

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

**SITES NATURA
2000 « POSIDONIES
DE LA COTE
PALAVASIENNE »
ET « COURS
INFÉRIEUR DE
L'AUDE »**

Agence Française
pour la Biodiversité

Décembre 2018

Caractérisation des
habitats des substrats
durs



biotopie



Maître d'ouvrage		Agence française pour la biodiversité Antenne Méditerranée 26 rue de la république 13001 MARSEILLE	
Interlocuteur	Noémie FRACHON, Boris DANIEL, Peggy Sargian, Elodie Damier Chargés de mission Méditerranée	noemie.frachon@afbiodiversite.fr boris.daniel@afbiodiversite.fr peggy.sargian@afbiodiversite.fr elodie.damier@afbiodiversite.fr	
Biotope, Responsable du projet	Thomas Menut, Directeur d'études	Contact : tmenut@biotope.fr Tél : 04 67 18 37 91 ; 06 24 47 75 55	
Biotope, Responsable de qualité	Lucas Bérenger	Contact : lberenger@biotope.fr	
Seaviews, Responsable du projet	Arnaud Abadie	Contact : abadie@seaviews.fr	
Seaviews, Responsable de qualité	Christophe Viala	Contact : viala@seaviews.fr	
Citation recommandée	Biotope, Seaviews 2018, Sites Natura 2000 « Posidonies de la côte palavasiennne » et « Cours inférieur de l'Aude ». Caractérisation des habitats des substrats rocheux. AFB : 97 p.		
Version/Indice	V1		
Date	15/12/2018		
Nom de fichier	Texte Etude N2000 substrat rocheux. Biotope - Seaviews v1Final		
N° de contrat	Biotope : 2018 610 Seaviews : R/18/018 du 25/10/2018		

Sommaire

1	Problématique et objectifs de l'étude	9
2	Méthodologie	11
2.1	Aires d'étude	11
2.1	Equipe de travail	11
2.2	Bibliographie et consultations	14
2.3	Dates de prospections de terrain	14
2.4	Méthodologie d'acquisition et d'analyse des données physiques – Cartographie des substrats durs (Seaviews)	15
2.5	Méthodes d'acquisition des données biologiques (Biotope)	23
3	Présentation des sites Natura 2000 étudiés	35
3.1	Les sites Natura 2000 en France	35
3.2	Les sites Natura 2000 de la présente étude	37
4	Résultats bruts	39
4.1	Levés au sondeur multifaisceaux (Seaviews)	39
4.2	Vérités terrain	41
4.3	Localisation des sites de plongée et méthodologies appliquées (Biotope)	42
5	Résultats cartographiques (Seaviews)	46
5.1	Cours inférieur de l'Aude	46
5.2	Posidonies de la côte palavasienne	51
6	Analyse par méthode employée (Biotope)	61
6.1	Méthode EBQI	61
6.2	Méthode d'évaluation des recouvrements biologiques (inspiré de RECOR)	66
6.3	Méthode Gorgone	75
6.4	Photogrammétrie	79
6.5	Caméra filaire	85
6.6	Recensement de la diversité ichtyologique	86
7	Discussion	88
7.1	Méthode d'acquisition des données physiques pour la réalisation des cartes d'habitats marins (Seaviews)	88
7.2	Distinction entre les 2 habitats « roche à algues » et « coralligène »	89
7.3	Perspicacité des méthodes pour le suivi des habitats rocheux – Améliorations possibles (Biotope)	97
7.4	Proposition de suivis de l'habitat rocheux des sites Natura 2000 du Languedoc	110
8	Livrables des données géoréférencées (Seaviews)	113
8.1	Site « Cours inférieur de l'Aude »	113
8.2	Site « Posidonies de la côte palavasienne »	113
9	Bibliographie consultée	115

Annexes

Annexe 1 : Caractéristiques des plongées effectuées et méthodes appliquées	117
Annexe 2 : Caractéristiques des paramètres RECOR	118
Annexe 3 : Liste initiale des espèces coralligènes	120
Annexe 4 : Première liste proposée pour l'analyse des substrats durs d'Occitanie	123
Annexe 5 : Espèces de poissons contactés, classement par occurrence	128

Tableaux

Tableau 1 : L'équipe Biotope et les intervenants extérieurs	11
Tableau 2 : L'équipe Biotope et les intervenants extérieurs	14
Tableau 3 : Critères pour attribuer un indice de confiance (IDC) à la donnée utilisée pour évaluer chaque compartiment biologique et le calcul de l'EBQI.	24
Tableau 4 : Cours inférieur de l'Aude – Méthodes effectuées	42
Tableau 5 : Posidonies de la côte palavasioise – Méthodes effectuées	43
Tableau 6 : Surfaces occupées par les différents types de substrat dur sur le site « Cours inférieur de l'Aude ».	49
Tableau 7 : RECOR : Pourcentage de recouvrement – Major category	67
Tableau 8 : Photogrammétrie : résumé technique	79
Tableau 9 : Exemple de tableau de mention d'espèces particulières sur protocole RECOR modifié	101
Tableau 10 : Propositions de suivis pour les 2 sites Natura 2000 étudiés	110
Tableau 11 : Suivis des 2 sites Natura 2000 : Effort en nombre de plongées annuelles	111
Tableau 12 : Livrages SIG site audois	113
Tableau 13 : Livrages SIG site palavasiois	113

Figures

Figure 1 : Fiches actions à l'origine de cette étude (issues des DOCOB des 2 sites en question)	9
Figure 2 : Carte de localisation des zones d'étude	13
Figure 3 : Principe de combinaison de données bathymétriques issues d'un lidar bathymétrique et d'un sondeur multifaisceaux.	15
Figure 4 : Principe de fonctionnement du lidar bathymétrique.	16

Figure 5 : Principe de fonctionnement du sondeur multifaisceaux.	17
Figure 6 : Le Seaviews One	17
Figure 7 : Filtrage des faux échos dans le logiciel ViewSMF de Seaviews.	19
Figure 8 : Exemple de la différence de qualité entre a) une image sans traitement et b) une image avec traitement « snippets ».	20
Figure 9 : Exemple de détection d'herbiers sous-marins, de roches et de récifs artificiels avec l'indice BATCLAS.	21
Figure 10 : Exemple de visualisation des vérités terrain et de leur fiche synthétique avec Google Earth	22
Figure 11 : Relevé sous l'eau, méthode Gorgone	30
Figure 12 : Principe de reconstruction d'un objet 3D par photogrammétrie.	30
Figure 13 : Visualisation dans le logiciel ViewMap (développé par Seaviews) des points de correspondances entre deux photos (croix rouges).	31
Figure 14 : Reconstitution du nuage de points de correspondance d'une épave d'avion sous VisualSFM. Le trajet parcouru durant la prise des photos est visible grâce aux miniatures des images.	32
Figure 15 : Matériel Caméra filaire, câble et écran de contrôle	34
Figure 16 : Localisation des Sites Natura 2000 en France	35
Figure 17 : Site Natura 2000 en Corse et de la baie du Mont-Saint-Michel. Photos : © Arnaud Abadie	36
Figure 18 : a) Herbier à <i>Posidonia oceanica</i> en Méditerranée ; b) Inventaires biologiques en plongée sous-marine. Photos : © Arnaud Abadie.	36
Figure 19 : Localisation du site Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude » FR9101436.	37
Figure 20 : Localisation du site Natura 2000 « Posidonies de la côte palavasienne » FR9101413. Source : Agence française pour la biodiversité.	38
Figure 21 : Zones et trajectoires des levés au sondeur multifaisceaux sur le site « Cours inférieur de l'Aude ».	39
Figure 22 : Zones et trajectoires des levés au sondeur multifaisceaux sur le site « Posidonies de la côte palavasienne ».	40
Figure 23 : Points de vérité terrain sur le site « Cours inférieur de l'Aude »	41
Figure 24 : Points de vérité terrain sur le site « Posidonies de la côte palavasienne »	41
Figure 25 : « Cours inférieur de l'Aude : localisation des méthodes mises en œuvre	44
Figure 26 : Posidonies de la côte palavasienne : localisation des méthodes mises en œuvre	45
Figure 27 : Carte de la réflectivité acoustique du site « Cours inférieur de l'Aude » réalisé durant cette étude.	46
Figure 28 : Carte de l'indice de rugosité BATCLAS du site « Cours inférieur de l'Aude ».	47

Figure 29 : Comparaison des deux cartographies disponibles : celle de Andromède Océanologie (2012) à gauche et celle de la présente étude à droite.	48
Figure 30 : Carte des biocénoses marines du site « Cours inférieur de l'Aude ».	50
Figure 31 : Carte bathymétrique (résolution 1 m) issue de la fusion des données lidar et sondeur multifaisceaux du site « Posidonies de la côte palavasienne ».	51
Figure 32 : Image de réflectivité du fond issue du sondeur multifaisceaux au large de Frontignan/Aresquiers sur le site « Posidonies de la côte palavasienne ».	52
Figure 33 : Image de réflectivité du fond issue du sondeur multifaisceaux au large de Maguelone sur le site « Posidonies de la côte palavasienne ».	52
Figure 34 : Image de réflectivité du fond issue du sondeur multifaisceaux au large de Palavas sur le site « Posidonies de la côte palavasienne ».	53
Figure 35 : Carte de l'indice de rugosité BATCLAS (résolution 1 m) issue de la fusion des données lidar et sondeur multifaisceaux du site « Posidonies de la côte palavasienne ».	54
Figure 36 : Identification des différentes parties constituant un « paléo-étang » situé au large entre Palavas et Carnon	55
Figure 37 : Carte des biocénoses marines du site « Posidonies de la côte palavasienne »	57
Figure 38 : Comparaison des deux cartographies disponibles sur la zone de Frontignan : celle d'Andromède Océanologie de 2007 (à gauche) et celle de la présente étude (à droite).	59
Figure 39 : Comparaison des deux cartographies disponibles sur la zone de Palavas : celle d'Andromède Océanologie de 2007 (en haut) et celle de la présente étude (en bas).	60
Figure 40 : Rappel des intervalles de classes pour qualifier l'état écologique de l'écosystème substrat dur	61
Figure 41 : Diagramme camembert : taux de recouvrement par grandes catégories, Cours inférieur de l'Aude, 2 transects	66
Figure 42 : Diagramme camembert : proportion de chaque genre d'algue rouge encrustante	67
Figure 43 : Diagramme camembert : comparaison entre 2 plongées audoises, avec la couche de dépôt ou après un nettoyage de cette couche	68
Figure 44 : Aude, plongée 1, dépôt laissé – Plongée 3, dépôt « nettoyé »	68
Figure 45 : Diagramme camembert : taux de recouvrement par grandes catégories, substrat dur du site N2000 Posidonies de la côte palavasienne, 7 transects plans	69
Figure 46 : Aresquier Novosite – Aresquier Axinelles	70
Figure 47 : Aresquier Langoustier	71
Figure 48 : Palavas Virage – Palavas Suchard	72
Figure 49 : Palavas Esclops	72
Figure 50 : Maguelone Canyon	73

Figure 51 : Aresquiers Tombant – Aresquiers Sardineaux	73
Figure 52 : Aresquiers Novosite	74
Figure 53 : 3 Secteurs explorés de la roche affleurante du site Natura 2000 Cours inférieur de l'Aude	78
Figure 54 : Un coralligène identifié sans ambiguïté, Pointe Escampobariou, Hyères, Var, -34m	90
Figure 55 : Illustration de deux habitats à gorgones sur plateaux rocheux, assez similaires malgré leur disparité géographique (Côte rocheuse du Gabon ; côte atlantique nord de Cuba)	90
Figure 56 : Plateau rocheux des fonds languedociens : un air de famille avec d'autres sites atlantiques pourtant très éloignés	91
Figure 57 : Illustration de la diversité recensée en poissons lors de plongées récurrentes sur un site unique (Marseillan (Hérault), avant-port), entre 2015 et 2018.	109

Introduction

En Europe, la gestion des espèces et habitats marins est juridiquement encadrée par 3 directives : la Directive Habitat Faune Flore (DHFF ; Habitats Directive, Council Directive 92/43/EEC), la Directive Oiseaux (DO, Birds Directive 2009/147/CE) et la Directive Cadre Stratégie Milieu Marin (DCSMM ; MSFD 2008/56/EC).

L'objectif de la DCSMM est de conduire les États membres de l'Union européenne à prendre les mesures nécessaires pour réduire les impacts des activités humaines sur le milieu marin afin de réaliser ou de maintenir un bon état écologique de ce milieu au plus tard en 2020.

Le « bon état écologique » du milieu marin est défini dans cette Directive comme étant « ...l'état écologique des eaux marines tel que celles-ci conservent la diversité écologique et le dynamisme d'océans et de mers qui soient propres, en bon état sanitaire et productifs dans le cadre de leurs conditions intrinsèques, et que l'utilisation du milieu marin soit durable, sauvegardant ainsi le potentiel de celui-ci aux fins des utilisations et activités des générations actuelles et à venir ».

La Région Occitanie recèle un certain nombre de sites Natura 2000 en mer, qui possèdent tous leur Document d'Objectifs (DOCOB). Pour chaque site, ce document contient un état initial environnemental et des usages, une synthèse des objectifs à atteindre et un plan d'action décliné généralement sous forme de fiches actions dotées d'une priorité d'intervention.

La présente étude s'inscrit dans le cadre de l'application des fiches action de 2 sites Natura 2000 proches, dont les DOCOB ont été validés par leur Comité de Pilotage respectif, et pour lesquels un sujet commun a été exprimé : acquisition de connaissances pour les substrats rocheux à algues photophiles et l'habitat générique « récifs » (les substrats durs).

1 Problématique et objectifs de l'étude

La demande initiale, exprimée dans le CCTP produit par l'Agence Française pour la Biodiversité :

- Production d'une carte réactualisée des biocénoses rocheuses et coralligènes ;
- Caractérisation fine de ces habitats et des pressions qu'ils subissent ;
- Evaluation de leur état de conservation ;
- Proposition d'un protocole de suivi de ces habitats dans le cadre d'une surveillance à moyen et long terme.

Les 2 fiches actions issues des documents d'objectifs de ces 2 sites Natura 2000 sont les suivantes :

Habitats et espèces d'intérêt communautaire justifiant l'action	Coralligène (1170-14)	Habitats et espèces d'intérêt communautaire justifiant l'action	Coralligène (1170-14)
Contexte	Dans le cadre de l'état des lieux écologique, cet habitat à fait l'objet d'une étude à dire d'experts (ADENA) afin d'identifier les secteurs à coralligène et leur état de conservation. Cette étude a mis en évidence un coralligène très localisé et dont le développement reste relativement faible.	Contexte	Suite au diagnostic écologique effectué en 2012, le banc rocheux de Vendres a été cartographié par sonar. Cependant, même si sa nature rocheuse est certaine, la présence de l'habitat Coralligène a été estimée par observation directe en plongée, mais la validation de celui-ci sur l'ensemble du banc nécessite des travaux complémentaires. Un suivi permettra d'observer son évolution et de déterminer si des mesures opérationnelles de restauration ou de préservation sont à mettre en place. Il faut également notifier que l'habitat subit un engorgement important induit par les apports de l'Aude et par la remise en suspension des sédiments par les courants de fond.
Menaces potentielles	Ancrage ; aménagement et urbanisation du littoral ; mauvaise qualité des eaux ; dégradation mécanique ; modification des apports sédimentaire ; espèces invasives	Menaces potentielles	Ancrage ; aménagement et urbanisation du littoral ; mauvaise qualité des eaux ; dégradation mécanique ; modification des apports sédimentaire ; espèces invasives
Objectifs de l'action	Poursuivre l'acquisition de connaissance sur cet habitat et s'assurer de sa présence sur le site Natura 2000 ; évaluer l'état de conservation initial de cet habitat	Objectifs de l'action	Cette action vise à confirmer la présence de l'habitat Coralligène sur le banc rocheux du site afin de qualifier son état de conservation ainsi que son « faciès ». De mettre en place un suivi et en fonction de sa qualification et de son état, de mener une réflexion sur la nécessité de mesures de conservation.

Figure 1 : Fiches actions à l'origine de cette étude (issues des DOCOB des 2 sites en question)

Au terme de la réunion de lancement, le 29 mai 2018, les objectifs ont été partiellement modifiés du fait des conclusions suivantes aux discussions :

- l'habitat coralligène, s'il existe, n'est que très ponctuel à la faveur des zones sombres, donc des parois verticales, des dévers ou de failles et cavités. Il est illusoire de penser qu'il sera cartographiable de manière automatique (même avec des vérités terrains) ;
- Par contre, on peut considérer ces habitats rocheux dans une colonne d'eau de 5 à 30 m et arrosés par les eaux chargées du Rhône comme étant typique du Golfe du Lion, spécificité dont il faut alors tenir compte.

Ainsi, les objectifs au démarrage de l'étude ont été exprimés comme suit :

- Disposer d'un état initial (même s'il n'est pas exhaustif en termes de couverture spatiale et d'exhaustivité) propre qui permette de partir sur de bonnes bases de travail comparatives pour la suite. Dit autrement, l'objectif final est de poser les bases d'un suivi à long terme pour les deux sites → favoriser la qualité des stations d'observation plutôt que le nombre :
 - o Cartographie ré-actualisée, qui pourra être plus précise depuis les premières cartes initiées en 2010-2011, par la réalisation de nouvelles campagnes de levés acoustiques et de vérité terrain ;

- Compréhension des composantes biologiques de cet habitat rocheux dominant.
- Mieux caractériser les habitats rocheux, afin d'en définir et d'en justifier l'intérêt auprès du public, des instances dirigeantes, etc.
- Tester les méthodes de caractérisation de ces habitats les plus adéquates afin d'être en mesure de proposer les suivis les plus pertinents, en se rapprochant si possible des protocoles EBQI (voir principe dans le chapitre « Méthodologie ». Retour d'analyse sur leur facilité de mise en œuvre et d'exploitation des données.

Organisation du groupement

Afin de répondre aux exigences du marché requérant à la fois la réalisation d'inventaires biologiques et l'acquisition de nouvelles cartographies des habitats de substrat durs, les sociétés Biotope et Seaviews se sont associées afin de coupler leurs compétences et expériences respectives. Les deux sociétés se sont réparties les travaux à réaliser de la manière suivante :



SEAVIEWS : acquisition, traitement, synthèse, validation et restitution des données cartographiques des habitats de substrats durs.



BIOTOPE : inventaires biologiques en plongée sous-marine, évaluation de l'état écologique, synthèse et restitution des données faunistiques et floristiques.

2 Méthodologie

2.1 Aires d'étude

Voir carte ci-dessous

L'aire d'étude générale est constituée par les 2 sites Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude » et « Posidonies de la côte palavasienne ».

Au sein de cette aire d'aire, nous avons restreint nos examens *in situ* aux substrats durs, objet de la demande.

- Pour l'établissement de la cartographie à l'aide du sonar multifaisceau (Seaviews), c'est cette zone qui a été travaillée
- En revanche ces habitats représentent encore des surfaces beaucoup trop grandes pour le déploiement des méthodologies autour des biocénoses. Nous avons donc plus particulièrement étudié en plongée :
 - o Pour l'Aude (sur les 57 ha de substrats durs), quelques points orientés nord-sud, sélectionnés après exploration par caméra filaire
 - o Pour la côte héraultaise, un échantillonnage plus ventilé :
 - 3 sous-secteurs (Palavas, Maguelone, Frontignan) ;
 - Plusieurs profondeurs (dans la mesure du possible) par sous-secteur ;
 - Position centrale ou en bordure par rapport à des massifs ;
 - Choix autre, selon discussion avec plongeurs professionnels, en fonction des descriptions faites des structures paysagères.

Une carte de chaque site Natura 2000 indique les stations explorées (dans le chapitre 4).

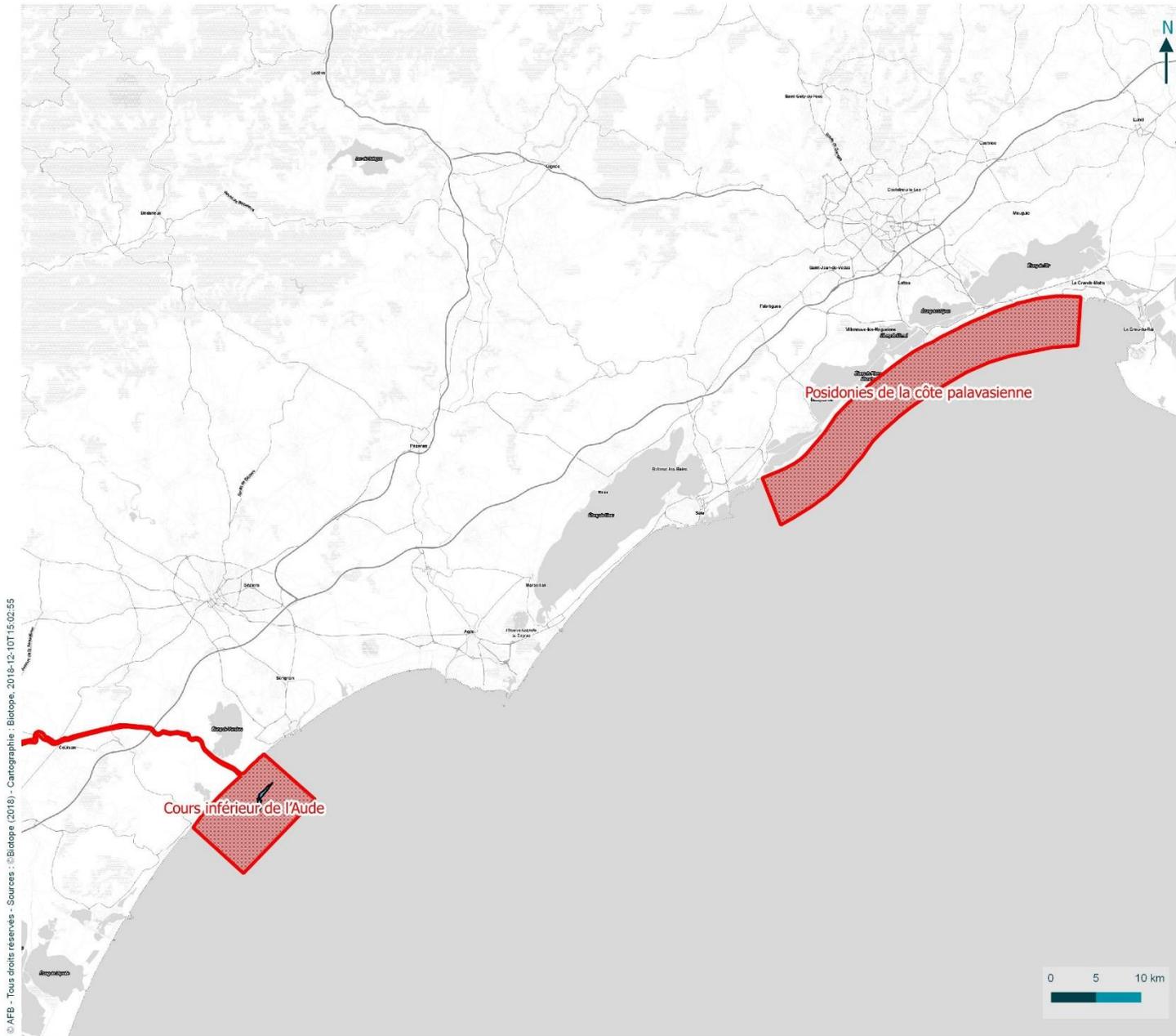
2.1 Equipe de travail

La constitution d'une équipe pluridisciplinaire a été nécessaire dans le cadre de cette étude afin de réaliser les prospections sur la zone d'étude et réaliser les analyses.

Tableau 1 : L'équipe Biotope et les intervenants extérieurs

Domaine d'intervention	Personnel
Biotope	
Chef de projet-expert naturaliste, plongeur 1	Thomas MENUT
Expert naturaliste et plongeur 2	Lucas BERENGER
Cartographie	Lucas BERENGER, Yveline NAVARRO
Recueil des données et premières analyses	Auriane SERVAL (stage Master 1)
Seaviews	
Chef de projet, plongeur	Arnaud ABADIE

Domaine d'intervention	Personnel
Chef de projet, développeur	Christophe VIALA
Assistant chef de projet junior	Aymeric METZ
Autres intervenants	
Plongeur 3	Stéphanie BRUNELLE, Plongée Passion (Frontignan)
Plongeur 4	Yoann DENIS, indépendant



Localisation des zones d'étude

Caractérisation des habitats de substrat rocheux des sites Natura 2000 "Posidonies de la côte palavasienne" et "Cours inférieur de l'Aude"

Zones d'étude

 Natura 2000 - SIC concernés

des habitats des

Figure 2 : Carte de localisation des zones d'étude

2.2 Bibliographie et consultations

Parallèlement aux investigations de terrain, une collecte des données bibliographiques a été menée afin de bien comprendre le contexte et les enjeux en termes de faune et de flore marine, mais aussi les méthodes appliquées ou récentes, permettant d'établir des états initiaux valides sur ces types d'habitats.

 **Cf. Bibliographie consultée en fin de rapport**

Tous les documents utilisés, qu'ils soient signalés ou non dans le texte, ont été référencés dans la bibliographie en fin de document.

Ont ainsi été consultés :

- Le Document d'Objectifs des 2 sites Natura 2000,
- Les inventaires des ZNIEFF en mer,
- Des documents traitant des différentes méthodologies employées pour réaliser des suivis d'habitats marins,
- Quelques suivis réalisés en Languedoc ou ailleurs, utilisant des méthodes similaires ou identiques à celles de ce dossier.

2.3 Dates de prospections de terrain

Les prospections menées pour ce projet sont replacées dans le tableau suivant par rapport aux périodes les plus favorables aux investigations de terrain.

Tableau 2 : L'équipe Biotope et les intervenants extérieurs

Date	Météo	Nb intervenants	Précision
Campagnes Sonar multi faisceaux (Seaviews)			
19-20-21 juin 2018	Soleil, > 30° C, vent faible	3 personnes, 3 hydrographes à bords du navire Seaviews One	Site « Posidonies de la côte palavasienne » - début de l'acquisition des données acoustiques au sondeur multifaisceaux
23 juin 2018	Soleil, > 30° C, vent faible	3 personnes, 3 hydrographes à bords du navire Seaviews One	Site « Cours inférieur de l'Aude » - Acquisition des données acoustiques pour la cartographie complète de la roche de Vendres
21-22-23 août 2018	Soleil, > 30° C, vent faible	2 personnes, 2 hydrographes à bords du navire Seaviews One	Site « Posidonies de la côte palavasienne » - suite de l'acquisition des données acoustiques au sondeur multifaisceaux et début de la campagne de vérité terrain
11-12-13 septembre	Soleil, > 25° C, vent faible	3 personnes, 3 hydrographes à bords du navire Seaviews One	Site « Posidonies de la côte palavasienne » - fin de l'acquisition des données acoustiques au sondeur multifaisceaux et fin de la campagne de vérité terrain
Campagnes terrain plongée - Etude biocénose milieux à substrat durs (Biotope)			
2 juin 2018	Soleil, > 22° C, vent faible	2 plongeurs, en club plongée	Site « Posidonies de la côte palavasienne » - Palavas - Initiation des méthodes, prise de contact avec les habitats
26 juin 2018	Soleil, > 30° C, vent nul	2 plongeurs, en club plongée	Site « Posidonies de la côte palavasienne » - Palavas - Initiation des méthodes, inventaire des espèces pour constitution de cahier d'identification
2-3-4 juillet 2018	Soleil, > 30° C, vent nul	4 puis 3 plongeurs + stagiaire	Site « Posidonies de la côte palavasienne » - Déroulé des méthodes
11 juillet 2018	Soleil, > 28° C, vent faible	3 plongeurs	Site « Cours inférieur de l'Aude » - Déroulé des méthodes

Date	Météo	Nb intervenants	Précision
13 juillet 2018	Soleil, > 28° C, vent faible	2 plongeurs + structure plongée	Site « Posidonies de la côte palavasienne » - Aresquiers - Déroulé des méthodes RECOR et Gorgone
20 juillet 2018	Soleil, > 28° C, vent faible	2 plongeurs + structure plongée	Site « Posidonies de la côte palavasienne » - Aresquiers - Déroulé des méthodes RECOR
22 juillet 2018	Soleil, > 28° C, vent faible	2 plongeurs + structure plongée	Site « Posidonies de la côte palavasienne » - Aresquiers - Déroulé des méthodes RECOR

2.4 Méthodologie d'acquisition et d'analyse des données physiques – Cartographie des substrats durs (Seaviews)

Principe général

Le principe de la méthode de cartographie employé dans le cadre de cette étude repose sur le traitement automatisé de données bathymétriques. Aux vues de la taille importante des surfaces à cartographier et notamment afin d'obtenir une couverture maximale du site « Posidonies de la côte palavasienne », deux sources de données bathymétriques ont été couplées :

- des données issues des levés au lidar (Light Detection and Ranging) du programme Litto3D du SHOM (profondeur maximum 8m) ;
- des données issues de levés au sondeur multifaisceaux réalisés durant cette étude.

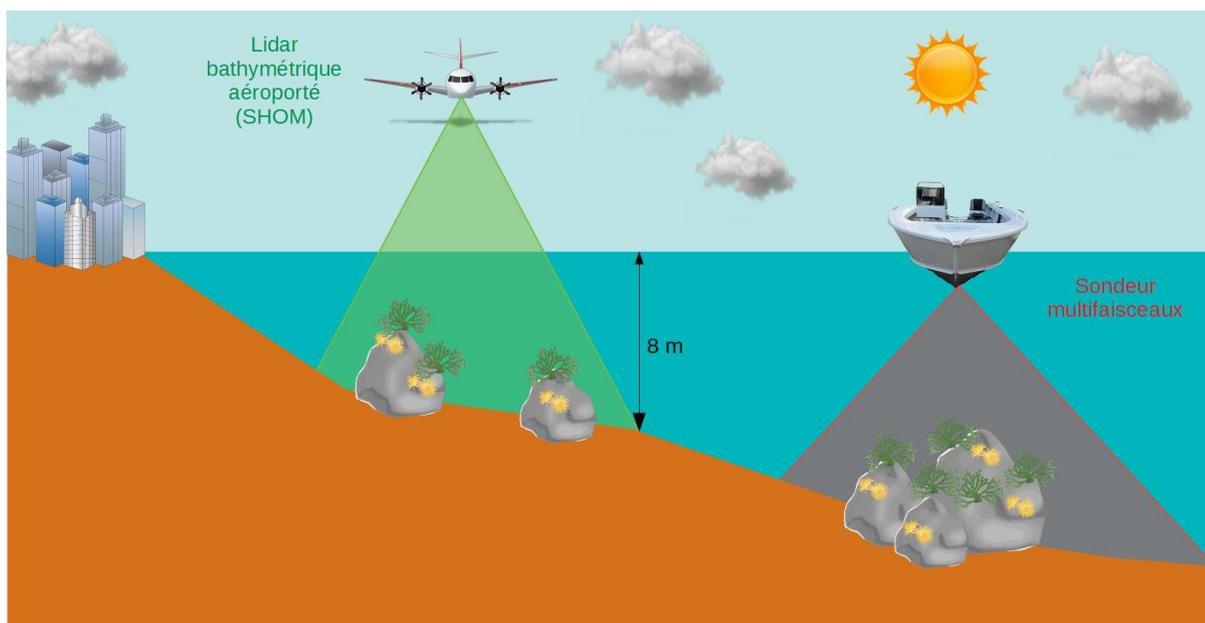


Figure 3 : Principe de combinaison de données bathymétriques issues d'un lidar bathymétrique et d'un sondeur multifaisceaux.

Acquisition des données lidar

Le lidar est un senseur optique permettant de réaliser des levés topographiques et bathymétriques en émettant un faisceau laser puis en mesurant son temps de retour, la vitesse de lumière étant connue (fig. suivante). Si les lidars employés en milieu terrestre utilisent un laser de couleur rouge (longueur d'onde comprise entre 1047 et 1540 nm), les lidars bathymétriques utilisent quant à eux des lasers de couleur verte avec une longueur d'onde de 532 nm (fig. suivante). Le faisceau laser de couleur verte permet une meilleure pénétration de la colonne d'eau que celui de couleur rouge dont l'énergie est rapidement absorbée. La portée du lidar bathymétrique dépend donc de la quantité de matière en suspension dans l'eau et diminue lorsque la turbidité augmente. Comme dans le cas du sondeur multifaisceaux, les données lidar sont issues d'un capteur monté rigidement sur la coque du porteur, qui est lui-même muni d'une centrale d'attitude et d'un GNSS RTK. La précision de positionnement est donc centimétrique.

Les données lidar utilisées dans le cadre de cette étude sont issues du programme Litto3D du SHOM qui met librement à disposition des données lidar issues de leurs campagnes d'acquisition le long du littoral français. Les données exploitées pour la cartographie du site « Posidonies de la côte palavasienne » sont issues de la campagne d'acquisition 2014-2015. La profondeur maximale atteinte sur la zone d'intérêt est d'environ 8 m. Le modèle bathymétrique fourni par le SHOM possède une résolution de 1 m.

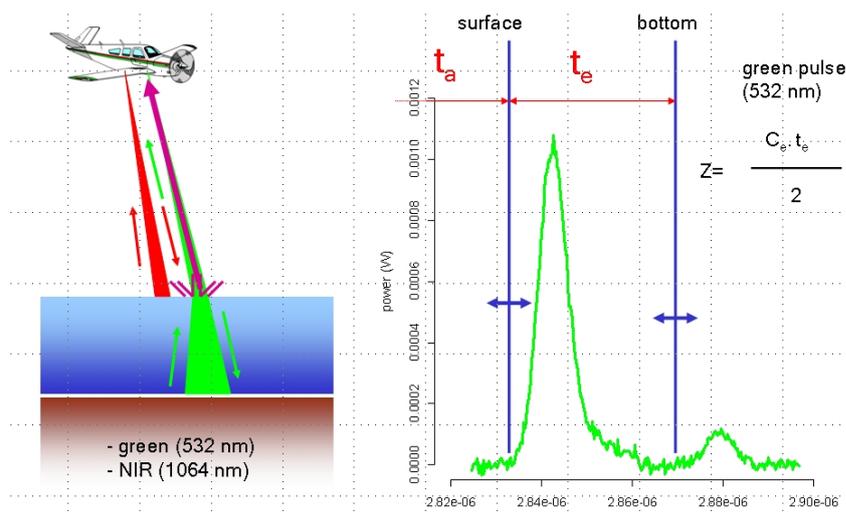


Figure 4 : Principe de fonctionnement du lidar bathymétrique.

Afin d'être exploitables pour la réalisation de cartographie des fonds marins, les données Litto3D sont exportées dans le SIG ViewMap développé par Seaviews.

Acquisition des données acoustiques au sondeur multifaisceaux

Le fonctionnement du sondeur multifaisceaux (SMF) repose sur le principe des faisceaux croisés. Généralement, l'émission de l'onde acoustique se fait dans un faisceau large transversalement et étroit longitudinalement. La réception quant à elle est réalisée, grâce à un algorithme de formation de voies, dans un lobe étroit transversalement et large longitudinalement (Abadie et Viala, 2018). L'intersection entre le faisceau d'émission et le faisceau de réception est appelée « pied de faisceau » et correspond à la zone du fond insonifiée (fig. suivante). La

mesure est ainsi réalisée sur une multitude de points répartis le long d'une ligne perpendiculaire à la trajectoire du navire.

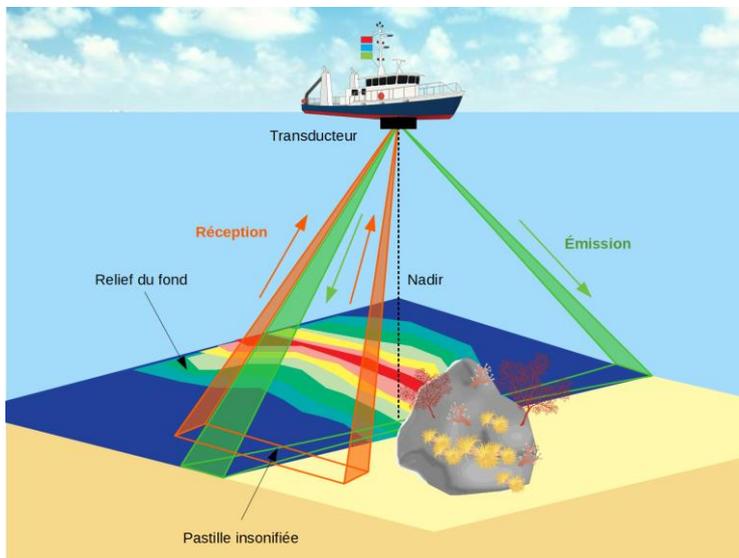


Figure 5 : Principe de fonctionnement du sondeur multifaisceaux.

Navire de mesures

Les données ont été acquises à l'aide du navire *Seaviews One*, un navire spécialement développé pour les mesures bathymétriques et sonar en milieu côtier. Il est caractérisé par un très faible encombrement (taille de 5.5 m, poids <400 kg) qui lui permet d'être déployé rapidement, ainsi qu'une grande manœuvrabilité en raison de sa petite taille. Le *Seaviews One* dispose d'une source d'énergie intégrée pour alimenter les instruments. Un puits central (40 cm * 30 cm) permet d'intégrer les instruments sans perturber ni sa stabilité ni sa manœuvrabilité. Afin de surmonter les problèmes de trajectoire des levés, un pilote automatique asservi aux trajectoires informatisées a été équipé autorisant une navigation d'une grande précision (< 0.5 m).



Figure 6 : Le Seaviews One

Logiciel d'acquisition

Lors de l'acquisition des données acoustiques, le logiciel ViewMap a été utilisé notamment pour le suivi des trajectoires de levé. Les caractéristiques principales sont la gestion automatique des trajectoires, la lecture des cartes marines existantes ainsi que des données SIG, la visualisation et la comparaison des profils de célérité, l'acquisition et la visualisation des paramètres de navigation (position, hauteur d'eau, célérité de surface, etc.). Il fournit également le tracé temps réel de la couverture SMF.

Sondeur multifaisceaux



Le sondeur multifaisceaux employé lors des levés acoustiques est un R2Sonic 2022. Il possède une large plage de fréquences de mesure allant de 200 kHz à 450 kHz pour une ouverture angulaire par faisceau de $1^\circ \times 1^\circ$. La largeur de fauchée maximale est de 160° pour des levés bathymétriques. La portée maximale du R2Sonic 2022 est de 400 m. Il permet également d'obtenir simultanément une imagerie acoustique de la réflectivité des fonds (similaire aux images sonar) et dispose d'un mode « Full Water column » pour l'imagerie de la colonne d'eau. Son horodatage très précis des données sur le temps

GPS assure une synchronisation parfaite des données attitude, position et acoustiques.

Centrale attitude et navigation



Afin de corriger les erreurs de positionnement induites par le roulis, le tangage et le pilonnement du navire, une centrale d'attitude Aplnix I2NS a été utilisée. Elle a notamment été développée en collaboration avec R2Sonic pour être couplée avec leurs sondeurs, en particulier au niveau de la synchronisation. La centrale dispose d'un mode GNSS complet (GPS, GLONASS, GALILEO) lui permettant de maintenir le positionnement malgré un masquage partiel. Elle fournit une précision en position de 1 cm en XY et de 1.5 cm en Z. Sa précision en roulis et

en tangage est de 0.015° avec une précision en cap de 0.02° . Enfin, son capteur entièrement étanche est monté sur le même support que la sonde acoustique. Ceci garantit qu'il n'y a pas de déformation du support, cet aspect n'est pas à négliger lorsque des mesures au centième de degré sont réalisées.

Base GNSS

Une base GNSS est indispensable pour pouvoir atteindre une précision centimétrique lors de mesures mobiles. Nous avons utilisé durant cette étude une base GNSS Trimble BX982 nous permettant d'enregistrer et de transmettre en temps réel les observations de l'ensemble des satellites GNSS.

Mesures de célérité

Il est nécessaire d'apporter des corrections en fonction de la réfraction des ondes acoustiques. En effet, la trajectoire de l'onde sonore dépendra de la célérité du son dans l'eau et pourra être déviée dans le cas de profils de célérité particuliers (thermocline, arrivée d'eau douce). Chaque mesure bathymétrique s'accompagne donc obligatoirement d'un contrôle de la célérité en continu à proximité du sondeur et de la réalisation régulière de profils de célérités en fonction de la profondeur. Ces mesures permettent ainsi de corriger la réfraction et d'éviter les artefacts induits par la mauvaise correction de la célérité.



Tout au long des mesures, deux célérimètres Valeport miniSVS ont été utilisés. Un premier célérimètre mesure en permanence la célérité de surface à proximité de la sonde. Sa donnée est indispensable à la bonne exploitation des mesures

acoustiques. Un deuxième célérimètre est utilisé pour mesurer le profil de célérité. Pour cela, il est nécessaire d'arrêter le navire et d'immerger le célérimètre jusqu'au fond. La courbe donnant la célérité en fonction de la profondeur est alors mesurée. Cette donnée sera utilisée au

dépouillement pour corriger la réfraction des rayons sonores. De plus, les données du célérimètre de surface sont tracées en temps réel, afin de nous aider à repérer d'éventuelles zones où le profil de célérité est inhomogène.

Traitement des données

Bien que la détection et la classification des fonds marins à l'aide d'instruments acoustiques ait fait d'énormes progrès ces dernières années, elle n'en reste pas moins une opération délicate qui mérite d'acquérir et de synthétiser le maximum d'informations possibles.

Bathymétrie

Les données bathymétriques du sondeur multifaisceaux ont été traitées avec le logiciel ViewSMF développé par Seaviews. Les faux échos sont filtrés de façon semi-automatisée en utilisant des filtres d'exclusion et d'inclusion (fig. suivante). Une carte bathymétrique a ensuite été réalisée systématiquement avec un maillage 1 m (pour correspondre à celui des données Litto3D) dans le SIG ViewMap. Les données Litto3D et SMF ont ainsi été fusionnés sur le site « Posidonies de la côte palavassienne » pour une fourniture une unique carte bathymétrique de la zone.

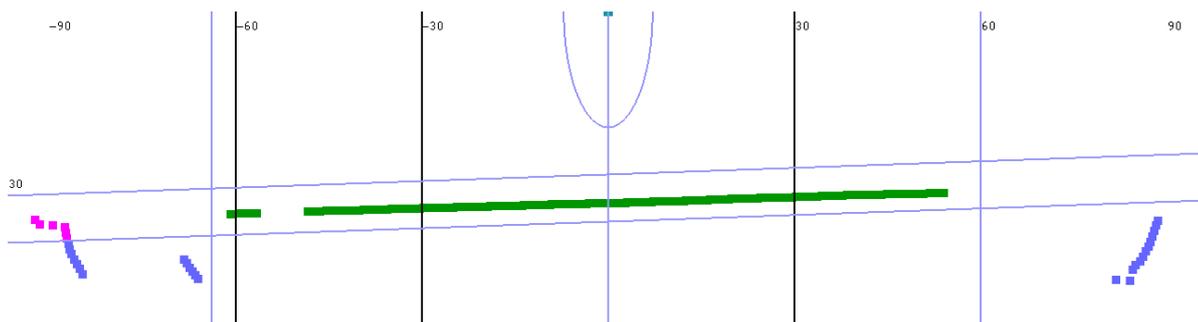


Figure 7 : Filtrage des faux échos dans le logiciel ViewSMF de Seaviews.

Imagerie acoustique

L'imagerie acoustique correspond à l'amplitude du signal réfléchi. L'amplitude du signal réfléchi dépend de la nature du fond. En traçant une carte des échos, les variations du fond sont visibles. Les données de réflectivité du SMF ont été traitées dans le logiciel ViewSMF avec l'option « snippets » afin d'obtenir une image de la meilleure qualité possible (fig. suivante).

