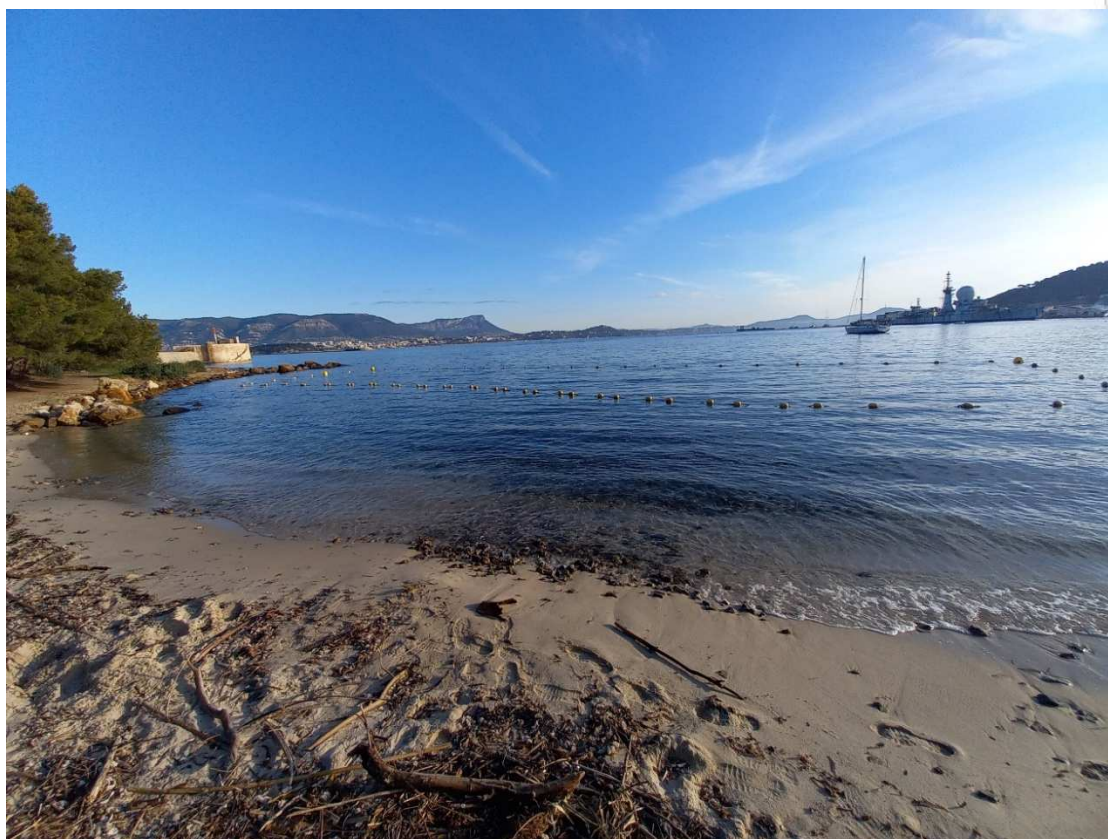




Caractérisation du récif frangeant de la plage de la Vieille à Saint-Mandrier-sur-Mer



Décembre 2024



GIS POSIDONIE

MIO-OSU Pythéas – Campus de Luminy

163, avenue de Luminy – 13288 MARSEILLE CEDEX 09 – France

<https://gisposidonie.osupytheas.fr/>





Titre de l'étude

Caractérisation du récif frangeant de la plage de la Vieille à Saint-Mandrier-sur-Mer

Commanditaire

Commune de Saint-Mandrier-sur-Mer
Hôtel de Ville
Place des Résistants
83430 Saint-Mandrier-sur-Mer



Réalisation

GIS POSIDONIE
MIO-OSU Pythéas – Campus de Luminy
13288 MARSEILLE Cedex 09
Tél : 04 86 09 05 73 - Internet : <https://gisposidonie.osupytheas.fr/>



Responsable de l'étude

Thomas Schohn, Ingénieur de recherche, GIS Posidonie
Tél : 04 86 09 05 79 - Courriel : thomas.schohn@univ-amu.fr

Réalisation de la cartographie

Thomas Schohn

Observations de terrain

Vérités terrain pour la cartographie : Romain Bricout et Lisa Mancion
Vitalité, comptages juvéniles et nacres : Romain Bricout et Lisa Mancion

Crédits photographiques :

GIS Posidonie

Dossier : 2413

Citation du document

Schohn T., Bricout R., Mancion L., Belloni B., 2024. Caractérisation du récif frangeant de la plage de la Vieille à Saint-Mandrier-sur-Mer. Contrat Mairie Saint-Mandrier-sur-Mer – GIS Posidonie / MAPA 2024-12. GIS Posidonie publ., Marseille, 1-32.



SOMMAIRE

1	Introduction	4
1.1	<i>Posidonia oceanica</i> et les formations récifales	4
1.2	Contexte et objectifs de l' étude.....	6
2	Méthodologie.....	7
2.1	Cartographie du récif frangeant.....	7
2.2	Évaluation de la vitalité de l' herbier à <i>Posidonia oceanica</i> du récif frangeant	8
2.3	Évaluation de la population de Grande nacre <i>Pinna nobilis</i>	10
2.4	Évaluation du peuplement de poissons.....	10
2.5	Discussion sur la mise en place de mesure de protection et de suivi	11
2.6	Analyses de données.....	12
3	Résultats	12
3.1	Cartographie du récif frangeant et évolution.....	12
3.2	Vitalité de l' herbier de posidonie du récif frangeant	17
3.3	Grande nacre <i>Pinna nobilis</i>	18
3.4	Le peuplement de poissons.....	18
3.5	Inventaire non exhaustif de la faune et de la flore.....	24
4	Discussion et conclusion	26
5	Références bibliographiques	30



1 Introduction

1.1 *Posidonia oceanica* et les formations récifales

« Les monuments naturels sont constitués par des formations physiques et biologiques ou par des groupes de telles formations qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue esthétique ou scientifique » (UNESCO, 1973). Ces monuments, zones généralement restreintes et souvent de grande importance, font partie de la 3^e catégorie de protection définie par la Commission mondiale des aires protégées de l'UICN (Borrini-Feyerabend *et al.*, 2013), après les réserves naturelles intégrales et les parcs nationaux (Dudley, 2008). D'autre part, plusieurs auteurs introduisent la notion de paysages menacés (Boudouresque *et al.*, 1990) qui correspond à un aspect particulier de peuplements rares et soumis à des pressions significatives.

La posidonie, *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, est une magnoliophyte marine endémique de la mer Méditerranée naturellement présente entre 0 et 40 mètres de profondeur selon la transparence des eaux (Pérès & Picard, 1964 ; Boudouresque & Meinesz, 1982 ; Ruíz *et al.*, 2009). Implantée sur la majeure partie du littoral, cette magnoliophyte forme de véritables prairies sous-marines qui constituent un écosystème complexe et abritent une richesse biologique remarquable (Boudouresque & Meinesz, 1982 ; Personnic *et al.*, 2014 ; Ourgaud, 2015).

La posidonie est constituée de faisceaux de 4 à 8 feuilles. Ces feuilles sont supportées par des tiges rampantes (plagiotropes) ou dressées (orthotropes), appelé « rhizomes ». L'ensemble constitué par les rhizomes et les racines colmatés par le sédiment est appelé « matte ». Les zones où la matte est présente, avec des rhizomes peu putrescibles, mais où les faisceaux vivants situés à sa partie supérieure ne sont plus présents sont appelées « matte morte ». (Boudouresque & Meinesz, 1982 ; Boudouresque *et al.*, 2006). Son rôle écologique est majeur : production primaire, production d'oxygène, séquestration du carbone, zones d'abris, de frayères et d'habitats pour de nombreuses espèces (Boudouresque *et al.*, 2006) et transparence des eaux par la stabilisation des sédiments (Jeudy de Grissac & Boudouresque, 1985 ; Gacia & Duarte, 2001). En outre, l'écosystème à *P. oceanica* participe à l'alimentation de tout un réseau trophique (Ourgaud, 2015) et leur présence permet de protéger le littoral contre les phénomènes d'érosion (Jeudy de Grissac & Boudouresque, 1985 ; Vacchi *et al.*, 2014).

Dans les baies calmes et abritées, la montée de la matte permet à l'herbier de se développer près de la surface et de former des récifs (Molinier & Picard, 1952). Un récif de posidonie est défini comme une formation bio-construite par l'herbier, lorsque l'extrémité des feuilles émerge à la surface, au moins à marée basse et lorsque la longueur des feuilles est maximale (Boudouresque *et al.*, 2014).

Au cours du temps, l'élévation continue de la matte permet le développement du front d'émersion formé par les feuilles en direction du large. Entre la côte et ce front, la circulation de l'eau est entravée. L'eau y étant mal renouvelée, la température de celle-ci peut atteindre des valeurs inférieures (en hiver) et supérieures (en été) aux seuils de tolérance de *P. oceanica*. Il en est de même pour la salinité, qui peut être inférieure en cas de pluie et supérieure en cas d'évaporation l'été. Finalement, les feuilles entre la côte et le front de posidonie meurent et cela conduit à la formation d'un lagon (Boudouresque & Meinesz, 1982 ; Figure 1).

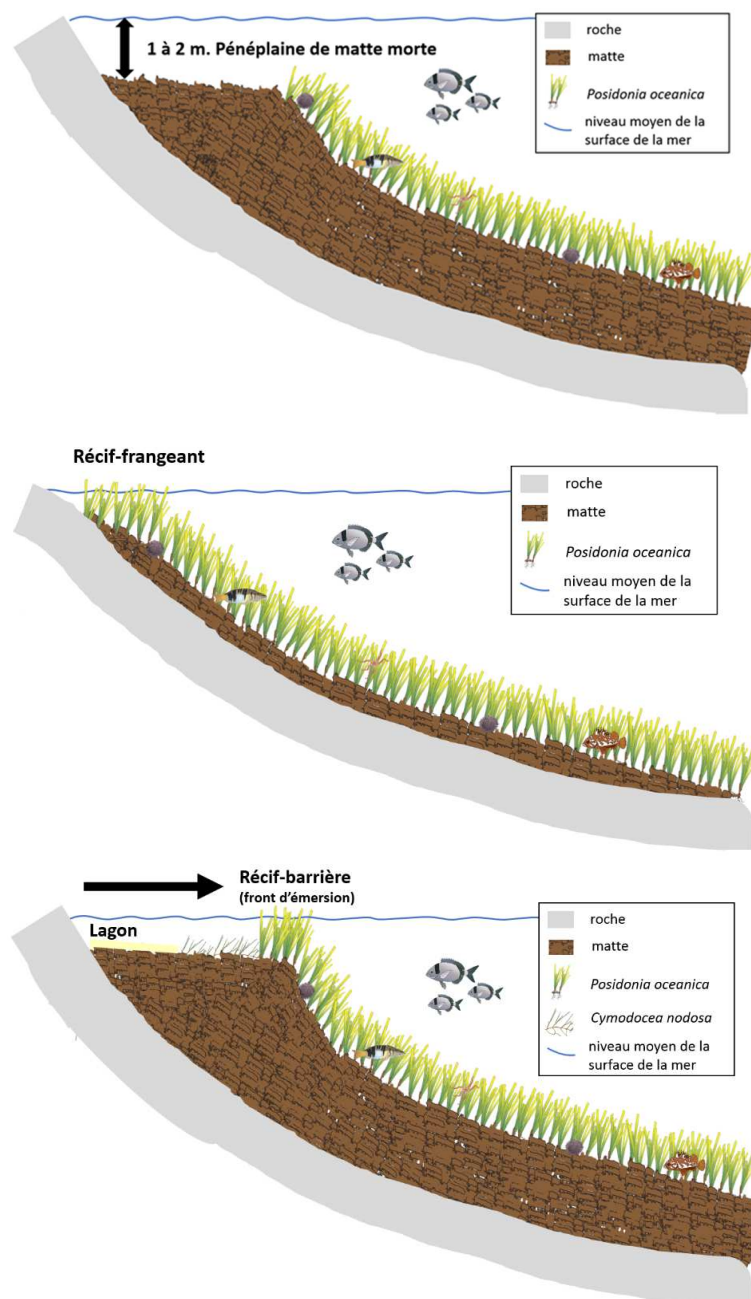


Figure 1. Schémas représentant la formation d'un récif de posidonie (redessiné d'après Boudouresque et al., 1975).

