matre peut être caractérisée par sa hauteur (épaisseur), son déchaussement, le type de rhizome ou encore sa compacité (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.4.1 Déchaussement

Le déchaussement traduit le déficit sédimentaire qui entraîne une mise à nue des racines et des rhizomes et qui fragilise l'herbier. A l'inverse, une augmentation des apports sédimentaires peut entraîner des phénomènes d'enfouissement des rhizomes et éventuellement leur mort (Blouet *et al.*, 2011).

Pour les rhizomes plagiotropes, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la partie inférieure des rhizomes. Pour les rhizomes orthotropes, caractérisés par une croissance verticale, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la base du faisceau foliaire. Le déchaussement est mesuré au centimètre près (Blouet *et al.*, 2011).

Ce travail pourra être réalisé en plongée à petite échelle et à l'aide de la sismique à l'échelle de l'herbier (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.4.2 Compacité et structure de la matre

L'utilisation de carottiers permettant de définir la structure interne de la matre (volume de sédiments, granulométrie et le taux de matières organiques) n'a pas été retenue. Cette méthode est généralement absente des programmes de suivi des herbiers, du fait de la difficulté de mise en œuvre (Blouet *et al.*, 2011).

La sismique haute résolution pourrait permettre de mesurer avec précision la compacité et la structure de la matre (Blouet *et al.*, 2011).

Il existe cependant un inconvénient éventuel à l'utilisation de cette méthode. La résolution verticale de l'appareil étant de 6 cm en basse fréquence, les matres peu épaisses risquent alors d'être difficiles à mettre en évidence. Il est donc important d'effectuer un calibrage afin d'utiliser la fréquence la mieux adaptée à la problématique du site (Blouet *et al.*, 2011).

Etant donné les moyens nécessaires pour les mesures de compacité et de structure de la matre, il paraît intéressant de proposer cette mesure lors de la première année de la mise en place du suivi puis lors de l'évaluation du DOCOB au bout de 6 ans (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.5 Analyses de l'état de vitalité de la plante

9.1.4.5.1 Mesures réalisées in situ en plongée

Densité foliaire de l'herbier

La mesure de la densité consiste à compter le nombre de faisceaux par m². Cette mesure est réalisée avec un quadrat de 20 cm x 20 cm qui correspond à la plus petite surface représentative (Panayotidis *et al.*, 1981). La valeur est ensuite extrapolée pour 1 m² (Blouet *et al.*, 2011).

Sur chaque site de suivi, 21 répliquats sont réalisés. Les quadrats sont déposés aléatoirement dans l'herbier dans trois zones à raison donc de 7 mesures par zones Cette précaution d'échantillonnage permettra d'effectuer des comparaisons intrasites sans en augmenter l'effort d'échantillonnage (Blouet *et al.*, 2011).

Pourcentage de rhizomes plagiotropes

Les rhizomes plagiotropes sont caractérisés par une croissance selon un axe horizontal, parallèle au substrat. Le pourcentage de rhizomes plagiotropes informe sur la vitalité de l'herbier et sur sa capacité à coloniser de nouveaux espaces. Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué au niveau de la limite (ou contour) de l'herbier, sur une bande de 1 m de large (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.5.2 Mesures réalisées en laboratoire

Pour l'étude phénologique complémentaire des feuilles de Posidonie, une demande de prélèvement d'espèce protégée sera réalisée préalablement auprès des services compétents. Ces prélèvements seront réalisés à l'échelle de l'herbier suivi en évitant des prélèvements au sein du carré permanent. Cette partie de l'étude comprend les mesures suivantes (Boudouresque *et al.*, 2006 ; Dutrieux *et al.*, 2007 ; Pergent, 2007) :

- Coefficient A : Ce coefficient correspond au pourcentage de feuilles cassées (adultes et intermédiaires). Il caractérise le taux de consommation par les herbivores et les effets de l'hydrodynamisme (Boudouresque et Meinesz, 1982 ; Dutrieux *et al.*, 2006). Cette mesure consiste à estimer le nombre de feuilles cassées par faisceaux et en déduire un pourcentage (Dutrieux *et al.*, 2006 ; Pergent, 2007). Le type de broutage sera spécifié de la façon suivante (saupe, oursin, indéterminé, absence de broutage). La mesure sera réalisée sur 15 faisceaux (5 faisceaux par zone) (Blouet *et al.*, 2011).
- Surface foliaire. Il s'agit de la surface foliaire moyenne par faisceaux. Elle est exprimée en $\text{cm}^2 / \text{faisceaux}$. La mesure sera réalisée sur 15 faisceaux (5 faisceaux par zone) (Blouet *et al.*, 2011).

$SF = (\sum \text{des longueurs des feuilles intermédiaires} \times \text{moyenne des largeurs des feuilles Intermédiaires}) + (\sum \text{des longueurs des feuilles adultes} \times \text{moyenne des largeurs des feuilles adultes})$

- Leaf Area Index (LAI). Le LAI représente la surface foliaire par m^2 d'un herbier de Posidonie. Il est exprimé en m^2 / m^2 . La mesure sera réalisée sur 15 faisceaux (5 faisceaux par zone) (Blouet *et al.*, 2011).

$$LAI = SF \times \text{Densité de l'herbier}$$

Pour les herbiers justifiant de ne pas réaliser de prélèvement de faisceaux compte tenu de leur petite surface, les mesures de longueur des feuilles F1 et F2 ainsi que le nombre de feuilles par faisceaux seront réalisées in situ (Blouet *et al.*, 2011).

- Longueur des feuilles :
 - Longueur des feuilles F1 et F2. Il s'agit de la mesure de la première (F1) et de la deuxième (F2) plus longue feuille du faisceau. La mesure sur réalisée sur 30 faisceaux (10 faisceaux par zone).
 - Longueur moyenne des feuilles (Lg). La longueur moyenne peut être déterminée pour les feuilles adultes et intermédiaires. La mesure sur réalisée sur 30 faisceaux (10 faisceaux par zone) (Blouet *et al.*, 2011).

- Nombres de feuilles par faisceau (Nb). Cette mesure consiste à dénombrer le nombre de feuilles présentes sur un faisceau. La mesure sera réalisée sur 15 faisceaux (5 faisceaux par zone) (Blouet *et al.*, 2011).
- Epibiontes : Un grattage à l'aide d'une lame de rasoir sera réalisé sur les deux côtés de chacune des feuilles afin d'extraire l'ensemble de la charge en épibiontes. L'ensemble des feuilles et l'ensemble des épibiontes d'un même faisceau seront mis à sécher séparément à 70°C pendant 48h puis pesés (mg). Le ratio épibiontes / feuilles est calculé par faisceau (Ifremer, 2007):

$$E / L_{\text{faisceau}} = \text{poids sec des épibiontes} / \text{poids sec des feuilles.}$$

9.1.4.6 Identification et évaluation des menaces pesant sur l'herbier et risquant d'influer sur le bon état de conservation

Les perturbations physiques sont rattachée à :

- L'artificialisation du milieu:
 - Déterminer la présence ou l'absence de structures artificialisées (endiguements, enrochements, bétonnages, épis, canalisations, passages de câbles, installations portuaires, etc.) ;
 - Evaluer le pourcentage de superficies artificialisées ;
- L'action anthropique sur les mattes : observation et recensement des blocs de matte arrachés, des traces et sillons dus à l'action des ancres, des trous, etc. Il s'agit de déterminer leur nombre sur le site et le pourcentage de surface détruite (Blouet *et al.*, 2011).

Pour les perturbations biologiques, il s'agit de déterminer l'éventuelle superficie couverte par les caulerpes invasives et les rhodobiontes. Si ces espèces ne sont pas présentes sur le site, une veille permanente sera assurée (Blouet *et al.*, 2011).

Pour la pression de pollution, il s'agit d'identifier :

- Les sources potentielles de nuisance proches : identifier les cours d'eau et leur exutoire, les émissaires d'ouvrages épuratoires, les ports, les enrochements, les rejets de dragages, etc.
- Les macrodéchets, filets et autres engins de pêche, mouillages perdus, corps morts : évaluer le volume et la dangerosité (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.7 Statut de conservation de la faune et la flore associées aux herbiers, détermination de l'aire de répartition et superficie de l'herbier

L'ensemble des sites Natura 2000 participant à cette démarche de mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de Posidonie du Languedoc-Roussillon couvre déjà les thématiques de suivi de la faune et de la flore associés aux herbiers dans les différents suivis scientifiques. Dans ce cadre, les données des suivis complémentaires permettront d'alimenter la connaissance sur les herbiers de Posidonie pour chacun des sites et d'évaluer l'état de conservation des espèces typiques associées aux herbiers (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.4.8 Cohérence avec la Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE)

L'objectif général de la Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE) est d'atteindre d'ici à 2015 le bon état des différents milieux aquatiques sur tout le territoire européen. L'indicateur biologique des masses d'eau côtières de Méditerranée, pour les Magnoliophytes, est l'herbier de Posidonie. Pour cette espèce, un indice français de qualité des eaux côtières, variant de 0 à 1 a été réalisé. Celui-ci intègre les 5 paramètres suivants (Arrêté du 25/01/10 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des Articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du Code de l'environnement) :

- Densité des pieds (nombre de faisceaux / m²) à 15 m ;
- Surface foliaire par pied (cm² / faisceaux) à 15 m ;
- Charge en épibiontes sur les feuilles (poids sec des épibiontes / poids sec des feuilles) à 15 m ;
- Profondeur de la limite inférieure de l'herbier (m) ;
- Type de limite inférieure (franche, progressive, régressive) (Blouet *et al.*, 2011).

Dans le cadre des différents suivis réalisés sur les herbiers de Posidonie en Languedoc-Roussillon, deux métriques sont couramment utilisées. La densité et la surface foliaire sont communes aux besoins de la DCE. La réalisation de métriques conjointes aux deux suivis permettra d'établir une base de données commune (Blouet *et al.*, 2011).

Pour le paramètre relatif à la charge en épibiontes, il est proposé d'inclure ce paramètre et de suivre le protocole mis en place pour la DCE (poids sec). Par contre, dans les herbiers de petite taille ne permettant pas un prélèvement des faisceaux, il est proposé d'appliquer un système de notation reposant sur deux critères « présence ou absence » d'épibiontes (Blouet *et al.*, 2011).

Les paramètres relatifs à la limite inférieure et au type de limite seront suivis selon le protocole mis en place par la DCE sur les herbiers de la côte rocheuse des Albères. Pour herbiers avec une configuration dite en « tâches » ou en « mosaïque », il sera effectué un suivi de l'aspect externe de la bordure de l'herbier (Blouet *et al.*, 2011).

Pour la caractérisation des herbiers de Posidonie en tant que Biological Quality Element (BQE), la France a retenu 5 paramètres dont la limite inférieure, et le type de limite. Les 3 autres paramètres (densité, surface foliaire et charge en épibiontes sur les feuilles) sont déterminés à 15 mètres de profondeur. Mais dans certains cas, cette profondeur n'est pas atteinte par les herbiers, le protocole doit alors être appliqué en zone moins profonde selon un protocole standardisé (Blouet *et al.*, 2011).

9.1.5 Suivi scientifique de *Pinna nobilis*

La transplantation de certains individus de grande nacre pourra être envisagée, en concertation notamment avec le Parc Naturel Marin du Golfe du Lion (avis simple favorable relatif à la demande d'autorisation pour la requalification du quai Dezoums dans le port de Port-Vendres émis par le Conseil de gestion du Parc naturel marin du golfe du Lion lors de la séance du 9 février 2016, délibération n°2016-003), à travers différents lots implantés :

- Dans plusieurs sites : par exemple 3 sites, comprenant déjà au préalable des grandes nacres, comme au sein d'autres herbiers de posidonie (par exemple l'herbier de *Posidonia oceanica* situé au droit de la plage de la jetée), la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls (sous réserve du respect de la réglementation), etc. ;
- Selon des conditions différentes (profondeur, substrat, exposition à la houle, etc.). Les paramètres abiotiques (température, courantologie, turbidité, etc.) pourront être pris en compte, sur la base des données disponibles et/ou accessibles (expérimentation du taux de survie des petites et des grandes nacres en fonction des conditions environnementales, de la profondeur, du substrat, de l'exposition, de la taille des individus, etc.).

Le suivi scientifique de *Pinna nobilis* pourra être réalisé sur les sites suivants :

- Site de référence, sur lequel est présente une population de *Pinna nobilis* non impactée par les activités anthropiques ;
- Site de transplantation de Port-Vendres, afin de s'assurer de l'efficacité de la mesure (indicateur d'efficacité) ;

Ce suivi scientifique permettra d'enrichir les connaissances sur l'espèce, les impacts qui peuvent agir sur celle-ci, l'efficacité à court et moyen terme de la transplantation d'individus, etc.

Pour les mollusques bivalves, de nombreuses informations sur le recrutement, la structure de la croissance et l'âge peuvent être obtenues à partir des histogrammes de fréquences de taille. Cependant, dans le cas des *Pinna nobilis*, un effort important est requis pour localiser et mesurer assez de Pinnidés afin de construire ces histogrammes. Ces spécimens peuvent être surveillés dans le futur, et des cohortes suivies en calculant également les taux de mortalité exact par classe d'âge. Bien qu'avec quelques contraintes, dues au plus petit nombre d'individus, certaines informations peuvent également être obtenues à partir des distributions de fréquence. Pour cette raison, il est conseillé de surveiller les individus positionnés pour des études de dynamique de population.

9.1.5.1 Suivi de la croissance

La méthodologie recommandée est basée sur des méthodes de marquage-recapture. Les individus doivent être marqués, mesurés et leurs positions précisément enregistrées avec les techniques exposées précédemment. Des mesures répétées doivent être réalisées dans le futur afin d'estimer le changement de H_t avec le temps. La périodicité des mesures n'est pas aussi importante que l'intervalle de temps. Cependant, plus le nombre de mesures est élevé, plus la précision est grande. Il est recommandé d'effectuer au moins une mesure par an, mais si plusieurs mesures sont réalisées sur une année (2-3/an), l'influence de saisonnalité sur la croissance peut également être estimée (García-March et Vicente, 2006).

Les paramètres de croissance des populations de *Pinna nobilis* sont fortement influencés par l'hydrodynamique. Les données de croissance des *Pinna nobilis* sont habituellement ajustées à une équation de Von Bertalanffy (VB) de la forme :

$$H_t = H_{t_{\max}}(1 - e^{-kt})$$

où H_t (cm) est la taille, $H_{t_{\max}}$ (cm) est la taille maximale asymptotique atteinte par les individus de la population, k (y^{-1}) est le coefficient de croissance (la vitesse à laquelle la taille asymptotique est atteinte) et t (y) le temps ou l'âge de l'individu.

Cette équation implique une croissance rapide pendant les premières années de vie et une brusque interruption de la vitesse de croissance ensuite, jusqu'à ce que la taille asymptotique soit atteinte (García-March et Vicente, 2006).

Différents modèles sont utilisés pour ajuster l'équation VB aux données marquage-recapture. Avec la méthode de Fabens (1965) les paramètres de l'équation VB peuvent être obtenus en utilisant l'algorithme Newton-Raphson pour obtenir les « zéros » à partir des équations calculées par la méthode des moindres carrés (MC). Cependant, la méthode Fabens est biaisée lorsque la variabilité des individus est élevée (Ratkowsky, 1985 ; James, 1991), en sous-estimant K et en surestimant $H_{t_{\max}}$. Une méthode similaire mais non biaisée a été proposée par James (1991). Cette dernière méthode corrige les biais produits par la variabilité de $H_{t_{\max}}$ parmi les individus en supposant que les asymptotes individuelles des courbes de VB sont aléatoires. Wang (1999) a généralisé le travail de James (1991) en considérant les modèles de croissance avec des covariables dépendantes du temps et des composants stochastiques. Cela a permis d'obtenir des fonctions pour calculer les paramètres de l'équation VB avec les effets saisonniers et de marquage (García-March et Vicente, 2006).

Cependant, toutes ces méthodes sont basées sur une seule recapture, et sont incorrectement utilisées si plus d'une recapture est prise en considération. Récemment, Wang (2004) a proposé une nouvelle méthode, basée sur les Équations d'Estimation Généralisée (GEE) (Liang et Zeger, 1986) qui prennent en compte les effets du marquage et la saisonnalité, ainsi que les effets de recaptures multiples à des âges inconnus pour tous les animaux. La statistique utilisée par Wang (2004) est recommandée, et des calculs peuvent être réalisés avec les logiciels statistiques adéquats comme le programme NLIN (SAS inc.) (García-March et Vicente, 2006).

Certains logiciels gratuits spécialisés dans la recherche halieutique (FISAT II, disponible sur <http://www.fao.org/fi/statist/fisoft/fisat/index.htm>) permettent de calculer les paramètres de croissance avec la méthode Fabens. Si la méthode Fabens est utilisée, la possibilité d'obtenir des estimations biaisées dues à la variabilité des individus doit être prise en considération (García-March et Vicente, 2006).

Les diagrammes de Gulland-Holt et Ford-walford sont des méthodes alternatives de calcul des paramètres de l'équation de VB à partir des mesures successives des individus (Ford, 1933; Walford, 1946; Gulland et Holt, 1959). Cependant, les paramètres sont encore calculés en utilisant seulement une capture, réduisant la performance de mesure répétée (García-March et Vicente, 2006).

