



ANNEXE 8

MESURES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

**Projet de rechargement
de la plage du centre-ville en érosion**

Commune du Lavandou

Phase de travaux

Les principaux risques du projet de rechargement de la plage du centre-ville, au sud de l'épi, pour l'environnement seront essentiellement ressentis durant la phase de travaux. Compte tenu des mesures de protection envisagées, les incidences seront globalement très faibles et temporaires.

Milieu aquatique

Risque de dégradation de la qualité des eaux

Les sources potentielles de pollution des eaux marines en phase de travaux seront liées d'une part à l'apport de matériaux ou de rejets polluants et d'autre part à la remise en suspension des sédiments pouvant provoquer une augmentation de la turbidité.

Risque de dégradation de la qualité des sédiments

L'apport de sables et le fonctionnement des engins de chantier pourraient être à l'origine d'une dégradation de la qualité des sédiments : risque d'apports de sables contaminés, de déversements de produits dangereux ou de dépôt de macro-déchets...

Milieu naturel

Risque de dégradation des habitats

Les travaux de rechargement de la plage pourraient provoquer la dégradation des habitats littoraux (laisse de mer), l'ensevelissement des biocénoses des fonds sableux littoraux et la dégradation des biocénoses marines, notamment de l'herbier de Posidonie (il est cependant situé très au large, éloigné de la zone de travaux).

Risque de perturbation de la faune marine et de l'avifaune

L'activité des travaux pourrait dégrader l'écosystème littoral et marin et générer des bruits sous-marins susceptibles de déranger et de perturber la faune, les poissons, les tortues et mammifères marins, ainsi que l'avifaune.

Milieu humain

Risque de gênes sur les usages et les activités littorales : accès à la plage, activités balnéaires, activités nautiques, activités commerciales et touristiques, etc.

Risque de dégradation du paysage du littoral

Risque de nuisances sur le cadre de vie et le voisinage par le transport des matériaux et l'activité du chantier.

Phase d'exploitation

Le rechargement de la plage du centre-ville aura des incidences positives sur la protection du littoral et la lutte contre l'érosion côtière, le cadre paysager de la zone et l'ensemble des usages et activités humaines présents sur le front de mer : activités balnéaires, activités nautiques, activités commerciales et touristiques, etc.

Après réensablement, la plage du centre-ville pourra à nouveau subir l'effet de l'érosion littorale et se dégrader avec le temps.

MESURES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Il est important de préciser que les contraintes environnementales ont été prises en compte lors de la conception du projet et la définition des différentes opérations de chantier.

Mesures en phase de travaux

L'entreprise de travaux sera soumise au respect des contraintes relatives à l'environnement pour mener « un chantier respectueux de l'environnement ».

Suivi environnemental des travaux

Les travaux de rechargement de la plage feront l'objet d'un suivi environnemental. Cela permettra de vérifier le respect des mesures de protection de l'environnement par l'entreprise avant et durant les travaux, le bon déroulement du chantier et si nécessaire d'adapter avec l'entreprise la méthodologie des travaux pour préserver le milieu marin.

Mesures pour préserver la qualité du milieu aquatique

Gisement de sable

Les gisements de sables utilisés pour le réensablement de la plage seront issus de la même cellule hydro-sédimentaire. Ils seront exempts de contamination physico-chimique et bactériologique. Ils posséderont une granulométrie conforme à l'existant et une couleur similaire aux sables en place. Les sables issus du dragage du port du Lavandou sont compatibles avec le rechargement de la plage du centre-ville, tout comme les sables issus du dragage du port de Bormes-les-Mimosas.

Travaux sur le littoral

Les mesures du chantier à terre à éviter tout transfert de polluant dans le milieu aquatique :

- Engins de chantier propres, entretenus, en bon état de fonctionnement et qui devront répondre aux normes en vigueur
- Stationnement et ravitaillement des engins en dehors de la plage de sable
- Nettoyage du site et gestion des déchets de chantier

Les précautions seront prises lors des opérations de réensablement pour éviter la remise en suspension des sédiments, la création et la diffusion de panache de turbidité dans le milieu aquatique. Le mode opératoire appliquera notamment les mesures suivantes :

- Mise en œuvre d'un écran anti-MES autour de la zone de travaux lors de l'opération de réensablement
- Surveillance du plan d'eau et suivi de la turbidité des eaux

Prévention et moyens de lutte contre les pollutions accidentelles

L'entreprise de travaux prendra toutes les mesures pour éviter le risque et les incidences de pollutions accidentelles :

- Présence d'équipements et de produits absorbants sur le chantier permettant de pallier un éventuel accident et contenir le risque de pollution
- Procédure d'intervention en cas de pollution accidentelle définissant :
 - Les modalités d'intervention en cas d'urgence (procédure, liste et coordonnées de personnes à prévenir en priorité, etc.)

- Les modalités de confinement du site, de récupération et d'évacuation des substances polluantes ainsi que le matériel nécessaire au bon déroulement de l'intervention

Mesures de préservation du milieu naturel

Les mesures de suppression et d'atténuation des incidences sur le milieu naturel comprendront notamment :

- La préservation des habitats littoraux de type « laisse de mer » ou « banquettes de Posidonie » éventuellement présents sur la plage. Ils seront préservés lors des opérations de rechargement de la plage
- La bonne conduite de chantier pour minimiser les perturbations physiques et sonores liées aux engins de chantier sur la faune marine et l'avifaune et la bonne gestion des eaux et des déchets pour réduire au maximum les pollutions physiques et chimiques liées aux travaux
- Le nettoyage et la remise en état l'emprise du chantier à l'issue des travaux

Au regard de l'éloignement de l'herbier de Posidonie, de quantité moindre du rechargement (1 300 m³) et des études déjà menées dans le secteur, un suivi de l'herbier spécifique pour ce projet n'est pas prévu.

En effet, au droit de la zone concernée par le réensablement sur la plage centrale, **les herbiers de Posidonie sont situés à 430 m au large, comme représenté sur la carte ci-dessous (Figure 1).**

De plus, la Commune dispose d'ores et déjà d'études sur l'herbier : en 2006, 2012, 2015, 2018, 2021, 2024 et 2025 ont été menés des suivis du milieu marin au droit de la station d'épuration intersyndicale du Batailler située à Bormes-les-Mimosas, dont l'embouchure est localisée sur la Commune du Lavandou, à proximité de la zone de rechargement. La dernière étude, menée en juin 2025, avait pour objectif de déterminer l'évolution de la qualité du milieu marin, en s'axant sur le suivi de la qualité des sédiments, l'analyse des peuplements benthiques, ainsi que le suivi de l'herbier de Posidonie. Ce rapport, joint à la fin de ce rapport, constitue l'état 0 de l'herbier avant le réensablement. Le prochain suivi du milieu marin autour de la station d'épuration du Batailler est programmé en juin 2027 et nous permettra de suivre l'état de l'herbier après le réensablement.

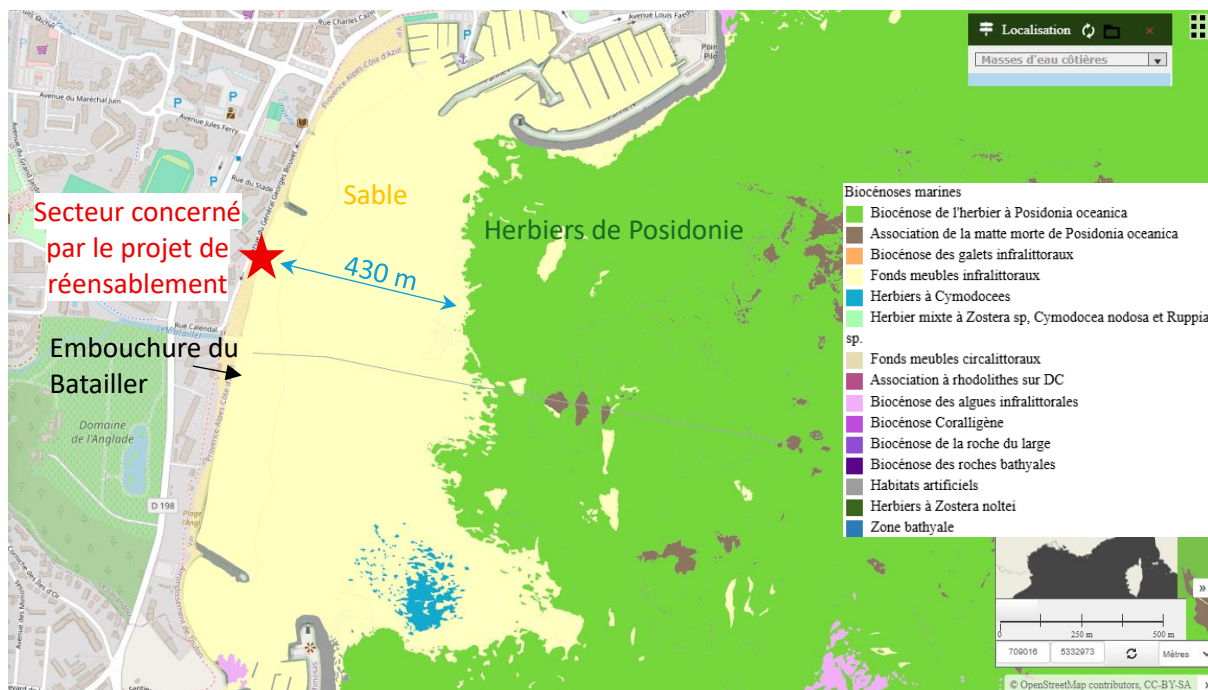


Figure 1 : Carte des biocénoses marines au droit de la zone de réensablement (d'après la plateforme Medtrix, projet DONIA EXPERT)

Mesures de réduction des impacts sur les activités maritimes et le voisinage

Déroulement des travaux

Les travaux seront réalisés au printemps en dehors de la période estivale pour limiter les nuisances sur les activités balnéaires, nautiques et touristiques.

Sécurité des personnes

L'organisation du chantier sera conforme à la réglementation en vigueur. Une information sera réalisée auprès des usagers du littoral et des riverains. Les différents engins utilisés pour les opérations seront signalés conformément à la réglementation en vigueur.

Respect du voisinage

Le chantier sera soumis à la réglementation en vigueur concernant les nuisances sonores, le respect des normes de rejet et le bon entretien des engins en vue de réduire le bruit et l'émission des gaz d'échappement. L'entreprise chargée des travaux sera tenue de respecter les horaires de travail (hors week-end et jour férié, durant la journée).

Mesures en phase d'exploitation

Les mesures de gestion de la plage seront (et sont déjà) adaptées pour éviter l'érosion du sable et limiter la dégradation du littoral :

- Gestion adaptée des banquettes de Posidonie
- Nettoyage raisonné de la plage (entretien manuel)
- Surveillance visuelle régulière et suivi topo-bathymétrique (Figures 2 et 3)
- Contrôle de la plage après un épisode de tempête

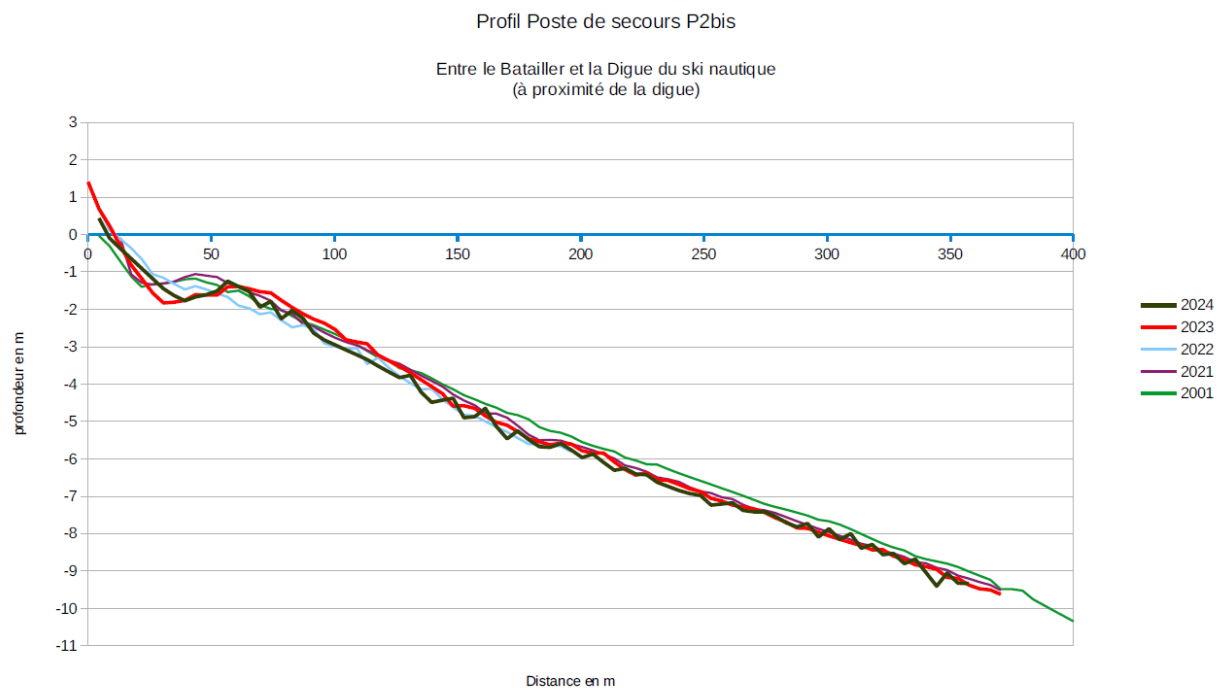
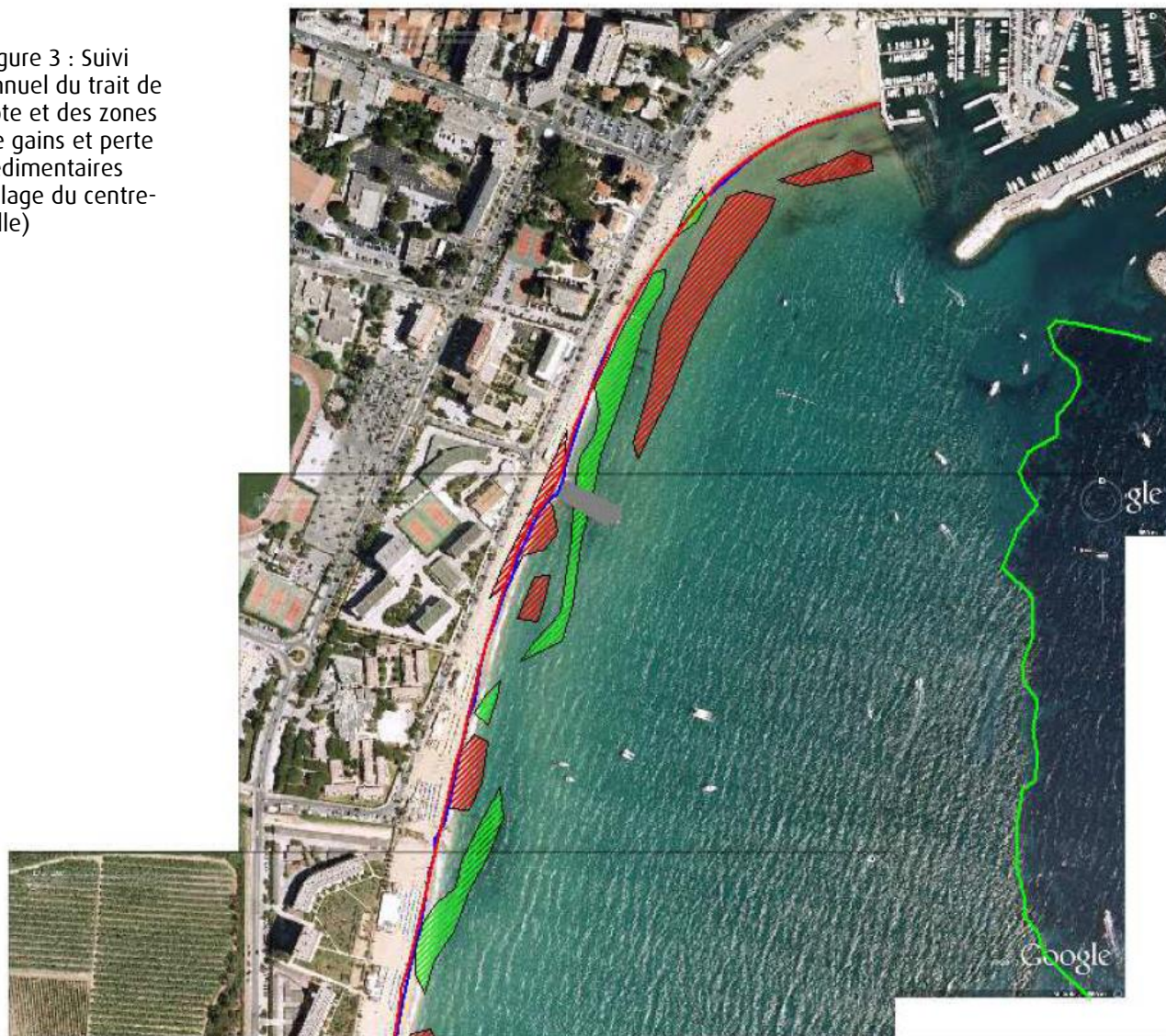


Figure 2 : Suivi topo-bathymétrique réalisé tous les ans sur la plage du centre-ville, depuis 2011

Figure 3 : Suivi annuel du trait de côte et des zones de gains et perte sédimentaires (plage du centre-ville)