Le processus de formation des récifs de posidonie a été décrit pour la première fois en 1952 par Molinier et Picard. Selon la nature du lagon et du front de posidonie, il existe différents types de formations récifales (Boudouresque et al., 2014 ; Bonhomme et al., 2015), parmi elle le récif frangeant (RF) (Figure 2). **Dans des conditions abritées en particulier en fond de baie, la croissance de l'herbier de posidonie entraîne l'élévation de la matte qui se poursuit jusqu'à la surface. À marée basse, les feuilles de posidonie s'étalent à la surface, leurs apex émergent juste au-dessus de l'eau, disposés parallèlement à la côte. Cette formation est désignée comme un récif frangeant.**

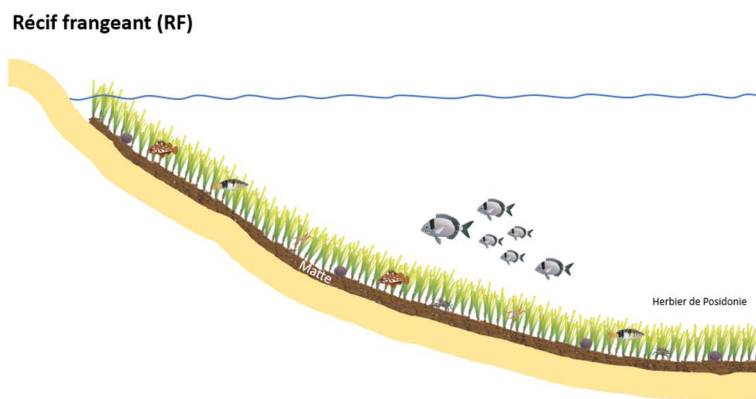


Figure 2. Schémas d'un récif frangeant de posidonie.

Un inventaire complet des formations récifales le long des côtes de Méditerranée française révèle leur présence notamment dans les départements du Var, de Haute-Corse et de Corse-du-Sud. D'après la littérature et les prospections de terrain, 75 formations récifales étaient présentes le long du littoral. Parmi elles, 13 ont disparu ou ont été détruites, notamment par les aménagements gagnés sur la mer. Aujourd'hui, 62 formations récifales sont recensées sur les côtes françaises (Rouanet *et al.*, 2019). L'herbier frangeant de Saint-Mandrier-sur-Mer n'avait pas été identifié à l'époque, et porte se nombre à 63.

1.2 Contexte et objectifs de l'étude

La plage de la Vieille est située sur les côtes varoises, dans la commune de Saint-Mandrier-sur-Mer, plus précisément sur sa façade Nord, du côté de la petite rade de Toulon. La position de cette baie représente un abri contre le vent de mistral. Elle constitue de fait, un abri de mouillage idéal pour les navires et apprécié des baigneurs. Ces caractéristiques ont favorisé la construction du port de Saint-Mandrier-sur-Mer à proximité.

En 2024, la commune de Saint-Mandrier-sur-Mer a identifié un récif frangeant de Posidonies devant la plage de la Vieille, situé dans la rade de Toulon fortement influencée par l'activité humaine, ce qui souligne des enjeux de conservation majeurs.

Le présent rapport présente les observations de terrain réalisées le 4 décembre 2024, ainsi que les analyses des données permettant d'établir en 2024 : (i) une actualisation de la cartographie du récif frangeant de Posidonie de la plage de la Vieille, (ii) un suivi de l'évolution temporelle du récif depuis 2003, (iii) un bilan de l'état de conservation en 2024, (iv) une évaluation du rôle de nurserie de poissons, (v) l'évaluation de la population de grande nacre et des espèces invasives et (vi) proposer une réflexion sur la mise en place de mesure de protection et de suivi.

2 Méthodologie

2.1 Cartographie du récif frangeant

La cartographie du récif frangeant de posidonie de la plage de la Vieille s'appuie sur la donnée issue de la BD Ortho (IGN) Images aériennes géoréférencées datant de juin 2023. Cette donnée est exploitable et ne présente pas de trace d'irisation en mer (Figure 3).

Afin d'observer l'évolution temporelle de cette zone, une cartographie des tâches d'herbier de posidonie de la zone du récif frangeant est réalisée en s'appuyant sur les orthophotographies aérienne de l'IGN de 1972, 2003, 2011, 2020 et 2023, ainsi que sur la cartographie précédente de 2009 (contrat de Baie de la Rade de Toulon et des îles d'Or). Cette démarche a permis d'analyser la dynamique de ces herbiers au cours des dernières années.

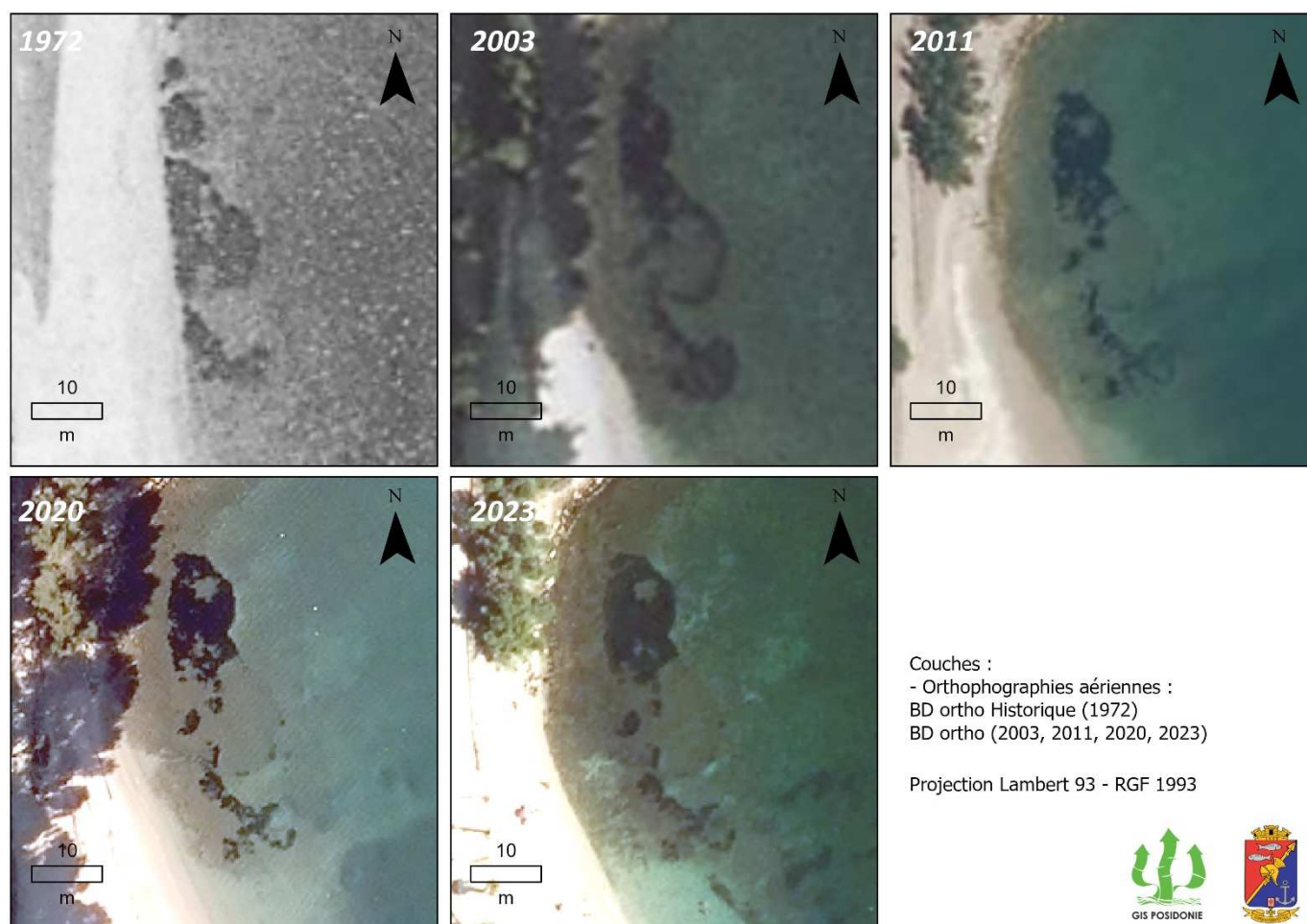


Figure 3. Image aérienne de la plage de la Vieille prise en 1972, 2003, 2011, 2020 et 2023.

Les digitalisations des biocénoses ont été réalisées à partir d'un Système d'Information Géographique (Esri ArcGIS Pro 3.2) et manuellement par interprétation visuelle de l'orthophotographie par l'opérateur et des photographies sous-marines géoréférencées réalisées lors de la vérité terrain (Figure 4). L'échelle de travail est au 1/200^e.

La typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée publiée par le MNHN (Michez *et al.*, 2014, La Rivière *et al.*, 2021) est employée pour la cartographie du récif frangeant. Sachant que la croissance annuelle d'un rhizome de posidonie est en moyenne comprise entre quelques mm et quelques cm par an,

les éventuelles progressions significatives de posidonie pourront être déterminées sur le long terme. En revanche, la cartographie des éventuelles régressions majeures de l'herbier entre chaque année est possible.



Figure 4. Vérités terrain réalisées en plongée libre en tuba accompagnées de prises de photographies pour illustrer les biocénoses rencontrées.

2.2 Évaluation de la vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica* du récif frangeant

Afin d'évaluer l'évolution de l'état de conservation du récif frangeant de la plage de la Vieille à Saint-Mandrier-sur-Mer, une série de mesures des paramètres de **vitalité de l'herbier de posidonie** a été effectuée le 10/12/2024. Ces relevés ont été réalisés dans la zone où l'herbier était visuellement le plus dense, caractérisé par un herbier de posidonie affleurant à une profondeur moyenne de 0.8 m. Le suivi comprend l'évaluation d'une station (Tableau 1 et Figure 6).

Tableau 1. Coordonnées géographiques (WGS 84, en degrés décimales) de la station de suivis des paramètres de vitalité de l'herbier de posidonie.

Station	Latitude N	Longitude E
S01	43.083681	5.921466

Trois métriques ont été relevées :

- **la densité de faisceaux**, mesurée à l'aide de quadrats de 20 cm x 20 cm sur 10 répliqués par station. L'échelle d'interprétation d'après Pergent *et al.* (2008) et Pergent-Martini et Pergent (2010) est appliquée. Ce paramètre n'est pas sensible à la saison d'acquisition des données ;

Profondeur (m)	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
1	> 1195	1195 - 964	964 - 732	732 - 501	< 501



- **le pourcentage de rhizomes plagiotropes** en limite de tache d'herbier, mesuré à partir de 10 comptages de 10 rhizomes pour chaque station. Ce paramètre n'est pas sensible à la saison d'acquisition des données ;
- **le déchaussement des rhizomes**, mesuré sur 10 faisceaux d'herbier de posidonie par station. Les données sont interprétées d'après l'échelle de classification de Charbonnel *et al.* (2000). Le déchaussement apporte des informations sur la dynamique sédimentaire au sein d'un herbier (érosion, sédimentation) et donc sur le maintien de sa structure. Ce paramètre est une évaluation à un instant t , et peut varier en fonction de la saison, en fonction de la fréquence de tempête, de la courantologie, etc. ;

Déchaussement (valeurs seuils)	Interprétation
< 5 cm	Faible
5 - 15 cm	Moyen
> 15 cm	Important

- **La longueur des feuilles**, évaluée en centimètre sur 10 mesures. Ce paramètre est sensible à la saison. La période préconisée pour ce type de mesure est généralement située entre le mois de mai et juillet ;
- **Le nombre de feuilles par faisceaux**, également évalué sur la base de 10 mesures. Ce paramètre n'est pas sensible à la saison d'acquisition des données ;



Figure 5. Mesure des paramètres de vitalité de l'herbier de posidonie.