L'analyse de progression de la classe modale (méthode de Bhattacharya, 1967), est basée sur les données de fréquence de taille. Bien que l'application de cette méthodologie pour calculer les paramètres de croissance des *Pinna nobilis* soit habituellement contrainte par la taille de l'échantillon, elle ne doit pas être ignorée, car les modes marqués peuvent être plus facilement localisés dans les graphiques même avec des petites tailles d'échantillons (García-March et Vicente, 2006).

La croissance en utilisant les diagrammes de Gulland-Holt et Ford-Walford, ainsi que la méthode de Bhattacharyas peut également être calculée en utilisant le logiciel gratuit FISAT II (García-March et Vicente, 2006).

9.1.5.2 Suivi de la mortalité

La connaissance du taux de mortalité d'une population est de grande importance pour la dynamique de population et la démographie. De plus, les différences de mortalité entre les populations menacées et saines peuvent être une mesure quantitative des impacts subis par les premières, et les politiques de protection peuvent être conçues en conséquence (García-March et Vicente, 2006).

Une fois que les individus sont marqués et que leurs positions sont précisément enregistrées, l'étude de la mortalité est le travail le plus facile dans les recherches de dynamique de population des *Pinna nobilis*. À chaque nouveau relevé, pendant la relocalisation des individus pour réaliser de nouvelles mesures, tous les spécimens morts sont comptés. En raison de la dynamique de l'échantillonnage successif sur les mêmes zones, avec tous les individus marqués et leurs positions enregistrées, et le caractère sessile des Pinnidés, le coefficient de mortalité (z) peut être facilement calculé. Ce coefficient est largement utilisé en écologie et en biologie halieutique, et peut être calculé lorsqu'il y a deux comptages des individus d'une population (n_1 et n_2) séparés par un intervalle de temps. Pendant cet intervalle de temps, la perte d'individu suivra la relation : $n_2/n_1 = e^{-z(t_2-t_1)}$ (García-March et Vicente, 2006).

Le coefficient de mortalité peut être obtenu en résolvant cette équation et peut être comparé aux populations ou groupes de taille au sein d'une population. La résolution de z pour des groupes de taille différente sert à différencier les tailles avec des taux de mortalité différents. Cela est utile pour identifier les groupes de taille les plus vulnérables dans une population (García-March et Vicente, 2006).

Des différences de mortalité pour des groupes de tailles différentes peuvent être vérifiées avec un test du X^2 , en supposant une mortalité aléatoire pour chaque groupe d'individus (García-March et Vicente, 2006).

9.1.5.3 Suivi du recrutement

Le recrutement est l'un des aspects les moins connus de la démographie des *Pinna nobilis*, et au contraire de la mortalité, son étude est celle qui prend le plus de temps. La méthodologie recommandée ici est basée sur l'exploration successive des zones délimitées (cercles) où tous les individus ont été précédemment localisés, marqués et mesurés. Pour cette raison, l'étude du recrutement implique de répéter périodiquement le travail le plus coûteux de la recherche de la dynamique des populations, l'exploration et le marquage des individus. Associé à la nécessité de remesurer les spécimens déjà localisés pour la mortalité et la croissance, cela suppose de presque redoubler l'effort requis pour réaliser le premier relevé de terrain. Cette question doit être prise en considération dans le plan d'échantillonnage (García-March et Vicente, 2006).

Mais l'effort de réexploration à la recherche de nouvelles recrues a d'importants bénéfices. Deux comptages de grande valeur sont obtenus, le nombre initial des individus dans la population (N_0) et le nombre final des individus après un intervalle de temps t (N_t). Avec ces données, le taux de recrutement immédiat (r) peut être obtenu en utilisant la formulation identique aux calculs du taux de mortalité immédiat : $N_t = N_0 e^{rt}$ (García-March et Vicente, 2006).

En utilisant r et m , le paramètre de Malthus, la différence entre les taux de recrutement et de mortalité ($m-r$) peut être obtenue. Ce paramètre donne une idée de l'évolution du nombre d'individus de la population. Cette évolution doit être neutre après de longues périodes de surveillance, mais variable concernant les valeurs positives et négatives avec le temps (García-March et Vicente, 2006).

La capture des larves naturelles avec des collecteurs peut donner une idée précieuse sur les cycles de reproduction des espèces. Si elle est combinée à l'exploration pour des estimations de recrutement naturel, des informations supplémentaires sur l'écologie larvaire (comportement, taux de survie, etc.) peuvent être obtenues. De plus, les larves peuvent être élevées dans des cages protégées et utilisées pour le rétablissement des espèces menacées ou pour rechercher la viabilité des politiques de repeuplement. Il serait conseillé de combiner la collecte de larves avec l'étude de quelques paramètres comme la température de l'eau et la densité, la formation de thermocline, la concentration d'oxygène dissous, etc. (García-March et Vicente, 2006).

Une expérience a montré que la collecte de semence est très variable suivant les années (De Gaulejac *et al.*, 2003), reflétant probablement une variabilité sous-jacente de l'effort de reproduction investi par les Pinnidés, au lieu des conséquences de l'hydrodynamique (courants) (García-March et Vicente, 2006).

A partir des données disponibles sur le climat en Méditerranée occidentale et la maturation des gonades de *Pinna nobilis*, il est conseillé de déployer les collecteurs autour de juin-juillet, pour les récupérer en octobre- novembre. Chaque collecteur est composé d'une araignée de 50-60 kg, une bouée de 4-5 l pour garder la ligne en flottaison et de plusieurs sacs plastiques comme des « sacs à oignon » rempli de fils de pêche. Les « sacs à oignon » sont attachés à la ligne à des intervalles de 3 à 5 m. La profondeur de déploiement des collecteurs est généralement supérieure à 30 m (García-March et Vicente, 2006).

Si les larves sont élevées en cages protégées, une attention particulière doit être portée dans le choix d'un lieu convenable pour les déployer. Dans la mesure du possible, le lieu ne doit pas être pollué, doit avoir un bon renouvellement de l'eau, mais doit être également protégé avec une stabilité des sédiments, car les jeunes *Pinna nobilis* sont vulnérables à l'enfouissement dans les sédiments. Selon le nombre d'individus, les juvéniles peuvent être séparés dans des compartiments individuels à l'intérieur des cages, ou groupés dans le même espace. L'isolation permet également l'identification de chaque spécimen et leur croissance peut être étudiée individuellement (García-March et Vicente, 2006).

Le suivi du recrutement pourra faire l'objet d'un programme de recherches, comprenant des spécialistes en espèces et habitats marins du milieu universitaire et privé.

En tenant compte des spécificités du site (n individus), la méthodologie pourra être affinée sur la base d'un échantillonnage statistique et représentatif de la population, en concertation avec le maître d'ouvrage, la DREAL, le milieu universitaire et le prestataire.

En fonction des résultats obtenus suite à la transplantation, au suivi des *Pinna nobilis*, la méthodologie pourrait être réévaluée à partir de l'année 3, en modifiant la fréquence de suivi. Cette réévaluation sera réalisée en concertation avec le maître d'ouvrage, la DREAL Languedoc-Roussillon, le milieu universitaire et le prestataire.

9.1.6 Suivi scientifique des structures artificielles du quai Dezoums et micro-habitats artificiels de compensation

Afin d'évaluer l'impact positif des structures artificielles du quai Dezoums (enrochements et pieux) ainsi que l'efficacité des micro-habitats artificiels, un suivi scientifique régulier est proposé. La présente méthodologie se base notamment sur le document stratégique pour l'implantation des récifs artificiels Régions Languedoc Roussillon et Provence Alpes Côte d'Azur (Préfecture de la Région Languedoc-Roussillon *et al.*, 2012). Ce suivi sera réalisé par des évaluations visuelles en plongée sous-marine et/ou vidéo-pilotée pour apprécier la colonisation de l'ouvrage et des microhabitats artificiels par les espèces et les poissons juvéniles.

Ces suivis (comptages en plongée, séquences vidéo) seront réalisés sur les sites équipés dans le port (plus une station-témoin non équipée), sur la base de 4 campagnes pendant la première année suivant l'immersion puis, après exploitation des résultats, 14 campagnes ensuite, soit 18 campagnes et 20 ans de durée totale du suivi.

A la suite du suivi, et sur la base d'indicateurs, une évaluation de l'impact de ces dispositifs sur la biodiversité du port sera établie. Les résultats seront comparés à ceux obtenus pendant l'état initial avant le projet.

La production de poissons juvéniles des micro-habitats sera également évaluée et comparée à la production théorique de biomasse animale d'un herbier de Posidonie en excellent état de conservation.

L'objectif final sera de démontrer dans quelle mesure le projet permet d'obtenir un gain écologique significatif par rapport à l'état initial (principe de l'additionnalité écologique).

9.2 Mesures d'accompagnement

Eco-valorisation, communication, sensibilisation

Aujourd'hui, la préservation de l'environnement et le développement économique ne sont plus antinomiques. Alors que les ressources naturelles sont surexploitées et l'environnement souvent dégradé, l'esthétisme et la biodiversité d'un écosystème préservé sont des richesses convoitées et inépuisables, à condition cependant qu'elles soient protégées et mises en valeur afin de devenir un véritable support pour l'éco-tourisme.

Cette valorisation passe par la réalisation de supports de communication performants et divers (films, posters, livres, plaquettes, etc.) dont le principal point commun est sans doute l'utilisation d'images.

Il serait cependant simpliste, de penser que la seule production d'images est suffisante pour obtenir un réel résultat de valorisation. Le paradoxe de la « révolution de l'information » actuelle est qu'il est sans doute plus difficile aujourd'hui qu'hier, d'étonner le public et d'atteindre ses objectifs de communication.

Il est ainsi proposé une démarche complète qui, au delà de produire simplement des images sous-marines, permet de définir sur quels atouts un site naturel doit communiquer pour :

- Valoriser son patrimoine tant auprès des populations locales que des visiteurs ;
- Se démarquer des autres stations du littoral et se construire une image qui lui soit propre.

Un prestataire réalisera une campagne d'acquisition d'images sous-marines afin d'identifier et de caractériser le milieu biologique au sein du futur ouvrage portuaire, notamment les espèces protégées traitées dans le présent dossier. Ces prospections en plongée sous-marine permettront d'illustrer de manière exhaustive les richesses sous-marines des fonds naturels et artificiels :

- Fonds sablo-vaseux ;
- Roches isolées ;
- Substrats artificiels.

Les photographies sous-marines illustreront notamment :

- La colonisation progressive par les organismes benthiques, des structures portuaires nouvellement construites ;
- Les effets des micro-habitats artificiels sur la biodiversité marine ;
- La recolonisation des fonds marins impactés par les travaux de dragage et déroctage.

L'illustration de la colonisation des structures portuaires par les organismes exige plusieurs séries de photographies sous-marines. Elles pourront être couplées avec le suivi des microhabitats artificiels. La réalisation des supports de communication et de sensibilisation, axés notamment sur les espèces protégées, comprendra 5 phases principales :

- Analyse des thématiques à illustrer ;
- Rédaction des textes et des légendes ;
- Post traitement des photos haute définition (colorimétrie notamment) ;
- Infographie et maquettage ;
- Edition et impression (à la charge du maître d'ouvrage).

Le choix des thématiques sera bien évidemment fait en totale concertation avec l'ensemble des partenaires et entièrement validé par le maître d'ouvrage.

L'éducation, la sensibilisation et la communication sont fondamentales. Des mesures informatives améliorant la prise de conscience des usagers et du public sont également nécessaires afin de transmettre l'importance de la conservation de cette espèce et de la biodiversité en général (par exemple, via le CD 66, l'Office du tourisme de Port-Vendres, etc.). La distribution de brochures dans les zones touristiques pendant la haute saison peut être une mesure visant à atteindre cet objectif. Le déploiement des panneaux éducatifs et l'élaboration d'une charte se sont également avérés être des mesures efficaces. Enfin, si possible, il pourrait éventuellement être envisagé la réhabilitation de l'hôtel des Tamarins en un centre de sensibilisation, de communication et de concertation.

Certaines opérations, notamment l'illustration de la colonisation des structures portuaires par les organismes exige plusieurs campagnes de photographies sous-marines étalées sur une longue durée. Par exemple, une campagne de plongée par an peut être nécessaire lors des 5 premières années, puis ces campagnes peuvent être espacées tous les deux ans pendant 7 ans. Ainsi, cette mesure est prévue pour durer 12 années, durant lesquelles les promoteurs du projet apporteront une contribution financière.

9.3 Pérennité des mesures de suivi et d'accompagnement

L'ensemble des mesures de suivi et d'accompagnement proposées respectent la durée minimale de 5 années. La plupart des mesures sont voisines des recommandations de la DREAL Languedoc-Roussillon, et correspondent aux prescriptions de durée demandée par le Parc (20 ans).

10 Synthèse sur les mesures

Une synthèse des mesures prises en faveur des deux espèces protégées concernées par le projet, ainsi que l'estimation du coût de chacune d'elle est présentée dans le Tableau 39.

Tableau 39 : Tableau synthétique de l'ensemble des mesures prises dans le cadre du projet de requalification du quai Dezoums à l'anse des Tamarins.

	Description sommaire	Espèce ciblée	Indication	Estimation	
Mesures d'évitement et de réduction	Optimisation du plan de masse en faveur de l'environnement	Toutes	Marchés de travaux	Coût dans l'ouvrage	
	Limiter les emprises de chantier	Toutes	Marchés de travaux	Coût dans l'ouvrage	
	Respect règles courantes d'intervention lors d'un chantier.	Toutes	Marchés de travaux	Coût dans l'ouvrage	
	Application d'un PGE et d'un PAE (2 ans)	Toutes	Estimation	40 000	
	Engagement d'un coordonnateur environnemental (5 j / mois)	Toutes	Estimation	80 000	
	Pas de travaux engendrant une turbidité pendant la saison estivale.	<i>P. oceanica</i>	Marchés de travaux	Coût dans l'ouvrage	
	Stratégie de mise en œuvre optimisée afin de réduire au maximum les impacts à l'extérieur de l'enceinte des travaux, notamment concernant la turbidité (matériau préfabriqué, fermeture rapide de l'enceinte, rinçage des matériaux, jupe en polyéthylène, décantation des eaux de trop plein, benne environnementale, etc.)	Toutes	Estimation	86 000	
	Plan de collecte des déchets et des effluents des navires, destiné à supprimer tous les éléments pouvant dégrader le milieu naturel (MES, résidus huileux, hydrocarbures, eaux usées, éléments enrichissants, polluants divers, etc.).	Toutes	Marchés de travaux	Coût dans l'ouvrage	
	Mettre en place un dispositif de collecte des eaux pluviales et des eaux de ruissellement, via un décanteur destiné à supprimer la majorité des MES (principale source de pollution des eaux pluviales).	Toutes	Estimation	Coût dans l'ouvrage	
	Respect des conventions internationales, lors des travaux de dragage et de clapage.	Toutes	Marchés de travaux	Coût dans l'ouvrage	
Mesures de compensation	Transplantation expérimentale des individus de <i>Pinna nobilis</i> .	<i>P. nobilis</i>	Estimation	28 000	
	Installation de structures destinées à compenser la perte de l'habitat (frayère et nurserie) que constituait la matie morte de Posidonie détruite par le projet	<i>P. oceanica</i>	Estimation	200 000	
	Mise en place d'une Zone de Mouillage d'Équipements Légers (ZMEL) pour les navires de plaisance afin de diminuer la pression des ancrages	Toutes	Estimation mise en place		250 000
			Estimation exploitation saisonnière 20 ans		440 000
	Description sommaire	Espèce ciblée	Indication	Estimation	
Mesures de suivi, de surveillance et d'accompagnement	Suivi de la turbidité pendant les phases de travaux où le risque de turbidité est avéré. Suivi en continu	Toutes	Estimation. Durée du suivi : 15 mois	85 000	
	Suivi de la qualité de l'eau et des sédiments (analyses annuelles sur 5 ans)	Toutes	Estimation. Durée du suivi : 5 ans	15 000	
	Suivi scientifique de <i>P. oceanica</i> au niveau de : - Herbier dans le bassin portuaire de Port-Vendres ; - Herbier « de référence »	<i>P. oceanica</i>	20 ANS/ 9 CAMPAGNES DE SUIVI	186 000	
	Suivi scientifique de <i>P. nobilis</i> au niveau du site de transplantation et au niveau d'un site de référence.	<i>P. nobilis</i>	20 ANS /9 CAMPAGNES DE SUIVI	120 000	
	Suivi scientifique des structures artificielles du quai et des micro-habitats artificiels de compensation pendant toute la durée d'exploitation du Quai Dezoums	<i>P. oceanica</i>	20 ANS/ 18 CAMPAGNES DE SUIVI	60 000	
	Suivi scientifique d'une Zone de Mouillage d'Équipements Légers (ZMEL) pour les navires de plaisance	Toutes	20 ANS/ 9 CAMPAGNES DE SUIVI	153 000	
	Eco-valorisation, communication, sensibilisation Sensibilisation du public = édition de documents, de photographies et panneaux.	Toutes	Durée : 12 ans	35 000	

Total € HT	1 322 000
-------------------	------------------

11 Conclusion

Il est ainsi démontré que le projet de requalification du quai Dezoums à l'anse des Tamarins répond bien aux exigences prévues par l'Article L.411-2 4° du Code de l'Environnement.

Ce projet répond en effet à une raison impérative d'intérêt public majeur, en ce qu'il est essentiel pour le désenclavement du département des Pyrénées-Orientales et le développement économique de l'agglomération de Port-Vendres. Les conditions de fonctionnement contraignantes du port ne peuvent perdurer, notamment vis-à-vis des conditions de sécurité pour les navires, le personnel du port, les impacts sur la population du centre-ville, et l'application du Code ISPS.

