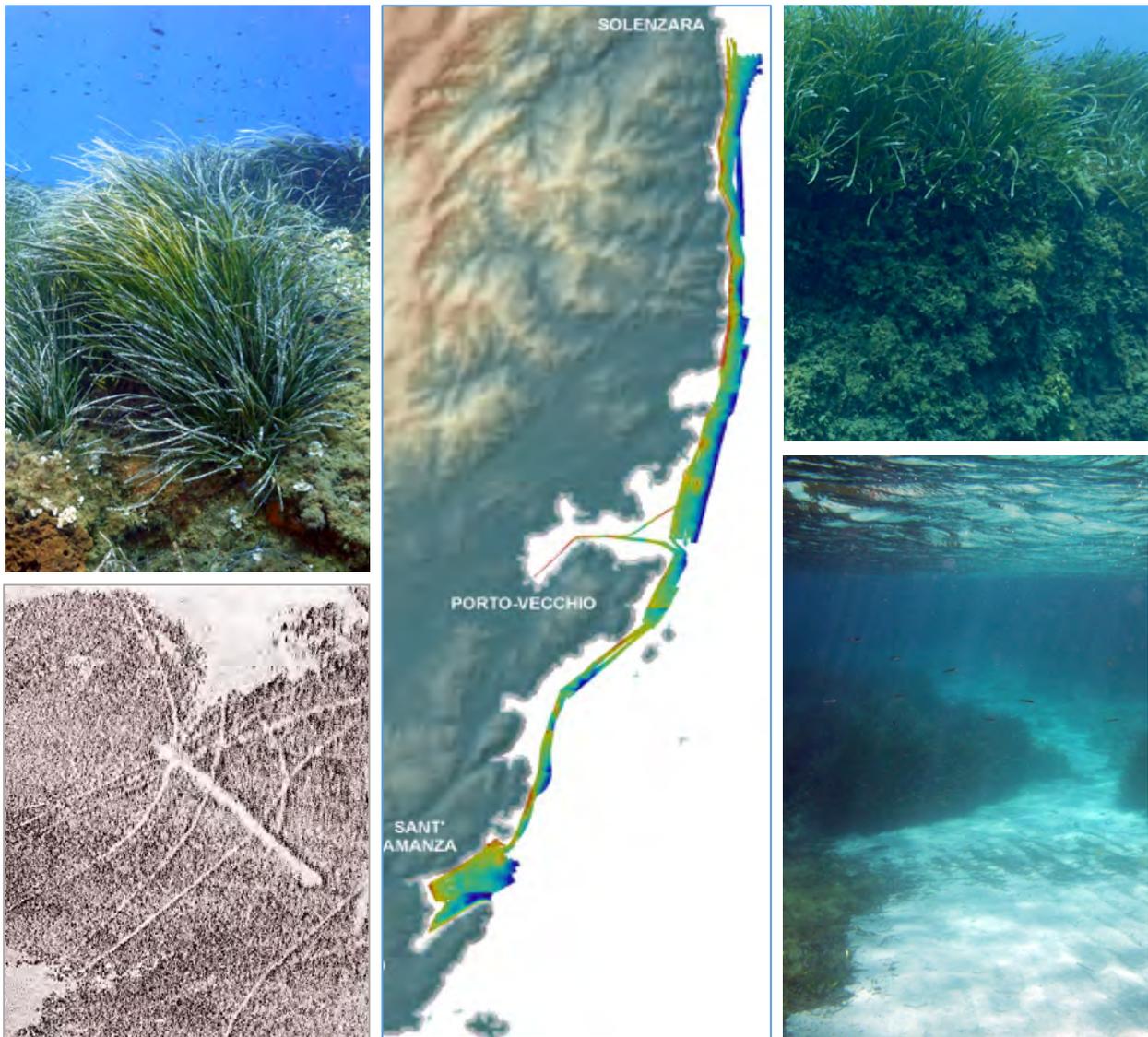


## Inventaire, caractérisation et conservation des puits de Carbone Bleu du littoral oriental de la Corse - Rapport final CARBONSINK -



**C. Pergent-Martini, L. Lehmann, B. Monnier, E. Barralon, G. Pergent**

# **Inventaire, caractérisation et conservation des puits de Carbone Bleu du littoral oriental de la Corse – Rapport Final CARBONSINK –**

## **Contexte & Financement :**

Ce programme s'inscrit dans le cadre de l'Action « CHANGE » de l'Université de Corse (FRES 3041) – financé par la Collectivité de Corse et a bénéficié du soutien financier de :

- L'Office Français de la Biodiversité
- L'Office de l'Environnement de la Corse

La campagne océanographique à l'origine de l'acquisition d'une grande partie des données a été réalisée grâce à la contribution de l'UMS Flotte Océanographique Française, avec la mise à disposition du N/O Europe de l'Ifremer et du personnel scientifique de GENAVIR (Groupement pour la Gestion de Navires de Recherche). Une partie des activités ont été menées dans le cadre du Programme de Coopération INTERREG V-A ITALIE FRANCE « MARITTIMO 2014 – 2020 » Projet « Gestion Intégrée des Réseaux Écologiques à travers les Parcs et les Aires Marines – GIREPAM ».

## **Participants à l'étude :**

Emeline Barralon, Ingénieure d'étude – EqEL, FRES 3041 – UCPP

Léa Lehmann, Ingénieure d'étude – EqEL, FRES 3041 -UCPP

Briac Monnier, Doctorant-ATER, EqEL, FRES 3041 – UCPP

Gérard Pergent, Professeur, EqEL, FRES 3041 – UCPP

Christine Pergent-Martini, MCF-HDR, EqEL, FRES 3041 – UCPP

Personnel de Costa Verde Loisir

## **Ce rapport doit être cité sous la forme :**

Pergent-Martini C., Lehmann L., Monnier B., Barralon E., Pergent G., 2020. Inventaire, caractérisation et conservation des puits de carbone bleu du littoral oriental de la Corse – Rapport final CARBONSINK. Programme CARBONSINK, Université de Corse Pascal Paoli – Equipe Ecosystèmes Littoraux – Office Français de la Biodiversité & Office de l'Environnement de la Corse, Corte : 1-71.



# Sommaire

Contexte général & objectifs du programme .....	3
A - Inventaire cartographique des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> .....	5
1. Rappel du contexte .....	5
2. Matériel et méthodes .....	5
2.1 Acquisition des données .....	5
2.2 Traitement et interprétation des données .....	7
2.3 Évaluation de la cartographie .....	9
3. Résultats .....	11
3.1 Cartographie des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> des secteurs 3 & 4.....	11
3.2 Actualisation de la distribution des habitats des secteurs 3 & 4 .....	12
3.3. Synthèse & discussion.....	25
B - Quantification et caractérisation des stocks de carbone .....	27
1. Rappel .....	27
2. Matériel et méthodes .....	27
2.1 Acquisition des données .....	27
2.2 Traitements et analyses des échantillons .....	28
3. Résultats .....	29
3.1 Évaluation des stocks de Carbone.....	29
3.2 Utilisation de la matre comme paléo-archives .....	35
3.3 Synthèse & discussion.....	37
C- Identification des pressions .....	39
1. Rappel .....	39
2. Matériel et méthodes .....	39
2.1 Identification des pressions .....	39
2.2 Évaluation de la sensibilité des habitats à l’ancrage .....	40
2.3 Évaluation de la vitalité de l’herbier à <i>Posidonia oceanica</i> .....	41
3. Résultats .....	42

