

ÉTAT DE RÉFÉRENCE SC3 SUIVI DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES PAR ROV (SC3 : ÉPIFAUNE)

RAPPORT N°1

Préparé par

SETEC

Référence du suivi

SC3 épifaune

Version

3.0

Date

19/07/2024



setec
énergie environnement
setecin vivo



Informations du document

Préparé pour	EFGL
Contact	Thomas Bodron (thomas.bodron@oceanwinds.com)
Référence du document	Rapport n1_SC3_OW_SEE_ROV_V3
Code & Nom du suivi	SC3 épifaune - Suivi des peuplements benthiques par roV

Révisions

VERSION	DATE	DESCRIPTION	AUTEURS	RELECTEUR
1.0	22/12/2023	Première édition	Raquel MARQUES	Yann PATRY
2.0	27/02/2024	Deuxième édition	Raquel MARQUES	Yann PATRY
3.0	19/07/2024	Harmonisation des titres des rapports SC3 et SC3BIS	Yann PATRY	Yann PATRY

Coordonnées

	SIÈGE	CHEF DE PROJET
NOM	Setec énergie environnement	Yann PATRY
ADRESSE	Immeuble Central Seine 42 - 52 quai de la Rapée - CS 71230 75583 PARIS CEDEX 12 - France	ZA La Grande Halte 29940 LA FORET FOUESNANT - France
TEL.	+33 1 82 51 55 55 (Fax +33 1 82 51 55 56)	+33 6 33 20 03 79
MAIL / SITE	environnement@setec.com www.setec.com	+33 6 33 20 03 79 Yann.patry@setec.com



Tables des Matières

Table des Figures	5
Liste des Tableaux.....	5
1. Introduction.....	6
2. Matériels et méthodes	7
2.1. Site d'étude	7
2.2. La collecte de données.....	8
2.2.1. Moyens nautiques.....	8
2.2.2. Transects vidéo.....	8
2.3. Description de la communauté.....	11
2.3.1. Analyse vidéo	11
2.3.2. Analyse des données.....	12
2.4. Analyse des terriers benthiques.....	13
2.4.1. Terriers d'organismes bioturbateurs.....	13
2.5. Classification des habitats en présence	14
3. Résultats.....	16
3.1. Qualité des transects vidéo	16
3.2. Description physique de l'habitat	17
3.3. Description de la macrofaune	18
3.4. Description des terriers	24
3.5. Classification de l'habitat en présence	25
4. Discussion.....	27
4.1. Améliorations méthodologiques :.....	28
5. Références	29



Table des Figures

Figure 1 : Plan d'échantillonnage et localisation des stations de suivi.	7
Figure 2 : Force, direction des vents et hauteur de vague dans le site du projet du parc de la ferme pilote EFGL, le 10 octobre 2023.	8
Figure 3 : Photos du ROV (a et d) et de son travail opérationnel (b et c).....	9
Figure 4 : Traces GPS du navire enregistrées pendant les levées ROV (rose) superposées aux transects prédéfinis de suivi (jaune).	10
Figure 5 : Vue d'ensemble des niveaux les plus grossiers du schéma de classification CATAMI pour (a) les annotations physiques et (b) les annotations biologiques dans les images ; (c) et (d) montrent les détails des branches 'Bryozoaires' et 'Échinodermes' (Althaus et al., 2014).	12
Figure 6 : Exemple d'image analysée dans ImageJ pour compter le nombre de terriers (points jaunes)	13
Figure 7 : Des exemples de qualité d'image pendant le transect C05 : a) à c), différentes distances du ROV par rapport au fond ; d) perturbation des sédiments due au repositionnement du ROV.	16
Figure 8 : Exemples de photos du fond enregistrées pendant le transect vidéo du ROV pour chaque transect.	17
Figure 9 : Pourcentage d'observations des organismes identifiés selon la classification taxonomique et CATAMI pour chaque transect	19
Figure 10 : Exemples d'organismes identifiés dans les transects vidéo : a) <i>Veretillum cynomorium</i> , b) <i>Octopodidae</i> , c-d) <i>Virgularia mirabilis</i> / <i>Funiculina quadrangularis</i> , e – f) <i>Alcyonium palmatum</i> , g - i) <i>Pennatula sp.</i>	23
Figure 11 : Boxplot du nombre de terriers, par transect.....	24
Figure 12 : Exemple d'images de chaque transect où des terriers de décapodes ont été identifiés. La flèche blanche indique le terrier de décapodes.	25

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Profondeur, distance, durée de la vidéo et position GPS de chaque transect.	10
Tableau 2 : Pourcentage d'observations des organismes identifiés selon la classification taxonomique et CATAMI pour chaque transect	19
Tableau 3 : Liste des organismes identifiés avec classification CATAMI et taxonomique, y compris les taxons identifiés ponctuellement à un niveau taxonomique inférieur.	21
Tableau 4 : Classification des habitats recensés dans la zone d'étude	26



1. Introduction

Ocean Winds développe le projet EFGL, un projet pilote de parc éolien flottant dans le golfe du Lion. Dans ce cadre, un état de référence de la caractérisation des biocénoses benthiques, doit être réalisé avant le début de la phase de construction, afin de pouvoir évaluer par la suite les incidences des travaux de construction et du fonctionnement du parc et de son raccordement sur cette ressource.

Dans ce cadre, il est important de suivre l'impact potentiel de la présence de ces structures sur les différents compartiments de l'écosystème au fil du temps, en phase d'installation et d'exploitation.

Afin de démontrer de manière concluante si le projet éolien a des répercussions ou non sur les habitats et communautés de macrofaune benthique du site d'implantation et/ou de sa proximité, il est impératif de pouvoir comparer les schémas d'évolution observés à la fois dans l'espace et dans le temps. Ainsi, le protocole a été élaboré et validé par le groupe de travail du Comité de suivi technique du projet EFGL, de manière à suivre l'impact potentiel de la structure à mettre en place, en particulière les lignes d'ancrage. C'est pourquoi le protocole prévoit l'échantillonnage dans plusieurs stations, sélectionnées en fonction de l'impact potentiel des lignes d'ancrage et ce de manière répétée dans le temps, avant et après la mise en place des éoliennes flottantes. L'état de référence servira ensuite de base pour évaluer les effets et les impacts du projet EFGL sur les espèces marines présentes. Ce protocole standardisé vise à minimiser les biais d'échantillonnage et à garantir le respect du principe de continuité tout au long du processus d'acquisition des données. Ceci revêt une importance cruciale étant donné que ces suivis seront effectués à long terme.

Ainsi, ce document présente la caractérisation des biocénoses benthiques dans la zone du projet. Le rapport vise à fournir une description qualitative et semi-quantitative de l'habitat et de la communauté de macrofaune épibenthique dans différentes zones de la ferme pilote liées au principal facteur d'impact potentiel du projet sur l'écosystème benthique, à savoir les lignes d'ancrage.

Ce rapport fournit également la description de la méthodologie, son efficacité et les exigences d'amélioration pour suivre correctement l'évolution de l'état de l'habitat au fil du temps du projet pilote éolien.



2. Matériels et méthodes

2.1. Site d'étude

Le site du projet de la ferme pilote EFGL est situé à une distance de 16 kilomètres au large des municipalités de Leucate (11) et de Barcarès (66). Il prévoit l'installation de trois éoliennes flottantes, avec une puissance totale de 30 MW. Chaque éolienne et son flotteur seront maintenus par un système de lignes d'ancrage caténaires, fixées au fond par le biais d'ancres.

Cinq transects ont été définis dans différentes zones du site de projet (**Figure 1**). Les zones ont été sélectionnées afin d'identifier l'influence potentielle des lignes d'ancrage. Trois stations ont été réalisées sur les zones d'implantation des lignes d'ancrage (C07, C08 et C09). Les investigations dans ces stations permettront de caractériser plus finement l'effet du frottement des lignes d'ancrage sur le fond marin. Une station (C06) a été réalisée à proximité de la zone d'installation de trois éoliennes flottantes, à l'intérieur de la zone propice à l'implantation d'un parc éolien (délimité par la ligne pointillée rouge dans la **Figure 1**). La station C05 a été effectuée en dehors de cette zone.