Carte 3A - Evolution Sedimentaire Plage du Lavandou Ville dec 2023 - sept 2024



0 100m

Echelle = 1 / 5 000

Projection Lambert III Sud
Ellipsoïde : Clarke, 1880

LEGENDE :

limite des herbiers

Trait de côte Septembre 2024

Trait de côte Décembre 2023

Zone de gain sédimentaire

Zone de perte sédimentaire

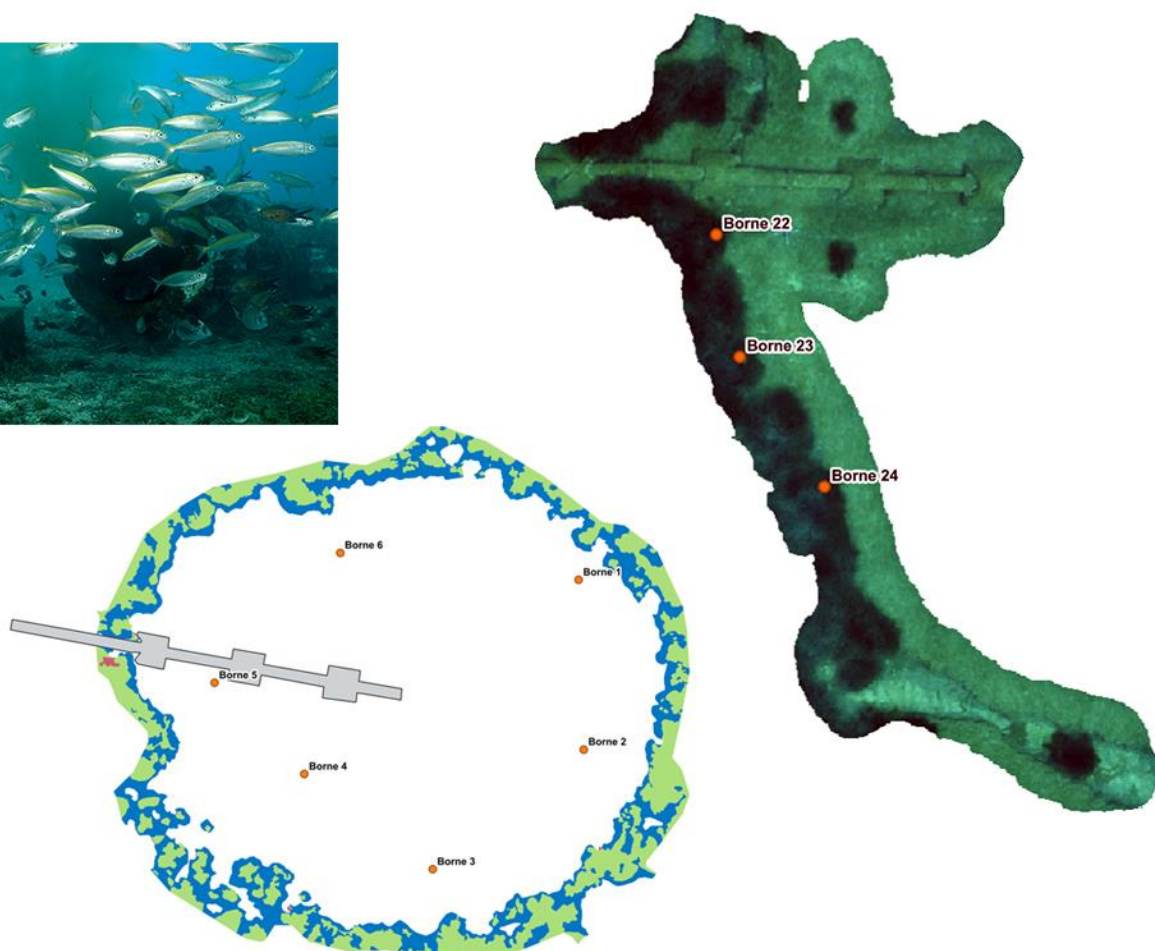
EOL-Mer : SERANTONI

1 Place de l'église
15 100 Allanches

Tel: 06 12 62 65 30

E-mail : serantoni.philippe@noul.fr

Suivi du milieu marin autour de la station d'épuration du Batailler, Bormes les Mimosas
- **SUIVI DES HERBIERS DE POSIDONIE** / Année **2025** -



Janvier 2026


ANDROMÈDE
OCÉANOLOGIE

7, place Cassan - Carnon-Plage
34 130 Mauguio - France
Tél. : 04.67.66.32.48
contact@andromede-ocean.com

Coordination Andromède :

DELARUELLE Gwénaëlle

gwenaelle.delaruelle@andromede-ocean.com

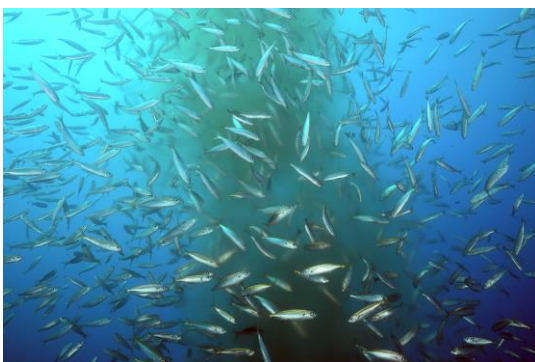


Traitement des données :

DELARUELLE Gwénaëlle, MARRE Guilhem

Rédaction :

DELARUELLE Gwénaëlle.



Crédit photographique : Guilhem Marre (2025)

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

Andromède Océanologie, 2026. Suivi du milieu marin autour de la station d'épuration du Batailler (Bormes les Mimosas). Suivi des herbiers de posidonie - Année 2025. Contrat Andromède Océanologie / Veolia. 35 pages.

Sommaire

SUIVI DES HERBIERS DE POSIDONIE	1
I. CONTEXTE ET OBJECTIFS	1
II. METHODOLOGIE	2
II.A. <i>Localisation des stations suivies</i>	2
II.B. <i>Méthodes et paramètres d'analyse</i>	3
II.C. <i>Présentation des résultats</i>	6
III. RESULTATS	7
III.A. <i>Secteur 1 - rejet</i>	7
III.B. <i>Secteur 2 - PI</i>	14
III.C. <i>Secteur 3 - LS</i>	19
IV. CONCLUSION	27
V. BIBLIOGRAPHIE	28

Suivi des herbiers de posidonie

I. Contexte et objectifs

Andromède Océanologie est chargée par Véolia d'effectuer **un suivi du milieu marin au droit de la station d'épuration intersyndicale du Batailler située à Bormes-les-Mimosas**. Cette station traite les eaux usées des communes de Bormes-les-Mimosas et du Lavandou. L'objectif de cette étude est de déterminer l'évolution de la qualité du milieu marin par rapport aux précédents suivis. En **2025**, trois tâches sont effectuées pour contrôler le milieu récepteur au droit du rejet de la station d'épuration : **qualité des sédiments, analyse des peuplements benthiques, suivi de l'herbier à posidonie**.

La Posidonie *Posidonia oceanica* (L.) Delile est une phanérogame endémique de la mer Méditerranée qui peut constituer de véritables prairies sous-marines. Cette plante angiosperme est constituée de faisceaux de feuilles (40 à 80 cm de long), de racines et de rhizomes, qui sont des tiges rampantes ou dressées, généralement enfouies dans le sédiment. Elle est présente sur toute la façade méditerranéenne, exceptée sur les côtes égyptiennes, palestiniennes, libyennes, israéliennes, et le nord de l'Adriatique. **La zone totale connue des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la mer Méditerranée a été estimée à 1 224 707 ha (12 247 km²), 510 715 ha dans la partie ouest du bassin et 713 992 ha dans la partie orientale (Telesca et al., 2015).**

Depuis 2014, la localisation des herbiers en **Méditerranée française** est connue tout le long du littoral. Principalement présents entre 0 et 40 mètres de profondeur, ils occupent **78 934 ha** (soit 7,5 fois la superficie de Paris) avec une forte disparité régionale due aux conditions locales (turbidité, luminosité, topologie des fonds) ([MEDTRIX, 2024](#))¹.

Cette phanérogame constitue la **biocénose la plus complexe de Méditerranée** (Molinier and Picard, 1952) et est à la base de la richesse des eaux littorales. Son **rôle écologique est majeur** : production primaire benthique, production d'oxygène, transparence des eaux par le piégeage des particules en suspension, base de nombreuses chaînes alimentaires, lieu de frayère, nurserie, abris vis-à-vis des prédateurs ou habitat permanent pour des milliers d'espèces animales et végétales (Boudouresque et al., 2006, [MEDTRIX, 2024](#)). Les herbiers à Posidonie régulent, directement ou non, la disponibilité des ressources pour d'autres

espèces et sont, à ce titre, qualifiés d'ingénieurs écosystémiques. De ces rôles écologiques découle une **quantité de services dont les hommes bénéficient** : protection du littoral, piégeage des sédiments, nourriture, etc. (Campagne et al., 2015). **Les herbiers sont, à l'échelle mondiale, l'un des groupes d'écosystèmes dont la valeur économique est la plus élevée.**

Dans le cas où cet écosystème-clé de Méditerranée est soumis aux effets probables d'un rejet urbain, celui-ci doit faire l'objet d'une surveillance. Ainsi, l'objectif de la tâche « **Suivi des herbiers de posidonie** » est de **recueillir des données descriptives de l'état et du fonctionnement de l'habitat herbier de posidonie selon une méthodologie adaptée et standardisée** et de suivre leurs évolutions dans le temps et dans l'espace, en lien avec les rejets urbains.

Le protocole mis en place pour la présente étude correspond à celui préconisé dans la [nouvelle édition du guide des rejets urbains](#) (Guilbert et al., 2025) et mis en place dans le cadre du réseau **TEMPO - réseau de suivi des herbiers de posidonie en Méditerranée française** – porté par l'Agence de l'eau RMC et Andromède Océanologie. La base de données de ce réseau TEMPO (en date de décembre 2025) comprend **83 sites d'herbier localisés en limite inférieure** (289 suivis réalisés entre 2006 et 2025) et **63 sites d'herbier localisés à la profondeur intermédiaire** (192 suivis entre 2014 et 2025).

Ce rapport présente les résultats du suivi effectué par Andromède Océanologie en **juin 2025** et intègre les données antérieures (CREOCEAN 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2021, 2022 ; Etat zéro par In Vivo en 2006-2007) extraites du rapport de 2022².

¹ MEDTRIX - Cahier de la Surveillance. Edition spéciale : Posidonie, la forêt endémique de Méditerranée, 2024. Edition L'Œil d'Andromède / Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. 19 p.

² CREOCEAN. 2022. Contrôle du milieu récepteur de la station d'épuration intersyndicale du Batailler. Tache 9 : Suivi des herbiers de posidonie. Contrat CREOCEAN / SAUR Syndicat Mixte Bormes – La Londe Le Lavandou. 187 pages.

II. Méthodologie

II.A. Localisation des stations suivies

Trois zones d'études au sein de l'herbier ont été balisées et suivies afin de caractériser de manière optimale l'effet du rejet (Figure 1):

Secteur 1 - rejet

Cette station se trouve à -22 m de profondeur au niveau de l'exutoire de l'émissaire. Elle est constituée de six balises (bornes 1 à 6) distantes de 10,7 m en moyenne.

Secteur 2 – PI (Profondeur Intermédiaire)

L'herbier est situé de part et d'autre de la canalisation, posée sur le fond. La station de suivi est constituée de trois balises (bornes 22, 23, 24) localisées au sud de la canalisation à une profondeur moyenne de 15,1 m.

Secteur 3 – LS (Limite Supérieure)

Cette station se trouve en limite supérieure de l'herbier. Elle est constituée de quinze balises (bornes 7 à 21) localisées de part et d'autre de la canalisation à une profondeur moyenne de 13,1 m.

Les intitulés des stations de suivi de l'herbier, leurs coordonnées géographiques, leur profondeur sont données dans le tableau suivant..

Tableau 1 : Caractéristiques des stations d'herbier pour l'étude des rejets de la STEP du Batailler.

Nom de la station	Latitude (WGS 84 - DMD)	Longitude (WGS 84 - DMD)	Remarque	Nombre de balises	Profondeur moyenne (m) des balises
Secteur3_LS	43 07,816	06 22,278	coordonnées GPS borne 7	6 (B1 à B6)	13,1
Secteur2_PI	43 07,793	06 22,454	coordonnées GPS borne 22	15 (B7 à B21)	15,1
Secteur1_rejet	43 07,747	06 22,803	coordonnées GPS borne 6	3 (B22 à B24)	21,9

Les opérations de terrain sur ces trois stations ont eu lieu les **23 et 24 juin 2025**. **Toutes les balises de ces trois stations ont été retrouvées** lors de ce suivi.

La carte suivante localise ces stations par rapport au rejet de l'émissaire et aux biocénoses marines (source : <https://plateforme.medtrix.fr/>).

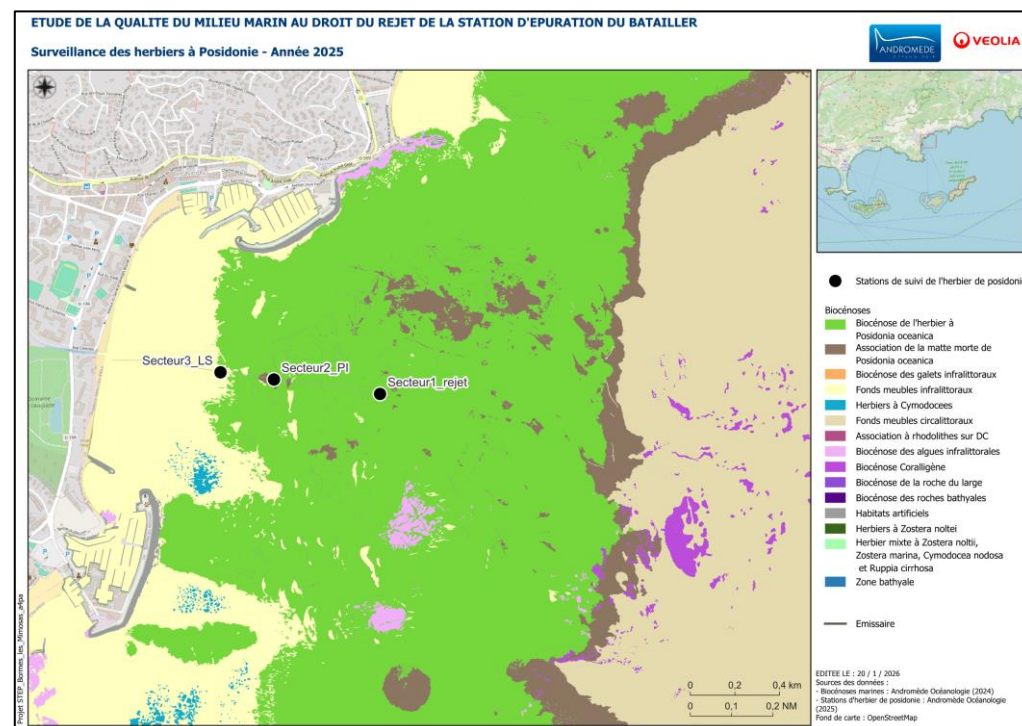


Figure 1 : Localisation des trois stations d'herbier suivies dans le cadre de la STEP par rapport au rejet de l'émissaire et aux biocénoses marines (source : <https://plateforme.medtrix.fr/> - projet DONIA Expert).

II.B. Méthodes et paramètres d'analyse

Sur les trois stations, l'état de vitalité de l'herbier est estimé *via* la **mesure de différents paramètres** et l'herbier est cartographié. Brièvement, la méthode appliquée consiste en :

i) Des **mesures de vitalité** (état de santé) de l'herbier à Posidonie :

-  Densité de faisceaux
-  Déchaussement des rhizomes
-  Pourcentage de rhizomes plagiotropes

ii) Des **relevés des pressions** observées :

-  Perturbations physiques
-  Perturbations biologiques
-  Pollutions

iii) Une **micro-cartographie** de chaque station intégrant les balises de suivi et la limite de l'herbier à Posidonie. Cette microcartographie effectuée par la méthode de photogrammétrie permet un suivi fin de l'évolution de l'herbier et une évaluation du taux de recouvrement.

II.B.1. Détails des paramètres d'analyse et échelles d'évaluation

- **Taux de recouvrement** : Pour mesurer le taux de recouvrement, nous évaluons la surface de l'herbier à partir de l'orthophotographie effectuée par **photogrammétrie** afin de calculer le recouvrement de l'herbier.

Tableau 2 : Classification de la vitalité de l'herbier de Posidonies en fonction du taux de recouvrement (Charbonnel et al., 2000).

Limite supérieure	INTERPRETATION DU RECOUVREMENT	Limite inférieure
Inférieur à 40%	Faible recouvrement	Inférieur à 20%
Compris entre 40% et 80%	Recouvrement moyen	Compris entre 20% et 50%
Supérieur à 80%	Fort recouvrement	Supérieur à 50%

- **Densité de faisceaux** : La densité des faisceaux (nombre de faisceaux de feuilles vivantes par m²) est calculée dans **3 quadrats de 20 x 20 cm à l'arrière de chaque balise**. Une classification de l'herbier (état mauvais à excellent) en fonction de la profondeur et des mesures de densité est utilisée (Tableau 4).

Publication(s) scientifique(s) associée(s) :

Pergent-Martini, C., Pergent, G., 2010. *Propositions de lignes directrices pour la standardisation des méthodes de cartographie et de surveillance des Magnoliophytes marines en Méditerranée* (No. 72, pp. 1-70). PNUE-PAM-CAR/ASP 17-20.

- **Taux de rhizomes plagiotropes** : Les rhizomes plagiotropes sont caractérisés par une croissance selon un axe horizontal, parallèle au substrat. Le pourcentage de rhizomes plagiotropes informe sur la vitalité de l'herbier et sur sa capacité à coloniser de nouveaux espaces. Le pourcentage de rhizomes plagiotropes est évalué au niveau de la limite de l'herbier, lors des mesures de densité, en dénombrant les rhizomes plagiotropes dans les quadrats. Ainsi, ce paramètre est calculé dans **3 quadrats de 20 x 20 cm à l'arrière de chaque balise**.

Une échelle d'évaluation du taux de rhizomes plagiotropes (herbier stable, légère tendance à la progression, nette tendance à la progression) est utilisée en fonction des valeurs moyennes mesurées (tableau ci-dessous).

Tableau 3: Echelle d'évaluation du taux de rhizomes plagiotropes en fonction des valeurs moyennes mesurées (d'après le RSP Charbonnel et al., 2000).

TAUX RHIZOMES PLAGIOTROPES
>70 % - Nette tendance à la progression
30 % à 70 % - Légère tendance à la progression
<30 % - Herbier stable

Publication(s) scientifique(s) associée(s) :

Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Bernard G., Bonhomme P., Patrone J., Kruczek R., Cottalorda J.M., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Le Direac'h L., 2000b. *Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Première partie : présentation et guide méthodologique. Année 2000. Région PACA, Agence de l'Eau RMC, GIS Posidonie, CQEL 13, CQEL 83, Conseil Général 06, GIS Posidonie publ. : 1-76.*

Tableau 4 : Classification de l'état de l'herbier selon les densités (/ m²) de faisceaux observées et le niveau de profondeur (m) (Pergent-Martini and Pergent, 2010).