3.1	Caractérisation de l'activité d'ancrage.....	42
3.2	Sensibilité des habitats à l'ancrage .....	44
3.3	Conséquence de l'ancrage sur la fixation et la séquestration du carbone par l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> .....	48
3.4	Synthèse & discussion.....	51
D – Propositions de gestion en faveur des puits de Carbone .....		55
1.	Bilan des dégradations dues à l'ancrage dans le golfe de Sant'Amanza.....	55
2.	Réduction de la pression d'ancrage .....	56
3.	Renforcement des puits de carbone en milieu marin.....	59
Bibliographie.....		61
Annexe 1 – Échelle d'évaluation de la fiabilité cartographique.....		67
1.	Critères relatifs à la phase d'acquisition des données brutes.....	67
1.1	Couverture des données brutes :.....	67
1.2	Positionnement des données brutes .....	67
1.3	Nature des peuplements et types de fonds.....	67
1.4	Topographie-pente .....	68
1.5	Exploitation de la donnée brute .....	68
1.6	Taille du pixel / échelle .....	69
2.	Critères relatifs à la phase d'acquisition des données terrain .....	70
2.1	Répartition des données-terrain sur la cartographie.....	70
2.2	Densité des données terrain .....	70
3.	Critères relatifs à la phase d'interprétation.....	70
3.1	Niveau de détail d'interprétation .....	70
3.2	Limite des habitats.....	71
3.3	Méthode utilisée pour l'interprétation.....	71
3.4	Pourcentage d'exactitude .....	71

## Contexte général & objectifs du programme

Lors de la 21<sup>ème</sup> réunion de la Conférence des Parties (CoP 21), l'ensemble des participants ont adopté « l'Accord de Paris », qui vise à contenir le réchauffement de la planète « bien en dessous de 2°C par rapport aux niveaux préindustriels », et qui précise que « *Les Parties doivent prendre des mesures pour conserver et, le cas échéant, renforcer les puits et réservoirs de gaz à effet de serre* ». D'autre part, alors que les conférences précédentes s'étaient essentiellement intéressées aux puits correspondant aux écosystèmes forestiers (Protocole de Kyoto), pour la première fois la CoP21 note « *qu'il importe de veiller à l'intégrité de tous les écosystèmes, y compris les océans* ». Des puits de carbone majeurs comme la végétation côtière et le phytoplancton sont donc, pour la première fois, pris en compte.

Malgré une surface très réduite (moins de 0,5 % des océans) la végétation côtière (mangroves, prés-salés, « forêts de Kelp » et herbiers marins) fixe plus de 18 % du Carbone Bleu (Fourqurean *et al.* 2012) et surtout assure une séquestration de plus de la moitié de celui-ci, constituant des puits de carbone (Chmura *et al.*, 2003; Duarte *et al.*, 2005; Bouillon *et al.*, 2008; Reed & Brzezinski, 2009). Ces puits de carbone jouent donc un rôle majeur dans l'atténuation des effets du changement climatique. Toutefois, la régression de ces puits, observée dans différentes régions de la biosphère, est de nature à hypothéquer ce service écosystémique majeur. Il apparaît donc que seule une politique de gestion efficace de ces puits de carbone pourrait éviter qu'ils ne se transforment en source, provoquant une émission supplémentaire de gaz à effet de serre.

La séquestration du carbone par les herbiers marins est estimée à 15% du carbone bleu à l'échelle de la biosphère (Duarte & Chiscano, 1999; Spalding *et al.*, 2003; Kennedy & Björk, 2009; UNEP-WCMC, 2018) ). Parmi la soixantaine d'espèces constituant ces herbiers (Guiry & Guiry, 2020), la Posidonie (*Posidonia oceanica*), espèce endémique de Méditerranée, apparaît comme la plus efficace dans le stockage de ce Carbone (Pergent *et al.*, 1994; Mateo *et al.*, 2006; Kennedy & Björk, 2009; Jamaludin, 2015; Pergent *et al.*, 2014). Avec un stock de 1 200 à 1 500 tonnes de Carbone par hectare, soit 4 à 10 fois plus que les écosystèmes forestiers, l'herbier de Posidonie est le seul écosystème capable de 'rivaliser' avec les tourbières (IPS, 2008) et les mangroves (Bouillon *et al.*, 2008). Cette spécificité est due à l'édification d'une structure unique : la matre (Boudouresque *et al.*, 2012). Constituée du lacis des rhizomes et des racines et du sédiment qui colmate les interstices, cette matre peu putrescible, peut atteindre plusieurs mètres de hauteurs. Ainsi, la matière organique contenue dans ces mattes peut persister durant des millénaires (puits de carbone à long terme ; Romero *et al.*, 1994; Mateo *et al.*, 1997; Lo Iacono *et al.*, 2008; Tomasello *et al.*, 2009; Boudouresque *et al.*, 2016; Monnier *et al.*, sous presse).

La Posidonie, espèce endémique de Méditerranée, joue un rôle majeur dans la fixation et la séquestration du Carbone (puits de Carbone Bleu). Il apparaît comme le seul écosystème

capable de ‘rivaliser’ avec les tourbières et les mangroves. Cette spécificité est due à l’édification d’une structure unique : la matte, dans laquelle le carbone est stocké sur de longues périodes de temps (plusieurs millénaires). Toutefois, à l’instar des autres écosystèmes à Carbone Bleu, ces herbiers sont menacés par les activités anthropiques et notamment le chalutage et le mouillage des grandes unités qui conduisent au démantèlement de cette matte. L’inventaire de ces puits de carbone et l’étude de la dynamique du Carbone qui y est associé constituent donc une priorité en termes de recherche mais il convient sans attendre de renforcer leur conservation (identification des pressions, mise en place de mesures de gestion).

Le projet CARBONSINK s’inscrit dans l’action « Changements globaux en milieu insulaire » (CHANGE) de la Fédération de Recherche « Environnement et Société » (FRES 3041) de l’Université de Corse Pascal Paoli, à travers le programme PADDUC-CHANGE « Puits de carbone: Atout du Développement DURable de la Corse face au défi du CHANGement climatique » et, pour partie, dans le cadre du programme de coopération transfrontalière INTERREG Maritime 2014-2020, entre la France et l’Italie GIREPAM « Gestione Integrata delle Reti Ecologiche attraverso i Parchi e le Aree Marine ».

Le programme CARBONSINK s’articule autour de trois objectifs complémentaires :

- A- Finaliser l’inventaire cartographique des herbiers à *Posidonia oceanica* le long de la côte orientale de la Corse - ce volet se focalisera principalement sur le secteur entre Solenzara et le Nord du Golfe de Porto-Vecchio d’une part et le golfe de Sant’Amanza,
- B- Quantifier et caractériser les stocks de carbone présents au sein de la matte dans des sites ateliers représentatifs de ce littoral – sites choisis au sein du site Natura 2000 « Grand Herbière de la Côte orientale »,
- C- Identifier les principales pressions susceptibles d’entraîner une dégradation de ces puits de carbone et proposer des mesures de gestion permettant leur conservation voire leur renforcement – ce dernier volet sera mise en œuvre au niveau d’un site de la RNBB particulièrement soumis aux activités de plaisance : le golfe de Sant’Amanza.

Bien que certaines parties aient déjà donné lieu à des rapport d’étapes (rapport de mission – Pergent *et al.*, 2018 ; étude des carottes – Monnier *et al.*, 2020), l’ensemble des éléments acquis et des résultats obtenus sont repris et synthétisés dans ce rapport final.

