



# Projet de rallongement du quai de la base aéronavale d'Aspretto (Ajaccio) en vue de l'installation de la nouvelle vedette des douanes

*Dossier de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées au titre des articles L411-1 et L411-2 du Code de l'environnement*



Photo : Pasquale MONEGLIA - Goeland d'audouin dans l'enceinte du port d'Aspretto



Janvier 2017

## CONTENU

<b>1 Introduction.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Le demandeur, les principales caractéristiques du projet et sa justification.....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Le demandeur.....</i>	5
2.1.1 Présentation du demandeur et de ses activités .....	5
2.1.2 Moyens mis en œuvre pour intégrer les enjeux liés aux espèces protégées dans la conception du projet.....	6
2.2 <i>Le projet.....</i>	6
2.2.1 Description et caractéristiques techniques du projet.....	6
2.2.2 Description des étapes suivies pour la prise en compte des enjeux liés à la biodiversité et aux espèces protégées dans la conception du projet.....	18
2.2.3 Rappel des autres procédures réglementaires applicables au projet .....	18
2.2.4 Cohérence du projet avec les autres politiques de protection de l'environnement et de la nature.....	19
2.3 <i>Justification du projet au regard des dispositions de l'article L. 411-2 du Code de l'environnement.....</i>	19
2.3.1 Rappel de la réglementation.....	19
2.3.2 Justification du projet au regard de l'article L. 411-2 du Code de l'environnement .....	20
2.4 <i>Absence d'autres solutions satisfaisantes au projet (solution alternative de moindre impact sur les espèces protégées) .....</i>	20
2.4.1 Justification de la réalisation du projet au regard d'autres solutions alternatives à ce projet présentant moins d'impact sur les espèces protégées .....	20
2.4.2 Justification relative à la conception du projet et à l'évitement des impacts sur les habitats et les espèces protégées en cohérence avec les autres enjeux ...	24
2.4.3 Cout des opérations d'évitement et de réduction des impacts.....	24
<b>3 Objet de la demande.....</b>	<b>24</b>
3.1 <i>Espèces et habitats concernés.....</i>	24
3.2 <i>Localisation de l'objet de la demande.....</i>	24
3.3 <i>Justification de l'objet de la demande, inventaires et études environnementales conduits.....</i>	25
3.3.1 Présentation des inventaires et études environnementales conduits sur l'emprise du projet et à sa périphérie .....	25
3.3.2 Impacts .....	42
3.3.3 Mesures correctives (Eviter-Réduire).....	46
3.3.4 Conclusion .....	52
<b>4 L'environnement du projet, les activités connexes au projet et leurs impacts avérés ou prévisibles sur les habitats et les espèces protégés .....</b>	<b>52</b>
<b>5 Présentation des espèces protégées faisant l'objet de la demande et de leur</b>	

<b>environnement</b> .....	<b>53</b>
5.1 <i>Contexte écologique du site</i> .....	53
5.1.1 Site Natura 2000 FR9412001 « Colonie de goélands d’Audouin Larus audouinii d’Aspretto/Ajaccio » .....	53
5.1.2 Site Natura 2000 FR 9402017 « Golfe d’Ajaccio » - Secteur d’Aspretto -.....	56
5.2 <i>Caractéristique et état de conservation des deux espèces protégées concernées par la demande</i> .....	100
5.2.1 Description détaillée de <i>Posidonia oceanica</i> (Posidonie).....	100
5.2.2 Description détaillée de <i>Pinna nobilis</i> (Grande nacre) .....	120
5.3 <i>Appréciation des pressions résultant des aménagements récents</i> .....	131
<b>6 Impacts résiduels du projet pour chacune des espèces protégées faisant l’objet de la demande</b> .....	<b>131</b>
<b>7 Mesures compensatoires, faisabilité et nature des mesures pour chacune des espèces protégées faisant l’objet de la demande</b> .....	<b>131</b>
<b>8 Synthèse sur les mesures</b> .....	<b>132</b>
<b>9 Conclusion</b> .....	<b>133</b>
<b>10 Bibliographie</b> .....	<b>134</b>

## TABLEAUX

Tableau I. Tableau d’analyse multi-criteres des différentes variantes d’aménagement .....	23
Tableau II. Calendrier et effort d’inventaire de terrain de la faune et le flore terrestres.....	32
Tableau III. Synthèse des impacts et des mesures associées relatifs à la biocénose marine .....	46
Tableau IV. Synthèse des impacts et des mesures associées relatifs au milieu terrestre .....	49
Tableau V. Site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d’Ajaccio", types d’habitats présents sur le site et leurs évaluations. ....	60
Tableau VI. Site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d’Ajaccio", espèces inscrites à l’annexe II de la directive 92/43/CEE et leurs évaluations. ....	61
Tableau VII. Site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d’Ajaccio", autres espèces importantes de faune et de flore. ....	62
Tableau VIII. Synthèse de données concernant l’habitat "Herbiers de Posidonie" à proximité du présent projet. ....	69
Tableau IX. Caractérisation de l’état des "Herbiers de Posidonie" à proximité du présent projet. ....	73
Tableau X. Liste des statuts de protection de <i>Patella ferruginea</i> . ....	89
Tableau XI. Liste des statuts de protection de <i>Posidonia oceanica</i> . ....	109
Tableau XII. Liste des statuts de protection de <i>Pinna nobilis</i> . ....	125
Tableau XIII. Synthèse des mesures et de leur coût .....	132

## FIGURES

Figure 1. Zone à aménager .....	8
Figure 2. Vue 3D des caissons absorbants.....	9
Figure 3. Coupes des caissons absorbants .....	10
Figure 4. Vue 3D de l'aménagement futur. ....	13
Figure 5. Planning des travaux.....	14
Figure 6. Organisation du plan d'eau en fonctionnement .....	17
Figure 7. Cartographie des habitats et des espèces protégés du bassin portuaire d'Aspretto.....	33
Figure 8. Autres substrats du bassin portuaire d'Aspretto. ....	32
Figure 9. Herbiers de Posidonie du bassin portuaire d'Aspretto. ....	34
Figure 10 : Grandes nacres du bassin portuaire d'Aspretto.....	35
Figure 11 : Exemples de faune et de flore du bassin portuaire d'Aspretto .....	35
Figure 12 : Faune, flore et patelles du bassin portuaire d'Aspretto.....	36
Figure 13. Poids de la colonie d'Aspretto/Ajaccio dans la population corse de Goélands d'Audouins depuis 1985 .....	39
Figure 14. Localisation de la colonie de goéland d'Audouin (Ichtyaetus audouinii).....	40
Figure 15. Localisation de l'hémidactyle verruqueux (Hemidactylus turcicus).....	41
Figure 16. Localisation géographique du site NATURA 2000 n°FR9412001 .....	54
Figure 17. Cartographie des habitats génériques du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".	57
Figure 18. Cartographie des habitats élémentaires du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".	58
Figure 19. Cartographie de synthèse des statuts des habitats du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio" .....	59
Figure 20. Cartographie des habitats élémentaires du secteur 4 du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".....	65
Figure 21. Stations d'observations dans les herbiers de Posidonie du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".....	68
Figure 22. Vitalité des herbiers de Posidonie du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".....	70
Figure 23. Compacité de la matre des herbiers de Posidonie du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio". ....	71
Figure 24. Taux d'épiphytisme des herbiers de Posidonie du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio". ....	72
Figure 25. Cartographie des sables médiolittoraux du secteur 4 du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".....	75
Figure 26. Cartographie des roches médiolittorales supérieures du secteur 4 du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio". ....	77
Figure 27. Stations d'observations dans la roche infralittorale à algues photophiles du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".....	79
Figure 28. Cartographie de Cystoseira amentacea var. stricta du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio". ....	80
Figure 29. Cartographie de Corallina elongata du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio". ...	81

---

## 1 INTRODUCTION

La brigade garde-côte d'Ajaccio bénéficie actuellement d'une place à quai au sein de la base aéronavale d'Aspretto. Dans le cadre du développement des activités des services douaniers secteur Corse, la brigade dispose prochainement d'une nouvelle vedette à la fois plus performante mais aussi plus longue que l'ancienne (SAFEGE, 2016).

Il est ainsi prévu d'engager des travaux d'aménagement du quai actuel visant à rallonger l'ouvrage pour permettre l'accueil de la nouvelle navette (SAFEGE, 2016).

Le projet consiste à rallonger le quai existant d'une longueur de 6m pour accueillir un nouveau navire de la douane, de 32m de long et de 120T de déplacement.

La présente étude constitue la demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées au titre des articles L411-1 et 2 du Code de l'environnement.

Une attention particulière est apportée à la définition de la séquence Eviter - Réduire - Compenser (ERC) du projet.

La demande de dérogation porte sur les espèces protégées impactées : *Posidonia oceanica* et *Pinna nobilis*.

Le présent rapport accompagnant la demande de dérogation respecte l'arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L.411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées.

Dans le but de s'assurer de la complétude du dossier, de la prise en compte des enjeux faunistiques et floristiques attendus par les services instructeurs, le pétitionnaire s'est rapproché des services de la DDTM et de la DREAL.

---

## 2 LE DEMANDEUR, LES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU PROJET ET SA JUSTIFICATION

---

### 2.1 LE DEMANDEUR

Le demandeur est le ministère de l'Economie et des Finances, maître d'ouvrage du projet.

#### 2.1.1 Présentation du demandeur et de ses activités

Le ministère de l'Economie et des Finances est chargé de mettre en œuvre la politique du

Gouvernement en matière économique, financière, budgétaire et fiscale. Ses missions recouvrent des champs d'action variés tels que l'industrie, le commerce, les services, l'innovation mais aussi la gestion des comptes publics et la définition de la stratégie des finances publiques (affaires monétaires, impôts, douanes...). Elles sont assurées par les différents services et directions qui composent le ministère.

### ***2.1.2 Moyens mis en œuvre pour intégrer les enjeux liés aux espèces protégées dans la conception du projet***

Le projet de prolongement du quai de la BAN Aspretto est mené par l'intervention de plusieurs acteurs :

- Le Ministère de l'économie et des finances - Service des affaires financières et immobilières (maitre d'ouvrage)
- Le Ministère de la défense (propriétaire)
- La Collectivité Territoriale de Corse (étude de faisabilité)
- Le bureau d'étude SAFEGE (maitrise d'œuvre)
- Les bureaux d'étude ENDEMYS/CETA ENVIRONNEMENT/SEANEO (études environnementales)

Il est nécessaire d'ajouter la concertation avec les différents services de l'Etat notamment DDTM 2A et DREAL CORSE.

Le travail conjoint entre le groupement des bureaux d'étude ENDEMYS, CETA ENVIRONNEMENT et SEANEO mandaté par le ministère de l'Economie et des Finances pour réaliser les études environnementales, le bureau d'étude SAFEGE en charge de la maitrise d'œuvre, auquel s'ajoute la concertation avec les différents services de l'Etat notamment DDTM 2A et DREAL de Corse a permis d'intégrer les enjeux liés aux espèces protégées dans la conception du projet.

---

## ***2.2 LE PROJET***

### ***2.2.1 Description et caractéristiques techniques du projet***

#### ***2.2.1.1 Description générale***

##### ***2.2.1.1.1 Présentation***

La base aéronavale d'Aspretto, dont la construction date de 1938, avait été créée

initialement afin d'accueillir des hydravions. Depuis 1985, aucune unité n'a plus été affectée en Corse et la base a été dissoute en 1993.

A l'heure actuelle le site accueille une dizaine d'entités différentes dont le service des douanes qui dispose d'une place à quai au sein de la base. Suite à la réorganisation de la façade garde-côte de Méditerranée, la navette actuelle de la brigade va être remplacée par un nouveau navire plus gros.

La longueur de la future navette étant trop importante pour permettre au navire de s'amarrer au quai existant, des études de faisabilité ont été lancées en Mars 2015 afin de trouver la solution la mieux adaptée. Le scénario retenu suite à l'étude réalisée par la Collectivité Territoriale de Corse prévoit le rallongement de l'ouvrage sur 6 m via la mise en place de caissons absorbant de type « JARLAN ».

#### 2.2.1.1.2 Le projet

Le projet consiste à réaliser une extension du quai actuel de 6 mètres et de l'élargie de 15,55 mètres afin d'accueillir la nouvelle navette des douanes (Figure 1).

Les travaux à réaliser se décomposent en deux parties :

- Le nivellement du fond sur une bande de 10 m de largeur à l'est et au sud du quai existant et projeté. Le fond sera nivelé à environ -3,00 m par rapport au niveau moyen du plan d'eau, suivant le relevé bathymétrique du 10 mars 2015 ;
- Le rallongement du quai existant sur une longueur de 6 m via la mise en place de caissons absorbants positionnés sur un radier d'assise. Les caissons seront préfabriqués sur place ou en usine et liaisons en partie haute avec une dalle de compression et une poutre de couronnement ;
- La mise en place d'équipements adaptés pour la réception des différents navires prévus.

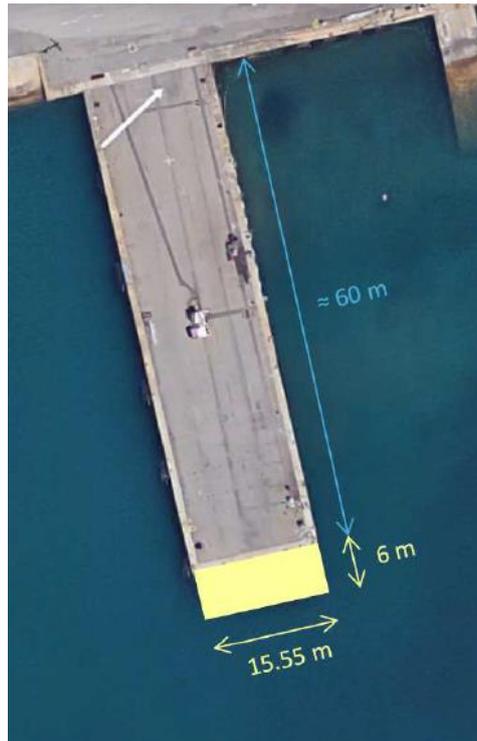
#### 2.2.1.1.3 Historique de développement du projet

La base aéronavale d'Aspretto, dont la construction date de 1938, avait été créée initialement afin d'accueillir des hydravions. Depuis 1985, aucune unité n'a plus été affectée en Corse et la base a été dissoute en 1993.

Suite à la réorganisation de la façade garde-côte de Méditerranée, la navette actuelle va être remplacée par un nouveau navire plus gros.

Compte tenu que le quai est considéré comme trop petit pour l'amarrage sécurisé du navire, une étude de faisabilité a été lancée en mars 2015 et réalisée par la Collectivité Territoriale de Corse.

Par la suite, une étude de maîtrise d'œuvre ainsi que des études environnementales ont été lancées courant 2016.



**Figure 1. Zone à aménager**

#### 2.2.1.1.4 *Planning prévisionnel du projet*

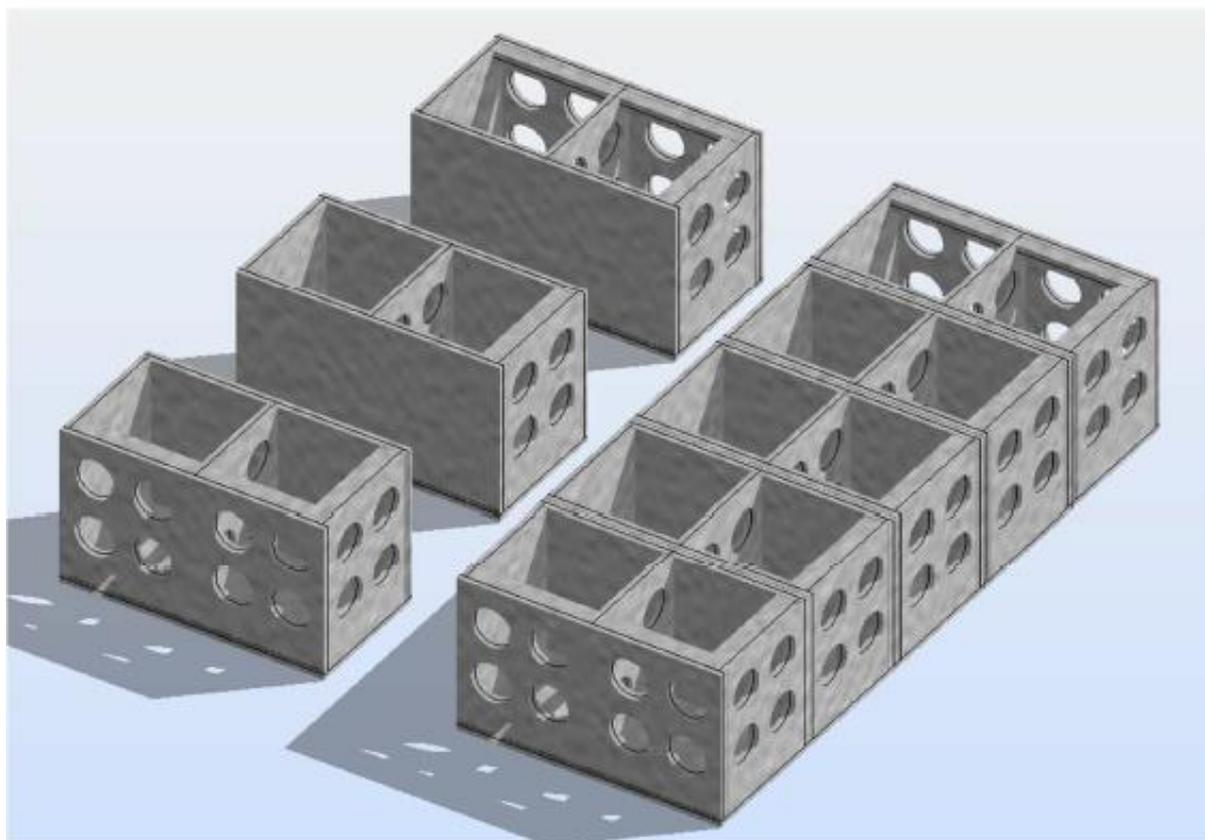
Le planning prévisionnel du projet est le suivant :

- Mars 2015 : Etude de faisabilité réalisée par la CTC terminée.
- Novembre 2016 : Rapport d'étude PRO finalisé par SAFEGE.
- Janvier 2017 : Rapports d'études environnementales finalisés par le groupement composé des bureaux d'études ENDEMYS, CETA ENVIRONNEMENT et SEANEO.
- Septembre 2017 : Commencement des travaux.
- Février 2018 : Fin des travaux. Quai opérationnel.

#### **2.2.1.2 *Construction et travaux à réaliser***

##### 2.2.1.2.1 *Géométrie des caissons*

L'aménagement sera constitué de cinq caissons préfabriqués. Trois types de caisson seront fabriqués, deux caissons de rive et trois caissons centraux. La géométrie des ouvrages est présentée ci-dessous.



**Figure 2. Vue 3D des caissons absorbants**



#### 2.2.1.2.2 Equipements du quai

Les équipements prévus sur la partie aménagée du quai sont les suivants :

- Les bollards : les bollards seront implantés à l'extrémité sud du quai (1 à l'est, 1 au centre et 1 à l'ouest). Les bollards prévus pour le projet sont des bollards de 10 tonnes.
- Anneau d'amarrage : 6 anneaux d'amarrage de 0.2 m de diamètre sont prévus sur le quai existant afin d'accueillir les plus petits navires susceptibles d'amarrer sur le quai.
- Les défenses : les défenses proposées
- Les échelles si nécessaire
- La rampe d'accès à la navette (si possible)

#### 2.2.1.2.3 Mise en œuvre

Avant la réalisation des travaux, les réseaux devront être détectés au préalable et faire l'objet si nécessaire de précautions et ou protections en fonction de leur nature et de leur profondeur de pose.

Les armatures métalliques reconnues lors de la détection géophysiques peuvent représenter des tirants avec un entraxe de 15 m.

Enfin, les zones décomprimées reconnues côté terre-plein (Nord) correspondent apparemment à l'ancien quai. Sur l'extrémité sud, la zone décomprimée correspond en revanche à des remblais de faible densité, confirmé par les sondages SD1 à SD3 et SP1.

##### 2.2.1.2.3.1 Nivellement du fond marin

Le nivellement du fond marin sera effectué à l'est et au sud du quai existant sur une bande de largeur 10 m et à une profondeur d'environ 3 m. Cette opération aura pour but de faciliter la navigation et les manœuvres des bateaux autour du quai ainsi que d'évacuer les sols de moins bonne qualité au niveau de la zone à aménager.

##### 2.2.1.2.3.2 Réalisation de la couche de fondation

La couche de fondation sera constituée de ballast 40/80 pour éviter tout risque d'affouillement provoqué par les jets d'hélices. Un bétonnage partiel des granulats pourra également être envisagé là où les risques de déstabilisation sont les plus élevés.

Cette couche de forme sera précédée d'une purge au droit de l'emprise des futurs caissons, et aura une épaisseur suffisante pour reprendre la bathymétrie de site et arriver à la cote inférieure du radier pour le projet.

### 2.2.1.2.3.3 Fabrication et mise en place des caissons

La fabrication des caissons se fera soit sur site dans une zone aménagée à cet effet, soit dans une usine de préfabrication. Le choix de la méthode constructive est laissé à l'entreprise.

La manutention des caissons sera effectuée par une grue mobile manœuvrant depuis l'extrémité du quai existant.

La manutention des caissons et les préconisations à prendre en compte pendant les travaux sont détaillés dans le rapport d'étude PRO. Les travaux et la circulation sur le quai existant ne devront pas remettre en cause la sécurité de l'ouvrage.

### 2.2.1.2.3.4 Adhérence radier-caissons

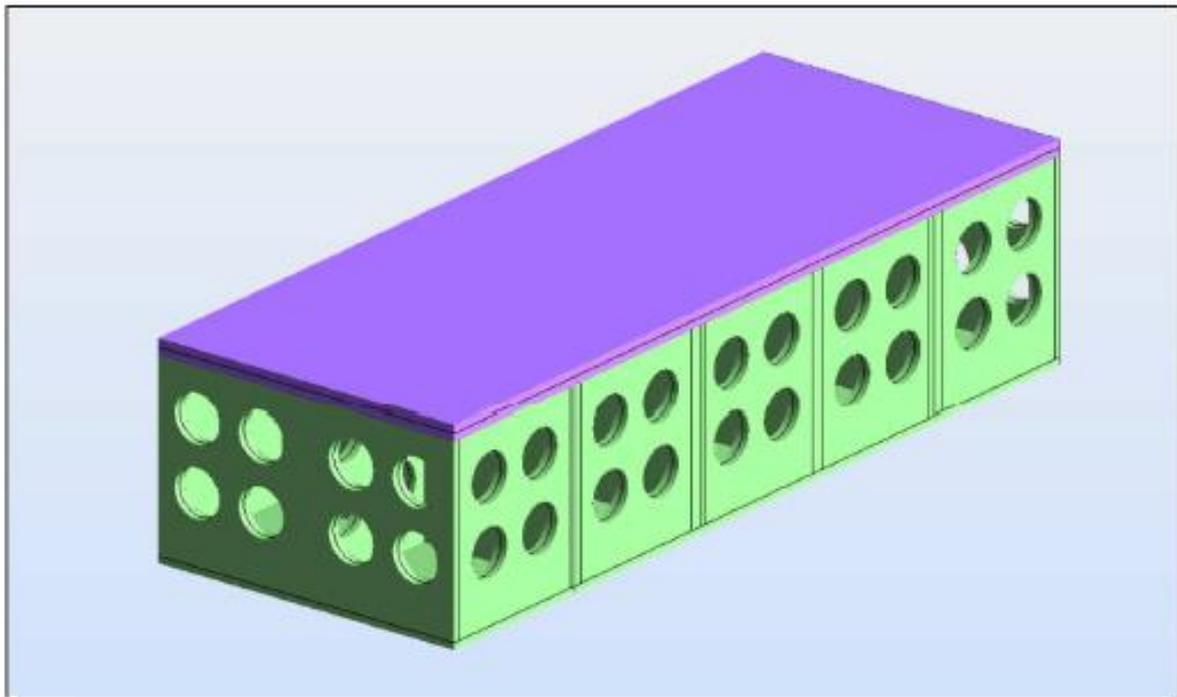
Il sera veillé à ce que le parement des dalles inférieures des caissons soient rugueux (un traitement de surface de type rainurage ou surfaçage thermique pourra être effectué sur la dalle basse des caissons) afin d'augmenter l'adhérence au sol et ainsi diminuer le risque de glissement.

Si un traitement de surface est employé, l'épaisseur sacrifiée sera prise en compte dans le calcul de l'enrobage.

### 2.2.1.2.3.5 Liaisonnement des caissons

Le liaisonnement des caissons sera assuré grâce à la dalle supérieure d'épaisseur 30 cm qui rendra la structure monolithique. Des prédalles seront positionnées entre appuis, sur les voiles et le porte à faux matérialisant la partie inférieure de la poutre de couronnement. Les prédalles ainsi que les coffrages de rive devront être dimensionnés de manière à reprendre la poussée du béton lors des opérations de coulage. La continuité du ferrailage entre les voiles et la dalle supérieure sera assurée grâce aux armatures en attentes.

A noter que la structure présentée ci-dessus n'est en aucun cas liée à l'ouvrage existant ce qui permet d'éviter d'apporter de nouveaux efforts au quai actuel. La continuité entre la dalle de la nouvelle structure et celle du quai actuel pourra se faire via la mise en place d'un joint de chaussée (joint à peigne par exemple).



■ Dalle de compression coulée en place ép. 30 cm

■ Caissons préfabriqués, voiles ép. 25 cm

**Figure 4. Vue 3D de l'aménagement futur.**

#### 2.2.1.2.4 Planning des travaux

cf. planning ci-dessous.

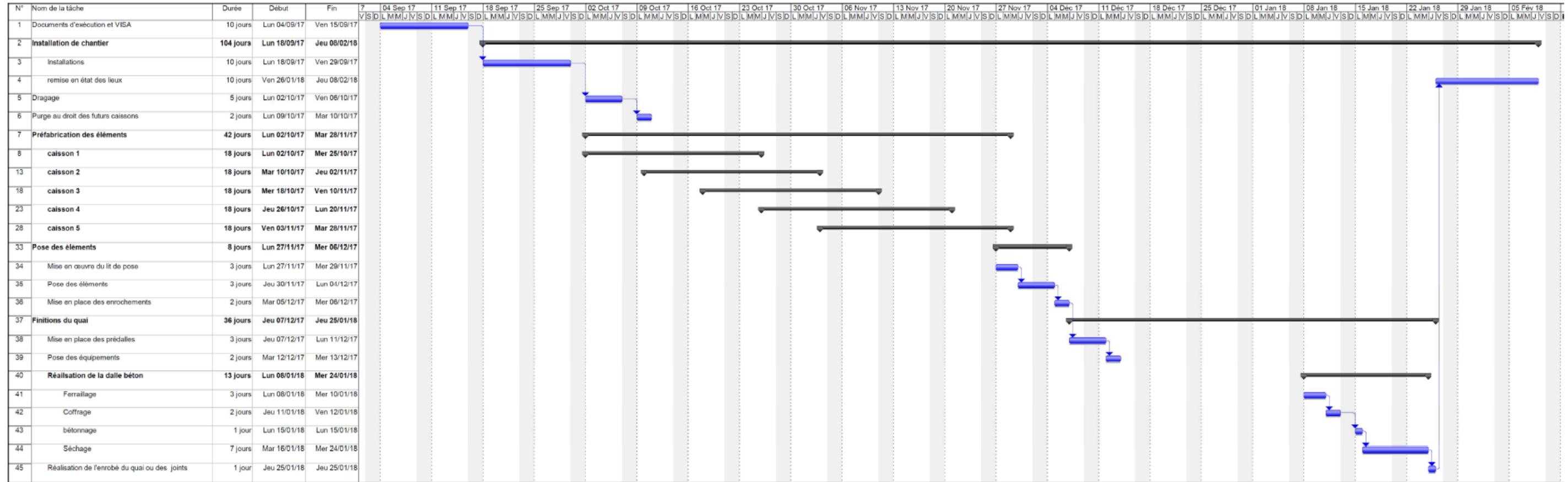


Figure 5. Planning des travaux

### 2.2.1.2.5 Estimation des travaux

N° prix	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unité	Quantité	Prix unitaire (euros HT)	Prix total (euros HT)
<b>100</b>	<b>PRIX GENERAUX</b>				
101	Installation de chantier, amené et repléme nt de tous les matériels	Ft	1	20 000	20 000
102	Signalisation maritime et terrestre de chantier	Ft	1	1 000	1 000
103	Etudes et plans d'exécution	Ft	1	15 000	15 000
104	Etablissem ent du P.A.Q	Ft	1	1 500	1 500
105	Epreu ves de conve nance	Ft	1	3 400	3 400
106	Contrôle extérieur des bétons	U	20	56	1 120
107	Etablissem ent du dossier des ouvrages exécutés	Ft	1	2 300	2 300
108	Moyens de surveillance et de protection de l'environnement	Ft	1	3 000	3 000
	<b>Sous Total Prix Généraux</b>				<b>47 320</b>
<b>200</b>	<b>TRAVAUX PREPARATOIRES</b>				
201	Levés topo-bathymétriques sur l'emprise des travaux	Ft	1	2200	2 200
202	Dragage/régala ge	m3	20	50	1 000
	<b>Sous Total Travaux Préparatoires</b>				<b>3 200</b>
<b>300</b>	<b>RADIER D'ASSISE</b>				
301	Fourniture et mise en œuvre de ballast 40/80	m3	62	45	2 790
302	Régla ge du fond de fouille	m2	107	20	2 145
303	Béton C35/C45 pour radier	m3	21	320	6 720
304	Armature pour béton armé	t	1	3 100	3 906
	<b>Sous Total Radier d'Assise</b>				<b>15 561</b>
<b>400</b>	<b>FABRICATION ET MISE EN ŒUVRE DES BLOCS</b>				
401	Béton C35/45 pour les blocs préfabriqués y compris coffra ge	m3	97	550	53 350
402	Acier haute adhérence pour éléments préfabriqués	t	12	2 000	23 280
403	Reprise et pose des éléments préfabriqués (blocs) en place	u	5	2 500	12 500
404	Fourniture et pose d'enrochem ent (1 à 3 t)	m3	205	45	9 225
	<b>Sous Total fabrication et Mise en œuvre des Blocs</b>				<b>98 355</b>
<b>500</b>	<b>POUTRE DE COURONNEMENT</b>				
501	Béton C35/C45 pour poutre de couronnement	m3	6,0	450	2 700
502	Aciers pour béton de la poutre de couronnement	t	0,8	2 000	1 560
	<b>Sous Total Poutre de Couronnement</b>				<b>4 260</b>
<b>600</b>	<b>REVETEMENT DE LA DALLE ET LE TERRE PLEIN</b>				
601	Béton pour dalle du quai	m3	28	450	12 600
602	Acier pour béton de la dalle du quai	t	2,8	2 000	5 600
603	Béton bitumineux pour couche de roulement	t	4	172	768
	<b>Sous Total Revetement de la Dalle du Quai</b>				<b>18 968</b>
<b>700</b>	<b>EQUIPEMENTS DU QUAI</b>				
701	Fourniture et pose de défenses type sea ward	u	6	5 000	30 000
702	Fourniture et pose d'un bollard de 10T	u	3	2 300	6 900
703	Fourniture et pose d'anneaux d'amarrage diam 0,2	u	6	200	1 200
	<b>Sous Total Equipements du Quai</b>				<b>38 100</b>
<b>RECAPITULATIF</b>					
<b>100</b>	<b>PRIX GENERAUX</b>				<b>47 320</b>
<b>200</b>	<b>TRAVAUX PREPARATOIRES</b>				<b>3 200</b>
<b>300</b>	<b>RADIER D'ASSISE</b>				<b>15 561</b>
<b>400</b>	<b>FABRICATION ET MISE EN ŒUVRE DES BLOCS</b>				<b>98 355</b>
<b>500</b>	<b>POUTRE DE COURONNEMENT</b>				<b>4 260</b>
<b>600</b>	<b>REVETEMENT DE LA DALLE ET LE TERRE PLEIN</b>				<b>18 968</b>
<b>700</b>	<b>EQUIPEMENTS DU QUAI</b>				<b>38 100</b>
	<b>TOTAL GENERAL (hors aléas)</b>				<b>225 764</b>
	<b>ALEAS IMPREVUS 5%</b>				<b>11 288</b>
	<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>237 052</b>

### 2.2.1.3 *Fonctionnement*

#### 2.2.1.3.1 Cadre réglementaire du projet

Combinaisons d'action : ..... Eurocode 0 (EN 1990)

Catalogue des charges : ..... Actions sur les structures d'après Eurocode 1 (EN 1991)

Norme de conception béton armé : . Eurocode 2 (EN 1992)

#### 2.2.1.3.2 Navire du projet et organisation du plan d'eau

Les caractéristiques générales de la nouvelle navette sont les suivantes :

- Longueur : 32 m
- Largeur : 6.5 m
- Déplacement : 120 tonnes

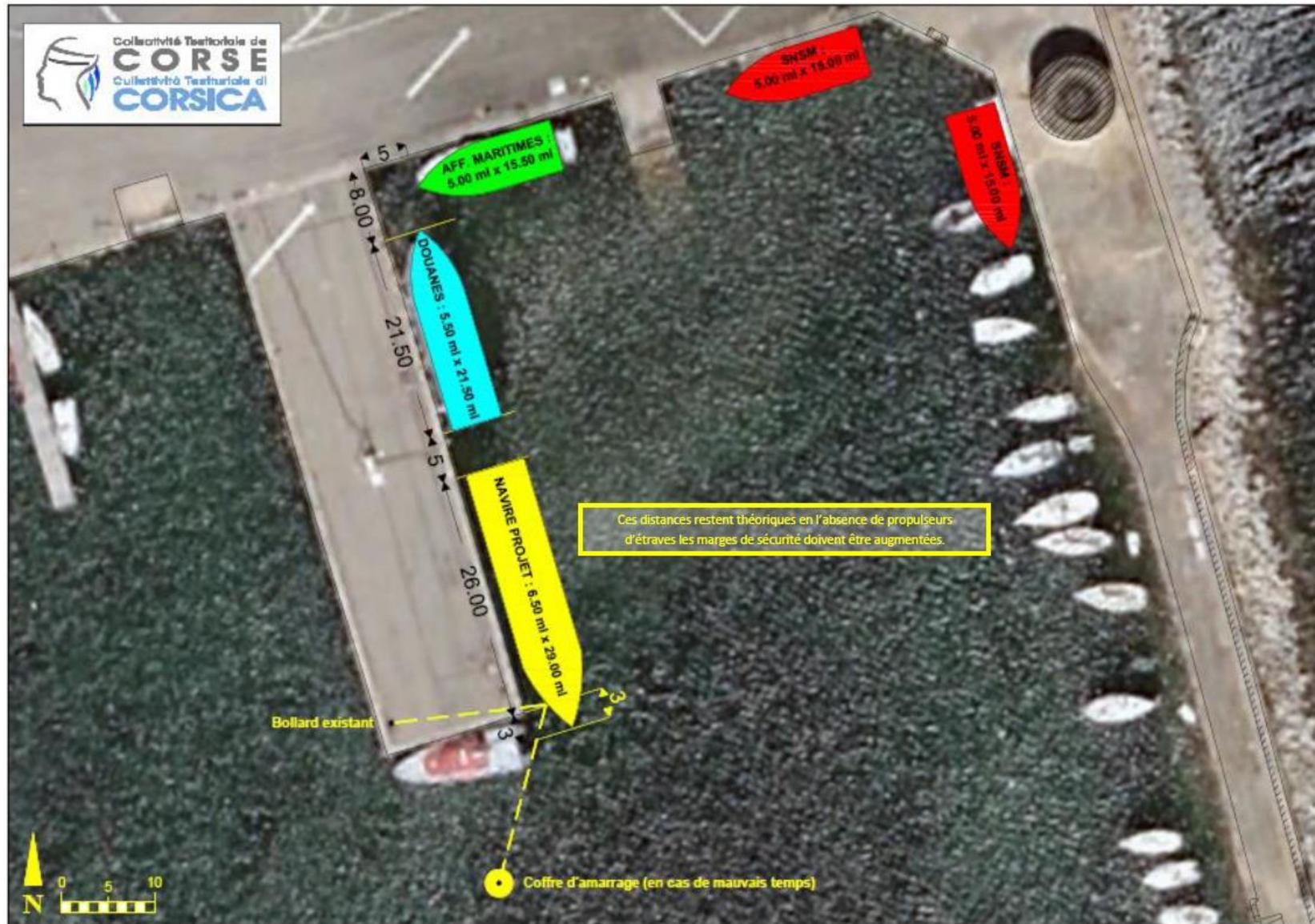


Figure 6. Organisation du plan d'eau en fonctionnement

#### ***2.2.1.3.3 Durée d'utilisation du projet***

Le quai est considéré comme une structure courante de catégorie 4 (classe structurale S4) selon l'Eurocode 0. La durée d'utilisation de projet (DUP) correspondante est de 50 ans.