Le demandeur a par ailleurs procédé à un examen des différentes solutions alternatives de manière à s'assurer qu'il n'existait pas d'autre solution satisfaisante. En l'espèce, aucune d'entre-elle ne permet de répondre aux exigences justifiant l'intérêt public majeur du projet, à l'exception de l'anse des Tamarins qui est le site provoquant le moins de dommages aux espèces protégées présentes dans la zone portuaire, notamment les herbiers à *Posidonia oceanica*.

Des études complémentaires ont donc été menées et des variantes proposées afin de réduire ces atteintes, notamment par la mise en place de nombreuses mesures dites « d'évitement » et de « réduction », tant pendant la phase de chantier qu'au cours de la phase d'exploitation. Ainsi, les mesures suivantes sont envisagées :

- L'adoption d'une stratégie de mise en œuvre optimisée permettra de réduire les impacts indirects hors de la zone de travaux, notamment par la diffusion du panache turbide (mise en place rapide du premier rideau de pieux et de palplanches permettant de confiner la zone de travaux, emploi de plusieurs techniques émettant moins de MES, etc.) ;
- Limitation des emprises du chantier sur les espaces naturels (terrestres et marins) ;
- Respect des règles courantes d'intervention lors d'un chantier ;
- Application d'un Plan de Gestion Environnement et d'un Plan d'Assurance Environnement ;
- Choix de techniques de travaux adaptées, suivi en continu de la qualité des eaux, système d'alerte en cas de pollution avérée, permettant de réduire les effets d'un panache de turbidité ;
- Arrêt des travaux maritimes générant des MES pendant la période d'activité photosynthétique des Magnoliophytes marines et la période d'activité maximale de *Pinna nobilis* (saison estivale) ;
- Les engins terrestres ne circuleront pas en dehors de l'espace réservé au chantier (pas d'accès ou de cheminement sur les espaces naturels sensibles du littoral) ;
- Mise en place d'un dispositif de collecte des déchets (avec un système adapté et efficace contre un envol provoqué par le vent) et des effluents ;
- Mise en place d'un système de traitement des eaux de ruissellement et pluviales ;
- Respect des conventions internationales et du Code de l'Environnement lors des travaux de dragage pendant la phase d'exploitation du quai Dezoums.
- Pour éviter leur destruction, les individus de *Pinna nobilis* seront transplantés selon une méthode éprouvée et validée scientifiquement, *a priori* dans l'herbier à *P. oceanica* situé dans l'avant-port de Port-Vendres.

Malgré ces efforts, l'impact sur les deux espèces protégées présentes sur le site n'a pu être totalement évité. Pour cette raison, le demandeur a engagé une réflexion sur la définition des mesures de compensation, de suivi et d'accompagnement à mettre en œuvre.

La destruction de 3 996 m² et la dégradation de 1 069 m² de matte morte de Posidonie ne peut pas être sous-estimée sous prétexte que la plante est morte. En effet, le statut de protection agit toujours sur la plante morte. De plus, un herbier dans cet état peut parfois rapidement se restaurer

si les conditions défavorables sont réduites ou stoppées. **La mesure de compensation a donc été définie en considérant que ces 5 065 m² de matie morte sont un herbier à *P. oceanica* en excellent état de santé.**

Cette mesure compensatoire consiste à créer artificiellement des micro-habitats spécialement conçus pour accueillir les espèces juvéniles fréquentant habituellement les herbiers à *Posidonia oceanica*. Ces structures seront installées le long du quai Dezoums pendant toute sa durée d'exploitation. Le quai Dezoums aura un impact positif grâce à l'habitat rocheux qui sera créé (talus et pieux). Malgré tout, il a été souligné que l'infrastructure ne permet pas aux juvéniles d'avoir accès à des abris adaptés. La mise en place des micro-habitats artificiels et d'une ZMEL permettra donc de combler cette lacune.

L'ensemble des mesures d'évitement, de réduction et de compensation feront l'objet d'un programme de suivis scientifiques. Les résultats de ces suivis constitueront des indicateurs sur le bon accomplissement des mesures et/ou leur efficacité sur les espèces protégées concernées. Ainsi, les mesures suivantes sont envisagées :

- Engagement d'un « coordonnateur environnement », responsable du contrôle, du suivi et du bon accomplissement de l'ensemble des mesures d'évitement et de réduction. Il sera chargé d'élaborer un rapport scientifique de suivi des mesures sur les espèces protégées ;
- Mise en place d'un programme de surveillance en continu de la turbidité sur les zones les plus sensibles (herbiers) pendant toute les phases du chantier pouvant potentiellement provoquer une émission de MES. En plus de son rôle de sentinelle, cette surveillance permettra de conclure sur l'efficacité des mesures de réduction proposées ;
- Suivi scientifique des herbiers à *P. oceanica* sur un site de référence et le site potentiellement impacté (herbier de la plage de la Jetée) avant, pendant et après les travaux ;
- Suivi scientifique des individus de *Pinna nobilis* transplantés et sur un site de référence ;
- Suivi scientifique de la colonisation du quai et des micro-habitats de compensation. Ce suivi permettra dans un premier temps de prouver l'impact positif du quai sur la biodiversité portuaire et l'efficacité de structures artificielles de compensation. Ces dernières devront notamment produire une quantité de poissons supérieure à un herbier à *P. oceanica* de 5 065 m² en excellent état de conservation. L'objectif final sera de démontrer que le projet permet d'obtenir un gain écologique significatif par rapport à l'état initial (principe de l'additionnalité écologique). Par la suite, ce suivi aura vocation à améliorer les connaissances actuelles sur le sujet et à potentiellement apporter des améliorations sur les éléments existants ;
- La construction du talus en enrochements du quai Dezoums devrait avoir un impact positif significatif sur la biodiversité portuaire, notamment par la création d'un habitat rocheux et la mise à disposition d'un grand nombre de cavités pour les espèces vagiles. Pour illustrer et mettre en valeur cet impact positif, une campagne de sensibilisation, de communication et d'éco-valorisation sera mise en œuvre.

Enfin, suivant l'avis simple favorable relatif à la demande d'autorisation pour la requalification du quai Dezoums dans le port de Port-Vendres émis par le Conseil de gestion du Parc naturel marin du golfe du Lion (séance du 9 février 2016, délibération n°2016-003), le porteur de projet établira un cadre de travail avec le Parc naturel marin du golfe du Lion permettant de mutualiser et de partager les protocoles et les cahiers de charges, les données et les résultats des démarches d'évitement, de réduction et de compensation, en lien avec les espèces et habitats impactés.

Enfin, il est important de noter que le public sera informé dès le premier passage du dossier de demande de dérogation en Conseil National de Protection de la Nature (CNP).

12 Bibliographie

Acunto S., Piazzini L., Balestri E., Cinelli F., 1996. Segnalazioni di fioriture di *Posidonia oceanica* (L.) Delile lungo le coste toscane. *Biol. Mar. Medit.*, 3(1): 437 - 438.

Addis P., Secci M., Brundu G., Manunza A., Corrias S., Cau A., 2009. Density, size structure, shell orientation and epibiotic colonization of the fan mussel *Pinna nobilis* L. 1758 (Mollusca: Bivalvia) in three contrasting habitats in an estuarine area of Sardinia (W Mediterranean). *Scientia Marina* 73(1) March 2009, 143-152.

ADENA, 2009. Suivi de la grande nacre *Pinna nobilis* au Cap d'Agde, saison 2009. Site Natura 2000 « Posidonies du Cap d'Agde, FR 9101414 ». 8p.

ADENA, 2003. Documents d'objectifs du site Natura 2000 FR 910 1414 « Posidonies du Cap d'Agde », partie 1 : inventaire de l'existant et analyse écologique :1-301.

Alcoverro T., Manzanera M., Romero J., 2001. Annual metabolic carbon balance of the seagrass *Posidonia oceanica* : the importance of carbohydrate reserves. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 211: 105-116.

Albertini J.P., Hubert S., Morandea D., Le Bris C., Lansart M., Lemaitre-Curri E., 2013. Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels. Commissariat Général au Développement Durable. Direction de l'Eau et de la Biodiversité. 229 p.

Ardizzone G.D., Pelusi P., 1984. Yield and damage evaluation of bottom trawling on *Posidonia* meadows. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 63 - 72.

Astier J.M., 1984. Impact des aménagements littoraux de la rade de Toulon, liés aux techniques d'endiguage, sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 255 - 259.

Augier H., Boudouresque C.F., 1967. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc national). I. La baie de La Palud. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 27 : 93 - 124.

Augier H., Boudouresque C.F., 1979. Premières observations sur l'herbier de Posidonies et le détritique côtier de l'île du Levant (Méditerranée, France), à l'aide du "sous-marin" Griffon de la Marine Nationale. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 5: 141-153.

Augier H., Maudinas B., 1979. Influence of the pollution on the photosynthetic pigments of the marine Phanerogam *Posidonia oceanica* collected from different polluted areas of the Region of Marseille (Mediterranean sea, France). *Oecologia Plantarum*, 14(2) : 169 - 176.

Augier H., Robert P., Maffre R., 1980. Etude du régime thermique annuel des eaux au niveau des peuplements de Phanérogames marines de la baie de Port-Cros (îles d'Hyères, Méditerranée, France). *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, 6: 69-131.

Balduzzi A., Bavestrello G., Belloni S., Boero F., Cattaneo R., Pansini M., Pronzato R., 1984. Valutazione dello stato di alcune praterie di *Posidonia* nel mare ligure sottoposte a diverse condizioni di inquinamento. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 73 - 78.

Balestri E., Cinelli F., Lardicci C., 2003. Spatial variation in *Posidonia oceanica* structural, morphological and dynamic features in a northwestern Mediterranean coastal area: a multi-scale analysis. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 250: 51 - 60.

Ballesteros E., 1987. Estructura i dinàmica del poblament algal de les fulles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile als herbeis de Tossa de Mar (Girona). *Bull. Inst. catal. Hist. nat.*, 54(6): 13 - 30.

Ballesteros E., Alcoverro T., Cebrian E., Font X., Garcia-Rubies A., Romero J., 2005. Pseudoviviparity, a new form of asexual reproduction in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Bot. Mar.*, 48 : 175 - 177.

Barbera C., 2000. La situazione in Italia. *Dragaggi portuali : qualità e gestione dei materiali*, Atti Giornata 18 febbraio 1998, ICRAM publ.: 11-17.

Barberá CC, Cañizares FS, Rull AL, 1996. Estudio de la población del molusco eulamelibranquio *Pinna nobilis* L., 1758, en el litoral alicantino. Unpublished Technical Report, Diputación de Alicante (Spain). 45 p.

Bell J.D., Harmelin-Vivien M.L., 1983. Fish fauna of french mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. Feeding habits. *Téthys* 11, 14 p.

Ben Alaya H., 1972. Répartition et conditions d'installation de *Posidonia oceanica* Delile et *Cymodocea nodosa* Ascherson dans le Golfe de Tunis. *Bull. Inst. Océanogr. Pêche Salammbô*, 2(3) : 331 - 416.

Beqiraj S., Kashta L., Kuçi M., Kasemi D., Mato X., Gace A., 2010. Benthic macrofauna of *Posidonia oceanica* meadows in the albanian coast. *Natura montenegrina*, Podgorica 7(2) : 55-69.

Bernard G., Cadiou G., Escoffier B., Le Direach L., Bonhomme P., Charbonnel E., 2000. Surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* du golfe de Giens (Var, France). GIS Posidonie publ., Fr.: 61 p.

Bianchi C.N., Peirano A., 1995. Atlante delle Fanerogame marine della Liguria. *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*. Centro Ricerche Ambiente Marino, ENEA publ., La Spezzia, Ital.: 146 p.

Bianconi C.H., Boudouresque C.F., Caltagirone A., Lefèvre J.R., Semroud R., 1990. Résultats scientifiques de la mission Scandola 49 (août 1990). Parc naturel régional de la Corse et LBMEB, Univ. Aix-Marseille 2, Fr.: 28 p.

Blanc J.J., 1974. Phénomènes d'érosion sous-marine à la presqu'île de Giens (Var). *C.R. Acad. Sci.* 278: 1821 - 1823.

Blanc J.J., 1975. Recherches de sédimentologie appliquée au littoral rocheux de la Provence. Aménagement et protection. Centre nation. Exploit. Océans publ., Fr.: 164 p.

Blanc J.J., Jeudy De Grissac A., 1984. Erosions "sous-marines" des herbiers à *Posidonia oceanica* (Méditerranée). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 23 - 28.

Blanc J.J., Jeudy De Grissac A., 1989. Réflexion géologique sur la régression des herbiers à Posidonies (départements du Var et des Bouches-du-Rhône). In: Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. édits. *Second international Workshop on Posidonia beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 2 : 273 - 285.

Blanpied C., Burollet P.F., Clairefond P., Shimi M., 1979. Sédiments actuels et Holocènes. La mer Pélagienne, étude sédimentologique et écologique du plateau tunisien et du golfe de Gabès. *Ann. Univ. Provence, Fr.*, 6(1): 61-82.

Blouet S., Lenfant P., Dupuy de la Grandrive R., Laffon J-F, Chéré E., Courp T., Gruselle MC., Ferrari B., Payrot J, 2011. Mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de posidonies des sites Natura 2000 marins du Languedoc-Roussillon. Rapport ADENA-CNRS/EPHE/UPVD/CEFREM-CG66-AAMP,Fr 48p.

Bertrand M.C., Boudouresque C.F., Foret P., Lefevre J.R., Meinesz A., 1986. Réseau de Surveillance Posidonies. Rapport 1985. Conseil rég. PACA, GIS Posidonie, CIPALM, CAPVAR, CELCOP & GIS Posidonie édit., Marseille, Fr. : 1-61.

Boer W.F., 2000. Biomass dynamics of seagrasses and the role of mangrove and seagrass vegetation as different nutrient sources for an intertidal ecosystem. *Aquat. Bot.* : 66, 225 – 239.

Bonhomme P., Roy D., Bernard G., Charbonnel E., Divetain N., 1999. Extension de la cartographie des fonds et de l'herbier à *Posidonia oceanica* entre la calanque du Mugel et l'île Verte. ADES et GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.: 90 p.

Borg J.A., Attrill M.J., Rowden A.A., Schembri P.J., Jones M.B., 2005. Architectural characteristics of two types of the seagrass *Posidonia oceanica* over different spatial scales. *Est. Coast. Shelf Sci.* 62: 667 - 678.

Borum J., Duarte C.M., Krause-Jensen D., Greve T.M., 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses (M&MS)Publ. 88 p.

Boudouresque C.F., 1996. Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. 2ème édition. GIS Posidonie publ. : 243 p.

Boudouresque C.F., 2012. La grande nacre *Pinna nobilis* : argumentaire contre le déplacement d'individus, comme mesure d'accompagnement du projet de port de la Carbonite (Corse). 3p.

Boudouresque C.F., Arrighi F., Finelli F., Lefevre J.R., 1995a. Arrachage des faisceaux de *Posidonia oceanica* par les ancras : un protocole d'étude. *Rapp. Commiss. internation. Mer Médit.*, Monaco, 34 : 21 p.

Boudouresque C.F., Ballesteros E., Ben Maiz N., Boisset F., Bouladier E., Cinelli F., Cirik S., Cormaci M., Jeudy De Grissac A., Laborel J., Lanfranco E., Lundberg B., Mayhoub H., Meinesz A., Panayotidis P., Semroud R., Sinnassamy J.M., Span A., Vuignier G., 1990a. Livre rouge "Gérard Vuignier" des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée. Programme des Nations Unies pour l'Environnement publ.: 250 p.

Boudouresque C.F., Beaubrun P.C., Relini G., Templado J., Van Klaveren M.C., Van Klaveren P., Walmsley J.G. Zotier R., 1996. Critères de sélection et liste révisée des espèces en danger et menacées (marines et saumâtres) en Méditerranée. GIS Posidonie Publishers, Marseille, Fr. : 73 p.

Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. Ouvrage réalisé dans le cadre de l'Accord RAMOGE entre la France, l'Italie et Monaco RAMOGE pub. : 202 p.

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 (5) : 395 - 418.

Boudouresque C.F., Bertrand M.C., Desjardins C., Fifis J.C., Foret P., Lefebvre J.R., Meinesz A., Nieri M., Patrone J., Pergent G., Gravez V., 1987. Mise en place de systèmes de surveillance des herbiers à *Posidonia oceanica* le long du littoral méditerranéen français. Symp. Intern. Prot. Milieu Mar. contre les rejets Urbains, Marseille, Fr. (1) : 1-20.

Boudouresque C.F., Bertrand M.C., Bouladier E., Foret P., Meinesz A., Pergent G., Vitiello P., 1990b. Le Réseau de surveillance des herbiers de Posidonies mis en place en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. *Rapp. Commiss. internation. Mer Médit.* 32(1) : 11 p.

Boudouresque C.F., Bianconi C.H., Meinesz A., 1990c. Live *Posidonia oceanica* in a coralligenous algal bank at Sulana, Corsica. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 32(1): 11.

Boudouresque C.F., Cadiou G., Guerin B., Le Direach L., Robert P., 2004. Is there a negative interaction between biodiversity conservation and artisanal fishing in a Marine Protected Area, the Port-Cros National Park (France, Mediterranean Sea). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park* 20: 147-160.

Boudouresque C.F., Charbonnel E., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Cadiou G., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Rico-Raimondino V., 2000. A monitoring network based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the northwestern Mediterranean Sea. *Biol. mar. mediterr.*, 7(2): 328 - 331.