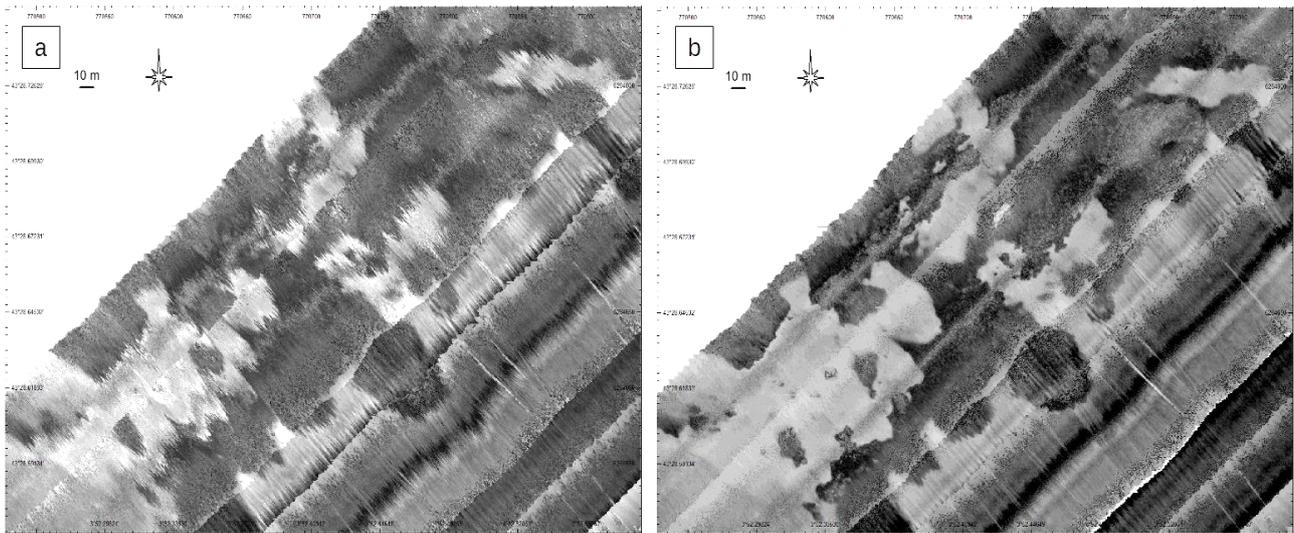


Figure 8 : Exemple de la différence de qualité entre a) une image sans traitement et b) une image avec traitement « snippets ».

La rugosité BATCLAS

La micro rugosité correspond aux déformations des structures bathymétriques au voisinage d'un écho. Seaviews a développé une méthode innovante pour extraire cette information : BATCLAS, Bathymetric automated treatment for the classification of the seafloor (Abadie et al., 2018). BATCLAS fournit une valeur en mètres de la rugosité du fond marin, ce qui permet une interprétation facilitée des échelles des couleurs présentes sur les cartes. Cet indice donne d'excellents résultats pour la détection des herbiers sous-marins et des roches (fig. suivante) avec en particulier une classification surfacique. Cette nouvelle technique présente clairement un avantage par rapport aux méthodes précédentes, ces dernières présentant l'énorme inconvénient d'être uniquement ponctuelles. Cette méthode donne aussi de très bons résultats pour la détection d'objets (épave, récifs, affleurement rocheux).

Dans la présente étude, l'indice BATCLAS a été calculé automatiquement suite aux traitements des faux échos dans le logiciel ViewSMF. Sur le site « Posidonies de la côte palavasiennne », cet indice a également été appliqué aux données lidar pour cartographier les fonds jusqu'à 8 m de profondeur. Cette rugosité est calculée à partir des semi de points avec une résolution de 1 m. L'utilisation de l'indice BATCLAS sur les données lidar Litto3D fait actuellement l'objet d'un programme de recherche et développement dans le cadre des Challenges numériques organisés par le Pôle Mer Méditerranée et le SHOM.

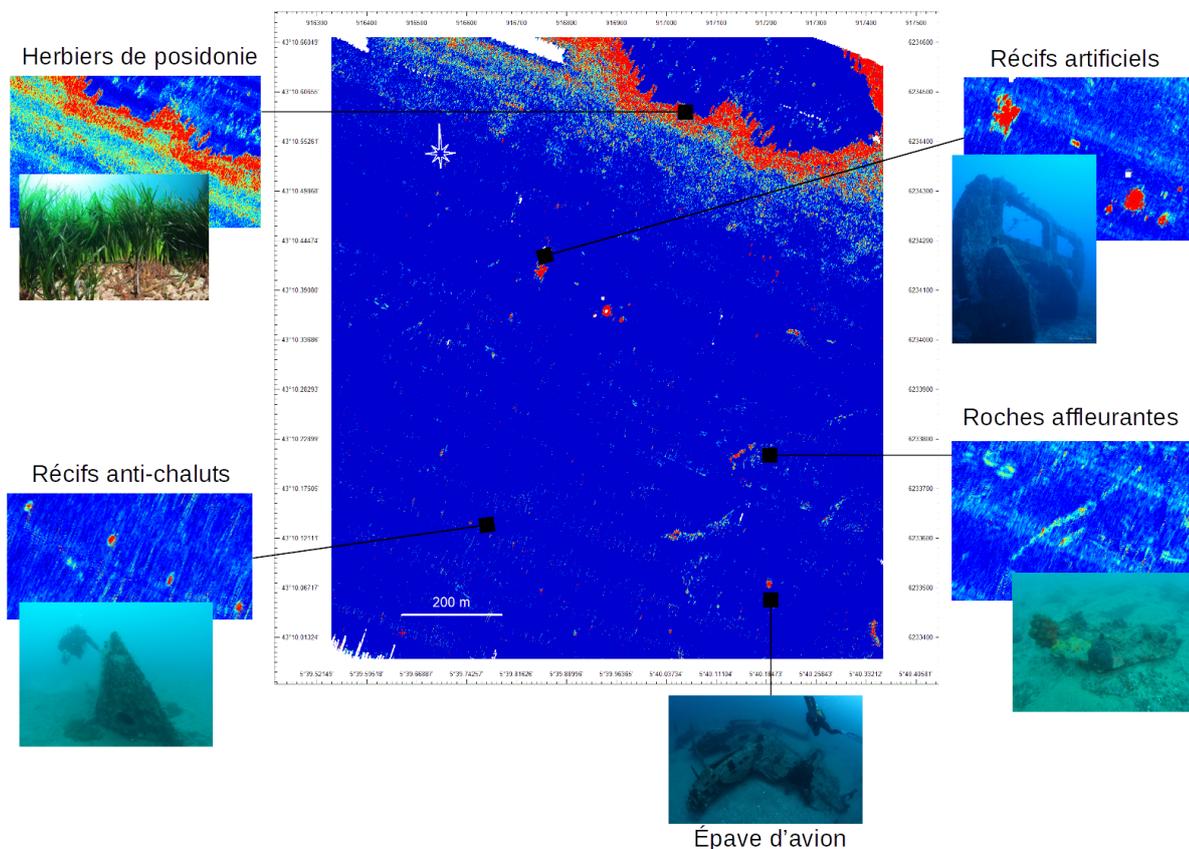


Figure 9 : Exemple détection d'herbiers sous-marins, de roches et de récifs artificiels avec l'indice BATCLAS.

Vérités terrain



Les vérités terrain ont été réalisées sur le site « Posidonies de la côte palavasienne » durant les deuxièmes et troisièmes campagnes de levés au sondeur multifaisceaux à l'aide de moyens photographiques en immergeant une caméra d'action AEE Magicam S60. Les bonnes conditions de visibilité ont permis d'identifier la nature du substrat et de réaliser des observations sans l'emploi d'une source lumineuse d'appoint. Ces points de vérités terrain ont été complétés par les observations réalisées en plongée sous-marine par Biotope. Les vérités terrain du site « Cours inférieur de l'Aude » sont issues des positions géoréférencées des points de caméra filaire (GoPro) et des plongées

de caractérisation de Biotope.

L'ensemble des vérités terrain sont synthétisées dans un catalogue géoréférencé sous la forme d'une couche SIG générée avec le logiciel ViewMap (fig. suivante). À chaque point correspond une fiche résumant les informations recueillies (profondeur, observation, photos, etc.).

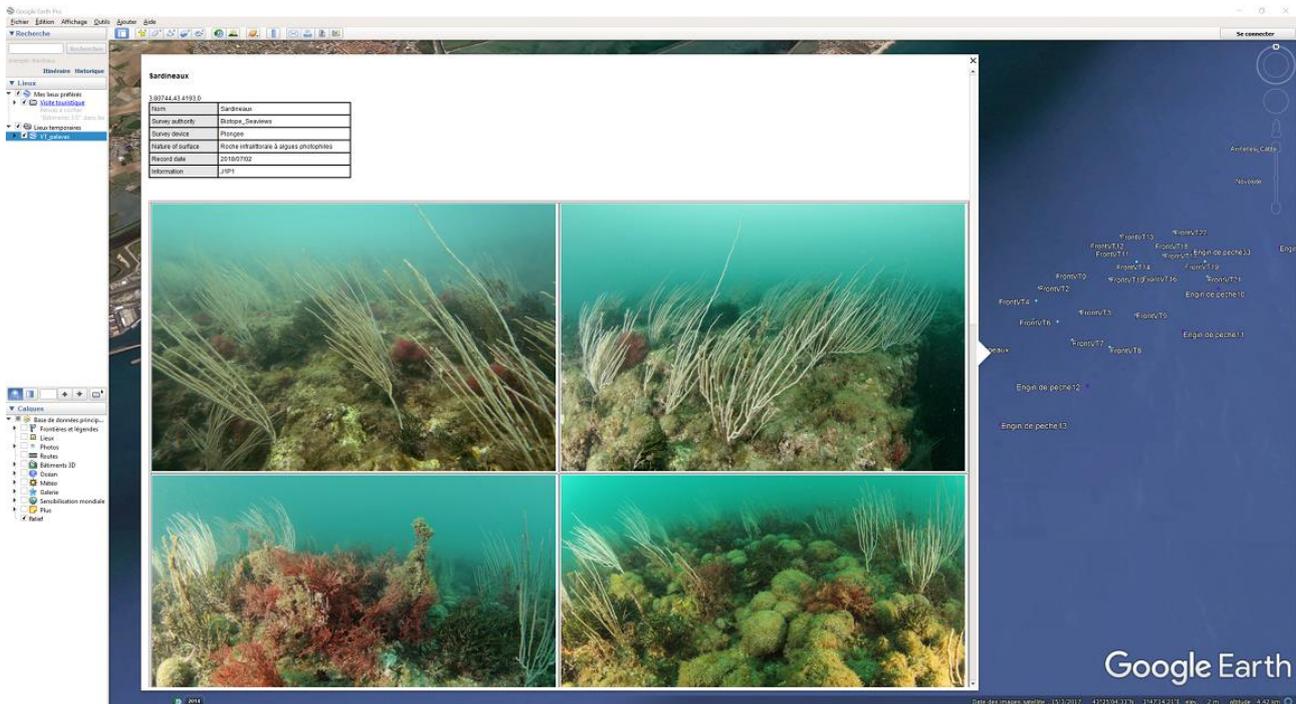


Figure 10 : Exemple de visualisation des vérités terrain et de leur fiche synthétique avec Google Earth

Synthèse et segmentation

La segmentation des habitats marins est réalisée en faisant la synthèse des données bathymétriques, de l'imagerie acoustique, des cartes de rugosité BATCLAS, des vérités terrain et des données bibliographiques (lorsqu'elles existent). Ces quatre couches de données sont confrontées dans le logiciel SIG ViewMap qui permet notamment la création et l'édition de données géoréférencées vectorielles. La création des polygones des habitats marins s'est déroulée en 3 étapes :

1. Un algorithme classification conditionnel permettant d'attribuer à chaque pixel de la carte de rugosité un habitat élémentaire en fonction de la valeur de l'indice BATCLAS a été utilisé. Cette première étape a fourni une carte initiale des habitats marins ne prenant en compte que l'indice de rugosité et la profondeur (données bathymétriques) ;
2. Validation et modification de la carte initiale en la confrontant à l'imagerie acoustique et aux vérités terrain. Cette étape a été réalisée manuellement en réajustant localement les paramètres de l'algorithme pour être en adéquation avec les données de terrain et les données bibliographiques validées. Dans le cadre de cette étude, les données bibliographiques des sites « Posidonies de la côte palavasienne » et « Cours inférieur de l'Aude » sont respectivement les cartographies de 2007 et 2011 ;
3. Enfin, les contours définitifs des habitats ont été automatiquement générés, toujours sous ViewMap, et les tables attributaires ont été éditées sous QGIS selon les spécifications du pôle géomatique de l'Agence française pour la biodiversité.

La typologie des habitats marins employée pour les cartographies de cette étude est celle proposée par le MNHN comme précisée dans le Cahier d'habitats – Tome 2 Habitats côtiers (Bensettiti et al., 2004) et actualisée par Michez et al. (2014).

2.5 Méthodes d'acquisition des données biologiques (Biotope)

Pour répondre aux objectifs de meilleure définition des habitats rocheux, mais aussi de sélection de méthodes adéquates de suivi de l'évolution de ces milieux, une phase d'acquisition de données *in situ* a été essentielle. Elle a nécessité les étapes suivantes :

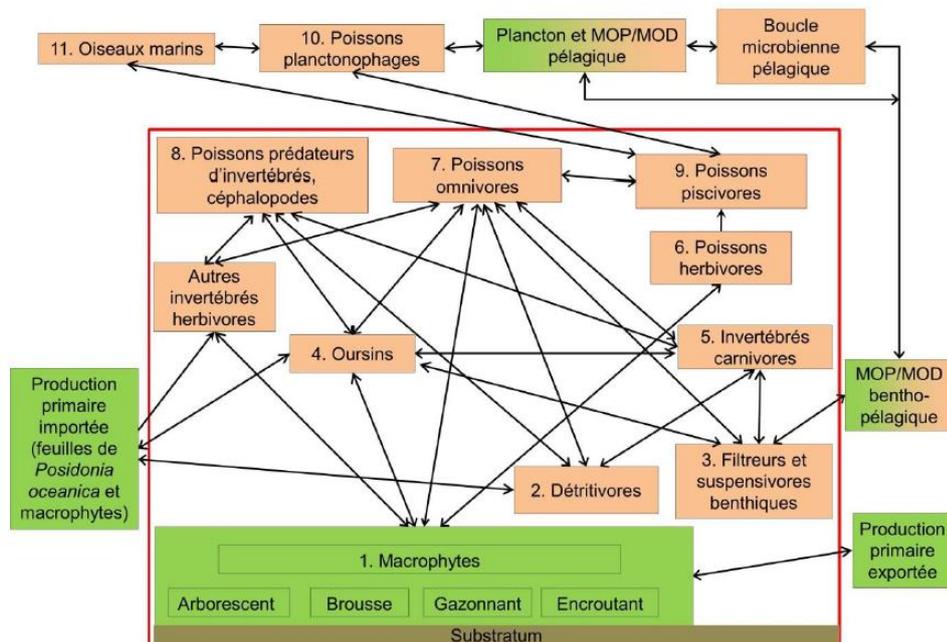
- 1- **Travail d'échantillonnage des lieux de prospection au sein de la zone d'étude**
 - Une bonne répartition spatiale (Est-Ouest)
 - Des « incontournables » : Le plateau des Aresquiers (beaucoup de relief), le cantonnement de pêche de Porquières au large de Palavas
 - Selon un gradient selon profondeur : par exemple 6-8 m, 12-14 m et 20-22 m
 - Des secteurs moins connus, prospections aléatoires
 - Des secteurs à valider selon les possibles questionnements de Seaviews après leur campagne de sondeur
 - Des interfaces entre 2 milieux
- 2- **Sélection de diverses méthodes applicables en plongée sous-marine** : détaillées par la suite
- 3- **Organisation logistique des journées de prospection**, à base de plongées depuis une embarcation motorisée
 - Fenêtre météorologique adéquate
 - Organisation préalable de la sécurité
 - Organisation du déroulé par binôme
 - Préparation du matériel nécessaire
- 4- **Déroulé des prospections, enregistrement des données numériques et chiffrées**, débriefing et adaptations pour les journées suivantes

Méthode EBQI (Ecosystem-Based Quality Index)

La plupart des explications données dans ce chapitre provient du guide méthodologique de Ruitton et al. (2017). Les emprunts directs apparaissent en italique dans le texte. Ce document, non officiellement publié au moment du démarrage de l'étude, nous a été fourni par l'AFB afin de tester la méthode au sein de notre zone d'étude. Il convient de se reporter au document original pour obtenir les explications complètes sur les diverses modes de prélèvements et de calculs.

L'EBQI (indice de qualité basé sur l'écosystème) est un indice basé sur une approche écosystémique. Son principe est de prendre en compte de nombreux compartiments fonctionnels de l'écosystème afin de caractériser son état écologique...

Pour l'écosystème infralittoral rocheux à algues photopiles, le modèle conceptuel de fonctionnement est le suivant (schéma extrait de Ruitton et al., 2017) :



... Pour être considéré dans le calcul de l'EBQI, le compartiment doit contribuer à une meilleure évaluation de l'écosystème, et le ou les paramètres doivent fournir des classes d'état ou statut (S) de 0 à 4, et doivent pouvoir être évalués de manière simple et rapide sur le terrain...

... Il est fondamental de compléter l'évaluation de l'EBQI par un indice de confiance (IDC) selon la qualité de la donnée utilisée. Ainsi, pour chaque compartiment, un IDC de 0 à 4 est attribué aux données récoltées selon les critères donnés dans le Tableau 2. 10

Tableau 3 : Critères pour attribuer un indice de confiance (IDC) à la donnée utilisée pour évaluer chaque compartiment biologique et le calcul de l'EBQI.

IDC	Critères
4	Données de terrain récentes et fiables utilisant le protocole recommandé
3	Données de terrain récentes et complétées par du « dire d'expert » Données de terrain acquises avec un protocole différent de celui recommandé
2	Pas de données de terrain mais un « dire d'expert » récent
1	Pas de données de terrain mais un « dire d'expert » ancien
0	Pas de données de terrain et pas de « dire d'expert »

Un indice de confiance final est calculé pour la valeur de l'EBQI trouvée sur un site donné.

Le calcul de l'EBQI se détermine de la manière suivante :

$$EBQI = \left[\frac{\sum_{i=1}^{11} (W_i \times S_i)}{\sum_{i=1}^{11} (W_i \times S_{max})} \right] \times 10$$

W_i poids du compartiment i ;

S_i statut du compartiment i ;

S_{max} statut maximale (= 4) pour un compartiment ;

Le statut (S) du compartiment pondéré est donné par la multiplication de son statut (de 0 à 4) et de son poids (W). Pour calculer l'EBQI, on additionne tous les statuts pondérés de tous les

compartiments étudiés puis on divise cette somme par la somme maximale réalisable. Par convention ce rapport est converti en note sur 10.

Exemple de formule pour le calcul de l'EBQI dans le cas de notre écosystème théorique à 11 compartiments :

L'EBQI est compris entre 0 et 10.

La valeur obtenue pour chaque site (et chaque habitat prospecté) s'interprète de manière simple : très bon, bon, moyen, médiocre, mauvais, reprenant ainsi les 5 classes de statuts écologiques de la directive cadre sur l'eau (DCE).

Pour l'écosystème infralittoral rocheux à algues photopiles, les valeurs utilisées dans le guide méthodologique de Ruitton et al. (2017) sont les suivantes :

Symbole et valeur	Etat écologique
EBQI > 7.5	Très bon
6 < EBQI < 7.5	Bon
4.5 < EBQI < 6	Moyen
3.5 < EBQI < 4.5	Médiocre
EBQI < 3.5	Mauvais

Les 10 compartiments à renseigner sur une station homogène sous l'eau sont les suivants :

- Compartiments 1 : Macrophytes

C'est une estimation visuelle du taux de recouvrement de chaque strate :

- o Arborescente, pérennes (*Cystoseira sp.*, *Digenea simplex*, etc.)
- o Arbustive ou brousse, sous la première strate
- o Gazonnante
- o Encroutante (notamment les algues calcaires coralligènes)

La note attribuée répond à la grille suivante :

Statut / notes	4	3	2	1	0
Recouvrement	Arborescent pérenne ≥50%	Arborescent pérenne 5 à <50%	Brousse ≥50%	Brousse 5 à <50%	Gazonnant et encroutante

- Compartiment 2 : Détritivores

Elle se résume à estimer la densité d'holothuries au sein de 30 quadrats de 1m², par un simple comptage visuel

La note attribuée répond à la grille suivante :

Statut / notes	4	3	2	1	0
Densité (individus.10m ⁻²)	< 0.5	0.5 à 1.0	1.1 à 2.0	2.1 à 5.0	> 5.0

- Compartiment 3 : Filtreurs et suspensivores benthiques

Elle se résume à estimer la densité des colonies supérieures à 5 cm d'éponges, d'anémones, de bryozoaires, d'annélides polychètes, ascidies, crinoïdes et ophiures, au sein de 30 quadrats de 1m², par un simple comptage visuel

La note attribuée répond à la grille suivante :

Statut / notes	4	3	2	1	0
Densité (individus 10.m ⁻²)	< 2,5	2,5 à 5,0	5,1 à 10,0	10,1 à 20,0	> 20,0

- Compartiment 4 : les brouteurs : Oursins

Il s'agit d'un comptage des oursins de diamètre supérieur à 3cm sur 30 quadrats de 1 m².

La note attribuée répond à la grille suivante :

Statut / notes	4	3	2	1	0
Densité (nombre d'individus.m ⁻²)	0,05 à 1,0	< 0,05	1,0 à 5,0	5,1 à 10,0	> 10,0

- Compartiment 5 : Invertébrés carnivores

Il s'agit de dénombrer *Octopus vulgaris* et *Mastasterias glacialis*, et séparément *Hexaplex trunculus*, sur 10 réplicats de 20m de long sur 1 m de large,

La note attribuée répond à la grille suivante :

Statut / notes	4	3	2	1	0
Densité d' <i>Octopus vulgaris</i> et <i>Marthasterias glacialis</i> (nombre d'individus.200 m ⁻²)	> 1,0	0,6 à 1,0	0,3 à 0,5	0,1 à 0,2	< 0,1
Densité d' <i>Hexaplex trunculus</i> (nombre d'individus.10 m ⁻²)	< 0,5	0,6 à 1,0	1,1 à 2,0	2,1 à 4,0	> 4,0

- Compartiment 6 à 10 : poissons herbivores, omnivores, prédateurs d'invertébrés, piscivores et planctonophages

Il s'agit de dénombrer tous les poissons des listes préétablies (voir fichiers .xlsx des données brutes, fournis parallèlement à ce rapport) sur 10 transects de 25 m de long et 4 m de large dans la colonne d'eau visible, estimés par classe de taille de 2 cm, puis de 5 cm à partir de 30 cm de longueur. Les biomasses humides ainsi calculables (à l'aide de 2 coefficients fournis pour chaque espèce, et d'une formule reliant la taille et la masse) permettent d'évaluer les notes pour chaque groupe :

Statut / notes	4	3	2	1	0
6. Poissons herbivores (kg MH.100 m ⁻²)	1,1 à 3,0	3,1 à 4,0	> 4,0	0,25 à 1,0	< 0,25
7-8. Poissons omnivores, prédateurs d'invertébrés, céphalopodes (kg MH.100 m ⁻²)	> 3,5	2,6 à 3,5	1,6 à 2,5	0,8 à 1,5	< 0,8
9. Poissons piscivores (kg MH.100 m ⁻²)	> 5,0	1,0 à 5,0	0,5 à 0,9	0,1 à 0,4	< 0,1
10. Poissons planctonophages (kg MH.100 m ⁻²)	> 2,0	1,5 à 2,0	0,9 à 1,5	0,3 à 0,9	< 0,3

- Compartiment 11 : Oiseaux marins

Il s'agit d'estimer la distance entre le site étudié considéré comme zone d'alimentation et les nidifications connues les plus proches de 2 oiseaux piscivores : les cormorans (essentiellement Grand Cormoran en Occitanie), et Balbuzard pêcheur. Une consultation de l'atlas des oiseaux nicheurs du Languedoc-Roussillon en ligne (<https://www.faune-lr.org/>) est réalisée sur la dernière année (2018), les autres années sont consultées.

Pondération de chaque compartiment

Pour l'écosystème « Milieux rocheux de l'infralittoral », il est proposé la grille suivante de pondération de chaque paramètre mesuré :

Compartiments	Poids (W)	Paramètres
1- Macrophytes	15	Recouvrement (%)
2- Détritviores (<i>Holothuria</i> spp.)	3	Densité (individus.10 m ⁻²)
3- Filtreurs et suspensivores benthiques	2	Densité (individus.10 m ⁻²)
4- Oursins	10	Densité (individus.m ⁻²)
5- Invertébrés carnivores - <i>Octopus vulgaris</i> , <i>Marthasterias glacialis</i> - <i>Hexaplex trunculus</i>	3	Densité (individus.200 m ⁻²) Densité (individus.m ⁻²)
6- Poissons herbivores	4	Biomasse (kg MH.100 m ⁻²)
7-8- Poissons omnivores, prédateurs d'invertébrés, céphalopodes	4	
9- Poissons piscivores	7	
10- Poissons planctonophages	1	
11- Oiseaux - <i>Phalacrocorax</i> spp. - <i>Pandion haliaetus</i>	1	Distance au site de nidification (km)

Organisation des campagnes de recueil de données

- Compartiment 1 : 1 plongeur : prise de photo et estimation : 8-10 min
- Compartiments 2, 3 et 4 : partage entre 2 plongeurs : 30 quadrats de 1m² : 2 x 25 min
- Compartiment 5 : 1 plongeur : 10 transects 20 m * 1 m : 30 min
- Compartiments 6 à 10 : 2 plongeurs : Poissons : nombre et taille, 10 transects 25 m * 4 m : 2 x 35 min

Méthode d'évaluation des recouvrements biologiques (inspiré de RECOR)

RECOR est un réseau de surveillance des peuplements coralligènes à l'échelle de la Méditerranée française. Il est constitué par un suivi spatio-temporel de 86 sites, dont 5 seulement sur le littoral de l'Occitanie, la plupart étant en régions Provence Alpes-Côte d'Azur et en Corse.

Le suivi est essentiellement basé sur des pourcentages de recouvrement sur des surfaces données, des éléments vivants fixés et des éléments non vivants. Après une récolte des données sous l'eau, dans des stations homogènes composées de coralligène, le traitement et l'analyse est réalisé via un logiciel « CPCE 4.1 », version française du logiciel Coral Point Count with Excel extension (Kohler et Gill, 2006).

Trois types de mesures :

1. Une description générale du site et prises des photos de recouvrement ;
2. Les pourcentages de recouvrement par station du non vivant (vase, sable, débris, etc.) et du vivant (macro espèces visibles fixées ou peu mobiles), avec logiciel CPCE 4.1 ;
- (3.) La démographie des espèces érigées par site, dite « méthode Gorgone », que nous traitons séparément dans le chapitre suivant.

1. Description générale du site et prises des photos de recouvrement - Protocoles

Pour chaque site étudié, le plongeur note au préalable ou à la fin du protocole :

- Le point GPS de l'immersion, ou mieux, de la zone précise travaillée.

Remarque : Il est possible de fixer la localisation à l'aide d'un piquet en inox d'une 20aine de cm fixé dans le coralligène ; ce piquet indique le début du transect pour les quadrats photographiques. Mais l'expérience montre que ces points de repères sont très difficiles à retrouver après 1 an et plus : les coups de mer arrivent à dégrader ces piquets, et le recouvrement algal peut cacher ces balises.

- le type physiologique (paroi, massif) du coralligène ;
- la présence de structures particulières ;
- la porosité, anfractuosités, complexité des concrétions ;
- la présence, nature et hauteur des différentes strates ;
- l'orientation géographique ainsi que l'orientation par rapport au courant ;
- l'extension bathymétrique du coralligène, les limites d'extension bathymétrique des gorgonaires ;
- l'inclinaison, la température, la visibilité ;
- les espèces particulières observées (invasives, patrimoniales, protégées, ...) ;
- les impacts anthropiques.

40 photographies de quadrats de 50x50 cm sont réalisées en continu sur une même profondeur (station) le long d'un transect de 20 mètres

- Matériel à embarquer : Appareil photo numérique de bonne qualité, quadrat de 50 cm de côté, ruban dérouleur de 20 à 30 m de longueur.

2. Utilisation du logiciel CPCe 4.1

- Travail préalable sur les photos à analyser
 - o Sélections de 9 photos par plongée : pour des raisons de temps de traitement, nous avons précisé que nous ne sélectionnerions que 9 images au lieu des 30 conseillées dans la méthode d'origine. Les critères de sélection sont :
 - la netteté de la photo,
 - une quantité de sédiments faible,
 - une photo suffisamment bien cadrée afin que l'on perde le moins d'informations possible ;
 - o Découpe des photos sélectionnées afin que seul l'intérieur du quadrat apparaisse. Lorsque ce n'est pas possible, on garde des éléments extérieurs afin de perdre le moins de données possible (les points sur CPCe 4.1 peuvent être déplacés s'ils se trouvent sur ces zones) ;
 - o Amélioration de la qualité de l'image sur logiciel type Photoshop : contraste, couleur et netteté.
- Choix d'une liste adaptée aux habitats des sites languedociens ou bien liste préétablie (par Andromède) des espèces caractéristiques du coralligène en Méditerranée ? Nous avons finalement opté pour la création d'une liste modifiée, qui peut encore largement être améliorée. Ce point sera développé dans les chapitres d'analyse des données et de discussion des méthodes.
- Analyse des données : sur chaque image, 64 points aléatoires sont posés et il faut déterminer l'espèce ou le recouvrement abiotique indiqué sous chaque point. 6900 points ont été travaillés
- Analyse du taux de recouvrement par grandes catégories du vivant et autre élément abiotique.

Remarque : Le traitement statistique proposé dans notre offre méthodologique initiale pour mettre en évidence une éventuelle dichotomie au sein des taux de recouvrement des quadrats n'a pas été finalisé : la trop grande variabilité de l'échantillonnage (variables profondeur, sédimentation notamment) aurait affaibli la solidité des traitements statistiques.

Méthode Gorgone : Démographie des espèces érigées

Méthode satellite de la méthode « RECOR » décrite précédemment, elle a pour objectif de caractériser l'état structurel et de santé des espèces érigées, réputées fragiles et symbolisé par les Gorgones.

Ainsi, sur chaque site prospecté, plusieurs mesures et comptages sont réalisés afin d'estimer de la densité des peuplements, les tailles de leurs composants, et leur état sanitaire. Ces données répondent bien à l'objectif de surveillance de l'état de santé des populations.

Protocole :

- Taille et densité des colonies estimées : à une profondeur fixe à partir d'un quadrat de 2 m² (soit 8 quadrats de 50 cm de côté)
 - Nb de colonies recensées (une colonie = un axe principal partant du pied et ses ramifications) sur les 2 m²
 - Hauteur/largeur de chaque colonie effectuée à 5 cm près à partir d'une pique (ou d'une règle) graduée

Remarque : Cette méthode a été jugée suffisante pour ces estimations (Sartoretto, 2003).

- Taux de nécroses estimées : à partir de 30 quadrats aléatoires de 50x50 cm
 - Évaluation du taux de nécrose sur une échelle de 1 à 5 :
 - 1 : 0% de nécrose, colonie entière vivante
 - 2 : <0 à 10 % de surface nécrosée
 - 3 : 10 à 50 % de surface nécrosée
 - 4 : < 50 % de surface nécrosée
 - 5 : 100% de surface nécrosée, colonie entièrement morte
 - La distribution des nécroses peut être notée (localisée ou diffuse)
 - Nécroses datées (par la colonisation) : ce paramètre mal appréhendé est abandonné.

Résultats escomptés :

Ces mesures permettent d'extraire des variables pour chaque espèce de gorgone :

- le nombre de colonies et la densité par m²
- le nombre de petites colonies (<15 cm) et de grandes colonies (>50 cm)
- les hauteur et largeur moyennes des colonies, la hauteur maximale
- la taille moyenne des espèces,
- le nombre et pourcentage de colonies nécrosées selon 5 classes,
- le nombre total de colonies nécrosées,
- le nombre et pourcentage de colonies dont les nécroses sont récentes,
- la date et taux de nécrose moyen et maximal pour chaque espèce,
- le nombre et la proportion d'individus de chaque espèce présentant des nécroses peu ou très colonisées (nécrose récente ou ancienne).



Figure 11 : Relevé sous l'eau, méthode Gorgone

Photogrammétrie

Principe de mesure

Le principe général de la photogrammétrie est illustré sur la figure ci-dessous. Une succession d'images prises avec un fort taux de recouvrement permettent de reconstituer un objet 3D à partir des points de correspondance identifiés sur chaque photo. Le positionnement des caméras dans l'espace (angle de prise de vue des images) est défini et résolvant une succession d'équations à multiples inconnues. Ce positionnement permet ensuite d'obtenir un nuage de points de correspondance en trois dimensions. À partir de ce nuage de points, un objet 3D de l'objet photographié est créé en générant des facettes (polygones). Enfin, l'objet 3D est texturé en utilisant les photos permettant ainsi d'obtenir un rendu réaliste à haute définition en couleur du sujet.

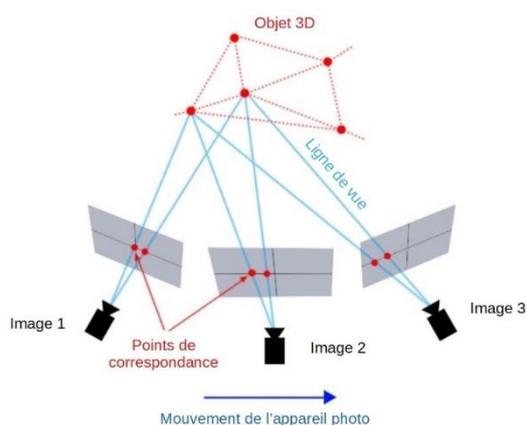


Figure 12 : Principe de reconstruction d'un objet 3D par photogrammétrie.

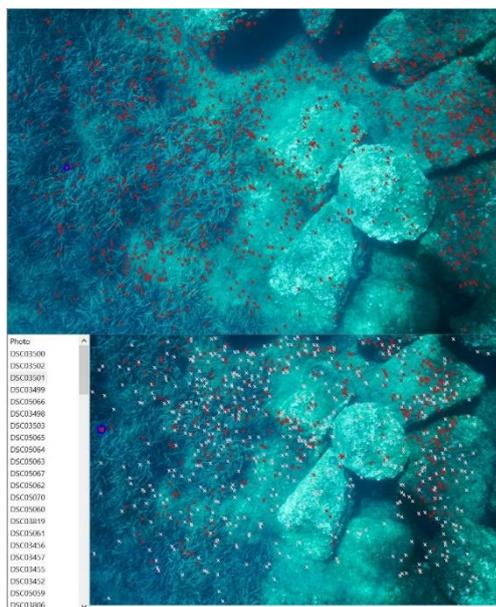


Figure 13 : Visualisation dans le logiciel ViewMap (développé par Seaviews) des points de correspondances entre deux photos (croix rouges).

En photogrammétrie terrestre les images sont prises en aérien par des drones afin d'avoir une surface couverture optimisée et limiter le temps d'acquisition. En photogrammétrie sous-marine, les photos sont prises depuis la surface par faible fond (inférieur à 15 m). À surface égale, un nombre beaucoup plus important de photos est nécessaire en milieu subaquatique par rapport au milieu terrestre. Ce phénomène est principalement dû au fait qu'il est impossible de modifier librement l'éloignement par rapport au sujet (contrairement au drone aérien) et à la différence d'indice de réfraction entre l'eau (1.33) et l'air (1.00).

Constitution du modèle 3D photo-texturé

La construction du modèle en trois dimensions à partir des photographies a été réalisée en utilisant les logiciels gratuits VisualSFM et MeshLab. Ce processus se déroule en quatre phases :

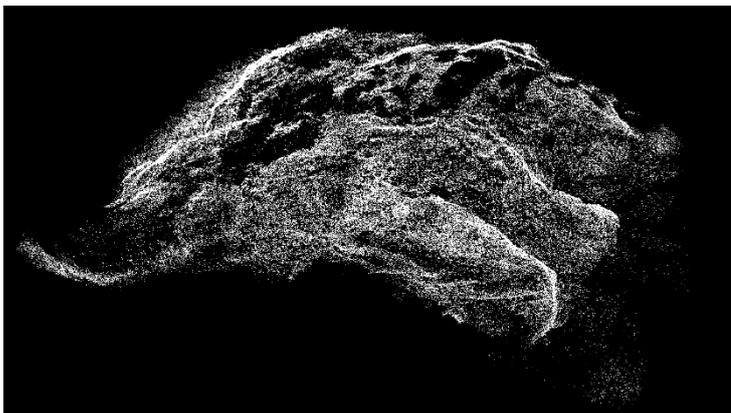
1. Identification des points remarquables sur chaque image en utilisant l'algorithme SIFT (Scale-Invariant Feature Transform). Sommairement, cet algorithme recherche des extremums en comparant chaque pixel à ses 26 voisins immédiats. Un point sera considéré comme remarquable s'il a une valeur strictement inférieure ou strictement supérieure à ses 26 voisins. Cette méthode permet aux points remarquables d'être identifiés sur des photos distinctes dont l'orientation et l'échelle sont différentes, c'est à dire en subissant localement des déformations géométriques.
2. Comparaison de chaque image entre elles pour identifier les points de correspondance. Ceci est possible lorsque suffisamment de points remarquables appariés entre plusieurs images d'une même scène sont disponibles. À partir de ces correspondances (match), il est possible de déterminer la position et l'orientation relative des caméras. Des paires de photos peuvent être définies a priori (en fonction de leur proximité) afin de réduire le temps de calcul. Une matrice de correspondance est produite afin d'identifier les photos ayant les plus fortes correspondances.

3. Positionnement des caméras dans l'espace et construction du nuage de points (fig. suivante). À partir de l'orientation et de la position des caméras, un nuage de points de correspondance est généré dans un repère relatif à la scène reconstituée.

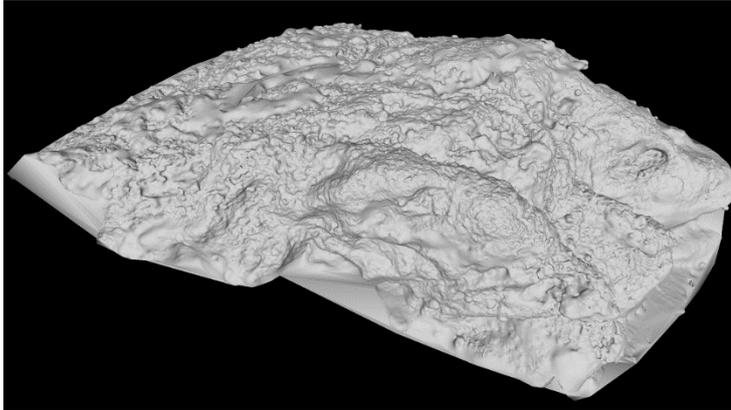


Figure 14 : Reconstitution du nuage de points de correspondance d'une épave d'avion sous VisualSFM. Le trajet parcouru durant la prise des photos est visible grâce aux miniatures des images.

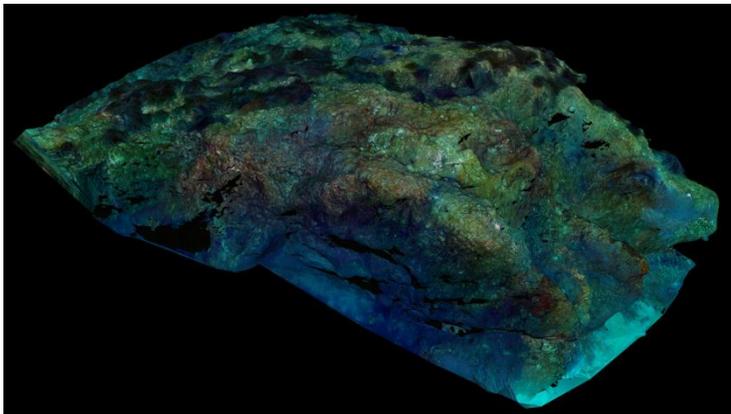
4. Le nuage de point et la position des caméras, obtenus avec le logiciel VisualSFM, sont ensuite exportés vers le logiciel de design 3D MeshLab. La création d'un modèle 3D se déroule en trois étapes :
 - Simplification du nuage de points et calcul des normales



- Construction d'un objet 3D sans texture



- Texturage de l'objet 3D avec les photographies et le positionnement des caméras



Au vu du nombre d'images et de la faible superficie reconstituée, le temps de traitement informatique pour obtenir un modèle 3D à partir des photographies n'excède pas 45 minutes par modèle. Il est important de noter que ce temps augmente de façon exponentielle lorsque l'on ajoute plus de photos.

Photos et inventaire qualitatif poissons

Selon la compétence des prospecteurs sous l'eau, une liste de toutes les espèces de poissons rencontrés peut assez facilement être établie en sortant de chaque plongée technique où les méthodes x ou y ont été déroulées. Il ne s'agit pas de réaliser des recherches spécifiques poussées (comme l'examen très détaillé des crevasses, ...), mais de combler les moments libres par l'enregistrement (mémoire ou sur tablette) des espèces observées au fil du temps, lors du déroulé des méthodes précédemment décrites. Par ailleurs, certaines méthodes (comme celle correspondant aux compartiments 7 à 10 de l'EBQI) nécessitent une identification des poissons observés dans la colonne d'eau et correspondent donc déjà à une partie de ce travail.

Nous avons dans le contexte de notre étude, testé ce recueil de données très simple. Nous ne disposons pas de temps supplémentaire pour affiner le recueil au-delà des éléments suivants :

- Présence/absence des espèces

- Enregistrement des paramètres de la plongée (durée, profondeur min et max, Température au fond, substrats traversés, description sommaire des habitats, etc.)
- Calcul de l'effort de prospection (durée de plongée x nombre de personnes compétentes ayant participé à l'inventaire)

Caméra filaire

Ce dispositif permet de visualiser les fonds marins, tracté depuis une embarcation, sur de longue distance, à des profondeurs variant entre 2 et 75m, et de cartographier les fonds marin, l'acquisition pouvant être couplée à l'utilisation du Gps de bord. Nous utiliserons caméra vidéo filaire « GO PRO HERO 4 », accompagnée d'un écran déporté en surface dans une mallette et d'un câble vidéo de 80 m. Un système de plombage et d'éclairage peut être ajouté en fonction des conditions rencontrées.



Figure 15 : Matériel Caméra filaire, câble et écran de contrôle

Récapitulatif du petit matériel nécessaire pour l'application de ces méthodologies sou l'eau

- Caméra filaire
- Quadrat (avec éventuellement) profondimètre et boussole) –
 - o 2 de 50 cm de côté
 - o Eventuellement, 1 exemplaire de 1m de côté démontable
- 3 Décamètres dérouleur de 20 m et 1 de 50 m
- Gps « marinisé »
- Règle graduée
- Sac avec plomb de lestage
- Cordes diverses, tablettes écriture
- Appareils photo numérique (1 par plongeur dans l'idéal) + 1 appareil réflex pour la photogrammétrie, avec les caissons étanches...

3 Présentation des sites Natura 2000 étudiés

3.1 Les sites Natura 2000 en France

Le réseau Natura 2000 mis en place par l'Union Européenne et opérationnel depuis 2004 rassemble les sites naturels ou semi-naturels présentant une faune et une flore exceptionnelle. Ce sont dans un premier temps des sites terrestres qui ont été mis en place, puis les sites maritimes ont été ajoutés à l'inventaire à partir de 2008. En France, 1 776 sites Natura 2000 terrestres et marins ont été mis en place à ce jour pour une surface totale de plus de 70 000 km².

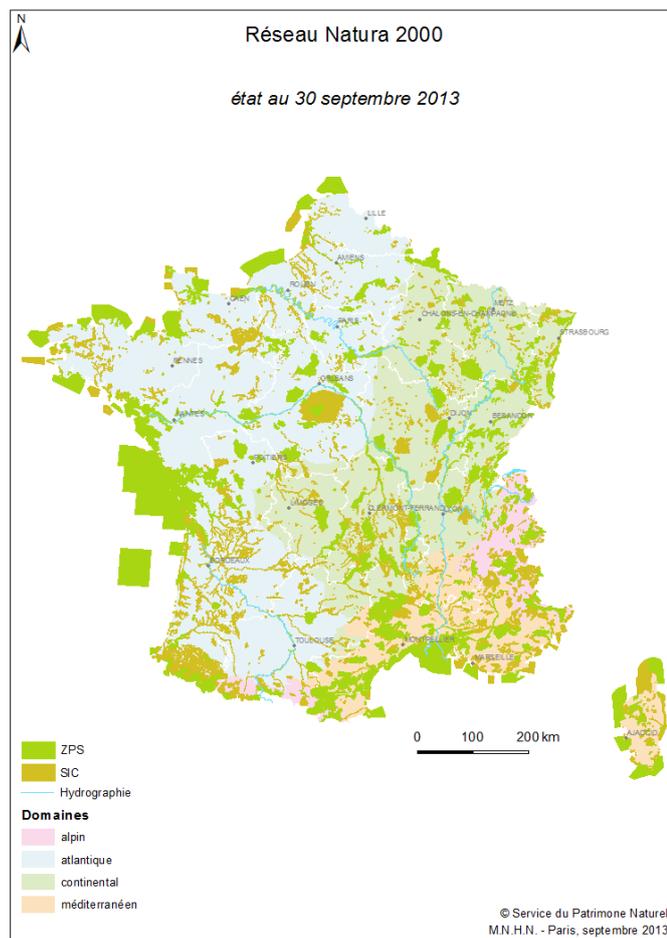


Figure 16 : Localisation des Sites Natura 2000 en France

La création d'une zone Natura 2000 repose sur la réalisation d'un inventaire biologique de la faune et de la flore présente sur site ainsi que sur la cartographie des habitats naturels remarquables. Une fois les inventaires biologiques réalisés, des objectifs de conservation de la biodiversité sont fixés pour chaque site. Un document de référence appelé « Document d'objectif », ou DOCOB, liste ainsi les actions prévues afin d'atteindre les objectifs de conservation. Une fois ce document rédigé et validé par le comité de pilotage (COPIL), le site Natura 2000 entre alors dans une phase d'animation afin de concilier activités humaines et protection et de l'environnement.



