

---

Réalisation d'une campagne de photogrammétrie grande échelle et  
d'inspection visuelle sous-marine de l'émissaire en mer de l'île du  
Levant (83)

---

Rapport d'étude





**Historique des révisions :**

| Révision | Date       | Statuts       | Rédacteur          | Approbateur       | Client          |
|----------|------------|---------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| 01       | 02/10/2025 | Revue interne | L. Cilote Huguenin | Frédéric Mittaine | BTP Consultants |

**Abréviations et définitions :**

|      |                                     |
|------|-------------------------------------|
| AUV  | Autonomous Underwater Vehicle       |
| GNSS | Global Navigation Satellite Systems |
| LT   | Local Time                          |
| RTK  | Real-time Kinematic                 |
| USV  | Unmanned Surface Vessels            |



## Table des matières

|    |                                                                         |    |
|----|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Introduction.....                                                       | 8  |
| 2. | Matériels et méthodes .....                                             | 9  |
| a. | Matériels et moyens mis en œuvre .....                                  | 9  |
| b. | Méthode.....                                                            | 11 |
|    | Stratégie d'échantillonnage .....                                       | 11 |
|    | Paramètres de captation .....                                           | 12 |
|    | Traitement et interprétation des données.....                           | 13 |
| 3. | Résultats .....                                                         | 15 |
| a. | Conditions météorologiques et hydroclimatiques lors des captations..... | 15 |
| b. | Déroulé de la mission .....                                             | 16 |
| c. | Captations au sonar.....                                                | 17 |
|    | Effort d'échantillonnage .....                                          | 17 |
|    | Mosaïque sonar .....                                                    | 17 |
| d. | Captations optiques pour la photogrammétrie .....                       | 19 |
|    | Effort d'échantillonnage .....                                          | 19 |
|    | Images vérité-terrain.....                                              | 19 |
|    | Reconstruction photogrammétrique .....                                  | 20 |
|    | Détection et description de l'émissaire.....                            | 21 |
|    | Description de l'habitat .....                                          | 31 |
| e. | Mise à disposition des données sur l'interface web Cosma .....          | 35 |
| 4. | Conclusion .....                                                        | 36 |



## Table des Figures

|                                                                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : Zone d'étude (source : Cosma).....                                                                                                                                                                | 8  |
| Figure 2 : Navire utilisé pour les opérations : LE PRINCESS (source : Cosma, 2025).....                                                                                                                      | 9  |
| Figure 3 : Zone couverte par les captations au sonar (source : Cosma) .....                                                                                                                                  | 11 |
| Figure 4 : Localisation de la zone couverte par les captations optiques pour la photogrammétrie (source : Cosma).....                                                                                        | 12 |
| Figure 5 : Exemple d'annotations sur une portion d'émissaire (source : Cosma).....                                                                                                                           | 14 |
| Figure 6 : Conditions océanoclimatiques au moment de la mission (heure locale) (source : <a href="https://windguru.cz">https://windguru.cz</a> ) .....                                                       | 15 |
| Figure 7 : Conditions de houle au moment de la mission (heure locale) (source : <a href="https://marc.ifremer.fr">https://marc.ifremer.fr</a> ) .....                                                        | 15 |
| Figure 8 : Effort d'échantillonnage relatif aux captations sonar (source : Cosma) .....                                                                                                                      | 17 |
| Figure 9 : Mosaïque sonar issue des captations (entouré en blanc : portion d'émissaire) (source : Cosma).....                                                                                                | 18 |
| Figure 10 : Effort d'échantillonnage relatif aux captations optiques pour la photogrammétrie (source : Cosma).....                                                                                           | 19 |
| Figure 11 : Localisation des images vérité-terrain issues des captations optiques. Ces images sont mises à disposition et consultables sur l'interface web Cosma (source : Cosma) .....                      | 20 |
| Figure 12 : Modèle photogrammétrique généré à partir des captations optiques (source : Cosma) .....                                                                                                          | 21 |
| Figure 13 : Localisation des images sur lesquelles des structures artificielles ont été détectées automatiquement par l'algorithme et validées par un expert (source : Cosma).....                           | 22 |
| Figure 14 : Localisation des images sur lesquelles des structures artificielles ont été détectées automatiquement par l'algorithme et validées par un expert (source : Cosma).....                           | 23 |
| Figure 15 : Cartographie des biocénoses assistée par intelligence artificielle complétée avec les données issues de Medtrix (DONIA EXPERT) (source : Cosma) .....                                            | 32 |
| Figure 16 : Zoom 1 - Cartographie des biocénoses assistée par intelligence artificielle complétée avec les données de Medtrix (DONIA EXPERT) (source : Cosma).....                                           | 33 |
| Figure 17 : Zoom 2 - Cartographie des biocénoses assistée par intelligence artificielle complétée avec les données de Medtrix (DONIA EXPERT) (source : Cosma).....                                           | 34 |
| Figure 18 : Illustration des points verts correspondant à l'ensemble des images 'vérité-terrain' géolocalisées consultables et exportables depuis l'interface web .....                                      | 35 |
| Figure 19 : Illustration de l'interface web développée par Cosma sur laquelle les images 'vérité-terrain' géolocalisées sont consultables et exportables depuis l'interface web (source : Cosma, 2025) ..... | 36 |

## Liste des tableaux

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 : Opérateurs Cosma mobilisés sur cette campagne .....                          | 10 |
| Tableau 2 : Paramètres opérationnels de la station de référence RTK.....                 | 13 |
| Tableau 3 : Description des images géolocalisées sur la Figure 14 (source : Cosma) ..... | 24 |

## 1. Introduction

A la demande de la société BTP Consultants, des levées photographiques et photogrammétriques à grande échelle ont été réalisées, dans le cadre de l'inspection de la conduite sous-marine et du milieu récepteur de l'émissaire de rejet des eaux usées traitées de la station d'épuration de l'île du Levant (site DGA EM). Au total, 2,39 ha ont été couverts au sonar à balayage latéral, et des captations optiques destinées à la réalisation d'une photogrammétrie à grande échelle ont été effectuées sur une zone d'environ 1,48 ha, au-dessus et de part et d'autre de l'émissaire en mer (Figure 1).

Les objectifs de la campagne étaient de/d' :

- Inspecter la conduite de la plage vers le large (longueur totale annoncée : 250m) ;
- Réaliser une couverture photographique et photogrammétrique continue des communautés benthiques du milieu récepteur au niveau du diffuseur de l'émissaire.

C'est dans ce cadre que Cosma est intervenue les 25 et 26 août 2025 pour mener à bien cette étude. L'objectif de ce rapport est de présenter le compte rendu de la mission, les données collectées et les résultats issus des différentes captations.

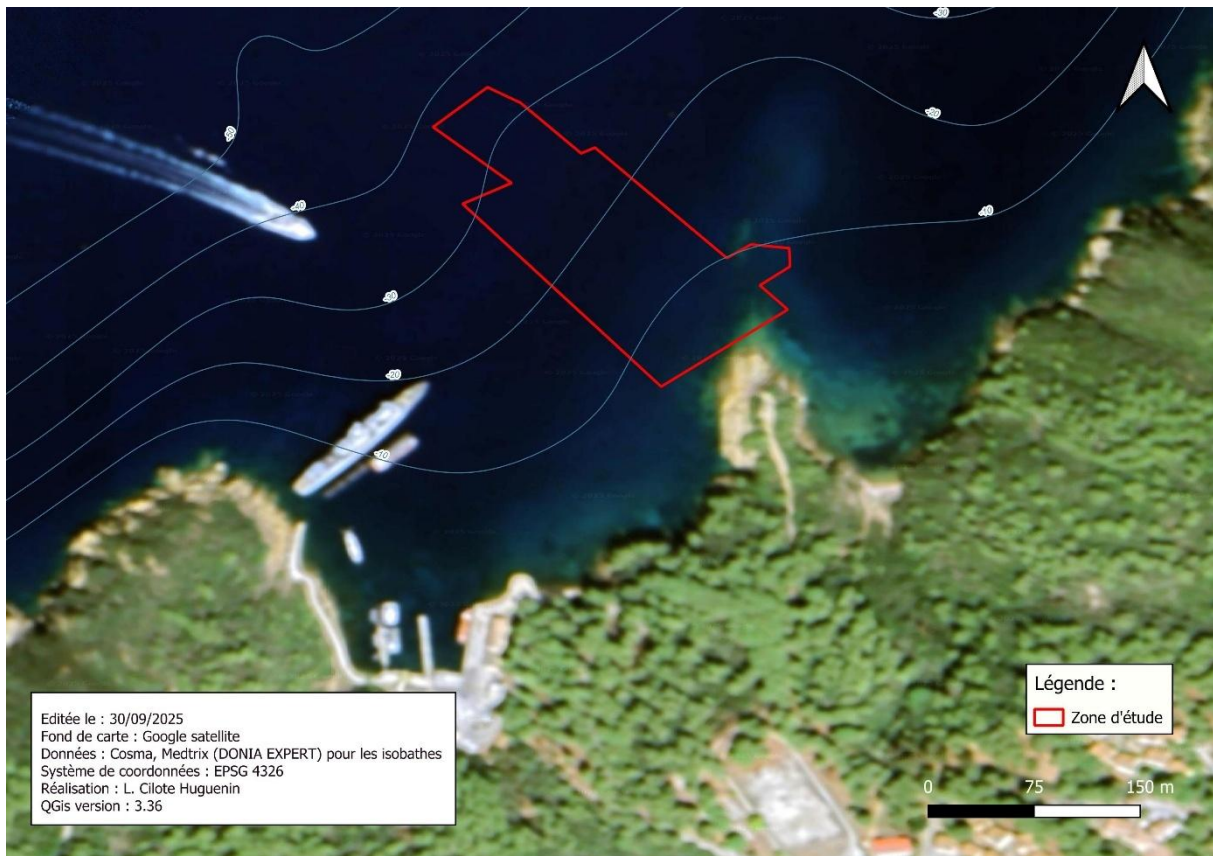


Figure 1 : Zone d'étude (source : Cosma)

## 2. Matériels et méthodes

### a. Matériels et moyens mis en œuvre

Les opérations pour cette mission se sont déroulées les 25 et 26 août 2025 dans la calanque de l'Aigue (zone 4 de l'île du levant) à bord du semi-rigide LE PRINCESSE (Figure 2). Ce navire disposait de l'ensemble du matériel nécessaire pour assurer la navigation, la sécurité à bord et la réalisation des opérations techniques. De plus, tous les opérateurs étaient dotés des protections individuelles requises. Compte tenu des moyens légers déployés, seule une déclaration préalable de travaux auprès de la Préfecture Maritime a été nécessaire. Cette déclaration a été soumise par Cosma en amont de la mobilisation. L'équipe mobilisée sur cette campagne est indiquée dans le Tableau 1 ci-dessous.

