

## **Caractérisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans la cadre du suivi du milieu récepteur**

Station d'épuration intercommunale de Pardigon  
Communes de Cavalaire-sur-Mer et La Croix Valmer

Campagne 2021





# SOMMAIRE

<b>1. Participants à la mission de terrain</b>	<b>1</b>
<b>2. Mission</b>	<b>1</b>
<b>3. Sites de suivi</b>	<b>1</b>
<b>4. Méthode</b>	<b>3</b>
4.1. Mesure de la densité	3
4.2. Pourcentage de rhizomes plagiotropes	6
4.3. Mesure du déchaussement	6
4.4. Mesure du taux de recouvrement	7
<b>5. Résultats</b>	<b>8</b>
5.1. Synthèse des données	8
5.2. Evolution de la Zone A	8
5.2.1. Densité	
5.2.2. Recouvrement	
5.2.3. Déchaussement	
5.2.4. Pourcentage de rhizomes plagiotropes	
5.2.5. Synthèse	
5.3. Evolution de la Zone B	10
5.3.1. Densité	
5.3.2. Recouvrement	
5.3.3. Déchaussement	
5.3.4. Pourcentage de rhizomes plagiotropes	
5.3.5. Synthèse	
5.4. Evolution de la Zone D	12
5.4.1. Densité	
5.4.2. Recouvrement	
5.4.3. Déchaussement	
5.4.4. Pourcentage de rhizomes plagiotropes	
5.4.5. Synthèse	
<b>Annexes</b>	<b>16</b>

## 1. Participants à la mission de terrain

Service Espaces maritimes de la communauté de communes du golfe de Saint-Tropez :

Bérangère CASALTA – Chargée de mission coordinateur et plongeur professionnel Cl. II B

Frédéric THIEBAUT – Chargé de mission et plongeur professionnel Cl. II B

Marion THOMASSIN – Chargée de mission et plongeur professionnel Cl. II B

## 2. Mission

Cette mission s'inscrit dans le cadre du suivi du milieu récepteur dans l'aire d'influence du rejet de l'effluent de la station d'épuration de Pardigon et fait l'objet d'une convention de mutualisation relative au suivi de l'herbier de posidonie de trois zones.

La mission s'est déroulée en juin 2021 sur les zones A, B et D, dont le balisage et le suivi initial ont été réalisés en 2019 par Creocéan.

Ce suivi, qui correspond à la Tâche 9 du guide méthodologique « Surveillance des rejets urbains et des systèmes d'assainissement en Méditerranée – 2<sup>nde</sup> édition 2011 » (Andral *et al.*, 2011), a pour objectif d'évaluer l'état de santé de l'herbier sous l'influence du rejet.

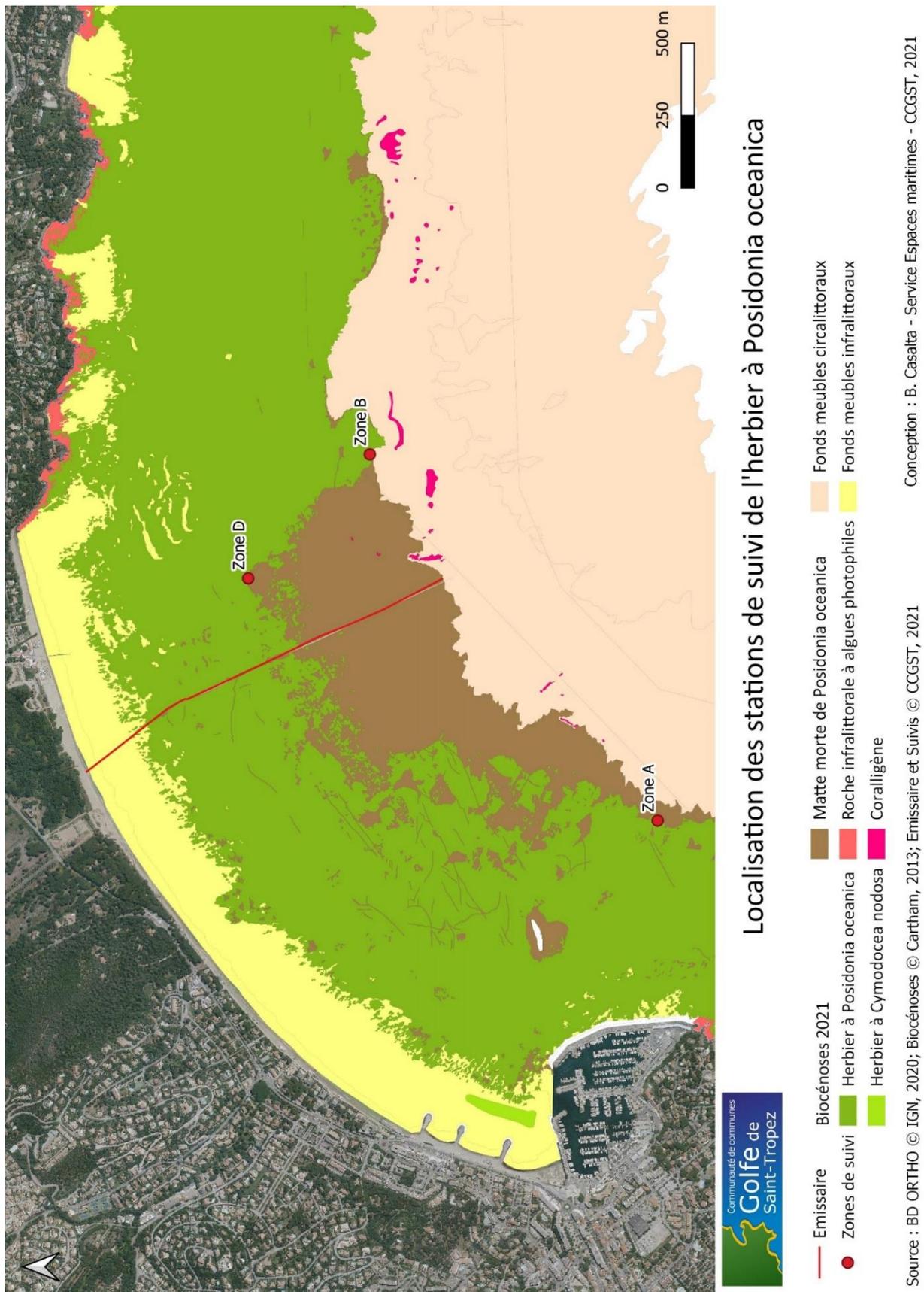
Cinq paramètres sont mesurés en plongée sous-marine sur les 3 zones :

- Densité de faisceaux,
- Recouvrement,
- Déchaussement,
- Ratio rhizomes orthotropes/plagiotropes.

## 3. Sites de suivi

2021	Coordonnées géographiques (WGS84)	Profondeur (m)
Zone A	43° 10' 11.30'' N / 6° 32' 55.30'' E	31,6
Zone B	43° 10' 41.10'' N / 6° 33' 53.49'' E	31,0
Zone D	43° 10' 55.30'' N / 6° 33' 35.50'' E	20,0

La zone C n'a pas été suivie conformément aux préconisations du suivi initial.



**Figure 1** : Localisation des stations de suivi de *Posidonia oceanica*

## 4. Méthode

Afin d'évaluer la vitalité de l'herbier, 4 paramètres sont relevés :

- La densité des faisceaux,
- Le taux de recouvrement,
- La proportion de rhizomes plagiotropes,
- Le déchaussement.

Les limites d'herbier de chaque zone ont été bornées à l'aide de bornes de géomètres numérotées de 1 à 10 sur un linéaire de 50 mètres.