Profondeur (m)	Excellent		Bon		Normal		Médiocre		Mauvais				
1	>	1133	1133	à	930	930	à	727	727	à	524	<	524
2	>	1067	1067	à	863	863	à	659	659	à	456	<	456
3	>	1005	1005	à	808	808	à	612	612	à	415	<	415
4	>	947	947	à	757	757	à	567	567	à	377	<	377
5	>	892	892	à	709	709	à	526	526	à	343	<	343
6	>	841	841	à	665	665	à	489	489	à	312	<	312
7	>	792	792	à	623	623	à	454	454	à	284	<	284
8	>	746	746	à	584	584	à	421	421	à	259	<	259
9	>	703	703	à	547	547	à	391	391	à	235	<	235
10	>	662	662	à	513	513	à	364	364	à	214	<	214
11	>	624	624	à	481	481	à	338	338	à	195	<	195
12	>	588	588	à	451	451	à	314	314	à	177	<	177
13	>	554	554	à	423	423	à	292	292	à	161	<	161
14	>	522	522	à	397	397	à	272	272	à	147	<	147
15	>	492	492	à	372	372	à	253	253	à	134	<	134
16	>	463	463	à	349	349	à	236	236	à	122	<	122
17	>	436	436	à	328	328	à	219	219	à	111	<	111
18	>	411	411	à	308	308	à	204	204	à	101	<	101
19	>	387	387	à	289	289	à	190	190	à	92	<	92
20	>	365	365	à	271	271	à	177	177	à	83	<	83
21	>	344	344	à	255	255	à	165	165	à	76	<	76
22	>	324	324	à	239	239	à	154	154	à	69	<	69
23	>	305	305	à	224	224	à	144	144	à	63	<	63
24	>	288	288	à	211	211	à	134	134	à	57	<	57
25	>	271	271	à	198	198	à	125	125	à	52	<	52
26	>	255	255	à	186	186	à	117	117	à	47	<	47
27	>	240	240	à	175	175	à	109	109	à	43	<	43
28	>	227	227	à	164	164	à	102	102	à	39	<	39
29	>	213	213	à	154	154	à	95	95	à	36	<	36
30	>	201	201	à	145	145	à	89	89	à	32	<	32
31	>	189	189	à	136	136	à	83	83	à	30	<	30
32	>	179	179	à	128	128	à	77	77	à	27	<	27
33	>	168	168	à	120	120	à	72	72	à	24	<	24
34	>	158	158	à	113	113	à	68	68	à	22	<	22
35	>	149	149	à	106	106	à	63	63	à	20	<	20
36	>	141	141	à	100	100	à	59	59	à	18	<	18
37	>	133	133	à	94	94	à	55	55	à	17	<	17
38	>	125	125	à	88	88	à	52	52	à	15	<	15
39	>	118	118	à	83	83	à	48	48	à	14	<	14
40	>	111	111	à	78	78	à	45	45	à	13	<	13

- Déchaussement des rhizomes et taux de rhizomes plagiotropes : Les rhizomes de posidonie sont caractérisés par une croissance horizontale (rhizomes plagiotropes) et/ou verticale (rhizomes orthotropes). La croissance verticale est à l'origine de l'édification des mattes et permet à la plante de lutter contre l'enfouissement, lié à la sédimentation. Le déchaussement des rhizomes traduit généralement l'existence d'un déficit sédimentaire de l'herbier. L'observation de ce paramètre permet donc d'apprécier rapidement et assez précisément l'hydrodynamisme d'une zone et les déplacements sédimentaires qui y ont lieu. En outre, un déchaussement important entraîne une fragilisation de l'herbier, ce qui accroît sa vulnérabilité vis à vis des actions de mouillage et de chalutage. La mesure du déchaussement des rhizomes est réalisée selon les conventions définies (Boudouresque et al., 2007, 2006) :

 Pour les **rhizomes plagiotropes**, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la partie inférieure des rhizomes ;

 Pour les **rhizomes orthotropes**, le déchaussement est la distance qui sépare le sédiment de la base des feuilles, distance à laquelle on soustrait 2 cm.

Trois mesures de déchaussement sont effectuées dans les trois quadrats utilisés pour mesurer la densité de faisceaux, à chaque balise. Une échelle d'évaluation du déchaussement (faible, moyen, important) est utilisée en fonction des valeurs moyennes mesurées (tableau ci-dessous).

Tableau 5 : Echelle d'évaluation du déchaussement en fonction des valeurs moyennes mesurées le long du balisage (d'après le RSP Charbonnel et al., 2000).

DECHAUSSEMENT (cm)	INTERPRETATION
< 5 cm	Faible
5-15 cm	Moyen
>15 cm	Fort

II.B.2. Relevés des pressions (sur les deux stations)

Sous l'eau, les plongeurs notent les observations suivantes :

- Perturbations physiques : Artificialisation du milieu (structures artificialisées (endiguements, enrochements, bétonnages, épis, canalisations, passages de câbles, installations portuaires, etc.)), blocs de matte arrachés, engins de pêche, traces de mouillages.

- Perturbations biologiques : Les espèces exotiques envahissantes (*Caulerpa taxifolia*, *Caulerpa cylindracea*), *Womersleyella setacea*, algues filamenteuses. Une estimation du pourcentage de recouvrement est donnée : très faible (<20 %), faible (20-40 %), moyen (40-60 %), fort (60-80 %) ou très fort (>80 %).

- Pollutions et nuisances : sources potentielles de nuisance proches (ports, rejet de station d'épuration, ...), macrodéchets (type, nombre), sédiments oxydés, traces d'hydrocarbures.

II.B.3. Micro-cartographie de la limite de l'herbier

Sur les trois stations, une **micro-cartographie fine de la limite de l'herbier est réalisée par la méthode de photogrammétrie**.

Andromède Océanologie réalise depuis 2016 des acquisitions photogrammétriques tous les ans lors des campagnes de surveillance biologique. La photogrammétrie, ou « science de la mesure sur photos » (Linder, 2016), est une technique permettant aujourd'hui de reconstruire en 3D un objet ou une scène à partir d'un grand nombre de photos prises sous différents angles de vue. Son principe de fonctionnement se base sur la vision stéréoscopique dont nous sommes nous-mêmes dotés : si nous disposons de deux (ou plus) images d'un même objet prises en différents points de vue, il est possible de calculer les coordonnées 3D de tout point de l'objet qui est visible sur les deux images. L'évolution récente de cette technique, appelée « structure-from-motion » (Westoby et al., 2012), permet de s'affranchir de l'information de position et d'orientation des prises de vue. L'utilisateur n'a alors « plus qu'à » photographier l'objet sous tous ses angles et charger les photographies dans un logiciel dédié, ce qui simplifie l'acquisition dans un contexte sous-marin où les conditions rendent déjà compliquées de simples prises de vue (Bowens, 2009). L'ensemble du processus photogrammétrique suit un enchaînement de traitements numériques pour passer des images 2D au modèle 3D.

La photogrammétrie a d'abord été développée pour des applications terrestres, mais elle a été introduite en milieu sous-marin par les archéologues dans les années 1970 (Drap, 2012; Pollio, 1968). Cette technique a également démontré qu'elle pouvait servir à l'étude et au suivi de perturbations naturelles et anthropiques et leurs effets sur les écosystème marins (Burns et al., 2016). Depuis quelques années, elle est de plus en plus utilisée en écologie marine, notamment pour étudier les relations entre la structure 3D de l'habitat et la composition des assemblages (Agudo-Adriani et al., 2016; Burns et al., 2019; Carlot et al., 2020; Darling et al., 2017; Price et al., 2019), mesurer la taille et la croissance d'organismes sessiles (Abdo et al., 2006; Figueira et al., 2015; Gutiérrez-Heredia et al., 2015; Holmes,

2008; Lavy et al., 2015) ou encore **cartographier à fine échelle les habitats marins** (Casella et al., 2017; Mizuno et al., 2017).

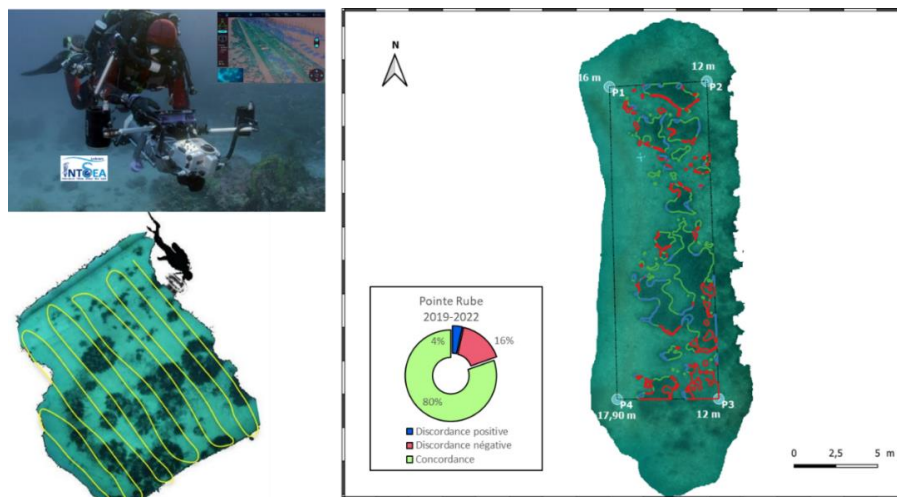


Figure 2 : [1] Appareil d'acquisition photogrammétrique ; [2] Exemple de trajectoires d'acquisition des photos sur un herbier ; [3] Dynamique évolutive de l'herbier à posidonie entre 2017 et 2020 sur un site cartographié à partir de la photogrammétrie.

Entre 2016 et 2025, **195 modèles photogrammétriques** ont été réalisés dans le cadre de la surveillance de sites d'herbier de posidonie. Ces modèles 3D sont consultables en ligne via la plateforme cartographique MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr/>) dans les projets « TEMPO » (modèles des sites d'herbier) et « MODEL » (celui-ci permet de visualiser l'ensemble des sites modélisés en 3D par Andromède Océanologie (épave, coralligène, herbier, récifs artificiels).

Publication(s) scientifique(s) associée(s) :

Marre, G., Holon, F., Luque, S., Boissery, P., & Deter, J., 2019. Monitoring marine habitats with photogrammetry: a cost-effective, accurate, precise and high-resolution reconstruction method. *Frontiers in Marine Science*, 6, 276.

Marre, G., Deter, J., Holon, F., Boissery, P., & Luque, S., 2020. Fine-scale automatic mapping of living *Posidonia oceanica* seagrass beds with underwater photogrammetry. *Marine Ecology Progress Series*, 643, 63-74.

La **comparaison de la cartographie de l'herbier réalisée par photogrammétrie** dans l'emprise comparable du quadrat permet de calculer, pour différentes périodes d'évolution, des **pourcentages de discordance positive, négative et de concordance**. Pour la présente étude, les orthophotographies antérieures (acquises par CREOCEAN) en **2018** nous ont été fournies pour les stations **Secteur1-rejet et Secteur3-LS**. A partir de celles-ci, nous avons cartographié l'herbier de posidonie en 2018. Ce même travail a été effectué sur les orthophotographies acquises par Andromède en 2025. Ainsi, **nous évaluons l'évolution de l'herbier sur la période 2018-2025 pour ces deux stations** en calculant un indice d'évolution surfacique de l'herbier (IE) de la manière suivante :

$$IE = \frac{\text{Surface de discordance positive} - \text{Surface de discordance négative}}{\text{Surface de discordance positive} + \text{Surface de discordance négative}}$$

Cet indice varie entre -1 (régression) et 1 (progression) et permet d'appréhender la dynamique évolutive de l'herbier sur le site :



II.C. Présentation des résultats

Ce présent rapport détaille **une fiche par station** comprenant la description des stations échantillonnées en 2025. Les données sont comparées aux résultats des suivis antérieurs (CREOCEAN 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2021, 2022 ; Etat zéro par In Vivo en 2006-2007) extraites du rapport de 2022.

Ces deux fiches intègrent les éléments suivants :

- Des **photographies** (herbier, espèces, pressions ou tout autre élément remarquable) ;
- Une **cartographie de l'herbier de posidonie sur la station** réalisée par la méthode de photogrammétrie ;
- Une carte et un tableau présentant la **dynamique évolutive de l'herbier entre 2018 et 2025** (pour les stations Secteur1-rejet et Secteur3-LS). Pour le tableau, chaque mesure (% de discordance positive, % de discordance négative, % de concordance) est détaillée par un **curseur imagé qui remplace la valeur observée dans le contexte régional** (valeurs minimale, maximale et moyenne observées sur tous les sites échantillonnés).

III. Résultats

III.A. Secteur 1 - rejet

a. Présentation du site

Cette station se trouve à **-22 m** de profondeur au niveau de l’**exutoire** de l’émissaire. Elle est constituée de **six balises** (bornes 1 à 6) distantes de 10,7 m en moyenne. **Il n’y a pas d’herbier de posidonie présent autour du rejet, les premiers faisceaux se trouvant à environ 15 m au droit de l’exutoire.**

Description générale					
Température de l'eau (°C)	21				
Visibilité (m)	10				
Nature du fond	☒ Sable grossier	☐ Sable fin	☒ Matte morte	☐ Substrat rocheux	☐ Autres : ...
Remarques	Présence de rhodolithes (maërl), nombreux bryozoaires et padines (<i>Padina sp</i>) sur le substrat				
Perturbations biologiques	☐ Caulerpa cylindracea	☐ Caulerpa taxifolia	☐ Algues filamenteuses	☐ Womersleyella setacea	☐ Autres : ...
Remarques					
Perturbations physiques	☐ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☐ Bloc de matte arraché	☐ Autres : ...
Remarques					
Pollutions	☐ Sédiments oxydés	☒ Macrodéchets	☐ Hydrocarbures	☐ Autres: ...	
Remarques	Canette en aluminium				
Espèces particulières	Bérêt basque (<i>Codium bursa</i>), dorade grise (<i>Spondylusoma cantharus</i>), serran-écriture (<i>Serranus scriba</i>), serran-chevrette (<i>Serranus cabrilla</i>), athérines (<i>Atherina sp</i>), sar à tête noire (<i>Diplodus vulgaris</i>).				
Remarques générales	Abondance de poissons dans le panache du rejet. Pas d'herbier de posidonie présent autour du point de rejet, les premiers faisceaux se trouvent à environ 15 m de l'exutoire.				



Figure 3 : Exutoire sur la station Secteur 1 – rejet (2025).

b. Mesures de vitalité et comparaison aux données antérieures

Densité de faisceaux

La densité moyenne de l’herbier de posidonie au niveau de l’exutoire est de $265,3 \pm 66$ faisceaux /m² en 2025. L’herbier est en **bon état en 2025** compte tenu de sa densité de faisceaux d’après la classification (Pergent-Martini and Pergent, 2010) à -22 m. Les mesures montrent un herbier aux densités similaires à celles de 2016, inférieures à celles relevées en 2020, 2021, 2022.

Tableau 6 : Données de densité de faisceaux par m² par balise au niveau de la station Secteur1 – rejet (code couleur : Tableau 4).

Secteur1-rejet																	
		2012		2014		2016		2018		2020		2021		2022		2025	
Balises	Prof. (m)	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype
B1	22,1	400	0	358	29	275	139	575	130	425	189	385	153	558	90	225	25
B2	22,1	525	0	308	29	425	0	417	227	283	275	530	72	558	197	325	66
B3	22			392	80	250	50	483	14	283	38	300	79	392	108	275	66
B4	21,8	450	0	358	38	225	66	517	194	358	151	465	135	504	168	283	138
B5	21,8			475	152	242	138	392	38	433	88	400	133	392	74	275	87
B6	21,8	675	0	358	113	400	125	225	66	242	38	455	159	358	154	208	14
Moyenne	21,9	512,5		374,8		302,8		434,8		337,3		422,5		460,3		265,3	

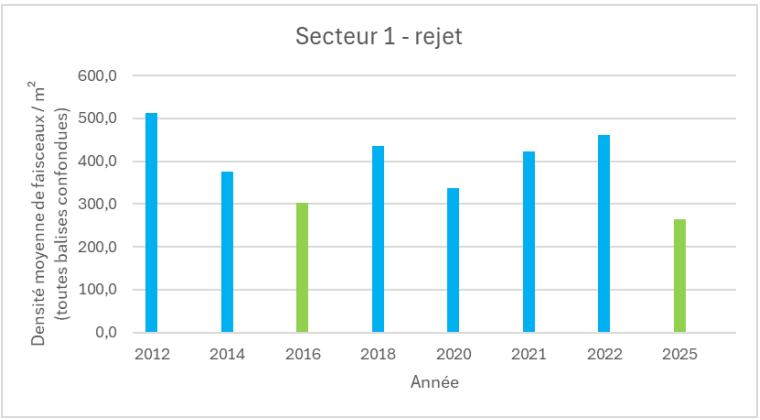


Figure 4 : Evolution annuelle de la densité moyenne de faisceaux par m² sur la station Secteur1 – rejet.

Ratio rhizomes orthotropes / plagiotropes

Le taux de rhizomes plagiotropes est exprimé depuis 2014 grâce à une donnée numérique acquise par le dénombrement des rhizomes plagiotropes dans les quadrats, alors qu’en 2012, une estimation visuelle était faite et reportée en s’appuyant sur la classification de Charbonnel et al. (2000). Le **pourcentage moyen de rhizomes plagiotropes relevé en 2025 indique un herbier stable** (13,5 %). La limite n’a pas connu de changement de catégorie depuis le début du suivi.

Tableau 7 : Données du taux de rhizomes plagiotropes par balise au niveau de la station Secteur1 – rejet (code couleur : Tableau 3).