Figure 17 : Site Natura 2000 en Corse et de la baie du Mont-Saint-Michel. Photos : © Arnaud Abadie

Les sites Natura 2000 maritimes nécessitent la réalisation des inventaires des habitats marins (Fig. 3a) grâce à des méthodes cartographiques permettant de connaître leur nature et leur surface. La liste des habitats marins est définie par le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) dont la nomenclature et la description sont synthétisées dans le Cahier d'habitats – Tome 2 Habitats côtiers (Bensettiti et al., 2004). Ces cartographies s'accompagnent d'inventaires biologiques qui peuvent être réalisés en plongée sous-marine.



Figure 18 : a) Herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée ; b) Inventaires biologiques en plongée sous-marine. Photos : © Arnaud Abadie.

3.2 Les sites Natura 2000 de la présente étude

La présente étude porte sur les sites Natura 2000 maritimes « Posidonies de la côte palavasienne » FR9101413 et « Cours inférieur de l'Aude » FR9101436 (voir figures suivantes).

Le site « Cours inférieur de l'Aude » FR9101436 (fig. suivante) a quant à lui fait l'objet d'une prospection initiale au sonar à balayage latéral en 2011 ainsi que de plongées de prospections pour valider la cartographie initiale du site (Andromède, 2012).

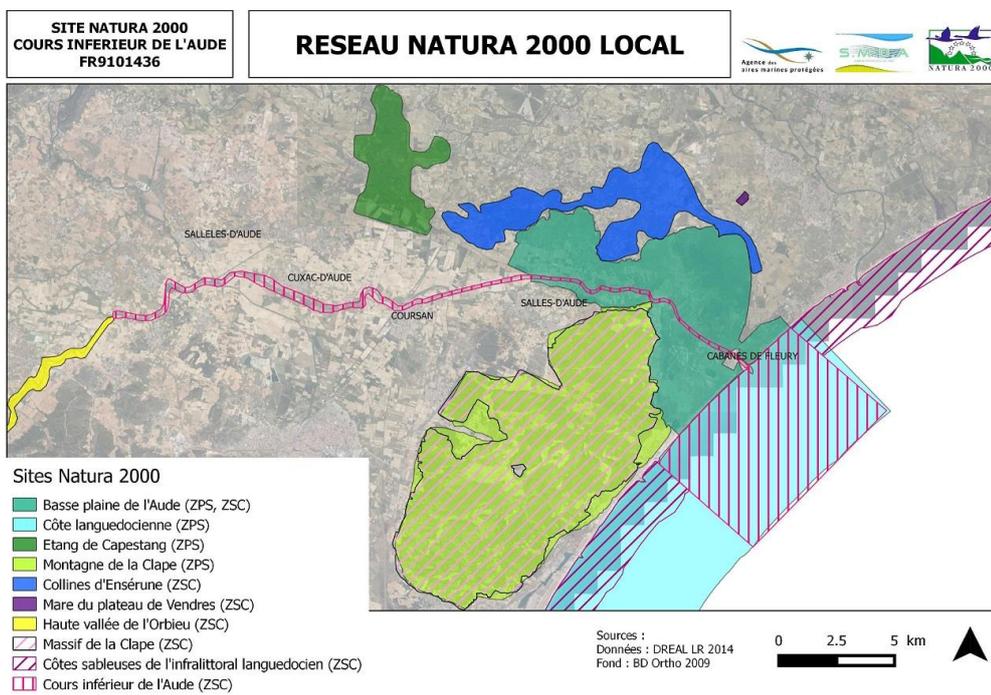


Figure 19 : Localisation du site Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude » FR9101436.

Le site « Posidonies de la côte palavasienne » a fait l'objet en 2007 d'un état initial des biocénoses avec notamment des levés aux moyens de senseurs acoustiques (Holon et Descamp, 2008). En 2011, une étude supplémentaire a été réalisée afin de caractériser en plongée sous-marine les récifs rocheux précédemment cartographiés (Blouet et al, 2011).

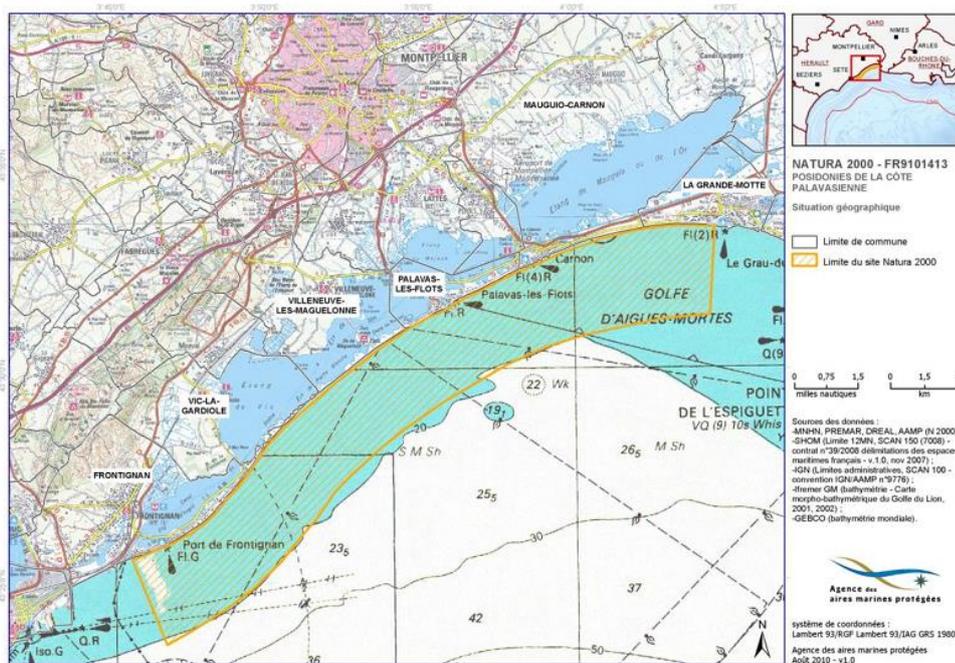


Figure 20 : Localisation du site Natura 2000 « Posidonies de la côte palavasienne » FR9101413. Source : Agence française pour la biodiversité.

4 Résultats bruts

4.1 Levés au sondeur multifaisceaux (Seaviews)

Cours inférieur de l'Aude

Un total de 62 km de levés au SMF a été réalisé par Seaviews au cours de la campagne de mesures qui s'est déroulée en juin 2018.



Figure 21 : Zones et trajectoires des levés au sondeur multifaisceaux sur le site « Cours inférieur de l'Aude ».

Posidonies de la Côte palavasienne

Un total de 321 km de levés au SMF a été réalisé par Seaviews durant trois campagnes de mesures en juin, août et septembre 2018. Trois zones jouxtant les limites de la surface couverte par les données Litto3D ont été échantillonnées.

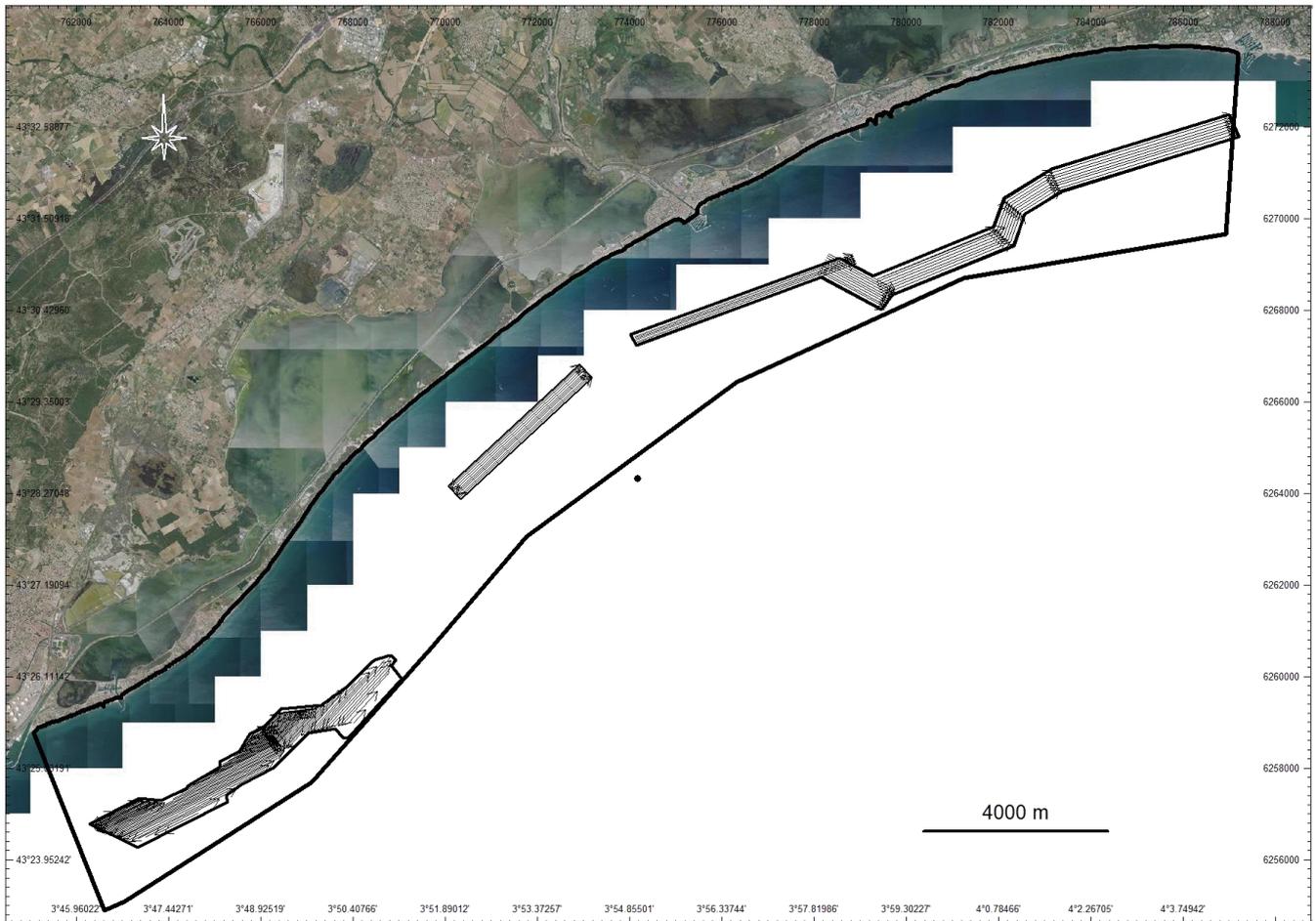


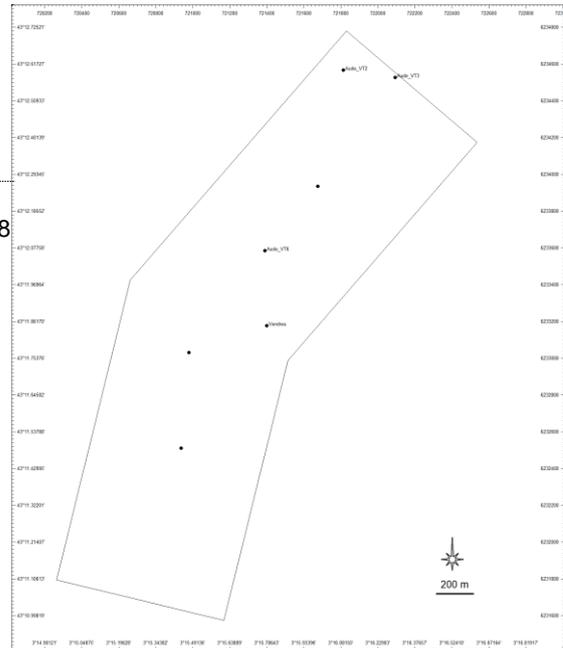
Figure 22 : Zones et trajectoires des levés au sondeur multifaisceaux sur le site « Posidonies de la côte palavasienne ».

4.2 Vérités terrain

Cours inférieur de l'Aude

Un total de 7 points de vérité terrain ont été réalisés en juillet 2018 par Biotope en plongée sous-marine et en caméra filaire (Fig. 16).

Figure 23 : Points de vérité terrain sur le site « Cours inférieur de l'Aude »



Posidonies de la côte palavasienne

153 points de vérité terrain ont été réalisés par Seaviews en immergeant un appareil photo et 14 points de vérités terrain ont été réalisés par Biotope en plongée sous-marine soit un total de 167 points (Fig. 17).

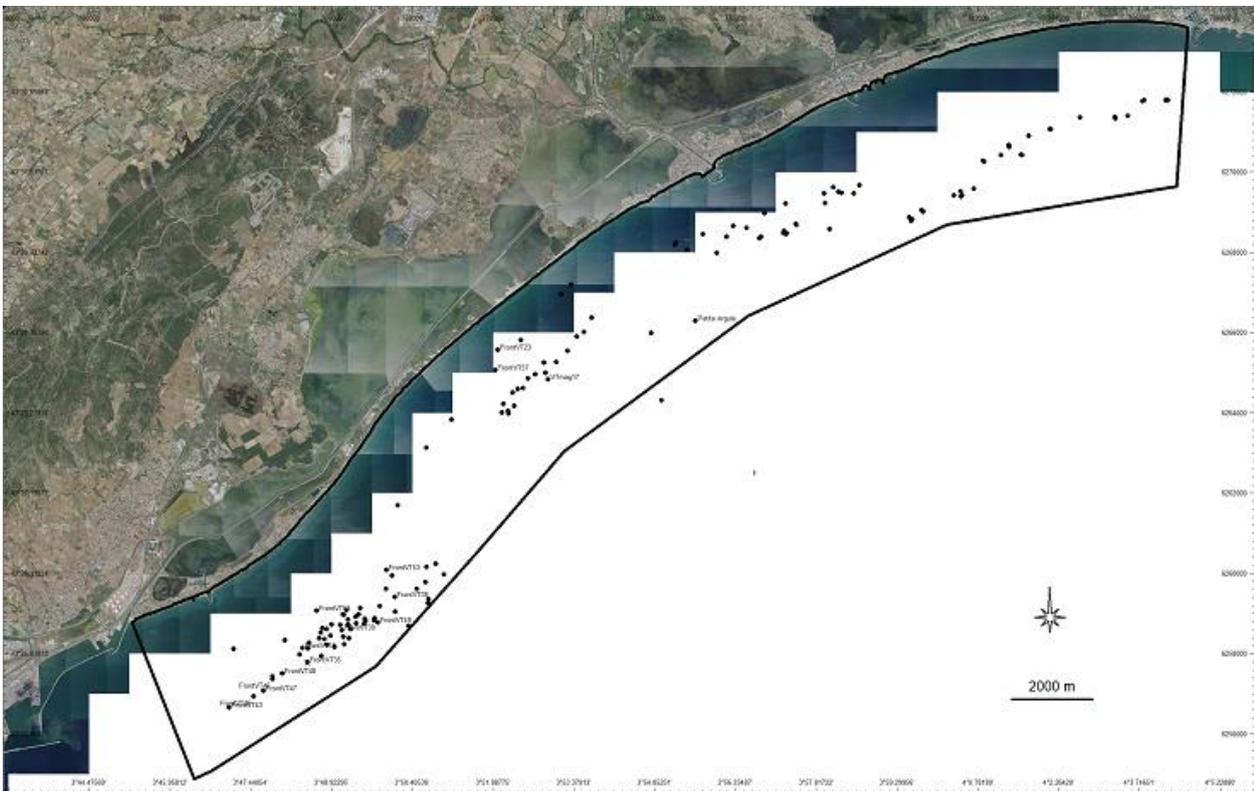


Figure 24 : Points de vérité terrain sur le site « Posidonies de la côte palavasienne »

4.3 Localisation des sites de plongée et méthodologies appliquées (Biotope)

Voir annexes : Tableau des données enregistrées avec, par plongée, les méthodes appliquées

Site Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude »

- ➔ 3 plongées ont été effectuées sur ce secteur délicat : la visibilité a été mauvaise à très mauvaise (1 m maximum par endroit) et l'eau assez froide (14-15°C) ont rendu les manipulations délicates ; la profondeur de 20 m en moyenne a limité le temps de travail. Les structures rocheuses sont réduites en hauteur et en diversité, la diversité faunistique et algale est faible.

Tableau 4 : Cours inférieur de l'Aude – Méthodes effectuées

Cours inférieur de l'Aude – Méthodes effectuées								
Code	Site	Prof moy (m)	Visibilité (m)	« RECOR »	Méthode Gorgone	Méthode EBQI	Photogrammétrie	Liste poissons site
J4 P1	gps 1	20	1.5	x, pl	Pas de gorgone	(x)	(x)	x
J4 P2	gps 7	18	1.5	x, pl	Pas de gorgone	(x)		x
J4 P3	gps 9	20	1.5	x, pl	Pas de gorgone			x

Légende :

- x : méthode effectuée
- (x) : méthode partiellement effectuée
- pl : méthode RECOR sur surface plane
- pa : méthode RECOR sur paroi

Site Natura 2000 « Posidonies de la côte palavasienne »

- ➔ 14 plongées ont été programmées, à 2 à 4 plongeurs (en plus d'une sécurité surface). Les méthodes appliquées l'ont été en fonction du nombre de plongeurs, du temps de travail possible et selon la visibilité rencontrée
- ➔ 3 sous-secteurs ont été échantillonnés en fonction du temps disponible, qui sont, d'est en ouest :
 - Palavas, souvent à faible visibilité (d'autant plus mauvaise qu'on se rapproche de la baie d'Aigues-Mortes, vers l'Est). Les plateaux rocheux sont larges, et s'étendent de -5m à environ -18m dans le périmètre du site Natura 2000. Il existe quelques tombants dépassants 1,5 à 2 m de hauteur
 - Maguelone : plateau rocheux morcelé, peu éloigné et donc assez peu profond (6-8m). Quelques roches isolées ont été cherchées plus au large, mais se sont avérées trop petites pour y appliquer les méthodes de recueils de données biologiques
 - Les Aresquiers : un plateau rocheux plus morcelé, s'étalant sur une profondeur comprise entre 9 et 18m. La visibilité est souvent meilleure qu'à Palavas (visibilité rencontrée lors de nos prospections : de 4 à 7m). De nombreux « canyons » et roches plus ou moins isolées, et une diversité faunistique qui semble un peu supérieure à la partie Est du site Natura 2000

Tableau 5 : Posidonies de la côte palavasienne – Méthodes effectuées

Posidonies de la côte palavasienne – Méthodes effectuées									
Code	Site	Prof moy (m)	Visib (m)	« RECOR »	Méthode Gorgone	Méthode EBQI	Photogram métrie	Liste poissons site	
Secteur Palavas									
Ja	La Réserve	10	3					x	
Jc	le Virage	9	5	pl - (pa)	x			x	
Jd	Le Suchard	9.5	2	pl				x	
J2 P1	Roc Esclop	8.5	2.5	pl	x	x	x	x	
J3 P1	Palavas Est	11	0,3-1m					(x)	
Secteur Maguelone									
J2 P2	Canyon	7.5	1,5-3m	pl	x	x	x	x	
J3 P2a	Homard Stone	16	3	Reconnaissance par caméra filaire - RAS					
J3 P2b	"petite virgule"	18	3	Pas d'habitat dur	Pas de gorgone				
Secteur Aresquiers									
Jb	Blancs Sablons	10	5					x	
Je	Novosite	10	7	pl - pa				x	
J1 P1	Sardineaux	10.5	3	pl	xx	x	x	x	
J1 P2	Axinelles/Cables	9	3	pl - pa	x	x	x	x	
J1 P3	Langoustier	11	3	pl - pa	x		x	x	
J3 P3	Tombant	16	4	pl - pa	(x)	(x)	x	x	

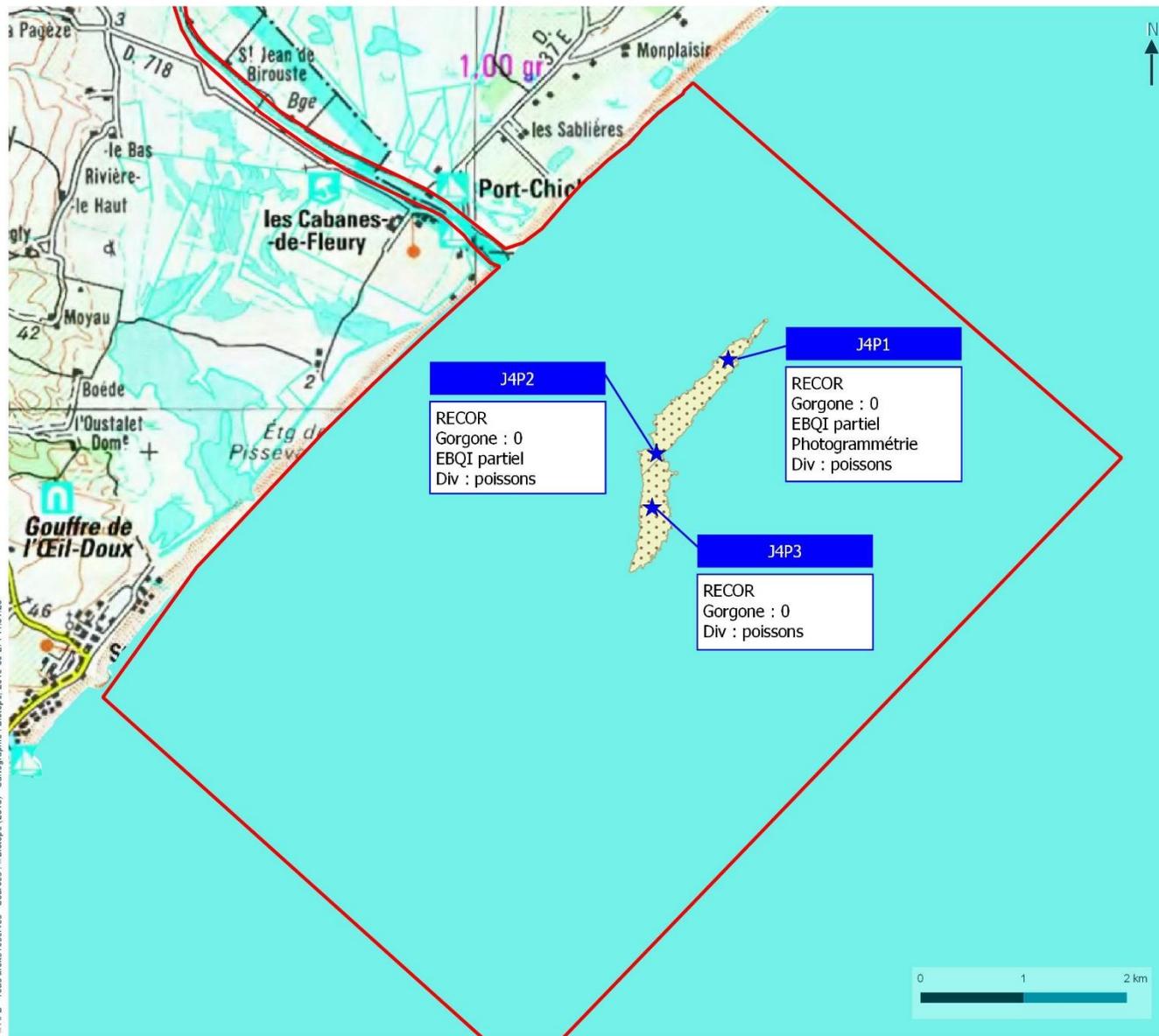
Légende :

x : méthode effectuée

(x) : méthode partiellement effectuée

pl : méthode RECOR sur surface plane

pa : méthode RECOR sur paroi



**Localisation des stations
échantillonnées et
méthodes mises en
œuvre par station**

Caractérisation des habitats de substrat dur
des sites Natura 2000 "Posidonies de la côte
palavasienne" et "Cours inférieur de l'Aude"

- Zone d'étude :
"Cours inférieur de l'Aude"
- ★ Sites de plongée
- Habitats rocheux



Figure 25 : « Cours inférieur de l'Aude : localisation des méthodes mises en œuvre

*Caractérisation des habitats des
substrats durs*

Localisation des stations échantillonnées et méthodes mises en œuvre par station

Caractérisation des habitats de substrat dur
des sites Natura 2000 "Posidonies de la côte
palavasienne" et "Cours inférieur de l'Aude"

- Zone d'étude :
"Posidonies de la côte palavasienne"
- ★ Sites de plongée
- Habitats rocheux

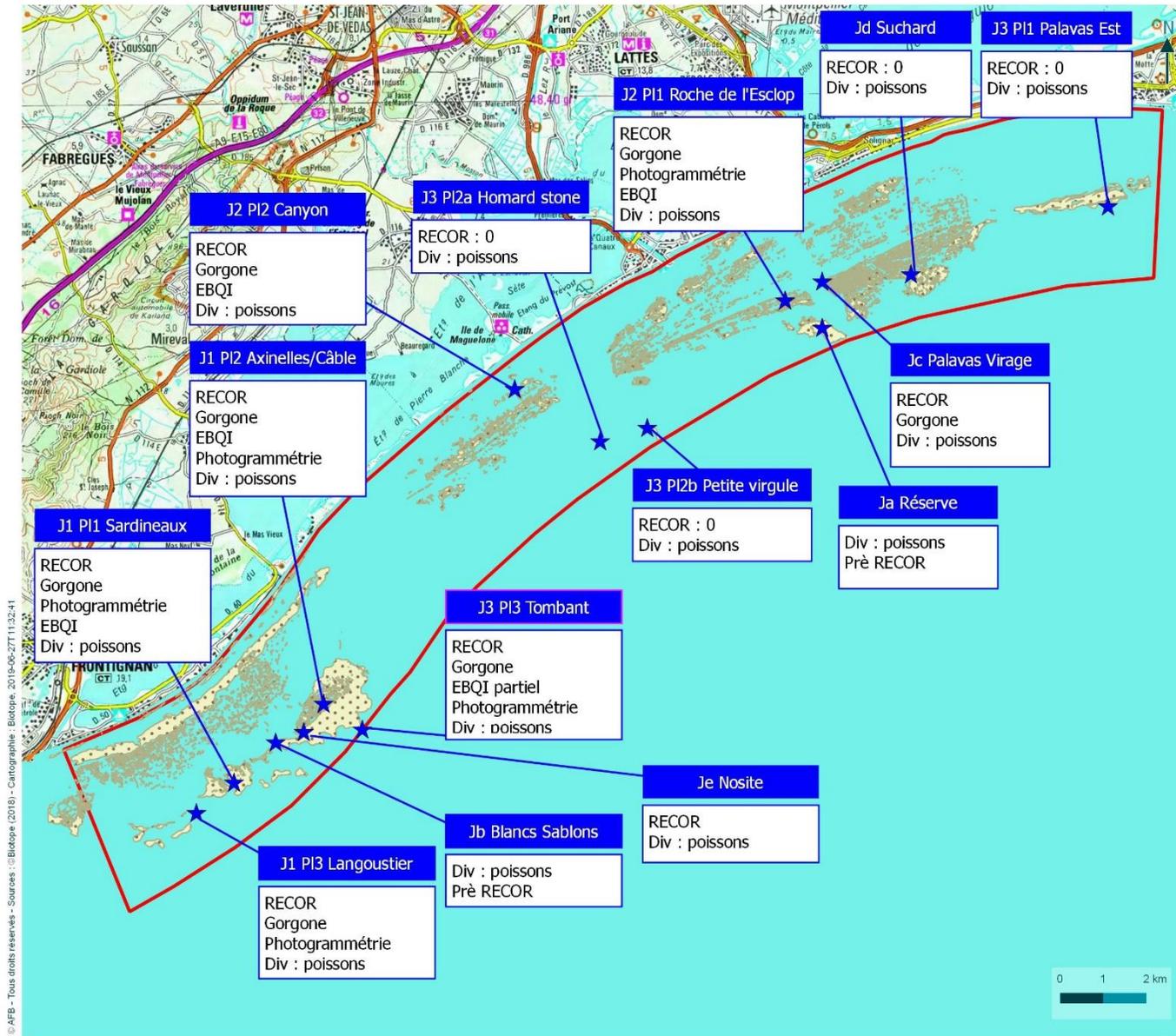


Figure 26 : Posidonies de la côte palavasienne : localisation des méthodes mises en œuvre

Caractérisation des habitats des
substrats durs

5 Résultats cartographiques (Seaviews)

5.1 Cours inférieur de l'Aude

Bathymétrie

Du fait de la très grande variabilité spatiale et temporelle des profils de célérité due au flux d'eau douce de l'Aude, il n'a pas été possible de fournir une carte bathymétrique fiable de cette zone. Les isobathes figurant sur la carte des habitats sont donc issues des levés bathymétriques du SHOM.

Imagerie acoustique

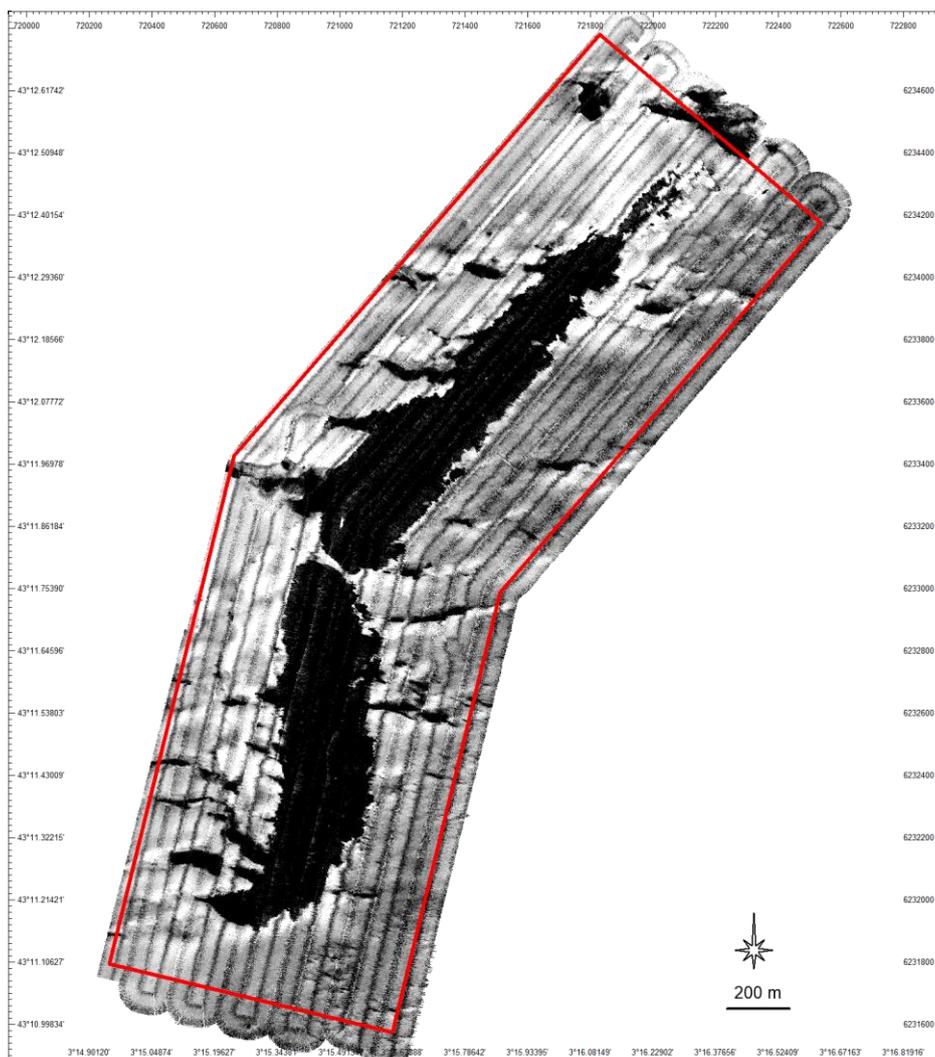


Figure 27 : Carte de la réflectivité acoustique du site « Cours inférieur de l'Aude » réalisée durant cette étude.

L'imagerie acoustique permet clairement d'identifier deux zones proches à haut niveau de réflectivité acoustique dont la limite de couverture est bien marquée (fig. 27). Cette forte réflectivité reflète la présence d'une surface de substrat dur.

Indice de rugosité BATCLAS

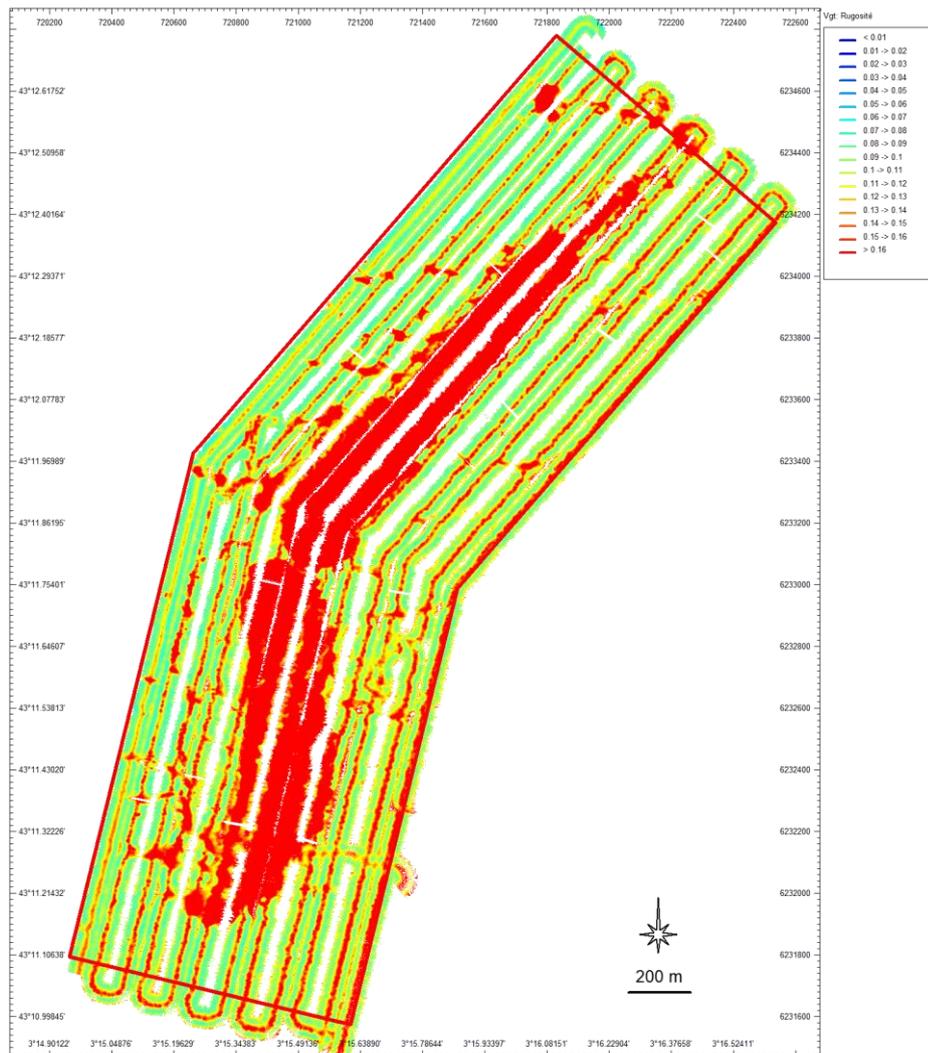


Figure 28 : Carte de l'indice de rugosité BATCLAS du site « Cours inférieur de l'Aude ».

La carte de l'indice de rugosité BATCLAS présente une zone de bruit acoustique au nadir (à la verticale du navire) et une couverture imparfaite (espacement entre les bandes de mesure). Cela est dû à l'importante variabilité spatiale et temporelle de la célérité (la vitesse du son dans l'eau) liée à l'apport en eaux douces de l'Aude, l'algorithme calculant cet indice s'appuyant sur les données bathymétriques. Il est cependant possible de détecter, tout comme sur la carte de réflectivité, deux structures bien marquées au centre de la zone d'étude (fig. 28). BATCLAS permet notamment d'obtenir une information quantitative sur la hauteur du relief. Ici, **le relief sous-marin observé atteint une hauteur maximum d'environ 50 cm.**

Habitats marins

La majorité du substrat est constitué de roches infralittorales à algues photophiles (référence 1170-13 des cahiers des habitats) sur un fond de sables fins bien calibrés (référence 1110-6 des cahiers des habitats fig. 29). Cette cartographie des habitats confirme les contours de la zone rocheuse de la précédente réalisée en 2012. Cependant, aux vues des vérités terrain et des observations sous-marines de Biotope, nous proposons de classer l'habitat dans la catégorie « Roches infralittorales à algues photophiles » plutôt que « Biocénose à coralligène » (voir discussion chapitre 7). Un « cordon » de roche supplémentaire a également été cartographié en couplant la rugosité et les images sonar durant la présente étude comme montré dans la figure 29.

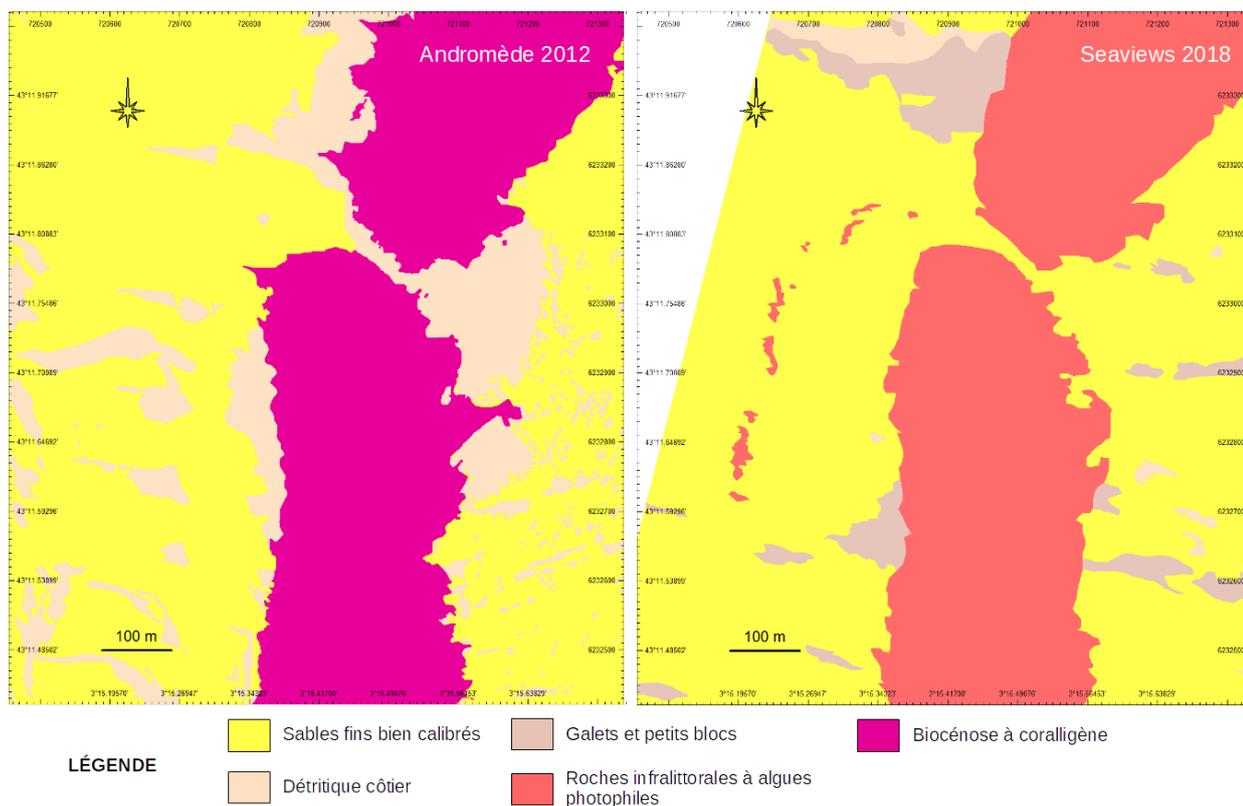


Figure 29 : Comparaison des deux cartographies disponibles : celle de Andromède Océanologie (2012) à gauche et celle de la présente étude à droite.

Les différences :

- Lors de la comparaison des surfaces couvertes par le substrat dur (Roches infralittorales et Galets et petits blocs), une plus grande surface totale a été cartographiée durant cette étude par rapport à la cartographie antérieure (tableau X). Cela est principalement dû à l'utilisation de l'indice de rugosité BATCLAS durant cette étude qui permet, en renseignant le micro relief du fond par une valeur métrique précise, de détecter et cartographier les surfaces ayant un faible relief telles que les petits blocs rocheux. La précédente étude ne s'appuyant que sur des images sonar pour délimiter les zones de roches, seules les grandes surfaces de substrat dur ont pu être identifiées.
- Le Détritique côtier est par nature sédimentaire, variable dans sa couverture, et sa détection (par imagerie sonar et leurs variations de niveaux de gris) est probablement modifiée selon les courants et les apports de l'Aude. D'où de fortes différences constatées entre 2012 et 2018.

Tableau 6 : Surfaces occupées par les différents types de substrat dur sur le site « Cours inférieur de l'Aude ». Le terme « habitat de substrat dur » regroupe la « Biocénose à coralligène » et la « Roche infralittorale à algues photophiles ».

Cartographie	Andromède 2012	Seaviews 2018
Surface couverte par l'habitat «Biocénose à coralligène» (m ²)	577 219	
Surface couverte par l'habitat «Roche infralittorale à algues photophiles» (m ²)		638 091
Surface couverte par les habitats de type blocs de roche (m ²)	-	128 652
Surface totale couverte par les habitats sur substrat dur (m²)	577 219	766 743

CARACTERISATION DES HABITATS DE SUBSTRAT ROCHEUX

CARTE DES HABITATS ELEMENTAIRES
SITE FR9101436 - COURS INFERIEUR DE L'AUDE



med_n2000_FR9101436_eco_biocénoses_atb_20181108_a4po.qgs



BIOCENOSSES MARINES

- Détritique côtier
- Galets et petits blocs
- Roche infralittorale à algues photophiles
- Sables fins bien calibrés
- Isobathe

Sources des données :
 - Caractérisation des substrats rocheux, contrat AFB - Seaviews/Biotope, 2018 (pour méthodologie voir le rapport associé)
 - Eurostats, 2016 (Pays)
 - SHOM, 2007 (Bathymétrie)
 Système de coordonnées : Lambert 93/ RGF 93
 Logiciel : QGIS

AGENCE FRANÇAISE
 POUR LA BIODIVERSITÉ
 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



Figure 30 : Carte des biocénoses marines du site « Cours inférieur de l'Aude ».

5.2 Posidonies de la côte palavasienne

Bathymétrie

La fusion des données bathymétriques du lidar et du sondeur multifaisceaux permet de fournir une carte pour l'ensemble de la zone (fig. 31). Les « trous » au nord-est de la zone sont dus à un manque de données lidar. La bathymétrie seule permet notamment de mettre en évidence la possible présence de paléo étangs.