Les captations ont été réalisées sur une zone d'environ 3 ha à l'aide de drones sous-marins autonomes de surface et de fond (Figure 1). La zone de prospection, définie en concertation avec BTP Consultants, correspondait à l'ensemble du tracé de la conduite de l'émissaire sous-marin, de la côte vers le large, soit 250 m linéaires.



Figure 2 : Navire utilisé pour les opérations : LE PRINCESS (source : Cosma, 2025)

Tableau 1 : Opérateurs Cosma mobilisés sur cette campagne

| Opération                                                    | Lieu                                            | Opérateur          | Structure | Début des opérations | Fin des opérations |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|-----------|----------------------|--------------------|
| Inspection visuelle de l'émissaire en mer de l'île du Levant | Calanque de l'Aigue (zone 4 de l'île du levant) | Frédéric Mittaine  | Cosma     | 25/08/2025           | 26/08/2025         |
|                                                              |                                                 | Yannick Penneçot   |           |                      |                    |
|                                                              |                                                 | Alexandre Larribau |           |                      |                    |
|                                                              |                                                 | Thomas Milles      |           |                      |                    |
|                                                              |                                                 | Yann Dubernet      |           |                      |                    |

Les captations ont été réalisées à partir de drones sous-marins autonomes de moins d'un mètre de long (duo de véhicules de surface et de fond) équipés de capteurs et de caméras spécifiques permettant la réalisation de captations.

Les caractéristiques des drones déployés lors de cette campagne sont décrites ci-dessous :

Drone de surface (USV) :

- 90cm ;
- 18kg ;
- Liaison radio avec contrôle opérateur Cosma ;
- Positionnement GPS GNSS RTK ;
- Sonar à balayage latéral ;
- Antenne acoustique.

Véhicule sous-marin (AUV) :

- 50cm ;
- 19kg ;
- Échosondeurs ;
- Éclairages sous-marins en continu ;
- Caméras ;
- Antenne acoustique.

## b. Méthode

Les captations ont consisté à réaliser :

- (1) D'une part, une couverture continue des habitats benthiques au sonar à balayage latéral sur **2,39 ha** (Figure 3) ;
- (2) D'autre part, des acquisitions de données photographiques et photogrammétriques continues, jointives et géoréférencées des écosystèmes benthiques sur une zone d'environ **1,48 ha** à proximité immédiate de l'émissaire et du diffuseur (Figure 4).

### *Stratégie d'échantillonnage*

#### Captations au sonar

Afin de détecter et de cartographier les structures artificielles (i.e. émissaire en mer) et/ou tout autre objet présents sur le fond, des captations au sonar à balayage latéral ont été réalisées sur 2,39 ha. Les captations ont été effectuées à l'aide d'un USV équipé d'un sonar Cerulean Omniscan 450 opérant à une fréquence de 1200 kHz, permettant une couverture homogène et précise de la zone d'étude. Ces données ont permis de localiser de manière précise des contacts sonar correspondant à l'émissaire, définis comme des anomalies acoustiques se détachant nettement du substrat/milieu environnant. Ces premières captations ont permis également de cibler le tracé de la conduite de l'émissaire sous-marin et de positionner les zones à investiguer plus finement par photogrammétrie.

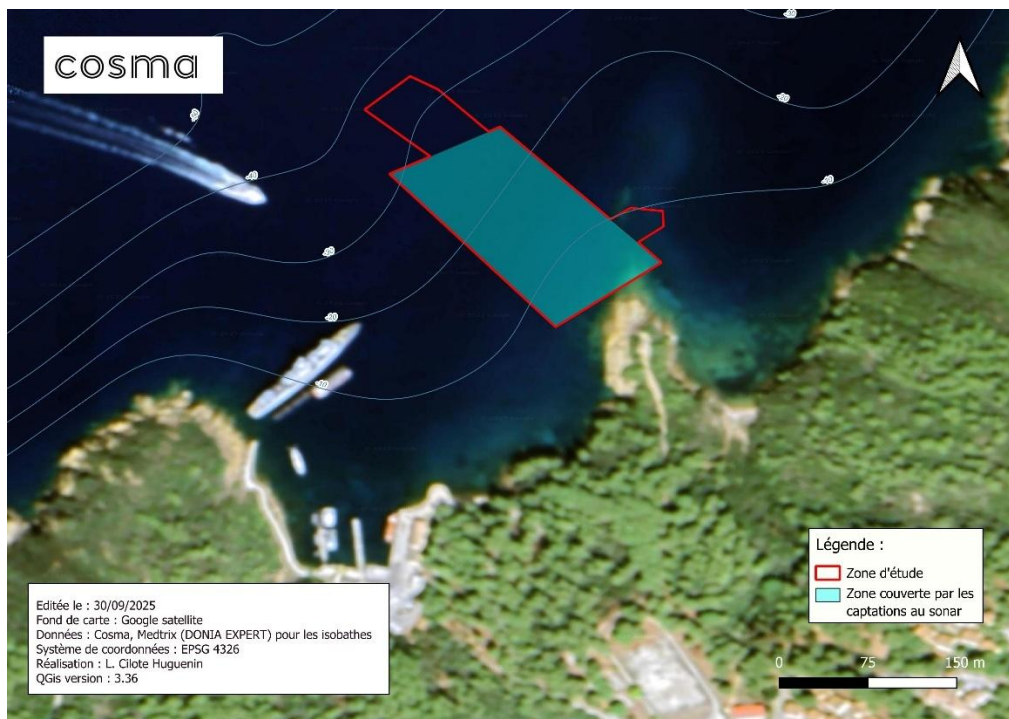


Figure 3 : Zone couverte par les captations au sonar (source : Cosma)

### Captations pour la photogrammétrie

À la suite de l'acquisition sonar, un second échantillonnage optique a été mis en œuvre sur une zone d'environ 1,48 ha à proximité immédiate de l'émissaire et du diffuseur. Cet échantillonnage a eu pour objectif de produire une cartographie photogrammétrique fine du fond et d'obtenir des images vérité-terrain (Figure 4). La méthodologie a reposé sur l'acquisition de données photographiques continues, jointives et géoréférencées, selon un plan de survol assurant un recouvrement suffisant entre les images pour permettre leur traitement en photogrammétrie. Les captations ont été réalisées à partir de drones sous-marins autonomes (duo de véhicules de surface et de fond), à une altitude constante du fond.

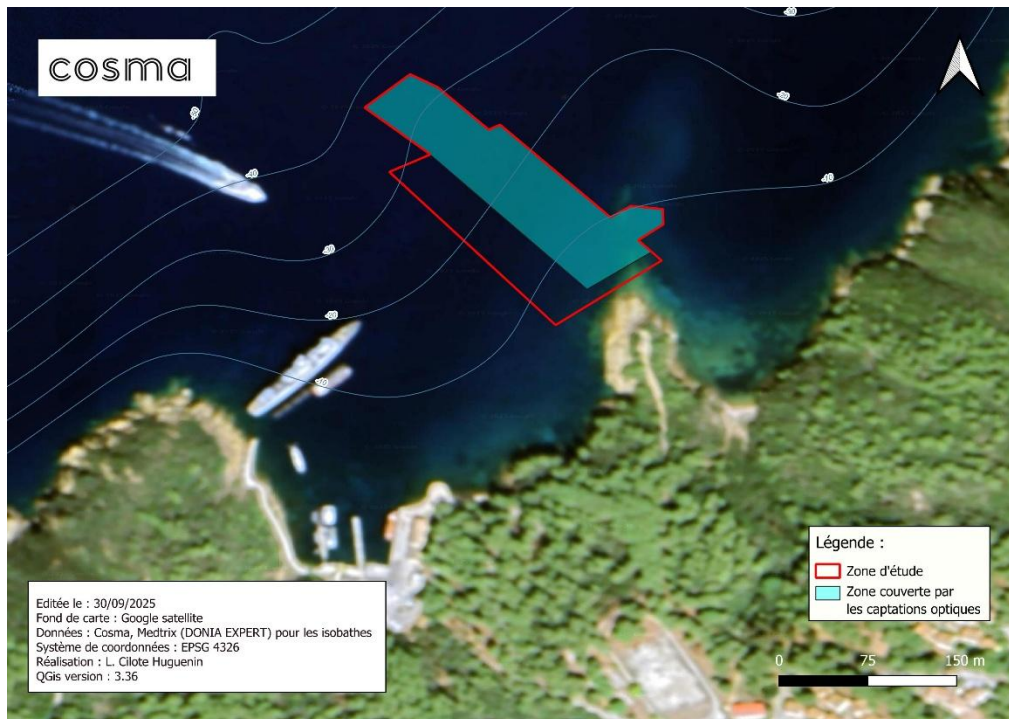


Figure 4 : Localisation de la zone couverte par les captations optiques pour la photogrammétrie (source : Cosma)

### *Paramètres de captation*

Le plan d'échantillonnage ainsi que les différents paramètres de captation utilisés lors de cette mission ont été spécifiquement définis pour la zone d'étude et sont décrits dans le Tableau 2. Dans le cadre de cette campagne, le géoréférencement des données s'est appuyé sur un positionnement différentiel en temps réel (RTK) utilisant la station de référence HEY1.

Tableau 2 : Paramètres opérationnels de la station de référence RTK

| Paramètre                                   | Valeur                                                                          |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Point de montage (Mount Point)              | HYE1                                                                            |
| Statut                                      | Active                                                                          |
| Bug                                         | False                                                                           |
| Dernière vérification des coordonnées (UTC) | 2025-09-30T14:06:09.000Z                                                        |
| Système géodésique                          | RGF93                                                                           |
| Latitude                                    | 43.1211473                                                                      |
| Longitude                                   | 6.12486451                                                                      |
| Altitude                                    | 154.047                                                                         |
| Format des données                          | RTCM3                                                                           |
| Messages RTCM                               | 1004,1005,1006,1008,1012,1019,1020,1033,1042,1046,1077,1087,1097,1107,1127,1230 |
| Systèmes couverts                           | GLO + GAL + SBS + BDS + GPS                                                     |
| Fréquences                                  | L1-L2                                                                           |
| Récepteur                                   | F9P Drotek                                                                      |
| Antenne                                     | Drotek DA910                                                                    |
| MSG Receiver                                | RTKBase Ublox_ZED-F9P2.4.0 1.32                                                 |
| MSG Antenna                                 | ADVNULLANTENNA                                                                  |
| Réseau RTK                                  | CentipedeRTK                                                                    |
| Positioning Report                          | 1_222700a_rd.txt                                                                |
| Disconnection Logs                          | Logs HYE1                                                                       |

### Traitement et interprétation des données

A la fin de chaque journée d'acquisition, l'ensemble des données acquises ont été téléchargées sur la plateforme de traitement Cosma, développée et industrialisée de manière native dans le Cloud, afin de traiter et d'interpréter les données en quasi-temps réel. Le contrôle qualité des données a débuté ainsi chaque soir après l'exportation sur le serveur distant des images et registres de navigation produits dans la journée. Ces données ont ensuite été traitées et interprétées en parallèle des acquisitions par une partie de l'équipe Cosma à distance.