Secteur1-rejet										
		2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022	2025	
Balises	Prof. (m)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Ecartype
B1	22,1	0-30	4	7	10	3	0	14	10	17
B2	22,1	0-30	5	4	9	9	5	12	0	0
B3	22	0-30	8	54	2	5	5	13	20	19
B4	21,8	0-30	9	10	17	3	3	4	11	10
B5	21,8	0-30	6	24	2	17	17	6	8	13
B6	21,8	0-30	0	16	17	7	7	12	32	31
Moyenne	21,9	0-30	5,3	19,2	9,5	7,3	6,2	10,2	13,5	15,1

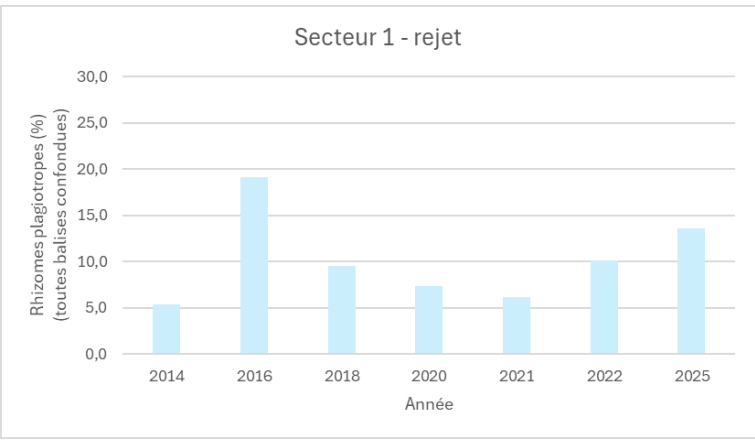


Figure 5 : Evolution annuelle du taux de rhizomes plagiotropes sur la station Secteur1 – rejet.

Déchaussement

Le déchaussement est **faible** (<5 cm) sur tous les suivis. Les mesures effectuées au niveau de l'exutoire indiquent, en 2025, un déchaussement moyen de 1,57 cm ± 1,14 cm. La tendance à l'enfouissement observée en 2020, et très légèrement en 2021, ne se poursuit plus depuis 2022.

Tableau 8 : Données de déchaussement par balise au niveau de la station Secteur1 – rejet (code couleur : Tableau 5).

Balises	Prof. (m)	2012		2014		2016		2018		2020		2021		2022		2025	
		Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype
B1	22,1	1,67	1,25	3,44	1,42	-0,58	1,11	0,73	1,76	-5,78	0,79	-0,85	1,74	0,17	1,25	-0,56	0,73
B2	22,1	4,00	1,47	3,11	1,52	4,67	1,94	1,56	1,52	-6,89	3,66	1,22	1,02	0,67	1,33	5,67	0,71
B3	22	0,00	0,00	1,22	0,92	4,44	2,63	3,00	2,00	-9,44	3,62	-1,23	1,35	0,39	1,04	1,00	1,66
B4	21,8	9,00	0,82	4,00	2,40	-0,33	1,25	2,44	1,95	-6,67	1,05	1,29	1,29	1,06	1,06	-0,11	0,78
B5	21,8	0,00	0,00	4,56	2,54	2,22	3,05	3,78	0,79	-5,40	4,03	-1,12	1,55	3,28	2,87	2,67	1,58
B6	21,8	3,50	1,47	5,11	2,56	1,33	1,41	1,72	1,23	-7,22	4,24	0,29	0,60	0,17	1,30	0,78	1,39
Moyenne	21,9	3,03	0,84	3,57	1,89	1,96	1,90	2,21	1,54	-6,90	2,90	-0,07	1,26	0,96	1,48	1,57	1,14

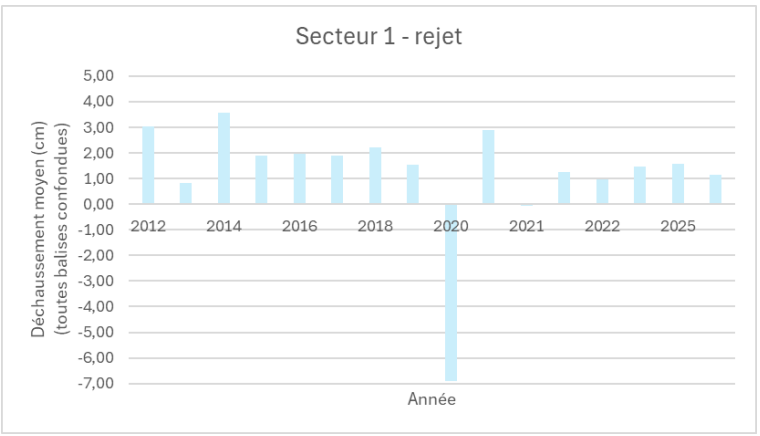


Figure 7 : Evolution annuelle du déchaussement sur la station Secteur1 – rejet.

c. Perturbations observées

En 2025 nous n'avons pas observé de perturbation sur cette station à part un **macrodéchet** (canette en aluminium). En cumulant les pressions anthropiques à la cartographie des biocénoses, nous constatons que les trois stations de suivi de l'herbier de la présente étude se trouvent dans une **zone de faibles impacts cumulés**.

Cependant, si l'on analyse les cartes des pressions anthropiques côtières indépendamment les unes des autres, on constate que la zone est soumise à cinq principales pressions : **aménagements côtiers, urbanisation, pollution par les cours d'eau, tourisme balnéaire** (surtout sur la station Secteur 3_LS) **et rejets urbains** (surtout sur la station Secteur 1_rejet) (Source : IMPACT : Modélisation des pressions anthropiques côtières et des seuils de vulnérabilité - Données consultées en janvier 2026 sur la plateforme de surveillance MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr>)).

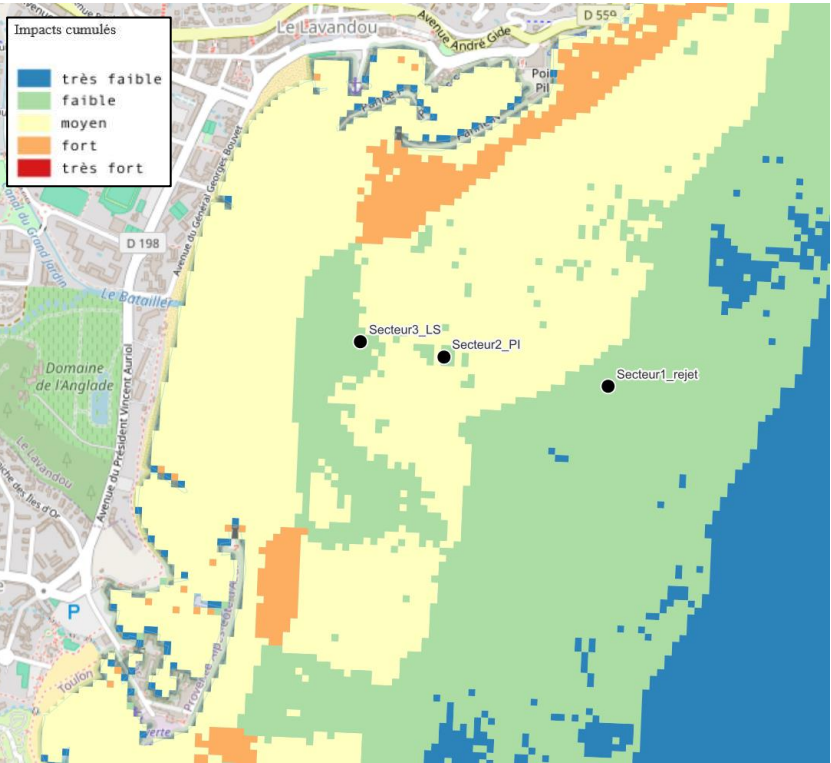


Figure 6 : Carte des impacts cumulés et localisation des stations de suivi de l'herbier de posidonie (Source : IMPACT : Modélisation des pressions anthropiques côtières et des seuils de vulnérabilité - Données consultées en janvier 2026 sur la plateforme de surveillance MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr>)).

d. Cartographie des herbiers par photogrammétrie

La photogrammétrie permet d'obtenir une vision d'ensemble de la station (une image à un instant t), mais également une vision fine et précise si nécessaire à l'aide de zooms. A partir des orthophotographies générées par cette méthode, la dynamique microsurfacique de l'herbier (% de discordance négative et/ou de discordance positive) entre chaque période d'évolution nous permet de suivre la dynamique évolutive de l'herbier.

La zone modélisée sur cette station intègre les balises mises en place lors de l'état initial en 2006-2007 par In Vivo (bornes 1 à 6). En 2025, la surface couverte par l'herbier de posidonie cartographiée est de **229,6 m²**.

Tableau 9 : Comparaison, pour les différentes périodes d'évolution, des pourcentages de discordance positive, négative et de concordance (au niveau de la surface comparable de la station) avec les autres sites de surveillance du réseau TEMPO en région Sud.

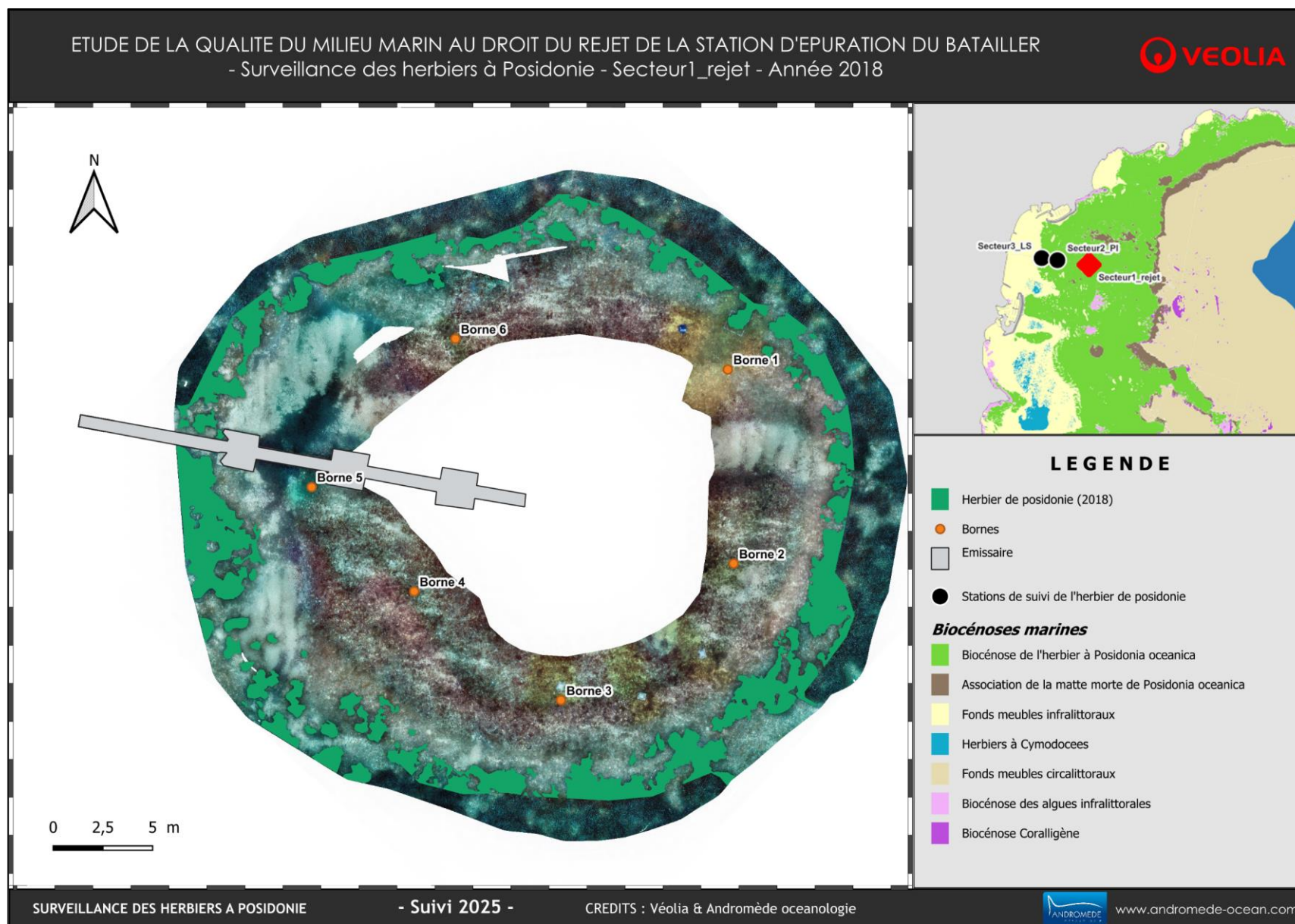
Région	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC07J	
Nom du site	Secteur1 rejet	
Période d'évolution	2018-2025	
% Discordance positive	48.71	0 69.07 11.48
% Discordance négative	0.28	0 51.43 6.52
% Concordance	51	26.09 100 81.98
Surface comparée (m²)	204.63	5.96 494.26 80.34

Au niveau de l'emprise comparable et pour la période **2018-2025**, on observe 48,71 % de discordance positive, 0,28 % de discordance négative et 51 % de concordance. L'indice d'évolution de l'herbier (0,99) indique un **herbier en forte progression**. Une **zone de régression est relevée au sud de la canalisation**.

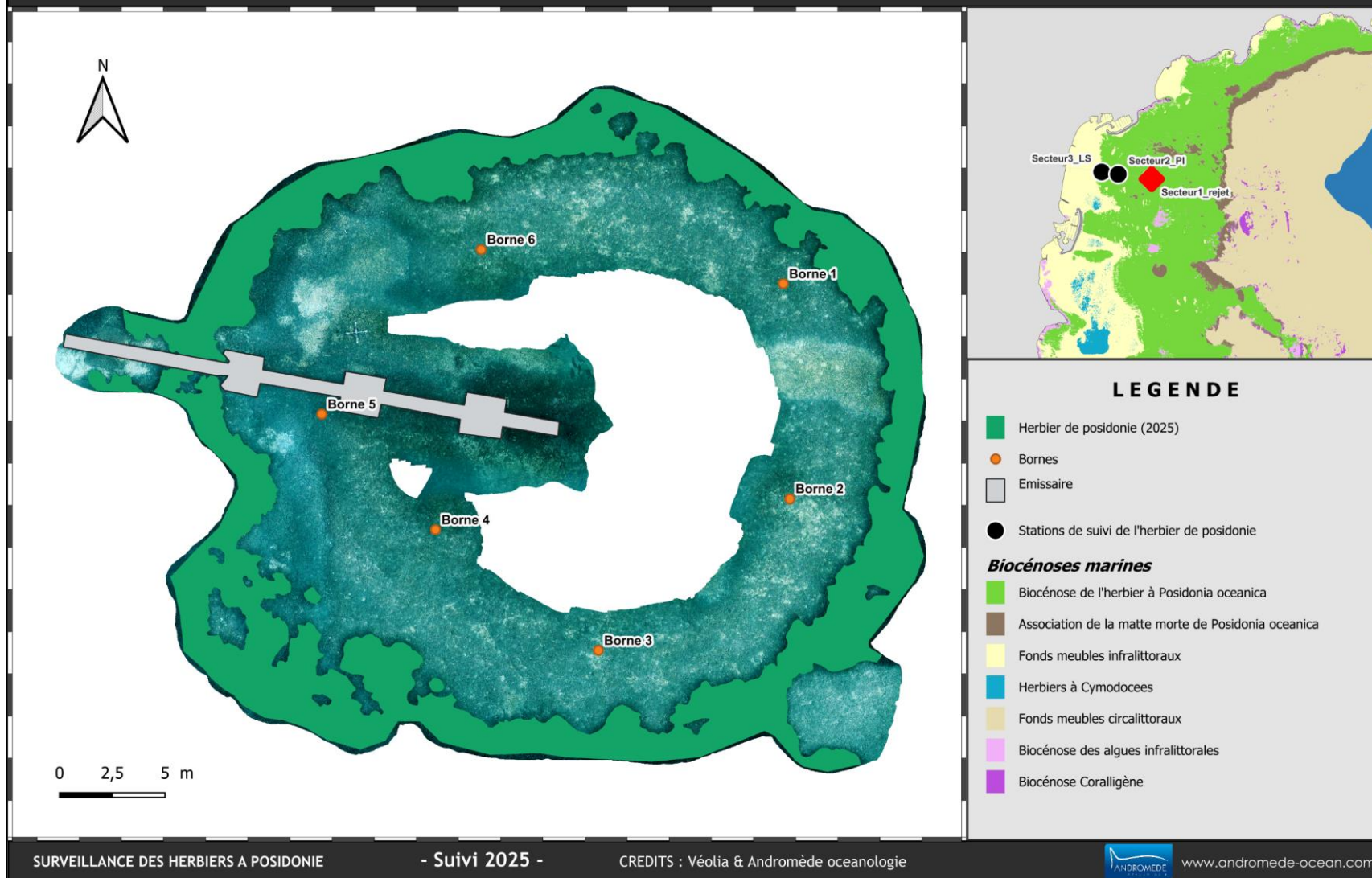
La figure suivante présente les différentes orthographies réalisées par photogrammétrie avec l'emplacement des balises. Les cartes montrent la cartographie de l'herbier en 2018, 2025 ainsi que sa dynamique évolutive entre 2018 et 2025.

