

L. PEDEL, LER/PAC

M-C. FABRI, LER / PAC, mcfabri@ifremer.fr

Juin 2011 - RST.ODE / LER-PAC / 11-11

Rapport final

Description et cartographie des biocénoses benthiques rencontrées au cours de la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex)

Convention MEDDTL – Ifremer pour l'Evaluation Initiale de la DCSMM



Images du ROV Achille de la Comex © Campagne MEDSEACAN (Aamp)

Convention 11/1219231/NF

Fiche documentaire

Numéro d'identification du rapport : RST.ODE / LER-PAC / 11-11 Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/>		date de publication : Juin 2011 nombre de pages : 102 bibliographie : Oui illustration(s) : Oui langue du rapport : Français	
Validé par : Bruno Andral Adresse électronique : Bruno.Andral@ifremer.fr			
Titre de l'article: Description et cartographie des biocénoses rencontrées au cours de la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex)			
Contrat n° 11/1219231/NF Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>			
Auteurs principaux : Laura PEDEL Marie-Claire FABRI		Organisme / Direction / Service, laboratoire Ifremer Toulon, LER / PAC	
Encadrement(s) :			
Cadre de la recherche : DCSMM			
Destinataire :			
MEDDTL			
Résumé Cette étude a été réalisée par l'Ifremer Toulon (LER/PAC) à la demande du MEDDTL (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement) dans le cadre de l'Evaluation Initiale pour la DCSMM (Directive Cadre pour la Stratégie sur le Milieu Marin). Elle recense les biocénoses, faciès et espèces observés pendant la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex). Les informations ont été extraites des enregistrements vidéos des 150 plongées de la campagne, et ont été organisées dans un SIG dans lequel sont géoréférencées les biocénoses, les faciès et les espèces observées dans les différents canyons. Le traitement des données vidéos de la campagne MEDSEACAN a grandement contribué à la réalisation de trois fiches concernant les biocénoses bathyales des fonds meubles, des fonds durs et des habitats particuliers en Méditerranée. Ces fiches sont présentées en Annexe à la fin du document. Toutes les couches du SIG de ce travail seront archivées à terme dans Sextant (Serveur de données géographiques et de référence www.ifremer.fr/sextant).			
Abstract			
Mots-clés DCSMM ; Méditerranée ; Biocénoses ; Circalittoral ; Bathyal ; Vidéos ; MEDSEACAN.			
Words keys			

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION.....	2
1.1	LA CAMPAGNE MEDSEACAN.....	2
1.2	PARTICULARITES DES CANYONS.....	3
1.3	L'ETAGEMENT BENTHIQUE MEDITERRANEEN.....	4
1.4	CONCEPT D'ECOLOGIE BENTHIQUE : LA BIOCENOSE (OU LES COMMUNAUTES).....	5
1.5	PROBLEMATIQUES LIEES A L'ETUDE DES ENVIRONNEMENTS PROFONDS.....	5
2	METHODOLOGIE.....	8
2.1	STRATEGIE POUR LA DEFINITION DES BIOCENOSES.....	9
2.2	IDENTIFICATIONS TAXINOMIQUES.....	9
2.3	STRATEGIE POUR LA CARTOGRAPHIE.....	10
3	DESCRIPTION DES ENTITES ECOLOGIQUES CARTOGRAPHIEES.....	12
3.1	BIOCENOSES DE L'ETAGE CIRCALITTORAL.....	12
3.1.1	<i>SUBSTRATS MEUBLES DE L'ETAGE CIRCALITTORAL.....</i>	<i>13</i>
3.1.1.1	Biocénose du détritique côtier.....	13
3.1.1.2	Biocénose du détritique du large (EUNIS A5.47).....	17
3.1.1.3	Biocénose des sables détritiques à <i>Gryphus vitreus</i>	20
3.1.2	<i>Substrats durs de l'étage circalittoral.....</i>	<i>21</i>
3.1.2.1	Biocénose des grottes semi-obscurées.....	21
3.1.2.2	Biocénose du coralligène (EUNIS A4.26).....	22
3.1.2.3	Biocénose de la roche du large.....	26
3.2	BIOCENOSES DE L'ETAGE BATHYAL.....	29
3.2.1	<i>SUBSTRATS MEUBLES DE L'ETAGE BATHYAL.....</i>	<i>30</i>
3.2.1.1	Biocénose des vases bathyales (EUNIS A6.51).....	30
3.2.2	<i>SUBSTRATS DURS DE L'ETAGE BATHYAL.....</i>	<i>36</i>
3.2.2.1	Biocénose des coraux profonds (EUNIS A6.61).....	36
3.2.2.2	Biocénose des roches profondes bathyales (EUNIS A6.11).....	41
3.3	LES HABITATS ARTIFICIELS.....	48
3.4	OBSERVATIONS PONCTUELLES : ESPECES RARES ET ESPECES « UBIQUISTES ».....	49
3.4.1	<i>Espèces rarement observées.....</i>	<i>49</i>
3.4.2	<i>Espèces à large répartition.....</i>	<i>50</i>
4	CONCLUSION.....	52
	BIBLIOGRAPHIE.....	54
	ANNEXES TAXINOMIQUES.....	56
	FICHES D'AIDE A L'IDENTIFICATION DES POISSONS.....	58
	FICHES D'AIDE A L'IDENTIFICATION DES REQUINS.....	62
	FICHES D'AIDE A L'IDENTIFICATION DES CRUSTACES.....	63
	FICHES D'AIDE A L'IDENTIFICATION DES EPONGES.....	66
	FICHES D'AIDE A L'IDENTIFICATION DES CNIDAIRES.....	70
	ANNEXES DCSMM EVALUATION INITIALE.....	75
	BIOCENOSES DES FONDS DURS DU BATHYAL ET DE L'ABYSSAL EN MEDITERRANEE.....	75
	BIOCENOSES DES FONDS MEUBLES DU BATHYAL ET DE L'ABYSSAL EN MEDITERRANEE.....	75
	HABITATS PARTICULIERS DU BATHYAL ET DE L'ABYSSAL EN MEDITERRANEE.....	75

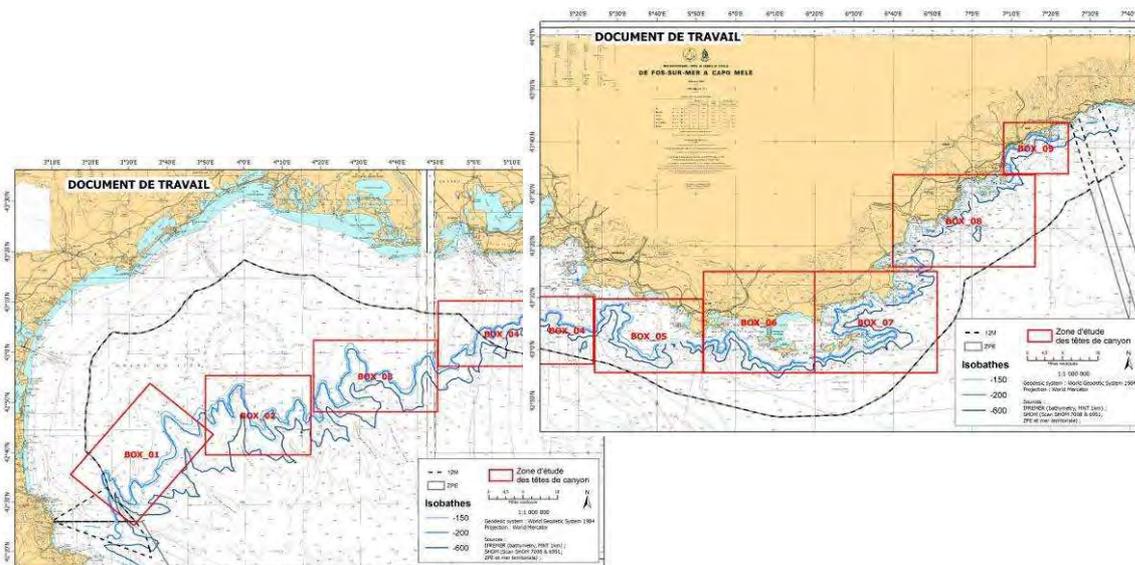
1 Introduction

Ce travail a été effectué au cours d'une période de 10.5 mois avec le soutien du MEDDTL (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement) dans le cadre de l'Evaluation Initiale de la DCSMM (Directive Cadre pour la Stratégie sur le Milieu Marin). L'objectif était de traiter les données vidéos de la campagne MEDSEACAN pour étudier et cartographier les biocénoses bathyales des fonds meubles, des fonds durs et des habitats particuliers en Méditerranée. Les fiches de synthèses produites pour l'Evaluation Initiale de la DCSMM sont présentées en annexe à la fin du document.

1.1 La campagne MEDSEACAN

De novembre 2008 à novembre 2009, l'Agence des aires marines protégées (Aamp) a mené une grande campagne d'explorations sous-marines, nommée MEDSEACAN, pour réaliser un état des lieux des écosystèmes méditerranéens profonds (70 à 800 m) via l'observation de la faune et de la flore des têtes de canyons. Pour réaliser ces observations les moyens navigants de la Comex ont été mobilisés ; le sous-marin Rémora 2000 ainsi que le ROV Super-Achille ont été mis en œuvre depuis le navire de prospection Minibex (www.comex.fr).

L'ensemble des canyons français méditerranéens a été subdivisé en boîtes. Chaque boîte contient plusieurs canyons et bancs rocheux explorés. L'effort d'échantillonnage, i.e. le nombre de plongées, se veut relativement identique pour chaque canyon, donnant ainsi une image représentative de leur biodiversité (Carte 1).



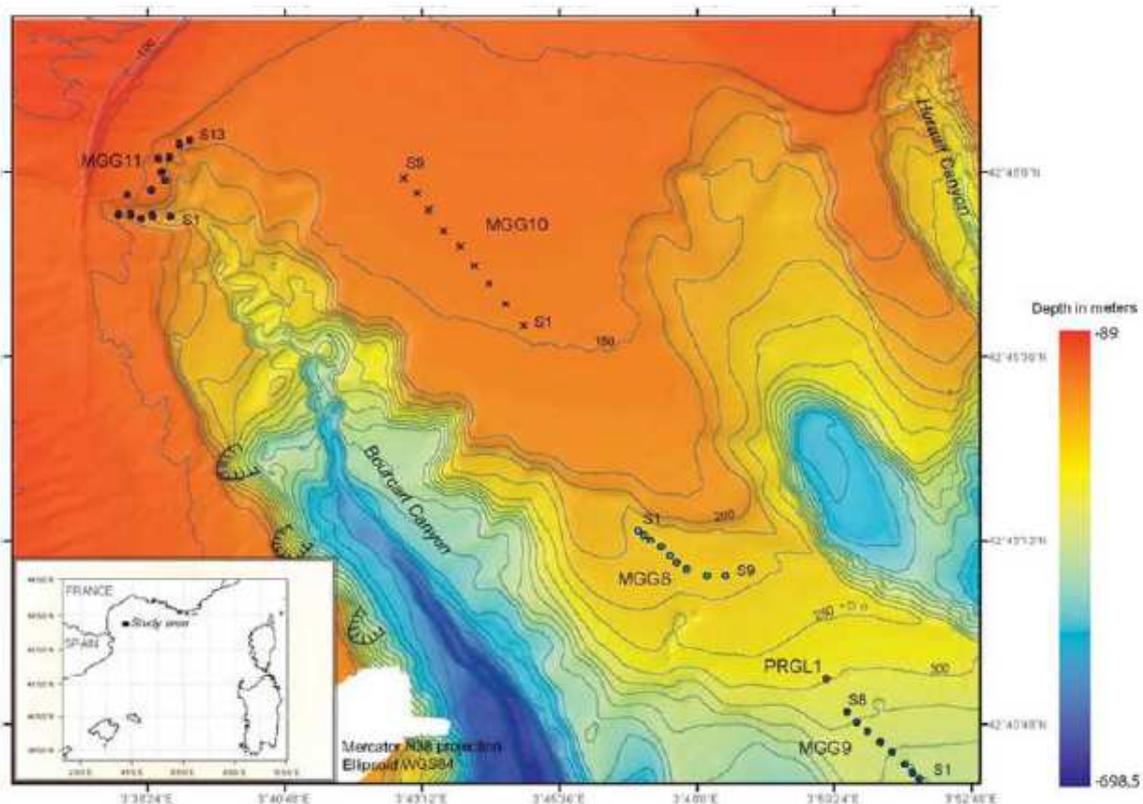
Carte 1 : Répartition des boîtes prospectées lors de la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex).

C'est la première fois qu'une exploration systématique des canyons était effectuée, ces vidéos contiennent un volume de données incomparable. Afin d'exploiter au mieux ces données, la méthode et les outils d'uniformisation du traitement vidéo, qui ont été mis au point au préalable, ont été utilisés de façon systématique dans l'objectif de cartographier les écosystèmes de forte biodiversité.

1.2 Particularités des canyons

Les canyons sous-marins sont des incisions profondes du plateau continental (Carte 2), créés par l'écoulement d'un fleuve lors de la crise messinienne de salinité et des périodes de glaciations.

Les canyons diffèrent des pentes continentales par une topographie accidentée, différents types de substrats, et des zones de forts courants. Ils sont un réceptacle pour les débris végétaux, les sédiments riches en matière organique et les déchets en provenance de la côte. Les études récentes ont révélé une grande hétérogénéité de l'habitat dans les canyons, qui expliquerait l'augmentation de la diversité (Levin et al. 2010). En effet, les canyons représentent de réels Hot-spot de biodiversité et d'endémisme (Gili et al. 1999). De plus, ils joueraient un rôle important dans la structuration des populations et le cycle de vie de la faune planctonique et de la faune benthique associée.

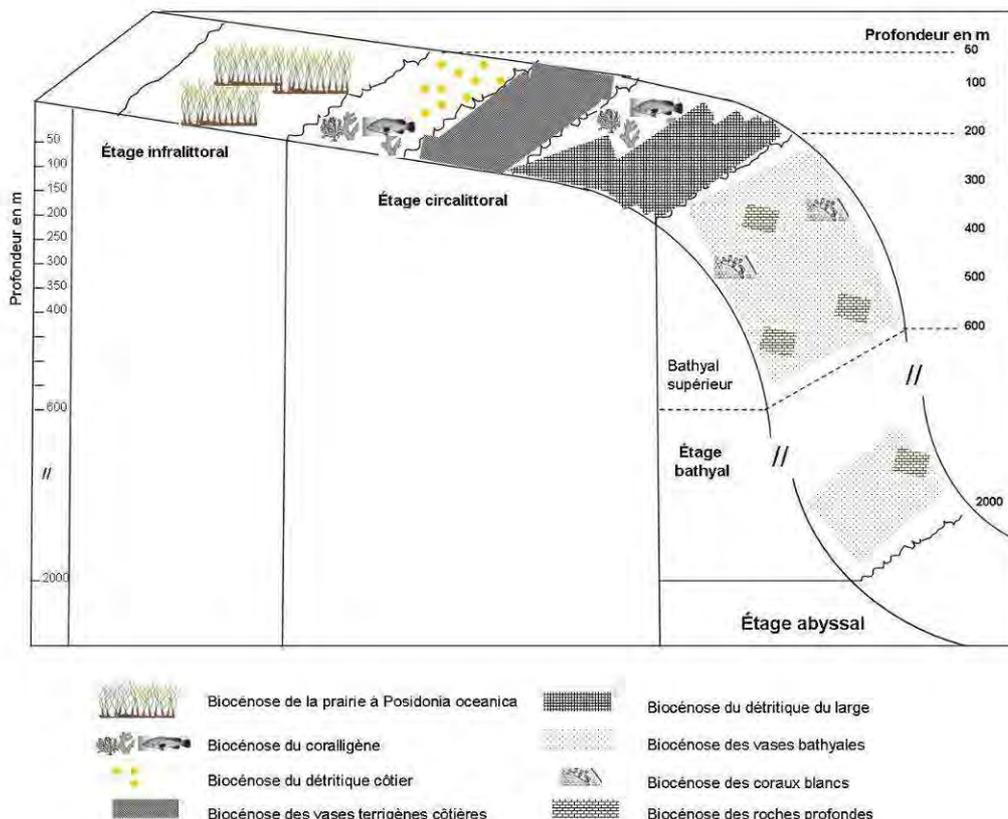


Carte 2 : Bathymétrie du canyon Bourcart (Sultan et al. 2007).

1.3 L'étagement benthique méditerranéen

L'étage est « l'espace vertical du domaine benthique marin où les conditions écologiques (...) sont sensiblement constantes ou varient régulièrement entre les deux niveaux critiques marquant les limites de l'étage. Ces étages ont chacun des peuplements caractéristiques et leurs limites sont révélées par un changement de ces peuplements au voisinage des niveaux critiques marquant les conditions limites des étages intéressés » (Pérès et Picard, 1964). Il existe 7 étages définis (par ordre de profondeur croissante : étage supralittoral, mediolittoral (quasi inexistant en Méditerranée, zone de balancement des marées), infralittoral, circalittoral, bathyal, abyssal, hadal), mais les plus remarquables en Méditerranée sont :

- l'étage infralittoral (entre 10 et 50 m) et ses prairies à *Posidonia oceanica*,
- l'étage circalittoral (entre 50 et 200 m) et ses concrétions coralligènes,
- l'étage bathyal (entre 200 et 2500 m) où l'on peut trouver des peuplements de coraux blancs (Carte 3).



Carte 3 : Etagement des principales biocénoses benthiques méditerranéennes (D'après Pérès, 1967).

1.4 Concept d'écologie benthique : la biocénose (ou les communautés)

La biocénose, définie par Möbius en 1877, correspond à « un groupement d'êtres vivants correspondant par sa composition, par le nombre des espèces et des individus, à certaines conditions moyennes du milieu, groupement d'êtres qui sont liés par une dépendance réciproque et se maintiennent en se reproduisant dans un certain endroit de façon permanente » (Pérès & Picard 1964). Le milieu dans lequel se développe la biocénose est appelé biotope ou habitat.

Une biocénose peut présenter « un faciès particulier lorsque la prédominance locale de certains facteurs écologiques entraîne l'exubérance d'une ou d'un petit nombre d'espèces » (Pérès & Picard 1964, Dauvin et al. 2008b). Un faciès fait toujours partie d'une biocénose, mais une biocénose peut présenter différents faciès. Une biocénose est définie par ses espèces caractéristiques, c'est-à-dire les espèces qui ne vivent exclusivement ou préférentiellement qu'au sein de cette biocénose (Pérès & Picard 1964, Dauvin et al. 2010) (Dauvin et al. 2008a).

Les espèces dites associées ou accompagnatrices sont définies comme des espèces dont la présence dans le biotope considéré est aussi normale que dans certains autres (i.e. : espèces caractéristiques de l'étage, espèces à large répartition écologique).

Les termes "biocénose" et "communauté" sont strictement synonymes, cependant le terme communauté fait parfois référence, par abus de langage, à un sous-ensemble de la biocénose défini par rapport à la taille des organismes (mégafoune, macrofaune, méiofaune) ou par rapport à une fonctionnalité (herbivore, carnivore, etc.) (Dauvin et al. 2008a).

1.5 Problématiques liées à l'étude des environnements profonds

Alors que les biocénoses marines côtières sont étudiées et décrites précisément depuis plus de 50 ans (Pérès & Picard 1964), les biocénoses existantes de l'étage circalittoral profond (de 70 à 200 m) et de l'étage bathyal (de 200 à 2500 m) sont beaucoup moins connues.

Il a donc fallu attendre que les développements technologiques permettent aux scientifiques d'accéder au monde sous-marin profond (bathyscaphes, sous-marins et robots) avant de rendre l'étude de ces écosystèmes possible. Cependant même avec des moyens sous-marins, les prélèvements sur substrats durs restent difficiles, voir impossibles. Les moyens vidéo sous-marins sont donc le seul outil disponible pour étudier la faune fixée. Or les zones bathyales et abyssales sont aphotiques, un éclairage est donc indispensable, ce qui entraîne des contraintes technologiques particulières et influe sur la qualité des images. L'information sur la faune se trouve sur des vidéos enregistrées à un moment donné, avec une emprise sur le fond qui peut varier (zoom pour reconnaissance) ou non (transects vidéos avec focale constante dans l'objectif de mesurer des densités) selon l'objectif recherché, ce qui influence le traitement de celle-ci. La

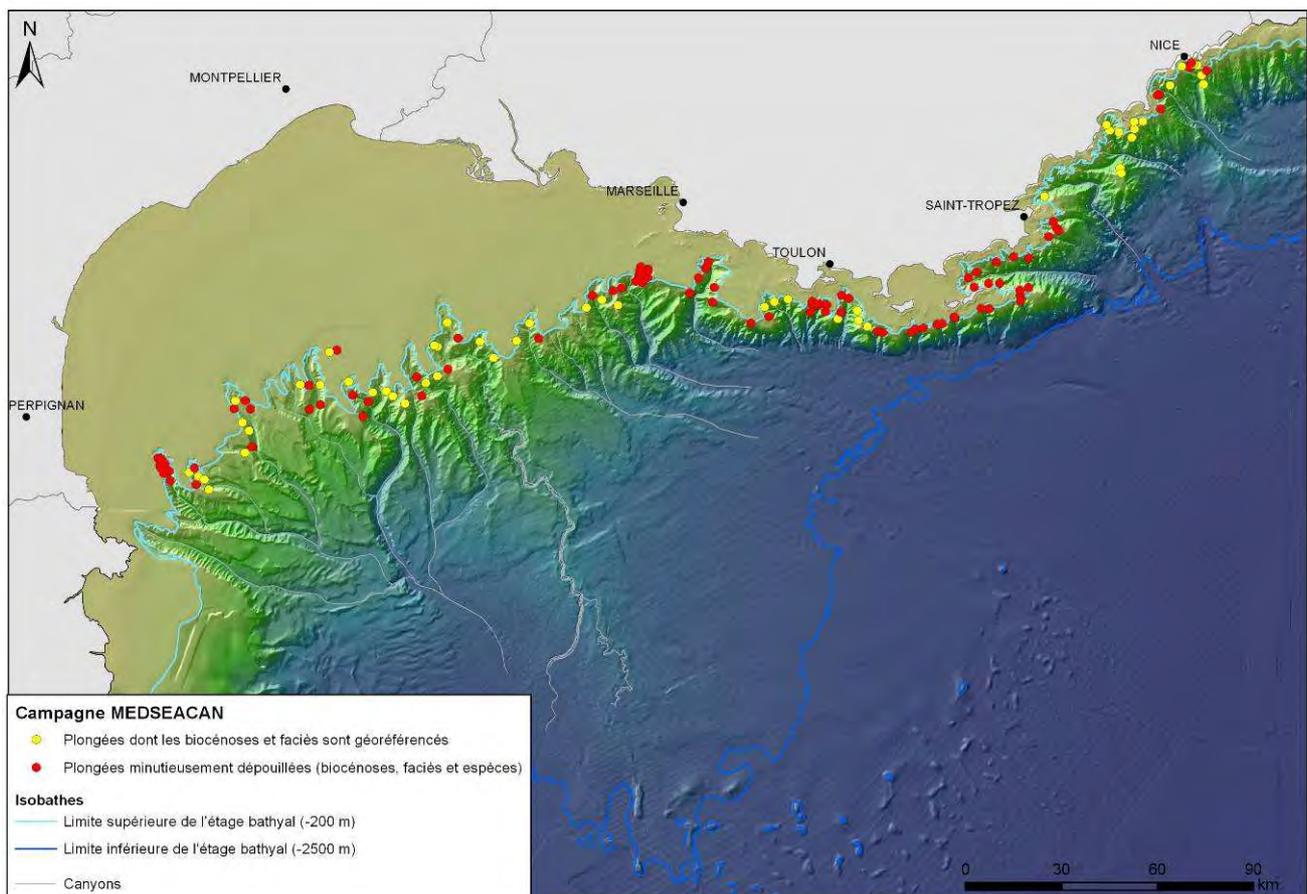
qualité des enregistrements vidéos progresse constamment, pourtant la reconnaissance des organismes peu connus nécessite tout de même des prélèvements pour confirmation. La faune de substrats durs est donc encore peu connue. L'ensemble des enregistrements vidéo à disposition des scientifiques ne couvre qu'une infime partie des substrats durs existants.

Il existe peu de documents récents décrivant les peuplements profonds de façon détaillée et illustrée, rendant plus difficile la reconnaissance et le référencement des espèces sur les vidéos. Les possibilités techniques du ROV Achille utilisé pendant la campagne MEDSEACAN ne permettaient pas d'effectuer un nombre important de prélèvements, c'est pourquoi l'étude de la biodiversité des canyons présentée dans cette étude a été réalisée uniquement à partir de vidéo.

2 Méthodologie

Afin de décrire la biodiversité des canyons méditerranéens, des centaines d'heures de vidéos sont à notre disposition. Dans un premier temps, il s'agit d'identifier lors d'un « derushage » les principales biocénoses (communautés) rencontrées lors de la campagne afin d'en dresser la liste. Dans un deuxième temps, la cartographie de celles-ci et des espèces observées est effectuée.

Au total, 91 plongées ont été minutieusement dépouillées, tous les organismes ou autres observations ont été notés et géoréférencés (biocénoses et faciès rencontrés, espèces identifiables ou non, déchets, traces de chalutage, etc.). Pour 55 autres plongées, d'intérêt moindre quant à la diversité visible et faute de temps, seuls les biocénoses et les faciès rencontrés ont été notés et géoréférencés (Carte 4), le recensement de chaque organisme n'a pas été effectué.



Carte 4 : Répartition des plongées de la campagne MEDSEACAN dont les biocénoses, les faciès et/ou les espèces ont été identifiées et cartographiées.

2.1 Stratégie pour la définition des biocénoses

Nous avons choisi de visionner l'ensemble des vidéos, afin d'en extraire une liste de biocénoses rencontrées sur tout le pourtour méditerranéen français continental.

Les biocénoses listées s'appuient sur les descriptions des biocénoses méditerranéennes figurant dans la « Liste de référence des types d'habitats marins » (Bellan-Santini et al. 2002) initiée par le Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées (CAR/ASP). Cette liste concorde en grande partie avec la classification EUNIS (<http://eunis.eea.europa.eu/>).

Certaines biocénoses de substrats durs sont situées dans une zone de transition entre 60 et 200 mètres. Elles ont rarement été étudiées par le passé car elles sont soit trop profondes pour être accessibles en scaphandre autonome (0-60 m), soit pas assez profondes pour être accessibles avec des engins sous-marins (ROV, bathyscaphes) qui commencent en général leur exploration au-delà de 200 m de profondeur. C'est pourquoi la biocénose de la roche du large (étage circalittoral), par exemple, n'a jamais fait l'objet d'étude récente depuis sa dernière description en 1969 (Vacelet 1969).

Au cours de la campagne MEDSEACAN, quatre assemblages non référencés jusqu'à alors dans les classifications existantes ont été observés et pourraient être proposés comme étant des faciès :

- un dans l'étage circalittoral au sein de la biocénose du détritique du large : le faciès à *Sabella pavonina*,
- trois dans l'étage bathyal au sein de la biocénose nouvellement décrite au cours de cette étude (Biocénose des roches profondes) : le faciès à *Neopycnodonte zibrowii*, le faciès à *Viminella flagellum* et le faciès à *Callogorgia verticillata*.

2.2 Identifications taxinomiques

Les reconnaissances (identifications) des taxons ont été effectuées à partir des images (photos/vidéos) dont la qualité ne permettait pas toujours de mettre en évidence les critères morphologiques indispensables à une identification optimale. De plus, certains taxons nécessitent un prélèvement avant toute identification spécifique, comme les éponges par exemple, si bien qu'ils n'ont été identifiés qu'au niveau du phylum ou de l'ordre.

Cependant, la plupart des espèces qui étaient connues, suffisamment bien décrites dans la bibliographie et bien filmées lors de la campagne, n'ont pas posé de problème pour leur identification (plus de 60% des espèces observées ont été reconnues). Les photos des espèces dont l'identification était problématique ont été envoyées à différents experts : Jean Vacelet (Centre d'océanologie de Marseille, Porifères), Stéphane Sartoretto (Ifremer, Cnidaires), Max

Wisshak (Erlangen University, *Neopycnodonte zibrowii*), Emilia Gramitto (ISMAR-CNR, Téléostéens Ophidiidae), Arnaud Souplet (Ifremer, Caridae), Christopher Mah (NMNH Washington, Asteridae), Roger Villanueva (ICM-CSIC, Octopodidae), Samuel Iglesias (MNHN, Teleosteen). Ceux-ci nous ont beaucoup aidés, nous les remercions.

Des documents descriptifs, tels que ceux édités par la FAO (FAO Species catalogue, <http://www.fao.org/fishery/org/fishfinder/3,3/en>), des clés de détermination des éditions Faune de France, ont été utilisés pour la détermination des espèces. La taxinomie a ensuite été vérifiée sur la base WORMS (<http://www.marinespecies.org/>).

Des fiches récapitulatives de toutes les espèces observées et identifiées sont présentées dans les Annexes à la fin de ce document.

2.3 Stratégie pour la cartographie

Les données brutes Comex ont été préalablement formatées pour une intégration dans les outils Ifremer. Le format des fichiers de navigation a été adapté, les fichiers vidéo ont été compressés et concaténés afin de faciliter leur manipulation dans les outils informatiques.

Deux types de données ont été cartographiés :

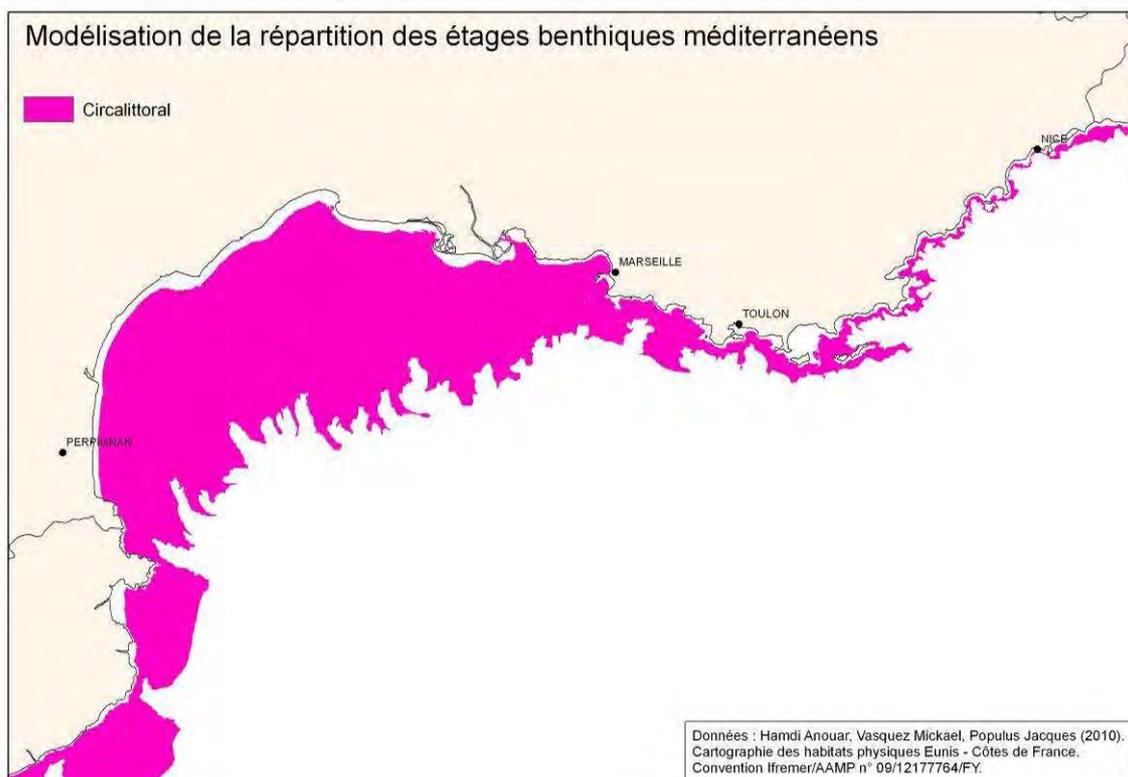
- les biocénoses rencontrées lors des plongées ont été cartographiées sous forme de couches de polygones grâce à l'outil Adélie-observations (www.ifremer.fr/adelie) développé par l'Ifremer sous ESRI/ArcMap,
- la mégafaune, identifiée jusqu'au niveau taxinomique le plus bas possible, a été géoréférencée sous forme de couches de points grâce à l'outil Adélie-vidéo (www.ifremer.fr/adelie) développé par l'Ifremer sous ESRI/ArcMap.

Toutes ces couches ont été organisées dans un SIG afin de répondre à la demande du MEDDTL concernant l'évaluation initiale de la DCSMM.

3 Description des entités écologiques cartographiées

3.1 BIOCENOSSES DE L'ETAGE CIRCALITTORAL

L'étage circalittoral est compris entre la limite inférieure des herbiers de Posidonie et des algues photophiles, et la profondeur maximale où les algues sciaphiles peuvent survivre (Carte 5). Cette limite inférieure coïncide généralement avec une intensité lumineuse inférieure à 1% de l'intensité en surface (Dauvin et *al.* 2008a). Cet étage a été principalement exploré en fin de plongée dans certains canyons, ou bien lors de plongées sur les bancs rocheux (Blauquières, Esquine, Magaud). Beaucoup de « paysages » différents ont été rencontrés lors de la campagne, liés à une grande variabilité géographique des conditions abiotiques (turbidité, courantologie, apports terrigènes, etc).