Le traitement des données se compose entre autres de/d' :

1. Analyse et contrôle des logs de navigation ;
2. Analyse et contrôle de la qualité des images ;
3. Pré-traitement des images (algorithmes de dé-bleutage, matières en suspension, etc...) ;
4. Extraction d'une bibliothèque de photos vérité-terrain géoréférencées ;
5. Génération d'un modèle photographique (orthomosaïque) du fond de mer, quand cela est possible, permettant de générer une véritable représentation fidèle du fond ;
6. Génération des cartographies précises assisté par intelligence artificielle, aux formats standards SIG compatibles demandés ;
7. Interprétation des images par des biologistes marins assistés par Intelligence Artificielle.

L'analyse des données a ensuite reposée sur le traitement des images collectées en fond de mer. Une sélection préalable d'images présentant des portions d'émissaire a été effectuée manuellement via la visualisation des supports et complétée à partir d'une présélection automatisée par algorithme. Les images retenues ont ensuite été annotées à l'aide d'une plateforme dédiée, permettant d'indiquer précisément la position et la nature des objets ou structures, du substrat et/ou des habitats observés (Figure 5). Ces annotations ont servi à entraîner un algorithme de détection automatique, selon un processus itératif visant à améliorer progressivement la reconnaissance. Après plusieurs itérations (sélection d'images, annotation, entraînement de modèle), la détection automatisée a été appliquée à l'ensemble de la zone d'étude. Les objets, structures, substrats et/ou habitats ont été identifiés et géolocalisés, avec un score de confiance supérieur au seuil défini pour garantir un bon compromis entre la fiabilité des détections et la réduction des faux positifs.

L'efficacité de l'algorithme de détection automatique a été évaluée selon plusieurs métriques :

- **Précision (Precision)** : proportion de détections exactes parmi les détections totales ;
- **Rappel (Recall)** : proportion d'individus détectés parmi ceux réellement présents ;
- **F1-score** : moyenne harmonique des deux précédentes ;
- **Taux de faux positifs / faux négatifs.**

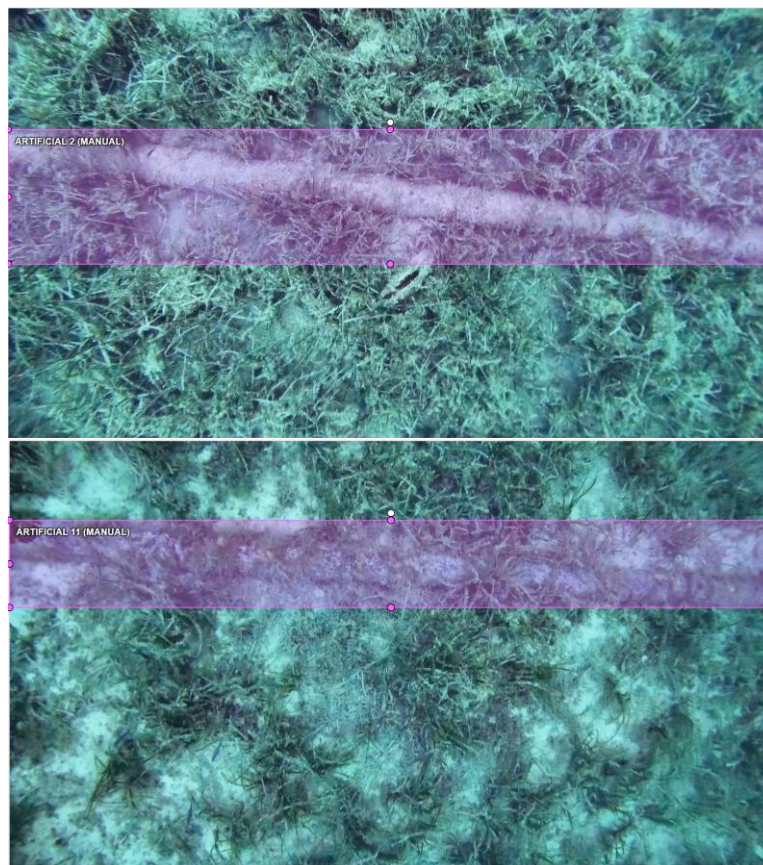


Figure 5 : Exemple d'annotations sur une portion d'émissaire (source : Cosma)

### 3. Résultats

#### a. Conditions météorologiques et hydroclimatiques lors des captations

Les conditions météorologique et hydroclimatiques au moment de la mission sont synthétisées ci-dessous (Figure 6 ; Figure 7).

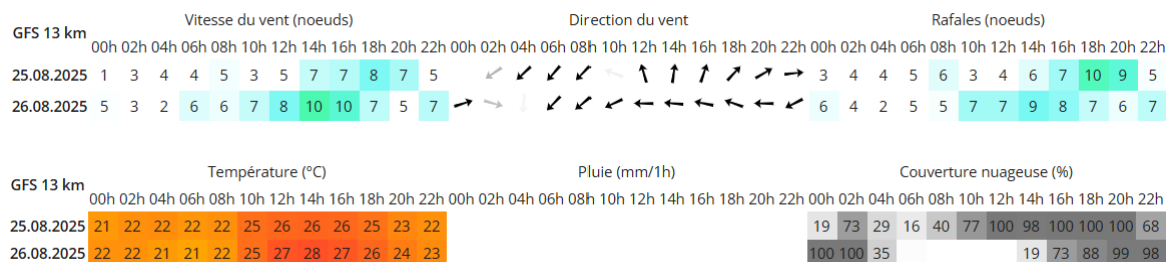


Figure 6 : Conditions océanoclimatiques au moment de la mission (heure locale) (source : <https://windquru.cz>)

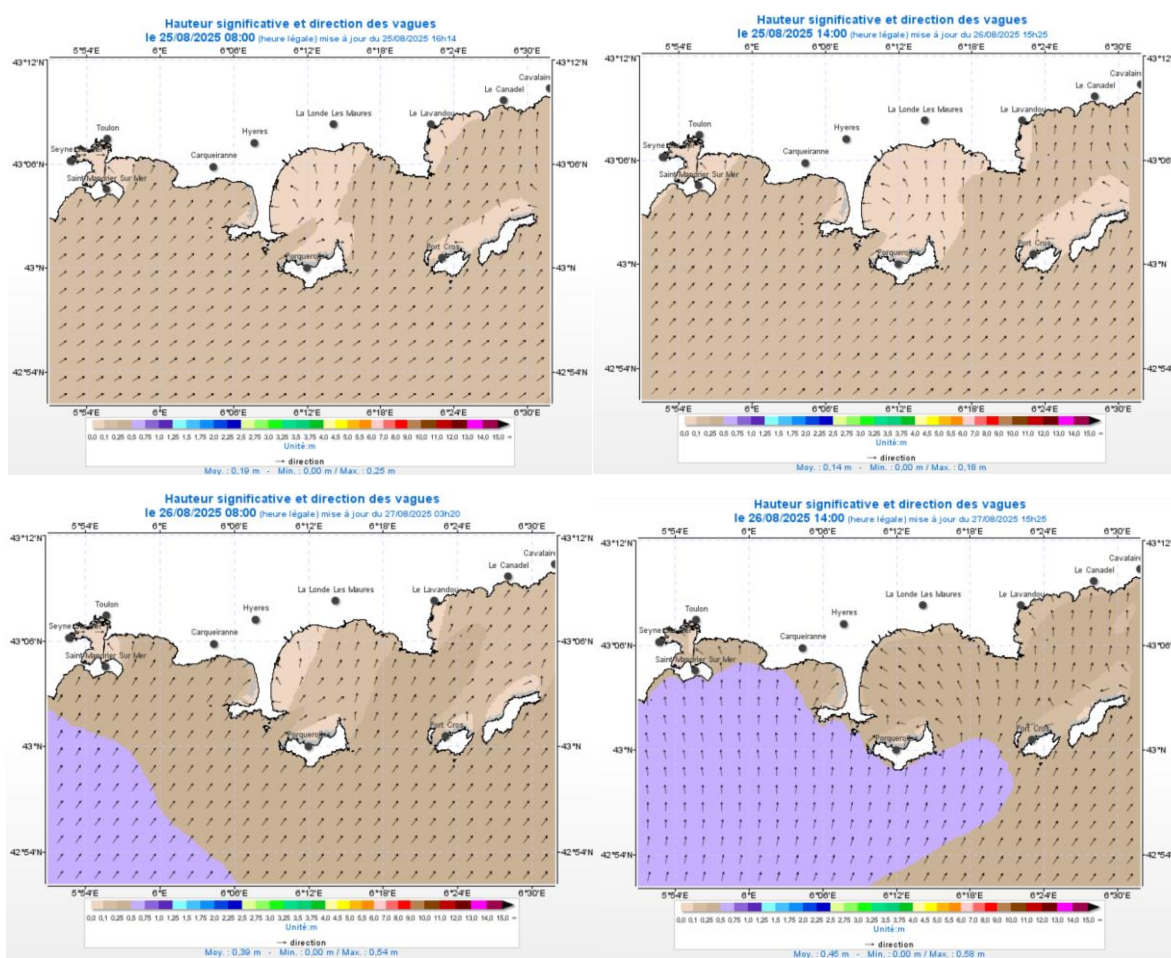


Figure 7 : Conditions de houle au moment de la mission (heure locale) (source : <https://marc.ifremer.fr>)

25/08/2025 :

- Lever du soleil (LT) : **6h51**
- Conditions météorologiques : **beau temps, ensoleillé**
- Température extérieure : **20,9°C - 26,1°C**
- Vent : **<10 nœuds** ; Orientation : **sud**
- Houle : **<0,5 m**

26/08/2025 :

- Lever du soleil (LT) : **6h52**
- Conditions météorologiques : **beau temps, ensoleillé**
- Température extérieure : **22,4°C – 28,5°C**
- Vent : **<10 nœuds** ; Orientation : **est**
- Houle : **<0,5 m**

**b. Déroulé de la mission**25/08/2025 :

- 06h50 : Départ du port de Cap Bénat en direction de l'île du Levant
- 07h40 : Arrivée sur zone, contrôle militaire
- 09h35 : Début des opérations (captations au sonar)
- 10h43 : Fin des captations au sonar
- 12h19 : Début des captations optiques pour la photogrammétrie
- 18h49 : Fin des captations pour la journée et retour vers le port
- 19h20 : Arrivée au port de Cap Bénat, fin des opérations pour la journée

26/08/2025 :

- 07h24 : Départ du port de Cap Bénat en direction de l'île du Levant
- 07h46 : Arrivée sur zone
- 09h01 : Début des opérations (captations optiques pour la photogrammétrie)
- 19h34 : Fin des captations optiques et retour vers le port de Cap Bénat

### c. Captations au sonar

#### *Effort d'échantillonnage*

L'effort d'échantillonnage a été réparti sur l'ensemble de la zone d'étude permettant une couverture spatiale homogène sur la zone. La Figure 8 illustre l'effort d'échantillonnage relatif aux captations réalisées au sonar.