Boudouresque C.F., Cruzet A., Pergent G., 1983. Un nouvel outil au service de l'étude des herbiers à *Posidonia oceanica* : la lépidochronologie. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 28 (3) : 111 - 112.

Boudouresque C.F., Giraud G., Perret M., 1977. *Posidonia oceanica* : bibliographie. Centre National pour l'Exploration des Océans ; Univ. D'Aix-Marseille 2-Luminy : 191 p.

Boudouresque C.F., Giraud G., Thommeret J., Thommeret Y., 1980c. First attempt at dating by ¹⁴C the undersea beds of dead *Posidonia oceanica* in the bay of Port-Man (Port-Cros, Var, France). *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr.*, 6 : 239 - 242.

Boudouresque C.F., Gravez V., Meinesz A., Molenaar H., Pergent G., Vitiello P., 1994a. L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : protection légale et gestion. In: *Pour qui la méditerranée au 21ème Siècle - Villes des rivages et environnement littoral en Méditerranée*. Actes du colloque scientifique Okeanos, Maison de l'Environnement de Montpellier publ., Fr.: 209 - 220.

Boudouresque C.F., Jeudy De Grissac A., 1983. L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : les interactions entre la plante et le sédiment. *J. Rech. océanogr.*, 8(2-3) : 99 - 122.

Boudouresque C.F., Jeudy De Grissac A., Meinesz A., 1984. Relations entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 185 - 191.

Boudouresque C.F., Jeudy De Grissac A., Meinesz A., 1985b. Un nouveau type d'herbier à *Posidonia oceanica* : l'herbier de colline. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, 29(5): 173-175.

- Boudouresque C.F., Jeudy De Grissac A., Meinesz A., 1986a. Chronologie de l'édification d'une colline de Posidonies. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, 2: 3 - 12.
- Boudouresque C.F., Lefèvre J.R., Meinesz A., 1986b. Cartographie du carré permanent de la marina d'Elbu. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, 2: 24 - 33.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cah. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 4 : 79 p.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., Ledoyer M., Vitiello P., 1994b. Les herbiers à Phanérogames marines. In: Bellan-Santini D., Lacaze J.C., Poizat C. eds. Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. Muséum National d'Histoire naturelle publ., Paris, Fr.: 98 - 118.
- Boudouresque C.F., Meinesz A., Lefevre J.R., 1985a. Cartographie des peuplements benthiques marins de Corse : I. La formation récifale à *Posidonia oceanica* de Saint-Florent. *Ann. Inst. océanogr.*, 61(1) : 27-38.
- Boudouresque C.F., Thommeret J., Thommeret Y., 1980d. Sur la découverte d'un bioconcrétionnement fossile intercallé dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie de Calvi (Corse). Journées Etude Systém. Biogéogr. médit., CIESM publ.: 139 - 142.
- Boudouresque C.F., Verlaque M., 2001. Ecology of *Paracentrotus lividus*. Edible sea urchins: biology and ecology, Lawrence J. édit., Elsevier publ., Amsterdam: 177-216.
- Boudouresque C.F., Meinesz A. 1982. Découverte de l'herbier de posidonie. *Cah. Parc nation. Port-Cros*, 4 : 79PP.
- Bradley R., 2000. 1000 years of climate change. *Science* 288 : 1353 - 1354.
- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., 2004. Seagrass systems. In: Gambi M.C., Dappiano M. edits. *Mediterranean marine benthos: a manual of methods for its sampling and study. Biol. mar. Medit.* 11(suppl. 1): 133 - 183.
- Butler A, Vicente N, De Gaulejac B, 1993. Ecology of de Pteroid bivalves *Pinna bicolor* Gmelin and *Pinna nobilis* L. *Life* 3(1-2):37-45.
- Calvo S., Ciruolo G., La Loggia G., Mazzola A., Tomasello A., Vizzini S. 2003. Stagnone Di Marsala, Sicily – Italy. Università di Palermo, Italy. : 2 p.
- Calvo S., Fradà-Orestano C., 1984. L'herbier à *Posidonia oceanica* des côtes siciliennes : les formations récifales du Stagnone. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 29 - 37.
- Cambridge M.L., McComb A.J., 1984. The loss of seagrass in Cockburn sound, Western Australia. I. The time course and magnitude of seagrass decline in relation to industrial development. *Aquat. Bot.* 20 : 229 - 243.
- Campos-Villaca R., 1984. Données préliminaires sur l'éthologie alimentaire de l'oursin *Sphaerechinus granularis* dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie de Port-Cros. Diplôme Etudes Approfondies Océanologie Biologique, Univ. Aix-Marseille 2, Fr.: 1-47.
- Cancemi G., De Falco G., Pergent G., 2000. Impact of a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Biol. Mar. Medit.* 7(2): 341-344.

- Cancemi G., De Falco G., Pergent G., 2003. Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 56 : 961 - 968.
- Cardoso P.G., Pardal M.A., Lillebø A.I., Ferreira S.M., Raffaelli D., Marques J.C., 2004. Dynamic changes in seagrass assemblages under eutrophication and implications for recovery. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 302 : 233 - 248.
- Carter JG, 1990. Shell microstructural data for the Bivalvia. Part III. Orders Praecardioida, Arcoida, Pterioida and Limoida. In: JG Carter (Ed.), *Skeletal Biomineralization: Patterns, Processes and Evolutionary Trends*. Volume I. Van Nostrand Reinhold. New York. pp. 321-346.
- Catsiki VA, Catsilieri C, 1992. Presence of chromium in *Pinna nobilis* collected from a polluted area. *Fresenius Envir Bull* 1:644-649.
- Caye G., 1980. Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille 2, Fr.: 121 p.
- Caye G., 1982. Etude sur la croissance de la posidonie, *Posidonia oceanica* (L.) Delile, formation des feuilles et croissance des tiges au cours de l'année. *Téthys*, Fr., 10 (3) : 229-235.
- Caye G., 1989. *Sur la morphogénèse, le cycle végétatif et la reproduction de deux phanérogames marines de Méditerranée : Posidonia oceanica (Linnaeus) Delile et Cymodocea nodosa (Ucria) Ascherson*. Thèse habilitation, Univ. Nice : 229 p.
- Caye G., Meinesz A., 1984a. Floraison et fructification des phanérogames marines *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson et *Zostera noltii* Hornemann à Port Cros. *Travaux scientifiques du Parc National de Port-Cros*, 10 : 153 - 156.
- Caye G., Meinesz A., 1984b. Observations sur la floraison et la fructification de *Posidonia oceanica* dans la baie de Villefranche et en Corse du Sud In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 193 - 201.
- Cazes M., Gazeilles L., 1997. Essai de recensement du mollusque bivalve Méditerranéen : *Pinna nobilis*, dans la Réserve marine de Banyuls/Mer, DEUG SVT - Université de Perpignan.
- Cebrian J., Duarte C.M., 2001. Detrital stocks and dynamics of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Spanish Mediterranean. *Aquat. Bot.* 70: 295-309.
- Ceccherelli G., Campo D., 2002. Different Effects of *Caulerpa racemosa* on Two Co-occurring Seagrasses in the Mediterranean. *Botanica Marina* Vol. 45 2002 : 71 - 76.
- Ceccherelli G., Piazzini L., Cinelli F., 2000. Response of the non-indigenous *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J. Agardh to the native seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: effect of density of shoot and orientation of edges of meadows. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 243 : 227 - 240.
- Centene L., 1992. Cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* en baie de Peyrefitte. Proposition de gestion des mouillages. DESS Ecosystèmes méditerranéens, Univ. Corse : 1-55.
- Centoducati G., Tarsitano E., Bottalico A., Marvulli M., Lai O.R., Crescenzo G., 2006. Monitoring of the Endangered *Pinna nobilis* Linné, 1758 in the Mar Grande of Taranto (Ionian Sea, Italy). *Environ Monit Assess* DOI 10.1007/s10661-006-9479-z. 9p.

CG66, 2011. Port de Port-Vendres. Campagne Océanographique d'instrumentation et de mesures. NortekMed S.A.S.

CG66, 2013. Dossier de concertation. Requalification du quai Dezoums. Un projet pour le développement du port de Port-Vendres. Conseil Général des Pyrénées-Orientales, Perpignan, France : 31 p.

Charbonnel E., 1993. Cartographie de l'herbier de Posidonie et des fonds marins environnants de Toulon à Hyères (Var, France). Reconnaissance par sonar latéral et photographie aérienne. Notice de présentation. Ifremer & GIS Posidonie publ., Fr.: 36 p.

Charbonnel E., Bonhomme P., Bernard G., Cadiou G., Boudouresque C.F., 2002. Projet d'aménagement du port de la Madrague de Giens. Cartographie et état de vitalité des herbiers et du récif-barrière de Posidonie. Conseil Général du Var & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.: 62 p.

Charbonnel E., Bonhomme P., Bernard G., Palluy F., Le Direach L., Boudouresque C.F., 1997b. Etude cartographique et diagnostic écologique du milieu marin en vue de la faisabilité de la restructuration des installations littorales et portuaires de la ville de Saint-Tropez (Var). Ville de Saint-Tropez, Service des Marchés et des Subventions des Affaires Maritimes et Portuaires & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.: 98 p.

Charbonnel E., Boudouresque C.F., Bertrand M.C., Foret P., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ricoraimondino V., Vitiello P., 1993. Le Réseau de Surveillance Posidonies en Région de Provence-Alpes-Côte d'Azur (Méditerranée, France): les premiers résultats. *In: Symposium international sur la Protection du Milieu Marin contre la Pollution Urbaine*, Marseille, Fr., 3: 10 p.

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

Charbonnel E., Francour P., 1994. Cartographie des fonds et de l'herbier à *Posidonia oceanica* entre la calanque du Mugel et l'île Verte (La Ciotat) pour le passage d'une canalisation d'alimentation en eau de l'île Verte. ADES, Conseil Général des Bouches-du-Rhône & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.: 65 p.

Charbonnel E., Gravez V., Abellard O., Boudouresque C. F., Remonnay L., 1995d. Surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* du golfe de Giens (Var-France). Second suivi. Contrat Syndicat Intercommunal Hyères-Carqueiranne pour l'assainissement de la baie de Giens & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.: 106 p.

Chessa L.A., Fresi E., Soggiu L., 1983. Preliminary data on consumers food web in a *Posidonia oceanica* (L.) Delile bed. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 28(3): 159 - 160.

Cinelli F., Pardi G., Papi I., 1995. Plant biology. *In: Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A. edits. La Posidonia oceanica.* Revista Marittima Publ., Ital., 12(Suppl.) : 17 - 27.

Clairefond P., Jeudy De Grissac A., 1979. Description et analyse des structures sédimentaires en milieu marin: recensement de quelques exemples dans l'herbier de Posidonies autour de l'île de Port-Cros (Parc national). *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros* 5 : 79 - 104.

- Clark P.U., Alley R.B., Pollard D., 1999. Northern hemisphere ice-sheet influences on global climate change. *Science* 286 : 1104 - 1111.
- Colantoni P., Galignani P., Fresi E., Cinelli F., 1982. Patterns of *Posidonia oceanica* (L.) Delile beds around the island of Ischia (Gulf of Naples) and adjacent waters. *Mar. Eco.y PSZNI* 3 (1): 53-74.
- Combelles S, Moreteau JC, Vicente N, 1986. Contribution a la connaissance de l'écologie de *Pinna nobilis* L. (Mollusque eulamelibranche). *Sci Rep Port-Cros Nat Park* 12: 29 – 43.
- Conde Poyales F., 1989. Ficogeografía del mar de Alborán en el contexto del Mediterráneo occidental. *An. Jard. bot. Madrid* 46(1): 21 - 26.
- Corre M., Daniel. B., Rodriguez. T., Serazin. T., 2012. *Document d'Objectifs Natura 2000 – Posidonies de la côte palavasiennne – Tome 1 : Etat des lieux & analyse écologique*. Agence des aires marines protégées, Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins du Languedoc-Roussillon, Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement région Languedoc-Roussillon, Préfecture Maritime de Méditerranée, 361 p.
- Costanza R., Andrade F., Antunes P., Belt van den M., Boesch D., Boersma D., Catarino F., Hanna S., Limburg K., Low B., Molitor M., Pereira J.G., Rayner S., Santos R., Wilson J., Young M., 1999. Ecological economics and sustainable governance of the Oceans. *Ecol. Econ.* 31 : 171 – 187.
- Costanza R., Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., Van den Belt M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, : 253 - 260.
- Coulon P., Jangoux M., 1992. Rate and rhythm of feeding of the Holothuroid *Holothuria tubulosa* in the seagrass beds off the Island of Ischia (bay of Naples, Italy). *In: Keegan B F. edit. Space and time series. Data analysis in coastal benthic Ecology*. Commission of the European Communities publ.: 573 - 580.
- Cowen R.K., Lwiza K.M.M., Sponaugle S., Paris C.B., Olson D.B., 2000. *Connectivity of marine populations: open or closed?* *Science* 287 : 857-859.
- Créocéan, 2012. Etude des biocénoses marines dans le port de Port-Vendres (anse des Tamarins). Conseil Général des Pyrénées Orientales. 1-12129-E. Juillet 2012. 51p.
- Crouzet A., 1981. Mise en évidence de variations cycliques dans les écailles de rhizomes de *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). *Trav. Sci. Parc Nat. Port-Cros* 7 : 129 - 135.
- Crouzet A., Boudouresque C.F., Meinesz A., Pergent G., 1983. Evidence of the annual character of cyclic changes of *Posidonia oceanica* scale thickness (erect rhizomes). *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 28(3) : 113 - 114.
- Czihak G, Dierl W, 1961. *Pinna nobilis* L. eine préparationsanleitung. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart. 44 p.
- Dalias N., Foulquié M., Fabre E., 2011. Extension du port de plaisance de Leucate - Aménagement du bassin d'honneur. Réalisation d'une étude et d'un dossier de dérogation par rapport à *Pinna nobilis*. Contrat Ville de Leucate & SEANEO. SEANEO publ. Fr. : 112 p.
- Dalias N., Fabre E., Mabile S., Foulquié M., Scourzic T., 2012. Extension du port de Bastia – Site de la Carbonite. Réalisation d'une étude et d'un dossier de dérogation d'atteinte aux espèces protégées. Contrat Collectivité Territoriale de Corse & SEANEO. SEANEO publ. Fr. : 467 pages.

Dalias N., Foulquié M., Fabre E., Scourzic T., 2013. Port de Sète - Canal maritime - Réparation général du quai François Maillol et de son pan coupé. Etudes réglementaires à caractère environnemental / AMO, mission de conseil dans les domaines techniques et juridiques. Etat initial du site et de son environnement. Conseil Régional Languedoc-Roussillon & SEANEO - Egis Eau. SEANEO publ. Fr. : 40 pages.

Dalias N., Foulquié M., Fabre E., Scourzic T., 2013. Port de Sète - Port Sud de France - Aménagements nautiques à destination de la plaisance. Etudes réglementaires à caractère environnemental / AMO. Etat initial du site et de son environnement. Etablissement Public Régional - Sète Port Sud de France & SEANEO - Egis Eau. SEANEO publ. Fr. : 53 pages.

Dance C., Savy S., 1987. Predation of *Paracentrotus lividus* by *Marthasterias glacialis*: an in situ experiment at Port-Cros (France, Mediterranean). *Posidonia Newsletter* 1(2): 35 - 41.

Dawes, C.J., Hanisak, D., Kenworthy, W.J., 1995. Seagrass biodiversity in the Indian River Lagoon. *Bull. Mar. Sci.* 57 (1), 59 – 66.

De Gaulejac B, Medioni E, Vicente N, 2003. Essais de captage de *Pinna nobilis* et autres mollusques sur les côtes méditerranéennes françaises. *Mem Inst Oceanogr Paul Ricard* 9:57-62.

De Gaulejac B, Vicente N 1990. Ecologie de *Pinna nobilis* (L.) mollusque bivalve sur les côtes de Corse. Essais de transplantation et expériences en milieu contrôlé. *Haliotis* 10:83–100.

De Gaulejac B., 1993. Ecologie et dynamique des populations de *Pinna nobilis* en Corse., Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques de l'Université de Marseille.

Delgado O., Ruiz J., Perez M., Romero J., Ballesteros E., 1999. Effects of fish farming on seagrass (*Posidonia oceanica*) in a Mediterranean bay: seagrass decline after organic loading cessation. *Oceanol. Acta* 22(1) : 109 - 117.

DeMenocal P., Ortis J., Guilderson T., Sarnthein M., 2000. Coherent high- and low-latitude climate variability during the Holocene warm periode. *Science* 288 : 2198 - 2202.

Den Hartog C., 1970. The seagrasses of the world. The seagrasses of the world. *Verhand. Koninklijke Nederl Akad. Wetenschap Afd. Nat. Tweede reeks, North-Holland Publ. Amsterdam*, 59 (1) : 272 p.

Denninson, W.C., Orth, R.J., Moore, K.A., Stevenson, J.C., Carter, V., Kollar, S., Bergstrom, P.W., Batiuk, R.A., 1993. Assessing water quality with submersed aquatic vegetation—habitat requirements as barometer of Chesapeake Bay health. *Bioscience* 43 (2), 86 – 94.

Denny MW, 1995. Predicting physical disturbance: mechanistic approaches to the study of survivorship on wave swept shores. *Ecol Monogr* 65(4):371– 418.

Descamp P., Pergent G., Ballesta L., Foulquié M., 2005. Underwater acoustic positioning systems as tool for *Posidonia oceanica* bed survey. *C.R. Biologies* 328: 75-80.