Carte 5 : Emprise de l'étage circalittoral en Méditerranée française.

3.1.1 SUBSTRATS MEUBLES DE L'ETAGE CIRCALITTORAL

3.1.1.1 Biocénose du détritique côtier

Le détritique côtier correspond à des « étendues de sédiments hétérogènes à des profondeurs comprises entre 30 et 100 m (marges variables selon les secteurs géographiques), pouvant présenter des faciès d'épiflore et d'épifaune » (Bellan-Santini et *al.* 2002).

Au sein de la biocénose du détritique côtier, deux faciès/ associations cités par (Bellan-Santini et *al.* 2002) et un nouveau faciès (*), ont été rencontrés :

- l'association à *Laminaria rodriguezii*,
- le faciès à grands bryozoaires,
- le faciès à *Sabella pavonina* (*).

Association à *Laminaria rodriguezii* sur détritique (EUNIS A5.52L)

C'est une espèce de laminaire rare et endémique de Méditerranée. Elle a été observée au cours d'une seule plongée lors de la campagne, sur le banc du Magaud (Photo 1, Carte 6), où elle était déjà répertoriée. Selon Pérès et Picard (1964), les fonds à *Laminaria rodriguezii* sont balayés par des courants de fond importants.

Espèces associées : Rhodophycées calcaires

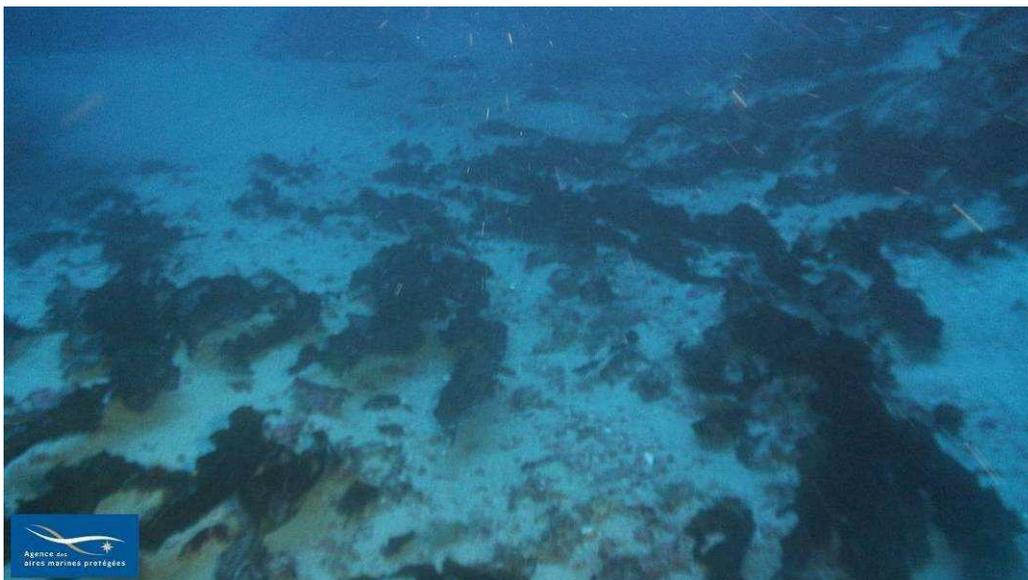
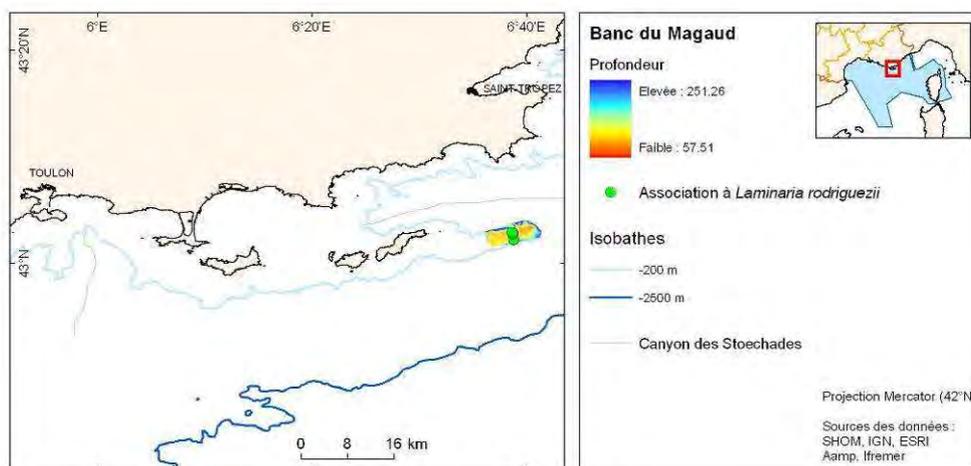


Photo 1 : Association à *Laminaria rodriguezii* (Phéophycées), Banc du Magaud, 70 m.



Carte 6 : Localisation des associations à *Laminaria rodriguezii* observées durant la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex).

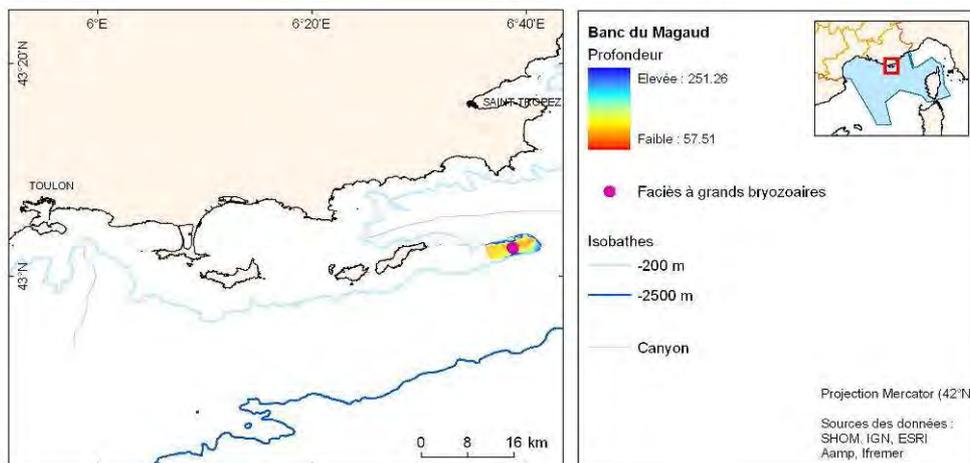
Faciès à grands bryozoaires

Ce faciès a été rencontré sur le banc du Magaud de 85 à 100 m de profondeur (Photo 2 et Carte 7). C'est un faciès très intéressant car il est un indicateur de courant et de bonne qualité des eaux (Bellan-Santini et al. 2002).

Espèces associées : *Pentapora fascialis*, *Reteporella* spp., *Myriapora truncata* (Bryozoaires)...



Photo 2 : Faciès à grands bryozoaires du banc du Magaud (90 m).



Carte 7 : Localisation du faciès à grands bryozoaires observé durant la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex).

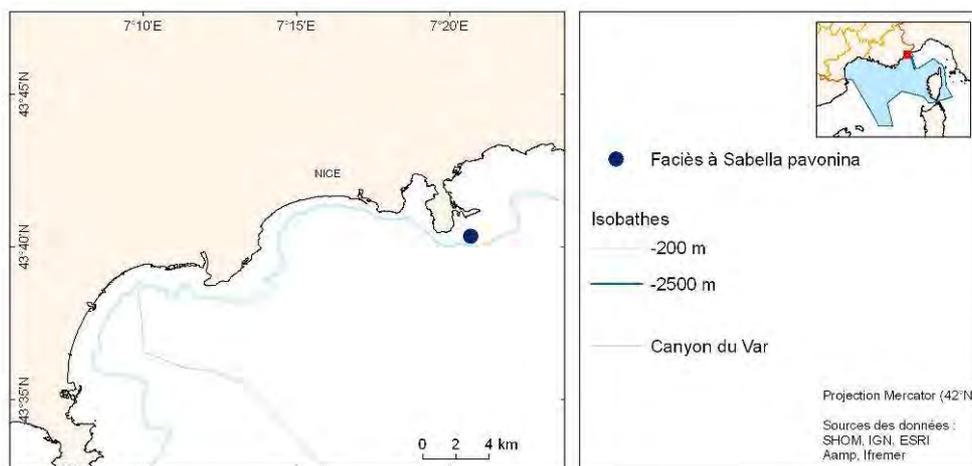
Proposition d'un nouveau faciès : Faciès à *Sabella pavonina*

Le faciès à *Sabella pavonina* se présente comme un tapis dense d'annélides polychètes sur un fond détritique (Photo 3). Ce faciès n'a été observé qu'une seule fois au cours de la campagne MEDSEACAN, au large du Cap Ferrat (Carte 8).

D'après Pérès et Picard (1964), on ne peut pas parler de faciès lorsque qu'il est observé qu'une seule fois. Nous le citons cependant comme tel, avec certaines réserves, car lors de cette campagne, cette zone bathymétrique a été peu explorée. Il est donc possible que ce faciès existe en d'autres endroits.



Photo 3 : Faciès à *Sabella pavonina* (Annélides), Cap Ferrat, 90 m.



Carte 8 : Localisation du faciès à *Sabella pavonina* observé durant la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex).

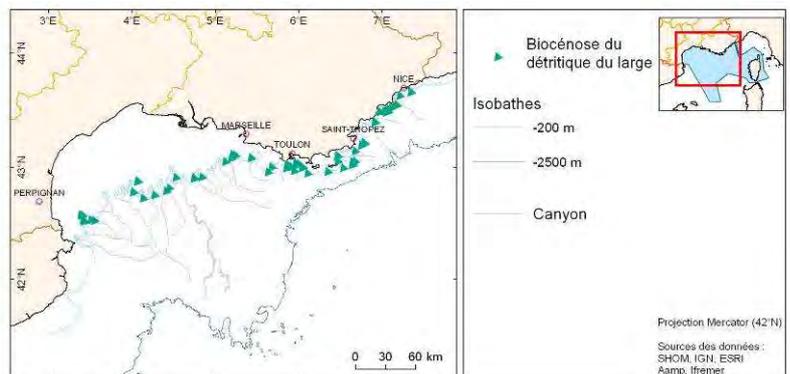
L'émissaire de la Causinière, situé à la pointe du Cap Ferrat à côté du faciès observé, a déversé des eaux usées non traitées à 104 mètres de profondeur jusqu'à aujourd'hui. Cela a probablement enrichi l'eau en particules nutritives pour les polychètes, favorisant leur prolifération.

3.1.1.2 Biocénose du détritique du large (EUNIS A5.47)

La biocénose du détritique du large peut être observée entre 80 et 200 m, localement jusqu'à 250-300 m de profondeur (Laubier & Emig 1993). Le détritique du large est constitué principalement de matériel détritique fossile ou subfossile (Photo 4) (Pérès & Picard 1964). Cette biocénose a souvent été observée sur le haut des canyons (Carte 9). Les espèces caractéristiques de cette biocénose sont listées dans le tableau 1.



Photo 4 : Biocénose du détritique du large, avec *Echinus acutus* (ou *Gracilechinus acutus*) (Canyon du Grand-Rhône, 200 m)



Carte 9 : Localisation des biocénoses du détritique du large observées durant la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex).

Tableau 1 : Espèces caractéristiques de la biocénose du détritique côtier (D'après Pérès et Picard, 1964).

(*) espèces endogées non visibles sur les vidéos.

Taxon	Espèces caractéristiques
Echinodermes/Crinoïdes	<i>Leptometra phalangium</i>
Echinodermes/Echinoïdes	<i>Neolampas rostellata</i> (*)
Mollusques/Bivalves	<i>Pseudamussium clavatum</i> (*)
Mollusques/Scaphopodes	<i>Antalis panorma</i> (*)

Au sein de la biocénose du détritique du large, un seul faciès, cité par Bellan-Santini et al. (2002), a été observé au cours de la campagne :

- le faciès à *Leptometra phalangium* (Photo 5).

Faciès à *Leptometra phalangium* (EUNIS A5.472)

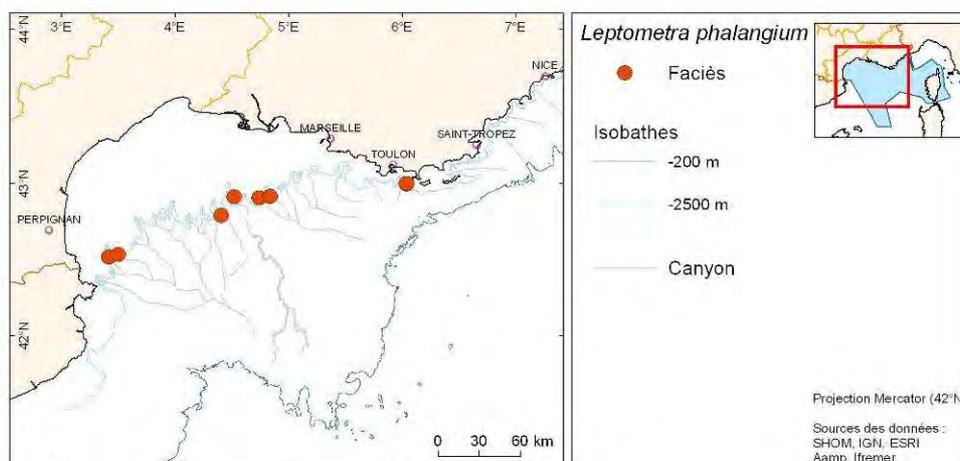
Ce faciès est constitué par de nombreux crinoïdes, formant un tapis dense (Photo 5). Il s'observe entre 150 et 200 m de profondeur, sur des fonds sableux détritiques balayés par des courants de fonds car il se trouve au voisinage de la rupture de pente du plateau continental (Colloca et *al.* 2004). D'après ces mêmes auteurs, *Leptometra phalangium* pourrait être un indicateur de zones de forte productivité.

C'est un faciès relativement fréquent, rencontré à plusieurs reprises lors de la campagne (Carte 10).

Ce faciès est très sensible au chalutage.

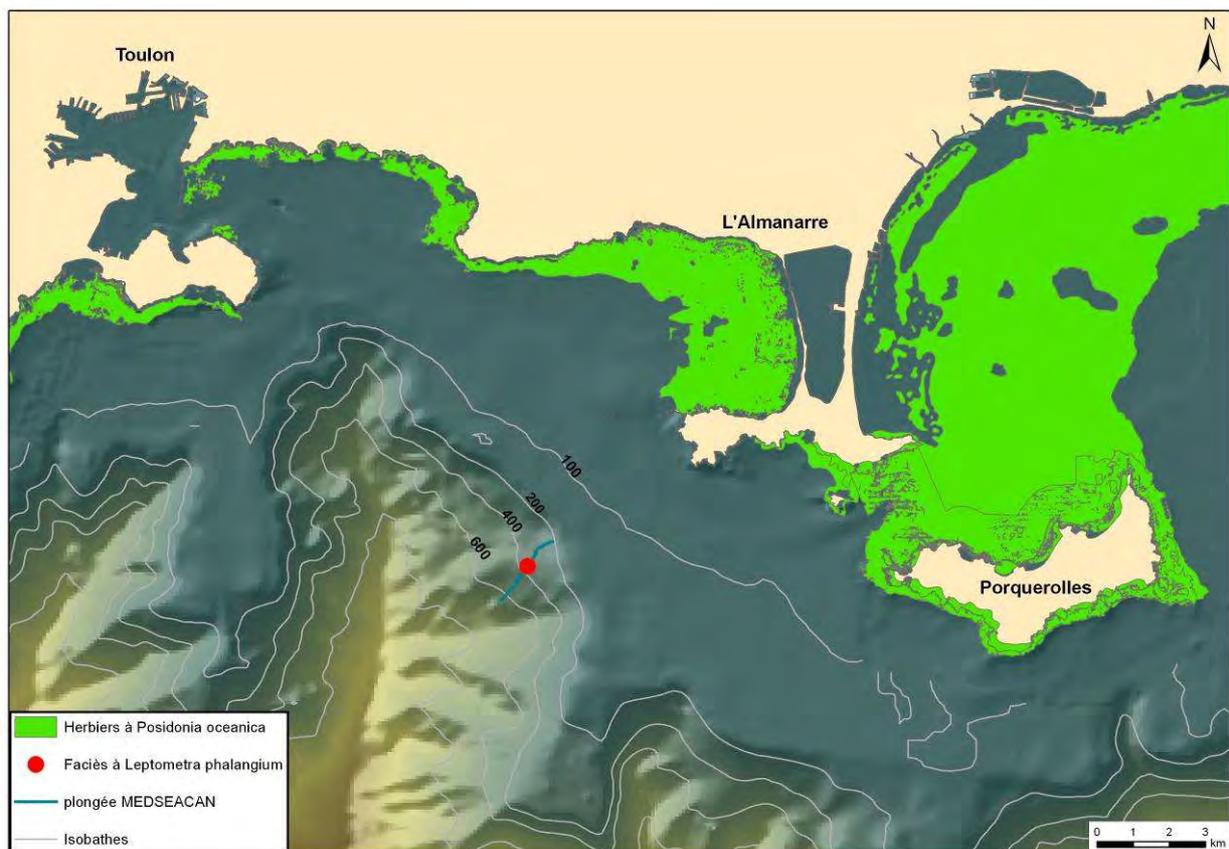


Photo 5 : Faciès à *Leptometra phalangium* (crinoïdes) de la biocénose du détritique du large, Canyon du grand Rhône, 195 m.



Carte 10 : Localisation des faciès à *Leptometra phalangium* observés durant la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex).

Dans le canyon de Toulon, ce faciès a été observé à 350 m de profondeur, bien au-delà de la rupture de pente. Cela pourrait s'expliquer par le fait que le faciès se trouve sur le flanc Est du canyon, en un endroit où la pente est faible, et où s'accumulent les feuilles de posidonies des herbiers de l'Almanarre et de Porquerolles, formant des patches de litière (Carte 11). Il pourrait s'agir d'une zone où les courants convergent, apportant de nombreuses particules nutritives (notamment grâce à la remise en suspension de la matière organique générée par la décomposition des litières), ce qui en fait un habitat idéal pour les suspensivores que sont les crinoïdes.



Carte 11 : Observation du faciès à *Leptometra phalangium* dans le canyon de Toulon à 350 m de profondeur : Situation par rapport à la pente et aux herbiers de Posidonies de la zone
Données herbiers : J Populus, (Cameron & Askew 2011).

3.1.1.3 Biocénose des sables détritiques à *Gryphus vitreus*

Les fonds à *Gryphus vitreus* ont été l'objet de controverses en Méditerranée, tant sur leur statut biocénotique que sur leur place dans l'étagement benthique (Emig 1985). La biocénose des sables détritiques bathyaux à *Gryphus vitreus* se rencontre autour des bancs rocheux de Provence (Banc du Magaud) et en Corse entre 100 et 200 m de profondeur (Falconetti 1980). Les communautés à *Gryphus vitreus* s'établissent sur un sédiment qui contient de petits morceaux de substrats durs (cailloux, débris coquillers, etc.) à la limite des étages circalittoral et bathyal (Vaissière & Fredj 1964). Dans ces zones, le fort courant induit un taux de sédimentation faible mais un apport en nutriment conséquent, conditions indispensables à l'installation des suspensivores épibiontes. Les communautés à *Gryphus vitreus* s'étalent sous forme de ceinture sur les promontoires délimités par les échancrures des canyons ou au pied des bancs rocheux du plateau continental (Carte 12). Les *Gryphus vitreus* sont aussi présents au-delà du rebord du plateau sur les fonds rocheux entre 400 et 700 m.

Cette biocénose présenterait le plus grand nombre d'espèces après la biocénose du détritique côtier. Selon Emig (1985), la biocénose à *Gryphus vitreus* aurait fortement régressé suite à un envasement rapide et récent au large de Marseille.

Espèce caractéristique : *Gryphus vitreus* (brachiopodes).

L'identification de cette biocénose sur les vidéos de la campagne MEDSEACAN est difficile (Photo 6) car les fonds détritiques ont rarement été filmés d'assez près.

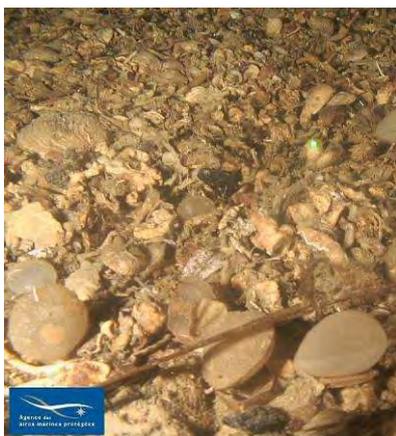
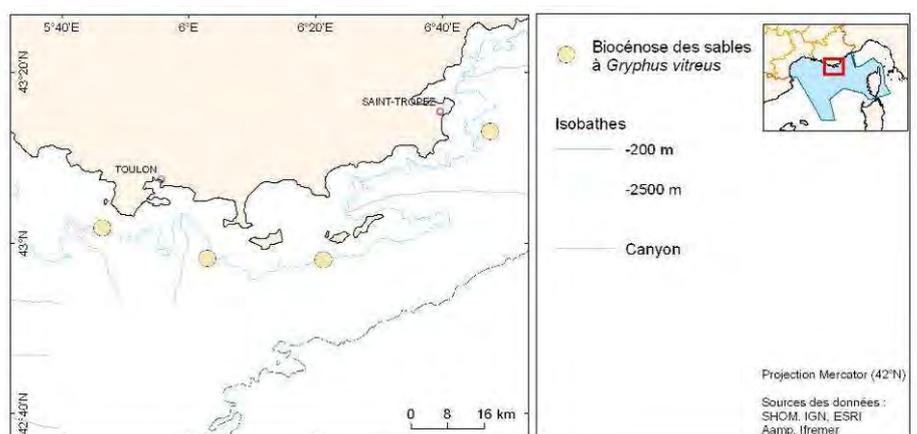


Photo 6 : Peuplement à *Gryphus vitreus* (brachiopode) ou simple coulée détritique ?
Banc du Magaud, 209 m.



Carte 12 : Localisation des biocénoses des sables détritiques à *Gryphus vitreus* observées durant la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex).

3.1.2 Substrats durs de l'étage circalittoral

3.1.2.1 Biocénose des grottes semi-obscures

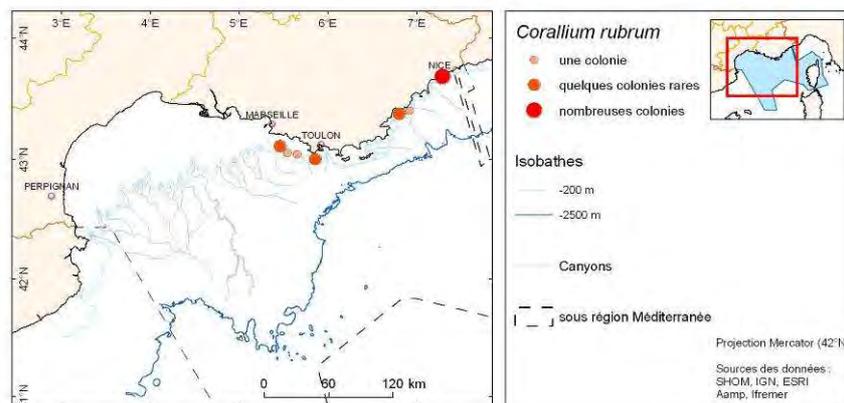
La biocénose des grottes semi-obscures peut s'observer dans les parties antérieures de grottes, sous les surplombs et les parois rocheuses abruptes au niveau desquels la lumière est fortement atténuée. Ces roches sont alors peuplées par de nombreuses espèces d'invertébrés sessiles et constituent des paysages de grande valeur esthétique (Pergent *et al*, 2007).

Un faciès de la biocénose des grottes semi-obscures a été observé lors de la campagne :

- le faciès à *Corallium rubrum* (corail rouge).

Faciès à *Corallium rubrum* (Corail rouge)

Ce faciès est constitué par une agrégation de colonies de *Corallium rubrum*, souvent associées à de nombreuses éponges, des sclérectiniaires et des bryozoaires. Ce faciès a été observé au cours de la campagne entre 70 et 90 m de profondeur lors d'une plongée dans le canyon du Var (Carte 13 et Photo 7). Quelques colonies isolées ont aussi été observées, notamment sur le banc rocheux de l'Esquine, dans les canyons du Cap Sicié, de Cassidaigne et de Saint-Tropez (Carte 13).



Carte13 : Localisations des observations de *Corallium rubrum* durant la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex) de 70 à 290 m de profondeur.



Photo 7 : Faciès à *Corallium rubrum* de la biocénose des grottes semi-obscures (Canyon du Var, 87 m).

3.1.2.2 Biocénose du coralligène (EUNIS A4.26)

La biocénose du coralligène est constituée de constructions biogènes plus ou moins importantes situées sur les parois rocheuses ou sous forme de massifs sur le fond. Elle est constituée d'un assemblage d'algues calcaires et d'invertébrés encroûtants (éponges, anémones) ou dressés (gorgones). Cet habitat se situe principalement entre 30 et 90 mètres de profondeur dans la zone photique (Bellan-Santini et al. 2002).

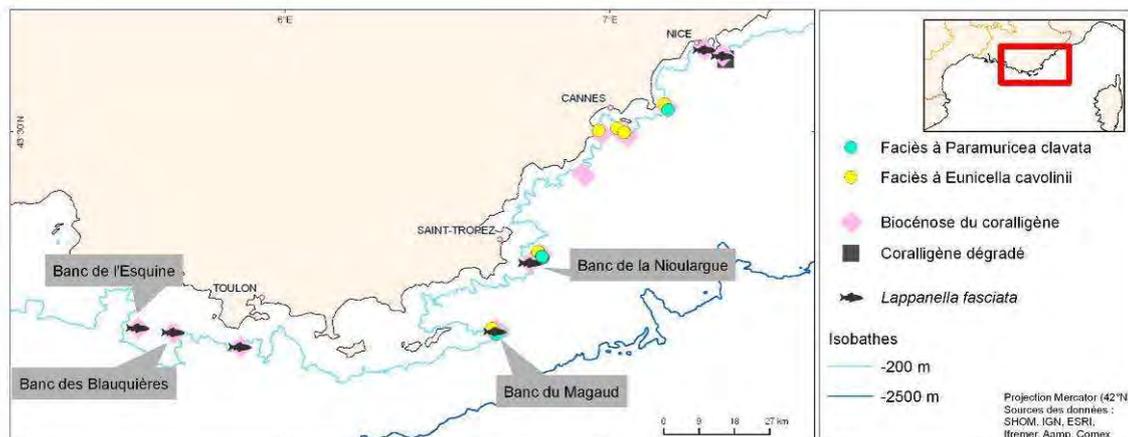
C'est une biocénose qui possède une biodiversité élevée et un grand intérêt patrimonial (Tableau 2). Elle se retrouve souvent en enclave dans d'autres biocénoses lorsque les conditions optimales (de lumière notamment) sont réunies.

Tableau 2 : Espèces caractéristiques de la biocénose du coralligène observées lors de la campagne MEDSEACAN (D'après Bellan-Santini et al., 2002).

Taxon	Espèces caractéristiques
Rhodophytes	<i>Mesophyllum alternans</i>
Rhodophytes	<i>Lithophyllum</i> spp.
Cnidaires/Octocoralliaires	<i>Paramuricea clavata</i>
Cnidaires/Octocoralliaires	<i>Eunicella cavolinii</i>
Cnidaires/Octocoralliaires	<i>Eunicella singularis</i>
Cnidaires/Octocoralliaires	<i>Eunicella verrucosa</i>
Cnidaires/Octocoralliaires	<i>Lophogorgia sarmentosa</i>
Cnidaires/Octocoralliaires	<i>Alcyonium acaule</i>
Porifères/Demosponge	<i>Axinella polypoides</i>
Porifères/Demosponge	<i>Spongia agaracina</i>
Echinodermes/Ophiurides	<i>Astrospartus mediterraneus</i>
Echinodermes/Crinoïdes	<i>Antedon mediterraneus</i>
Echinodermes/Echinoides	<i>Echinus melo</i>
Arthropodes /Décapodes	<i>Palinurus elephas</i>
Téléostéens	<i>Anthias anthias</i>
	etc...

Lors de la campagne MEDSEACAN, la biocénose du coralligène a pu être filmée dans sa limite inférieure de répartition.

La biocénose du coralligène a été observée sur tous les bancs rocheux de la région PACA d'Ouest en Est : Banc de l'Esquine, Banc des Blauquières, Banc du Magaud, Banc de la Nioulargue, et sur les parties rocheuses proches de la côte du fait de l'étroitesse du plateau continental (Carte 14). La profondeur moyenne de ces bancs et roches explorés se situe entre 60 et 100 m.



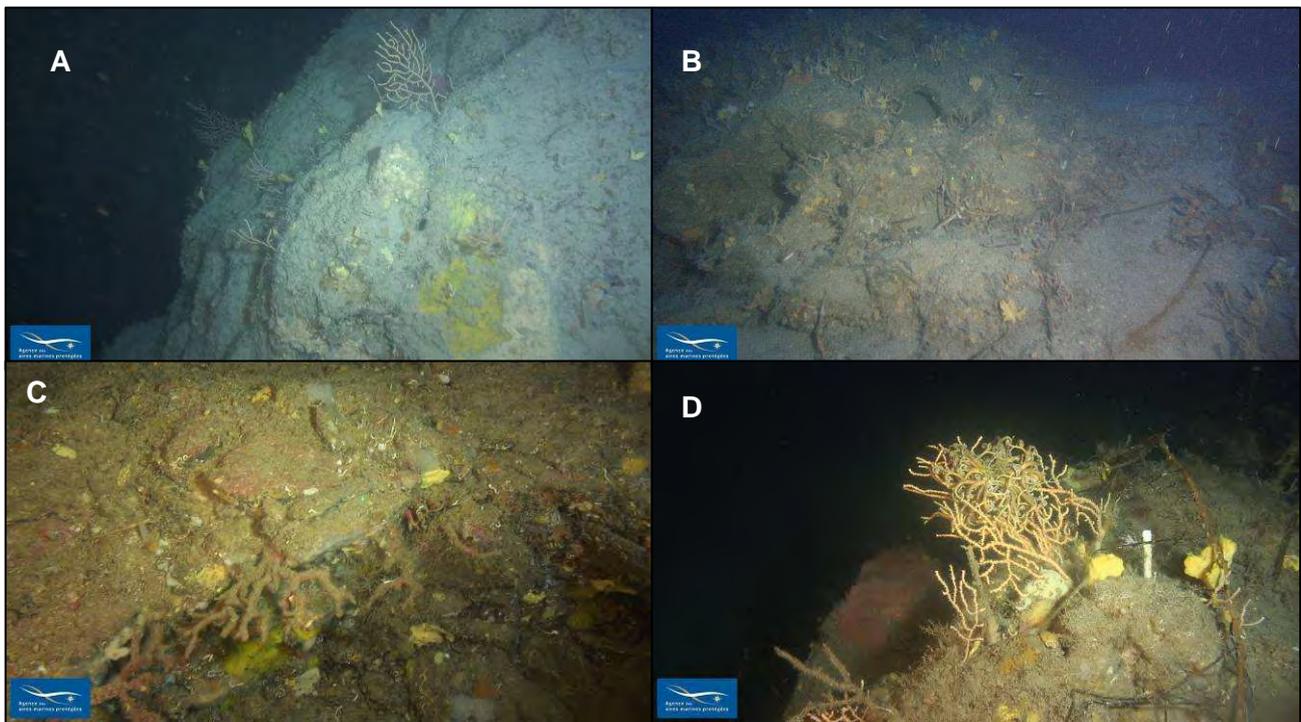
Carte 14 : Observations de la biocénose du coralligène, des faciès à gorgones et d'une espèce rare de Labridae, *Lappanella fasciata*. Campagne MEDSEACAN.

Le coralligène peut présenter des faciès à gorgones (soit *Eunicella cavolinii*, soit *Paramuricea clavata*), dans ce cas il devient un habitat plus structuré. Le banc du Magaud (70 m) et le banc de la Nioulargue (85 m) présentent un coralligène riche et diversifié, avec des faciès à gorgones qui peuvent être mixtes.

Sur le banc des Blauquières à 70 m le coralligène ne présente pas de faciès à gorgone. Sur le banc de l'Esquine, proche du précédent, le faciès à gorgone existe mais il est très dégradé (gorgones abimées, branches mortes parasitées par des hydraires).

La biocénose du coralligène semble en général être dégradée dans sa partie profonde (de 70-80 à 130 m), probablement à cause d'un envasement récent sur les zones rocheuses en amont du canyon du Var, et pour une raison indéterminée autour de 130 m au pied du banc du Magaud et autour de 90 m au large de Cannes (Photos 8).

La caractérisation des peuplements de ces différents bancs rocheux pourrait faire l'objet d'une étude à part entière car ils ont été peu étudiés et semblent présenter une diversité très importante.



Photos 8 : Biocénose du coralligène présentant un aspect dégradé dans sa limite inférieure d'extension bathymétrique. (A) et (B) Canyon du Var 96 m et 84 m, (C) Banc du Magaud 129 m, (D) Canyon de Cannes 90 m.

Deux faciès de la biocénose du coralligène, constitués de nombreuses gorgones, ont été rencontrés lors de la campagne :

- le faciès à *Eunicella cavolinii* (Photo 10) a été observé de 80 à 115 m,
- le faciès à *Paramuricea clavata* (Photo 11) a été observé de 60 à 100 m.