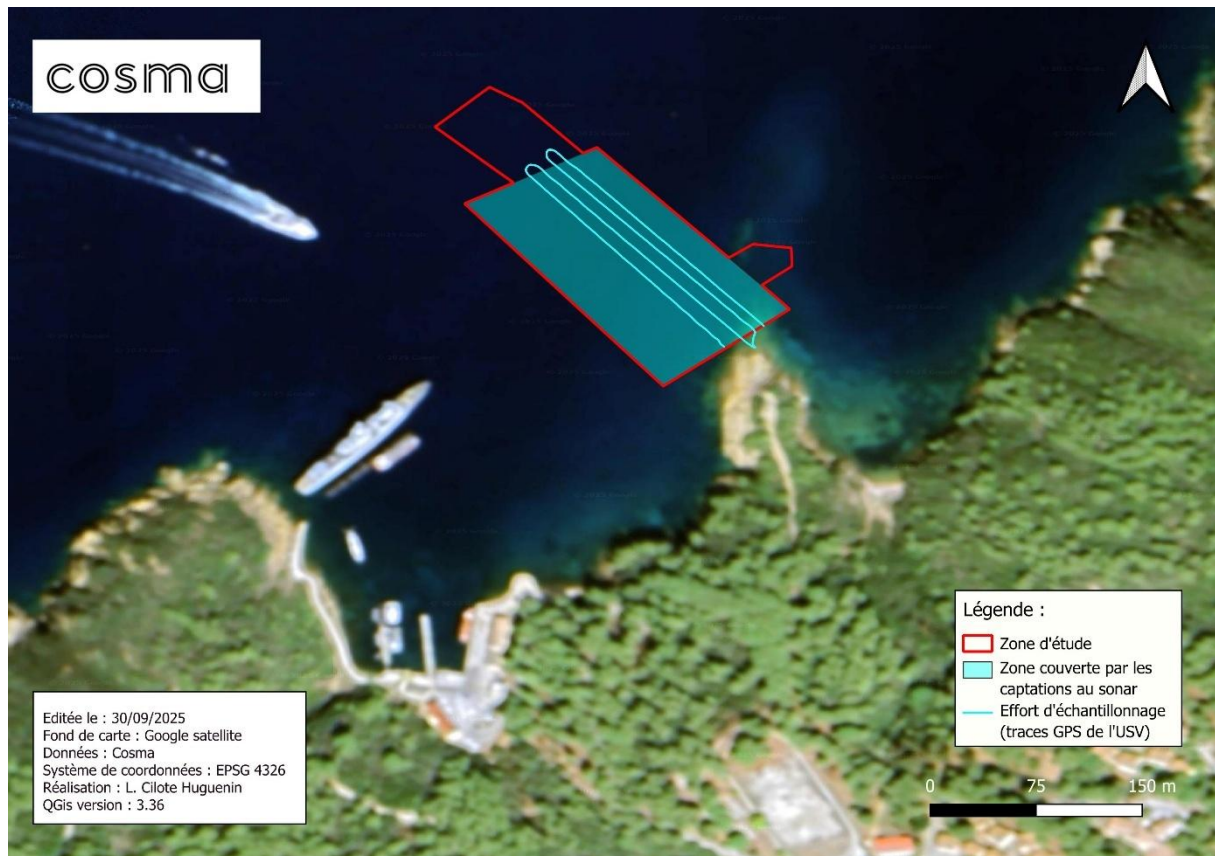


Figure 8 : Effort d'échantillonnage relatif aux captations sonar (source : Cosma)

#### *Mosaïque sonar*

Les acquisitions sonar ont permis la production d'une mosaïque couvrant une surface totale de 2,39 ha. Cette mosaïque a permis de mettre en évidence la canalisation de l'émissaire qui s'étend du sud-est au nord-ouest de la côte vers le large. L'infrastructure est identifiable sur une longueur totale de 188 m, se démarquant clairement du fond environnant.

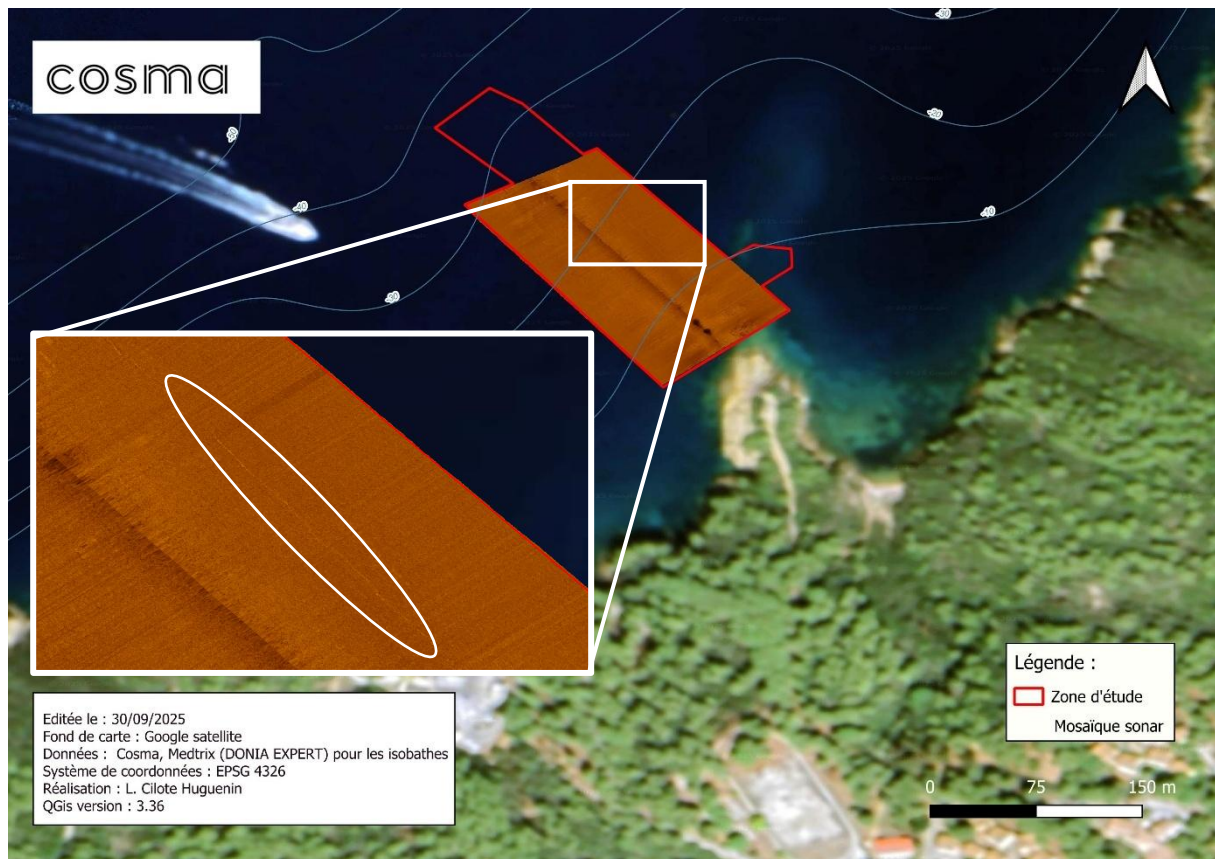


Figure 9 : Mosaïque sonar issue des captations (entouré en blanc : portion d'émissaire) (source : Cosma)

#### d. Captations optiques pour la photogrammétrie

##### *Effort d'échantillonnage*

La Figure 10 illustre l'effort d'échantillonnage relatif aux captations photogrammétriques.



Figure 10 : Effort d'échantillonnage relatif aux captations optiques pour la photogrammétrie (source : Cosma)

##### *Images vérité-terrain*

A partir des captations optiques réalisées avec l'AUV, plus de 38 000 images « vérité terrain », réparties sur environ 1,48 ha, ont été obtenues (Figure 11). Chaque point correspond à une image géolocalisée, pour laquelle la coordonnée GPS et la profondeur d'acquisition sont connues. L'ensemble de ces images est consultable via l'interface web développée par Cosma.

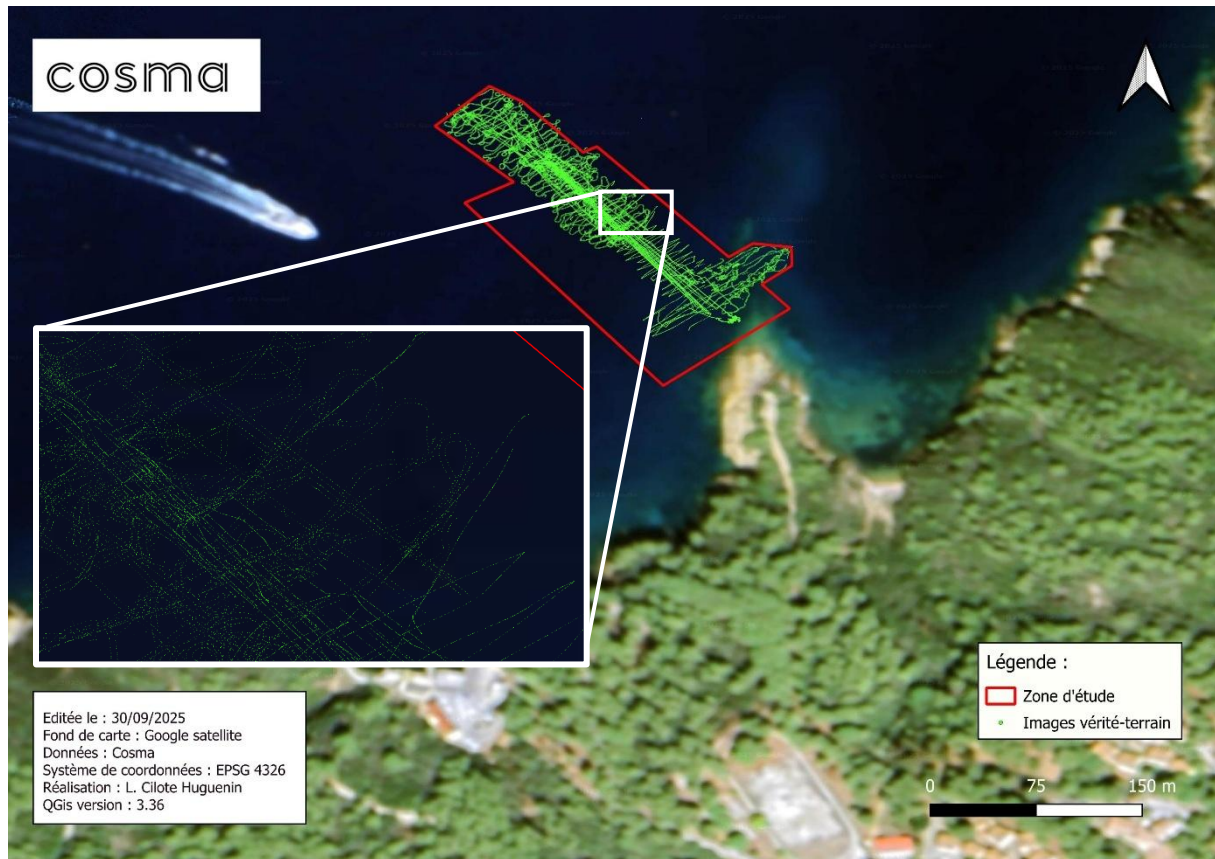


Figure 11 : Localisation des images vérité-terrain issues des captations optiques. Ces images sont mises à disposition et consultables sur l'interface web Cosma (source : Cosma)