#### ***2.2.1.3.4 Entretien***

L'ouvrage n'est pas soumis à un entretien réglementaire annuel. Cependant en cas de besoins, le maître d'ouvrage peut faire réaliser un suivi visuel par plongeur.

#### ***2.2.1.4 Démantèlement et remise en état du site***

Compte tenu que l'ouvrage est constitué de caissons en béton, en cas de démantèlement il sera procédé aux travaux identiques que lors de la réalisation du projet. Des études environnementales seront toutes aussi nécessaires.

En cas de démantèlement, il est prévu une remise en état avec le quai actuel.

### ***2.2.2 Description des étapes suivies pour la prise en compte des enjeux liés à la biodiversité et aux espèces protégées dans la conception du projet***

Lors de la réalisation des études environnementales, des impacts et des mesures ont été identifiés et intégrés au rapport d'étude PRO afin que les projets soit compatible avec son environnement :

- Dispersion de MES
- Travaux de dragage et d'immersion
- Effet du bruit des travaux
- Prise en compte de la présence des goélands.

### ***2.2.3 Rappel des autres procédures réglementaires applicables au projet***

Outre la demande de dérogation espèces protégées, le projet est soumis aux autres procédures réglementaires suivantes :

- Etude d'impact ;
- Evaluation des incidences Natura 2000 ;
- Dossier loi sur l'eau.

## **2.2.4 Cohérence du projet avec les autres politiques de protection de l'environnement et de la nature**

Le projet respectera l'ensemble des politiques et réglementation de protection de l'environnement et de la nature, notamment celles applicables aux sites natura 2000 FR9412001 « Colonie de goélands d'Audouin *Larus audouinii* d'Aspretto/Ajaccio » et FR 9402017 « Golfe d'Ajaccio ». Il respecte également l'interdiction d'accès du 1<sup>er</sup> avril au 31 juillet par ordre permanent du commandant de la marine en Corse edicté depuis 1995.

---

## **2.3 JUSTIFICATION DU PROJET AU REGARD DES DISPOSITIONS DE L'ARTICLE L. 411-2 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT**

### **2.3.1 Rappel de la réglementation**

La préservation du patrimoine biologique est un impératif majeur des politiques environnementales. Elle se fixe en particulier pour objectif de restaurer et de maintenir l'état de conservation des espèces les plus menacées.

A cet effet, à l'image de différentes dispositions internationales et communautaires, l'article L. 411-1 du Code de l'environnement prévoit un système de protection stricte des espèces de faune et de flore sauvages dont les listes sont fixées par arrêté ministériel.

Concernant ces espèces, il est notamment interdit de les capturer, de les transporter, de les perturber intentionnellement ou de les commercialiser. Ces interdictions peuvent s'étendre aux habitats des espèces protégées pour lesquelles la réglementation peut prévoir des interdictions de destruction, de dégradation et d'altération. Le non-respect de ces règles fait l'objet de sanctions pénales, prévues à l'article L. 415-3 du code de l'environnement.

Les interdictions prévues à l'article L. 411-1 du code de l'environnement doivent être impérativement respectées dans la conduite des activités et des projets d'aménagement et d'infrastructures. Ceux-ci doivent être conçus et menés à bien sans porter atteinte aux espèces de faune et de flore sauvages protégées. Concrètement, si un projet ou une activité est reconnu comme susceptible de porter atteinte aux espèces, des variantes au projet initial ou des mesures d'évitement peuvent être trouvées.

Exceptionnellement, l'autorité administrative peut, en accord avec l'article L. 411-2 du code de l'environnement, reconnaître un droit de dérogation à ces interdictions. Ces dérogations ne sont délivrées que si le projet justifie d'un intérêt précis (listé ci-dessous) et qu'aucune solution alternative n'est possible et qu'il ne dégrade pas l'état de conservation des espèces concernées.

Les 5 cas de projet pour lesquelles une dérogation est possible stipulé dans l'article L. 411-2 du code de l'environnement sont :

- a) Dans l'intérêt de la protection de la faune et de la flore sauvages et de la conservation des habitats naturels ;

- b) Pour prévenir des dommages importants notamment aux cultures, à l'élevage, aux forêts, aux pêcheries, aux eaux et à d'autres formes de propriété ;
- c) Dans l'intérêt de la santé et de la sécurité publiques ou pour d'autres raisons impératives d'intérêt public majeur, y compris de nature sociale ou économique, et pour des motifs qui comporteraient des conséquences bénéfiques primordiales pour l'environnement ;
- d) A des fins de recherche et d'éducation, de repeuplement et de réintroduction de ces espèces et pour des opérations de reproduction nécessaires à ces fins, y compris la propagation artificielle des plantes ;
- e) Pour permettre, dans des conditions strictement contrôlées, d'une manière sélective et dans une mesure limitée, la prise ou la détention d'un nombre limité et spécifié de certains spécimens

### ***2.3.2 Justification du projet au regard de l'article L. 411-2 du Code de l'environnement***

Le demandeur se situe bien dans un des 5 cas de dérogation prévus par l'Article L411-2 du Code de l'Environnement. En l'occurrence, le projet se situe dans le cas suivant : « dans l'intérêt de la santé et de la sécurité publiques ou pour d'autres raisons impératives d'intérêt public majeur, y compris de nature sociale ou économique, et pour des motifs qui comporteraient des conséquences bénéfiques primordiales pour l'environnement ».

De plus, il n'existe pas d'autre solution répondant aux objectifs et ayant un impact moindre (localisation du projet, variantes, mesures d'évitement et de réduction, etc.).

Les opérations ne porteront pas atteinte à l'état de conservation des habitats et des espèces protégées concernées, grâce à la mise en œuvre des mesures envisagées.

---

## ***2.4 ABSENCE D'AUTRES SOLUTIONS SATISFAISANTES AU PROJET (SOLUTION ALTERNATIVE DE MOINDRE IMPACT SUR LES ESPECES PROTEGEES)***

### ***2.4.1 Justification de la réalisation du projet au regard d'autres solutions alternatives à ce projet présentant moins d'impact sur les espèces protégées***

Suite à la réorganisation de la façade garde-côte de Méditerranée, la navette actuelle de la brigade va être remplacée par un nouveau navire plus gros.

La longueur de la future navette étant trop importante pour permettre au navire de s'amarrer au quai existant, des études de faisabilité ont été lancées en Mars 2015 afin de trouver la solution la mieux adaptée (cf. ci-après).

Le scénario retenu suite à l'étude réalisée par la Collectivité Territoriale de Corse prévoit le rallongement de l'ouvrage sur 6 m via la mise en place de caissons absorbant de type « JARLAN ». Par ailleurs, un nivellement des fonds marins autour du quai est aussi prévu, en effet l'accumulation des sédiments dans cette zone induit une gêne à la navigation avec un risque de toucher le fond et une obligation de sens d'amarrage.

Pour répondre à des contraintes de coûts, d'usages (facilité des manoeuvres, entretien, sécurité, polyvalence) et d'agitation du bassin, trois solutions techniques ont été étudié :

- Solution A : Duc d'Albe d'amarrage ;
- Solution B : Quai blocs absorbants (type caisson Jarlan) ;
- Solution C : Coffre d'amarrage sur corps mort.

Exemples :



A



B



C

#### **TABLEAU D'ANALYSE MULTI-CRITERES :**

cf. Tableau I. Tableau d'analyse multi-criteres des différentes variantes d'aménagement.

#### **Solution A : Quai Blocs Absorbants**

Du point de vue des usages cette solution reste la plus polyvalente et participe à l'absorption/réduction de l'agitation du bassin. Cette solution permettrait de profiter des engins et du personnel pour purger les matériaux au droit de la navette de la Gendarmerie Maritime, de reprendre les affouillements en extrémité du môle voire l'ensemble des dégradations observées lors de l'inspection subaquatique dont le rapport est joint en annexe.

#### **Solution B : Duc d'Albe**

Economiquement avantageux le Duc d'Albe permet de conserver des manoeuvres d'accostages et d'amarrages relativement aisées. Cette solution permettrait de profiter des engins pour purger les matériaux au droit de la navette de la Gendarmerie Maritime pour envisager le positionnement arrière à quai de la navette.

### **Solution C : Corps-Morts**

Plusieurs scénari positionnant des corps-morts en entrée de bassin et à l'emplacement du Duc d'Albe sont étudiés. Dans tous les cas, les manoeuvres seront délicates voire risquées en conditions météorologiques dégradées pour le personnel et nécessiteront probablement l'emploi d'une annexe. En entrée de bassin, il conviendra de s'assurer qu'il n'y ait pas de houle significative Hs supérieure à 1.00 mètre (comme par exemple dans l'avant-port du vieux port de Bastia) qui ferait subir à minima des efforts conséquents aux dispositifs d'amarrage. Un cas extrême. De plus, ces corps-morts reprenant la totalité des efforts devront être largement dimensionnés.

**Tableau I. Tableau d'analyse multi-criteres des différentes variantes d'aménagement**

Solutions	Contraintes techniques	Contraintes d'exploitation	Impacts environnementaux & Contraintes réglementaires	Délais de réalisation et estimations HT	Commentaires
<b>Solution A</b> Quai Blocs Absorbants	<ul style="list-style-type: none"> <li>Réalisable depuis la terre</li> <li>Travaux subaquatiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pas de réel entretien</li> <li>Absorption de la houle</li> <li>Structure permettant des usages polyvalents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peu d'impact (pas d'herbier de posidonies)</li> <li>Loi sur l'eau</li> </ul>	3 mois dépendant de la météo <b>142 000.00 €</b>	Solution pérenne et permettant d'absorber l'énergie d'agitation du plan d'eau et par suite sa diminution
<b>Solution B</b> Duc d'Albe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Structure métallique</li> <li>Réalisable depuis la terre</li> <li>Travaux subaquatiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entretien annuel</li> <li>Accès limité</li> <li>Transparent à l'agitation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peu d'impact (pas d'herbier de posidonies)</li> <li>Loi sur l'eau</li> </ul>	2 mois dépendant de la météo <b>44 900.00 €</b>	Usage limité, entretien annuel
<b>Solution C</b> Corps-Morts	<ul style="list-style-type: none"> <li>Moyens nautiques</li> <li>Rapidité de mise en place</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entretien</li> <li>Accès limité, manœuvre d'accroche de l'amarre délicate</li> <li>Transparent à l'agitation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impacts possibles par ragage des chaînes sur les fonds</li> <li>Loi sur l'eau</li> </ul>	1 mois <b>20 000.00 €</b>	Rapidité de mise en place, faible coût, modifiable, gêne nautique ?, difficulté d'accroche de l'amarre surtout par mauvais temps

### **2.4.2 Justification relative à la conception du projet et à l'évitement des impacts sur les habitats et les espèces protégées en cohérence avec les autres enjeux**

Une optimisation de la conception du projet a été entreprise par SAFEGE dès la définition de l'avant-projet et du projet.

### **2.4.3 Cout des opérations d'évitement et de réduction des impacts**

Les données sur l'estimation du coût des opérations d'évitement et de réduction des impacts sont détaillées dans le chapitre 8.

---

## **3 OBJET DE LA DEMANDE**

---

### **3.1 ESPECES ET HABITATS CONCERNES**

L'objet de la demande porte sur :

- *Posidonia oceanica* (Posidonie)
- *Pinna nobilis* (Grande nacre)

---

### **3.2 LOCALISATION DE L'OBJET DE LA DEMANDE**

La localisation des espèces et de leurs habitats objets de la demande sont présentées au chapitre 3.3.1.2 Résultats des inventaires.

---

### **3.3 JUSTIFICATION DE L'OBJET DE LA DEMANDE, INVENTAIRES ET ETUDES ENVIRONNEMENTALES CONDUITS**

#### **3.3.1 Présentation des inventaires et études environnementales conduits sur l'emprise du projet et à sa périphérie**

##### **3.3.1.1 Méthodologie des inventaires**

###### 3.3.1.1.1 Recueil bibliographique

ENDEMYS a récolté les données existantes sur les espèces animales et végétales patrimoniales connues dans l'aire d'étude. Les structures et personnes ressources susceptible de disposer de données naturalistes (experts locaux, associations et structures naturalistes, scientifiques, naturalistes, ONEMA, DREAL,...), les structures locales (Conservatoire des espaces Naturels, Conservatoire Botanique National, Fédération de pêche...), ainsi que les bases de données en ligne (INPN, ...) ont été consultées.

###### 3.3.1.1.2 Milieu marin

La prospection sur le terrain a été réalisée par une équipe de plongeurs, accompagnés par deux agents de la base navale d'Aspretto et d'une embarcation légère faisant office de poste de travail. Le personnel de SEANEO et d'ENDEMYS devant intervenir en scaphandre autonome est en règle avec les différents textes de loi du Ministère du travail et du CNRS (Arrêté du 30 octobre 2012 du ministère du travail notamment). Le personnel est en possession du Certificat d'Aptitude Hyperbare Classe IB ou IIB (travaux scientifiques) délivré par l'Institut National de Plongée Professionnelle (I.N.P.P). Les opérations ont été exécutées suivant le plan de prévention avec démarche contrôle qualité.

Dans le cadre de l'analyse de l'état initial préliminaire du site et de son environnement, et notamment pour caractériser le milieu naturel marin, un diagnostic préliminaire des substrats (structures artificielles et milieu naturel) a été réalisé sur la zone d'emprise du projet (nivellement du fond marin est réalisé autour du quai existant sur une bande de largeur 10 m et à une profondeur d'environ 3 m ; rallongement du quai existant sur une longueur de 6 m via la mise en place de caissons absorbants positionnés sur un radier d'assise), par 2 ingénieurs d'études de SEANEO et d'ENDEMYS, le mercredi 13 juillet 2016.

Des observations directes depuis la surface (au niveau des petits fonds) et en plongée sous-marine ont été réalisées, afin notamment de caractériser la faune et la flore des fonds. Des plongées supplémentaires ont été réalisées pour caractériser la macro-faune épigée des

fonds meubles (vérételles, macro-crustacés, etc).

Ces prospections ont permis de valider et de compléter l'information issue des autres filières d'acquisitions mises en œuvre en amont (synthèse bibliographique notamment).

Ces prospections sous-marines ont été réalisées sous plusieurs formes :

- Transects : prospection selon un trajet repéré précisément par les points GPS d'immersion et d'émersion et par son profil bathymétrique. Les deux plongeurs évoluent le long de transects parallèles, espacés en fonction de la visibilité du secteur. En moyenne, les plongeurs sont espacés de 3 mètres, en raison de la présence d'herbiers de petites tailles (patch d'herbiers), difficilement repérables
- Vérités-terrain ponctuelles. Il s'agit de plongées ponctuelles nécessaires pour l'interprétation des données, lever des doutes ou combler des lacunes.

En plus des informations générales, les observations concernant les espèces protégées (*Pinna nobilis*, *Posidonia oceanica* notamment), remarquables ou invasives ont été restituées. Ces éléments sont importants à prendre en compte dans le cadre d'aménagements portuaires, car la présence d'une espèce protégée pourra impliquer des investigations complémentaires et l'élaboration d'un dossier de dérogation d'atteinte aux espèces protégées, comme réalisé par SEANEO sur Port-Vendres, sur Port-Leucate, sur Sète et sur Bastia. Ainsi, en raison de la présence de grandes nacres, *Pinna nobilis* (espèce protégée), un inventaire complémentaire a également été réalisé au sein de la zone proche des futurs travaux. Chaque individu de grande nacre a été géolocalisé par GPS.

Ainsi, une prospection a été réalisée autour des secteurs directement concernés par les différents travaux. Au sein de la zone d'implantation prévue des ouvrages, l'inventaire des différents types de milieux et d'habitats marins, et des peuplements benthiques, demandée dans l'analyse de l'état initial du site, a été réalisé par la méthode des transects. Ces prospections ont permis à la fois de réaliser un inventaire préliminaire de la faune et de la flore sous-marines, et également de constituer une banque d'images sous-marines.

### 3.3.1.1.3 Milieu terrestre

Ci-dessous une présentation des protocoles d'inventaire de la faune et de la flore terrestres qui ont été mis en œuvre sur le site d'étude d'Aspretto.

#### 3.3.1.1.3.1 Cartographie de végétation

La réalisation d'une cartographie de végétation se fait en quatre étapes :

## Travail préparatoire

Dans un premier temps, les données existantes d'études sont synthétisées afin de déterminer les différents milieux potentiels. Ces données synthétisées permettent de réaliser, sous logiciel SIG, un pré-zonage des ilots de végétation à partir des documents cartographiques disponibles (IGN-BDORTHO).

Ensuite, chaque ilot fait l'objet d'une première définition provisoire en grandes unités selon la typologie CORINE BIOTOPE (exemples : Plage de sable 16.1 ; Côtes rocheuses et falaises maritimes 18.0). En effet, la photo-interprétation a pour objectif de réaliser un premier zonage des habitats à partir des documents cartographiques et d'une reconnaissance de terrain.

Enfin, à partir de ce travail préparatoire, la localisation des relevés terrains et le calendrier des échantillonnages à effectuer est déterminé. En effet, la période de réalisation des relevés floristiques est entreprise suivant la période de floraison<sup>1</sup> des espèces végétales et des habitats susceptibles d'être rencontrés. Il est à noter, qu'une attention particulière est effectuée sur les milieux sensibles ou susceptibles d'accueillir des plantes patrimoniales (prairies, pelouses sèches, milieux aquatiques).

## Relevés terrains

Afin de déterminer un habitat naturel, un échantillonnage représentatif<sup>2</sup> sur tous les milieux naturels et agricoles de l'aire d'étude est effectué pour mettre en évidence la diversité des faciès de végétation et de leur flore (les zones de transition ou de contact entre plusieurs types de communautés végétales ne sont pas échantillonnées) ce qui permet la caractérisation des types de communautés végétales rencontrés sur la zone d'étude.

Pour chaque milieu, l'échantillonnage se déroule de la manière suivante : Tout d'abord, dans un secteur homogène, un quadrat de 1 m<sup>2</sup> où l'on liste les espèces présentes est délimité. Puis, sa surface (2 m<sup>2</sup>) est doublée et la liste d'espèces nouvelles est établie. Et ainsi de suite, jusqu'à ne plus trouver de nouvelles espèces. Une fois ce résultat obtenu, l'échantillonnage est considéré comme représentatif de la diversité du site.

## Analyse des données de relevés de terrain

Une fois les relevés de terrain effectués, la caractérisation des différents habitats naturels est établie le plus précisément possible (exemple le plus précis : Dunes embryonnaires méditerranéennes 16.2112) en fonction de la complexité de l'habitat.

La caractérisation des habitats naturels est réalisée en comparant la liste des espèces recensées aux listes de référence (Corine Biotope et/ou des Cahiers d'Habitats) des espèces indicatrices de chaque habitat.

---

<sup>1</sup> Période où une détermination précise de l'espèce peut être obtenue

<sup>2</sup> La taille du relevé sera plus ou moins importante en fonction de la taille de la zone homogène de la végétation mais aussi de la diversité floristique

## **Cartographie**

Une fois la caractérisation des différents habitats effectués, la carte de végétation sur le site d'étude est effectuée, sous ArcView.

### **3.3.1.1.3.2 Inventaire floristique**

L'expertise de la flore vise à décrire la diversité végétale au sein de l'aire d'étude et à identifier les espèces à statut patrimonial.

#### **Travail préparatoire**

Dans un premier temps, à partir de données existantes<sup>3</sup> et des types de milieux présents sur le site d'étude (préalablement déterminé lors la cartographie d'habitat), le botaniste effectue un premier zonage sur l'orthophotoplan, par photo-interprétation.

Ce pré-zonage permet d'optimiser les campagnes de relevés dans l'espace (types de milieux à prospecter) et dans le temps (périodes optimales d'observation des espèces).

Les inventaires sont orientés vers la localisation de stations d'espèces patrimoniales (espèces protégées, espèces d'intérêt communautaire, espèces déterminantes pour les ZNIEFF et/ou espèces menacées). Le calage des périodes d'inventaires repose sur des recherches ciblées d'espèces à enjeu, en fonction des territoires et des milieux concernés.

#### **Relevés de terrain**

Lors des relevés terrain, le botaniste procède à un échantillonnage systématique qui consiste à multiplier les parcelles échantillonnées de manière à appréhender l'hétérogénéité du site en fonction des milieux présents et de disposer d'une bonne représentativité du cortège floristique, dans les différentes situations écologiques.

Pour chaque station échantillonnée, l'inventaire consiste à établir la liste des espèces patrimoniales. De plus, une liste du cortège floristique distincte est établie pour chacun des différents relevés. La surface des relevés est définie par la notion d'aire minimum : lorsque, en doublant la surface prospectée, on ne relève plus d'espèces nouvelles, on peut estimer que l'évaluation de la composition floristique d'un groupement est proche de l'exhaustivité. Une fois les relevés de terrain effectués, le prestataire compare la liste des espèces relevées sur le site d'étude avec les listes d'espèces remarquables, protégées ou menacées. En cas de présence d'une espèce remarquable dans les relevés, le botaniste approfondi les investigations. Ainsi, pour chaque station identifiée, on précise, entre autres : la localisation précise (points GPS), les conditions stationnelles, les limites de la station, la densité de l'espèce dans l'ensemble de la station, la densité maximale au m<sup>2</sup>, l'estimation du nombre de pieds, les menaces directes et indirectes pesant sur la conservation de la station...

Ces éléments permettent d'apprécier la représentativité de la station dans l'aire d'étude et dans l'aire d'influence, la place de la station dans l'aire de distribution de l'espèce, ainsi que le niveau d'enjeu de la station pour la conservation de l'espèce.

---

<sup>3</sup> Exemple de source de données : Conservatoire Botanique, INPN, Formulaire standard de données de ZNIEFF, d'espaces naturels, de DOCOB, associations, ...

Le botaniste porte également une attention particulière aux espèces invasives. Dans le cas où le botaniste relève la présence d'une espèce invasive lors de nos inventaires, il précise la localisation et sa dynamique en cours.

## **Cartographie**

Une fois que les espèces végétales patrimoniales auront été inventoriées, une carte de la répartition des espèces patrimoniales sur le site d'étude est effectuée sous ArcView.

### **3.3.1.1.3.3 Inventaire des oiseaux nicheurs**

#### *1/ Inventaire des oiseaux nicheurs par points d'écoute et par des cheminements d'observation*

L'inventaire de l'avifaune nicheuse est entrepris en appliquant la méthode des points d'écoute. Le point d'écoute est un dénombrement de l'avifaune en un point où un observateur reste stationnaire pendant une durée déterminée (20 minutes). Il note tous les oiseaux qu'il entend ou voit, posés ou en vol, pendant cette durée. Toutes les espèces sont notées, et on comptabilise les contacts d'individus différents. Il appartient à l'observateur de juger si deux contacts sont à attribuer au même individu ou à deux individus différents. Les points d'écoute sont répartis de façon à représenter l'ensemble des milieux du site étudié (cf. carte page suivante). Des jumelles 10x42 sont utilisées pour identifier un oiseau détecté. De bonnes conditions météorologiques d'observations sont requises. La distance des contacts à l'observateur est notée selon trois catégories (moins de 25 mètres, entre 25 et 100 mètres, plus de 100 mètres). Les données sont notées sur une fiche type avec les distances des contacts. Les points d'écoute sont complétés par des cheminements d'observation sur l'ensemble de la zone de prospection. Les observations diurnes sont complétées par des relevés ornithologiques nocturnes à la recherche des espèces nicheuses aux mœurs crépusculaires et nocturnes (Engoulevent d'Europe, hiboux, chouettes, ...).

#### *2/ Prospections à la recherche des rapaces nicheurs ou de passage*

Plusieurs espèces de rapaces patrimoniaux sont susceptibles de fréquenter le site d'étude. Il est donc proposé de prospecter le site à la recherche des rapaces nicheurs dans le but : d'inventorier les espèces présentes, d'enregistrer leurs voies de déplacements, et de cartographier dans la mesure du possible la localisation des couples cantonnées. Le protocole consiste à réaliser des observations à partir de postes fixes d'observation et au cours de cheminements d'observation sur l'ensemble de la zone de prospection durant la période de reproduction.

#### *3/ Inventaire des oiseaux nocturnes*

Les observations diurnes sont complétées par des relevés ornithologiques nocturnes à la recherche des espèces nicheuses aux mœurs crépusculaires et nocturnes (Engoulevent d'Europe, hiboux, chouettes, ...).

#### 3.3.1.1.3.4 Inventaire des amphibiens

L'inventaire des amphibiens se déroulera en deux phases.

→ *Phase 1 - Repérage des zones humides* : A partir des outils du SIG et d'informations obtenues auprès des acteurs de terrains et naturalistes, le réseau hydrographique (ruisseaux, sources, marais, mares, topographie, habitat ...) et les différents accès possibles sont définis. Ce travail préalable est nécessaire afin d'identifier les sites favorables aux amphibiens.

→ *Phase 2 - Prospections de terrain* : L'inventaire des batraciens s'effectue par des prospections diurnes et nocturnes. Les amphibiens sont recherchés à tous les stades biologiques : pontes, têtards (Anoure), larves (Urodèle), juvéniles et adultes.

#### 3.3.1.1.3.5 Inventaire des reptiles

L'inventaire consiste en une recherche orientée des individus. Il s'agit de réaliser des recherches spécifiques entreprises sur biotopes favorables, le long de cheminements d'observation (transects).

#### 3.3.1.1.3.6 Inventaire des mammifères non volants

Les récoltes de données concernant les mammifères non volants sont effectuées à partir :

- des **observations directes** d'animaux au cours de prospection d'un pas lent et silencieux le long de l'itinéraire de prospection et sur des sites de gagnages des mammifères ;
- de **recherche d'indices** de présence des espèces (excréments, relief de repas, marquage de territoires) : les indices de présence sont bien évidemment plus facile à trouver que d'observer directement les espèces qui sont souvent très méfiantes et donc difficilement observables. Les indices sont recherchés le long d'itinéraires possiblement utilisés par les mammifères au cours de leur déplacement et sur des secteurs de gagnages des espèces recherchées ;
- de **recherche de pelotes de rejection** : quand un rapace capture un petit mammifère, il l'avale entier mais il ne digère pas les os, poils et griffes ; ceux-ci sont régurgités en une masse compacte et ovale appelée pelote de rejection. Les ossements contenus permettent alors de déterminer les mammifères-proies du rapace et donc de connaître les mammifères présents dans l'aire d'étude ;

Lors des prospections réalisées sur les autres groupes, toute observation de mammifère est intégrée à notre analyse.

### 3.3.1.1.3.7 Inventaire des chiroptères

**Prospection à la recherche de gîtes :** L'ensemble de la zone de prospection est parcourue à la recherche de gîtes de reproduction et d'hivernage (grottes, anciennes mines, anciennes carrières souterraines, des caves anciennes, ponts, bâti anciens, arbres creux,...). Une consultation du groupe chiroptère (association référente en la matière) est entreprise si des gîtes sont identifiés.

**Localisation de terrains de chasse et routes de vol :** Cette étape s'appuiera sur une analyse éco-paysagère qui permet d'identifier les éléments du paysage potentiellement favorables à la présence ou au passage des chiroptères : les forêts matures ou bosquets, les grandes haies, les petits champs, îlots de maquis, la présence d'étendues d'eau et de cours d'eau (rivières, canaux, lacs, mares, réservoirs, marécages, étangs, prairies humides), etc. L'analyse ainsi réalisée aboutira à la localisation des terrains de chasse et/ou de transit favorables.

**Diagnostic chiroptérologique par détection des écholocations :** L'objectif principal de cette étude consiste à déterminer la fréquentation de l'aire d'étude par les chiroptères, que ce soit en tant que zone de transit entre gîtes et territoires de chasse ou en tant que zone de nourrissage. ENDEMYS utilise la technique d'étude d'écoute *ultrasonore*. Une écoute active a été réalisée lors d'une soirée (en été) à l'aide d'un détecteur d'ultrasons Petterson D240X en parcourant le site de nuit à pied.

### 3.3.1.1.3.8 Inventaire des insectes

L'inventaire entomologique est ciblé sur toutes les espèces protégées potentielles dans l'aire d'étude.

Les prospections ont lieu, dans la mesure du possible, lors de conditions météorologique optimales (températures élevées, vent nul ou faible, pas de pluie). Les surfaces à prospecter sont parcourues à pied, de la manière la plus exhaustive possible, afin d'inventorier et cartographier précisément la distribution des espèces. Les espèces rares ou à statut réglementaire sont localisées avec un GPS.

Les recherches à vue, éventuellement à l'aide d'un filet entomologique, constituent la méthode de base permettant de détecter la plupart des espèces (aux stades larvaires ou adulte, voire sous forme de chrysalide, exuvies, etc.). Les différents habitats sont examinés, ainsi qu'une grande variété de micro-habitats (arbres morts, retournement de pierres, crottes, etc.).

L'abondance est notée de manière absolue si le nombre d'individus est faible ou de manière relative (classes d'abondances semi-quantitatives) quand les effectifs sont plus importants, selon l'échelle suivante :

- = quelques individus (< 5 individus)
- + = espèce peu abondante (de 5 à 20 individus)
- ++ = espèce assez abondante (20-50 individus)
- +++ = espèce abondante (> 50 individus)

### 3.3.1.1.3.9 Effort de prospection et calendrier des relevé terrain

Le calendrier et l'effort de prospection mises en œuvre sont présentés ci-dessous :

**Tableau II. Calendrier et effort d'inventaire de terrain de la faune et le flore terrestres**

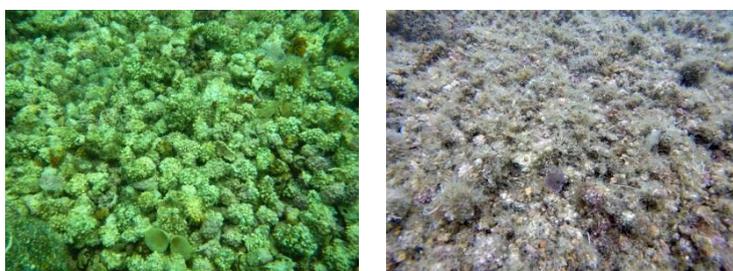
Elément biologique recherché (=espèces protégées ou à enjeu écologique)	Intervenants	Période de prospection	Durée de prospection
Espèces végétales et habitats naturels	E. Lair	28 juillet 2016	1 prospection
Faune terrestre diurne et nocturne	P. Moneglia et A.-M. Pastinelli	Le 8 septembre 2016	1 prospection diurne et nocturne

### 3.3.1.2 Résultats des inventaires

#### 3.3.1.2.1 Milieu marin

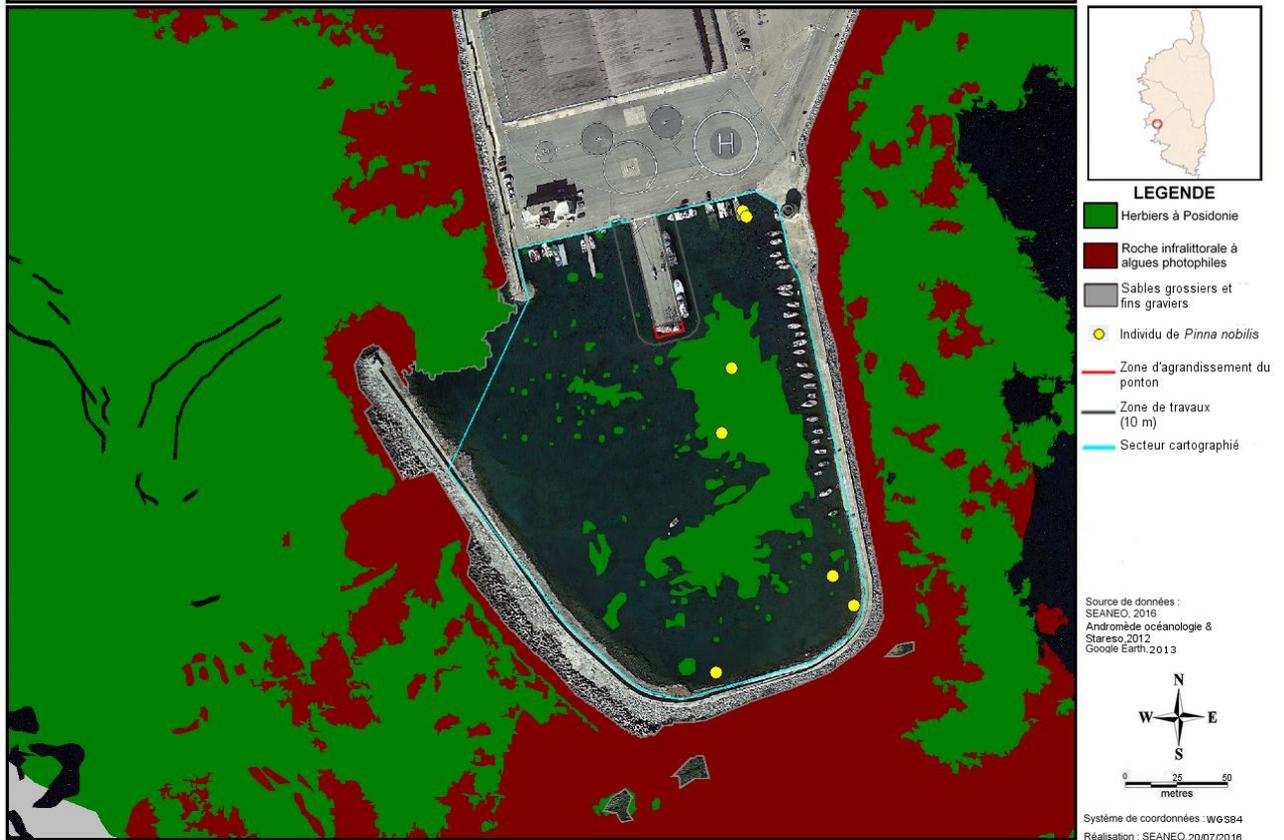
Les observations de terrain, réalisées par SEANEO et ENDEMYS le 13 juillet 2016, mettent en évidence la présence de deux espèces protégées (*Posidonia oceanica* et *Pinna nobilis*), en contact ou à proximité immédiate de l'ouvrage et de la future zone de travaux (cf. Figure 8. Cartographie des habitats et des espèces protégées du bassin portuaire d'Aspretto. page suivante).

Les autres biocénoses sont notamment des substrats durs, comme de la roche (environ 5%) et du maerl (environ 5%), et des substrats meubles, comme du sable (environ 50%).



**Figure 7. Autres substrats du bassin portuaire d'Aspretto.**

## Cartographie des habitats et des espèces protégés du bassin portuaire d'Aspetto



**Figure 8. Cartographie des habitats et des espèces protégés du bassin portuaire d'Aspetto.**

A l'échelle de la zone d'étude, les herbiers à *Posidonia oceanica* constituent un habitat dominant, avec une vitalité moyenne et un taux d'épiphytisme important, sur une surface totale d'environ 9 291,81 m<sup>2</sup>, la plus petite tâche d'herbier faisant environ 20 cm de diamètre et la plus grande tâche d'herbier faisant environ 7 596,09 m<sup>2</sup>.

A l'échelle de la zone d'étude, 7 individus de grande nacre, *Pinna nobilis*, ont été observés.