Remarque



Photo 9 : *Lappanella fasciata* se cachant dans un antipathaire *Antipathella subpinnata*

Au sein de la biocénose du coralligène, une espèce rare de Labridae, *Lappanella fasciata*, a été observée entre 70 et 120 m de profondeur à huit reprises (Photo 9). C'est une espèce qui se camoufle dans des formes arborescentes comme les gorgones ou les antipathaires (Sartoretto et al. 1997, Bo et al. 2010).

Faciès à *Eunicella cavolinii* (EUNIS A4.269)

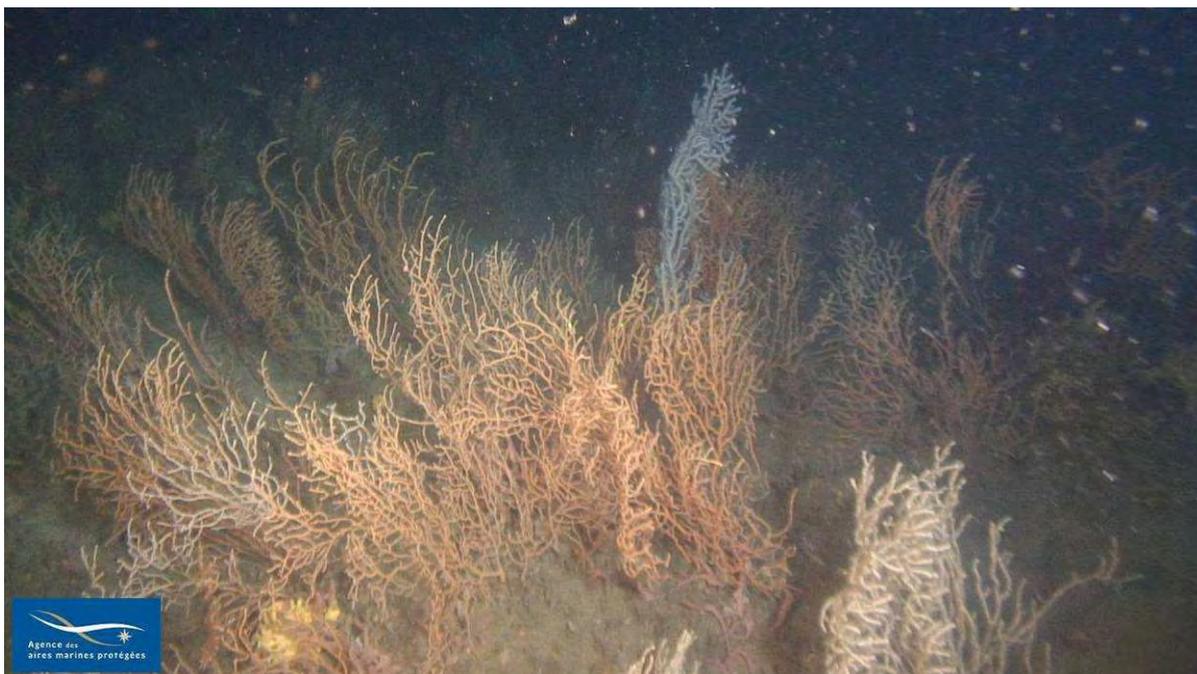


Photo 10 : Faciès à *Eunicella cavolinii* (Octocoralliaires) de la biocénose du coralligène, Canyon de Cannes, 76 m.

Faciès à *Paramuricea clavata* (EUNIS A4.26B)



Photo 11 : Faciès à *Paramuricea clavata* (Octocoralliaires) de la biocénose du coralligène, Banc du Magaud, 70 m.

3.1.2.3 Biocénose de la roche du large

La biocénose de la roche du large (Photo 12) est relativement peu documentée, jusqu'à présent elle était localisée entre 130 et 200 m de profondeur (Vacelet, 1969). Elle fait le lien entre la biocénose circalittorale du coralligène et les biocénoses bathyales.

Lors de plusieurs plongées de la campagne MEDSEACAN, cette biocénose a été observée jusqu'à 250 m de profondeur (Carte 15). Les communautés sont principalement constituées d'éponges, dont l'identification sur les photos reste difficile. Des espèces caractéristiques sont toutefois reconnaissables sur les vidéos de la campagne (Tableau 4, D'après Pérès et Picard, 1964 ; Vacelet, 1969 ; Pergent et *al.*, 2007).

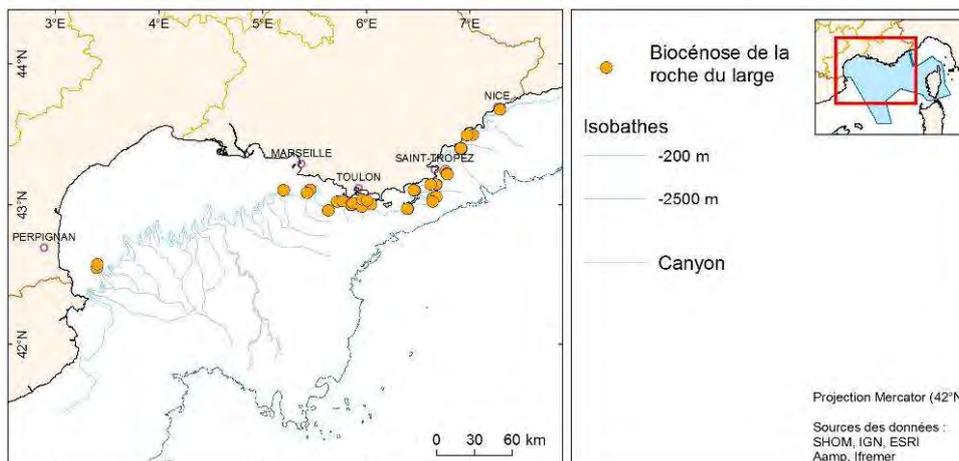
Tableau 4 : Espèces caractéristiques de la roche du large observées lors de la campagne MEDSEACAN.

Taxon	Espèces caractéristiques
Porifères/Demosponges	<i>Axinella damicornis</i>
Porifères/Demosponges	<i>Phakellia ventilabrum</i>
Porifères/Demosponges	<i>Poecillastra compressa</i>
Porifères/Demosponges	<i>Haliclona magna</i>
Porifères/Demosponges	<i>Haliclona poecillastroides</i>
Cnidaires/Hexacoralliaires	<i>Antipathes fragilis</i>
Cnidaires/Octocoralliaires	<i>Paralcynium spinulosum</i>

De nombreuses autres espèces peuvent y être associées : *Gryphus vitreus* (Brachiopodes), *Corallium rubrum* (corail rouge), *Eunicella verrucosa* (Cnidaires), *Cidaris cidaris* (oursin crayon), *Echinus melo*, *Hacelia attenuata* (Astéroïde), *Retepora* sp (Bryozoaires)....



Photo 12 : Biocénose de la roche du large avec l'éponge *Poecillastra compressa*, Banc du Magaud, 180 m.



Carte 15 : Localisation des biocénoses de la roche du large observées lors de la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex)

La biocénose de la roche du large a été rencontrée au cours de nombreuses plongées (Carte 15), bien qu'elle ne fût pas l'objectif prioritaire de la campagne MEDSEACAN qui explorait les têtes de canyon situées plus profond. C'est une biocénose mal connue mais qui pourrait jouer un rôle important dans la connectivité entre les biocénoses de substrats durs des étages circalittoral et bathyal.

Remarque sur un assemblage particulier du circalittoral inférieur :

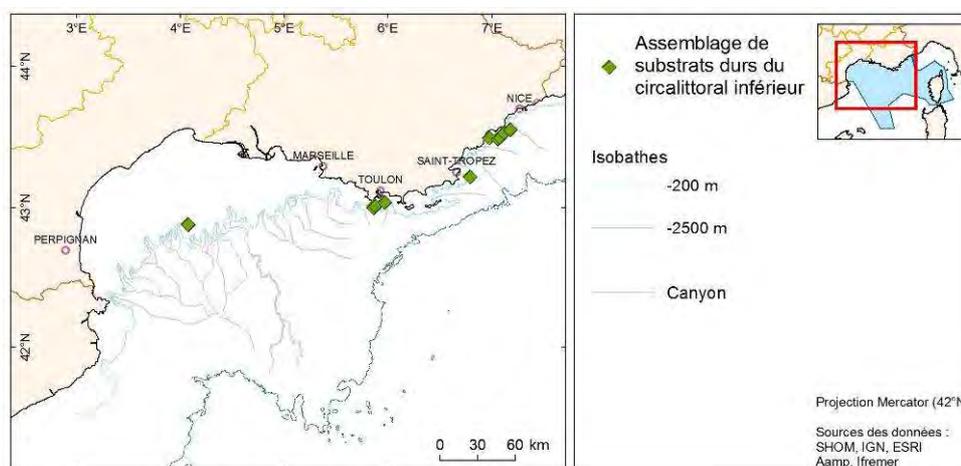
Au cours de la campagne, un assemblage a été observé à plusieurs endroits, entre 90 et 180 m de profondeur, sur les bancs rocheux du circalittoral inférieur (Roches amont du C. de Sète, Roches amont du Cap Sicié, Roches amont du C. de Toulon, Banc de la Nioulargue, Roches au large de Cannes, au large de Juan-les-Pins, Roches amont du C. du Var) (Carte 16).

A ces profondeurs, si la turbidité de l'eau est un peu plus élevée que la moyenne, la lumière arrivant sur le fond est quasi-nulle, empêchant de ce fait le développement des algues calcaires et donc le développement de la biocénose du coralligène. Cependant cet assemblage ne ressemble pas non plus à la biocénose de la roche du large car il ne présente pas les espèces caractéristiques de celle-ci qui sont les éponges dressées.

Au large du Cap Sicié, cet assemblage était très riche (Photos 13), constitué des espèces suivantes :

- Cnidaires/Octocoralliaires : *Alcyonium* sp., *Paralcyonium spinulosum*, *Swiftia pallida* et/ou *Bebryce mollis*,
- Cnidaires/Hydrozoaires : plusieurs espèces dont *Lytocarpia myriophyllum*,
- Ascidiés : *Clavellina* sp.,
- Porifera/Demosponges : *Haliclona poecillastroides*, *Axinella* sp.,
- Bryozoaires : *Reteporella* sp.,
- Polychètes/Serpulidés : *Salmacina* sp.

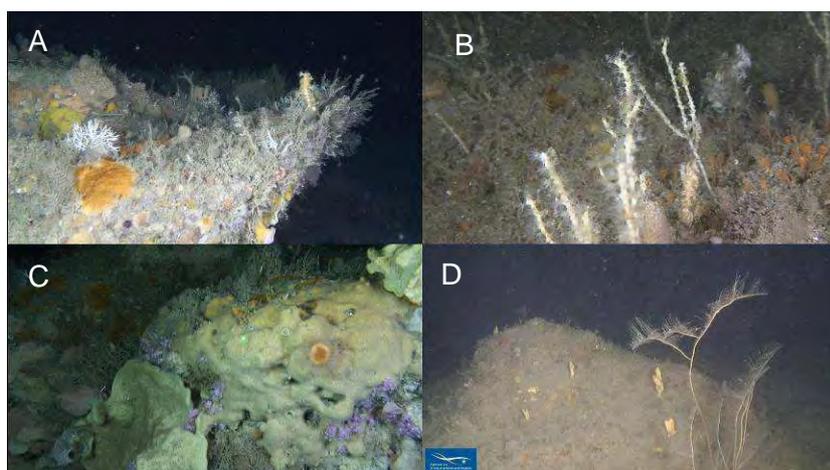
Sur les roches en amont du canyon de Sète, au contraire, les communautés étaient envasées, mais contenaient tout de même certaines espèces présentes aussi au Cap Sicié (Hydres *Lytocarpia myriophyllum*, Éponges *Axinella* sp.) (Photos 13).



Carte 16 : Localisation des observations des assemblages de substrats durs du circalittoral inférieur durant la campagne MEDSEACAN (A&C/Comex).

Cet assemblage est difficile à classer dans une biocénose existante du circalittoral. Cependant les substrats durs présents à ces profondeurs ont rarement été explorés par le passé (trop profonds pour les scaphandres autonomes, peu visités par les submersibles) et la biocénose de la roche du large n'a pas fait l'objet d'études récentes depuis sa description en 1969 (Vacelet 1969).

Un complément d'étude est nécessaire pour pouvoir définir si cet assemblage est un aspect de la roche du large (soumis à de forts courants ? ou à un fort apport en matière organique ?) ou une nouvelle biocénose à définir.



Photos 13 : Assemblage de substrats durs du circalittoral inférieur observés pendant la campagne MEDSEACAN.

(A,B,C) Aspect peu envasé du peuplement (Cap Sicié, 100 m).

(D) Aspect envasé (Sète, 90 m)

3.2 BIOCENOSSES DE L'ETAGE BATHYAL

L'étage bathyal englobe le talus continental et la portion des fonds à pente adoucie qui se trouve immédiatement au pied de ce talus (Pérès et Picard, 1964) (Carte 17). Cet étage est caractérisé par l'absence de lumière et une forte homothermie de 300 m jusqu'au fond où la température avoisine les 13°C.

La pente continentale et plus particulièrement les canyons, incisant la pente, sont reconnus comme étant des zones de transfert de matière et d'énergie entre le plateau continental et l'océan profond. Ces transferts ont un impact fort sur la distribution et la composition des assemblages benthiques, qui constituent le témoignage des conditions environnementales locales.



Carte 17 : Emprise de l'étage bathyal en Méditerranée française.

3.2.1 SUBSTRATS MEUBLES DE L'ETAGE BATHYAL

3.2.1.1 Biocénose des vases bathyales (EUNIS A6.51)

La biocénose des vases bathyales est située sur de « vastes étendues de vase argileuse, en général compacte, jaunâtre ou gris bleutée, relativement consistante (...) Les modifications de granulométrie et de consistance des vases ainsi que l'apport de matière organique exogène provoquent l'apparition de faciès particuliers » (Pergent et al. 2007).

Cette biocénose est observée lors de la majorité des plongées de la campagne, elle semble recouvrir tout l'étage bathyal, mais est absente sur les pentes les plus fortes de certains canyons (Canyon du Planier, Canyon de Cassidaigne).

La bioturbation visible est très variable suivant les canyons, la profondeur et l'intensité du chalutage. En effet, le chalutage est fréquent en certains points du Golfe du Lion, si bien que la vase est « damée », ne présentant plus aucune bioturbation visible (et bien sur plus aucun faciès).

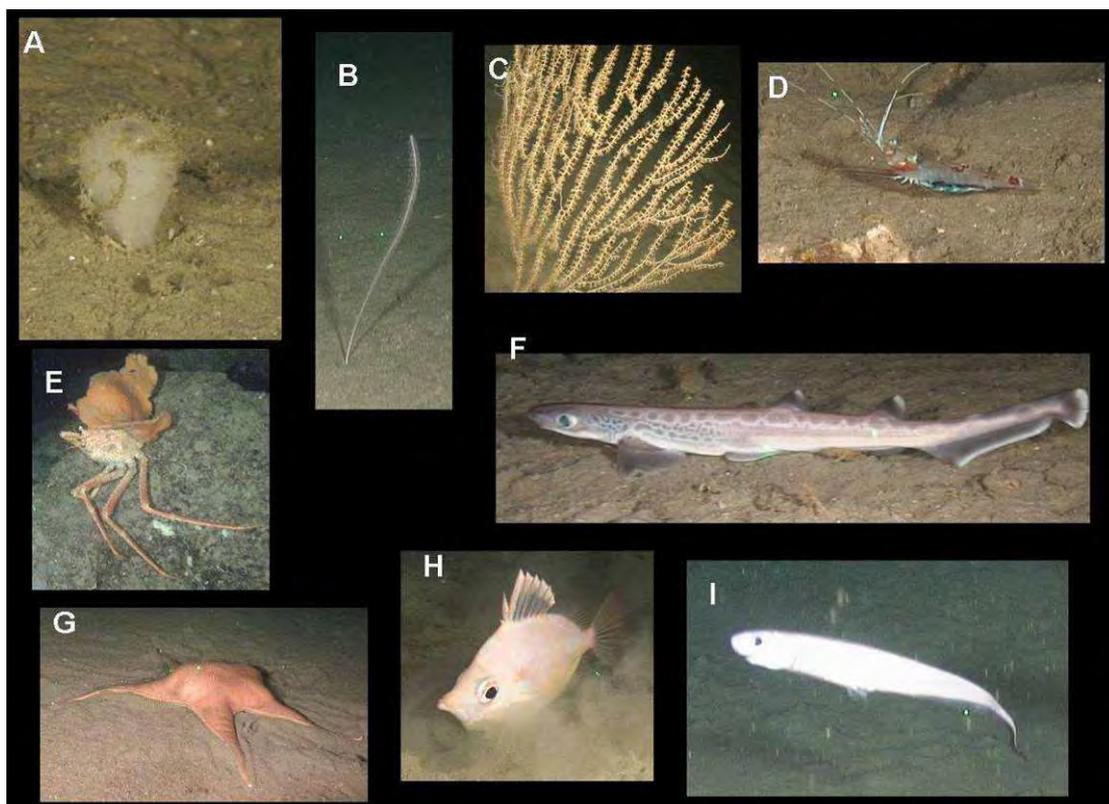
Les espèces caractéristiques de la biocénose des vases bathyales (Photos 14) qui ont été observées lors de la campagne sont résumées dans le tableau 5.

Trois faciès de la biocénose des vases bathyales ont été observés lors de la campagne MEDSEACAN :

- le faciès de la vase compacte à *Isidella elongata* (Photo 15),
- le faciès des vases molles à *Funiculina quadrangularis* (Photo 16),
- le faciès des vases sableuses à *Thenea muricata* (Photos 17).

Tableau 5 : Espèces observées au cours de la campagne, caractéristiques de la biocénose des vases bathyales (Carpine 1970, Bellan-Santini et al. 2002)

Taxon	Espèces
Porifera/Démosponges	<i>Thenea muricata</i>
Cnidaires/Hexacoralliaires	<i>Actinauge richardi</i>
Cnidaires/Octocoralliaires	<i>Isidella elongata</i>
Cnidaires/Octocoralliaires	<i>Funiculina quadrangularis</i>
Arthropodes/Décapodes	<i>Aristeomorpha foliacea</i>
Arthropodes/Décapodes	<i>Plesionika</i> sp.
Arthropodes/Décapodes	<i>Paromola cuvieri</i>
Echinodermes/ Asteroides	<i>Odontaster mediterraneus</i>
Vertébrés/Téléostéens	<i>Nezumia aequalis</i>
Vertébrés/Téléostéens	<i>Notacanthus bonaparte</i>
Vertébrés/Téléostéens	<i>Capros aper</i>
Vertébrés/Téléostéens	<i>Galeus melanostomus</i>
Vertébrés/Téléostéens	<i>Helicolenus dactylopterus</i>
Vertébrés/Téléostéens	<i>Argentina sphyraena</i>



Photos 14 : Espèces caractéristiques de la biocénose des vases bathyales : (A) Eponge *Thenea muricata*, (B) Pennatulaire *Funiculina quadrangularis*, (C) Octocoralliaire *Isidella elongata*, (D) Caridé *Plesionika* sp., (E) Décapode *Paromola cuvieri*, (F) Petit requin *Galeus melanostomus*, (G) Asteroïde *Odontaster mediterraneus*, (H) Sanglier *Capros aper*, (I) *Notacanthus bonaparte*.

Faciès de la vase compacte à *Isidella elongata* (A6.514)

Les étendues de gorgones *Isidella elongata* constituent un faciès caractéristique de Méditerranée profonde (Photo 15) qui abrite d'importantes espèces commerciales : les grandes crevettes rouges *Aristeus antennatus* et *Aristaeomorpha foliacea* et sont ainsi la cible de pêcheries de plus en plus profondes.

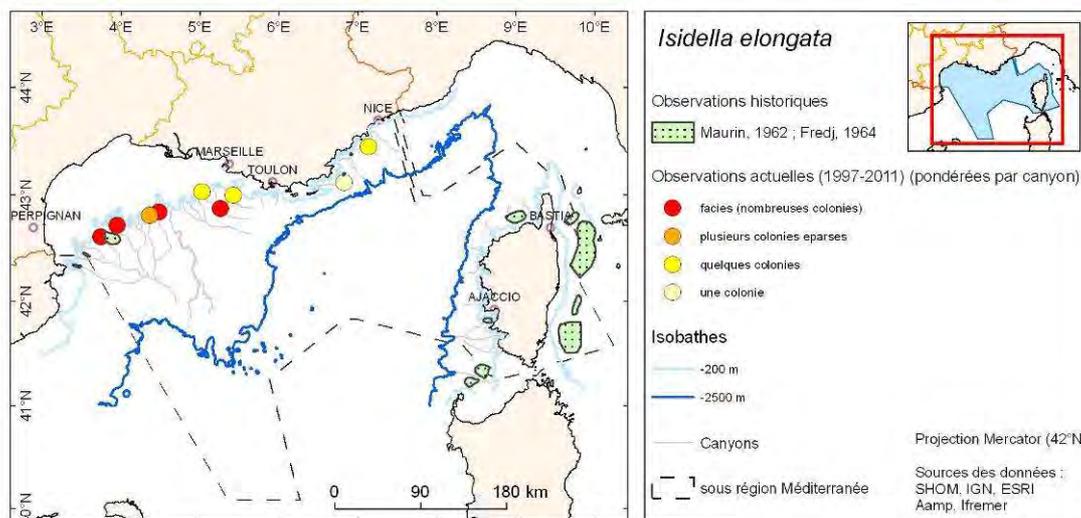
Les gorgones sont espacées de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres, et sont présentes sur des pentes inférieures à 5 % entre 400 et 800 m de profondeur (Laubier & Emig 1993). Toutefois, quelques gorgones ont aussi été observées sur des pentes vaseuses plus importantes, à des profondeurs d'environ 1650 m (ESSROV2011, Ifremer).

Ce faciès s'est raréfié dans les 30 dernières années au point que ces "habitats" profonds sont considérés comme "sensibles" par la Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée (GFCM 2009).



Photo 15 : Faciès de la vase compacte à *Isidella elongata* (octocoralliaires) de la biocénose des vases bathyales, Canyon du Petit Rhône, 436 m.

Ce faciès a été rencontré principalement dans le Golfe du Lion au cours de la campagne MEDSEACAN, mais les données issues d'autres campagnes ou de la bibliographie mettent en évidence une plus grande répartition (Carte 18).



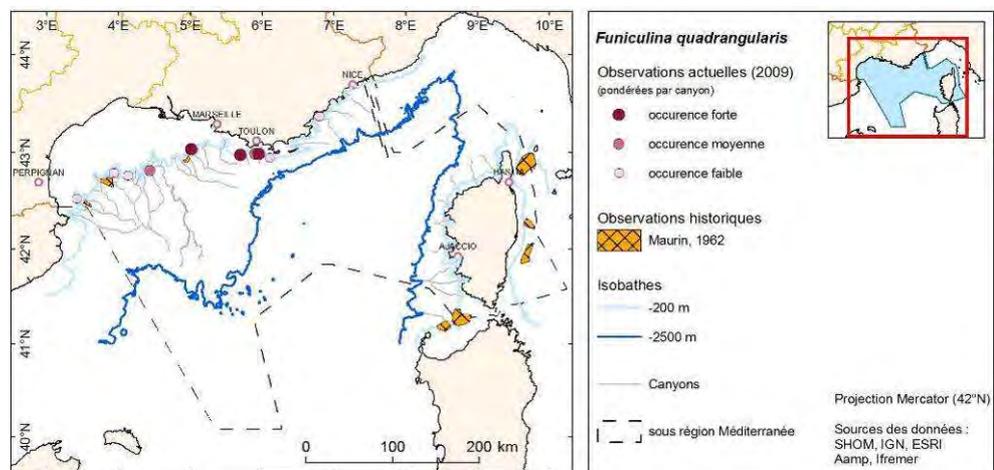
Carte 18 : Occurrence des *Isidella elongata* en Méditerranée occidentale. Campagnes MEDSEACAN (Aamp/Comex), ESSNAUT08, ESSROV2010, ESSROV2011 et Cylice (Ifremer) ; données historiques (Maurin 1962, Vaissière & Carpine 1964).

Faciès des vases molles à *Funiculina quadrangularis*

Le faciès comportant les pennatulaires *Funiculina quadrangularis* est essentiellement localisé sur le haut de la pente continentale (Carte 19). Il constitue un habitat essentiel pour certaines espèces de crustacés commerciaux, en particulier la grande crevette rose profonde *Parapenaeus longirostris* et la langoustine *Nephrops norvegicus* ainsi que pour des céphalopodes (poulpes, seiches) (Sarda et al. 2004) (Photo 16). Ces pennatulaires sont parfois accompagnées du gastéropode *Apporhais serresianus*.



Photo 16 :
Funiculina quadrangularis
et une petite seiche



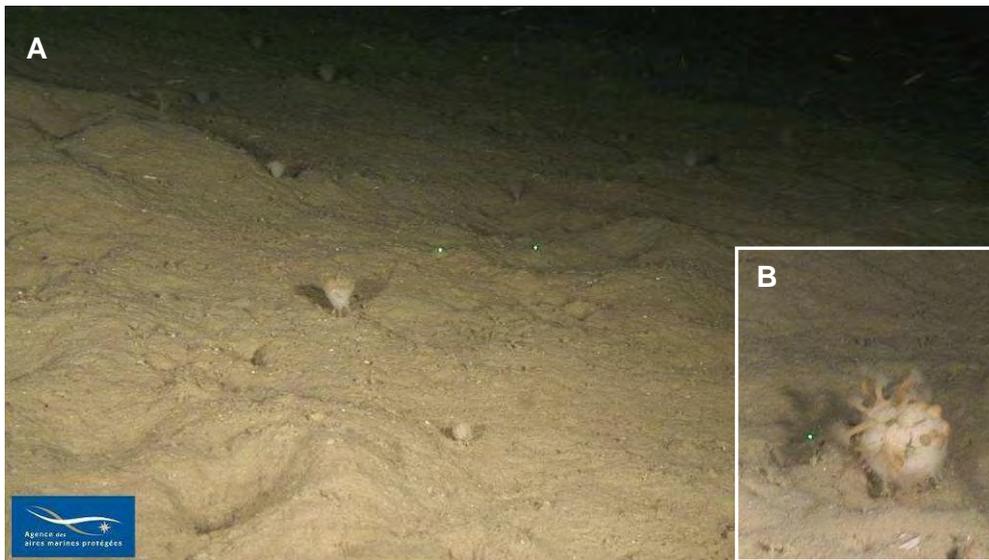
Carte 19 : Localisation des vases molles à *Funiculina quadrangularis* observées pendant la campagne MEDSEACAN 2009 (Aamp/Comex) et dans les données historiques en Méditerranée occidentale.

Ces pennatulaires ont été observés plus fréquemment dans les canyons situés à proximité des côtes que dans les canyons du Golfe du Lion (Carte 19). Cependant, l'exploration vidéo pendant la campagne MEDSEACAN 2009 n'était pas dédiée à la recherche de ces espèces qui ne mesurent que 20 cm de haut et peuvent se cacher dans le sédiment.

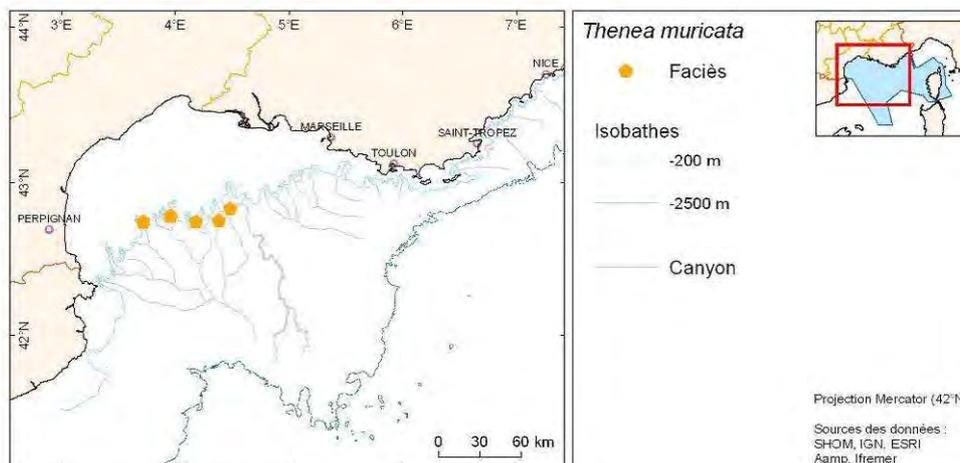
La Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée considère ces champs de pennatulaires comme un Habitat Marin Essentiel (EMH) ayant un rôle dans la productivité des pêches (GFCM 2009).

Faciès des vases sableuses à *Thenea muricata* (EUNIS A6.511)

Ce faciès est constitué de nombreuses petites éponges, parfois accompagnées d'épibiontes (*Epizoanthus* sp., Photo 17-B), sur un sédiment sablo-vaseux. Lors de la campagne, ce faciès a été observé autour de 300 m de profondeur dans le Golfe du Lion (Carte 20).



Photos 17 : (A) Faciès des vases sableuses à *Thenea muricata* (Demosponges) de la biocénose des vases profondes, Canyon de Montpellier, 311 m. (B) *Thenea muricata* avec *Epizoanthus* sp. (Hexacoralliaires), Canyon de Sète, 328 m.



Carte 20 : Localisation des vases sableuses à *Thenea muricata* (Demosponges) observées durant la campagne MEDSEACAN (Aamp/Comex).

3.2.2 SUBSTRATS DURS DE L'ETAGE BATHYAL

3.2.2.1 Biocénose des coraux profonds (EUNIS A6.61)

La biocénose des coraux profonds est constituée de deux espèces de coraux blancs : *Madrepora oculata* et *Lophelia pertusa*. Ces espèces sont capables de former de grands massifs tridimensionnels, elles sont dites « structurantes ». Ainsi, les massifs de coraux sont des lieux où l'on trouve une grande diversité spécifique car ils servent d'abris, de lieux de nutrition et de reproduction pour de nombreuses espèces associées.

Cette biocénose a été peu étudiée en Méditerranée, mais des études récentes ont permis l'identification de nombreuses espèces associées à ces coraux (Tableau 6) (Tursi et al. 2004, Mastrototaro et al. 2010, Vertino et al. 2010).

Tableau 6 : (a) Espèces caractéristiques et (b) espèces associées de la biocénose des coraux profonds observées lors de la campagne MEDSEACAN (D'après Tursi et al., 2004)

Taxon	(a) Espèces caractéristiques
Cnidaires/Hexacoralliaires	<i>Madrepora oculata</i>
Cnidaires/Hexacoralliaires	<i>Lophelia pertusa</i>
Cnidaires/Hexacoralliaires	<i>Desmophyllum dianthus</i>

Taxon	(b) Espèces associées
Cnidaires/Hexacoralliaires	<i>Leiopathes glaberrima</i>
Cnidaires/Hexacoralliaires	<i>Dendrophyllia cornigera</i>
Arthropodes/Décapodes	<i>Munida sp.</i>
Porifera/Démosponges	<i>Poecillastra compressa</i>
Vertébrés/Téléostéens	<i>Conger conger</i>
Vertébrés/Téléostéens	<i>Mora moro</i>

Les peuplements actuels de coraux sont des reliques de grands peuplements du Pléistocène (Blanc et al. 1959, Danovaro et al. 2010). Faune d'eaux froides, ils auraient régressé suite à l'augmentation de la température de l'eau à la fin de la dernière glaciation, causant un changement du régime des courants et donc l'augmentation de l'envasement du talus continental (Blanc et al. 1959). Aujourd'hui, les coraux blancs sont aussi menacés par l'augmentation de la température des eaux profondes et les dégâts dus à la pêche. C'est pourquoi, l'Union Européenne a édité un règlement, en accord avec l'ONU, relatif à la protection des écosystèmes marins vulnérables de haute mer contre les effets néfastes de l'utilisation des engins de pêche (Commission européenne 2008).

La prise de conscience de la fragilité et de l'importance des écosystèmes profonds a conduit la FAO (Food and Agricultural Organisation) à produire un guide international pour la gestion de la pêche profonde en haute mer (FAO 2009), et a édité une liste de caractéristiques pour l'identification des Ecosystèmes Marins Vulnérables (VME) qui sont : (1) des habitats qui contiennent des espèces endémiques, rares ou menacées d'extinction, (2) des habitats qui sont nécessaires à la survie, au fonctionnement, au repeuplement ou à la reproduction des stocks de poissons, (3) des écosystèmes fortement susceptibles d'être endommagés par des activités anthropiques, (4) des espèces dont les caractéristiques du cycle biologique rendent leurs récupérations lentes (faible vitesse de croissance, maturité tardive, recrutement faible) et (5) des écosystèmes structurés dont la diversité dépend de la complexité des organismes structurants. Les massifs de coraux d'eaux froides sont définis par l'ONU comme étant des VME à protéger des pratiques de pêches destructrices, au même titre que les sources hydrothermales et les monts sous-marins (ONU 2007).

Lors de la campagne, cette biocénose a été observée dans deux canyons : celui de Lacaze-Duthiers et celui de Cassidaigne. Cependant, les « paysages » observés sont sensiblement différents dans ces deux canyons.

A Cassidaigne, la biocénose des coraux profonds a été observée entre 200 et 210 m de profondeur. Il s'agirait d'une exception en Méditerranée, en effet, *Madrepora oculata* n'est en général pas observé à de si faibles profondeurs. La présence de *Madrepora oculata* à cette profondeur semble connue à Cassidaigne depuis 1955 (Laborel et al. 1961).