### Reconstruction photogrammétrique

La zone étudiée a fait l'objet d'une reconstruction photogrammétrique à partir des séries d'images acquises lors des captations optiques (Figure 12). Cette approche a permis une restitution fine du fond et les extraits fournissent un support visuel complémentaire pour l'identification. L'émissaire a ainsi pu être reconstruit sur une longueur de 157 m. Associée aux images vérité-terrain, la reconstruction a néanmoins permis de mesurer la longueur totale qui est de 250 m (Figure 14).

À noter que la zone centrale n'a pu être reconstruite en raison, entre autres, de la faible profondeur, qui accentue le mouvement des feuilles de posidonie sous l'effet de la houle, compliquant ainsi la reconstruction (difficulté à identifier des points communs entre deux images adjacentes). Les images vérité-terrain restent néanmoins disponibles et exploitables avec une précision de positionnement légèrement réduite dans cette zone (car non corrigée par l'optique). Une remarque est également à noter sur les zones de 'glitch' (e.g. défaut visuel) qui donnent l'impression d'une fracture dans la canalisation ; cette interprétation peut toutefois être infirmée grâce aux images vérité terrain.

De visible sur (images vérité-terrain plus reconstruction photogrammétrique), certaines portions n'ayant pu être reconstruites.



Figure 12 : Modèle photogrammétrique généré à partir des captions optiques (source : Cosma)

### Détection et description de l'émissaire

Dans le cadre de cette étude, l'algorithme a été spécifiquement entraîné pour la détection d'objets artificiels en fond de mer, tels que l'émissaire. La Figure 13 illustre l'ensemble des détections (en rose) réalisées par l'algorithme, toutes validées par un expert. La majorité des images représente un tronçon de l'émissaire, à l'exception de deux zones où des ancres de bateau ont été détectées (images A et B). La Figure 14 et le Tableau 3 présentent un extrait des images vérité-terrain issues de ces détections, permettant ainsi de les illustrer et d'apporter un support visuel complémentaire pour la description de l'émissaire (canalisation, cavaliers, brides) et des habitats environnants. La reconstruction photogrammétrique ainsi que les images vérité terrain mettent en évidence que la majorité de la canalisation est implantée dans un herbier dense de *Posidonia oceanica*. En revanche, les images 1 à 8, correspondant à l'extrémité de l'émissaire jusqu'au diffuseur, montrent une prédominance de

substrats meubles recouverts de macroalgues ou d'herbier de posidonie épars. Enfin, l'ensemble de la canalisation ainsi que les cavaliers associés apparaissent colonisés majoritairement par des macroalgues.

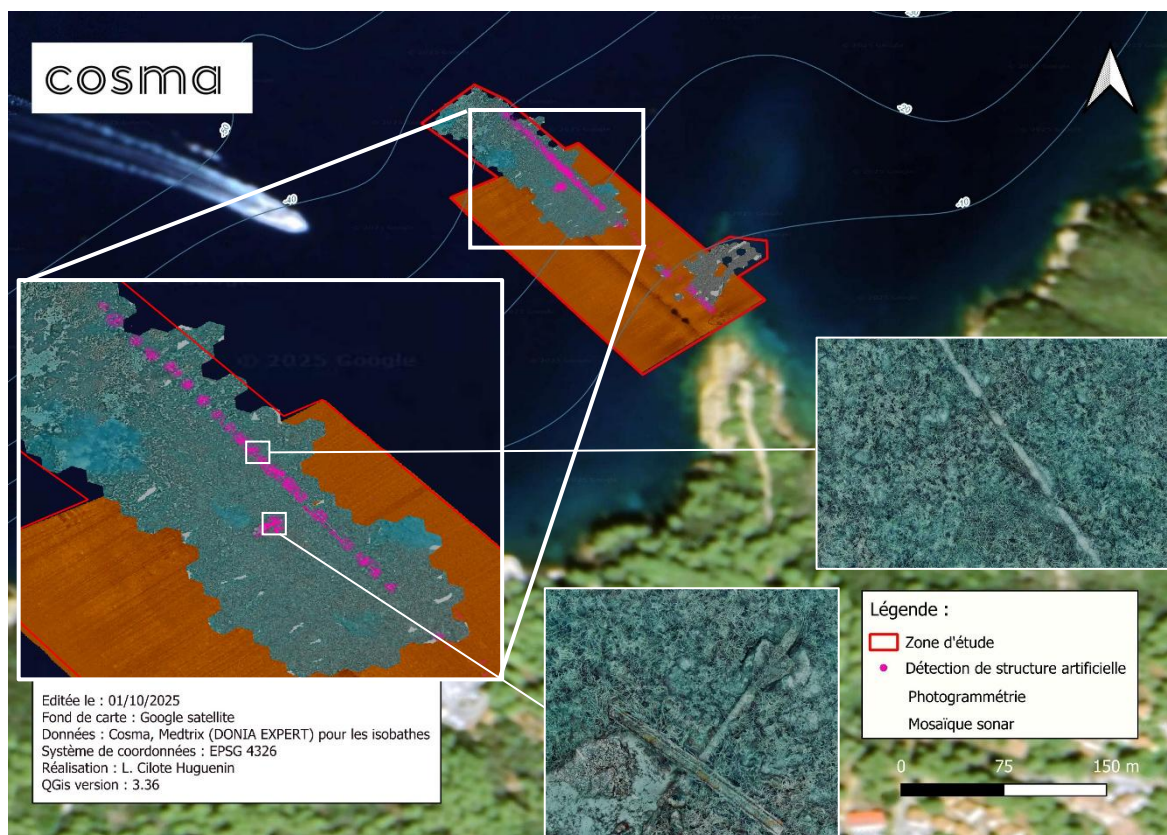


Figure 13 : Localisation des images sur lesquelles des structures artificielles ont été détectées automatiquement par l'algorithme et validées par un expert (source : Cosma)

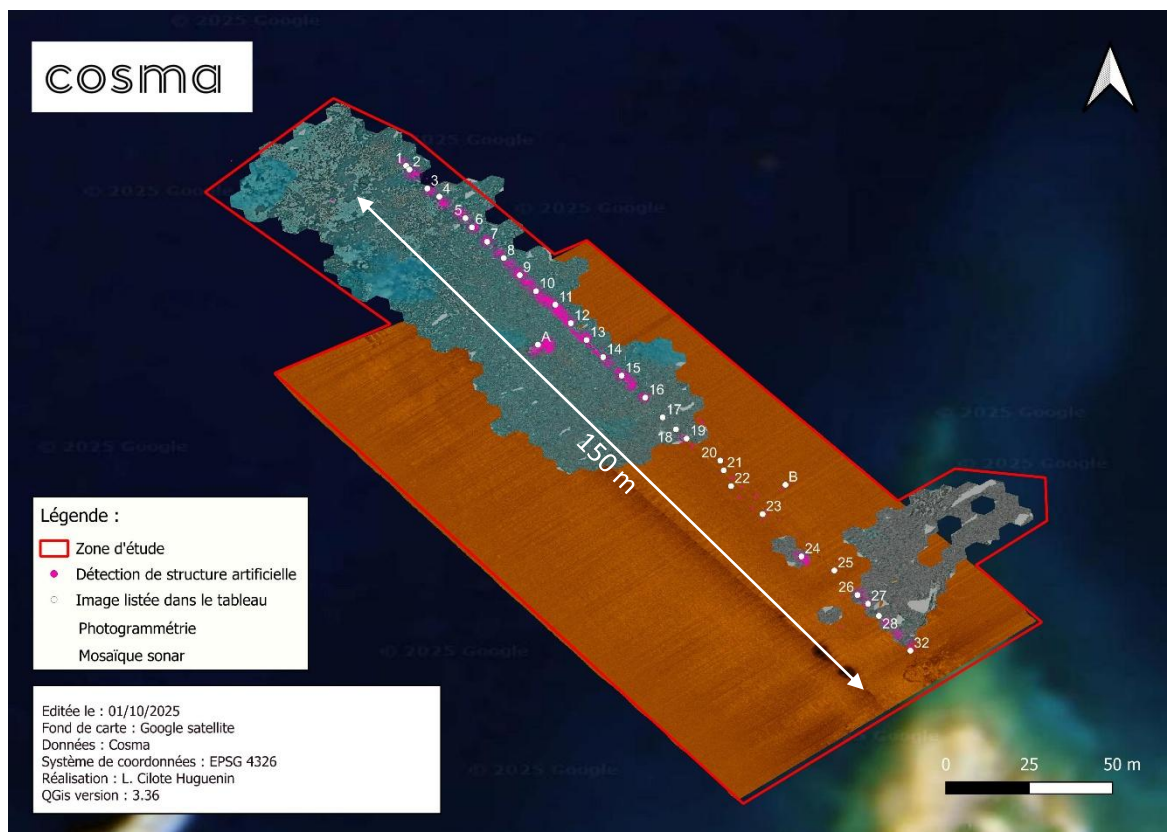
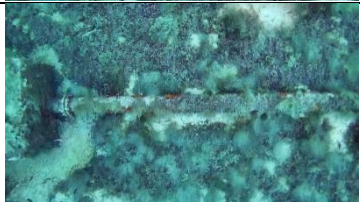
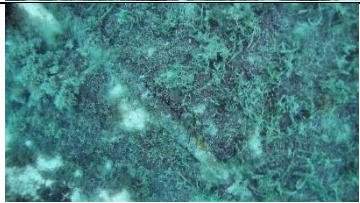
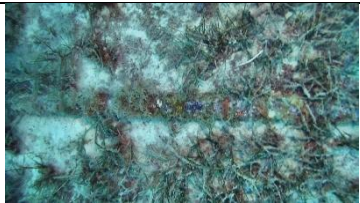
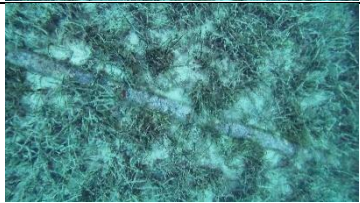
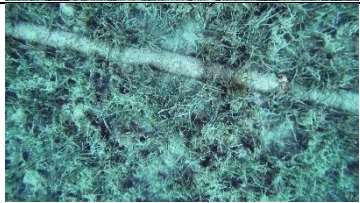