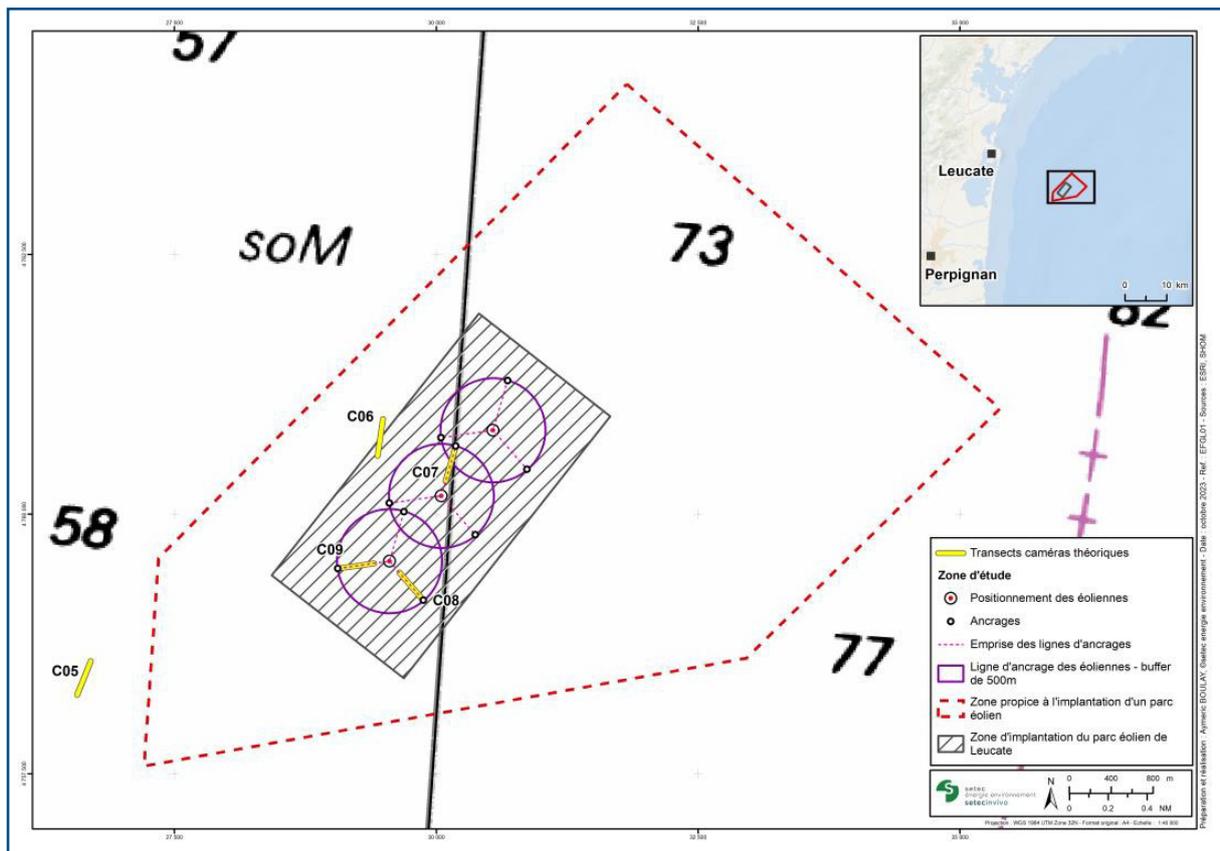


Figure 1 : Plan d'échantillonnage et localisation des stations de suivi.



parcourir la longueur totale des transects. Cependant, elles doivent être rechargées entre chaque transect.

Le ROV est petit et léger (15 kg), ce qui permet une manipulation facile de l'équipement sans nécessiter de treuil ou de machinerie lourde et nécessitant une petite équipe opérationnelle. Le ROV a été piloté par deux techniciens expérimentés ayant une bonne connaissance de l'équipement.

Le ROV est déployé manuellement dans l'eau et est télécommandé depuis le navire par l'équipe opérationnelle. L'image des deux caméras est transmise en direct à la surface sur un double écran, permettant une visualisation directe du fond marin et un meilleur contrôle du ROV sous l'eau. Le ROV possède un mode de navigation automatique qui permet de suivre un transect prédéfini. Cependant, ce système n'a pas fonctionné parfaitement, et la navigation a été adaptée manuellement à partir d'une manette de contrôle (**Figure 3c**).

Pendant l'ensemble du transect vidéo, le ROV prend automatiquement des photos chaque seconde, en enregistrant sa position GPS exacte. Ces données ont ensuite été utilisées pour représenter le parcours exact du ROV et mesurer la distance exacte parcourue sous l'eau.

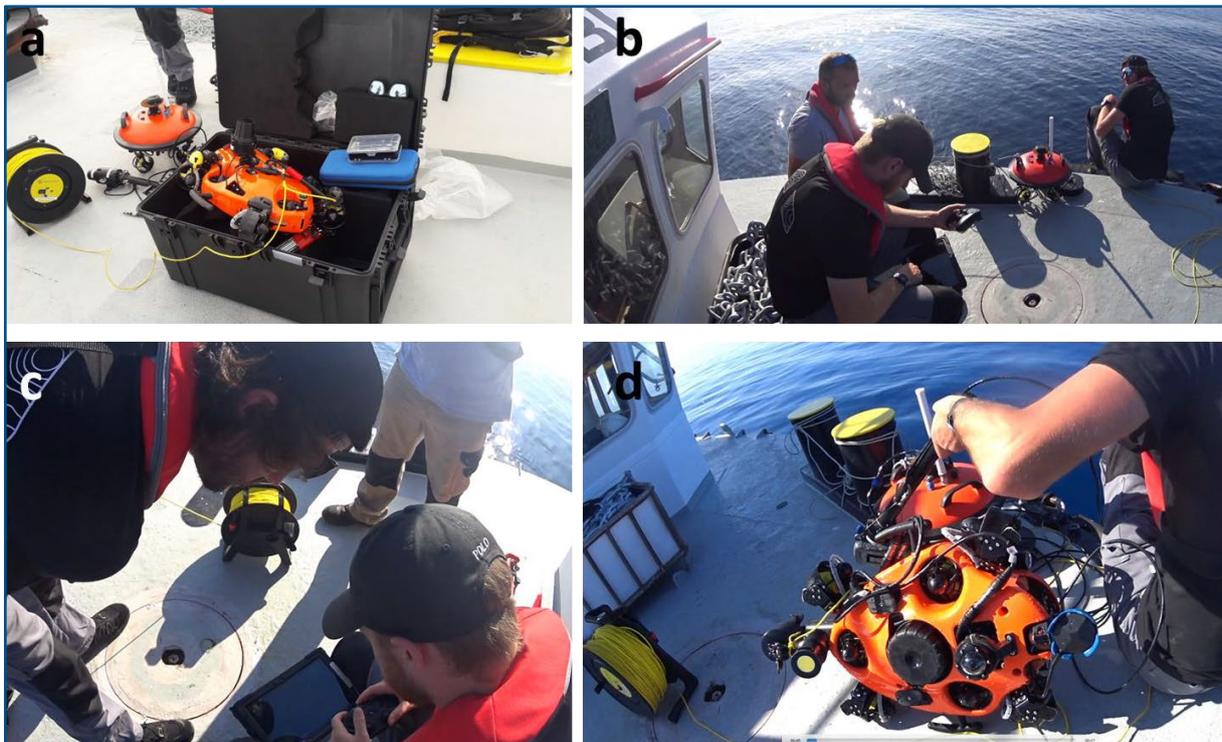


Figure 3 : Photos du ROV (a et d) et de son travail opérationnel (b et c)

La **Figure 4** ci-dessous représente le positionnement du ROV (± 0.5 m) enregistré pendant les transects, tandis que le **Tableau 1** présente la profondeur, la distance, la durée de la vidéo et les informations GPS de chaque transect. Le transect C07 a été réalisé dans la zone la plus profonde (environ 70 m), tandis que le transect C05 a été réalisé dans la zone moins profonde (profondeur médiane de 60,5 m). Le transect C05 a été le plus long, avec une distance totale de 1 123,2 m, et donc, la vidéo de ce transect a été aussi la plus longue (34:16 min). En revanche, le transect C08 a été le plus court en distance (382,6 m) et en durée de vidéo (17:33 min). Comme le mode de

navigation automatique du ROV n'a pas fonctionné parfaitement et la navigation a été adaptée manuellement à partir d'une manette de contrôle, la trajectoire exacte du ROV par rapport aux transects prédéfinis a été difficile à réaliser. Cela explique les différences de distance et de temps vidéo entre les transects.

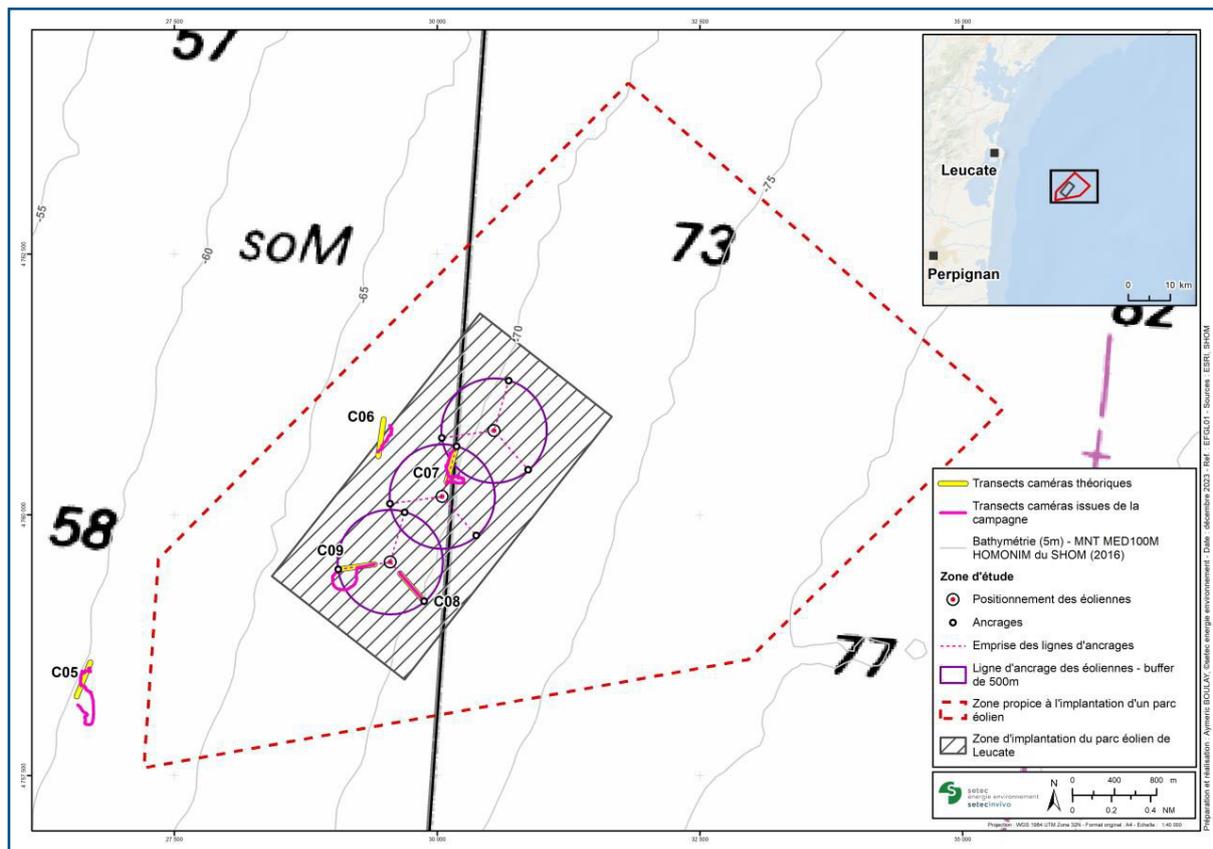


Figure 4 : Traces GPS du navire enregistrées pendant les levées ROV (rose) superposées aux transects prédéfinis de suivi (jaune).