Par ailleurs, un **inventaire non exhaustif de la faune et de la flore** et la **présence de caulerpes invasives** (*Caulerpa cylindracea* et *C. taxifolia*) a été relevée au niveau de chaque point d'inspection (station de mesure et points de vérité-terrain).

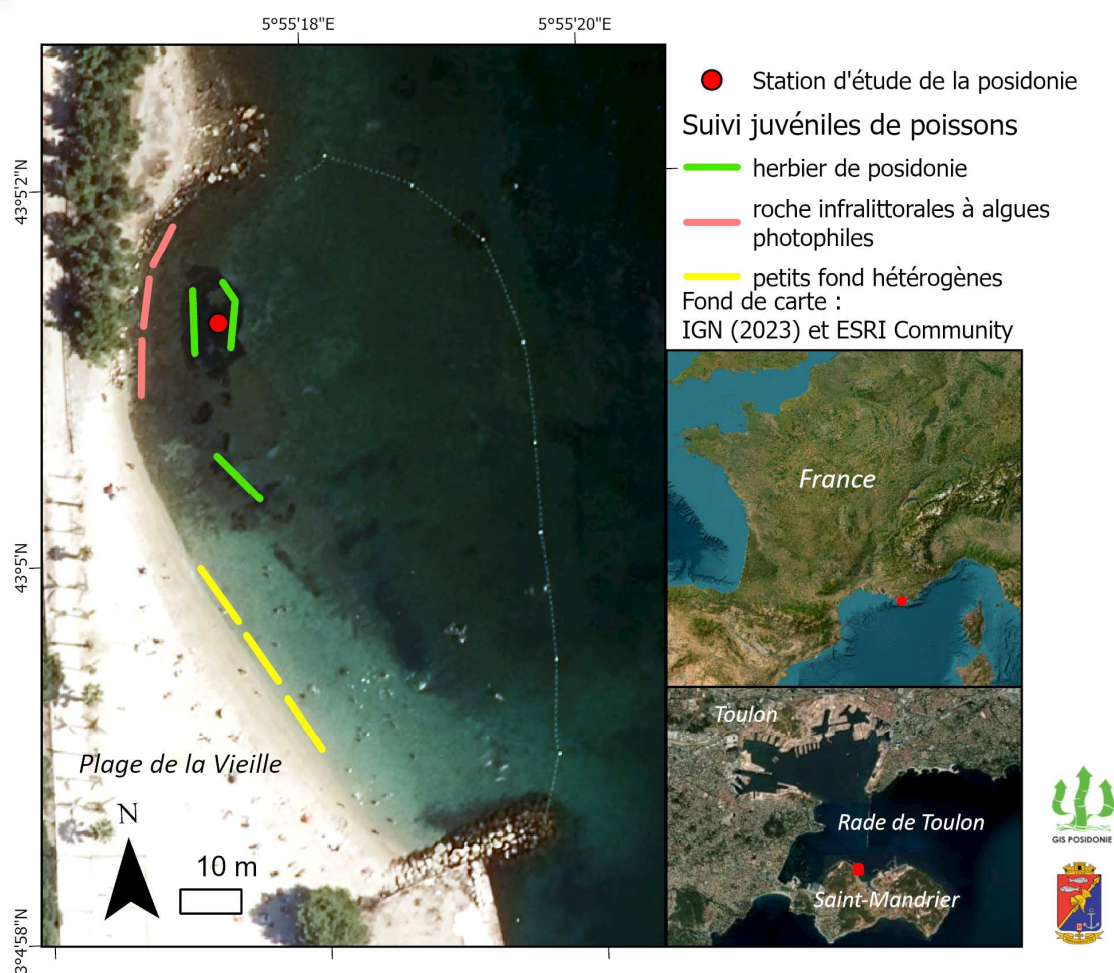


Figure 6. Localisation de la station d'étude de l'herbier de posidonie et des transects réalisés pour l'évaluation du rôle de nurserie de poisson de la plage de la Vieille en 2024.

2.3 Évaluation de la population de Grande nacre *Pinna nobilis*

Face à l'épisode de mortalité massive qu'a subi cette espèce sur les côtes de Méditerranée nord-occidentale depuis 2018, une attention particulière a été portée sur l'état des individus rencontrés qu'ils soient vivants ou morts.

Une évaluation de la population de grandes nacres *Pinna nobilis* a été réalisée sur toute la zone d'étude. Lorsqu'une nacre est rencontrée, sa hauteur hors substrat et sa largeur sont mesurées au cm près.

2.4 Évaluation du peuplement de poissons

Le peuplement de poissons a été évalué dans les trois habitats de la structure récifale de la plage de la Vieille, à savoir (i) la roche infralittorale à algues photophiles, composée de plusieurs petits blocs rocheux associés à plusieurs espèces de *Jania* sp., *Dictyota* sp. dont la profondeur est comprise entre 0 et 0.3 m et situés à l'ouest de l'herbier, (ii) le récif frangeant composé d'un herbier de posidonie fragmentée avec plusieurs mosaïques, alternant posidonie et matte morte (profondeur moyenne de 0.5 m à 1.2 m), et (iii) les petits fonds hétérogènes, composée par du sable fin bien calibré ou de haut niveau, mélangés à une fraction sableuse plus hétérogène et plus grossière de coquilles mortes et de petits graviers, la profondeur moyenne est de 0.2 m à 1.2 m, situé au sud de l'herbier (Figure 6).

La méthode développée par Le Diréach et al. (2015) a été appliquée, avec un recensement du peuplement de poissons juvéniles et adultes sous la forme de comptages visuels le long de transects. Les transects font 10 m de long sur 1 m de large ; la présence de posidonie ne permettant pas de réaliser des couloirs trop larges, au risque de sous-échantillonner les juvéniles de poissons (Figure 7). Les juvéniles rencontrés ont été identifiés à l'espèce lorsque cela était possible, dénombrés et leur taille estimée à 0.5 cm près (Figure 8). Toutes les observations étant faites sur une surface connue, les densités de juvéniles observées peuvent être ramenées à une unité de surface standard et peuvent donc être comparées entre zone. **À la vue de la petite surface disponible dans la zone d'étude, 3 répliqués de 10 m² par habitat ont été réalisés au lieu de 6 à 10 préconisés habituellement pour ce type d'évaluation.**

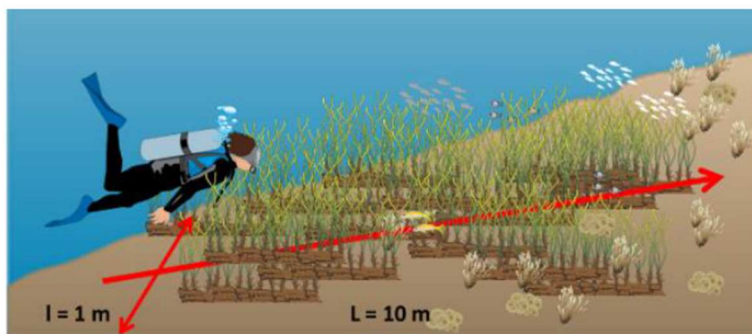


Figure 7. Protocole d'échantillonnage des juvéniles de poissons à l'aide de transect de 10 m x 1 m.



Figure 8. Recensement des juvéniles de poissons sur le récif frangeant de posidonie de Saint-Mandrier-sur-Mer.

2.5 Discussion sur la mise en place de mesure de protection et de suivi

Pendant la réalisation des mesures de vitalités de l'herbier de posidonie et de l'évaluation de la faune associée, une attention particulière a été donnée à la prise en compte d'éléments pertinents permettant d'apporter des éléments de discussion pour la mise en place de mesure de protection et de suivi.

Les résultats sont fournis sous forme de cartes illustrées et de descriptions, accompagnés des photographies réalisées durant la mission.

2.6 Analyses de données

Les données sont comparées par habitat de manière descriptive. Aucun test statistique n'a été réalisé, car le nombre faible de réplicats ne permettrait pas de mettre en évidence des différences, causé par un manque de puissance des analyses réalisées avec un petit jeu de données. Ces descriptions n'empêchent pas de montrer des tendances sur la répartition des espèces en fonction des habitats, et de discuter de la fonctionnalité de la zone, le cas échéant.

3 Résultats

3.1 Cartographie du récif frangeant et évolution

En 2023, les habitats benthiques qui constituent la zone du récif frangeant de la plage de la Vieille (Figure 9) sont caractérisés par :

- les biocénoses des sables fins de haut niveau ou bien calibrés (SFHN et SFBC), aussi appelé petit fond hétérogène pour l'évaluation des assemblages de poissons ;
- la biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*, dont les associations de la matte morte de *Posidonia oceanica*;
- la biocénose des algues infralittorales.

En 2023, l'herbier de posidonie recouvre une surface de 177 m² (Tableau 2), et est situé entre 0.6 m et 1.0 m de profondeur. Il est entouré d'une large surface de matte morte de posidonie, indiquant la présence ancienne de la biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*.

La posidonie qui compose ce récif frangeant est associé à de nombreuses espèces d'invertébrés benthiques montrant la richesse de l'écosystème tel que :

- des filtreurs comme l'éponge rouge à cratère *Phorbas topsenti* (Figure 10), l'éponge perforante jaune *Cliona celata* ou encore la claveline *Clavelina lepadiformis* (Figure 11) ;
- des herbivores comme les oursins noirs et violets comestibles *Arbacia lixula* et *Paracentrotus lividus* présents abondamment (évaluation visuelle, Figure 12) ;
- des détritivores tel que l'holothurie *Holothuria tubulosa*.

De nombreuses espèces de poissons ont également été recensées (cf. 3.4), ainsi que des poulpes, présents en abondances dans la zone de blocs rocheux (4 individus comptés lors des prospections).

Cette zone de biocénoses des algues infralittorales, est composé de petits blocs rocheux compris entre 10 cm et 30 cm. La zone avait été décrite en tant que biocénose des galets infralittoraux en 2009, mais les blocs sont de trop grande taille pour être décrits de la sorte en 2024. Cette biocénose est associée à des algues communément retrouvées sur ces substrats tel que *Flabellia petiolata*, *Halimeda tuna* ou encore *Jania* sp.

Les caulerpes invasives *Caulerpa cilindracea* et *C. taxifolia* n'ont pas été observées dans la zone.

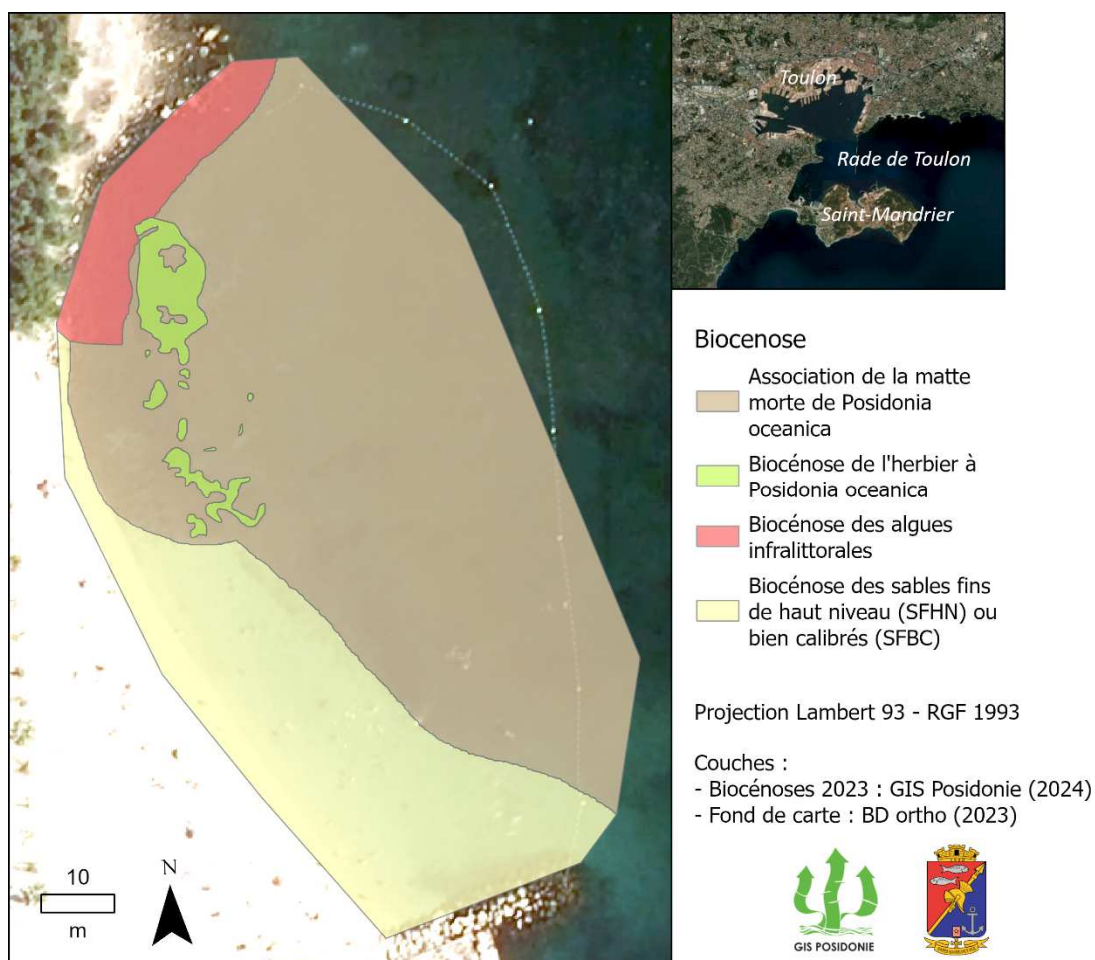


Figure 9. Cartographie des biocénoses sous-marines de la plage de la Vieille en 2023.