**Figure 9. Herbiers de Posidonie du bassin portuaire d'Aspretto.**



**Figure 10 : Grandes nacres du bassin portuaire d'Aspretto.**

La macrofaune et la macroflore est également bien représentée. A titre d'exemple, les espèces suivantes peuvent être citées :

Patelle commune, *Patella vulgata* (30%) et Patelle arapède, *Patella caerulea* (70%) : 357 individus (sur une largeur d'environ 15 m depuis le quai, à gauche jusqu'au ponton et à droite jusqu'à la cale de mise à l'eau) ;

Anémone (sur le quai) ;

Ascidie ;

Eponge tubicole jaune ;

Holothurie ;

Oursin violet (sur le quai) ;

Spirographe ;

Bécune ;

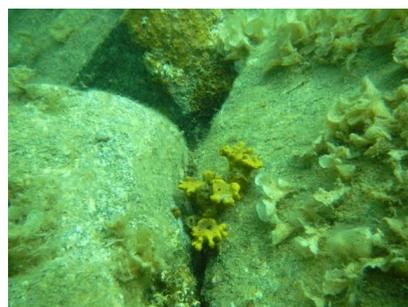
Dorade royale ;

Mulet ;

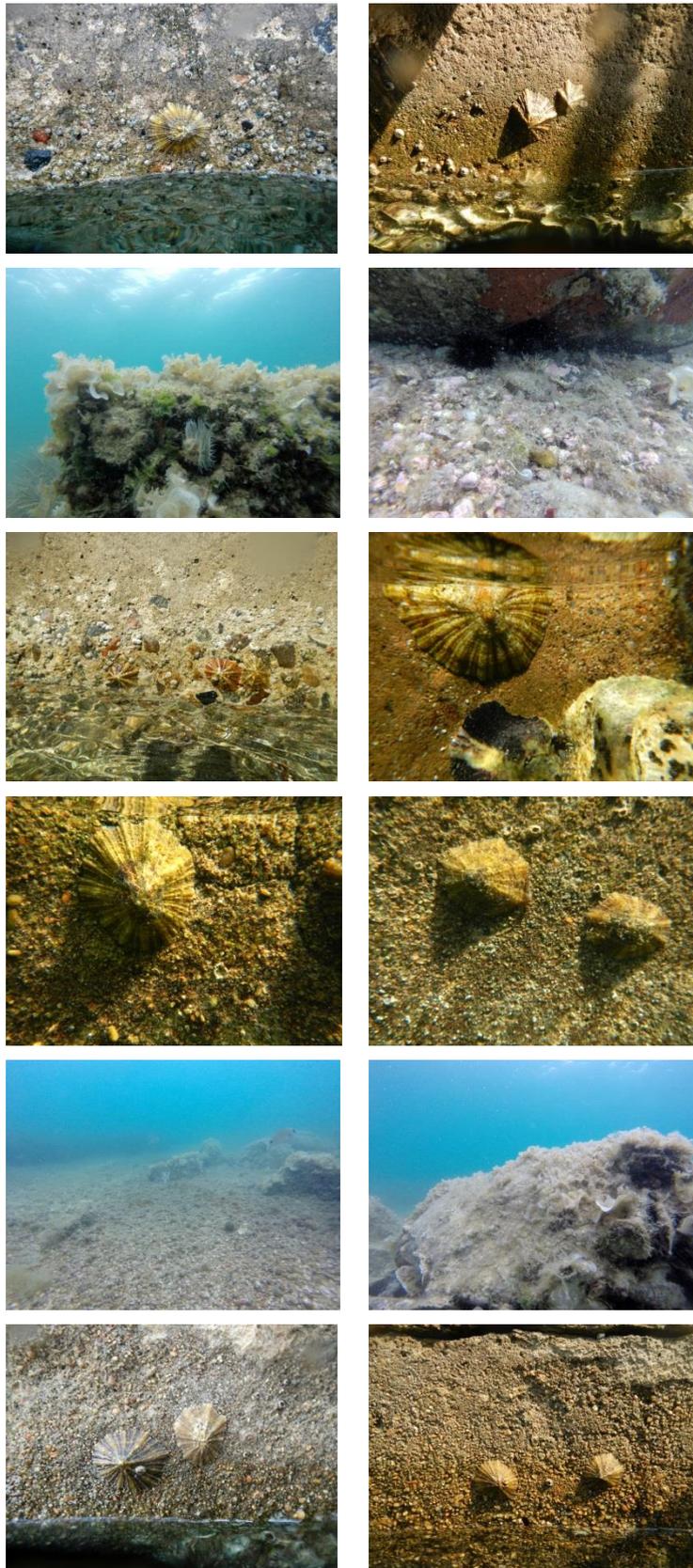
Oblade ;

Sar commun ;

Estn.



**Figure 11 : Exemples de faune et de flore du bassin portuaire d'Aspretto**



**Figure 12 : Faune, flore et patelles du bassin portuaire d'Aspretto**

### 3.3.1.2.2 Milieu terrestre

### 3.3.1.2.2.1 Habitats naturels

Un seul type d'habitat a été contacté :

→ **Zone artificialisée** : L'ensemble du milieu terrestre est artificialisé. Cette zone est très appauvrie en espèce végétale.

### 3.3.1.2.2.2 Flore terrestre

Peu d'espèce végétale sont présentes sur le site. Aucune espèce patrimoniale n'a été contactée sur le site.

→ cf. Relevé floristique du 28 juillet 2016 :

1. criste maritime (*Crithmum maritimum*)
2. inule visqueuse (*Dittrichia viscosa*)
3. vergerette de Buenos Aires (*Erigeron bonariensis*)
4. morelle noire (*Solanum nigrum*)

### 3.3.1.2.2.3 Faune terrestre

#### Avifaune

La colonie de goéland d'Audouin (*Ichtyaetus audouinii*), oiseau marin protégé, nicheur dans l'enceinte de la B.A.N. d'Aspretto (Recorbet et al. (en prep.) :

La base d'Aspretto accueille une colonie de Goéland d'Audouin (*Ichtyaetus audouinii*). Connue des ornithologues depuis 1990 (2 couples), La colonie a pris un essor régulier à partir de 1994 (10 couples). Depuis, la colonie a connu un bond assez spectaculaire à partir de 2000 (38 couples), une certaine stabilité jusqu'en 2007 puis une nouvelle hausse à partir de 2008 (51 couples) pour atteindre un effectif "record" de 67 couples en 2012. Cette augmentation sensible n'a pas concerné les autres colonies de Corse et la colonie a pris pondéralement de plus en plus d'importance (cf. Figure 13). Depuis 1993, 476 juvéniles se sont envolés d'Aspretto.



Les premiers nicheurs s'installent à la mi-avril, les pontes sont déposées de fin avril à la mi-mai. L'envol des juvéniles s'effectue fin dans la première décade de juillet et le site est déserté à la mi-août

Cette colonie a pu se développer sur ce site artificiel grâce à une protection et une gestion adaptée depuis 1993. Son développement a permis de maintenir les effectifs corses à un niveau satisfaisant tout en prenant peu à peu une part prépondérante.

La jetée militaire d'Aspretto à Ajaccio fait l'objet d'une interdiction d'accès du 1er avril au 31 juillet par ordre permanent du commandant de la marine en Corse depuis 1995. Sa gestion est assurée par la DREAL de Corse avec l'aide de l'ONCFS et des militaires. Cette interdiction est respectée rigoureusement que ce soit par les pêcheurs amateurs (personnel du club sportif de la Marine) où par le personnel militaire. Les travaux d'entretien sont interdits durant cette période et la végétation doit être conservée. Une grille cadenassée ferme l'accès. Des panneaux d'information ont été disposés.



Le site (Le Dru, 2003)

La colonie étant consolidée depuis 2003, il a été décidé, en accord avec la Marine Nationale, d'inscrire la jetée d'Aspretto en Zone de Protection Spéciale, au titre de la Directive oiseaux. Un document d'Objectifs a été rédigé et approuvé en 2009.

Le suivi de la colonie réalisé en partenariat DREAL/ONCFS et sur une part importante de bénévolat correspond à environ 55 à 60 séances de surveillance d'environ ¾ d'heures chacune de fin mars à fin juillet. La forte présence sur site permet d'identifier rapidement tout problème et de sensibiliser le personnel présent sur base. En juin, le baguage constitue le point d'orgue de la campagne de suivi, en mobilisant une équipe motivée de bénévoles.

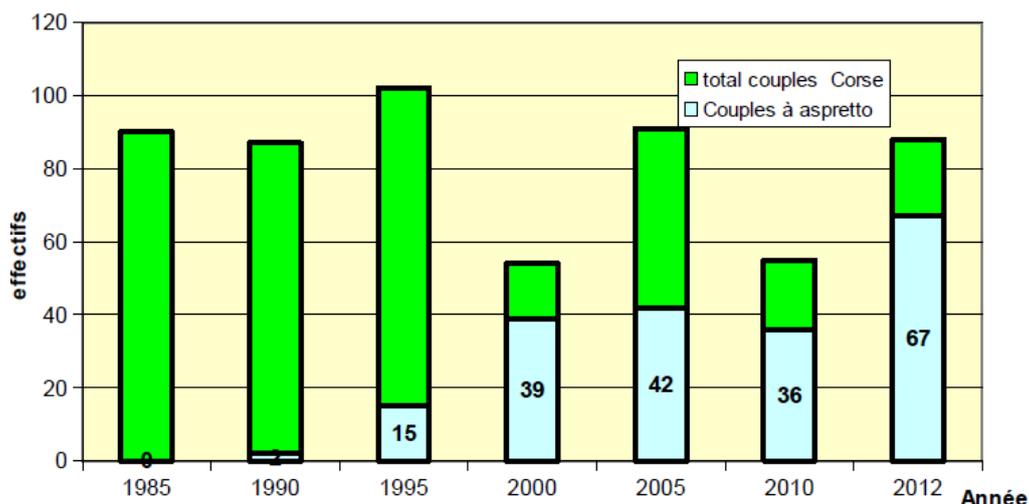
### Autres avifaune

Plusieurs espèces d'oiseaux sont de passage sur le site. Régulièrement, les ornithologues observent l'aigrette garzette (*Egretta garzetta*), le chevalier guignette (*Actitis hypoleucos*), la corneille mantelée (*Corvus cornix*), le pigeon domestique (*Columba livia*), la mouette rieuse (*Chroicocephalus ridibundus*), le cormoran huppé de méditerranée (*Phalacrocorax aristotelis desmarestii*) et plus rarement le balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus*) (1994, 1995, 1998) (Travichon, 2006).

Le moineau friquet (*Passer montanus*) est nicheur sur la base d'Aspretto (Travichon, 2006). Mais les prospections du 8 septembre 2016 sur la zone des aménagements portuaires projetés n'ont pas mis en évidence la présence de l'espèce ou d'habitats susceptibles de lui être favorables.

Il y a également la présence de quelques couples nicheurs de goélands leucophées (*Larus michahellis*), l'espèce concurrente du goéland d'Audouin (Travichon, 2006).

L'investigation de terrain diurne et nocturne du 8 septembre 2016 n'a pas mis en évidence la présence d'autres espèces au sein du site d'étude.



**Figure 13. Poids de la colonie d'Aspretto/Ajaccio dans la population corse de Goélands d'Audouins depuis 1985**

### Herpetofaune

L'hémidactyle verruqueux (*Hemidactylus turcicus*) est présent sur la base d'Aspretto (Recorbet, 2001 ; Travichon, 2006). Les prospections nocturnes du 8 septembre 2016 orientée sur la recherche de geckos sur la zone des aménagements portuaires projetés n'ont pas mis en évidence la présence de geckos ni même d'habitats susceptibles de lui être favorables.

En outre, les prospections diurnes et nocturnes du 8 septembre 2016 orientée sur la recherche de reptiles et amphibiens, ainsi que de leur habitat, sur la zone des aménagements portuaires projetés n'ont pas mis en évidence la présence d'une herpetofaune ni même d'habitats susceptibles de lui être favorables.



**Figure 14. Localisation de la colonie de goéland d'Audouin (*Ichtyaetus audouinii*)**



**Figure 15. Localisation de l'hémidactyle verruqueux (*Hemidactylus turcicus*)**

## Mammofaune

Le relevé nocturne du 8 septembre 2016 a mis en évidence la présence d'une espèce de chauve-souris protégée, le molosse de Cestoni (*Tadarida teniotis*). Un individu seul a été observé en vol au-dessus du quai et du reste de la base d'Aspretto. L'espèce était en activité de chasse ou de transit.

## Entomofaune

Aucun insecte patrimoniale ou habitat favorable n'est connu (données existantes) ou n'a été noté du les prospections du 8 septembre 2016.

## Faune dulçaquicole

Aucun habitat d'eau douce ou saumatre n'est présent.

### 3.3.1.2.2.4 Enjeu

En conclusion, l'enjeu de la zone où sont projetés les travaux d'allongement du quai est nul vis-à-vis de la présence d'espèces animales et végétales terrestre patrimoniale. En effet, cette zone et ses abords est très artificialisée et donc défavorable à la présence d'espèces protégées terrestres en période de reproduction (y compris les espèces banales et communes en Corse). La présence du molosse de Cestoni ne représente pas d'enjeu particulier puisque l'espèce n'est présente qu'en activité de chasse ou de transit et qu'un seul individu a été contacté. Aucun gîte de reproduction n'a été identifié.

Le seul enjeu, est représenté par la présence de la colonie de Goéland d'Audouin (*Ichthyaetus audouinii*) sur le quai extérieur de la base d'Aspretto à seulement 200 m du projet.

## 3.3.2 Impacts

### 3.3.2.1 Impacts du projet sur la biocénose marine

Si aucune mesure corrective n'est prises, trois impacts notables sont pressenties au regard du projet et des travaux envisagés :

- Effets de la production et la dispersion de MES sur les espèces marines
- Effets des travaux de dragage et d'immersion sur les espèces marines
- Effets du bruit des travaux sur les populations marines.

#### *Effets de la production et la dispersion de MES sur les espèces marines*

<b>Impact</b>	- Pour les herbiers de posidonies, le principal risque est lié à l'effet d'une altération de la qualité des eaux par l'augmentation de la concentration des particules solides remises en suspension dans la colonne d'eau. Une augmentation de la turbidité se traduit par une diminution de la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau en termes de qualité, quantité et de profondeur atteinte. Ceci a pour conséquence une baisse de l'activité photosynthétique (production primaire) préjudiciable aux herbiers de phanérogames marines
---------------	---

## Effets de la production et la dispersion de MES sur les espèces marines

	<p>entraînant une baisse de la vitalité, voire la mort des espèces sensibles à ce phénomène. Cela peut alors amener à faire remonter la limite inférieure des herbiers et prairies sous-marines. A noter que la durée de cette baisse de pénétration de la lumière a une incidence majeure sur l'éventuel impact observé. À plus ou moins long termes, les particules remises en suspension sont amenées à sédimenter. Ainsi les espèces végétales marines sont susceptibles d'être couvertes d'un dépôt de particules. Ces dernières peuvent entraîner un ensevelissement des herbiers ou au contraire un déchaussement par érosion synonyme d'impact négatif. Une accumulation excessive de sédiment détermine le recouvrement des apex végétatifs de <i>Posidonia oceanica</i> ; si le taux de sédimentation dépasse 5-7cm/an, les points végétatifs meurent ; inversement, si ce taux est nul ou négatif (départ de sédiment), les rhizomes se déchaussent ; ils sont alors très sensibles à la cassure. Ainsi la nature sédimentaire est modifiée ce qui peut perturber les fonctionnalités de l'habitat initial et donc les peuplements qui le constituent.</p> <p>- Pour la grande nacre (<i>Pinna nobilis</i>), la mise en suspension des sédiments en phase chantier pourrait modifier la turbidité de l'eau et impacter les grandes nacres. La dispersion des MES peut agir de 3 façons, (i) diminuer la transparence de l'eau, (ii) provoquer une hypersédimentation sur les fonds, (iii) induire une remise en suspension des sédiments les plus fins par les vagues diminuant la transparence de l'eau sur le long terme. Ces impacts pourraient engendrer des perturbations, modifier le comportement alimentaire des individus, car les nacres sont des organismes filtreurs (6,5 litres d'eau par jour), ou encore provoquer des phénomènes d'asphyxie, qui pourraient entraîner des mortalités à moyen terme.</p> <p>- Pour les poissons, une trop forte augmentation de la charge en matière en suspension dans la colonne d'eau peut avoir des conséquences néfastes sur certains individus. Ainsi, des MES trop importantes peuvent colmater les systèmes branchiaux des poissons, affectant leur respiration en empêchant alors tout échange gazeux. De plus, la lumière (solaire ou lunaire) joue un rôle prépondérant dans le cycle de reproduction de bons nombres d'espèces (déclenchement de la ponte, maturation des œufs). De ce fait, une altération ou une modification brutale de la quantité de particules solides mise en suspension peut altérer les caractéristiques de la lumière reçue en ayant un impact non négligeable sur le cycle de reproduction de certaines espèces de poissons. De nombreuses espèces (<i>Labridae</i>, <i>Serranidae</i>) entament des parades nuptiales lors des périodes de reproduction. Ces signaux strictement visuels qui précèdent les éventuels accouplements de certaines espèces pourraient dès lors être potentiellement non détectés en cas de trop forte turbidité de l'eau.</p>
<b>Type d'effet</b>	Direct et permanent
<b>Niveau d'impact</b>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="background-color: #ff4500; width: 50px; height: 50px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-right: 10px;"> <b>Fort</b> </div> <div> <p>Si aucune mesure (installation d'un filet géotextiles) n'est prise la dispersion des MES dans le milieu marin peut entraîner des perturbations significatives de la croissance et du développement biologique d'espèces marines remarquables (notamment protégées), voire leur mortalité.</p> </div> </div>

## Effets des travaux de dragage et d'immersion sur les espèces marines

<b>Impact</b>	<p>Les travaux de dragages ou d'immersion entraînent le prélèvement ou le recouvrement immédiat de la majorité de la faune et de la flore benthique colonisant la couche superficielle du substrat visé par l'opération. Seules les espèces mobiles peuvent éventuellement prendre la fuite. Les espèces arrachées, aspirées de leur support sont détruites en quasi-totalité.</p> <p>Pour les herbiers de posidonies, le principal risque provenant des opérations de dragage ou d'immersion est associé à ces effets mécaniques directs sur les fonds que sont l'arrachage en phase de dragage ou à l'ensevelissement en phase d'immersion.</p> <p>Au sein de la zone de travaux de 10 m autour du ponton actuel seule une tache de quelques m<sup>2</sup> d'herbier de posidonies est présente et est susceptible d'être détruite. Toutefois, une grande tache d'herbiers est en contact ou à proximité de la zone des travaux, en conséquence, une destruction directe par des travaux de dragage ou d'immersion qui pourrait dépasser la zone prédéfinie des travaux reste possible.</p> <p>L'ensevelissement pendant la phase d'immersion des peuplements benthiques présents dans l'herbier de posidonie est considérée aussi comme un impact de l'opération. En effet, les organismes benthiques non ou peu mobiles, peuvent mourir par asphyxie s'ils n'ont pas la capacité de se creuser un passage au travers des matériaux fraîchement déposés. La capacité de survie des organismes est ainsi essentiellement liée à l'épaisseur des dépôts et à la mobilité des organismes. Les plus petits individus sont les plus vulnérables du fait de leur incapacité à atteindre la surface du sédiment tandis que certains invertébrés benthiques peuvent résister à des enfouissements de plusieurs centimètres d'épaisseur, jusqu'à 30 cm.</p> <p>Aucun individu de <i>Pinna nobilis</i>, mollusque protégée, n'est présent au sein de la zone des travaux de 10 m. cette espèce ne est pas impactée par les travaux de dragage et d'immersion.</p> <p>Pour les poissons, ils peuvent être tués ou blessés par l'outil de dragage, et plus particulièrement les espèces benthiques aux capacités natatoires moindres, s'ensablant dans le sédiment ou encore vivant dans des cavités (<i>Apogonidae</i>, <i>Muraenidae</i>). Concernant les immersions, les espèces aux capacités natatoires moindres montrent une nouvelle fois une sensibilité supérieure et présentent des risques d'ensevelissement. Cet effet peut être jugé quantitativement négligeable à l'échelle des populations, excepté s'il s'exerce sur une zone spécifique de nourricerie ou de frayère. Une attention toute particulière doit en effet être portée aux périodes et sites de reproduction, de nourricerie, voies de migrations et plus particulièrement pour les espèces protégées ou à fort intérêt halieutique.</p>	
<b>Type d'effet</b>	Direct et permanent	
<b>Niveau d'impact</b>	<b>Fort</b>	La destruction directe d'herbiers de posidonies présents au sein de l'emprise directes des travaux et à proximité immédiate induira un niveau d'impact fort au regard du statut de protection et conservatoire de <i>Posidonia oceanica</i> et du caractère permanent de la destruction.

### Effets du bruit des travaux sur les populations marines

<b>Impact</b>	<p>Les opérations de dragage et d’immersion produisent différents bruits et vibrations qui se dispersent dans le milieu marin à des distances et à des intensités variables en fonction de leurs caractéristiques propres et des conditions physiques du milieu.</p> <p>Ainsi les travaux sous-marins, génèrent des nuisances sonores susceptibles de perturber la faune marine.</p> <p>Les perturbations liées au bruit pour les poissons peuvent être variées : troubles comportementaux (abandon temporaire ou durable d’une zone, troubles de l’alimentation, troubles de la reproduction), un comportement d’évitement, le masquage des sons biologiquement appropriés, une altération ou une perte de l’audition, éclatement de la vessie natatoire et de vaisseaux sanguins.</p> <p>Ce type d’impact est directement lié aux facultés de perception des bruits et vibrations par les individus. Dans ce contexte, il est ainsi utile de prendre en compte les perturbations comportementales associées aux opérations de travaux susceptibles de générer des bruits relativement intenses. Les opérations de dragage et d’immersion pourraient déranger certaines espèces, qui sont amenées à quitter ou éviter la zone de travaux. L’effet s’exprime au travers d’une interaction sonore ou mécanique avec les poissons le long du trajet de la drague et aux abords du navire. Les phénomènes cités restent néanmoins très localisés dans le temps et dans l’espace.</p> <p>Les connaissances actuelles des incidences sur les invertébrés sont très limitées et parfois contradictoires. En général, il semble que les macros invertébrés tels que les <i>Pinna Nobilis</i> soient peu exposés au danger puisqu’ils n’ont pas de cavité gazeuse susceptible d’être affectée par les ondes de pression. Par conséquent, ils ne répondraient pas de façon importante au son, seulement via des vibrations.</p>	
<b>Type d’effet</b>	Indirects et temporaires	
<b>Niveau d’impact</b>	<b>Faible</b>	Le niveau d’impact est faible car aucune espèce à fort enjeu réglementaire ou conservatoire n’est significativement impactée.

#### 3.3.2.2 Impact du projet sur le milieu terrestre

Si aucune mesure corrective n’est prise, un impact est pressenti au regard du projet et des travaux envisagés :

- le dérangement de la colonie goélands d’Audouin si les travaux se déroulent entre le 15 mars et fin août (période de reproduction de l’espèce).

**Dérangement de la colonie goélands d'Audouin si les travaux se déroulent entre le 15 mars et fin août (période de reproduction de l'espèce)**

<b>Impact</b>	Des travaux engendrant du bruit durant la période de reproduction des goélands d'Audouin entre mi-mars et fin août entraineraient un dérangement significatif sur la colonie, qui pourrait engendrer une fuite des adultes, un abandon des nids et des poussins, allant jusqu'à la mortalité de ces derniers laissés sans protection face aux prédateurs et pouvant se noyer en voulant fuir.	
<b>Type d'effet</b>	Directs, temporaires	
<b>Niveau d'impact</b>	<b>Fort</b>	Le niveau d'impact est fort car le goéland est une espèce à fort enjeu réglementaire et conservatoire et l'impact peut aller jusqu'à engendrer une mortalité d'individus (poussins).

### 3.3.3 Mesures correctives (Eviter-Réduire)

#### 3.3.3.1 Mesures d'évitement ou de réduction d'impact spécifique à la biocénose marine

**Tableau III. Synthèse des impacts et des mesures associées relatifs à la biocénose marine**

Impact	Niveau	Mesure d'évitement	Mesure de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation
Effets des travaux de dragage et d'immersion sur les espèces marines	<b>Fort</b>	Eviter les taches d'herbiers de <i>Posidonia oceanica</i>	Sans objet	Aucune tâche d'herbier de <i>Posidonia oceanica</i> et aucun individu de <i>Pinna nobilis</i> ne sera détruit	Sans objet
Effets de la production et la dispersion de MES sur les espèces marines	<b>Fort</b>	Aucune	Limiter la production et dispersion de MES	La production / dispersion de MES est réduite mais pas totalement supprimée	Création ou extension d'une aire marine protégée
Effets du bruit des travaux sur les populations marines	<b>Faible</b>	Aucune	Aucune	Aucune espèce protégée ou menacée n'est impactée	Sans objet

<b>Eviter les taches d'herbiers de <i>Posidonia oceanica</i></b>		
<b>Impact traité</b>	Effets des travaux de dragage et d'immersion sur les espèces marines.	
<b>Type de mesure</b>	Mesure d'évitement ou de réduction d'impact	
<b>Objectif</b>	Eviter les taches d'herbiers de posidonies, et mettre en œuvre des mesures de chantier appropriées pour réduire les incidences.	
<b>Description de la mesure</b>	<p>- Une zone de 10 m de travaux autour du quai actuel est définie. Tous travaux de dragage ou d'immersion de matériaux devront strictement être confinés dans ce périmètre.</p> <p>De plus, une tache d'herbier de posidonies est présente au sein de ce périmètre, à l'ouest du quai. Cette tache devra être totalement préservée, aucun dragage ou immersion devra y être réalisée.</p> <p>- Pour l'herbier en dehors de la zone de 10 m de travaux autour du quai, mettre en œuvre des mesures de chantier appropriées de type : Barrage anti-MES/filets géotextile, rinçage du matériel... (voir les mesures pour « Limiter la production et dispersion de MES »).</p>	
<b>Difficultés pressenties</b>	L'organisation et l'agencement des contraintes techniques des travaux et de l'environnement naturel et physique. L'assistance d'un bureau d'études spécialisé est nécessaire afin d'assurer la mise en œuvre efficace des mesures environnementales.	
<b>Indicateurs de suivi</b>	- Suivi des herbiers de posidonies et de la population de <i>Pinna nobilis</i> , mesures de la vitalité, de la croissance et dénombrements des recrutements.	
<b>Résultats attendus</b>	Eviter la destruction directe d'espèce marine protégée, notamment <i>Posidonia oceanica</i> .	
<b>Opérateur pressenti</b>	Entreprise de travaux et bureau d'études spécialisé.	
<b>Partenaire pressenties</b>	-	
<b>Moyens nécessaires</b>	<b>Humains</b>	Equipe de chantier spécialisée dans le type de travaux à engager. Ecologue marin.
	<b>Matériels</b>	Engins et matériels adaptés aux travaux et opération de protection de l'environnement marin.
	<b>Coûts estimatifs (HT)</b>	Sans objet.

<b>Limiter la production et dispersion de MES</b>	
<b>Impact traité</b>	Effets de la production et la dispersion de MES sur les espèces marines (herbiers de posidonies et grandes nacres).
<b>Type de mesure</b>	Mesure de réduction d'impact.
<b>Objectif</b>	Limiter la production et dispersion de MES.
<b>Description de la mesure</b>	<p>Pendant la phase de chantier, différentes mesures sont à mettre en place pour éviter et réduire les impacts du projet sur les espèces protégées comme :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place de rideaux de confinement (Barrage anti-MES/filets géotextile), afin de minimiser la turbidité induite et limiter l'envahissement des eaux par des MES.</li> <li>• Rinçage des matériaux avant immersion.</li> </ul>

<b>Limiter la production et dispersion de MES</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliser des matériaux qui réduisent au maximum la mise en suspension de particules fines susceptibles de rendre turbides les eaux environnantes.</li> <li>• Utiliser des techniques de construction qui limitent la mise en suspension de particules fines (turbidité), attacher une importance particulière à la mise en mouvement des matériaux sur le fond.</li> <li>• L'usage d'engins situés à terre doit être privilégié, les engins ne devront pas préférentiellement s'ancrer sur les fonds marins (risque destruction <i>P.oceanica</i>, <i>P. nobilis</i>).</li> <li>• L'arrêt des travaux en période de forte houle.</li> <li>• Le calage du calendrier des travaux respectant : (i) le cycle saisonnier des herbiers de <i>P. oceanica</i>. L'été, saison à laquelle la plante reconstitue ses réserves (stockées dans les rhizomes) pour l'année suivante doit donc être impérativement évitée ; (ii) le cycle saisonnier des grandes nacres, 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). Préconiser les travaux pendant la période d'octobre à mars.</li> <li>• Surveiller l'état des herbiers environnants, aussi bien pendant qu'à la fin des travaux.</li> <li>• En cas de dépôts de particules fines après un orage, nettoyage immédiat du chantier.</li> <li>• Enfin, toutes les mesures précédentes sont complétées par un dispositif d'intervention mettant en œuvre des actions curatives :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Application des modalités des plans de secours établi en liaison avec les SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours).</li> <li>○ Kit de dépollution placé dans les véhicules de chantier et les bases de chantier.</li> <li>○ Mise en place de barrages flottants en cas de pollution significative.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Difficultés pressenties</b>	L'organisation et l'agencement des contraintes techniques des travaux et de l'environnement naturel et physique. L'assistance d'un bureau d'études spécialisé est nécessaire afin d'assurer la mise en œuvre efficace des mesures environnementales.
<b>Indicateurs de suivi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en place d'un suivi de la qualité de l'eau (trappes à particules, préleveurs automatiques d'eau...), les paramètres à analyser : Matières En Suspension Totale (MEST), pH, Température, demande chimique en oxygène sur effluents non décanté (DCO), hydrocarbures, teneurs en sels nutritifs.</li> <li>- Suivant le type de substrat/sédiment présent sur site (galets, graviers, sables fins..), effectuer des sondages géotechniques dans la phase d'avant-projet et en phase de travaux permettra de caractériser finement les matériaux possiblement remaniés.</li> <li>- Suivi des herbiers de posidonies et de la population de <i>Pinna nobilis</i>, mesures de la vitalité, de la croissance et dénombrements des recrutements.</li> </ul>
<b>Résultats attendus</b>	Réduire significativement la production et dispersion des MES dans le milieu marin.
<b>Opérateur pressenti</b>	Entreprise de travaux et bureau d'études spécialisé.
<b>Partenaire pressenties</b>	-

<i>Limiter la production et dispersion de MES</i>		
<b>Moyens nécessaires</b>	<b>Humains</b>	Equipe de chantier spécialisée dans le type de travaux à engager. Ecologue marin.
	<b>Matériels</b>	Engins et matériels adaptés aux travaux et opération de protection de l'environnement marin, notamment rideaux de confinement, Kit de dépollution, et barrages flottants en cas de pollution.
	<b>Coûts estimatifs (HT)</b>	30 000 €

### 3.3.3.2 Mesures d'évitement ou de réduction d'impact spécifique au milieu terrestre

**Tableau IV. Synthèse des impacts et des mesures associées relatifs au milieu terrestre**

Impact	Niveau	Mesure d'évitement	Mesure de réduction	Impact résiduel	Mesure de compensation
Dérangement de la colonie goélands d'Audouin si les travaux se déroulent entre le 15 mars et fin août (période de reproduction de l'espèce)	<b>Fort</b>	Réalisation des travaux en dehors de la période de nidification soit du 1er septembre au 15 mars	Sans objet	Aucun dérangement grâce aux travaux qui se dérouleront hors période de reproduction des goélands d'Audouin	Sans objet

#### *Réalisation des travaux en dehors de la période de nidification soit du 1er septembre au 15 mars*

<b>Impact traité</b>	Dérangement de la colonie goélands d'Audouin si les travaux se déroulent entre le 15 mars et fin août (période de reproduction de l'espèce)
<b>Type de mesure</b>	Mesure d'évitement d'impact
<b>Objectif</b>	Eviter tout dérangement de la colonie de goéland d'Audouin.
<b>Description de la mesure</b>	Des Goélands protégés sont présents dans l'enceinte du port, au droit de la jetée. La période de nidification de ces espèces est du 15 mars à fin Août. Afin de ne pas perturber les Goélands pendant toute la phase de chantier, les travaux seront donc réalisés en dehors de la période de nidification soit du 1er septembre au 15 mars.
<b>Difficultés pressenties</b>	Aucune.
<b>Indicateurs de suivi</b>	Planning des travaux.
<b>Résultats attendus</b>	La quiétude totale de la colonie de goéland d'Audouin durant la période de reproduction
<b>Opérateur pressenti</b>	Maitre d'ouvrage, maitre d'oeuvre et entreprises de travaux.

**Réalisation des travaux en dehors de la période de nidification soit du 1er septembre au 15 mars**

<b>Partenaire pressenties</b>	DREAL de Corse (suivi de la colonie)	
<b>Moyens nécessaires</b>	<b>Humains</b>	Sans objet.
	<b>Matériels</b>	Sans objet.
	<b>Coûts estimatifs (HT)</b>	Sans objet.

**3.3.3.3 Justification scientifique et technique de la faisabilité et de l'efficacité de ces mesures**

L'ensemble des mesures d'évitement et de réduction proposées dans le présent dossier, sont recommandées dans la littérature scientifique ou technique. Elles ont donc déjà été expérimentées avec succès dans le cadre de projets similaires.

**3.3.3.4 Gestion des mesures d'évitement et de réduction des impacts et suivi de leur mise en œuvre pour leur évaluation**

La gestion et le suivi des mesures d'évitement et de réduction sont assurés par la mise en œuvre de la mesure suivante : « Réaliser un suivi environnemental du chantier » présentée ci-dessous.

<b>Suivi environnemental du chantier</b>	
<b>Type de mesure</b>	Mesure de réduction d'impact.
<b>Objectif</b>	Prendre en compte les enjeux écologiques, durant la phase travaux du projet, par la mise en œuvre effective des mesures de suppression et de réduction d'impact du projet.
<b>Description de la mesure</b>	<p>La mission consistera à accompagner le maître d'ouvrage, les entreprises de travaux et maîtres d'œuvre en charge de la réalisation du projet.</p> <p><b><u>DEROULEMENT DU SUIVI :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avant travaux : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Visite du site d'étude par un écologue durant laquelle seront réalisés : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ un état zéro du site : il s'agit de vérifier qu'aucune évolution significative du milieu naturel n'est intervenue depuis la fin des expertises écologiques de l'étude environnementale et du dossier CNPN ;</li> <li>▪ un balisage des éléments écologiques sensibles à protéger.</li> </ul> </li> <li>○ Animation d'une réunion de sensibilisation auprès des intervenants.</li> <li>○ Rédaction d'un compte rendu de chacune des interventions, précisant notamment les lieux et dates, les zones concernées,</li> </ul> </li> </ul>

Suivi environnemental du chantier	
	<p>les mesures mises en œuvre et le respect des milieux naturels, avec reportage photographique.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendant travaux :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Assister aux réunions préalables de chantier ;</li> <li>○ Assurer un suivi du chantier par des visites régulières du chantier, le cas échéant, alerter immédiatement la personne ressource initialement définie d'une situation allant à l'encontre des mesures de réduction d'impact ;</li> <li>○ Rédaction d'un compte rendu de chaque visite ;</li> <li>○ Rédaction d'un compte rendu de chacune des interventions durant cette phase «pendant travaux», précisant notamment les lieux et dates, les zones concernées, les mesures mises en œuvre et le respect des milieux naturels, avec reportage photographique.</li> </ul> </li> <li>• Après travaux :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Visite du site d'étude par un écologue durant laquelle sera réalisé un état des lieux final de la conservation des milieux naturels sensibles ;</li> <li>○ Rédaction d'un compte rendu de chacune des interventions « avant, pendant et après travaux », précisant notamment les lieux et dates, les zones concernées, les mesures mises en œuvre et le respect des milieux naturels, avec reportage photographique.</li> <li>○ Rédaction d'une note globale, récapitulant l'ensemble de la mission et d'une évaluation de la prise en compte des enjeux écologiques.</li> <li>○ Réunion de présentation de la note globale auprès du commanditaire.</li> <li>○ Transmission et présentation de la note globale auprès des autorités concernées (DREAL Corse notamment) (les modalités de transmission et de présentation seront laissées à la charge du maître d'ouvrage du projet en relation avec les autorités).</li> </ul> </li> </ul>
<b>Étapes de réalisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avant travaux :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Visite du site (état zéro et balisage des éléments à protéger)</li> <li>○ Sensibilisation des intervenants</li> <li>○ Rédaction d'un compte rendu</li> </ul> </li> <li>• Pendant travaux :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Réunions préalables de chantier</li> <li>○ Suivi du chantier</li> <li>○ Rédaction d'un compte rendu</li> </ul> </li> <li>• Après travaux :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Visite du site (état des lieux final)</li> <li>○ Rédaction d'une note globale, récapitulant l'ensemble de la mission et d'une évaluation de la prise en compte des enjeux écologiques.</li> <li>○ Transmission et présentation de la note globale auprès des autorités concernées</li> </ul> </li> </ul>
<b>Difficultés pressenties</b>	La principale difficulté sera l'organisation et la synergie des équipes de chantier.
<b>Indicateurs de suivi</b>	Comptes-rendus des interventions de l'opérateur en charge du suivi du chantier.

Suivi environnemental du chantier		
	Bilan de la mise en œuvre des mesures de réduction d'impact.	
<b>Résultats attendus</b>	Mise en œuvre de toutes les mesures.	
<b>Opérateur pressenti</b>	Bureau d'études en écologie.	
<b>Partenaire pressenti</b>	DREAL Corse.	
<b>Moyens nécessaires</b>	<b>Humains</b>	1 consultant écologue pour le suivi environnemental du chantier.
	<b>Matériels</b>	Sans objet.
	<b>Coûts estimatifs (HT)</b>	3 000 €

### 3.3.4 Conclusion

Les mesures d'évitement et de réduction définies permettent de :

- éviter la destruction mécanique de tâches d'Herbiers de Posidonie et d'individus de grande nacre ;
- éviter le dérangement de la colonie de goeland d'audouin, espèce animale protégée, en période de reproduction qui se situent non loin la zone des travaux ;
- réduire significativement la production et dispersion de MES

Bien que la production et la dispersion de MES est significativement réduite, elle n'est pas totalement supprimée. La dispersion de MES, même faible, au niveau des herbiers de posidonies et des grandes nacres, motivent une demande de dérogation pour :

- Destruction de posidonie
- Destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier de grandes nacres

## 4 L'ENVIRONNEMENT DU PROJET, LES ACTIVITES CONNEXES AU PROJET ET LEURS IMPACTS AVERES OU PREVISIBLES SUR LES HABITATS ET LES ESPECES PROTEGES

Le projet ne présente aucun aménagement ou activité connexe.