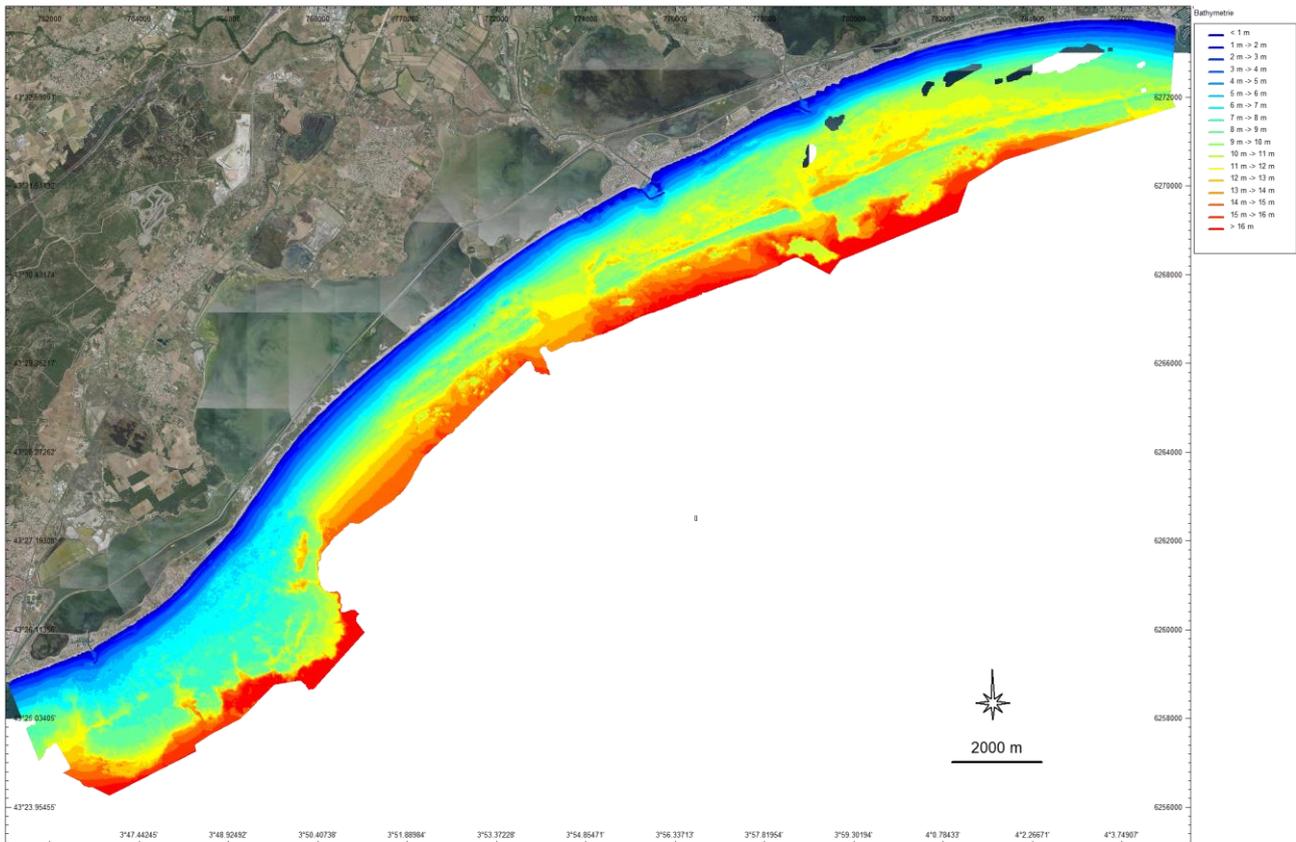


Figure 31 : Carte bathymétrique (résolution 1 m) issue de la fusion des données lidar et sondeur multifaisceaux du site « Posidonies de la côte palavasienne ».

Imagerie acoustique

Les images de réflectivité obtenues avec le sondeur multifaisceaux permettent d'identifier clairement les zones de roches grâce à l'amélioration de qualité fournie par les « snippets » (3 figures suivantes). Certaines zones de variation de nature sédimentaire sont également visibles notamment au large de Maguelone.

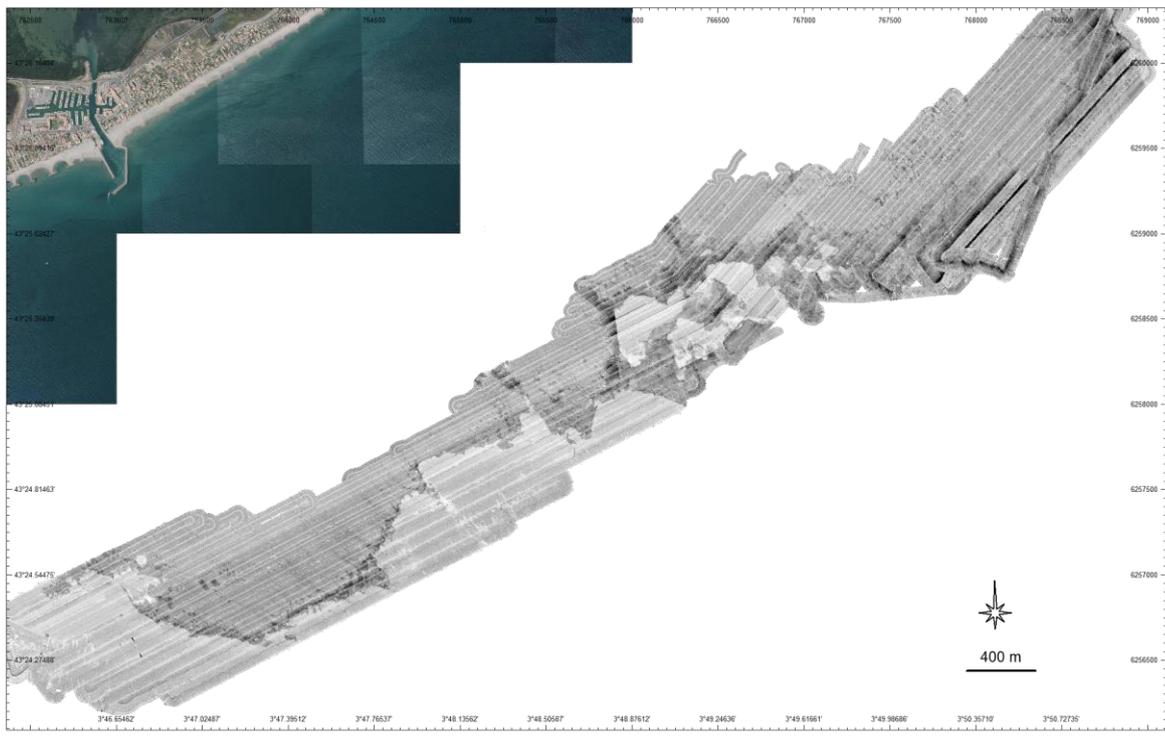


Figure 32 : Image de réflectivité du fond issue du sondeur multifaisceaux au large de Frontignan/Aresquiers sur le site « Posidonies de la côte palavasienne ».



Figure 33 : Image de réflectivité du fond issue du sondeur multifaisceaux au large de Maguelone sur le site « Posidonies de la côte palavasienne ».

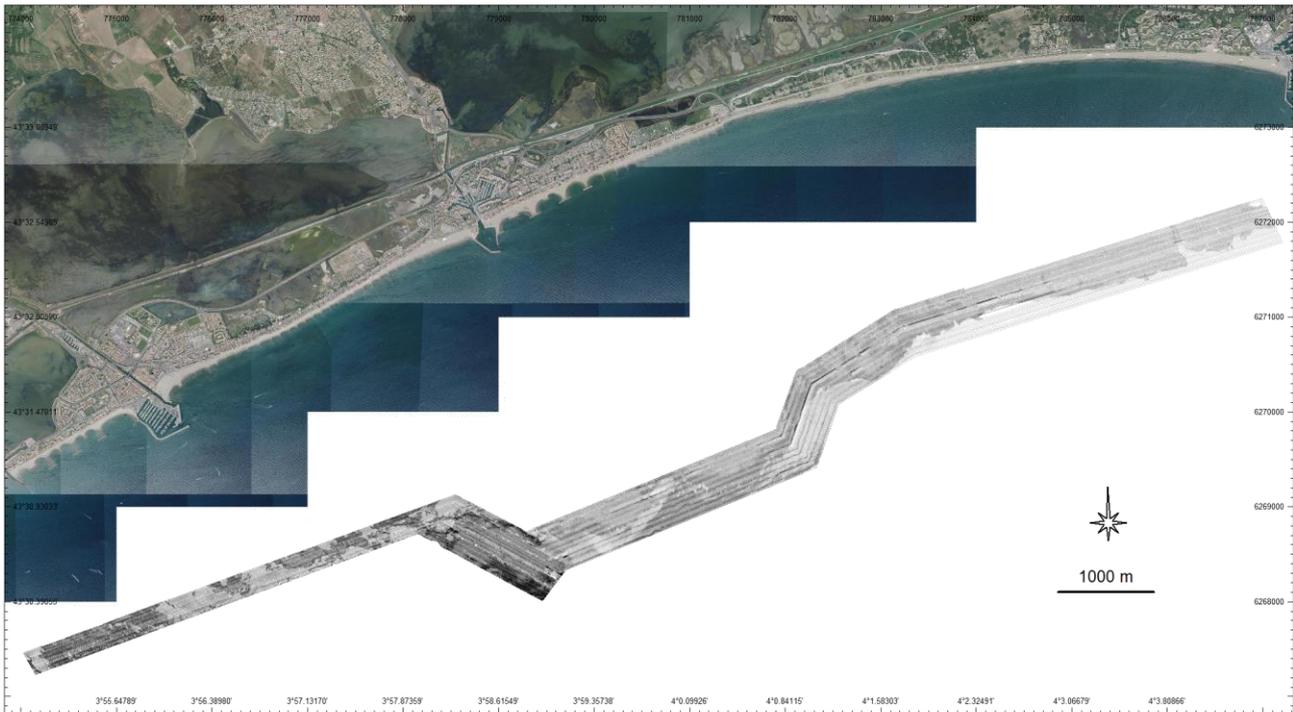


Figure 34 : Image de réflectivité du fond issue du sondeur multifaisceaux au large de Palavas sur le site « Posidonies de la côte palavasienne ».

Indice de rugosité BATCLAS

L'indice BATCLAS permet de mettre en évidence :

- des structures avec un fort relief (apparaît en rouge dans la figure 35) notamment dans les parties les plus profondes au large de Frontignan/Aresquiers (sud-est de la zone), au large de Maguelone (centre) et au large de Palavas (nord-est). Elles correspondent à des zones de substrat dur de roches infralittorales à algues photophiles et/ou à des biocénoses à coralligène. Les différences dans la densité de rouge entre ces secteurs correspondent à des rugosités plus ou moins rapprochées :
 - o au large des Aresquiers, la succession de couloirs ou de failles est fréquente, et les secteurs de plateaux homogènes assez petits
 - o au contraire, à Palavas, les plateaux sont assez homogènes et peu faillés dans l'ensemble, à l'exception des premiers plateaux vers le large. Les bords des plateaux les plus au large ont des parois assez importantes (visualisé par un rebord rouge sur la figure)
- Une rugosité intermédiaire est observée sur la grande majorité du site correspondant à un amalgame de matre morte, de patches d'herbiers et de petits blocs rocheux.

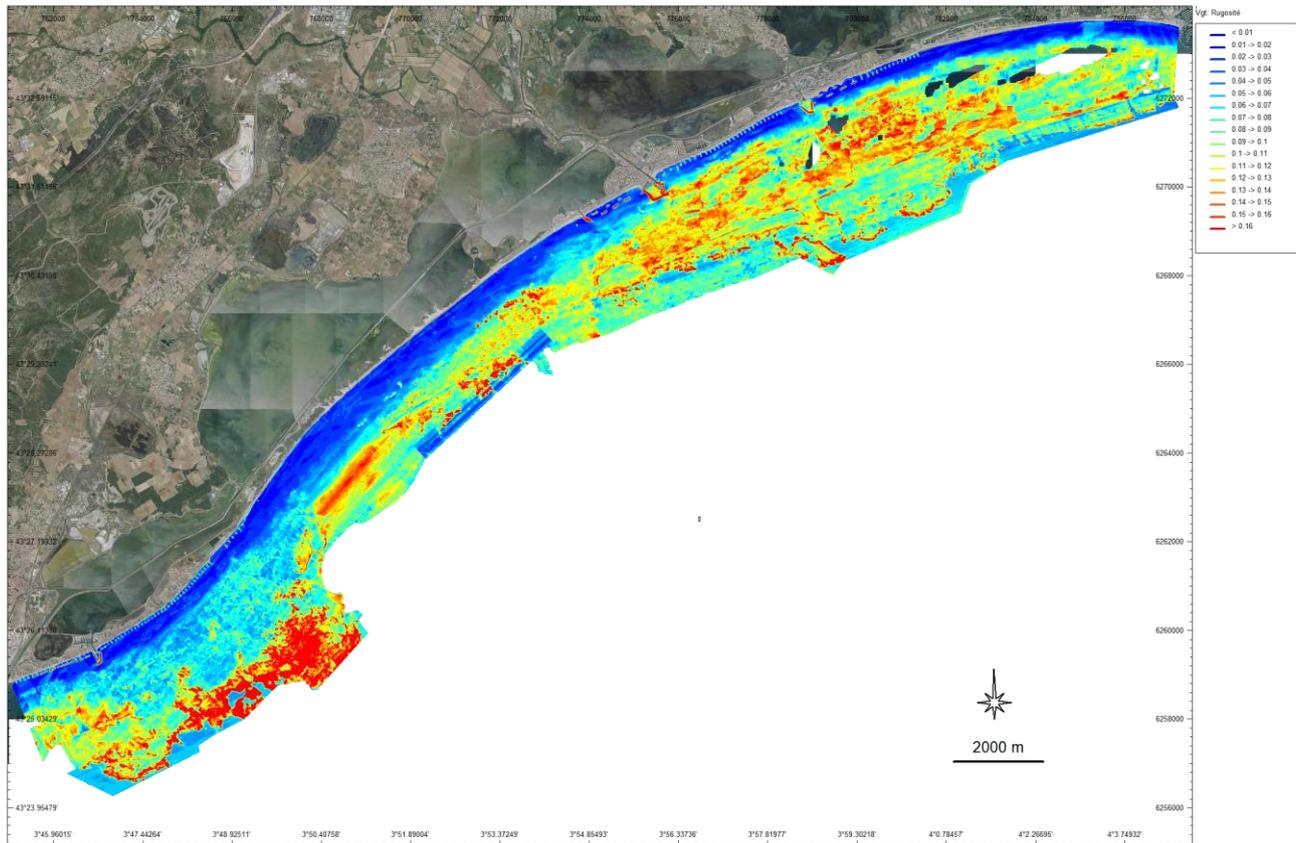


Figure 35 : Carte de l'indice de rugosité BATCLAS (résolution 1 m) issue de la fusion des données lidar et sondeur multifaisceaux du site « Posidonies de la côte palavasienne ».

Habitats marins

Sur le site Natura 2000, **le substrat présente une structuration très complexe** avec sur certaines zones un amalgame de différents habitats.

- Ainsi, outre les surfaces identifiables correctement de mattes mortes de posidonies, de larges zones de matre morte comprennent également des blocs rocheux de tailles variées allant de petits galets à des blocs de grande taille. La matre morte de posidonie, aux vues de son fort recouvrement par le sédiment semble ancienne. En effet, lorsqu'une nouvelle zone de matre morte se crée, les interstices entre les parties mortes de la plante (rhizomes et racines) ne sont pas immédiatement comblés par le sédiment. Avec le temps les interstices se remplissent par la sédimentation des particules en suspension pour aboutir à un recouvrement total de la matre par une couche de sédiment.
- Du sédiment fin ainsi que des patches de posidonie vivante sont également visibles à proximité, rendant le rattachement à un habitat élémentaire ardu.
- Une large surface de roches fragmentées s'étend de Palavas au Grau-du-Roi. Cette même zone est également constituée de galets et de petits blocs rocheux. La principale zone de substrat dur se situe tout de même au large de Palavas. La présence de « lignes droites » de substrat dur encadrant des fonds de sédiments fins suggère la

présence de paléo étangs probablement issus de la submersion du littoral il y a environ 10 000 ans à la fin du Pleistocène. Ces structures sont particulièrement visibles sur les cartes de rugosité BATCLAS issues des données lidar (fig.36)

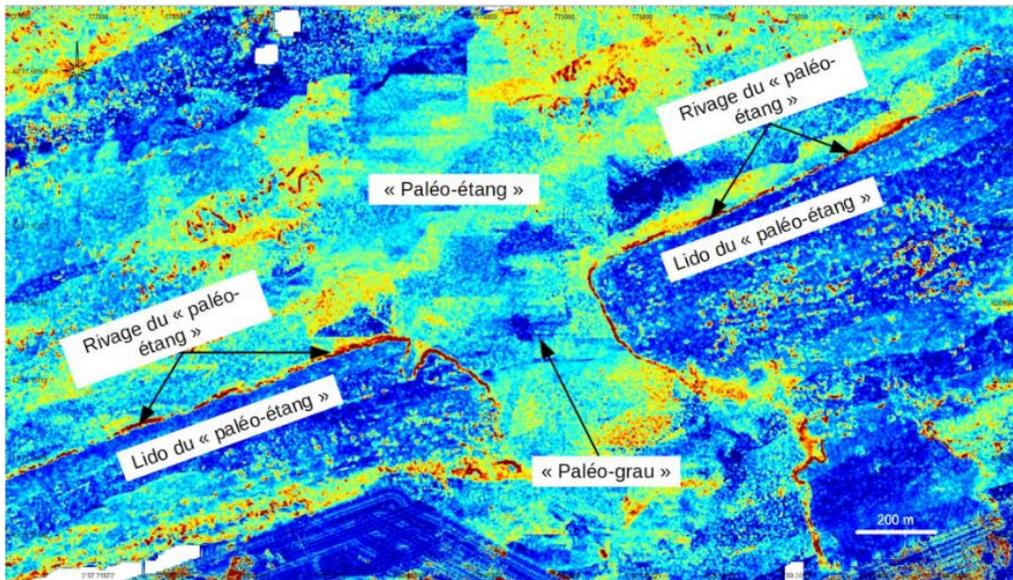


Figure 36 : Identification des différentes parties constituant un « paléo-étang » situé au large entre Palavas et Carnon

Le substrat dur sur ce site présente une grande variété de formes et de tailles.

- Les plus petites structures rocheuses prennent la forme de galets et de petits blocs de quelques dizaines de centimètres de long au maximum.
- De plus gros blocs avec des arrêtes allant jusqu'à un mètre de long sont également observés parfois solitaires sur des fonds de « galets » ou en groupes.
- Enfin, les structures rocheuses les plus grandes se présentent principalement sous la forme de plateaux rocheux avec des tombants de quelques centimètres jusqu'à 1,5 m de hauteur.

De nouvelles zones de substrat dur ont également été cartographiées, notamment au large de Frontignan et au large du Grau-du-Roi (fig. 37 et 38). Le substrat dur au large de Frontignan correspond à son extension la plus profonde. Sa limite n'a pas été cartographiée durant cette étude car elle était située hors de la zone d'acquisition au sondeur multifaisceaux. Le substrat dur au large du Grau-du-Roi à des roches de faible relief identifiées grâce à la puissance de détection de l'indice BATCLAS.

Sur ces mêmes zones, **les limites de certains récifs rocheux ont été détaillées.**

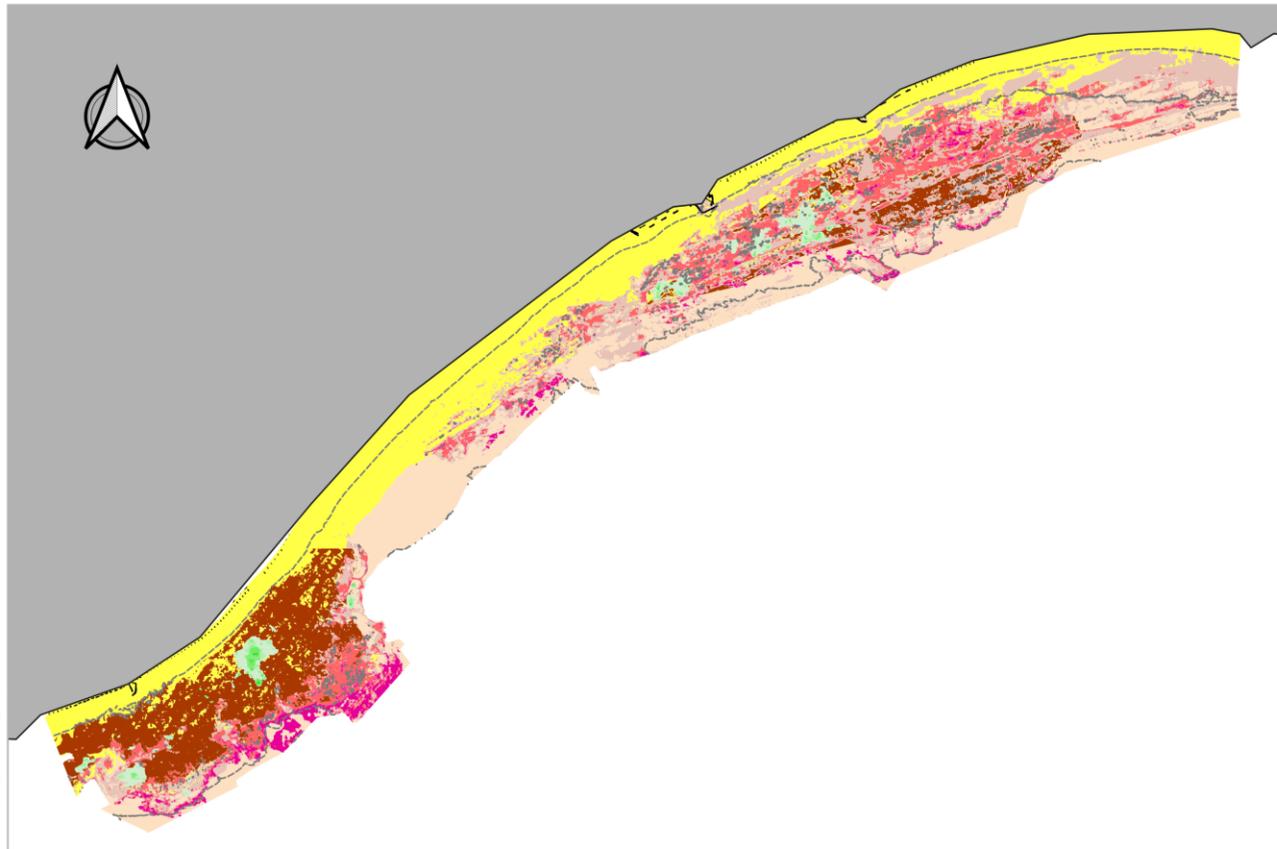
Les plongées d'observation réalisées par Biotope et les vérités terrain de Seaviews ont montré que la biocénose coralligène était principalement observée sur les tombants, tandis que le substrat dur moins accidenté était principalement colonisé par des algues photophiles ou bien peu colonisé.

- ➔ En prenant en compte ces nouvelles informations et celles fournies par Blouet et al. (2011), nous avons donc principalement fait figurer sur les cartes l'habitat « Roches infralittorales à algues photophiles » (voir discussions dans le chapitre 7).

- L'habitat maintenant dénommé « Habitat mixte roche à algues photophiles et coralligène » correspond aux secteurs où des faciès d'algues photophiles sont observés sur les plateaux rocheux et des peuplements proches du coralligène sur les parois. L'ensemble de ces détections supplémentaires est rendu possible grâce à l'utilisation de l'indice BATCLAS capable de mettre évidence des substrats durs et d'en fournir une évaluation métrique.

MEDITERRANEE > Occitanie > Posidonies de la côte palavasiennne
SITE FR9101413 - CARTE DES BIOCENOSES MARINES

EDITEE LE : 11/12/2018



BIOCENOSSES MARINES

- Sables fins bien calibrés
- Detritique cotier
- Posidonie 0-10 %
- Posidonie 11-30 %
- Posidonie 31-50 %
- Posidonie 51-75 %
- Posidonie 76-100 %
- Matte morte de *Posidonia oceanica*
- Roche infralittorale à algues photophiles
- Habitat mixte roche à algues photophiles et coralligène
- Enrochement artificiel

med_n2000_FR9101413_eco_biocenosess_afb_20181108_a4pa

Sources des données :
 - Caractérisation des substrats rocheux, contrat AFB - Seaviews/Biotop, 2018 (pour méthodologie voir le rapport associé)
 - SHOM 2014 et Seaviews, 2018 (bathymétrie)
 - SHOM, 2014 (données lidar)
 - Andromède Océanologie, 2007 (polygones de posidonies)
 - Eurostats, 2016 (pays)

Syst. coord. : Lambert 93/RGF 93
 Logiciel : QGIS

**AGENCE FRANÇAISE
 POUR LA BIODIVERSITÉ**
 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



0 2 4 km 0 1 2 MN

En termes de **surface totale occupée par le substrat dur** entre les deux cartographies disponibles (celle réalisée par Andromède en 2007 et celle de la présente étude) :

- une faible différence est observée (3 488 ha en 2007, 3 123 ha en 2018).
- En regardant plus en détail les superficies couvertes par les différents habitats, des variations plus importantes sont observées.
 - o La surface occupée par les galets et petits blocs passe de 2 500 ha en 2007 à 1 728 ha en 2018. Cette diminution est principalement due à la requalification en roches infralittorales à algues photophiles de grandes superficies au large de Palavas grâce aux informations fournies par l'indice de rugosité BATCLAS.
 - o Ainsi la surface cartographiée de roches infralittorales à algues photophiles passe de 288 ha en 2007 à 1 154 ha en 2018.
 - o La surface de l'ancienne « Biocénose à coralligène », reclassée en « habitat mixte roche à algues photophiles et coralligène », diminue entre 2007 et 2018 (de 700 à 241 ha) du fait des levés acoustiques complémentaires réalisés durant la présente étude. Cet habitat mixte correspond aux zones à fort relief (tombant, parois, failles) sur lesquelles se développent un faciès composé notamment de gorgones jaunes et d'algues photophiles. Le fort relief bien que mis en évidence par l'indice BATCLAS dans le cadre de cette étude peut également être détecté via d'autres techniques de traitement des données bathymétriques.

Cartographie	Andromède 2007	Seaviews 2018
Surface couverte par les galets et petits blocs (ha)	2 500	1 728
Surface couverte par la roche infralittorale à algues photophiles (ha)	288	1 154
Surface couverte par la biocénose à coralligène (ha)	700	-
Surface couverte par l'habitat mixte roche à algues photophiles et coralligène (ha)	-	241
Surface totale couverte par le substrat dur (ha)	3 488	3 123

Autres différences entre cartographies 2007 et 2018

- Au large de Frontignan **de nombreuses zones de roches infralittorales à algues photophiles de la cartographie de 2007 à faible profondeur** (partie nord de la cartographie) **n'ont pas été observées** lors de la présente étude (voir figure ci-dessous). Ceci est principalement dû à la méthode de cartographie, celle de cette étude, plus récente, permettant notamment de confirmer ou d'infirmer la présence d'un fort relief (grâce à l'indice BATCLAS de rugosité) lorsque des signatures particulières sont observées sur les images sonar.
- Au sud de la zone (large de Frontignan), **les superficies précédemment cartographiées en « biocénose à coralligène » ont été classées en « roches infralittorales à algues photophiles » pour les parties les moins profondes et en « habitat mixte roche à algues photophiles et coralligène »**. Leurs contours sont également plus précis grâce au matériel plus récent et à la résolution supérieure des données utilisées au cours de cette étude. Il est également intéressant de noter que la zone d'habitat rocheux à l'est, située à la limite de la carte, requiert des levés acoustiques supplémentaires afin de compléter la cartographie des habitats de substrat dur.

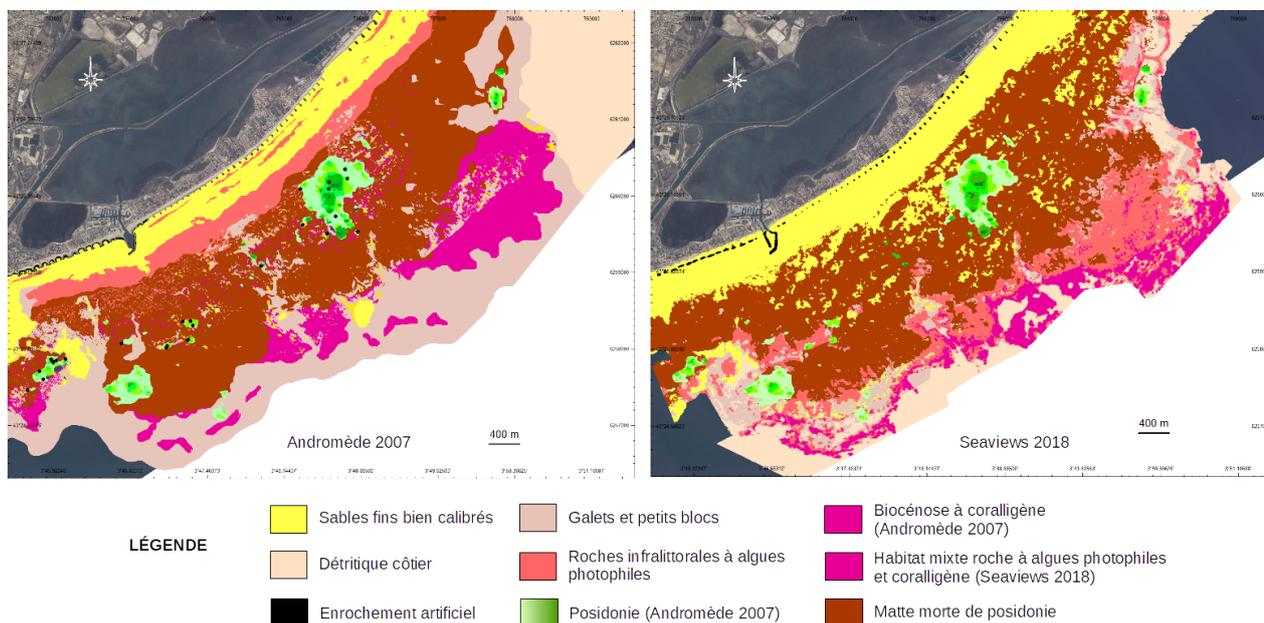
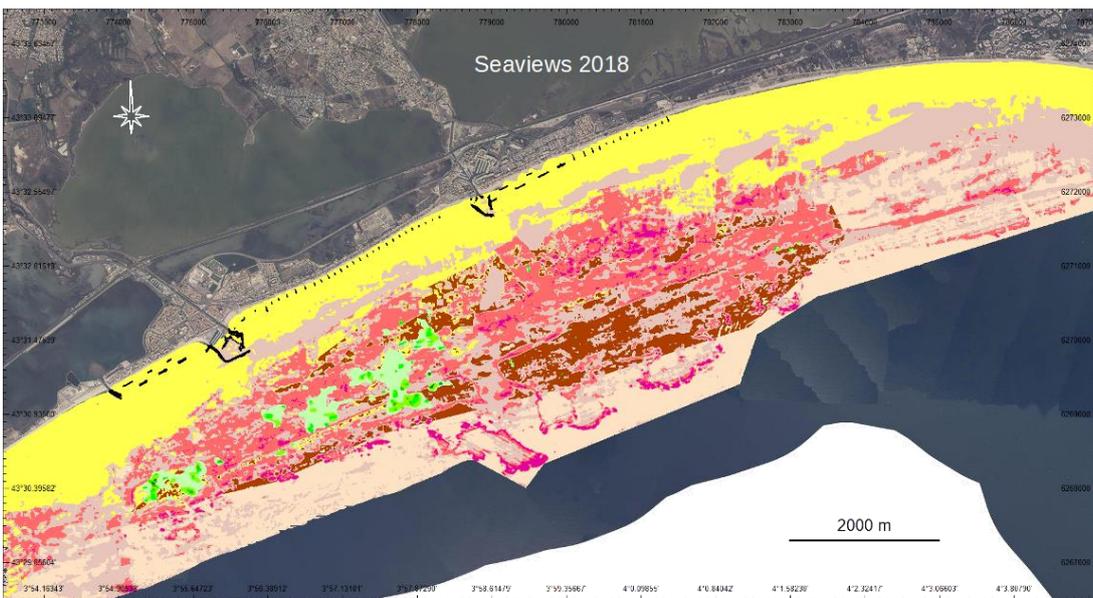
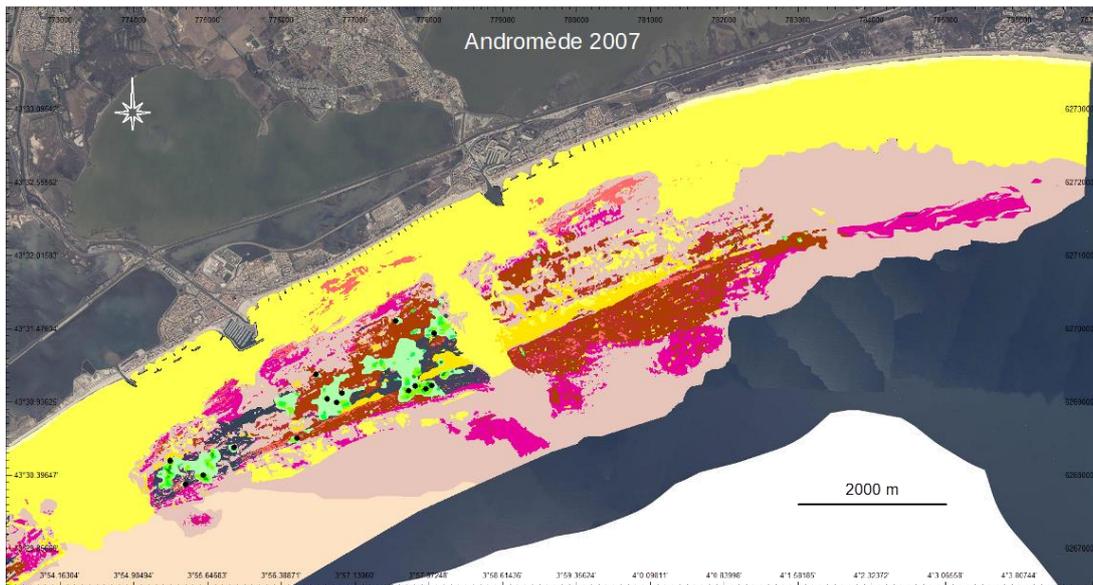


Figure 38 : Comparaison des deux cartographies disponibles sur la zone de Frontignan : celle d'Andromède Océanologie de 2007 (à gauche) et celle de la présente étude (à droite). Les zones d'herbier figurant sur la carte de droite sont issues des relevés d'Andromède Océanologie en octobre 2007

- Au large de Palavas, **les zones de roches infralittorales à algues photophiles n'ont pas été détectées lors de l'actualisation de la cartographie** (voir la figure ci-dessous), tout comme sur la zone de Frontignan. D'importantes superficies de roches infralittorales à algues photophiles ont été cartographiées au centre de la zone à partir de l'indice de rugosité BATCLAS et de vérité terrain en remplacement de galets et petits blocs et de matte morte.
- Au sud de cette même zone, **les contours des superficies précédemment cartographiées en « biocénose à coralligène » ont été précisés**. La moindre superficie occupée par l'habitat mixte roche à algues photophiles et coralligène dans la cartographie révisée est due encore une fois à l'amélioration des équipements et des techniques cartographiques au cours des dix dernières années.
- Nota bene : une différence nette apparaît entre les 2 cartes, concernant une « langue » de sable centrale qui a ensuite été cartographiée (Seaviews) en mélange de Galet/Petits blocs et Roches infralittorale, parce que l'indice de rugosité est élevé dans ce secteur.

Il est également intéressant de noter que sur les données lidar, et dans une moindre mesure sur les données SMF, une forte rugosité a pu être ponctuellement observée sans pour autant qu'un substrat dur ou de la matte ne puisse être observé lors des vérités terrain. Lors des vérifications, du sédiment grossier a été observée avec régulièrement des ripple-marks. Cette signature de l'indice BATCLAS semble donc issue de la formation éphémère de ces structures sédimentaires qui peuvent disparaître entre le moment de la mesure et la réalisation des vérités terrain.



LÉGENDE

- | | | |
|---|---|---|
|  Sables fins bien calibrés |  Galets et petits blocs |  Biocénose à coralligène (Andromède 2007) |
|  Détritque côtier |  Roches infralittorales à algues photophiles |  Habitat mixte roche à algues photophiles et coralligène (Seaviews 2018) |
|  Enrochement artificiel |  Posidonie (Andromède 2007) |  Matte morte de posidonie |

Figure 39 : Comparaison des deux cartographies disponibles sur la zone de Palavas : celle d'Andromède Océanologie de 2007 (en haut) et celle de la présente étude (en bas). Les zones d'herbier figurant sur la carte de droite sont issues des relevés d'Andromède Océanologie en octobre 2007

6 Analyse par méthode employée (Biotope)

6.1 Méthode EBQI

Concernant la réalisation complète des protocoles (pour les 10+1 compartiments identifiés), 4 sites ont pu être testés (toutes sur le site Natura 2000 Posidonies de la côte palavasienne : 2 au large des Aresquiers, 1 au droit de Palavas et 1 vers Maguelone). 3 autres sites ont été travaillés mais de manière incomplète, notamment sur le site « Embouchure de l'Aude ». Les difficultés sont commentées dans le chapitre « Retour d'expérience ».

Symbole et valeur des EBQI	Etat écologique
EBQI > 7.5	Très bon
6 < EBQI < 7.5	Bon
4.5 < EBQI < 6	Moyen
3.5 < EBQI < 4.5	Médiocre
EBQI < 3.5	Mauvais

Figure 40 : Rappel des intervalles de classes pour qualifier l'état écologique de l'écosystème substrat dur

Les résultats obtenus semblent très faibles, la note maximale atteinte est autour de 3,3, soit un état écologique en tout point qualifié comme mauvais. Par ailleurs, les valeurs des 4 sites analysés diffèrent d'à peine de 0,4 unités.

- Compartiment 1 (macrophytes) : Globalement pour l'ensemble des sites, on n'obtient pas de bonnes valeurs, la strate arborescente étant absente, et presque absente la strate arbustive (sauf *Codium fragile* qui ne compte pas car c'est une plante non autochtone à tendance invasive)
- Compartiment 2 (détritivores) : RAS. Globalement beaucoup d'holothuries, mais dans des proportions compatibles avec la grille des notes
- Compartiment 3 (filtreurs) : des tailles bien inférieure à 5cm ont été comptées, donc on obtient une valeur bien trop grande pour tous les sites, et à l'inverse, un indice égal à 0
- Compartiment 4 (oursins) : RAS, les scores semblent indiquer un compartiment équilibré pour les brouteurs
- Compartiment 5 (invertébrés carnivores) : RAS, les scores indiquent un compartiment équilibré pour les invertébrés carnivores
- Compartiments 6 à 10 (poissons herbivores, omnivores, piscivores et planctonophages) : toutes les données de poissons sont faibles et amènent à des indices pratiquement tout le temps égal à 0. Seuls les poissons planctonophages arrivent à entrer dans les indices, grâce à la Castagnole, et parfois la Bogue mais jamais vue en banc lors de nos relevés.

Secteur Palavas - Les Esclops (J2P1)		
EBQI		3.675
IC (intervalle confiance)		98.5
	Poids	STATUT
1 - Macrophytes	15	1
2 - Détritivores (<i>Holothuria</i> spp.)	3	2
3- Filtreurs et suspensivores	2	0
4- Oursins (<i>Paracentrotus lividus</i> , <i>Arbacia lixula</i> , etc.)	10	4
5- Invertébrés carnivores (moyenne <i>Octopus Murex</i>)	3	3.5
6- Poissons herbivores	4	0
7-8 - Poissons omnivores et prédateurs d'invertébrés,	4	0
9- Poissons piscivores	7	0
10- Poissons planctonophages	1	0
11- Oiseaux marins (moyenne)	1	2



Ce site est apparu comme pauvre en végétation algale (peut-être parce que la roche ne recouvre pas de manière uniforme le site de faible profondeur – 7,5 à 9m), avec un recouvrement seulement arbustif et équivalent au mieux à 10% (*Codium bursa* + algue rouge très éparse), et surtout particulièrement envahi d'ophiures, faisant passer le score de filtreurs (compartiment 3) à 0. Enfin les 4 compartiments de poissons sont à 0, traduisant une faible biomasse en poissons en général (et en particulier les espèces piscivores, et donc une faible attractivité des habitats pour ces vertébrés. Bien sûr, tomber sur un banc l'espace d'un transect peut complètement changer le résultat...

A signaler quelques petits patches de Posidonie et la présence d'une Grande Nacre (*Pinna nobilis*), mollusque bivalve protégé.

Secteur Maguelone – Canyon (J2P2)		
EBQI		3.85
IC (intervalle confiance)		98.5
	Poids	STATUT
1 - Macrophytes	15	1
2 - Détritivores (<i>Holothuria</i> spp.)	3	3
3- Filtreurs et suspensivores	2	0
4- Oursins (<i>Paracentrotus lividus</i> , <i>Arbacia lixula</i> , etc.)	10	4
5- Invertébrés carnivores (moyenne <i>Octopus Murex</i>)	3	4
6- Poissons herbivores	4	0
7-8 - Poissons omnivores et prédateurs d'invertébrés,	4	0
9- Poissons piscivores	7	0
10- Poissons planctonophages	1	0
11- Oiseaux marins (moyenne)	1	1



Ce site a été prospecté sur une profondeur de 5,7 en haut de plateau à 10m en bas.

Le recouvrement algal est particulièrement faible, peut-être de par l'exposition à la houle à cette faible profondeur. Le dépôt sédimentaire assez prononcé semble s'accorder avec la faible visibilité que nous avons rencontré ce jour-là.

En toute logique, la proportion de filtreurs suspensivores est importante, et ce compartiment est à 0 avec peu de chance de remonter.

Pour les poissons, le résultat est le même que pour tous les sites, très faible dans chacun des 4 compartiments

Secteur Aresquiers – Sardineaux (J1P1)			
EBQI		3.325	4.075
IC (intervalle confiance)		99.5	
	Poids	STATUT	
1 - Macrophytes	15	1 à 2	
2 - Détritivores (<i>Holothuria</i> spp.)	3	0	
3- Filtreurs et suspensivores	2	0	
4- Oursins (<i>Paracentrotus lividus</i> , <i>Arbacia lixula</i> , etc.)	10	4	
5- Invertébrés carnivores (moyenne <i>Octopus Murex</i>)	3	3.5	
6- Poissons herbivores	4	0	
7-8 - Poissons omnivores et prédateurs d'invertébrés,	4	0	
9- Poissons piscivores	7	0	
10- Poissons planctonophages	1	1	
11- Oiseaux marins (moyenne)	1	0	



Ce secteur des Aresquiers, localisé à l'ouest du Site Natura 2000, possède une visibilité toujours un peu meilleure qu'à l'Est. Malgré sa plus grande profondeur (10 à 11 m), le développement algal est un peu plus complet d'un point de vue surfacique, avec une strate arbustive dominée par 3 espèces : *Codium fragile* (non autochtone), *Codium bursa* (très forte densité ici, mais par endroit seulement) et une algue rouge formant des touffes de 5 à 20 cm de large environ.

L'importance des holothuries explique la note 0 de ce compartiment.

Pour les poissons, la très faible biomasse est quasi générale, sauf la présence dans les transects de 2 espèces formant des bancs, la Castagnole *Chromis chromis* et la Bogue *Boops boops*.

Secteur Aresquiers – Axinelles (J1P2)		
EBQI		2.975
IC (intervalle confiance)		98.5
	Poids	STATUT
1 - Macrophytes	15	1
2 - Détritivores (<i>Holothuria</i> spp.)	3	1
3- Filtreurs et suspensivores	2	0
4- Oursins (<i>Paracentrotus lividus</i> , <i>Arbacia lixula</i> , etc.)	10	4
5- Invertébrés carnivores (moyenne <i>Octopus Murex</i>)	3	0.5
6- Poissons herbivores	4	0
7-8 - Poissons omnivores et prédateurs d'invertébrés,	4	0
9- Poissons piscivores	7	0
10- Poissons planctonophages	1	0
11- Oiseaux marins (moyenne)	1	0



Au dire des structures de plongée travaillant sur les Aresquiers, le site des Axinelles est un beau site, diversifié avec assez souvent l'occasion d'avoir une surprise dans les observations... Passé au filtre de la méthode EBQI, c'est pourtant un résultat mauvais que ce site obtient.

Le compartiment 1 pourtant démontre que le recouvrement arbustif n'est pas nul, comme pour le site proche « les Sardineaux ». Les résultats sur les poissons traduisent la faiblesse générale de la biomasse de ce groupe, mais à l'exception des oursins en faible densité (donc forte note), les autres compartiments sont selon l'échelle de notation dans des niveaux les plus bas.