## A - Inventaire cartographique des herbiers à *Posidonia oceanica*

### 1. Rappel du contexte

L'inventaire des puits de carbone du littoral de la Corse, a été initié dès 2010, par la réalisation de campagnes océanographiques successives, grâce aux moyens scientifiques et techniques de la Flotte Océanographique Française (campagnes CAPCORAL 2010-2011, CORALCORSE 2013 et POSIDCORSE 2015). A ce jour la totalité du Cap Corse (façades Ouest et Est) et une grande partie du littoral oriental, qui abrite l'un des plus grands herbiers à *Posidonia oceanica* de Méditerranée française ont été cartographiées. Toutefois, la zone géographique située au Sud-Est de ce littoral n'a fait l'objet d'aucune investigation récente, ce qui est d'autant plus regrettable qu'il correspond à des herbiers très particuliers, qui se développent en partie sur roche (roche en place, 'beach rocks'), et qui présentent un intérêt écologique majeur du fait de leur rôle de corridor écologique entre le Site Natura 2000 du « Grand Herbier de la Côte orientale » et la RNBB. L'enjeu est donc de finaliser cet inventaire cartographique.

### 2. Matériel et méthodes

#### 2.1 Acquisition des données

Les données relatives à la cartographie des habitats ont été principalement acquises dans le cadre de la campagne océanographique qui s'est déroulée au mois d'Août 2018, à bord du N.O l'Europe de l'Ifremer (Figure 1).



Figure 1: Photographie du N/O L'Europe de l'Ifremer.

Une couverture d'acquisition complète a été réalisée, entre 10 m et 50 m de profondeur dans deux sites, à l'aide d'un sonar à balayage latéral Klein 3000®, et d'un sondeur multifaisceaux EM 2040 (Kongsberg Maritime®), soit une surface d'acquisition de 5 225 ha entre Solenzara et l'entrée du Golfe de Porto-Vecchio (Zone 1) et de 1910 ha dans le golfe de Sant'Amanza (Zone 2 ;Figure 2). Quelques profils supplémentaires ont été réalisés entre ces deux sites (Figure 2).

Pour la zone superficielle 0-10 m de profondeur, les données sont issues de la BD ORTHO de l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière) de 2016 pour les sites 1 et

2, avec un pixel de 50 cm de résolution et complétées, pour le site 2, par des images drones spécifiques, réalisées en 2018-2019 et 2020, avec un pixel de 3 cm.

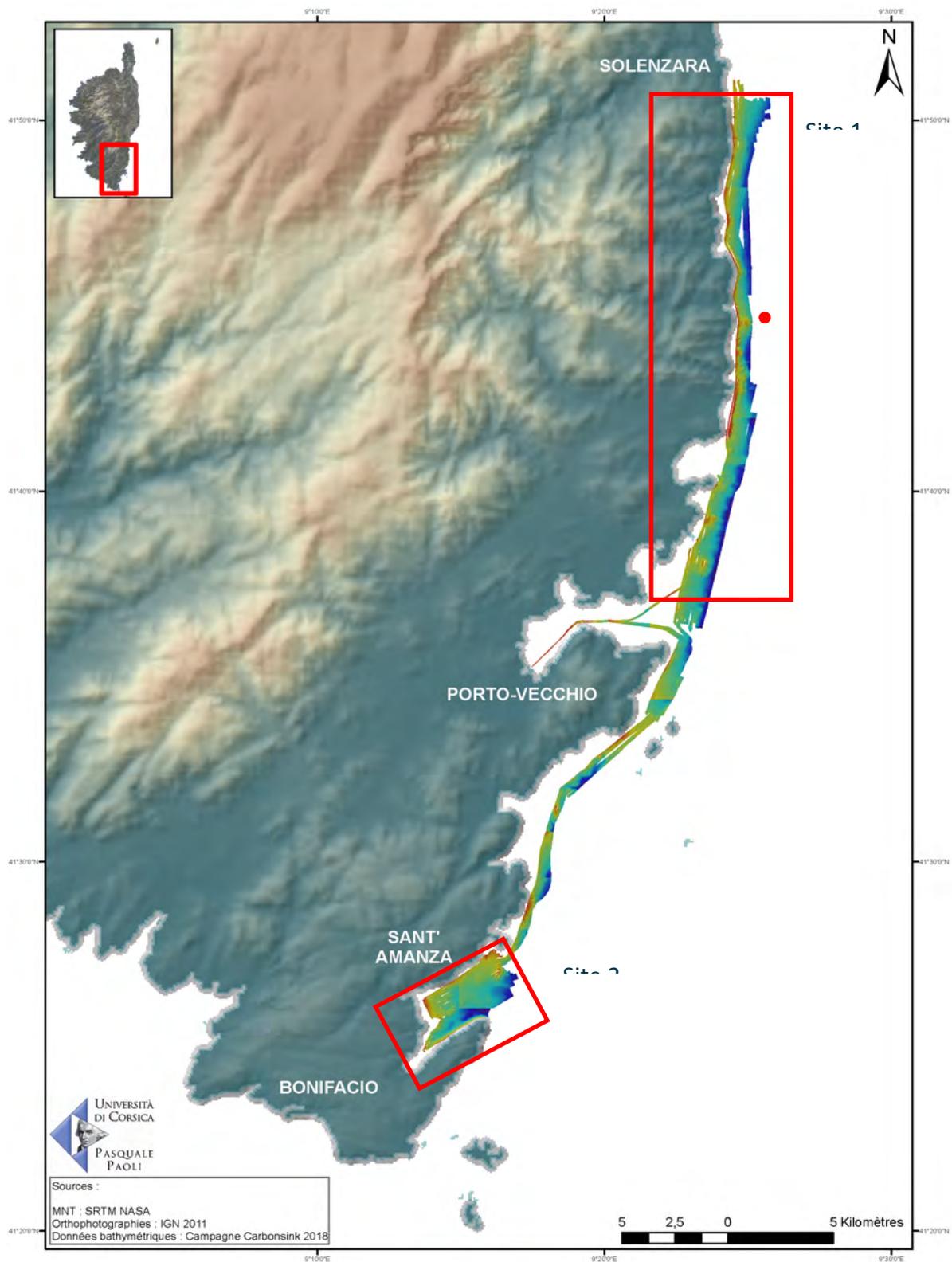


Figure 2 : Cartographie des surfaces couvertes par les données acoustiques, lors de la campagne océanographique CARBONSINK Les deux sites ayant fait l'objet d'une couverture complète, entre -10 m et -50 m, sont encadrés en rouge et la zone-test est figurée par un point rouge.

En complément, au niveau du secteur 1, sur une zone-test (Figure 2), une partie des acquisitions est réalisée en couplant le sonar à balayage latéral et le sondeur multi-faisceaux avec une caméra GoPro - Hero 4 Silver®, afin d'obtenir simultanément une image acoustique et une image optique du fond (vidéo) selon la méthode décrite par Pergent *et al.*, (2017).

## 2.2 Traitement et interprétation des données

Les photographies aériennes (ortho-images aériennes et ortho-images drones) sont traitées à l'aide du logiciel ENVI 4.7 selon la méthode de Bonacorsi (2012). Après un masquage des parties émergées, une adaptation dynamique est appliquée afin d'améliorer le contraste des images. Des parcelles d'entraînement sont définies pour chaque habitat, sur la base de données-terrain. Une classification supervisée, par maximum de vraisemblance, est réalisée afin d'extrapoler les informations des parcelles d'entraînement à la totalité de l'image. Pour finir, un filtrage permet d'éliminer les pixels isolés ou mal classés et de lisser les contours. Les polygones sont ensuite vectorisés pour être intégrés dans ArcGIS 10.0®. Le système de projection retenu est le WGS 1984 Mercator.