---

## **5 PRESENTATION DES ESPECES PROTEGEES FAISANT L'OBJET DE LA DEMANDE ET DE LEUR ENVIRONNEMENT**

---

### **5.1 CONTEXTE ECOLOGIQUE DU SITE**

#### **5.1.1 Site Natura 2000 FR9412001 « Colonie de goélands d'Audouin Larus audouinii d'Aspretto/Ajaccio »**

La base navale d'Aspretto constitue la Zone de Protection Spéciale FR9412001 au titre de la Directive « Oiseaux ».

Une seule espèce inscrite à l'annexe I de la Directive « Oiseaux » est présente sur le site : le goéland d'Audouin, *Larus audouinii*, pour lequel la ZPS a été désignée. La colonie de la base d'Aspretto constitue actuellement la plus grande colonie française.

##### **5.1.1.1 Localisation du site NATURA 2000**

Le site est de taille modeste : il s'étend sur 1,6 ha. C'est une jetée de port située en zone périurbaine. Le site est artificiel, il est constitué par 70 % de milieux terrestres et 30 % de domaine maritime.

*Région : Corse.*

*Département : Corse-du Sud (2A).*

*Communes : Ajaccio.*

*Superficie : 1,60 ha*

*Altitude : minimale : 0 m / maximale : 3 m.*

*Région biogéographique : Méditerranéenne.*



Figure 16. Localisation géographique du site NATURA 2000 n°FR9412001

### 5.1.1.2 Présentation du site NATURA 2000

#### 5.1.1.2.1 Caractère général du site

Classes d'habitats	% couvert
Mer, Bras de mer	30 %
Autres terres (incluant zones urbanisées et industrielles, routes, décharges, mines)	70 %
Couverture totale	100 %

#### 5.1.1.2.2 Description du site

Le site comporte une jetée de protection d'un petit port militaire (ouvrage artificiel)

#### **Qualité et importance de la colonie**

Cette colonie de reproduction de Goélands d'Audouin abrite entre 50 et 60 % des effectifs français de ce laridé méditerranéen. Il s'agit de l'une des trois colonies pérennes de France depuis 1996. On y observe un succès de reproduction élevé, ce qui n'est pas le cas sur les

autres sites français. Le site est aussi original par sa localisation périurbaine d'Ajaccio (70 000 habitants) sur un site artificiel.

Il fait l'objet d'un monitoring des jeunes, bagués en collaboration avec le Muséum National d'Histoire naturelle et l'Institut National de la Faune Sauvage d'Italie depuis 2000.

### ***Vulnérabilité de la colonie***

La pérennité de la colonie dépend uniquement d'un contrôle strict des accès car il ne s'agit pas d'un milieu insulaire et il est aisé d'y accéder. La défense nationale en règlemente très sévèrement l'accès en collaboration avec les services de l'Environnement.

Le problème principal concerne la concurrence territoriale avec le Goéland leucophée (*Larus michaellis*) qui est en expansion et tend à prendre la place du Goéland d'Audouin sur le site. Des campagnes de limitation sont conduites pour maintenir la population de Goéland leucophée à un niveau raisonnable.

### ***Régime de propriété***

Les terrains sont d'usage militaire, ils appartiennent au Domaine Public Maritime géré par le Ministère de la Défense Nationale.

#### ***5.1.1.3 Habitats et espèces ayant justifié la désignation du site***

##### ***5.1.1.3.1 L'espèce d'oiseau présente inscrite à l'annexe I de la Directive « Oiseaux »***

Une seule espèce inscrite à l'annexe I de la Directive « Oiseaux » est présente sur le site : le goéland d'Audouin (*Ichtyaetus audouinii*), pour lequel la ZPS a été désignée. La colonie de la base d'Aspretto constitue actuellement la plus grande colonie française.

##### ***5.1.1.3.2 Une espèce de la Directive « Habitats », pour mémoire***

Une très belle population de patelle géante, *Patella ferruginea*, inscrite à l'annexe IV de la Directive « Habitats » est présente sur le site, dans les parties supralittorales des enrochements. C'est également un des rares coquillages protégés au niveau national du fait de sa raréfaction, et il ne doit en aucun cas être ramassé.

##### ***5.1.1.3.3 Autres***

Il n'y a aucun habitat d'intérêt communautaire.

L'hémidactyle, *Hemidactylus turcicus*, a déjà été noté sur le site. Ce petit gecko est rare en Corse et protégé au niveau national.

Plusieurs espèces d'oiseaux sont de passage sur le site. Régulièrement, les ornithologues observent l'aigrette garzette, le moineau friquet (nicheur sur la base), le chevalier guignette, la corneille mantelée, le pigeon domestique, la mouette rieuse, le cormoran huppé de méditerranée et plus rarement le balbuzard pêcheur (1994, 1995, 1998).

Il y a bien sûr la présence de quelques couples nicheurs de goélands leucophées.

#### **5.1.1.4 Le goéland d'Audouin (*Ichtyaetus audouinii*)**

L'aire de nidification du goéland d'Audouin se limite pour l'essentiel au Bassin Méditerranéen (mais une petite population est maintenant installée sur les côtes atlantiques portugaises). En 1975, la population mondiale était évaluée à 1000 couples. Suite à la colonisation du delta de l'Ebre en 1981, les effectifs ont fortement augmenté atteignant 19 000 couples en 1998. Cette colonie, favorisée par la pêche industrielle et celle des îles Chaffarines représentent 65% des effectifs mondiaux, l'Espagne hébergeant globalement 82 % de cet effectif. Les colonies de Corse et de Capraia (îles Toscanes) constituent la limite nord de l'aire de répartition de l'espèce. A partir de 1979, les sites de Corse furent visités d'une façon régulière par les ornithologues. Les effectifs montrent une certaine instabilité des effectifs sur les colonies. Aujourd'hui, les effectifs corses (et nationaux) varient entre 75 et 100 couples mais le poids de la colonie d'Aspretto, d'anecdotique est devenu important.

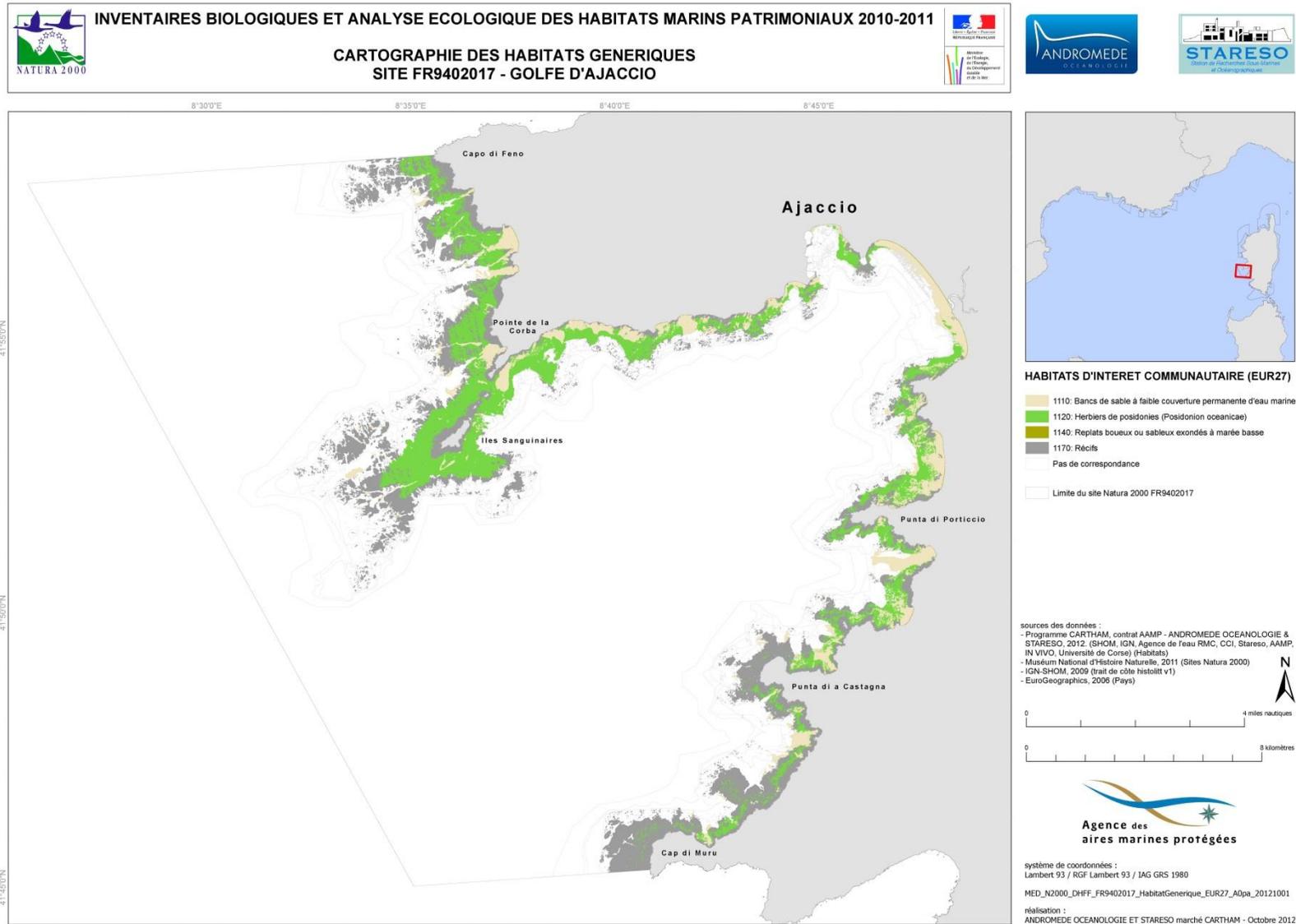
#### **5.1.2 Site Natura 2000 FR 9402017 « Golfe d'Ajaccio » - Secteur d'Aspretto -**

Le présent projet est à proximité immédiate site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio" (type B : pSIC/SIC/ZSC).

- pSIC : première proposition : 31/10/2008 ;
- pSIC : dernière évolution du contour : 31/10/2008 ;
- SIC : publication au JOUE : 22/12/2009 ;
- ZSC : arrêté en vigueur : 31/12/2015 (MNHN, 2016).

Le site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio", exclusivement marin, a une superficie de 47 374 ha. Ce site est situé dans le département de la Corse du Sud sur les communes d'Ajaccio, Grosseto-Prugna, Albitreccia, Pietrosella, et Coti Chiavari.

Pour ce site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio", des cartes globales à l'échelle du site Natura présentent les habitats génériques (Typologie Cahiers Habitats Natura 2000), et les habitats élémentaires (Typologie Méditerranée, Michez *et al.*, 2011) (Andromède Océanologie et STARESO, 2012). De plus, les types d'habitats présents sur le site, les espèces inscrites à l'annexe II de la directive 92/43/CEE et leurs évaluations, et les autres espèces importantes de faune et de flore sont présentées (MNHN, 2016).



**Figure 17. Cartographie des habitats génériques du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".**

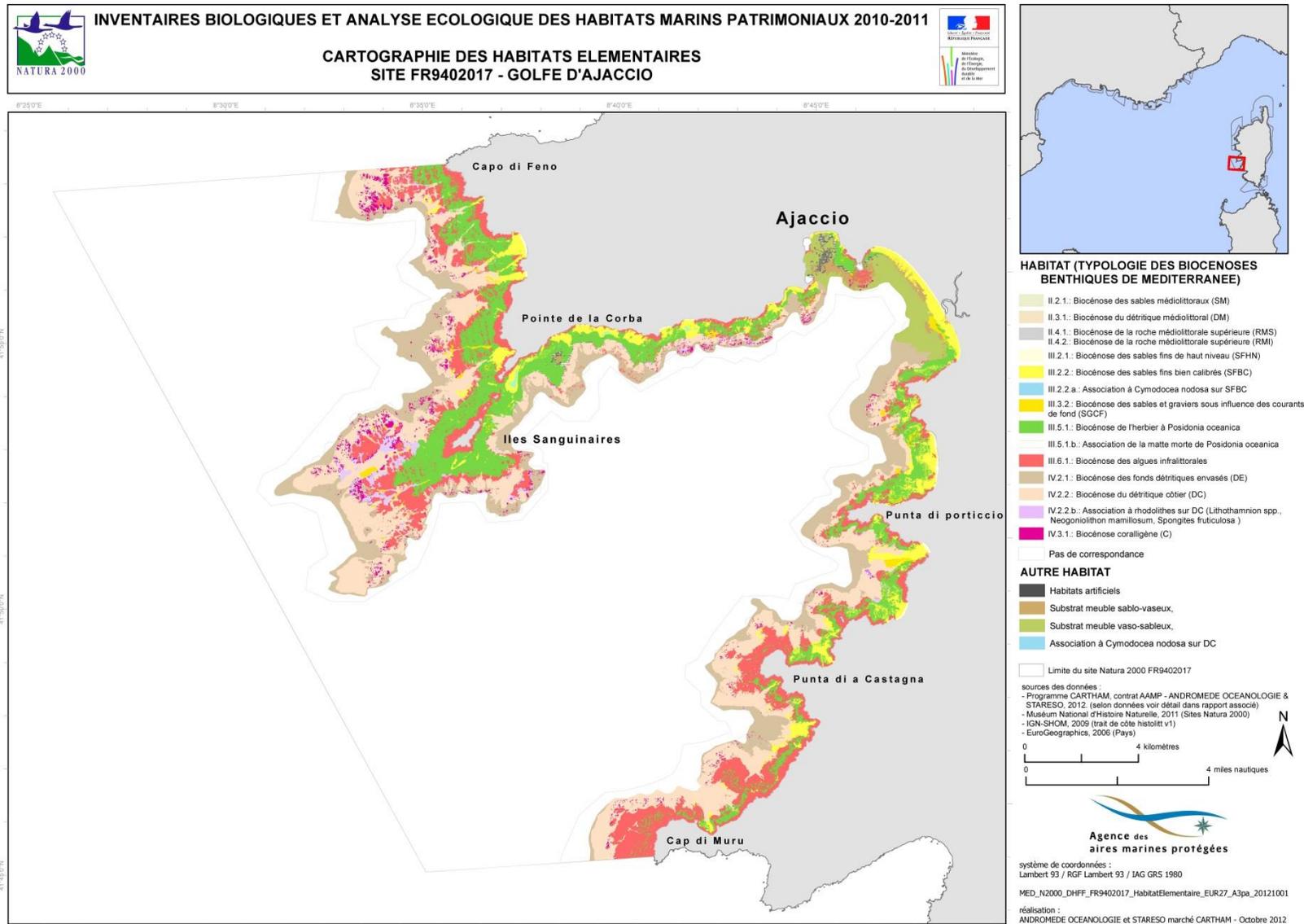


Figure 18. Cartographie des habitats élémentaires du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".

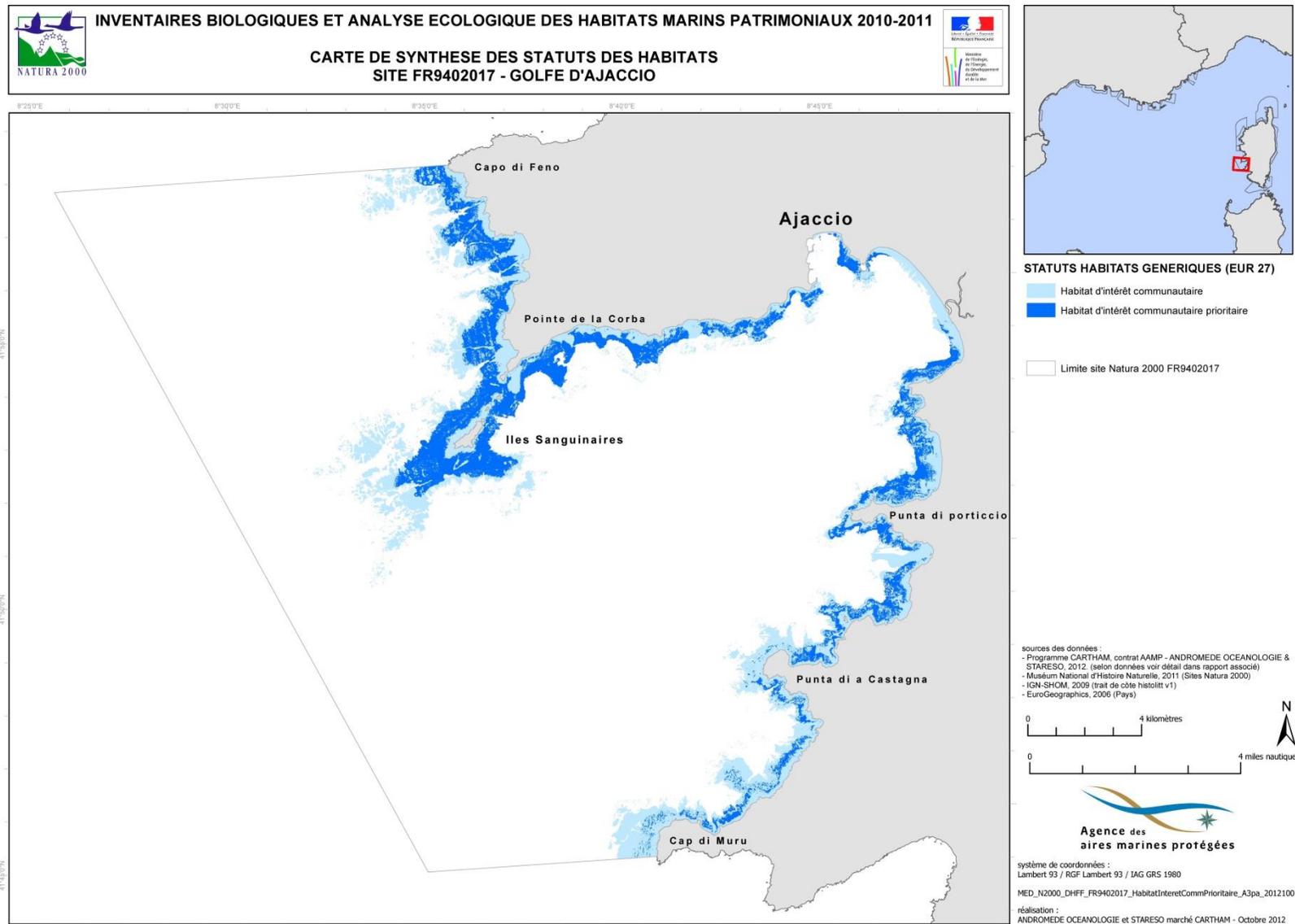


Figure 19. Cartographie de synthèse des statuts des habitats du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d' Ajaccio"

**Tableau V. Site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio", types d'habitats présents sur le site et leurs évaluations.**

Types d'habitats inscrits à l'annexe I					Évaluation du site			
Code	PF	Superficie(ha) (% de couverture)	Grottes [nombre]	Qualité des données	A B C D	A B C		
					Représentativité	Superficie relative	Conservation	Évaluation globale
1110 Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine		1421,22 (3 %)			C	C	B	B
1120 Herbiers de posidonies ( <i>Posidonium oceanicae</i> )	X	3789,92 (8 %)			B	B	B	B
1160 Grandes criques et baies peu profondes		0 (0 %)			B	C	B	B
1170 Récifs		3316,18 (7 %)			C	C	B	B
8330 Grottes marines submergées ou semi-submergées		0 (0 %)			B	C	B	B

- **PF : Forme prioritaire de l'habitat.**
- **Qualité des données :** G = «Bonne» (données reposant sur des enquêtes, par exemple); M = «Moyenne» (données partielles + extrapolations, par exemple); P = «Médiocre» (estimation approximative, par exemple).
- **Représentativité :** A = «Excellente» ; B = «Bonne» ; C = «Significative» ; D = «Présence non significative».
- **Superficie relative :** A =  $100 > p > 15$  % ; B =  $15 > p > 2$  % ; C =  $2 > p > 0$  % .
- **Conservation :** A = «Excellente» ; B = «Bonne» ; C = «Moyenne / réduite».
- **Évaluation globale :** A = «Excellente» ; B = «Bonne» ; C = «Significative».

**Tableau VI. Site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio", espèces inscrites à l'annexe II de la directive 92/43/CEE et leurs évaluations.**

Espèce			Population présente sur le site					Évaluation du site				
Groupe	Code	Nom scientifique	Type	Taille		Unité	Cat.	Qualité des données	A B C D		A B C	
				Min	Max		C R V P		Pop.	Cons.	Isol.	Glob.
M	1349	<i>Tursiops truncatus</i>	W	6	10	i	P		C	C	C	B

- **Groupe** : A = Amphibiens, B = Oiseaux, F = Poissons, I = Invertébrés, M = Mammifères, P = Plantes, R = Reptiles.
- **Type** : p = espèce résidente (sédentaire), r = reproduction (migratrice), c = concentration (migratrice), w = hivernage (migratrice).
- **Unité** : i = individus, p = couples, adults = Adultes matures, area = Superficie en m<sup>2</sup>, bffemales = Femelles reproductrices, cmales = Mâles chanteurs, colonies = Colonies, fstems = Tiges florales, grids1x1 = Grille 1x1 km, grids10x10 = Grille 10x10 km, grids5x5 = Grille 5x5 km, length = Longueur en km, localities = Stations, logs = Nombre de branches, males = Mâles, shoots = Pousses, stones = Cavités rocheuses, subadults = Sub-adultes, trees = Nombre de troncs, tufts = Touffes.
- **Catégories du point de vue de l'abondance (Cat.)** : C = espèce commune, R = espèce rare, V = espèce très rare, P: espèce présente.
- **Qualité des données** : G = «Bonne» (données reposant sur des enquêtes, par exemple); M = «Moyenne» (données partielles + extrapolations, par exemple); P = «Médiocre» (estimation approximative, par exemple); DD = Données insuffisantes.
- **Population** : A = 100 ≥ p > 15 % ; B = 15 ≥ p > 2 % ; C = 2 ≥ p > 0 % ; D = Non significative.
- **Conservation** : A = «Excellente» ; B = «Bonne» ; C = «Moyenne / réduite».
- **Isolement** : A = population (presque) isolée ; B = population non isolée, mais en marge de son aire de répartition ; C = population non isolée dans son aire de répartition élargie.
- **Évaluation globale** : A = «Excellente» ; B = «Bonne» ; C = «Significative».

**Tableau VII. Site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio", autres espèces importantes de faune et de flore.**

Espèce			Population présente sur le site				Motivation					
Groupe	Code	Nom scientifique	Taille		Unité	Cat.	Annexe Dir. Hab.		Autres catégories			
			Min	Max			IV	V	A	B	C	D
I		<i>Patella ferruginea</i>			i	P	X		X		X	

- **Groupe** : A = Amphibiens, B = Oiseaux, F = Poissons, Fu = Champignons, I = Invertébrés, L = Lichens, M = Mammifères, P = Plantes, R = Reptiles.
- **Unité** : i = individus, p = couples, adults = Adultes matures, area = Superficie en m2, bfeales = Femelles reproductrices, cmales = Mâles chanteurs, colonies = Colonies, fstems = Tiges florales, grids1x1 = Grille 1x1 km, grids10x10 = Grille 10x10 km, grids5x5 = Grille 5x5 km, length = Longueur en km, localities = Stations, logs = Nombre de branches, males = Mâles, shoots = Pousses, stones = Cavités rocheuses, subadults = Sub-adultes, trees = Nombre de troncs, tufts = Touffes.
- **Catégories du point de vue de l'abondance (Cat.)** : C = espèce commune, R = espèce rare, V = espèce très rare, P: espèce présente.
- **Motivation** : IV, V : annexe où est inscrite l'espèce (directive «Habitats»); A : liste rouge nationale ; B : espèce endémique ; C : conventions internationales ; D : autres raisons.

Pour le site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio", le caractère général du site (classe d'habitat et pourcentage de couverture) est N01 : Mer, Bras de Mer (100%) (MNHN, 2016).

Dans ce secteur diversifié, il est possible de retrouver à la fois des habitats rocheux, sableux et profonds. Le littoral rocheux abrite de nombreuses espèces structurantes des différents faciès de l'habitat récif. Il se rencontre sur ces différents faciès une grande variété d'espèces d'algues, de mollusques, d'éponges, de crustacés. Il existe en particulier une belle population de patelles géantes sur un substrat rocheux mais aussi en fond de golfe sur des récifs naturels et artificiels. Les fonds marins sont également parsemés de grottes. Habitat très particulier, les grottes abritent des espèces adaptées à des conditions environnementales très spécifiques (absence de lumière, conditions hydrodynamiques), ayant développé des particularités biologiques uniques. Les côtes du Golfe d'Ajaccio plongent rapidement et forment un grand canyon sous-marin où séjournent plusieurs espèces de mammifères marins, notamment le Grand Dauphin (MNHN, 2016).

Le golfe concentre un grand nombre d'activités maritimes donnant lieu à des conflits d'usages notamment entre la pêche professionnelle, la pêche de loisir et la plaisance, plus particulièrement aux abords des Iles Sanguinaires. Plusieurs stations d'épuration (projets de réfection en cours) aux capacités de traitement insuffisantes rejettent également leurs eaux en mer. La présence de sites SEVESO (terminal gazier et terminal pétrolier) du port de commerce est également à prendre en compte en termes de risques potentiels dans la gestion future du site (MNHN, 2016). Les principales incidences et activités ayant des répercussions notables sur le site sont :

- Randonnée, équitation et véhicules non-motorisés (grande importance) ;
- Véhicules motorisés (grande importance) ;
- Pêche professionnelle active (arts trainants) (moyenne importance) ;
- Pêche de loisirs (moyenne importance) (MNHN, 2016).

Les régimes de propriété sur ce site sont le Domaine Public Maritime et les eaux territoriales (MNHN, 2016).

Les types de désignation aux niveaux national, régional et international (avec le pourcentage de couverture) sont :

- Site classé selon la loi de 1930 : 2 % ;
- Réserve de chasse et de faune sauvage du domaine public maritime : 85 % ;
- Autre protection : 100 % ;
- PELAGOS : sanctuaire mammifères marins : : 100 % (MNHN, 2016).

Le périmètre du site comporte, sur la commune d'Ajaccio, les emprises suivantes de la Défense : ouvrage de la Parata, l'emprise marine Aspretto, le sémaphore des îles Sanguinaires, les ouvrages de la Parata, le poste d'accostage d'Ajaccio. Les forces armées sont susceptibles de conduire des activités sur ce site. Il s'agit notamment de navigation d'unité de surface ou sous-marine, survol d'aéronef, parachutage, tir, mouillage, émission acoustique ou électromagnétique (radar, sonar, radio), pétardement sous-marin de munition historique non déplaçable, activité de plongeur ou de nageur, etc. Les activités de routine des forces armées comprennent en particulier le débarquement sur une plage par chalands de personnel ou de matériel roulant (plageage) à Campo d'ell' Oro (4155.10 N-00847.15 E) et le port de la base aéronavale d'Aspretto. La possibilité de plageage doit être maintenue. La marine conserve la possibilité de développer des instrumentations ou activités sur le fond et dans la masse d'eau y compris hors des zones actuellement identifiées comme susceptibles d'activités militaires. Plus généralement, les espaces marins inclus dans le périmètre sont mobilisés pour assurer la protection du territoire national, y compris à un niveau stratégique. Les activités de défense, d'assistance et de sauvetage, de prévention et de lutte contre la pollution

et de police en mer ne pourront pas être remises en cause par cette mesure de classement. La pérennisation des missions précitées ne devra pas être remise en cause. Le classement Natura 2000 ne devra pas remettre en cause les fonctions de défense et d'action de l'Etat en mer concernées par ces espaces et équipements ainsi que leur entretien et leur capacité d'évolution (MNHN, 2016).

Le site Natura 2000 du Golfe d'Ajaccio a été divisé en sept secteurs, dont le secteur 4 "De la plage Trottel à la plage de Porticcio" (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Les caractéristiques du port d'Aspretto sont :

- Date de construction : 1938 ;
- Surface gagnée totale (ha) : 10,33 ;
- Surface couverte (ha) : 5,63 ;
- Surface du plan d'eau (ha) : 4,7 ;
- Linéaire de côte artificialisé (m) : 304,48 ;
- Linéaire d'enrochements (m) : 1 125,33 (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Sur la colonne d'eau, des analyses réalisées indiquent :

- Pour le bilan bactériologique :
  - Des concentrations en bactéries fécales, bien qu'inférieures aux seuils de contaminations légaux, non négligeables dans la baie d'Aspretto ;
  - Une absence de détection de ces mêmes paramètres aux autres points d'analyses (large de la pointe d'Aspretto) ;
- Pour le bilan d'enrichissement en nutriments :
  - Une absence d'enrichissement à proximité et à la pointe d'Aspretto ;
  - Un léger enrichissement de la colonne d'eau dans le fond de la baie d'Aspretto, enrichissement en nitrate et ammonium. Il existe donc une source d'enrichissement au niveau de ce secteur (Chery et Lejeune, 2009).

#### **5.1.2.1 Habitats marins**

La cartographie des habitats élémentaires du secteur 4 du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio" est présentée (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

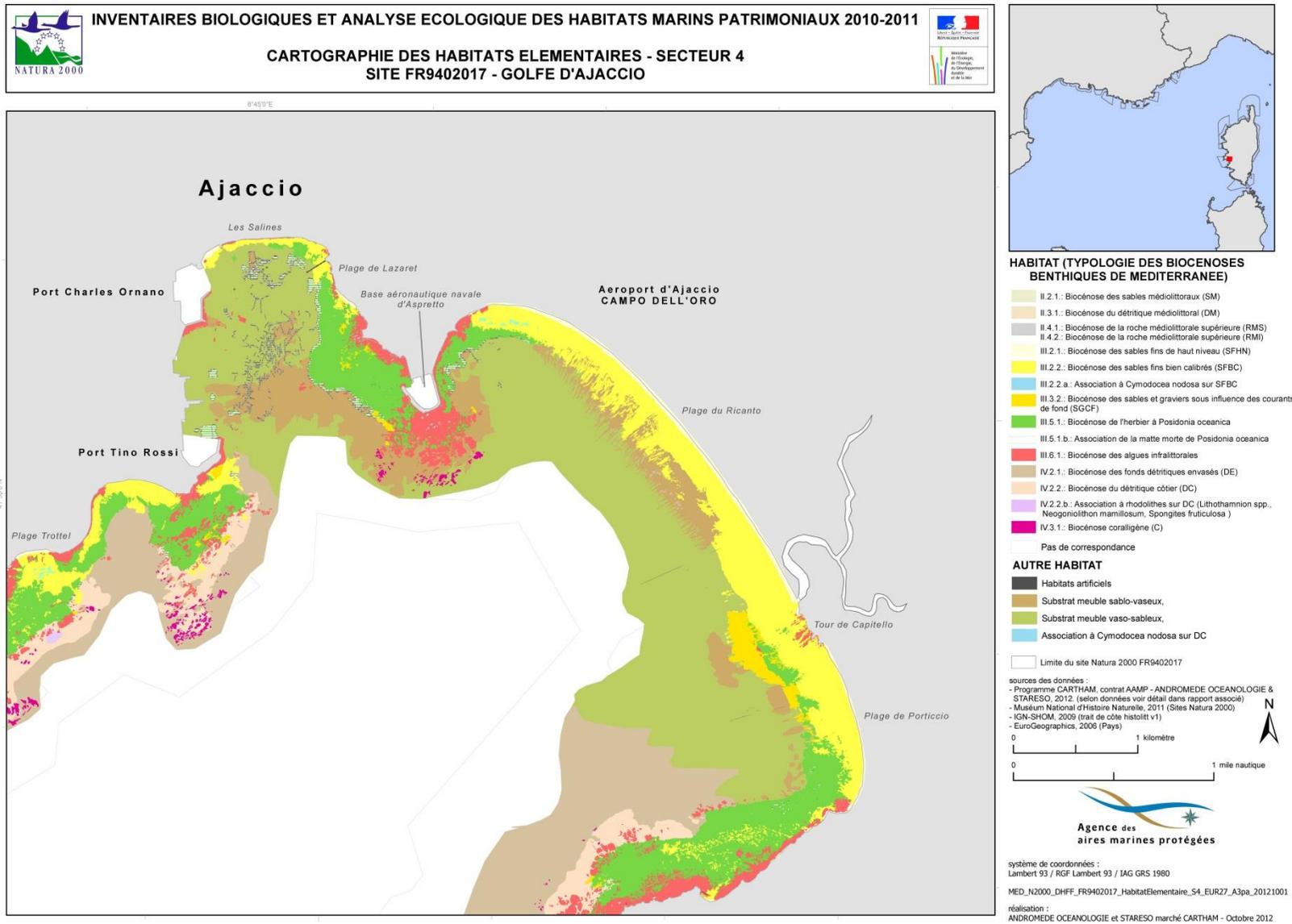


Figure 20. Cartographie des habitats élémentaires du secteur 4 du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'AJaccio".