6.2 Méthode d'évaluation des recouvrements biologiques (inspiré de RECOR)

Au total 12 transects ont été analysés :

- 2 pour le site Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude »,
- 10 pour le site Natura 2000 « Posidonies de la côte palavasienne »
 - o 2 sur Frontignan
 - o 8 sur Palavas

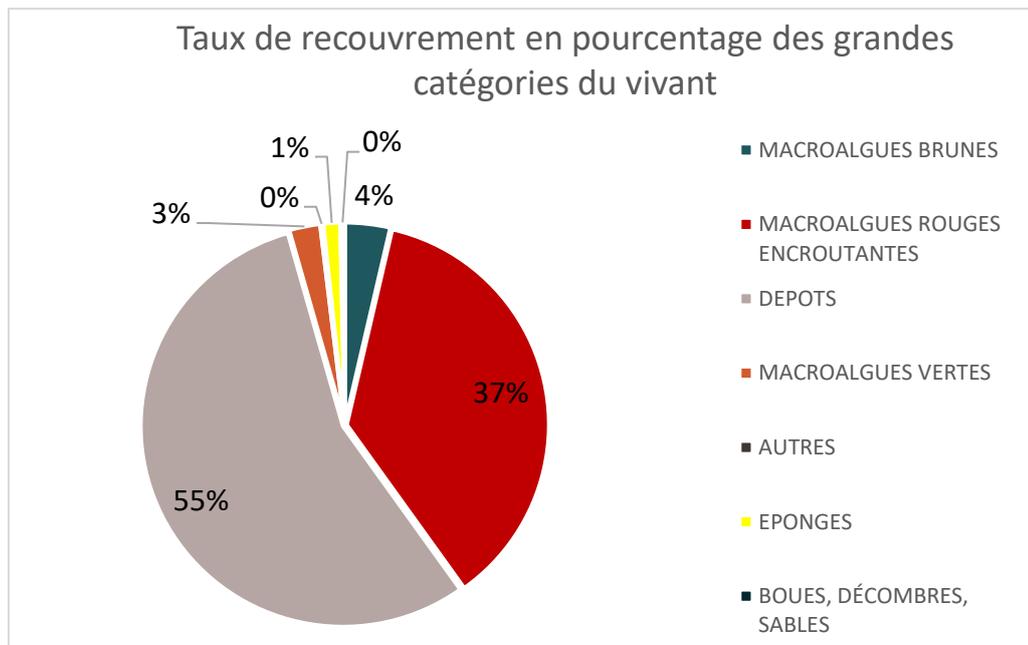
Sur ces 12 transects, 9 ont été déroulés sur des roches de plateaux, et 3 sur des parois plus ou moins verticales. Ces 2 types de série seront comparés.

Etant donné les grandes différences observées avec le coralligène plus profond et essentiellement étudié en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur et Corse, et de ce fait, la faible correspondance entre la liste initiale et les espèces réellement présentes dans les fonds languedociens, nous avons modifié cette liste pour rendre exploitable les analyses de recouvrement (voire annexes 3 et 4) : liste initiale des espèces coralligènes (issue du travail Andromède) et liste proposée dans le cadre de ce travail.

Par ailleurs, remarquons que l'analyse du recouvrement ramené au détail de chaque espèce est difficilement réalisable à cause des très faibles pourcentages de chacune (exception de quelques algues rouges). Nous nous en tiendrons donc, comme l'a fait Andromède, à l'analyse des « major categories » ou grands groupes du vivant.

Cours inférieur de l'Aude

Le diagramme suivant montre le taux de recouvrement des « grandes catégories » pour le cumul des 2 plongées. Les catégories sélectionnées pour ce diagramme sont celles pour lesquelles il y avait un minimum de valeurs ; lorsque la valeur 0% apparaît c'est que le pourcentage de



recouvrement est inférieur à 1%.

Figure 41 : Diagramme camembert : taux de recouvrement par grandes catégories, Cours inférieur de l'Aude, 2 transects

Tableau 7 : RECOR : Pourcentage de recouvrement – Major category

MAJOR CATHEGORY	% de recouvrement
DEPOTS	55.47
MACRO ALGUES ROUGES ENCROUTANTES	36.53
BANDE, BAGUETTE, OMBRE	12.87
MACROALGUES BRUNES	3.61
MACRO ALGUES VERTES	2.48
EPONGES	1.35
BOUES, DECOMBRES, SABLES	0.34
AUTRES	0.23
ALCYONIARES	0
ASCIDIES	0
AUCUNE DONNEE	0
BRYOZOAIRE ERIGES	0
BRYOZOAIRES ENCROUTANTS	0
CORAIL	0
GORGONES	0
HEXACORALLIAIRES	0
HYDROIDOLINA	0
INCONNUES	0
MACRO ALGUES ROUGES ERIGEEES	0
MOLLUSQUES BIVALVES	0
SLERACTINAIRES	0
VERS SEDENTAIRES	0

Le pourcentage de dépôt (ou envasement) sur cette zone représente plus de la moitié du taux de recouvrement (55% mais plutôt 67 %, cf explication plus bas). Il est très au-dessus de la moyenne régionale indiqué par Andromède (44%). On retrouve ensuite des macro algues rouges encrustantes à hauteur de 37% (valeur très proche pour le suivi Grand Roc, Toreilles, Pyrénées-Orientales), valeur tout à fait discutable parce que ces algues existent sous les dépôts !

Les 8 à 9% restants sont constitués majoritairement par des algues ; des macro algues brunes qui sont uniquement des algues filamenteuses, et des macro algues vertes dont la majorité correspond à des algues vertes filamenteuse mais aussi par *Codium vermilara/fragile*. On retrouve également des éponges qui représentent seulement 1% de la surface, puis d'autres formes de vies (éléments non identifiés ou vie mobile) puis du sable. Parmi les algues rouges encrustantes, le genre *Lithophyllum* semble très dominant (92%), puis *Mesophyllum sp.* mais aussi *Peyssonnelia squamaria/rosa-marina* (figure suivante).

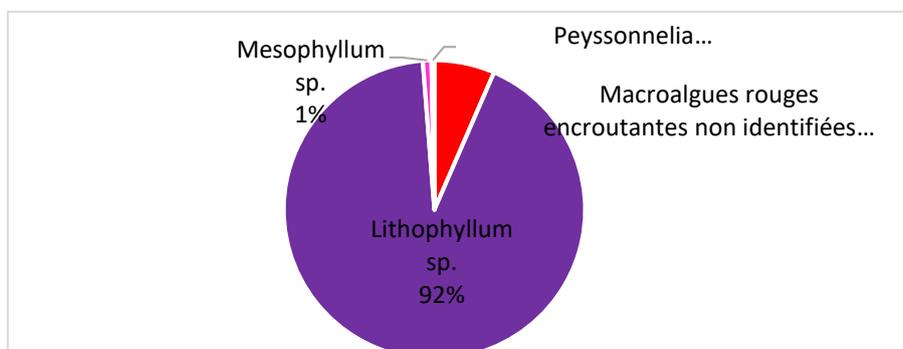


Figure 42 : Diagramme camembert : proportion de chaque genre d'algue rouge encrustante

Les 2 diagrammes suivants illustrent une expérience de « nettoyage » de la couche superficielle de dépôt sédimentaire afin de mieux mettre en évidence la partie vivante de ces roches, très sous-évaluée parce qu'en partie occultée par ce dépôt de vase. Le pourcentage passe de 67 à 44%, et c'est le pourcentage d'algue rouge encroûtante qui bondit d'autant, passant de 26 à 48%.

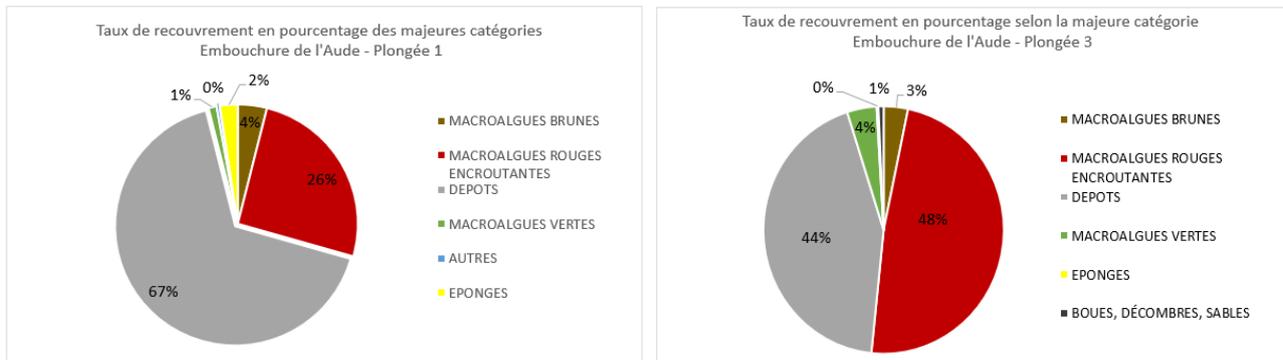


Figure 43 : Diagramme camembert : comparaison entre 2 plongées audoises, avec la couche de dépôt ou après un nettoyage de cette couche

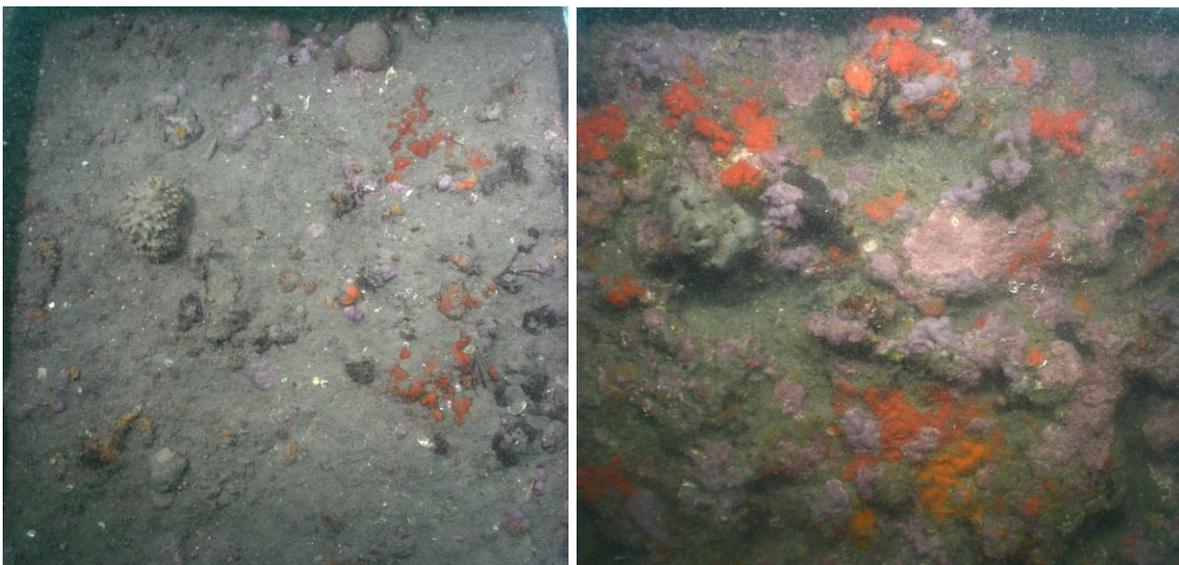


Figure 44 : Aude, plongée 1, dépôt laissé – Plongée 3, dépôt « nettoyé »

→ Ainsi, pour cet habitat rocheux de l'embouchure de l'Aude, les 3 plongées réalisées, ainsi que les rares documents bibliographiques existant montrent :

- Une profondeur assez peu variable, entre 18 et 21m
- Une faible luminosité, ainsi qu'une visibilité réputée (et attestée en juillet) médiocre (inférieure à 1-2m)
- Une faible diversité biologique apparente, composé d'algues rouges encroûtantes, d'algues vertes filamenteuses, de plusieurs spongiaires et bryozoaires non érigés. Il n'y a quasiment pas de gorgones et de cnidaires en général
- Une faible diversité dans les recouvrements (analyse CPCe 4.1), dominé par :
 - o les dépôts vaseux à plus de 60 % en condition naturelle

- Les algues rouges encroûtantes à Lithophyllum à 30 % visible, mais ce pourcentage grimpe réellement à presque 50% (et même beaucoup plus selon les images) si l'on découvre le dépôt « volatile »
- Les variations détectées par le logiciel CPCe 4.1 nous semblent difficiles à mettre en évidence pour le moment, et dépendantes du dépôt sédimentaire, lui-même probablement assez variable avant ou après un coup de mer. Cette méthode RECOR pourtant modifiée quant à la liste initiale nous semble plus appropriée ici.

Roches du site « Posidonies de la côte palavasienne »

Dans cette zone, 10 analyses RECOR ont été réalisées (partant de 15 transects photo dont certains inexploitable), puis analysées, dont 3 sur parois.

- 3 transects ont été réalisés au niveau de Palavas (impossibilité à l'est, visibilité quasi nulle)
- 1 transect au niveau de Maguelone, à faible profondeur (les autres sites : impossible, roche trop petite)
- 3 (+ 3 parois) transects au niveau des Aresquiers.

Pour l'ensemble des sites, hors parois

Les taux de recouvrement du diagramme suivant ont été obtenu par l'analyse de 7 sites, pour des transects plans.

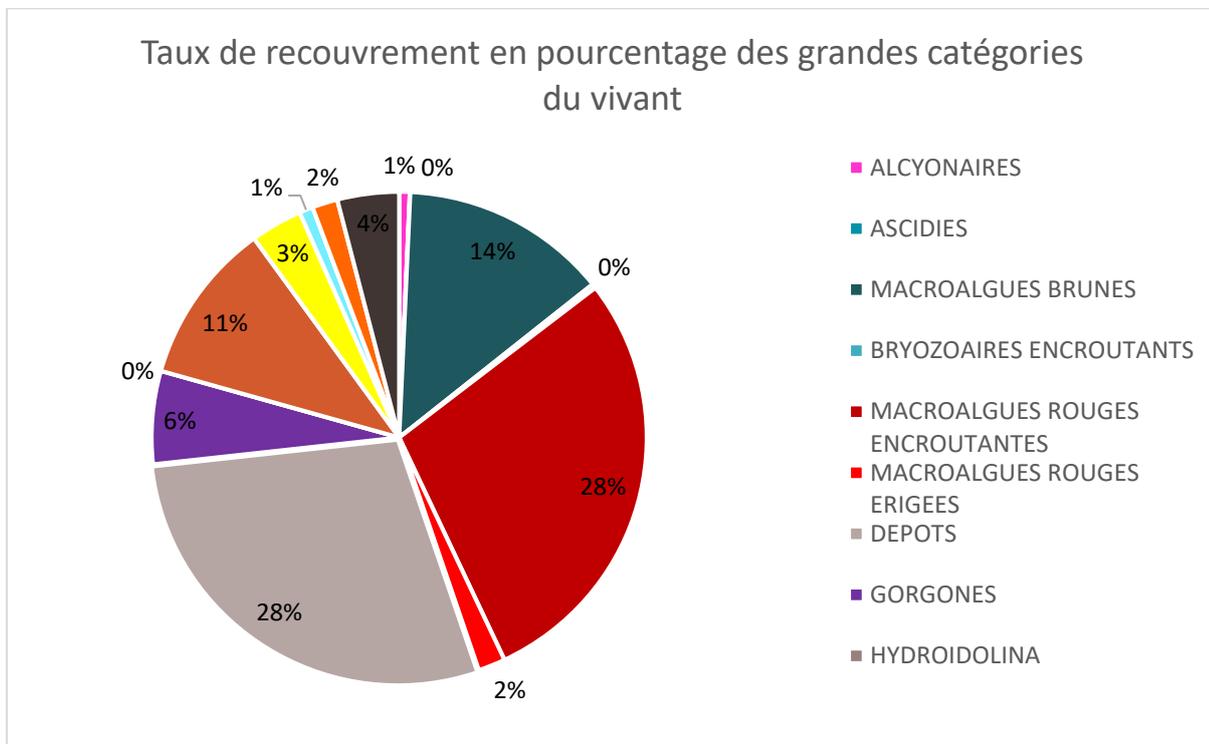


Figure 45 : Diagramme camembert : taux de recouvrement par grandes catégories, substrat dur du site N2000 Posidonies de la côte palavasienne, 7 transects plans

La couverture non vivante constituée des dépôts est limitée à 28%, et les algues rouges encroûtantes approchent des 28% également. Cette valeur assez basse cache une assez forte disparité selon les sites. Elle pourrait s'expliquer par un fort hydrodynamisme à faible profondeur,

et un dépôt modéré malgré les apports du Rhône. Notons d'ailleurs une diversité sans commune mesure par rapport à l'embouchure de l'Aude.

Variation au sein des 3 RECOR parois

Rappelons que les profondeurs maximales atteintes ne dépassaient pas 12m. Quelques éléments notables :

- Le pourcentage de dépôt est évidemment très réduit (4 à 7%), mais un des trois sites démontre, avec 24% de dépôts que les situations peuvent varier très fortement en fonction des conditions stationnelles. Il devient alors très difficile d'établir des comparaisons et d'en tirer des enseignements catégoriques.
- La forte représentativité des algues brunes érigées (*Dictyota cf spatula*, *Padina pavonica*) mais également leur forte variabilité (entre 11 et 34 %)
- L'arrivée des gorgones jaune (*Eunicella cavolini*) dans 2 stations sur les 3 étudiées
- La présence de Bryozoaires érigés n'est pas constante, mais leur taille peut alors faire varier l'ensemble du graphe. La présence des éponges Axinelle est très anecdotique et ne peut apparaître que fortuitement avec une telle méthode

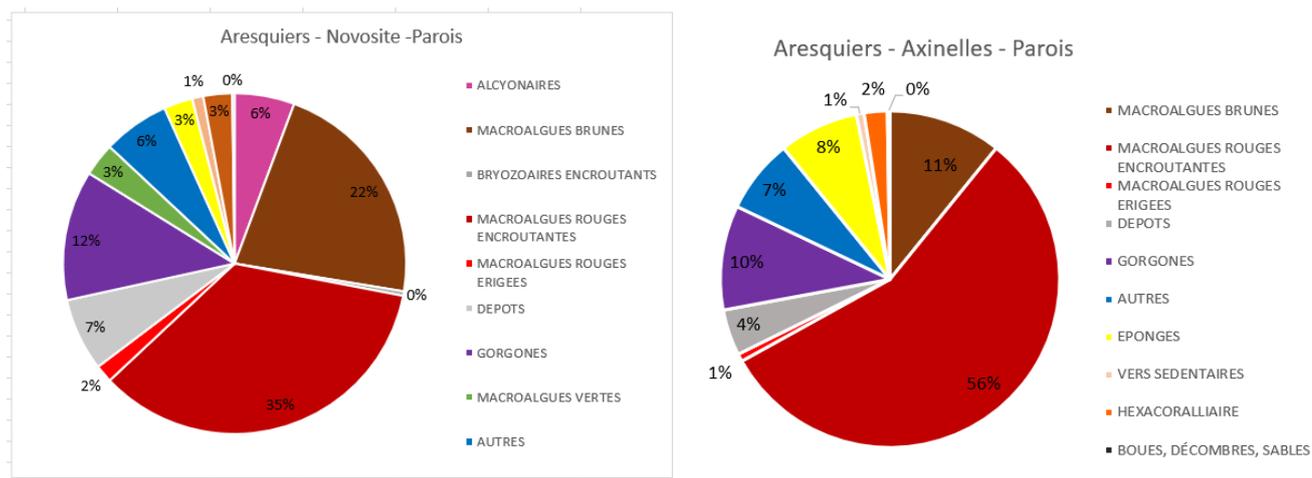


Figure 46 : Aresquier Novosite – Aresquier Axinelles

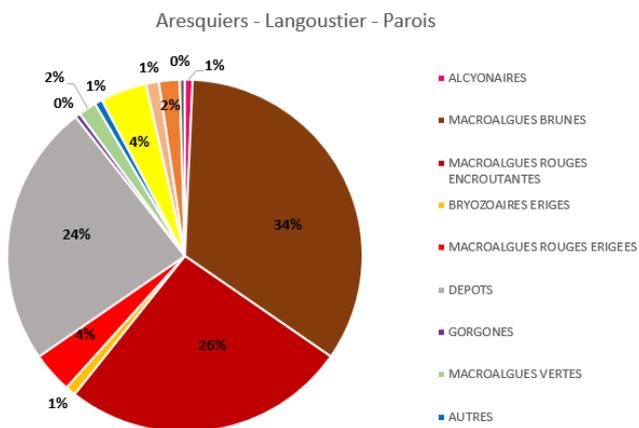


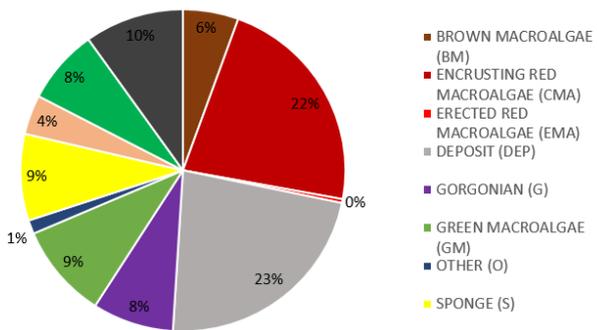
Figure 47 : Aresquier Langoustier

Variation inter sites, RECOR plans

Du fait des limites du site Natura 2000 et de la répartition des roches, les profondeurs de travail se sont échelonnées entre 7,5 et 17m. Les variations constatées dans les grandes catégories du vivant sont très grandes et nous incite à beaucoup de prudence quant aux interprétations. Le nombre d'échantillons n'est pas suffisant pour établir des statistiques fiables.

- La couverture de dépôt est extrêmement variable : de 6 à 53 % selon les stations, et aucune tendance statistiquement ne semble vérifiable (variation d'est en ouest, ou du moins au plus profond) avec ce nombre d'échantillons
- La couverture en algues rouges encroûtante varie aussi beaucoup : de 17 à 49%, avec le même constat qu'un traitement statistique ne peut être efficace avec de telles variations. Un site possède un pourcentage significatif (7% - Aresquiers Sardineaux) d'algue rouge érigées
- Les algues vertes varient de presque 0% à 35%. Là encore, nous pensons que la grande fluctuation d'un site à l'autre n'est pas représentative des conditions de chaque station mais assez dépendant du choix ou de l'orientation du transect en son sein. Remarquons en revanche l'omniprésence de l'algue invasive *Codium fragile*, peut-être au détriment d'autres algues vertes autochtones. Sur un des sites (Aresquier, Novosite), elle constitue même la majorité des 35 % de recouvrement biotique du substrat.
- Les éponges ont une couverture assez stable et globalement faible (0 à 6%)
- Le taux de recouvrement des gorgones (uniquement Gorgone blanche *Eunicella singularis* sur les plateaux) oscille entre 2 et 9%. Notons tout de même que la répartition de ces gorgones sur une station n'est pas du tout homogène (voir chapitre suivant : organisation par patch de quelques 10^{aines} à 100^{aines} de m²) et que ce % de recouvrement est donc dépendant du choix du transect
- Les bryozoaires encroûtants sont sous représentés du fait de leur léger enfouissement sous les dépôts : lorsque l'on « nettoie » une partie du transect, on voit nettement apparaître la complexité du recouvrement surfacique, parce que la vie sous des formes variées se maintient sous le dépôt.

Palavas - Virage - RECOR plan



Palavas - Suchard - RECOR plan

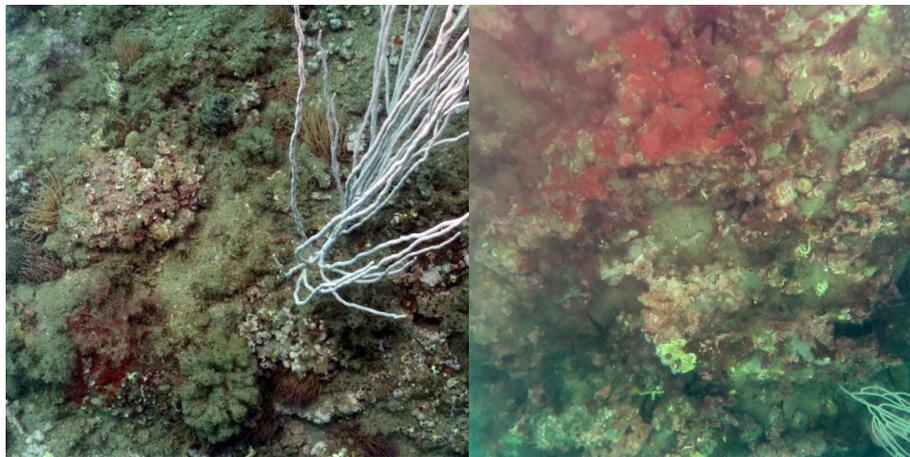
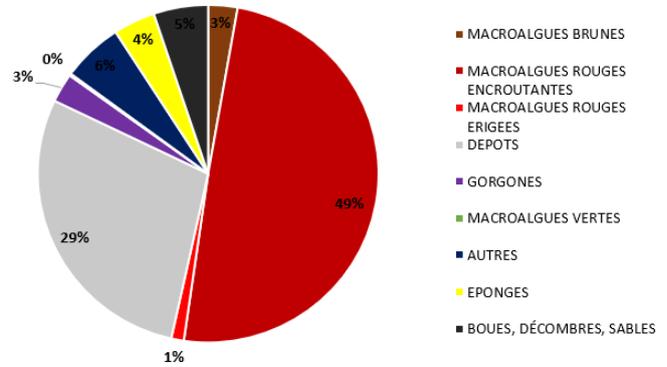


Figure 48 : Palavas Virage – Palavas Suchard

Palavas - Esclops - RECOR plan

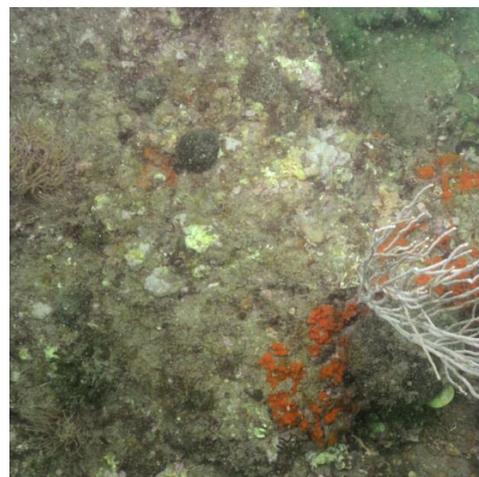
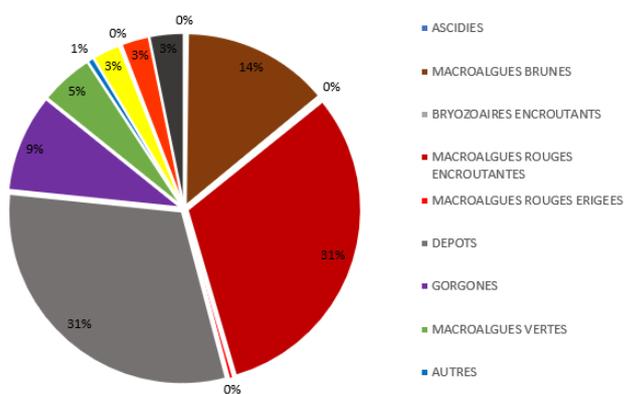


Figure 49 : Palavas Esclops

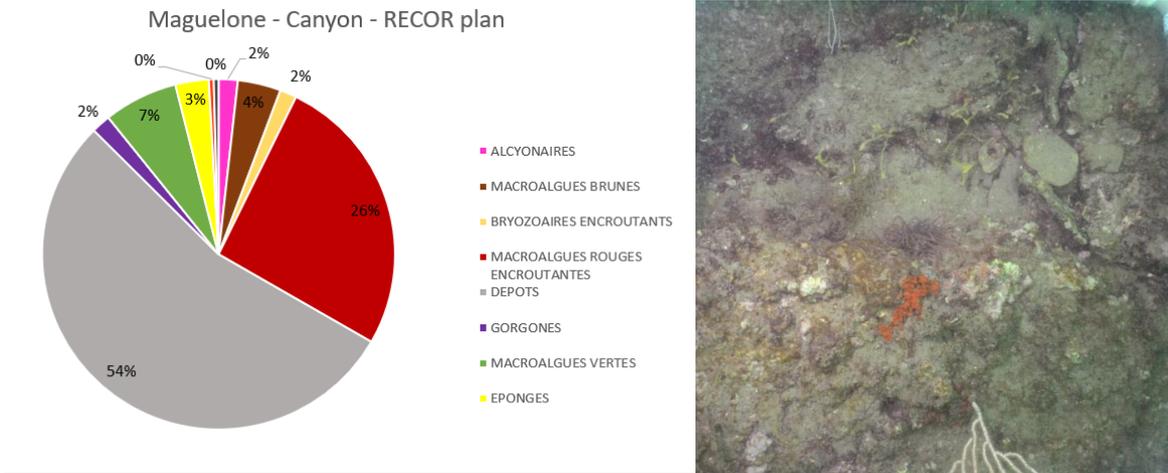


Figure 50 : Maguelone Canyon

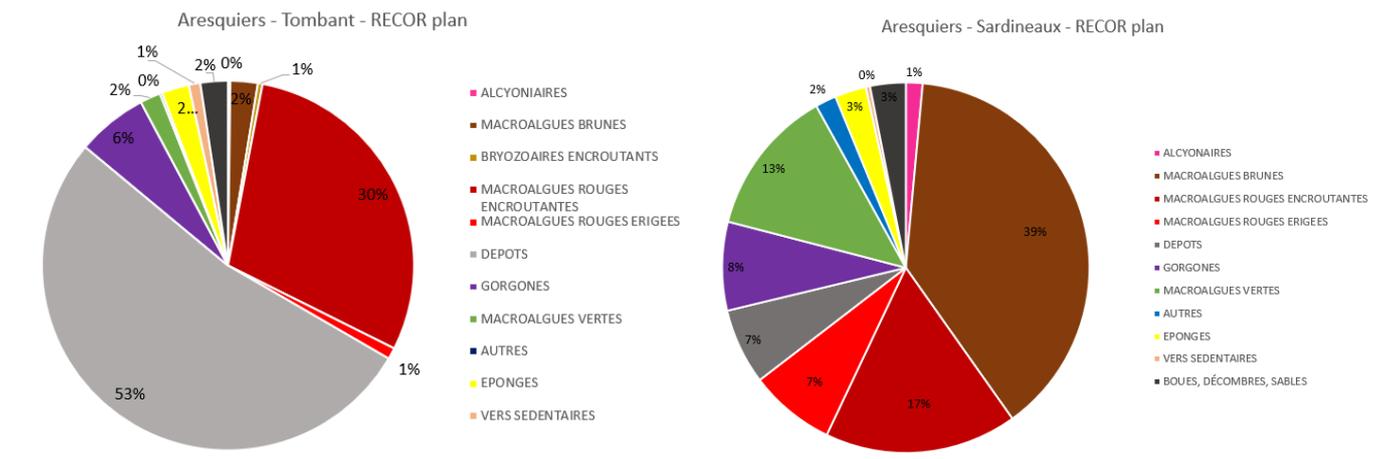


Figure 51 : Aresquiers Tombant – Aresquiers Sardineaux

Aresquiers - Novosite - RECOR plan

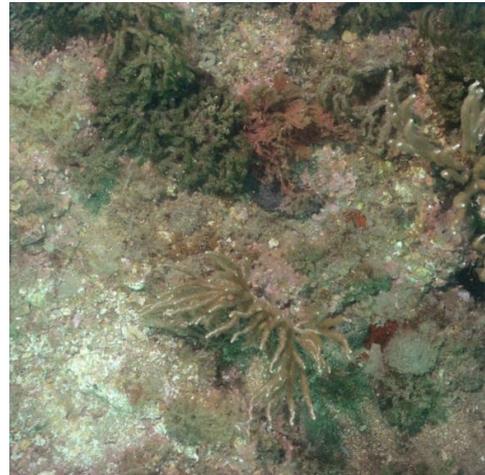
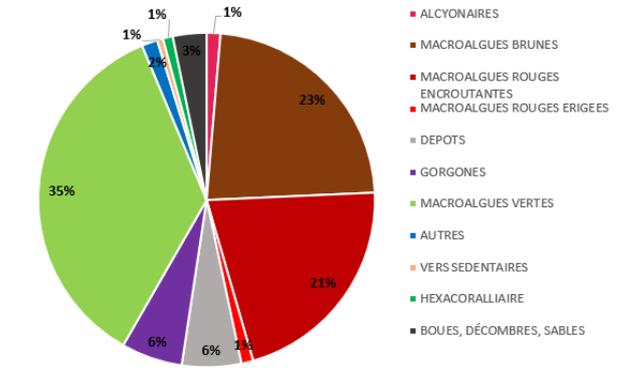


Figure 52 : Aresquiers Novosite

6.3 Méthode Gorgone

Il est reconnu que cette technique donne des résultats intéressants (Perez, 2002 ; Harmelin et Marinopoulos, 1994). Elle a d'ailleurs été envisagée lors du projet de création du réseau de surveillance des gorgones (Sartoretto, 2003).

Ballesteros (2003) estime que pour *Paramuricea clavata*, une colonie de 55 cm peut être considérée comme grande, et âgée de 31 ans. Nous n'avons pas de données liées aux dimensions pour *Eunicella singularis*, mais des données de croissance pour *Eunicella cavolinii* indiquent une croissance de 0,85 à 1,14 cm/an (Velimirov, 1975 ; Weinbauer et Velimirov, 1995a).

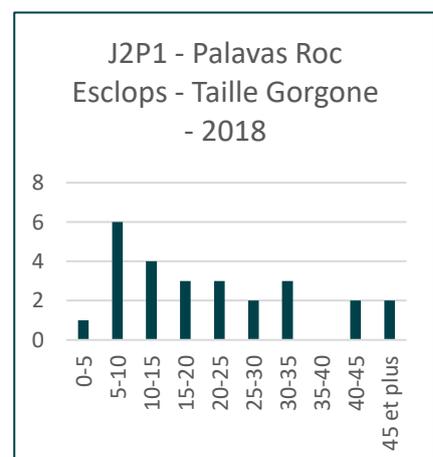
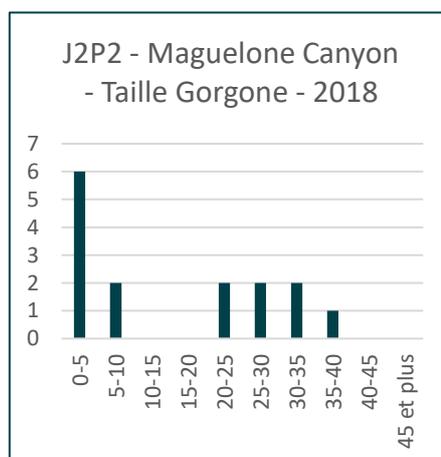
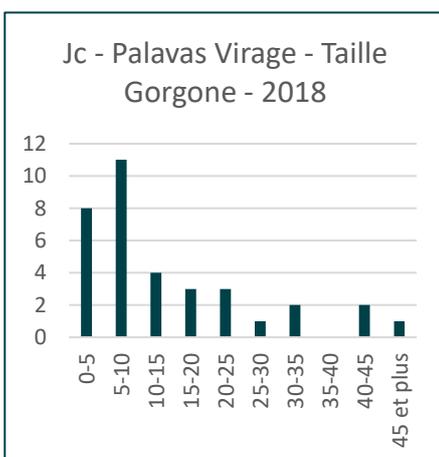
Les analyses dont nous disposons (Andromède, 2012, dans le cadre de l'établissement des suivi RECOR en Méditerranée française) sont assez limitées. Ainsi, parmi la liste des paramètres cités dans la méthode, seuls ceux **en gras** ont pour le moment été mentionnés :

- **le nombre de colonies et la densité par m²**
- **le nombre de petites colonies (<15 cm) et de grandes colonies (>50 cm)**
- **les hauteur et largeur moyennes des colonies, la hauteur maximale**
- **la taille moyenne des espèces,**
- **le nombre et pourcentage de colonies nécrosées selon 5 classes,**
- **le nombre total de colonies nécrosées,**
- le nombre et pourcentage de colonies dont les nécroses sont récentes,
- la date et taux de nécrose moyen et maximal pour chaque espèce,
- le nombre et la proportion d'individus de chaque espèce présentant des nécroses peu ou très colonisées (nécrose récente ou ancienne).

6 traitements de densités et 7 traitements de nécroses ont été produits.

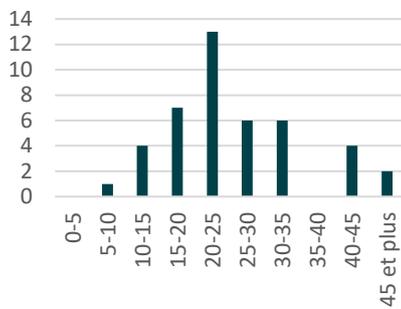
Site Natura 2000 Côte palavasienne : seule *Eunicella singularis* la Gorgone blanche est présente en quantité suffisante pour être suivie. La Gorgone jaune (*Eunicella cavolinii*) n'est présente vers l'ouest du site qu'à partir du banc des Aresquiers, et uniquement sur les parois verticales. La densité reste faible et très irrégulière.

Taille et densité des peuplements observés

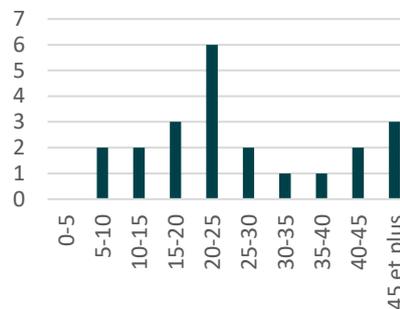




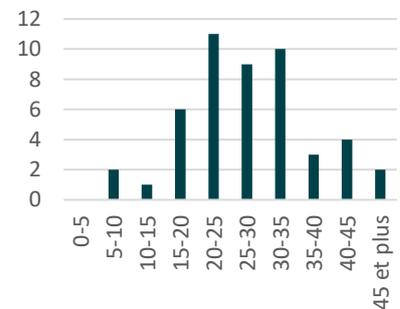
J1P3 - Aresquiers
Langoustier - Taille
Gorgone - 2018



J1P2 - Aresquiers
Axinelles - Taille Gorgone
- 2018



J1P1 - Aresquiers
Sardineaux - Taille
Gorgone - 2018



Sur l'ensemble des sites étudiés et au sein des peuplements, les recouvrements de gorgones ne sont pas homogènes :

- La densité varie de 7,5 à 24 colonies/m² **soit un rapport de 3 entre les sites.**
- La taille maximale notée est de 60 cm (1 individu) mais la taille moyenne est d'environ 22 cm avec un écart type de 12 cm.
- La largeur est en moyenne de 9 cm (écart type 7 cm)

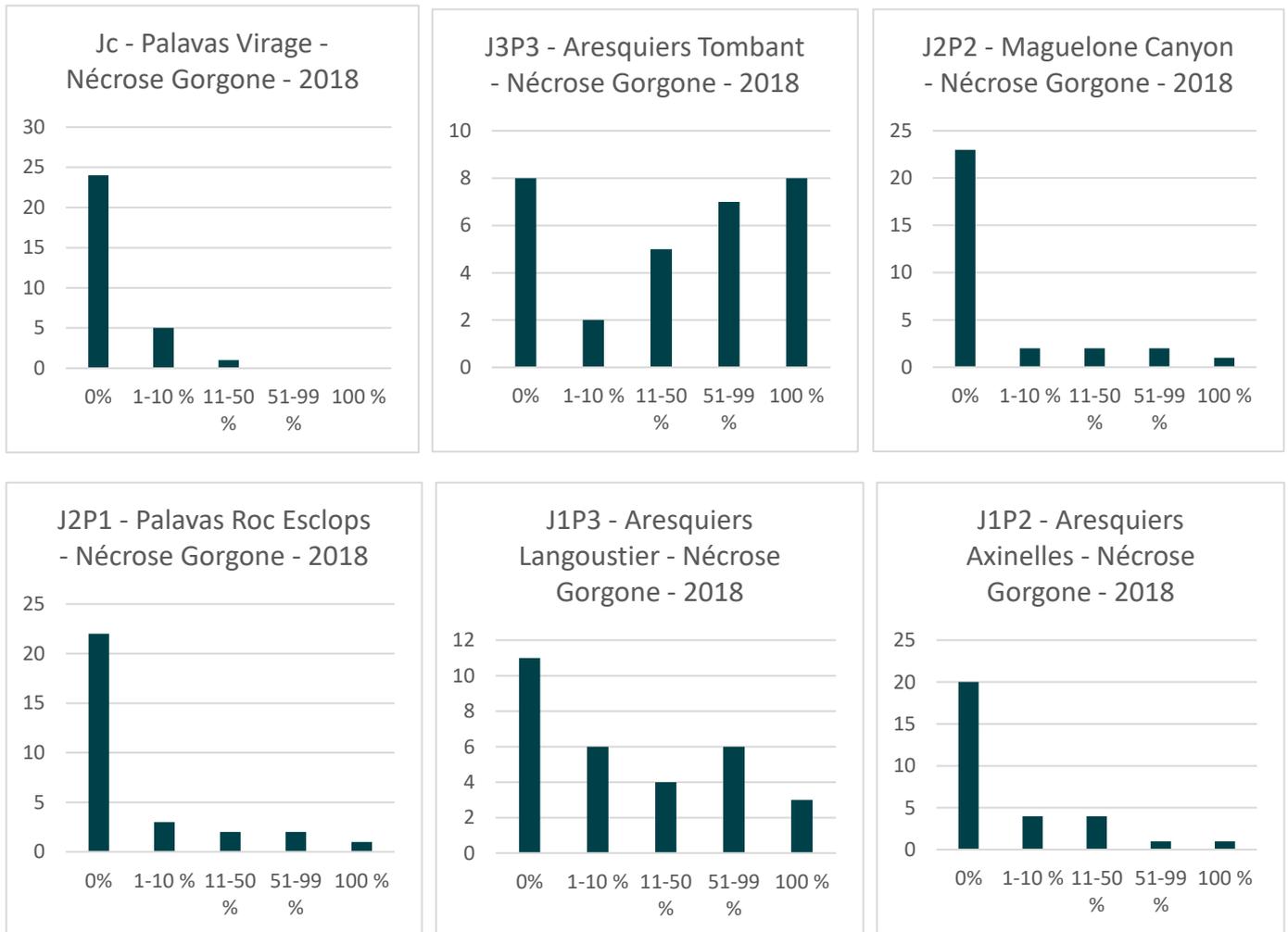
La visualisation des graphes par échelle de hauteur semble montrer 2 profils :

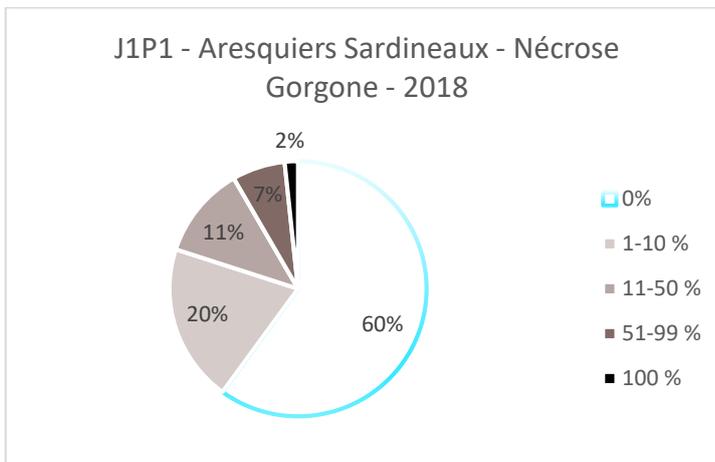
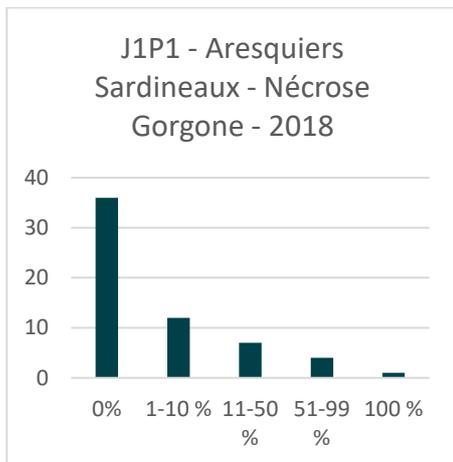
- Des colonies « jeunes » (graphes à cadre noir) avec des maxima sur les faibles hauteurs
- Des colonies plus matures (graphes sans cadre) avec des maxima centraux.

Les faibles proportions de colonies de grandes tailles (il faudrait comparer à des mesures sur colonies profondes et abritées en région PACA) sont probablement liés aux épisodes de tempêtes corrélées aux faibles profondeurs de ces peuplements.

Les largeurs des colonies, également assez modérées, même chez les colonies grandes sont peut-être également à mettre en relation avec les tempêtes hivernales. Des comparaisons seraient à faire avec les sites de PACA et du Roussillon.