Descamps P., Ballesta L. Holon F., 2007. Suivi de deux herbiers de posidonie dans la réserve marine de Cerbère-Banyuls : Baie de Tancade et Anse du Pin Parasol. *Contrat Conseil Général des Pyrénées Orientales, L'OEil d'Andromède publ.* : 1-45.

Descamp Pierre, Holon Florian, Ballesta Laurent, 2009. Microcartographie par télémétrie acoustique de 9 herbiers de posidonie pour le suivi de la qualité des masses d'eau côtières

méditerranéennes françaises dans le cadre de la DCE. Contrat L'Oeil Andromède/Agence de l'Eau, CRLR, CRPACA. Andromède publ., Montpellier, Fr. :1-59pp. + annexes.

DIRECTIVE 2008/56/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 17 juin 2008 établissant un cadre d'action communautaire dans le domaine de la politique pour le milieu marin (directive-cadre «stratégie pour le milieu marin») (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE). Journal officiel de l'Union européenne L 164/19 – L164/40.

Diviacco G., Spada E., Virno-Lamberti C., 2001. Le Fanerogame marine del Lazio. Descrizione e cartografia delle praterie di *Posidonia oceanica* e dei prati di *Cymodocea nodosa*. ICRAM publ., Ital.: 113 p.

DREAL LR, 2012. Demandes de dérogations espèces protégées. Projets d'aménagements et infrastructures. Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Languedoc-Roussillon. Service Biodiversité Eau Paysage Unité Biodiversité Terrestre et Marine. Montpellier, France. 24 p.

Drew E.A., 1978. Factors affecting photosynthesis and its seasonal variation in the seagrasses *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers., and *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 31 : 173-194.

Duarte C.M., 2000. Marine biodiversity and ecosystem services: an elusive link. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 250 : 117 - 131.

Duarte C.M., 2002. The future of seagrass meadows. *Environ. Conserv.* 29 : 192 - 206.

Duarte C.M., Kirkman H., 2001. Methods for the measurement of seagrass abundance and depth distribution. In: Short F.T., Coles R.G. edits. *Global seagrass research methods*. Elsevier Scientific publ., Amsterdam: 141-153.

Dutrieux E., Sartoretto S., Schwartz T., Thorin S. 2006. Mise en œuvre du réseau de référence et de l'exercice d'intercalibration (eaux côtières). *IFREMER – Agence de l'eau RMC*. 139PP.

Egis, 2013. Port de Port-Vendres. Requalification du quai Dezoums à l'Anse des Tamarins. Etude d'agitation.

Egis, 2014. Port de Port-Vendres. Requalification du quai Dezoums à l'Anse des Tamarins. Etude d'impact.

El Asmi-Djellouli Z., Djellouli A.S., Abdeljaoued S., 2000. Présentation des herbiers de la baie de Monastir (Tunisie). *Proceedings of the first Mediterranean symposium on marine vegetation*. RAC/SPA publ., Tunis: 132 - 135.

Elkalay K., Frangoulis C., Skliris N., Goffart A., Gobert S., Lepoint G., Hecq J.H., 2003. A model of seasonal dynamics of biomass and production of the seagrass *Posidonia oceanica* in the Bay of Calvi (Northwestern Mediterranean). *Ecol. Model.* 167: 18 p.

Fabens AJ, 1965. Properties and fitting of the Von Bertalanffy growth curve. *Growth* 29:265-289.

Fergusson R.L., Thayer G.W., Rice T.R., 1980. Marine primary producers. In: *Functional adaptations of marine organisms*. Academic Press publ.: 9-69.

Ferrari B., 2006. Etude synécologique de *Posidonia oceanica* et de *Sarpa salpa* le long de la côte rocheuse des Albères (Pyrénées-Orientales, France) ; influence d'une aire marine protégée. Thèse

Doct. « Milieux, organismes et évolutions ». Laboratoire des Ecosystèmes Aquatiques Tropicaux et Méditerranéens, CNRS : 1-315.

Fiorito G., Gherardi F., 1999. Prey-handling behaviour of *Octopus Vulgaris* (Mollusca, Cephalopoda) on Bivalve preys. *Behavioural Processes* 46 (1999) 75–88.

Ford D., 1933. An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924 to 1933. *J. Mar Biol Ass U K* 19:305-384.

Foulquié M., Dupuy De La Grandrive R., 2002. Mise en place d'un suivi des grandes nacres (*Pinna nobilis*) dans la zone Natura 2000 des « Posidonies du Cap d'Agde », Hérault, France. Association de Défense de l'Environnement et de la Nature des pays d'Agde - Séminaire *Pinna nobilis*, 10-12 octobre 2002 – les Embiez. 7p.

Foulquié M., Dupuy De La Granrive R., 2003. Site Natura 2000 FR 910 1414 "Posidonies du cap d'Agde". Document d'objectifs. Inventaire de l'existant et analyse écologique. ADENA publ., Agde : 301 p.

Francour P., Charbonnel E., Abellard O., Boudouresque C.F., 1995. Cartographie de la limite supérieure de l'herbier de Posidonie au droit du port de l'Aygade (Var) et état initial des fonds – expertise du site. *BETEREM & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.:* 27 p.

Francour P., Ganteaume A., Poulain M., 1999. Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (Northwestern Mediterranean Sea). *Aquatic Conserv.: mar freshw. Ecosyst.* 9 : 391 - 400.

Francour P., Gravez V., 1990. Les fonds marins, et en particulier l'herbier à *Posidonia oceanica*, entre les ports de la Pointe Rouge et de La Madrague (Marseille, Méditerranée). Ville de Marseille & GIS Posidonie. *GIS Posidonie publ., Fr.:* 32 p.

Francour P., Le Direac'h L., 1994. Recrutement de l'ichtyofaune dans l'herbier superficiel à *Posidonia oceanica* de la réserve naturelle de Scandola (Corse, Méditerranée Nord-occidentale) : données préliminaires. *Trav. sci. Parc nat. région. Rés. Corse*, 46 : 71 - 91.

Francour P., Le Direac'h L., 2001. Analyse spatiale du recrutement des poissons de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans la réserve naturelle de Scandola (Corse, Méditerranée Nord-occidentale). Contrat Parc Naturel Régional de la Corse et GIS Posidonie. *LEML, publ., Nice*, 23 p.

Francour P., Marchadour M., 1989. Les fonds marins, et en particulier l'herbier à *Posidonia oceanica*, aux alentours du port de la Pointe Rouge (Marseille). Ville de Marseille & GIS Posidonie. *GIS Posidonie publ., Fr.:* 48 p.

Francour P., Niéri M., Urscheler F., 1991. Les structures anti-chalut du golfe de Beauduc (Camargue). Campagne de suivi 1991. Rapport préliminaire. *GIS Posidonie publ., Fr.:* 42 p.

Francour P., Poulain M., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., 1997. Impact des mouillages forains sur l'herbier à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros (Méditerranée Nord-occidentale). Contrat Parc national de Port-Cros & GIS Posidonie, *GIS Posidonie publ., Fr.:* 51 p.

Fresi E., Chessa L.A., Scardi M., Impagliazzo C., 1984. Feeding ecology of *Palaemon xiphias* Risso, from a *Posidonia oceanica* meadow near Alghero (Sardinia). In: Boudouresque C.F., Jeudy

de Grissac A., Olivier J. eds. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 331 - 334.

Gacia E., Duarte C.M., Granata T., 1999. An approach to the measurement of particle flux and sediment retention within seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Aquat. Bot.* 65 : 255 - 268.

Gamulin-Brida H., 1974. Biocénoses benthiques de la mer Adriatique. *Acta Adriatica* 15(9): 102 p.

García-March J.R., 2005. Aportaciones al conocimiento de la Biología de *Pinna nobilis* Linneo, 1758 (Mollusca: Bivalvia) en el litoral mediterráneo Ibérico. PhD Thesis, Faculty of Biology, Universidad de Valencia.

García-March J.R., Vicente N., 2006. Protocole d'étude et de surveillance des populations de *Pinna nobilis* dans des Aires Marines Protégées. Projet MedPAN – Interreg IIIC – Autorité Maltaise pour l'Environnement et la Planification (MEPA). Décembre 2006. 81p.

García-March JR, 2003. Contribution to the knowledge of the status of *Pinna nobilis* (L.) 1758 in Spanish coasts. *Mem Inst Oceanogr Paul Ricard* 9:29- 41.

García-March JR, 2006. Aportaciones al conocimiento de la Biología de *Pinna nobilis* Linneo, 1758 (Mollusca: Bivalvia) en el litoral mediterráneo ibérico. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia, Valencia. 332 p.

García-March JR, García-Carrascosa AM, Peña AL, Wang YG, 2007b. Study of the population structure, mortality and growth of *Pinna nobilis* in two populations located at different depths in Moraira bay. *Mar Biol* 150: 861-871.

García-March JR, Garcia-Carrascosa AM, Perez-Rojas L, 2007a. Influence of hydrodynamic forces on population structure of *Pinna nobilis* L., 1758 (Mollusca: Bivalvia): the critical combination of drag force, water depth shell size and orientation. *J Exp Mar Biol Ecol* 342:202-212.

García-March JR, Kersting DK, 2006. Preliminary data on the distribution and density of *Pinna nobilis* and *Pinna rudis* in the Columbretes Islands Marine Reserve (Western Mediterranean, Spain). *Organisms Diversity & Evolution* 6, Electronic Supplement 16. <http://www.senckenberg.de/odes/06-16.htm>

García-March JR, Márquez-Aliaga A, 2006a. Polymorphism and shell reshaping in *Pinna Nobilis* L., 1758: the reliability of shell dimensions for ontogenetic age and population growth rate estimates. *Organisms Diversity & Evolution* 6, Electronic Supplement 16. <http://www.senckenberg.de/odes/06-16.htm>

García-March JR, Márquez-Aliaga A, 2006b. *Pinna nobilis* L., 1758 age determination by internal shell register. *Mar Biol*, doi: 10.1007/s00227- 006-0547-2.

García-March JR, Márquez-Aliaga A, Carter JG in press. The duplivincular ligament of recent *Pinna nobilis* L., 1758: further evidence for Pterineid ancestry of the Pinnoidea. *J Paleontol.*

Gesamp, 1975. Scientific criteria for the selection of sites for dumping of wastes into the sea. IMCO / FAO / UNESCO / WMO / WHO / IAEA / UN Joint group of experts on the scientific aspects of marine pollution (GESAMP). *Rep. Stud. GESAMP* 3: 21 p.

Gesamp, 1982. Scientific criteria for the selection of waste disposal sites at sea. IMCO / FAO / UNESCO / WMO / WHO / IAEA / UN / UNEP Joint group of experts on the scientific aspects of marine pollution (GESAMP). *Rep. Stud. GESAMP* 16: 60 p.

Giorgi J., Thelin I., 1983. Phénologie, biomasse et production primaire de *Posidonia oceanica* (feuilles et épiphytes) dans la baie de Port-Cros. Mémoire Diplôme d'Etudes Approfondies en Ecologie méditerranéenne, Univ. Aix-Marseille III, Fr.: 126 p.

Giraud G., 1977a. *Contribution à la description et à la phénologie des herbiers de Posidonia oceanica (L.) Delile*. Thèse Doct. Spécialité, Univ. Aix-Marseille II, Fr.: 150 p.

Giraud G., 1977b. Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Botanica Marina*. 20(8) : 487-491.

Giraud G., 1979. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, Fr., 39 : 33 - 39.

Giraud G., Boudouresque C.F., Cinelli F., Fresi E., Mazzella L., 1979. Observations sur l'herbier de *Posidonia oceanica* (L.) Delile autour de l'île d'Ischia (Italie). *G. bot. ital.* 113(4): 261 - 274.

Gobert S., Lejeune P., Lepoint G., Bouquegneau J.M., 2005. C, N, P concentrations and requirements of flowering *Posidonia oceanica* shoots. *Hydrobiologia* 533: 253 - 259.

Gongora-Gonzalez E., Immordino F., Peirano A., Stoppelli N., 1996. Granulometric and geomorphologic features of the bay of Monterosso al Mare (Ligurian Sea) and their relationship with the evolution of *Posidonia oceanica* meadow. in: Albertelli G., De Malo A., Picazzo M. edits. *Atti 11° Congresso dell'Associazione italiana di Oceanologia e Limnologia*. 26-28 Ottobre 1994, Genova : 395 - 404.

Gosselin M., Bouquegneau J.M., Lefèbvre F., Lepoint G., Pergent G., Pergent-Martini C., Gobert S., 2006. [Trace metal concentrations in *Posidonia oceanica* of North Corsica \(northwestern Mediterranean Sea\): use as a biological monitor ?](#) *BMC Ecology* 6 : 12 p.

Gravez V., Gélin A., Charbonnel E., Francour P., Abellard O., Eemonnay L., 1995. Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille). Deuxième phase. Suivi 1995. Ville de Marseille & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.: 56 p.

Gravez V., Nieri M., Boudouresque C.F., 1992. Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille). Rapport de synthèse 1986-1992. Direction Générale des Services techniques de la Ville de Marseille & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr. : 80 p.

Guallart J, 2000. Seguimiento de *Pinna nobilis*. In: Control y Seguimiento de los Ecosistemas del R.N.C. de las Islas Chafarinas. Informe GENA S.L. para O.A.P.N. (Ministerio de Medio ambiente). pp 480-489.

Guay A., Stagnol A., 2009. Evaluation de population la Grande Nacre (*Pinna nobilis*) dans la baie de Peyrefite. Impact potentiel de la fréquentation des plaisanciers. Observatoire Océanologique de Banyuls et Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls.

Guéna A., Thomas C., 1997a. Ces "macrodéchets" qui ruinent notre littoral. 1er volet, Atlantique. *Mer et Littoral*, Fr., 23: 65-70.

Guéna A., Thomas C., 1997b. Ces "macrodéchets" qui ruinent notre littoral. 2ème volet, Manche-Mer du Nord. *Mer et Littoral*, Fr., 24: 49-54.

Guillaumont B., Gauthier E., 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE. Recommandations concernant le Benthos marin. IFREMER - DYNECO/VIGIES, 28 p + Fiches techniques + Annexes

Gulland JA, Holt SJ, 1959. Estimation of growth parameters for date of unequal time intervals. *J Cons Int Explor Mer* 25:47-49.

Harmelin J.G., 1976. L'herbier de Posidonies de Port-Cros régresse-t-il ? Mise en place de jalons témoins à sa limite. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr.*, 2: 189-190.

Harmelin J.G., 1977. Evolution de l'herbier de Posidonies de Port-Cros au niveau de jalons témoins. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr.*, 3: 210-211.

Harmelin J.G., Bouchon C., Hong J.S., 1981. Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée Nord-occidentale). *Téthys* 10(1) : 13 - 36.

Harmelin-vivien M. L., Harmelin J.G., Chauvet C., Duval C., Galzin R., Lejeune P., Barnabe G., Blanc F., Chevalier R., Duclerc J., Lassere G., 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: méthode et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre vie)*, 40 : 467-539.

Harmelin-Vivien M., Francour P., Harmelin J.G., 1999. Impact of *Caulerpa taxifolia* on Mediterranean fish assemblages: a six year study. *In: Proceedings of the workshop on invasive Caulerpa in the Mediterranean. Heraklion, Crete, Greece, 18-20 March 1998. UNEP publ., Athens, Greece* : 127 - 138.

Harmelin-Vivien M.L., 1984. Ichtyofaune des herbiers de Posidonies du Parc naturel régional de Corse. *In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ., Fr.*, 1: 291 - 301.

Harmelin-Vivien M.L., Francour P., 1992. Trawling or visual censuses ? Methodological bias in the assessment of fish populations in seagrass beds. *Mar. Ecol., PSZN* 13(1): 41 - 51.

Harmelin-Vivien M.L., Harmelin J.G., Chauvet C., Duval C., Galzin R., Lejeune P., Barnabe G., Blanc F., Chevalier R., Duclerc J., Lassere G., 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: méthode et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre vie)*, 40 : 467-539.

Harmelin-Vivien M.L., Kaim-Malka R.A., Ledoyer M., Jacob-Abraham S.S., 1989. Food partitioning among scorpaenid fishes in Mediterranean seagrass beds. *J. Fish Biol.* 34: 715 - 734.

Havens K.E., Hauxwell J., Tyler A.C., Thomas S., McGlathery K.J., Cebrián J., Valiela I., Steinman A.D., Hwang S.J., 2001. Complex interactions between autotrophs in shallow marine and freshwater ecosystems : implications for community responses to nutrient stress. *Environ. Pollut.* 113 : 95 - 107.

Haynes D., Ralph P., Prange J., Dennison B., 2000. The impact of the herbicide diuron on photosynthesis in three species of tropical seagrass. *Mar. Pollut. Bull.* 41 : 288 - 293.

Hemminga M.A., 1998. The root/rhizome system of seagrasses: an asset and a burden. *J. Sea Res.* 39: 183-196.

Hemminga M.A., Duarte C.M., 2000. Seagrass ecology. Cambridge Univ. Press publ. 310 p.

Hemminga M.A., Nieuwenhuize J., 1990. Seagrass wrack-induced dune formation on a tropical coast (Banc d'Arguin Mauritania). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 31 : 499-502.

Hignette M., 1983. Croissance de *Pinna nobilis* Linne (Mollusque eulamelibranche) après implantation dans la réserve sous-marine de Monaco. Rapp. Comm Int Expl Sci Mer Médit 28 (3):237-238.