Figure 10. Spécimen de l'éponge rouge à cratère *Phorbas topsenti* aux pieds des faisceaux de posidonie.



Figure 11. Colonie de la grande claveline *Clavelina lepadiformis* dans l'herbier de posidonie de la plage de la Vieille.



Figure 12. Spécimen de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus*.



De grosses régressions ont eu lieu depuis 1972, avec une perte de 34 % de l'herbier de posidonie. Plus récemment, les surfaces d'herbier de posidonie sont toujours en régression depuis 2003, avec une évolution de -10 % en 20 ans, représentant un écart de 11 m² (Tableau 2 et Figure 13). La tendance semble montrer une **régression dans la partie sud de la zone**, ayant eu lieu entre 2003 et 2011. L'évolution semble plutôt stable depuis 2011. Le nord de la zone est quant à elle caractérisé par l'élargissement de la tache d'herbier de posidonie qui a tendance à remonter vers le rivage.

Tableau 2. Surfaces des biocénoses estimées (m²) en 1972, 2003, 2011, 2020 et 2023 dans la zone d'étude de la plage de la Vieille.

Biocénoses	1972 (m ²)	2003 (m ²)	2011 (m ²)	2020 (m ²)	2023 (m ²)	Evolution 1972-2023	Evolution 2003-2023
Association de la matte morte de <i>Posidonia oceanica</i>	-	4378	4309	3859	3985	-	-9 %
Biocénose de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i>	268	196	174	174	177	-34 %	-10 %
Biocénose des algues infralittorales	-	67	111	349	349	-	+ 421 %
Biocénose des sables fins de haut niveau (SFHN) ou bien calibrés (SFBC)	-	1531	1580	1790	1662	-	+ 9 %

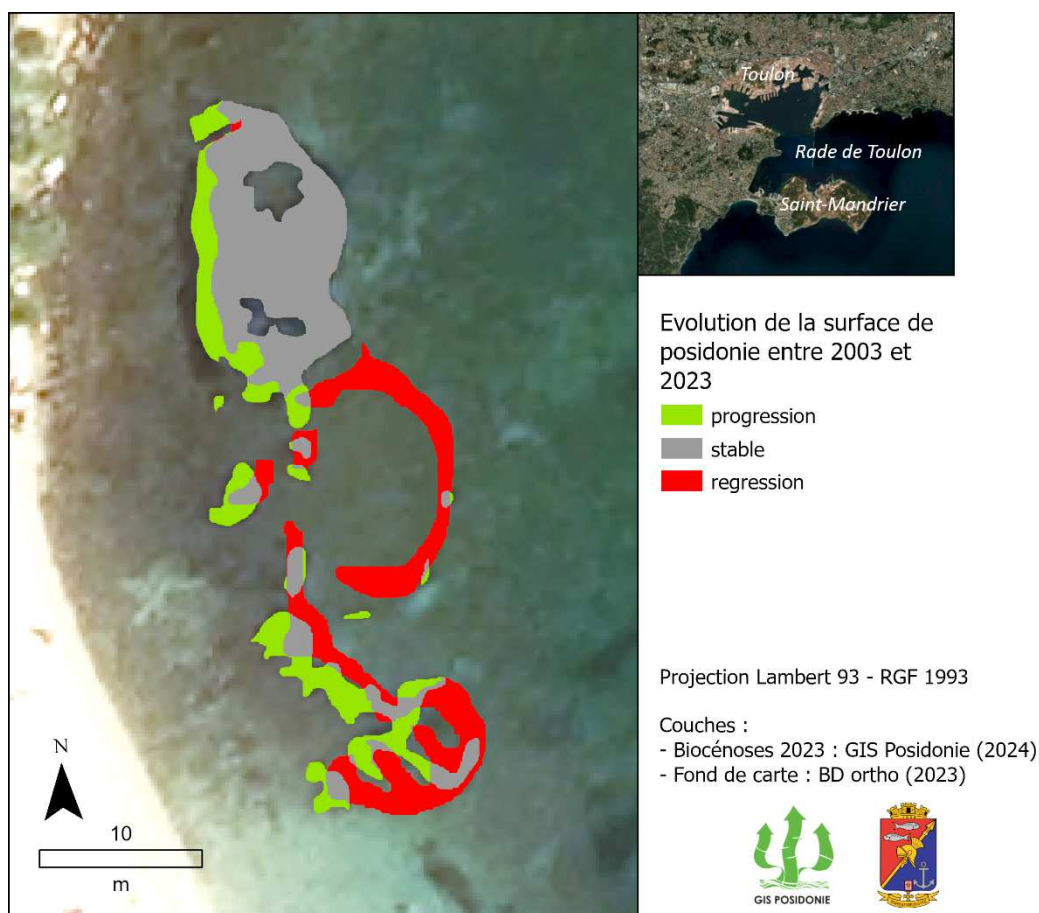


Figure 13. Evolution de la surface d'herbier de posidonie entre 2003 et 2023.

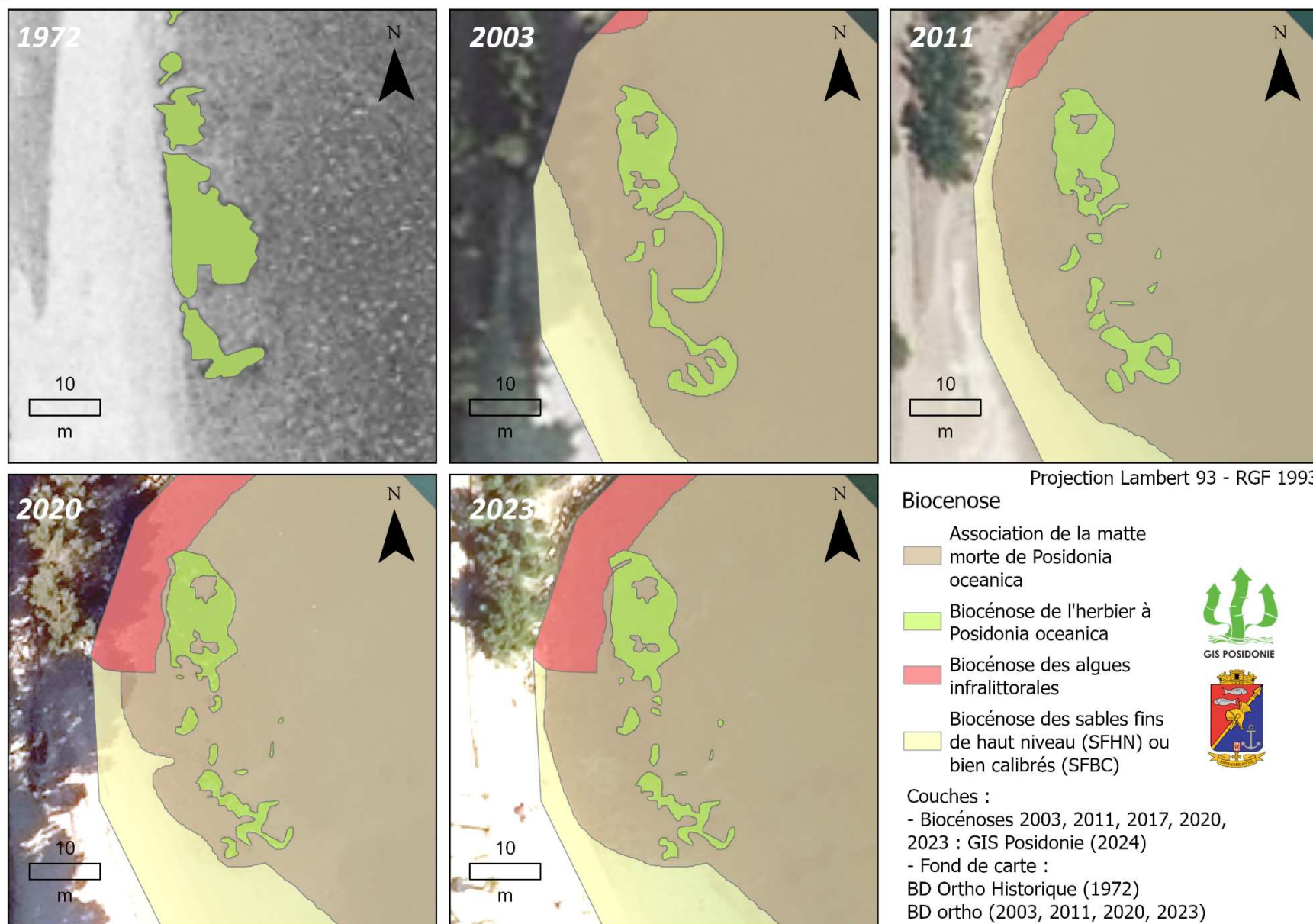


Figure 14. Cartographie des biocénoses sous-marines de la plage de la Vieille en 2003, 2011, 2017, 2020 et 2023.

3.2 Vitalité de l'herbier de posidonie du récif frangeant

La vitalité de l'herbier de posidonie de la plage de Vieille à Saint-Mandrier-Sur-Mer a été évaluée dans un herbier de posidonie presque affleurant (profondeur moyenne de 0.5 m). L'herbier de posidonie, étudié sur la station de suivi, présente une valeur moyenne de densités de faisceaux (Tableau 3) qui atteint une valeur moyenne de **868 ± 96 faisceaux/m²**.

Tableau 3. Densités de faisceaux de posidonie de la station de la plage de Vieille à Saint-Mandrier-Sur-Mer en décembre 2024. En **jaune** : valeur de densité moyenne.

	Profondeur (m)	Densité moyenne ± écart-type (nb. faisceaux/m ²)	Nombre de réplikat
Plage de la Vieille	0.5	868 ± 96	10

Au cœur d'un herbier en bon état structurel et dense, les rhizomes ont une croissance plutôt verticale (faible taux de rhizomes plagiotropes poussant à l'horizontal). À l'inverse dans un herbier dégradé avec une densité de faisceaux faible, une croissance horizontale avec un fort taux de plagiotrope témoigne de la présence de conditions environnementales favorables pour le développement de l'herbier. En limite de la tâche, un herbier en bonne santé privilégie au contraire son développement horizontal pour coloniser le milieu environnant.

Les mesures réalisées en limite de tache d'herbier de posidonie montrent des proportions stables et élevées en rhizomes plagiotropes, traduisant un bon état et un herbier en progression (Tableau 4).

Tableau 4. Proportion des rhizomes plagiotropes (%) de la station de la plage de Vieille à Saint-Mandrier-Sur-Mer en décembre 2024.