Nécroses des colonies





Concernant le taux de nécrose, la valeur à retenir est celle du pourcentage de colonies sans nécrose dans le peuplement échantillonné. Il varie ici de 80% (colonie en bon état sanitaire) à 27%, avec une moyenne à 60% de colonie indemne sur l'ensemble, **ce qui est 15% de moins que les colonies examinées en 2012 par Andromède sur 2 sites devant le Cap d'Agde**. Quant aux données Andromède du Cap Béar, elles montrent une absence de nécrose à 82%, mais correspond à des individus jeunes (moins de 15cm) et ont été échantillonnées à plus de 40m. Les tentatives de comparaison sont donc délicates

La représentation sous forme de graphe, sans pourcentages, calquée sur les suivis Andromède nous semble un peu moins visuel que les camemberts (voir exemple ci-dessus) avec dégradé de couleur (blanc : sans nécrose, jusqu'à noir 100% nécrose).

Site Natura 2000 Cours inférieur de l'Aude : quasi absence de gorgones blanches et jaunes. Un individu de *Leptogorgia sarmentosa* a été noté. Les conditions ne semblent donc favorables à ces espèces et donc a fortiori pour ce protocole suivi.



Figure 53 : 3 Secteurs explorés de la roche affleurante du site Natura 2000 Cours inférieur de l'Aude

6.4 Photogrammétrie

Dans le cadre de cette étude, 4 modèles 3D photo-texturés ont été réalisés par photogrammétrie en plongée sous-marine sur 3 secteurs du site Natura 2000 « Posidonies de la côte palavasienne ». Les caractéristiques des modèles sont synthétisées dans le tableau ci-dessous. Le temps d'acquisition des photographies en plongée a varié, selon taille du modèle, entre 10 et 15 minutes.

Modèle = zone cartographiée par photogrammétrie

Tableau 8 : Photogrammétrie : résumé technique

Site	Coordonnées	Nombre de modèles	Appareil photo	Nombre de photos retenues
Aresquiers Axinelle	3°50.001' 43°26.126'	2	Canon 600D avec objectif 10 mm Tokina et flash externe Ikelite DS160	170
			Canon 600D avec objectif 10 mm Tokina	132
Aresquiers Langoustier	3°47.795' 43°24.784'	1	Canon 600D avec objectif 10 mm Tokina	106
Aresquiers Tombant	3°50.663' 43°25.802'	1	Nikon D800, Objectif Nikon 20 mm	65

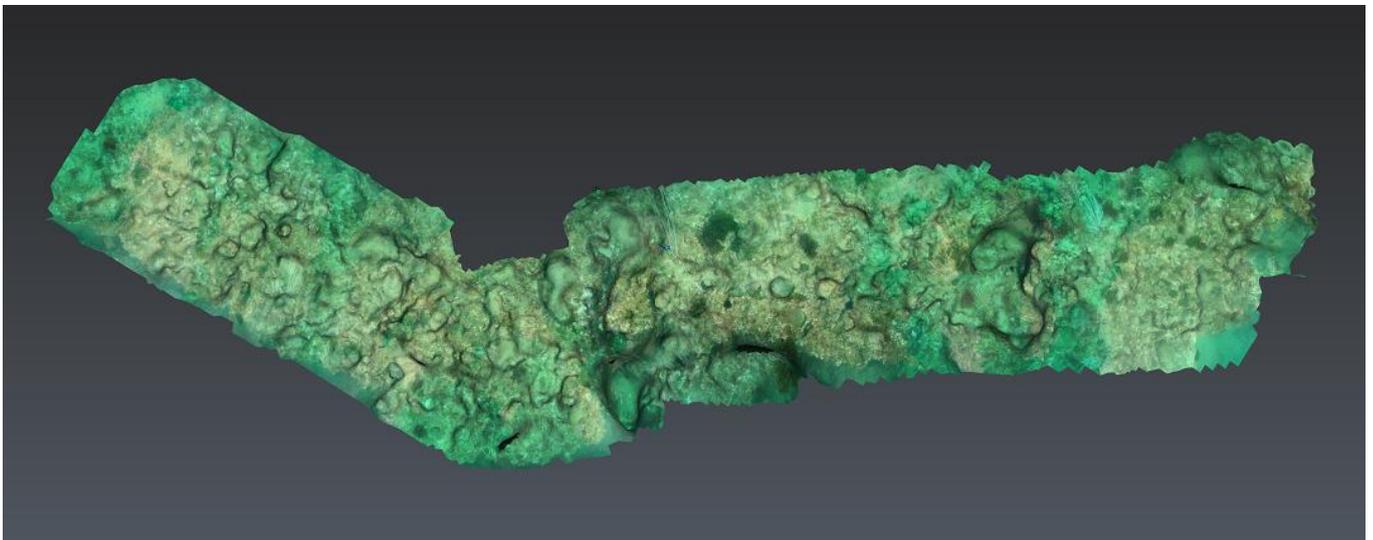
Sont présentés succinctement les modèles obtenus. Rappelons que chaque modèle est un fichier informatique d'environ 100 Mo, consultable en modèle 3D (logiciel gratuit Visionneuse 3D par exemple ou 3DReshaper Viewer 2018 MR1).

Site Natura 2000 « Posidonies de la côte palavasienne » :

Site de plongée : Aresquiers « Axinelle »

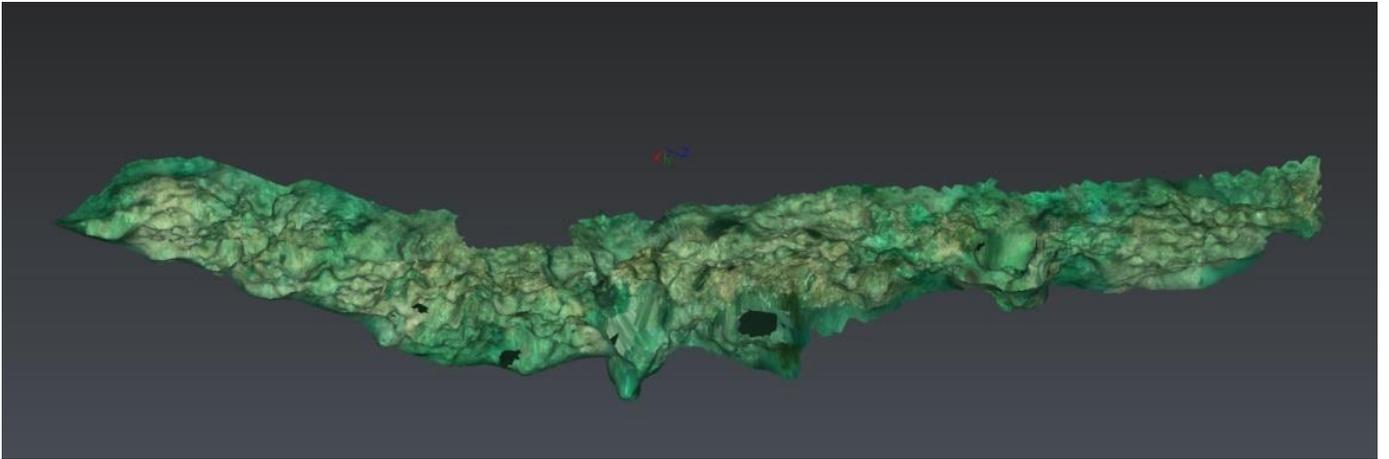
Modèle 1 :

La vue du dessus du modèle 3D ne permet pas d'appréhender la complexité du relief formé par le substrat au large de la côte palavasienne. Elle permet cependant une bonne identification des zones rocheuses et des algues les plus grosses.



Caractérisation des habitats des substrats durs

La vue de profil ci-dessous permet facilement de se rendre compte de la présence d'anfractuosités, de creux et de petits tombants.



En zoomant, comme sur l'image ci-dessous, sur les textures photoréalistes il est possible de reconnaître les organismes fixés au substrat dur tels que les gorgones, les codiums et les éponges. Leur relief cependant n'apparaît pas (les sujets sont plats) car leurs mouvements dus aux courants durant la réalisation des photographies ne permettent pas de les modéliser lors du traitement des images.



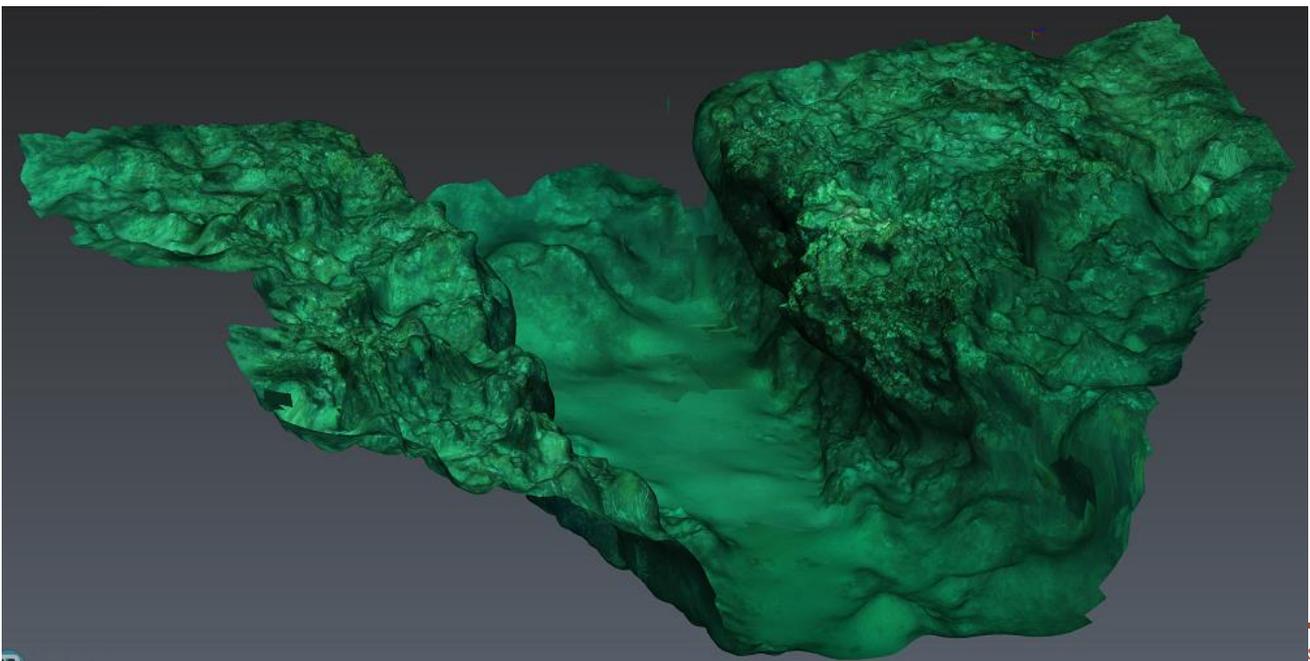
Modèle 2 :

Comme pour le modèle précédent, la vue du dessus (ci-dessous) ne permet pas de mettre en valeur le relief de ce petit canyon caractéristique des fonds rocheux des fonds marins au large de Frontignan. Elle permet cependant d'identifier clairement la zone de sédiment au fond du canyon et les parois rocheuses qui l'entourent.



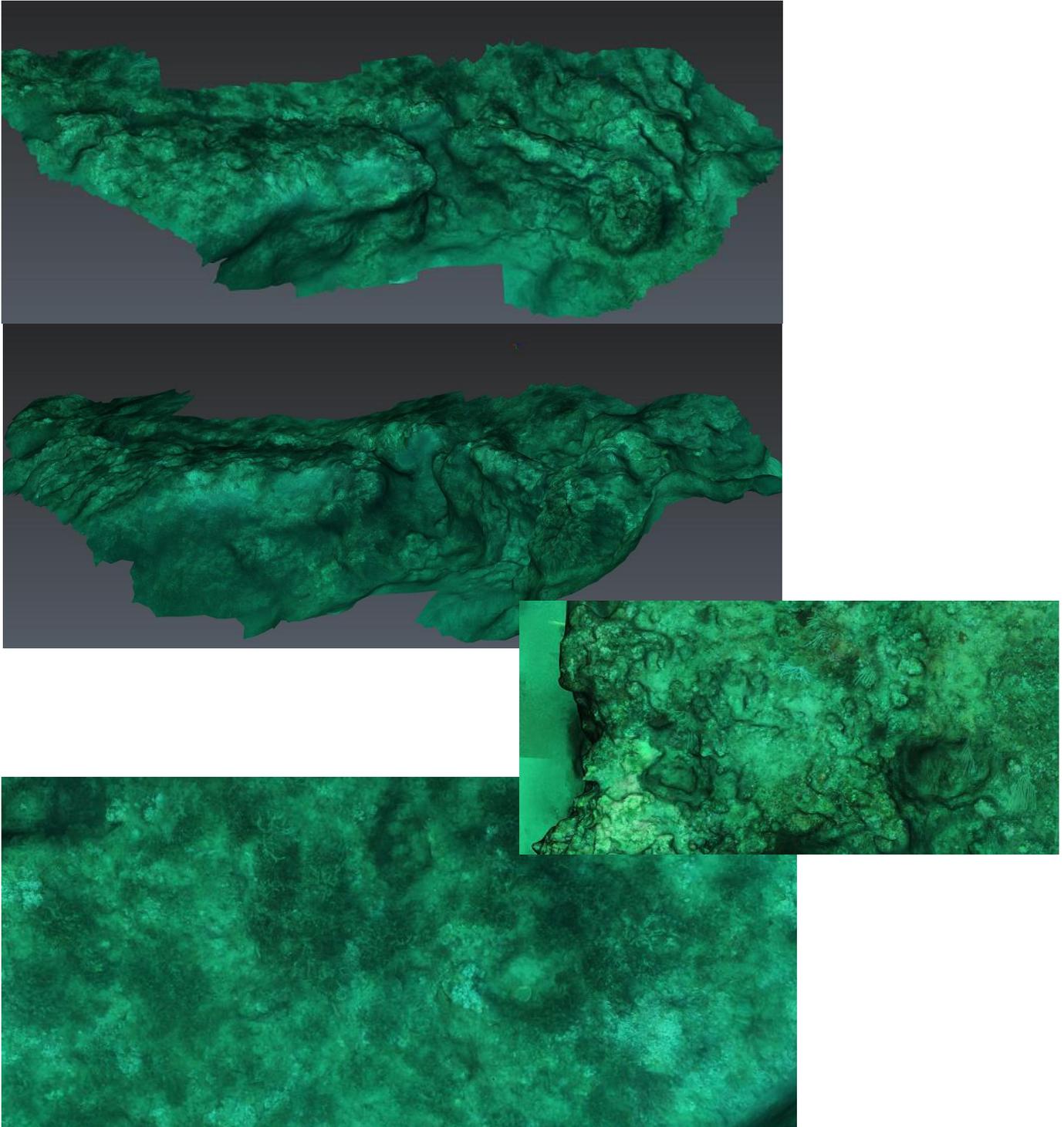
Une vue de profil ci-dessous met en valeur le relief important du canyon ainsi que celui des deux plateaux rocheux qui comportent de nombreuses crevasses.

Bien que les photographies composant ce modèle aient été réalisées sans lumière artificielle (flash), il est cependant possible d'identifier les différentes espèces d'organismes fixés colonisant le substrat dur. Les zones d'envasement sont également visibles sur la capture d'écran ci-dessous.



Site de plongée : Aresquiers « Langoustier »

Pour ce modèle, les deux vues de profil (ci-dessous) permettent de se rendre compte de la présence d'un tombant très marqué. Chaque crevasse et anfractuosité est visible, de même que le couvert algal présent sur la plateau surplombant le tombant.

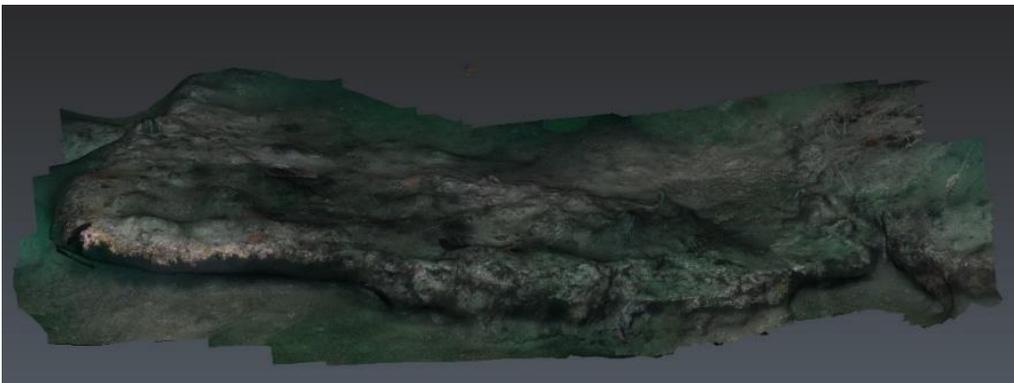
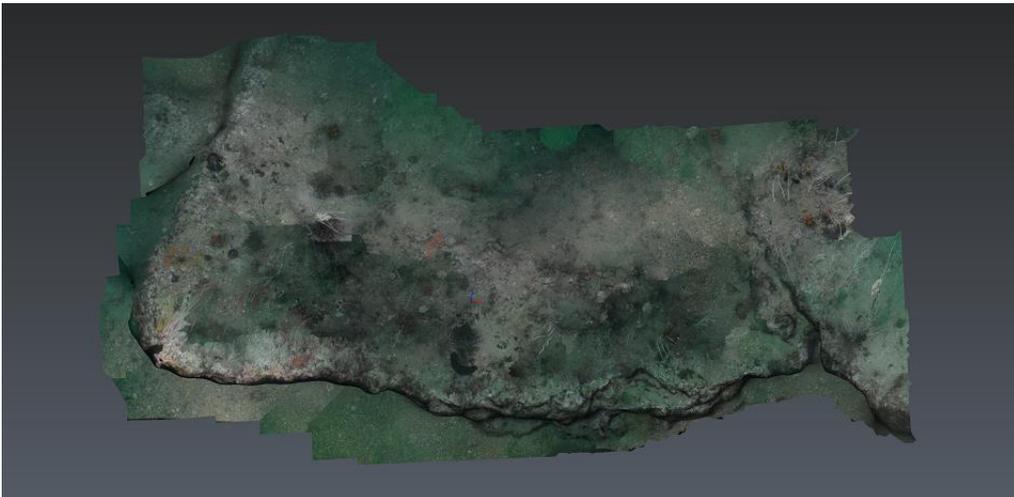


Un zoom sur la texture photographique (comme ci-dessus) permet d'identifier les espèces constituant le couvert algal (ici des *Codium fragile*) ainsi que les organismes encroûtants et

quelques gorgones. Tout comme pour les modèles précédents, les espèces dressées apparaissent à plat car elles n'ont pas été modélisées.

Site de plongée : Aresquiers « Tombant »

La récolte de donnée sur ce 3^{ème} site a été effectuée par une personne n'ayant pas encore pratiqué l'exercice, et avec une autre marque d'appareil photo. L'utilisation du flash permet de restituer un peu plus les couleurs, sans que ce soit déterminant pour l'interprétation. Le nombre d'images prises, deux fois inférieur à celui pour les autres sites, semble se répercuter sur le détail moindre dans le microrelief du plateau. Par contre, le dévers et la petite crevasse sont bien visibles. Image du bas droit : une photo du même relief qui a servi pour le montage.



Un zoom comme sur la photo ci-dessous sur le surplomb du tombant permet même de voir des espèces sciaphiles comme ici des anémones encroutantes jaunes et certaines éponges. La partie inférieure du surplomb n'ayant pas été photographiée, seule son ombre est ici visible.



Les modèles 3D permettent également un zoom sur les habitats en interface tels que sur la photo ci-dessous avec du sédiment grossier, des débris coquillier et une dalle rocheuse envasée colonisée notamment par des gorgones blanches. Nous pouvons apprécier dans ce cas la haute résolution des photos composant la texture et qui permettent non seulement l'identification des espèces fixées mais également la caractérisation du sédiment.



6.5 Caméra filaire

L'objectif initial était beaucoup plus de vérifier/valider certains des résultats obtenus par le sondeur latéral que de définir ou qualifier le substrat dur, voire suivre son évolution. En effet, le travail effectué à l'aide de cet appareillage est celui d'une vérité terrain de premier niveau, à savoir la définition assez simple du substrat : rocheux (et granulométrie), meuble (sable ou vase distinguable), présence d'herbier de phanérogame, et enfin quelques paramètres « estimables » comme la profondeur, la luminosité, la visibilité, etc.

- Concernant la réalisation de validité terrain suite au travail de Seaviews, elle n'a pas été effective du fait des décalages entre les 2 campagnes de terrain (Seaviews puis Biotope, devenu Seaviews (partiel), Biotope, puis Seaviews). Seaviews a donc réalisé ses propres vérités terrain
- Nous avons ponctuellement utilisé la caméra filaire en repérage de substrats rocheux isolés sur lesquels nous voulions appliquer les méthodes EBQI et RECOR. Par exemple pour les roches de l'embouchure de l'Aude, ne disposant que de très peu de données sur la structure, la composition voire les variations de paysage, plusieurs sondages nous ont renseigné utilement (peu de variations de structure, visibilité médiocre, recouvrement assez important par des limons, etc...).

Dans ces circonstances précises mais assez courantes, la méthode caméra filaire s'avère efficace, assez rapide, et limite les immersions successives de plongeurs.

6.6 Recensement de la diversité ichthyologique

Voir annexe 5 : résultats bruts

Voir description de la méthode dans le chapitre méthodologique.

L'objectif étant de voir si les résultats obtenus nous induiraient à développer une méthode basée sur les inventaires plus élaborée (par exemple semi-quantitative, ou ciblée)

Remarque préalable : les éléments qui suivent ne sont que des tendances sans traitement statistique, équivalent plus à un avis d'expert se basant sur des chiffres très simples mais comparée à une base de données recueillies sur le même principe d'observation, et forte de plusieurs centaines de plongées en Europe.

Les résultats les plus visibles sont les suivants :

- 15 plongées sur 15 lieux différents des 2 sites Natura 2000 ont pu être validées selon les critères de la méthode énoncée.
- Pour chaque site, la diversité observée en une plongée se situe entre 7 et 20 taxons, avec une moyenne à 13 taxons (hors prise en compte de l'effort de prospection, variant parfois du simple au double). A titre de comparaison, une prospection de 100 à 200 min (pour rester dans les ordres de grandeur de celles que nous avons faites ici) sur la plupart des sites rocheux du Var ou des Alpes-Maritimes amène à une observation de 30 à 40 taxons en moyenne. Dans les Pyrénées-Orientales, les valeurs moyennes constatées sont plus proches de 20 à 25.
- 39 espèces ont été inventoriées au total, pour une durée de prospection (par des prospecteurs confirmés) estimée à 32 heures. Cette diversité cumulée, très estimative, mais basée sur un nombre conséquent d'heures de recherche peut donc être considérée comme faible à très faible en Méditerranée. Elle est néanmoins caractéristique des fonds rocheux de faibles profondeurs de la partie languedocienne de la Région Occitanie.
- Concernant la composition du peuplement ichthyique :
 - o 5 espèces peuvent être considérées comme très communes sur ces sites, et composent le peuplement de base, étant observées avec une occurrence de 80 à 100% : Ctenolabre *Ctenolabrus rupestris*, Castagnole *Chromis chromis*, Girelle *Coris julis*, Blennie de Roux *Parablennius pilicornis* et Serran chevrette *Serranus cabrilla*
 - o 11 espèces sont un peu moins fréquentes (non systématiquement trouvées) mais restent une composante nette du peuplement languedocien sur ces petits fonds rocheux : Blennie gattorugine *Parablennius gattorugine*, Gobie à tête jaune *Gobius xanthocephalus*, Rascasse brune *Scorpaena porcus*, Rascasse rouge *Scorpaena notata* pour les espèces posées sur le fond ; Labre merle *Labrus merula*, Crénilabre tanche *Symphodus tinca*, Capelan de Méditerranée *Trisopterus capelanus*, Rouget de roche *Mullus surmuletus* pour les espèces inféodées au substrat mais nageant au-dessus du fond ; Bogue *Boops boops*, Sar commun *Diplodus sargus* et Sar à tête noire *Diplodus vulgaris* pour les espèces évoluant plutôt dans la colonne d'eau
 - o Une 10^{aine} d'espèces sont plus rares dans les relevés (occurrence comprise entre 10 et 33 %). Sans posséder de statut patrimonial (liste rouge UICN), l'addition de ces espèces sur un même site peut être un signe de particularité, de qualité et diversité des habitats. Notons par exemple : Congre *Conger*

conger, Crénilabre de Doderlein *Symphodus doderleini*, Chapon *Scorpaena scrofa*...

- Les 13 autres espèces appartiennent aux espèces ponctuelles, de passages, peut-être d'apparition plus saisonnière, ou cryptiques (et donc difficiles à déceler sans méthode ciblée). Ce groupe est évidemment beaucoup plus grand, puisque par définition, la plupart de ces espèces ont pu échapper à nos prospections de cette année. Concernant les espèces réellement ponctuelles, citons par exemple le Baliste *Balistes capriscus*, Serran hépate *Serranus hepatus*, Coquette *Labrus mixtus*. Parmi les espèces nécessitant une recherche ciblée, se trouvent Dragonnet *Callionymus risso*, Gonie léopard *Thorogobius ephippiatus*,

7 Discussion

7.1 Méthode d'acquisition des données physiques pour la réalisation des cartes d'habitats marins (Seaviews)

Le sondeur multifaisceaux (SMF) **présente deux avantages majeurs** par rapport à la fusion de plusieurs capteurs optiques et acoustiques (sondeur monofaisceau, sonar à balayage latéral, images aériennes, interféromètre, etc.) pour cartographier les habitats marins côtiers.

- Premièrement, il permet d'obtenir avec un capteur unique et simultanément :
 - o la bathymétrie fine,
 - o des images de réflectivité,
 - o une imagerie de la colonne d'eau,

et il permet aussi d'employer des systèmes acoustiques de classification des fonds (SACLAF).

À cela s'ajoute l'indice BATCLAS développé par Seaviews permettant de mettre en valeur et de mesurer le relief du fond. L'indice BATCLAS, en apportant une valeur métrique à l'identification du relief sous-marin, fournit une information supplémentaire comparée à l'imagerie acoustique traditionnelle issue de sonars à balayage latéral ou de SMF. Les cartes de réflectivités apportent cependant un complément d'information concernant la nature du sédiment. Le SMF permet également de profiter d'une large fauchée de mesure avec une ouverture angulaire maximum de 160 ° (dans le cas du R2Sonic 2022 utilisé lors de cette étude). Nous avons cependant observé que du bruit et une « courbure » aux extrémités de la fauchée du SMF ne permettent pas de calculer l'indice BATCLAS de façon satisfaisante sur son ensemble. Nous préconisons donc de réduire l'ouverture du SMF au maximum à 120 ° pour des mesures de qualité optimale. Il est important de noter que même avec une fauchée réduite, les surfaces couvertes par le SMF pour la classification des fonds permettent un rendement élevé qui augmente avec la profondeur. L'indice BATCLAS fait actuellement l'objet de programmes de développement qui devraient, dans un futur proche, permettre d'augmenter son efficacité de mesure.

Le second avantage majeur de l'emploi d'un SMF est sa précision de positionnement centimétrique permise par l'utilisation d'un GNSS RTK et d'une base fixe ainsi que d'une centrale d'attitude haute performance et une intégration du matériel d'acquisition avec des bras de levier (offsets) maîtrisés. Si un positionnement centimétrique ne semble pas indispensable lors de levés dans le cadre d'un inventaire des habitats marins, il peut devenir important dans le but d'en étudier l'évolution. En effet, selon les habitats étudiés, une erreur de positionnement de plusieurs mètres, voire plusieurs dizaines de mètres, ne permettra pas d'obtenir des informations exploitables sur l'évolution surfacique des habitats.

La fusion des données lidar et SMF couplée à un traitement avec l'indice de rugosité BATCLAS permet de réaliser efficacement la cartographie des habitats marins sur de larges zones. De par leur libre accès et leur libre utilisation, les données du programme Litto3D du SHOM permettront dans un avenir très proche de réaliser des cartes des habitats marins à très grande échelle grâce à l'indice BATCLAS dans à des profondeurs d'environ 10 m pour les zones les plus turbides (comme dans la présente étude) et jusqu'à 50 m de fonds pour les eaux les plus claires (Corse). Les levés lidar à ces échelles sont cependant très coûteux, car ils nécessitent du matériel et des moyens aéroportés onéreux. L'emploi de moyens de mesure acoustiques reste donc indispensable pour actualiser régulièrement les cartographies.

7.2 Distinction entre les 2 habitats « roche à algues » et « coralligène »

Quelques éléments concernant le coralligène en Méditerranée

Une définition intéressante est donnée dans le document synthèse de Ballesteros (CAR/ASP, 2003) : « Il n'existe pas un réel consensus, parmi les scientifiques qui étudient les communautés benthiques en mer Méditerranée, de ce qu'est le coralligène. Dans cette révision nous considérerons le coralligène comme un fond dur d'origine biogénique principalement produit par l'accumulation d'algues calcaires encroûtantes vivant dans des conditions de luminosité réduite. Bien qu'il soit plus étendu dans l'étage circalittoral, il peut aussi se développer dans l'étage infralittoral, à condition que la luminosité soit assez faible pour permettre la croissance des algues corallines, qui sont à l'origine du concrétionnement ; c'est pourquoi, les concrétions coralligènes infralittorales se développent presque toujours sur les parois verticales, les canaux profonds, ou bien les surplombs et occupent des surfaces réduites. ».

Et il est ajouté : « Donc, la présence d'un bioherme d'algues corallines vivantes à des taux de radiations faibles et dans des eaux relativement calmes, sont les critères principaux que nous avons considérés pour définir le coralligène. Ce bioherme est toujours très complexe dans sa structure et permet le développement - au fait - de plusieurs sortes de communautés (Laborel, 1961; Laubier, 1966) allant de celles dominées par les algues vivantes (ndlr : bioconstructrices) (la partie supérieure des concrétions), les suspensivores (la partie basale des concrétions, les parois des cavités et les surplombs des concrétionnements), les foreurs (à l'intérieur des concrétions) et même la faune des fonds meubles (dans le sédiment déposé dans les cavités et les trous). C'est pourquoi le coralligène doit être considéré plutôt comme un paysage sous-marin ou bien un puzzle formé par plusieurs communautés, que comme une seule communauté. ».

Les paramètres étudiés apportent les renseignements suivants :

- La lumière est un facteur important dans le développement et la croissance du coralligène, mais ses bioconstructeurs principaux (les macroalgues corallines) ont un besoin assez précis, entre 0,05 et 3% de l'irradiation de surface selon Ballesteros (1992). Voir beaucoup moins encore selon d'autres auteurs
- Le coralligène semble être adapté à des concentrations basses de nutriments dans l'eau de mer, étant donné que leur disponibilité accrue affecte énormément la composition spécifique, inhibe la construction du coralligène et augmente son taux de destruction (Hong, 1980).
- Pour le reste et selon cette étude, salinité, hydrodynamisme et température ne constituent pas des éléments déterminants
- Les constructeurs algaux (algues corallines) sont les principaux bioconstructeurs, mais la systématique est assez complexe et n'a pas toujours été communément acceptée parmi les scientifiques. Pour faire simple, considérons que le genre *Mesophyllum* est admis comme le genre principal (Sartoretto, 1966) (*Mesophyllum lichenoides* = ? *Mesophyllum alternans*), puis vient le genre *Pseudolithophyllum* (avec également des indéterminés dans les espèces phares).
- Les constructeurs animaux du coralligène, étudiés par Hong (1980) sont séparés en 3 types différents :
 - o Les contributeurs importants au concrétionnement : Bryozoaires, annélides polychètes, certains mollusques et cnidaires scléactiniaires
 - o Les contributeurs modestes (petites tailles) au concrétionnement : petits bryozoaires, des annélides serpulidés, des crustacés cirripèdes,
 - o Les espèces qui agglomèrent des particules de carbonates : quelques éponges, des bryozoaires et un cnidaire alcyonaire.

- Enfin, il ne faut pas négliger les organismes bio-érosifs ou bio-perforants (brouleurs - oursins, micro-foreurs – algues bleues et algues vertes, macro-foreurs – mollusques comme la Datte de mer *Lithophaga lithophaga*, les annélides polychètes, les sipunculidés et les éponges perforantes).



Figure 54 : Un coralligène identifié sans ambiguïté, Pointe Escampobariou, Hyères, Var, -34m (© L. BERENGER, Biotope).

Les plateaux à gorgones sont-ils des habitats à part entière ?

Lorsque des paramètres assez proches sont réunis : turbidité importante de l'eau (liés à des apports fluviaux ou autres), côte exposée aux vents et aux houles, fond rocheux, profondeur modérée et faible pente, il semble qu'une certaine convergence opère au sein des habitats et biocénoses. Outre le fait que l'on se situe dans l'étage infralittoral sur fonds durs, dans le grand groupe des biocénoses à algues, la couverture de gorgones est un faciès assez typé, voire bien différencié en apparence et qui ne semble pourtant pas toujours décrit. Les images ci-dessous illustrent ce faciès, dans les conditions décrites plus haut, au Gabon (rare portion de côte rocheuse entre les Cap Esterias et Santa Clara), à Cuba (côte nord atlantique exposée), et en France à Palavas.



Figure 55 : Illustration de deux habitats à gorgones sur plateaux rocheux, assez similaires malgré leur disparité géographique (Côte rocheuse du Gabon ; côte atlantique nord de Cuba)



Figure 56 : Plateau rocheux des fonds languedociens : un air de famille avec d'autres sites atlantiques pourtant très éloignés

Le cas des habitats de substrats durs des sites Natura 2000 du Languedocien

Les analyses effectuées avec les méthodes testées sur les 2 sites Natura 2000 ne permettent pas de trancher cette question. Nous manquons de référentiels pour chaque méthode, qui nous permettrait de comparer sur des sites similaires et dans des classes de profondeurs proches nos résultats avec d'autres sites de la région. Par ailleurs, il ne semble pas y avoir de modèles quantitatifs amenant à une décision d'appartenance ou d'exclusion pour les habitats marins. Il semble donc que ce type de questionnement soit un débat à réserver aux scientifiques universitaires.

Par contre,

- le simple examen des sites et de leur biocénose,
- la faible profondeur (7 à 17 m pour Palavas, et 20m pour l'embouchure de l'Aude) associée à une exposition importante aux houles assez destructrices

ne correspond pas aux définitions du coralligène donné par Ballesteros (CAR/ASP, 2003) ou celles précisées dans les cahiers d'habitats de Pergent et col. (PNUE-PAM-CAR/ASP, 2007)

Dans une certaine mesure, certaines parois verticales, certaines failles et dévers possèdent une faune fixée qui se rapproche d'une biocénose de type coralligène (présence ponctuelle de spongiaire *Axinella* commune *Axinella polypoides*, du mollusque bivalve Datte de mer *Lithophaga lithophaga*, de Bryozoaire de grande taille (Rose de mer *Pentapora fascialis*), de plusieurs espèces d'annélide polychètes Serpularidés, Mais ces éléments parcellaires sont difficilement quantifiables parce sont sur une dimension non cartographiable traditionnellement.

Une solution que nous proposons est de faire apparaître sur les cartes aux endroits où le relief est significatif (par le min/max des « tombants »), mais aussi et surtout au niveau des secteurs très faillés mise en évidence grâce à l'indice de rugosité utilisé (BATCLAs), une différenciation vis-à-vis de l'habitat rocheux strict, en parlant d'habitat rocheux avec inclusion de coralligène faiblement développé.

Site Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude » :

Une comparaison est faite avec les habitats rocheux mentionnés dans l'étude DOCOB (Holliday J. et col., 2014).

Délimitation

L'apport du sondeur multifaisceau :

- Contour de la roche revu légèrement, surface légèrement augmentée
- L'indice de rugosité BATCLAs ne permet pas de déceler des failles ou autres canyons supplémentaires

Dénomination initiale :

- Habitat générique : Récifs (EUR 27)
- Habitat élémentaire (typologie des habitats de la Méditerranée) : IV.3.1 Biocénose coralligène ... sans démonstration précise ... Il est dit : « la validation de l'habitat coralligène sur l'ensemble du roc nécessiterait des travaux complémentaires. ».

Dénomination proposée :

- Habitat générique : Récifs (EUR 27)
- Habitat élémentaire (typologie des habitats de la Méditerranée) : c'est une roche infralittorale et non pas circalittorale (donc du III.6.1 : Biocénoses des algues infralittorales...), soit en code Cahier d'habitat : 1170-13
- Dominées par algues rouges encroûtantes très peu diversifiées. Si consensus, alors code 1170-13 précisément : La roche infralittorale à algues photophiles
- On est dans un horizon moyen (1-15-20 m) à facteurs lumière et hydrodynamismes atténués, mais quand même très agité et pas profond (et amorçant seulement le coralligène)
- Non coralligène, ou alors très peu exprimé
- Faciès :
 - ? Association à algues encroûtantes (*Lithophyllum* spp.) en milieu perturbé, n'ayant quasiment pas vu d'autres algues (brunes ou vertes ou rouges érigées dominantes !
 - ? Ou alors le faciès n'est pas décrit et le travail reste à faire par des scientifiques

Site Natura 2000 « Posidonies de la côte palavasienne » :

Une comparaison est faite avec les habitats rocheux mentionnés dans l'étude DOCOB (Holon F. et Descamp P., 2008).

Délimitation

L'apport du sondeur multifaisceau :

- Une grande surface de roche fragmentée, mais d'intensité variable selon les secteurs. Les plus faillées se trouvent au large des Aresquiers, alors que les plateaux sont plus homogènes vers Palavas
- Certaines surfaces de roches en très faible profondeur ont été enlevées, les inclusions de surfaces sableuses affinées

Dénomination initiale :

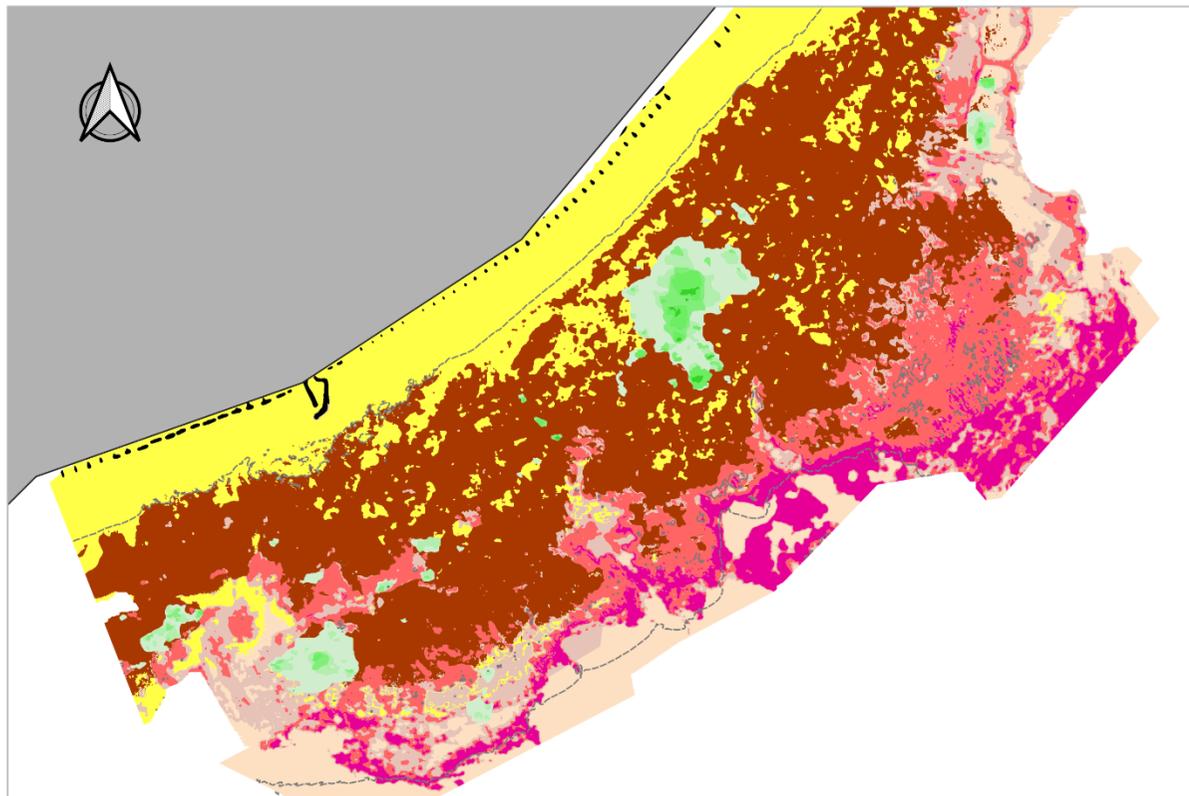
- Habitat élémentaire (typologie des habitats de la Méditerranée)
 - Biocénose : roche à algues photophiles en zone 3 - 10m env

- Biocénose : roche à coralligène en zone > 10m

Dénomination proposée :

- Habitat générique : Récifs (EUR 27)
- Habitat élémentaire (typologie des habitats de la Méditerranée) : issue de l'arbre décisionnel (bathymétrie + rugosité) + discussion Seaviews et Biotope, + vérité terrain
 - Roche infralittorale à algues photophiles : dans les petits fonds et lorsque les zones faillées, le découpage sont important. Il peut cependant, à la faveur d'un dévers ou d'un tombant un peu élevé, y avoir des incursions, des éléments plus typiques du coralligène
 - Habitat mixte, coexistence de 2 habitats (Roche infralittorale à algues photophiles + Roche à coralligène). Dans les fonds supérieurs à 8-10m, et semblerai plus développé sur le secteur des Aresquiers en lien avec l'aspect plus faillé du plateau
Ce dernier habitat est :
 - Le plus approchant (en termes de quantité d'espèces caractéristique) du vrai coralligène du circalittoral) uniquement en parois dans les failles et canyons
 - Assez approchant sur des tombants surtout si un peu de dévers (mais l'exposition directe à la houle et à la lumière limite son expression)
 - Quasiment jamais présent (ou de manière très « dégradé » sur les plateaux (en cela, on rejoint le type vu au niveau de l'embouchure de l'Aude
- Faciès : pour l'habitat Roche à algues photophiles
Ne semble pas décrit, ne correspond pas à ce dont on dispose en bibliographie

Les 3 cartes suivantes illustrent les nouvelles propositions concernant les habitats marins sur substrat dur



BIOCENOSES MARINES

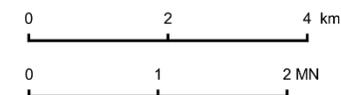
- Detritique cotier
- Enrochement artificiel
- Galets et petits blocs
- Habitat mixte roche à algues photophiles et coralligène
- Matte morte de Posidonia oceanica
- Posidonie 0-10 %
- Posidonie 11-30 %
- Posidonie 31-50 %
- Posidonie 51-75 %
- Posidonie 76-100 %
- Roche infralittorale à algues photophiles
- Sables fins bien calibrés

med_n2000_FR9101413_eco_biocenosés_afb_20181108_a4pa

Sources des données :
 - Caractérisation des substrats rocheux, contrat AFB - Seaviews/Biotope, 2018 (pour méthodologie voir le rapport associé)
 - SHOM 2014 et Seaviews, 2018 (bathymétrie)
 - SHOM, 2014 (données lidar)
 - Andromède Océanologie, 2007 (polygones de posidonies)
 - Eurostats, 2016 (pays)

Syst. coord. : Lambert 93/RGF 93
 Logiciel : QGIS

AGENCE FRANÇAISE
 POUR LA BIODIVERSITÉ
 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