Holon F., Descamps P., 2008. Etude et cartographie du milieu marin du site Natura 2000 FR 910 1413 « Posidonies de la Côte Palvasienne », Andromède Environnement. Rapport final. Contrat DIREN & Andromède Environnement. Andromedepubl. : 1-107.

IDRA Environnement, 2006. Caractérisation des sédiments du port de Port-Vendres. 25 pages.

Ifremer, 2007. Mise en œuvre du contrôle de surveillance. Résultat de la campagne de 2006 ; Directive cadre eau. Convention cadre agence de l'eau /IFREMER, FR 193.

INPN, 2014. INPN Inventaire National du Patrimoine Naturel. <http://inpn.mnhn.fr> Mars 2014.

Iwankow G., 2015. Influence des herbiers de posidonies (*Posidonia oceanica*) sur la distribution des grandes nacres de Méditerranée (*Pinna nobilis*) le long de la côte rocheuse des Albères. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Ecole Pratique des Hautes Etudes. Section Sciences de la Vie et de la Terre. Diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. Mention Ecosystèmes et Gestion de la Biodiversité. 112p.

Jacquemart J., Demoulin V., 2006. Inventaire des macroalgues epiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans la baie de la Revellata (Calvi, Corse). *Leuconia Nouvelle série*, N°181 : 71 p.

James IR, 1991. Estimation of Von Bertalanffy growth curve parameters from recapture data. *Biometrics* 47:1519-1530.

Jeudy de Grissac A., 1975. *Sédimentologie dynamique des rades d'Hyères et de Giens (var). Problème d'aménagements*. Thèse de Doctorat – Spécialité, Univ. Aix-Marseille 2, Fr. : 87 p.

Jeudy De Grissac A., 1984a. Effets des herbiers a *Posidonia oceanica* sur la dynamique marine et la sédimentologie littorale. In: Bourderesque CF, Jeudy de Grissac A, Oliver J (Eds.) International workshop on *Posidonia Oceanica* Meadows. GIS Posidonie Publ. Fr, 1: 437-443.

Jeudy De Grissac A., 1984b. Essais d'implantations d'espèces végétales marines: les espèces pionnières, les Posidonies. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 431-436.

Jeudy de Grissac A., Boudouresque C.F., 1985. Rôles des herbiers de phanérogames marines dans les mouvements des sédiments côtiers : les herbiers à *Posidonia oceanica*. In : Les aménagements côtiers et la gestion du littoral. Ceccaldi, H.J., Champalbert, G. Edit. Coll. pluridisciplinaire franco-japonais océanographie : 143 - 151.

Jimenez S., Cano R., Bayle J., Ramos A., Sanchez Lizaso J.L., 1996. Las praderas de *Posidonia oceanica* (L.) Delile como zona de protección de juveniles de especies de interés comercial. *Real Soc. esp. Hist. nat.*, tomo extraordinario: 375-378.

Jouvenel J.-Y., Dupont P., Gaboriau T. 2013. Sécurisation du secteur Sud de la plage des catalans : réalisation d'un état zéro biocénotique et sédimentologique de l'anse des catalans (Marseille, Bouches du Rhône, 13), P2A développement, 48p.

Kantin R., B. Andral, S. Debard, J. Denis, V. Derolez, E. Emery, N. Ganzin, G. Hervé, T. Laugier, M. Le Borgne, D. L'Hostis, J. Oheix, V. Orsoni, S. Raoult, S. Sartoretto, C. Tomasino, 2006. Le

Référentiel Benthique Méditerranéen (REBENT MED). Avant Projet Sommaire – Annexes. Ifremer Publ. Laboratoire Environnement Ressources Provence Azur Corse. France : 123 p.

Katsanevakis S, 2005. Population ecology of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* in a marine lake. *Endang Species Res* 1:1-9.

Kelly J.R., Levine S.N., Buttel L.A., Carr K.A., Rudnick D.T., Morton R.D., 1990. The effects of tributyltin within a *Thalassia* seagrass ecosystem. *Estuaries* 13 : 301 - 310.

Kozul V., Glavic N., Bolotin J., Antolovic N., 2011. The experimental rearing of fan mussel *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758). Proceedings. 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. Opatija. Croatia (803-806). Section 6 . Fisheries, Game Management and Beekeeping. 4p.

Krigsman W., Hilgen F.J., Raffi I., Sierro F.J., Wilson D.S., 1999. Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature* 400: 652-655.

Kuo J., Den Hartog C., 2000. Seagrasses: A profile of an ecological group. *Biol. Mar. Médit.*, 7(2) : 3-17.

Lafabrie C., Pergent G., Pergent-Martini C., Capiomont A., 2007. [Posidonia oceanica : a tracer of past mercury contamination.](#) *Environmental Pollution* 148 (2) : 688 - 692.

Lapointe B.E., Tomasko D.A., Matzie W.R., 1994. Eutrophication and trophic state classification of seagrass communities in the Florida Keys. *B. Mar. Sci.* 54 : 696 - 717.

Le Direach L., Francour P., 2001. Recrutement des poissons dans les herbiers de Posidonie de Port-Cros. GIS Posidonie & Parc national de Port-Cros, GIS publ., Fr.: 40 p.

Lefèvre J.R., Valerio C., Meinesz A., 1984. Optimisation de la technique de la photographie aérienne pour la cartographie des herbiers de Posidonies. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 49-55.

Leis J.M., Carson-Ewart B.M., 2000. *The larvae of Indo-pacific coastal fishes : an identification guide to marine fish larvae*. Fauna Malaysian Handbook 2. BRILL. Australian Museum, Sydney. 850 p.

Lejeune P., 1985. Le comportement social des Labridés méditerranéens. *Cah. Ethol. appl.* 5(2): 208 p.

Leoni V., 2005. Utilisation de *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans le cadre de la surveillance du littoral : Bilan des descripteurs - Réponses face à un enrichissement en nutriments (N & P). *Thèse de doctorat, Université Pasquale Paoli, Corse* : 125 p.

Lepoint G., Cox A.S., Dauby P., Poulicek M., Gobert S., 2006. Food sources of two detritivore amphipods associated with the seagrass *Posidonia oceanica* leaf litter. *Marine Biology Research* 2(5) : 355 - 365.

Leriche A., 2004. La structure à méga-, méso- et micro-échelles des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile fournit-elle des outils pour leur gestion ? *Thèse Doctorat , Univ. Aix-Marseille II, Fr.*: 232 p.

Leriche A., Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Denis J., 2004. A one century suite of seagrass bed maps: can we trust ancient maps? *Est. Coast. Shelf Sci.* 59: 353 - 362.

Leriche-Guichard A., 2001. Mise en place d'un outil de surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile: le SIG Posidonie. Application à la Côte Bleue (B.d.R., Fr.). Mémoire Diplôme d'Etudes Approfondies en Biosciences de l'Environnement, Chimie et Santé, Univ. Aix-Marseille II, Fr.: 45 p.

Liang KL, Zeger SL, 1986. Longitudinal data analysis using generalised linear models. *Biometrika* 73:13-22.

Licari M.L., Lenfant P., Amouroux J.M., Dupuy de la Grandrive R., 2004. Document d'objectifs site Natura 2000 « Posidonies de la Côte des Albères ». Phase I : Inventaire et analyse de l'existant ; Volume 1 : Caractéristiques générales et cahiers d'habitats ; 82 p.

Licari M.L., Lenfant P., Amouroux J.M., Dupuy de la Grandrive R., Labrune C., Foulquié M., Rochel E., Bonhomme P., Cadiou G., 2004. Document d'objectifs site Natura 2000 « Posidonies de la Côte des Albères ». Phase I : Inventaire et analyse de l'existant ; Volume 2 : Description et synthèse ; 1-107.

Lipkin Y., 1977. Seagrass vegetation of Sinai and Israel. In "Seagrass ecosystems, a scientific perspective", Mc Roy P. & Helfferich C. edit., Dekker publ., USA : 263-293.

Lorenti M., Fresi E., 1983. Grazing of *Idotea baltica basteri* on *Posidonia oceanica*: preliminary observations. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 28(3): 147-148.

Marion A.F., 1883. Esquisse d'une topographie zoologique du golfe de Marseille. *Ann. Mus. Hist. nat. Marseille*, Fr., 1: 108 p.

Mateo M.A., Romero J., Perez M., Littler MM., Littler D.S., 1997. Dynamics of millenary organic deposits resulting from the growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Est. Coast. Shelf Sci.* 44(1) : 103 - 110.

Mauvais J.L., 1990. Ports de plaisance. Conséquences sur le milieu marin. Outils de prévision. *Equinoxe*, Fr., 30: 8-13.

Mayhoub H., 1976. *Recherches sur la végétation marine de la côte syrienne. Etude expérimentale sur la morphogenèse et le développement de quelques espèces peu connues.* Thèse Doctorat d'Etat, 26 oct. 1976, 286 p.

Mazzella L., Buia M., Gambi M.C., Lorenti M., Russo G.F., Scipione M.B., Zupo V., 1992. Plant-animal trophic relationships in the *Posidonia oceanica* ecosystem of the Mediterranean Sea : a review. In : Plant-Animal Interactions in the Marine Benthos. John, D.M, Hawkins, S.J., Price, J.H. Edit. Clarendon Press.: 165 - 188.

Mazzella L., Buia M.C., Gambi M.C., Lorenti M., Russo G., Scipione M.B., Zupi V., 1995. A review of the trophic organization in the *Posidonia oceanica* ecosystem. La *Posidonia oceanica*, Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A. edit., *Revista marittima publ., Ital.*, 12 (suppl.) : 31 - 47.

Mazzella L., Cinelli F., Ott J., Klepal W., 1981. Studi sperimentali « *in situ* » sull'epifitismo della *Posidonia oceanica* Delile. *Quad. Lab. Technol. Pesca*, 3 (1 suppl.) : 481-492.

Mazzella L., Gambi M.C., Russo G.F., Wittman J.K., 1983. Flowering in *Posidonia oceanica* (L.) Delile prairies around the Island of Ischia (Gulf of Naples). *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 28(3) : 117 - 119.

Mazzella L., Ott J.A., 1984. Seasonal changes in some features of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves and epiphytes at different depths. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. eds. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 119 - 127.

Mazzella L., Scipione M.B., Buia M.C., 1989. Spatio-Temporal distribution of algal and animal communities in a *Posidonia oceanica* meadow. *Mar. Ecol.* 10,: 107 - 129.

Mazzella L., Scipione M.B., Gambi M.C., Fresi E., Buia M.C., Russo G.F., De Maio R., Lorenti M., Rando A., 1986. Le praterie sommerse del Mediterraneo. Stazione zoologica di Napoli publ.: 63 p.

Mazzella L., Wittman K., Fresi E., 1982. La comunità epifita e suo ruolo nella dinamica dell'ecosistema Posidonie. *Atti Conv. Unit. oper. Sottoprog. Ris. biol. Inquin. mar.* : 215 – 224.

McDermott F., Matthey D.P., Hawkesworth C., 2001. Centennial-scale Holocene climate variability revealed by a high-resolution speleothem 18O record from SW Ireland. *Science* 294: 1328 - 1330.

Medioni E., Vicente N., 2003. Cinétique des populations de *Pinna nobilis* dans les zones interdites au mouillage et des zones autorisées. Contrat Parc national de Port-Cros / Exercice 2002-2003– n° 02-019-83400 PC / Programme *Pinna nobilis*. 20p.

Médioni E., Guille V, 1996. Rapport préliminaire de la population des *Pinna nobilis* au sein de la RNMCB, stage de DEUG de Biologie, Université de Perpignan.

Meinesz A., 1977. Balisage de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* en rade de Villefranche-sur-Mer (Alpes-Maritimes, France). *Rapp. Comm. int. Explor. Mer Médit.* 24(6): 143-144.

Meinesz A., Belsher T., Boudouresque C.F., Lefevre J.R., 1991. Première évaluation des potentialités du satellite SPOT pour la cartographie des peuplements benthiques superficiels de Méditerranée Occidentale. *Oceanologica Acta*, 14(3) : 299-307.

Meinesz A., Cirik S., Akcali B., Javel F., Migliaccio M., Thibaut T., Yu" ksek A., Procaccini G., 2008. *Posidonia oceanica* in the Marmara Sea. Elsevier Publ. *Aquatic Botany* 90, n°1 : 18 - 22.

Meinesz A., Cottalorda J.M., Chiaverini D., Vaugelas J. de, 2001. Représentation cartographique de l'abondance de quelques algues et invertébrés du littoral de l'îlot Bagaud (Parc national de Port-Cros). *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park* 18: 123-141.

Meinesz A., Laurent R., 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes. Campagne Poséïdon 1976. *Bot. mar.* 21(8): 513-526.

Meinesz A., Lefevre J.R., 1984. Régénération d'un herbier à *Posidonia oceanica* quarante années après sa destruction par une bombe dans la rade de Villefranche (Alpes Maritimes). *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. édité., GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 39 - 44.

Meinesz A., Lefevre J.R., Astier J.M., 1991. Impact of coastal development on the infralittoral zone along the southern Mediterranean shore of continental France. *Mar. Poll. Bull.*, 23 : 343 - 347.

Memed Koc E., Yuksek A., Okus E., 2007. Distribution of *caulerpa racemosa* (forsskal) j. agardh and relationship with *posidonia oceanica* (l.) delile in datca bozburun specially protected area. Univ. Istanbul. Turkey. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 38, 2007 : 520 p.

Mihailinovic M, 1955. *Lostura*. *Morsko Ribarstvo* 7:113-114.

Milazzo M., Badalamenti F., Ceccherelli G., Chemello R., 2003. Boat anchoring on *Posidonia oceanica* beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean) : effect of anchor types in different anchoring stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 299 (2004) : 51 – 62.

Milazzo M., Badalamenti F., Ceccherelli G., Chemello R., 2004. Boat anchoring on *Posidonia oceanica* beds in a marine protected area (Italy, Western Mediterranean): effect of anchor types in different anchoring stages. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 299 : 51 - 62.

Molinier R., Picard J., 1952. Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. océanogr.*, Paris, 27 (3) : 157-234.

Molinier R., Picard J., 1954. Eléments de bionomie marine sur les côtes de Tunisie. *Bull. Stat. Océanogr. Salammbô* 48: 3-47.

Molinier R., Picard J., 1956. Aperçu bionomique sur les peuplements marins littoraux des côtes rocheuses méditerranéennes de l'Espagne. *Bull. Trav. Stn. Aquicult. Pêche Castiglione*, N.S., 8 : 251 - 268.

[Montefalcone](#) M., [Lasagna](#) R., [Bianchi](#) C.N., [Morri](#) C., [Albertelli](#) G., 2007. Anchoring damage on *Posidonia oceanica* meadow cover: A case study in Prelo cove (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Chemistry and Ecology* [Vol 22](#), [Suppl 1](#) : 207 – 217.

Moreno D., Aguilera P.A., Castro H., 2001. Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: implications for monitoring strategy and the decision-making process. *Biol. Conservation* 102: 325 - 332.

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

Navelot P., 2014. Chemins de Mémoire. www.cheminsdememoire.gouv.fr Avril 2014.

Niéri M., Charbonnel E., Boudouresque C.F., Bertrand M.C., Foret P., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Rico-Raimondino V., 1993a. Les objectifs du Réseau de Surveillance Posidonies mis en place en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. *In*: Boudouresque C.F., Avon M., Pergent-Martini C. edits. *Qualité du milieu marin - Indicateurs biologiques et physico-chimiques*. GIS Posidonie publ., Fr.: 73-87.

Niéri M., Gravez V., Boudouresque C.F., Sinnassamy J.M., 1993b. Le système de surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie du Prado (Marseille, France). Les carrés permanents. *In*: *Colloque international sur la pollution marine*. Ville de Marseille publ., Fr.: 10 p.

OEC, 2014. Office de l'Environnement de la Corse. www.oec.fr Mars, 2014.

Ott J.A., 1980. Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Mar. Ecol., PZSN* 1(1) : 47 - 64.

Paillard M., Gravez V., Clabaut P., Walker P., Blanc J.J., Boudouresque C.F., Belsher T., Urscheler F., Poydenot F., Sinnassamy J.M., Augris C., Peyronnet J.P., Kessler M., Augustin J.M., Le Drezen E., Prudhomme C., Raillard J.M., Pergent G., Hoareau A., Charbonnel E., 1993. Cartographie de l'herbier de Posidonie et des fonds marins environnants de Toulon à Hyères (Var, France). Reconnaissance par sonar latéral et photographie aérienne. Notice de présentation. Ifremer & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.: 36 p.

Panayotidis P., Boudouresque C.F., Marcot-Coqueugniot J., 1981. Microstructure de l'herbier de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Botanica Marina* 24 (3) : 115-124.

Pasqualini V., Pergent-Martini C., Pergent G., 1995. Etude de la formation récifale de Saint-Florent (Haute-Corse). Cartographie et évolution. DIREN Corse & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr. : 49 p.

Pasqualini V., Pergent-Martini C., Pergent G., 1998a. Identification of natural and anthropic impacts on littoral ecosystems. In : Third International Workshop on Seagrass Biology, Philippine : 102 p.

Pasqualini V., Pergent-Martini C., Pergent G., 1998b. Use of remote sensing for the characterization of the Mediterranean coastal environment – the case of *Posidonia oceanica*. *Journal of Coastal Conservation* 4: 59 - 66.

Pasqualini V., Pergent-Martini C., Pergent G., 1999. Environmental impacts identification along corsican coasts (Mediterranean Sea) using image processing. *Aquat. Bot.* 65: 311 - 320.