La biocénose des coraux blancs à Cassidaigne se différencie nettement des autres biocénoses de coraux blancs méditerranéennes connues, car elle est constituée que d'une seule espèce de corail blanc (*Madrepora oculata*), mélangée avec des espèces d'ordinaire associées à la biocénose du coralligène, comme *Corallium rubrum* ou *Paramuricea clavata*, ou à la biocénose de la roche du large (Photo 18).

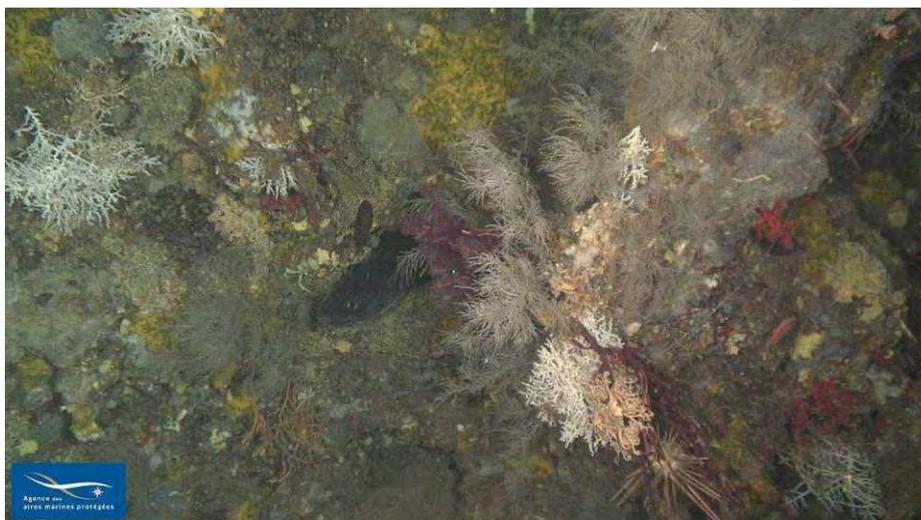


Photo 18 : Colonies de *Madrepora oculata* et de *Corallium rubrum*, canyon de Cassidaigne, 206 m.

En revanche, dans le canyon de Lacaze-Duthiers, cette biocénose est observée de 250 à 500 m de profondeur. Elle y est composée de nombreuses colonies de *Madrepora oculata* et de *Lophelia pertusa*, formant souvent de grands massifs (Photo 19). Les espèces associées à cette biocénose sont celles que l'on retrouve dans les autres zones méditerranéennes à coraux blancs : nombreux *Desmophyllum dianthus*, des galathées, des huîtres, des grenadiers, des congres, de nombreuses éponges, etc.

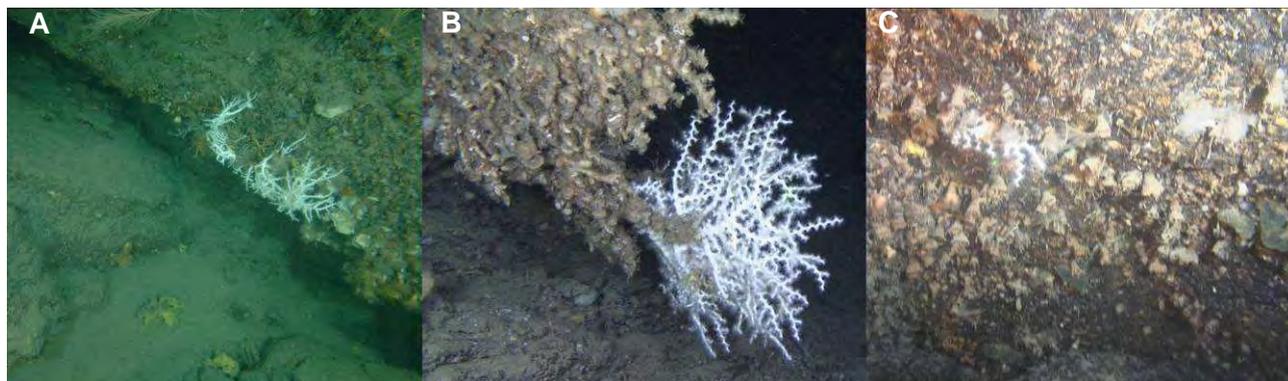


Photo 19 : Colonies massives de *Lophelia pertusa*, canyon de Lacaze Duthiers, 320 m.

Autres signalisations de coraux blancs

Quelques colonies de coraux profonds (*Madrepora oculata*) ont aussi été observées dans le canyon du Var et dans le canyon du Cap Sicié (Tableau 7, Photos 20 et Carte 21), mais il semble difficile dans ce cas là de parler de biocénose (Photos 20). Cependant, ces petites colonies, et les débris récents trouvés dans les canyons du Planier ou de Pampelonne, peuvent laisser supposer la présence d'autres colonies dans ces canyons. En effet, en général les colonies vivantes se développent les unes sur les autres et le massif grandit dans toutes les directions en fonction du courant dominant. C'est ainsi que les massifs ont une base constituée de branches mortes recouvertes par différents organismes. Or, les petites colonies observées dans le canyon du Var seraient nouvellement arrivées dans ces zones, car aucune colonie ancienne et aucune branche morte n'ont été observées (elles ne sont pas le prolongement d'un ancien massif) (Photo 20-C).

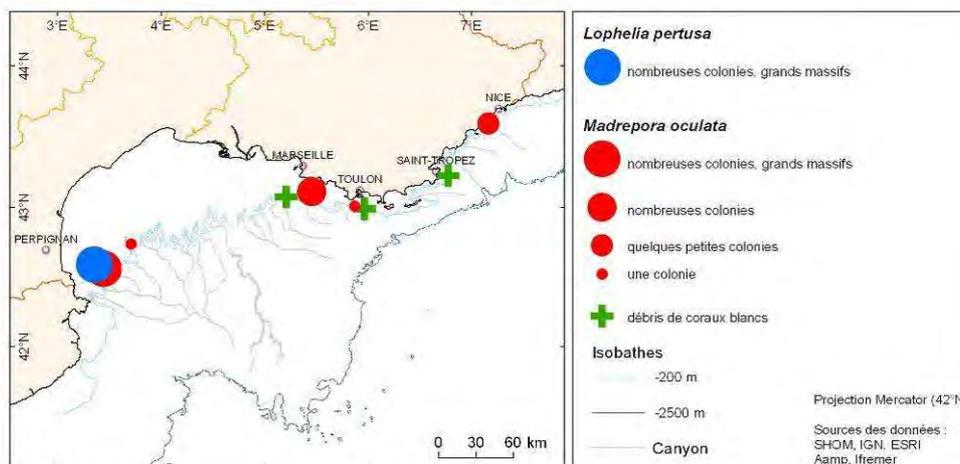
Les coraux blancs ne semblent donc pas cantonnés aux seuls canyons de Lacaze-Duthiers et de Cassidaigne en Méditerranée française.



Photos 20 : Colonies de *Madrepora oculata* observées dans les canyons de Bourcart (A), du Cap Sicié (B) et du Var (C).

Tableau 7 : Signalisations de coraux blancs (Hors Cassidaigne et Lacaze-Duthiers)

Localisation	Profondeur (m)	état
Canyon de Bourcart, plongée 1, Rémora	340	une seule colonie de <i>Madrepora oculata</i> , polypes vivants
Canyon du Var, plongée 10, Achille	449	une colonie de <i>Lophelia pertusa</i> en place morte
Canyon du Var, plongée 10, Achille	398	une colonie de <i>Madrepora oculata</i> vivante
Canyon du Var, plongée 11, Achille	400	une petite colonie de <i>Madrepora oculata</i> vivante
Canyon du Var, plongée 2, Rémora	400	une petite colonie de <i>Madrepora oculata</i> vivante (idem plongée 11 ?)
Canyon de Sicié, plongée 1, Achille	266	colonie de <i>Madrepora oculata</i> développée sur colonie morte
Canyon de Toulon, plongée 4, Achille	687	débris de corail blanc détachés
Canyon du Planier, plongée 3, Achille	562	débris de <i>Lophelia pertusa</i> détachés
Canyon de Pampelonne, plongée 2	306	débris de <i>Madrepora oculata</i> détachés



Carte 21 : Localisation des observations de coraux blancs (*Madrepora oculata* et *Lophelia pertusa*) et de débris lors de la campagne MEDSEACAN.

Les études sur la biologie des coraux blancs sont récentes : la croissance et la nutrition des ces espèces ont été étudiées en Méditerranée (Maier et al. 2009, Tsounis et al. 2010, Orejas et al. 2011), alors que la reproduction n'a été étudiée qu'en Atlantique (Waller & Tyler 2005). Des études futures, notamment en génétique, permettront de mieux comprendre la connectivité entre les populations de Méditerranée.

3.2.2.2 Biocénose des roches profondes bathyales (EUNIS A6.11)

Les études de ces peuplements sont très rares, en raison de la difficulté d'accès (morphologie accidentée, profondeur importante).

Il n'existe donc pas de liste d'espèces existantes concernant cette biocénose. Suite au dépouillement des vidéos de la campagne MEDSEACAN, nous proposons les espèces du tableau 8 comme probablement caractéristiques de la biocénose des roches profondes.

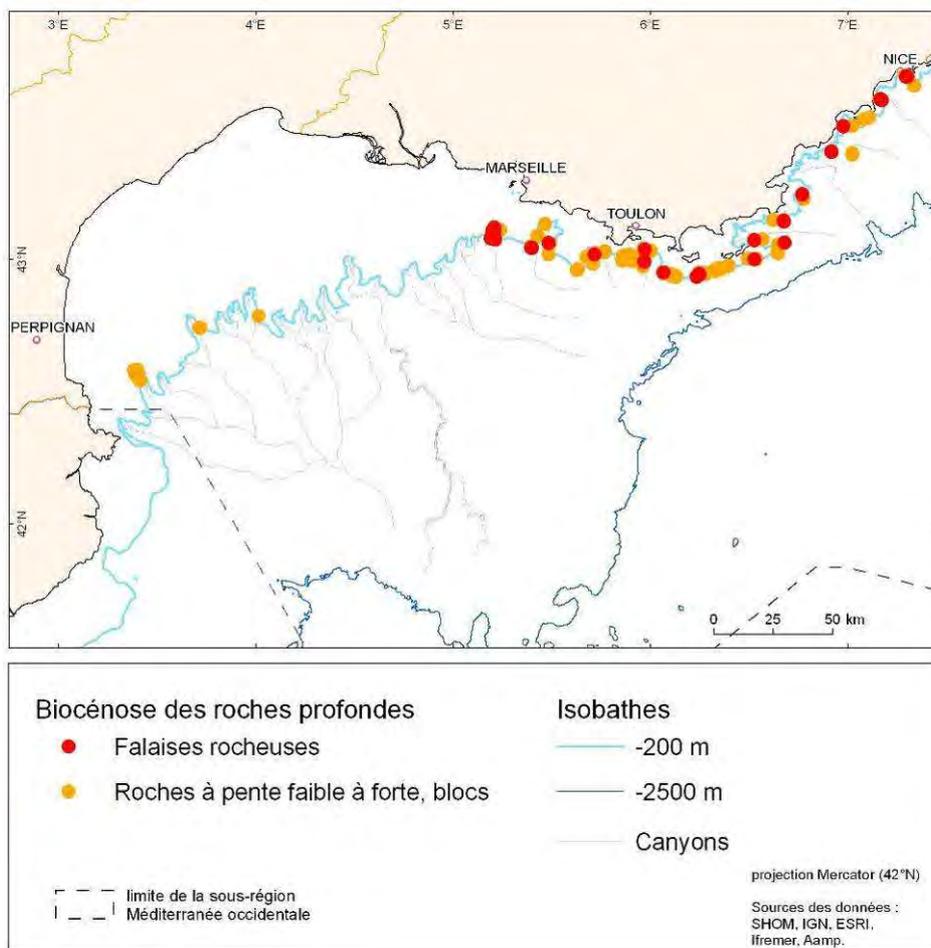
Tableau 8 : Proposition d'espèces caractéristiques de la biocénose des roches profondes.

Taxon	Espèces caractéristiques ?
Porifères/Hexactinellides	<i>Tretodictyum tubulosum</i>
Porifères/Demosponges	<i>Hamacantha falcula</i>
Mollusques/Bivalves	<i>Neopycnodonte zibrowii</i>
Brachiopodes	<i>Megerlia truncata</i>
Cnidaires/Octocoralliaires	<i>Viminella flagellum</i>
Cnidaires/Octocoralliaires	<i>Callogorgia verticillata</i>
Cnidaires/Octocoralliaires	<i>Acanthogorgia hirsuta</i>
Cnidaires/Hexacoralliaires	<i>Parantipathes larix</i>

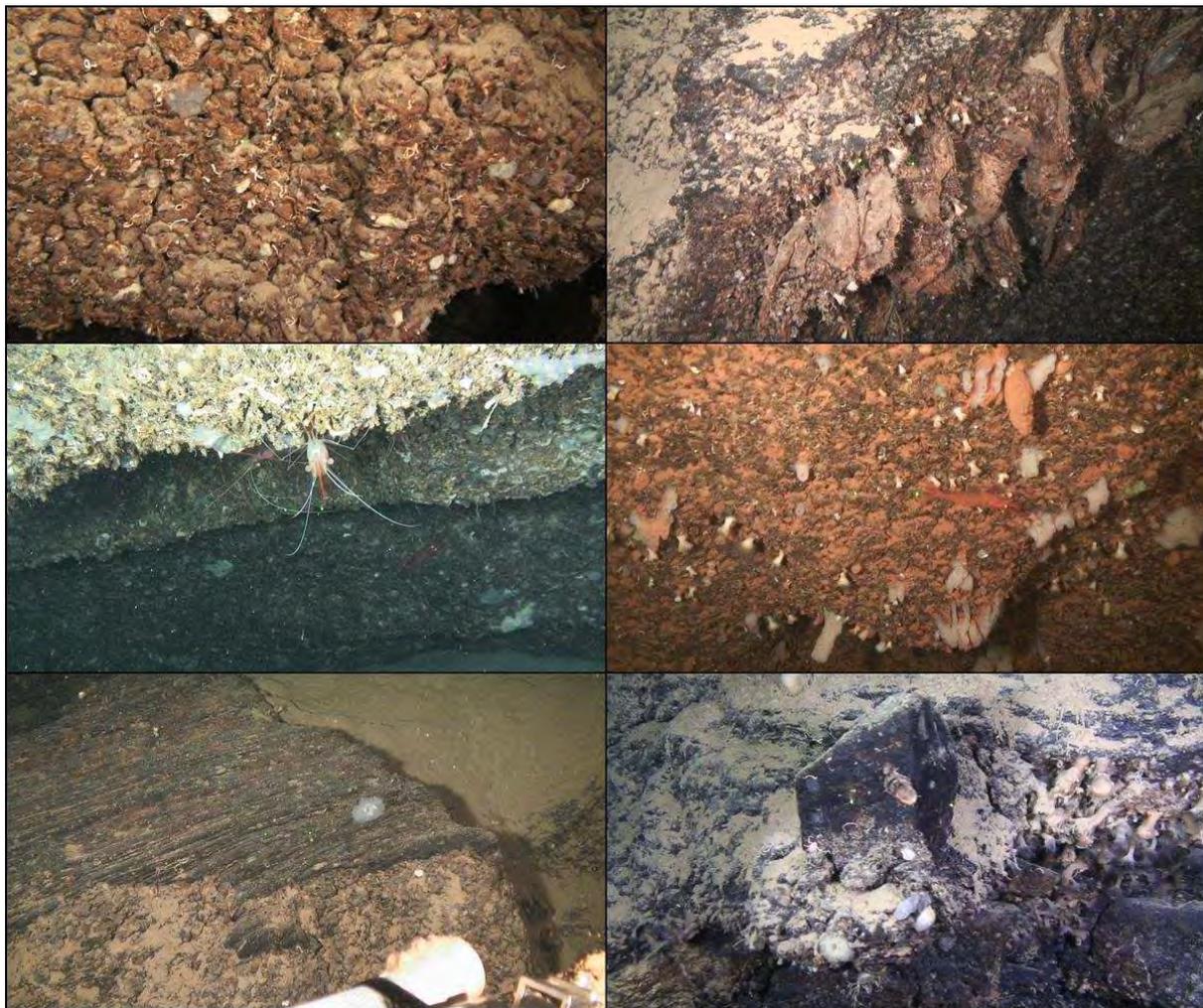
Toutefois, cette liste d'espèces caractéristiques ne saurait être exacte et exhaustive en raison de la difficulté de reconnaissance des espèces fixées (souvent de petite taille et/ou encroûtantes) sur les vidéos.

Ainsi, pour améliorer la connaissance de ces peuplements, il faudrait améliorer et multiplier les acquisitions d'images en zoomant sur les espèces encroûtantes, prendre plus de photos HD des espèces fixées, notamment celles recouvrant des huîtres géantes (Photo 22), multiplier les prélèvements etc.

La biocénose des roches profondes est majoritairement localisée dans les canyons rocheux de Provence et de Côte d’Azur. Elle s’observe sur des rochers isolés dans la vase, sur de la roche en place, ou sur des falaises, de 250 m à 800 m (Carte 22). Cette biocénose semble s’appauvrir avec la profondeur ; les roches présentent des taux de couverture par la faune très variables, suivant le type du substrat, son inclinaison et l’envasement (Photos 21).



Carte 22 : Localisation des biocénoses des roches profondes observées lors de la campagne MEDSEACAN.



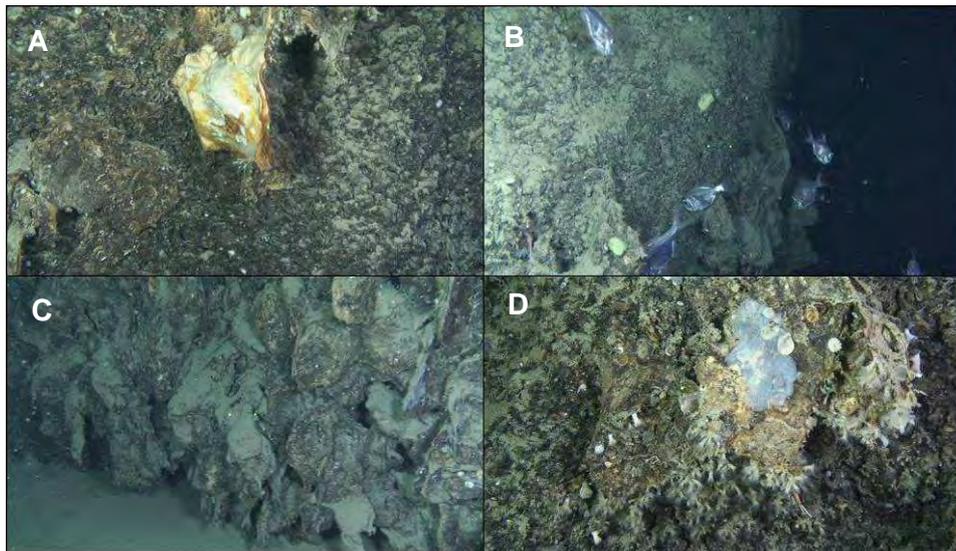
Photos 21 : Différents aspects des roches profondes observées lors de la campagne MEDSEACAN, de 300 à 700 m de profondeur.

Trois nouveaux faciès de cette biocénose (non décrits dans la littérature), observés au cours de la campagne MEDSEACAN, sont proposés :

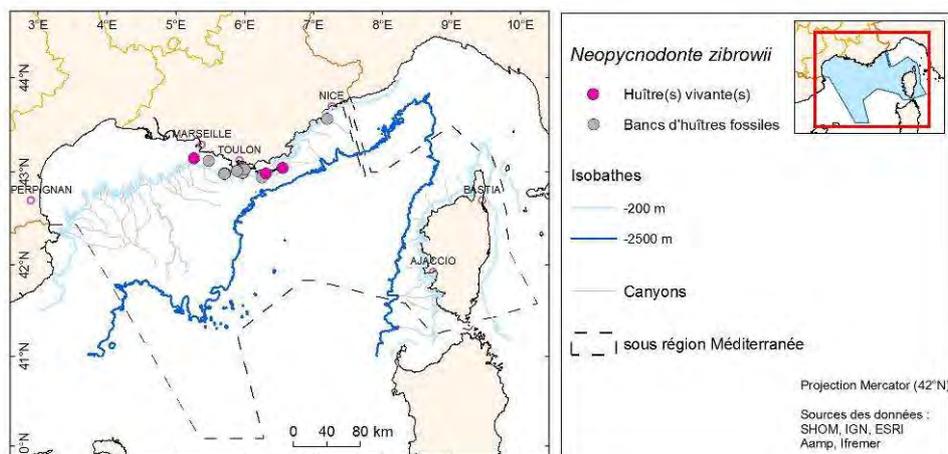
- Faciès à *Neopycnodonte zibrowii*,
- Faciès à *Viminella flagellum*,
- Faciès à *Callogorgia verticillata*.

Proposition d'un nouveau faciès : Faciès à *Neopycnodonte zibrowii*

Au cours de la campagne MEDSEACAN, des huîtres géantes qui appartiendraient à l'espèce *Neopycnodonte zibrowii* ont été observées recouvrant les parois verticales et les surplombs. Il est très difficile de savoir si elles sont vivantes ou sub-fossiles, car cette espèce peut vivre plusieurs siècles (Wisshak *et al.* 2009). Ces bancs créent une hétérogénéité importante de l'habitat au niveau des parois abruptes (Photos 22), ils sont ainsi souvent couverts par des coraux solitaires, des zoanthaires, des éponges encroûtantes, des crustacés (Galatheidæ), et des téléostéens (*Hoplostethus mediterraneus*). C'est un faciès courant (observé lors de 16 plongées différentes, Carte 23) à des profondeurs allant de 350 m à plus bas.



Photos 22 : Faciès à *Neopycnodonte zibrowii* de la biocénose des roches profondes, Canyon du Planier, entre 400 et 450 m. (A) Individu de *Neopycnodonte zibrowii* vivant. (B) Banc d'*Hoplostethus mediterraneus* au voisinage du faciès à *Neopycnodonte zibrowii* (C) Bas de paroi avec *N. zibrowii*, envasement moyen. (D) Faciès à *N. zibrowii* recouvert par des zoanthaires et par *Hamacantha falcula* (Porifères).



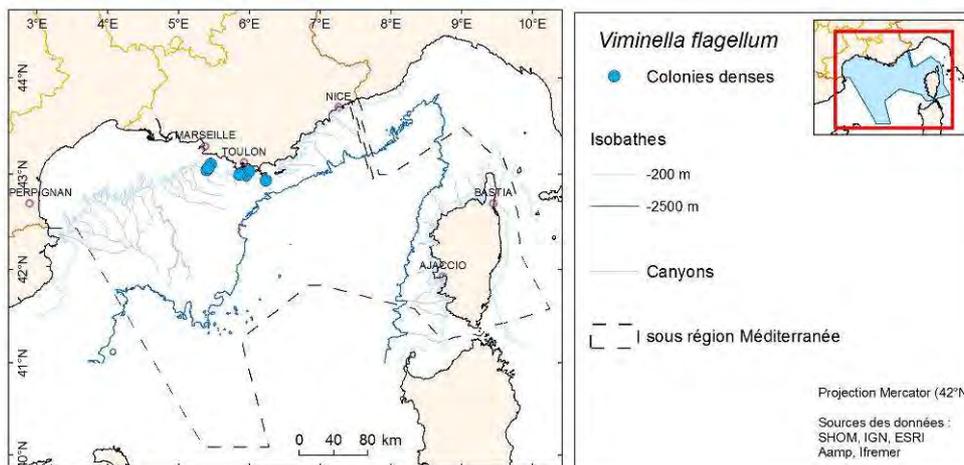
Carte 23 : Localisation du faciès à *Neopycnodonte zibrowii* observé lors de la campagne MEDSEACAN.

Proposition d'un nouveau faciès : Faciès à *Viminella flagellum*

A cours de la campagne MEDSEACAN, l'espèce de "gorgone-fouet" *Viminella flagellum* a été observée à plusieurs reprises, formant un « champ » de surface limitée (quelques m²) sur des roches profondes à pentes faibles et peu envasées (Photo 23 et Carte 24).



Photo 23 : Faciès à *Viminella flagellum* (Octocoralliaires) de la biocénose des roches profondes, canyon de Porquerolles, 390 m.



Carte 24 : Localisation du faciès à *Viminella flagellum* observé lors de la campagne MEDSEACAN.

Proposition d'un nouveau faciès : Faciès à *Callogorgia verticillata*

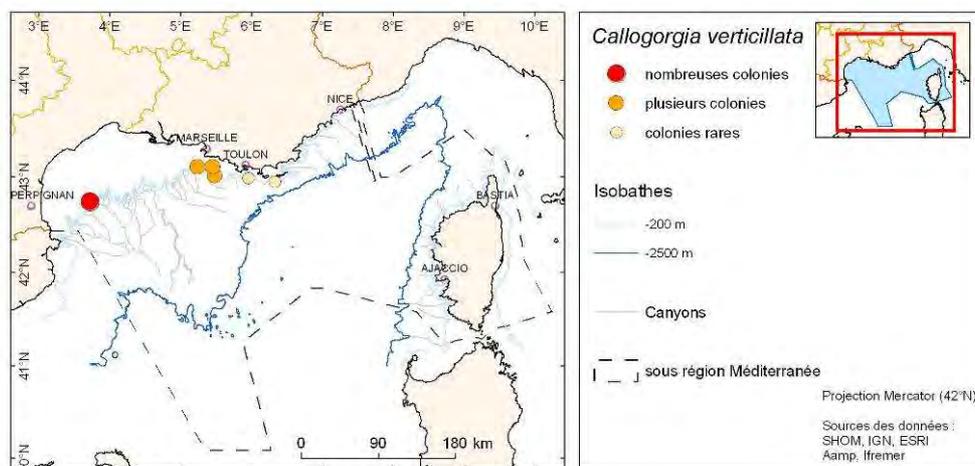
Durant la campagne MEDSEACAN, le faciès à *Callogorgia verticillata* (octocoralliaires, Photo 24-A) a été observé à plusieurs reprises, et dans des conditions de profondeur semblables (entre 250 et 400 m de profondeur). Ces gorgones se développent sur des dalles rocheuses presque horizontales mais légèrement envasées (Photo 24-A). Une faune épibionte se développe parfois sur ces gorgones (gastéropode, nudibranches, ophiures, crustacés, actiniaires et zoanthaires (Photo 24-B). Ce faciès n'est cependant pas aussi dense que celui qui peut être observé en Atlantique (Sánchez et *al.* 2009), ce qui souligne une fois de plus la fragilité des peuplements profonds méditerranéens.

Une exception a été observée sur une marche rocheuse du canyon de Bourcart (Photos 24 et Carte 25) par 350 m de profondeur où les *Callogorgia verticillata* ont été filmées presque sans discontinuité sur toute la longueur de la plongée (1000m). Ces gorgones abritent une forte diversité : nombreux poulpes, corail jaune (*Dendrophyllia cornigera*), corail solitaire (*Desmophyllum dianthus*), corail blanc (*Madrepora oculata*), antipathaires (*Leiopathes glaberrima*, *Antipathes sp.*), poissons (*Benthocometes robustus*), éponges, etc. L'impact de la pêche (baudroie, mostelle) sur ces communautés est visible sur les vidéos car les palangres restent accrochées au substrat dur.



Photos 24 : (A) Faciès à *Callogorgia verticillata* de la biocénose des roches profondes, Canyon de Bourcart, 350 m. (B) Epibiontes rares de *Callogorgia verticillata* : Zoanthaire indéterminé et nudibranche de la famille des tritonidae. Canyon de Sicié, 258 m.

La forte densité de faune associée aux *Callogorgia verticillata* du canyon de Bourcart est probablement due à la combinaison d'un apport nutritif conséquent et d'un substrat dur affleurant.



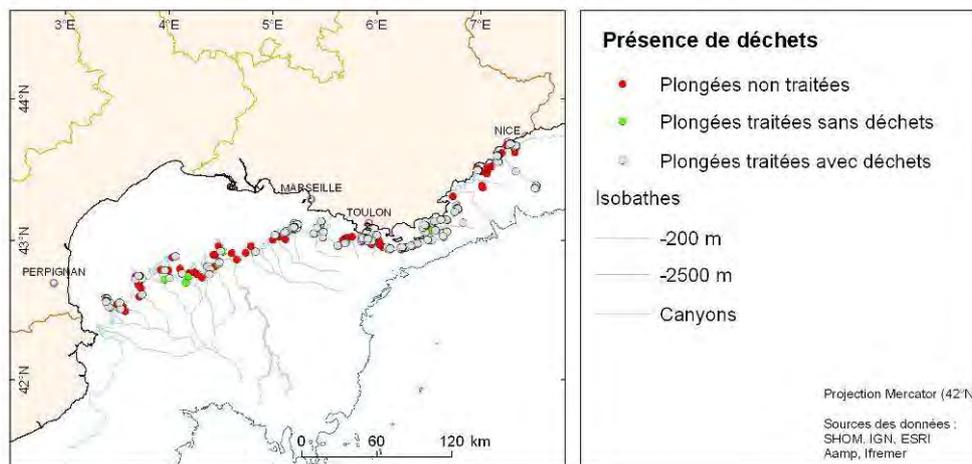
Carte 25 : Localisation des gorgones *Callogorgia verticillata* observées pendant les campagnes MEDSEACAN 2009 (Aamp/Comex), MARUM 2009 (Marum/Comex), CYATOX 95, ESSROV 2010 (Ifremer).

3.3 Les habitats artificiels

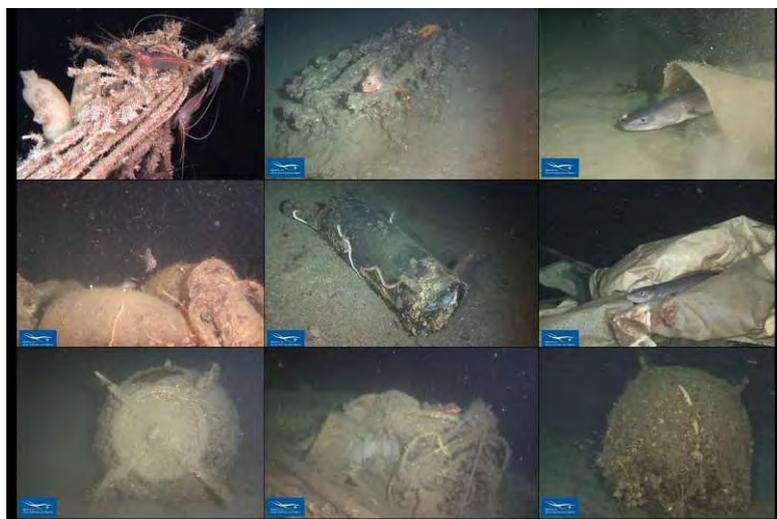
De nombreux déchets, récents ou passés, ont été observés lors de la quasi-totalité des plongées (Carte 26) : des déchets militaires métalliques, des amphores en poterie, des bouteilles, des palangres et des bâches plastiques.

Les déchets métalliques lourds, souvent imposants, permettent l'installation durable de certaines espèces, créant un habitat hétérogène au milieu des étendues vaseuses. De même, les palangres et les filets perdus sur les roches sont rapidement recouverts de faune s'ils sont tendus entre deux roches et ainsi mieux exposés aux courants (Photos 25)

En revanche, les déchets plastiques, comme les bouteilles et les bâches sont pour la plupart trop légers, donc mobiles au gré des courants ce qui ne leur permet pas de servir de substrat dur pour l'installation des espèces sessiles.



Carte 26 : Localisation des déchets observés lors de la campagne MEDSEACAN

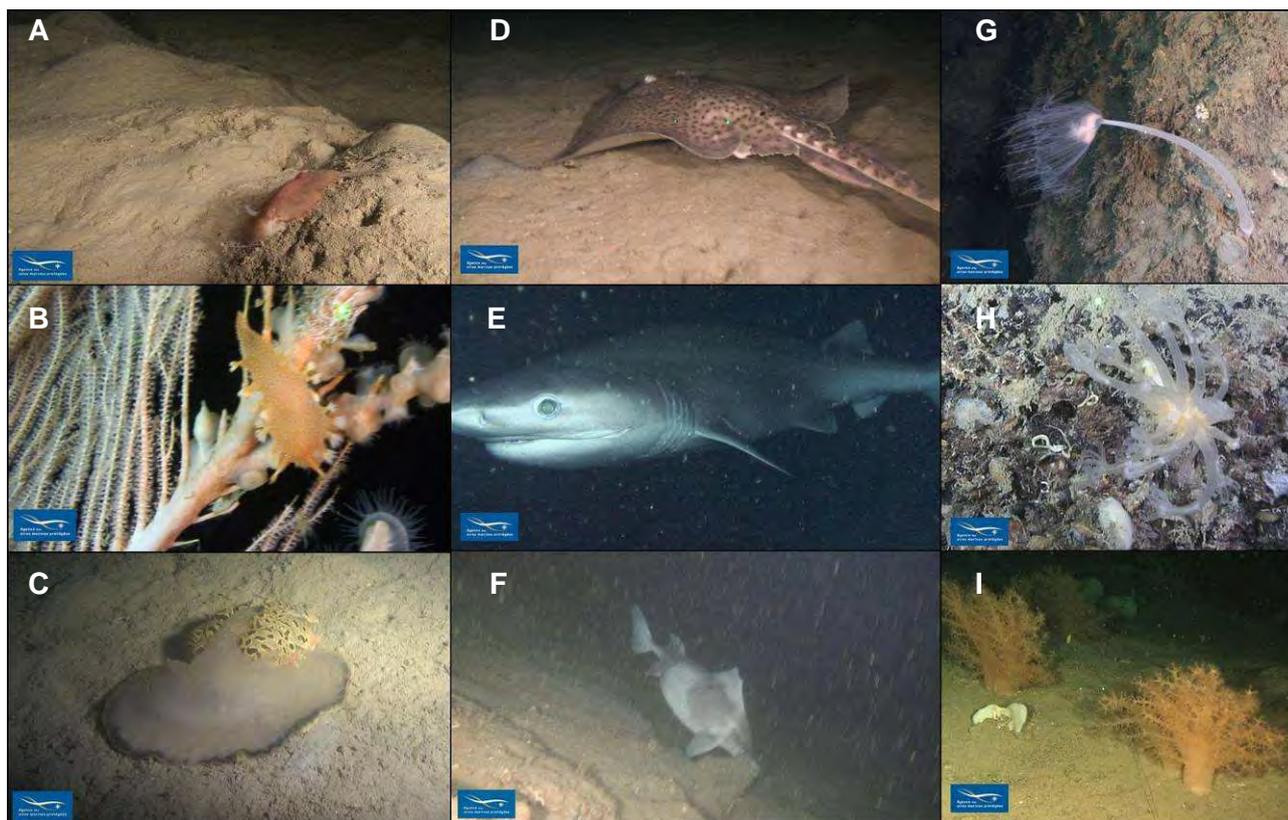


Photos 25 : Exemples de déchets créant un habitat pour diverses espèces.