	Profondeur (m)	Proportion moyenne ± écart-type en rhizomes plagiotropes (%)	Nombre de réplikat
Plage de la Vieille	0.5	99 ± 3	10

Le déchaussement des rhizomes est qualifié de faible (Tableau 5). Cette stabilité globale du déchaussement reflète un équilibre dans l'apport sédimentaire de la zone.

Tableau 5. Hauteurs de déchaussement des rhizomes de posidonie de la station de la plage de Vieille à Saint-Mandrier-Sur-Mer en décembre 2024. En **vert** : valeurs de déchaussement faibles.

	Profondeur (m)	Déchaussement moyen ± écart-type (cm)	Nombre de réplikat
Plage de la Vieille	0	0.4 ± 0.5	10

Le nombre de feuilles moyen est de 8 ± 1 feuilles par faisceaux et la longueur moyenne des feuilles est de 18 ± 1 cm (Tableau 5). La longueur des feuilles est faible mais normale pour la saison, puisque le maximum végétatif de la posidonie est atteint au mois de mai. C'est à ce moment-là que les feuilles peuvent atteindre jusqu'à 1.0 m de longueur.



Tableau 6. Nombre et longueur de feuilles par faisceaux de posidonie de la plage de Vieille à Saint-Mandrier-sur-Mer - Décembre 2024.

	Profondeur (m)	Parametre	Moyenne	Ecart-type	Nombre de réplikat
Plage de la Vieille	0.5	Longueur de feuille (cm)	18	1	10
		Nombre de feuilles/faisceaux	8	1	10

3.3 Grande nacre *Pinna nobilis*

Une vigilance particulière a été accordée à l'ensemble de la zone d'étude, étant donné que la grande nacre a connu une forte mortalité en Méditerranée nord-occidentale, causée par le protozoaire pathogène *Haplosporidium pinnae* (Catanese et al., 2018). Lors des différents comptages effectués, aucun individu vivant ou mort, n'a été recensé.

3.4 Le peuplement de poissons

Lors des comptages, 13 taxons ont été dénombrés, 9 au stade adulte et 8 au stade juvénile (Tableau 7). On constate un total de 216 individus adulte, principalement présents dans l'herbier de posidonie ($n = 148$), alors que les 665 juvéniles sont principalement situés dans les petits fonds hétérogènes ($n = 614$). Deux taxons ont été observés en bancs de plusieurs centaines d'individus. Les adultes d'*Athérina* sp. ($n = 126$) majoritairement dans l'herbier de posidonie et les juvéniles de *Pagellus* sp. ($n = 580$) dans les petits fonds hétérogènes.

La richesse spécifique par type d'habitat varie faiblement, elle est comprise entre 2.3 taxons/10 m² et 3.0 taxons/10 m² (Figure 15). Seule la richesse spécifique des juvéniles dans l'herbier de posidonie et celle des adultes dans les petits fonds hétérogènes est plus faible avec respectivement 1.7 et 0.7 taxons/10 m².



Tableau 7. Abondance de poissons recensés par habitat sur le récif frangeant de posidonie de la plage de la Vieille à Saint-Mandrier-sur-Mer – Décembre 2024.

Taxon	Plage de la Vieille					
	Adulte			Juvenile		
	Roches infralittorales à algues photophiles	Herbier de posidonie	Petits fonds hétérogènes	Roches infralittorales à algues photophiles	Herbier de posidonie	Petits fonds hétérogènes
<i>Atherina</i> sp.	6	126	10	-	-	-
<i>Boops boops</i>	1	-	-	-	-	-
<i>Coris julis</i>	1	-	-	-	-	-
<i>Diplodus sargus</i>	-	-	-	-	-	3
Gobiidae	2	-	-	-	-	-
<i>Lithognathus mormyrus</i>	-	-	1	2	-	31
<i>Mullus surmuletus</i>	3	-	-	-	-	-
<i>Pagellus</i> sp.	-	-	-	9	10	580
<i>Sarpa salpa</i>	-	-	-	6	10	-
<i>Serranus scriba</i>	-	-	-	1	-	-
<i>Symphodus ocellatus</i>	-	3	-	-	1	-
<i>Symphodus roissali</i>	44	18	-	-	2	-
<i>Symphodus tinca</i>	-	1	-	-	10	-
Abondance Total	57	148	11	18	33	614

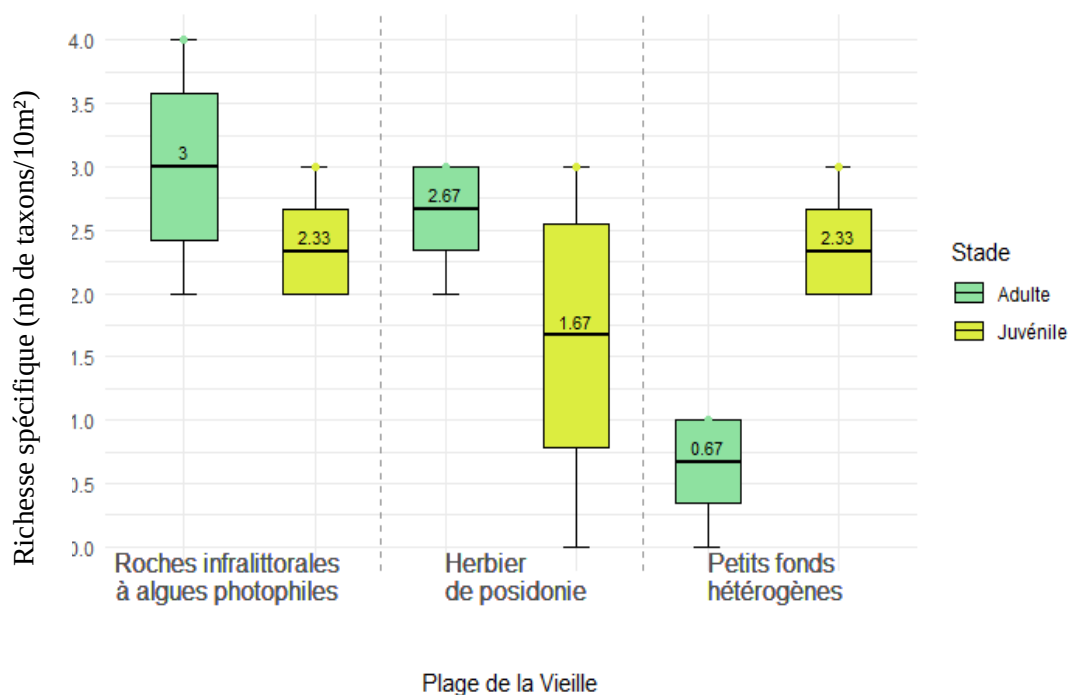


Figure 15 : Richesse spécifique (nb taxon/10 m²) par type d'habitats sur le site de la plage de la Vieille en 2024.

La densité moyenne de poissons par type d'habitat varie entre 3.7 individus/10 m² pour les adultes et 204.7 individus/10 m² sur les petits fonds hétérogènes (Figure 16). On constate que les valeurs de densité varient entre 3.7 et 19.0 individus /10 m² sur tous les habitats et à tous les stades de vie.

Deux valeurs de densités sont plus élevées que les autres. Il s'agit de la densité d'adulte sur l'herbier de posidonie, avec une valeur de 49.3 individus /10 m², et la densité de juvéniles sur les petits fonds hétérogènes, avec une valeur atteignant 204.7 individus /10 m².

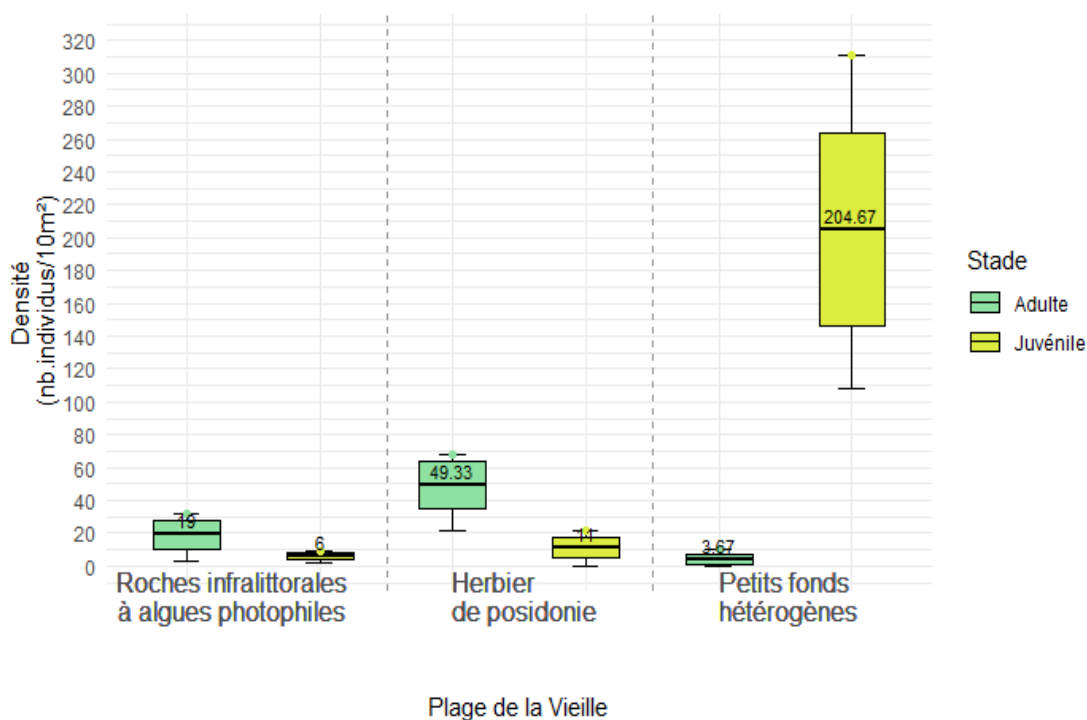


Figure 16 : Densité moyenne (nb d'individus/10 m²) par type d'habitats sur le site de la plage de la Vieille en 2024.

Afin de comprendre la raison de cette variation importante de densité, la Figure 17 montre les valeurs de densité moyenne par taxons en fonction des habitats sur le site de la plage de la Vieille.

Il apparait une densité moyenne importante d'athérines *Athérina* sp. adultes dans l'herbier de posidonie avec une valeur de 42 ± 28.9 individus/10 m² (Figure 17).

De la même façon, la densité moyenne de pageots *Pagellus* sp. juvéniles dans les petits fonds hétérogènes est plus importante avec une valeur de 193.3 ± 100.7 individus/10 m² (Figure 17).

La présence en quantité importante de ces deux taxons est une information importante, cependant, elle masque également la densité des autres taxons échantillonnés.