Pour chacune des 11 bornes de chaque station, 3 quadrats de 20x20 cm sont utilisés pour mesurer la densité, le déchaussement et le pourcentage de rhizomes plagiotropes, ce qui représente 33 quadrats par zone. Pour l'évaluation du recouvrement, un quadrat de 1x1 m est utilisé 3 fois par balise, ce qui représente 33 quadrats par zone.

### 4.1. Mesure de la densité

La densité correspond au nombre de faisceaux de posidonie par unité de surface. Le faisceau est défini comme un ensemble de feuilles de posidonie regroupées autour d'un même centre de croissance.

Les faisceaux sont dénombrés à l'intérieur de quadrats de 0,2 x 0,2 m (0,04 m<sup>2</sup>). Un quadrat est placé derrière la balise, à son contact, les autres sont placés de part et d'autre de la balise dans une bande d'un mètre.

Une classification intégrant la profondeur a été proposée par Pergent-Martini (1994) et Pergent *et al.* (1995), et remise à jour en 2010 (PNUE and CAR/ASP - Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées, 2011). La variabilité du facteur densité est expliquée à 54% par la profondeur, ce qui intègre également la pénétration de la lumière.

La grille de lecture simplifiée ainsi proposée classe l'herbier en quatre catégories : densité anormale, sub-normale inférieure, normale et sub-normale supérieure (tableaux 1 et 2).

**Tableau 1** : Classification de l'herbier en fonction de la densité (/m<sup>2</sup>) et de la profondeur (m). DA = densité anormale, DSI = densité sub-normale inférieure, DN = densité normale, DSS = densité sub-normale supérieure (Pergent-Martini, 1994; Pergent *et al.*, 1995).

Prof.	DA	DSI	DN	DSS
1	← 822	↔	934↔1158	→
2	←646	↔	758↔982	→
3	←543	↔	655↔879	→
4	←470	↔	582↔806	→
5	←413	↔	525↔749	→
6	←367	↔	479↔703	→
7	←327	↔	439↔663	→
8	←294	↔	406↔630	→
9	←264	↔	376↔600	→
10	←237	↔	349↔573	→
11	←213	↔	325↔549	→
12	←191	↔	303↔527	→
13	←170	↔	282↔506	→
14	←151	↔	263↔487	→
15	←134	↔	246↔470	→
16	←117	↔	229↔453	→
17	←102	↔	214↔438	→
18	←88	↔	200↔424	→
19	←74	↔	186↔410	→
20	←61	↔	173↔397	→

Prof.	DA	DSI	DN	DSS
21	←48	↔	160↔384	→
22	←37	↔	149↔373	→
23	←25	↔	137↔361	→
24	←14	↔	126↔350	→
25	←4	↔	116↔340	→
26		↔	106↔330	→
27		↔	96↔320	→
28		↔	87↔311	→
29		↔	78↔302	→
30		↔	70↔294	→
31		↔	61↔285	→
32		↔	53↔277	→
33		↔	46↔270	→
34		↔	38↔262	→
35		↔	31↔255	→
36		↔	23↔247	→
37		↔	16↔240	→
38		↔	10↔234	→
39		↔	3↔227	→
40		↔	↔221	→

**Tableau 2** : Propositions de lignes directrices pour la standardisation des méthodes de cartographie et de surveillance des magnoliophytes marines en Méditerranée (Pergent-Martini C. et Pergent G., 2010. PNUE and CAR-ASP / Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées, 2011).

Profondeur (en m)	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
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	
36	> 141	141 à 100	100 à 59	< 59	
37	> 133	133 à 94	94 à 55	< 55	
38	> 125	125 à 88	88 à 52	< 52	
39	> 118	118 à 83	83 à 48	< 48	
40	> 111	111 à 78	78 à 45	< 45	

#### 4.2. Pourcentage de rhizomes plagiotropes

L'herbier de posidonie se présente sous la forme de faisceaux de feuilles, fixés au substrat par des rhizomes. Les rhizomes croissent verticalement (rhizomes dits orthotropes) ou horizontalement (rhizomes dits plagiotropes) en fonction de différents facteurs (lumière, espace disponible, apports sédimentaires).

En limite ou en bordure des taches et îlots de posidonie, la présence de nombreux rhizomes plagiotropes est un indice de bonne vitalité de l'herbier, car elle traduit une tendance à la progression.

Ce pourcentage est évalué au niveau de la limite d'herbier, simultanément aux mesures de densité dans les quadrats.

Selon les pourcentages de rhizomes plagiotropes obtenus, une échelle d'interprétation est proposée (cf. tableau ci-dessous, Charbonnel *et al.*, 2000).

**Tableau 3** : Interprétation de la vitalité de l'herbier de Posidonie en fonction du pourcentage de rhizomes plagiotropes (Charbonnel *et al.* 2000)

Pourcentage de rhizomes plagiotropes	Interprétation
Inférieur à 30%	Herbier généralement stable, avec peu ou pas de progression
30% à 70%	Légère tendance à la progression
Supérieur à 70%	Nette tendance à la progression

#### 4.3. Mesure du déchaussement

Les rhizomes de posidonie peuvent croître soit horizontalement, ce qui permet à l'herbier d'étendre sa surface de recouvrement, soit verticalement pour lutter contre l'enfouissement. Aussi, le déchaussement des rhizomes permet d'apprécier l'hydrodynamisme et les déplacements sédimentaires d'une zone. Pour les mesures de déchaussement, on distingue les rhizomes plagiotropes (horizontaux) et les rhizomes orthotropes (verticaux).

La mesure de ce paramètre doit être réalisée selon les conventions décrites par Boudouresque *et al.* (1980) :

- Le déchaussement d'un rhizome orthotrope correspond à la distance entre la base des feuilles et la surface du sédiment, moins deux centimètres,
- Le déchaussement d'un rhizome plagiotrope correspond à la distance entre la partie inférieure des rhizomes et la surface du sédiment.

Trois mesures sont effectuées au sein de chaque quadrat.

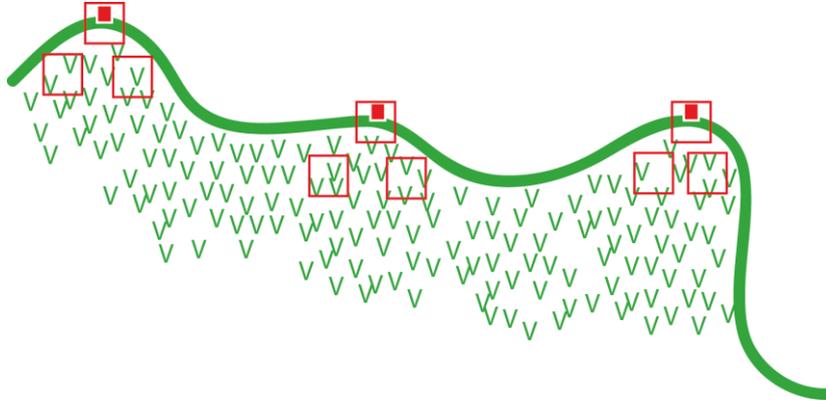
Les résultats sont interprétés à l'aide de l'échelle de classification définie par Charbonnel *et al.* (2000).

**Tableau 4** : Grille d'évaluation du déchaussement des rhizomes (Charbonnel *et al.* 2000)

Déchaussement (valeurs seuil)	Interprétation
Inférieur à 5 cm	Déchaussement faible
5 à 15 cm	Déchaussement moyen
Supérieur à 15 cm	Déchaussement important

#### 4.4. Mesure du taux de recouvrement

Le recouvrement donne une indication sur la proportion de substrat occupé par l'herbier, et donc sur sa vitalité. Trois photographies sont réalisées derrière chaque balise à l'aide de quadrat 1 m x 1 m, puis analysées ultérieurement au bureau pour déterminer le recouvrement. Au vu de la longueur parfois conséquente des feuilles et de la présence de feuilles mortes, le recouvrement est donné à 10% près. La vitalité de l'herbier est évaluée à partir du taux de recouvrement selon les classifications de Charbonnel *et al.* (2000) et Pergent *et al.* (1995).