3.4 Observations ponctuelles : Espèces rares et espèces « ubiquistes »

3.4.1 Espèces rarement observées

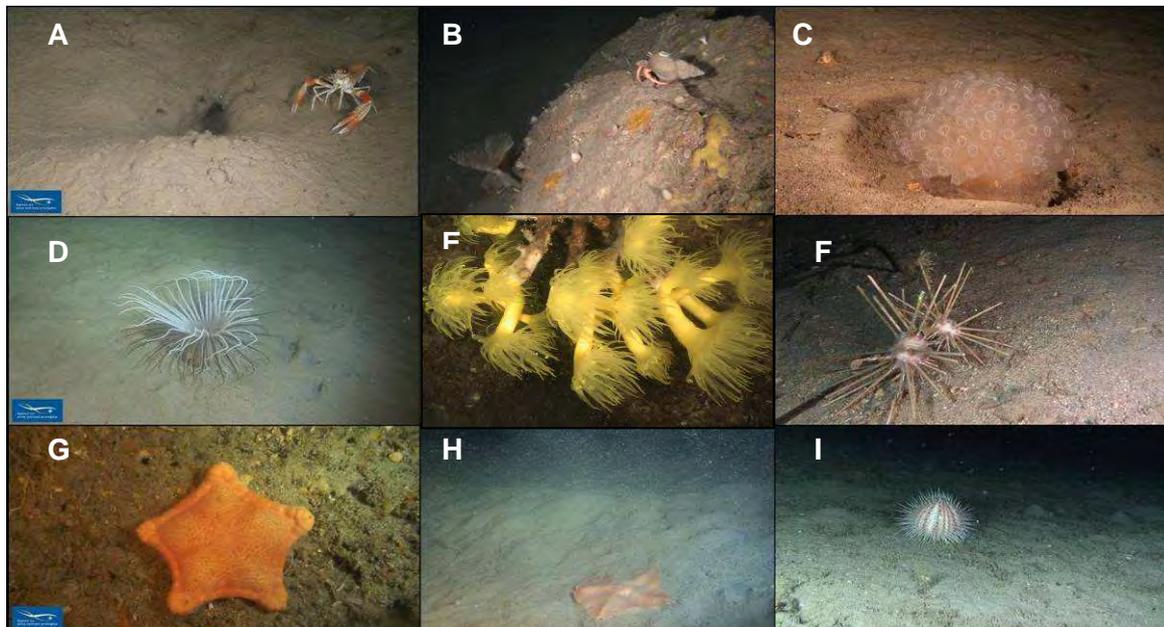
Durant cette campagne, des espèces rarement observées ont pu être photographiées (Photos 26). Les espèces non identifiées mériteraient d'être prélevées afin qu'un spécialiste détermine leur taxinomie. La liste d'espèces présentée ci-dessous n'est pas une liste exhaustive.



Photos 26 : Des espèces rarement observées, photographiées durant la campagne MEDSEACAN. (A) Nudibranches indéterminés (Sète) (B) Nudibranches indéterminés (Cap Sicié), (C) Nudibranche *Tethys fimbria* (Cannes), (D) Raie *Raja brachyura* (Cannes), (E) Requin *Hexanchus griseus* (Planier), (F) Requin *Centrina* sp. (Lacaze-Duthiers), (G), (H) et (I) Cnidaires indéterminés (Sicié, Planier et Cassidaigne).

3.4.2 Espèces à large répartition

Des espèces sont observées dans de nombreuses plongées, elles ne semblent pas inféodées à une biocénose particulière, et on les retrouve sur une large amplitude bathymétrique (Tableau 9). Ces espèces font partie, dans la majorité des cas, aux groupes des crustacés et des échinodermes (Photos 27). La liste d'espèces présentée ci-dessous n'est pas une liste exhaustive.



Photos 27 : Différentes espèces aux larges répartitions géographique et bathymétrique, rencontrées lors de la campagne MEDSEACAN. (A) Langoustine *Nephrops norvegicus* (B) Bernard l'hermite *Dardanus arrosor*, (C) Ascidie *Diazona violacea*, (D) Hexacoralliaire *Cerianthus* spp, (E) Corail jaune *Dendrophyllia cornigera*, (F) Oursin crayon *Cidaris cidaris*, (G) Asteroïde *Peltaster placenta*, (H) Asteroïde *Anseropoda placenta*, (I) Oursin *Echinus acutus* (ou *Gracilechinus acutus*).

Tableau 9 : Fourchettes d'observation d'espèces à large répartition observées durant la campagne MEDSEACAN

Espèce	Plage d'observation	Amplitude bathymétrique (m)
<i>Nephrops norvegicus</i>	270-515 m	245
<i>Dardanus arrosor</i>	150-450 m	300
<i>Diazona violacea</i>	170-520 m	350
<i>Cerianthus</i> spp.	110-700 m	590
<i>Dendrophyllia cornigera</i>	85-430 m	345
<i>Cidaris cidaris</i>	70-675 m	605
<i>Echinus acutus</i> (ou <i>Gracilechinus acutus</i>).	145-585 m	440
<i>Peltaster placenta</i>	75-550 m	475
<i>Anseropoda placenta</i>	225-455 m	230

4 Conclusion

Les données de la campagne MEDSEACAN, acquises dans l'ensemble des canyons continentaux à l'échelle de la façade méditerranéenne, sont d'une grande valeur scientifique. Les photos des espèces observées pendant la campagne sont présentées en annexe à la fin du document.

Les écosystèmes de l'étage bathyal observés pendant la campagne MEDSEACAN (200 à 800 m) se sont révélés être très diversifiés (habitats, paysages, assemblages, espèces). Sur les fonds meubles, la biocénose des vases bathyales a pu être observée ainsi que ses faciès de vase compacte à *Isidella elongata*, de vase molle à *Funiculina quadrangularis* et de vase sableuse à *Thenia muricata*. Sur les fonds durs, la biocénose des coraux profonds et la biocénose des roches profondes en général ont été explorées. Trois assemblages, qui pourraient être définis comme des faciès, ont été localisés à plusieurs reprises : les couvertures de *Neopycnodonte zibrowii* (Huîtres géantes), les zones à *Viminella flagellum* (gorgone-fouet) et les zones à *Callogorgia verticillata*.

Certains assemblages considérés comme 'sensibles' par la Commission générale des pêches pour la Méditerranée ont pu être observés et localisés. Il s'agit du faciès de la vase compacte à *Isidella elongata* et du faciès des vases molles à *Funiculina quadrangularis*.

D'autres biocénoses, considérées comme des Ecosystèmes Marins Vulnérable (VME) au sens de la FAO et de l'ONU, ont aussi été localisées. Leur répartition géographique a été étendue. En effet, les coraux d'eau froide (*Lophelia pertusa* et *Madrepora oculata*) étaient connus dans les canyons de Lacaze-Duthiers et de la Cassidaigne. Or grâce à la campagne MEDSEACAN, *Madrepora oculata* a aussi été observée dans les canyons de Bourcart, Sicié et du Var, sous forme de nouvelles petites colonies. Cette information génère des questions quant à la reproduction et la progression géographique des coraux d'eau froide d'un canyon à un autre en Méditerranée française. Les études génétiques apporteraient probablement des réponses à ces questions.

Quelques biocénoses de l'étage circalittoral (60 à 200 m) ont parfois été observées en fin de plongées, en général les enregistrements vidéos commencent vers 800 m et se terminent sur le plateau. Ces plongées ont confirmé que cette zone bathymétrique, très peu étudiée par le passé, était bien une zone très diversifiée, aussi bien au niveau des biotopes que des espèces. Sur les substrats meubles, la biocénose du détritique côtier a été observée avec ses associations à *Laminaria rodriguezii*, son faciès à grands bryozoaires et un faciès à *Sabella pavonina* non décrit jusqu'alors, la biocénose du détritique du large avec son faciès à *Leptometra phalangium*, et la biocénose des sables détritiques à *Gryphus vitreus*. Sur les substrats durs, la biocénose du

coralligène avec son faciès à *Eunicella cavolinii* et son faciès à *Paramuricea clavata* a pu être localisée notamment sur les bancs rocheux.

Les biocénoses des bancs rocheux du plateau (Banc de l'Esquive, Banc des Blauquières, Banc du Magaud, Banc de la Nioulargue) n'ont pas été étudiées récemment. Pourtant celles-ci constituent des îlots de biodiversité fragiles qui sont peut-être des « réserves » d'espèces dont les propagules permettent peut-être de repeupler les étages impactés (ex. mortalité des gorgones côtières à cause des hausses de température). Beaucoup d'interrogations restent posées quant au fonctionnement de ces écosystèmes. Comprendre leur fonctionnement permettraient de mieux appréhender l'évolution de ces biocénoses par rapport aux impacts anthropiques (changement climatique, pêche profonde, etc.).

Les informations extraites des enregistrements vidéos ont été organisées dans un SIG dans lequel sont géoréférencées les biocénoses, les faciès et les espèces observées dans les différents canyons. Ce SIG contient non seulement les données de la campagne MEDSEACAN, mais aussi les données d'autres plongées enregistrées au cours d'autres campagnes en Méditerranée française. Ce SIG est un outil de travail du LER/PAC, il sera alimenté au fur et à mesure que de nouvelles campagnes seront réalisées avec des submersibles dans les eaux méditerranéennes françaises, et que de nouvelles vidéos seront traitées à l'Ifremer.

Toutes les couches du SIG seront archivées à terme dans Sextant, le Serveur de données géographiques et de référence de l'Ifremer (www.ifremer.fr/sextant).

Chaque dépouillement vidéo a donné lieu à une liste chronologique des organismes observés. Ainsi, après formatage, les observations extraites des vidéos ont été intégrées dans les logiciels Alamer (satellite de la base de donnée Biocean). Les comptes-rendus chronologiques des plongées ainsi générés seront archivés dans la base de données Biocean (www.ifremer.fr/biocean) de l'Ifremer.

Les trois fiches produites pour l'Evaluation Initiale de la DCSMM sur les biocénoses des fonds meubles, fonds durs et habitats particuliers de l'étage bathyal et abyssal en Méditerranée sont présentées en annexe, ainsi que les photos de toutes les espèces qui ont pu être identifiées sur les vidéos.

Bibliographie

- Bellan-Santini D, Bellan G, Bittar G, Harmelin JG, Pergent G (2002) Handbook for interpreting types of marine habitat for the selection of sites to be included in the national inventories of natural sites of conservation interest, Tunis
- Blanc JJ, Pérès JM, Picard J (1959) Coraux profonds et thanatocoenoses quaternaires en Méditerranée La topographie et la géologie des profondeurs océaniques. Coll. Int. C.N.R.S, Nice-Villefranche, p 185-192
- Bo M, Bavestrello G, Canese S, Giusti M, Angiolillo M, Cerrano C, Salvati E, Greco S (2010) Coral assemblage off the Calabrian Coast (South Italy) with new observations on living colonies of *Antipathes dichotoma*. Italian Journal of Zoology
- Cameron A, Askew N (2011) EUSeaMap - Preparatory Action for development and assessment of a European broad-scale seabed habitat map final report
- Carpine C (1970) Ecologie de l'étage bathyal dans la Méditerranée occidentale. Mémoires de l'Institut océanographique de Monaco 2:53-103
- Colloca F, Carpentieri P, Balestri E, Ardizzone GD (2004) A critical habitat for Mediterranean fish resources: shelf-break areas with *Leptometra phalangium* (Echinodermata : Crinoidea). Mar Biol 145:1129-1142
- Commission européenne (2008) Règlement (CE 734/2008) sur la protection des écosystèmes marins vulnérables de haute mer contre les effets néfastes de l'utilisation des engins de pêche
- Danovaro R, Company JB, Corinaldesi C, D'Onghia G, Galil BS, Gambi C, Gooday A, Lampadariou N, Luna GM, Morigi C, Olu K, Polymenakou P, Ramirez-Llodra E, Sabbatini A, Sarda F, Sibuet M, Tselepides A (2010) Deep-sea Biodiversity in the Mediterranean Sea: The known, the Unknown, and the knowable. Plos One 5:1-25
- Dauvin J-C, Bellan G, Bellan-Santini D (2008a) The need for clear and comparable terminology in benthic ecology. Part I. Ecological concepts. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 18:432-445
- Dauvin JC, Bellan G, Bellan-Santini D (2008b) The need for clear and comparable terminology in benthic ecology. Part I. Ecological concepts. Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems 18:432-445
- Dauvin JC, Bellan G, Bellan-Santini D (2010) Benthic indicators: From subjectivity to objectivity - Where is the line? Marine Pollution Bulletin 60:947-953
- Emig CC (1985) Distribution et synécologie des fonds à *Gryphus vitreus* (Brachiopoda) en Corse. Mar Biol 90:139-146
- Falconetti C (1980) Bionomie benthique des fonds situés à la limite du plateau continental du banc du magaud (îles d'Hyères) et de la région de Calvi (Corse). Docteur es Science, Nice
- FAO (2009) Guide internationale pour la gestion de la pêche profonde en haute mer, FAO, Rome
- GFCM SAC (2009) Criteria for the identification of sensitive habitats of relevance for the management of priority species (General Fisheries Commission for the Mediterranean), Malaga
- Gili JM, Bouillon J, PagÈS F, Palanques A, Puig P (1999) Submarine canyons as habitats of prolific plankton populations: three new deep-sea Hydroidomedusae in the western Mediterranean. Zoological Journal of the Linnean Society 125:313-329
- Laborel J, Pérès JM, Picard J, Vacelet J (1961) Etude directe des fonds des parages de Marseille de 30 à 300m avec la soucoupe plongeante Cousteau. Bull Inst océanogr Monaco 1206:1-15
- Laubier L, Emig CC (1993) La faune benthique profonde de méditerranée. In: Croce NFRD (ed) Symposium Mediterranean Seas 2000, Santa Margherita Ligure, p 15
- Levin LA, Sibuet M, Gooday AJ, Smith CR, Vanreusel A (2010) The roles of habitat heterogeneity in generating and maintaining biodiversity on continental margins: an introduction. Mar Ecol-Evol Persp 31:1-5
- Maier C, Hegeman J, Weinbauer MG, Gattuso JP (2009) Calcification of the cold-water coral *Lophelia pertusa* under ambient and reduced pH. Biogeosciences 6:1671-1680

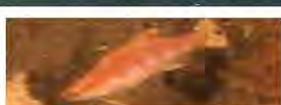
- Mastrototaro F, D'Onghia G, Corriero G, Matarrese A, Maiorano P, Panetta P, Gherardi M, Longo C, Rosso A, Sciuto F, Sanfilippo R, Gravili C, Boero F, Taviani M, Tursi A (2010) Biodiversity of the white coral bank off Cape Santa Maria di Leuca (Mediterranean Sea): An update. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 57:412-430
- Maurin C (1962) Étude des fonds chalutables de la Méditerranée occidentale (Écologie et Pêche). *Rev Trav Inst Pêche marit* 26:163-220
- ONU (2007) Résolution 61/105 adoptée par l'Assemblée générale sur la viabilité des pêches, notamment grâce à l'accord de 1995 aux fins de l'application des dispositions de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer du 10 décembre 1982 relatives à la conservation et à la gestion des stocks de poissons dont les déplacements s'effectuent tant à l'intérieur qu'au delà de zones économiques exclusives (stocks chevauchants) et des stocks de poissons grands migrateurs, et d'instruments connexes, ONU
- Orejas C, Ferrier-Pages C, Reynaud S, Gori A, Beraud E, Tsounis G, Allemand D, Gili JM (2011) Long-term growth rates of four Mediterranean cold-water coral species maintained in aquaria. *Marine Ecology-Progress Series* 429:57-65
- Pérès JM, Picard J (1964) Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Recueil des travaux de la Station Marine d'Endoûme* 31:1-137
- Pergent G, Bellan-Santini D, Bellan G, Bitar G, Harmelin JG (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, PNUE, PAM, CAR/ASP
- Sánchez F, Serrano A, Ballesteros MG (2009) Photogrammetric quantitative study of habitat and benthic communities of deep Cantabrian Sea hard grounds. *Continental Shelf Research* 29:1174-1188
- Sarda F, Calafat A, Flexas MM, Tselepides A, Canals M, Espino M, Tursi A (2004) An introduction to Mediterranean deep-sea biology. *Scientia Marina* 68:7-38
- Sartoretto S, Francour P, Harmelin JG, Charbonnel E (1997) Observations in situ de deux Labridae profonds, *Lappanella fasciata* et *Acantholabrus palloni*, en Méditerranée nord-occidentale, Vol 21. Société française d'ichtyologie, Paris, FRANCE
- Sultan S, Gaudin M, Berne S, Canals M, Urgeles R, Lafuerza S (2007) Analysis of slope failures in submarine canyon heards: An example from the Gulf of Lions. *Journal of Geophysical Research-Oceans* 112:1-61
- Tsounis G, Orejas C, Reynaud S, Gili JM, Allemand D, Ferrier-Pages C (2010) Prey-capture rates in four Mediterranean cold water corals. *Marine Ecology-Progress Series* 398:149-155
- Tursi A, Mastrototaro F, Matarrese A, Maiorano P, D'onghia G (2004) Biodiversity of the white coral reefs in the Ionian Sea (Central Mediterranean). *Chemistry and Ecology* 20:107 - 116
- Vacelet J (ed) (1969) Eponges de la roche du large et de l'étage bathyal de Méditerranée (Récoltes de la soucoupe plongeante cousteau et dragages), Vol
- Vaissière R, Carpine C (1964) Compte-rendu de plongées en soucoupe plongeante SP 300 (Région A1: Cap Camarat-St Tropez) - Fascicule 4. *Bull Inst océanogr Monaco* 63:1-32
- Vaissière R, Fredj G (1964) Etude photographique préliminaire de l'étage bathyal dans la région de Saint-Tropez - Fascicule 5. *Bull Inst océanogr Monaco* 64:1-70
- Vertino A, Savini A, Rosso A, Di Geronimo I, Mastrototaro F, Sanfilippo R, Gay G, Etiope G (2010) Benthic habitat characterization and distribution from two representative sites of the deep-water SML Coral Province (Mediterranean). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 57:380-396
- Waller R, Tyler P (2005) The reproductive biology of two deep-water, reef-building scleractinians from the NE Atlantic Ocean. *Coral Reefs* 24:514-522
- Wisshak M, López Correa M, Gofas S, Salas C, Taviani M, Jakobsen J, Freiwald A (2009) Shell architecture, element composition, and stable isotope signature of the giant deep-sea oyster *Neopycnodonte zibrowii* sp. n. from the NE Atlantic. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 56:374-407

ANNEXES Taxinomiques

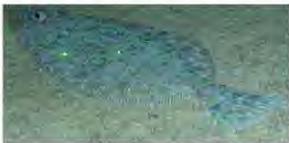
Fiches d'aide à l'identification des poissons

Téléostéens des canyons méditerranéens				
Ordre	Famille	Espèce	Photo	Ecologie
Gadiformes	Macrouridae	<i>Hymenocephalus italicus</i>		Biocénose des vases bathyales
	(Grenadiers)	<i>Coelorinchus caelorhincus</i>		Biocénose des vases bathyales
		<i>Trachyrinchus scabrus</i>		Biocénose des vases bathyales
		<i>Nezumia aequalis</i>		Biocénose des vases bathyales
	Moridae	<i>Phycis blennoides</i>		Biocénose des vases bathyales/ roches profondes
		<i>Phycis phycis</i> (mostelle)		Biocénose du coralligène
	Gadidae	<i>Gadiculus argenteus</i> (« speedy »)		Biocénose des vases bathyales
		<i>Molva dypterygia</i>		Biocénose des vases bathyales
		<i>Micromesistius poutassou</i> (Merlan bleu)		Biocénose des vases bathyales
	Merlucciidae	<i>Merluccius merluccius</i> (merlu)		Biocénose des vases bathyales

Téléostéens des canyons méditerranéens

Ordre	Famille	Espèce	Photo	Ecologie
Perciformes	Caproidae	<i>Capros aper</i> (sanglier)		Biocénose des vases bathyales, détritique, 200-300 m
	Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i> (chinchard)		En banc, bathypélagique
	Callionymidae	<i>Synchiropus phaeton</i>		Biocénose des vases bathyales
	Epigonidae	<i>Epigonus denticulatus</i>		Bas de falaise, grottes 250 m min
	Labridae	<i>Labrus mixtus</i> (coquette)		Biocénose du coralligène
		<i>Acantholabrus palloni</i>		Habitat peu connu, roche, détritique 200-400 m
		<i>Lappanella fasciata</i>		Rare Biocénose du coralligène (50-150 m ?) Caché dans gorgones
	Polyprionidae	<i>Polyprion americanus</i> (cernier)		40-400m, fonds rocheux ou sablo-vaseux
	Sparidae	<i>Pagellus bogaraveo</i> (Pageot rose)		250 m max
	Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i> (serran chèvre)		Biocénose du coralligène
		<i>Anthias anthias</i>		Biocénose du coralligène
	Trichiuridae	(Poissons sabres)		Biocénose des coraux blancs, biocénose des roches profondes
Zoarcidae	<i>Melanostigma atlanticum</i>		Bathypélagique, à partir de 400m	

Ordre	Famille	Espèce	Photo	Écologie
Perciformes	Mullidae	<i>Mullus barbatus</i> (rouget)		Biocénose du détritique côtier
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Helicolenus dactylopterus</i> (sébaste)		Très courant, 150m min
		<i>Scorpaena scrofa</i> (rascasse)		Biocénose du coralligène, détritique du large (max 200m)
		<i>Scorpaena notata</i>		Biocénose du coralligène
	Triglidae	<i>Trigla lyra</i> (grondin)		Biocénose des vases bathyales
		<i>Peristedion cataphractum</i>		Biocénose des vases bathyales
Syngnathiformes	Macroamphosinae	<i>Macroramphosus scolopax</i> (bécasse)		De 50 à 350 m
Lophiiformes	Lophiidae	<i>Lophius piscatorius</i> (lotte)		Fonds vaseux 100-1000m
Notacanthiformes		<i>Notacanthus bonaparte</i>		Bathypélagique 450m min
Osmériformes	Argentinidae	<i>Argentina sphyraena</i>		Biocénose des vases bathyales
Beryciformes	Trachichthyidae	<i>Hoplostethus mediterraneus</i> (empereur)		Biocénose des roches profondes

Téléostéens des canyons méditerranéens				
Ordre	Famille	Espèce	Photo	Ecologie
Stomiiformes	Stomiidae	<i>Chauliodus sloani</i>		Vases bathyales 500 m min
		<i>Stomias boa</i>		Vases bathyales 500 m min
Ophidiiformes	Ophidiidae	<i>Benthocometes robustus</i>		Parfois avec Callogorgia verticillata, biocénose des roches profondes 400-1000m
Aulopiformes	Aulopidae	<i>Aulopus filamentosus</i> (limbert)		100-200 m
Zeiformes	Zeidae	<i>Zeus faber</i> (Saint Pierre)		Biocénose du coralligène
Anguilliformes	Congridae	<i>Conger conger</i> (congre)		Substrats durs ou épaves, 1000 m max
	Muraenidae	<i>Muraena helena</i> (Murène)		Biocénose du coralligène, 100 m max
Pleuronectiformes	Scophthalmidae	<i>Lepidorhombus boscii</i>		Biocénose des vases bathyales
		<i>Lepidorhombus whiffiagonis</i> ?		200-400 m

Fiches d'aide à l'identification des requins

Elasmobranches des canyons méditerranéens français				
Ordre	Famille	Espèce	Photo	Ecologie
Carchariniformes	Scyliorhinidae	<i>Scyliorhinus canicula</i> (roussette)		Biocénose des vases bathyales
	Triakidae	<i>Galeus melastomus</i>		Biocénose des vases bathyales
Squaliformes	Dalatiidae	<i>Etmopterus spinax</i>		Biocénose des vases bathyales
		<i>Oxynotus centrina</i> (centrine)		
Hexanchiformes	Hexanchidae	<i>Hexanchus griseus</i>		

Fiches d'aide à l'identification des crustacés

Crustacés décapodes des canyons méditerranéens				
Ss -ordre	Famille	Espèce	Photo	Ecologie
Brachyoura	Homolidae	<i>Paromola cuvieri</i>		Biocénose des roches profondes, vases bathyales
		<i>Homola barbata ?</i>		Identification incertaine, à prélever
	Portunidae	<i>Macropipus tuberculatus</i>		Biocénose des vases bathyales, 150-400m
		<i>Bathynectes maravigna</i>		Peu fréquent, min 250m biocénose des roches profondes
	Inachidae	<i>Macropodia longipes ?</i>		Identification incertaine, à prélever
		<i>Ergasticus clouei ?</i>		Rare, à prélever

Crustacés décapodes des canyons méditerranéens				
Ss-ordre	Famille	Espèce	Photo	Ecologie
Brachyoura	Parthenopoidea	<i>Spinolambrus macrochelos</i>		Fonds sablo-vaseux 400m max ?
	Epiplatidae	<i>Anamathia rissoana</i>		Ecologie peu connue, observée sur gorgones
Anomura	Paguridae	<i>Pagurus prideaux</i>		Espèce à large répartition écologique
	Diogenidae	<i>Dardanus arrosor</i> (Bernard l'ermite)		Espèce à large répartition écologique
	Galatheidae	<i>Galathea strigosa</i>		Biocénose du coralligène mais signalée jusqu'à 600m
<i>Munida sp</i>			Plusieurs espèces, très fréquentes, à partir de 100m	

Crustacés décapodes des canyons méditerranéens				
Ss-ordre	Famille	Espèce	Photo	Ecologie
Astacidea	Nephropidae	<i>Nephrops norvegicus</i> (langoustine)		Biocénose des vases bathyales, en dessous de 250 m
Caridea	Pandalidae	<i>Plesionika edwardsii</i>		Fonds sablo-vaseux
		<i>Plesionika narval</i>		Biocénose des roches profondes, grottes
		<i>Plesionika acanthonotus</i> ?		Biocénose des roches profondes ?
Achelata	Palinuridae	<i>Palinurus elephas</i> (langouste)		Biocénose du coralligène, 160 m max
		<i>Palinurus mauritanicus</i>		En dessous de 200 m

Fiches d'aide à l'identification des éponges

Porifères : Demosponges des canyons méditerranéens français			
Ordre	Espèce	Photo	Ecologie
Haplosclerida	<i>Haliclona magna</i>		Biocénose de la roche du large, Entre 150 et 300m
	<i>Haliclona poecillastroides</i>		Biocénose de la roche du large, coralligène
Astrophorida	<i>Poecillastra compressa</i>		Biocénose de la roche du large, Entre 150 et 300m
	<i>Thenea muricata</i>		Biocénose des vases bathyales

Porifères : Demosponges des canyons méditerranéens français

Ordre	Espèce	Photo	Ecologie
Agelasida	<i>Agelas oroides</i>		Biocénose du coralligène
Halichondrida	<i>Axinella polypoides</i>		Biocénose du coralligène
	<i>Axinella damicornis</i>		Biocénose du coralligène
	<i>Phakellia ventilabrum</i>		Biocénose de la roche du large ?

Porifères : Demosponges des canyons méditerranéens français

Ordre	Espèce	Photo	Ecologie
Poecilosclerida	<i>Asbestopluma hypogea</i> (Éponge carnivore)		Très rare, à prélever
	<i>Hamacantha falcula</i>		Fréquente à partir de 300m
Hadromerida	<i>Rhizaxinella pyrifer</i>		Fonds sablo-vaseux
Verongida	<i>Hexadella sp</i>		Fréquente, 400m max ?

Porifères : Hexactinellides des canyons méditerranéens français			
Ordre	Espèce	Photo	Ecologie
Hexactinosida	<i>Tretodictyum tubulosum</i>		Fréquente au-delà de 400m de profondeur Biocénose des roches profondes
Lyssacinosida	<i>Oopsacas minuta</i>	 <small>doris.ffesrm.fr © Jean-Georges HARMELIN</small>	Très rare, à prélever

Fiches d'aide à l'identification des cnidaires

Cnidaires Octocoralliaires des canyons méditerranéens français			
Famille	Espèce	Photo	Ecologie
Acanthogorgiidae	<i>Acanthogorgia hirsuta</i>		Biocénose des roches profondes
Gorgoniidae	<i>Eunicella cavolinii</i>		Biocénose du coralligène, 150m max
	<i>Eunicella verrucosa</i>		Substrats durs 100m min
Plexauridae	<i>Swiftia pallida</i>		Substrats durs 150-200m min
	<i>Paramuricea clavata</i>		Biocénose du coralligène, 100m max

Cnidaires Octocoralliaires des canyons méditerranéens français			
Famille	Espèce	Photo	Ecologie
Alcyoniidae	<i>Alcyonium coralloides</i> (Faux corail)		Biocénose du coralligène, Parasite gorgones, antipathaires
	<i>Alcyonium glomeratum</i>		
Paralcyoniidae	<i>Paralcyonium spinulosum</i>		
Ellisellidae	<i>Viminella flagellum</i> (Gorgone fouet)		Biocénose des roches profondes, envasement faible
Primnoidae	<i>Callogorgia verticillata</i>		Biocénose des roches profondes, sur dalles horizontales, entre 300 et 400 m en général
Isididae	<i>Isidella elongata</i>		Biocénose des vases bathyales, 500m min
Coralliidae	<i>Corallium rubrum</i> (corail rouge)		Biocénose du coralligène, grottes

Cnidaires Octocoralliaires des canyons méditerranéens français			
Famille	Espèce	Photo	Ecologie
Virgulariidae	<i>Virgularia mirabilis</i>		Biocénose des vases bathyales
Funiculinidae	<i>Funiculina quadrangularis</i>		Biocénose des vases bathyales
Pennatulidae	<i>Pennatula rubra</i>		Biocénose des vases bathyales
Kophobelemnidae	<i>Kophobelemnon leucharti</i>		Biocénose des vases bathyales

Cnidaires Hexacoralliaires des canyons méditerranéens français			
Famille	Espèce	Photo	Ecologie
Antipathidae (Corail noir)	<i>Antipathes dichotoma</i>		Biocénose des roches profondes
	<i>Antipathes fragilis</i>		Biocénose des roches profondes
Myriopathidae	<i>Antipathella subpinnata</i>		Biocénose de la roche du large ?
Leiopathidae	<i>Leiopathes glaberrima</i>		Biocénose de la roche du large ?
Schizopathidae	<i>Parantipathes larix</i>		Biocénose des roches profondes

Cnidaires Hexacoralliaires des canyons méditerranéens français			
Famille	Espèce	Photo	Ecologie
Dendrophylliidae	<i>Dendrophyllia cornigera</i>		Biocénose des roches profondes Biocénose de la roche du large 400m max ?
Caryophylliidae	<i>Desmophyllum dianthus</i>		Biocénose des coraux blancs, biocénose des roches profondes
	<i>Lophelia pertusa</i>		Biocénose des coraux blancs, 250m min ?
	<i>Caryophyllia sp</i>		Biocénose des roches profondes
Oculinidae	<i>Madrepora oculata</i>		Biocénose des coraux blancs 200m min

ANNEXES DCSMM Evaluation Initiale

Dans le cadre de l'évaluation initiale des écosystèmes pour la DCSMM, les trois fiches de synthèses suivantes ont été rédigées :

Biocénoses des fonds durs du bathyal et de l'abyssal en Méditerranée

Biocénoses des fonds meubles du bathyal et de l'abyssal en Méditerranée

Habitats particuliers du bathyal et de l'abyssal en Méditerranée

Celles-ci sont présentées ci après.