### 5.1.2.1.1 Bancs de sable à faible couverture permanente d'eau marine

#### 5.1.2.1.1.1 Sables Fins de Haut Niveau

L'observation des Sables Fins de Haut Niveau n'a pas montré de zones d'envasement. Cependant, de part l'urbanisation dans les parties Nord et Est du golfe à proximité des zones où sont présents les Sables Fins de Haut Niveau, de part la forte fréquentation touristique dans ces zones, et la présence d'émissaires en mer et de ports, les Sables Fins de Haut Niveau sont classés dans un état de conservation bon (B) dans le secteur 4 d'Aspretto. Certains facteurs (aménagement du littoral, fréquentation et usages du milieu marin, pollutions) sont susceptibles d'avoir des effets sur cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

#### 5.1.2.1.1.2 Sables Fins Bien Calibrés

Les Sables Fins Bien Calibrés sont présents dans ce secteur face à la plage Saint François faisant suite aux Sables Fins de Haut Niveau ou aux roches infralittorales à algues photophiles. Leur limite inférieure se situe entre 5 et 20 mètres de profondeur. Cet habitat est observé dans le secteur des Salines sur les cinq premiers mètres de profondeur et face à la plage de Lazaret. Dans le secteur, l'habitat des Sables Fins Bien Calibrés est fortement représenté face aux grandes plages du Ricanto et de Porticcio, faisant suite aux Sables Fins de Haut Niveau. Des cymodocées ont été observées à l'Ouest de la plage du Ricanto à -15 mètres ainsi que dans le fond de la zone portuaire face aux Salines sur du sable envasé à moins de dix mètres de fond. Dans la partie Ouest de ces plages, en limite inférieure des Sables Fins Bien Calibrés, de nombreuses invaginations de substrats meubles envasés ont été observées, remontant jusqu'à parfois 10-15 mètres de profondeur, probablement liées à un hydrodynamisme local particulier (Andromède Océanologie et STARESO, 2012). L'état de conservation global de l'habitat Sables Fins Bien Calibrés est jugé bon (B) dans le secteur 4 d'Aspretto. En effet, il existe plusieurs sources de pollutions comme les ports et les apports de la rivière Gravona susceptibles affecter cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012). Certains facteurs (aménagement du littoral, fréquentation et usages du milieu marin, pêche de loisir et pêche professionnelle, espèces invasives, pollutions) sont susceptibles d'avoir des effets sur cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

#### 5.1.2.1.1.3 Sables Grossiers et fins graviers sous influence des Courants de Fond

Les Sables Grossiers et fins graviers sous influence des Courants de Fond semblent être dans un excellent état de conservation (A) (Andromède Océanologie et STARESO, 2012). Certains facteurs (aménagement du littoral, fréquentation et usages du milieu marin, pêche de loisir et pêche professionnelle, espèces invasives) sont susceptibles d'avoir des effets sur cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

#### 5.1.2.1.1.4 Herbiers de Posidonie

Les herbiers de Posidonie se retrouvent dans le site « golfe d'Ajaccio » sur des substrats rocheux et meubles, principalement sous forme de plaine. Ils se développent entre la surface et 39m de profondeur (Feno Sud et Feno Sec). Toutefois, en pénétrant dans le golfe, la turbidité de la colonne d'eau augmente et la distribution bathymétrique de cette espèce diminue. Ainsi, dans le fond du golfe, notamment dans la baie d'Aspretto, l'herbier ne s'étend que jusqu'à une quinzaine de mètres de profondeur (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

La localisation des stations d'étude associée à la qualification de la vitalité (normale au niveau de Aquaculture Aspretto 7, subnormale notamment au niveau de Fond Port 4 ou anormale), à l'état de compacité de la matte (moyenne) et au taux d'épiphytisme (normal à très important au niveau de Aquaculture Aspretto 7) met en évidence des herbiers impactés, à l'intérieur du golfe (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Pour la morphostructure, les stations situées dans le fond du golfe d'Ajaccio (comme Aspretto) sont caractérisées par une répartition bathymétrique réduite. Si à l'entrée du site les herbiers colonisent les fonds de la surface jusqu'à des profondeurs avoisinants -40m (Sud Castagna), ils sont limités à une trentaine de mètres de profondeur dans le fond de la baie. La turbidité de la colonne d'eau limite la pénétration de la lumière au delà de ces profondeurs. Toutefois les limites de type régressif indiquent une détérioration de ce paramètre dans le temps. En effet, au niveau de nombreuses stations localisées dans ce secteur, des étendues de mattes mortes envasées ont été observées au-delà de la limite actuelle. Les herbiers, colonisant préférentiellement des fonds meubles, présentent des taux de recouvrement variables. Au niveau de certaines stations, ces taux atteignent 100%, mais sur d'autres stations en fond de golfe, les taux sont bien inférieurs, avec des pourcentages de matte morte atteignant 40%. De plus, les fonds présentant un envasement croissant en pénétrant dans le golfe, des phénomènes de déchaussement sont observés localement, par exemple dans la zone portuaire (Fond Port), et la matte présente des compacités affaiblies. A l'exception des herbiers situés à la station « Aquaculture Aspretto 7 » ayant une vitalité normale, les autres stations présentent une réduction de la densité foliaire indiquant une vitalité affaiblie (subnormale) (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Pour les paramètres phénologiques, à l'exception des stations situées sur la côte Nord du golfe, les feuilles ont des croissances normales pour la saison, avec des longueurs dépassant 100cm, pour les plus longues. Les épiphytes qui s'y développent sont par contre localement en quantités supérieures à celles observées dans des zones de références. Les ratios calculés à partir des biomasses d'épiphytes ramenées à la biomasse foliaire indiquent un déséquilibre du milieu lié à un enrichissement des sels nutritifs transitant dans la colonne d'eau dans les stations situées à proximité des aquacultures (Aquaculture Aspretto). Pour les autres, les ratios ont des valeurs normales à légèrement supérieures à la norme. L'état des apex indique des pressions de broutage normales à importantes de la part des peuplements d'herbivores (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

En sortant de la baie, vers la pointe d'Aspretto, l'état de l'habitat s'améliore pour l'ensemble des paramètres considérés (perte de distribution spatiale, envasement des fonds, épiphytisme élevé, faible diversité d'espèces associées) (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Certains facteurs (aménagement du littoral, fréquentation et usages du milieu marin, pêche de loisir et pêche professionnelle, espèces invasives, pollutions) sont susceptibles d'avoir des effets sur cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

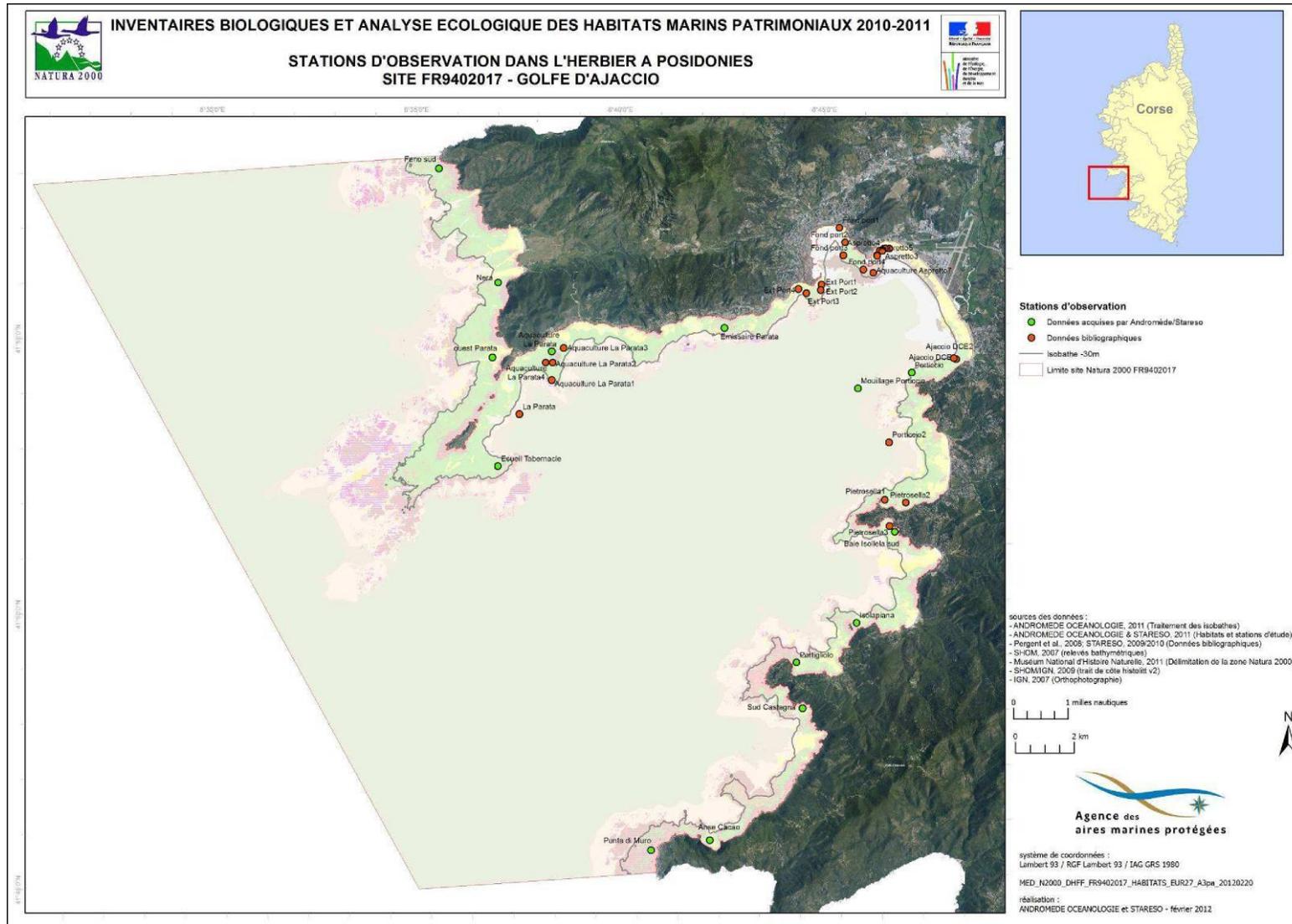
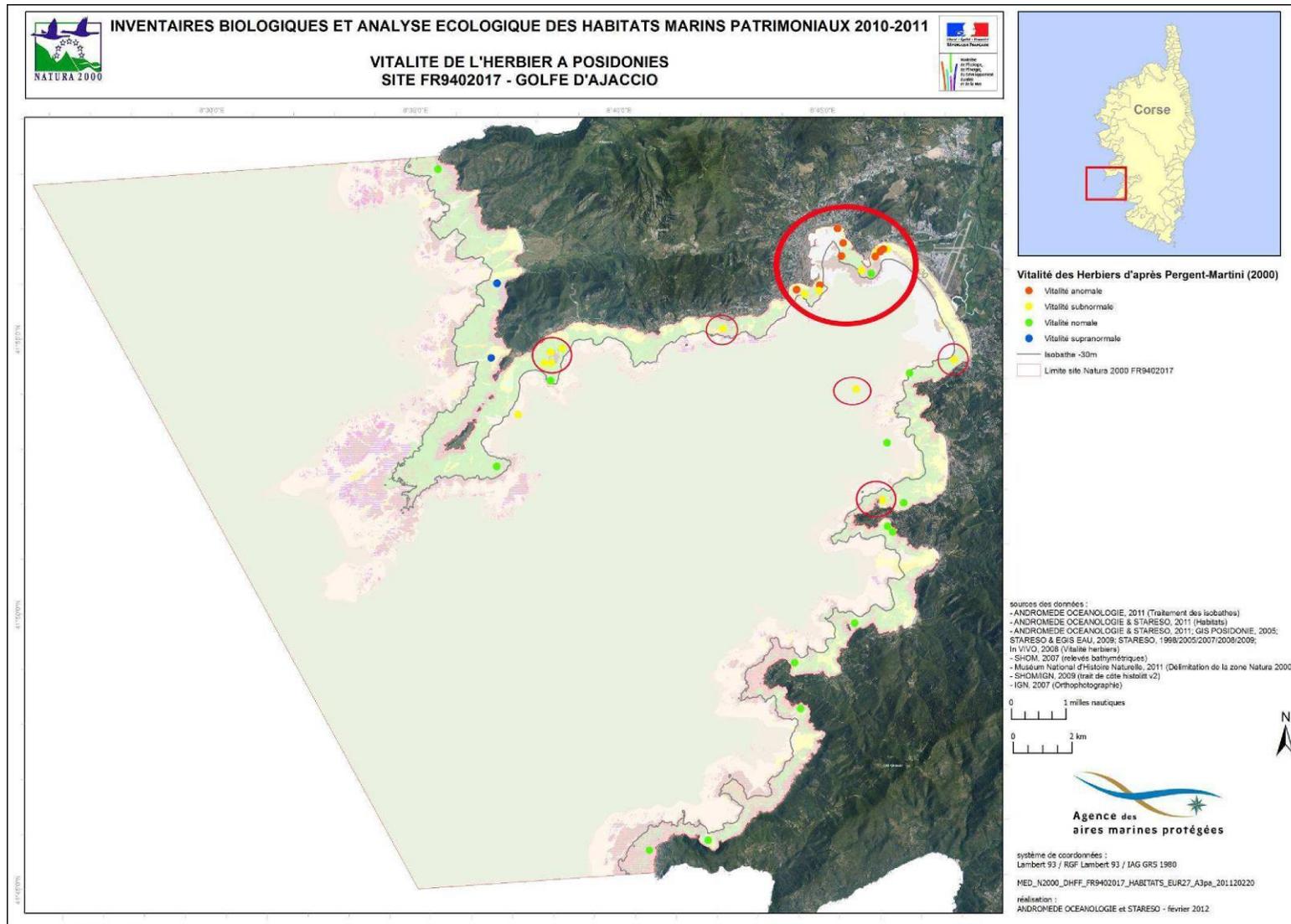


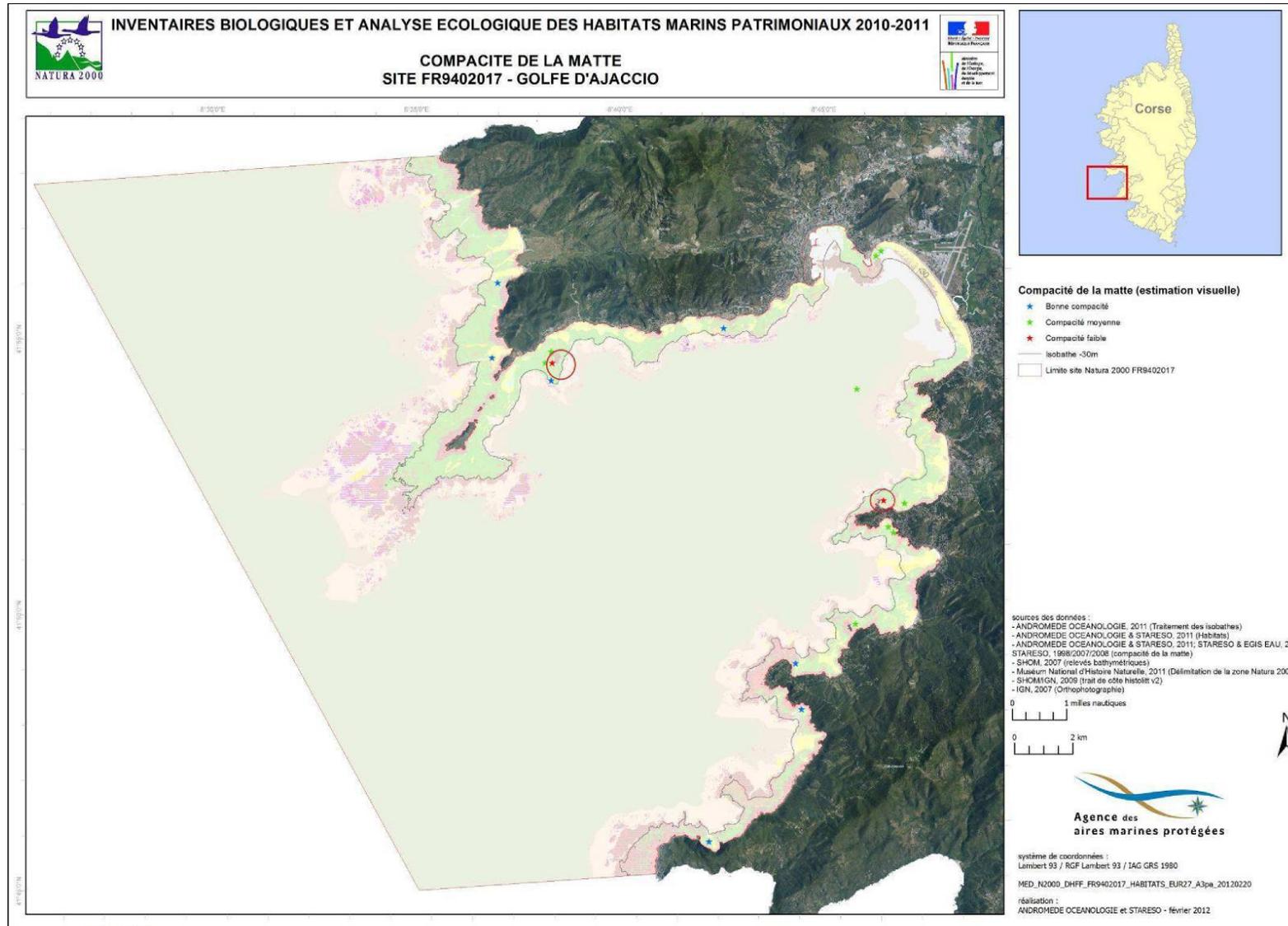
Figure 21. Stations d'observations dans les herbiers de Posidonie du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".

**Tableau VIII. Synthèse de données concernant l'habitat "Herbiers de Posidonie" à proximité du présent projet.**

Descripteurs		Fond Port 1	Fond Port 2	Fond Port 3	Fond Port 4	Aspetto 1	Aspetto 2	Aspetto 3	Aspetto 4	Aspetto 5	Aqua. Aspetto 4	Aqua. Aspetto 5	Aqua. Aspetto 7	
Date		01/08/08	03/12/09	03/12/09	04/12/09	01/07/05	01/07/05	01/07/05	01/07/05	01/07/05	10/09/08	10/09/08	10/09/08	
Source		CCI / In Vivo	CTC / Stareso	CTC / Stareso	CTC / Stareso	CCI Ajaccio et de la Corse du Sud / Stareso	CCI Ajaccio et de la Corse du Sud / Stareso	CCI Ajaccio et de la Corse du Sud / Stareso	CCI Ajaccio et de la Corse du Sud / Stareso	CCI Ajaccio et de la Corse du Sud / Stareso	Stareso	Stareso	Stareso	
Localisation	Latitude	41,932664	41,928153	41,92425	41,91951	41,9252	41,925422	41,925	41,924894	41,923477	41,924711	41,9233	41,918252	
	Longitude	8,752766	8,754687	8,753535	8,761288	8,77243	8,7709	8,76959	8,768553	8,767315	8,769564	8,76733	8,765306	
	Profondeur (m)	5,5	12	16	15	12	12	14	8	14	16	13	16,8	
Structure et fonctionnalité de l'habitat	Type d'Herbier	En plaine	En plaine	En plaine	En plaine	En plaine	En plaine	En plaine	En plaine	En plaine	En plaine	En plaine	En plaine	
	Structure de l'Herbier	30%MM	40%MM	30%MM	30%R						20%MM	40%MM	40%R/20% SG	
	Taux de Recouvrement	70%	60%	70%	70%	60%	60%	65%	90%	50%	80%	60%	40%	
	Substrat	V	V	SV	RS	S	SV	SV	S	SG	S	S	R/SG	
	Epiphytes					+	-	-	+	+	+++	+++	+++	
	Envasement	+++	+++	++	+	+	++	++	+	+	+++	++	+	
	Déchaussement	>10cm	>10cm	>10cm										
	Compacité de la matre										-	-		
	Taux de broutage				+	++	++	++	++	++	+	++	++	++
	Longueur des feuilles		+	+	35cm	70cm	70cm	50cm	75cm	70cm	45cm	40cm	35cm	
	Densité de l'herbier	152	120	114	139	190	121	79	294	184	93	80	268	
	Ecart-type			35	41	53	49	41	65	51	35	26	61	
	Qualification selon Pergent-Martini (2000)	A	A	A	S-	S-	A	A	S-	S-	A	A	N	
	Espèces "patrimoniales"		<i>P. nobilis</i> / <i>Hyppocampus</i>	<i>P. nobilis</i> +	<i>P. nobilis</i> +	<i>P. nobilis</i>	<i>P. nobilis</i>				<i>P. nobilis</i>			
Populations des principaux macroherbivores		<i>P. lividus</i> ++		<i>P. lividus</i> ++	<i>A. luxila</i>			<i>P. lividus</i>	<i>A. luxila</i>					
Limite inférieure de l'herbier	8	14	17	20										
	R	R	R	F										
Menaces et pressions	Macrodéchets, filets et autres engins de pêche, mouillages perdus, corps morts	Plastique, bouteilles, etc.	Plastique, bouteilles, etc.			Corps mort	Conduite	Filet, aquaculture	Blocs rocheux, corps-mort					
	Caulerpes envahissantes													
	Sources potentielles de nuisance proches	Zone portuaire	Zone portuaire	Zone portuaire	Zone portuaire						Aquaculture	Aquaculture	Aquaculture	
	Impact anthropique visible					Zone dépotage / aquaculture								



**Figure 22. Vitalité des herbiers de Posidonie du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".**



**Figure 23. Compacité de la matie des herbiers de Posidonie du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".**

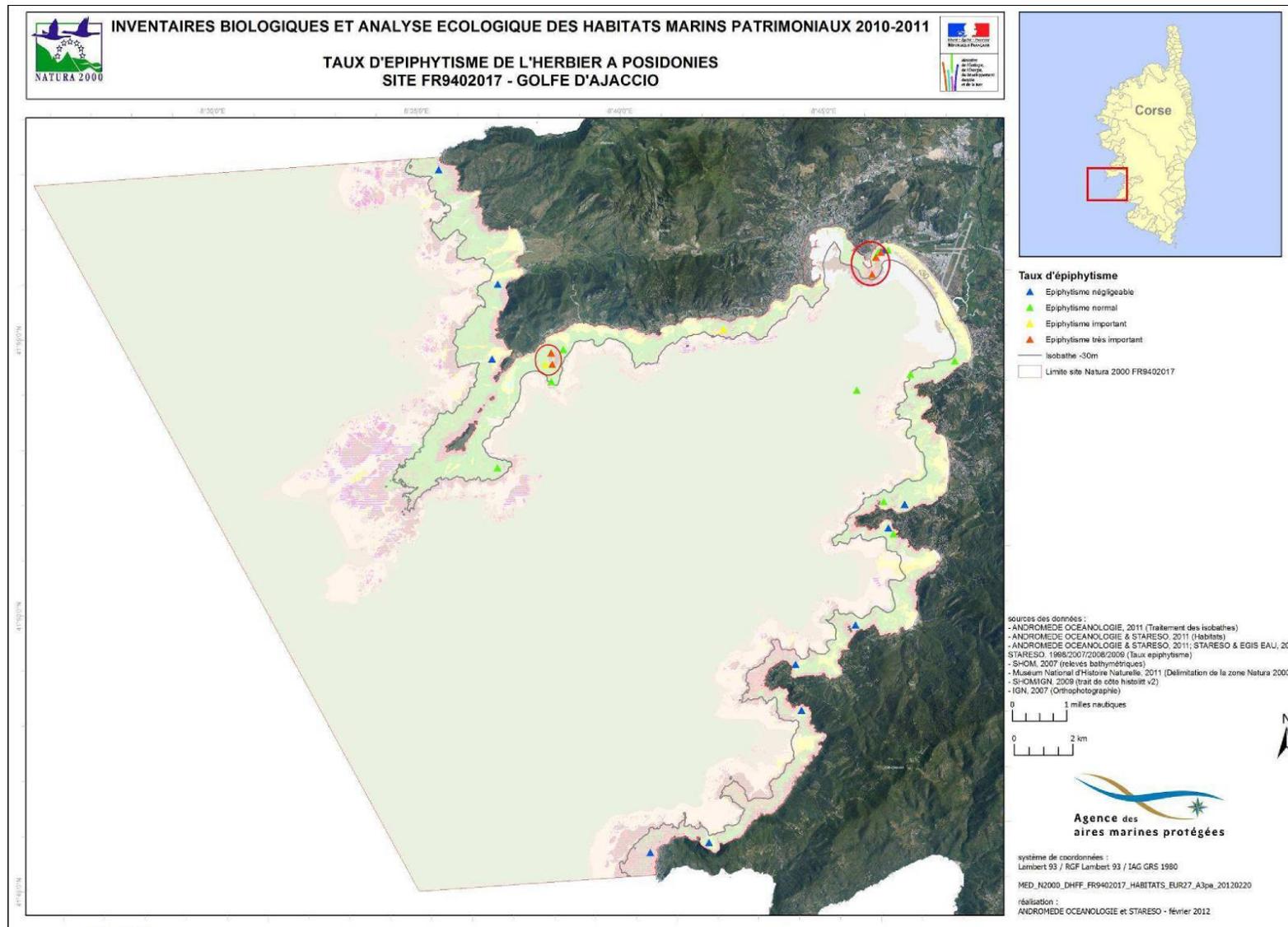


Figure 24. Taux d'épiphytisme des herbiers de Posidonie du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".

**Tableau IX. Caractérisation de l'état des "Herbiers de Posidonie" à proximité du présent projet.**

Descripteurs		Fond Port 1	Fond Port 2	Fond Port 3	Fond Port 4	Aspretto 1	Aspretto 2	Aspretto 3	Aqua. Aspretto 4
Représentativité		D	D	D	C	D	D	D	D
Valeur écologique, biologique et patrimoniale		A	A	A	A	A	A	A	A
Etat de conservation		C	C	C	B	B	C	C	C
Etat de conservation	Conservation et structure	C	C	C	B	B	C	C	C
	Conservation des fonctions / Facteurs évolutifs	C	C	C	B	B	B	B	B
	Possibilité de restauration	C	C	C	C	C	C	C	C
Dynamique		D	D	D	D	D	D	D	D
Evaluation globale		/	/	/	/	/	/	/	/

#### 5.1.2.1.1.5 Replats boueux ou sableux exondés à marée basse

#### 5.1.2.1.1.6 Sables médiolittoraux

La première plage du secteur 4 (comprenant Aspretto) comportant des sables médiolittoraux est celle de Saint François qui se trouve directement sous la citadelle et la Promenade. Thibaut *et al.* (2010) ont noté la présence d'algues vertes à plusieurs reprises le long de la plage de Saint François, où il existe deux rejets urbains. Ensuite, il existe des petites plages de sables entre le port Charles Ornano et le ponton des Salines sans banquettes. Au Sud du ponton, la plage de sables de Lazaret comprend dans sa partie Nord un rejet urbain. Entre cette plage et la base aéronautique navale, il existe une autre plage de sable avec un gros bloc de béton au Nord, puis des laisses de mer sur l'ensemble de la plage absentes (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Ensuite, la plage du Ricanto est la plus grande du site Natura 2000 du Golfe d'Ajaccio. Cette plage de près de 3,5 km est située avant la piste d'atterrissage de l'aéroport, avec quelques rochers artificiels au Sud de la plage, avant l'embouchure de la rivière Gravona absentes (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

La plage de Porticcio est située au Sud de l'embouchure de la rivière, aucune banquette de Posidonie n'ayant été observée. Cette plage est très appréciée avec de superbes infrastructures absentes (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Les grandes plages de ce secteur (plages Saint François, Lazaret et Ricanto) sont nettoyées par la commune à l'aide de tracteur durant toute la saison estivale, les banquettes de Posidonie étant donc absentes (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

L'habitat des sables médiolittoraux est dans un état écologique global bon (B) absentes (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Certains facteurs (aménagement du littoral, fréquentation et usages du milieu marin, pollutions) sont susceptibles d'avoir des effets sur cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

#### 5.1.2.1.1.7 Sédiments détritiques médiolittoraux

Cet habitat n'est pas présent sur le secteur 4 (comprenant Aspretto) du site Natura 2000 du Golfe d'Ajaccio (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

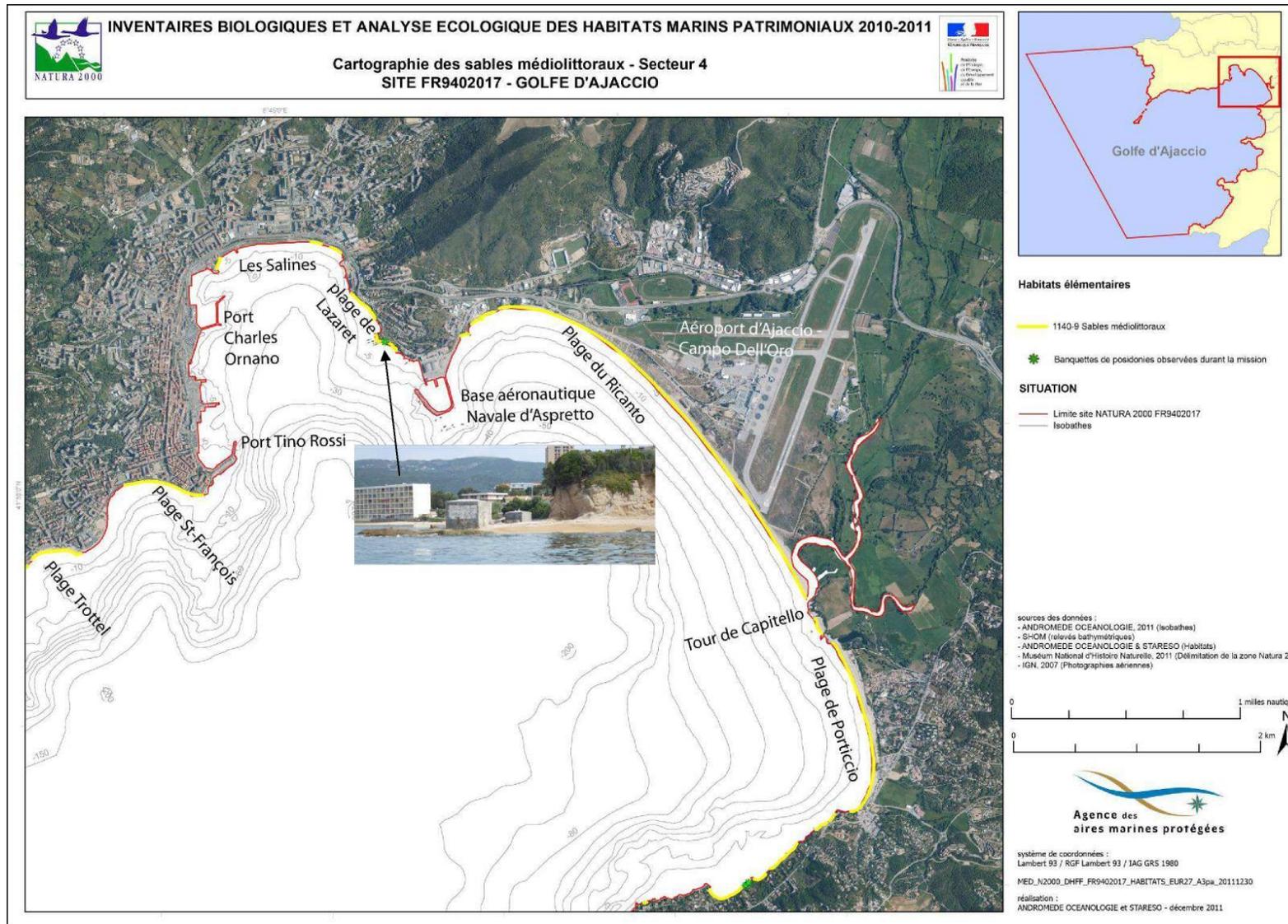


Figure 25. Cartographie des sables médiolittoraux du secteur 4 du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".

### 5.1.2.1.2 Récifs

#### 5.1.2.1.2.1 Roche médiolittorale supérieure

Le long de la digue de la base d'Aspretto (secteur 4, site 16), les roches sont colonisées par des cyanobactéries et ponctuellement par *Chthamalus stellatus* et *C. montagui*. Plus bas, se trouvent de nombreuses *Patella* sp. (>10 individus) et des patelles géantes (15 individus comptabilisés). Des moules sont aussi présentes très localement.

Ainsi, dans ce secteur 4 (comprenant Aspretto), l'ensemble des radiales a été réalisé sur des substrats rocheux artificiels. Les roches médiolittorales ne présentent pas une diversité de faciès comme dans les secteurs précédents (présence du faciès à *Patella* spp. et *Chthamalus* spp. pour la roche médiolittorale supérieure). Les grandes patelles sont très nombreuses sur ces substrats. Giudicelli *et al.* (1999) ont entrepris un inventaire exhaustif de la population de patelles géantes sur Aspretto, Ajaccio et le port de Tino Rossi. Les études réalisées sur le site de la base d'Aspretto révèlent des densités de patelles géantes (*Patella ferruginea*) supérieures à toutes celles des autres sites de l'île après celles de la jetée du port de commerce de Bastia (Vela et Leoni, 2007). Ce site, bien que façonné par l'homme en grande partie, présente donc une haute valeur pour le patrimoine marin. Thibaut *et al.* (2010) ont aussi noté la présence de nombreuses patelles géantes sur les digues d'Aspretto.

L'état de conservation de la roche médiolittorale supérieure a été jugé bon (B) dans le secteur 4 malgré une valeur écologique et biologique très bonne (présence de patelles) car il existe plusieurs pressions (fréquentation, artificialisation, algues vertes et rejets urbains) (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Certains facteurs (aménagement du littoral, fréquentation et usages du milieu marin, pollutions) sont susceptibles d'avoir des effets sur cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

#### 5.1.2.1.2.2 Roche médiolittorale inférieure

L'état de conservation de la roche médiolittorale inférieure a été jugé bon (B) car il existe plusieurs pressions (fréquentation, artificialisation, algues vertes et rejets urbains) (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Certains facteurs (aménagement du littoral, fréquentation et usages du milieu marin, espèces invasives, pollutions) sont susceptibles d'avoir des effets sur cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

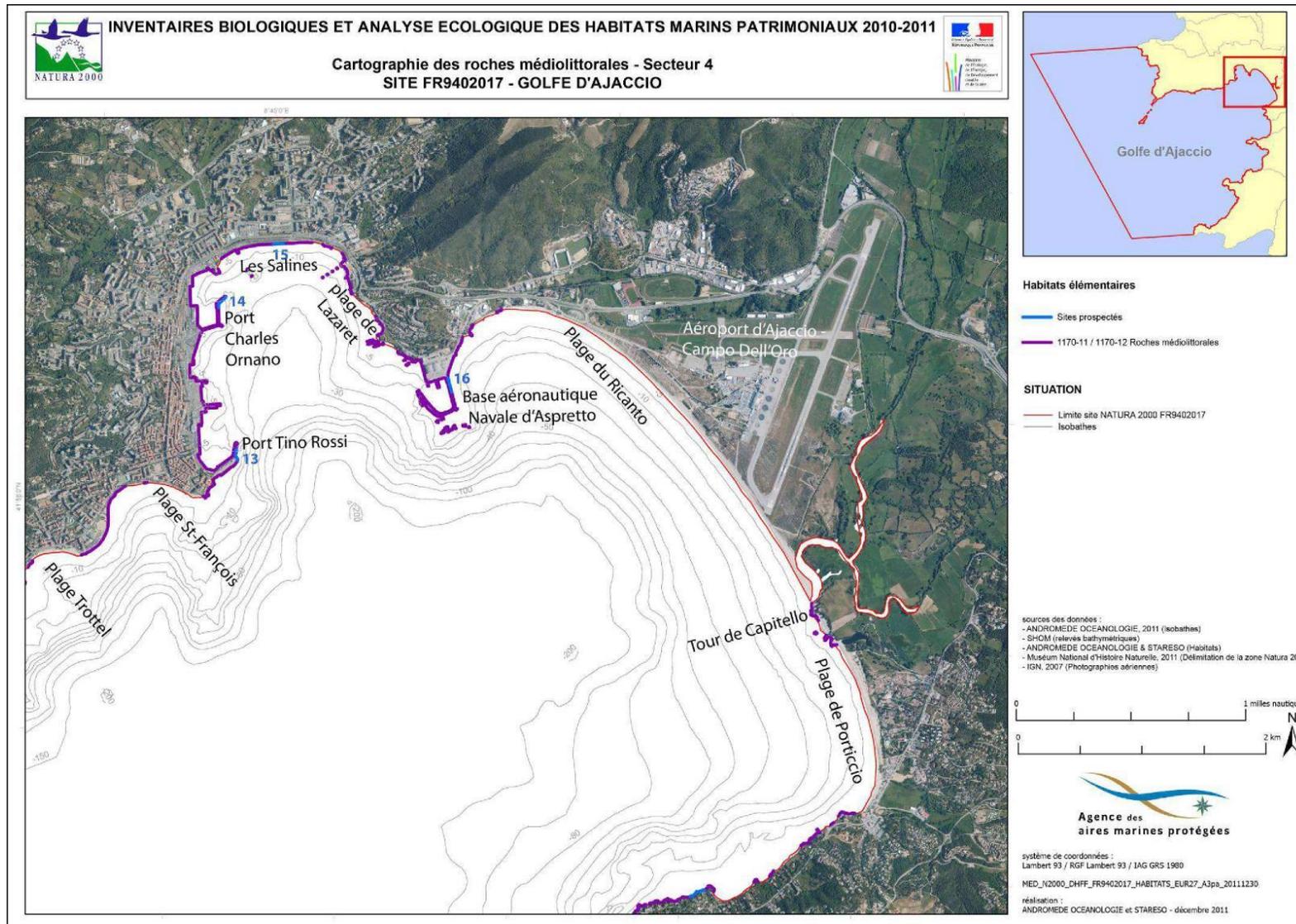


Figure 26. Cartographie des roches médiolittorales supérieures du secteur 4 du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".

#### 5.1.2.1.2.3 Roche infralittorale à algues photophiles

Dans le secteur 4 (comprenant Aspretto), des blocs rocheux isolés sont aussi présents sur le détritique côtier après la limite inférieure de l'herbier (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Des descripteurs permettant d'évaluer l'état de conservation de cet habitat ont été relevés au niveau de trois horizons (supérieur, supérieur à moyen et moyen à profond), notamment au niveau de la pointe d'Aspretto (15 à 30m de profondeur, roche mère et blocs).