Les données, obtenues par le sonar à balayage latéral et le sondeur multifaisceaux, sont traitées avec le logiciel CARAIBES 4.1 de l'Ifremer. Le traitement a pour but de corriger les éventuelles erreurs au cours de la phase d'acquisition, puis d'élaborer un Modèle Numérique de Terrain (MNT), qui renseigne sur la bathymétrie des fonds, et une mosaïque de sonogrammes, qui renseigne sur la nature des peuplements qui occupent ces fonds. Les mosaïques sont ensuite intégrées dans ArcGIS 10.0®.

Les données-terrains, visant à calibrer les données optiques et acoustiques, sont réalisées au cours de la campagne océanographique, et ultérieurement grâce aux moyens opérationnels de Costa Verde Loisir. Plusieurs types de données-terrain sont réalisées : des prélèvements à la benne Van Veen, des observations à l'aide d'un seau de calfat, des vidéos du fond (ROV Super Gnom® et caméra GoPro - Hero 4 Silver®), des photographies sous-marines couplées à des vidéos (quadrat-photo immergeable équipés d'un appareil reflex Sony®  $\alpha$ 6000 dans son

caisson étanche et d'une GoPro ;Figure 3) ou des plongées sous-marines.



Figure 3 : Équipements utilisés pour l'acquisition des données terrains. A gauche ROV Super Gnom®, équipé de la caméra GoPro - Hero 4 Silver ®; à droite quadrat-photo équipé de l'appareil Sony  $\alpha$ 6000® et de la GoPro.

Pour chaque donnée, la position géographique, relevée à l'aide d'un GPS (Garmin® MAP 78s), le type d'habitat, selon la typologie de Michez *et al.* (2014), et la profondeur (ordinateur SUNTO® Viper) sont notés. Les données-terrain concernent l'ensemble de la zone géographique cartographiée (Figure 4 ; Figure 5).

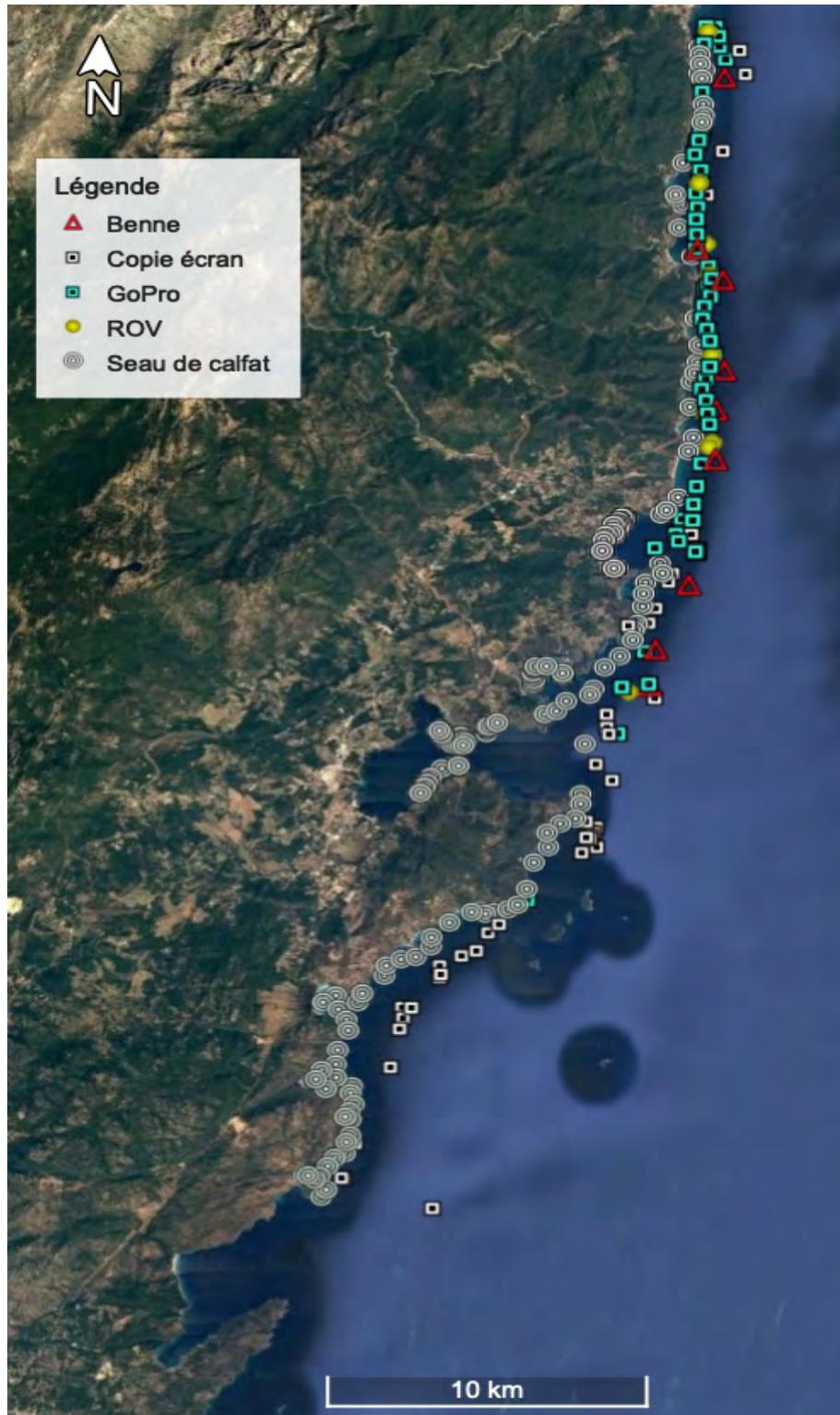


Figure 4 : Localisation des données-terrain réalisées entre Solenzara et le golfe de Sant'Amansa.