**Figure 2** : Méthode de mesure du recouvrement, le point rouge représente la borne et le carré le quadrat de 1m<sup>2</sup>

**Tableau 5** : Classification de la vitalité de l'herbier de Posidonie en fonction du taux de recouvrement (Charbonnel *et al.* 2000)

Limite supérieure (% de recouvrement)	Interprétation vitalité	Limite inférieure (% de recouvrement)
Supérieur à 80 %	Fort recouvrement	Supérieur à 50 %
Compris entre 40 % et 80 %	Recouvrement moyen	Compris entre 20 % et 50 %
Inférieur à 40 %	Faible recouvrement	Inférieur à 20 %

**Tableau 6** : Classification de la vitalité de l'herbier de Posidonie en fonction du taux de recouvrement (Pergent *et al.* 1995)

Limite supérieure (% de recouvrement)	Interprétation vitalité	Limite inférieure (% de recouvrement)
> 90 %	Très bonne	> 35 %
80 % ≤ x ≤ 90 %	Bonne	25 % ≤ x ≤ 35 %
70 % ≤ x ≤ 80 %	Normale	15 % ≤ x ≤ 25 %
60 % ≤ x ≤ 70 %	Médiocre	5 % ≤ x ≤ 15 %
< 60 %	Mauvaise	< 5 %

L'ensemble des données collectées en 2021 sont comparées aux données acquises lors de la campagne 2019 (Creocean, 2019)

## 5. Résultats

### 5.1. Synthèse des données

Tableau 7 : Synthèses des données brutes

2021	Profondeur	Densité (/m <sup>2</sup> )	Recouvrement (%)	Déchaussement (cm)	Taux plagiotropes (%)
Zone A	31,6	96,2 ± 33,7	52,4	0,6 ± 0,9	5 ± 12
Zone B	31	200,8 ± 73,0	81,0	3,2 ± 1,7	19 ± 8
Zone D	20	146,2 ± 49,3	99,4	3,5 ± 2,5	14 ± 11

### 5.2. Evolution de la Zone A

La zone A est implantée à 1000 mètres à l'ouest de l'exutoire à une profondeur moyenne de 31,6 mètres.

#### 5.2.1. Densité

La densité moyenne sur cette zone est de 96,2 ± 33,7 faisceaux/m<sup>2</sup>. D'après la classification de Pergent et al. (2008), l'herbier est normal (128 à 77 faisceaux/m<sup>2</sup>).

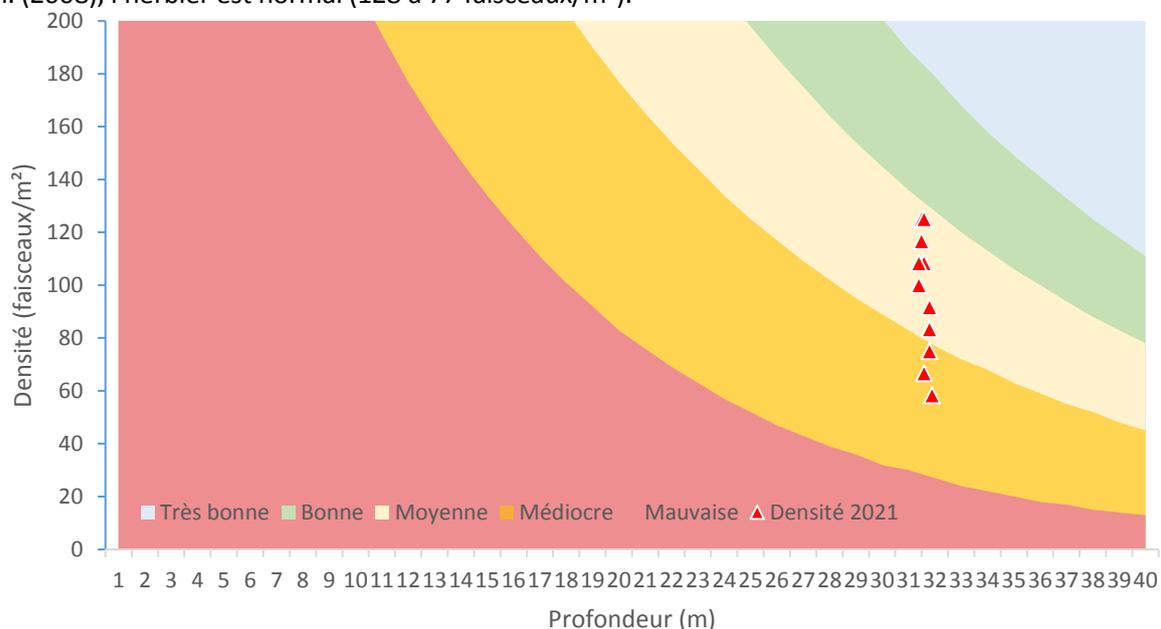


Figure 3 : Classification de l'herbier de Posidonie en Zone A

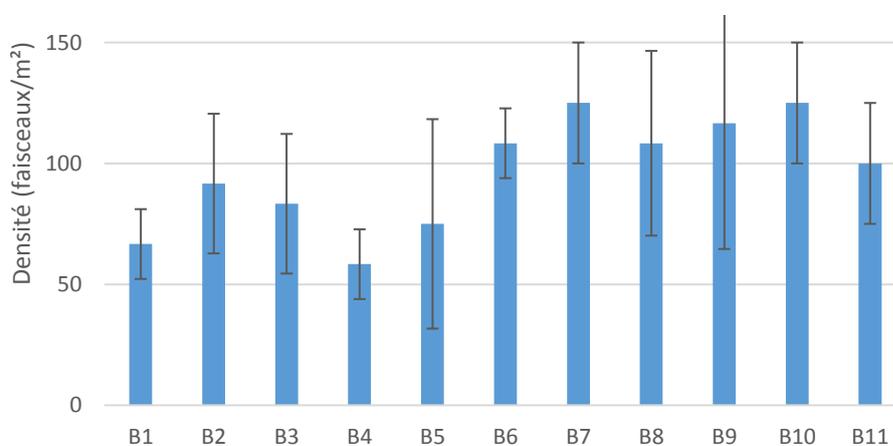


Figure 4 : Densité de l'herbier de Posidonie en Zone A

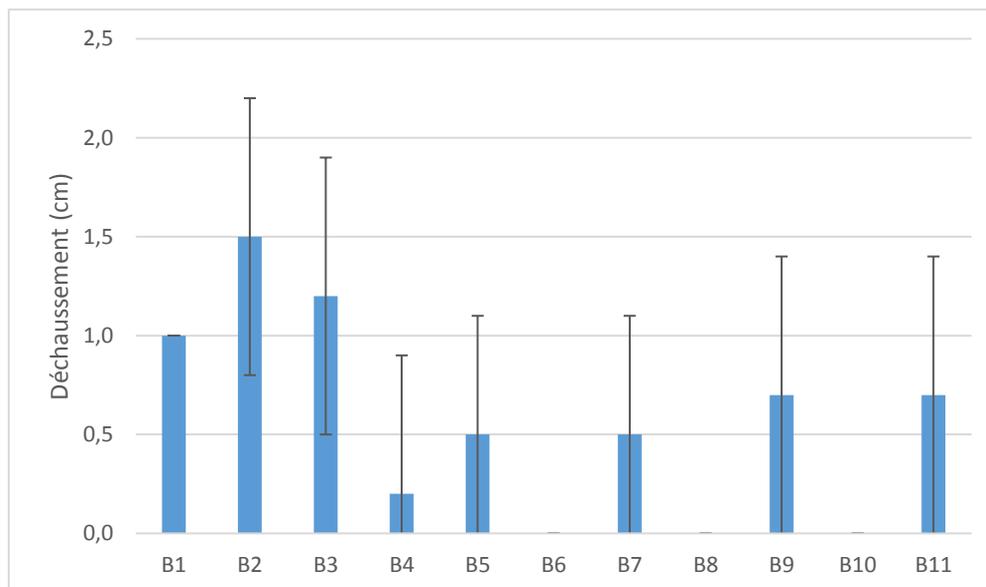
### 5.2.2. Recouvrement

Le recouvrement moyen le long de la limite est de 52 %. D'après la classification de Charbonnel *et al.* (2000), le recouvrement est fort.