Par exemple, pour l'horizon supérieur, les roches naturelles, avant et autour du port de la base d'Aspretto, sont colonisées par *C. amentacea* formant des populations continues mais seules des cyanobactéries se retrouvent sur les tétrapodes d'Aspretto (Thibaut *et al.*, 2010). Les quelques roches entre Aspretto et Scoglione ne sont colonisées que par *C. elongata*, des ulvales, et des moules à Capitello (Andromède Océanologie et STARESO, 2012). Le long de la digue de la base d'Aspretto (secteur 4, site 16), les roches naturelles autour du port de la base d'Aspretto sont colonisées par *Cystoseira amentacea* var. *stricta* mais pas la digue (Thibaut *et al.*, 2010). Les roches sont ici assez dépourvues de concrétionnement, elles hébergent des *Actinia equina* (trois individus observés), des huitres *Ostrea edulis*, des balanes en nombre très important, et des oursins avec une majorité d'*Arbacia lixula* par rapport aux *Paracentrotus lividus* (et un individu *Sphaerechinus granularis* observé). Les padines sont rencontrées communément. Trois bancs de saupes, respectivement de 15 adultes, 50 juvéniles et 40 adultes, des girelles paons, 10 mulets et de nombreux tripterygions ont été observées. Des macrodéchets (cordes, bouteilles et sacs plastiques,) ont également été observés (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

La diversité de faciès et la richesse en espèce patrimoniales, notamment la forte abondance de l'algue *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, témoignent du bon état de la biocénose de la roche infralittorale à algues photophiles dans le site Natura 2000. Cependant, l'état de conservation de cet habitat a été jugé bon (B) dans le secteurs 4 car malgré une valeur écologique et biologique bonne il existe plusieurs pressions (artificialisation, émissaires en mer, fermes aquacoles et rejets urbains) (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Certains facteurs (aménagement du littoral, fréquentation et usages du milieu marin, pêche de loisir et pêche professionnelle, espèces invasives, pollutions) sont susceptibles d'avoir des effets sur cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

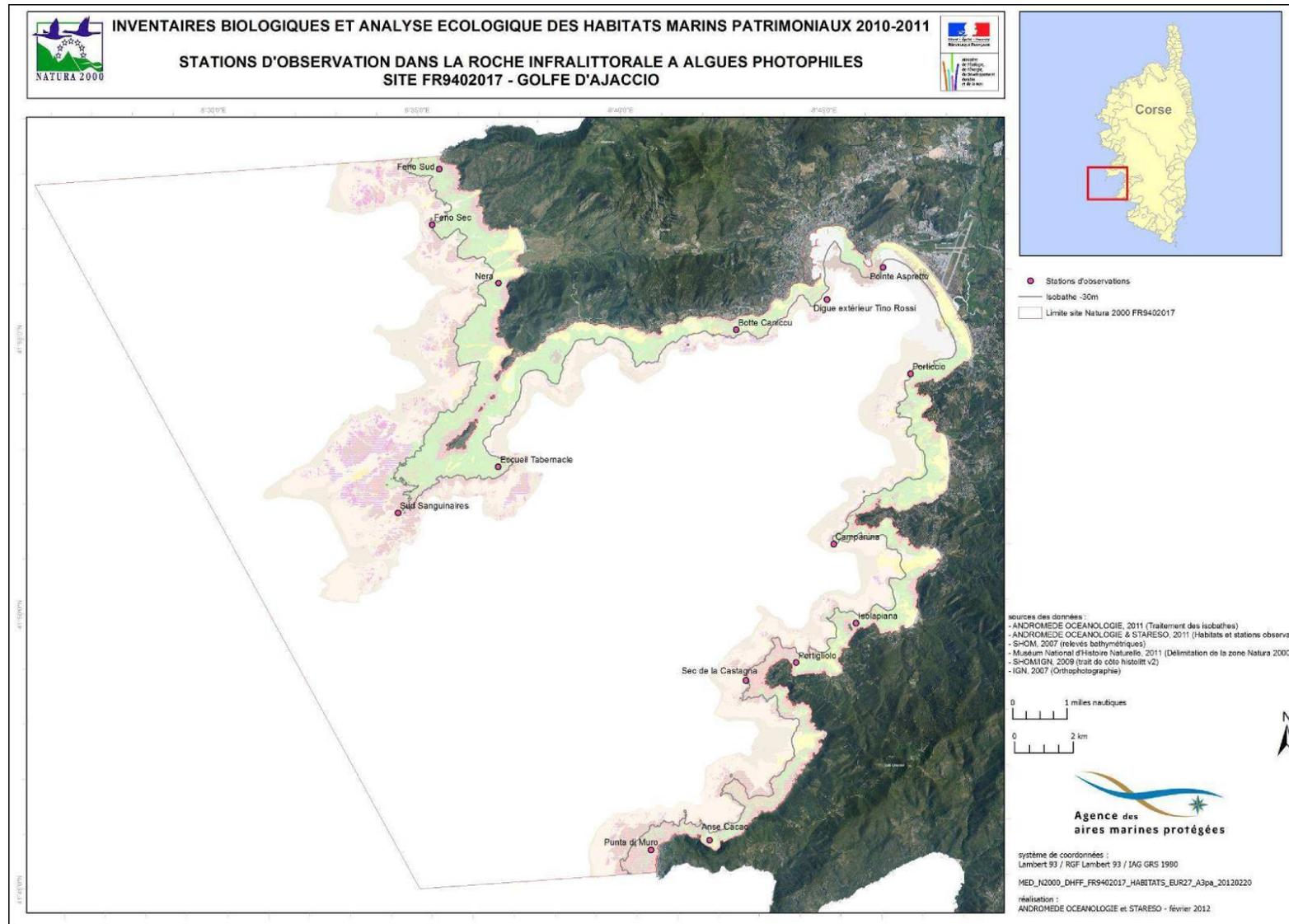
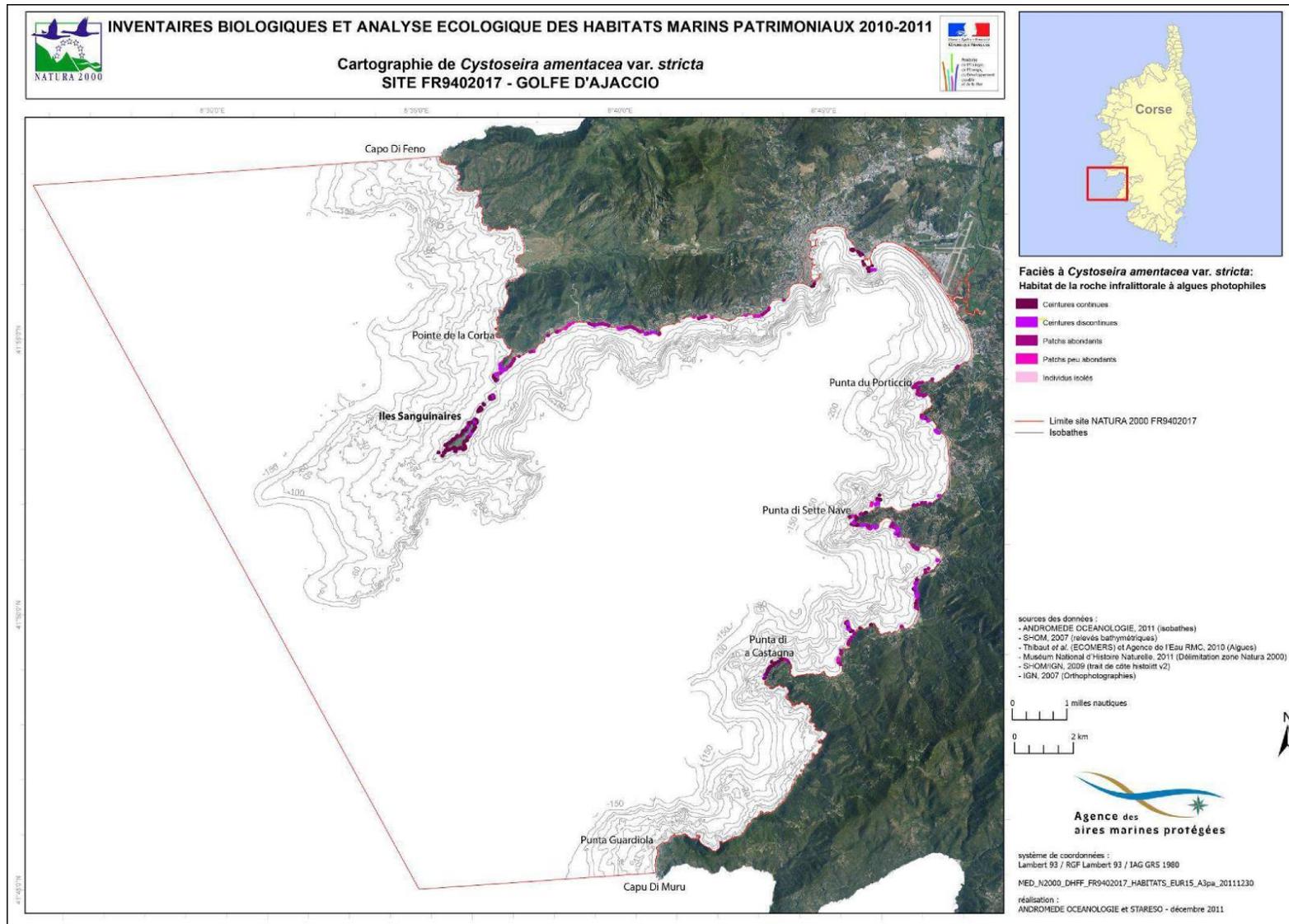


Figure 27. Stations d'observations dans la roche infralittorale à algues photophiles du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d' Ajaccio".



**Figure 28. Cartographie de *Cystoseira amentacea* var. *stricta* du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d' Ajaccio".**

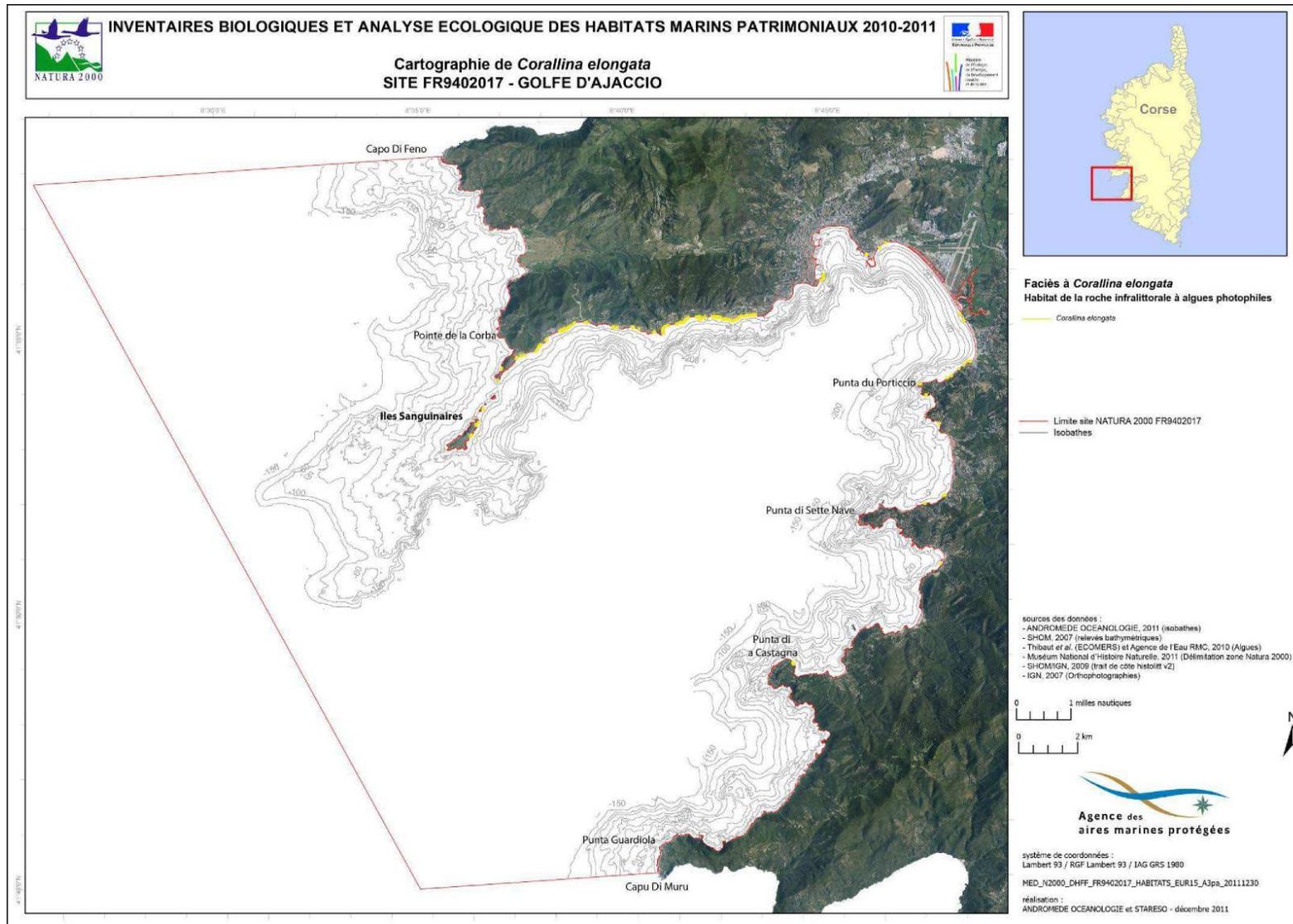


Figure 29. Cartographie de *Corallina elongata* du site Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio".

#### 5.1.2.1.2.4 Coralligène

Pour évaluer l'état écologique du coralligène, 5 stations réparties sur le site Natura 2000 ont été étudiées, les plus proches d'Aspretto étant « Tabernacle » situé au niveau de l'écueil du Tabernacle au Sud de l'île de la Grande Sanguinaire (état de conservation moyen à bon, B), et « L'Isolella » au Sud de la Punta di Sette Nave (bon état général de conservation, B). En effet, le secteur 4 (comprenant Aspretto) est la seule zone où l'habitat n'est quasiment pas présent. Il est rencontré seulement au large de la plage de Saint François et de la base navale d'Aspretto, entre 25 et 80 mètres de fond. Ainsi, l'état de conservation du coralligène sur le site Natura 2000 est excellent à bon (B) (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Certains facteurs (qualité des eaux littorales, plongée et chasse sous-marine, plaisance, pêche de loisir et pêche professionnelle, espèces invasives, pollutions) sont susceptibles d'avoir des effets sur cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

#### 5.1.2.1.2.5 Grottes marines submergées ou semi-submergées

##### **Biocénose des grottes médiolittorales**

Sur le site Natura 2000, une grotte médiolittorale a été recensée et étudiée sur l'île d'Olga (Iles des Sanguinaires) (CREOCEAN, 2011). La grotte médiolittorale des Sanguinaires a été jugée dans un état de conservation bon, soit un état de conservation de l'habitat excellent (A) d'après le Cahier des Charges pour les Inventaires Biologiques (DIREN PACA, 2007; Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Certains facteurs (fréquentation, pollutions) sont susceptibles d'avoir des effets sur cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

##### **Biocénose des grottes semi-obscur**

16 grottes semi-obscur sont présentes sur le site Natura 2000 du Golfe d'Ajaccio. L'état de conservation est jugé excellent (A) à bon (B) suivant les grottes.

Certains facteurs (plongée sous-marine, pêche de loisir et pêche professionnelle, pollutions) sont susceptibles d'avoir des effets sur cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

#### 5.1.2.1.3 Biocénoses du détritique côtier et des fonds détritiques envasés

Les biocénoses du détritique côtier et des fonds détritiques envasés ne sont pas des habitats d'intérêt communautaire. Il n'existe pas de grilles de descripteurs (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Sur le site du golfe d'Ajaccio, le détritique est observé soit en continuité avec la limite inférieure de l'herbier de Posidonie à partir d'une trentaine de mètres de profondeur, soit en limite avec le coralligène ou la roche infralittorale à algues photophiles. Vers 50 à 60 mètres de profondeur, le détritique côtier laisse place au détritique envasé (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Le détritique côtier peut présenter des faciès à *Corallinaceae* libres à rhodolithes ou "pralines" (plusieurs espèces dont *Phymatolithon calcareum*, *Lithothamnion fruticulosum*) ou à "maërl" (*Lithothamnion corallioides*), s'établissant généralement sur des sédiments fins coquilliers sans vase et sous un régime de courants de fond relativement constants et importants. Les faciès à maërl s'établissent avec des conditions de courantologie moindre que précédemment. Leur répartition bathymétrique est variable, en fonction de la transparence de l'eau. Il existe bien d'autres faciès caractéristiques du détritique côtier : faciès à grands bryozoaires, faciès à *Peyssonnelia* spp. libres, faciès à *Osmundaria volubilis* etc. L'association à rhodolithes sur le détritique côtier a été observée dans le secteur 4 notamment (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

l'état de conservation global de l'habitat est évalué comme bon (B) car malgré sa forte valeur écologique et biologique, il existe plusieurs sources de pollutions (ports, base navale, trois émissaires en mer, etc.) (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Certains facteurs (aménagements du littoral, fréquentation et usages du milieu marin, plaisance, pêche de loisir et pêche professionnelle, espèces invasives, pollutions) sont susceptibles d'avoir des effets sur cet habitat (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

### 5.1.2.2 *Espèces marines*

#### 5.1.2.2.1 *Patella ferruginea (Patelle géante)*

##### 5.1.2.2.1.1 Classification

*Patella ferruginea* (Gmelin, 1791), ou Patelle géante, est un Mollusque Gastéropode Prosobranchie de l'ordre des Archéogastéropodes et de la famille des *Patellidae*.

*P. ferruginea* est la première espèce de *Patellidae* apparue en Méditerranée, il y a 18 millions d'années (Espinosa et Osawa, 2006). Depuis l'espèce a évolué en deux différents types morphologiques décrits par Payraudeau (1826), les formes *lamarcki* et *rouxi*. Ces deux formes sont des écotypes (Espinosa et Osawa, 2006) et coexistent dans l'aire de répartition de *Patella ferruginea* (Porcheddu et Millela, 1991). La forme *lamarcki* est caractérisée par des côtes très marquées et par une coquille déprimée. Elle est repérée dans des micro-milieus abrités de zones battues. La forme *rouxi* est la plus fréquente. Elle est plus grande et présente des côtes moins profondes (Porcheddu et Millela, 1991).

### 5.1.2.2.1.2 Morphologie

*Patella ferruginea* est une des plus grosses patelles. Sa taille peut atteindre 100 mm de diamètre, mais généralement elle ne dépasse pas 80 à 90 mm. Le poids maximal est de 180 g, ou 65 g de chair sans la coquille (Templado et Guallart, 2010).

La coquille en forme de cône bas ( $H/L = 0,35$  en moyenne) présente jusqu'à une cinquantaine de côtes subégales très saillantes et non granuleuses. Son sommet est subcentral et son ouverture ovale ( $B/L = 0,73$  à  $0,87$ ). Les bords sont plus ou moins dentelés. L'intérieur est blanc nacré avec des reflets bleuâtres, le pourtour est légèrement bordé de noir (Baghdiguan *et al.*, 1987).

L'extérieur de la coquille, épaisse et solide, est de couleur rouille clair. Elle est souvent érodée et colonisée par des organismes épibiontes comme des balanes et des Macrophytes.

Le pied de l'adulte est orange jaunâtre à la base et gris foncé sur les côtés. La région céphalique est également de couleur foncée, avec deux tentacules noirâtres (Templado et Guallart, 2010). Ces tentacules sensoriels se trouvent près de la bouche ventrale qui est dotée d'une radula, organe permettant à l'animal de brouter les algues des rochers (Culioli, 2003). En soulevant sa coquille, elle respire par des branchies localisées dans le manteau qui entoure le pied (Louisy et Maitre-Allain, 2000 ; Bouchet et Von Cosel, 2009).

La coquille des juvéniles, mesurant de 5 mm (Baghdiguan *et al.*, 1987) à 20 mm (Templado et Guallart, 2010), est très caractéristique. Elle est très plate et dispose d'un petit nombre de nervures épaisses qui s'étendent sur le bord, lui donnant un aperçu d'étoile. La couleur de fond est un blanc cassé, avec d'épaisses bandes noires concentriques levant sur les côtes.

La différence de sexe n'est visible qu'au niveau des gonades, violet foncées pour les femelles et blanc-crème pour les mâles (Espinosa *et al.*, 2006a).

### 5.1.2.2.1.3 Nutrition

Les patelles géantes sont des herbivores. Elles se nourrissent de cyanobactéries et d'algues encroûtantes médiolittorales, notamment l'ectocarpacée *Ralfsia verrucosa* (Laborel-Deguen et Laborel, 1991a). *Patella ferruginea* quitte sa place en rampant sur le rocher pour brouter des algues rases qu'elle racle grâce à sa radula composée de rangées de dents symétriques (Louisy et Maitre-Allain, 2000 ; Bouchet et Von Cosel, 2009). Contrairement aux autres patelles, elle peut effectuer des déplacements relativement importants (5 m), en particulier si la mer est agitée (Baghdiguan *et al.*, 1987). Elle peut rester éloignée dix jours au maximum. A cette occasion, elle emmagasine de l'eau, lui permettant de résister à une période d'émersion. Puis elle revient à son emplacement, retrouvant son empreinte initiale (Louisy et Maitre-Allain, 2000 ; Bouchet et Von Cosel, 2009).

L'espèce est clairement diurne, ceci est sans doute une réponse au comportement nocturne de ses principaux prédateurs, les crabes (Rivera-Ingraham, 2010). *P. ferruginea* semble se nourrir lors des grandes marées et elle est complètement inactive lors des marées basses, ce qui lui permettrait d'éviter la dessiccation (Espinosa *et al.*, 2008a). Elle peut ainsi rester plusieurs jours sans aucune activité (Espinosa *et al.*, 2007a). Le taux d'activité minimum a

été enregistré en automne tandis que les valeurs maximales ont été enregistrées au printemps, une fois la période de reproduction complètement terminée.

La distance parcourue pour se nourrir varie selon la taille des individus. Elle est moins importante pour les individus de petite taille que pour ceux de grande taille. La saison et le cycle jour/nuit auraient aussi une influence (Espinosa *et al.*, 2008a).

*P. ferruginea* présenterait un système d'orientation complexe qui lui permettrait d'éviter de prendre les mêmes chemins qu'elle a utilisés précédemment afin d'optimiser, sans doute, la quantité de nourriture ingérée (Rivera-Ingraham, 2010).

#### 5.1.2.2.1.4 Reproduction

*Patella ferruginea* a longtemps été considérée comme une espèce hermaphrodite protérandrique, successivement mâle puis femelle.

Jusqu'à 2 et 3 ans, les individus sont immatures (Frenkiel, 1975). Pendant longtemps, il était envisagé que le changement de sexe avait lieu vers 40 mm (Frenkiel, 1975 ; Laborel-Deguen, 1988) mais Espinosa *et al.* (2006a) ont mis en évidence que :

- Jusqu'à une taille de 60 mm, les individus sont des mâles ;
- A partir de 60 mm, certains individus mâles deviennent femelles ;
- Au-delà de 80 mm, des individus mâles ont été observés, générant ainsi un sex-ratio de 50 / 50.

Une étude a montré que le changement de sexe est peut-être lié à la densité des gros individus. En effet, dans les populations qui présentent une faible densité de grands individus, le changement de sexe pourrait avoir lieu chez les petits individus. Cela pourrait expliquer la raison pour laquelle l'espèce n'a pas totalement disparu et pourquoi des nouvelles recrues sont retrouvées dans les populations de faible densité où aucuns gros individus ne sont présents. (Rivera-Ingraham *et al.*, 2010).

Il semblerait que le changement de sexe soit également influencé par la population en place. Une forte proportion de femelles autour d'un mâle, retarderait sa transformation sexuelle (Espinosa *et al.*, 2006a).

Néanmoins, les résultats obtenus par Guallart *et al.* (2010a) ont montré que *Patella ferruginea* peut présenter un hermaphrodisme alternatif (changement de sexe dans les deux sens). Les facteurs qui déterminent ce changement de sexe ne sont pas encore connus, ainsi que l'importance de cette sexualité dans la dynamique des populations (Templado et Guallart, 2010).

*Patella ferruginea* fraye une fois par an. La saison de reproduction est limitée à une période entre septembre et décembre (Frenkiel, 1975), en se concentrant sur les mois d'automne (Guallart *et al.*, 2010a). Cette période de reproduction est suivie par une longue période (8 mois) de repos sexuel (Frenkiel, 1975 ; Guallart *et al.*, 2010a).

La maturation des gonades a lieu chez les mâles et les femelles en septembre (Frenkiel, 1975). D'après Laborel-Deguen et Laborel (1991a), la maturation débute en août et culmine en décembre.

Les spermatozoïdes sont libérés en novembre-décembre, juste avant les ovocytes (Frenkiel, 1975). D'après Templado et Guallart (2010), le frai a lieu fin novembre, ce qui coïnciderait avec les premières fortes pluies d'automne.

La température de l'eau peut influencer sur le calendrier de maturité des gonades et de libération des gamètes. Les populations situées dans des eaux plus chaudes comme en Sardaigne, libèrent le contenu des gonades avant les individus vivant dans des eaux plus froides comme dans le détroit de Gibraltar (Rivera-Ingraham, 2010).

Les plus grands individus femelles produisent de 2,3 à 4,5 millions d'œufs. La fécondité des femelles augmente considérablement avec la taille. Le diamètre moyen des ovocytes est de 149,78  $\mu\text{m}$ , alors que les têtes des spermatozoïdes font 3,78  $\mu\text{m}$  de long. La taille des ovocytes ne semble pas être corrélée avec la longueur des individus. Par conséquent, les niveaux élevés d'énergie investis dans la reproduction par les plus gros individus vont former de nombreux œufs, mais pas de gros œufs (Espinosa *et al.*, 2006a). La fécondation de ces œufs est externe et se déroule en pleine eau, de manière aléatoire (Laborel-Deguen et Laborel, 1991a).

#### 5.1.2.2.1.5 Croissance et longévité

Une fois les œufs fécondés, ils se transforment en larves qui évoluent dans la colonne d'eau, au sein du plancton (Laborel-Deguen et Laborel, 1990a). Une récente étude, faite en laboratoire, a décrit les différentes étapes du développement larvaire, à partir de la fécondation (Guallart *et al.*, 2010b) :

- + 1-2 heures : premières divisions du zygote ;
- + 4 h : morula ;
- + 16 h : larves trochophores ;
- + 23 h : larves véligères avec une protoconque pretorsionales ;
- + 40 h : larves pédiveligères qui ont la capacité de se retirer dans leur coquille ;
- + 65 h : les larves pédiveligères rampent avec des ébauches d'antennes et des taches oculaires, alternant déplacements pélagique et benthique.

Les larves benthiques ont été observées approximativement trois jours après la fécondation, ce qui confirme que le développement larvaire chez *Patella ferruginea* est rapide. De plus, les larves auraient un faible pouvoir de dispersion naturelle (Frenkiel, 1975).

Cependant, de nombreux aspects de la vie larvaire dans le milieu naturel sont encore inconnus, comme la capacité des larves à se disperser ou leur localisation dans la colonne d'eau (Templado et Guallart, 2010).

La phase larvaire planctonique se termine lors de l'épisode de recrutement qui correspond à la fixation des larves sur le substrat. Le recrutement a lieu à la fin de l'été, début de l'automne (Laborel-Deguen et Laborel, 1991a). Une étude plus récente a montré que le recrutement pouvait avoir lieu en juin (Espinosa *et al.*, 2006a).

Les larves s'installent dans le même habitat que les adultes (Templado et Guallart, 2010) et certaines se fixent sur les coquilles des adultes (phénomène de phorésie) (Boudouresque *et al.*, 1996).

Une récente étude indique que la signalisation chimique peut jouer un rôle important dans le recrutement. Des composés tels que  $\gamma$ -amino butyrique (GABA) accélère et augmente le taux de recrutement. Ces signaux chimiques sont vraisemblablement produits par des congénères adultes (Rivera-Ingraham *et al.*, 2011b). Ils pourraient attirer les larves et produire un modèle d'agrégation naturel (Espinosa *et al.*, 2006b). De plus, la nature et l'hétérogénéité topographique du substrat affectent le recrutement (Rivera-Ingraham *et al.*, 2010).

Après la métamorphose, il est probable que l'individu passe quelques mois dans l'étage infralittoral, par exemple au niveau de la ceinture de Cystoseires (Laborel-Deguen et Laborel, 1991a).

Les larves peuvent avoir une certaine capacité à retarder la métamorphose et à rester dans la colonne d'eau jusqu'à ce qu'elles trouvent un substrat approprié pour leur fixation (Guallart *et al.*, 2010). D'autres facteurs doivent rentrer en jeu dans la métamorphose des larves mais, pour l'instant, ils restent inconnus (Templado et Guallart, 2010).

Lors de leur phase benthique, qui correspond à la grande majorité du cycle de vie de *Patella ferruginea*, la croissance de la coquille semble répondre à deux rythmes distincts (Laborel-Deguen et Laborel, 1991a), en relation avec les ressources trophiques disponibles :

- Un rythme saisonnier, qui correspond à la croissance biologique ;
- Un rythme irrégulier, qui correspond à l'adaptation de l'individu à son changement de « domicile ». Lors de cette phase qui dure en moyenne quelques jours, la patelle doit ajuster la forme de sa coquille au nouveau substrat en sécrétant les matériaux nécessaires.

Pour qu'un juvénile atteigne une taille de 20 mm, il faut 2 à 3 ans (Templado, 2001), soit une croissance d'approximativement 10 mm par an. Les adultes se développent plus lentement. Selon Laborel-Deguen et Laborel (1991a), un individu de 55 mm de longueur a grandi en 4 ans (de 1983 à 1987) de 14 mm (pour atteindre 69 mm), avec une moyenne de 4 mm par an. Espinosa (2006) indique que :

- La croissance n'est pas continue, elle présente un taux plus élevé au printemps et au début de l'été. Un taux de croissance moins élevé en automne pourrait être lié à la reproduction. En effet, les individus investissent plus d'énergie dans la reproduction que dans la croissance ;
- Une relation inverse existe entre le taux de croissance et la taille, ainsi, les individus de petites tailles ont une croissance plus élevée que les individus de grande taille.
- Une grande variabilité s'observe dans la croissance et la longévité des individus. Cela dépend des ressources trophiques et de l'hydrodynamisme. Ainsi, dans les populations où la nourriture est abondante et avec un faible hydrodynamisme, les individus grandissent plus rapidement et inversement.

*Patella ferruginea* apparait donc comme une espèce à croissance lente. Elle possède de plus, une grande espérance de vie, estimée de 10 à 12 ans maximum. Mais Espinosa (2006) a suggéré qu'elle peut vivre jusqu'à 35 ans (pour un individu de 90 mm de diamètre).

#### 5.1.2.2.1.6 Ecologie

Les individus adultes de *P. ferruginea* vivent généralement dans le niveau supérieur de l'étage médiolittoral (Peres et Picard, 1964), où se trouve une fine couverture algale et un biofilm microbien imperceptible de diatomées, de cyanobactéries, et d'autres algues sur lequel *P. ferruginea* semblent se nourrir (Templado et Guallart, 2010).

*Patella ferruginea* se trouve donc presque toujours au dessus du niveau de la mer, hors de l'eau où elle peut résister longtemps à l'émersion, supportant des fortes amplitudes de température et de salinité. (Louisy et Maitre-Allain, 2000 ; Bouchet et Von Cosel, 2009). Elle montre une légère préférence pour les zones exposées aux vagues (Templado et Guallart, 2010) et pour les substrats horizontaux (Moreno et Arroyo, 2008).

Elle est fixée sur des substrats variés (calcaire, schiste, etc.) (Baghdiguian *et al.*, 1987), avec une préférence pour les roches granitiques (Doneddu et Manunza, 1992). Des populations de patelles se retrouvent sur les substrats artificiels (Baghdiguian *et al.*, 1987 ; Guerra-Garcia *et al.*, 2004).

Elle est solidement fixée au support grâce à son pied (Louisy et Maitre-Allain, 2000 ; Bouchet et Von Cosel, 2009). Espèce sédentaire, elle occupe toujours la même place sur la roche (comportement de « homing ») où elle laisse une empreinte comme un halo d'algues calcaires qui grandit entre le pied et le bord de la coquille (Templado et Guallart, 2010).

Elle se trouve principalement en dessous des chitamales (*Chtamalus sp.*) et au dessus des Rhodophycées *Rissoella verruculosa* et *Lithophyllum tortuosom* et du gastéropode *Dendropoma patreaum* (Laborel-Deguen, 1986 ; Templado et Guallart, 2010).

Il n'existe pas de concurrence intraspécifique au niveau de l'espace (Espinosa *et al.*, 2006b).

Elle partage souvent son biotope (habitat et alimentation) avec *Patella caerulea*, une petite patelle endémique de Méditerranée.

Une récente étude a montré qu'il existe une compétition interspécifique entre ces deux patelles et que *P. caerulea* semble prendre le dessus sur *P. ferruginea*. L'augmentation de la densité de *P. caerulea* provoque sur les populations de *P. ferruginea*, une augmentation de la mortalité et une diminution du taux de croissance et de la masse corporelle. Alors que l'augmentation de la densité de *P. ferruginea* n'a pas d'impacts sur *P. caerulea*. Cette absence d'influence est probablement due aux différences morphologiques et à la mobilité radulaire entre les deux espèces. En effet, *P. caerulea* a une capacité de mouvement supérieure, lui permettant d'accroître le déplacement pour se nourrir (Espinosa *et al.*, 2006b).

#### 5.1.2.2.1.7 Statuts de protection

*Patella ferruginea* est actuellement considérée comme l'invertébré marin le plus menacé des rivages rocheux de Méditerranée occidentale (Ramos, 1998), avec un risque d'extinction (Laborel-Deguen et Laborel, 1991b ; Templado et Moreno, 1997). *Patella ferruginea* est une espèce protégée par différentes réglementations (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

**Tableau X. Liste des statuts de protection de *Patella ferruginea*.**

Niveau de protection	Date	Nom	Référence
International	1976	Convention de Barcelone	Annexe 2, relative aux « espèces en danger ou menacées »
	1979	Convention de Berne	Annexe 2, relative aux « espèces de faune strictement protégées »
	1995	Protocole de Barcelone	Annexe 2, relative aux « espèces en danger ou menacées »
Européen	1992	Directive Habitat Faune-Flore n°92/43/CEE	Annexe 4, relative aux « espèces animales et végétales d'intérêt communautaire qui nécessitent une protection stricte »
National	2004	Arrêté interministériel	Liste des Invertébrés protégés : interdiction de pêche, transport et vente

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

*Patella ferruginea* est une espèce endémique de Méditerranée. Un grand nombre de coquilles a été trouvé dans les sites préhistoriques de Méditerranée occidentale, où la patelle géante était alors abondante. Il y a 3 millions d'années, elle était présente à l'Est de Gibraltar et dans les Alpes maritimes. Des coquilles ont été découvertes dans des restes de repas d'humains, datés entre 70 000 et 35 000 ans avant J-C. Elle se retrouve dans les fouilles du pré-néolithique (9 000 à 7 000 avant J-C) à Bonifacio (France). En France continentale, en Sardaigne, en Sicile et en Espagne, des restes de coquilles ont également été mis au jour dans des gisements du paléolithique et du néolithique. Elle a disparu des côtes françaises de Provence et de Côte d'Azur au début du XX<sup>ème</sup> siècle (Culioli, 2003). Actuellement, son aire de répartition est restreinte à quelques secteurs de Méditerranée (Cretella *et al.*, 1994).

D'après les multiples études scientifiques et de suivi de l'espèce, il est possible de lister de nombreux secteurs de Méditerranée où l'espèce est présente.

Sur les côtes méditerranéennes, *Patella ferruginea* est ainsi présente sur les côtes de l'Afrique du Nord, entre le détroit de Gibraltar et la Tunisie. Sur les territoires côtiers espagnols, d'importantes populations sont présentes :

- A Melilla avec une densité moyenne comprise entre 5 et 12 individus par mètre linéaire (Gonzales Garcia *et al.*, 2006) ;
- A Ceuta avec une densité de 0,67 ind/m (Guerra-Garcia *et al.*, 2004). Entre 2006 et 2010, un recensement exhaustif a été effectué (Rivera-Ingraham *et al.*, 2011a). 33,96% de la côte de Ceuta a été inspectée et plus de 15 000 individus ont été recensés. Les auteurs ont déduits que la côte de Ceuta pouvait accueillir potentiellement 44 000 individus. Au niveau de la répartition des populations à Ceuta, la densité moyenne des individus adultes (> 25 mm) est de 4,90 ± 7,46 ind./m. au sud de la baie, de 1,44 ± 1,64 ind./m. au Nord de la baie, et de 1,45 ± 2,02 ind./m. à l'intérieur du port commercial ;

- Sur les îles Chafarinas (Templado et Guallart, 2010) ;
- Des populations probablement fertiles ont été recensées sur l'île d'Alboran avec une densité de 0,06 ind/m (Paracuellos *et al.*, 2003).

En Algérie, un nombre important de Patelles géantes a été recensé sur les îles d'Habibas et Plane avec une densité de 4,8 et 22 ind/m respectivement. Ce sont deux hot spots de Méditerranée (Espinosa, 2009). Des individus ont aussi été observés sur l'île de Rachgoun (Frenkiel, 1975).

Dans le Rif central du Maroc, des populations de *P. ferruginea* ont été observées. La plus importante se situe dans la zone côtière de Jebha avec une densité de 3 individus au mètre linéaire. Cette population se reproduit car de nombreux juvéniles y ont été recensés (Ben Haj *et al.*, 2009). Une population de grande taille a été recensée dans le Parc National d'Al Hoceima, et en particulier sur l'îlot de Cala Iris où une densité de 0,23 ind./m. a été observée (Bazairi *et al.*, 2004).

En Tunisie, des Patelles géantes se retrouvent dans le Parc National de Zembra et de Zembretta (Anonyme, 2006b), à Korbous (golfe du Tunis) avec une densité de 4,5 individus au mètre linéaire de côte rocheuse (ind./mlc) et au Cap Bon où des densités de 3,4 et 2,5 ind./mlc ont été observées dans deux stations, El Haouaria et Kelibia respectivement (Fguiri *et al.*, 2007).

Sur les côtes méditerranéennes d'Europe, en Italie, il existe des populations de Patelles géantes dans différentes régions :

- En Sardaigne : dans la commune de Sassari (Cretella *et al.*, 1994), sur l'île de l'Asinara (Casu *et al.*, 2004), sur l'île de Mal di Ventre (Casu *et al.*, 2005), sur les îles du Parc national de l'Archipel de la Magdalena (Cristo, 2005), etc. ;
- En Toscane : dans les eaux du promontoire de Piombino (Biagi et Poli, 1986) ;
- Dans le détroit de Sicile : sur l'île de Pantelleria (Templado et Guallart, 2010).

Sur les côtes espagnoles, dans le cadre de la « Stratégie nationale de conservation des espèces », un recensement de l'espèce a été effectué en 2010 sur les côtes du Sud du pays, en Andalousie. Des populations de *P. ferruginea* ont été recensées du Parc Naturel du Détroit au Parc Naturel de Cabo de Gata. La population a été estimée à 1 800 individus avec une densité moyenne de 0,048 ind./m. Cette étude a montré qu'il existe une augmentation du nombre d'individus mais que la population est trop faible pour garantir la survie de l'espèce (Arroyo *et al.*, 2011).