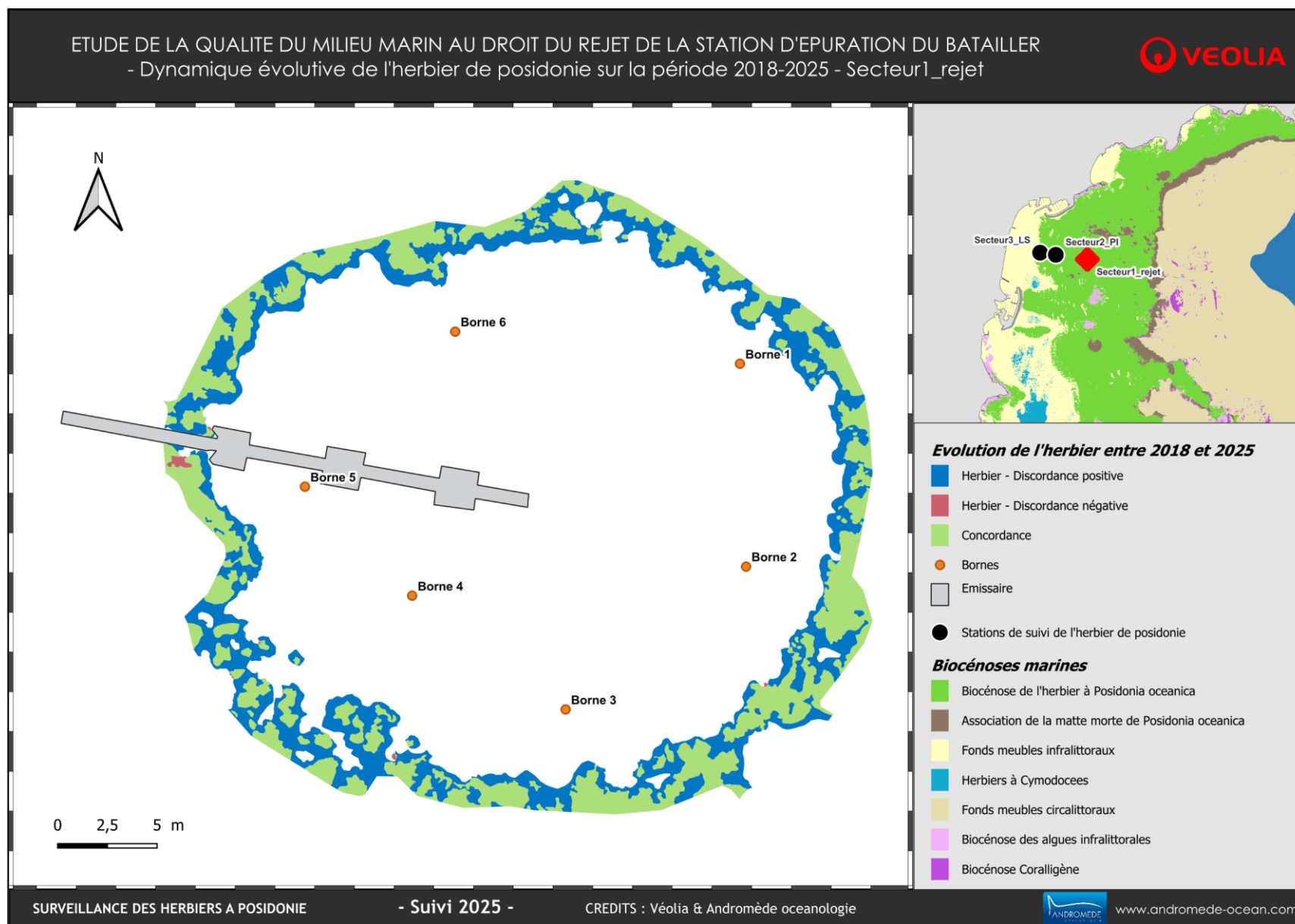


Figure 8 : Vues globales de la station et des balises, reconstituée en 3D par la méthode de photogrammétrie en 2018 (en haut, orthophotographie acquise par CREOCEAN et transmise par Véolia dans le cadre de la présente étude) et 2025 (à droite).



ETUDE DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN AU DROIT DU REJET DE LA STATION D'EPURATION DU BATAILLER
- Surveillance des herbiers à Posidonie - Secteur1_rejet - Année 2025





III.B. Secteur 2 - PI

a. Présentation du site

Cette station se trouve à 480 mètres au nord de la station Secteur1-rejet (exutoire) en remontant la canalisation au sein de l'herbier de plaine. La station de suivi est constituée de trois balises (bornes 22, 23, 24) localisées au sud de la canalisation à une profondeur moyenne de 15,1 m. Le substrat est constitué de matte morte et de sable grossier coquillé.

Description générale					
Température de l'eau (°C)	21				
Visibilité (m)	10				
Nature du fond	☒ Sable grossier	☐ Sable fin	☒ Matte morte	☐ Substrat rocheux	☐ Autres : ...
Remarques	grossier-coquillé				
Perturbations biologiques	☐ Caulerpa cylindracea	☐ Caulerpa taxifolia	☐ Algues filamenteuses	☐ Womersleyella setacea	☐ Autres : ...
Remarques	NA				
Perturbations physiques	☐ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☐ Structures artificielles	☐ Bloc de matte arraché	☐ Autres : ...
Remarques	NA				
Pollutions	☐ Sédiments oxydés	☐ Macrodéchets	☐ Hydrocarbures	☐ Autres : ...	
Remarques	NA				
Espèces particulières	murène commune (<i>Muraena helena</i>), une grande nacre (<i>Pinna nobilis</i>) morte				

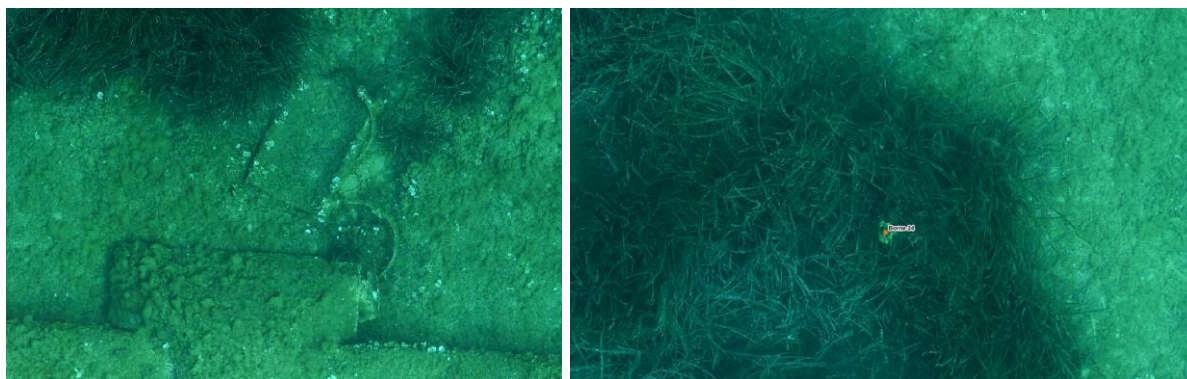


Figure 9 : Herbier et canalisation sur la station Secteur 2 – PI (2025)

b. Mesures de vitalité et comparaison aux données antérieures

Densité de faisceaux

La densité moyenne de l’herbier de posidonie au niveau de la station à la profondeur intermédiaire est de $402,7 \pm 103$ faisceaux /m² en 2025. L’herbier est en **bon état en 2025** compte tenu de sa densité de faisceaux d’après la classification (Pergent-Martini and Pergent, 2010) à la profondeur moyenne de -15,1 m. L’herbier s’est densifié par rapport à 2020 et 2021 où la densité était considérée comme normale. La diminution observée depuis 2012 semble s’être inversée depuis 2022.

Tableau 10 : Données de densité de faisceaux par m² par balise au niveau de la station Secteur2 – PI (code couleur : Tableau 4).

Secteur2-PI																	
		2012		2014		2016		2018		2020		2021		2022		2025	
Balises	Prof. (m)	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype
B22	14,9	563	124	467	29	342	95	525	238	308	38	301	80	425	66	408	95
B23	15,1	425	141	408	52	283	104	350	25	344	55	275	64	542	52	417	138
B24	15,2	488	124	433	80	642	123	400	100	367	253	307	104	483	52	383	76
Moyenne	15,1	492,0		436,0		422,3		425,0		339,7		294,3		483,3		402,7	

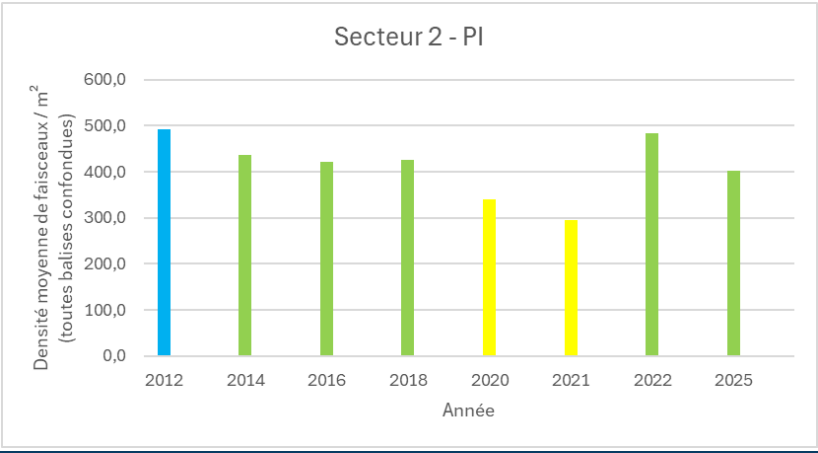


Figure 10 : Evolution annuelle de la densité moyenne de faisceaux par m² sur la station Secteur2 – PI.

Ratio rhizomes orthotropes / plagiotropes

Le taux de rhizomes plagiotropes est exprimé depuis 2014 grâce à une donnée numérique acquise par le dénombrement des rhizomes plagiotropes dans les quadrats, alors qu’en 2012, une estimation visuelle était faite et reportée en s’appuyant sur la classification de Charbonnel et al. (2000). Le **pourcentage moyen de rhizomes plagiotropes relevé en 2025 indique un herbier stable** (6,8 %) en limite intermédiaire, comme depuis le début des suivis en 2012.

Tableau 11 : Données du taux de rhizomes plagiotropes par balise au niveau de la Secteur2 – PI (code couleur : Tableau 3).

Secteur2-PI									
Balises	Prof. (m)	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022	2025
		Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Ecartype
B22	14,9	0-30	5	41	22	22	17	26	8,3
B23	15,1	0-30	17	8	0	25	7	2	0,0
B24	15,2	0-30	15	21	0	15	13	14	12,0
Moyenne	15,1	0-30	12,3	23,3	7,3	20,7	12,3	14,0	9,0

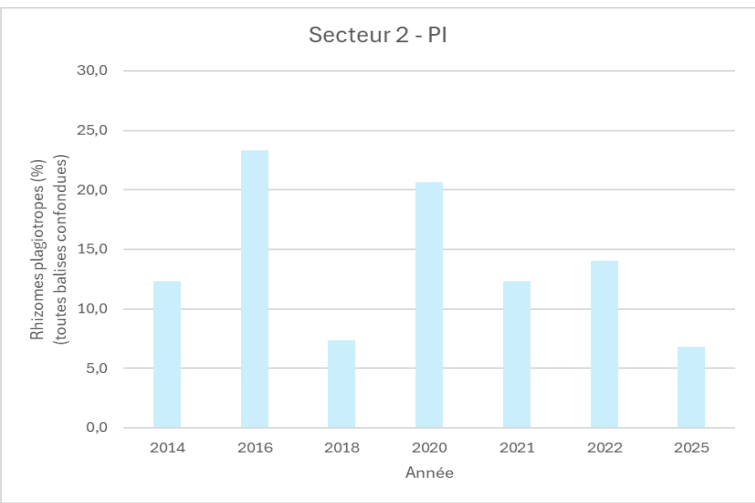


Figure 11 : Evolution annuelle du taux de rhizomes plagiotropes sur la station Secteur2 – PI.

Déchaussement

Le déchaussement est **faible** (<5 cm) sur tous les suivis. Les mesures effectuées au niveau de la profondeur intermédiaire indiquent, en 2025, un déchaussement moyen de 2,3 cm ± 1,7 cm. Le déficit sédimentaire au niveau du secteur 2 - PI est globalement **faible** sur l'ensemble des années du suivi (tableau et figure ci-dessous) avec des variations de -1,1 (enfouissement, en 2021) à + 4,3 cm (déchaussement, en 2018). L'herbier semble peu fragilisé.

Tableau 12 : Données de déchaussement par balise au niveau de la station Secteur2 – PI (code couleur : Tableau 5).

		Secteur2-PI															
		2012		2014		2016		2018		2020		2021		2022		2025	
Balises	Prof. (m)	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype
B22	14,9	-1,33	0,75	1,44	1,26	-1,56	0,68	0,67	0,94	-2	0	1,36	0,95	-0,28	1,18	0,44	1,51
B23	15,1	-0,6	1,74	3	2,4	0,22	0,92	4,89	1,66	-0,11	2,28	0,13	1,62	-0,33	0,97	1,44	2,19
B24	15,2	0,17	1,46	2,11	3,7	-2	0	7,33	3,09	6,33	2,49	1,71	1,28	-1,00	0,61	5,00	1,50
Moyenne	15,1	-0,6	1,3	2,2	2,5	-1,1	0,5	4,3	1,9	1,4	1,6	1,1	1,3	-0,5	0,9	2,3	1,7

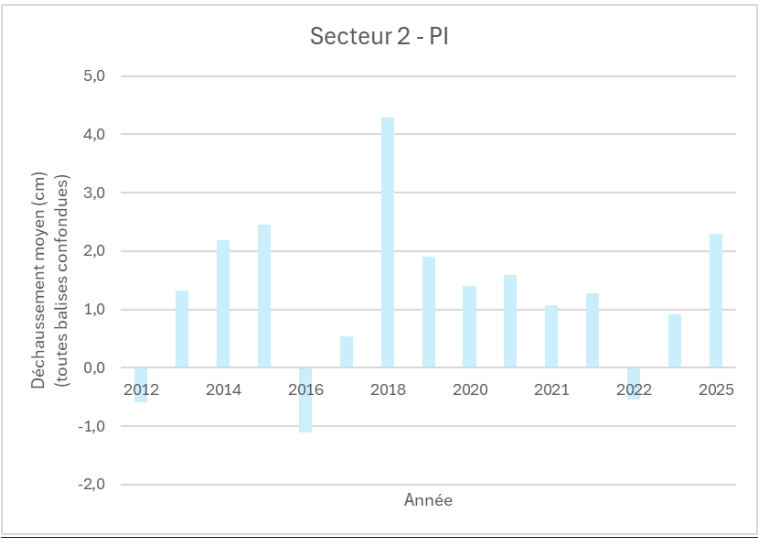


Figure 13 : Evolution annuelle du déchaussement sur la station Secteur2 – PI.

c. Perturbations observées

En 2025 **aucune perturbation** n'a été relevée sur cette station. En cumulant les pressions anthropiques à la cartographie des biocénoses, nous constatons que les trois stations de suivi de l'herbier de la présente étude se trouvent dans une **zone de faibles impacts cumulés**.

Cependant, si l'on analyse les cartes des pressions anthropiques côtières indépendamment les unes des autres, on constate que la zone est soumise à cinq principales pressions : **aménagements côtiers, urbanisation, pollution par les cours d'eau, tourisme balnéaire** (surtout sur la station Secteur 3_LS) **et rejets urbains** (surtout sur la station Secteur 1_rejet).

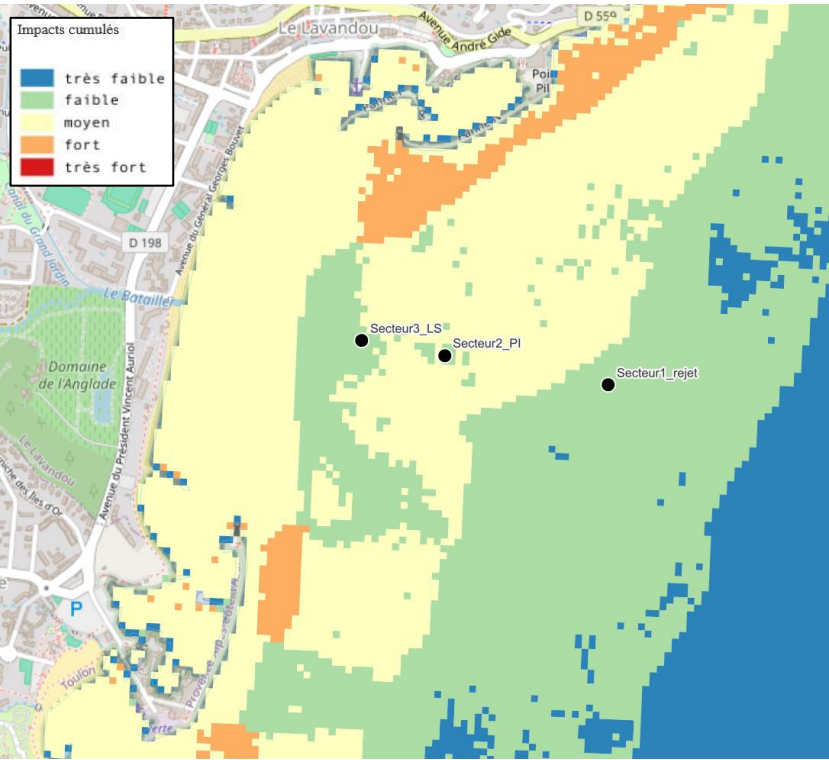


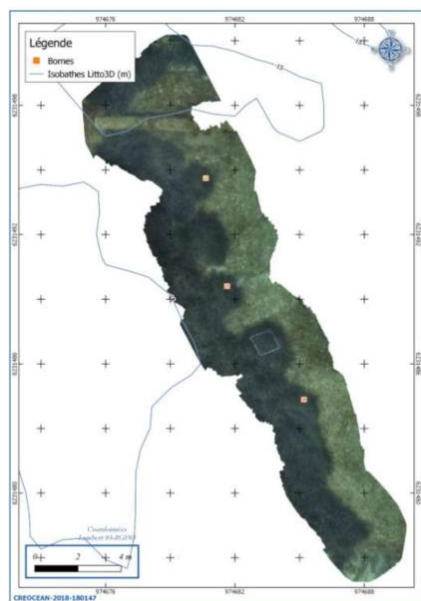
Figure 12 : Carte des impacts cumulés et localisation des stations de suivi de l'herbier de posidonie (Source : IMPACT : Modélisation des pressions anthropiques côtières et des seuils de vulnérabilité - Données consultées en janvier 2026 sur la plateforme de surveillance MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr>)).

(Source : IMPACT : Modélisation des pressions anthropiques côtières et des seuils de vulnérabilité - Données consultées en janvier 2026 sur la plateforme de surveillance MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr/>)).

d. Cartographie des herbiers par photogrammétrie

La photogrammétrie permet d'obtenir une vision d'ensemble de la station (une image à un instant t), mais également une vision fine et précise si nécessaire à l'aide de zooms. A partir des orthophotographies générées par cette méthode, la dynamique microsurfactive de l'herbier (% de discordance négative et/ou de discordance positive) entre chaque période d'évolution nous permet de suivre la dynamique évolutive de l'herbier.

L'orthophotographie antérieure (effectuée par CREOCEAN en 2018, voir image ci-dessous extraite du rapport de 2022) ne nous ayant pas été fournie pour cette station Secteur2-PI, nous n'avons pas pu cartographier finement l'herbier en 2018 ni évaluer l'évolution de l'herbier sur la période 2018-2025.



La zone modélisée par photogrammétrie en 2025 intègre les balises 22, 23, 24 mises en place en 2012. En 2025, la surface couverte par l'herbier de posidonie cartographiée est de **76 m²**.