Tableau 1 : Profondeur, distance, durée de la vidéo et position GPS de chaque transect.

TRANSECT	PROFONDEUR MÉDIANE (M)	DISTANCE (M)	TEMPS VIDÉO (MIN)	DÉBUT		FIN	
				LATITUDE	LONGITUDE	LATITUDE	LONGITUDE
C05	60,5	1123,2	34:16	42.83276	3.209629	42.82950	3.208507
C06	67,4	417,9	26:00	42.85530	3.242485	42.85301	3.241270
C07	69,8	893,2	25:26	42.85393	3.250377	42.85087	3.249509
C08	69,6	382,6	17:33	42.84276	3.244773	42.84059	3.247491
C09	67,6	818,8	30:18	42.84252	3.237644	42.84333	3.241689



2.3. Description de la communauté

2.3.1. Analyse vidéo

Les transects vidéo ont été inspectés visuellement à l'aide du programme VLC, qui permet le contrôle de la vitesse de la vidéo et la capture d'écrans pour des analyses ultérieures.

Cette analyse visuelle a été utilisée pour :

- Décrire les caractéristiques physiques du fond marin en se basant sur des indices visuels ;
- Détecter, quantifier et identifier tous les macro-organismes observés dans le transect vidéo.

Ces informations ont ensuite été utilisées pour effectuer une classification des biocénoses benthiques dans la zone d'étude.

L'identification des organismes a été réalisée à deux niveaux ;

1. Par leur nom scientifique jusqu'au niveau taxonomique le plus bas possible.
2. Selon le schéma de classification CATAMI

L'identification taxonomique de base à partir d'images est souvent difficile, voire impossible, et n'est souvent pas réalisable sans échantillonnage d'organismes, sans connaissances expertes, et sans une documentation taxonomique étendue, comprenant des catalogues d'espèces exhaustifs ou des guides de terrain basés sur des collections locales. Pour cette raison, les organismes identifiés dans les transects vidéo avec un faible niveau de certitude n'ont pas été pris en compte dans l'analyse taxonomique.

Les organismes ont également été identifiés suivant le schéma de classification CATAMI, selon [Althaus et al., 2014](#). La classification CATAMI (*Collaborative and Automated Tools for Analysis of Marine Imagery*) est un système de classification visant à décrire et catégoriser la biodiversité marine et aquatique. Elle a été développée pour standardiser la collecte, l'organisation et la communication des données sur la faune et la flore marines, dans le cadre de l'évaluation environnementale, des études écologiques et de la gestion des ressources.

CATAMI propose des libellés clairement définis, tout en étant suffisamment souples pour être appliqué à différentes échelles, plateformes et techniques d'acquisition, ainsi que sur des images de qualité variable. Elle combine une taxonomie de niveau grossier et la morphologie, constituant une classification hiérarchique comblant le fossé entre la caractérisation des habitats/biotopes et la taxonomie.

CATAMI fournit une classification schématique à la fois pour les habitats et la biote (**Figure 5**), mais ici, nous utilisons uniquement la classification biologique. CATAMI propose une classification biologique hiérarchique qui commence par le niveau le plus grossier, distinguant les phyla ou les groupes larges, qui peuvent ensuite être subdivisés en utilisant soit la taxonomie, soit la morphologie, en fonction de ce qui peut être déterminé de manière plus cohérente à partir des images.



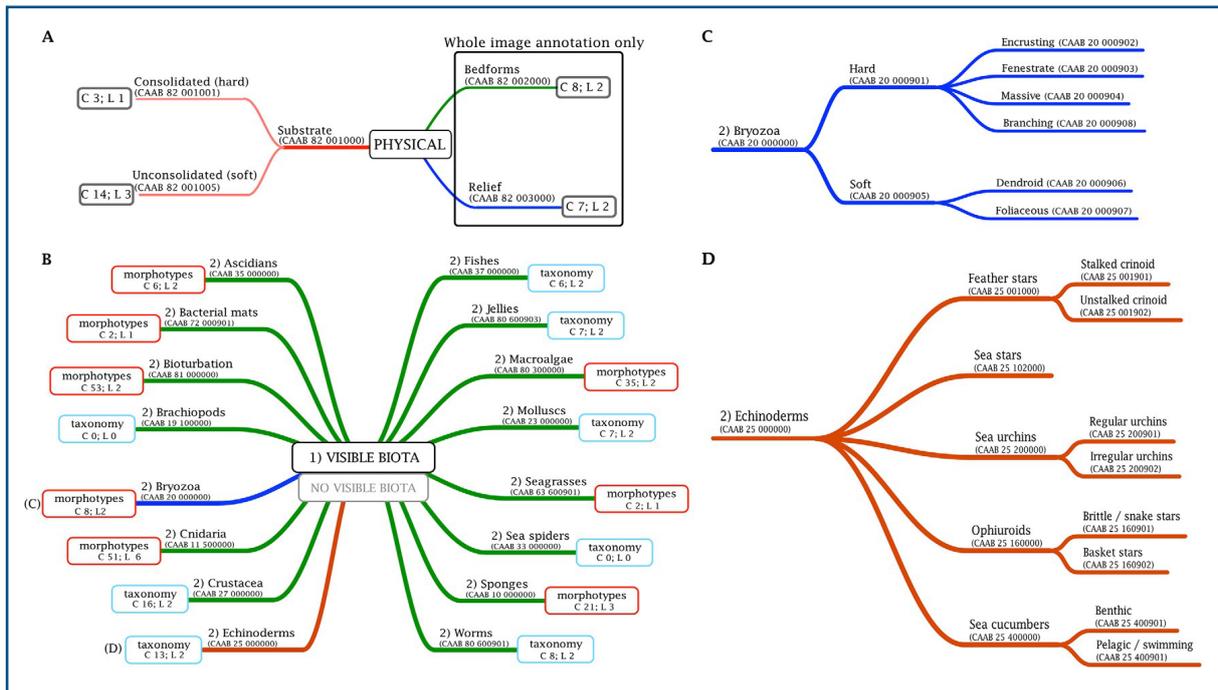


Figure 5 : Vue d'ensemble des niveaux les plus grossiers du schéma de classification CATAMI pour (a) les annotations physiques et (b) les annotations biologiques dans les images ; (c) et (d) montrent les détails des branches 'Bryozoaires' et 'Échinoderms' (Althaus et al., 2014).

2.3.2. Analyse des données

La superficie totale explorée à chaque transect est généralement établie en multipliant la distance parcourue par le champ de vision. Le champ de vision est calculé en utilisant un altimètre monté sur le traîneau, qui enregistre continuellement la distance entre la caméra et le fond marin, ou en utilisant une échelle de mesure visible sur les images. Cependant, le ROV ne dispose ni d'altimètre ni d'une échelle de mesure, et par conséquent, le champ de vision ne peut pas être estimé.

Des informations précises sur la surface explorée sont nécessaires pour évaluer quantitativement la communauté de macrofaune. Car cette information n'était pas disponible, l'analyse des données n'a pas été effectuée quantitativement en termes de densité (par exemple, individus par mètre carré), mais plutôt en pourcentage d'observations, ce qui fournit une évaluation semi-quantitative des taxons les plus couramment observés dans chaque transect.

La composition de la communauté dans chaque transect, basée sur les deux stratégies d'identification (taxonomique et CATAMI), a donc été évaluée en pourcentage d'observations.



2.4. Analyse des terriers benthiques

2.4.1. Terriers d'organismes bioturbateurs

Afin d'évaluer la présence de terriers d'organismes bioturbateurs, une analyse vidéo spécifique à cet effet a été réalisée. La bioturbation est le processus de changements physiques causés par les animaux sur le substrat, comprenant des mouvements de particules et d'eau. Elle permet l'oxygénation du sédiment, la circulation des nutriments, favorise la décomposition de la matière organique, la structuration de l'habitat (bio-ingénieurs) et influence la qualité de l'eau.

À partir des images automatiques enregistrées par le ROV toutes les secondes, 20 ont été sélectionnées au hasard. Ces 20 images ont été analysées visuellement, et 5 ont été choisies en fonction de deux critères :

La visibilité du fond était bonne et les terriers étaient clairement visibles.

La distance entre le ROV et le fond semblait similaire entre les différentes images du même transect et entre les transects.

Ces critères réduisent les biais entre les images et les transects liés au manque d'estimation de la surface explorée, mais permettent une comparaison appropriée entre les transects.

Les images finalement sélectionnées par transect ont été analysées avec le programme ImageJ, qui facilite la numérotation des terriers visibles, comme illustré dans la **Figure 6**.



Figure 6 : Exemple d'image analysée dans ImageJ pour compter le nombre de terriers (points jaunes)

Les différences significatives dans le nombre de terriers entre les transects ont été évaluées par une analyse de la variance (ANOVA), après vérification de la normalité et de l'homogénéité des résidus par les tests de Shapiro-Wilk et de Levene, respectivement.

Parmi les 20 images sélectionnées au hasard par transect, celles présentant une bonne qualité d'image ont été analysées par des experts pour identifier la présence ou l'absence de terriers de décapodes dans chaque transect.

2.5. Classification des habitats en présence

Les informations concernant les caractéristiques physiques et la communauté épibenthique ont ensuite été utilisées pour réaliser une classification de l'habitat, selon différentes références de classification des habitats :

- Référentiel National des Habitats (HabRef) ;
- European Nature Information System (EUNIS 2012 et 2022).

Les référentiels de classification des habitats sont des outils précieux pour la surveillance environnementale, la recherche et les efforts de conservation. Ils sont généralement utilisés dans le cadre de la gestion environnementale, de la préservation de la biodiversité et de l'évaluation des impacts écologiques. Ils offrent une base commune de compréhension et de communication entre les acteurs impliqués dans la conservation de la nature, tels que les chercheurs, les gestionnaires d'espaces naturels, les autorités publiques et les organisations environnementales, favorisant une approche harmonisée de l'évaluation et de la communication de la biodiversité même entre les pays européens.