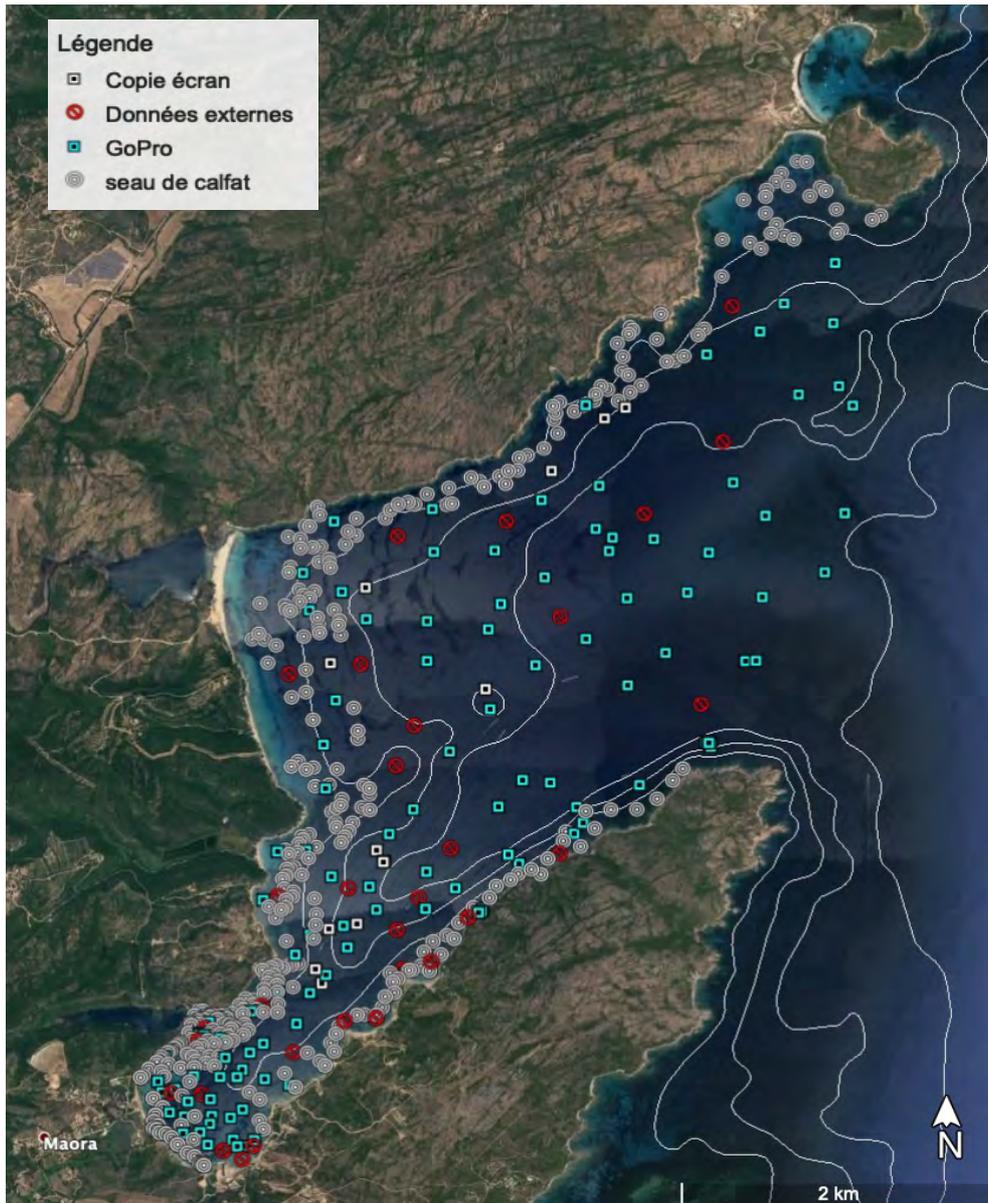


Figure 5 : Localisation des données-terrain réalisées dans le golfe de Sant'Amanza.

Une partie des données-terrain n'est pas utilisée pour la cartographie de façon à disposer de données externes qui pourront être utilisées ensuite pour appréhender la confiance que l'on peut accorder aux résultats par rapport au terrain (voir détail figure 5) lors de la phase d'évaluation de la cartographie.

### 2.3 Évaluation de la cartographie

A l'issue du traitement, on dispose d'une carte de répartition des habitats benthiques, qui est ensuite évaluée sur la base de l'échelle de Valette-Sansevin (2018) modifiée. Cette échelle permet d'attribuer des scores de zéro à trois (trois symbolisant une confiance élevée) à un ensemble de 12 critères, qui concernent les différentes phases de réalisation d'une cartographie (Projet Mesh, 2008), et peuvent influencer sur le résultat final (Tableau 1).

Tableau 1 : Échelle d'évaluation de la fiabilité pour l'acquisition des données brutes (bleu) ; des données terrain (vert) et pour l'interprétation (gris).

Critères d'évaluation	3 POINTS	2 POINTS	1 POINT	0 POINT
<b>Couverture des données brutes</b>	100 %	75 à 99 %	50 à 74 %	≤ 50 %
<b>Positionnement/géoréférencement</b>	GPS différentiel	GPS (non différentiel) ou autre système électronique non satellitaire de navigation	Carte marine ou alignement remarquable	Estime ou pas de relevé géographique
<b>Nature des peuplements</b>	Très différente	Différente	Proche	Très proche
<b>Topographie : pente</b>	Faible et constante	Faible et irrégulière	Forte et constante	Forte et irrégulière
<b>Exploitation de la donnée brute (Effet de surface ; Présence d'artefacts)</b>	100 % de la donnée brute	100 % > de la donnée brute ≥ 75 %	75 % > de la donnée brute ≥ 50 %	50 % de la donnée brute >
<b>Taille du Pixel, Echelle</b>	Pixel ≤ 0.5 m Echelle ≤ 1/2 000 ≤ 10 % de la portée	0,5 m < Pixel ≤ 2 m 1/2 000 < Echelle ≤ 1/10 000 10 % < de la portée ≤ 20%	2 m < Pixel ≤ 5 m ; 1/10 000 < Echelle ≤ 1/25 000 20% < de la portée ≤ 50 %	Pixel > 5 m Echelle > 1/25 000 > 50 % de la portée
<b>Répartition des données terrain / Surface d'étude</b>	Couverture ≥ 50 %	50 % > C > 25 %	25 % > C ≥ 5 %	5 % > C
<b>Densité</b>	VT / km <sup>2</sup> ≥ 50	50 > VT / km <sup>2</sup> > 25	25 > VT / km <sup>2</sup> ≥ 5	5 > VT / km <sup>2</sup>
<b>Niveau de détail</b>	Classes définies sur la base d'une analyse biologique détaillée	Classes définies sur la base des principales espèces ou formes de vie caractéristiques	Classes définies sur la base de données physiques ou de zones biologiques générales	Classes définies à partir de données historiques
<b>Limite des habitats</b>	Qualification certaine et limites certaines	Qualification certaine mais limites incertaines	Qualification douteuse	Information non fournie
<b>Méthode utilisée</b>	Logiciel de SIG et logiciel de traitement d'image	Logiciel de SIG et logiciel de retouche d'image ou logiciel de traitement d'image	Logiciel de retouche d'image	Levé manuel
<b>Pourcentage d'exactitude Avec données externes Sans données externes</b>	≥ 80 %	80 % > % Exact ≥ 60 % ≥ 80 %	60 % > % Exact ≥ 50 % 80 % > % Exact ≥ 60 %	% Exact < 50 % % Exact < 60 %

Les différents critères qui permettent de mener à bien cette évaluation sont présentés, de façon détaillée en annexe, afin de permettre leur mise en œuvre (Annexe 1). La fiabilité du résultat cartographique est donc obtenue par l'addition de l'ensemble des scores pour chacun des critères, exprimée en pourcentage, selon cinq classes (Tableau 2).

Tableau 2 : Limites des classes de fiabilité (exprimées en pourcentage).

Limites	$x > 80 \%$	$80 \geq x > 70$	$70 \geq x > 60$	$60 \geq x > 40$	$x \leq 40 \%$
Qualification	Très bonne	Bonne	Acceptable	Médiocre	Mauvaise

Afin de pouvoir comparer les résultats de la campagne CARBONSINK à ceux disponibles à l'issue de l'étude CARTHAMED (Pergent-Martini *et al.*, 2015a), et du fait de la simplification de l'échelle de fiabilité réalisée depuis, la fiabilité des cartes de CARTHAMED pour la zone considérée est recalculée.

Les nouvelles données cartographiques sont ensuite intégrées aux données CARTHAMED de façon à actualiser la répartition des différents habitats des secteurs 3 et 4 de la Corse (Figure 6). La fiabilité globale des secteurs est obtenue par la pondération de la fiabilité de chaque carte au prorata de sa contribution à la superficie cartographiée.

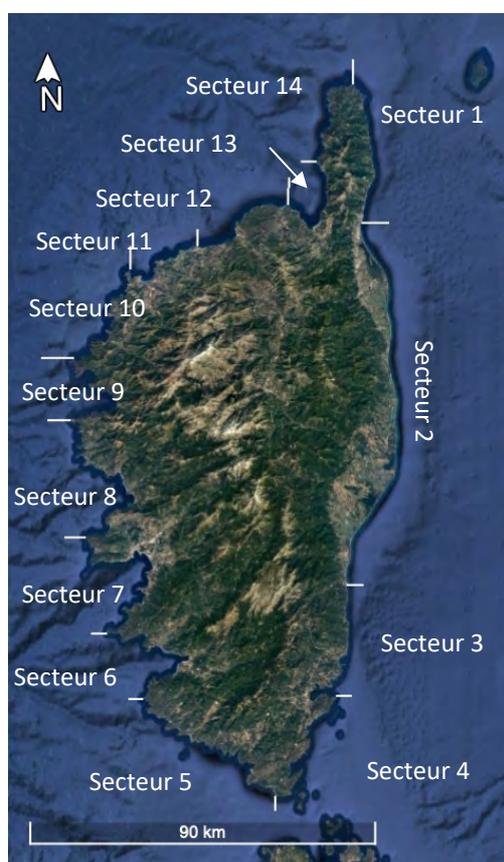


Figure 6 : Carte de la Corse, et des secteurs homogènes telle que proposée par Meinesz *et al.* (1990).