Biocénoses des fonds durs du bathyal et de l'abyssal / SRM MO

Marie-Claire Fabri, Laura Pedel

Ifremer Toulon, Z.A. Bregailon, 83500 La Seyne sur Mer

Avec la participation de Stéphane Sartoretto (Ifremer Toulon), Jean Vacelet (CNRS & Univ. Marseille, Nardo Vicente (IMBE Université Paul Cézanne)

1. Introduction

Sur les substrats durs vit essentiellement de la faune fixée. Les dragues à roches permettent de récolter des blocs qui sont parfois recouverts de faune fixée encroûtante. Mais aucun moyen de prélèvement classique (chalut, carottier, drague) ne permet de prélever sur de la roche en place, ainsi les spécimens fixés sur celle-ci ne peuvent pas être étudiés. Il a donc fallu attendre que les développements technologiques permettent aux scientifiques d'accéder au monde sous-marin profond (bathyscaphes, sous-marins et robots) avant de rendre l'étude de ces écosystèmes possible. Cependant même avec des moyens sous-marins, les prélèvements sur substrats durs restent difficiles, voir impossibles. Les moyens vidéos sous-marins sont donc le seul outil disponible pour étudier la faune fixée. Or les zones bathyales et abyssales sont aphotiques, un éclairage est donc indispensable ce qui entraîne des contraintes technologiques particulières et influe sur la qualité des images. L'information sur la faune se trouve sur des vidéos enregistrées à un moment donné, avec une emprise sur le fond qui peut varier (zoom pour reconnaissance) ou non (transects vidéos avec focale constante dans l'objectif de mesurer des densités) selon l'objectif recherché, ce qui influence le traitement de celle-ci. La qualité des enregistrements vidéos progresse constamment, pourtant la reconnaissance des organismes peu connus nécessite tout de même des prélèvements pour confirmation. La faune de substrats durs est donc encore peu connue. L'ensemble des enregistrements vidéos à disposition des scientifiques ne représente qu'une infime partie des substrats durs existants.

Dans la sous-région Méditerranée occidentale française les substrats durs sont majoritairement localisés dans les canyons sous-marins. Les pentes continentales sont entaillées par des canyons, qui se sont formés au cours de la crise de salinité messinienne alors que la Méditerranée était presque asséchée. Les rivières ont creusé leurs lits à l'air libre puis le niveau de la mer remontant (entrée d'eau atlantique par Gibraltar), les canyons se sont trouvés immergés. Certains canyons sont encore actifs (connectés à une rivière) alors que d'autres ne le sont plus. Certains d'entre eux sont envasés et d'autres présentent la roche à nu ou presque. Ces roches nues sont recouvertes par une faune fixée dès que les conditions nutritives et hydrodynamiques le permettent. Ainsi les phénomènes hydrologiques tels que les "*upwelling*" (remontées d'eau de fonds riches en sels nutritifs), ou le "*cascading*" (courants descendants riches en apports organiques terrigènes) favorisent l'installation de certaines espèces dans les structures accidentées que sont les canyons. C'est ainsi qu'une faune fixée parfois de grande taille (gorgones, coraux) s'installe sur les roches affleurant dans les canyons. Elle est visible sur les vidéos sous-marines récentes et la répartition de certaines communautés bathyales a pu être décrite dans le cadre de l'état initial. Il existe aussi une faune fixée de petite taille difficilement visible sur les vidéos, mais visible à l'oeil nu dans les prélèvements. Elle est soit épibionte de la faune de plus grande taille (nudibranches, gastéropodes, polychètes), ou encroûtante (éponges, ascidies, bryozoaires). Elle peut être prélevée par hasard sur des organismes de plus grande taille, ou sur des blocs rocheux.

Dans cette fiche les termes communautés et biocénoses sont considérés comme synonymes [1].

1.1. Les données existantes

Les premières études ont été initiées par le prince Albert Ier de Monaco, entre 1884 et 1914. Il a réalisé une série de 28 campagnes de chalutage et de dragage, à la fois en Atlantique et en Méditerranée, ce qui a donné lieu à l'édition de 110 fascicules de descriptions d'espèces profondes ("Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier prince souverain de Monaco") parus entre 1889 et 1950. Puis dans les années 1950-1960 la troika (appareil photo tracté) et les soucoupes plongeantes de J-Y Cousteau ont contribué aux premières observations directes. Cela a donné lieu à la reconnaissance faunistique de certaines espèces avec la faible qualité d'image de l'époque. Quelques campagnes d'écologie générale en Méditerranée dans la deuxième moitié du 20ème siècle ont produit de l'information éparse [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8].

Entre les années 1970 et 2008 on observe une période pendant laquelle les communautés faunistiques du domaine profond méditerranéen français n'ont pas fait l'objet d'études scientifiques. Quelques campagnes scientifiques ont été menées dans les canyons mais l'objectif n'était pas l'étude de la faune. Les enregistrements vidéos encore disponibles ont été visionnés pour l'état initial (CYATOX 1995). L'étage bathyal de la Corse est quant à lui demeuré inexploité, mise à part la campagne CYLICE 1997 dont l'objectif était l'étude géologique des fonds. Quelques vidéos enregistrées au cours de campagnes d'essais (ESSNAUT 2008, ESSROV 2010, ESSROV 2011) contiennent parfois de l'information sur la faune.

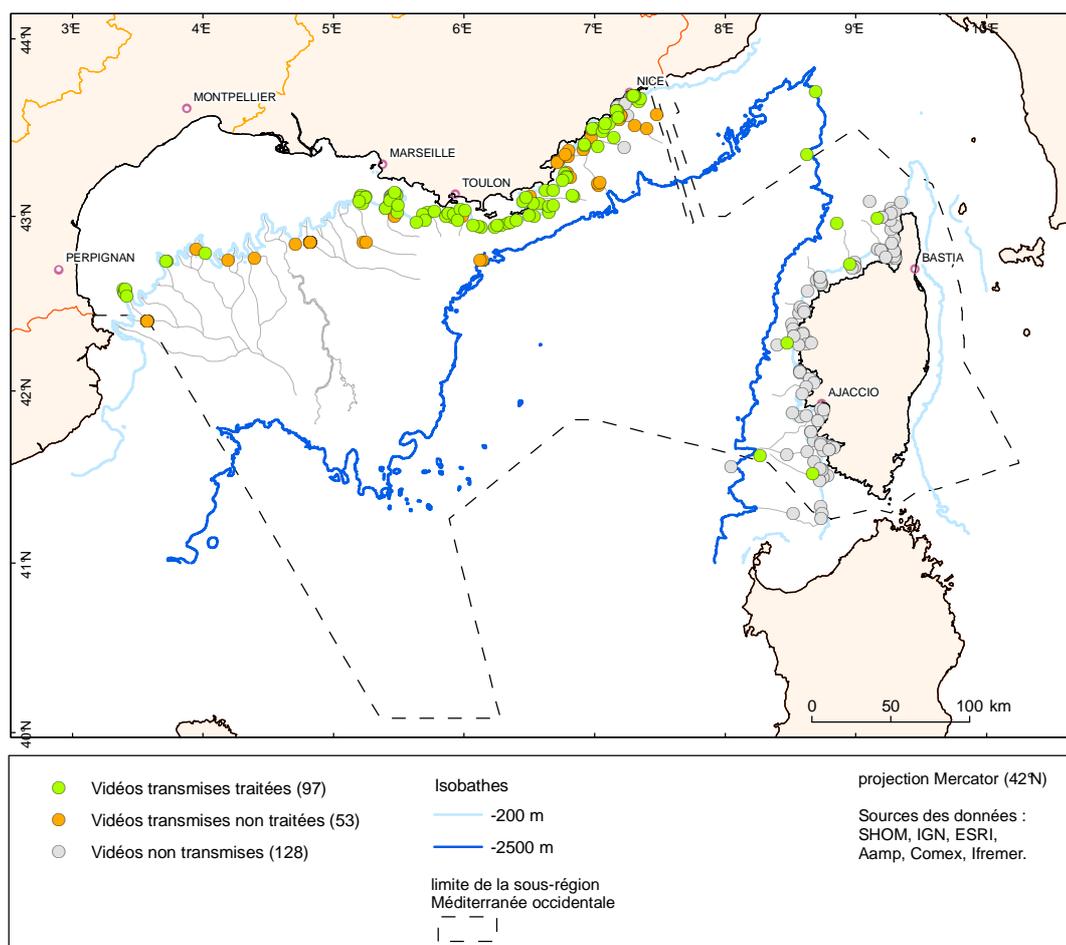


Figure 1 : Localisation géographique des données existantes sur substrat dur en méditerranée occidentale (Golfe du Lion, Mer Ligure) dans les zones bathyales et abyssales.

Ainsi les campagnes d'exploration des têtes de canyons en Méditerranée occidentale (MEDSEACAN 2009 et CORSEACAN 2010) réalisées par l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP) avec les moyens de la Comex, constituent une source de données inestimable sur la faune fixée des têtes de canyons (200 m à 800 m).

Actuellement il n'a pas été possible de traiter l'ensemble des données vidéos existantes dans le cadre de l'étude sur la distribution de la faune pour trois raisons : (1) par manque de temps d'où un choix sur la pertinence des vidéos à exploiter, (2) pour cause d'ancienneté des données (certaines vidéos des campagnes CYLICE 1995 et CYATOX 1997 non retrouvées ou de mauvaise qualité) ou (3) parce que les vidéos n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'évaluation initiale de la DCSMM (CORSEACAN 2010 AAMP). Ainsi les données récentes sur les écosystèmes marins profonds de Corse ne sont pas traitées dans cette fiche.

La répartition de certaines communautés de faune benthique a pu être décrite dans le cadre de l'état initial, cependant la qualité des enregistrements vidéos a fortement influencé la reconnaissance faunistique. Les communautés présentées ci-dessous sont principalement celles qui ont été observés sur les vidéos de la campagne MEDSEACAN 2009 (AAMP/Comex).

2. Les roches bathyales

L'étage bathyal s'étend du rebord du plateau continental (200 m) et s'enfonce le long de la pente continentale jusqu'à la partie des fonds à pente adoucie qui se trouve immédiatement au pied de ce talus (2500 m sur les cartes de cette fiche). Cet étage est caractérisé par l'absence de lumière et une forte homothermie de 300 m jusqu'au fond où la température avoisine les 13°C. La pente continentale et plus particulièrement les canyons, incisant la pente, sont reconnus comme étant des zones de transfert de matière et d'énergie entre le plateau continental et l'océan profond. Ces transferts ont un impact fort sur la distribution et la composition des assemblages benthiques, ainsi la biodiversité dans les canyons serait plus élevée qu'aux alentours [9]. La distribution des communautés installées sur les roches bathyales est influencée par l'hydrodynamisme. Un hydrodynamisme soutenu entraîne un apport de matière organique tout en empêchant l'envasement des roches bathyales, ce qui permet l'installation de la faune fixée.

2.1. Les communautés des roches bathyales

Les roches bathyales sont constituées de roches isolées dans la vase, de blocs, ou de falaises qui descendent jusqu'à 1500 m de fond. Ces roches présentent une couverture faunistique qui diminue avec la profondeur. De plus, les communautés installées sur ces roches diffèrent suivant le type du substrat, son inclinaison et la quantité de vase. Hormis les communautés de coraux blancs profonds (voir fiche "habitats particuliers"), les communautés des roches bathyales ont rarement fait l'objet d'études approfondies.

La campagne MEDSEACAN 2009 (AAMP/Comex) a permis une première observation des différentes communautés des roches bathyales qui se rencontrent entre 250 et 800 m de profondeur dans les canyons continentaux de Méditerranée occidentale. D'après ces observations, avec les problèmes de taxinomie inhérents aux identifications sur vidéos, une première approche de la biodiversité dans les têtes de canyon a pu être réalisée. Les communautés de faune des roches bathyales présentent une diversité plus élevée dans certains canyons que dans d'autres. Jusqu'à une soixantaine d'espèces ont pu être identifiées dans les

canyons de Lacaze-Duthiers, du Planier, de la Cassidaigne, du Cap Sicié ou au large de l'île de Porquerolles contre une vingtaine d'espèces dans les canyons du Var, des Stoechades ou au large des îles de Port Cros et du Levant. Au total, plus de 90 espèces différentes ont été identifiées vivant sur ou proche des roches bathyales sur 2900 spécimens, dont 26% identifiés seulement du phylum (essentiellement des éponges) à l'ordre, 16% à la famille, et 58% identifiés jusqu'au genre ou à l'espèce.

Ci-dessous nous décrivons trois communautés qui présentent chacune une espèce structurante favorisant une biodiversité élevée et dont la répartition géographique est étendue à plusieurs canyons. L'exploration était restreinte à la partie supérieure de l'étage bathyal du fait des moyens d'exploration utilisés pendant la campagne MEDSEACAN (80 0m maximum).

Cependant au delà de 800 m des communautés benthiques ont été observées sur les enregistrements vidéos des campagnes CYLICE 1997 et ESSNAUT 2008. Il s'agit de gorgones profondes (Plexauridae), d'antipathaires ou de coraux solitaires (*Desmophyllum dianthus*, *Javania cailleti*) installés sur des fossiles (thanatocénoses). Ces espèces n'ont jamais fait l'objet d'études scientifiques dédiées à ces profondeurs.

2.1.1. Les huîtres géantes des profondeurs *Neopycnodonte zibrowii*

Des huîtres géantes, jusqu'à 30 cm, qui appartiennent à l'espèce *Neopycnodonte zibrowii* ont été observées recouvrant les parois verticales et les surplombs des canyons méditerranéens de 350 à 750 m (Fig. 2). Il est très difficile de savoir si elles sont vivantes ou sub-fossiles, car cette espèce peut vivre plusieurs siècles [10]. Seuls un ou deux individus vivants ont pu être identifiés au milieu de grands bancs probablement morts.

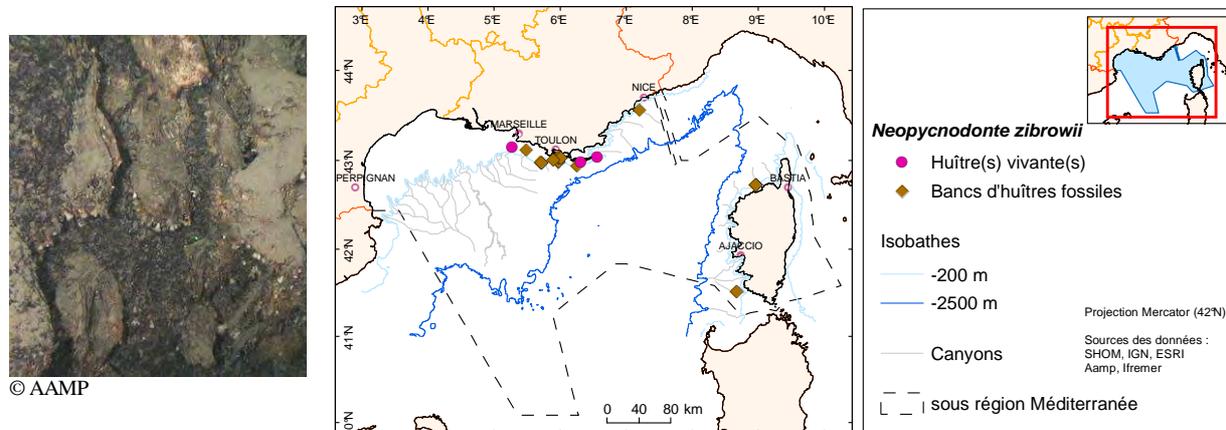


Figure 2 : Carte de localisation des huîtres *Neopycnodonte zibrowii* observées pendant les campagnes MEDSEACAN 2009 (AAMP/Comex), CYLICE 1997, ESSROV 2010 (Ifremer). Elles ont probablement été observées pendant la campagne CORSEACAN 2010 (AAMP), mais les vidéos n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'état initial de la DCSMM.

Ces bancs créent une hétérogénéité importante de l'habitat au niveau des parois abruptes permettant l'installation d'une faune diversifiée. Les coquilles d'huîtres sont ainsi souvent couvertes par des coraux solitaires (*Desmophyllum dianthus*, *Caryophyllia sp.*), des zoanthaires, des gorgonaires, des éponges encroûtantes, etc. et attirent de petits bancs de poissons (*Hoplostethus mediterraneus*).

2.1.2. Les "champs" de gorgones-fouet *Viminella flagellum*

La gorgone-fouet *Viminella flagellum* a été observée à plusieurs reprises. Elles forment des « champs » assez denses recouvrant des surfaces limitées (quelques m²) sur des roches horizontales profondes et peu envasées. L'étude approfondie des enregistrements vidéos a permis d'observer ces colonies dans plusieurs canyons méditerranéens (Cassidaigne, Cap Sicié, Toulon et au large de la presqu'île de Giens) entre 200 et 400 m (Fig. 3).

Les gorgonaires sont des organismes qui se protègent des prédateurs (broueteurs) grâce à leurs défenses structurelle (sclérites) ou chimique, cependant les gorgones-fouet n'ont pas de défense chimique [11]. Seuls les sclérites (pièces calcaires du mésosquelette) protègent les colonies du broitage des prédateurs. Les communautés associées aux gorgones-fouet sont constituées entre autres d'éponges, de corail jaune ou de brachiopodes.

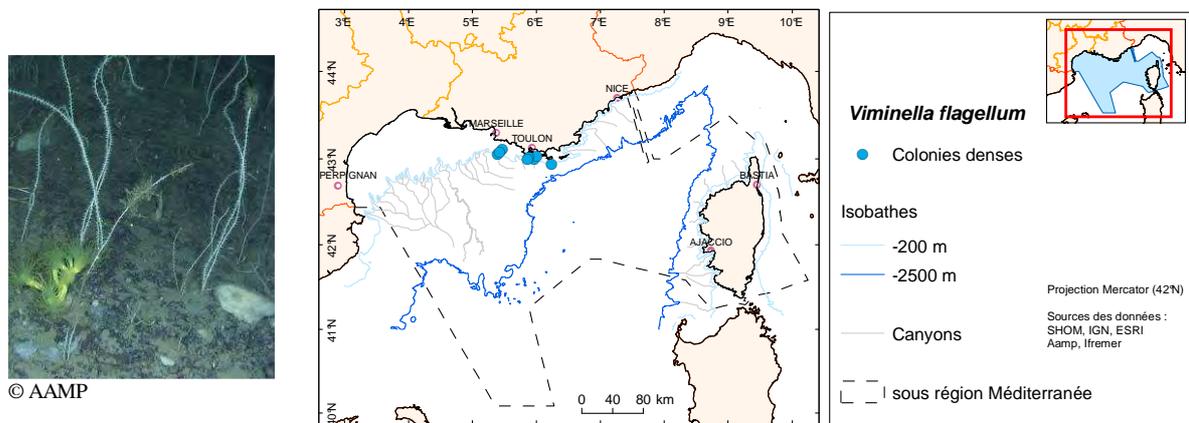


Figure 3 : Carte de localisation des gorgones-fouet *Viminella flagellum* observées pendant la campagne MEDSEACAN 2009 (AAMP/Comex), MARUM 2009 (Marum/Comex). Elles ont probablement été observées pendant la campagne CORSEACAN 2010 (AAMP), mais les vidéos n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'état initial de la DCSMM.

2.1.3. Communautés caractérisées par la gorgone *Callogorgia verticillata*

Les communautés caractérisées par la gorgone *Callogorgia verticillata* (octocoralliaire) ont été étudiées en Atlantique où elles sont constituées notamment d'éponges Geodiidae et Hexactinellida ainsi que de cnidaires solitaires [12], mais n'ont jamais fait l'objet d'étude en Méditerranée.

Pendant la campagne MEDSEACAN 2009 (AAMP/Comex) les *Callogorgia verticillata* ont été observées à plusieurs reprises à des profondeurs avoisinant les 250 à 400 m dans les canyons sous la forme de colonies isolées (Fig. 4). Celles-ci se situent sur des petits replats de surface limitée, le reste des parois dans ces canyons est sans doute trop abrupt pour leur installation.

Une exception a été observée sur une marche rocheuse du canyon de Bourcart par 350 m de profondeur où les *Callogorgia verticillata* ont été filmées presque sans discontinuité sur toute la longueur de la plongée (1000 m). Ces grandes gorgones abritent une forte diversité : nombreux poulpes, corail jaune (*Dendrophyllia cornigera*), corail solitaire (*Desmophyllum dianthus*), corail blanc (*Madrepora oculata*), antipathaires (*Leiopathes glaberrima*, *Antipathes sp.*), poissons (*Benthocometes robustus*), éponges, etc. Une faune épibionte se développe parfois sur ces gorgones (gastéropodes, nudibranches, ophiures, crustacés, actiniaires et zoanthaires). L'impact de la pêche sur ces communautés est visible sur les enregistrements vidéos, les palangres restant accrochées au substrat dur.



© AAMP

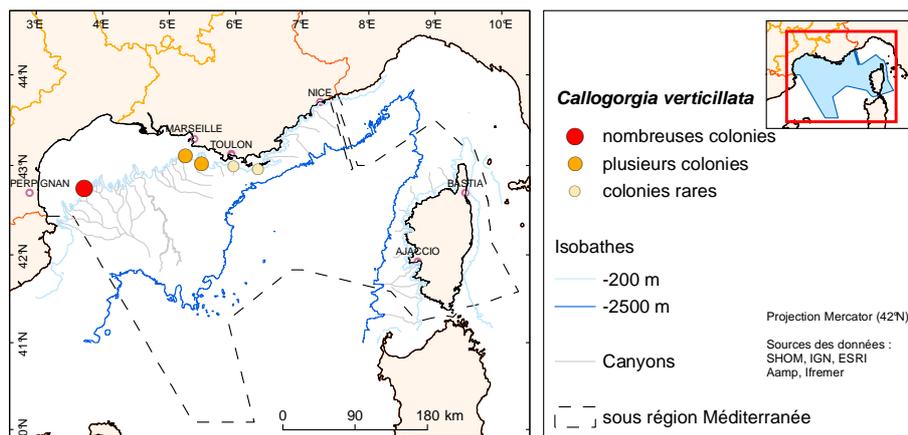


Figure 4 : Carte de localisation des gorgones *Callogorgia verticillata* observées pendant les campagnes MEDSEACAN 2009 (AAMP/Comex), MARUM 2009 (Marum/Comex), CYATOX 95, ESSROV 2010 (Ifremer). Elles ont probablement été observées pendant la campagne CORSEACAN 2010 (AAMP), mais les vidéos n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'état initial de la DCSMM.

La forte densité de faune associée aux *Callogorgia verticillata* du canyon de Bourcart est probablement due à la combinaison d'un apport nutritif conséquent et d'un substrat dur affleurant.

Ces grandes gorgones *Callogorgia verticillata* sont fragiles. Elles peuvent former un habitat structuré abritant une faune associée diversifiée. Leur zone potentielle d'installation semble limitée (roche dure affleurant, horizontale et peu envasée). Localement, elles sont impactées par les activités de pêche, notamment dans le canyon de Bourcart où elles sont abondantes.

2.1.4. Communautés de coraux profonds

Les communautés de coraux profonds sont des zones de biodiversité remarquable protégées par différents textes de lois européens ou internationaux (voir fiche "Habitats particuliers").

3. Les roches abyssales

L'étage abyssal commence au pied du talus continental, après le glacis, vers 2500 m en Méditerranée. Sur la plaine abyssale le manteau vaseux couvre et lisse le relief de la croûte océanique sous-jacente, très ancienne en Méditerranée. La "neige marine" est très clairsemée et les apports en sédiments sont plus faibles que vers la côte, seuls quelques millimètres à quelques centimètres se déposent en un millénaire. Les sédiments sont rarement troublés par les courants, parfois remués par les poissons, les calmars ou l'activité humaine [13]. Les substrats durs abyssaux de Méditerranée française n'ont jamais été étudiés.

4. Niveaux et tendances

Le suivi de l'état des communautés de substrats durs implique la connaissance de leur répartition géographique dans un premier temps, puis une caractérisation de l'état des peuplements (densité des organismes, état et longueur des branches des organismes dressés, abondance et diversité de la faune accompagnatrice, etc.). Ces études nécessitent des techniques optiques et acoustiques sous-marines.

Durant les trente dernières années, de nouvelles technologies de mesure et de nouveaux équipements de prélèvements ont été développés grâce à des programmes de recherches multidisciplinaires. Ces moyens, jusqu'alors réservées à la recherche, sont de plus en plus accessibles, ce qui permet d'imaginer une utilisation routinière de ces techniques dans le cadre d'un suivi des communautés. Ainsi un système acoustique tel que le sonar à balayage latéral, qui utilise les propriétés de rétro-diffusion acoustique des fonds marins, est souvent utilisé pour caractériser les habitats du plateau (couplé avec des prélèvements) mais pourrait être utilisé de façon généralisé dans le domaine profond (couplé avec des images vidéos ou photo). Cette technique a été utilisée dans l'Atlantique pour identifier les caractéristiques du substrat pour chaque espèce de faune en deux sites prédéfinis: sur le plateau et sur le banc Le Danois (corail blanc profond) au large de l'Espagne [12].

Les observatoires sous-marins permettent une étude des variations temporelles des écosystèmes. Ainsi le canyon de Lacaze-Duthiers, qui abrite des coraux blancs profonds, est instrumenté par l'Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer depuis l'automne 2010, avec un dispositif expérimental d'observation à long terme de la biodiversité [14]. Il permettra d'appréhender les variations en apport nutritif à court terme et les variations du changement climatique à long terme sur les écosystèmes profonds.

5. Besoin d'acquisition de connaissances

L'ensemble des enregistrements vidéos à disposition des scientifiques ne représente qu'une infime partie des substrats durs existants. L'exploration vidéo doit continuer mais guidée par des cartes bathymétriques réalisées avec les capteurs actuels plus précis qui permettent de mettre en évidence des structures géo-morphologiques potentiellement intéressantes pour l'installation de la faune de substrat dur.

Les communautés profondes de substrats durs (re)découvertes lors des campagnes récentes en Méditerranée ne couvrent que de faibles superficies discontinues. En effet, les conditions abiotiques dans les canyons étant extrêmement variables (orientation et nature du substrat, apports nutritifs, hydrodynamisme, profondeur), les différents habitats s'en trouvent morcelés. Ainsi les objectifs futurs de recherche sur le milieu marin profond en Méditerranée sont de comprendre les connections entre les écosystèmes morcelés, l'importance de l'intégrité de chaque écosystème pour le fonctionnement durable et la biodiversité des écosystèmes adjacents [9].

Pour cela, non seulement les techniques optiques et acoustiques doivent être développées, mais aussi les prélèvements de faune sur substrat dur. En effet les moyens optiques permettent la reconnaissance de certaines espèces, mais d'autres nécessitent une identification taxinomique au laboratoire (dissections, études microscopiques ou méthodes génétiques et moléculaires).

Bibliographie

1. Dauvin JC, Bellan G, Bellan-Santini D (2008) The need for clear and comparable terminology in benthic ecology. Part I. Ecological concepts. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 18(4):432-445
2. Peres JM, Picard J (1958) Recherches sur les peuplements benthiques de la Méditerranée Nord Orientale. *Annales De L Institut Oceanographique* 34:213-281

3. Laborel J, Peres JM, Picard J, Vacelet J (1961) Etude directe des fonds des parages de Marseille de 30 à 300m avec la soucoupe plongeante Cousteau. Bull Inst océanogr Monaco 1206:1-15
4. Vaissière R, Carpine C (1964) Compte-rendu de plongées en soucoupe plongeante SP 300 (Région A1: Cap Camarat-St Tropez) - Fascicule 4. Bull Inst océanogr Monaco 63(1314):1-32
5. Vaissière R, Fredj G (1964) Etude photographique préliminaire de l'étage bathyal dans la région de Saint-Tropez - Fascicule 5. Bull Inst océanogr Monaco 64(1323):1-70
6. Reyss D, Soyer J (1965) Etude de deux vallées sous-marines de la mer Catalane (Compte-rendu de plongées en SP300). Bull Inst océanogr Monaco 65(1356):27p
7. Vacelet J (1969) Eponges de la roche du large et de l'étage bathyal de Méditerranée (Récoltes de la soucoupe plongeante cousteau et dragages). p.Pages. 76
8. Reyss D (1970) Bionomie benthique de deux canyons sous-marins de la mer Catalane: le Rech du Cap et le Rech Lacaze-Duthiers. Université de Paris VI
9. Danovaro R, Company JB, Corinaldesi C, D'Onghia G, Galil BS, Gambi C, Gooday A, Lampadariou N, Luna GM, Morigi C *et al* (2010) Deep-sea Biodiversity in the Mediterranean Sea: The known, the Unknown, and the knowable. Plos One 5(8):1-25
10. Wisshak M, Neumann C, Jakobsen J, Freiwald A (2009) The 'living-fossil community' of the cyrtocrinid *Cyathidium foresti* and the deep-sea oyster *Neopycnodonte zibrowii* (Azores Archipelago). Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology 271(1-2):77-83
11. Puglisi MP, Paul VJ, Biggs J, Slattery M (2002) Co-occurrence of chemical and structural defenses in the gorgonian corals of Guam. Marine Ecology-Progress Series 239:105-114
12. Sanchez F, Serrano A, Ballesteros MG (2009) Photogrammetric quantitative study of habitat and benthic communities of deep Cantabrian Sea hard grounds. Continental Shelf Research 29(8):1174-1188
13. Baker M, Ebbe B, Hoyer J, Menot L, Narayanaswaswamy B, Ramirez-Llodra E, Steffensen M (2008) Lumière sur les fonds obscurs. p.85. DESEO, Bergen
14. CNRS (2011) Plongée en eaux profondes, du 9 au 13 mai 2011, à l'Observatoire Océanologique de Banyuls sur mer. Communication du CNRS, <http://www2.cnrs.fr/presse/communique/2174.htm>

Biocénoses des fonds meubles du bathyal et de l'abyssal / SRM MO

Marie-Claire Fabri, Laura Pedel

Ifremer Toulon, Z.A. Bregailon, 83500 La Seyne sur Mer

Avec la participation de Christophe Fontanier (Univ. Angers), Laurence Guidi-Guilvard (LOV)

1. Introduction

En bordure du plateau continental, sur la pente et le glacis, des sédiments grossiers terrigènes sont transportés par les courants de turbidité et les avalanches sous-marines. Plus on s'éloigne de la marge continentale, plus le sédiment est constitué d'accumulation de squelettes d'organismes planctoniques qui recouvrent le fond de la plaine abyssale [1].

D'une manière générale, la quantité de matière organique alimentant les profondeurs sous-marines est faible. Ce phénomène est d'autant plus marqué en Méditerranée, mer oligotrophe et chaude, où presque toute la matière organique serait consommée avant même d'atteindre le fond. Il est ainsi possible qu'en Méditerranée la répartition des organismes ne soit pas influencée par la profondeur mais par la distance à la côte. Le long des pentes, la biomasse en poids sec des organismes benthiques oscille entre 10 et 20 g/m², alors que sur la plaine abyssale elle avoisine les 2g/m² [1] [2].

Cependant bien que les communautés animales du domaine profond aient une faible biomasse elles sont très diversifiées. L'une des plus grandes études menées sur les pentes continentales tendrait à suggérer que la plus grande biodiversité marine réside dans les sédiments des grands fonds [3]. Ainsi la biodiversité benthique profonde ne serait pas inférieure à celle des zones côtières, mais nécessiterait plus d'investigation [4].

Sur et dans ces vases vivent différentes catégories de faune que l'on classe par taille. Plus les organismes sont petits, plus ils sont nombreux pour une même surface et plus la diversité est importante.

Dans cette fiche les termes communautés et biocénoses sont considérés comme des synonymes, tels que définis par Dauvin [5] et le terme 'faciès' fait référence à l'aspect d'une population qui domine à un endroit précis sous l'action de conditions abiotiques particulières.

Mégafaune : La mégafaune est la faune visible sur vidéos. Elle est répartie de façon éparse sur les fonds meubles, la densité est de quelques dizaines à quelques milliers d'individus par hectare.

A la surface du sédiment, la faune est principalement (60 à 80%) constituée de déposivores tels que les échinodermes (holothuries, échinides, astérides). A proximité de la pente continentale, là où la profondeur est plus faible et l'hydrodynamisme plus important, les particules alimentaires sont remises en suspension par les courants. Les suspensivores qui s'en nourrissent peuvent devenir dominants, accompagnés par des carnivores passifs (éponges, cnidaires). Les fonds habités sont sujets à une forte bioturbation et couverts de traces laissées par le déplacement ou l'empreinte d'animaux à l'arrêt, mais aussi de terriers et tumulus.

Macrofaune : La macrofaune a une taille comprise entre 2 mm et 500 à 250 µm, et une densité de quelques dizaines à quelques milliers d'individus par m². Elle est dominée par les annélides polychètes, qui constituent 50 à 75% de l'effectif total. Le reste de la macrofaune est constitué de crustacés pécararides (amphipodes, isopodes, cumacés, tanaidacés), de mollusques

(gastéropodes, bivalves et scaphopodes) et d'un assortiment d'organismes vermiformes, comme les nématodes, les priapulidés, les siponcles ou les échiuriens.

Ces dernières années l'intérêt pour l'utilisation d'indicateurs benthiques pour évaluer l'état de l'environnement marin a fortement augmenté et la macrofaune benthique a fait l'objet d'une grande attention dans le domaine côtier. Le compartiment macrofaune benthique présente plusieurs avantages tels que celui d'être relativement non mobile et donc utile dans l'évaluation des perturbations physique ou chimique. La macrofaune peut ainsi être classée en différents groupes d'espèces selon leur sensibilité à l'enrichissement en matière organique, leur groupe trophique ou encore leurs traits biologiques, ce qui permet de prendre en compte la diversité fonctionnelle et les relations entre les assemblages faunistiques [6]. Différents indicateurs existent, chacun avec ses spécificités pour répondre à des questions précises [7] [8-9].