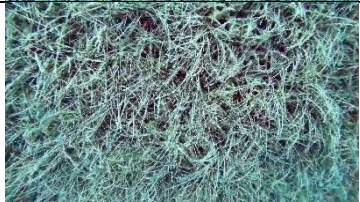
Figure 14 : Localisation des images sur lesquelles des structures artificielles ont été détectées automatiquement par l'algorithme et validées par un expert (source : Cosma)

Tableau 3 : Description des images géolocalisées sur la Figure 14 (source : Cosma)

| Date d'acquisition | Photo                                                                               | Coordonnées<br>(latitude ; longitude)<br>WGS 84 en degrés décimaux | Type                                 | Description de l'habitat                                                            | Commentaires                                            | URL                                                                                                                                                                                                                                               | N° image |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Emissaire</b>   |                                                                                     |                                                                    |                                      |                                                                                     |                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                   |          |
| 26/08/2025         |    | 43.030753,6.454569                                                 | Diffuseur + bride n°1                | Substrat meuble recouvert de macroalgues                                            | Diffuseur colonisé par des macroalgues                  | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250826-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX039665.MP4/image_16169.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250826-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX039665.MP4/image_16169.jpg</a> | 1        |
| 25/07/2025         |    | 43.030739,6.454581                                                 | Diffuseur + bride n°1 + canalisation | Substrat meuble recouvert de macroalgues                                            | Diffuseur et canalisation colonisés par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX039652.MP4/image_03373.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX039652.MP4/image_03373.jpg</a> | 2        |
| 25/08/2025         |   | 43.030669,6.454647                                                 | Canalisation                         | Substrat meuble recouvert de macroalgues                                            | Colonisé par des macroalgues                            | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX039652.MP4/image_00010.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX039652.MP4/image_00010.jpg</a> | 3        |
| 25/08/2025         |  | 43.030639,6.454691                                                 | Canalisation                         | Substrat meuble recouvert de macroalgues + Herbier de Posidonie (couverture éparse) | Colonisé par des macroalgues                            | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX029652.MP4/image_25109.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX029652.MP4/image_25109.jpg</a> | 4        |

|            |                                                                                     |                    |              |                                                                                       |                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 26/08/2025 |    | 43.030560,6.454787 | Canalisation | Substrat meuble recouvert de macroalgues + Herbière de Posidonie (couverture éparsée) | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250826-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX039665.MP4/image_23898.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250826-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX039665.MP4/image_23898.jpg</a> | 5  |
| 25/08/2025 |    | 43.030526,6.454811 | Canalisation | Substrat meuble + Herbière de Posidonie (couverture éparsée)                          | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX029652.MP4/image_18330.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX029652.MP4/image_18330.jpg</a> | 6  |
| 25/08/2025 |    | 43.030473,6.454867 | Canalisation | Substrat meuble + Herbière de Posidonie (couverture éparsée)                          | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX029652.MP4/image_10191.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX029652.MP4/image_10191.jpg</a> | 7  |
| 25/08/2025 |    | 43.030413,6.454928 | Canalisation | Substrat meuble + Herbière de Posidonie (couverture éparsée)                          | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX029652.MP4/image_07228.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX029652.MP4/image_07228.jpg</a> | 8  |
| 26/08/2025 |   | 43.030350,6.454987 | Canalisation | Substrat meuble + Herbière de Posidonie                                               | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250826-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019664.MP4/image_22665.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250826-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019664.MP4/image_22665.jpg</a> | 9  |
| 25/08/2025 |  | 43.030291,6.455047 | Canalisation | Substrat meuble + Herbière de Posidonie                                               | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX019652.MP4/image_27826.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX019652.MP4/image_27826.jpg</a> | 10 |

|            |                                                                                     |                    |                         |                                               |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 26/08/2025 |    | 43.030241,6.455118 | Canalisation +<br>bride | Substrat meuble +<br>Herbier de Posidonie     | Colonisé par des<br>macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250826-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019663.MP4/image_20911.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250826-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019663.MP4/image_20911.jpg</a> | 11 |
| 25/08/2025 |    | 43.030173,6.455175 | Canalisation            | Substrat meuble +<br>Herbier de Posidonie     | Colonisé par des<br>macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019652.MP4/image_18581.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019652.MP4/image_18581.jpg</a> | 12 |
| 25/08/2025 |    | 43.030111,6.455233 | Canalisation +<br>bride | Substrat meuble +<br>Herbier de Posidonie     | Colonisé par des<br>macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX019652.MP4/image_15276.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX019652.MP4/image_15276.jpg</a> | 13 |
| 25/08/2025 |    | 43.030048,6.455294 | Canalisation            | Substrat meuble +<br>Herbier de Posidonie     | Colonisé par des<br>macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX049652.MP4/image_05812.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX049652.MP4/image_05812.jpg</a> | 14 |
| 25/08/2025 |   | 43.029980,6.455362 | Canalisation            | Substrat meuble +<br>Herbier de Posidonie     | Colonisé par des<br>macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019652.MP4/image_09066.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019652.MP4/image_09066.jpg</a> | 15 |
| 26/08/2025 |  | 43.029899,6.455449 | Cavalier                | Herbier de Posidonie<br>(couverture<br>dense) | Colonisé par des<br>macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250826-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019663.MP4/image_05580.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250826-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019663.MP4/image_05580.jpg</a> | 16 |

|            |                                                                                     |                    |                     |                                         |                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 25/08/2025 |    | 43.029826,6.455513 | Emissaire invisible | Herbier de Posidonie (couverture dense) |                              | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX049650.MP4/image_21046.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX049650.MP4/image_21046.jpg</a> | 17 |
| 25/08/2025 |    | 43.029782,6.455562 | Emissaire invisible | Herbier de Posidonie (couverture dense) |                              | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX029649.MP4/image_02500.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX029649.MP4/image_02500.jpg</a> | 18 |
| 25/08/2025 |    | 43.029748,6.455601 | Cavalier            | Herbier de Posidonie (couverture dense) | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX029650.MP4/image_02653.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX029650.MP4/image_02653.jpg</a> | 19 |
| 25/08/2025 |    | 43.029667,6.455725 | Cavalier            | Herbier de Posidonie (couverture dense) | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX049651.MP4/image_02232.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX049651.MP4/image_02232.jpg</a> | 20 |
| 25/08/2025 |   | 43.029631,6.455738 | Cavalier            | Herbier de Posidonie (couverture dense) | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX049650.MP4/image_00768.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX049650.MP4/image_00768.jpg</a> | 21 |
| 25/08/2025 |  | 43.029573,6.455765 | Cavalier            | Herbier de Posidonie (couverture dense) | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX039650.MP4/image_26251.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX039650.MP4/image_26251.jpg</a> | 22 |

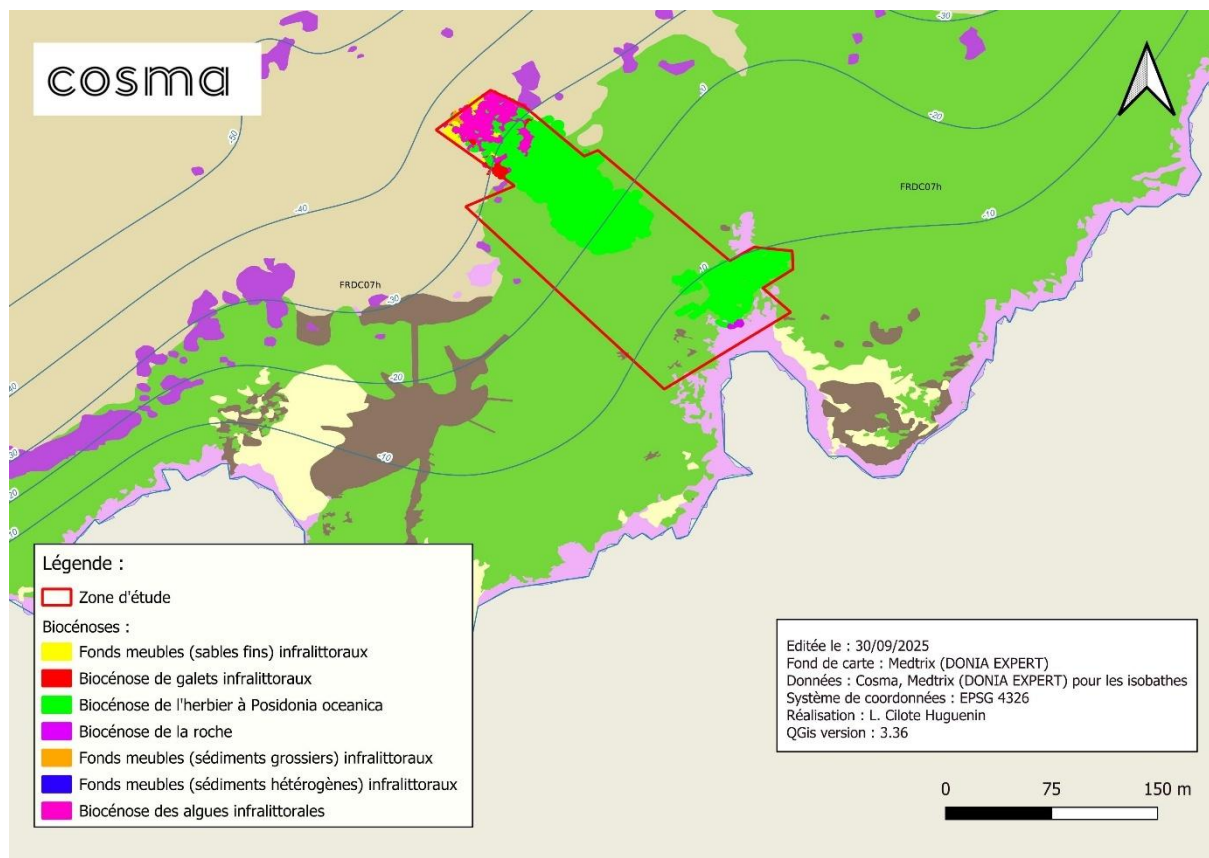
|            |                                                                                     |                    |              |                                            |                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------|--------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 25/08/2025 |    | 43.029470,6.455881 | Cavalier     | Herbier de Posidonie<br>(couverture dense) | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX039650.MP4/image_16947.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX039650.MP4/image_16947.jpg</a> | 23 |
| 25/08/2025 |    | 43.029314,6.456024 | Cavaliers    | Herbier de Posidonie<br>(couverture dense) | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX029650.MP4/image_28428.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX029650.MP4/image_28428.jpg</a> | 24 |
| 25/08/2025 |    | 43.029262,6.456145 | Cavaliers    | Herbier de Posidonie<br>(couverture dense) | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX029651.MP4/image_18418.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX029651.MP4/image_18418.jpg</a> | 25 |
| 25/08/2025 |    | 43.029172,6.456230 | Canalisation | Herbier de Posidonie<br>(couverture dense) | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019651.MP4/image_20070.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019651.MP4/image_20070.jpg</a> | 26 |
| 25/08/2025 |   | 43.029140,6.456269 | Cavaliers    | Herbier de Posidonie<br>(couverture dense) | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX029651.MP4/image_10301.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX029651.MP4/image_10301.jpg</a> | 27 |
| 25/08/2025 |  | 43.029095,6.456309 | Cavalier     | Herbier de Posidonie<br>(couverture dense) | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX019650.MP4/image_15638.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX019650.MP4/image_15638.jpg</a> | 28 |