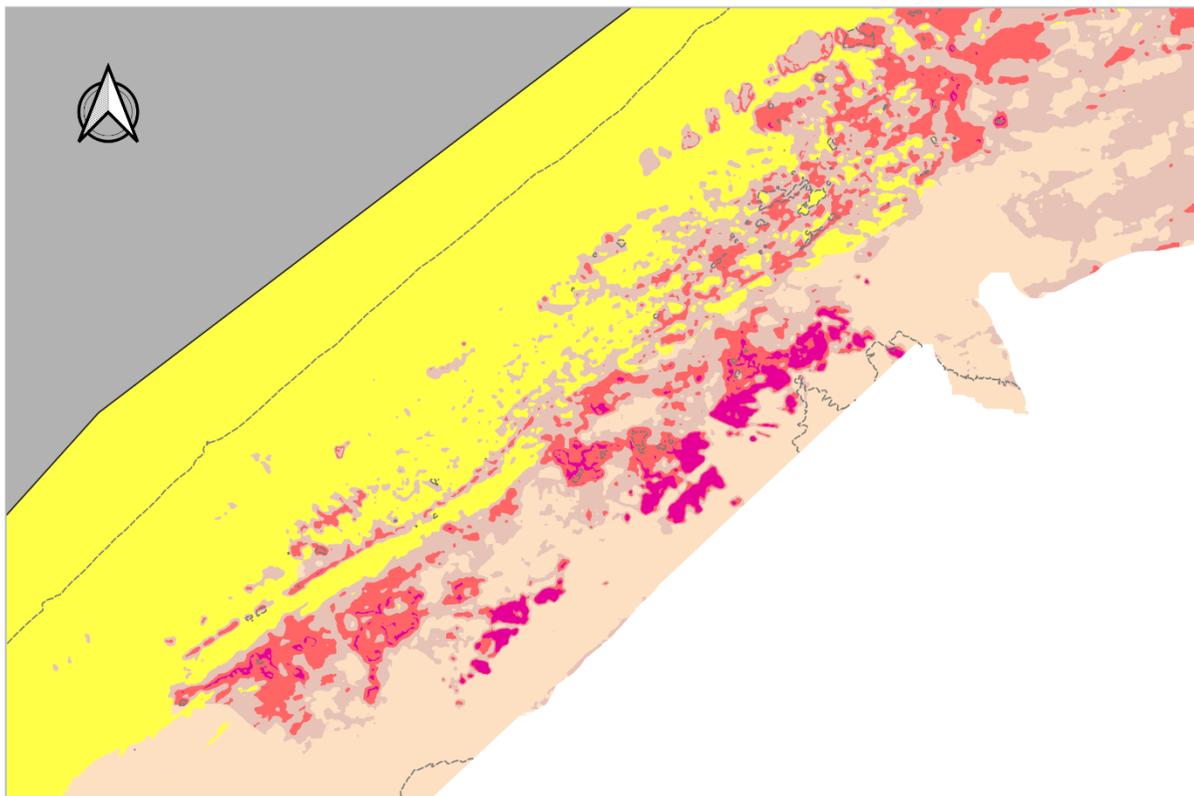


MEDITERRANEE > Occitanie > Posidonies de la côte palavasienne

EDITEE LE :

11/12/2018

SITE FR9101413 - CARTE DES BIOCENOSES MARINES



BIOCENOSES MARINES

-  Detritique cotier
-  Enrochement artificiel
-  Galets et petits blocs
-  Habitat mixte roche à algues photophiles et coralligène
-  Matte morte de Posidonia oceanica
-  Posidonie 0-10 %
-  Posidonie 11-30 %
-  Posidonie 31-50 %
-  Posidonie 51-75 %
-  Posidonie 76-100 %
-  Roche infralittorale à algues photophiles
-  Sables fins bien calibrés

Sources des données :
- Caractérisation des substrats rocheux, contrat AFB - Seaviews/Biotope, 2018 (pour méthodologie voir le rapport associé)
- SHOM 2014 et Seaviews, 2018 (bathymétrie)
- SHOM, 2014 (données lidar)
- Andromède Océanologie, 2007 (polygones de posidonies)
- Eurostats, 2016 (pays)

Syst. coord. : Lambert 93/RGF 93
Logiciel : QGIS

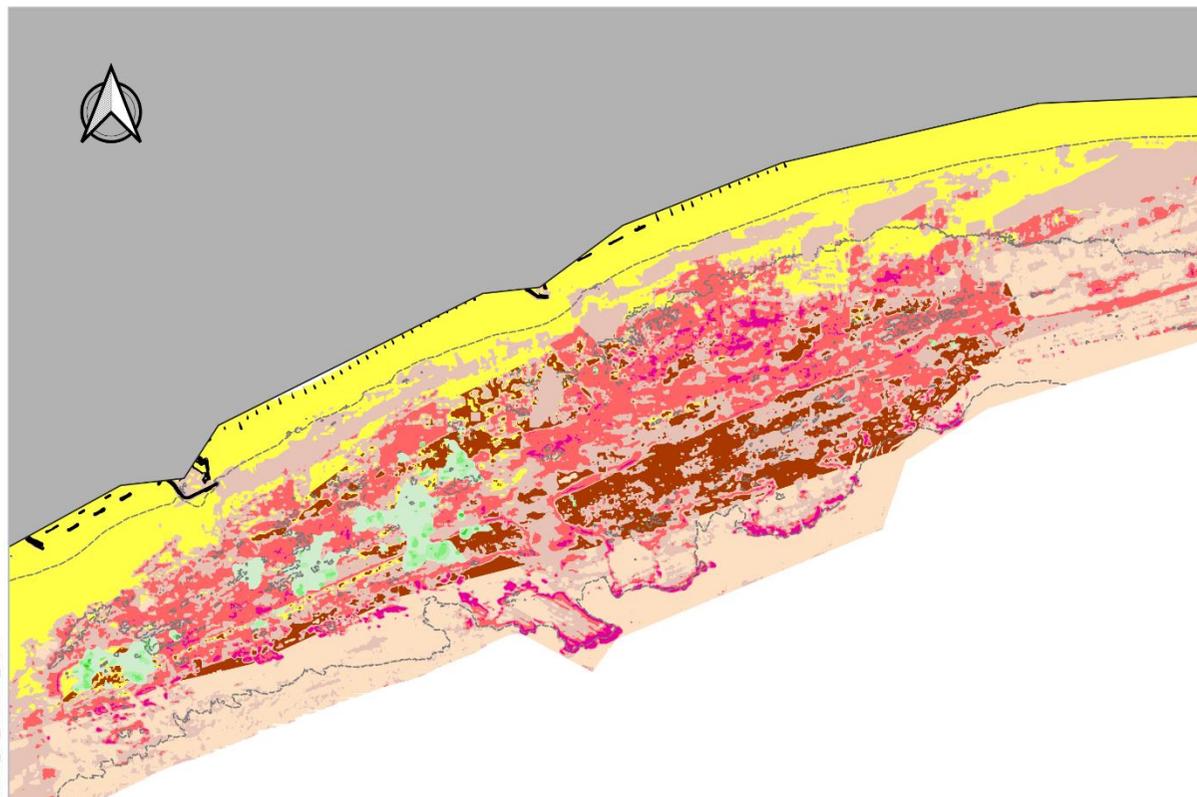
**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



med_r2000_FR9101413_eco_bioceneses_atb_20181108_s4pa

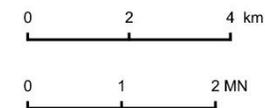
MEDITERRANEE > Occitanie > Posidonies de la côte palavasienne
 SITE FR9101413 - CARTE DES BIOCENOSES MARINES

EDITEE LE : 11/12/2018



BIOCENOSES MARINES

- Detritique cotier
- Enrochement artificiel
- Galets et petits blocs
- Habitat mixte roche à algues photophiles et coralligène
- Matte morte de Posidonia oceanica
- Posidonie 0-10 %
- Posidonie 11-30 %
- Posidonie 31-50 %
- Posidonie 51-75 %
- Posidonie 76-100 %
- Roche infralittorale à algues photophiles
- Sables fins bien calibrés



med_n_2000_FR9101413_eco_biocenosés_atb_20181102_a4pa

Sources des données :
 - Caractérisation des substrats rocheux, contrat AFB - Seaviews/Biotope, 2018 (pour méthodologie voir le rapport associé)
 - SHOM 2014 et Seaviews, 2018 (bathymétrie)
 - SHOM, 2014 (données lidar)
 - Andromède Océanologie, 2007 (polygones de posidonies)
 - Eurostats, 2016 (pays)

Syst. coord. : Lambert 93/RGF 93
 Logiciel : QGIS

AGENCE FRANÇAISE
 POUR LA BIODIVERSITÉ
 MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT



7.3 Perspicacité des méthodes pour le suivi des habitats rocheux – Améliorations possibles (Biotope)

EBQI

Nos retours d'expérience :

- Le temps de travail sous l'eau est long pour recueillir l'ensemble des données des 10 compartiments :
 - o Compartiment 1 (macrophytes) : 8-10 min
 - o Compartiments 2, 3 et 4 (détritivores, suspensivores, oursins) : 2 x 25 min
 - o Compartiment 5 (invertébrés carnivores) : 30 min
 - o Compartiments 6 à 10 (poissons) : 2 x 40 minSoit 170 min, ou presque 3h. Même à 2 plongeurs, la méthode ne peut être réalisée en une seule plongée en dessous de 10m.
 - ➔ Entre 8 et 17m, l'idéal est de réaliser l'entière méthode en une palanquée de 3 plongeurs
 - ➔ Entre 17 et 25 m de profondeur (par exemple sur les sites de l'embouchure de l'Aude), la fatigue et la consommation d'air sont plus importantes, et il est fortement conseillé de réaliser 2 plongées de 50 min à 2 personnes.
- Sous l'eau, le compartiment 1 n'est pas simple à estimer visuellement, les zones strictement homogènes étant théorique ; le biais observateur nous semble important. Par ailleurs, il n'est pas simple de faire la séparation, au sein de chaque strate, des espèces qu'il faut garder et de celles qu'il faut exclure. L'idéal encore une fois est de recourir à la photographie des habitats, de profil et en plan vu de haut, et de faire le travail d'analyse *ex situ*.
- Les compartiments 6 à 10, correspondant à l'identification des espèces de poissons et l'estimation de leur taille n'est pas simple à réaliser. Les relevés nécessitent une bonne habitude et des compétences techniques. Ces relevés sont en plus assez aléatoires d'une heure à l'autre. Par ailleurs, en condition de mauvaise visibilité (fréquente dans le Languedoc), il est difficile de bien détecter l'ensemble des espèces en pleine eau comme les Castagnoles, Athérines, Sar, etc. Il s'agit donc une limite par défaut.
- Pour l'ensemble des compartiments 2 à 10, il est indiqué dans le guide méthodologique de réaliser les acquisitions de données entre 5 et 10 m de profondeur... Un certain nombre de stations futures dans l'habitats rocheux des 2 sites Natura 2000 languedocien sera plus profond que 10m. Faut-il dans ce cas revoir les classes de densité déterminant les statuts ou les notes ?

Ainsi, cette méthode intègre de nombreuses évaluations de compartiments trophiques et nous semble excellente de par la simplicité de son approche pratique, quoiqu'assez longue pour la collecte de données.

Pourtant, les valeurs très faibles obtenues posent la question de la qualité écologique des sites inventoriés, sites qui nous semblent pourtant assez représentatifs de l'ensemble des stations visitées sur le site Natura 2000 « Posidonies de la côte palavasienne ».

3 pistes de réflexion :

1. Les données n'ont pas été collectées de manière efficace ? : A quelques exceptions près qui correspondent à des mises au point complètement normales, des adaptations de la méthode aux conditions locales, nous n'avons absolument pas négligé cet aspect, tant du fait de notre intérêt pour ces méthodes que par la volonté de pouvoir les juger sans biais. Quoique longues, les méthodes de collecte restent faciles pour des initiés à la faune marine et des fonds languedociens
2. Les classes de notes données dans le guide méthodologique (Ruitton, 2017) pour chaque compartiment ne sont pas adaptées aux sites languedociens ? : cette hypothèse nous paraît assez pertinente à explorer et débattre, surtout si ces classes ont été mises en place à partir de tests sur des sites de Provence-Alpes-Côte-d'Azur voire du Roussillon, où nous pensons que la vie est globalement plus diversifiée et exprimée.
 - Le poids très important du compartiment 1 (recouvrement par strate d'algue) et les « mauvais » résultats obtenus influence beaucoup le résultat final, mais l'ensemble des compartiments est globalement faible.
 - Les données très faibles de poissons pèsent également beaucoup dans les résultats finaux des sites explorés

Pour le site Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude », le problème de l'interprétation de l'EBQI se pose de manière plus aiguë encore, si l'on en juge par ce que nous avons observé : fond de 20 m minimum, une faible visibilité et lumière, une quasi absence de végétation dressée et une vie fixée plus réduite que dans des fonds languedociens d'environ 10-15m. Sans parler de la très faible détection de poissons. La méthode nécessiterait alors des adaptations sérieuses, par exemple dans l'attribution des poids de chaque compartiments (ce qui empêcherait alors une comparaison avec d'autres sites ?)

- ➔ Une comparaison avec des sites rocheux de la côte roussillonnaise et de Provence-Alpes-Côte d'Azur semble indispensable avant de statuer sur la qualité intrinsèque des fonds rocheux palavasiens
 - ➔ Des répliques peuvent aussi être réalisés sur les mêmes sites afin de tester la variabilité de certains compartiments faunistiques
 - ➔ Si la faiblesse des compartiments poissons résultent des chalutages et de la pression excessive de la petite pêche localement, il peut être très intéressant de dérouler cette méthode dans la réserve de pêche mise en place en 2016 au sein du site Natura 2000 de Palavas où des témoignages de structures de plongée évoquent une densité supérieure de poissons par rapport à des sites hors réserve.
3. Les sites sont vraiment en mauvais état écologique ? Cette hypothèse peut être débattue mais nécessite pour cela d'avoir accès à un référentiel important de données sources basées sur ces mêmes méthodes et dans des sites languedociens et du Roussillon.

Quoiqu'il en soit, les données brutes existent et permettent pour chaque compartiment des analyses année après année et une étude des tendances évolutives. Il s'agit alors de s'inscrire dans la durée avec un état de référence (qui est celui de l'étude) et voir comment les habitats et leurs indices évoluent à long terme.

Synthèse des avantages / inconvénients de la méthode EBQI

(appliquée aux 2 sites Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude » et « Posidonies de la côte palavasienne »)

Objet	Evaluation	Commentaire
VITESSE Temps de travail en mission	-	Un site nécessite à minima 2 plongeurs à temps plein sur une plongée dans moins de 17m, et 2 x 2 plongeurs (ou 2 plongées) pour des sites supérieurs à 17m de profondeur
SIMPLICITE TERRAIN Qualifications requises / Facilité de recueil	+	Un peu de compétence technique (identification et évaluation des taille de poissons), mais rapidement acquis vu le faible nombre d'espèces résidentes
SIMPLICITE ANALYSE Facilité de traitement et d'analyse	+	Une fois les tableaux et les calculs mis en place, le traitement pour l'obtention des notes pour chaque compartiment est simple
APPORT INFORMATIONS Niveau d'information, d'enseignement en suivis	++	La note finale de l'EBQI intègre 10 compartiments : elle ne peut être que riche d'information, surtout si l'on regarde et interprète chaque valeur. Il faut pour cela comparer à d'autres sites inventoriés dans d'autres régions méditerranéennes

Evaluation des recouvrements biologiques (inspiré de RECOR)

Nos retours d'expériences :

- Au vu des différences notables de recouvrements biotiques, il nous a paru évident de traiter séparément 2 types de situations :
 - o Les socles rocheux horizontaux : déroulement de la méthode selon le protocole avec ruban dérouleur sur 20 m ;
 - o Les parois plus ou moins verticales : en Languedoc, ces parois sont petites, ponctuelles ou fractionnées et la prise de photo doit être opportuniste (elle ne peut se faire selon un transect de 20 m).

- Le temps nécessaire pour recueillir les données sous l'eau est assez important :
 - o Choix du site après immersion : il doit se faire dans un endroit homogène dans la mesure où le suivi ne se fera certainement pas au mètre près au même endroit (il est presque illusoire de garder une borne - flotteur fixé à un piquet, ...- plusieurs années dans un site soumis aux effets des tempêtes
 - o Déroulé des 20m du décamètre dérouleur, puis retour
 - o Prise des photographies tous le long du décamètre avec l'aide du quadrat 50cm sur 50cm. Quel que soit le matériel utilisé (quadrat fixé à l'appareil, ou pas), la manipulation est longue et assez fatigante (position le plus souvent tête en bas), avec consommation importante d'air
 - o Récupération du décamètre
Ainsi, pour une personne, ce temps a été en moyenne de **35 minutes**

- La définition des images prises *in situ* des quadrats est primordiale pour une bonne identification des petites espèces, lors du traitement avec le logiciel CPCe 4.1. Dans les conditions normales que l'on trouve en Occitanie (et du fait du panache du Rhône), des séries entières de clichés peuvent être irrécupérables, obligeant une nouvelle sortie sur le terrain :
 - o le choix du matériel photographique ne doit pas être négligé, et un appareil de type réflexe sera préférable à un compact. Les photos doivent être prises à haute résolution pour être aisément zoomées
 - o en fonction de la visibilité plus ou moins réduite (comme c'est souvent le cas en Languedoc), préférer un objectif plutôt grand angle qui permet de ne pas trop s'écarter du quadrat pour prendre la photo (et réduire ainsi la colonne d'eau et la quantité de particules en suspension entre l'objectif et le substrat).
 - o Dans un cas extrême, il sera possible et conseillé de diviser le quadrat en 4 images (donc plus rapprochées, plus de détail, et plus de netteté) puis de les réassembler lors d'un post-traitement avec un logiciel de retouche d'images.
Dans tous les cas, pour une plongée et donc une série de 40 images, le temps de sélection, de découpe puis d'amélioration est long.

- L'envasement important des sites languedociens est tel qu'il en devient souvent prédominant (parfois supérieur à 70% alors que ce taux est d'environ 10 à 20% en Corse ou en PACA sur des sites étudiés) et modifie grandement les interprétations. Dans l'ensemble, seuls les sites des Aresquiers nous semblent correctement exploitables sur photos. Pensant qu'il était dommageable de réaliser une méthode basée en grande partie sur le vivant mais occultée à plus de 50-70% par les dépôts temporaires, il a été testé un désenvasement manuel sur certains sites afin de prioriser les identifications des éléments vivants, recouverts par la vase (notamment les algues encroustées). Ce temps de nettoyage augmente de 50% la durée de la méthode sous l'eau, **soit 15 à 20 minutes en plus, mais augmente la qualité de l'analyse de la composition du recouvrement biologique.**

L'envasement est un paramètre qui peut être étudié/mesuré selon d'autres techniques plus précises.

- Les listes d'espèces préalablement établies pour l'analyse automatique par le logiciel CPCe 4.1 ont été calibrées pour caractériser le coralligène au sens strict, plutôt adapté aux espèces de PACA-Corse ou au coralligène rencontré sur quelques stations ponctuelles d'Occitanie. Or nous avons constaté que très peu sont présentes sur les transects réalisés et plus globalement sur les plongées effectuées sur les 2 sites Natura 2000. Ces listes sont rapidement apparues inadaptées par rapport à la composition générale des organismes vivants fixés observés sur les substrats durs en Languedoc. Ainsi, un travail assez long de redéfinition de la liste de référence pour le logiciel CPCE 4.1 a été faite, dans l'objectif non pas de coller à la définition des habitats coralligènes mais bien de caractériser les différentes variations rencontrées sur les habitats rocheux en Languedoc. *Voir annexes 3 et 4*

Une conséquence de l'adoption d'une telle liste spécifique, est l'impossibilité des comparaisons possibles avec les données RECOR réalisées lors des suivis dans le Golfe de Lion (5 sites, 7 stations). Une solution pourrait être de compléter la liste actuelle des espèces RECOR actuelles avec les espèces rencontrées dans ces habitats « mixtes » du Languedoc.

- L'identification à l'espèce est très délicate sur les images réalisées lors de cette mission, pour les raisons évoquées plus haut. Elle est même quasiment impossible pour de nombreux groupes taxonomiques : des groupes comme les spongiaires, les bryozoaires, les mollusques de petite taille, les annélides polychètes, et mêmes les algues de petites tailles et parfois variables morphologiquement, ne sont réellement identifiables que par des spécialistes qui sont souvent les premiers à ne pas s'aventurer dans la détermination sur photographie. Donc afin de bien travailler avec ce logiciel, il doit être pratiqué par de très bons biologistes naturalistes et/ou des personnes qui plongent à plusieurs reprises sur un site et qui se préparent en réalisant en amont de ces méthodes, de grosses séances d'identification.
- Solution de simplification : l'analyse des images avec CPCE 4.1 sur notre zone d'étude nous montre une diversité faible et donc une exploitation très partielle de la grande liste établie préalablement. Au point que la visualisation dans les graphes des espèces très ponctuelle devient anecdotique et peu exploitable quantitativement. Nous préconisons :
 - o une simplification de cette liste pour la rendre à la fois plus proche de la réalité. En rester aux grands groupes ou à quelques subdivisions. Par exemple, pour le groupe des algues :
 - au sein des algues, séparer en 3 catégories : « rouges », « vertes » et « brunes »,
 - dans ces 3 catégories, des sous catégories possibles « érigées » et « encroustantes »
 - on peut pousser à ajouter 1 genre ou 2 très significatifs par catégorie ou sous-catégorie (ex : *Lithophyllum sp*)
 - o enlever les espèces ponctuelles et rares de cette liste, qui ont une forte probabilité de passer inaperçues dans un process RECOR aléatoire, alors qu'elle peuvent être patrimoniale (ex : la Datte de mer), mais les garder dans une autre liste où on pourra les signaler sur l'ensemble du transect (et donc des 40 images réalisées), avec un indice d'abondance.

Tableau 9 : Exemple de tableau de mention d'espèces particulières sur protocole RECOR modifié

Site x – Protocole RECOR transect 1			
Groupe	Espèce	Abondance	Commentaire
Algues vertes	<i>Acetabularia acetabulum</i>	Ponctuel, <1%, entre 1 et 3%, <3%	Précisant les conditions d'habitat de l'espèce + photo

Site x – Protocole RECOR transect 1			
Groupe	Espèce	Abondance	Commentaire
Spongiaire	<i>Axinella polypoides</i>		
Cnidaire octocorallièr	<i>Maasella edwardsi</i>		
Mollusque bivalves	<i>Lithophaga lithophaga</i>		

- Faible stabilité du logiciel CPCE 4.1. Ce logiciel mis au point il y a une dizaine d'années n'est utilisé que par un nombre restreint de structures. Il ne semble pas avoir bénéficié de versions évolutives et se heurte de plus en plus à des phénomènes d'incompatibilité avec les nouveaux systèmes d'exploitation installés sur les dernières générations d'ordinateurs. Il est donc assez fréquemment sujet à des plantages quand ce n'est pas un blocage et une impossibilité de le faire fonctionner. Ce sujet de réflexion est important à résoudre dans le cadre de suivis voulus sur plusieurs dizaines d'années (changer de logiciel ? faire évoluer CPCE 4.1 ?, ...)
- Etant donné l'assez faible nombre de secteurs sur lesquels nous avons pu réaliser cette méthode de façon homogène (une partie de temps a été réorientée vers la méthode EBQI), nous n'avons pas poursuivi les traitements statistiques qui n'auraient pas pu aboutir à la détermination d'éléments fiables démontrant des variations inter sites. Par ailleurs, ayant volontairement transformé la liste d'espèces de départ pour l'analyse des recouvrement (en limitant le nombre d'espèces coralligènes n'existant pas ici et en augmentant certains bryozoaires par exemple), il n'est pas possible de comparer nos résultats à ceux des suivis engagés par Andromède en 2012 sur le littoral méditerranéen français.

Synthèse des avantages / inconvénients de la méthode RECOR		
(appliquée aux 2 sites Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude » et « Posidonies de la côte palavasienne »)		
Objet	Evaluation	Commentaire
VITESSE Temps de travail en mission	+/-	Les manipulations peuvent être réalisées par une seule personne pour récupérer, le temps d'une plongée, l'ensemble des photographies d'un site. Attention, pour les photos de parois, soit il faut être 2 (un pour tenir le cadre en vertical), soit il faut un système autonome à construire (cf Andromède, 2012), avec le désavantage d'être encombrant voire impossible à manipuler dans les failles du site palavasien.
SIMPLICITE TERRAIN Qualifications requises / Facilité de recueil	+/-	La méthode de terrain ne demande pas de qualification biologique mais une bonne concentration et une bonne aptitude à manipuler sous l'eau du petit matériel, un appareil photo dans des conditions standardisées. Il est assez facile de collecter <i>in situ</i> des photos... inexploitable <i>ex situ</i> ! Nécessité d'adapter sa méthode aux conditions de visibilité du moment.
SIMPLICITE ANALYSE	-	L'analyse n'est ni simple ni rapide !

Synthèse des avantages / inconvénients de la méthode RECOR

(appliquée aux 2 sites Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude » et « Posidonies de la côte palavasienne »)

Objet	Evaluation	Commentaire
Facilité de traitement et d'analyse		<ul style="list-style-type: none"> - La liste initiale d'espèces doit être redéfinie, affinée et travaillée pour que les interprétations deviennent « parlantes ». - Les photos récupérées sous l'eau doivent être nettoyée, recadrées, contrastées, voire assemblées - Chaque site doit être traité, selon la méthodologie initiale (Andromède, 2013) avec 30 photos et 64 points pour chacune d'elle ! - Le logiciel CPCE 4.1, outre qu'il est instable, nécessite une appropriation plus ou moins longue - Enfin, le technicien qui analyse les images doit avoir une bonne connaissance des espèces de la flore algale et de la faune invertébrée souvent compliquées à identifier (voir impossible à identifier à l'espèce selon les groupes taxonomiques : spongiaires notamment)
<p>APPORT INFORMATIONS</p> <p>Niveau d'information, d'enseignement en suivis</p>	+	<p>Les informations ne peuvent être que complémentaires aux analyses d'autres méthodes. Seules, elles ne permettent pas de statuer sur la valeur d'un site, ni sur sa typicité ou son originalité. Permet de dégager des tendances.</p> <p>Par ailleurs, il est peu probable que l'on détecte des évolutions significatives sur un même site à 1 ou 2 ans d'intervalle. Ou à l'inverse, les variations intra sites (dans le cas probable d'un suivi pas exactement sur le même transect) masquera les évolutions possibles de ces recouvrements)</p> <p>Pour le Languedoc, une importante base de références (de sites avec des relevé RECOR, par secteurs géographiques et classes de profondeur) est nécessaire pour effectuer des comparaisons, ce qui n'est pas le cas à ce jour</p>

Gorgones

Nos retours d'expérience :

- Les peuplements observés de gorgones ne sont pas du tout homogènes sur un même site. D'où la difficulté à choisir un secteur pour effectuer les mesures de densité sur 2m². L'idée adoptée a été de naviguer 5 minutes sur le site puis de choisir un secteur « moyen » représentant une densité la plus communément observée. Le biais « observateur » reste important (le choix va être inconsciemment subjectif), et doit pouvoir être atténué en multipliant les relevés sur un même site afin de procéder à des analyses sur un jeu de données plus important donc plus « lissé ». Complété par quelques photos sur sites pour illustrer les cas possibles de physionomie du peuplement
- De même, la réalisation des quadrats aléatoires pour les taux de nécrose est faussée si l'on garde les yeux ouverts, du fait de l'absence de choix neutre. Par ailleurs, le « lancé » de quadrat est impossible... Nous avons préféré une méthode « à l'aveugle » consistant à fermer les yeux, se donner une direction avec le bras puis rouvrir les yeux et sélectionner la première colonie dans cette direction.
- Le temps nécessaire pour recueillir les données sous l'eau est assez important : Nous avons comptabilisé, pour la double méthode, un temps allant de 15 min (dans le cas d'une très faible densité de gorgones) **à 35 min** (si forte densité observée) :
 - o Immersion puis exploration du site –
 - o Choix au sein du peuplement et déroulé de la méthode de comptage avec mesures des colonies sur 2 m²
 - o Méthode aléatoire des quadrats pour les mesures de nécroses
- Les manipulations sous l'eau sont simples et non fatigantes, accessibles à tous avec peu de biais observateur sur les mesures.
- Il semble utile de réaliser en même temps que le protocole une série de photos illustrant les différents types de la colonie présente et l'échantillon choisi pour le dénombrement
- L'établissement des dates de nécrose, donnée dans la méthode RECOR (Andromède, 2013) n'est pas suffisamment claire et n'a pu être réalisé.

Synthèse des avantages / inconvénients de la méthode GORGONE (appliquée aux 2 sites Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude » et « Posidonies de la côte palavasienne »)		
Objet	Evaluation	Commentaire
VITESSE Temps de travail en mission	+	1 seule personne nécessaire. Peu de fatigue, peu de matériel, peut être effectuée un peu dans toutes circonstances
SIMPLICITE TERRAIN Qualifications requises / Facilité de recueil	++	Méthode très simple ne nécessitant aucune qualification spécifique. Un peu de biais observateur possible, discussion et choix à bien caler lors de la préparation. A doubler de photographies sur sites pour présenter la structure générale du peuplement

Synthèse des avantages / inconvénients de la méthode GORGONE

(appliquée aux 2 sites Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude » et « Posidonies de la côte palavasienne »)

Objet	Evaluation	Commentaire
<p>SIMPLICITE ANALYSE</p> <p>Facilité de traitement et d'analyse</p>	++	<p>Des données de croissance existent, ainsi que quelques jeux de données (avec la méthode RECOR) permettant de faciles comparaisons.</p> <p>Les paramètres étudiés sont simples et visualisés sous formes de graphes.</p> <p>Toutefois les analyses ne permettent pas d'identifier les raisons des variations → méthode indicatrice</p>
<p>APPORT INFORMATIONS</p> <p>Niveau d'information, d'enseignement en suivis</p>	+	<p>Il est modéré, puisque liés à des paramètres très élémentaires. Par ailleurs, cette méthode ne fonctionne... que s'il y a des gorgones, ce qui n'était pas le cas sur le site Embouchure de l'Aude. Néanmoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La mise en place d'une base de données alimentant un référentiel languedocien voire de la façade méditerranéenne française (et plus) peut renforcer l'analyse et les comparaisons - La simplicité de la méthode permet des répliques assez fréquents, qui renforcent alors les analyses - Les graphes sont très visuels et témoignent de l'histoire des peuplements de gorgones dans chaque site. Ils sont assez différents d'un site à l'autre - C'est l'évolution dans le temps au sein d'un site qui est important à mettre en valeur, ce que doit permettre cette méthode

Photogrammétrie

Nos retours d'expérience :

- La photogrammétrie sous-marine requiert un minimum de connaissances en photographie pour régler au mieux les paramètres de prise de vue en prenant en compte le déplacement du plongeur, le courant ou la houle, et la gestion de l'éclairage artificiel (flash externe) lorsqu'il est présent. Les limites lors de prises de vues sur des sites successifs requièrent de prévoir des batteries de rechange pour l'éclairage, ainsi qu'une carte mémoire à grande vitesse d'acquisition. Lors de cette étude, seul le premier modèle du site Axinelle et le modèle des Aresquiers ont été réalisés avec un flash externe tandis que les autres ont été réalisés en lumière naturelle. La lumière naturelle limite notamment la détection et la reconnaissance des espèces. Pour les modèles réalisés en lumière naturelle, une représentation monochromatique (noir est blanc) est à privilégier.

Les prises de vues peuvent être réalisées par plusieurs plongeurs mais ils doivent disposer d'un matériel photographique identique (boîtier + objectif).

- La photogrammétrie nécessitant un fort taux de recouvrement des photographies entre elles (environ 80%), il est important de contrôler ses trajectoires pour ne pas oublier de surfaces « scannées », mais également en restant à une égale distance du substrat. Le moyen le plus simple consiste à placer des repères temporaires (de type piquet colorés et gradués, avec petit lesté avec flotteur) pour réaliser les trajectoires les plus droites possibles. Il est important de noter que si les photos prises lors des opérations en plongée ne sont pas de bonne qualité ou avec un taux de recouvrement trop faible, les logiciels de reconstitution ne pourront pas fournir un modèle 3D.
- L'une des principales limites de la technique concerne notamment la modélisation des espèces dressées comme les gorgones qui nécessiterait pour chaque individu plusieurs dizaines de photos pour avoir une représentation en relief. Cela se traduit sur les textures des modèles par des espèces fixes dressées à l'aspect « aplati ». Ces organismes restent cependant identifiables.
- Enfin, afin d'obtenir le meilleur rapport « taille de la zone cartographiée / temps de traitement informatique », la zone d'étude ne doit pas dépasser quelques centaines de m² (par exemple un carré de 20 m x 20 m). Cette surface varie naturellement en fonction de la profondeur et de la turbidité de l'eau (permettant de prendre des photos à plus ou moins longue distance).
- Les meilleurs résultats en termes d'images restituées concernent les sites avec du relief. Les animations 3D permettent alors de se rendre compte des micro-habitats créés par le relief. Mais la valeur est démonstrative uniquement.
- Les modèles réalisés lors de cette étude ne sont pas géoréférencés mais pourraient l'être de façon relativement simple en plaquant un marqueur fixe de type borne de géomètre géoréférencé depuis la surface avec un GNSS RTK (positionnement centimétrique). Cela permettra également de réaliser un suivi régulier du site d'intérêt et de réaliser des analyses quantitatives plus poussées sur les modèles 3D.

Synthèse des avantages / inconvénients de la méthode Photogrammétrie

(appliquée aux 2 sites Natura 2000 « Cours inférieur de l'Aude » et « Posidonies de la côte palavasienne »)

Objet	Evaluation	Commentaire
VITESSE Temps de travail en mission	+	Assez rapide : selon la taille de la zone étudiée, 10 à 20 minutes pour un plongeur.
SIMPLICITE TERRAIN Qualifications requises / Facilité de recueil	+	Nécessite quelques plongées d'expérience pour pouvoir être certain d'avoir une qualité de prises de vues minimum pour la réalisation des modèles 3D.
SIMPLICITE ANALYSE Facilité de traitement et d'analyse	++	<ul style="list-style-type: none"> - Pour l'obtention de l'image 3D, des logiciels gratuits existent, avec une interface graphique permettant de générer des modèles facilement. La durée du temps de traitement dépend de la puissance des ordinateurs et du nombre de photos composant le modèle. - Les analyses des images sont simples parce qu'elles ne sont que descriptives. Il n'est pour le moment pas possible de sortir des indications chiffrées traduisant des paramètres comme la rugosité, le taux de recouvrement algal, etc.
APPORT INFORMATIONS Niveau d'information, d'enseignement en suivis	+/-	<p>La photogrammétrie permet une acquisition 3D d'une partie d'un site subaquatique à l'instant t, complétant la fiche signalétique ou carte d'identité d'un site que l'on désire suivre.</p> <p>Il renseigne assez finement sur le petit relief, voire sur les grandes espèces fixes présentes (gorgones, codiums, éponges), mais également des impacts anthropiques (fils de pêches, ancrage, déchets).</p>

Caméra filaire

Elle n'est pas une méthode de suivi à proprement parlé, mais une technique exploratoire de repérage très intéressante sur des secteurs peu connus. Elle permet des validations terrain plus simples et plus nombreuses (mais moins précises) que celles réalisées en scaphandre autonome.

Objet	Evaluation	Commentaire
VITESSE Temps de travail en mission	+/-	A 3 personnes, (une au traitement, la 2 ^{ème} à la manipulation de la caméra, la 3 ^{ème} au poste de pilotage), entre 80 et 120 points de sondages peuvent être effectués/enregistrés en 1 journée
SIMPLICITE TERRAIN Qualifications requises / Facilité de recueil	+ -	La préparation du matériel demande d'être précautionneux. Une fois le fonctionnement de l'ensemble pris en main, c'est surtout un travail de technicien dont les tâches sont simples. Attention toutefois à ne pas accrocher (et risquer de perdre) la caméra au fond. Sur le bateau, il faut un lieu à l'abri des embruns et du soleil pour le travail sur écran Le prix d'acquisition du matériel peut être élevé (caméra, boîtier étanche,, raccordement par câble 40 à 50 m, écran terminal, mallette de transport et d'alimentation en énergie de l'écran)
SIMPLICITE ANALYSE Facilité de traitement et d'analyse	++	L'analyse ou l'interprétation des images sur écran nécessite une connaissance à priori des habitats. Les variables analysées restent assez simples à étudier
APPORT INFORMATIONS Niveau d'information, d'enseignement en suivis	-	- pour les suivis et l'évolution de ces milieux rocheux proprement dit, le niveau d'information est très faible : la qualité de l'image est telle qu'elle ne permet pas de réaliser des analyses quantitatives (ou de recouvrement) poussées. De même, la faible stabilisation de l'image (avec ce système très simple – donc facilement reproductible) est très limitante. - pour les besoins de pré-repérage de substrat, ou pour des validations terrain de la nature de substrat, en revanche, cette technique est à la fois suffisante et très avantageuse par rapport à des plongeurs (en termes de fatigue, de sécurité, et de capacité à explorer rapidement des fonds de 10m de profondeur ou plus de manière répété et rapproché)

Recensement de la diversité ichthyologique

Cette méthode ne consomme quasiment pas de temps, puisqu'elle peut se réaliser en même temps que la réalisation d'autres méthodes. En contexte languedocien assez pauvre, elle n'apporte pas de résultats très marquants lors d'une seule prospection, mais la récurrence de listes d'espèces dressées à chaque plongée (associé à un effort de prospection) peut être très illustrative concernant le peuplement en poissons et la diversité réelle (voir figure suivante).

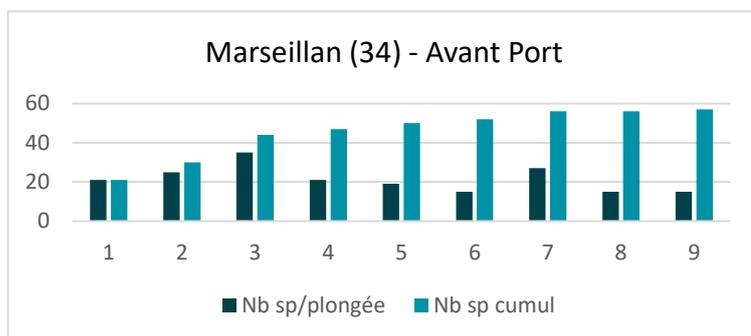


Figure 57 : Illustration de la diversité recensée en poissons lors de plongées récurrentes sur un site unique (Marseillan (Hérault), avant-port), entre 2015 et 2018. La diversité totale recensée après 9 plongées est 3 fois supérieure à celle obtenue en 1 plongée. Des espèces rares ne sont mises en évidence qu'après plusieurs plongées. Le site est beaucoup mieux cerné quant à son peuplement ichthyique

Objet	Evaluation	Commentaire
VITESSE Temps de travail en mission	++	Tous les plongeurs peuvent participer, ou un seul (l'effort de prospection sera variable). Avec la méthode proposée, il est presque transparent, puisqu'aucun temps ne se surajoute réellement à celui consacré aux autres méthodes.
SIMPLICITE TERRAIN Qualifications requises / Facilité de recueil	+	Le recueil est très simple, et peut être complété par des photos même de faible qualité pour des personnes ne maîtrisant pas bien l'identification. Par ailleurs, étant donné la très faible diversité observée, l'apprentissage des espèces potentielles est relativement simple pour n'importe quel technicien ou ingénieur pratiquant la plongée
SIMPLICITE ANALYSE Facilité de traitement et d'analyse	+	Au stade de la méthode proposée, aucun calcul n'est nécessaire. Cependant, sortir des informations parlantes de ces listes n'est pas simple
APPORT INFORMATIONS Niveau d'information, d'enseignement en suivis	-	Il est très faible étant donné le contexte languedocien : la pauvre diversité spécifique observable à chaque relevé, corrélée au faible nombre d'espèces résidentes et communes, et au nombre important d'espèces ponctuelles rendent les résultats fragiles (faible variabilité des espèces résidentes, forte variabilité des espèces « rare » ou de passage).

7.4 Proposition de suivis de l'habitat rocheux des sites Natura 2000 du Languedoc

Quelles que soient les conclusions auxquelles on puisse arriver, concernant la définition biologique des milieux « récifs » ou « substrats durs » des 2 sites Natura 2000 considérés, leur suivi est important :

- Constat et comprendre leur évolution « naturelle » en secteurs témoins
- Evaluer la perspicacité de mesures de gestion (ou de sécurisation, ou de conservation) pratiquées sur certains secteurs.

L'analyse des méthodes testées (voir chapitre précédent) permet de comprendre que la spécificité des conditions subaquatiques propres aux fonds languedociens est un frein à la pleine efficacité de ces méthodes.

Nous proposons dans le tableau suivant un scénario idéal de suivis

Tableau 10 : Propositions de suivis pour les 2 sites Natura 2000 étudiés

Propositions de suivis pour les 2 sites Natura 2000 étudiés			
Méthode	Poursuite ou non	Améliorations préalables	Fréquence
Site « Posidonies de la côte palavasienne »			
<ul style="list-style-type: none"> - 3 à 4 sites principaux (1 Palavas, 1 Maguelone, 1 à 2 aux Aresquiers) - 3 à 6 sites secondaires possible 			
Gorgone	Oui	Bien détailler la méthode sur papier, notamment le choix des quadrats	<ul style="list-style-type: none"> - Une fois par an sur les sites principaux - tous les 2 à 5 ans pour les sites secondaires
EBQI	Oui	Faire évoluer les classes de notes ? décider d'un EBQI spécifique ?	<ul style="list-style-type: none"> - Tous les 2 ans sur les sites principaux - Tous les 5 ans sur les sites secondaires
RECOR	Oui mais...	Changement pour une codification spécifique ?	Tous les 5 ans
Photogrammétrie	Oui		Tous les 5 ans, même période de l'année
Diversité ichtyologique	Oui	Science participative possible, mais cadrée	A minima 3 fois/an, cadre amateur possible et conseillé
Site « Cours inférieur de l'Aude »			
<ul style="list-style-type: none"> - 1 site principal - 1 site secondaire possible 			
Gorgone	Non	Trop peu de gorgone sur site	
EBQI	Oui mais...	Si adaptation notes et pondération	Tous les 5 ans
RECOR	Oui mais...	Changement pour une codification spécifique ?	Tous les 5 ans
Photogrammétrie	Non		
Diversité ichtyque	Oui		Lors du déroulement des autres méthodes + plongées amateur
Inventaire général		Inviter les spécialistes de quelque groupes faune et flore inventoriées à réaliser 3 plongées sur sites dans une journée organisée ; leur proposer un petit cahier des charges, des objectifs tel que : <ul style="list-style-type: none"> - Recueil de données 	

Propositions de suivis pour les 2 sites Natura 2000 étudiés

Méthode	Poursuite ou non	Améliorations préalables	Fréquence
		<ul style="list-style-type: none"> - Avis des spécialistes sur le peuplement (pour chaque groupe) - Actions nécessaires pour la conservation ? Une session générale à proposer à une section « bio » de la fédération de plongée sous-marine	

Le tableau suivant reprend le scénario de suivis proposé et exprime le besoin en nombre de plongées par an et par site Natura 2000 sur 10 années.

Tableau 11 : Suivis des 2 sites Natura 2000 : Effort en nombre de plongées annuelles

Suivis : évaluation des plongées annuelles										
Site « Posidonies de la côte palavasienne »	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10
Gorgone										
4 sites principaux	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4 sites secondaires		2			2			2		2
EBQI										
4 sites principaux	4		4		4		4		4	
4 sites secondaires	4					4				
RECOR										
4 sites principaux		4					4			
Photogrammétrie										
2 sites principaux	2					2				
Diversité ichthyologique --> plongées amateurs										
Site « Cours inférieur de l'Aude »	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10
Gorgone										
EBQI	2					2				
RECOR	2					2				
Photogrammétrie										
Diversité ichthyologique --> plongées amateur										
Total plongées de recueil de données / an	16	8	6	2	8	12	10	4	6	4

Enfin le tableau suivant exprime les possibilités de suivis selon les sites que nous avons inventoriés. Les conditions de travail parfois difficiles et le manque de temps de prospection induisent 2 éléments de contraintes :

- Tous les sites ne disposent pas d'état initiaux complets
- Nous avons inventorié un certain nombre de sites mais d'autres non inventoriés pourraient s'avérer plus pertinents.

Suivis : évaluation des plongées annuelles											
	J1 P1 Aresquiers Sardinaux	J1 P2 Aresquiers Axinelles	J1 P3 Aresquiers Langoustier	J2 P1 Palavas Roc Esclop	J2 P2 Maguelone Canyon	J3 P1 Palavas Est	J3 P3 Aresquiers Tombant	Jc Palavas Virage	J4 P1 Aude Gps 1	J4 P2 Aude Gps 2	J4 P3 Aude Gps 3
Site « Posidonies de la côte palavasienne »											
Gorgone 4 sites principaux	x			x	x			x			
Gorgone 4 sites secondaires		x	x			0	x				
EBQI 4 sites principaux	x	x		x	x						
EBQI 4 sites secondaires			x			0	x	0			
RECOR 4 sites principaux	x	x	x	x	x		x				
Photogrammétrie 2 sites principaux	x	x	x	x	x		x				
Diversité ichthyologique --> plongées amateurs	x	x	x	x	x	x	x	x			
Site « Cours inférieur de l'Aude »											
Gorgone											
EBQI									x	x	
RECOR									x	x	
Photogrammétrie									x		
Diversité ichthyologique --> plongées amateur									x	x	x

x : site sélectionné mais état initial 2018 incomplet ou nul (0)

x : site sélectionné avec état initial 2018 complet

8 Livrables des données géoréférencées (Seaviews)

L'ensemble des données géoréférencées sont fournies dans le système de coordonnées RGF 93.