La dynamique surfacique de l'herbier sera évaluée lors du prochain suivi de l'herbier, en 2027. Cependant, nous pouvons constater que l'herbier est mesuré en moyenne à 60,3 cm des trois bornes (posées initialement au contact de l'herbier en 2012). La distance entre le faisceau de posidonie le plus proche d'une balise et la balise elle-même est mesurée à l'aide de l'orthophotographie générée en 2025 (B23 : 55 cm, B24 : 60 cm, B25 : 66 cm).

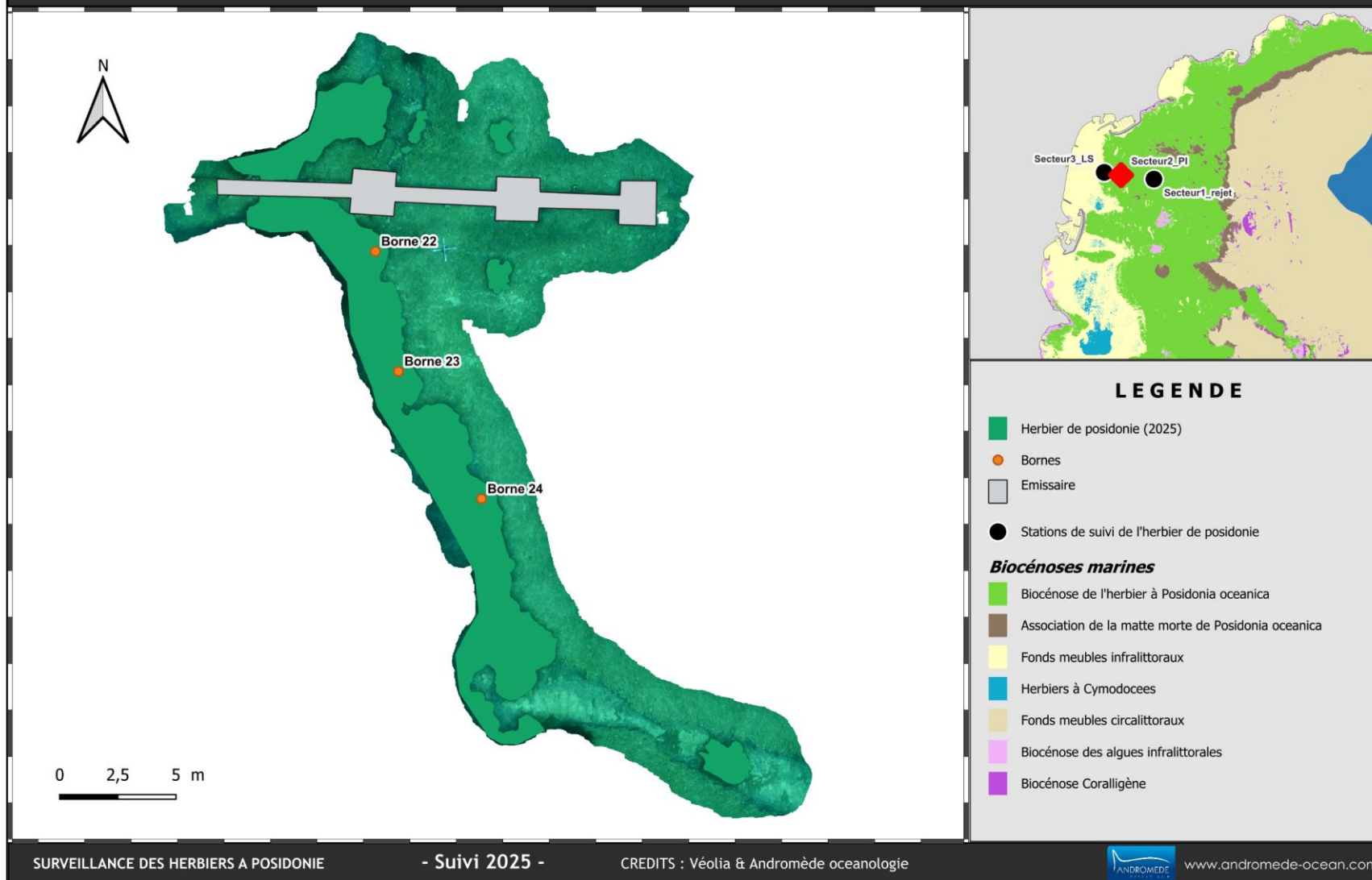
Figure 14 : Illustration de la station Secteur 2 – PI visible dans le rapport de CREOCEAN (2022).

La figure suivante présente l'orthographie réalisée par photogrammétrie en 2025 avec l'emplacement des balises. La carte qui suit montre la cartographie de l'herbier en 2025.



Figure 15 : Vues globales de la station et des balises, reconstituée en 3D par la méthode de photogrammétrie en 2025.

ETUDE DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN AU DROIT DU REJET DE LA STATION D'EPURATION DU BATAILLER
- Surveillance des herbiers à Posidonie - Secteur2_PI - Année 2025



III.C.Secteur 3 - LS

a. Présentation du site

Cette station se trouve à 240 mètres au nord de la station Secteur2-PI en remontant la canalisation au sein de l'herbier de plaine jusqu'à atteindre sa limite supérieure. La station de suivi est constituée de quinze balises (bornes 7 à 21) localisées de part et d'autre de la canalisation à une profondeur moyenne de 13,1 m. Les balises 7 à 13 se trouvent au sud de la canalisation, les balises 14 à 21 au nord (sur l'orthophotographie 2025, la borne 13 n'a pas été cartographiée). En 2025, toutes les balises ont été retrouvées par les plongeurs et les mesures de vitalité ont pu être relevées à chacune d'elle. Le substrat est constitué de matre morte et de sable grossier.

Description générale					
Température de l'eau (°C)	21				
Visibilité (m)	15				
Nature du fond	☒ Sable grossier	☐ Sable fin	☒ Matre morte	☐ Substrat rocheux	☐ Autres : ...
Remarques					
Perturbations biologiques	☐ Caulerpa cylindracea	☐ Caulerpa taxifolia	☐ Algues filamenteuses	☐ Womersleyella setacea	☐ Autres : ...
Remarques	NA				
Perturbations physiques	☐ Engins de pêche	☐ Traces de mouillage	☒ Structures artificielles	☐ Bloc de matre arraché	☐ Autres : ...
Remarques	Deux tuyaux de 3m et 6m chacun environ, dont un déjà visible sur l'orthophotographie de 2018 et l'autre qui semble récent (pas de trace de colonisation par des organismes)				
Pollutions	☐ Sédiments oxydés	☒ Macrodéchets	☐ Hydrocarbures	☐ Autres : ...	
Remarques	Une grande poubelle, déjà visible sur l'orthophotographie de 2018				
Espèces particulières	Marbré (<i>Lithognathus mormyrus</i>), Dorade grise (<i>Spondyliosoma cantharus</i>), Sar à tête noire (<i>Diplodus vulgaris</i>), Girelle commune (<i>Coris julis</i>)				



Figure 16 : Secteur 3 – LS (2025). [1] Poubelle (déjà présente en 2018) ; [2] Tuyau de 3 m (déjà présent en 2018) ; [3] Tuyau récent d'environ 6 m de long.

b. Mesures de vitalité et comparaison aux données antérieures

Densité de faisceaux

La densité moyenne de l'herbier de posidonie au niveau de la station Secteur 3 - LS est de $432,6 \pm 100,9$ faisceaux /m² en 2025. L'herbier est en **bon état en 2025** compte tenu de sa densité de faisceaux d'après la classification (Pergent-Martini and Pergent, 2010) à -13,1 m. Les mesures montrent un herbier avec des densités relativement stables depuis 2021.

Tableau 13 : Données de densité de faisceaux par m² par balise au niveau de la station Secteur 3 - LS (code couleur : Tableau 4).

Secteur3-LS																	
		2012		2014		2016		2018		2020		2021		2022		2025	
Balises	Prof. (m)	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype	Densité	Ecartype
B7	12,9	438	124	400	189	525	109	257	252			708	128	558	138	400	261
B8	13,5	475	0	292	38	392	80	408	88	342	72	375	152	492	80	317	104
B9	13,5	500	0	300	87	433	88	283	76	383	227	417	88	467	144	450	66
B10	13,7	450	0	317	113	567	80	408	118	233	90	375	50	492	118	408	63
B11	13,0	450	0	283	38	450	139	267	29	375	238			425	125	533	177
B12	13,0	625	0	367	38	475	50	199	175	192	65			367	80	367	52
B13	13,0	300	0	375	43	500	125	408	104	239	159			442	115	467	126
B14	12,9	675	141	325	87	533	88	417	126	458	170	425	50	508	52	367	14
B15	13,2	375	71	308	88	367	142	375	90			583	153	492	88	342	101
B16	13,2	425	0	275	25	625	90	458	126	467	38					442	80
B17	13,0	313	230	275	25	533	126	358	101	333	29			408	153	358	72
B18	12,7	200	212	242	52	517	123	392	29	442	95			492	80	425	66
B19	12,9	650	0	250	66	392	95	317	104	383	52			400	139	475	152
B20	12,9	325	0	233	52	400	132	333	38	350	109			500	25	417	113
B21	13,2	200	283	242	72			458	29	492	14					592	194
Moyenne	13,1	426,7		298,9		479,2		355,9		360,7		480,5		464,8		432,6	

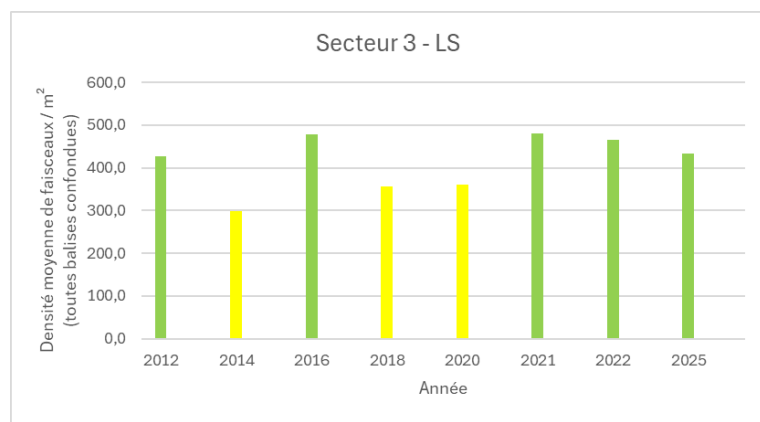


Figure 17 : Evolution annuelle de la densité moyenne de faisceaux par m² sur la station Secteur 3 - LS.

Ratio rhizomes orthotropes / plagiotropes

Le taux de rhizomes plagiotropes est exprimé depuis 2014 grâce à une donnée numérique acquise par le dénombrement des rhizomes plagiotropes dans les quadrats, alors qu'en 2012, une estimation visuelle était faite et reportée en s'appuyant sur la classification de Charbonnel et al. (2000).

Tableau 14 : Données du taux de rhizomes plagiotropes par balise au niveau de la station Secteur 3 - LS (code couleur : Tableau 3).

Secteur3-LS									
Balises	Prof. (m)	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022	2025
		Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Plagiotropes (%)	Ecartype
B7	12,9	0-30	11	4	0	28		4	25,3 36,2
B8	13,5	0-30	6	29	0	11		0	0,0 0,0
B9	13,5	0-30	20	0	0	0		0	10,2 10,0
B10	13,7	0-30	5	34	0	0	0	0	2,4 4,1
B11	13,0	0-30	7	0	10	9	23	0	7,3 7,5
B12	13,0	0-30	7	90	0	4	0	5	4,8 8,2
B13	13,0	0-30	4	0	2		9	4	9,5 16,5
B14	12,9	0-30	0	10	0	21	11	0	11,9 20,6
B15	13,2	7	0	0	2		0	0	14,4 12,5
B16	13,2	6	0	8	0	9			23,0 15,0
B17	13,0	25	12	0	2	25		14	31,4 44,1
B18	12,7	0	7	9	0	42		8	40,7 19,1
B19	12,9	0	5	30	2	22		0	7,9 10,6
B20	12,9	11	0	8	8	46		22	47,2 50,2
B21	13,2	0	12	-	0	25			13,3 23,1
Moyenne	13,1	7,0	6,4	15,9	1,7	18,6	7,2	4,4	16,6 18,5

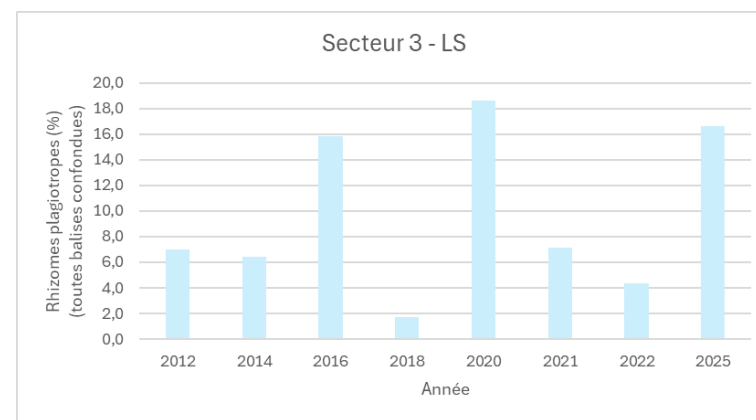


Figure 18 : Evolution annuelle du taux de rhizomes plagiotropes sur la station Secteur 3 - LS.

Le **pourcentage moyen de rhizomes plagiotropes relevé en 2025 indique un herbier stable** (16,6 %). Ce paramètre ne montre pas de changement de catégorie au niveau de la limite supérieure mais on note une tendance à la colonisation en 2025 plus marquée qu'en 2021 ou 2022 (tableau et figure précédents).

Déchaussement

Le déchaussement est **faible** (<5 cm) sur tous les suivis. Les mesures effectuées en limite supérieure indiquent, en 2025, un déchaussement moyen de 4,1 cm ± 3,8 cm. La tendance à l'enfouissement observée en 2022 s'est inversée par une tendance au déchaussement.

Tableau 15 : Données de déchaussement par balise au niveau de la station Secteur 3 - LS (code couleur : Tableau 5).

Secteur3-LS															
	2012		2014		2016		2018		2020		2021		2022		2025
Balises	Prof. (m)	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype	Déchaussement (cm)	Ecartype
B7	12,9	6,33	1,25	-2,33	5,54	2,22	2,2	1,89	2,92	4,35	4,35	-	-3,2	2,39	2,2
B8	13,5	-1,33	0,94	1,11	2,85	0,56	1,26	3,5	5,14	2,33	2,33	-	0,6	2,41	7,0
B9	13,5	-2	0	0	0	0,83	5,78	3,82	2,42	2,42	-	-	-0,7	3,75	5,4
B10	13,7	-2	0	1,56	1,89	0,67	0,94	4,22	2,9	-0,8	-0,8	1,22	-1,2	3,43	6,4
B11	13,0	-0,67	0,94	0	2,26	2,56	2,45	3,89	4,51	8	7,65	-	-0,4	3,76	3,4
B12	13,0	-1,33	0,94	0,22	2,74	1,33	0,47	1,72	2,26	9,08	4,92	1,5	-1,2	2,12	6,9
B13	13,0	2,33	0	2,38	2,78	1,44	1,34	2,89	2,56	-	1,79	0,99	-1,7	2	6,3
B14	12,9	-2	0	1	2,26	1,89	2,6	3,44	2,11	6	3,14	2,67	1,65	2,4	1,98
B15	13,2	-	-	0	4	1,78	1,55	2,94	0,64	-2	0	2,44	1,34	-0,6	2,04
B16	13,2	-	-	0	4	1,89	1,91	4	1,49	1,33	1,86	-	-	-	1,6
B17	13,0	-	-	3,22	2,48	-0,33	1,7	2,44	1,85	4,67	1,25	-	-0,4	2,43	3,0
B18	12,7	-	-	2,11	1,52	-0,78	1,93	6	2,36	5,5	3,76	-	-3,3	2,7	1,1
B19	12,9	-	-	-0,44	2,59	-0,67	0,82	1,78	1,62	4	1,63	-	-6,1	1,05	3,0
B20	12,9	-	-	0,78	2,97	-1,56	0,68	2,56	2,01	5,36	2,12	-	1,3	1,56	-0,8
B21	13,2	-	-	1,89	3,75	0,22	0,92	0,44	1,94	1,67	0,94	-	-	2,8	5,6
Moyenne	13,1	-0,1	0,5	0,8	2,8	0,7	1,4	3,2	2,5	3,7	2,5	1,9	1,5	-1,1	2,4

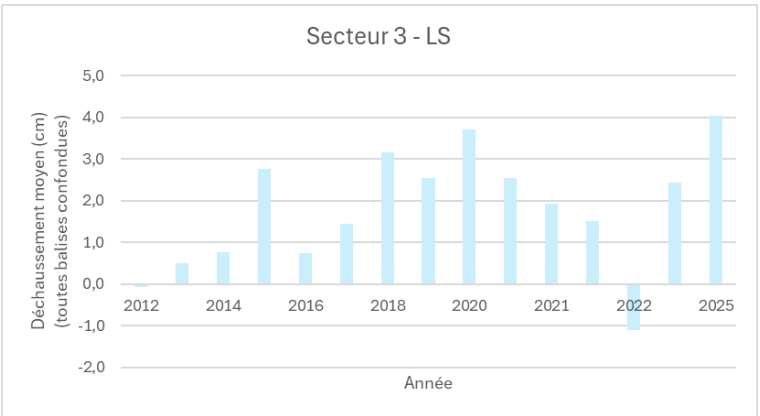


Figure 20 : Evolution annuelle du déchaussement sur la station Secteur 3 - LS.

c. Perturbations observées

En 2025, un **macrodéchet** (= une grande poubelle, déjà visible sur l'orthophotographie de 2018) et des **deux tuyaux** (morceaux de canalisation ?) de 3 et 6 m de long étaient posés à proximité de l'herbier de posidonie (dont un visible déjà en 2018) (Figure 16).

En cumulant les pressions anthropiques à la cartographie des biocénoses, nous constatons que les trois stations de suivi de l'herbier de la présente étude se trouvent dans une **zone de faibles impacts cumulés**. Cependant, si l'on analyse les cartes des pressions anthropiques côtières indépendamment les unes des autres, on constate que la zone est soumise à cinq principales pressions : **aménagements côtiers, urbanisation, pollution par les cours d'eau, tourisme balnéaire** (surtout sur la station Secteur 3_LS) et **rejets urbains** (surtout sur la station Secteur 1_rejet) (Source : IMPACT : Modélisation des pressions anthropiques côtières et des seuils de vulnérabilité - Données consultées en janvier 2026 sur la plateforme de surveillance MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr>)).