|            |                                                                                     |                    |                         |                                                                                |                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 25/08/2025 |    | 43.029069,6.456334 | Cavaliers               | Herbier de Posidonie<br>(couverture dense)                                     | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX019650.MP4/image_05157.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX019650.MP4/image_05157.jpg</a> | 29 |
| 25/08/2025 |    | 43.029025,6.456383 | Cavaliers               | Herbier de Posidonie<br>(couverture dense)                                     | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX019650.MP4/image_04550.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX019650.MP4/image_04550.jpg</a> | 30 |
| 25/08/2025 |    | 43.028976,6.456430 | Extrémité du sarcophage | Roche + Herbier de Posidonie                                                   | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019650.MP4/image_02688.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019650.MP4/image_02688.jpg</a> | 31 |
| 25/08/2025 |    | 43.028967,6.456425 | Extrémité du sarcophage | Roche + Herbier de Posidonie                                                   | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019650.MP4/image_03589.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-2/GX019650.MP4/image_03589.jpg</a> | 32 |
| Autres     |                                                                                     |                    |                         |                                                                                |                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
| 26/08/2025 |  | 43.030094,6.455054 | Ancre                   | Herbier de Posidonie<br>+ substrat meuble + galets/blocs<br>(couverture dense) | Colonisé par des macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250826-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX039665.MP4/image_10361.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250826-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX039665.MP4/image_10361.jpg</a> | A  |

|            |                                                                                   |                    |       |                                               |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                   |   |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|-----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| 25/08/2025 |  | 43.029578,6.455965 | Ancre | Herbier de Posidonie<br>(couverture<br>dense) | Colonisé par des<br>macroalgues | <a href="https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX039650.MP4/image_20454.jpg">https://deess-us-east-1.s3.amazonaws.com/missions/20250825-levant/image-3.0-0/GP12-1/GX039650.MP4/image_20454.jpg</a> | B |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------|-----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|

### *Description de l'habitat*

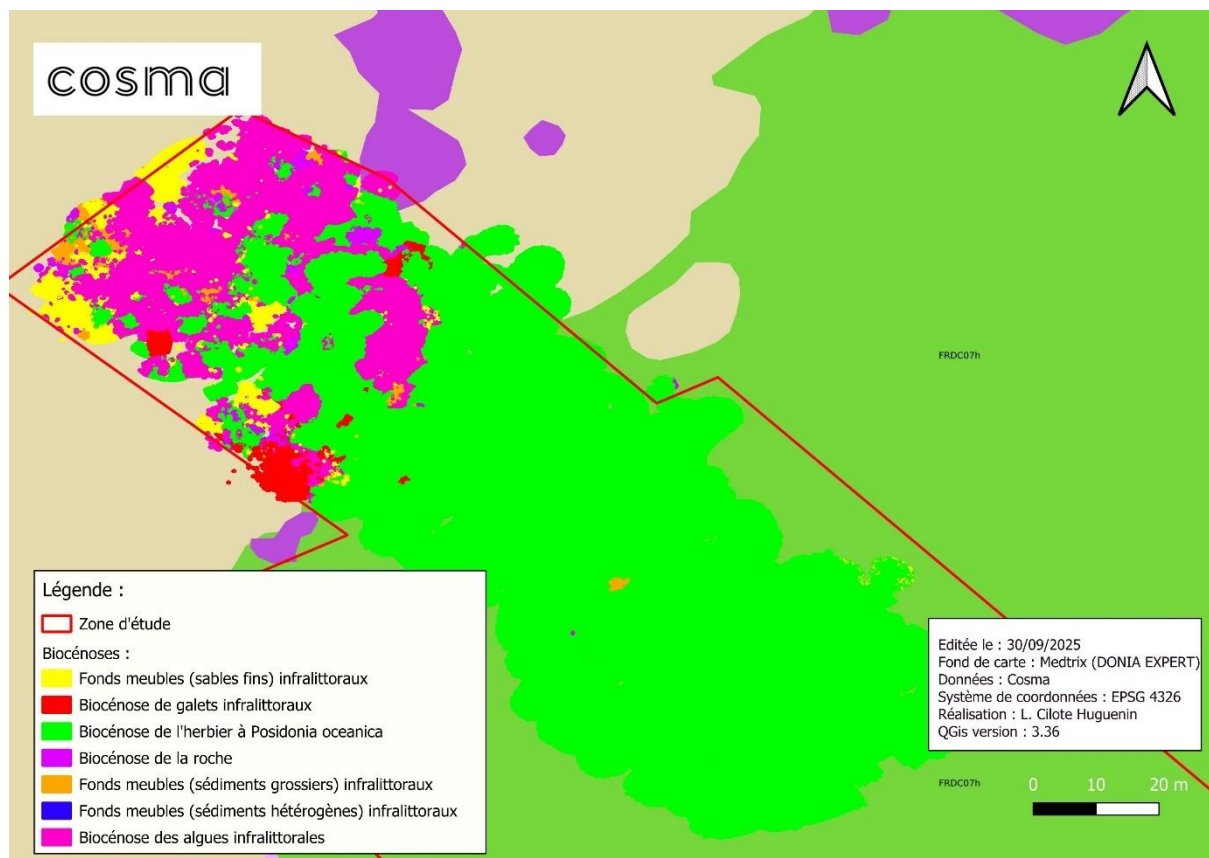
À partir des images acquises, et selon la même méthode que celle décrite précédemment pour la détection d'objets artificiels, l'algorithme a également été entraîné pour la détection et la segmentation d'habitats et/ou substrats permettant ainsi de générer les cartes de biocénoses suivantes : Figure 15, Figure 16, Figure 17. Celles-ci ont ensuite été superposées à la reconstruction photogrammétrique et à la carte des biocénoses existantes, générées par Medtrix (Donia Expert) sur ce secteur. Les résultats confirment que la zone est majoritairement dominée par la biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*. À proximité de la côte, au départ de l'émissaire, l'habitat est d'abord caractérisé par des biocénoses d'algues sur roche, avant de laisser place, après une dizaine de mètres, à de l'herbier dense de *Posidonia oceanica*. À l'extrémité de l'émissaire, soit les vingt derniers mètres avant le diffuseur et jusqu'à 30 m au-delà, l'habitat est majoritairement présent sous forme de mosaïque, associant la biocénose des algues infralittorales, des fonds meubles infralittoraux et quelques zones de galets et de roche.



Biocénoses (Medtrix – DONIA EXPERT) :

- Biocénose de l'herbier à Posidonia oceanica
- Association de la matte morte de Posidonia oceanica
- Biocénose des galets infralittoraux
- Fonds meubles infralittoraux
- Herbiers à Cymodocees
- Fonds meubles circalittoraux
- Association à rhodolithes sur DC
- Biocénose des algues infralittorales
- Biocénose Coralligène
- Biocénose de la roche du large
- Biocénose des roches bathyales
- Habitats artificiels
- Herbiers à Zostera noltei
- Herbier mixte à Zostera noltei, Zostera marina, Cymodocea nodosa et Ruppia cirrhosa
- Zone bathyale

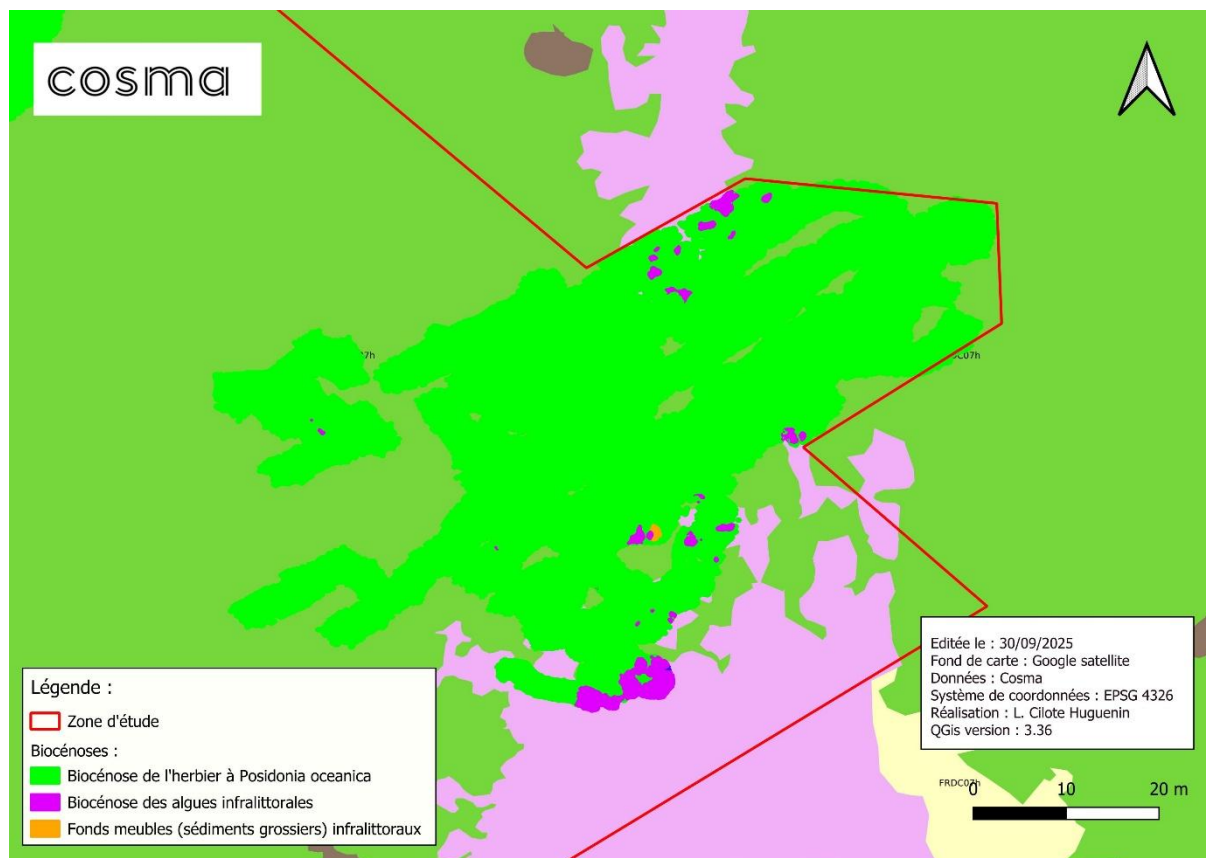
Figure 15 : Cartographie des biocénoses assistée par intelligence artificielle complétée avec les données issues de Medtrix (DONIA EXPERT) (source : Cosma)