Le Référentiel National des Habitats (HabRef) est un ensemble de données et de références spécifiques élaboré au niveau national, servant à décrire et à caractériser les habitats naturels présents sur le territoire. Il s'agit d'un outil de référence qui permet de standardiser la classification et la description des différents types d'habitats naturels, qu'ils soient terrestres ou aquatiques. De plus, il sert de base pour définir la position française et formuler des propositions de modifications et d'ajouts au référentiel européen des habitats EUNIS (dans le contexte marin).

Il existe deux typologies nationales pour les habitats marins benthiques métropolitains : une relative aux biocénoses de Méditerranée (NatHab-Med) et l'autre concernant les habitats de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique (NatHab-Atl).

Le référentiel européen des habitats EUNIS (*European Nature Information System*), ou le Système d'Information sur la Nature en Europe, c'est aussi un système de classification complet pour les habitats, les espèces et d'autres données environnementales au niveau européen. Développé par l'Agence européenne pour l'environnement (AEE), EUNIS fournit un langage commun et un cadre de référence pour décrire et catégoriser la biodiversité et les écosystèmes européens.

Dans le contexte des habitats, EUNIS propose un système de classification hiérarchique ([Galparsoro et al., 2012](#)), offrant, pour ce qui concerne le milieu marin, une gradation de précision allant de la simple distinction entre les types rocheux ou meubles (niveau 2). Cette classification intègre d'une part le mode d'exposition et le type de substrat (niveau 3) et d'autre part la notion de groupement fonctionnel d'habitats (niveau 4). Elle aboutit à l'identification précise des peuplements



benthiques, déterminée par la présence d'espèces dominantes ou de groupes d'espèces caractéristiques (niveaux 5 et 6).

La typologie EUNIS subit encore des évolutions au fur et à mesure de sa mise en application. La version retenue dans cette étude, pour la détermination des habitats benthiques, est la version EUNIS de 2007 révisée en 2012. Une révision de la classification EUNIS des habitats marins a été publiée en 2019. À partir de juin 2021, la classification a été complétée par connexions vers l'annexe I de la directive Habitats et vers la liste rouge européenne des habitats. Une version mise à jour a été publiée en mars 2022. La codification des habitats s'en trouve complètement changée.

Dans cette étude, nous fournissons la classification selon HabRef (NatHab-Med) et la correspondance avec les deux versions du référentiel EUNIS (2012 et 2022). L'intérêt d'utiliser EUNIS réside dans la possibilité de comparer les habitats au niveau européen et de faciliter la mise en œuvre de directives européennes telles que la Directive Habitats et son outil opérationnel Natura 2000.



3. Résultats

3.1. Qualité des transects vidéo

La qualité des transects vidéo et des images capturées peut fortement influencer les résultats, en particulier la quantification et l'identification biologiques. Une présentation globale de la qualité vidéo est fournie dans cette section.

La distance du ROV au fond n'a pas été constante et a varié entre 1 et 4 mètres. Cette distance variable du ROV par rapport au fond affecte considérablement la qualité de l'image (la **Figure 7** présente quelques exemples dans le transect C05) et, par conséquent, la capacité à repérer visuellement et identifier l'épifaune présente le long du transect. Ainsi, l'identification des organismes est biaisée en faveur d'un décompte plus élevé des organismes mobiles, colorés et de plus grande taille.

De plus, le repositionnement du ROV dans la colonne d'eau a provoqué des perturbations de sédiments, créant des moments ponctuels de très faible visibilité dans la vidéo. Cependant, l'impact sur les résultats est limité, car ces épisodes durent généralement quelques secondes.

Malgré ces limitations, l'analyse des vidéos a permis une description précise et une caractérisation du milieu physique, ainsi qu'une évaluation semi-quantitative de la communauté épifaune dans la zone d'étude.

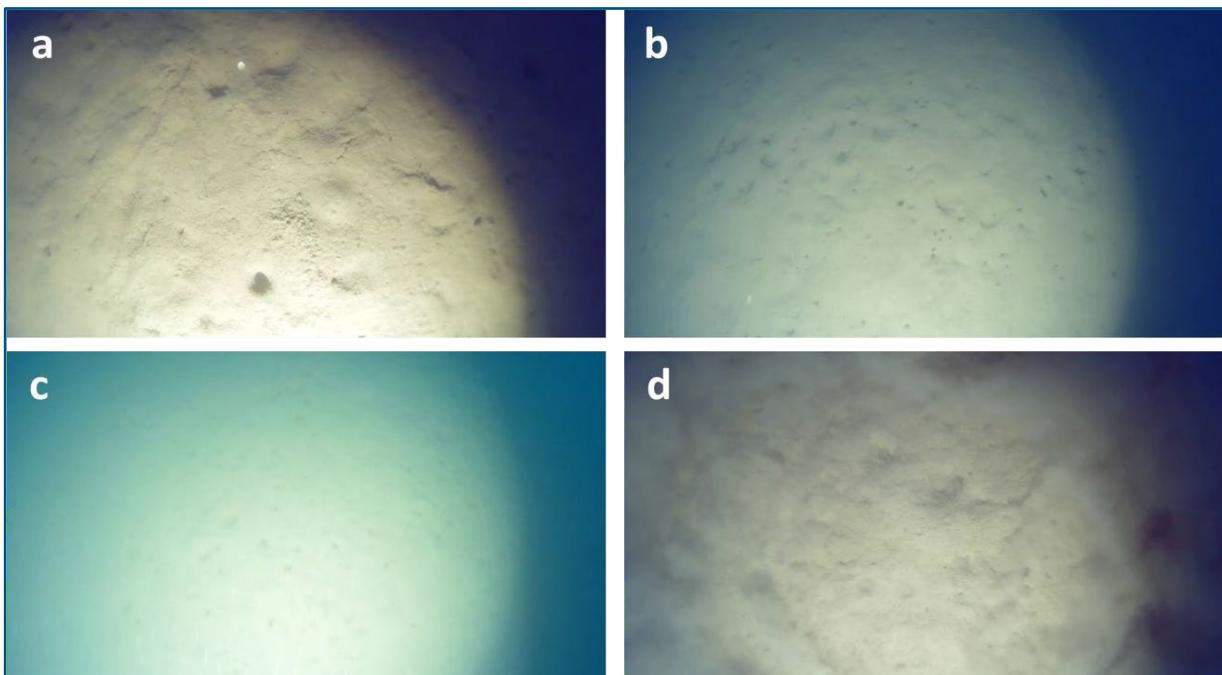


Figure 7 : Des exemples de qualité d'image pendant le transect C05 : a) à c), différentes distances du ROV par rapport au fond ; d) perturbation des sédiments due au repositionnement du ROV.

3.2. Description physique de l'habitat

L'analyse visuelle des vidéos a montré sur tous les transects que le fond marin est très similaire, indiquant que toute la zone correspond au même type d'habitat physique. La zone d'étude est située dans la zone approximative du milieu de la plaque continentale du golfe du Lion, avec un relief monotone et une faible pente. La profondeur de la zone est comprise entre 65 et 75 mètres (**Figure 4**) et le fond marin est caractérisé par l'accumulation de sédiments fins (**Figure 8**). Sur tous les transects, plusieurs terriers et traces de sédiments ont été observés, indiquant la présence de nombreux organismes bioturbateurs. Aucun massif rocheux isolé n'a été observé dans aucun des transects.

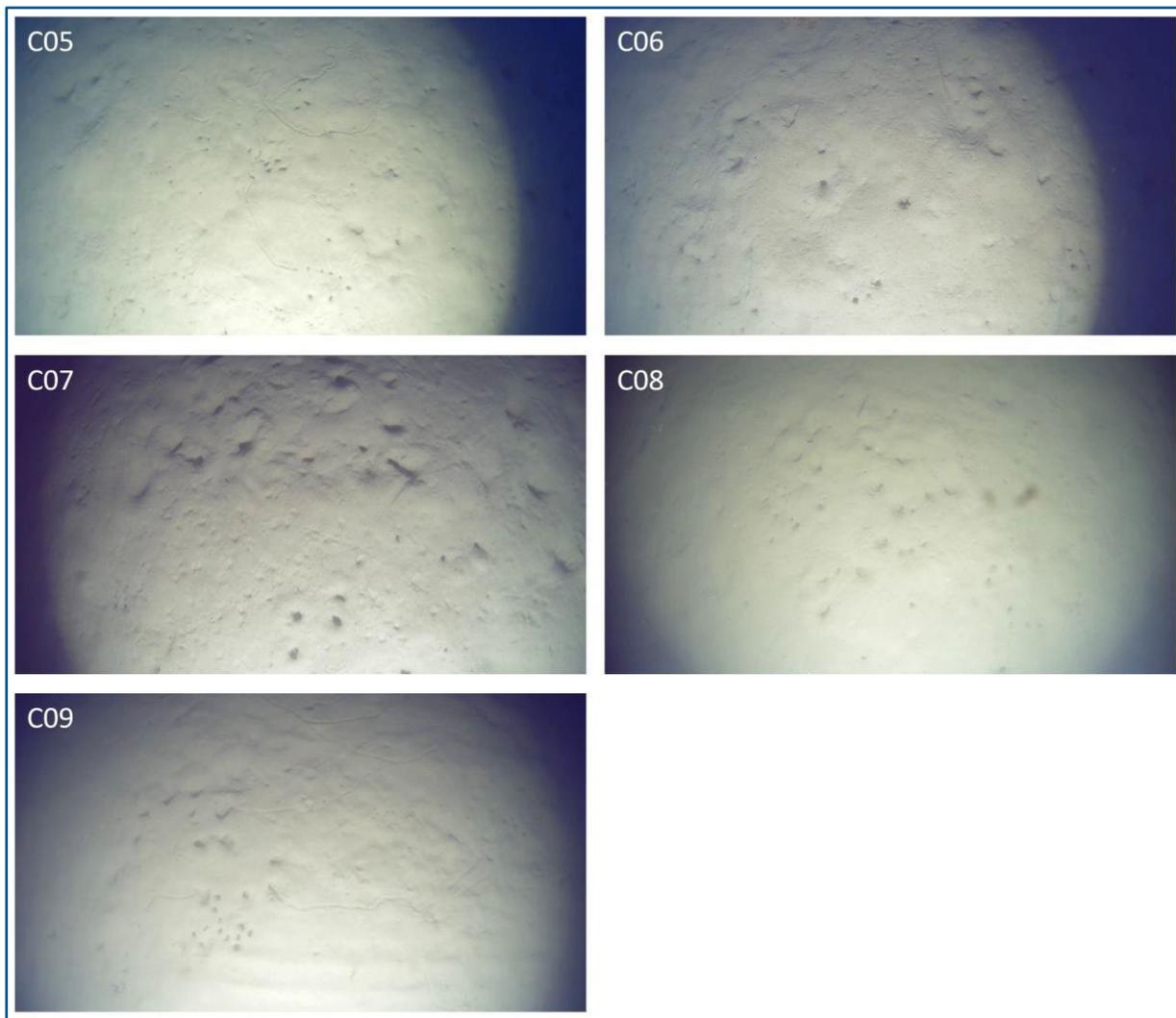


Figure 8 : Exemples de photos du fond enregistrées pendant le transect vidéo du ROV pour chaque transect.