En France, il reste quelques rares individus sur les îles du Parc National de Port-Cros, mais les populations présentent un effectif insuffisant pour le maintien de l'espèce (Anonyme, 2008).

Au niveau régional, en Corse, grâce aux mesures de protection et au suivi scientifique réalisé dans les réserves naturelles depuis 1992, l'espèce y est toujours présente (Culioli, 2011). Elle se retrouve ainsi :

- Au Cap Corse (Culioli, 2003) : un recensement de 1997 entre Centuri et Macinaggio a montré la présence de 1 267 patelles sur 12 020 mètres de côtes rocheuses, soit une densité de 0,105 individus par mètre linéaire ;
- Dans la Zone de Protection Spéciale « Colonie de goélands d'Audouin Larus audouinii d'Aspretto/Ajaccio » : la population d'Aspretto est suivie depuis 1997 sur un tronçon témoin (individus de 20 mm de diamètre ou plus) (Travichon, 2006) :

- Gudicelli (1999) a dénombré 1831 individus sur un linéaire de 2 560 m, soit une densité de 0,71 individus / m. Il a également dénombré 135 individus sur le tronçon témoin constitué de 41 tétrapodes marqués ;
- Carry et Recorbet (2001) ont dénombré 171 individus sur la zone témoin ;
- Jacquemin (2003) a dénombré 236 individus sur la même zone ;
- Dorado (2005) a dénombré 304 individus ;
- Recorbet et al. (2008) ont dénombré 295 individus,
- Recorbet et Dorado (2010) ont dénombré 211 individus.
- Dans le site Natura 2000 « Iles Sanguinaires – La Parata – Golfe de Lava » (FR 9400595) : La Parata abrite une belle population très étudiée. Tous les deux ou trois ans, la DREAL effectue un recensement des individus et procède au marquage des plus gros spécimens (Natali et Travichon, 2005) ;

*Patella ferruginea* a également été inventoriée au sein des Réserves Naturelles suivantes :

- Dans la Réserve Naturelle de Scandola (Verlaque et al., 1999) ;
- Dans la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio (site MedPAN) : en 2001, une étude a été réalisée sur l'Archipel des Lavezzi et a recensé une population de 1 360 individus sur les 7 secteurs étudiés de l'île et de 1 134 sur les îlots périphériques. Ces effectifs sont supérieurs à ceux relevés en 1999 (Pascal, 2002). Le nombre de patelles est 4,7 fois plus élevé en 2000 aux îles Lavezzi qu'en 1992 (Culioli, 2011).

*Patella ferruginea* a également été inventoriée sur des sites ZNIEFF du littoral. En France, il existe ainsi 9 ZNIEFF où peut rencontrer *P. ferruginea*. Ces 9 sites se trouvent en Corse, ce qui fait de cette région française, un lieu essentiel pour la conservation de cette espèce (INPN, 2012) :

- ZNIEFF 940013117 - Capo di Feno, chênaie et maquis de Saleccia (Recorbet, 2006) ;
- ZNIEFF 940004136 - Chênaie verte et calanches de Piana (Recorbet *et al.*, 2007) ;
- ZNIEFF 940030580 - Digue d'Aspretto : voir ZPS « Colonie de goélands d'Audouin *Larus audouinii* d'Aspretto/Ajaccio » ci-dessus ;
- ZNIEFF 940013116 - Ile de Piana à coti Chiavari, 33 individus ont été dénombrés sur un linéaire de 1 700 m (Giudicelli *et al.*, 1999). En 2003, Jacquemin a dénombré 95 individus sur un linéaire de 1700 m (0,05 ind / m linéaire). Dorado (2005) a dénombré 530 individus sur ce site (linéaire non précisé) ;
- ZNIEFF 940031081 - Lariola/Coti-Chiavari (BIOTOPE/FLORE 2B, 2008) ;
- ZNIEFF 940013118 - Punta d'Orchinu, Golfe de Topiti, Arone (Recorbet, 2006) ;
- ZNIEFF 940013112 - Punta di Campomoru - Capu di Senetosa (Loques et Obolensky, 1992) ;
- ZNIEFF 940030326 - Punta Pelusella, Paraggiola, Scapentana-Tranpitatoju (Recorbet, 1994-2006, Obs. pers.) ;
- ZNIEFF 940030288 - Punta d'Omigna, Punta di Cargese, plages de Peru et de Chiuni (Recorbet *et al.*, 2007) ;

Enfin, *P. ferruginea* est présente sur des sites non protégés, sur des substrats artificialisés :

- Au port du commerce de Bastia : en 2007, un recensement a été réalisé au

niveau de la jetée et 700 individus (de taille supérieure à 20 mm) ont été dénombrés, ce qui représente une densité de l'ordre de 0,2 ind./m. (Vela et Leoni, 2007). En 2008, un recensement a été fait au Sud du port, la densité moyenne était de 0,08 ind./m. de linéaire et la densité maximale observée était d'environ 0,8 ind./m. de linéaire (Chery *et al.*, 2008). Suite à la tempête de novembre 2008, cette densité était de 0,04 ind./m. de linéaire de côte. Mais la présence importante d'individus juvéniles ou juste matures (individus mâles) a tout de même été encore observée, illustrant, a priori, la présence d'un site de recrutement (Chery *et al.*, 2009) ;

- Au port Tino Rossi (Ajaccio), zone non protégée et uniquement constituée de tétrapodes, une densité de 0,4 individus / mètre linéaire (162 individus sur un linéaire de 375 m) a été observée par (Giudicelli *et al.*, 1999). Par ailleurs d'après la DREAL Corse (comm. pers.), un suivi est effectué sur 35 tétrapodes. Les résultats sont les suivants (individus de 20 mm de diamètre ou plus) :
  - 48 individus sur 35 tétrapodes (Giudicelli *et al.*, 1999) ;
  - 57 individus sur 35 tétrapodes (Carry et Recorbet, 2001) ;
  - 82 individus sur 35 tétrapodes (Jacquemin, 2003) ;
  - 84 individus sur 35 tétrapodes (Dorado, 2005) ;
  - 98 individus sur 35 tétrapodes (Recorbet *et al.*, 2008) ;
  - 31 individus sur la parcelle (Dorado et Recorbet, 2010). Les auteurs pensent qu'il s'agit d'une cueillette récente) ;
- Au niveau de la Pointe de la Parata (site naturel), un suivi a également été effectué sur un linéaire témoin de 2 700 m (individus de 20 mm de diamètre ou plus) :
  - Giudicelli (1999) a dénombré 118 individus ;
  - Jacquemin (2003) a dénombré 662 individus ;
  - Dorado (2005) a dénombré 1386 individus sur un linéaire plus important ;
  - Dorado et Recorbet (2009) ont dénombré 602 individus sur le même linéaire que 1999 et 2003 ;
  - Dorado et Recorbet (2010) ont dénombré 878 individus sur le même linéaire, soit une densité de 0,3 individus / m.

Au niveau du site de la Carbonite, *Patella ferruginea* a été observée lors des prospections le long de la frange mésolittorale par Chery *et al.* (2011).

Au niveau du site d'Aspretto, un travail a débuté en 1998, puis a été normalisé et complété en 1999 par la mise en place de 4 zones témoin de suivi (base d'Aspretto, port Tino Rossi, Parata, Isula Piana). Aspretto est un site artificiel en mode battu avec des tétrapodes, protégé et interdit au public. En 2005, la taille moyenne (ind $\geq$ 10mm) était de 53 mm (N= 336) (Reborbet et Dorado, 2012).

#### 5.1.2.2.1.9 Pressions d'origine naturelle

Les activités humaines ne sont pas les seules causes de la raréfaction de *Patella ferruginea*.

Certaines caractéristiques de sa biologie rendent la Patelle géante vulnérable :

- L'espèce a une croissance lente, les jeunes individus n'atteignent pas la

maturité sexuelle avant leur deuxième ou troisième année (Guerra-Garcia et al., 2004) ;

- Son faible taux de reproduction (Guerra-Garcia et al., 2004) ;
- Sa période de reproduction est courte (Frenkiel, 1975) ;
- Le faible pouvoir de dispersion des larves (Frenkiel, 1975).

La robustesse de la coquille et la force d'adhérence des pieds permettent de protéger l'espèce de nombreux prédateurs, en particulier à l'âge adulte. Toutefois, les juvéniles et les petits individus peuvent être consommés par des prédateurs présents sur le médiolittoral ou l'infralittoral supérieur tels que le crabe *Eriphia verrucosa* et le gastéropode *Stramonita haemastoma*, qui est capable de percer la coquille même celle des adultes jusqu'à une taille de 60 mm. Les goélands sont aussi des prédateurs naturels de *Patella ferruginea* (Culioli, 2003).

#### 5.1.2.2.1.10 Pressions d'origine anthropique

*Patella ferruginea* est devenue très rare. La principale cause de régression des populations est la prédation par l'homme (Laborel-Deguen et Laborel, 1991a ; Laborel-Deguen et Laborel, 1991b). En effet, elle a toujours été recherchée pour sa chair. Ce comportement date du paléolithique. Du fait de son habitat et de sa taille remarquable, la Patelle géante est particulièrement visible et accessible lorsque la mer est calme. Elle est également récupérée pour être utilisée comme appât pour la pêche mais aussi pour servir d'objet de décoration (Laborel-Deguen et Laborel, 1991a). Cette exploitation humaine peut diminuer le taux de reproduction des populations (Espinosa et al., 2009).

Les impacts du ramassage sont en plus accentués par les caractères biologiques de l'espèce :

- L'espèce est hermaphrodite protérandrique : lorsqu'elle est capturée par l'homme, les individus les plus gros, les femelles, sont sélectionnés, provoquant un déséquilibre du sex-ratio ;
- Le phénomène de phorésie des jeunes individus fait qu'ils sont ramassés en même temps que les adultes ;

D'autres activités humaines nuisent à la survie de l'espèce, telles que la réduction de leurs habitats naturels suite, par exemple, à la construction d'un port ou d'un ouvrage sur le littoral.

Lors de l'extension ou d'un aménagement d'un port, le déplacement et l'enlèvement des blocs rocheux peuvent provoquer la mort de la majorité des individus et la modification des contraintes environnementales telles que des évolutions des taux d'immersion/émersion, des peuplements algaux ou/et des phénomènes de prédatons (Chery et al., 2008).

Mais, ces constructions peuvent aussi avoir un impact positif sur les populations de Patelles géantes. En effet, il existe des populations, de plus ou moins grande taille, sur les jetées en roche artificielle ou naturelle (Vela et Leoni, 2007), les terres pleins (Chery et al., 2008), les zones portuaires ou les brise-lames (substrat calcaire) (Guerra-Garcia et al., 2004).

Lors de la création d'une infrastructure côtière, il faut tenir compte de la rugosité du substrat utilisé. En effet, une récente étude (Rivera-Ingraham et al., 2011a) a indiqué que la rugosité a une influence sur l'abondance et la structure de la population. Les populations se trouvant

sur des substrats de haute hétérogénéité topographique montrent des taux de recrutement élevé et un faible pourcentage de grands individus, tandis que les surfaces à moyenne ou à faible rugosité présentent le schéma inverse. Les auteurs suggèrent d'utiliser les roches dolomitiques avec des surfaces de rugosité moyenne plutôt que des cubes de béton. Cela permettrait de bons taux de recrutement, en plus de la présence d'individus de grande taille.

Les rejets d'eaux usées ont également un impact sur l'espèce. Vela et Leoni (2007) ont observé une diminution des effectifs de Patelles géantes dont la cause pourrait être la présence d'un émissaire urbain qui affecterait la qualité de l'eau. En effet, une étude a montré que *P. ferruginea* est l'espèce de patelles la plus sensible aux apports d'eaux usées (usage non industriel). Cette même étude indique que la Patelle géante, au niveau de ses exigences écologiques, apprécie une forte oxygénation des eaux, une faible teneur en ammonium et en phosphate et une faible turbidité (Espinosa *et al.*, 2007b).

#### 5.1.2.2 *Tursiops truncatus* (Grand dauphin)

*Tursiops truncatus* (Grand dauphin) est un mammifère, cétacé (odontocète), delphinidé. Cette espèce est protégée par différentes réglementations.

- Au niveau international :
  - Protocole SPAW : Annexe 2
  - Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS - Convention de Bonn) : Annexe II
  - Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Convention de Berne) : Annexe II
  - Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS - Convention de Bonn) : Accord ASCOBANS [1994]
  - Protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée (Convention de Barcelone) : Annexe II
  - Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS - Convention de Bonn) : Accord ACCOBAMS [2001]
- Au niveau communautaire :
  - Application de la Convention CITES (Convention de Washington) au sein de l'Union européenne : Annexe A
  - Directive 92/43/CEE (Directive européenne dite Directive Habitats-Faune-Flore) : Annexe IV
  - Directive 92/43/CEE (Directive européenne dite Directive Habitats-Faune-Flore) : Annexe II
- Au niveau national :
  - Liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département : Article 1er
  - Liste des mammifères marins protégés sur le territoire national et les modalités de leur protection : Article 2 (MNHN, 2016).

Cette espèce fait l'objet d'une réflexion globale au titre du sanctuaire Pelagos pour les mammifères marins en Méditerranée auquel le site Natura 2000 appartient.

#### 5.1.2.2.1 Présentation

Le Grand Dauphin est un cétacé à dents (odontocètes).

Il est classé parmi les cétacés de petite taille. Sa longueur totale est de 0,9 m à la naissance et varie de 2,3 à 3,5 m chez les individus adultes, avec une taille maximale de 4,0 m. Son poids peut dépasser les 300 kg (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Sa coloration est sombre et relativement uniforme. Les flancs sont gris moyen, alors que le ventre est plus clair (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Le front bombé (melon) est distinct; il est prolongé par un rostre (bec) court et robuste, marqué à son extrémité par la proéminence de la mâchoire inférieure (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Des dents toutes identiques, de taille moyenne, coniques, mais peu pointues sont présentes sur les deux mâchoires. Leur nombre est de 20 à 26 sur chaque demi-mâchoire (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

La nageoire dorsale est légèrement plus large que haute. Son bord d'attaque est convexe, alors que son bord de fuite est concave, lui donnant une silhouette falciforme. La présence d'encoches le long des bords de la dorsale ainsi que des différences de coloration dues à des cicatrices de morsures sociales constituent des marquages naturels qui sont à la base de la photo-identification individuelle (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Il n'existe pas de dimorphisme sexuel pertinent. Le seul moyen de sexer un individu est d'observer le périnée (zone située entre les fentes génitale et anale). Ce dernier est très court chez les femelles et la fente génitale est de plus encadrée de fentes mammaires. Ce sont généralement les femelles qui accompagnent les petits (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

#### 5.1.2.2.2 Caractères biologiques

Les caractéristiques biologiques sont encore méconnues chez de nombreuses populations. Elles semblent présenter de grandes variations interpopulationnelles, mais des schémas généraux sont toutefois discernés (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

##### **Reproduction**

L'âge à la maturité sexuelle est variable et est de l'ordre de 7 à 10 ans. La période de reproduction coïncide avec la période de parturition puisque la gestation est estimée à un an. La période des naissances est située en octobre sur les côtes atlantiques bretonnes alors qu'en Méditerranée (Adriatique) elles ont lieu en été, coïncidant avec la température des eaux la plus élevée (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Les femelles sont unipares et se reproduisent tous les deux ou trois ans. Le lien étroit existant entre le nouveau-né et sa mère témoigne de la grande socialisation de cette espèce de mammifère. Ce lien présente, en effet, une grande stabilité et une durée de trois à quatre ans pour un allaitement d'un an et demi. Les mères et les jeunes avec d'autres adultes forment en outre des groupes qui facilitent l'apprentissage des jeunes et permettent aux

mères de s'alimenter sans leur petit (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

La longévité est d'environ 30 ans.

### **Activité**

Le Grand Dauphin est une espèce qui vit en groupe. Excepté les liens étroits qui unissent la mère à son jeune, les autres relations interindividuelles montrent une grande flexibilité et la taille ainsi que la structure sociale d'un groupe peuvent présenter de grandes variations saisonnières et annuelles. La taille des groupes est variable. Elle a été mesurée entre 1 et 28 individus (moyenne 5,9) dans une grande baie de la côte Nord orientale de l'Écosse. Dans le Nord de l'Adriatique, les groupes composés uniquement d'adultes sont les plus petits alors que les groupes ayant des nouveau-nés ont une plus grande taille. Des rassemblements d'une centaine d'individus parfois observés en Méditerranée pourraient résulter de la réunion de plusieurs groupes (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

À la différence de l'activité nocturne qui est peu étudiée, l'activité diurne des Grands Dauphins en communauté est relativement bien connue, notamment en milieu côtier. Cette activité est principalement sous-marine, caractérisée par des longues plongées de durée supérieure à 30 secondes, pouvant totaliser près de 80% du budget temps d'un individu. A partir des courts séjours en surface, les activités d'une journée peuvent être détaillées (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Quatre principales classes d'activités sont observées, dont les budgets temporels fluctuent en fonction des saisons. La recherche de nourriture est la principale, représentant pour les Grands Dauphins de l'archipel de Molène en Bretagne 33% de leur temps. Cette activité montre une grande flexibilité comportementale. Le repos constitue ensuite un comportement fréquemment observé pouvant prendre différentes formes telles que la nage lente et l'immobilité totale. Le déplacement est aussi une activité très importante. Enfin, les interactions sociales ou avec des bateaux constituent des comportements réguliers caractérisés par des sauts spectaculaires au-dessus de la surface (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Les territoires de vie des Grands Dauphins en milieux côtiers, tels qu'ils sont définis à partir d'observations diurnes, sont assez restreints. Les groupes y résident tout le long de l'année. Ce territoire est estimé par exemple respectivement à 6,5 et 70,5 km<sup>2</sup> pour l'île de Sein et l'archipel de Molène. Les groupes côtiers, tels ceux des côtes atlantiques semblent donc assez isolés. En Méditerranée française, le déplacement d'un individu entre la Corse et le continent a été observé dernièrement (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

En plus des Grands Dauphins qui vivent en communauté, il convient de distinguer ceux qui, « solitaires et familiers », développent une sociabilité très forte envers les humains dans des régions côtières pendant un certain nombre d'années de leur vie, dénommés aussi « dauphins ambassadeurs ». Chez ces dauphins « solitaires et familiers », les interactions interspécifiques (bateaux, nageurs et chiens) peuvent parfois représenter la plus importante classe d'activités diurnes (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Le groupe de Grands dauphins d'Ajaccio est constitué de trois individus sédentaires et indissociables environ neuf mois sur douze d'après Corsica Mare Osservazione. A ce groupe unique, de nouveaux membres viennent régulièrement se greffer le temps d'une ou deux saisons. Certains d'entre eux réapparaissent toutefois plusieurs années d'affilées pour des

périodes plus ou moins longues mais, apparemment, aucun nouveau groupe ne se crée avec ces nouveaux arrivants. Corsica Mare Osservazione n'a jamais constaté que deux groupes distincts se soient partagés la zone du golfe d'Ajaccio. Il arrive occasionnellement que quelques individus se séparent du groupe principal le temps d'une ou deux journées et le réintègrent ensuite (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

### Régime alimentaire

Cette espèce prédatrice montre une grande capacité d'adaptation aux fluctuations du type et de la quantité des proies et son spectre alimentaire est particulièrement large (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

L'analyse du contenu stomacal de six individus trouvés échoués sur les côtes italiennes de la mer Ligure a montré que la part des poissons constituait 86% du poids des proies, le reste étant des calmars (14%) et un crustacé pélagique. Les poissons capturés étaient principalement représentés par des espèces nectobenthiques et benthiques de l'infralittoral, telles que des sparidés, congridés, sciaenidés, serranidés et des espèces nectobenthiques plus profondes, Merlu (*Merluccius merluccius*) et Merlan bleu (*Micromesistius poutassou*). Chez les individus vivant plus au large le spectre alimentaire est décalé vers des espèces plus pélagiques telles que les calmars et les poissons de la famille des clupeidés et scombridés (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Le Grand Dauphin n'hésite pas à tirer profit des activités halieutiques afin de satisfaire ses besoins alimentaires. Il est courant, par exemple, de voir cette espèce suivre les chalutiers, notamment en fin de coup de chalut, ou bien consommer les poissons rejetés par les pêcheries (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

La consommation quotidienne de poissons peut représenter 3 à 7% du poids de son corps soit une ration journalière de l'ordre de plus d'une dizaine de kilos (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

#### 5.1.2.2.3 Caractères écologiques

Le Grand Dauphin vit dans différents habitats ce qui témoigne de nouveau de sa grande plasticité comportementale et écologique. Des populations sont strictement côtières alors que d'autres sont plutôt océaniques (au-delà du plateau continental) (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Les groupes côtiers de l'Atlantique Nord orientale vivent toute l'année dans des territoires dont la profondeur n'excède généralement pas 20 m (baies, estuaires, etc.), l'exemple le plus remarquable étant le groupe résident du Bassin d'Arcachon. Des observations de Grands Dauphins sont toutefois réalisées loin des côtes, au-dessus du plateau continental, ainsi que dans le domaine océanique, sans savoir si ces individus sont inféodés au large, comme pour d'autres régions du monde. En Méditerranée française, les groupes de Grand Dauphin occupent des zones marines beaucoup plus ouvertes incluant des eaux côtières et océaniques et sont donc aussi bien observés dans une baie fermée présentant des activités humaines (cas par exemple des dauphins « solitaires et familiers »), le long d'une plage ou

bien au large (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

#### 5.1.2.2.2.4 Répartition géographique

Le Grand Dauphin fréquente toutes les eaux tropicales et tempérées de la planète. En Atlantique Nord orientale, il se distribue depuis l'Islande jusqu'aux îles du Cap-Vert, ainsi que dans la Mer du Nord, la Manche, la Méditerranée et la Mer Noire (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Le long des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique, des groupes côtiers ont été identifiés dans cinq sites, le Sud de la Manche (de Saint-Brieuc au Cotentin) (Côtes d'Armor, Ille-et-Vilaine, Manche), les îles d'Iroise (Finistère), le Golfe du Morbihan et l'estuaire de la Vilaine (Morbihan), le Pertuis charentais (Charente-Maritime) et le Bassin d'Arcachon (Gironde) (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

En Méditerranée française continentale, aucun groupe n'est actuellement résident, mais des observations d'individus sont régulièrement réalisées autour des îles d'Hyères (Var) et de l'Archipel de Riou (Bouches-du-Rhône) ainsi que le long de la Côte Vermeille (Pyrénées-Orientales). En Corse, des communautés sont observées tout autour de l'île, mais leur structuration en groupe et leur niveau de fréquentation ne sont pas connus (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Le grand dauphin est observé sur le Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio". De plus, il semblerait que cette espèce soit rencontrée pratiquement à chaque sortie plongée, en différents endroits du secteur des îles Sanguinaires, en banc de deux trois individus ou en individus isolés (Ganteaume *et al.*, 2004). Corsica Mare Osservazione étudie les dauphins du Golfe d'Ajaccio depuis des années, notamment à travers une étude comportementale des grands dauphins du golfe entre 2004 et 2009 résultat de nombreuses heures d'observation avec les techniciens des fermes aquacoles de la Parata sur différents sites. Ils ont établi une carte des zones de nourrissage préférentielles des grands dauphins et des axes de transhumances. Les principales zones de nourrissage des grands dauphins se situent au niveau des fermes aquacoles, de la presqu'île de Porticcio, jusqu'à 5 miles nautiques de la Grande Sanguinaire et la limite de la baie d'Ajaccio (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

Quatre dauphins « solitaires et familiaux » sont apparus ces dernières années en France. Un en Bretagne appelé « Jean-Louis » et trois en Méditerranée : « Fanny » dans les Bouches-du-Rhône, « Marine » dans les Bouches-du-Rhône ainsi que le Var et « Dolphy » dans les Pyrénées-Orientales (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Le groupe résident du Bassin d'Arcachon fréquente la réserve naturelle du Banc d'Arguin (Gironde). En Méditerranée, des individus sont régulièrement observés au niveau des réserves naturelles de Scandola et des îles Lavezzi (Corse) (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

#### 5.1.2.2.2.5 Évolution et état des populations

À l'échelle mondiale, le Grand Dauphin n'est pas une espèce en danger, mais localement de nombreuses populations sont menacées d'extinction (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Les confusions interspécifiques des anciens documents ne permettent pas de démontrer que ce dauphin était plus abondant auparavant le long des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique. Toutefois, compte tenu de certaines données iconographiques anciennes présentant la destruction intentionnelles de petits cétacés (dont de Grands Dauphins), considérés comme des animaux « nuisibles », l'hypothèse d'une réduction des populations reste la plus probable.

En Bretagne, le groupe de l'île de Sein a été estimé à 14 et le groupe de l'île de Molène est composé d'une trentaine d'individus. Le groupe de Grand Dauphin du Bassin d'Arcachon est maintenant constitué de 4 individus (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

En Méditerranée, le Grand Dauphin était considéré comme commun au début du siècle, puis s'est particulièrement raréfié au cours des années 50, en France comme dans d'autres pays du bassin Nord occidental. Depuis une dizaine d'années, une augmentation des observations de Grands Dauphins, accompagnés parfois de jeunes, est notée. En Corse, 10 groupes, dont la taille variait de 3 à 30 individus, ont été observés lors d'un recensement non exhaustif (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Sur le Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio", la population semble dans une dynamique stable. L'espèce semble être dans un bon état de conservation (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

#### 5.1.2.2.2.6 Menaces potentielles

Étant donné son mode de vie très côtier et sa grande plasticité comportementale en relation notamment avec son alimentation, le Grand Dauphin entre en interactions avec de très nombreuses activités humaines (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

La première activité concernée est la pêche. Comme les proies du Grand Dauphin sont des espèces de poissons recherchées aussi par les pêcheurs, notamment par les petits métiers, et que ce cétacé n'hésite pas à s'alimenter directement dans les filets calés (trémails ou maillants) ou bien dans les chaluts, cette espèce est considérée par les pêcheurs comme un concurrent. Cela se traduit par des destructions volontaires de cette espèce par tirs au fusil, harponnage ou mutilation. En France cette mortalité intentionnelle semble révolue, bien que des destructions volontaires puissent toujours avoir lieu ponctuellement en Corse, mais persiste encore dans de nombreux pays méditerranéens. Les populations de Grand Dauphin subissent aussi de nombreuses captures accidentelles par différentes pêcheries. Les engins responsables sont les chaluts pélagiques et benthiques, les filets trémails et maillants calés, les filets dérivants et les palangres flottantes. Ces captures entraînent des mortalités directes par noyades ou traumatismes et des mortalités différées qui concernent les individus capturés vivants, mais relâchés en état d'affaiblissement physiologique ou présentant des blessures occasionnées par la capture (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Les zones côtières servent d'épandage aux effluents pollués d'origine industrielle, urbaine et agricole qui véhiculent de nombreux micropolluants, tels que les organochlorés et métaux lourds. Ces toxiques ont une propension à la bioaccumulation particulièrement chez les prédateurs situés en bout de chaîne alimentaire que sont les Grands Dauphins. En 1988, un petit trouvé mort sur la côte du pays de Galle présentait des concentrations d'organochlorés jamais observées auparavant chez les cétacés. En Corse, l'étude d'une femelle échouée a révélé une très forte présence de mercure dans son foie. Ces contaminations diminuent les résistances immunitaires, perturbent la physiologie de la reproduction et présentent parfois des effets létaux (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

La socialisation au sein des groupes et des populations côtières est probablement perturbée par l'urbanisation du littoral et l'augmentation des activités nautiques qui peuvent entraîner des ruptures de liens interindividuels (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Ces impacts d'origine anthropique ont eu probablement pour effet la fragmentation de l'aire de répartition du Grand Dauphin en populations plus isolées. Les probabilités d'extinction de telles populations sont sous la dépendance de deux types de facteurs, des facteurs démographiques, qui sont liés à la variabilité individuelle et environnementale, et des facteurs génétiques en relation avec des phénomènes de consanguinité et de réduction de la diversité génétique (Bensettiti et Gaudillat, 2004 ; MNHN, 2016).

Sur le Natura 2000 FR 9402017 "Golfe d'Ajaccio", la valeur patrimoniale du Grand Dauphin (*Tursiops truncatus* – 1349) est jugée forte et les risques semblent moyens. L'enjeu de conservation pour cette espèce est moyen à fort (Andromède Océanologie et STARESO, 2012).

---

## **5.2 CARACTERISTIQUE ET ETAT DE CONSERVATION DES DEUX ESPECES PROTEGEES CONCERNEES PAR LA DEMANDE**

La présente partie permet d'apprécier les caractéristiques biologiques et écologiques de chaque espèce ou groupe d'espèces concerné par le projet. Leur statut de protection réglementaire est également abordé. L'état de conservation actuel des espèces est présenté au niveau international, national (France), régional (Corse) et si possible local (région bastiaise). Une description des différentes menaces identifiées (naturelle ou d'origine anthropique) sont présentées.

### **5.2.1 Description détaillée de *Posidonia oceanica* (Posidonie)**

#### **5.2.1.1 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. ostenfeldii*, *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.

### 5.2.1.2 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 matre). 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 matre.

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

### 5.2.1.3 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.

#### 5.2.1.4 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 (Thélin 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 est 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'émersion du récif-frangeant, la Posidonie disparaît progressivement. Il se forme alors un lagon séparé de la mer par le front d'émersion de *P. oceanica*. Ce front d'émersion 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.

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).

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 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).
- 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.
- Les intermattes structurelles sont de petites étendues de « matte morte » (0,2 à 0,5 m<sup>2</sup>) 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, est 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.

« 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 matre 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).

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).

« 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).

« 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.

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).

### 5.2.1.5 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/m<sup>2</sup>/an pour les gaines basales (écailles) ;
- 167 à 530 gMS/m<sup>2</sup>/an pour les limbes ;
- 20 à 42 gMS/m<sup>2</sup>/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/m<sup>2</sup>/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/m<sup>2</sup>/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/m<sup>2</sup> pour les feuilles ;
- 470 gMS/m<sup>2</sup> pour les épiphytes des feuilles ;
- 50 gMS/m<sup>2</sup> pour les épiphytes des rhizomes ;
- 5 500 gMS/m<sup>2</sup> pour les rhizomes, les écailles et les racines.

La matre contient donc la plus grande biomasse végétale, susceptible de se conserver plusieurs siècles ou millénaires. La matre 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/m<sup>2</sup> (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 (hydriales, bryozoaires) ou fixés sur la matre, comme le Polychète *Sabella spallanzanii*, le Lamelibranche *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 Direac'h 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).

### 5.2.1.6 Statuts de protection

*Posidonia oceanica* est une espèce protégée par différentes réglementations (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

**Tableau XI. 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 <u>7 juillet 1999</u> 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

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, 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.).

#### **5.2.1.7 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 km<sup>2</sup> de surface maritime (Pasqualini *et al.*, 1998b) et constituent le principal peuplement climacique.

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'Égypte (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, en Corse, *Posidonia oceanica* est une espèce particulièrement bien représentée sur tout le pourtour de l'île, dans les fonds entre 0 et -40 m en moyenne (Pasqualini, 1997). Sur la côte orientale de l'île, et précisément entre Bastia et Solenzara, l'herbier est le plus étendu et recouvrirait environ 22 036 ha (Pasqualini *et al.*, 1998).

#### 5.2.1.8 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 est 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.

#### 5.2.1.9 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<sup>ème</sup> 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, Gènes, Trieste, Gabès, etc. (Pérès 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<sup>ème</sup> siècle (Bianchi et Peirano, 1995 ; Peirano et Bianchi, 1995 *in* Boudouresque *et al.*, 2006).

A Gènes (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<sup>ème</sup> 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 évènements 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.

#### 5.2.1.9.1 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).

#### 5.2.1.9.2 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).

#### 5.2.1.9.3 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.

#### 5.2.1.9.4 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).

#### 5.2.1.9.5 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.

#### 5.2.1.9.6 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).

#### 5.2.1.9.7 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.

#### 5.2.1.9.8 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.

#### 5.2.1.9.9 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 *Womersleyella* *CETacea* 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 ; Gélina *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).

#### 5.2.1.9.10 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 est la cause directe de la régression de l'herbier (Ruiz-Fernández, 2000).

#### 5.2.1.9.11 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).

## 5.2.2 Description détaillée de *Pinna nobilis* (Grande nacre)

### 5.2.2.1 Classification

*Pinna nobilis* est un mollusque bivalve Ptériomorphe. 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).

### 5.2.2.2 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. Czihak 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 n'est pas courbée sur la face ventrale, est plus fine, pale et d'une largeur maximale d'environ 30 cm. De récentes observations indiquent que les types de morphologies sont plus diverses. Garcia-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 (Garcia-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 (Garcia-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).

### 5.2.2.3 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).

### 5.2.2.4 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.

### 5.2.2.5 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.

#### 5.2.2.6 *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).

#### 5.2.2.7 *Dynamique des populations*

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 m<sup>2</sup> pourrait être considérée comme une densité normale, au delà de 5 individus / 100 m<sup>2</sup> la densité est élevée, et au delà de 10 individus / 100 m<sup>2</sup> comme très élevée. Si, au contraire, l'étendue considérée est plus petite (petite baie, lagon côtier, etc.), 5 individus / 100 m<sup>2</sup> est considérée comme une faible densité, 10 individus / 100 m<sup>2</sup> comme élevée, et au dessus de ce chiffre comme très élevée. Ces populations aux densités de plusieurs individus au mètre carré sont 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 m<sup>2</sup>) (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).

### 5.2.2.8 Statuts de protection

*Pinna nobilis* est une espèce protégée par différentes réglementations (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

**Tableau XII. 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

### 5.2.2.9 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 conglomerats biodétritiques solides, des racines et des rhizomes de Posidonie (García-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 m<sup>2</sup>, 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 m<sup>2</sup> sont interrompues par des populations dispersées ayant de hautes densités (jusqu'à 16 individus/100m<sup>2</sup>).

En Tunisie, une concentration de 30 individus/100 m<sup>2</sup> 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/100m<sup>2</sup> 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/m<sup>2</sup> 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/100m<sup>2</sup>. Une fourchette de densité allant de 2 à 20 individus/100 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> à Javea (Alicante) et allant de 1 à 12 individus/100 m<sup>2</sup> à Moraira (Alicante). Des pics de concentration de 10 individus/m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> a été comptée, avec un pic de 16 individus/100 m<sup>2</sup> à El Carallot (García-March et Kersting, 2006). Dans les Iles Chafarinas, Guallart (2000) a rapporté une densité moyenne de 3,2 individus/100 m<sup>2</sup>.

En Sardaigne, 530 individus de *Pinna nobilis* ont été comptés et mesurés sur une surface de 4 500 m<sup>2</sup> (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 naces pour 100 m<sup>2</sup>. Cette densité n'était que d'une nacre pour 100 m<sup>2</sup> 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 naces (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 naces pour 100 m<sup>2</sup> (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 naces 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 m<sup>2</sup>) (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 naces 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 naces. Ces deux rapports définissent des zones cibles de recensement des grandes naces dans le périmètre de la RNMCB (Cazes et Gazeilles, 1997). En 2009, l'inventaire des grandes naces a été réalisé par la RNMCB sur le secteur de Peyrefite. L'échantillonnage est réalisé par 3 transects linéaires de 200 m<sup>2</sup> (100 m de long sur 2 m de large), et a permis le dénombrement de 45 naces 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 naces 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 m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> (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 m<sup>2</sup>. 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).

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 m<sup>2</sup>) (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).

Bien que les publications concernant cette espèce en région Corse soient rares, elles permettent de constater que *Pinna nobilis* est une espèce abondante autour de l'île. Ainsi, à Scandola, une densité moyenne de 1 individu/100 m<sup>2</sup> a été citée (Combelles *et al.*, 1986). Au niveau de l'étang de Diana, la densité de *Pinna nobilis* varie entre 0 et 6 individus par m<sup>2</sup>, en fonction des sites et de la profondeur (De Gauléjac *et al.*, 2005). Mais plus globalement au niveau de la Corse, Boudouresque (2012), considère que la densité moyenne est de *Pinna nobilis* est de 1 individu / 100 m<sup>2</sup>. Au niveau du site de la Carbonite, *Pinna nobilis* a été observée dans l'ensemble de la zone par CREOCEAN (2006). En 2011, Chery *et al.* réalisent un repérage de *Pinna nobilis* par transect en plongée. Ils mettent ainsi en évidence une densité moyenne de 0,51 individus / 100 m<sup>2</sup> entre 0 et 10 m et de 0,38 individus / 100 m<sup>2</sup> entre 10 et 20 m de profondeur.

*Pinna nobilis* est également bien représentée en milieu lagunaire, notamment dans l'étang de Salses-Leucate où elle peut localement constituer des populations denses (Dalias et Fabre, 2011 ; Dalias et Fabre, 2012 ; Dalias et Fabre, 2013).