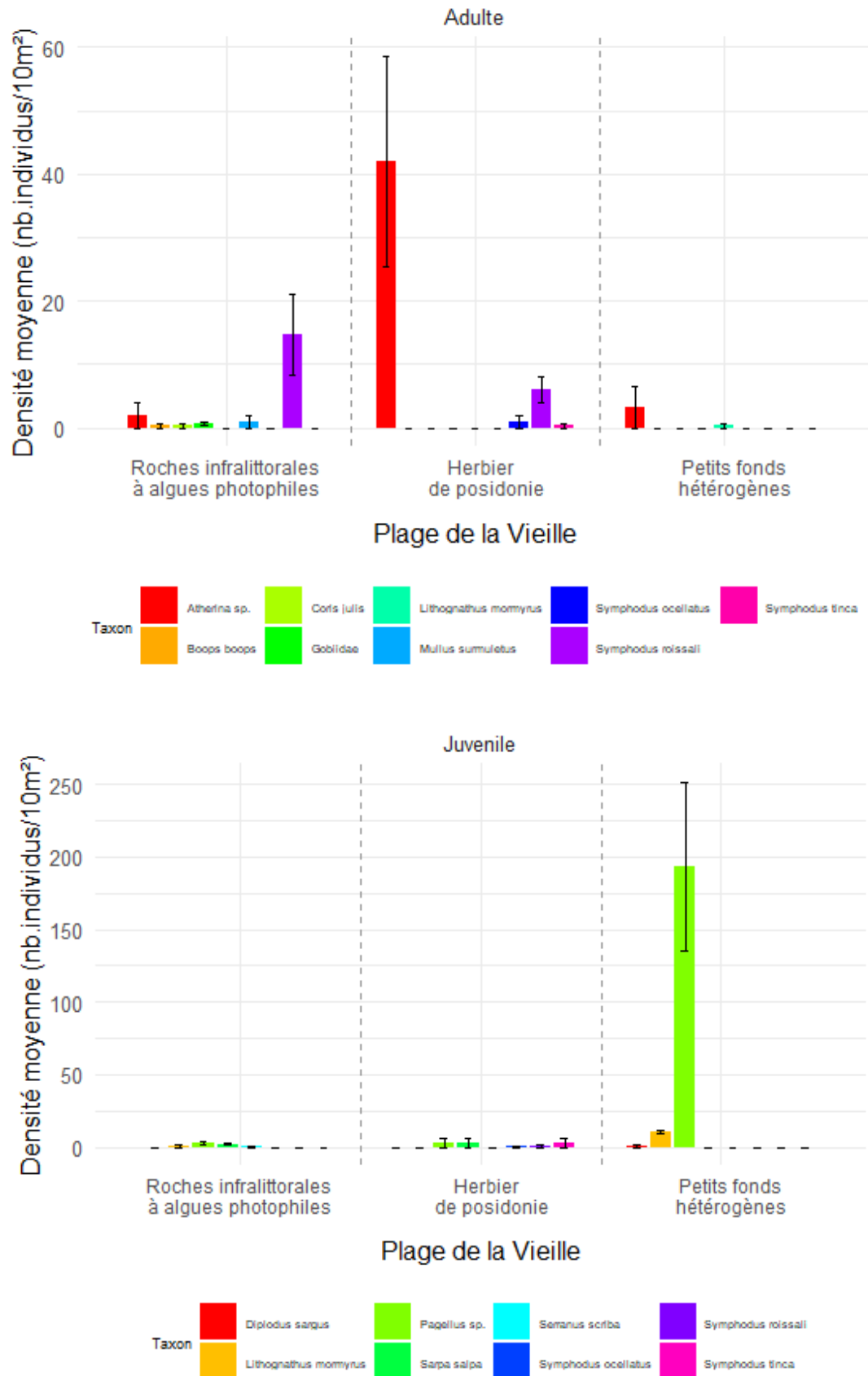


Figure 17 : Densité moyenne (nb individus/10 m²) en fonction des taxons et des habitats sur le site de la plage de la Vieille en 2024.



C'est pourquoi la Figure 18 représente la densité moyenne par taxons en fonction des habitats sur le site de la plage de la Vieille sans les *Athérina* sp. et les *Pagellus* sp.

On constate alors, que le crénilabre à 5 taches *Symphodus roissali* adulte a une densité plus importante que les autres taxons sur la roche infralittorale à algues photophiles et sur l'herbier de posidonie avec respectivement des valeurs moyennes de 14.7 ± 11.2 individus /10 m² et 6.0 ± 3.5 individus /10 m². Tous les autres taxons adultes ont des densités moyennes inférieures ou égales à 1.0 individu/10 m², tous habitats confondus.

Concernant les juvéniles, le marbré *Lithognathus mormyrus* a une densité moyenne plus élevée que les autres taxons sur les petits fonds hétérogènes avec une valeur de 10.3 ± 2.1 individus /10 m². Sur ce même habitat, seul le sar commun *Diplodus sargus* n'a pas une densité nulle, avec une valeur de 1.0 ± 1.7 individu /10 m².

Dans l'herbier de posidonie, la saupe *Sarpa salpa* et le crénilabre tenche *Symphodus tinca* ont une densité moyenne supérieure aux autres taxons, de 3.3 ± 5.8 individus /10 m², par rapport aux crénilabres à 5 taches *Symphodus roissali* et aux crénilabres ocellés *Symphodus ocellatus* qui ont respectivement des densités moyennes de 0.7 ± 1.2 individu /10 m² et de 0.3 ± 0.6 individu /10 m².

Au niveau des roches infralittorales à algues photophiles les taxons présents sont *Sarpa salpa*, *Lithognathus mormyrus* et *Serranus scriba* avec respectivement des densités moyennes de 2.0 ± 1.0 individus/10 m², 0.7 ± 1.2 individu /10 m² et 0.3 ± 0.6 individu /10 m².

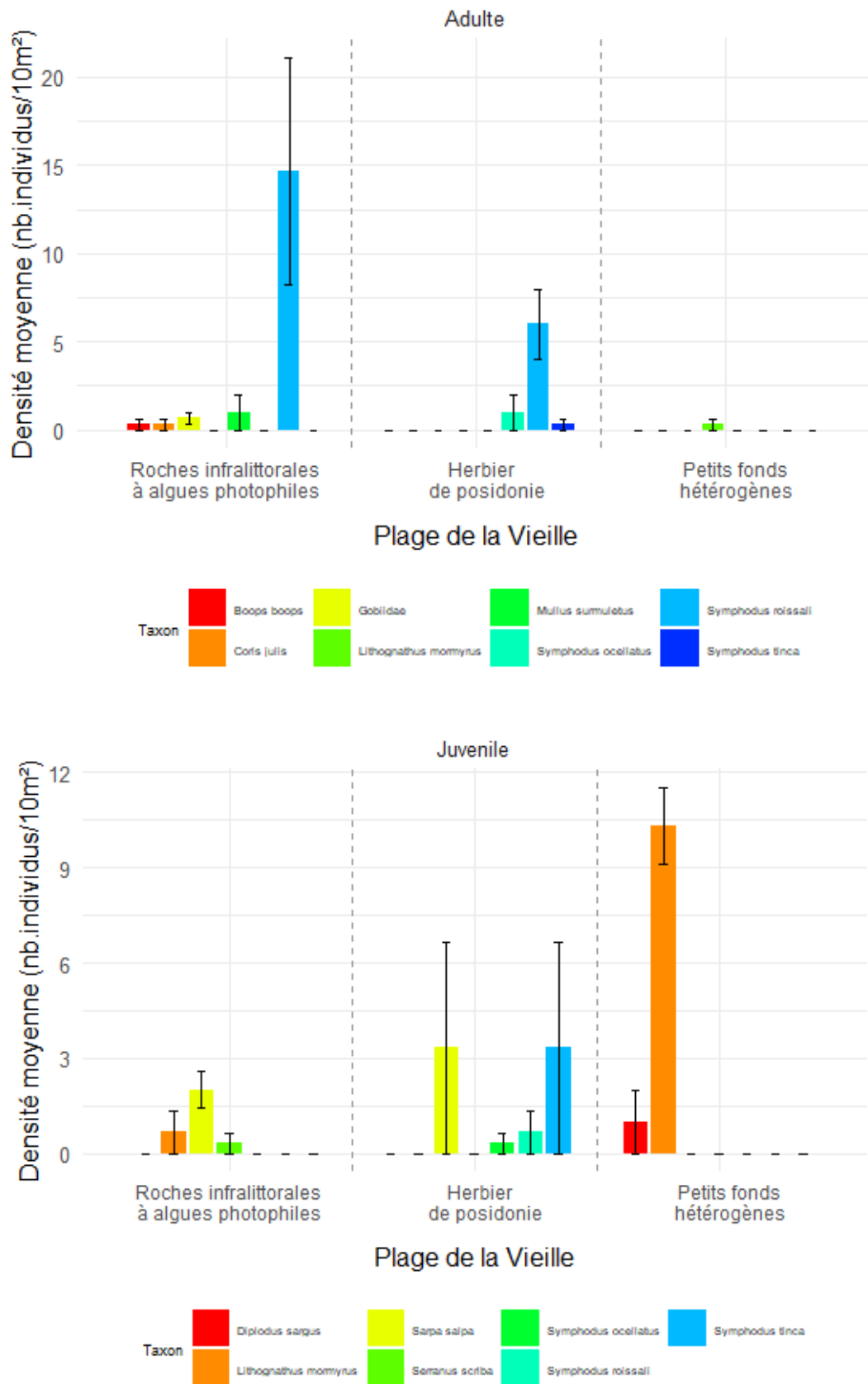


Figure 18 : Densité moyenne (nb individu /10 m²) en fonction des taxons et des habitats sur le site de la plage de la Vieille sans *Atherina sp.* et *Pagellus sp.*



3.5 Inventaire non exhaustif de la faune et de la flore

Un total de 33 espèces a été recensé lors des plongées d'évaluation de l'état de vitalité de l'herbier de posidonie, des assemblages de poissons et de végétation terrain en décembre 2024. L'inventaire pourrait être complété en réalisant un échantillonnage au printemps lors des prochains suivis.

Tableau 8. Liste des taxons recensés sur l'herbier frangeant de la plage de la Vieille en 2024

Embranchement	Classe	Taxon	Nom vernaculaire	Particularité
Chlorophytes	Ulvophycées	<i>Codium fragile</i>	codium fragile	introduite
		<i>Flabellia petiolata</i>	udotée	
		<i>Halimeda tuna</i>	monnaie de poséidon	
Rhodophytes	Floridéophycées	<i>Corallina elongata</i>	coralline	
Ochrophytes	Phéophycées	<i>Dictyota</i> sp.	dictyote	introduite
		<i>Halopteris scoparia</i>	algue balai	
		<i>Rugulopterix okamurae</i>	Dictyote d'Okamura	
Magnolophytes	Monocotylédones	<i>Posidonia oceanica</i>	posidonie	protégée
Porifères	Demosponges	<i>Cliona celata</i>	éponge perforante jaune	
		<i>Phorbas topsenti</i>	éponge rouge à cratère	
Annélides	Polychètes	<i>Sabella spallanzanii</i>	spirographe	
Mollusques	Céphalopodes	<i>Octopus vulgaris</i>	poulpe	pêche
Echinodermes	Echinidés	<i>Arbacia lixula</i>	oursin noir	pêche
		<i>Paracentrotus lividus</i>	oursin comestible	
	Astéridés	<i>Echinaster sepositus</i>	étoile de mer rouge	
		<i>Marthasterias glacialis</i>	étoile de mer glaciale	
	Holothuroïdés	<i>Holothuria tubulosa</i>	holothurie	
Chordés	Ascidiacés	<i>Clavelina lepadiformis</i>	grande claveline	
	Actinopterygiens	<i>Atherina</i> sp.	athérine	pêche
		<i>Coris julis</i>	girelle	
		<i>Dicentrarchus labrax</i>	loup	
		<i>Diplodus sargus</i>	sar commun	
		<i>Diplodus vulgaris</i>	sar à tête noire/vérade	
		Gobiidae	gobie	pêche
		<i>Lithognathus mormyrus</i>	marbré	
		Mugilidae	Muge/mullet	
		<i>Mullus surmuletus</i>	rouget	
		<i>Pagellus</i> sp.	pageot	
		<i>Sarpa salpa</i>	saupe	pêche
		<i>Serranus scriba</i>	serran écriture	
		<i>Symphodus ocellatus</i>	crénilabre ocelé	
		<i>Symphodus roissali</i>	crénilabre à cinq taches	
		<i>Symphodus tinca</i>	crénilabre paon	

A noter l'observation de l'algue brune *Rugulopterix okamurae* dans l'herbier de posidonie, mais également sur les blocs de roches au nord de la zone d'étude (Figure 19 ()). C'est une espèce non indigène originaire du Japon, introduite en Méditerranéen dans l'étang de Thau en 2002 (Verlaque et al., 2009). L'identification a été confirmée par des prélèvements réalisés en janvier 2025 par des chercheurs du laboratoire MIO de Aix-Marseille-Université (Thierry Thibaut comm. pers.). Le point

d'observation connu le plus à l'est jusqu'à maintenant était la région marseillaise. La présence de l'algue à Saint-Mandrier-sur-Mer indique donc que l'aire de répartition de cette espèce continue de s'étendre vers l'est. Son développement est à surveiller, mais aucune action d'enlevage n'est réalisable. A Marseille, la présence de grands tapis d'algue décrochée, peuvent s'accumuler dans certaines criques et provoquer des émanations de gaz désagréable lors de sa dégradation au soleil (Figure 20). Ce point serait à surveiller dans le cas où cette espèce viendrait à devenir très recouvrante sur les habitats rocheux environnants.