La matte morte est très présente en limite d'herbier et forme parfois de petites butées. Au sein de l'herbier, des linéaires de matte morte ont également été observés, laissant penser à des dégradations liées au mouillage.

### 5.2.3. Déchaussement

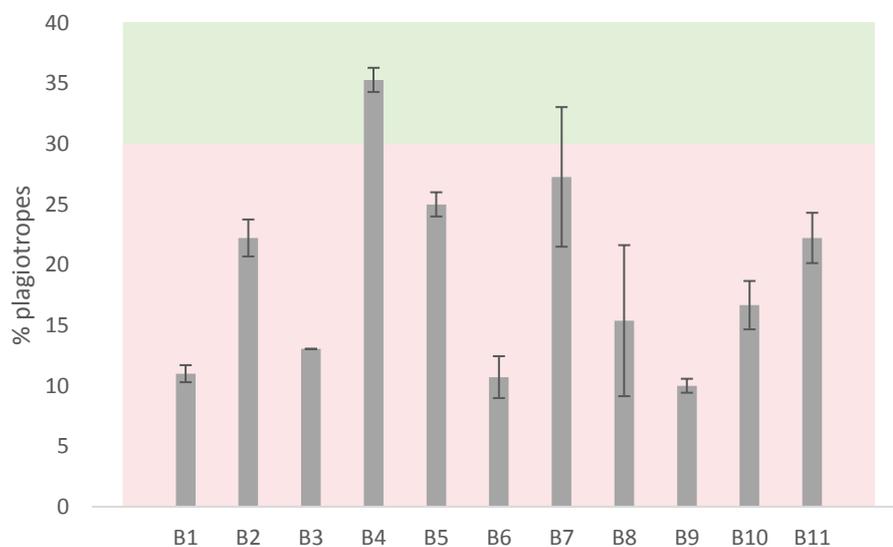
L'herbier présente un déchaussement faible avec une moyenne de 0,6 cm  $\pm$  0,9 cm. L'herbier est donc peu fragilisé.



**Figure 5 :** Déchaussement de l'herbier de Posidonie en Zone A

### 5.2.4. Ratio rhizomes orthotropes / plagiotropes

Le pourcentage moyen de rhizomes plagiotropes est de 5%  $\pm$  12% sur cette limite. Selon la classification de Charbonnel *et al.* (2000), l'herbier est généralement stable, avec peu ou pas de progression.



**Figure 6 :** Pourcentage de de rhizomes plagiotropes en Zone A

### 5.2.5. Synthèse

L'herbier présente globalement une bonne vitalité au niveau de la limite inférieure de la zone A, avec une stabilité au regard des données de recouvrement, de déchaussement et du ratio plagiotropes/orthotropes obtenues.

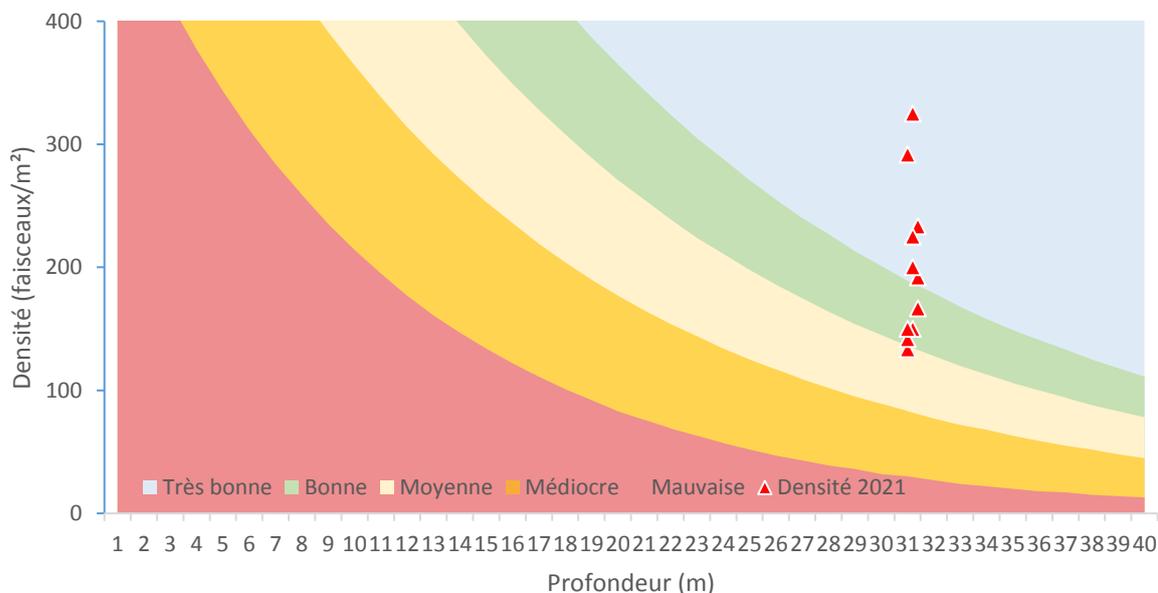
Toutefois, il convient de noter que les valeurs de densités obtenues sont inférieures à celles de 2019. Cette variation peut-être notamment expliquée par le changement d'opérateur, une variation même faible du positionnement du quadrat de mesure peut en effet entraîner une grande variation de densité à cette profondeur.

### 5.3. Evolution de la Zone B

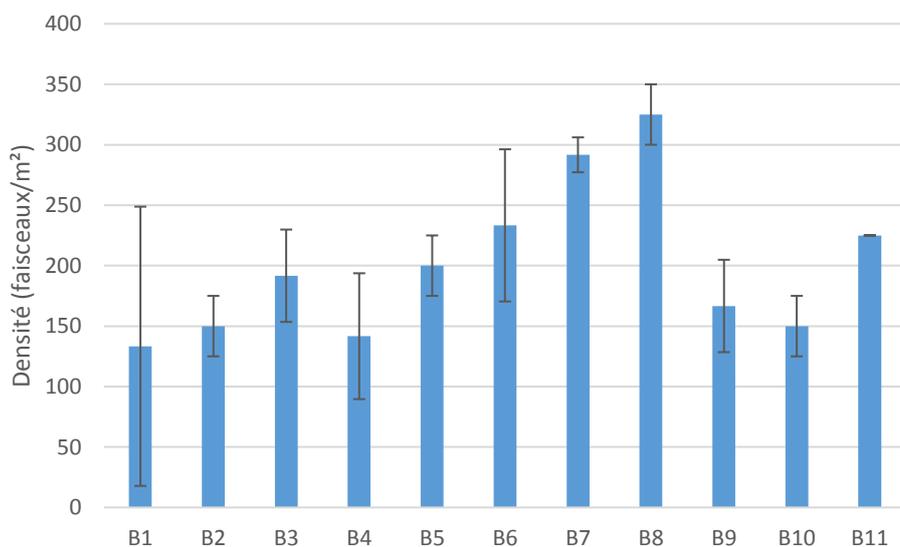
La zone B est implantée à 500 mètres à l'est de l'exutoire à une profondeur moyenne de 31 mètres.

#### 5.3.1. Densité

La densité moyenne sur cette zone est de  $200,8 \pm 73$  faisceaux/m<sup>2</sup>. D'après la classification de Pergent et al. (2008), la densité est excellente ( $> 189$  faisceaux/m<sup>2</sup>). La densité selon les bornes varie de 133 à 325 faisceaux/m<sup>2</sup>.