3.3. Description de la macrofaune

La **Figure 9** et **Tableau 2** ci-dessous montre le pourcentage d'observation des différents taxons identifiés dans les vidéos de chaque transect, par classification taxonomique et CATAMI.

Les résultats montrent qu'au niveau taxonomique, les poissons (Teleostei) ont été les organismes les plus couramment observés dans cette étude, représentant entre 58 et 69 % des observations dans tous les transects, sauf à C09 où leur représentation atteint 85 %. Les deuxièmes organismes les plus communs observés dans tous les transects appartiennent à la super-famille Pennatuloidea, qui inclut les genres *Pennatula*, *Pteroeides* et l'espèce *Veretillum cynomorium*. Ensemble, ils ont représenté entre 24 et 30 % des observations dans les transects C06, C07 et C08, mais moins de 10 % dans les transects C05 et C09. Parmi ceux-ci, *Pennatula sp.* a été le plus commun, représentant entre 14 et 19 % de toutes les observations dans les transects C06, C07 et C08, tandis que seulement quelques individus ont été observés dans les transects C05 et C09 (2 et 6 %, respectivement). *Alcyonium palmata* a également été constamment observé dans tous les transects (8 à 9 % de toutes les observations), sauf dans le transect C09 où il a été absent. Enfin, les Porifères ont représenté 10 % des observations dans le transect C05, mais ont été moins courants (<4 %) ou absents (C07) dans les autres transects.

Au niveau CATAMI, il est évident que la richesse de la classification est supérieure à celle du niveau taxonomique. Cela s'explique par le fait que ce type de classification est basé sur des caractéristiques morphologiques, ce qui permet une classification avec moins de risque d'erreur. Par exemple, en raison de la forte variabilité morphologique des taxons de Porifera, leur identification à un niveau taxonomique inférieur est souvent difficile, tandis que leur macrostructure morphologique (par exemple, érigée, massive, simple ou ramifiée) peut être plus facilement perçue lors des transects vidéo.

Les poissons osseux (« Bony fishes ») ont représenté la majorité des observations dans tous les transects (de 57 à 85 %), suivis par la catégorie « coraux noirs et octocoraux » (« Black & Octocorals ») avec une représentation de 9 à 39 % de toutes les observations. Cette catégorie comprend tous les Pennatuloidea (catégories « Black & Octocorals: Quill (seapen) » et « Black & Octocorals: Whip: Slender seapen ») et l'*Alcyonium palmatum* (catégorie « Black & Octocorals: Branching (3D): Fleshy: Arborescent »). Les coraux noirs n'ont jamais été observés dans les transects vidéo. Les éponges ont également été couramment observées dans la zone étudiée, en particulier dans le transect C05 (10 % de toutes les observations). Parmi celles-ci, les éponges présentant des formes massives simples (« Sponges: Massive forms: Simple ») ont été les plus communes, représentant 5 % de toutes les observations.

Des déchets n'ont été observés que dans les transects C05 (plaque en plastique) et C07 (morceau de tissu).



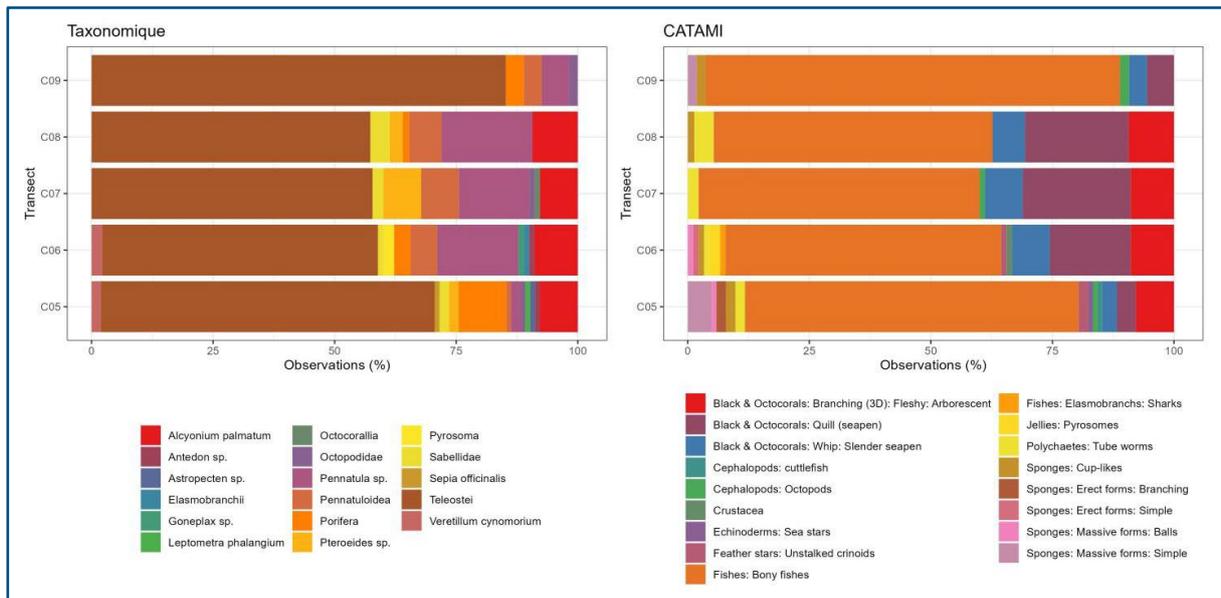


Figure 9 : Pourcentage d'observations des organismes identifiés selon la classification taxonomique et CATAMI pour chaque transect

Tableau 2 : Pourcentage d'observations des organismes identifiés selon la classification taxonomique et CATAMI pour chaque transect

TAXONOMIQUE					
TAXON	C05	C06	C07	C08	C09
<i>Alcyonium palmatum</i>	8	9	8	9	
<i>Antedon sp.</i>	1	1			
<i>Astropecten sp.</i>	1				
Elasmobranchii		1			
<i>Goneplax sp.</i>		1			
<i>Leptometra phalangium</i>	1				
Octocorallia			1		
Octopodidae	1		1		2
<i>Pennatula sp.</i>	2	17	14	19	6
Pennatuloidea	1	6	8	7	4
Porifera	10	3		1	4
<i>Pteroeides sp.</i>	2		8	3	
Pyrosoma		2			
<i>Sabellidae</i>	2	1	2	4	
<i>Sepia officinalis</i>	1				
Teleostei	69	57	58	57	85
<i>Veretillum cynomorium</i>	2	2			



CATAMI					
CLASSIFICATION	C05	C06	C07	C08	C09
Black & Octocorals: Branching (3D): Fleshy: Arborescent	8	9	9	9	
Black & Octocorals: Quill (seapen)	4	17	22	21	6
Black & Octocorals: Whip: Slender seapen	3	8	8	7	4
Cephalopods: cuttlefish	1				
Cephalopods: Octopods	1		1		2
Crustacea		1			
Echinoderms: Sea stars	1				
Feather stars: Unstalked crinoids	2	1			
Fishes: Bony fishes	69	57	58	57	85
Fishes: Elasmobranchs: Sharks		1			
Jellies: Pyrosomes		2			
Polychaetes: Tube worms	2	1	2	4	
Sponges: Cup-likes	2	1		1	2
Sponges: Erect forms: Branching	2				
Sponges: Erect forms: Simple		1			
Sponges: Massive forms: Balls	1	1			
Sponges: Massive forms: Simple	5				2

Le **Tableau 3** présente une liste des taxons présents dans la zone identifiée au niveau taxonomique inférieur. L'identification au niveau de l'espèce ou du genre a été généralement très difficile dans les vidéos, car elle nécessite souvent l'examen de petites caractéristiques morphologiques des organismes. Par conséquent, la liste des taxons qui ont pu être sporadiquement identifiés au niveau taxonomique inférieur sur les transects est présentée à titre indicatif de leur présence dans la zone d'étude.

Malgré les limitations liées à l'identification au niveau taxonomique inférieur, l'information sur la présence de ces espèces est très importante, car beaucoup d'entre elles sont considérées comme des indicateurs taxonomiques d'écosystèmes marins vulnérables de la mer Méditerranée (Fournier 2023). C'est le cas de tous les taxons identifiés de la superfamille Pennatulioidea et le phylum Porifera. Pour les poissons (Téléostéens), les taxons qui ont été identifiés au niveau taxonomique inférieur ont été fortement biaisés en faveur des taxons évidentes, avec des couleurs vives, des formes facilement identifiables et de grandes tailles. Cependant, ces identifications ont été sporadiques. La plupart des poissons ont été de petite taille, de couleurs discrètes et identifiées uniquement comme poisson (Teleostei) en raison de leur mouvement de nage et de leur tendance à se cacher dans les terriers. Afin d'obtenir une meilleure identification de ces organismes, leur collecte est nécessaire. Quelques exemples d'organismes identifiés sont présentés dans la **Figure 10**.