Méiofaune : La méiofaune, comprise entre 1 mm et 40 μm , a une densité de 3 à 100 ind./cm². Elle est principalement constituée de nématodes, de petits crustacés (copépodes harpacticoides et ostracodes) et de protistes comme les foraminifères.

Les petits métazoaires benthiques peuplent les premiers centimètres du sédiment. Ils jouent un rôle capital au sein des réseaux trophiques benthiques en participant d'une part au recyclage de matière organique particulaire, d'autre part à la nutrition de la macrofaune et des stades juvéniles de nombreux poissons. La méiofaune est ubiquiste, abondante et se caractérise par une extraordinaire diversité spécifique, particulièrement en milieu profond. Du fait de sa petite taille, de son métabolisme élevé et de cycles de reproductions courts, elle répond très rapidement aux variations de l'environnement [10] et se prête de ce fait particulièrement bien aux études d'impacts.

Les foraminifères benthiques (protistes) quant à eux constituent un groupe de bio-indicateurs marins exceptionnels [11]. Dans les environnements marins profonds actuels, leur dynamique spatio-temporelle est tributaire de nombreux paramètres tels que l'oxygénation, les apports de carbone organique, les conditions redox du sédiment, l'hydrodynamisme des eaux de fond, les apports sédimentaires et la nature du substrat [12]. Aussi les foraminifères contribuent-ils pour une part non négligeable à la minéralisation du carbone organique détritique. Ils peuvent être, dans certains environnements, les principaux acteurs du recyclage du carbone sédimentaire. Ils sont aussi capables de fixer une très grande partie du carbone organique exporté dans les sédiments sous forme de test calcaire.

2. Les données existantes

Les données décrites dans le document ont trois origines : des prélèvements dont les identifications sont archivées dans la base de données Biocean [13], des données issues de la bibliographie et des observations extraites de vidéos réalisées par submersible (Fig.1).

L'étude de la macrofaune du domaine profond nécessite des prélèvements. Dans la bibliographie on retrouve la description des espèces prélevées par dragages au large de St Raphaël et de St Tropez dans les années 60 [14] [15]. Dans les années 1970, le canyon de Lacaze-Duthiers a fait l'objet d'une étude approfondie [16]. Dans les années 1980, la plaine abyssale a été étudiée au cours de la campagne Biomède [17] et a donné lieu à des listes d'espèces qui sont dans la base Biocean. Une approche quantitative a été réalisée par Stora dans le Canyon de Toulon [18]. Le canyon du Var a récemment été étudié dans le cadre du programme européen HERMES au cours

d'une série de campagnes ENVAR 2005-2007 puis MEDECO1 2007 (Ifremer). Les données ne sont pas encore publiées. A part ces études réalisées dans l'étage bathyal, la macrofaune benthique profonde de substrat meuble dans le bassin occidental de la Méditerranée a été très peu étudiée [19].

La méiofaune a fait l'objet d'études ponctuelles dans les canyons du Golfe du Lion [20] et dans le canyon de Calvi en Mer Ligure [21]. Plus récemment, elle a été intensément échantillonnée dans le canyon du Var, à la fois dans sa partie distale par 2347 m de fond à la station DYFAMED-BENTHOS, au cours d'un suivi temporel conduit pendant 10 années consécutives [22] [10] et en 3 points situés plus en amont entre 1700 et 2200 m de profondeur (campagnes ENVAR Ifremer).

Les foraminifères ont été pris en compte dans les études sur le canyon de lacaze-Duthiers [23], sur la pente entre les canyons de Grand Rhône et Petit Rhône [12], dans le canyon de la Cassidaigne où sont déversées des "boues rouges" [24], dans le canyon de Saint-Tropez [25] et dans le golfe d'Ajaccio [26].

L'impact des "boues rouges", rejets de l'usine Rio Tinto depuis 1967, sur le milieu marin a fait l'objet d'un suivi régulier sur l'ensemble des compartiments faunistiques par le conseil scientifique de l'usine [27] [28].

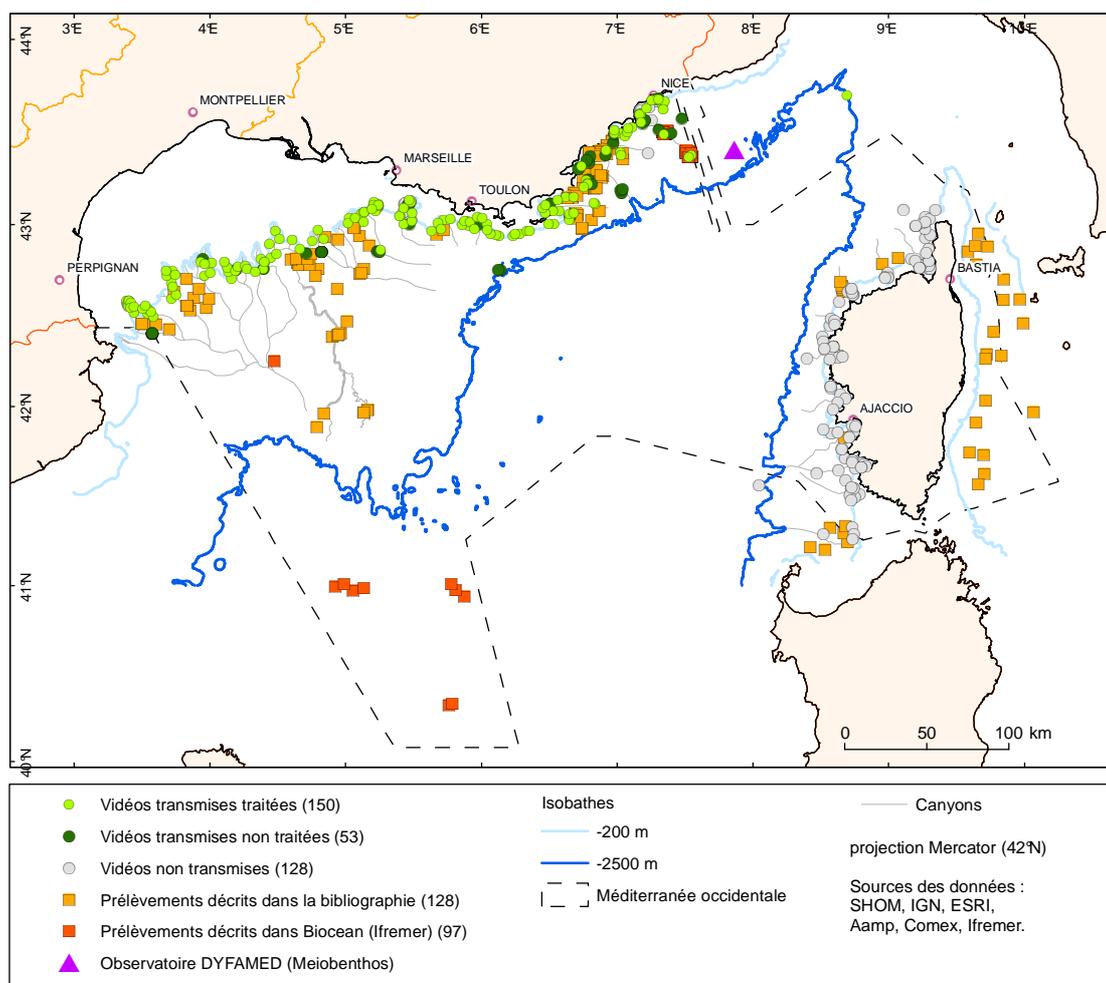


Figure 1 : Localisation géographique des données existantes sur substrat meuble en Méditerranée occidentale (Golfe du Lion, Mer Ligure) dans les zones bathyales et abyssales.

Dans les grands fonds, la mégafaune a historiquement été étudiée par chalutage [29], puis par caméra tractée Troïka [30] et enfin par submersibles dans les années 1950-1960 avec les soucoupes plongeantes Cousteau [31]. Ces expéditions ont contribué à la description faunistique de certaines espèces de mégafaune avec les moyens de prélèvements de l'époque et la faible qualité des images. Par la suite certaines campagnes mises en œuvre avec les moyens sous-marins de l'Ifremer ont été réalisées. Il s'agit de plongées scientifiques dont l'objectif n'était pas l'exploration faunistique, ou de plongées d'essai dont seulement quelques enregistrements apportent de l'information. Récemment deux campagnes initiées par l'Agence des Aires Marines Protégées (Aamp) et mises en œuvre par la Comex ont permis l'exploration du haut de l'étage bathyal (200 à 800 m) dans les canyons continentaux (MEDSEACAN 2009) et corses (CORSEACAN 2010). Ces données vidéos constituent une source d'information unique en Méditerranée occidentale sur la mégafaune des têtes de canyons.

Actuellement il n'a pas été possible de traiter l'ensemble des données vidéos existantes dans le cadre de l'étude sur la distribution de la mégafaune pour trois raisons : (1) par manque de temps d'où un choix sur la pertinence des vidéos à exploiter, (2) pour cause d'ancienneté des données (certaines vidéos des campagnes CYLICE et CYATOX non retrouvées ou de mauvaise qualité) ou (3) parce que les vidéos n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'évaluation initiale DCSMM (CORSEACAN 2010 Aamp). Ainsi les données récentes sur les écosystèmes marins profonds de Corse ne sont pas traitées dans cette fiche.

La répartition de certaines communautés de mégafaune benthique a pu être décrite dans le cadre de l'état initial, cependant la qualité des vidéos a fortement influencé la qualité de la reconnaissance faunistique.

3. Zone bathyale

L'étage bathyal s'étend du rebord du plateau continental (200 m) et s'enfonce le long de la pente continentale jusqu'à la portion des fonds à pente adoucie qui se trouve immédiatement au pied de ce talus (2500 m sur les cartes de cette fiche). Cet étage est caractérisé par l'absence de lumière et une forte homothermie de 300 m jusqu'au fond où la température avoisine les 13°C.

3.1. Les fonds détritiques bathyaux

3.1.1. Les communautés ou biocénoses à *Gryphus vitreus*

Les communautés à *Gryphus vitreus* (brachiopodes) sont très diversifiées, elles hébergent jusqu'à 200 espèces, notamment sur le banc du Magaud où la densité des individus augmente avec le courant (de 5 à 600 individus.m²) [32] [33].

Les communautés à *Gryphus vitreus* s'établissent sur un sédiment qui contient de petits morceaux de substrats durs (cailloux, débris coquillers, etc.) à la limite des étages circalittoral et bathyal. Dans ces zones, le fort courant induit un taux de sédimentation faible mais un apport en nutriment conséquent, conditions indispensables à l'installation des suspensivores épibiontes. Les communautés à *Gryphus vitreus* s'étalent sous forme de ceinture sur les promontoires délimités par les échancrures des canyons ou au pied des bancs rocheux du plateau continental. Les *Gryphus vitreus* sont aussi présents au delà du rebord du plateau sur les fonds rocheux entre 400 et 700 m.

En 1980, les communautés à *Gryphus vitreus* étaient décrites comme largement réparties dans toute la Méditerranée, tandis qu'en 1985, elles auraient fortement régressées suite à un envasement rapide et récent, comme par exemple au large de Marseille [32] [33]. Aucune étude récente n'a été réalisée.

3.2. Les fonds de vases bathyales

Les pentes continentales, souvent entaillées par les canyons sous-marins, ne sont pas faciles d'accès et leur biodiversité est longtemps restée cachée jusqu'à ce que les moyens technologiques permettent l'accès à cette portion du domaine océanique. La vase des pentes continentales pourraient ainsi abriter l'un des écosystèmes les plus diversifiés de la planète, aussi diversifié que le sont les forêts tropicales ou les récifs coralliens [2] [3].

Les vases bathyales, ou vases profondes, sont de vastes étendues de vase argileuse, en général compacte, jaunâtre ou gris bleutée, relativement consistante. La granulométrie et la consistance du sédiment n'est pas homogène. Les flancs des canyons sont tapissés d'une vase fluide, réduite parfois à une simple pellicule. Des vases sableuses sont assez fréquentes dans l'horizon supérieur, plus exceptionnellement en dessous. Les modifications de granulométrie et de consistance des vases ainsi que l'apport de matière organique exogène provoquent l'apparition de faciès particuliers [34] [35].

Les vases bathyales ont été observées par submersible lors de la majorité des plongées des différentes campagnes dans la zone bathyale, sauf sur les pentes les plus fortes de certains canyons où le substrat rocheux domine (voir fiche des biocénoses de substrats durs).

3.2.1. Faciès de la vase compacte à *Isidella elongata*

Les étendues de gorgones *Isidella elongata* constituent un faciès caractéristique de Méditerranée profonde qui abrite d'importantes espèces commerciales : les grandes crevettes rouges *Aristeus antennatus* et *Aristaeomorpha foliacea* et sont ainsi la cible de pêcheries de plus en plus profondes.



© OCEANA / Carlos Minguell

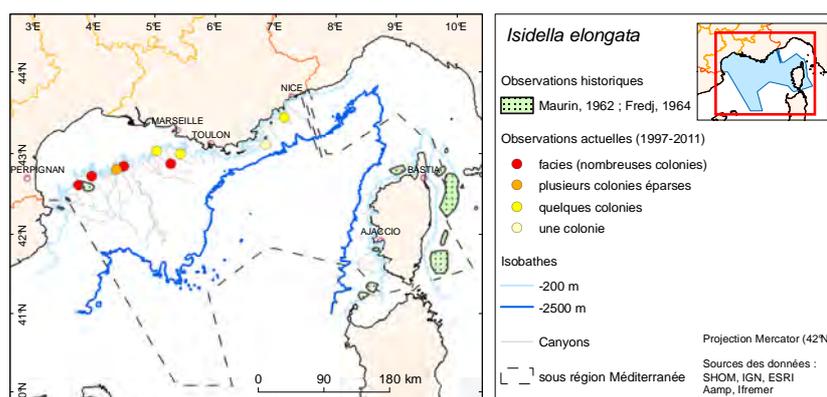


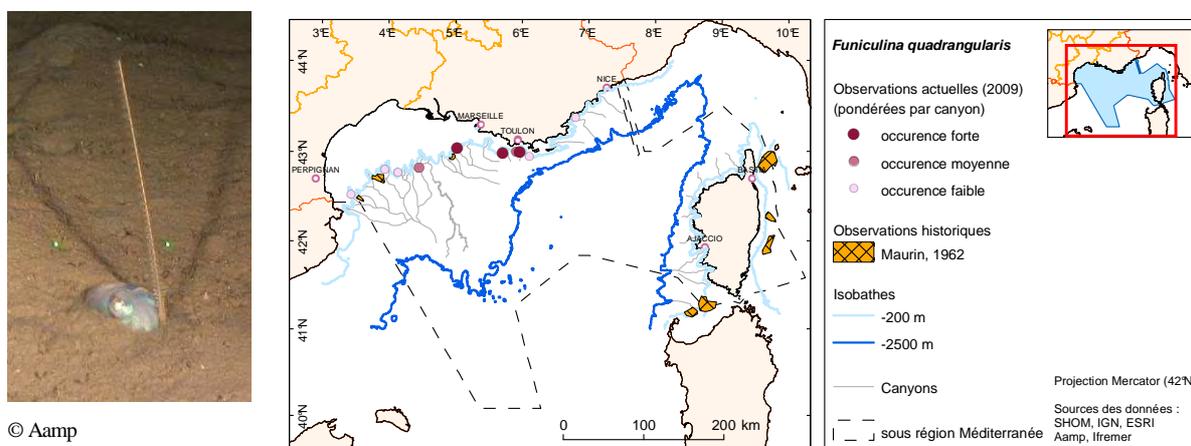
Figure 2 : Carte de localisation des *Isidella elongata* observées pendant les campagnes MEDSEACAN 2009 (Aamp/Comex), Cylice 1997, ESSNAUT2008, ESSROV2010, 2011 (Ifremer) et dans les données historiques en Méditerranée occidentale. Elles ont probablement été observées pendant la campagne CORSEACAN 2010 (Aamp), mais les vidéos n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'état initial de la DCSMM.

Ce faciès s'est raréfié dans les 30 dernières années au point que ces "habitats" profonds sont considérés comme "sensibles" par la Commission générale des pêches pour la Méditerranée [36].

Les gorgones sont espacées de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres, et sont présentes entre 400 et 2000 m de profondeur voire plus [37]. Les *Isidella elongata* de l'étage bathyal ont été majoritairement observées dans les canyons du Golfe du Lion (Bourcart, Marti, Petit Rhône, Planier), où la pente du talus est douce et propice à l'installation de ces gorgones (Fig. 2) [38].

3.2.2. Faciès des vases molles à *Funiculina quadrangularis*

Le faciès comportant les pennatulaires *Funiculina quadrangularis* est essentiellement localisé sur le haut de la pente continentale. Il constitue un habitat essentiel pour certaines espèces de crustacés commerciaux, en particulier la grande crevette rose profonde *Parapenaeus longirostris* et la langoustine *Nephrops norvegicus* ainsi que pour des céphalopodes (poulpes, seiches) [38].



© Aamp

Figure 3 : Carte de localisation des vases molles à *Funicula quadrangularis* observées pendant la campagne MEDSEACAN 2009 (Aamp/Comex) et dans les données historiques en Méditerranée occidentale. Elles ont probablement été observées pendant la campagne CORSEACAN 2010 (Aamp), mais les vidéos n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'état initial de la DCSMM.

Ces pennatulaires ont été observés plus fréquemment dans les canyons situés à proximité des côtes (Couronne, Cap Sicié, Toulon) que dans les canyons du Golfe du Lion (Fig. 3). Cependant, l'exploration vidéo pendant la campagne MEDSEACAN 2009 n'était pas dédiée à la recherche de ces espèces qui ne mesurent que 20 cm de haut et peuvent de cacher dans le sédiment.

La Commission générale des pêches pour la Méditerranée considère ces champs de pennatulaires comme un Habitat Marin Essentiel (EMH) ayant un rôle dans la productivité des pêches [36].

3.2.3. Autres faciès

D'autres faciès sont décrits depuis les années 70 mais leur rôle écologique n'a pas encore été étudié [39] [35]. Les vases sableuses situées dans la partie supérieure de l'étage bathyal (250 à 300 m) sont parfois peuplées par un spongiaire accompagné ou non d'épibiontes zoanthaires (faciès des vases sableuses à *Thenaea muricata*). Les vases molles situées dans la partie intermédiaire de l'étage bathyal (350 m) peuvent être peuplées par le gastéropode *Aporrhais serresianus* (Faciès des vases molles à *Aporrhais serresianus*). Ces gastéropodes partagent aussi le faciès des vases molles à *Funiculina quadrangularis*.

4. Zone abyssale

Dans les plaines les plus profondes, au delà de 2500 m, les communautés des vases bathyales sont enrichies par des espèces d'affinités abyssales. Toutefois, celles-ci ne semblent pas former une biocénose des vases abyssales bien caractérisée, malgré la présence de nombreuses espèces endémiques. Très peu d'études ont été réalisées dans ce domaine profond de la Méditerranée, beaucoup de questions scientifiques restent posées [4] [40].

Au cours de la campagne d'essai ESSROV 2011, une plongée réalisée au large de Hyères par 2500 m de fond nous a permis d'observer une concentration importante d'holothuries de 2 à 3 cm de long. La mégafaune classique des plaines abyssales y a été aussi observée (astérides *Hymenodiscus coronata*, poissons *Bathypterois sp.*).

5. Tendances

La plus grande menace actuelle sur les substrats meubles de l'étage bathyal est le chalutage intensif pour la pêche des grandes crevettes et des poissons profonds, qui, au delà de la surpêche, provoque la destruction des faciès d'épifaune. Les ressources profondes sont de plus en plus ciblées, ainsi les pêcheurs de crevettes rouges sont capables d'atteindre les zones de 900 m de fond. L'utilisation d'engins de pêche moins destructeurs, ainsi que de zones de pêches règlementées, pourrait permettre une protection des faciès à *Isidella elongata* et des faciès à *Funiculina quadrangularis* afin de préserver la ressource.

Les niveaux supérieurs de l'étage bathyal peuvent aussi être affectés par les apports terrigènes ayant des conséquences sur la répartition spatiale de certaines communautés (ex: *Gryphus vitreus*). Il a été aussi souligné d'importants transferts en profondeur de produits potentiellement polluants, en particulier de phosphates et de matière organique, l'ensemble étant suspecté de réduire le taux d'oxygène dissous des eaux profondes, ce qui serait catastrophique pour le benthos dans son ensemble. Les contaminants chimiques tels que les polluants organiques, les métaux toxiques, les composés radioactifs, les pesticides, les herbicides et les produits pharmaceutiques s'accumulent dans les sédiments du domaine océanique profond [40]. Ainsi des niveaux significatifs de dioxine ont été détectés dans les grandes crevettes rouges commerciales *Aristeus antennatus* associées au faciès à *Isidella elongata*.

D'autres menaces non négligeables sont les déchets, dont les macrodéchets (essentiellement fragments de peinture et plastiques) qui interfèrent avec la vie sur le fond et empêchent les échanges gazeux.

6. Besoin d'acquisition de connaissances

La particularité de la DCSMM est de s'intéresser à la biodiversité du domaine profond, ce qui n'était pas le cas des directives précédentes.

Le développement d'indicateurs biologiques ou écologiques pour évaluer l'état des écosystèmes marins est basé sur la diversité spécifique des communautés. L'identification des espèces présentes dans les échantillons de macrofaune ou de méiofaune fait appel à des spécialistes (taxinomistes) car ces communautés sont de petites tailles et comprennent de nombreux groupes zoologiques. Or dans le domaine profond, les espèces sont souvent inconnues. A l'heure actuelle les espèces nouvelles sont prélevées à un rythme beaucoup plus rapide que la capacité des

scientifiques à les décrire et les nommer. Les nouvelles technologies telles que la génétique moléculaire pourraient apporter une solution à la caractérisation de la biodiversité. Ainsi le "barcoding" ou code barre ADN permet l'identification des espèces par la lecture de séquences ADN propres à chaque espèces [41]. Une banque de données de séquences ADN est dédiée aux espèces marines (<http://www.marinebarcoding.org/>).

Pour ce qui concerne la mégafaune, il y a un besoin notable pour l'étude des faciès ciblés par la pêche à la crevette profonde afin d'en définir la répartition spatiale et les caractéristiques. Ainsi l'utilisation de techniques acoustiques (sondeur de sédiments) pourrait permettre de cartographier la répartition des faciès décrits ci-dessus et de suivre leur évolution. Des études écosystémiques permettraient d'appréhender la diversité fonctionnelle des communautés dans ces faciès.

Les priorités futures pour les recherches dans le domaine profond en Méditerranée incluent les questions suivantes : est-ce que les composants de la biodiversité contribuent tous de la même façon au fonctionnement des écosystèmes profonds? Quel est le rôle écologique des ressources exploitées? Est-ce que la perte de composants benthiques spécifiques a un impact négatif sur la biodiversité des autres composants benthiques? [40] Comment définir des indicateurs biologiques ou biogéochimiques (i.e. bio-indicateurs et proxies biogéochimiques associés) fiables pour décrire l'état écologique des environnements marins impactés par l'activité anthropique ? Dans le domaine côtier (DCE), l'indice AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) est utilisé pour évaluer la qualité écologique de la macrofaune (> 1mm) de substrat meuble [42] [43], mais celui-ci n'a jamais été utilisé dans le domaine profond.

Bibliographie

1. Desbruyères D (2010) Les trésors des abysses. p.183. QUAE, Versailles
2. Baker M, Ebbe B, Hoyer J, Menot L, Narayanaswaswamy B, Ramirez-Llodra E, Steffensen M (2008) Lumière sur les fonds obscurs. p.85. DESEO, Bergen
3. Bouchet P (2006) The magnitude of marine biodiversity. p.32-64. In: *The Exploration of Marine Biodiversity*.
4. Coll M, Piroddi C, Steenbeek J, Kaschner K, Ben Rais Lasram F, Aguzzi J, Ballesteros E, Bianchi CN, Corbera J, Dailianis T *et al* (2010) The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *Plos One* 5(8):e11842
5. Dauvin JC, Bellan G, Bellan-Santini D (2008) The need for clear and comparable terminology in benthic ecology. Part I. Ecological concepts. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 18(4):432-445
6. Bremner J, Rogers SI, Frid CLJ (2003) Assessing functional diversity in marine benthic ecosystems: a comparison of approaches. *Marine Ecology-Progress Series* 254:11-25
7. Dauvin JC, Bellan G, Bellan-Santini D (2010) Benthic indicators: From subjectivity to objectivity - Where is the line? *Marine Pollution Bulletin* 60(7):947-953
8. Heink U, Kowarik I (2010) What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological Indicators* 10(3):584-593
9. Heink U, Kowarik I (2010) What criteria should be used to select biodiversity indicators? *Biodiversity and Conservation* 19(13):3769-3797

10. Guidi-Guilvard LD, Thistle D, Khripounoff A, Gasparini S (2009) Dynamics of benthic copepods and other meiofauna in the benthic boundary layer of the deep NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology-Progress Series* 396:181-195
11. Jorissen FJ, Fontanier C, Thomas E (2007) Paleoceanographical proxies based on deep-sea benthic foraminiferal assemblage characteristics. p.263-325. In: *Developments in Marine Geology*.
12. Fontanier C, Jorissen FJ, Lansard B, Mouret A, Buscail R, Schmidt S, Kerherve P, Buron F, Zaragosi S, Hunault G *et al* (2008) Live foraminifera from the open slope between Grand Rhone and Petit Rhone Canyons (Gulf of Lions, NW Mediterranean). *Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers* 55(11):1532-1553
13. Fabri MC, Galeron J, Larour M, Maudire G (2006) Combining the Biocean database for deep-sea benthic data and online Ocean Biogeographic Information System. *Mar Ecol Prog Ser* 316:215-224
14. Carpine C (1964) La côte de l'Esterel, de la pointe des Lions à la pointe de l'Aiguille (Région A2) - Fascicule 3. *Bull Inst océanogr Monaco* 63(1312A):1-52
15. Fredj G (1964) La région de Saint-Tropez : du cap Taillat au cap de Saint-Tropez (Région A1) - Fascicule 2. *Bull Inst océanogr Monaco* 63(1311A):1-55
16. Reyss D (1970) Bionomie benthique de deux canyons sous-marins de la mer Catalane: le Rech du Cap et le Rech Lacaze-Duthiers. Université de Paris VI
17. Chardy P, Laubier L, Reyss D, Sibuet M (1973) Données préliminaires sur les résultats biologiques de la campagne Polymède I. *Dragages profonds*. p.621-625. Ifremer
18. Stora G, Bourcier M, Arnoux A, Gerino M, Le Campion J, Gilbert F, Durbec JP (1999) The deep-sea macrobenthos on the continental slope of the northwestern Mediterranean Sea: a quantitative approach. *Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers* 46(8):1339-1368
19. Coll M, Piroddi C, Steenbeek J, Kaschner K (2010) The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and Threats. *Plos One* 5(8):1-36
20. De Bovee F, Guidi L, Soyer J (1990) Quantitative distribution of deep-sea meiobenthos on the northwestern Mediterranean (Gulf of Lions). *Continental Shelf Research* 10(9-11):1123-1145
21. Soetaert K, Heip C, Vincx M (1991) Diversity of nematode assemblages along a mediterranean deep-sea transect. *Marine Ecology-Progress Series* 75(2-3):275-282
22. Guidi-Guilvard LD (2002) DYFAMED-BENTHOS, a long time-series benthic survey at 2347-m depth in the northwestern Mediterranean: general introduction. *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography* 49(11):2183-2193
23. Schmiedl G, de Bovee F, Buscail R, Charriere B, Hemleben C, Medernach L, Picon P (2000) Trophic control of benthic foraminiferal abundance and microhabitat in the bathyal Gulf of Lions, western Mediterranean Sea. *Marine Micropaleontology* 40(3):167-188
24. Vivier MH (1978) Influence d'un déversement industriel profond sur la nématofaune (Canyon de la Cassidaigne, Méditerranée). *Thetys* 8:307-321
25. Fontanier C, Jorissen F, Geslin E, Zaragosi S, Duchemin G, Laversin M, Gaultier M (2008) Live and dead foraminiferal faunas from Saint-Tropez Canyon (Bay of Frejus): Observations based on in situ and incubated cores. *Journal of Foraminiferal Research* 38(2):137-156

26. Bizon JJ, Burollet PF (1984) Ecologie des microorganismes en Méditerranée Occidentale ECOMED. p.197. In: *Etude morphologique, hydrologique, sédimentologique, géochimique et écologique du bassin et de ses marges entre Languedoc et Corse*. Association française des Techniciens du Pétrole
27. Bourcier M, Zibrowius H (1973) Les "boues rouges" déversées dans le canyon de la Cassidaigne : Observations en soucoupe plongeante SP350 (Juin 1971) et résultats de draguages. *Thehys* 4(4):811-842
28. Dauvin JC (2010) Towards an impact assessment of bauxite red mud waste on the knowledge of the structure and functions of bathyal ecosystems: The example of the Cassidaigne canyon (north-western Mediterranean Sea). *Marine Pollution Bulletin* 60(2):197-206
29. Maurin C (1962) Étude des fonds chalutables de la Méditerranée occidentale (Écologie et Pêche). *Rev Trav Inst Pêche Rarit* 26:163-220
30. Vaissière R, Fredj G (1964) Etude photographique préliminaire de l'étage bathyal dans la région de Saint-Tropez - Fascicule 5. *Bull Inst océanogr Monaco* 64(1323):1-70
31. Vaissière R, Carpine C (1964) Compte-rendu de plongées en soucoupe plongeante SP 300 (Région A1: Cap Camarat-St Tropez) - Fascicule 4. *Bull Inst océanogr Monaco* 63(1314):1-32
32. Falconetti C (1980) Bionomie benthique des fonds situés à la limite du plateau continental du banc du magaud (îles d'Hyères) et de la région de Calvi (Corse). Docteur es Science, Nice
33. Emig CC (1987) Offshore brachiopods investigated by submersible. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 108(3):261-273
34. Peres JM, Picard J (1964) Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Recueil des travaux de la Station Marine d'Endoûme* 31(47):1-137
35. Bellan-Santini D, Bellan G, Bittar G, Harmelin JG, Pergent G (2002) Handbook for interpreting types of marine habitat for the selection of sites to be included in the national inventories of natural sites of conservation interest. p.217
36. GFCM SAC (2009) Criteria for the identification of sensitive habitats of relevance for the management of priority species (General Fisheries Commission for the Mediterranean). p.3
37. Laubier L, Emig CC (1993) The mediterranean deep-sea benthic fauna. p.397-424
38. Sarda F, Calafat A, Flexas MM, Tselepides A, Canals M, Espino M, Tursi A (2004) An introduction to Mediterranean deep-sea biology. *Scientia Marina* 68:7-38
39. Carpine C (1970) Ecologie de l'étage bathyal dans la Méditerranée occidentale. *Mémoires de l'Institut Océanographique de Monaco* 2:1-146
40. Danovaro R, Company JB, Corinaldesi C, D'Onghia G, Galil BS, Gambi C, Gooday A, Lampadariou N, Luna GM, Morigi C *et al* (2010) Deep-sea Biodiversity in the Mediterranean Sea: The known, the Unknown, and the knowable. *Plos One* 5(8):1-25
41. Hebert PDN, Cywinska A, Ball SL, DeWaard JR (2003) Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 270(1512):313-321

42. Borja A, Franco J, Perez V (2000) A marine Biotic Index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40(12):1100-1114
43. Borja A, Muxika I, Franco J (2003) The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin* 46(7):835-845

Habitats particuliers du bathyal et de l'abyssal / SRM MO

Marie-Claire Fabri, Laura Pedel

Ifremer Toulon, Z.A. Bregailon, 83500 La Seyne sur Mer

Avec la participation de André Freiwald (Senckenberg Institute, Allemagne), Teresa Madurell (CSIC, Espagne)

1. Introduction

Certains canyons de Méditerranée occidentale française abritent des habitats de mégafaune structurante, les massifs de coraux d'eau froide. Ces massifs de coraux sont des habitats particuliers de l'étage bathyal. Ce sont des zones de biodiversité remarquablement élevée, car les coraux servent d'abris et de lieux de nutrition pour de nombreuses espèces, dont certains poissons commerciaux. Ces écosystèmes sont dits vulnérables en ce sens qu'ils sont des cibles privilégiées de pêche et de chalutage.

En Atlantique la commission OSPAR (Oslo-Paris) a reconnu les massifs de coraux d'eau froide comme étant menacés. Le CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) et la Commission Européenne (CE 734/2008) ont recommandé la cartographie puis la fermeture de l'ensemble des zones européennes de coraux profonds au chalutage.

L'exploitation des poissons et autres composants de la diversité biologique dans les mers profondes s'est généralisée mondialement depuis les 20 dernières années [1]. Or les ressources biologiques exploitées par la pêche profonde en haute mer possèdent des caractéristiques biologiques qui posent des problèmes en ce qui concerne leur gestion et leur exploitation durables (maturité tardive, croissance lente, espérance de vie longue, faible taux de mortalité naturelle, possibilité de ne pas frayer chaque année). Mais en plus, cette pêche profonde a des conséquences néfastes non encore quantifiées sur les communautés et les écosystèmes profonds à cause de prises involontaires ou à cause de l'impact des engins de pêche sur les habitats benthiques [2]. La FAO (Food and Agricultural Organisation) a produit un guide international pour la gestion de la pêche profonde en haute mer [1] et a édité une liste de caractéristiques pour l'identification des Ecosystèmes Marins Vulnérables (VME) qui sont : (1) des habitats qui contiennent des espèces endémiques, rares ou menacées d'extinction, (2) des habitats qui sont nécessaires à la survie, au fonctionnement, au repeuplement ou à la reproduction des stocks de poissons, (3) des écosystèmes fortement susceptibles d'être endommagés par des activités anthropiques, (4) des espèces dont les caractéristiques du cycle biologique rendent leurs récupérations lentes (faible vitesse de croissance, maturité tardive, recrutement faible) et (5) des écosystèmes structurés dont la diversité dépend de la complexité des organismes structurants. Les massifs de coraux d'eau froide sont définis par l'ONU comme étant des VME à protéger des pratiques de pêches destructrices, au même titre que les sources hydrothermales et les monts sous-marins [3]. D'autres écosystèmes de l'étage bathyal pourraient entrer dans la définition des VME comme les faciès à *Isidella elongata* et les faciès à *Funiculina quadrangularis* - voir fiche "Substrats meubles" ou les communautés de gorgones *Callogorgia verticillata* - voir fiche "Substrats durs".