**Figure 7** : Classification de l'herbier de Posidonie en Zone B



**Figure 8** : Densité de l'herbier de Posidonie en Zone B

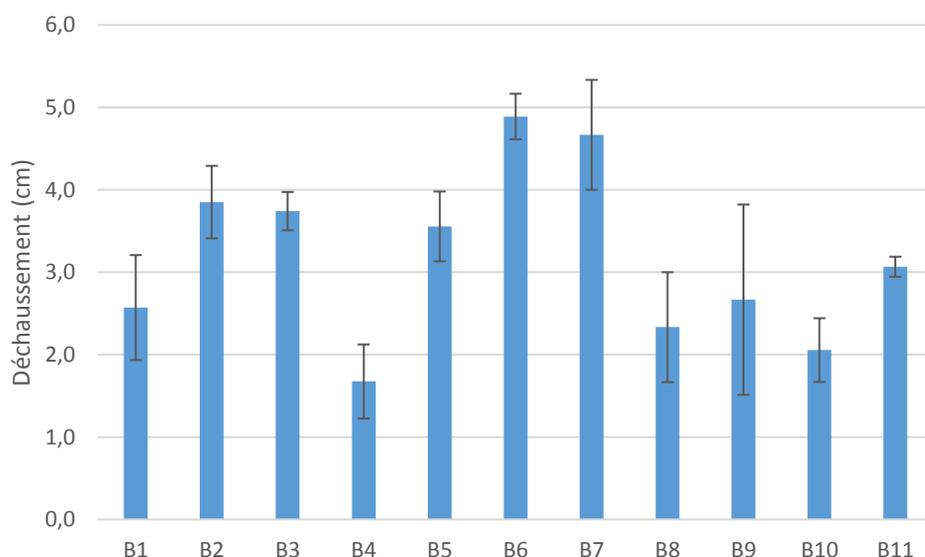
### 5.3.2. Recouvrement

Le recouvrement moyen le long de la limite est de 81 %. D'après la classification de Charbonnel *et al.* (2000), le recouvrement est fort.

Cette mesure diffère des résultats obtenus en 2019, mais 2 années de suivi ne permettent de dégager une tendance évolutive. L'interprétation se faisant à partir de photos, il est parfois difficile de distinguer des zones de sable ou de matte morte en raison de la présence de longues feuilles ou de feuilles mortes.

### 5.3.3. Déchaussement

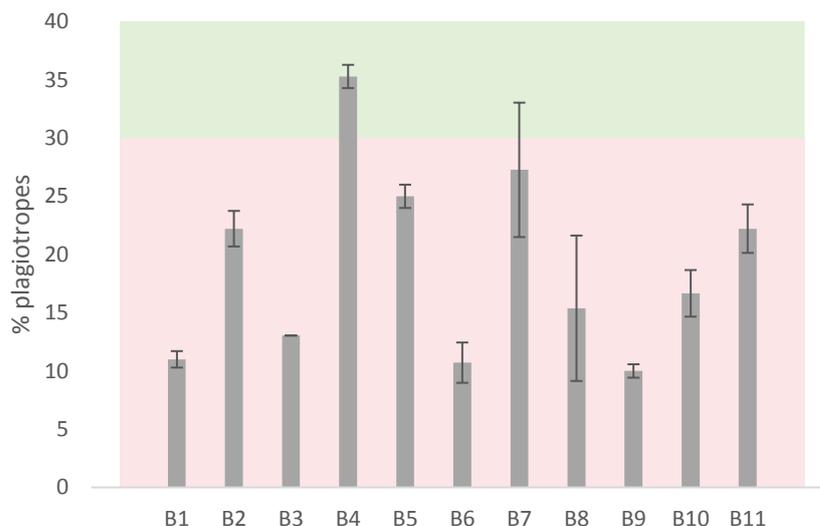
L'herbier présente un déchaussement faible avec une moyenne de 3,2 cm ± 1,7 cm. L'herbier est donc peu fragilisé



**Figure 9** : Déchaussement de l'herbier de Posidonie en Zone B

#### 5.3.4. Ratio rhizomes plagiotropes/orthotropes

Le pourcentage moyen de rhizomes plagiotropes est de  $19\% \pm 8\%$  sur cette limite. Selon la classification de Charbonnel *et al.* (2000), l'herbier est généralement stable, avec peu ou pas de progression.



**Figure 10** : Pourcentage de de rhizomes plagiotropes en Zone B

#### 5.3.5. Synthèse

L'herbier présente une très bonne vitalité au niveau de la limite inférieure de la zone B, avec une densité excellente. Le fort recouvrement traduit également un herbier en bonne santé, et la présence d'un faible pourcentage de rhizomes plagiotropes traduit un herbier stable avec peu de progression.

Les données sont cohérentes avec les résultats obtenus en 2019.

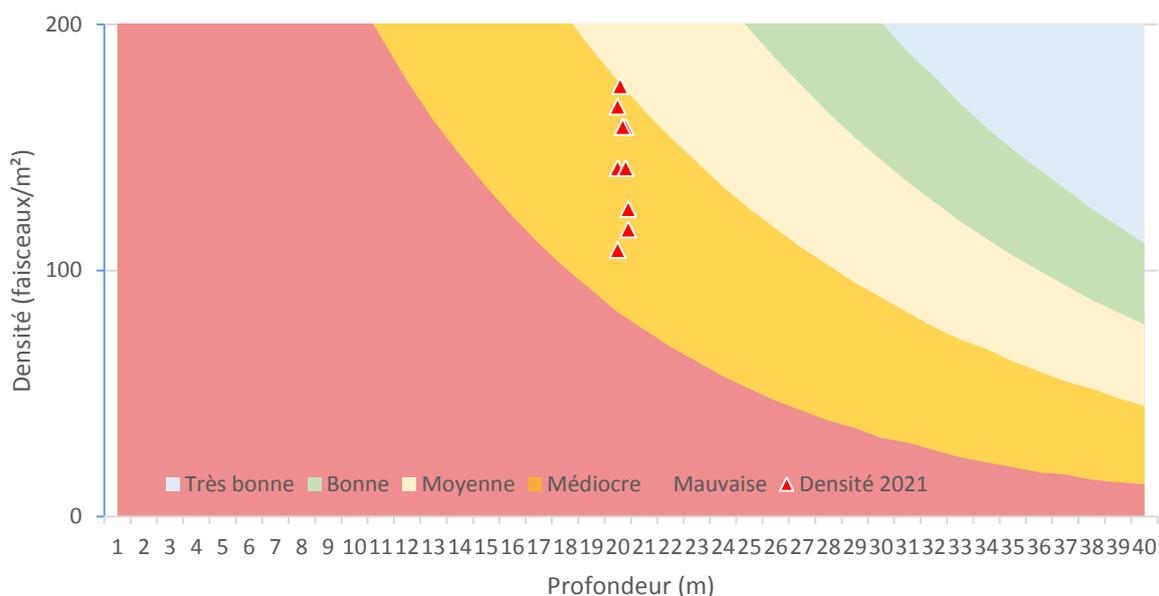
### 5.4. Evolution spatio-temporelle de la Zone D

La zone D est implantée à 650 mètres au nord-est de l'exutoire à une profondeur moyenne de 20 mètres.