8.1 Site « Cours inférieur de l'Aude »

Tableau 12 : Livrages SIG site audois

Nom	Description	Nom du fichier	Type	Format
Images de réflectivité	Mosaïque des images de réflectivité (similaire aux images sonar) issues du sondeur multifaisceaux	ECO_MED_N2000_FR9101436_HSM_sonar_AFB_ras_L93	Raster	.png + .pgw
Habitats marins	Carte des habitats marins selon la typologie Natura 2000 La table attributaire est remplie selon la nomenclature spécifiée par l'AFB	ECO_MED_N2000_FR9101436_HSM_habitats_AFB_pol_L93	Couche SIG vectorielle	.shp .kml
Vérités terrain	Localisation des points de vérité terrain accompagnés chacun d'une fiche synthétique de l'observation réalisée et des photos correspondantes	ECO_MED_N2000_FR9101436_HSM_VeritesTerrain_AFB_pt_L93	Couche SIG vectorielle	.kml + Dossier images
Workspace d'édition des cartes	Environnement de travail QGIS pour l'édition des cartes Un environnement pour chaque format d'impression	MED_N2000_FR9101436_ECO_habitats_20181205_a4po MED_N2000_FR9101436_ECO_habitats_20181205_a3po	Workspace	.qgs
Carte d'habitats	Carte finalisée au format pdf Une carte pour chaque format d'impression	ECO_MED_N2000_FR9101436_HSM_habitatsA4po_AFB_pdf_L93 ECO_MED_N2000_FR9101436_HSM_habitatsA3po_AFB_pdf_L93	Carte éditée	.pdf
Données RECOR	Photos quadrats sélectionnées et fichiers d'analyse sous logiciel CPCe 4.1	Fichiers images et fichier d'analyse		.jpeg .cpc

8.2 Site « Posidonies de la côte palavasienne »

Tableau 13 : Livrages SIG site palavasien

Nom	Description	Nom du fichier	Type	Format
Bathymétrie	Bathymétrie de la zone d'étude issue de la fusion des données lidar Litto3D et des levés au sondeur multifaisceaux sous la forme d'isobathes	ECO_MED_N2000_FR9101413_HSM_bathymetrie_AFB_In_L93	Couche SIG vectorielle	.shp
Images de réflectivité	Mosaïque des images de réflectivité (similaire aux images sonar) issues du sondeur multifaisceaux Trois mosaïques fournies (une par zone mesurée)	ECO_MED_N2000_FR9101413_HSM_SonarFrontignan_AFB_ras_L93 ECO_MED_N2000_FR9101413_HSM_SonarMaguelone_AFB_ras_L93	Raster	.png + .pgw

		ECO_MED_N2000_FR9101413_HSM_SonarPalavas_AFB_ras_L93		
Rugosité	Carte de la rugosité du fonds générée avec l'algorithme BATCLAS développé par Seaviews	ECO_MED_N2000_FR9101413_HSM_rugosite_AFB_ras_L93	Raster	.png + .pgw
Habitats marins	Carte des habitats marins selon la typologie Natura 2000 La table attributaire est remplie selon la nomenclature spécifiées par l'AFB	ECO_MED_N2000_FR9101413_HSM_habitats_AFB_pol_L93	Couche SIG vectorielle	.shp .kml
Vérités terrain	Localisation des points de vérité terrain accompagnés chacun d'une fiche synthétique de l'observation réalisée et des photos correspondantes	ECO_MED_N2000_FR9101413_HSM_VeritesTerrain_AFB_pt_L93	Couche SIG vectorielle	.kml
Workspace d'édition des cartes	Environnement de travail QGIS pour l'édition des cartes Un environnement pour chaque format d'impression	MED_N2000_FR9101413_ECO_habitats_20181205_a4pa MED_N2000_FR9101413_ECO_habitats_20181205_a3pa	Workspace	.qgs
Carte d'habitats	Carte finalisée au format pdf Une carte pour chaque format d'impression	ECO_MED_N2000_FR9101413_HSM_habitatsA4pa_AFB_pdf_L93 ECO_MED_N2000_FR9101413_HSM_habitatsA3pa_AFB_pdf_L93	Carte éditée	.pdf
Données RECOR	Photos quadrats sélectionnées et fichiers d'analyse sous logiciel CPCe 4.1	Fichiers images et fichier d'analyse		.jpeg .cpc
Données EBQI	Recueil des données chiffrées	Fichier_EBQI_Infralittoral_Biotope_AFB_2018_J1-P1 - V3xlsx
Données Gorgone	Recueil des données chiffrées	Données-Gorgones-Biotope		.xlsx

9 Bibliographie consultée

ABADIE, A., MARTY, P., VIALA, C., 2018. BATCLAS index : A new method to identify and map with high resolution natural and artificial underwater structures on marine wind turbine sites, in: 3rd Wind Energy and Wildlife Seminar. pp. 120–127.

ABADIE, A., VIALA, C., 2018. Le sondeur multifaisceaux en hydrographie : utilisations actuelles et futures. XYZ 157, 17–27.

ANDROMEDE OCEANOLOGIE, 2012. Inventaires biologiques et analyse écologique des habitats marins patrimoniaux du site NATURA 2000 "Cours inférieur de l'Aude" FR9101436. Contrat ANDROMEDE OCEANOLOGIE / AGENCE DES AIRES MARINES PROTEGEES. 248p.

ANDROMEDE Océanologie, 2013. Plaquette de présentation de RECOR, un réseau de surveillance des peuplements du coralligène en mer Méditerranée. Andromède – Agence de l'eau RMC publ. 12p.

BALLESTEROS E., KARIM B M., 2003. Le coralligène en Méditerranée. Projet pour la préparation d'un plan d'action stratégique pour la conservation de la biodiversité dans la région méditerranéenne (PAS-BIO). CAR/ASP : 90 p.

BENSETTITI F., BIORET F., GEHU J.-M., GLEMAREC M, BELLAN-SANTINI D et col., 2004. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaires. Tome 2. Habitats côtiers. La Documentation française Ed. : 399 p

BLOUET S., HERE E., DUPUY DE LA GRANDRIVE R, FOULQUIE M., 2011. Etat de conservation du coralligène : Site Natura 2000 « Posidonies de la côte palavassienne » Fr 9101413 / Expertise. ADENA publ. Fr. :24 pages.

COLLART D. & DUTRIEUX E., 1999. Inventaire des richesses sous-marines des fonds du littoral de l'Hérault. IARE et CEGEL, 56 p.

CORRE. M., DANIEL. B., RODRIGUEZ. T., SERAZIN. T., 2012. Document d'Objectifs Natura 2000 – Posidonies de la côte palavassienne – Tome 1 : Etat des lieux & analyse écologique. Agence des aires marines protégées, Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins du Languedoc-Roussillon, Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement région Languedoc-Roussillon, Préfecture Maritime de Méditerranée, 361 p. + annexes

DUTRIEUX E., COLLART D., COURTESOL C. 1999. Inventaire des richesses sous-marines des fonds du littoral de l'Aude. IARE et CEGEL, 58 p.

HOLLIDAY J., CORRE M., COURTEL J., LABBE M., FLISIAK F, 2014 - Document d'objectifs du site Natura 2000 FR 910436 « Cours inférieur de l'Aude ». Syndicat mixte du delta de l'Aude, Agence des aires marines protégées et Université de Montpellier 2 : 353 p. + fiches espèces + cartes

HOLON F., DESCAMP P., 2008. Etude et cartographie du milieu marin du site NATURA 2000 FR910 1413 « POSIDONIES DE LA COTE PALAVASSIENNE », ANDROMEDE ENVIRONNEMENT 2008. Rapport final, Fr. : 1-107 + annexes.

MICHEZ N., DIRBERG G., BELLAN-SANTINI D., VERLAQUE M., BELLAN 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, Paris, 48 pages.

MICHEZ N., FOURT M., AISH A., BELLAN G., BELLAN-SANTINI D., CHEVALDONNE P., FABRI M.-C., GOURJARD 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.

PNUE-PAM-CAR/ASP, 2007. Manuel d'interprétation des types d'habitats marins pour la sélection des sites à inclure dans les inventaires nationaux de sites naturels d'intérêt pour la Conservation. Pergent G., Bellan-Santini D., Bellan G., Bitar G., Harmelin J.G. eds., CAR/ASP publ., Tunis : 199pp.

RUITTON S., BOUDOURESQUE C.F., THIBAUT T., RASTORGEFF P.-A., PERSONNIC S., BOISSERY P., DANIEL B., 2017. Guide méthodologique pour l'évaluation écosystémique des habitats marins. M I O publ., 161 p.

SINI M., GARRABOU J., KOUTSOUBAS D., 2014. Diversity and structure of coralligenous assemblages dominated by *Eunicella cavolini* (Koch, 1887) in the aegean sea. 2nd Mediterranean Symposium on the conservation of Coralligenous & other Calcareous Bio-Concretions : 6p.

Thibaut T., Blanfuné A., Boudouresque C F., Personnic S., Ruitton S., Ballesteros E., Bellan-Santini D., Nike Bianchi C., Bussotti S., Cebrian E., Cheminée A., Culioli J.M., Derrien-Courtel S., Guidetti P., Harmelin-Vivien M., Hereui B., Morri C., Poggiale J.C., Verlaque M., 2017. An ecosystem-based approach to assess the status of Mediterranean algae-dominated shallow rocky reefs. Marine Pollution Bulletin : 19 p.

Annexe 1 : Caractéristiques des plongées effectuées et méthodes appliquées

x : réalisé et exploitable

(x) : réalisé non exploitable

	Ja	Jb	Jc	Jd	Je	J1 P1	J1 P2	J1 P3	J2 P1	J2 P2	J3 P1	J3 P2a	J3 P2b	J3 P3	J4 P1	J4 P2	J4 P3
Lieu	Palavas	Aresquiers	Palavas	Palavas	Aresquier	Aresquiers	Aresquiers	Aresquiers	Palavas	Maguelone	Palavas Est	Maguelone	Maguelone	Aresquiers	Aude	Aude	Aude
Site	La Réserve	Blancs Sablons	le Virage	Le Suchard	Novosite	Sardineaux	Axinelles/ Cables	Langoustier	Roc Esclop	Canyon	Palavas Est	Homard Stone	"petite virgule"	Tombant	gps 1	gps 7	gps9
Date	02/06/218	27/06/2018	13/07/2018	20/07/2018	22/07/2018	02/07/2018	02/07/2018	02/07/2018	03/07/2018	03/07/2018	04/07/2018	04/07/2018	04/07/2018	04/07/2018	11/07/2018	11/07/2018	11/07/2018
Heure début	15h	19h30	14h30	15h	10h	11h	15h30	18h	10h30	15h30	11h	12h45	13h15	16h	12h	15h30	17h
Prof min (m)	9	9	7	7,5	8	10	8	10.5	7.5	5.7	9	16	18	15	19	17.5	19.5
Prof max (m)	10	11	10,1	11,5	11	11	9.3	11.3	9	10	12.2	16.1	18.1	17	20	18.5	21
T°C (fond)	17	16	17	17	16	19	20	17	19	19	18	18	18	18	15	14	14
Visibilité (m)	3	5	5	2	7	3	3	3	2.5	1,5-3m	0,3-1m	3	3	4	1,5	1,5	1,5
Nb plongeurs	2	3	2	2	2	4	4	3	3	3	3	2	2	3	2	2	2
Noms plongeurs	T. Menut, M Prat	T Menut, + ??	T Menut A Serval	T Menut, + ??	T Menut, M Prat	L Bérenger, T Menut, S. Brunelle, A. Abadie	L Bérenger, T Menut, S. Brunelle, A. Abadie	T Menut, S. Brunelle, A. Abadie	L Bérenger, T Menut, S. Brunelle	L Bérenger, T Menut, S. Brunelle	L Bérenger, T Menut, S. Brunelle	L Bérenger, T Menut	L Bérenger, T Menut	L Bérenger, T Menut, S. Brunelle	L Bérenger, T Menut	L Bérenger, Y Denis	T Menut, Y Denis
Durée cumulée (min)	120	55	128	60	120	300	300	180	250	210	90	20	20	190	100	100	70
RECOR paramètres			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
RECOR plan			x	x	x	x	(x)	(x)	x	x				x	x	x	x
RECOR paroi			(x)		x		x	x						x			
Gorgone 2 m ²			x			x	x	x	x	x					(x)	(x)	(x)
Gorgone nécrose			x			xx	x	x	x	x				x	(x)	(x)	(x)
Photogrammétrie						x	x	x	x	x				x	(x)		
EBQI-comp 1 Macrophytes						x	x		x	x							
EBQI-comp 2, 3 et 4						x	x		x	x							
EBQI-comp 5 Inv carniv						x	x		x	x					x	x	
EBQI-comp 6-10 Poissons						x	x		x	x				x	x	x	
Liste poissons site	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	(x)			x	x	x	
Photos sites + espèces	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Annexe 2 : Caractéristiques des paramètres RECOR

Cellules grisées : indique qu'il n'y a pas eu de méthode RECOR

	Ja	Jb	Jc	Jd	Je	J1 P1	J1 P2	J1 P3	J2 P1	J2 P2
Lieu	Palavas	Aresquiers	Palavas	Palavas	Aresquier	Aresquiers	Aresquiers	Aresquiers	Palavas	Maguelone
Site	La Réserve	Blancs Sablons	Le Virage	Le Suchard	Novosite	Sardineaux	Axinelles/Cables	Langoustier	Roc Esclop	Canyon
Date	02/06/218	27/06/2018	13/07/2018	20/07/2018	22/07/2018	02/07/2018	02/07/2018	02/07/2018	03/07/2018	03/07/2018
Durée cumulée (min)	120	55	128	60	120	300	300	180	250	210
Prof min (m)	8	8	7	7,5	9	10	8	10.5	7.5	5.7
Prof max (m)	10	11	10,1	11,5	11	11	9.3	11.3	9	10
RECOR paramètres										
Type physio (massif, paroi)	/	/	massif	massif	massif + paroi	massif	massif + paroi	massif + paroi	massif	massif
Présence struct particulière	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Porosité, anfractuosités	/	/	Porosité assez moyenne à faible sur le plateau, mais le rebord est en belle paroi de plus d'1 m + patates isolées	assez importante, plateau semble très friable, comme creusé à la cuillère	forte : de nombreuses grandes failles, des patates, des parois verticales. Le plateau moins	assez poreux et de nombreuses petites anfractuosités	Assez poreux : plateau accidenté	Plateau peu creusé	Plateau peu creusé, petites plaques et pas de parois	Faible porosité, plaques penchées assez dures
Présence, nature et hauteur des strates	/	/	encrout : > 60% Arbust. : 8% max	encrout : > 80% Arbust. : 5% max	encrout : > 60% gazon : 40% Arbust. : 30% max	encrout : 50% gazon : 40% Arbust. : 50%	encrout : 90% gazon : 40% Arbust. : 40%	encrout : 70% gazon : 30% Arbust. : 40%	encrout : 70% gazon : 10% Arbust. : 20%	encrout : 70% gazon : 40% Arbust. : 10%
Orientation Transect	/	/	Est-Ouest	Nord-Sud	Nord-Sud	Est-Ouest	Est-Ouest	Est-Ouest	Nord-Sud	Nord-Sud
Inclinaison	/	/	quasi plan	en légère pente	plat	variable car crevasses	assez plat	un peu de pente	plat	assez penché
T°C (fond)	17	16	17	17	16	19	20	17	19	19
Visibilité (m)	3	5	5	2	7	3	3	3	2.5	1,5-3m
Espèces particulières (protégées, patrimoniales)	anémone charnue		Non vu	Non vu	Datte de mer	Non vu	Axinelle, Datte de mer	Axinelle	qqs micro-tache de Posidonies 1 Grande Nacre sur sable	Datte de mer
Espèces invasives										
Impacts anthropiques	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non

Suite :

	J3 P1	J3 P2a	J3 P2b	J3 P3	J4 P1	J4 P2	J4 P3
Lieu	Palavas Est	Maguelone	Maguelone	Aresquiers	Emb Aude	Emb Aude	Emb Aude
Site	Palavas Est	Homard Stone	"petite virgule"	Tombant	gps 1	gps 7	gps9
Date	04/07/2018	04/07/2018	04/07/2018	04/07/2018	11/07/2018	11/07/2018	11/07/2018
Durée cumulée (min)	90	20	20	190	100	100	70
Prof min (m)	9	16	18	15	19	17.5	19.5
Prof max (m)	12.2	16.1	18.1	17	20	18.5	21
RECOR paramètres							
Type physio (massif, paroi)	/	/	/	massif + paroi	massif	massif	massif
Présence struct particulière	/	/	/	/	/	/	/
Porosité, anfractuosités	/	/	/	peu de grandes failles, des roches posées çà et là + un plateau assez bas (inf à 1m), peu poreux sauf les parois	Faible porosité, peu de cassures et de failles, plateau affleurant à très faible relief (env. 50 cm)	Faible porosité, peu de cassures et de failles, plateau affleurant à très faible relief (env. 50 cm)	Assez faible porosité, mais un peu plus de failles et de blocs cassés avec failles et cavités.
Présence, nature et hauteur des strates	/	/	/	encrout : > 70% gazon. : env 10% Arbust. : 10%	encrout : > 60% gazon. : env 10%	encrout : > 60% gazon. : env 10%	encrout : env. 60% gazon : 5-15%
Orientation Transect	/	/	/	Nord-Est/Sud-Ouest	Est-Ouest	Est-Ouest	Est-Ouest
Inclinaison	/	/	/	quasi plat	quasi plan	quasi plan	quasi plan
T°C (fond)	18	18	18	18	15	14	14
Visibilité (m)	0,3-1m	3	3	4	1,5	1,5	1,5
Espèces partic (protégées, patrimoniales)	Non vu	Non vu	Non vu	Axinelle	Non vu		
Espèces invasives							
Impacts anthropiques	non	non	non	non	non	non	non



Annexe 3 : Liste initiale des espèces coralligènes

Données Andromède (2013)

species name, species code (4 letters or fewer) and species category with abbreviation (3 letters or fewer).

species name	Species code	species category	species category abbreviation
Tapé	TAPE	Tapé, wind, shadow	TWS
Wind	WAND	Tapé, wind, shadow	TWS
Shadow	SHAD	Tapé, wind, shadow	TWS
Sludge	S	sludge, pavement, rubble, sand	SPR
Pavement	P	sludge, pavement, rubble, sand	SPR
Rubble	R	sludge, pavement, rubble, sand	SPR
Sand	D	sludge, pavement, rubble, sand	SPR
Crevise	C	sludge, pavement, rubble, sand	SPR
Other non live	ONL	Other	O
Other live	OL	Other	O
Unknowns	UNK	Unknowns	U
NOTES,NOTES,NOTES			
Necrolia	NEC	Note	NA
Green macroalgae	GMAC	Green macroalgae	GM
Brown macroalgae	BMAC	Brown macroalgae	BM
Erected red macroalgae	ERMA	Erected red macroalgae	EMA
Encrusting red macroalgae	CRMA	Encrusting red macroalgae	CMA
Phanerogam	PHAN	Phanerogam	PH
Foraminifera	FORA	Foraminifera	F
Sponges	SPO	Sponge	S
Hydrozoa	HY	Hydrozoa	H
Alcyonarian	ALC	Alcyonaria	AL
Gorgonian	GORG	Gorgonian	G
Pennatulidien	PEN	Pennatulidien	P
Actinaria	ACTI	Actinaria	A
Ceriantharia	CERI	Ceriantharia	C
Zoantharia	ZO	Zoantharia	Z
Corallimorpharia	CORM	Corallimorpharia	CO
Scleractinia	SCLR	Scleractinia	SCL
Antipatharia	ANTH	Antipatharia	ATP
Sedentary worms	SWO	Sedentary worms	W
Erected bryozoan	ERBR	Erected bryozoan	EBR
Encrusting bryozoan	ECBR	Encrusting bryozoan	EBR
Phoronidien	PHON	Phoronidien	PHO
Asterida	ASTE	Asterida	AST
Echinida	ECH	Echinida	E
Crinoidien	CRIN	Crinoidien	CR
Ascidians	ASCI	Ascidians	AS
Ascidia mentula	ASME	Ascidians	AS
Ascidia virginea	ASVI	Ascidians	AS
Aspidium sp	APLI	Ascidians	AS
Ascidella espena	ASAS	Ascidians	AS
Ciona edwardi	CIED	Ascidians	AS
Ciona intestinalis	CIIN	Ascidians	AS
Cleavelina dellavallei	CLDE	Ascidians	AS
Cleavelina lepediformis	CLLE	Ascidians	AS
Pycnocleavelia sp	PYCL	Ascidians	AS
Diazona violacea	DIVI	Ascidians	AS
Ecteinascidia herdmani	ECTH	Ascidians	AS
Halocynthia papillosa	HAPA	Ascidians	AS
Microcosmus polymorphus	MIFO	Ascidians	AS
Microcosmus sabateri	MISA	Ascidians	AS
Phalusia lumigata	PHFU	Ascidians	AS
Phalusia mamillata	PHMA	Ascidians	AS
Polyclinum aurantium	POAU	Ascidians	AS
Distaplia rosea	DIRO	Ascidians	AS
Polysyncraton lacazei	POLA	Ascidians	AS
Polyclor sp	POLC	Ascidians	AS
Antedon mediterranea	ANME	Crinoidien	CR
Centrostephanus longispinus	CEL	Echinida	E
Sphaerechinus granularis	SGR	Echinida	E
Echinus melo	ECME	Echinida	E
Paracentrotus lividus	PALI	Echinida	E
Cidaris cidaris	CICI	Echinida	E
Stylocidaris affinis	STAF	Echinida	E
Ophidiaster ophidianus	OPHI	Asterida	AST
Phoronis sp	PHOR	Phoronidien	PHO
Adeonella calvetti	ADC	Erected bryozoan	EBR
Cellaria sp	CELL	Erected bryozoan	EBR

<i>Dentiporella isardonia</i>	DESA	Erected bryozoan	EBR
<i>Diporula verrucosa</i>	DIVE	Erected bryozoan	EBR
<i>Frondipora verrucosa</i>	FRVE	Erected bryozoan	EBR
<i>Homera frondiculata</i>	HOFR	Erected bryozoan	EBR
<i>Idmidronea atlantica</i>	IDAT	Erected bryozoan	EBR
<i>Myliopora truncata</i>	MYT	Erected bryozoan	EBR
<i>Pentapora fasciata</i>	PEF	Erected bryozoan	EBR
<i>Reteporella</i> sp	RESF	Erected bryozoan	EBR
<i>Smittina cervicornis</i>	SMCE	Erected bryozoan	EBR
<i>Schizotheca semimargo</i>	SCSE	Erected bryozoan	EBR
<i>Schizomavella mamillata</i>	SCMA	Encrusting bryozoan	CBR
<i>Turbicellepora invicularis</i>	TUAV	Erected bryozoan	EBR
<i>Polydora</i> sp	POLD	Sedentary worms	W
<i>serpula varicularis</i>	SEVE	Sedentary worms	W
<i>Protula</i> sp	PROT	Sedentary worms	W
<i>Sabella spallanzanii</i>	SASP	Sedentary worms	W
<i>Blasina voluticornis</i>	BFVO	Sedentary worms	W
<i>Vermetus</i> sp	VERM	Sedentary worms	W
<i>Serpulorbis arenarius</i>	SEAR	Sedentary worms	W
<i>Filogena</i> or <i>Salmaquina</i>	FISA	Sedentary worms	W
<i>Antipathes subpinnata</i>	ANSU	Antipatharia	ATP
<i>Hoplengia duronii</i>	HODU	Scleractinia	SCL
<i>Dendrophyllia corrigera</i>	DECO	Scleractinia	SCL
<i>Leptopsammia pruvoti</i>	LEPR	Scleractinia	SCL
<i>Astroidea calyculata</i>	ASCA	Scleractinia	SCL
<i>Madracis pharensis</i>	MAPH	Scleractinia	SCL
<i>Balanophyllia europaea</i>	BAEU	Scleractinia	SCL
<i>Caryophyllia inornata</i>	CAIN	Scleractinia	SCL
<i>Caryophyllia smithii</i>	CASM	Scleractinia	SCL
<i>Polycyathus muellerianus</i>	POMU	Scleractinia	SCL
<i>Phyllangia mouchezi</i>	PHMO	Scleractinia	SCL
<i>Cladocora caespitosa</i>	CLPI	Scleractinia	SCL
<i>Corynactis viridis</i>	COVI	Conallimorpharia	CO
<i>Sesuvia savaglia</i>	SASA	Zoantharia	Z
<i>Parazoanthus acneliae</i>	PAAX	Zoantharia	Z
<i>Cribrinopsis cresea</i>	CRCR	Actinaria	A
<i>Alicia mirabilis</i>	ALMI	Actinaria	A
<i>Alptesia mutabilis</i>	AIMU	Actinaria	A
<i>Eunicella verrucosa</i>	EUVE	Gorgonian	G
<i>Eunicella singularis</i>	EUSI	Gorgonian	G
<i>Eunicella cavolini</i>	EUCA	Gorgonian	G
<i>Leptogorgia sementosa</i>	LESA	Gorgonian	G
<i>Paramuricea clavata</i>	PACL	Gorgonian	G
<i>Corallium rubrum</i>	CORU	Gorgonian	G
<i>Alcyonium acule</i>	ALAC	Alcyonaria	AL
<i>Alcyonium cornuoloides</i>	ALCO	Alcyonaria	AL
Non identified massive sponge	MAS	Sponge	S
Non identified encrusting sponge	ENS	Sponge	S
<i>Crambe crambe</i>	CRAM	Sponge	S
<i>Sphaerella cunctatrix</i>	SFCU	Sponge	S
<i>Crambe tailied</i>	CRT	Sponge	S
<i>Terpios gelatinosa</i>	TEGE	Sponge	S
<i>Myxilla incrustans</i>	MYIN	Sponge	S
<i>Myxilla rosacea</i>	MYRO	Sponge	S
<i>Hemimycale columella</i>	HECO	Sponge	S
<i>Phorbas tenedor</i>	PHTE	Sponge	S
<i>Phorbas fittii</i>	PHFI	Sponge	S
<i>Hexadella necovitzoi</i>	HERA	Sponge	S
<i>Hexadella pruvoti</i>	HEPR	Sponge	S
<i>Chondrosia reniformis</i>	CHRE	Sponge	S
<i>Oscarella</i> sp	OSSP	Sponge	S
<i>Chondrilla nucula</i>	CHNU	Sponge	S
<i>Agelas oroides</i>	AGOR	Sponge	S
<i>Acanthella acuta</i>	ACAC	Sponge	S
<i>Pteraplysis spinifera</i>	PLSP	Sponge	S
<i>Aplysina aerophoba</i>	APAE	Sponge	S
<i>Aplysina cavernicola</i>	APCA	Sponge	S
<i>Petrosia ficiformis</i>	PEFI	Sponge	S
<i>Axilla polyoides</i>	AXPO	Sponge	S
<i>Axilla damicornis</i>	AXDA	Sponge	S
<i>Axilla vacuolata</i>	AXVA	Sponge	S

<i>Aethalia verrucosa</i>	AXVE	Sponge	S
<i>Cliona viridis</i>	CLVI	Sponge	S
<i>Cliona ostiata</i>	CLCE	Sponge	S
<i>Cliona</i> sp	CLJO	Sponge	S
<i>Clethrina clethrus</i>	CLCL	Sponge	S
<i>Clethrina</i> sp	CLAT	Sponge	S
<i>Guerneia lacunosa</i>	GULA	Sponge	S
<i>Suberites</i> sp	SUSP	Sponge	S
<i>Haliciona poecilastroides</i>	HAPO	Sponge	S
<i>Haliciona mediterranea</i>	HAME	Sponge	S
<i>Haliciona</i> sp	HALI	Sponge	S
<i>Dysidea evans</i>	DYAV	Sponge	S
<i>Dysidea fragilis</i>	DYFR	Sponge	S
<i>Spongia officinalis</i>	SPOF	Sponge	S
<i>Sarcotragus</i> sp	SARC	Sponge	S
<i>Incinia oros</i>	IROR	Sponge	S
<i>Incinia variabilis</i>	IRVA	Sponge	S
<i>Dictyonella</i> sp	DISP	Sponge	S
<i>Dendroxea lenis</i>	DELE	Sponge	S
<i>Reniera fulva</i>	REFU	Sponge	S
<i>Corticium candelabrum</i>	COCA	Sponge	S
<i>Spongia lamella</i>	SPLA	Sponge	S
<i>Cecospongia scalaris</i>	CASC	Sponge	S
<i>Miniacina miniacae</i>	MIMI	Foraminifera	F
<i>Posidonia oceanica</i>	POOC	Phanerogam	PH
<i>Cymodocea nodosa</i>	CYNO	Phanerogam	PH
<i>Lithophyllum stictaeforme</i>	LIST	Encrusting red macroalgae	CMA
<i>Lithophyllum incurvatum</i>	LIIN	Encrusting red macroalgae	CMA
<i>Mesophyllum alternans</i>	MEAL	Encrusting red macroalgae	CMA
<i>Peysonnella squamaria</i>	PESQ	Encrusting red macroalgae	CMA
<i>Peysonnella rosa-marina</i>	PERO	Encrusting red macroalgae	CMA
<i>Neogoniolithon mamillosum</i>	NEMA	Encrusting red macroalgae	CMA
<i>Lithophyllum cablocheae</i>	LICA	Encrusting red macroalgae	CMA
<i>Amphiroa</i> sp	AMSP	Erected red macroalgae	EMA
<i>Aspanogopsis</i> sp	ASSP	Erected red macroalgae	EMA
<i>Corallina elongata</i>	COEL	Erected red macroalgae	EMA
Filamentous red algae	FILR	Erected red macroalgae	EMA
<i>Dictyota implexa</i>	DIIM	Brown macroalgae	BM
<i>Laminaria rodriguezii</i>	LARO	Brown macroalgae	BM
<i>Phylariopsis</i> sp	PHYL	Brown macroalgae	BM
Filamentous brown algae	FILB	Brown macroalgae	BM
<i>Acetabularia acetabulum</i>	ACET	Green macroalgae	GM
<i>Fiabellia petiolata</i>	FLPE	Green macroalgae	GM
<i>Halimeda tuna</i>	HATU	Green macroalgae	GM
<i>Codium bursa</i>	COBU	Green macroalgae	GM
<i>Codium effusum</i>	COEF	Green macroalgae	GM
<i>Codium conoides</i>	COCO	Green macroalgae	GM
<i>Ceulerpe racemosa</i>	CARA	Green macroalgae	GM
<i>Ceulerpe taxifolia</i>	CATA	Green macroalgae	GM

Annexe 4 : Première liste proposée pour l'analyse des substrats durs d'Occitanie

Phyllum	Espèces	Code	S1	S2	S3	S4	S5
Algues rouges encroutantes	<i>Peyssonnelia sp. cf. squamaria/rosa-marina</i>	Pey	x				x
Algues rouges encroutantes	<i>Mesophyllum sp.</i>	Meso	x				
Algues rouges encroutantes	<i>Lithophyllum sp.</i>	Lith	x				x
Algues rouges encroutantes	<i>Neogoniolithon mamillosum</i>	NeMa					x
Algues rouges encroutantes	<i>Amphiroa sp.</i>	AlRam					x
Algues rouges encroutantes	<i>Autre algue rouge encroutante non identifiée</i>	AgRE					
Algues rouges erigees	<i>Sphaerococcus sp.</i>	Spha	x				
Algues rouges erigees	<i>Corallina elongata</i>	CoEl					
Algues rouges erigees	<i>Asparagopsis sp.</i>	AlRas			x		
Algues rouges erigees	<i>Autre algue rouge erigee non identifiée</i>	AgEr					
Algues rouges filamenteuses	<i>Algues rouges filamenteuse</i>	AgRF					
Algues brunes	<i>Dictyota sp.</i>	Dict					x
Algues brunes	<i>Phyllariopsis sp.</i>	Phyl					x
Algues brunes	<i>Autre algue brune non identifiée</i>	AgB					
Algues brunes filamenteuses	<i>Algues brunes filamenteuse</i>	AgBF					
Algues vertes	<i>Acetabularia acetabulum</i>	Acet	x	x			x
Algues vertes	<i>Codium bursa</i>	CoBu	x		x		x
Algues vertes	<i>Codium effusum</i>	CoEf					x
Algues vertes	<i>Codium coralloides</i>	CoCo					x

Phyllum	Espèces	Code	S1	S2	S3	S4	S5
Algues vertes	<i>Codium sp. cf. vermilara/fragile</i>	CoVF	x				
Algues vertes	<i>Flabellia petiolata</i>	FIPe					x
Algues vertes	<i>Caulerpa sp.</i>	Caul			x		
Algues vertes	<i>Algues vertes filamenteuses</i>	AgVF					
Algues vertes	<i>Autre espece algue verte non identifiee</i>	AgV					
Spongiaires	<i>Axinella polypoides</i>	AxPo	x	x			
Spongiaires	<i>Axinella sp. cf. damicornis/verrucosa</i>	Axi		x			
Spongiaires	<i>Cliona viridis</i>	CIVi			x		x
Spongiaires	<i>Clionidae spp.</i>	Clio					x
Spongiaires	<i>Clathrina sp.</i>	Clat					x
Spongiaires	<i>Haliclona sp.</i>	Hali					x
Spongiaires	<i>Dysidea sp. cf. avara/fragilis</i>	DyAF					x
Spongiaires	<i>Sarcotragus sp.</i>	Sar					x
Spongiaires	<i>Crambe sp.</i>	Cram	x				x
Spongiaires	<i>Aplysina sp.</i>	ApJ					x
Spongiaires	<i>Phorbasp. sp.</i>	Phor					x
Spongiaires	<i>Oscarella sp.</i>	Osc					x
Spongiaires	<i>Ircinia sp. cf. oros/variabilis</i>	Irc					x
Spongiaires	<i>Reniera fulva</i>	ReFu					x
Spongiaires	<i>Petrosia ficiformis</i>	PeFi					x
Spongiaires	<i>Chondrosia reniformis</i>	ChRe					x
Spongiaires	<i>Pleraplysilla spinifera</i>	PISp					x
Spongiaires	<i>Autre spongiaire encroutant non identifie</i>	SpE					x
Spongiaires	<i>Autre spongiaire erige non identifie</i>	SpEr					

Phylum	Espèces	Code	S1	S2	S3	S4	S5
Cnidaires hydraires	<i>Autre cnidaire hydraire non identifie</i>	Hyd	x				
Cnidaires hexacoralliaires	<i>Parazoanthus axinellae</i>	PaAx	x				x
Cnidaires hexacoralliaires	<i>Anemonia viridis</i>	Ane	x				
Cnidaires hexacoralliaires	<i>Aiptasia sp. cf. mutabilis/diaphana</i>	AiMD	x				x
Cnidaires hexacoralliaires	<i>Leptopsammia pruvoti</i>	LePr				x	x
Cnidaires hexacoralliaires	<i>Balanophyllia europaea</i>	BaEu	x			x	x
Cnidaires hexacoralliaires	<i>Cladocora cespitosa</i>	ClCa	x				x
Cnidaires hexacoralliaires	<i>Cerianthus sp.</i>	C	x				
Cnidaires hexacoralliaires	<i>Autre cnidaire hexacoralliaire non identifie</i>	HEXA					x
Cnidaires alcyonium	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	LeSa	x				x
Cnidaires alcyonium	<i>Alcyonium coralloides</i>	AlCo	x	x			
Cnidaires alcyonium	<i>Maasella edwardsii</i>	MaEd	x				x
Cnidaires octocoralliaires	<i>Eucinella cavolini</i>	EuCa	x	x			x
Cnidaires octocoralliaires	<i>Eucinella singularis</i>	EuSi	x	x			x
Cnidaires octocoralliaires	<i>Autre cnidaire octocoralliaire non identifie</i>	OCT					x
Annélides polychètes	<i>Bispira volutacornis</i>	Bisp		x		x	
Annélides polychètes	<i>Protula tubularia</i>	PrTu	x				
Annélides polychètes	<i>Sabella pavonina</i>	Sab	x				
Annélides polychètes	<i>Sabella spallanzanii</i>	Spir	x				
Annélides polychètes	<i>Salmacina sp./Filograna sp.</i>	FiSa	x				
Annélides polychètes	<i>Serpula vermicularis</i>	SeVe					x
Annélides polychètes	<i>Autre annelide polychete non identifie</i>	AnPo					

Phylum	Espèces	Code	S1	S2	S3	S4	S5
Mollusques gastéropodes	<i>Serpulorbis arenarius</i>	SeAr					x
Mollusques gastéropodes	<i>Vermetus sp.</i>	Verm					x
Mollusques bivalves	<i>Lithophaga lithophaga</i>	LitL	2				
Mollusques bivalves	<i>Autre mollusque bivalve non identifiée</i>	Biv					
Bryozoaires	<i>Myriapora truncata</i>	MyTr					x
Bryozoaires	<i>Smittina cervicornis</i>	SmCe					
Bryozoaires	<i>Turbicellepora avicularis</i>	TuAv					x
Bryozoaires	<i>Adeonella sp.</i>	BrAd					x
Bryozoaires	<i>Cellaria sp.</i>	Cell					
Bryozoaires	<i>Reteporella sp. (incl. R. grimaldii)</i>	Rete	x				x
Bryozoaires	<i>Schizomavella mamillata</i>	ScMa		x			x
Bryozoaires	<i>Pentapora fascialis</i>	PeFa	x	x			x
Bryozoaires	<i>Autre bryzoaire encroûtant non identifié</i>	BrEn					
Bryozoaires	<i>Autre bryzoaire érige non identifié</i>	BrEr					
Ascidie	<i>Halocynthia papillosa</i>	HaPa	x			x	
Ascidie	<i>Microcosmus/Pyura sp.</i>	MiPy	x	x			
Ascidie	<i>Phallusia fumigata</i>	PhFu					x
Ascidie	<i>Ascidiella aspersa</i>	AsA					x
Ascidie	<i>Ascidia sp.</i>	As	é				x
Ascidie	<i>Ecteinascidia sp.</i>	Ect					x
Ascidie	<i>Pycnoclavella sp.</i>	Pcla					x
Ascidie	<i>Didemnidae sp.</i>	Dide					x
Ascidie	<i>Aplidium sp.</i>	Apm	x				x

Phylum	Espèces	Code	S1	S2	S3	S4	S5
Ascidie	<i>Autre clavelinidae non identifie</i>	Cla	x				
Ascidie	<i>Autre ascidie non identifie (hors clavelinidae)</i>	ASC					
Autre	Deposit	DEP					
Autre	Sand (=sable)	Sa					
Autre	Rubble (= décombre, débris)	Ru					
Autre	Sludge (=boue, suspension)	SI					
Autre	Other live	OL					
Autre	Unknows	U					
Autre	Other non move	ONL					
Autre	Tape(=bande)	TAPE					
Autre	Nude rock	Roc					

Sources	Numéros correspondant
Base de données photos subaquatiques à Palavas et Frontignan effectuées par Thomas Menut, Lucas Bérenger, Mathias Prat	S1
BIORET F. et al, 2004 ; Cahier d'habitats Natura 2 000, Tome 2 : Habitats côtiers ; "Espèces indicatrices du type d'habitat" p 138	S2
Donnés RECOR coralligène sur Agde (exemple : site Grand - Roc) récupérées sur Medtrix	S3
Proposition Auriane : Espèces rajoutées à partir de la connaissance de fonds marins grâce à de nombreuses plongées effectuées en Languedoc-Roussillon	S4
Liste Coralligène Andromède RECOR	S5

Annexe 5 : Espèces de poissons contactés, classement par occurrence

Code plongée	J-01	J-02	Ja	Jb	Jc	Jd	Je	J1 P1	J1 P2	J1 P3	J2 P1	J2 P2	J3 P1	J3 P2a	J3 P2b	J3 P3	J4 P1	J4 P2	J4 P3	occ echan t	% occ
Lieu	Palavas	Frontignan	Palavas	Aresquiers	Palavas	Palavas	Aresquier	Aresquiers	Aresquiers	Aresquiers	Palavas	Maguelone	Palavas Est	Maguelone	Maguelone	Aresquiers	Aude	Aude	Aude		
Site	3 Arches	Zhomards	La Réserve	Blancs Sablons	le Virage	Le Suchard	Novosite	Sardineaux	Axinelles /Cables	Langoustier	Roc Esclop	Canyon	Palavas Est	Homard Stone	"petite virgule"	Tombant	gps 1	gps 7	gps9		
Date	19/10/2008	03/09/2016	02/06/2018	27/06/2018	13/07/2018	20/07/2018	22/07/2018	02/07/2018	02/07/2018	02/07/2018	03/07/2018	03/07/2018	04/07/2018	04/07/2018	04/07/2018	04/07/2018	11/07/2018	11/07/2018	11/07/2018		
Prof max (m)	6	11	10	11	10,1	11,5	11	11	9.3	11.3	9	10	12.2	16.1	18.1	17	20	18.5	21		
Visibilité minimale (m)		3	3	5	5	2	7	3	3	3	2.5	1,5	0,3	3	3	4	1,5	1,5	1,5		
Durée cumulée prospecteurs (min)	50	80	120	55	100	60	120	200	200	100	200	160	90	20	20	150	100	60	40		
Espèce latin																					
<i>Serranus_cabrilla</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	15	100
<i>Ctenolabrus_rupestris</i>	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1			1	1	1		14	93
<i>Chromis_chromis</i>		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1				1	1	1		13	87
<i>Parablennius_pilicornis</i>	1	1	1		1		1	1	1	1	1	1				1	1	1		13	87
<i>Coris_julis</i>	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1				1	1			12	80
<i>Parablennius_gattorugine</i>	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1								10	67
<i>Gobius_xanthocephalus</i>	1	1	1			1	1	1	1		1	1								9	60
<i>Mullus_surmuletus</i>		1	1		1		1	1	1	1	1	1						1		9	60
<i>Boops_boops</i>	1	1					1	1	1	1		1				1				8	53
<i>Scorpaena_porcus</i>	1		1	1		1	1	1			1	1								8	53
<i>Diplodus_sargus</i>		1			1		1		1		1	1	1		1					6	40
<i>Diplodus_vulgaris</i>			1				1		1	1						1	1			6	40
<i>Labrus_merula</i>		1	1				1		1	1	1									6	40
<i>Scorpaena_notata</i>		1				1					1	1					1	1		6	40
<i>Symphodus_tinca</i>	1			1		1			1		1	1								6	40
<i>Trisopterus_capellanus</i>		1	1			1										1	1	1	1	6	40
<i>Parablennius_rouxi</i>		1	1			1				1	1									5	33
<i>Scorpaena_scrofa</i>			1	1			1			1							1			5	33
<i>Tripterygion_delaisi</i>			1	1				1	1	1										5	33
<i>Conger_conger</i>	1	1	1								1									4	27
<i>Symphodus_melanocercus</i>									1		1					1	1			4	27
<i>Pomatoschistus_sp</i>	1			1			1													3	20
<i>Symphodus_roissali</i>									1	1		1								3	20
<i>Serranus_scriba</i>									1			1								2	13
<i>Symphodus_doderleini</i>				1					1											2	13
<i>Symphodus_ocellatus</i>								1	1											2	13
<i>Callionymus_risso</i>				1																1	7

Code plongée	J-01	J-02	Ja	Jb	Jc	Jd	Je	J1 P1	J1 P2	J1 P3	J2 P1	J2 P2	J3 P1	J3 P2a	J3 P2b	J3 P3	J4 P1	J4 P2	J4 P3		
<i>Gobius_cobitis</i>	1																			1	7
<i>Gobius_niger</i>	1																			1	7
<i>Labrus_mixtus</i>			1																	1	7
<i>Pagellus_erythrinus</i>												1								1	7
<i>Parablennius_zvonimiri</i>				1																1	7
<i>Serranus_hepatus</i>	1																			1	7
<i>Spicara_maena</i>																1				1	7
<i>Spondylisoma_cantharus</i>												1								1	7
<i>Symphodus_cinereus</i>								1												1	7
<i>Symphodus_mediterraneus</i>											1									1	7
<i>Symphodus_melops</i>									1											1	7
<i>Thorogobius_ephippiatus</i>			1																	1	7

Nombre total espèces recensées	14	15	18	13	7	7	15	12	20	13	17	17	2	0	2	10	10	7	2
Commentaires	ok inventaire	ok inventaire	ok inventaire	ok inventaire	recherches non orientées poissons	recherches non orientées poissons	ok inventaire	visibilité quasi nulle rendant impossible l'inventaire	plongée de reconnaissance courte, non conforme pour un inventaire. Que du sable !	plongée de reconnaissance courte, non conforme pour un inventaire	ok inventaire	ok inventaire	ok inventaire	Visi faible, métho très prenante rendant impossible l'inventaire					