Tableau 3 : Liste des organismes identifiés avec classification CATAMI et taxonomique, y compris les taxons identifiés ponctuellement à un niveau taxonomique inférieur.

CATAMI	TAXONOMIQUE	TAXONOMIQUE INFÉRIEUR	NOM VERNACULAIRE	C05	C06	C07	C08	C09
Black & Octocorals: Branching (3D): Fleshy: Arborescent	<i>Alcyonium palmatum</i>	<i>Alcyonium palmatum</i>	Main de mer	x	x	x	x	
Black & Octocorals: Branching (3D): Fleshy: Arborescent	Octocorallia		Octocorail			x		
Black & Octocorals: Quill (seapen)	<i>Pennatula sp.</i>		Plume de mer / Pennatule	x	x	x		x
Black & Octocorals: Quill (seapen)	<i>Pennatula sp.</i>	<i>Pennatula rubra / Pennatula phosphoria</i>	Pennatule rouge / Pennatule phosphorescente	x	x	x	x	x
Black & Octocorals: Quill (seapen)	<i>Pteroeides sp.</i>	<i>Pteroeides sp.</i>	Plume de mer grise	x		x	x	
Black & Octocorals: Whip: Slender seapen	Pennatuloidea	<i>Virgularia mirabilis / Funiculina quadrangularis</i>	Plume élégante / Pennatule à rachis carré					
Black & Octocorals: Whip: Slender seapen	<i>Veretillum cynomorium</i>	<i>Veretillum cynomorium</i>	Vérétille verge de chien	x	x			
Cephalopods: cuttlefish	<i>Sepia officinalis</i>	<i>Sepia officinalis</i>	Seiche	x				
Cephalopods: Octopods	Octopodidae	<i>Octopodidae</i>	Poulpe	x		x		x
Crustacea	<i>Goneplax sp.</i>	<i>Goneplax sp.</i>	Gonéplax		x			
Echinoderms: Sea stars	<i>Astropecten sp.</i>	<i>Astropecten</i>	Étoile-peigne	x				
Feather stars: Unstalked crinoids	<i>Antedon sp.</i>	<i>Antedon sp.</i>	Comatule	x	x			
Feather stars: Unstalked crinoids	<i>Leptometra phalangium</i>	<i>Leptometra phalangium</i>	Comatule	x				
Fishes: Bony fishes	Teleostei		Poisson	x	x	x	x	x
Fishes: Bony fishes	Teleostei	<i>Callionymus sp.</i>	Callionyme	x		x		
Fishes: Bony fishes	Teleostei	<i>Cepolidae</i>	Cépole					x
Fishes: Bony fishes	Teleostei	<i>Mullus sp.</i>	Rouget	x	x	x		
Fishes: Bony fishes	Teleostei	<i>Scorpaena sp.</i>	Rascasse	x		x	x	
Fishes: Bony fishes	Teleostei	<i>Soleidae</i>	Sole				x	



CATAMI	TAXONOMIQUE	TAXONOMIQUE INFÉRIEUR	NOM VERNACULAIRE	C05	C06	C07	C08	C09
Fishes: Bony fishes	Teleostei	<i>Triglidae sp.</i>	Grondin	x		x	x	x
Fishes: Bony fishes	Teleostei	<i>Trisopterus sp.</i>	Tacaud	x				
Fishes: Elasmobranchs: Sharks	Elasmobranchii		Requin		x			
Jellies: Pyrosomes	Pyrosoma	<i>Pyrosoma</i>	Pyrosome		x			
Polychaetes: Tube Worms	Sabellidae		Sabellidés	x	x	x	x	
Sponges: Cup-likes	Porifera		Éponge	x			x	
Sponges: Cup-likes	Porifera	<i>Poecillastra sp.</i>	Éponge		x			x
Sponges: Erect forms: Branching	Porifera		Éponge	x				
Sponges: Erect forms: Simple	Porifera		Éponge		x			
Sponges: Massive forms: Balls	Porifera		Éponge	x				
Sponges: Massive forms: Balls	Porifera	<i>Geodia spp.</i>	Éponge		x			
Sponges: Massive forms: Simple	Porifera		Éponge	x				x



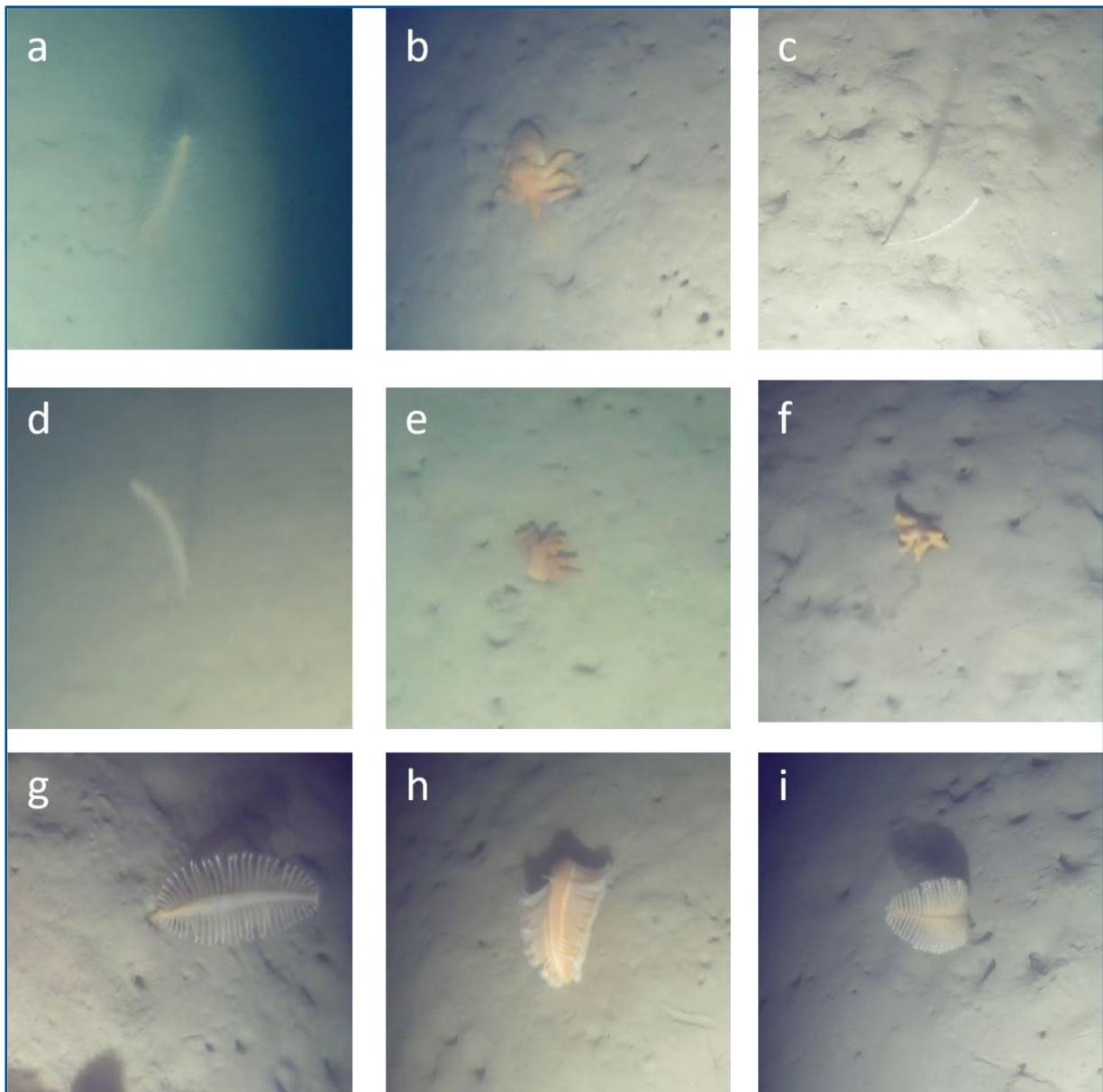


Figure 10 : Exemples d'organismes identifiés dans les transects vidéo : a) *Veretillum cynomorium*, b) Octopodidae, c-d) *Virgularia mirabilis* / *Funiculina quadrangularis*, e – f) *Alcyonium palmatum*, g - i) *Pennatula* sp.

3.4. Description des terriers

L'observation de terriers dans le sédiment a été constante dans toutes les vidéos et sur toute la distance des transects. Les terriers ont présenté des formes et des tailles différentes, indiquant la présence d'une diversité potentiellement élevée d'organismes bioturbateurs.

Les images collectées par le ROV ont néanmoins permis de compter le nombre de terriers visibles dans des images sélectionnées au hasard le long du transect, fournissant un indice de la quantité d'organismes bioturbateurs.

La **Figure 11** ci-dessous présente le diagramme en boîte (*Boxplot*) du nombre de terriers par image comptée le long des différents transects. Le nombre de terriers a varié entre 42 et 147, avec une moyenne globale de 88,3 terriers par image, sans différence nette entre les transects, à l'exception de C09 qui semble avoir un nombre plus faible. Cependant, cette différence n'a pas été significative, après les résultats de l'ANOVA (Df= 20, F = 1,291, valeur p = 0,307).