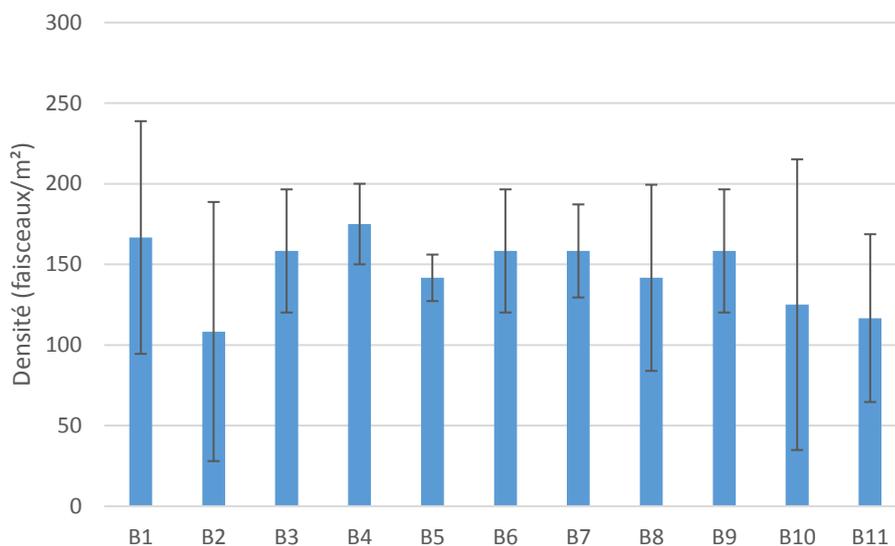
#### 5.4.1. Densité

La densité moyenne sur cette zone est de  $146,2 \pm 49$  faisceaux/m<sup>2</sup>. D'après la classification de Pergent *et al.* (2008), la densité est médiocre (177 à 83 faisceaux/m<sup>2</sup>). La densité varie peu d'une borne à l'autre.

Les valeurs obtenues sont inférieures à celles obtenues en 2019 par Creoclean mais équivalentes à celles obtenues par Andromède océanologie (2019) sur un site à proximité.



**Figure 11** : Classification de l'herbier de Posidonie en Zone D



**Figure 12** : Densité de l'herbier de Posidonie en Zone D

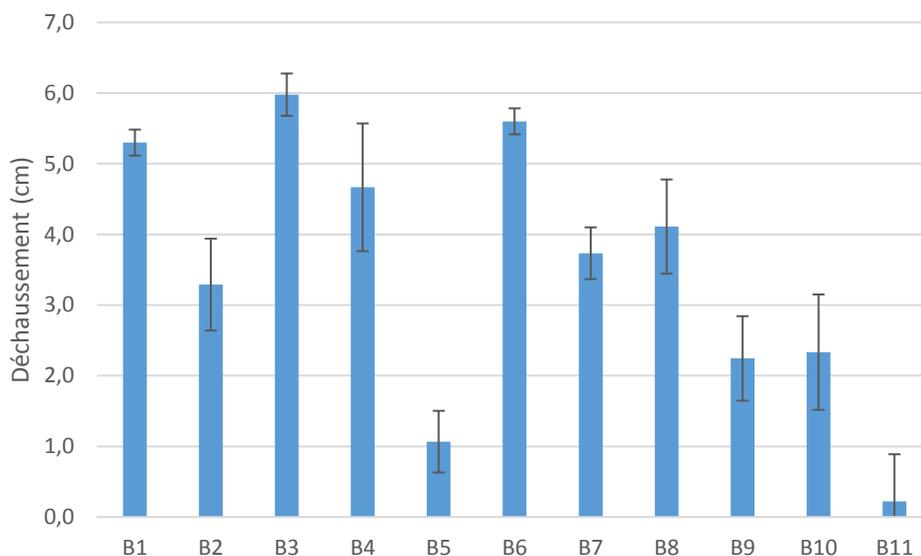
#### 5.4.2. Recouvrement

Le recouvrement moyen le long de la limite est de 99,4 %. D'après la classification de Charbonnel *et al.* (2000), le recouvrement est fort.

Le recouvrement est homogène sur toute la limite et comparable aux données de Creocan (100% en 2019).

### 5.4.3. Déchaussement

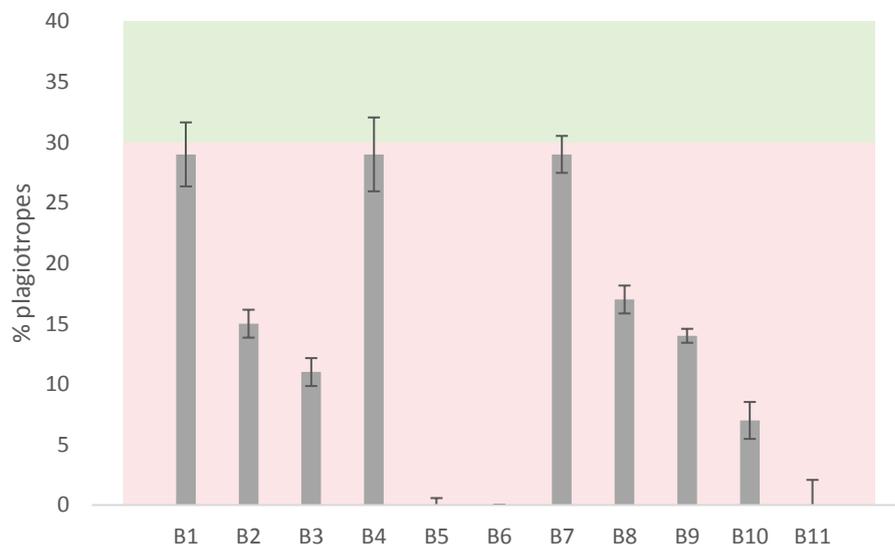
L'herbier présente un déchaussement faible avec une moyenne de  $3,5 \text{ cm} \pm 2,5 \text{ cm}$ . Le déchaussement est toutefois hétérogène le long de la limite allant de  $0,2 \text{ cm} (\pm 0,7 \text{ cm})$  à  $6 \text{ cm} (\pm 0,3 \text{ cm})$ .



**Figure 13** : Déchaussement de l'herbier de Posidonie en Zone D

### 5.4.4. Ratio rhizomes plagiotropes/orthotropes

Le pourcentage moyen de rhizomes plagiotropes est de  $14\% \pm 11\%$  sur cette limite. Selon la classification de Charbonnel *et al.* (2000), l'herbier est généralement stable, avec peu ou pas de progression.



**Figure 14** : Pourcentage de de rhizomes plagiotropes en Zone D

### 5.4.5. Synthèse

La densité de l'herbier est médiocre sur cette limite. Toutefois, les autres mesures témoignent d'un herbier globalement en bon état, avec des résultats équivalents à ceux obtenus en 2019 par Creocan et Andromède océanologie.

Les mesures de densité réalisées sont toutefois inférieures à celles obtenues par Creocan en 2019, les prochains suivis devraient permettre d'évaluer la tendance évolutive de ce paramètre.