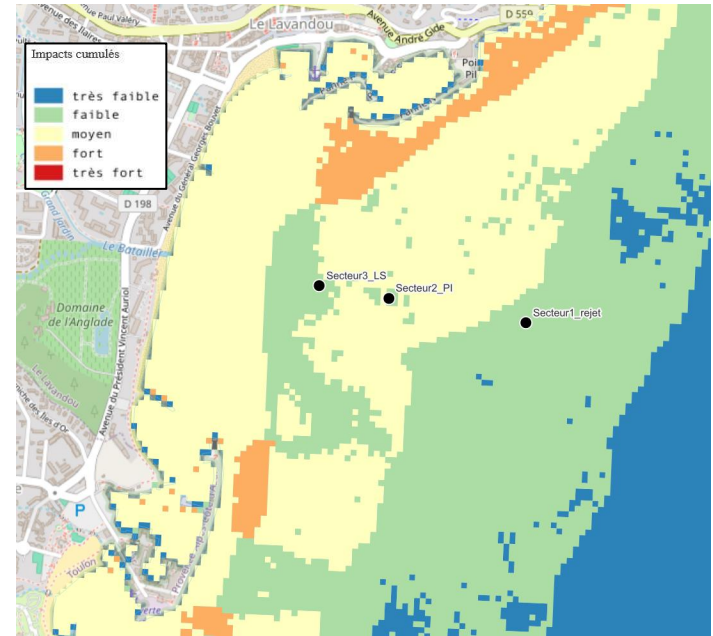


Figure 19 : Carte des impacts cumulés et localisation des stations de suivi de l'herbier de posidonie (Source : IMPACT : Modélisation des pressions anthropiques côtières et des seuils de vulnérabilité - Données consultées en janvier 2026 sur la plateforme de surveillance MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr>)).

c. Cartographie des herbiers par photogrammétrie

La photogrammétrie permet d'obtenir une vision d'ensemble de la station (une image à un instant t), mais également une vision fine et précise si nécessaire à l'aide de zooms. A partir des orthophotographies générées par cette méthode, la dynamique microsurfacique de l'herbier (% de discordance négative et/ou de discordance positive) entre chaque période d'évolution nous permet de suivre la dynamique évolutive de l'herbier.

La zone modélisée sur cette station intègre les balises mises en place lors de l'état initial en 2007 par In Vivo. En 2025, la surface couverte par l'herbier de posidonie cartographiée est de **766,8 m²**.

Tableau 16 : Comparaison, pour les différentes périodes d'évolution, des pourcentages de discordance positive, négative et de concordance (au niveau de la surface comparable de la station) avec les autres sites de surveillance du réseau TEMPO en région Sud.

Région	PACA	Échelle de comparaison Région PACA Légende
Masse d'eau côtière	FRDC07J	
Nom du site	Secteur3 LS	
Période d'évolution	2018-2025	
% Discordance positive	19.49	0 69.07 11.48
% Discordance négative	3.87	0 51.43 6.52
% Concordance	76.65	26.09 100 81.98
Surface comparée (m²)	494.26	5.96 494.26 80.34

Au niveau de l'emprise comparable (partie nord du site (balises 7 à 21)) et pour la période **2018-2025**, on observe 19,49 % de discordance positive, 3,87 % de discordance négative et 76,25 % de concordance. L'indice d'évolution de l'herbier (0,67) indique un **herbier en progression**. Cependant, des zones de **régression** sont cartographiées autour de la canalisation et au nord de la zone à proximité de la balise 20.

Ces informations sont confirmées par les mesures des distances entre le faisceau de posidonie le plus proche d'une balise et la balise elle-même. Ainsi, on observe sur l'orthophotographie de 2025 une **progression marquée** de l'herbier entre 2007 et 2025 au

niveau des balises **8 et 12** et une **régression marquée** au niveau des balises **18 et 20**. Les autres balises (7, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 19, 21) montrent une **stabilité** (au nord de la canalisation) ou une **légère progression** (au sud de la canalisation) de l'herbier.

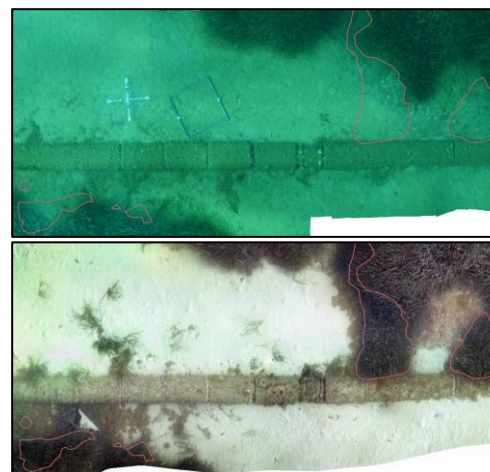


Figure 21 : Zone de régression (en rouge) entre 2025 (en haut) et 2018 (en bas) autour de la canalisation.

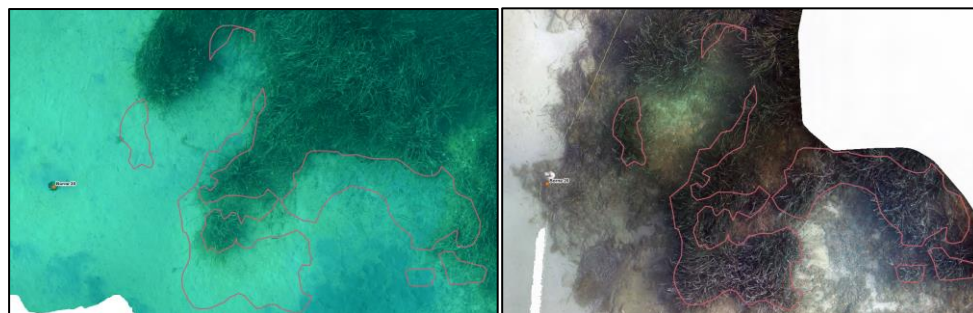


Figure 22 : Zone de régression (en rouge) entre 2025 (à gauche) et 2018 (à droite) près de la balise 20.

La figure suivante présente les différentes orthophotographies réalisées par photogrammétrie avec l'emplacement des balises. En 2018, seule la partie nord de la station a été modélisée tandis qu'en 2025 l'ensemble de la station a fait l'objet d'acquisitions.

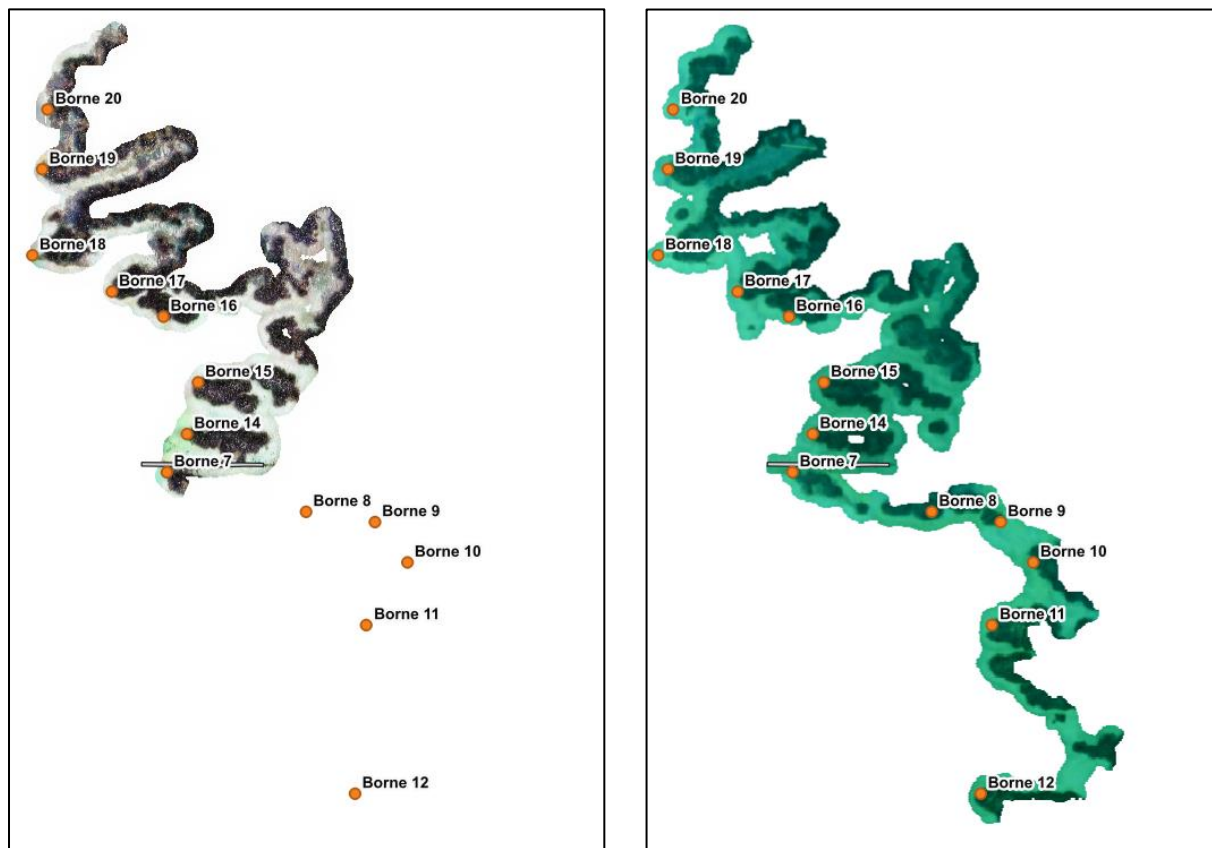
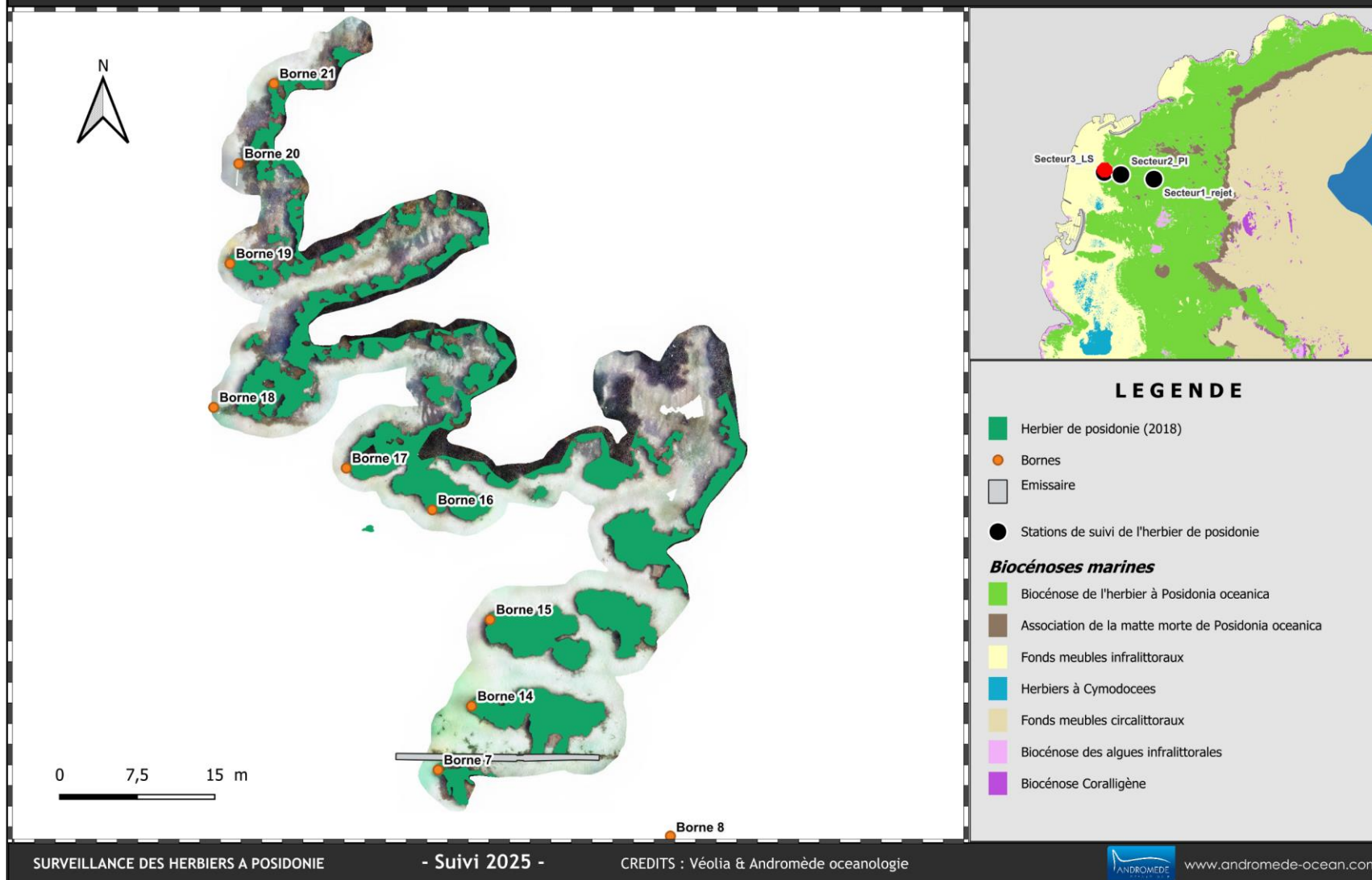
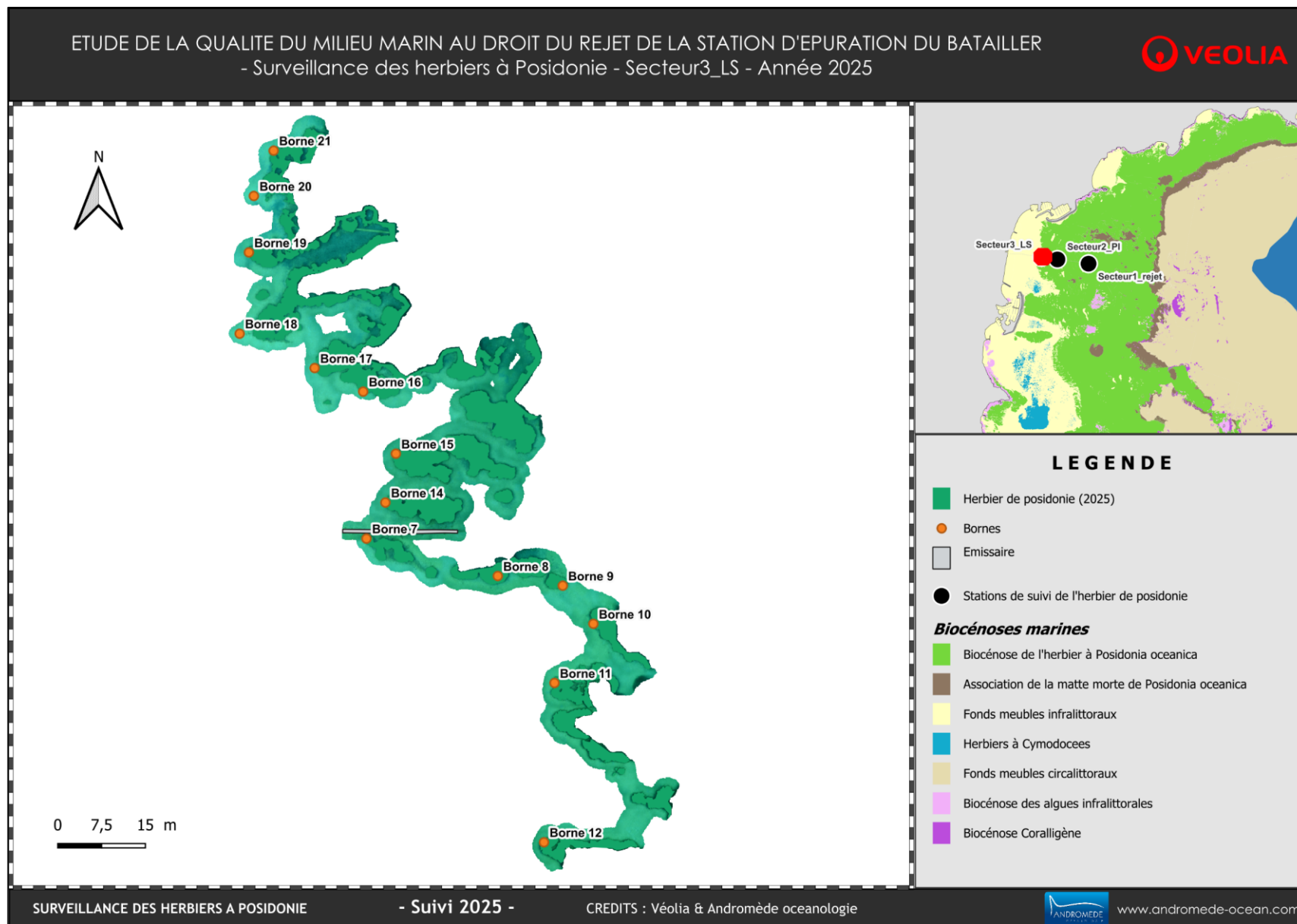


Figure 23 : Vues globales de la station et des balises, reconstituée en 3D par la méthode de photogrammétrie en 2018 (à gauche, orthophotographie acquise par CREOCEAN et transmise par Véolia dans le cadre de la présente étude) et 2025 (à droite).