Paul O., Verlaque M., Boudouresque C.F., 1984. Etude du contenu digestif de l'oursin régulier *Psammechinus microtuberculatus* dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie de Port-Cros (Var, France). In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 365 - 371.

Payrot J., Jenot S., 2009. Suivi des grandes nacres (*Pinna nobilis*) au sein de la Réserve naturelle marine de Cerbère-Banyuls Recensement dans la baie de Peyrefite année 2009. 31p.

Peirano A., Bianchi N.C., 1995. Decline of the seagrass *Posidonia oceanica* in response to environmental disturbance: a simulationlike approach off Liguria (NW Mediterranean Sea). In: *Proc. 30th European marine biological Symposium*, Southampton: 87 - 95.

Peirano A., Cocito S., Banfi V., Cupido R., Damasso V., Farina G., Lombardi C., Mauro R., Morri C., Roncarolo I., 2011. [Phenology of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* \(L.\) Delile: Medium and long-term cycles and climate inferences.](#) *Aquatic Botany* 94 (2) : 77 - 92.

Pellegrini D., 2000. I riferimenti internazionali e le linee di indirizzo per una revisione del D.M.24.01.96. In: *Atti Giornata 18 febbraio 1998, Dragaggi portuali : qualità e gestione dei materiali.* ICRAM publ.: 19-37.

Pérès J.M. 1984. La régression des herbiers à *Posidonia oceanica*. In : International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. Edit., GIS Posidonie publ.: 445 - 454.

Pérès J.M., Picard J., 1975. Causes de la raréfaction et de la disparition des herbiers de *Posidonia oceanica* sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Aquat. Bot.* 1(2) : 133 - 139.

Pergent G., 1985. Floraison des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la Région d'Izmir (Turquie). *Posidonia Newsletter* 1(1): 15 - 21.

Pergent G., 1987. Recherches lépidochronologiques chez *Posidonia oceanica* (*Potamogetonaceae*). Fluctuations des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes. Thèse Doct. Océanologie Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 853 p.

Pergent G., 1990a. Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: a standardized approach. *Aquat. Bot.* 37: 39-54.

Pergent G., 1990b. Evaluation of *Posidonia oceanica* primary production using lepidochronological analysis : preliminary results. *Rapp. P.V. Réunion. Comm. internation. Explor. sci. Médit.* 32(1) B17: 6 p.

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°01/2007/RAC/SPA_MedPosidonia Nautilus-Okianos: 24p + Annexes.

Pergent G., Ben Maiz N., Boudouresque C.F., Meinesz A., 1989. The flowering of *Posidonia oceanica* over the past fifty years : a lepidochronological study. *In: Boudouresque, C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. eds. International workshop on Posidonia beds. GIS Posidonie publ., Fr., 2: 69 - 76.*

Pergent G., Boudouresque C.F., Cruzet A., 1983. Variations cycliques dans les écailles des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica*. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros* 9: 107 - 148.

Pergent G., Boudouresque C.F., Vadier B., 1985. Etude préliminaire des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de la côte des Albères (Pyrénées-Orientales, France). *Ann. Inst. océanogr., N.S.*, 61(2): 97-114.

Pergent G., Calvo S., Cancemi G., Djellouli A., Dupuy De La Grandrive R., Langar H., Pergent-Martini C., Tomasello A., 2010. Nouvelles connaissances sur les herbiers tigrés de Méditerranée. *In Proceedings of the 4th Mediterranean symposium on marine vegetation. Hammamet, Tun. : 95 - 98.*

Pergent G., Clabaut P., Mimault B., Pasqualini V., Pergent-Martini C., 2005. Mise en œuvre d'un Réseau de Surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse. Deuxième phase : Porto-Vecchio/Ajaccio. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse, GIS Posidonie Publ., Corte : 133 p.

Pergent G., Djellouli A., Hamza A.A., Ettayeb K.S., El Mansouri A.A., Talha F.M., Hamza M.A., Pergent-Martini C., Platini F., 2002a. Characterization of the benthic vegetation in the Farwà lagoon (Libya). *J. Coastal Conservation* 8: 119 - 126.

Pergent G., Mendez S., Pergent-Martini C., Pasqualini V., 1999. Preliminary data on the impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows in the Mediterranean. *Oceanol. Acta* 22(1): 95-107.

Pergent G., Pergent-Martini C., 1990. Some applications of lepidochronological analysis in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Bot. mar.* 33 : 299 - 310.

Pergent G., Pergent-Martini C., 1991. Leaf renewal cycle and primary production of *Posidonia oceanica* in the bay of Lacco Ameno (Ischia, Italy) using lepidochronological analysis. *Aquat. Bot.* 42 : 49 - 66.

Pergent G., Pergent-Martini C., 1995. Indicateurs biologiques : Posidonies. *In: Etat des connaissances opérationnelles sur la contamination et les indicateurs de pollution chimique toxique du milieu marin. Résumé des contributions.* IARE publ., Fr.: 123-135.

Pergent G., Pergent-Martini C., 2000. Mission d'étude en Libye. Etude des formations végétales de la lagune de Frawà. Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées et Université de Corse publ.: 48 p + Ann.

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* 54: 29 p.

Pergent G., Pergent-Martini C., Mimault B., Pasqualini V., 2002b. Impacts et tracés potentiels d'un câble d'alimentation électrique entre la Corse et la Sardaigne. Expertise biologique. EDF & Seagrass 2000, Seagrass 2000 publ., Fr.: 34 p.

Pergent G., Pergent-Martini C., Rico-Raimondino V., 1992. Evaluation of past primary production of *Posidonia oceanica* using lepidochronological data. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 33: 47 p.

Pergent G., Rico-Raimondino V., Pergent-Martini C., 1997. Fate of primary production in *Posidonia oceanica* meadows of the Mediterranean. *Aquat. Bot.* 59 : 307 - 321.

Pergent G., Romero J., Pergent-Martini C., Mateo M.A., Boudouresque C.F., 1994. Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 106: 139-146.

Pergent G., Zaouali J., 1992. Analyse phénologique et lépidochronologique de *Posidonia oceanica* dans une lagune hyperhaline du Sud tunisien. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 33: 48.

Pergent-Martini C., 1994. *Impact d'un rejet d'eaux usées urbaines sur l'herbier à Posidonia oceanica, avant et après la mise en service d'une station d'épuration*. Ph.D. Thesis, Univ. Corse, Fr. 208 p.

Pergent-Martini C., 1998. *Posidonia oceanica*: a biological indicator of past and present mercury contamination in the Mediterranean Sea. *Mar. Environm. Res.* 45(2): 101 - 111.

Pergent-Martini C., 2000. Protection des habitats d'herbiers de Phanérogames marines de Méditerranée. Les études d'impacts en milieu marin. CAR/ASP Tunis & EqEL publ.: 49 p + Ann.

Pergent-Martini C., 2006. Elément de qualité biologique : Posidonie – Compte-rendu de l'exercice d'intercalibration. *Contrat Ifremer / Université de Corse – EqEl, Corte* : 27 p.

Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., Pasqualini V., Pergent G., 2006. Impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows: a review. *Marine Ecology* 27 (2006) : 310 – 319.

Pergent-Martini C., Le Ravallec C., 2007. Lignes directrices pour les études d'impacts sur les herbiers marins. Programme des Nations Unies pour l'Environnement. Plan d'Action Méditerranéen. Centre d'Activités Régional pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP). Tunis, Tunisie : 45 p + ann.

Pergent-Martini C., Leoni V., Pasqualini V., Ardizzone G.D., Balestri E., Bedini R., Belluscio A., Belsher T., Borg J., Boudouresque C.F., Boumaza S., Bouquegneau J.M., Buia M.C., Calvo S., Cebrian J., Charbonnel E., Cinelli F., Cossu A., Di Maida G., Dural B., Francour P., Gobert S., Lepoint G., Meinesz A., Molenaar H., Mansour H.M., Panayotidis P., Peirano A., Pergent G., Piazza L., Pirrotta M., Relini G., Romero J., Sanchez-Lizaso J.L., Semroud R., Shembri P., Shili A., Tomasello A., Velimirov B., 2005. Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: Use and application. *Ecological Indicators* , 5 (3) : 213 - 230.

Pergent-Martini C., Pasqualini V., 2000. Seagrass population dynamics before and after the setting up of a wastewater treatment plant. *Biol. mar. Medit.* 7(2): 405-408.

Pergent-Martini C., Pasqualini V., Pergent G., 1995a. Monitoring of *Posidonia oceanica* meadows near the outfall of the sewage treatment plant at Marseilles (Mediterranean – France). *EARSeL Advances in Remote Sensing* 4(1): 128-134.

Pergent-Martini C., Pergent G., 1994. Lepidochronological analysis in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: state of the art and future developments. *Oceanol. Acta* 17(6): 673 - 681.

Pergent-Martini C., Pergent G., 1995. Lepidochronological analysis in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* : state of the art and future developments. *Oceanol. Acta.* 17(6) : 673-681.

Pergent-Martini C., Pergent G., 1996. Spatio-temporal dynamics of *Posidonia oceanica* beds near a sewage outfall (Mediterranean - France). In: Kuo J., Phillips R.C., Walker D.I., Kirkman H. edits. *Seagrass Biology: Proceedings of an International Workshop*. Univ. Western Australia publ.: 299-306.

Pergent-Martini C., Pergent G., 2000. Marine phanerogams as a tool in the evaluation of marine trace-metal contamination : an example from the Mediterranean. *Int. J. Environ. Pollut.* 13 : 126 - 147.

Pergent-Martini C., Pergent G., Fernandez C., Ferrat I., 1999. Value and use of *Posidonia oceanica* as a biological indicator. In proceed. MEDCOAST 99 - EMECS 99 Joint Conference « *Land-ocean interactions : managing coastal ecosystems* », MEDCOAST, Middle East Technical Univ. Publ, Ankara, 1 : 73-90.

Pergent-Martini C., Rico-Raimondino V., Pergent G., 1995b. Nutrient impact on *Posidonia oceanica* seagrass meadows: preliminary data. *Mar. Life* 5(2): 3-9.

Pergent-Martini C., Rico-Raimondino V., Pergent G., 1996. Impact des nutriments sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. Données préliminaires. *J. Rech. océanogr.* 21(1-2): 35-39.

Pergent-Martini, C., Fernandez, C., Pasqualini, V., Pergent, G., 1993. Etude de faisabilité d'un mouillage organisé dans le port-abri de Girolata - Approche environnementale. Contrat BCEOM/GIS Posidonie. 73 p + Ann.

Phillips, R.C., 1984. The ecology of eelgrass meadows in the Pacific Northwest: a community profile. FWS/OBS-84/24, US Fish and Wildlife Service, 85 p.

Piazzini L., Acunzio S., Cinelli F., 1999. *In situ* survival and development of *Posidonia oceanica* (L.) Delile seedlings. *Aquat. Bot.* 63: 103 - 112.

Piovetto L., Serve L., Combaut G., Gadel F., 1984. Analyse des substances phénoliques des restes de *Posidonia oceanica* (L.) Delile provenant de sédiments holocènes et de dépôts actuels. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 137 - 144.

PNUE 2009 : Pergent G., Aktan Y., Belbacha S., Djellouli A., Dupuy de la Grandrive R., Elagil E.M., El Asmi S., Gucu A.C., Langar H., Laouar S., Pergent-Martini C., Rais C., Semroud C., Sherif M.,

2009. Setting up the Medposidonia Programme in the Mediterranean Sea. INOCIMST International Workshop ICZM-2009 : 144-152.

Por F.D., 1978. *Lessepsian migrations. The influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez canal*. Springer Verlag publ., Berlin: 228 p.

Prange J.A., Dennison W.C., 2000. Physiological Responses of Five Seagrass Species to Trace Metals. *Mar. Pollut. Bull.* 41 : 327 - 336.

Préfecture de la Région Languedoc-Roussillon, Préfecture de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Préfecture Maritime de la Méditerranée. 2012. Document stratégique pour l'implantation des récifs artificiels Régions Languedoc Roussillon et Provence Alpes Côte d'Azur. 102 pages

Preuvost M. 2010. Suivi de la grande nacre (*Pinna nobilis*) au sein de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls. Recensement de la population de la digue du port de Banyuls sur Mer. Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls – Université de Perpignan. 40p.

Rabaoui L., Tlig-Zouari S., Cosentino A., Ben Hassine O.K., 2009. Associated fauna of the fan shell *Pinna nobilis* (Mollusca: Bivalvia) in the northern and eastern Tunisian coasts. *Scientia Marina* 73(1) March 2009, 129-141.

Rais C., Pergent G., Dupuy De La Grandrive R., Djellouli A., 2009. Rapport sur le Projet MedPosidonia. Programme des Nations Unies pour l'environnement. Plan d'Action pour la Méditerranée. Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP). Tunis, Tun. 89 p.

Ralph P.J., 2000. Herbicide toxicity of *Halophila ovalis* assessed by chlorophyll a fluorescence. *Aquat. Bot.* 66 : 141 – 152.

Raniello R., Procaccini G., 2002. Ancient DNA in the seagrass *Posidonia oceanica*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 227: 169-173.

Ratkowsky DD, 1985. Statistical Properties of Alternative Parameterizations of the Von Bertalanffy Growth curve. *C J Fish Aquatic Sci* 43:742-747.

Recueil des Actes Administratifs, 2009. Arrêté portant autorisation de prélèvement, de transport et de transplantation de spécimens d'animaux invertébrés de la faune marine protégée dans le cadre de travaux des bassins Est du Grand Port Maritime de Marseille Commune de Fos-sur-Mer. Préfecture des Bouches du Rhône. 23 décembre 2009. Recueil des Actes Administratifs 2009 / 125 -- Page 7- 8.

Relini G., 1972. Degradazione dell'ambiente marino ad opera di scarichi di corpi solidi. Alcune conseguenze economiche, estetiche ed ecologiche. *In: Atti del II Simposio Nazionale sulla conservazione della natura*, Bari, 26-30 Aprile 1972: 133-143.

Rico-Raimondino V., 1995. *Contribution à l'étude des stocks et flux d'éléments dans les herbiers à Posidonia oceanica*. Thèse Doctorat Ecologie, Univ. Aix-Marseille II, Fr.: 248 p.

RNMCB - CD66, 2016. L'Ecrin Bleu. Bulletin d'Information de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls. Lettre n°13. Mars 2016. 12p.

Robert P., 1988. *Etude du régime thermique des principales biocénoses marines benthiques du Parc national de Port-Cros (Var, France)*. Diplôme de Recherche universitaire, Univ. Aix-Marseille II, Fr.: 209 p.

- Romero J., 1986. Note sur une méthode d'évaluation de la densité des faisceaux dans les herbiers de Posidonies. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 30(2): 266 p.
- Romero J., Pergent G., Pergent-Martini C., Mateo M.A., Regnier C., 1992. The detritic compartment in a *Posidonia oceanica* meadow : litter features, decomposition rates and mineral stocks. *Mar. Ecol. P.S.Z.N.I.* 13, 73 - 83.
- Rouanet E. et Vicente N., 2011. Transplantation d'individus de *Pinna nobilis* depuis les abords de la canalisation d'adduction d'eau du musée océanographique de Monaco vers la réserve marine du Larvotto. Contrat d'étude CREOCEAN – Institut Océanographique Paul Ricard : 15 p.
- Ruitton S., Boudouresque C.F., 1994. Impact de *Caulerpa taxifolia* sur une population de l'oursin *Paracentrotus lividus* à Roquebrune- Cap Martin (Alpes-Maritimes, France). In: Boudouresque C.F., Meinesz A., Gravez V. edits. First international workshop on *Caulerpa taxifolia*,. GIS Posidonie publ., Fr.: 371 - 378.
- Ruiz J.M., Perez M., Romero J., 2001. Effects of fish farm loadings on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Mar. Poll. Bull.* 42(9) : 749 - 760.
- Ruiz J.M., Romero J., 2001. Effects of in situ experimental shading on the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 215 : 107 - 120.
- Ruiz J.M., Romero J., 2003. Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Mar. Poll. Bull.* 46 : 1523 - 1533.
- Ruiz-Fernandez J.M., 2000. *Respuesta de la Fanerógama marina Posidonia oceanica (L.) Delile a perturbaciones antrópicas*. Mem. Doct. Biol., Univ. Murcia, Spain: 212 p.
- Salat J., Pascual J., 2002. The oceanographic and meteorological station at L'Estartit (NW Mediterranean). In: *Tracking long-term hydrological change in the Mediterranean Sea. CIESM Workshop Series*,16 : 29-32.
- Sandulli R., 2004. Il ruolo degli indicatori biologici nella valutazione dello stato dell'ambiente marino. *Biol. mar. Medit.* 11 (2): 185-192.
- Savy S., 1987. Les prédateurs de *Paracentrotus lividus* (Echinodermata). In: Boudouresque C.F. edit. Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. GIS Posidonie publ., Fr.: 413 - 423.
- Short F.T., Burdick D.M., 1996. Quantifying eelgrass habitat loss in relation to housing development and nitrogen loading in Waquoit Bay, Massachusetts. *Estuaries* 19 : 730 - 739.
- Short FT., Wyllie-Echeverria S., 1996. Natural and human induced disturbance of seagrasses. *Environ Conserv.*, 23 : 17 – 27.
- Siletic T, Peharda M 2003. Population study of the fan shell *Pinna nobilis* L. in Malo and Veliko Jezero of the Mljet National park (Adriatic Sea). *Sci Mar* 67(1):91-98.
- Sinnassamy J.M., Bertrand M.C., Boudouresque C.F., Foret P., Leccia M., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ragazzi M., Rico-Raimondino V., 1991. Réseau de Surveillance Posidonies. Méthodologie du Réseau de Surveillance Posidonies, Bilan et perspectives. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-36.