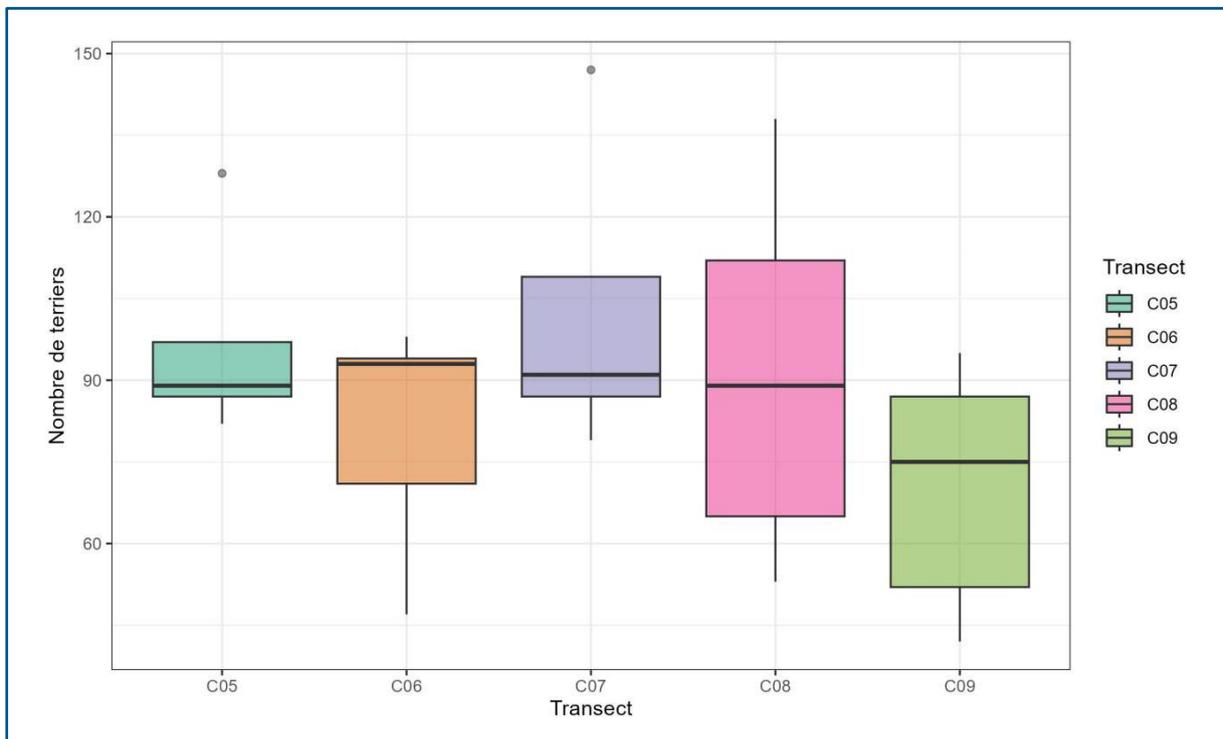


Figure 11 : *Boxplot* du nombre de terriers, par transect

Un intérêt particulier dans l'analyse des terriers dans le sédiment est d'identifier les terriers de décapodes qui jouent un rôle important en tant qu'organismes bioturbateurs. L'analyse d'images aléatoires de chaque transect par des experts a indiqué la présence de terriers de décapodes dans tous les transects, suggérant une distribution répandue de ces organismes dans la zone d'étude. La **Figure 12** ci-dessous présente quelques exemples de terriers de décapodes dans chaque transect.



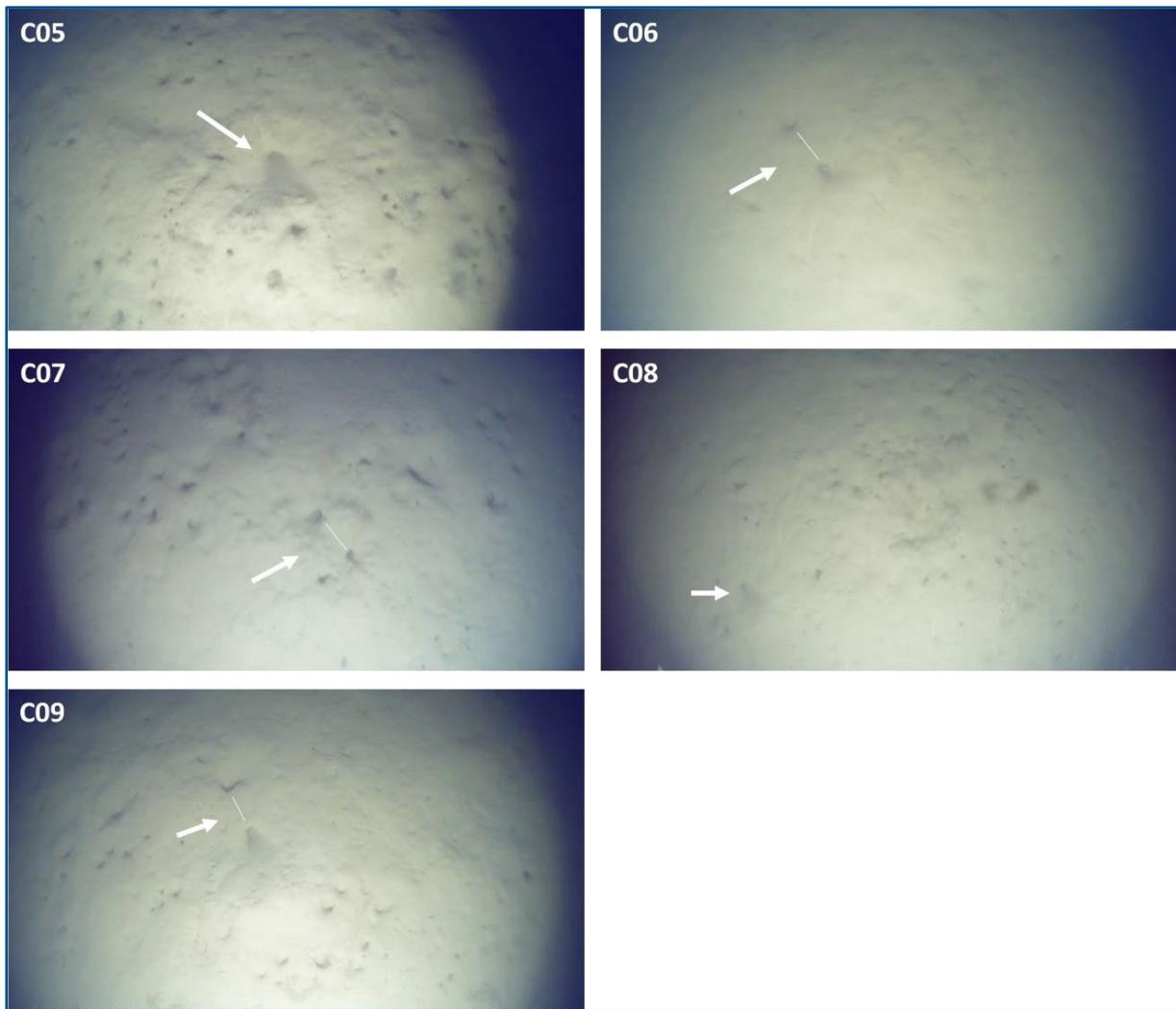


Figure 12 : Exemple d'images de chaque transect où des terriers de décapodes ont été identifiés.
La flèche blanche indique le terrier de décapodes.

3.5. Classification de l'habitat en présence

Les informations présentées ci-dessus permettent d'effectuer une classification de l'habitat selon les critères de la typologie nationale des biocénoses benthiques de Méditerranée (NatHab-Med). L'identification des habitats est nécessaire pour déterminer leur sensibilité aux facteurs de stress anthropiques ([Rivière et al., 2018](#)).

Tous les transects se sont révélés très similaires en termes de caractéristiques visuelles physiques et biologiques. Ils ont été tous caractérisés par des fonds plats de sédiments fins sans aucune formation rocheuse. La présence de nombreux terriers provenant de différents organismes bioturbateurs a été constamment observée dans tous les transects. La communauté macro-épifaune est relativement similaire dans tous les transects, avec la présence de plusieurs taxons indicateurs d'écosystèmes



marins vulnérables en Méditerranée. Parmi ceux-ci, nous soulignons la présence courante des taxons suivants :

- Main de mer (*Alcyonium palmatum*) ;
- Pennatules (*Pennatula rubra* / *Pennatula phosphorea*) ;
- Plume élégante et Pennatule à rachis carré (*Virgularia mirabilis* / *Funiculina quadrangularis*) ;
- Vérétille verge de chien (*Veretillum cynomorium*).

Selon ces résultats, l'habitat principal dans l'ensemble de la zone du projet EFGL est le « IV.1.1.b. - Faciès des vases gluantes à *Virgularia mirabilis* et *Pennatula phosphorea* » (NatHab-Med 2023), A5.392 (EUNIS 2012), MC6-513/ MD6-511 (EUNIS 2022). Cependant, en raison de la présence constante d'*Alcyonium palmatum* sur la plupart des transects, bien que moins fréquente que les autres octocoralliaires, il est aussi possible d'identifier la présence de l'habitat « IV.1.1.c. - Faciès des vases gluantes à *Alcyonium palmatum* et *Parastichopus regalis* (Syn. *Stichopus regalis*) » (NatHab-Med), A5.393 (EUNIS 2012), MC6-514/ MD6- 512 (EuNIS 2022). (**Tableau 3**).