## 6. Synthèse

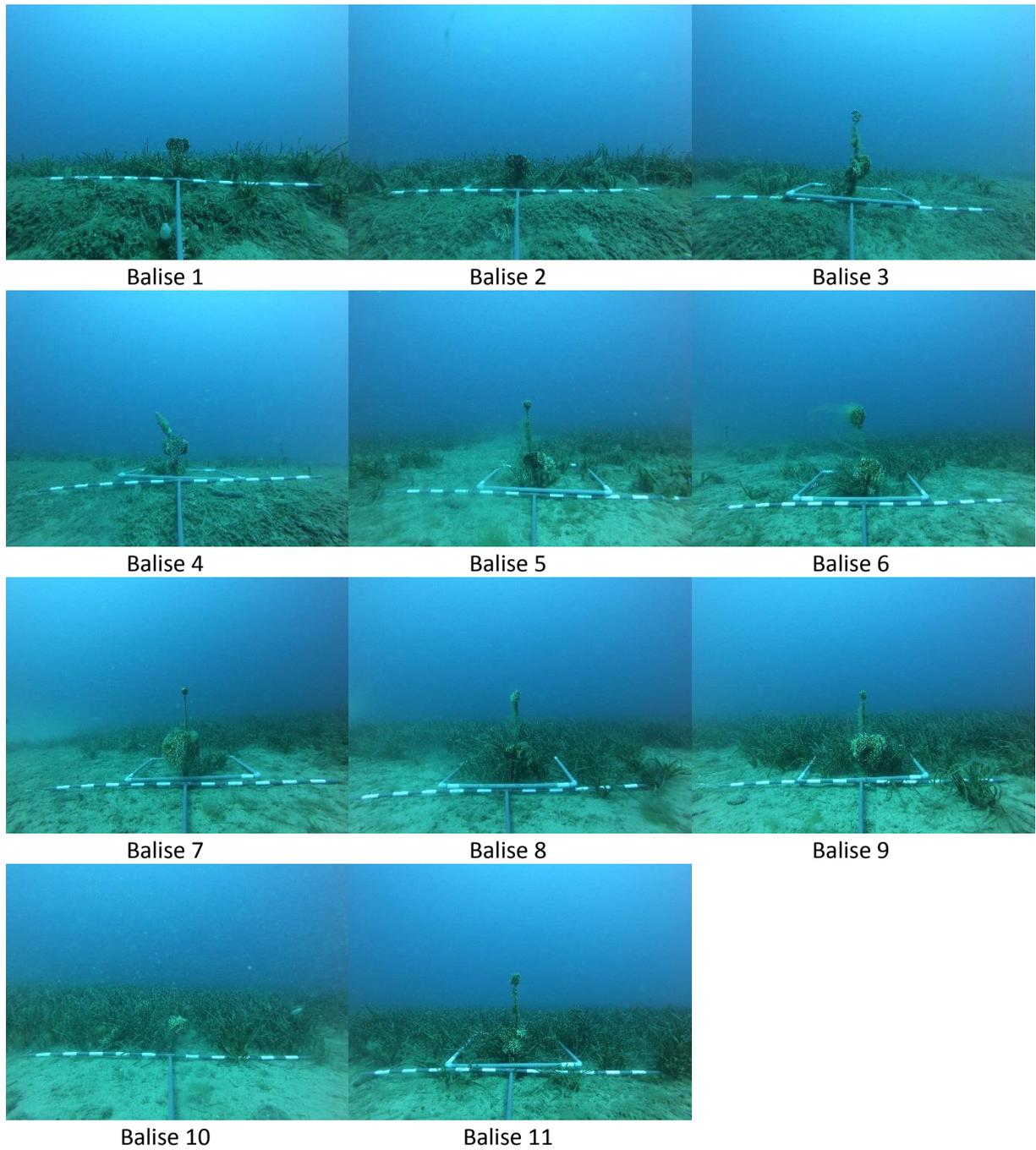
Les données obtenues sur les trois zones semblent montrer un herbier stable, avec globalement une bonne vitalité.

Historiquement, l'herbier dans la baie de Cavalaire a subi une forte régression qui pour l'heure n'a pu être expliquée, plusieurs facteurs ont en effet pu entrer en jeu dans cette régression.

Une étude menée par Andromède en 2019 visait à caractériser l'origine de la zone de matte morte en baie de Cavalaire et son éventuel lien avec le rejet de la station d'épuration de Pardigon. Au regard de l'historique de la zone et des nombreuses pressions qui s'y exercent, l'origine semble plurifactorielle : mouillage, rejets urbains et pollution. Le recul de la limite n'est donc pas, d'après cette étude, imputable directement au rejet.

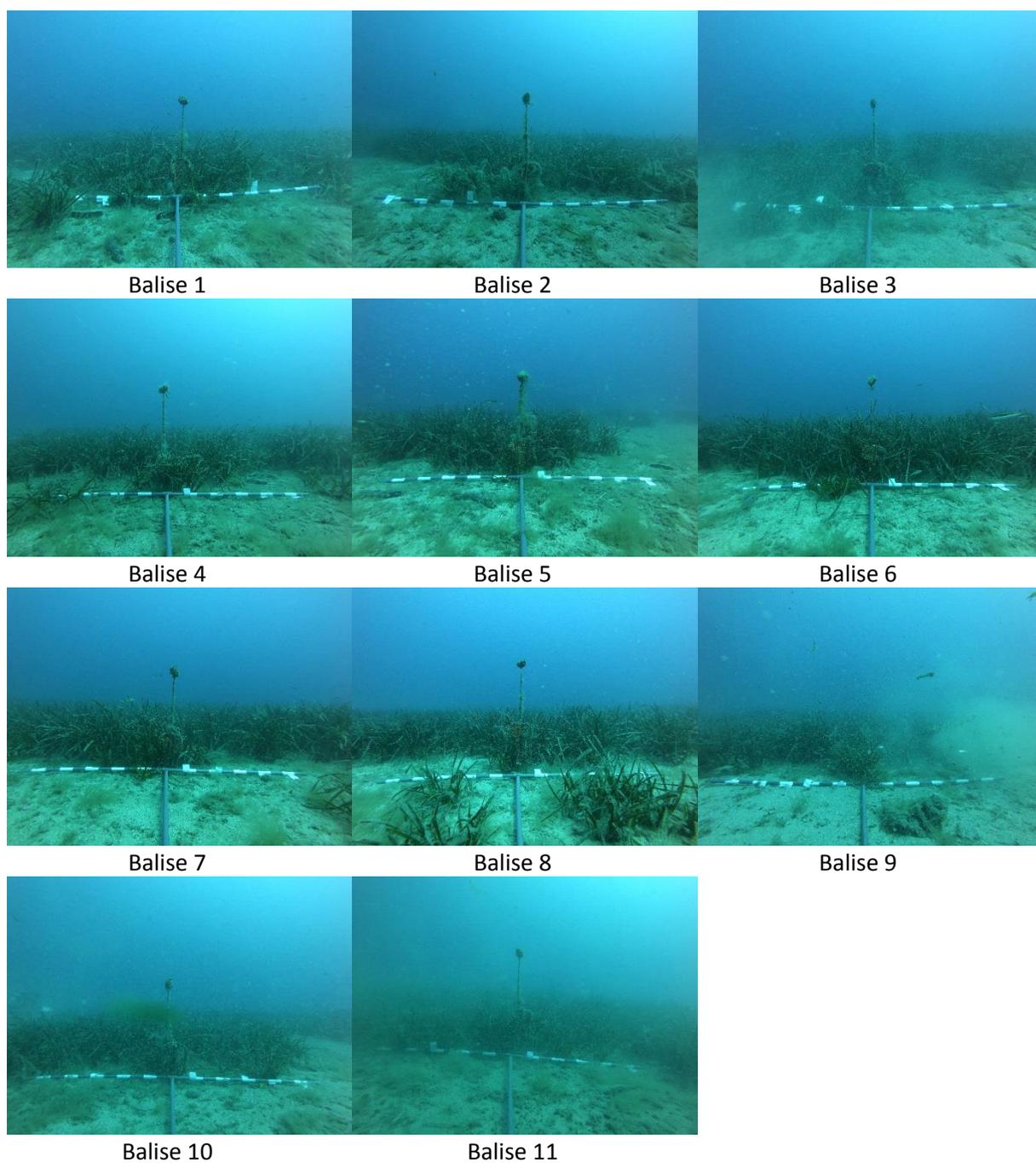
L'impact du rejet, au vu des résultats obtenus en 2019 par Creoclean et par la présente étude, n'est pas visible sur l'herbier de posidonie.