- Solis-Weiss V., Aleffi F., Bettoso N., Rossin P., 2004. Gli indicatori biologici nel benthos del Golfo di Trieste. *Biol. mar. Medit.* 11(2): 351-354.
- Steinberg, P.D., 1988. Effects of quantitative and qualitative variation in phenolic compounds on feeding in three species of marine invertebrate herbivores. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 120, 221 – 237.
- Swain, T., 1977. Secondary compounds as protective agents. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 28, 479 – 501.
- Tchernia A., Pomey P., Hesnard A., Couvert M., Giacobbi M.F., Girard M., Hamon E., Laubenheimer F., Lecaille F., 1978. L'épave romaine de la Madrague de Giens (Var) (Campagnes 1972-1975). Fouilles de l'Institut d'archéologie méditerranéenne. *Gallia*, suppl.24: 122 p.
- Templado J, 2001. *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758. In: Ramos, M. A., Bragado D. y Hernández J. eds.: Los Invertebrados no insectos de la "Directiva Hábitat" en España. Ministerio de Medio Ambiente, Serie Técnica, Madrid, Es. : 82-92.
- Templado J, Calvo M, Garvia A, Luque AA, Maldonado M, Moro L, 2004. Guía de invertebrados y peces Marinos protegidos por la legislación nacional e internacional. MMA-CSIC. Madrid, 214 p.
- Templado-Gonzalez J., 1982. *Moluscos de las formaciones de Fanerogamas marinas en las costas de Cabo de Palos (Murcia)*. Tesis doctoral, Universidad Complutense Madrid, Spain: 351 p.
- Terrados J., Borum J., 2004. Why are seagrasses important ? - Goods and services provided by seagrass meadows. In : European seagrasses : an introduction to monitoring and management. J Borum, CM Duarte, D Krause-Jensen, TM Greve, Edit.: 8 - 10.
- Terrados J., Duarte C.M., 2000. Experimental evidence of reduced particle resuspension within a seagrass (*Posidonia oceanica* L.) meadow. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 243 : 45 - 53.
- Thayer G.W., Fonseca M.S., Kenworthy J.W., 1997. Ecological Value of Seagrasses : A Brief Summary for the ASMFC Habitat Committee's SAV Subcommittee. In : Atlantic Coastal Submerged Aquatic Vegetation: A Review of its Ecological Role, Anthropogenic Impacts State Regulation, and Value to Atlantic Coastal Fish Stocks. C. Stephan, D. Bigford, T.E. Edit. 5 - 10.
- Thélin I., Bedhomme A.L., 1983. Biomasse des épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier superficiel. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 28(3): 125-126.
- Thélin I., Boudouresque C.F., 1983. Longévité des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier de la baie de Port-Cros (Var, France). *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 28(3) : 115 - 116.
- Thomas C., 1997. Les "macrodéchets" du littoral. *Bull. Inform. Cedre* 9 (1): 12-14.
- Tranchina L., Micciché S., Bartolotta A., Brai M., Mantegna R.N., 2005. [Posidonia oceanica as a historical monitor device of lead concentration in marine environment](#). *Environmental science technology* 39 (9) : 3006 - 3012.
- Trigos S., Vicente N., 2016. Protocole pour la transplantation des nacres *Pinna nobilis* dans divers substrats. Transplantation protocol for the fan mussel *Pinna nobilis* in different types of substrate. *Mar. Life*, 18: 55-61.
- Tunesi L., Diviacco G., Mo G., 2001. Observations by submersible on the biocoenosis of the deep-sea corals off Portofino Promontory (Northwestern Mediterranean Sea). In: Martin

Vadon C., 1984. Ecologie et polychromatisme de *Sirpus zariquieyi* Gordon, 1953 (Crustacea, Brachyura, Pirimelidae) du littoral méditerranéen. *Ann. Inst. océanogr.*, N.S., 60(1): 95-99.

Vela A., 2006. *Fonctionnement et production primaire des herbiers à Posidonia oceanica (L.) Delile en Méditerranée*. Thèse de doctorat. Univ Corse, Fr. : 155 p.

Verlaque M., 1981. Preliminary data on some *Posidonia* feeders. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 27(2) : 201 - 202.

Verlaque M., 1990. Relations entre *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) (Téléostéen, Sparidae), les autres poissons brouteurs et le phytobenthos algal méditerranéen. *Oceanol. Acta* 13(3): 373-388.

Vicente N, 1984. Grand coquillage plein de distinction. La grande nacre de Méditerranée *Pinna nobilis*. *Revue de la fondation océanographique Ricard*, 1984, 7, p.30-34.

Vicente N, 1990. Estudio ecológico y protección del molusco lamelibranquio *Pinna nobilis* L. 1758 en la costa mediterránea. *Iberus* 9(1-2) : 269-279.

Vicente N, 2004. Poursuite de l'étude des populations de *Pinna nobilis* dans les eaux de Port-Cros. Contrat n°03-022 Etude des populations de *Pinna nobilis*. 19p.

Vicente N, 2006. Les populations de *Pinna nobilis* sur les sites du littoral de l'île de Porquerolles. Rapport final. Contrat n°05.007 Etude des populations de *Pinna nobilis*. 15p.

Vicente N, 2009. Poursuite de l'inventaire des populations de *Pinna nobilis* sur les sites de Port-Cros et Porquerolles. Rapport définitif. 30p.

Vicente N, Moreteau JC, 1991. Statut de *Pinna nobilis* L. en Méditerranée (mollusque eulamelibranche). In: Boudouresque, CF, Avon, M and Gravez, V eds: Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée. Gis Posidonie publ. Marseille pp 159-168.

Vicente N, Moreteau JC, Escoubet P, 1980. Etude de l'évolution d'une population de *Pinna nobilis* L. (Mollusque Eulamelibranche) au large de l'anse de la Palud (Parc National de Port-Cros). *Trav Sci Parc Natl Port-Cros* 6:39-67.

Vicente N., Briano J.F., 1987. Etude sur la biologie et l'écologie de *Pinna nobilis* (Mollusque Bivalve Eu – Lamelibranche) dans le Parc National Marin de Port-Cros. Rapport final. 17p.

Victor B., Wellington G., 2000. *Endemism and the pelagic larval duration of reef fishes in the eastern pacific ocean*. Marine Ecology Progress Series, 205 p.

Victoire H., 2001. Petite encyclopédie des vents de France. Editions : JC Lattès. 400 p.

Villele X., Verlaque M., 1995. Changes and degradation in a *Posidonia oceanica* bed invaded by the introduced tropical alga *Caulerpa taxifolia* in the Northwestern Mediterranean. *Botanica marina* 38: 79-87.

Vizzini S., Sarà G., Michener R.H., Mazzola A., 2002. The role and contribution of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile organic matter for secondary consumers as revealed by carbon and nitrogen stable isotope analysis. *Acta Oecol.* 23 : 277–285.

Walford L ,1946. A new graphic method of describing growth of animals. *Biol Bull* 90:141-147.

- Wang YG, 1999. Estimating equations for parameters in stochastic growth models from tag-recapture data. *Biometrics* 55:900-903.
- Wang YG, 2004. Estimation of growth parameters from multiple-recapture data. *Biometrics* 60:670-675.
- Warwick, R.M., Clarke, K.R., 1996. Relationships between body-size, species abundance and diversity in marine benthic assemblages: facts or artefacts? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 202 (1), 63–71.
- Waycott M., Longstaff B.J., Mellors J., 2005. Seagrass population dynamics and water quality in the Great Barrier Reef region : A review and future research directions. *Mar. Poll. Bull.* 51 : 343 - 350.
- Wittmann K., Scipione M.B., Fresi E., 1981. Some laboratory experiments on the activity of the macrofauna in the fragmentation of detrital leaves of *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 27(2) : 205 - 206.
- Yonge CM, 1953. Form and habit in *Pinna carnea* Gmelin. *Phil Trans R Soc London Ser B* 237:335-374.
- Zavodnik D, 1967. Contribution to the ecology of *Pinna nobilis* L. (Moll. Bivalvia) in the Northern Adriatic sea. *Thalas Jugol* 3:93-102.
- Zavodnik D, Hrs-Brenko M, Legac M, 1991. Synopsis on the fan shell *Pinna nobilis* L. in the eastern Adriatic sea. In: Boudouresque CF, Avon M, Gravez V (eds) *Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée*. Gis Posidonie publication, Marseille, pp 169–178.
- Zupi V., Fresi E., 1984. A study of the food web of the *Posidonia oceanica* ecosystem : analysis of the gut contents of Echinoderms. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 373 - 379.

13 Annexes

Annexe 1 : Etat initial des individus de *Pinna nobilis* dans la zone du projet

ID	X (WGS-84)	Y (WGS-84)	Hauteur hors-sol (cm)	Profondeur (m)	Substrat	Impact
----	------------	------------	-----------------------	----------------	----------	--------

1	E3,112461	N42,51829	27,0	6,1	Sédimentaire	Détruite (démolition)
2	E3,113917	N42,51932	5,0	6,0	Sédimentaire	Détruite (déroctage)
3	E3,11408	N42,5194	4,0	7,0	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
4	E3,114077	N42,51936 9	4,0	7,0	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
5	E3,11416	N42,51946	5,0	8,0	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
6	E3,1142	N42,51945	9,0	8,0	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
7	E3,11425	N42,51951	13,0	7,5	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
8	E3,11442	N42,51945	3,5	6,5	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
9	E3,11455	N42,51956	19,0	6,1	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
10	E3,1146	N42,51954	12,0	5,8	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
11	E3,1117	N42,51809	14,0	9,5	Sédimentaire	Détruite (déroctage)
12	E3,11188	N42,5183	31,0	9,2	Sédimentaire	Détruite (déroctage)
13	E3,11418	N42,5194	3,5	5,0	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
14	E3,11414	N42,51945	11,0	7,6	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
15	E3,11424	N42,51952	11,5	7,5	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
16	E3,11453	N42,51959	20,0	7,1	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
17	E3,114615	N42,51959 4	4,5	6,0	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
18	E3,11459	N42,51958	5,0	6,4	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
19	E3,11465	N42,51955	23,0	5,6	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
20	E3,11284	N42,51893	34,0	9,7	Sédimentaire	Détruite (déroctage)
21	E3,11396	N42,51918 2	13,0	6,0	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
22	E3,11416	N42,51946	9,0	8,0	Matte morte discontinue	Détruite (déroctage)
23	E3,11333	N42,5186	10,5	3,3	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
24	E3,11362	N42,51881	4,5	4,3	Sédimentaire	Détruite (recouvrement)
25	E3,11364	N42,51873	3,5	3,0	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
26	E3,11363	N42,51869	3,5	2,5	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
27	E3,11355	N42,51865	3,5	2,5	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
28	E3,11363	N42,51856	3,5	2,3	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
29	E3,11358	N42,51849	3,0	2,2	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
30	E3,11382	N42,51906	6,0	4,7	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
31	E3,11369	N42,51889	5,0	3,3	Sédimentaire	Détruite (recouvrement)
32	E3,113915	N42,51890 7	5,0	2,1	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
33	E3,113392	N42,51828 8	3,0	2,2	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
33	E3,11336	N42,51829	4,0	2,2	Matte morte	Détruite (recouvrement)

4					discontinue	
35	E3,11329	N42,51858	7,5	2,9	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
36	E3,11352	N42,51863	5,0	2,2	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
37	E3,11362	N42,51864	11,0	2,1	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
38	E3,11366	N42,51868	9,5	2,3	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
39	E3,11298	N42,51858	20,5	4,0	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
40	E3,11324	N42,51865	4,5	3,7	Sédimentaire	Détruite (recouvrement)
41	E3,1136	N42,51868	10,0	2,2	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
42	E3,11356	N42,51866	11,0	2,1	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
43	E3,11369	N42,51896	30,0	3,9	Sédimentaire	Détruite (recouvrement)
44	E3,11374	N42,51896	7,0	3,5	Sédimentaire	Détruite (recouvrement)
45	E3,11389	N42,51854	6,5	1,4	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
46	E3,113403	N42,51883 8	26,0	7,0	Sédimentaire	Détruite (recouvrement)
47	E3,11333	N42,51845	3,0	1,5	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
48	E3,113356	N42,51847 2	3,0	1,4	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
49	E3,113351	N42,51843	2,0	1,4	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
50	E3,11346	N42,5185	3,0	1,4	Matte morte discontinue	Détruite (recouvrement)
51	E3,11471	N42,51946	4,5	5,0	Sédimentaire	Impactée (turbidité)

ID	X (WGS-84)	Y (WGS-84)	Hauteur hors-sol (cm)	Profondeur (m)	Substrat	Impact
52	E3,114871	N42,519741	5,0	8,3	Matte morte discontinue	Impactée (turbidité)

53	E3,11486	N42,51976	5,0	8,3	Matte morte discontinue	Impactée (turbidité)
54	E3,11486	N42,51954	9,0	6,0	Matte morte discontinue	Impactée (turbidité)
55	E3,114825	N42,519528	5,0	6,0	Matte morte discontinue	Impactée (turbidité)
56	E3,11479	N42,51962	12,0	6,2	Matte morte discontinue	Impactée (turbidité)
57	E3,114771	N42,519749	13,5	7,5	Sédimentaire	Impactée (turbidité)

Annexe 2 : Méthodologie

Présentation des méthodes utilisées pour produire l'évaluation

Le personnel de SEANEO intervenant dans le cadre de ce projet est expérimenté et particulièrement qualifié, non seulement dans un ou plusieurs domaines techniques mais également dans la conduite et le suivi de tels dossiers.

SEANEO appartient à un réseau d'experts universitaires, scientifiques et techniques internationaux et entretient de nombreuses collaborations avec des laboratoires de recherche universitaires publics ou privés (CNRS, IFREMER, Université de Perpignan, etc.). SEANEO, pour ces tâches précises nécessitant des compétences pointues et des moyens matériels particuliers, s'est entouré de spécialistes dans les domaines demandés.

SEANEO comprend à la fois des spécialistes en études d'impact, en Magnoliophytes marines, en *Pinna nobilis*, en benthos, en évaluation environnementale, en évaluation de la conservation d'un site, en propositions de mesures de gestion et les moyens d'investigations afférents. De ce fait, SEANEO possède et maîtrise, dans le cadre de l'étude proposée, les techniques d'acquisition des données, les moyens et la qualification pour l'exploitation de celles-ci.

SEANEO a déjà participé, en groupement ou de manière indépendante, à de nombreuses réalisations sur les thématiques des dossiers de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées, les dossiers d'étude d'impact, des Magnoliophytes marines, des *Pinna nobilis*, du benthos, de l'évaluation environnementale, de l'évaluation de la conservation d'un site, des propositions de mesures de gestion de gestion. Ces réalisations ont fait l'objet de production de documents.

Un autre point fort de SEANEO est sa localisation géographique, proche des zones d'études (Perpignan). Cette proximité présente les avantages de réaliser les missions dans les meilleures conditions possibles afin d'obtenir une qualité d'acquisition optimale et d'assurer un suivi des travaux favorisé avec le maître d'ouvrage.

SEANEO est membre des Pôle Mer Bretagne et Méditerranée, pôles de compétitivité mondial, qui associent, dans la filière maritime, des grandes entreprises, PME, laboratoires publics et privés, Universités et grandes écoles. Les domaines d'excellence et les champs de recherche couverts notamment par les Pôle Mer Bretagne et Méditerranée sont les biotechnologies, la pêche, l'aquaculture et l'environnement côtier.

SEANEO est agréé par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche en tant qu'organismes exécutant des travaux de recherche et développement (R&D). L'agrément reconnaît la capacité de SEANEO à mener des travaux de R&D éligibles au titre du crédit d'impôt recherche (CIR).

SEANEO est un partenaire référent de l'IFREMER dans le cadre du REBENT Méditerranée. SEANEO est l'un des principaux organismes intervenant en Languedoc-Roussillon au niveau de la cartographie des biocénoses benthiques. Les travaux portent sur les Aires Marines Protégées (Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls, Parc Naturel Marin du Golfe du Lion), sur des sites Natura 2000 (Posidonie de la Côte des Albères, Posidonie du Cap d'Agde), sur les ZNIEFF Mer et sur la Directive Cadre sur l'Eau (référentiel benthique, étude et caractérisation écologique des eaux côtières). Plusieurs références bibliographies sont associées à ces études (KANTIN *et al.*, 2006).

En vue de la réalisation de ce projet, SEANEO dispose dans son équipe de spécialistes des thématiques étudiées, et s'est également rapproché de scientifiques reconnus lors de l'élaboration du présent rapport.

Dans le cadre du présent projet, la méthodologie comprend :

- Analyse et synthèse bibliographique ;
- Entretiens, questionnaires et enquêtes ;
- Réunions ;
- Expertises ;
- Analyse et synthèse des données ;
- SIG ;
- Rédaction ;
- Assistance à maîtrise d'ouvrage.

Difficultés techniques et scientifiques rencontrées

Aucune difficulté technique et scientifique n'a été rencontrée lors de l'élaboration de la réalisation d'une étude et d'un dossier de dérogation d'atteinte aux espèces protégées, d'après les Articles L411-1 et 2 du Code de l'Environnement, l'Arrêté du 19 février 2007, la Circulaire du 21 janvier 2008, les documents transmis par les DREAL Corse, Languedoc-Roussillon, Provence Alpes Côte d'Azur, le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie et par le Conseil Départemental des Pyrénées-Orientales.