### 3. Résultats

#### 3.1 Cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* des secteurs 3 & 4

La campagne cartographique a permis de compléter et d'actualiser les données disponibles pour ce qui concerne la distribution des herbiers à *Posidonia oceanica*, dans les secteurs 3 & 4. L'utilisation conjointe de différents outils (sonar à balayage latéral, sondeur multifaisceaux et caméra Go-Pro) sur le site-test a permis de mettre en évidence un faciès particulier d'herbier sur les images acoustiques (Figure 7). Les validations et enregistrements vidéo in situ

montrent qu'il s'agit d'un petit éperon rocheux sur lequel est implanté un herbier à *Posidonia oceanica* relativement continu et assez dense.

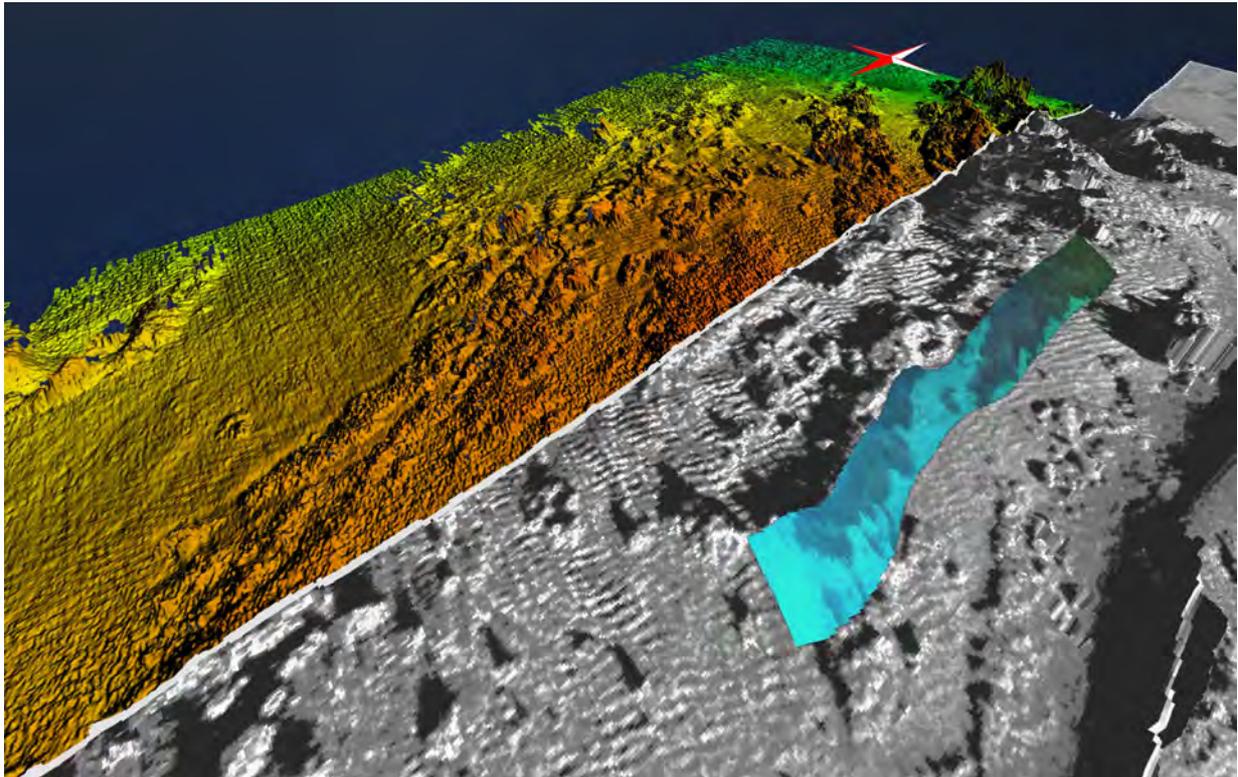


Figure 7 : Sonogramme d'un herbier à *Posidonia oceanica* sur roche (en gris), données bathymétriques issues du sondeur multifaisceaux (en couleur) et vidéo sous-marine du fond avec les taches sombres d'herbiers (en bleu), au niveau du secteur-test. Des rides correspondant à la présence de courants de fonds sont bien visibles sur les sonogrammes, au niveau des substrats sableux.

Sur la base de ce faciès, d'autres herbiers à *Posidonia oceanica* sur roche sont identifiés sur l'ensemble de la zone géographique cartographiée (Figure 8 ; Figure 9 ; Figure 10).

Au final, les herbiers à *Posidonia oceanica* occupent donc une superficie totale de près de 9232 ha, dont 652 ha, au moins, sont implantés sur roche, sachant que toute la zone n'a pas fait l'objet d'une prospection continue entre la surface et l'isobathe – 40 m, qui correspond environ à la limite inférieure des herbiers à *Posidonia oceanica*. Les mattes mortes représentent elles une superficie de 323 ha.

### 3.2 Actualisation de la distribution des habitats des secteurs 3 & 4

Le secteur 3 couvre près de 15 000 ha. La contribution de CARBONSINK à la cartographie de ce secteur est importante (43 % des surfaces cartographiées (Tableau 3) et concerne essentiellement la zone infralittorale.



Figure 8 : Carte de distribution des herbiers à *Posidonia oceanica* le long du littoral de la Corse, entre Solenzara et San Ciprianu. Les mattes mortes et les herbiers à *Posidonia oceanica* sur roche sont différenciés des herbiers sur sable et matte.