*Pinna nobilis* est également capable de se développer, voire même de constituer des populations relativement importantes au sein de bassins portuaires :

- *Pinna nobilis* était présente dans les bassins du grand port maritime de Marseille (Recueil des Actes Administratifs, 2009) ;
- En 2010, un suivi des grandes nacres du port de Banyuls-sur-Mer a révélé une densité moyenne de 0,1 individu/100 m<sup>2</sup> (Preuvost, 2010) ;
- Dans le port de Port-Leucate (France), les densités de *Pinna nobilis* peuvent localement dépasser 2 individus/100 m<sup>2</sup>. Dans ces bassins portuaires, le substrat très envasé, la turbidité importante, l'absence d'herbiers et même de Macrophytes ne semblent pas entraver le bon état de conservation de la population recensée (Dalias *et al.*, 2011) ;
- Dans le port de Port-La-Nouvelle, les études de terrain réalisées en juin 2013 ont mis en évidence la présence de 15 individus de *Pinna nobilis* vivant dans la zone de l'avant-port (Artelia, 2013) ;
- Dans le port de Port-Vendres, une population de 57 *Pinna nobilis* a été inventoriée, avec la présence de certains individus sur du substrat vaseux et une forte densité d'individus juvéniles (environ 88 % de la population) (Dalias *et al.*, 2014) ;
- 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 et un fort courant (Dalias *et al.*, 2013a ; Dalias *et al.*, 2013b ; Grillon et Moulin, 2014).

#### 5.2.2.10 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).

### 5.2.2.11 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'Illa 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 est 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).

### 5.3 APPRECIATION DES PRESSIONS RESULTANT DES AMENAGEMENTS RECENTS

Aucun aménagement récent n'est identifié.

## 6 IMPACTS RESIDUELS DU PROJET POUR CHACUNE DES ESPECES PROTEGEES FAISANT L'OBJET DE LA DEMANDE

La mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction d'impact, permettront d'atténuer significativement les impacts du projet sur la faune et la flore. Cependant, des impacts résiduels persistent.

En effet, bien que la production et la dispersion de MES est significativement réduite, elle n'est pas totalement supprimée. La dispersion de MES, même faible, au niveau des herbiers de posidonies et des grandes nacres, motivent une demande de dérogation pour :

- Destruction de posidonie
- Destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier de grandes nacres

Au regard des impacts résiduels, la mise en œuvre de mesures de compensation et d'accompagnement est nécessaire.

## 7 MESURES COMPENSATOIRES, FAISABILITE ET NATURE DES MESURES POUR CHACUNE DES ESPECES PROTEGEES FAISANT L'OBJET DE LA DEMANDE

<i>Création ou extension d'une aire marine protégée</i>	
<b>Impact traité</b>	Destruction de posidonie ; destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier de grandes nacres
<b>Type de mesure</b>	Mesure de compensation
<b>Objectif</b>	Augmenter les surfaces de protection d'herbiers de posidonies.
<b>Description de la mesure</b>	La mesure consiste, en collaboration avec les services compétents, à créer ou étendre une aire marine protégée.
<b>Difficultés pressenties</b>	Déterminer le périmètre de la zone à mettre en protection (conflits d'usages)
<b>Indicateurs de suivi</b>	Périmètre de la zone à mettre en protection. Arrêté de création ou d'extension

Création ou extension d'une aire marine protégée		
<b>Résultats attendus</b>	Une augmentation des surfaces de protection d'herbiers de posidonies	
<b>Opérateur pressenti</b>	Etat	
<b>Partenaire pressentis</b>	DREAL de Corse, Agence des aires marines protégées Office de l'environnement de la Corse	
<b>Moyens nécessaires</b>	<b>Humains</b>	Sans objet.
	<b>Matériels</b>	Sans objet.
	<b>Coûts estimatifs (HT)</b>	Sans objet.

## 8 SYNTHÈSE SUR LES MESURES

Cf. Tableau XIII. Synthèse des mesures et de leur coût.

**Tableau XIII. Synthèse des mesures et de leur coût**

Type de mesure	Mesure	Espèce ciblée	Coût (HT)
<i>Mesure d'évitement et de réduction</i>	Eviter les taches d'herbiers de <i>Posidonia oceanica</i>	<i>Posidonia oceanica</i>	Sans objet
	Limiter la production et dispersion de MES	<i>Posidonia oceanica</i> et <i>Pinna nobilis</i>	30 000 €
	Réalisation des travaux en dehors de la période de nidification soit du 1er septembre au 15 mars	Goéland d'Audouin	Sans objet
<i>Mesure de compensation</i>	Création ou extension d'une aire marine protégée	<i>Posidonia oceanica</i> et <i>Pinna nobilis</i>	Sans objet
<i>Mesures de suivi</i>	Suivi environnemental du chantier	Toute la faune et la flore terrestre et marine	3 000 €

## 9 CONCLUSION

Dans le but de prendre en compte la biodiversité du site, la séquence Eviter-Réduire-Compenser suivante a été définie :

<i>Séquence ERC</i>	<i>Mesure</i>
<i>Eviter</i>	Eviter les taches d'herbiers de Posidonia oceanica  Réalisation des travaux en dehors de la période de nidification soit du 1er septembre au 15 mars
<i>Réduire</i>	Limiter la production et dispersion de MES
<i>Compenser</i>	Création ou extension d'une aire marine protégée

## 10 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.

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.

ANDROMEDE OCEANOLOGIE, STARESO, 2012. Inventaires biologiques et analyse écologique des habitats marins patrimoniaux du site Natura 2000 « Golfe d'Ajaccio » FR 9402017. Contrat ANDROMEDE OCEANOLOGIE et STARESO / AGENCE DES AIRES MARINES PROTEGEES. 424p.

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. eds. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1 : 63 - 72.

Arroyo M. C., Moreno D., Barrajón A., de la Linde A., Remón J. M., de la Rosa J., Fernández Casado M., Gómez G., Ruiz Giráldez F., Vivas M., Fernández E., 2011. Trabajos de seguimiento de la lapa ferruginosa *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 en Andalucía en el marco de la Estrategia Nacional de Conservación de la especie. *Mediterránea*, Serie de Estudios Biológicos, Época II, n. especial : 46 p.

Astier J.M., 1984. Impact des aménagements littoraux de la rade de Toulon, liés aux techniques d'endigage, sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. eds. *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. eds. *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.

Bazairi H., Salvati E., Benhissoune S., Tunesi L., Rais C., Agnesi S., Benhamza A., Franzosini C., Limam A., Mo G., Molinari A., Nachite D., Sadki I., 2004. Considerations on a population of the endangered marine mollusc *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Gastropoda, Patellidae) in the Cala Iris islet (National Park of Al Hoceima - Morocco, Alboran sea). *Bollettino Malacologico*, 40(9-12) : 95-100.

Beaufort F. et al., 1987.- Livre rouge des espèces menacées en France : tome 2, espèces marines et littorales menacées. Éd. Secrétariat de la faune et de la flore, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, F., 356 p.

Bell J.D., Harmelin-Vivien M.L., 1983. Fish fauna of french mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. Feeding habits. *Téthys* 11, 14 p.

Bellan-Santini, D., Lacaze, J.C., Poizat C., 1994. Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, Synthèse, Menaces et Perspectives. Muséum National Histoire Naturelle édit., Secrétariat Faune Flore Publ. : 246 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.

Ben D. Van der, 1971. *Les épiphytes des feuilles de Posidonia oceanica Delile sur les côtes françaises de la Méditerranée*. Mém. Inst. roy. Sci. nat. Belgique, 168: 101 p.

Bensettiti, F. Gaudillat, V. 2004. Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 7. Espèces animales. La Documentation française. 353 pp.

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.

Biagi V., Poli D., 1986. Remarks on the presence of *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 in the waters of the Promontory of Piombino. *Bollettino Malacologico* 22 (5-8) : 171 - 174.

Bianchi C.N., Peirano A., 1995a. Atlante delle Fanerogame marine della Liguria. *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*. Centro Ricerche Ambiente Marino, ENEA publ., La Spezia, 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. eds. *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., Burolet 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.

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., Diveta

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 publ. : 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., 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. medit.*, 7(2): 328 - 331.
- Boudouresque C.F., Crouzet A., Pergent G., 1983. Un nouvel outil au service de l'étude des herbiers à *Posidonia oceanica* : la lépidochronologie. *Rapp. P.V. Réun. 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 <sup>14</sup>C 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. eds. *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. Réun. 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., Lefèvre 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 intercalé 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. édité., Elsevier publ., Amsterdam: 177-216.
- 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. eds. *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., Ciralo G., La Loggia G., Mazzola A., Tomasello A., Vizzini S. 2003. Stagnone Di Marsala, Sicily – Italy. Università di Palermo, Italy. : 2 p.
- Calvo S., Frada'Orestano C., Abbadessa P., 1993. The suitability of a topographical instrument for an integrated approach to the cartography of *Posidonia oceanica* meadows. *Oceanologica acta*, 16(3) : 273 - 278.
- Calvo S., Frada'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. eds. *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.

- Cancemi G., Villedieu S., De Falco G., Pergent G., 1998. Evaluation de la vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* et caractérisation des conditions du milieu dans des sites présentant différents niveaux d'anthropisation. Rapport Office de l'Environnement de la Corse/Université de Corse, Eq.E.L. édit.: 40 p + ann.
- 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, Pteroida and Limoida. In: JG Carter (Ed.), *Skeletal Biomineralization: Patterns, Processes and Evolutionary Trends. Volume I.* Van Nostrand Reinhold. New York. pp. 321-346.
- Casu M., Casu D., Tiziana L., Cossu Piero, Paliaga Bruno, Massaro Giorgio, Manca Anna Lucia, Castelli Alberto, Curini-Galletti Marco, 2005. Differenziamento genetico tra popolazioni del mollusco *Patella ferruginea* (Gastropoda: Patellidae) provenienti da due AMP della Sardegna rilevato mediante marcatori ISS. XV Congresso della Società Italiana di Ecologia, Torino : 4 p.
- Casu M., Casu D., Tiziana L., Palac D., Gazale V., Zanello A.I., Castelli A., Galletti M. C., 2004. Studio preliminare sulla struttura genetica di *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Mollusca, Gastropoda), nell'Area Marina Protetta (AMP) dell'Isola dell'Asinara mediante ISSR. XIV Congresso della Società Italiana di Ecologia, Siena : 4 p.
- Catsiki VA, Catsileri 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. eds. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 193 - 201.
- Caye G., Meinesz A., 1986. Experimental study of seed germination in the seagrass *Cymodocea nodosa*. *Aquatic Botany*, 26 : 75 - 87.
- 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.
- 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.
- 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.

Chéry A., Lejeune P., 2009. Réalisation d'un diagnostic des habitats et des espèces de la Directive Habitat sur des secteurs géographiques identifiés au sud de la Corse. Contrat AAMP/Stareso.

Chéry A., Lejeune P., Pelaprat C., 2010. Constitution des listes régionales des habitats et des espèces déterminants sur le milieu marin corse. Contrat DREAL Corse/Stareso.

Chéry A., Pelaprat C., Lejeune P., 2008. Port de commerce de Bastia - Extension du terre plein Nord et construction du quai sud - Recensement des effectifs de *Patella ferruginea*. Stareso/CTC : 29 p. + Ann.

Chéry A., Pelaprat C., Lejeune P., 2009 – Port de commerce de Bastia – Quai sud – Réactualisation du recensement des Patelles géantes après la tempête du 28 novembre 2008 - Stareso/CTC : 10 p.

Chéry A., Pelaprat C., Lejeune P., 2011. Réalisation d'un relevé hydrographique et étude du milieu – Front De mer De Bastia. Commanditaire : Collectivité Territoriale de Corse ; Contrat IxSurvey/Stareso.

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.

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.

Creese R. G., 1982. Distribution and abundance of the acmaeid limpet, *Patelloida latistrigata*, and its interaction with barnacles. *Oecologia*, 52: 85–96.

CREOCEAN. 2010. Recensement des grottes submergées ou semi-submergées sur le littoral de Corse – Rapport final. Contrat DREAL de Corse/ CREOCEAN. 95p.

CREOCEAN. 2011. Inspection des grottes submergées et semi-submergées sur le littoral Corse et propositions de mesures de gestion – Option 1&2 : Rapport final. Contrat DREAL de Corse/ CREOCEAN. 87p.

CREOCEAN, 2006. Extension du port de Bastia Etudes Environnementales. CREOCEAN / Collectivité territoriale de Corse Direction générale des services techniques Direction des ports et des aéroports Service des ports et aéroports de Haute Corse. Rapport définitif. Dossier 1060014. 45 p.

Cretella, M., Scillitani, G., Toscano, F., Turella, P., Picariello, O., Cataudo, A., 1994. Relationships between *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 and the other Tyrrhenian species of *Patella* (Gastropoda: Patellidae). *Journal of Molluscan Studies* 60 : 9-17.

Cristo, B., 2005. Observations on the limpet *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Mollusca, Gastropoda) in the National Park of the Archipelago of La Maddalena: islet of Spargiotto. *Biologia marina mediterranea* 12 (1) pt. 2 : 389 - 390.

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.

Culioli J.-M., 2003. De la Giraglia à Pertusato, la patelle géante. *Pointe du Cap Corse n°2* : 8-13.

Culioli J.-M., 2011. Analyse Stratégique Régionale de la Corse - Enjeux et propositions de création d'aires marines protégées - Document de travail - Version du 16 novembre 2011. République française / CTC / Agence des Aires

Marines Protégées / OEC : 96 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., Fabre E., 2015. Port de Sète - Réparation générale du quai François Maillol et de son pan coupé. Dossier de demande de dérogation d'atteinte aux espèces protégées au titre des articles L411-1 et 2 du Code de l'environnement. Conseil Régional Languedoc-Roussillon & SEANEO. SEANEO publ. Fr. : 132 pages.

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.

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., Foulquié M., Fabre E., Scourzic T., 2013a. 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., 2013b. 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.

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.

De Gaulejac B., Roux M., Poizat C., Vicente N., 2005. Cadre

sédimentaire et méiofaunal de *Pinna nobilis* Linné, 1758 de l'étang de Diana, Corse, France. Sedimentary and meiofauna environment of *Pinna nobilis* Linné, 1758 in the Diana Lagoon, Corsica, France. Institut océanographique Paul Ricard, Marseille, Fr. 15 (1-2) : 51 - 61.

De Vaugelas J., Meinesz A., Bonnin A., Chiaverini D., Cottalorda J.M., 1995. Etude de faisabilité du Parc Marin International des Bouches de Bonifacio. Cartographie des fonds marins des criques les plus fréquentées par la plaisance (Corse-du-Sud). LEML-UNSA édit.: 41p.

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.

Dhermain F., Baril et Ripoll T., 2003. Suivi hivernal et recensement estival des Grands Dauphins en Corse; rapport du GECM pour la DIREN et l'OEC. 75 p.

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.

DIREN PACA. 2007. Cahier des Charges pour les Inventaires Biologiques (CCIB). 89p.

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.

Doneddu M., Manunza B., 1992. Valutazione dell'impatto antropico relativo alla balneazione estiva su una popolazione di *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 del litorale di Aglientu. *Bollettino Malacologico*, 28 : 161 – 168.

Dorado V., 2004. Etude préalable à la réintroduction d'une espèce protégée de gastéropode : la Patelle géante. Mémoire Maîtrise Biologie des populations et des Ecosystèmes, Université Aix-Marseille 3 : 15 p + Ann. In :

- Vela A., Leoni V., 2007. Etude des espèces de l'étage médiolittoral sur la jetée du port de commerce de Bastia – Recensement des effectifs de *Patella ferruginea*. Contrat Sintinelle/CTC : 18 p. + Ann.
- 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.
- Drew E.A., Jupp B.P., 1976. Some aspects of the growth of *Posidonia oceanica* in Malta. in : Drew E.A., Lythgoe, Woods edits. Underwater Research. Academic Press Publ., London : 357-367.
- 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.
- 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.
- Espinosa F., 2006. Caracterización biológica del molusco protegido *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Gastropoda: Patellidae): Bases para su gestión y conservación. Ph. D. Thesis, Univ. of Sevilla : 312 p + Ann.
- Espinosa F., 2008. Populational status of the endangered mollusc *Patella ferruginea* (Gastropoda : Patellidae) in Algerian island. In : D'îles en îles... Bulletin d'information de l'Initiative pour les Petites Îles de la Méditerranée : PIM. 7 : 5.
- Espinosa F., 2009. Populational status of the endangered mollusc *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Gastropoda, Patellidae) on Algerian islands (SW Mediterranean). *Animal Biodiversity and Conservation*, 32(1) : 19 – 28.
- Espinosa F., Gonzalez A. R., Maestre M. J., Fa D., Guerra-García J. M., García-Gomez J. C., 2007a. Preliminary observations on activity rhythms and foraging behaviour in the endangered limpet *Patella ferruginea*. *Acta Zoologica Sinica* 53(1): 179 - 183.
- Espinosa F., González A. R., Maestre M. J., Fa D., Guerra-García J. M., García-Gómez J. C., 2008b. Responses of the endangered limpet *Patella ferruginea* to reintroduction under different environmental conditions: survival, growth rates and life-history. *Italian Journal of Zoology* 75(4) : 371 - 384.
- Espinosa F., Guerra-García J. M. and García-Gómez J. C., 2007b. Sewage pollution and extinction risk: an endangered limpet as a bioindicator?. *Biodiversity and Conservation* 16(2) : 377-397.
- Espinosa F., Guerra-García J. M., Fa D., García-Gomez J. C., 2006b. Effects of competition on an endangered limpet *Patella ferruginea* (Gastropoda: Patellidae): Implications for conservation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 330 : 482 – 492.
- Espinosa F., Guerra-García J. M., Fa D., García-Gómez J. C., 2006a. Aspects of reproduction and their implications for the conservation of the endangered limpet, *Patella ferruginea*. *Invertebrate, Reproduction and Development.*, 49: 85–92.
- Espinosa F., Osawa T., 2006. Population genetics of the endangered limpet *Patella ferruginea* (Gastropoda: Patellidae) : taxonomic, conservation and evolutionary considerations. *Journal compilation* 44 : 8 - 16.
- Espinosa F., Rivera-Ingraham G. A., Garcia-Gomez J. C., 2008a. Seasonal activity and foraging behaviour of the endangered limpet *Patella ferruginea*. *Ethology Ecology & Evolution*, 20: 173 - 181.
- Espinosa F., Rivera-Ingraham G.A., García-Gómez J.C., 2009. Effect of human pressure on population size structures of the endangered ferruginean limpet: towards future management measures. *J Coast Res* 25: 857 - 863.
- Fabens AJ, 1965. Properties and fitting of the Von Bertalanffy growth curve. *Growth* 29:265-289.
- Falconetti.C., 1980. Bionomie benthique des fonds situés à la limite du plateau continental du banc du Magaud (Ile d'Hyères) et de la région de Calvi (Corse). p.5-6.
- Fergusson R.L., Thayer G.W., Rice T.R., 1980. Marine primary producers. In: *Functional adaptations of marine organisms*. Academic Press publ.: 9-69.
- Fguiri H., Tlig-Zouari S., Rabaoui L., Ben Hassine O. K., 2007. Statut de *Patella ferruginea* (mollusque: gastéropode) sur le littoral Nord et est de la Tunisie. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 38 : 475 p.
- 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.
- Foulquie 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.
- Frances J, Delort E., Lejeune P., Pelaprat C., Chéry A., Donnay A., Plaza S., Volpon A., Dedeken M., Jouseaume

- M., Robert A., 2011. Front de Mer Bastia – Réalisation d'un relevé hydrographique et étude du milieu – Livre II Etude du milieu. Marché iXSurvey-Stareso / Collectivité territoriale de Corse. 146 p.
- Frances J, Delort E., Lejeune P., Pelaprat C., Chéry A., Donnay A., Plaza S., Volpon A., Dedeken M., Jouseaume M., Robert A., 2011. Front de Mer Bastia – Réalisation d'un relevé hydrographique et étude du milieu – Livre II Etude du milieu. Marché iXSurvey-Stareso / Collectivité territoriale de Corse. 146 p.
- Francour P., 2000. Evolution spatio-temporelle à long terme des peuplements de poissons des herbiers à *Posidonia oceanica* de la réserve naturelle de Scandola (Corse, Méditerranée Nord-Occidentale). *Cybium* 24 : 85 - 95.
- 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.
- Frenkiel L., 1975. Contribution à l'étude des cycles de reproduction des Patellidae en Algérie. *Pubbl. Staz. Zool. Nap.* 39 : 153 - 189.
- 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.
- Ganteaume A., Bonhomme P., Ruitton S., Verlaque M., Boudouresque C.F. 2004. Etat des lieux et potentialité du milieu marin autour des îles Sanguinaires (Corse du Sud). Contrat GIS Posidonie et Association des Amis du Parc de Corse. GIS Posidonie publ. 60p.
- 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.*

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., 1977c. Recensement des floraisons de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile en Méditerranée. Rapp. P.V. Réunion. *Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 24(4): 126 - 130.

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.

Giudicelli S., Recorbet B., Frisoni G.-F., 1999. Inventaire de la Population d'Arapèdes géantes (*Patella ferruginea*) de la base marine d'Aspretto et ses abords à Ajaccio (Corse du Sud). Travaux scientifiques du Parc naturel régional et des réserves naturelles de Corse, n° 59 : 91 - 119.

Gobert S., 2002. Variations spatiale et temporelle de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Baie de la Revellata, Calvi, Corse. Th. Doct. Univ. Liège. Be. 207 p.

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.

González García J. A., Bueno del Campo I., García Peña H., Bazairi H., 2006. Las poblaciones de *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Mollusca, Gastropoda, Patellidae) en los acantilados de Melilla y Tres Forcas. In : XIV Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina, Barcelona : 134 - 135.

Gosselin M., Bouqueneau J.M., Lefèbre 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., Bernard G., Bonhomme P., Palluy F., 1997. Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille). Deuxième phase. Suivi 1997. Ville de Marseille & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ., Fr.: 46 p.

Gravez V., Gélén 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.

Guallart J., Calvo M., Cabezas P., 2010a. Hermafroditismo en la lapa ferruginosa (*Patella ferruginea*) (Mollusca, Patellidae), especie catalogada "en peligro de extinción". In : XVI Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina, Alicante (España) : 150 p.

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.

Guerra-García J. M., Corzo J., Espinosa F., García-Gómez J. C., 2004. Assessing habitat use of the endangered marine mollusc *Patella ferruginea* (Gastropoda, Patellidae) in northern Africa: preliminary results and implications for conservation. *Biological Conservation*, 116 : 319 - 326.

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

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. eds. 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.

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.

Jacquemart J., Demoulin V., 2006. Inventaire des macroalgues épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans la baie de la Revellata (Calvi, Corse). *Leuzeugonia Nouvelle série*, N°181 : 71 p.

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. eds. *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., Bayle J.T., Ramos Espla A.A., Sanchez Lizaso J.L., 1997. Ictiofauna de dos praderas de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 con distinto grado de conservación. *Publ. espec. Inst. esp. Oceanogr.*, 23: 255 - 264.

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.

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.

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.

Laborel-Deguen F., 1986. Biologie et répartition de *Patella ferruginea*. *Trav. sci. Parc Nat. Rég. Rés. Corse* 2, 41 - 48.

Laborel-Deguen F., 1988. Essai de réintroduction de *Patella ferruginea* Gmelin (Gasteropoda) dans le Parc marin national de Port-Cros (Var, France). *Sci. Rep. Port-Cros nat. Park*, 14, 141 - 146.

Laborel-Deguen F., Laborel J., 1991a. Nouvelles observations sur la population de *Patella ferruginea* Gmel. de Corse. Les espèces marines à protéger en Méditerranée. Boudouresque C.F., Avon M. et Gravez V., éd. GIS Posidonie publ., 105 - 117.

Laborel-Deguen F., Laborel J., 1991b. Statut de *Patella ferruginea* Gmel. en Méditerranée. Les espèces marines à protéger en Méditerranée. Boudouresque C.F., Avon M. et Gravez V., éd. GIS Posidonie publ., 91 - 103.

Laborel-Deguen F., Laborel J., 1991c. Une tentative de réintroduction de *Patella ferruginea* Gmel. (Gastropoda) dans le Parc National de port Cros (Var, France). Les espèces marines à protéger en Méditerranée. Boudouresque C.F., Avon M. et Gravez V., éd. GIS Posidonie publ., 129-132.

Laborel-Deguen F., Laborel J., Morhange C., 1993. Appauvrissement des populations de *Patella ferruginea* (Gmelin) des côtes de la réserve marine de Scandola et du Cap Corse. *Trav. Sci. Parc Nat. Rég. Rés. Nat. Corse*, 41 : 25-32.

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. 850p.

Lentali V., 1997. *Densités de peuplements de la patelle géante (Patella ferruginea) dans le Cap Corse*. Mém. DESS "Ecosystèmes méditerranéens", Univ. Corse, 1-50 + annexes.

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.

Lepareur F., 2011. Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000 – Guide méthodologique - Version 1. Février 2011. Rapport SPN 2011 / 3, MNHN, Paris, 55 p + ann.

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.

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. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 28(3): 147-148.

Lotfi R., Sabiha Tlig Z., Oum Kalthoum Ben H., 2008. Two species of Crustacea (Decapoda) associated with the fan mussel, *pinna nobilis* Linnaeus, 1758 (Mollusca, Bivalvia). *Crustaceana*. University Campus, El Manar 2092, Tunis, Tunisia. 81 (4) : 433 - 446.

Mari X., Meinesz A., Vaugelas J. De, 1998. Répartition de *Lithophyllum lichenoides*, de *Cystoseira amantacea*, de *Patella ferruginea* et des zones polluées par les hydrocarbures de l'île Lavezzi (Réserve naturelle des Lavezzi, Corse). *Trav. Sci. Parc Nat. Rég. Rés. Nat. Corse*, 57, 145-162.

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 M.M., 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., 1990. Il ruolo dei sistemi a fanerogame marine nell'economia delle comunità costiere ed i problemi causati dal disturbo antropico. In "Inquinamento ed ecosistemi acquatici", Atti Congresso Ordine Nazionale dei Biologi (ed. S. Dumontet & E. Landi) : 103-116.

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'epifittismo 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. Réunion. 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. edits. *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., Buia M.C., Lorenti M., Zupo V., Cancemi G., 1993. The Mediterranean seagrasses *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa*. A comparative verview. MedCoast conference, Ozhan ed., 1 : 103-116.
- 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 communita epifita e suo ruolo nella dinamica dell'ecosistema *Posidonia*. *Atti Conv. Unit. oper. Sottoprg. 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., Yuksek 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 Poséidon 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. édit., 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 Medit.*, 38, 2007 : 520 p.
- Michez N., Dirberg G., Bellan-Santini D., Verlaque M., Bella G., Pergent G., Pergent-Martini C., Labrune C., Francour P., Sartoretto S. 2011. Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée, liste de référence française et correspondances. Rapport SPN 2011 – 13. MNHN. 48p.
- 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.
- MMAMRM, 2008. Estrategia de conservación de la lapa ferrugínea (*Patella ferruginea*) en España. Conferencia Sectorial de Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid : 56 p.
- MNHN, 2016. FR9402017 - Golfe d'Ajaccio. Natura 2000 - Formulaire Standard de Données. Date d'édition : 23/06/2016. 8p.
- Molinier R., 1959. Etude des biocénoses marines du Cap Corse. *Faculté des Sciences, Marseille, Fr.* 168 p.
- 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. Str. Aquicult. Pêche Castiglione, N.S.*, 8 : 251 - 268.
- Montefalcone M., Lasagnaa R., Bianchia C.N., Morria C., Albertellia 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.
- Moreno D., Arroyo M. C., 2008. *Patella ferruginea* Gmelin, 1791. In: Barea-Azcón, J. M., Ballesteros-Duperón, E. y

Moreno, D. (coords.). Libro Rojo de los Invertebrados de Andalucía. 4 Tomos. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla : 308 - 319.

Moreteau JC, Vicente N, 1980. Etude morphologique et croissance de *Pinna nobilis* L. (Mollusque Eulamellibranche) dans le parc national sous-marin de Port-Cros (Var, France). In : *Vie Marine*, France, 2 : 52-58.

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

Natali C., Travichon S., 2005. DOCOB du site Natura 2000 FR 9400595 « Iles Sanguinaires – La Parata – Golfe de Lava ». CPIE Ajaccio / DIREN Corse : 74 p + Ann.

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.

Paracuellos M., Nevado J. C., Moreno D., Giménez A., Alesina J. J., 2003. Conservational status and demographic characteristics of *Patella ferruginea* Gmelin, 1791 (Mollusca, Gastropoda) on the Alboran Island (Western Mediterranean). *Animal Biodiversity and Conservation* 26(2) : 29 – 37.

Pascal P.Y., 2002. Comparaison inter-annuelle et inter-modale des effectifs et de la structure de la population de *Patella ferruginea* de l'île Lavezzi (Corse-du-Sud). *Biologos* 1 : 1-5.

Pasqualini V., 1997. *Caractérisation des peuplements et types de fonds du littoral Corse (Méditerranée, France)*. Thèse Doct., Univ. Corse, Fr. : 190 p.

Pasqualini V., Clabaut P., Pergent G., Benyousse L., Pergent-Martini C., 2000. Contribution of side scan sonar to the management of Mediterranean littoral ecosystems. *Internat. J. Remote Sensing* 21(2): 367-378.

Pasqualini V., Pergent-Martini C., Clabaut P., Pergent G., 1998. Mapping of *Posidonia oceanica* using aerial photographs and side-scan sonar : Application of the island of Corsica (France). *Estuarine, Coastal Shelf Science*, 47 (3) : 359 - 367.

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. Réun. Comm. internation. Explor. sci. Médit.* 32(1) B17: 6 p.

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., Crouzet 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., Piazzini 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. eds. *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.
- Piazzì L., Acunto S., Cinelli F., 1999. *In situ* survival and development of *Posidonia oceanica* (L.) Delile seedlings. *Aquat. Bot.* 63: 103 - 112.
- Piovetti 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. eds. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 137 - 144.
- Porcheddu A., Milella I., 1991. Aperçu sur l'écologie et sur la distribution de *Patella ferruginea* (L.) Gmelin 1791 en mers italiennes. In : Les espèces marines à protéger en Méditerranée. Boudouresque C.F., Avon M. et Gravez V., éd. GIS Posidonie publ. : 119 - 128.
- 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 MedPosidonie. 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.
- Recorbet B. et Dorado V., 2012. La Patelle géante *Patella ferruginea* dans le golfe d'Ajaccio + de 10 ans de suivi. Séminaire Stareso. 15 mai 2012. 13p
- Recorbet B., Le Dru A., Peroni X., Faggio G. et Matrone J. M. (en preparation). Le Goéland d'Audouin (*Larus audouinii*) en Corse et à Aspretto/Ajaccio ; gestion pour une pérennisation de l'espèce en France. DREAL de Corse, CRBPO, ONCFS Corse, CEN de Corse, Marine Nationale. 14 p.
- 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.
- Rivera-Ingraham G. A., Espinosa F., García-Gómez J. C., 2011a. Conservation status and updated census of *Patella ferruginea* (Gastropoda, Patellidae) in Ceuta : distribution patterns and new evidence of the effects of environmental parameters on population structure. *Animal Biodiversity and Conservation*, 34(1) : 83 – 99.

Rivera-Ingraham G. A., Espinosa F., García-Gómez J. C., 2011b. Effect of  $\gamma$ -amino Butyric Acid on Limpet Populations: Towards the Future Management and Conservation of Endangered Patellid Species. *J Chem Ecol* 37: 9 p.

Rivera-Ingraham G. A., Espinosa, F., Garcia-Gomez J.C., 2010. New records regarding sex change in *Patella ferruginea* (Gastropoda: Patellidae). *In* : XVI Simposio Iberico de Estudios de Biología Marina, Alicante, Spain : 1 p.

Rivera-Ingraham, G. A., 2010. *Biología de la conservación de especies de patélidos en el umbral Atlántico-Mediterráneo*. Ph. D. Thesis, Univ. of Seville : 505 p.

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. Réun. 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.

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.

SAFEGE, 2016. Rallongement du quai de la base aéronavale d'Aspretto (Ajaccio) en vue de l'installation de la nouvelle vedette des douanes. Rapport d'étude AVP-PRO. 16MPL013. Version 1. 22p.

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.

Salivas-Decaux M., 2006. Cartographie et évaluation de la vitalité de trois herbiers à *Posidonia oceanica* en Corse (Méditerranée, France). Master Gestion Intégrée du Littoral et des Ecosystèmes (2ème année) Univ. Corse, Fr., 30 p +

ann.

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 F.T., Burdick D.M., Kaldy J.E., 1995. Mesocosm experiments quantify the effects of eutrophication on eelgrass, *Zostera marina*. *Limnol. Oceanogr.*, 40 : 740 - 749.

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.

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. Guia de invertebrados y peces Marinos protegidos por la legislación nacional e internacional. MMA-CSIC. Madrid, 214 p.

Templado J., 2001. *Patella ferruginea* (Gmelin, 1791). *In* : Ramos, M. A., Bragado, D. y Fernández, J. (eds.). Los invertebrados no insectos de la "Directiva Hábitat" en España. Ministerio de Medio Ambiente, Serie Técnica, Madrid : 41 - 49.

Templado J., Guallart J., 2010. The *Patella ferruginea* limpet: an endangered marine invertebrate. LYCHNOS N° 3 Cuadernos de la Fundación General CSIC : 34 - 38.

Templado J., Moreno D., 1997. La lapa ferruginea. *Biologica* 6 : 80 - 81.

- Templado-Gonzalez J., 1982. *Moluscos de las formaciones de Fanerogamas marinas en las cosatas 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.
- Thibaut T., Markovic L., Blanfuné A. 2010. Préfiguration du réseau macroalgues – Bassin Rhône Méditerranée Corse – Application de la directive Cadre Eau – Rapport d'état écologique des masses d'eau. Littoral rocheux de la Corse. Contrat Agence de l'Eau RMC – Unsa : 24p.+Atlas cartographique.
- Thomas C., 1997. Les "macrodéchet" 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.
- Travichon S., 2006. Document d'objectifs du site FR9412001 : Zone de Protection Spéciale « Colonie de goélands d'Audouin Larus audouinii d'Aspretto/Ajaccio » : 50 p + Ann.
- Tuya F., Martín J.A., Luque A., 2002. Impact of a marina construction on a seagrass bed at Lanzarote (Canary Islands). *Journal of Coastal Conservation* 8: 157-162.
- Vaugelas J. De, Meinesz A., Cottalorda J.-M., Mari X., Molenaar H., Perney L., 1994. Golfe de Porto-Vecchio: Etude cartographique des biocénoses marines de la zone sud du bassin intérieur. Ed. Université de Nice-Sophia Antipolis, Laboratoire Environnement Marin Littoral : 87 p.
- Vela A., 2006. *Fonctionnement et production primaire des herbiers à Posidonia oceanica (L.) Delile en Méditerranée*. Thèse de doctorat. Univ Corse, Fr. : 155 p.
- Vela A., Garrido-Maestracci M., 2008. Recensement des formations récifales superficielles bioconstruites sur le littoral corse – Contrat SINTINELLE & DIREN CORSE, 154p.
- Vela A., Lafabrie C., Gobin C., 2010. Recensement et caractérisation des formations récifales superficielles hors Natura 2000 en Corse et propositions de gestion – Contrat SINTINELLE & DREAL Corse, 53p + annexes.
- Vela A., Leoni V., 2007. Etude des espèces de l'étage médiolittoral sur la jetée du port de commerce de Bastia – Recensement des effectifs de *Patella ferruginea*. Contrat Sintinelle & Collectivité Territoriale de Corse : 18 p + Ann.
- Verlaque M., 1981. Preliminary data on some *Posidonia feeders*. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.* 27(2) : 201 - 202.
- Verlaque M., 1987. Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale. « Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles », C.F Boudouresque edit., GIS Posidonie publ., Marseille : 5-36.
- 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.
- Verlaque M., Francour P., Sartoretto S., 1999. Evaluation de la valeur patrimoniale des biocénoses marines de la face ouest de l'îlot de Gargalu (réserve intégrale de Scandola). Parc naturel régional de Corse, Ajaccio, Fr. Trav. Sci. Parc nat. Rég. Rés. Nat. Corse. n°59 :121 - 168.
- 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 eulamellibranche). 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 Eulamellibranche) 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.

Villele X. de, 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.

Weinberg S., 1992.- Découvrir la Méditerranée, du rivage à quarante mètres de fond. Nathan Ed., Paris, F. : 58 & 67 & 266-267.

Wittmann K., Mazella L., Fresi E., 1981a. Age specific patterns of leaf growth : their determination and importance for epiphytic colonization in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. Internation. Explor. Sci. Médit.*, 27(2) : 189-191.

Wittmann K., Scipione M.B., Fresi E., 1981b. Some laboratory experiments on the activity of the macrofauna in the fragmentation of detrital leaves of *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp. P.V. Réunion. 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. *Thalass Jugoslavica* 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.