Biocénoses (Medtrix – DONIA EXPERT) :

- Biocénose de l'herbier à Posidonia oceanica
- Association de la matre morte de Posidonia oceanica
- Biocénose des galets infralittoraux
- Fonds meubles infralittoraux
- Herbiers à Cymodocees
- Fonds meubles circalittoraux
- Association à rhodolithes sur DC
- Biocénose des algues infralittorales
- Biocénose Coralligène
- Biocénose de la roche du large
- Biocénose des roches bathyales
- Habitats artificiels
- Herbiers à Zostera noltei
- Herbier mixte à Zostera noltii, Zostera marina, Cymodocea nodosa et Ruppia cirrhosa
- Zone bathyale

Figure 16 : Zoom 1 - Cartographie des biocénoses assistée par intelligence artificielle complétée avec les données de Medtrix (DONIA EXPERT) (source : Cosma)



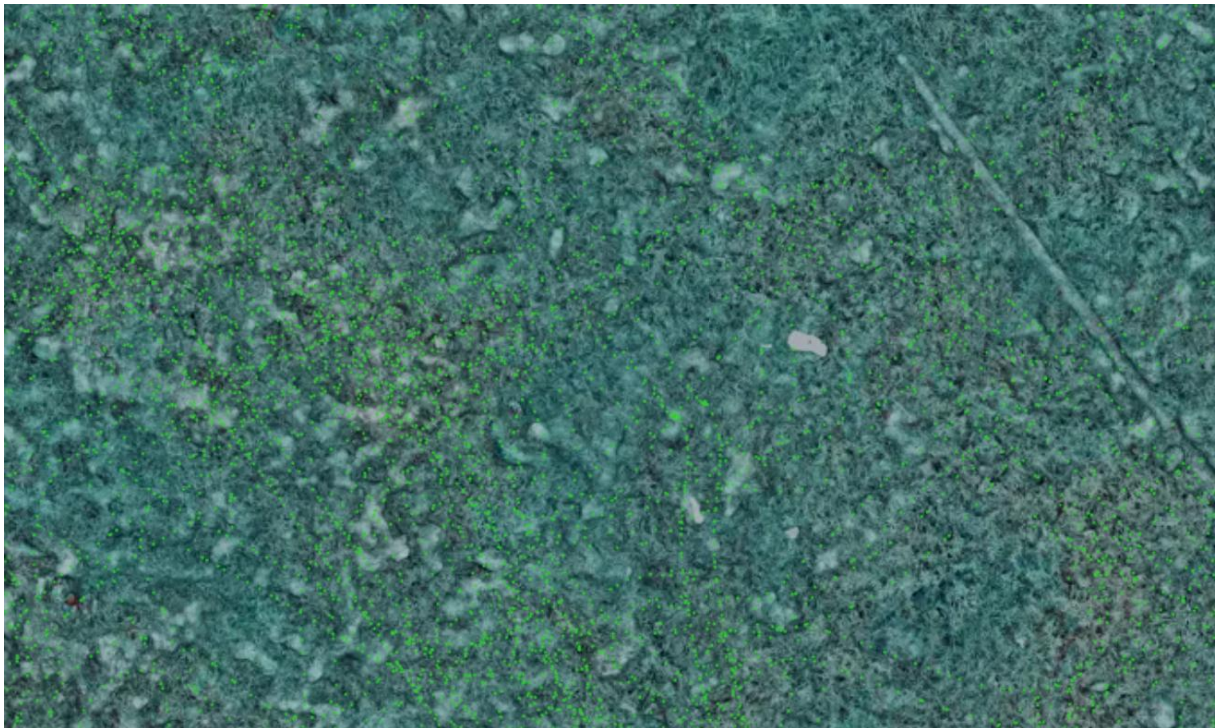
Biocénoses (Medtrix – DONIA EXPERT) :

- Biocénose de l'herbier à Posidonia oceanica
- Association de la matte morte de Posidonia oceanica
- Biocénose des galets infralittoraux
- Fonds meubles infralittoraux
- Herbiers à Cymodocees
- Fonds meubles circalittoraux
- Association à rhodolithes sur DC
- Biocénose des algues infralittorales
- Biocénose Coralligène
- Biocénose de la roche du large
- Biocénose des roches bathyales
- Habitats artificiels
- Herbiers à Zostera noltei
- Herbier mixte à Zostera noltii, Zostera marina, Cymodocea nodosa et Ruppia cirrhosa
- Zone bathyale

Figure 17 : Zoom 2 - Cartographie des biocénoses assistée par intelligence artificielle complétée avec les données de Medtrix (DONIA EXPERT) (source : Cosma)

#### e. Mise à disposition des données sur l'interface web Cosma

L'ensemble des images 'vérité-terrain' géoréférencées est mis à disposition et consultable via l'interface web développée par Cosma (points verts sur l'interface ; Figure 18, Figure 19). Chaque point sur la carte interactive correspond à une image 'vérité-terrain', accessible par simple clic. Cette interface, ainsi que les détections issues de plusieurs itérations d'entraînement de l'algorithme, ont permis de compléter les détections manuelles et d'explorer plus largement la zone d'étude. Enfin, les couches SIG correspondantes sont exportables depuis la plateforme et également fournies et jointes au présent rapport (formats SIG standards, ie. shapefile). A noter que cette interface constitue l'outil de travail interne de Cosma. Les données affichées (images vérité-terrain + détections automatiques faites par l'algorithme) correspondent aux informations utilisées par les biologistes de l'équipe pour compléter leurs analyses et détections manuelles ; elles peuvent donc contenir des erreurs d'identification à ce stade. Ces données sont susceptibles d'évoluer au fil du temps, en fonction de l'entraînement itératif de l'algorithme et ne constituent pas les données finales affichées dans le rapport.



*Figure 18 : Illustration des points verts correspondant à l'ensemble des images 'vérité-terrain' géolocalisées consultables et exportables depuis l'interface web*

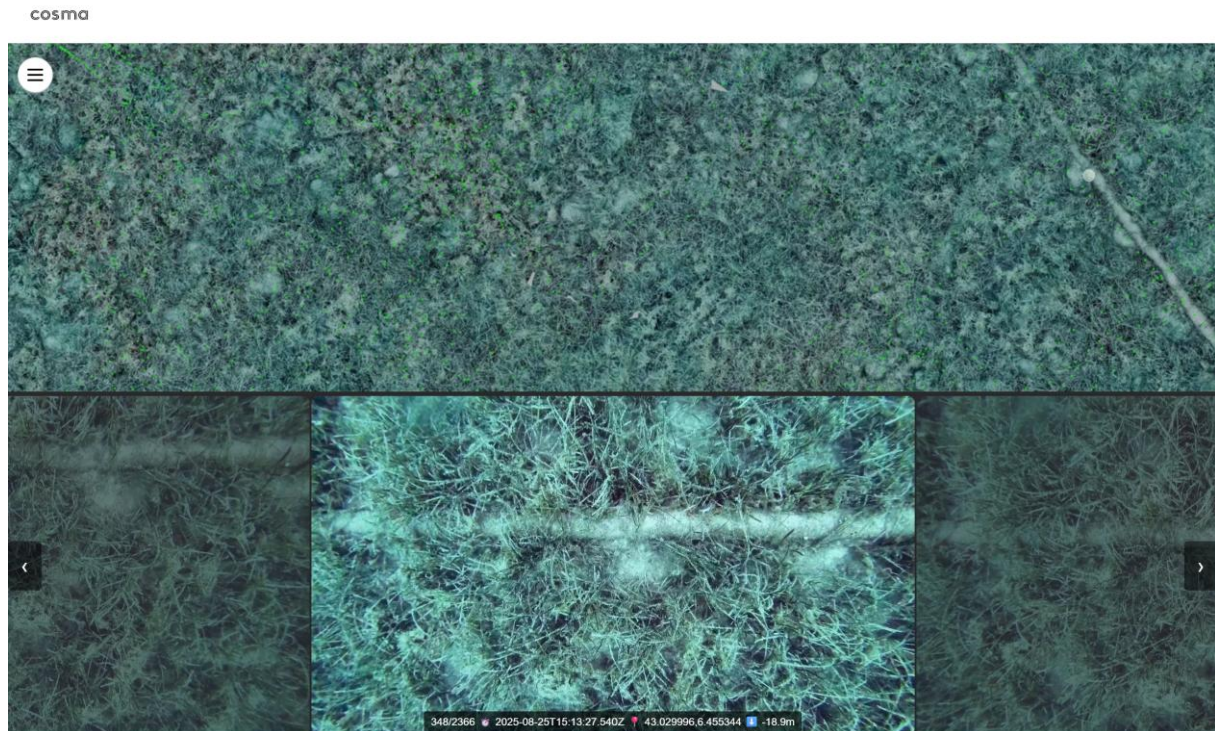


Figure 19 : Illustration de l'interface web développée par Cosma sur laquelle les images 'vérité-terrain' géolocalisées sont consultables et exportables depuis l'interface web (source : Cosma, 2025)

## 4. Conclusion

La campagne menée sur l'émissaire de l'île du Levant a combiné des acquisitions sonar, des captations optiques et des traitements assistés par intelligence artificielle. Ces approches ont permis de générer différentes mosaïques (sonar et photogrammétrie à grande échelle), d'inspecter visuellement l'émissaire et d'étudier les habitats environnants. L'émissaire a ainsi pu être suivi sur près de 237 m, dont 157 m ont fait l'objet d'une reconstruction photogrammétrique détaillée. Il est implanté majoritairement dans un herbier dense de *Posidonia oceanica* et apparaît colonisé, sur l'ensemble de son tracé, par des macroalgues. L'analyse des habitats confirme la prédominance de la biocénose de l'herbier de *Posidonia oceanica*, tandis que la portion terminale de l'émissaire, au niveau du diffuseur, se caractérise par une mosaïque d'habitats associant substrats meubles, algues infralittorales, zones rocheuses et galets.