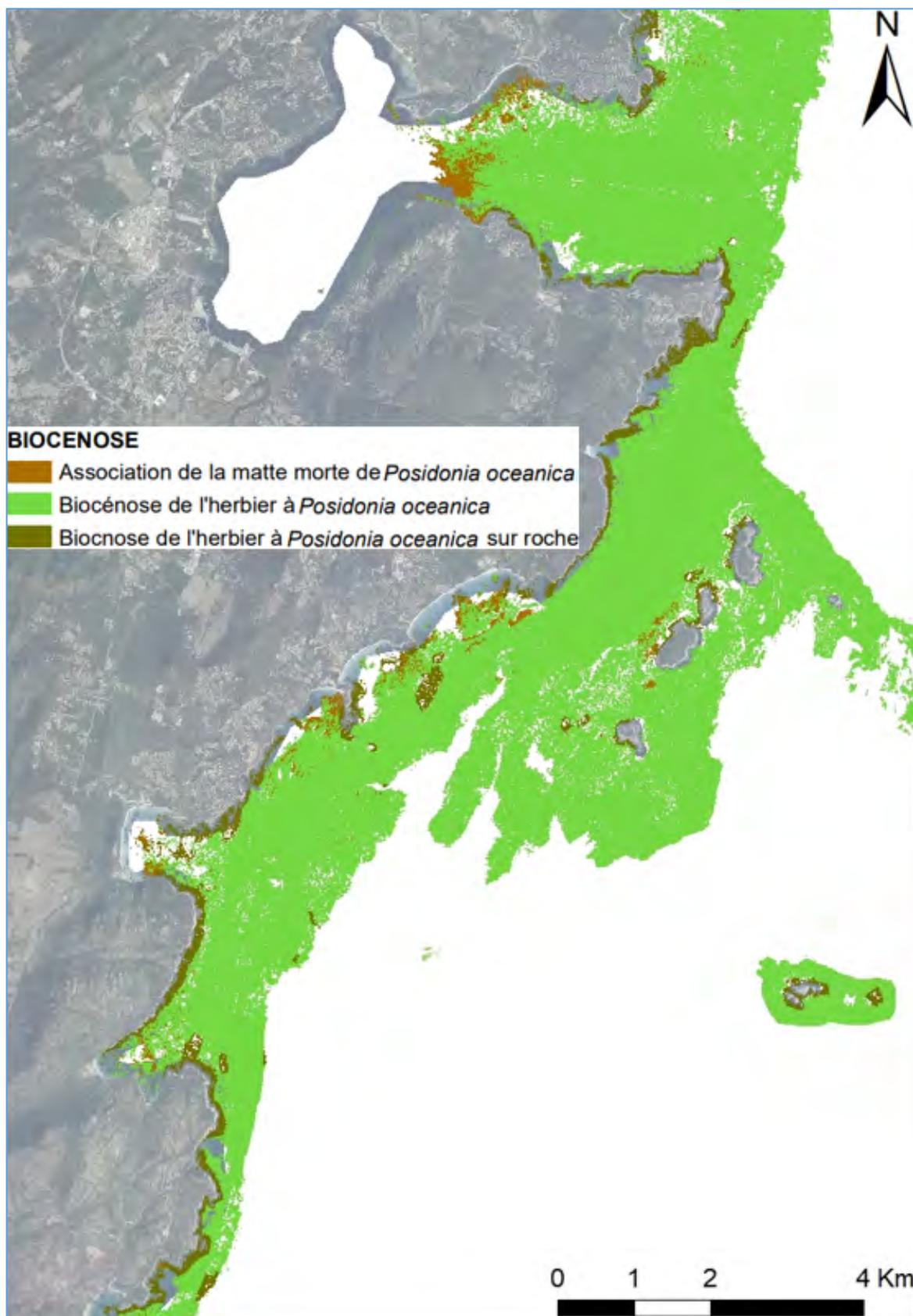


Figure 9 : Carte de distribution des herbiers à *Posidonia oceanica*, le long du littoral de la Corse, entre San Ciprianu et la plage de la Rondinara. Les mattes mortes et les herbiers à *Posidonia oceanica* sur roche sont différenciés des herbiers sur sable et mat.

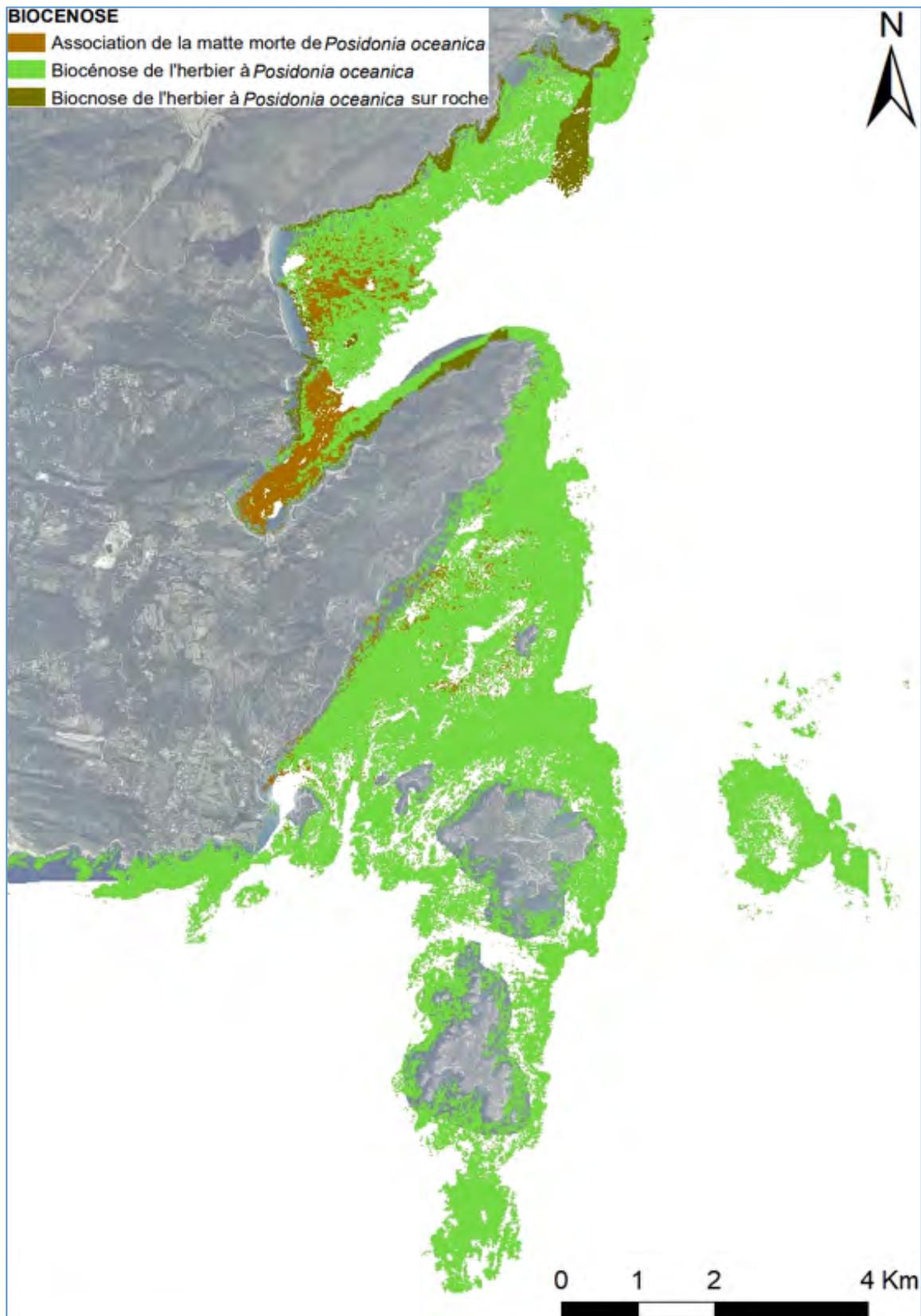


Figure 10 : Carte de distribution des herbiers à *Posidonia oceanica*, le long du littoral de la Corse, entre la plage de la Rondinara et les falaises de Bunifaziu. Les herbiers sur roche ne sont cartographiés que jusqu'au golfe de Sant'Amanza. Entre l'extrémité Sud du Golfe et les falaises de Bunifaziu, seules les mattes mortes sont différenciées des herbiers à *Posidonia oceanica*.

Tableau 3 : Sources cartographiques utilisées pour la distribution des habitats des secteurs 3 et 4 du littoral de la Corse. La contribution surfacique de chaque source est indiquée en pourcentage.