La description disponible dans la typologie NatHab-Med présente l'habitat « IV.1.1.b. - Faciès des vases gluantes à *Virgularia mirabilis* et *Pennatula phosphorea* » comme ceci :

« La vase gluante est la vase qui est plus communément appelée « vase côtière » et qui est généralement de couleur grise plus ou moins foncée. C'est, comme la vase molle, une vase provenant d'apports terrigènes, mais dont les particules restent en suspension plus longtemps et par conséquent se déposent, plus loin du rivage, en quantité moindre que les sédiments constituant les vases molles, et beaucoup plus lentement que ceux-ci. Ce faciès se caractérise par l'abondance des pennatules *Virgularia mirabilis* et *Pennatula phosphorea* sur des fonds de vase gluante. La dynamique est liée aux apports quantitatifs et qualitatifs de sédiments. L'évolution du faciès peut être rapide, notamment par la multiplication d'autres espèces de la biocénose, par exemples celles du faciès à *Alcyonium palmatum* et *Parastichopus regalis* (IV.1.1.c.). Il ne peut être exclu que ce faciès puisse également être supplanté progressivement par le faciès des vases molles à *Turritellinella tricarinata* (Syn. *Turritella communis* (IV.1.1.a.). »

Tableau 4 : Classification des habitats recensés dans la zone d'étude

NATHAB-MED 2023	EUNIS 2012	EUNIS 2022
IV.1.1.b. - Faciès des vases gluantes à <i>Virgularia mirabilis</i> et <i>Pennatula phosphorea</i>	A5.392 - Faciès des vases gluantes à <i>Virgularia mirabilis</i> et <i>Pennatula phosphorea</i>	MC6-513 - Faciès de vases gluantes à <i>Virgularia mirabilis</i> et <i>Pennatula phosphorea</i> sur vase du circalittoral
		MD6-511 - Faciès des vases gluantes à <i>Virgularia mirabilis</i> et <i>Pennatula phosphorea</i> sur vase du bas du circalittoral
IV.1.1.c. - Faciès des vases gluantes à <i>Alcyonium palmatum</i> et <i>Parastichopus regalis</i> (Syn. <i>Stichopus regalis</i>)	A5.393 - Faciès des vases gluantes à <i>Alcyonium palmatum</i> et <i>Parastichopus regalis</i> (anciennement <i>Stichopus regalis</i>)	MC6-514 - Faciès de vases gluantes s à <i>Alcyonium palmatum</i> et <i>Parastichopus regalis</i> sur vase du circalittoral
		MD6-512 - Faciès des vases gluantes à <i>Alcyonium palmatum</i> et <i>Parastichopus regalis</i> sur vase du bas du circalittoral



4. Discussion

Les données obtenues dans cette étude ont permis de caractériser les habitats benthiques de la zone du projet EFGL.

Les résultats indiquent que l'habitat est relativement homogène sur l'ensemble de la zone, sans différences évidentes en termes de caractéristiques physiques et de composition de la communauté de macrofaune épibenthique.

Les données indiquent que l'habitat est caractérisé par un fond de sédiments fins et boueux, avec une communauté benthique diversifiée comprenant de nombreuses espèces sensibles. Parmi ces espèces, nous soulignons la présence de *Pennatula phosphoria*, *Pennatula rubra*, *Virgularia mirabilis*, *Funiculina quadrangularis*, *Veretillum cynomorium* et *Alcyonium palmatum*, identifiées comme des indicateurs d'écosystèmes marins vulnérables (Fournier 2023).

Des études antérieures sur l'état initial des biocénoses benthiques de la zone EFGL ont été réalisées par P2A Development en 2018 ([RTE 2018](#)), à l'aide de transects vidéo sous-marins. Parmi les 6 transects vidéo réalisés en 2018, seuls deux (C5 et C6) ont été réalisés dans les mêmes zones que celles de notre étude (C05 et C06), et peuvent donc être comparés à nos résultats. Les organismes les plus communs (> 10 individus) identifiés en 2008 dans les transects C5 et C6 étaient les Comatules, *Alcyonium*, *Nemertesia antennina*, les pennatules, les spirographis (Sabellidés) et les poissons (*Pegellus sp.* et Gobiidae). Tous ces organismes ont également été identifiés dans notre étude, à l'exception de *Nemertesia antennina*, qui était très commune (500 individus) dans l'étude en 2008 et absentes dans notre étude. Les colonies de *Nemertesia antennina* sont typiquement attachées à des substrats durs tels que les rochers, galets et coquillages ([Jackson 2004](#)). Cela pourrait expliquer pourquoi cette espèce n'a pas été trouvée lors de notre étude, puisque les substrats durs n'ont jamais été observés dans les transects vidéo.

Nous signalons aussi une forte présence de terriers dans l'ensemble de la zone d'étude, indiquant la présence de nombreux organismes bioturbateurs. La bioturbation joue un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes en influençant la structure, la composition et la dynamique des sols et des sédiments, étant très important dans le maintien de la biodiversité locale. L'identification des terriers par les experts a indiqué la présence de décapodes fouisseurs. En effet, les résultats du rapport sur l'état initial de la macrofaune endobenthique ([SEE in prep](#)) indiquent la présence de plusieurs décapodes fouisseuses telles que des crevettes (*Callianassidae*, *Upogebia sp.* et *Alpheus glaber*) et des crabes (*Goneplax rhomboides*) fouisseuses.

L'ensemble de ces résultats ont permis d'identifier l'habitat principal comme du type « IV.1.1.b. - Faciès des vases gluantes à *Virgularia mirabilis* et *Pennatula phosphorea* », mais aussi la présence de l'habitat

« IV.1.1.c. - Faciès des vases gluantes à *Alcyonium palmatum* et *Parastichopus regalis* (Syn. *Stichopus regalis*) » selon la classification NatHab-Med 2023.

Ces résultats sont en accord avec l'identification des habitats réalisée dans l'étude de l'endofaune benthique de la zone d'étude en 2018 ([RTE 2018](#)) ainsi que celle réalisée en 2023 ([SEE in prep](#)). En 2018, l'habitat identifié par P2A Development dans l'aire d'étude immédiate de la ferme pilote était le « A5.39 : Biocénoses Méditerranéennes des vases terrigènes côtières » (classification EUNIS 2012). Les études sur l'infaune ([SEE in prep](#)) et l'épifaune (cette étude) réalisées en 2023 ont identifié l'habitat comme étant « A5.392 - Faciès des vases gluantes à *Virgularia mirabilis* et *Pennatula*



phosphorea » et « A5.393 - Faciès des vases gluantes à *Alcyonium palmatum* et *Parastichopus regalis* (anciennement *Stichopus regalis*) » (EUNIS 2012). Ces types d'habitats sont les mêmes que ceux identifiés en 2018, mais à un niveau de classification EUNIS 2012 inférieur.

Ces habitats sont classés comme actuellement menacés et/ou en déclin par la Liste OSPAR des espèces et habitats menacés et/ou en déclin ([OSPAR 2010](#)) et font partie des Aires écologiquement ou biologiquement significatives (Ecologically or Biologically Significant Areas, EBSA) identifiées par la Convention sur la diversité biologique ([CBD 2016](#)).

4.1. Améliorations méthodologiques :

La méthodologie utilisée dans cette étude s'est révélée capable de répondre aux principaux objectifs de l'étude. Elle a permis d'effectuer une caractérisation correcte de l'habitat physique, de la communauté épibenthique et, par conséquent, du type d'habitat présent dans la zone selon des critères de classification standardisés. Cependant, afin de quantifier précisément l'impact à long terme des éoliennes flottantes, certains aspects méthodologiques peuvent être améliorés sans modifier le protocole défini. Ces améliorations permettent de renforcer l'analyse de la communauté semi-quantitative réalisée dans le cadre de cette étude et fournir des informations quantitatives plus précises :

- Inclure un altimètre ou une échelle de distance visible dans les transects vidéo afin d'estimer la superficie de l'étude et de fournir une mesure précise pour estimer la densité des organismes ou des terriers.
- Réduire encore davantage la vitesse des transects, ce qui améliorerait considérablement la qualité des images et, par conséquent, l'identification des organismes. De même, la proximité du ROV par rapport au fond devrait être encore plus réduite (< 1 m).
- L'angle de vue pourrait être diminué (90° actuels), ce qui permet une observation latérale de la macrofaune facilitant l'identification des organismes.



5. Références

- Althaus, Franziska, Nicole Hill, Luke Edwards, et Renata Ferrari. 2014. CATAMI Classification Scheme for Scoring Marine Biota and Substrata in Underwater Imagery. Version 1.4.
- CBD. 2016. « *Ecologically or Biologically Significant Areas, EBSA* ». Consulté 15 décembre 2023 (<https://www.cbd.int/ebsa/>).
- Fournier, Simon. 2023. « Fiches synthétiques de terrain : Identification des taxons indicateurs d'Écosystèmes Marins Vulnérables - EMV. Atlantique et Méditerranée ».
- Galparsoro, Ibon, David W. Connor, Ángel Borja, Annabelle Aish, Patricia Amorim, Touria Bajjouk, Caroline Chambers, Roger Coggan, Guillaume Dirberg, Helen Ellwood, Douglas Evans, Kathleen L. Goodin, Anthony Grehan, Jannica Haldin, Kerry Howell, Chris Jenkins, Noémie Michez, Giulia Mo, Pål Buhl- Mortensen, Bryony Pearce, Jacques Populus, Maria Salomidi, Francisco Sánchez, Alberto Serrano, Emily Shumchenia, Fernando Tempera, et Mickaël Vasquez. 2012. « Using EUNIS habitat classification for benthic mapping in European seas: Present concerns and future needs ». *Marine Pollution Bulletin* 64(12):2630-38. doi: 10.1016/j.marpolbul.2012.10.010.
- Jackson, Angus. 2004. « A Hydroid (*Nemertesia Ramosa*): Marine Evidence-Based Sensitivity Assessment (MarESA) Review ». in *Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Reviews [on-line]*. Plymouth: MarLIN - Marine Life Information Network.
- OSPAR. 2010. *Background Document for Seapen and Burrowing Megafauna Communities*. OSPAR Commision, Publication Number 481/2010. 481/2010.
- Rivière, Marie La, Noémie Michez, Annabelle Aish, Denise Bellan-Santini, Pierre Chevaldonné, Jean-Claude Dauvin, Sandrine Derrien-Courtel, Jacques Grall, Laurent Guérin, Anne-Laure Janson, Céline
- Labrune, Thierry Thibaut, Eric Thiébaud, et Marc Verlaque. 2018. « An Assessment of French Mediterranean Benthic Habitats' Sensitivity to Physical Pressures ».
- RTE. 2018. *ÉOLIENNES FLOTTANTES DU GOLFE DU LION ÉTUDE D'IMPACT. 4 - État initial de l'environnement du projet. France : Le Réseau de transport d'électricité*.
- SEE. in prep. *Ferme Pilote des Eoliennes Flottantes du Golfe du Lion (EFGL). Rapport sur l'état initial – Macrofaune endobenthique – 2024*. France : Setec energie environnement.



ÉTAT DE RÉFÉRENCE SC3
SUIVI DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES PAR ROV (SC3 : ÉPIFAUNE)
RAPPORT N°1 - Juillet 2024



Les éoliennes flottantes
du golfe du Lion