Figure 19. L'algue *Rugulopterix okamurae* au milieu de l'herbier de posidonie de la plage de la Vieille à Saint-Mandrier-sur-Mer.



Figure 20. L'algue *Rugulopterix okamurae* formant de larges tapis dense sur l'habitat des biocénoses des algues infralittorales dans la région proche de Marseille (©Sandrine Ruitton).

4 Discussion et conclusion

L'herbier de posidonie de la plage de la Vieille est atypique, et constitue un récif frangeant de 177 m² en 2023. La vitalité de l'herbier de posidonie est moyenne dans la zone d'étude avec une densité caractérisée de moyenne, et une proportion de rhizomes plagiotropes en limite de tâches importante et normale. Le déchaussement est caractérisé de faible, en étant proche de 0 cm avec une valeur de 0.4 ± 0.5 cm. Le déchaussement des rhizomes de posidonie est la balance entre la croissance verticale de la plante et l'apport en sédiment dans la zone. Une valeur de déchaussement élevé indique un déficit en sédiment, alors qu'une valeur faible, comme c'est le cas dans la présente évaluation, peut indiquer un apport trop important de sédiment, que l'herbier a du mal à compenser par sa croissance verticale.

La surface de l'herbier de posidonie a régressé entre 1972 et 2003, et semble toujours être en régression entre 2003 et 2023, avec une perte estimée de l'ordre de 10 % depuis 20 ans. Le sud de la zone d'étude est le plus impacté par cette évolution négative. Ce secteur est également caractérisé par la présence de la plage de la Vieille, formée par un épi, qui provoque une accumulation de sédiment au nord de celle-ci. Cette accumulation a recouvert petit à petit la zone de matte morte de posidonie située au sud de la zone. Ce phénomène, couplé au rechargement de plage qui maintient la plage depuis les années 80, est largement visible sur les photos aériennes si l'on compare l'état de la zone en 1953, avant la mise en place de la plage (Figure 21).

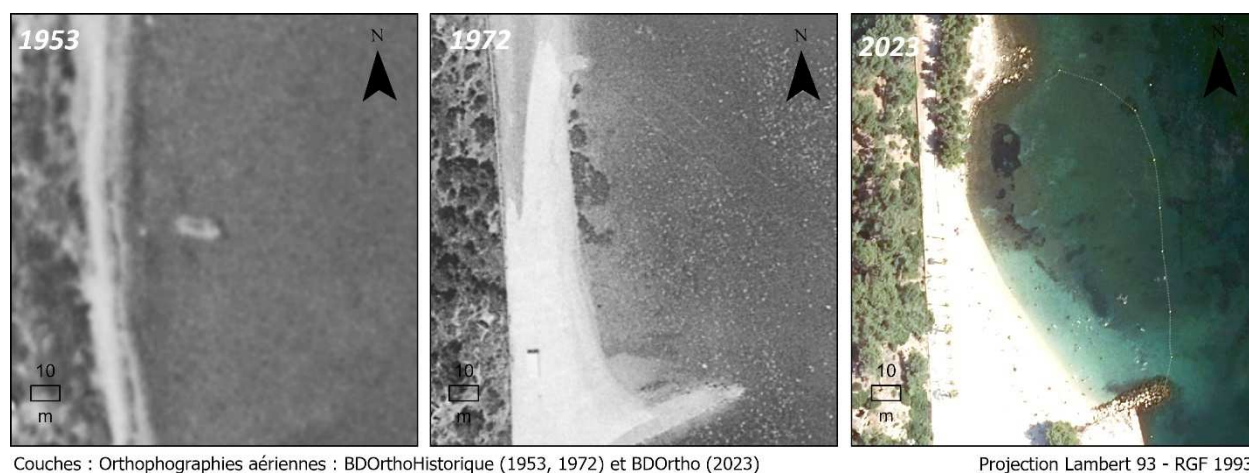


Figure 21. Orthophotographie de la zone de la plage de la Vieille avant sa création en 1953, en 1972 et en 2023 (Source IGN).

Selon la base de données MEDAM (Bottin *et al.*, 2022), les travaux d'aménagement de la plage de la Vieille ont eu lieu en 1985, mais la photo de 1972 montre déjà les prémices d'un aménagement, provoquant le recouvrement de l'herbier de posidonie. La limite du dépôt de sédiment semble coïncider avec la limite supérieure de la tâche d'herbier restante du récif frangeant étudié en 2023. Ces pratiques, communes à l'époque, sont connues pour avoir détruit de nombreux récifs barrières de posidonie dans les années 1970-1980 (Boudouresque *et al.*, 2006, Rouanet *et al.*, 2020). Spécifiquement dans la région, la posidonie était présente de manière importante dans les petits fonds de la rade de Toulon, et a subi les effets de l'aménagement du littoral, tel que la destruction du récif barrière du Mourillon à la suite de l'aménagement des plages alvéolaires directement gagné sur la mer (Astier, 1984).

Les zones d'herbier de posidonie visible en 1972, mais disparues en 2003 et en 2023, ont quant à elle pu être détruites de manière passive, mais la source de l'impact ne peut pas être identifiée clairement. Les sources sont souvent multifactorielles, et peuvent venir d'une synergie de différentes pressions physiques et chimiques, généré par exemple, par un problème de qualité de l'eau (proximité du port de

plaisance), le piétinement des usagers de la plage, le mouillage d'embarcation, un apport excessif de sédiment causé par les rechargements de plage ou l'accumulation provoquée par la modification du courant à la suite de l'aménagement de l'épi au sud de la plage. Certaines canicules marines ont également pu fragiliser l'herbier de posidonie dans les petits fonds côtiers.

Néanmoins, la zone garde un potentiel écologique important, puisque de nombreux organismes caractérisant différents compartiments de l'écosystème ont été observés, comme les filtreurs benthiques, les oursins, les détritivores et de nombreux poissons téléostéens.

En effet, l'herbier de posidonie joue un rôle clé dans le maintien de la biodiversité marine, en particulier pour les peuplements de poissons. Il constitue un habitat, un refuge et une zone de nourrissage, soutenant ainsi une grande diversité d'espèces. Les juvéniles y trouvent une protection contre les prédateurs, tandis que les adultes exploitent ses ressources alimentaires pour leur survie. De nombreux juvéniles de pageot *Pagellus* sp. tous juste installés ont été observés dans la zone du récif frangeant en décembre, période naturelle d'installation des post-larves de cette espèce. Des juvéniles de marbrés *Lithognathus mormyrus* ont également été observés sur les petits fonds hétérogènes.

La présence de juvéniles et d'adultes varie naturellement selon les espèces, en fonction de l'habitat et de la période d'observation. Au printemps, arrivent les juvéniles de *Diplodus sargus* qui colonisent des habitats composés de graviers, de galets et/ou de sables entre 0 et 0.5 m de profondeur (Vigliola, 1998) et les juvéniles de *Symphodus roissali*. En début d'été, les crénilabres *Symphodus ocellatus* et *Symphodus tinca* recrutent dans les habitats de nurseries naturelles (Lejeune, 1985). Les arrivées de juvéniles de *Diplodus vulgaris* sont observées en hiver (Vigliola, 1998). En grandissant, les juvéniles colonisent des habitats plus variés et de plus en plus profonds.

La mosaïque d'habitat présente dans la zone, mêlant petits fonds hétérogènes, herbier de posidonie et blocs de roches permettent à de nombreuses espèces, juvéniles et adultes d'utiliser l'espace à différents stades de leur vie. La présence de nombreux juvéniles va aussi avoir un effet sur la présence de poissons piscivores qui vont pouvoir se nourrir. A ce titre, des individus de loup *Dicentrarchus labrax*, de plus de 50 cm ont été observés dans la zone lors de la prospection en plongée libre, en dehors des comptages visuels réalisés par transects. Malgré la petite surface d'herbier de la zone, l'intérêt écologique du site reste important d'un point de vue fonctionnel pour de nombreux compartiments de l'écosystème.



Figure 22. Panneau de sensibilisation de la plage de la Vieille indiquant la présence du récif frangeant de posidonie.

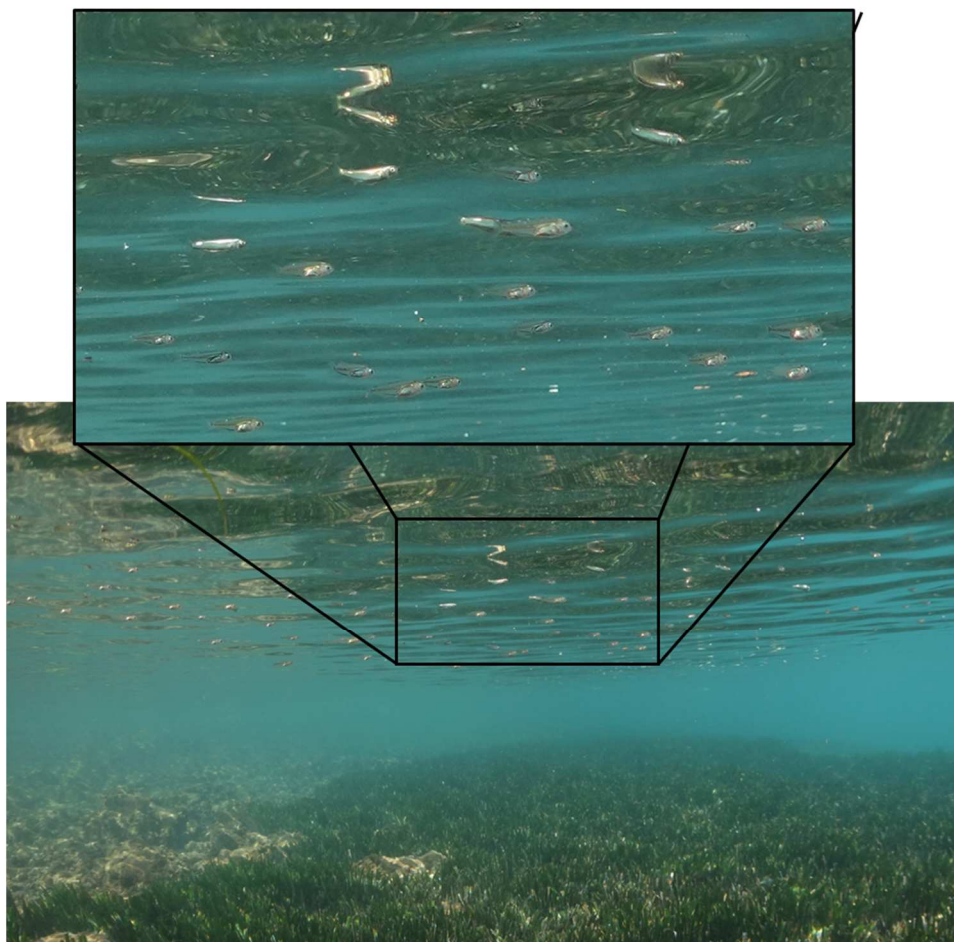


Figure 23. Bancs de plusieurs dizaines de pageots Pagellus sp. observés sur le récif frangeant de la plage de la Vieille.

La gestion d'un tel site est primordiale, afin de garder l'intégrité de la mosaïque d'habitat présente en 2024 et dans les années futures. La progression de la tache de posidonie observée dans sa partie nord est un signe encourageant du bon état de vitalité de l'herbier. La sensibilisation du grand public, tel qu'elle est faite actuellement avec la mise en place de panneaux informatifs (Figure 22) est importante et doit être maintenue. Cette action devrait permettre de minimiser les risques d'abrasion superficielle de l'herbier lié au piétinement des usagers de la plage. Certaines informations erronées de ce panneau mériteraient néanmoins quelques ajustements, puisque ce ne sont pas seulement 5 récifs barrière de posidonie qui persistent actuellement, mais tout de même 62 à l'échelle de la méditerranée française.

Le maintien du balisage, peut permettre aux usagers d'identifier le lieu et il peut être intéressant de le maintenir.