## Annexe 1 – ZONE A



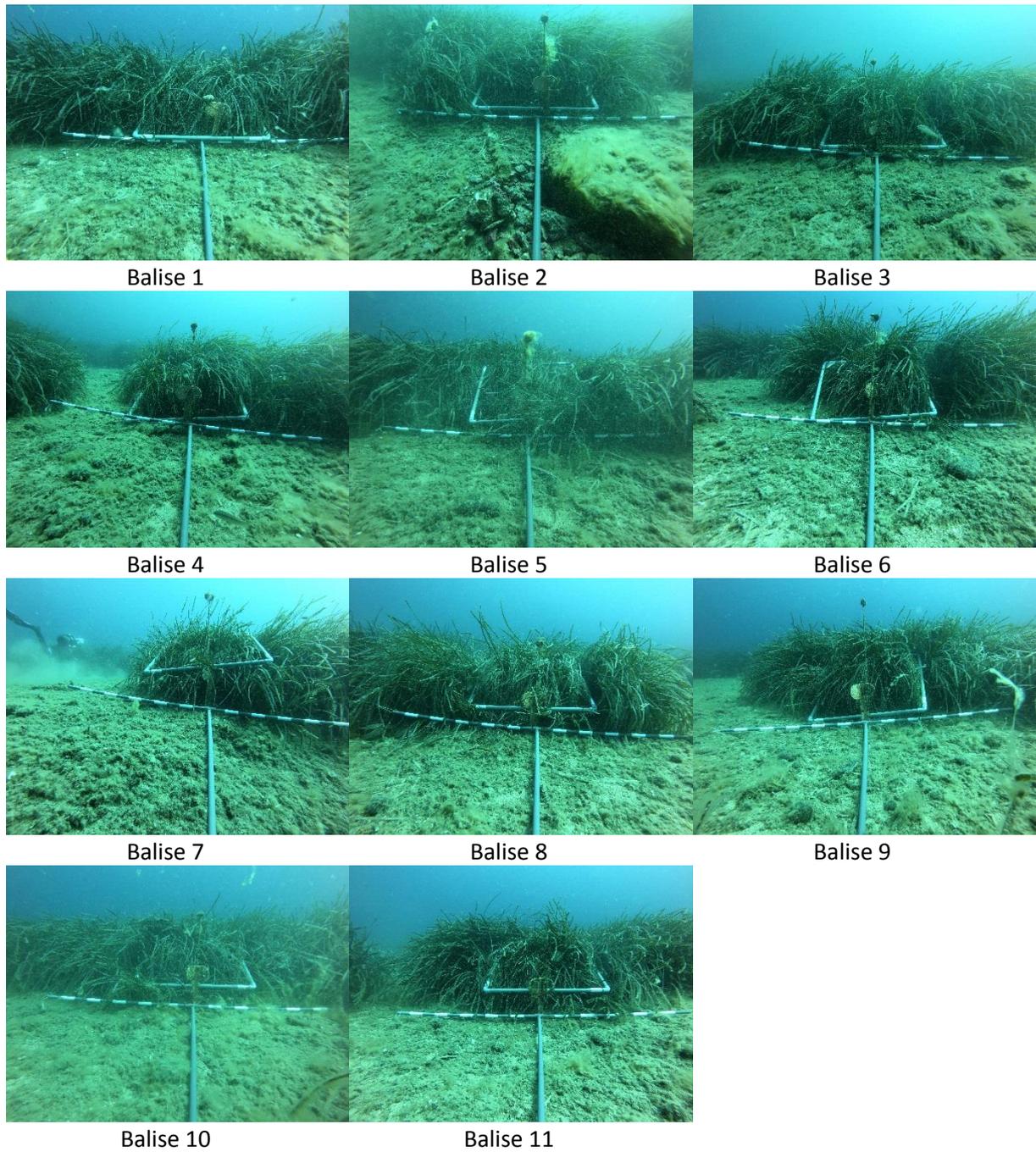
**Figure 15** : Prises de vue centrées des balises de la zone A à l'aide d'un repère photo

## Annexe 2 – ZONE B



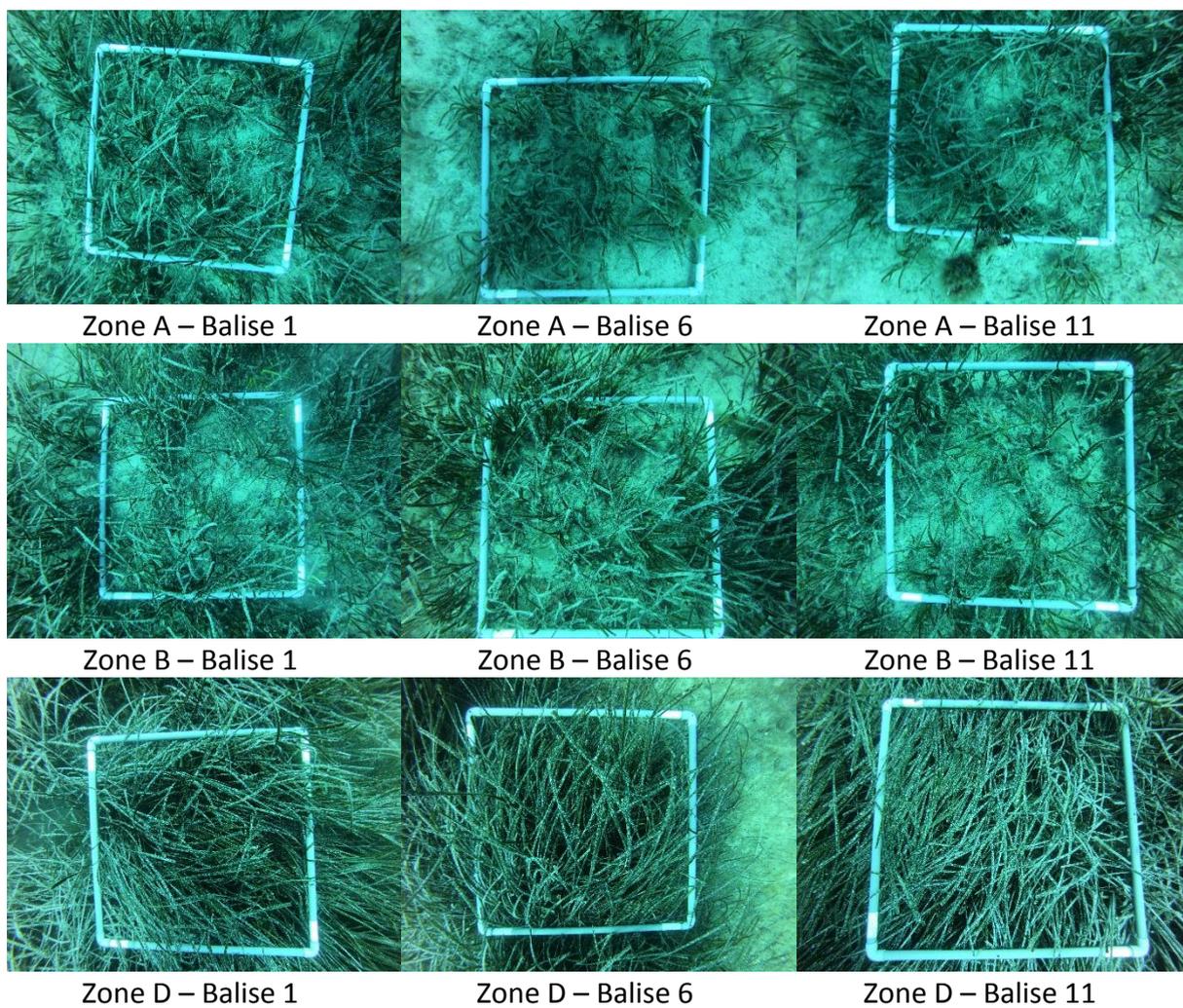
**Figure 16** : Prises de vue centrées des balises de la zone B à l'aide d'un repère photo

### Annexe 3 – ZONE D



**Figure 17** : Prises de vue centrées des balises de la zone D à l'aide d'un repère photo

## Annexe 4 – Evaluation du recouvrement



**Figure 18** : Exemple de quadrats photos de 1m<sup>2</sup> sur chaque zone