La convention de Barcelone (CB) et la convention de Washington (CITES) protègent certaines espèces du domaine côtier, parmi celles-ci seulement 4 espèces ou groupes d'espèces ont été observés dans la zone bathyale (corail rouge, langouste rouge, antipathaires, scléractinaires dont les coraux d'eau froide).

2. Les Conventions

2.1. La Convention de Barcelone (CB Annexe III)

En 1976, la convention de Barcelone était une convention internationale pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution. Elle a été amendée en 1995 pour devenir la Convention pour la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée. Les 22 parties contractantes se sont engagées à prendre toutes les mesures nécessaires pour protéger et améliorer le milieu marin dans la zone côtière de la mer Méditerranée en vue de contribuer à son développement durable. L'un des objectifs consiste à protéger le patrimoine naturel, notamment la diversité biologique. Dans cet objectif les parties doivent adopter des mesures permettant de sauvegarder les processus écologiques et biologiques ainsi que les paysages.

L'annexe II dresse la liste des espèces en danger ou menacées. Aucune n'a été observée dans le domaine bathyal ou abyssal.

L'annexe III dresse la liste des espèces dont l'exploitation est réglementée. Les espèces de cnidaires listées ont été observées dans le domaine bathyal (le corail rouge *Corallium rubrum* et le corail noir *Antipathes* sp. plur.), ainsi que la langouste *Palinurus elephas*.

2.2. La Convention de Washington (CITES Annexe II)

La convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction, connue sous son sigle CITES ou encore comme la convention de Washington (signée en 1973, amendée en 1979), est un accord international. Elle a pour but de veiller à ce que le commerce international des spécimens d'animaux et de plantes sauvages ne menace pas la survie des espèces auxquelles ils appartiennent.

L'annexe I comprend toutes les espèces menacées d'extinction qui sont ou pourraient être affectées par le commerce. Aucune espèce du domaine bathyal et abyssal n'est listée dans cette annexe.

L'annexe II liste des espèces qui, bien que n'étant pas nécessairement menacées actuellement d'extinction, pourraient le devenir si le commerce de leurs spécimens n'était pas étroitement contrôlé. Les antipathaires (*Antipatharia* spp.) et les scléractinaires (*Scleractinia* spp.) sont dans cette liste et sont présents dans les zones bathyales ou abyssales de Méditerranée française.

L'annexe III comprend toutes les espèces qu'une Partie déclare soumises, dans les limites de sa compétence, à une réglementation ayant pour but d'empêcher ou de restreindre leur exploitation, et nécessitant la coopération des autres Parties pour le contrôle du commerce. Aucune espèce du domaine bathyal ou abyssal n'est listée dans cette annexe.

3. Les espèces protégées

3.1. Les massifs de coraux blancs profonds (Scléactiniaires) (CE, ONU, CITES)

Les massifs de coraux blancs *Lophelia pertusa* et *Madrepora oculata* abritent des communautés très diversifiées et sont protégées au niveau européen (CE 734/2008) et international (ONU, CITES). Ils vivent entre 200 et 1500m de profondeurs, sur le talus continental ou sur des monts sous-marins, dans une eau préférentiellement à 4°C (Atlantique) mais en Méditerranée ils vivent exceptionnellement dans une eau à 13°C.

Bien que les communautés de coraux profonds soient relativement bien décrites à l'échelle mondiale [4-6], leur présence en Méditerranée n'a été jusqu'à ce jour que peu reportée [7-9] [10]. Leur présence n'avait souvent été détectée que lors de dragages et de nombreuses populations de ces espèces ont actuellement disparues ou sont en mauvais état [11] [12].

Les deux espèces de coraux d'eau froide *Lophelia pertusa* et *Madrepora oculata* (scléactiniaires) sont connues de longue date en Méditerranée occidentale française dans seulement deux canyons continentaux (C. Lacaze-Duthiers, C. Cassidaigne). Aucune signalisation n'a été rapportée dans les canyons corses. Les premières observations de coraux vivants ont été réalisées dans le canyon de Lacaze-Duthiers par l'observatoire océanologique de Banyuls [13] et dans le canyon de la Cassidaigne par la Station Marine d'Endoume [14] [15] en utilisant les soucoupes plongeantes du commandant Cousteau. Depuis lors et jusqu'aux récentes missions menées d'une part par l'observatoire océanologique de Banyuls et la DIREN en 2008, puis par l'institut Marum (Allemagne) en 2009 et par l'Agence des aires marines protégées en 2009, aucune étude n'avait été réalisée.

Les massifs de coraux servent d'abris et de lieux de nutrition pour de nombreuses espèces associées. La communauté des coraux profonds est composée des deux espèces de coraux blancs *Lophelia pertusa* et *Madrepora oculata*, et du corail solitaire *Desmophyllum dianthus*. D'autres espèces sont associées aux coraux d'eau froide dont le polychète *Eunice norvegica*, des échinodermes, gastéropodes, crustacés, éponges, brachiopodes, bryozoaires, l'antipathaire *Leiopathes glaberrima* et divers poissons [16]. Au contraire des massifs exubérants de coraux du Canyon de Lacaze-Duthiers (autour de 500 m), ceux du canyon de la Cassidaigne sont plus petits et constitués d'une seule espèce : *Madrepora oculata*.

Les coraux d'eau froide du canyon de Lacaze-Duthiers sont les seuls massifs des côtes françaises constitués des deux espèces de coraux. *Lophelia pertusa*, espèce emblématique, n'a été observée qu'à cet endroit, et sous forme de colonies denses. Ce canyon est instrumenté par l'observatoire océanologique de Banyuls-sur-Mer depuis l'automne 2010, avec un dispositif expérimental d'observation à long terme de la biodiversité [17]. Il permettra d'appréhender les variations en apport nutritif à court terme et les variations du changement climatique à long terme sur les écosystèmes profonds.

Les colonies de *Madrepora oculata* sont actuellement bien répertoriées à 210 m de profondeur dans le canyon de la Cassidaigne, alors qu'une autre série de colonies, observée en 1995 (CYATOX) vers 515 m de profondeur, aurait besoin d'une observation actualisée pour contrôler l'état de la population. En effet, le canyon de la Cassidaigne est le réceptacle des "boues rouges", rejets de l'usine Rio Tinto depuis 1967, qui recouvrent tout le fond de ce canyon jusqu'à sa sortie 16 km au large, voire plus loin. L'émissaire se situe à 320 m de fond et les coraux situés à 3 km de celui-ci à 515 m de profondeur avaient été observés dans une zone déjà recouverte de "boues

rouges". Quinze ans après, dans quel état sont-ils? L'impact des "boues rouges" sur le milieu marin a fait l'objet d'un suivi régulier sur les communautés de substrats meubles par le conseil scientifique de l'usine [18] [19] mais les coraux ne sont pas mentionnés dans ce suivi.

L'impact de la pêche sur les massifs de coraux d'eau froide a aussi été observé sur les vidéos de la campagne MEDSEACAN 2009 (AAMP/Comex) dans le canyon de Lacaze-Duthiers comme dans celui de la Cassidaigne.

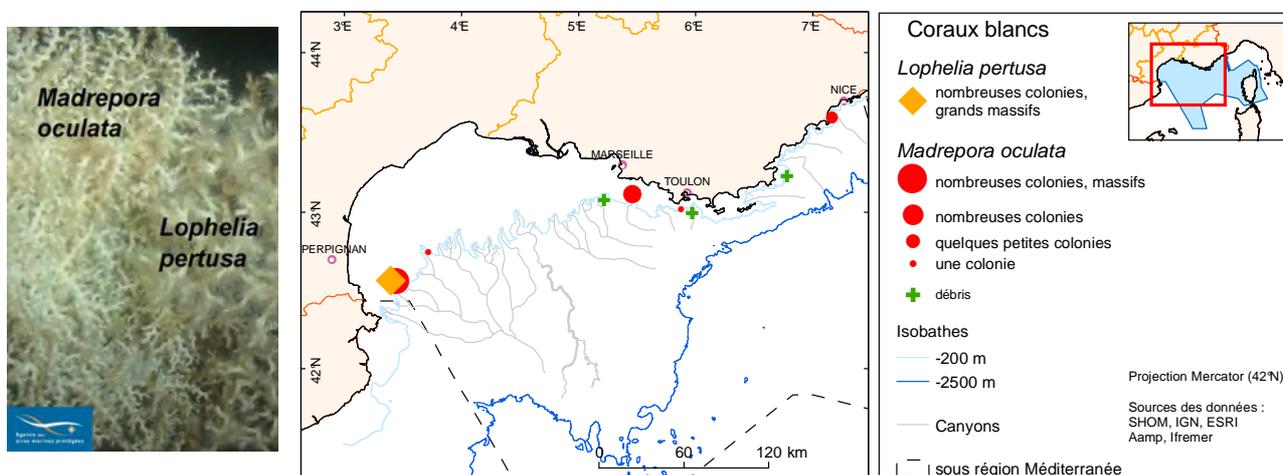


Figure 1 : Localisation géographique des espèces caractéristiques des communautés de coraux profonds dans l'étage bathyal en Méditerranée occidentale. Campagnes MEDSEACAN 2009 (AAMP/Comex), Cyatox 1995, ESSROV 2010 (Ifremer).

Besoin d'acquisition de connaissances

L'exploration réalisée pendant la campagne MEDSEACAN 2009 (AAMP/Comex) a permis de recenser de nouvelles petites colonies de *Madrepora oculata* dans certains canyons (Bourcart, Sicié, Var), mais aussi des débris de coraux dans d'autres (Planier, Toulon, Pampelone) (Figure 1). Ainsi, continuer l'exploration dans l'objectif de recenser de nouvelles zones d'implantation de coraux, notamment dans les canyons dans lesquels des débris ont été découverts, permettra d'appréhender leur répartition spatiale afin de mieux comprendre leurs mécanismes de reproduction et d'implantation. En Méditerranée occidentale, des massifs de *Lophelia pertusa* et *Madrepora oculata* ont aussi été découverts dans le canyon de cap Creus (Espagne) [20].

L'intérêt croissant pour ces écosystèmes marins vulnérables devraient conduire à des études plus poussées sur des thèmes aussi variés que la répartition spatiale, la croissance, la reproduction, la nutrition, les réseaux trophiques, la résistance à l'acidification des océans ou l'impact de la pêche [21] [22] [23] [8] [24] [25].

3.2. Le corail rouge *Corallium rubrum* (CB)

Le corail rouge est une espèce endémique à la Méditerranée et à la côte atlantique adjacente. C'est une espèce clé des assemblages de coralligène méditerranéens, exploitée depuis les temps anciens et surexploitée sur tout le pourtour de la Méditerranée [26]. Le corail rouge se situe en général sur le plateau continental, mais il a aussi été observé dans la zone bathyale.

Le corail rouge est une espèce à croissance lente, un suivi dans une aire marine protégée d'Espagne a montré que 14 années ne suffisaient pas pour un rétablissement de la population [27]. Les colonies rencontrées entre 60 et 120 m de profondeur mesurent autour de 6 cm, et jusqu'à 8 cm entre 120 et 230 m en Espagne [28] [29]. Sur les vidéos de la campagne

MEDSEACAN 2009 (Aamp/Comex), les colonies observées de 70 m à 290 m étaient aussi de petites tailles, réparties de façon éparse sur nos côtes continentales (Fig. 2). Sa limite inférieure de répartition en Corse n'a pas été cartographiée car les vidéos de la campagne CORSEACAN 2010 (Aamp) n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'état initial de la DCSMM.

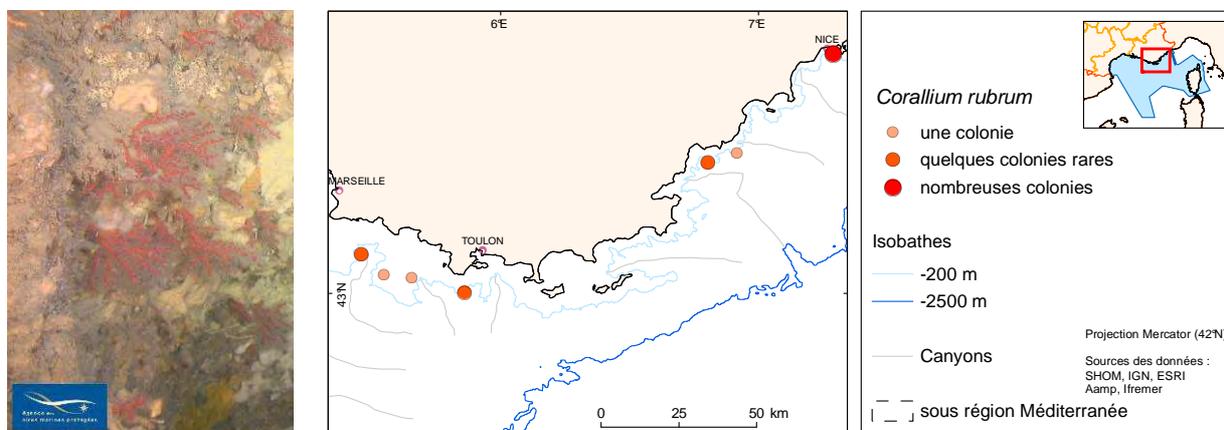


Figure 2 Répartition du corail rouge observé lors de la campagne MEDSEACAN 2009 (Aamp/Comex). Il a été observé pendant la campagne CORSEACAN 2010 (Aamp), mais les vidéos n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'état initial de la DCSMM.

3.3. La langouste rouge *Palinurus elephas* (CB)

Deux représentants de la famille des palinuridés existent en Méditerranée. La langouste rouge *Palinurus elephas*, la plus abondante et la plus accessible des deux espèces, est exploitée depuis plus d'un siècle sur l'ensemble de son aire de répartition. Des points d'observation de sa limite inférieure de répartition sont cartographiés sur la figure 3. La langouste rose *Palinurus mauritanicus*, qui vit dans des eaux plus profondes (de 240 m jusqu'à 400 m), a permis le développement de petites pêcheries dans les eaux européennes et d'une grande pêcherie en Atlantique Centre Est [30]. La langouste, longtemps exploitée au casier est désormais capturée au filet emmêlant. La langouste rouge a toujours été observée en milieu rocheux alors que la langouste rose a aussi été observée sur des substrats détritiques.

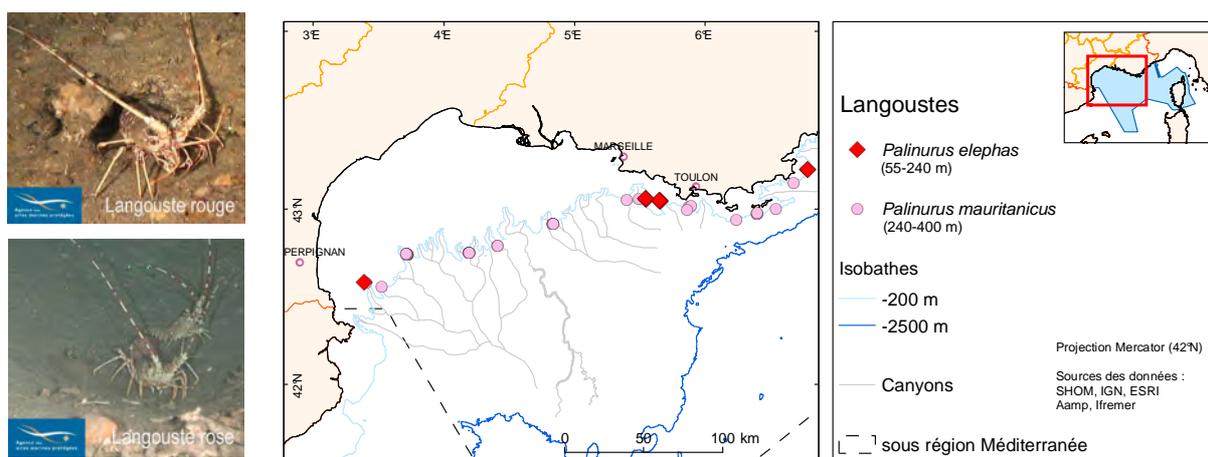


Figure 3 Répartition des deux espèces de langoustes *Palinurus elephas* et *Palinurus mauritanicus* observées pendant la campagne MEDSEACAN 2009 (AAMP/Comex). Elles ont probablement été observées pendant la campagne CORSEACAN 2010 (Aamp), mais les vidéos n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'état initial de la DCSMM.

La langouste rouge *Palinurus elephas* est en Corse la principale cible de la flotille des "petits métiers". Sa limite inférieure de répartition en Corse n'a pas été cartographiée car les vidéos de la campagne CORSEACAN 2010 (AAMP) n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'état initial de la DCSMM.

3.4. Les Antipathaires (Corail noir *Antipathes* sp. plur.) (CB et CITES)

Le corail noir ainsi nommé pour la couleur de son squelette, peut former un habitat en trois dimensions et abriter une faune associée riche très attractive pour de nombreuses espèces d'intérêt commercial. L'activité de pêche commerciale endommage directement ces coraux qui sont particulièrement vulnérables de par leur morphologie arborescente et leur taux de croissance très lent.

En Méditerranée, cinq espèces d'antipathaires sont décrites dans trois familles. Les cinq espèces méditerranéennes ont été observées dans la partie supérieure de l'étage bathyal des canyons continentaux de Méditerranée occidentale au cours de la campagne MEDSEACAN 2009 (AAMP/Comex) (Fig. 4).

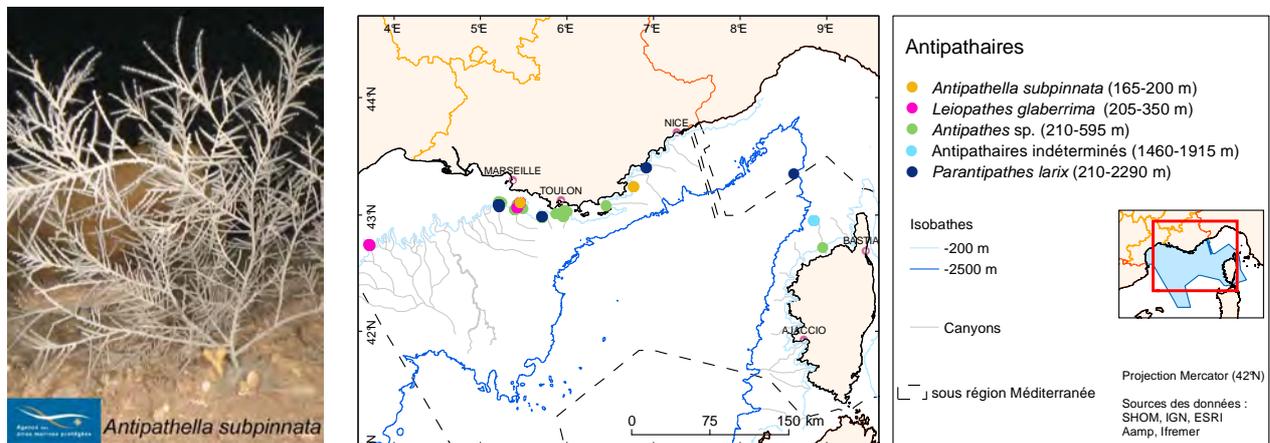


Figure 4 : Répartition géographique des différentes espèces d'antipathaires (Hexacoralliaires) observées lors des campagnes MEDSEACAN 2009 (Aamp/Comex), CYLICE 1997, ESSROV 2010 (Ifremer) et MARUM 2009 (Marum/Comex). Elles ont probablement été observées pendant la campagne CORSEACAN 2010 (Aamp), mais les vidéos n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'état initial de la DCSMM.

Antipathella subpinnata est la seule espèce de corail noir connue à ce jour pour former des champs denses et étendus de colonies [31]. Elle est en général localisée sur le plateau continental, jusqu'à 200 m. Elle a été rarement observée pendant la campagne MEDSEACAN 2009. *Leiopathes glaberrima*, de couleur orangée, a été souvent observée à des profondeurs plus importantes, jusqu'à 350 m pendant la campagne MEDSEACAN 2009 dans les canyons de la Cassidaigne associée aux massifs de coraux blancs et dans le canyon de Bourcart sur une marche rocheuse. Elle a été observée jusqu'à 600 m associée au massif de coraux blancs de Santa Maria di Leuca au sud de l'Italie [7]. *Antipathes dichotoma* et *Antipathes fragilis* sont deux espèces difficiles à distinguer sur les vidéos, elles présentent de larges polypes sur de longues branches souples hirsutes [32]. Elles ont souvent été observées du rebord du plateau jusqu'à environ 600 m. Les colonies sont nombreuses dans les canyons de la Cassidaigne et de La Ciotat. *Parantipathes larix*, typique par sa forme dressée qui ne présente qu'une seule branche, a été observée dans le canyon du Planier autour de 500 m et jusqu'à 2200 m de profondeur sur un mont volcanique pendant la campagne CYLICE 1997 (Ifremer).

3.5. Les coraux solitaires et le corail jaune (Scléactiniaires) (CITES)

Les coraux solitaires (*Desmophyllum dianthus* et *Caryophyllia* sp.) et le corail jaune (*Dendrophyllia cornigera*) sont largement répandus sur les substrats durs de la zone bathyale. *Desmophyllum dianthus* a été observé dans les canyons, associé aux communautés de coraux blancs (Lacaze-Duthiers, Cassidaigne, Nice, Bourcart) de 270 à 600 m, et de 1000 à 2500 m sur les thanatocénoses de *D. dianthus*. *Dendrophyllia cornigera* est une espèce très répandue qui a été observée de 90 m à 430 m au cours des plongées de la campagne MEDSEACAN 2009 (AAMP/Comex).

La répartition de ces espèces en Corse n'a pas été cartographiée car les vidéos de la campagne CORSEACAN 2010 (AAMP) n'ont pas pu être visionnées dans le cadre de l'état initial de la DCSMM.

4. Conclusion

En Méditerranée occidentale, la biodiversité de l'étage bathyal n'est pas encore totalement décrite par la communauté scientifique européenne [33]. Pourtant, certains écosystèmes, bien que profonds, sont déjà la cible d'impacts anthropiques. De plus, les espèces du domaine profond ont des caractéristiques biologiques telles qu'elles ont un temps de résilience plus long et sont ainsi plus vulnérables que les espèces côtières.

La convention de Barcelone mentionne des espèces côtières comme le corail rouge et la langouste qui se rencontrent parfois dans la partie supérieure de l'étage bathyal. Le corail noir est aussi mentionné, mais un seul genre qui a fait l'objet d'un remaniement taxinomique. La convention de Barcelone ne prend pas en compte les espèces du domaine profond. La convention de Washington (CITES) s'intéresse aux espèces qui font l'objet d'un commerce international. Elle mentionne les antipathaires et les scléactiniaires dans leur globalité (probablement par rapport aux espèces tropicales) mais ne mentionne pas d'espèces profondes méditerranéennes en particulier.

Une prise de conscience récente de l'importance des écosystèmes profonds aussi bien pour la pêche que pour la biodiversité en elle-même, a conduit l'ONU (Résolution 61/105) et la FAO à définir la notion d'Ecosystème Marin Vulnérable (VME) [3] [1]. Il est à noter que la diversité biologique sera préservée seulement si l'ensemble d'un écosystème ou d'un habitat est protégé et pas seulement une espèce.

Ainsi, les communautés de coraux blancs profonds sont mentionnées dans les listes de la convention OSPAR comme des "habitats en déclin et menacés" en Atlantique depuis 2008, et sont citées comme des VME au niveau international depuis 2009. L'union européenne a publié un règlement (CE 734/2008) sur la protection des écosystèmes marins vulnérables de haute mer contre les effets néfastes de l'utilisation des engins de pêche en 2008 [34].

La pêche n'est pas le seul impact qui atteint les écosystèmes profonds, l'envasement lié à l'urbanisation du littoral, le déversement des boues de dragage des ports et les rejets industriels (en l'occurrence les boues rouges dans le canyon de la Cassidaigne) peuvent avoir un effet néfaste sur les peuplements benthiques.

Dans la sous-région Méditerranée occidentale française, en l'état actuel de nos connaissances seuls deux canyons présentent des massifs de coraux blancs (VME) à préserver: le C. de Lacaze-Duthiers et le C. de la Cassidaigne. D'autres écosystèmes mériteraient aussi une protection car ils sont la cible de pêcheries profondes, il s'agit du faciès à *Isidella elongata*, faciès à *Funiculina quadrangularis* (voir fiche "Substrats meubles") et les communautés de gorgones *Callogorgia verticillata* (voir fiche "Substrats durs").

5. Bibliographie

1. FAO (2009) Guide internationale pour la gestion de la pêche profonde en haute mer. p.98.FAO
2. Auster PJ, Gjerde K, Heupel E, Watling L, Grehan A, Rogers AD (2010) Definition and detection of vulnerable marine ecosystems on the high seas: problems with the "move-on" rule. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil:10.1093/icesjms/fsq074
3. ONU (2007) Résolution 61/105 adoptée par l'Assemblée générale sur la viabilité des pêches, notamment grâce à l'accord de 1995 aux fins de l'application des dispositions de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer du 10 décembre 1982 relatives à la conservation et à la gestion des stocks de poissons dont les déplacements s'effectuent tant à l'intérieur qu'au delà de zones économiques exclusives (stocks chevauchants) et des stocks de poissons grands migrants, et d'instruments connexes. p.23.ONU
4. Freiwald A, Roberts MJ (2005) Cold-water coral and ecosystems. Springer, Heidelberg, Berlin
5. Hovland M (2008) Deep-water coral reefs : unique biodiversity hot-spots. Praxis Publishing, Chichester, UK
6. Roberts JM, Wheeler AJ, Freiwald A, Cairns S (2009) Cold-Water Corals, the biology and geology of deep-sea coral habitats. Cambridge University Press
7. Tursi A, Mastrototaro F, Matarrese A, Maiorano P, D'onghia G (2004) Biodiversity of the white coral reefs in the Ionian Sea (Central Mediterranean). Chemistry and Ecology 20(3 supp 1):107 - 116
8. Taviani M, Freiwald A, Zibrowius H (2005) Deep coral growth in the Mediterranean Sea: an overview. In: Freiwald A, Roberts JM (eds) Cold-Water Corals and Ecosystems, Springer Heidelberg, p.137-156
9. Freiwald A, Beuck L, Rüggeberg A, Taviani M, Hebbeln D (2009) The white coral community in the Central Mediterranean Sea Revealed by ROV Surveys. Oceanography 22(1):58-74
10. Schembri PJ, Dimech M, Camilleri M, Page R (2007) Living deep-water *Lophelia* and *Madrepora* corals in Maltese waters (Strait of Sicily, Mediterranean Sea). Cahiers De Biologie Marine 48(1):77-83
11. Zibrowius H (2003) La communauté des "coraux blancs", les faunes des canyons et des montagnes sous-marines de la Méditerranée profonde. p.43
12. McCulloch M, Taviani M, Montagna P, Lopez Correa M, Remia A, Mortimer G (2010) Proliferation and demise of deep-sea corals in the Mediterranean during the Younger Dryas. Earth and Planetary Science Letters 298(1-2):10.1016/j.epsl.2010.07.036:143-152

13. Reyss D (1964) Observations faites en soucoupe plongeante dans deux vallées sous-marines de la mer Catalane: le rech du Cap et le rech Lacaze-Duthiers. Bull Inst océanogr Monaco 63(1308):1-8
14. Laborel J, Peres JM, Picard J, Vacelet J (1961) Etude directe des fonds des parages de Marseille de 30 à 300 m avec la soucoupe plongeante Cousteau. Bull Inst océanogr Monaco 1206:1-15
15. Peres JM, Picard J (1964) Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la mer Méditerranée. Recueil des travaux de la Station Marine d'Endoûme 31(47):1-137
16. Mastrototaro F, D'Onghia G, Corriero G, Matarrese A, Maiorano P, Panetta P, Gherardi M, Longo C, Rosso A, Sciuto F *et al* (2010) Biodiversity of the white coral bank off Cape Santa Maria di Leuca (Mediterranean Sea): An update. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 57(5-6):412-430
17. CNRS (2011) Plongée en eaux profondes, du 9 au 13 mai 2011, à l'Observatoire Océanologique de Banyuls sur mer. Communication du CNRS, <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqué/2174.htm>
18. Bourcier M, Zibrowius H (1973) Les "boues rouges" déversées dans le canyon de la Cassidaigne : Observations en soucoupe plongeante SP350 (Juin 1971) et résultats de dragages. Thehys 4(4):811-842
19. Dauvin JC (2010) Towards an impact assessment of bauxite red mud waste on the knowledge of the structure and functions of bathyal ecosystems: The example of the Cassidaigne canyon (north-western Mediterranean Sea). Marine Pollution Bulletin 60(2):10.1016/j.marpolbul.2009.09.026:197-206
20. Orejas C, Gori A, Gili JM (2008) Growth rates of live *Lophelia pertusa* and *Madrepora oculata* from the Mediterranean Sea maintained in aquaria. Coral Reefs 27(2):10.1007/s00338-007-0350-7:255-255
21. Carlier A, Le Guilloux E, Olu K, Sarrazin J, Mastrototaro F, Taviani M, Clavier J (2009) Trophic relationships in a deep Mediterranean cold-water coral bank (Santa Maria di Leuca, Ionian Sea). Marine Ecology-Progress Series 397:10.3354/meps08361:125-137
22. Maier C, Hegeman J, Weinbauer MG, Gattuso JP (2009) Calcification of the cold-water coral *Lophelia pertusa* under ambient and reduced pH. Biogeosciences 6(8):1671-1680
23. Orejas C, Ferrier-Pages C, Reynaud S, Gori A, Beraud E, Tsounis G, Allemand D, Gili JM (2011) Long-term growth rates of four Mediterranean cold-water coral species maintained in aquaria. Marine Ecology-Progress Series 429:10.3354/meps09104:57-65
24. Tsounis G, Orejas C, Reynaud S, Gili JM, Allemand D, Ferrier-Pages C (2010) Prey-capture rates in four Mediterranean cold water corals. Marine Ecology-Progress Series 398:10.3354/meps08312:149-155
25. Waller R, Tyler P (2005) The reproductive biology of two deep-water, reef-building scleractinians from the NE Atlantic Ocean. Coral Reefs 24(3):10.1007/s00338-005-0501-7:514-522
26. Tsounis G, Rossi S, Gili JM, Arntz WE (2007) Red coral fishery at the costa brava (NW mediterranean): Case study of an overharvested precious coral. Ecosystems 10:10.1007/s10021-007-9072-5:975-986

27. Tsounis G, Rossi S, Gili JM, Arntz W (2006) Population structure of an exploited benthic cnidarian: the case study of red coral (*Corallium rubrum* L.). *Marine Biology* 149(5):10.1007/s00227-006-0302-8:1059-1070
28. Rossi S, Tsounis G, Orejas C, Padron T, Gili JM, Bramanti L, Teixido N, Gutt J (2008) Survey of deep-dwelling red coral (*Corallium rubrum*) populations at Cap de Creus (NW Mediterranean). *Marine Biology* 154(3):10.1007/s00227-008-0947-6:533-545
29. Tsounis G, Rossi S, Aranguren M, Gili JM, Arntz W (2006) Effects of spatial variability and colony size on the reproductive output and gonadal development cycle of the Mediterranean red coral (*Corallium rubrum* L.). *Marine Biology* 148(3):10.1007/s00227-005-0100-8:513-527
30. Goni R, Latrouite D (2005) Review of the biology, ecology and fisheries of *Palinurus* spp. species of European waters: *Palinurus elephas* (Fabricius, 1787) and *Palinurus mauritanicus* (Gruvel, 1911). *Cahiers De Biologie Marine* 46(2):127-142
31. Bo M, Bavestrello G, Canese S, Giusti M, Salvati E, Angiolillo M, Greco S (2009) Characteristics of a black coral meadow in the twilight zone of the central Mediterranean Sea. *Marine Ecology-Progress Series* 397:10.3354/meps08185:53-61
32. Bo M, Bavestrello G, Canese S, Giusti M, Angiolillo M, Cerrano C, Salvati E, Greco S (2010) Coral assemblage off the Calabrian Coast (South Italy) with new observations on living colonies of *Antipathes dichotoma*. *Italian Journal of Zoology*
33. Danovaro R, Company JB, Corinaldesi C, D'Onghia G, Galil BS, Gambi C, Gooday A, Lampadariou N, Luna GM, Morigi C *et al* (2010) Deep-sea biodiversity in the Mediterranean Sea: The known, the unknown, and the knowable. *Plos One* 5(8):1-25
34. Commission européenne (2008) Règlement (CE 734/2008) sur la protection des écosystèmes marins vulnérables de haute mer contre les effets néfastes de l'utilisation des engins de pêche.