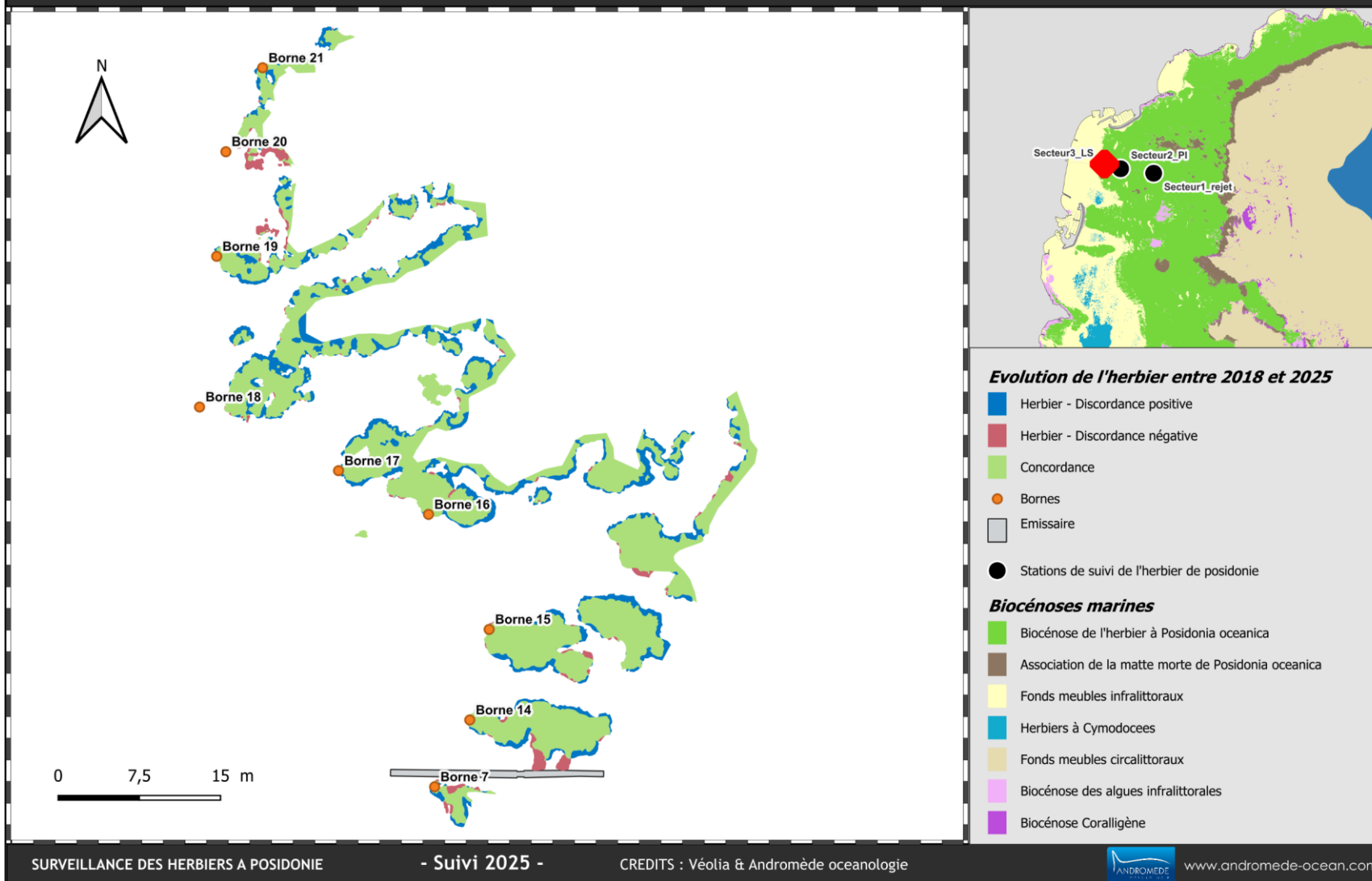
Les cartes suivantes montrent la cartographie de l'herbier en 2018, 2025 ainsi que sa dynamique évolutive entre 2018 et 2025

ETUDE DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN AU DROIT DU REJET DE LA STATION D'EPURATION DU BATAILLER
- Surveillance des herbiers à Posidonie - Secteur3_LS - Année 2018





ETUDE DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN AU DROIT DU REJET DE LA STATION D'EPURATION DU BATAILLER
- Dynamique évolutive de l'herbier de posidonie sur la période 2018-2025 - Secteur3_LS



IV. Conclusion

Dans le cadre du **suivi du milieu marin au droit de la station d'épuration intersyndicale du Batailler située à Bormes-les-Mimosas**, le suivi des herbiers de posidonie est réalisé au niveau de **trois stations en 2025** (Secteur 1 – rejet, Secteur 2 – PI, Secteur 3 – LS). Les résultats des années passées (CREOCEAN 2012, 2014, 2016, 2018, 2020, 2021, 2022 ; Etat zéro par In Vivo en 2006-2007) sont extraites du rapport de 2022 (CREOCEAN) et intégrés à l'analyse globale. En **2025**, l'analyse des données recueillies sur l'herbier montre que :

Les trois stations se trouvent dans une **zone d'impacts cumulés de niveau faible** (superposition des pressions anthropiques cumulées à la cartographie des biocénoses, réseau IMPACT). Cependant, la zone reste soumise à cinq principales pressions : **aménagements côtiers, urbanisation, pollution par les cours d'eau, tourisme balnéaire** (surtout sur la station Secteur 3_LS) **et rejets urbains** (surtout sur la station Secteur 1_rejet).

Les densités de faisceaux d'herbier :

o **au niveau de l'exutoire**, sont bonnes en 2025 (comme en 2016), alors qu'elles étaient excellentes les années passées. Les valeurs de densité de 2012 étaient les plus fortes, celles de 2025 les plus faibles (proches de celles de 2016). Cette baisse de la densité est à surveiller mais l'état de l'herbier reste quand même bon.

o **au niveau de la limite intermédiaire**, étaient bonnes jusqu'en 2018 et sont devenues normales en 2020 et 2021, avec un retour à des valeurs bonnes depuis 2022. La diminution progressive qui était observée entre 2012 et 2021 semble s'inverser avec une augmentation de la densité en 2022 puis une stabilisation en 2025.

o **au niveau de la limite supérieure**, varient entre des valeurs bonnes et normales. Les valeurs de densité de 2016 et 2021 sont les plus fortes, celles de 2014 les plus faibles.

Le **pourcentage de rhizomes plagiotropes** indique un herbier stable sur les trois secteurs.

Le **déchaussement** :

o **au niveau de l'exutoire**, est faible sur tous les suivis. Il correspondait à un enfouissement en 2020 et 2021. Depuis, l'herbier semble donc avoir poussé ce qui est cohérent avec le taux de rhizomes plagiotropes qui augmente entre les derniers suivis (2022-2025).

o **au niveau de la limite intermédiaire**, est faible sur tous les suivis. Alors qu'en 2022, on observait un léger enfouissement (qui était déjà visible en 2012 et 2016), l'herbier semble avoir poussé entre 2022 et 2025 notamment à la balise 24 (ce qui est cohérent avec le taux de rhizomes plagiotropes qui augmente entre ces deux suivis à cette balise en particulier).

o **au niveau de la limite supérieure**, est faible sur tous les suivis. Alors qu'en 2022, on observait un léger enfouissement (seule fois sur ce secteur), le déchaussement a augmenté entre 2022 et 2025. L'herbier semble donc avoir poussé en 2022 et 2025 ce qui est cohérent avec le taux de rhizomes plagiotropes qui augmente entre les derniers suivis (2022-2025).

La **dynamique évolutive de l'herbier** :

o **au niveau de l'exutoire**, l'herbier est en **forte progression** entre 2018 et 2025 (d'après l'indice d'évolution). Cette dynamique surfacique confirme l'analyse de l'évolution spatiale des limites d'herbier avec les balises (distance entre le faisceau de posidonie le plus proche d'une balise et la balise elle-même) faite lors du dernier suivi de 2022 (CREOCEAN). Cependant, une **zone de régression est relevée au sud de la canalisation**, là où l'herbier est le plus près de celle-ci (fuite ?).

o **au niveau de la limite intermédiaire**, la dynamique surfacique de l'herbier n'a pas pu être évaluée d'après la microcartographie (pas d'orthophotographie antérieure disponible avant 2025). Cependant, l'analyse de l'évolution spatiale des limites d'herbier avec les balises (distance entre le faisceau de posidonie le plus proche d'une balise et la balise elle-même) montre un herbier en **progression** depuis 2012.

o **au niveau de la limite supérieure**, la dynamique surfacique de l'herbier indique un **herbier en progression** entre 2018 et 2025 dans la partie nord de la station. Cependant, des zones de **régression sont cartographiées autour de la canalisation** et au nord de la zone à **proximité de la balise 20**. L'analyse de l'évolution spatiale des limites d'herbier avec les balises (distance entre le faisceau de posidonie le plus proche d'une balise et la balise elle-même) montre une **progression marquée** de l'herbier entre 2007 et 2025 au niveau des balises **8 et 12** et une **régression marquée** au niveau des balises **18 et 20**. Les autres balises (7, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 19, 21) montrent une **stabilité** (au nord de la canalisation) ou une **légère progression** (au sud de la canalisation) de l'herbier.

Ainsi, l'herbier présente globalement une **tendance progressive** sur les derniers suivis, que ce soit au niveau du **taux de rhizomes plagiotropes** (qui augmente entre 2022 et 2025), du **déchaussement** (le léger enfouissement en 2022 sur secteur 3 – LS et secteur 2 – PI est inversé en 2025, en faveur d'un herbier qui pousse) ou au niveau du suivi précis (échelle centimétrique) de la **dynamique évolutive** de l'herbier entre 2018 et 2025 (% de discordance positive, % de discordance négative, % de concordance) sur les stations secteur

1 – rejet et secteur 3 – LS. Toutes ces données montrent que **l’herbier de posidonie ne semble pas directement impacté par les rejets de STEP en particulier sur la station du secteur 2 – PI**. En revanche des **zones de régression d’herbier sont observées le long de la canalisation en limite supérieure et au niveau de l’exutoire** (fuite ?). Les efforts de traitement des eaux en sortie de station doivent être poursuivis. **Le prochain suivi aura lieu en juin 2027.**

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats pour chaque paramètre depuis le début des suivis de l’herbier des trois stations.

Tableau 17 : Récapitulatif des paramètres de suivi.

Secteur1-rejet								
Paramètres	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022	2025
Densité moyenne (nb. Faisceaux/m ²)	512,5	374,8	302,8	434,8	337,3	422,5	460,3	265,3
Déchaussement moyen (cm)	3,03	3,57	1,96	2,21	-6,90	-0,07	0,96	1,57
Rhizomes plagiotropes (%)	0-30	5,3	19,2	9,5	7,3	6,2	10,2	13,5

Secteur2-PI								
Paramètres	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022	2025
Densité moyenne (nb. Faisceaux/m ²)	492,0	436,0	422,3	425,0	339,7	294,3	483,3	402,7
Déchaussement moyen (cm)	-0,6	2,2	-1,1	4,3	1,4	1,1	-0,54	2,30
Rhizomes plagiotropes (%)	0-30	12,3	23,3	7,3	20,7	12,3	14,0	6,8

Secteur3-LS								
Paramètres	2012	2014	2016	2018	2020	2021	2022	2025
Densité moyenne (nb. Faisceaux/m ²)	426,7	298,9	479,2	355,9	360,7	480,5	464,8	432,6
Déchaussement moyen (cm)	-0,1	0,8	0,7	3,2	3,7	1,9	-1,1	4,1
Rhizomes plagiotropes (%)	7,0	6,4	15,9	1,7	18,6	7,2	4,4	16,6

V. Bibliographie

Abdo, D.A., Seager, J.W., Harvey, E.S., McDonald, J.I., Kendrick, G.A., Shortis, M.R., 2006. Efficiently measuring complex sessile epibenthic organisms using a novel photogrammetric technique. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 339, 120–133. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2006.07.015>

Agudo-Adriani, E.A., Cappelletto, J., Cavada-Blanco, F., Croquer, A., 2016. Colony geometry and structural complexity of the endangered species *Acropora cervicornis* partly explains the structure of their associated fish assemblage. *PeerJ* 4, e1861. <https://doi.org/10.7717/peerj.1861>

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

Boudouresque, C.F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Le Dieréach, L., Ruitton, S., 2007. Monitoring methods for *Posidonia oceanica* seagrass meadows in Provence and the French Riviera. *Environment* 38, 17–38.

Bowens, A., 2009. *Underwater Archeology. The NAS Guide to Principles and Practice*, 2nd edn. Wiley-Blackwell Publishing Ltd, Hoboken, New Jersey, USA. p. 272.

Burns, J., Delparte, D., Kapono, L., Belt, M., Gates, R.D., Takabayashi, M., 2016. Assessing the impact of acute disturbances on the structure and composition of a coral community using innovative 3D reconstruction techniques. *Methods in Oceanography* 15–16, 49–59. <https://doi.org/10.1016/j.mio.2016.04.001>

Burns, J.H.R., Fukunaga, A., Pascoe, K.H., Runyan, A., Craig, B.K., Talbot, J., Pugh, A., Kosaki, R.K., 2019. 3D Habitat Complexity of Coral Reefs in the Northwestern Hawaiian Islands is Driven by Coral Assemblage Structure. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. XLII-2/W10*, 61–67. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W10-61-2019>

Carlot, J., Rovère, A., Casella, E., Harris, D., Grellet-Muñoz, C., Chancerelle, Y., Dormy, E., Hedouin, L., Parravicini, V., 2020. Community composition predicts photogrammetry-based structural complexity on coral reefs. *Coral Reefs*. <https://doi.org/10.1007/s00338-020-01916-8>



Campagne, C. S., Salles, J. M., Boissery, P., & Deter, J. (2015). The seagrass *Posidonia oceanica* : ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits. *Mar. Pollut. Bull.*, 97(1-2), 391-400.

Casella, E., Collin, A., Harris, D., Ferse, S., Bejarano, S., Parravicini, V., Hench, J.L., Rovere, A., 2017. Mapping coral reefs using consumer-grade drones and structure from motion photogrammetry techniques. *Coral Reefs* 36, 269–275. <https://doi.org/10.1007/s00338-016-1522-0>

Charbonnel E., Boudouresque C.F., Meinesz A., Bernard G., Bonhomme P., Patrone J., Kruczek R., Cottalorda J.M., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., Le Direac'h L., 2000b. Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Première partie : présentation et guide méthodologique. Année 2000. Région PACA, Agence de l'Eau RMC, GIS Posidonie, CQEL 13, CQEL 83, Conseil Général 06, GIS Posidonie publ. : 1-76.

CREOCEAN. 2022. Contrôle du milieu récepteur de la station d'épuration intersyndicale du Batailler. Tache 9 : Suivi des herbiers de posidonie. Contrat CREOCEAN / SAUR Syndicat Mixte Bormes – La Londe – Le Lavandou. 187 pages.

Darling, E.S., Graham, N.A.J., Januchowski-Hartley, F.A., Nash, K.L., Pratchett, M.S., Wilson, S.K., 2017. Relationships between structural complexity, coral traits, and reef fish assemblages. *Coral Reefs* 36, 561–575. <https://doi.org/10.1007/s00338-017-1539-z>

Drap, P., 2012. Underwater Photogrammetry for Archaeology, in: Da Silva, D.C. (Ed.), *Special Applications of Photogrammetry*. InTech. <https://doi.org/10.5772/33999>

Figueira, W., Ferrari, R., Weatherby, E., Porter, A., Hawes, S., Byrne, M., 2015. Accuracy and Precision of Habitat Structural Complexity Metrics Derived from Underwater Photogrammetry. *Remote Sensing* 7, 16883–16900. <https://doi.org/10.3390/rs71215859>

Guilbert A., Boissery P., Simonnet I., Holon F., Tibeuf L., Delaruelle G. (2025). Méthodes et outils pour la surveillance des eaux usées et des systèmes d'assainissement en Méditerranée. Edition 2025. Agence de l'eau RMC / Andromède Océanologie. 92 p

Gutiérrez-Heredia, L., D'Helft, C., Reynaud, E.G., 2015. Simple methods for interactive 3D modeling, measurements, and digital databases of coral skeletons: Simple methods of coral skeletons. *Limnology and Oceanography: Methods* 13, e10017. <https://doi.org/10.1002/lom3.10017>

Holmes, G., 2008. Estimating three-dimensional surface areas on coral reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 365, 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2008.07.045>

Lavy, A., Eyal, G., Neal, B., Keren, R., Loya, Y., Ilan, M., 2015. A quick, easy and non-intrusive method for underwater volume and surface area evaluation of benthic organisms by 3D computer modelling. *Methods in Ecology and Evolution* 6, 521–531. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12331>

Linder, W., 2016. *Digital Photogrammetry*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-50463-5>

Marre, G., Holon, F., Luque, S., Boissery, P., & Deter, J., 2019. Monitoring marine habitats with photogrammetry: a cost-effective, accurate, precise and high-resolution reconstruction method. *Frontiers in Marine Science*, 6, 276.

Marre, G., Deter, J., Holon, F., Boissery, P., & Luque, S., 2020. Fine-scale automatic mapping of living *Posidonia oceanica* seagrass beds with underwater photogrammetry. *Marine Ecology Progress Series*, 643, 63-74.

MEDTRIX - Cahier de la Surveillance. Edition spéciale : Posidonie, la forêt endémique de Méditerranée, 2024. Edition L'Œil d'Andromède / Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. 19 p.

Mizuno, K., Asada, A., Matsumoto, Y., Sugimoto, K., Fujii, T., Yamamuro, M., Fortes, M.D., Sarceda, M., Jimenez, L.A., 2017. A simple and efficient method for making a high-resolution seagrass map and quantification of dugong feeding trail distribution: A field test at Mayo Bay, Philippines. *Ecological Informatics* 38, 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2017.02.003>

Molinier and Picard. 1952. Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. oceanogr.* Fr 28, 157-234.

Pergent-Martini, C., Pergent, G., 2010. Propositions de lignes directrices pour la standardisation des méthodes de cartographie et de surveillance des magnoliophytes marines en Méditerranée (No. 72, pp. 1-70). PNUE-PAM-CAR/ASP 17–20.

Pollio, J., 1968. *Applications of Underwater Photogrammetry*. Naval Oceanographic Office 47.

Price, D.M., Robert, K., Callaway, A., Lo Iacono, C., Hall, R.A., Huvenne, V.A.I., 2019. Using 3D photogrammetry from ROV video to quantify cold-water coral reef structural complexity

and investigate its influence on biodiversity and community assemblage. *Coral Reefs* 38, 1007–1021. <https://doi.org/10.1007/s00338-019-01827-3>

Telesca, L., Belluscio, A., Criscoli, A., Ardizzone, G., Apostolaki, E. T., Fraschetti, S., ... & Salomidi, M. (2015). Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change. *Scientific reports*, 5(1), 12505.

Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N.F., Hambrey, M.J., Reynolds, J.M., 2012. “Structure-from-Motion” photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology* 179, 300–314. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021>



Contact

7, place Cassan – Carnon-Plage

34 130 Manguio - France

Tél. : 04.67.66.32.48 - contact@andromede-ocean.com

www.andromede-ocean.com