A la vue des résultats de l'évolution de la surface de l'herbier de posidonie dans la zone, et des résultats des mesures de déchaussement considéré comme faible, indiquant un apport plutôt important de sédiment dans l'herbier, et pouvant être une des causes probables de la régression dans le sud de la zone d'étude, il semble important de réfléchir à la gestion directe de la plage, et à l'utilisation du moins possible d'actions de rechargement en sédiment. Il convient de rappeler ici que l'herbier constitue un piège à sédiments, que la croissance des rhizomes orthotropes (verticaux) permet normalement de



compenser l'apport de sédiment, mais que si cet apport dépasse une épaisseur de 5-7 cm/an (même ponctuellement), il n'est plus compensé par la croissance des rhizomes : les points végétatifs sont alors ensevelis et *Posidonia oceanica* meurt (Boudouresque *et al.*, 2006). La proximité de quelques mètres de cet herbier de posidonie avec la plage maximise les risques liés à ce genre de pratique, et la balance entre la protection de cet habitat et la volonté de maintenir la plage de cette manière doit être trouvée pour pouvoir conserver ce récif frangeant dans la zone.

Une idée de gestion, mêlant sensibilisation du jeune public et protection de la zone pourrait être de proposer de gérer ce récif frangeant comme une Aire Marine Educative (AME). Une AME est une petite zone littorale gérée de manière participative par les élèves d'une ou plusieurs classes de cycle 3 (CM1, CM2, 6^e) et/ou cycle 4 (5^e, 4^e, 3^e). Cette démarche pédagogique et éco citoyenne a pour but de sensibiliser le jeune public à la protection du milieu marin mais également de découvrir ses acteurs. L'AME repose sur une classe d'élèves, mais aussi sur un binôme structurant : enseignant.e-référent technique. Habituellement, les AME sont mises en place à l'initiative d'un enseignant qui doit contacter la mairie de sa commune pour lui présenter le projet. La mairie de Saint-Mandrier-Sur-Mer, dans la volonté de préserver ce site, pourrait demander si certains enseignants de sa commune seraient prêts à porter un tel projet avec ces élèves. Le collège Louis Clément situé à proximité de la plage de la Vieille (20 minutes à pied) pourrait être une cible privilégiée. Les informations liées à la création des AME sont disponibles sur le site de l'Office Français de la Biodiversité (<https://www.ofb.gouv.fr/les-aires-marines-educatives>) et des aides techniques et financières existent pour aider à les mettre en place.

Le pas de temps d'un suivi de l'évolution de la surface d'herbiers de posidonie doit être réalisé sur du moyen terme. Un pas de temps autour de 5 ans peut être proposé pour ce suivi, indépendamment de tout travaux d'aménagement lié au renforcement d'ouvrage ou de rechargement de plage qui se rajouterait ponctuellement à cette évaluation. A titre d'exemple, le récif barrière de la baie d'Agay est suivi tous les 5 ans. Si l'utilisation des orthophotographies aériennes est jugée satisfaisante pour la suite du suivi (compromis entre le prix de la donnée gratuite, et la précision de l'image), un pas de temps de 3 ou 6 ans peut être également proposé afin de se caler sur les périodes d'acquisition de l'IGN (prochaines campagnes d'acquisition pour le Var prévues pour 2026 et 2029).

Malgré la régression de l'herbier de posidonie constatée depuis plus de 50 ans dans la zone, de nombreux points positifs sont observés, comme la progression d'une certaine partie de l'herbier frangeant, montrant des signes encourageant pour l'avenir, ainsi que la fonctionnalité importante de la zone grâce aux différentes interfaces et mosaïques d'habitats retrouvés, et doivent être mis en avant pour maintenir, voire construire de nouvelles initiatives dans le secteur.



5 Références bibliographiques

Astier J.M., 1984. Impact des aménagements littoraux de la rade de Toulon, liés aux techniques d'endiguage, sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. eds. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 255-259.

Bonhomme D., Boudouresque C.F., Astruch P., Bonhomme J., Bonhomme P., Goujard A., Thibaut T., 2015. Typology of the reef formations of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*, and the discovery of extensive reefs in the Gulf of Hyères (Provence, Mediterranean), Scientific Reports of Port-Cros national Park. 29 : 41-73.

Borrini-Feyerabend G., Dudley N., Jaeger T., Lassen B., Pathak Broome N., Phillips A., Sandwith T., 2013. Gouvernance des aires protégées : de la compréhension à l'action. Collection des lignes directrices sur les meilleures pratiques pour les aires protégées N°20 ; Gland, Suisse : IUCN. Xvi + 124 p. ISBN : 978-2-8317-1653-4.

Bottin L., Meinesz A., Garcia D. et Boulinguez R. 2022. MEDAM 2020-2021, Maintenance et amélioration de la base de données en ligne www.medam.org sur le cumul des aménagements gagnés sur la mer devant les côtes françaises de la Méditerranée. Ed. Lab. ECOSEAS CNRS UMR 7035, Université Côte d'Azur, 197 pp.

Boudouresque C.F., Meinesz A., 1982. Découverte de l'herbier de posidonie. Parc national de Port-Cros publ., Hyères : i-iii + 1-79.

Boudouresque C.F., Augier H., Belsher T., Coppejans E., Perret M., 1975. Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc National). X. La régression du récif-barrière de posidonies. Travaux Scientifiques du Parc National de Port-Cros, 1, 41-46.

Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. Ramoge publ., Monaco, 1-200.

Boudouresque C.F., Bonhomme D., Astruch P., Bonhomme P., Goujard A., Thibaut T., 2014. Insight into the typology of reef formations of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. Proceedings of the 5th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Portorož, Slovénie, 27-28 octobre 2014). Langar H., Bouafif C., Ouerghi A. (eds.), RAC/SPA publ., Tunis : 58-63.

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 Diréach L., 2000. *Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Première partie : présentation et guide méthodologique. Seconde partie : résultats du suivi 2000*. Région PACA/Agence de l'Eau RMC/GIS Posidonie/CQEL13/CQEL83/Conseil Général 06. GIS Posidonie publ., Marseille : 1-76 + 1-129.

Gacia E., Duarte C. M., 2001. Sediment retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow: the balance between deposition and resuspension. *Estuarine, Coastal and Shelf science*, 52(4), 505-514.

Jeudy De Grissac A., Boudouresque C. F., 1985. Rôle des herbiers de phanérogames marines dans les mouvements des sédiments côtiers : les herbiers à *Posidonia oceanica*. Colloque Franco-Japonais d'Océanographie Marseille, 1, 143-151.

La Rivière M., Michez N., Delavenne J., Andres S., Fréjefond C., Janson A-L., Abadie A., Amouroux J-M., Bellan G., Bellan-Santini D., Chevaldonné P., Cimiterra Nicolas, Derolez Valerie, Fernex T., Fourt M., Frisoni F., Grillas P., Harmelin J-G., Jordana E., Kleszczewski M., Labrune C., Mouronval J-B., Ouisse Vincent, Palomba L., Pasqualini V., Pelaprat C., Pérez T., Pergent g G., Pergent-Martini c C.,



Sartoretto Stephane, Thibaut T., Vacelet J., Verlaque M. (2021). *Fiches descriptives des biocénoses benthiques de Méditerranée*. Ref. UMS PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), Paris : 660 p. UMS PatriNat.

Le Diréach L., Astruch P., Rouanet E., Cheminée A., Goujard A., Chassaing L., Jouvenel J.Y., Thibaut T., Blanfuné A., Ruitton S., Bonhomme D., Harmelin-Vivien M., 2015. *Programme NUhAGE : nurseries, habitats, génie écologique. Rapport final*. Contrat GIS Posidonie – MIO - P2A développement / Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse – Conseil Général du Var, 1-146.

Le Diréach L., de Monbrison D., Astruch P., Cantou M., Guilloux L., Bonhomme D., Ruitton S., Fourt M., Martin V., Dufour V., 2010. Peuplements de poissons et qualité environnementale des ports de plaisance en Méditerranée (Rapport final). Convention Fondation d'Entreprise TOTAL pour la Biodiversité et la Mer – GIS Posidonie/BRL/Université Montpellier2/CNRS. GIS Posidonie publ : 1-192.

Michez N., Fourt M., Aish A., Bellan G., Bellan-Santini D., Chevaldonné P., Fabri M.-C., Goujard A., Harmelin J.-G., Labrune C., Pergent G., Sartoretto S., Vacelet J., Verlaque M., 2014. Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée. Version 2. Rapport SPN 2014 - 33, MNHN, Paris, 26 pages.

Molinier R., Picard J., 1952. Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Annales de l'Institut océanographique*, 27 (3), 157-234.

Ourgaud M., 2015. Influence des apports anthropiques sur les flux de carbone et de contaminants dans les réseaux trophiques de « poissons » de l'écosystème à *Posidonia oceanica*. Thèse de doctorat, spécialité océanographie, Aix-Marseille Université, Marseille, France, 352 p.

Pérès J. M., Picard J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume*, 31 (47), 3-137.

Pergent G., Leonardini R., Lopez Y Royo C., Mimault B., Pergent-Martini C., 2008. *Mise en œuvre d'un Réseau de Surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse – Rapport de synthèse 2004-2008*. Contrat Office de l'Environnement de la Corse et GIS Posidonie Centre de Corse, GIS Posidonie Publ., Corte : 1 - 273.

Pergent-Martini C., Pergent G., 2010. Propositions de lignes directrices pour la standardisation des méthodes de cartographie et de surveillance des magnoliophytes marines en Méditerranée. PNUE-PAM-CAR/ASP, Contrat N°72/2009, Tunis : 1 – 66.

Personnic S., Boudouresque C. F., Astruch P., Ballesteros E., Blouet S., Bellan-Santini D., Bonhomme P., Thibault-Botha D., Feunteun, E., Harmelin-Vivien M., Pergent G., Pergent-Martini C., Pastor J., Poggiale J.C., Renaud F., Thibaut T., Ruitton S., 2014. An ecosystem-based approach to assess the status of a Mediterranean ecosystem, the *Posidonia oceanica* seagrass meadow. *Plos One*, 9(6), e98994.

Rouanet E., Goujard A., Barralon E., Boudouresque C-F., Boursault M., Boussard A., Larroude P., Meulé S. Paquier A-E., Pergent-Martini C., Pergent G., Schohn T., 2019. Inventory and mapping of the *Posidonia oceanica* reefs of the French Mediterranean Coast. *Proceedings of the 6th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation* (Antalya, Turquie, 14-15 janvier 2019). Langar H., Ouerghi A. (eds.), RAC/SPA publ., Tunis : 129-130.

Rouanet E., Paquier A-E., Barralon E., Boursault M., Boussard A., Brodu N., Schohn T., Belloni B., Le Diréach, Goujard A., Boudouresque C-F., Larroude P., Meule S., Pergent G., Pergent-Martini C., 2020. Programme CANOPé : CARtographie, fonctionnalités de Nurserie et de protection contre l'érosion côtière des récifs de Posidonie, vulnérabilité face aux changements globaux. Convention Agence de l'Eau RMC, Commission européenne – Life MARHA, Région SUD, Uffiziu di l'Ambiente di a Corsica/Office de l'Environnement de la Corse, Institut océanographique Paul Ricard, Fondation Nature



& Découverte et GIS Posidonie, Aix-Marseille Université CEREGE et MIO, Université Grenoble-Alpes LEGI. GIS Posidonie Publ., Marseille : 1-237.

Ruíz J. M., Boudouresque C. F., Enríquez S., 2009. Mediterranean seagrasses. *Botanica Marina*, 52(5), 369-381.

UNESCO, 1973. Actes de la 17e Conférence générale de l'Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture, 1972. Paris. Volume 1, Résolution et Recommandations.

Vacchi M., Montefalcone M., Schiaffino C. F., Parravicini V., Bianchi C. N., Morri C., Ferrari M., 2014. Towards a predictive model to assess the natural position of the *Posidonia oceanica* seagrass meadows upper limit. *Marine Pollution Bulletin*, 83(2), 458-466.

Verlaque, M., Steen, F., & De Clerck, O., 2009. *Rugulopteryx* (Dictyotales, Phaeophyceae), a genus recently introduced to the Mediterranean. *Phycologia*, 48(6), 536-542.

Vigliola, L., 1998. Contrôle et régulation du recrutement des Sparidae (Poissons, Téléostéens) en Méditerranée : importance des processus pré- et post-installation benthique (thesis).