Références / Secteurs	Sect.3	Sect.4A	Sect.4B
Pasqualini, 1997		≤1%	≤1%
Guennoc <i>et al.</i> , 2001	53%	57%	12%
Buron <i>et al.</i> , 2012a	≤1%	10%	13%
Buron <i>et al.</i> , 2012b	≤1%		
Vela <i>et al.</i> , 2012	≤1%		
Andromède océanologie, 2014			45%
Pergent-Martini <i>et al.</i> , 2014	≤1%	19%	19%
Pergent-Martini <i>et al.</i> , 2015a	2%	≤1%	5%
Valette <i>et al.</i> , 2016	2%		
Barralon <i>et al.</i> , 2018		≤1%	≤1%
Ce travail	43%	14%	6%

Les herbiers à *Posidonia oceanica* constituent l'habitat prédominant de cet étage avec plus de 3 000 ha (Tableau 4 ; Figure 11), suivi par les substrats meubles (22 % de l'infralittoral).

Tableau 4 : Surface (en ha) des différentes biocénoses au niveau du Secteur 3 du littoral de la Corse.

Biocénoses / Secteurs	Secteur 3
<b>Médiolittoral</b>	
Biocénose des sables médiolittoraux	1,1
Biocénose de la roche médiolittorale supérieure	0,1
Biocénose de la roche médiolittorale inférieure	3,0
<b>Infralittoral</b>	
Biocénose des sables fins bien calibrés (SFBC)	838,2
Association à <i>Cymodocea nodosa</i> sur SFBC	41,2
Biocénoses des sables vaseux superficiels de mode calme	3,2
Association à <i>Cymodocea nodosa</i> , <i>Zostera noltei</i> ...	690,2
Association à rhodolithes sur SFGC	2,7
Fonds meubles	299,1
Biocénoses des galets infralittoraux	0,3
Biocénose de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i>	3023,2
dont : Récif barrière, herbier tigré, atoll	34,4
Association de la matre morte de <i>Posidonia oceanica</i>	71,1
Mosaïque	8,8
Biocénose des algues infralittorales	283,9
<b>Circalittoral</b>	
Biocénose du détritique côtier (DC)	1705,9
Association à rhodolithes sur DC	100,8
Biocénose des sables et graviers sous courants de fond (SGCF)	8,0
Fonds meubles	7898,4
Biocénose coralligène	1,7
Fonds durs, cailloutis, galets et roches	2,5
<b>Total surface cartographiée</b>	<b>14983,5</b>

Les herbiers à *Cymodocea nodosa* sont également bien représentés (près de 14 %) en particulier dans le golfe de Porto-Vecchio où ils colonisent des sables fins superficiels plus ou moins envasés et quelques zones sableuses en limite supérieure d'herbier, à l'extérieur du golfe, notamment au Sud du port de Solenzara et au niveau de l'anse de Favona (Figure 11).

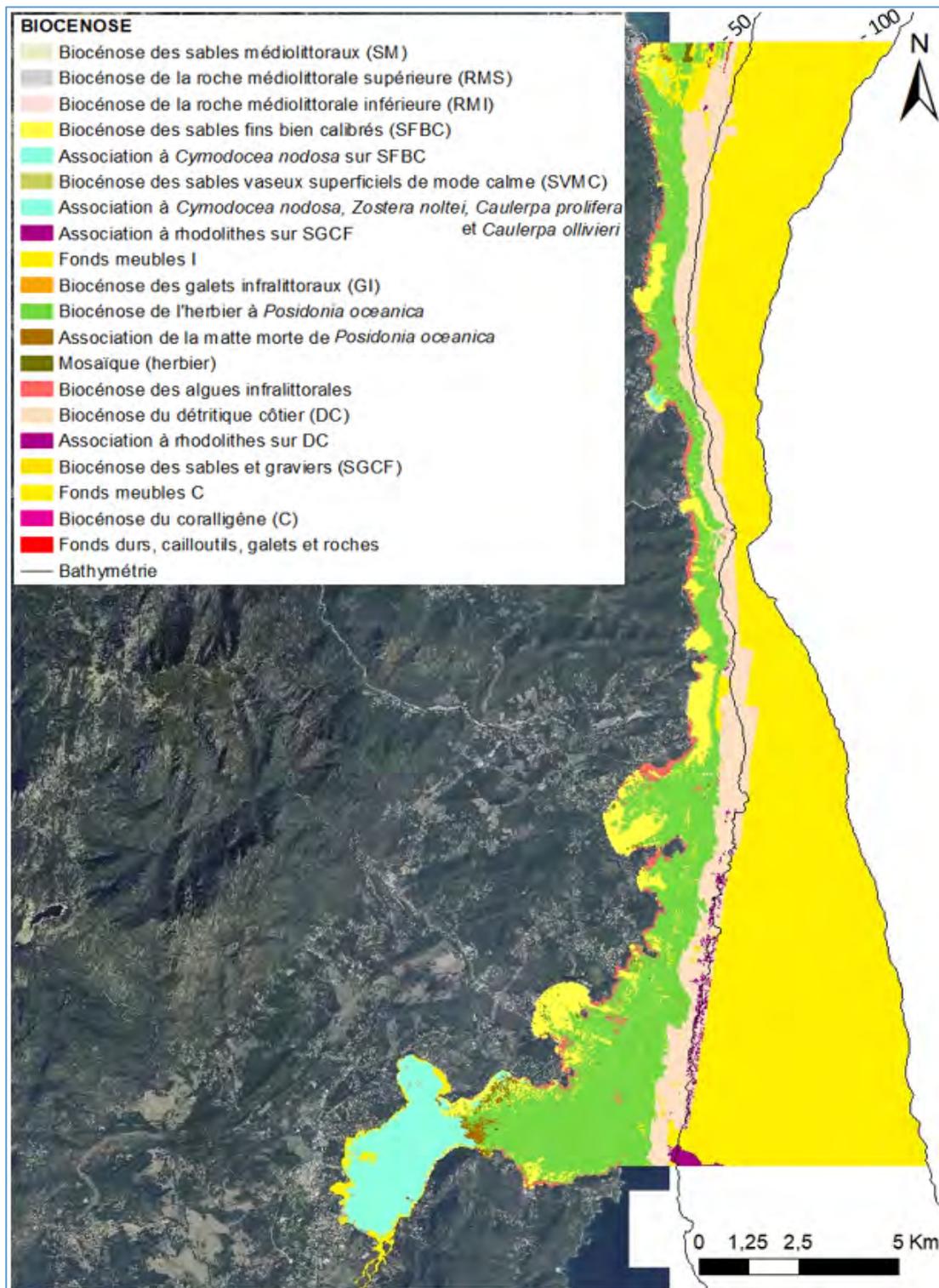


Figure 11 : Distribution des biocénoses benthiques du secteur 3 (Solenzara – Pointe de la Chiappa) du littoral de la Corse.

L'association de la matte morte à *Posidonia oceanica* est identifiée au sein ou en limites des herbiers et est parfois partiellement colonisée par des faisceaux de *Cymodocea nodosa*. Elle occupe des surfaces limitées (Tableau 4), mais qui représentent, 2,3 % de la surface des herbiers vivants.

La biocénose du détritique côtier est bien représentée, au-delà de la limite inférieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Figure 11) et apparaît localement occupée par l'association à rhodolithes (Tableau 4).

L'étage circalittoral est quasi exclusivement composé de substrats meubles en dehors de quelques pointements rocheux (beach-rock au large de Solenzara et biocénose coralligène éparse ; Figure 11).

Le secteur 4 (47 330 ha) est subdivisé, au regard de sa surface, en deux sous-secteurs 4A et 4B de taille équivalente (Tableau 5).

Le secteur 4A couvre plus de 24 900 ha (Tableau 5). La carte de répartition des habitats résulte principalement, outre la présente étude, de la synthèse de trois autres campagnes cartographiques : les campagnes LIMA du BRGM (Guennoc *et al.*, 2001), CARTHAM de l'OFB (Buron *et al.*, 2012a) et CORALCORSE (Pergent-Martini *et al.*, 2014 ; Tableau 3).

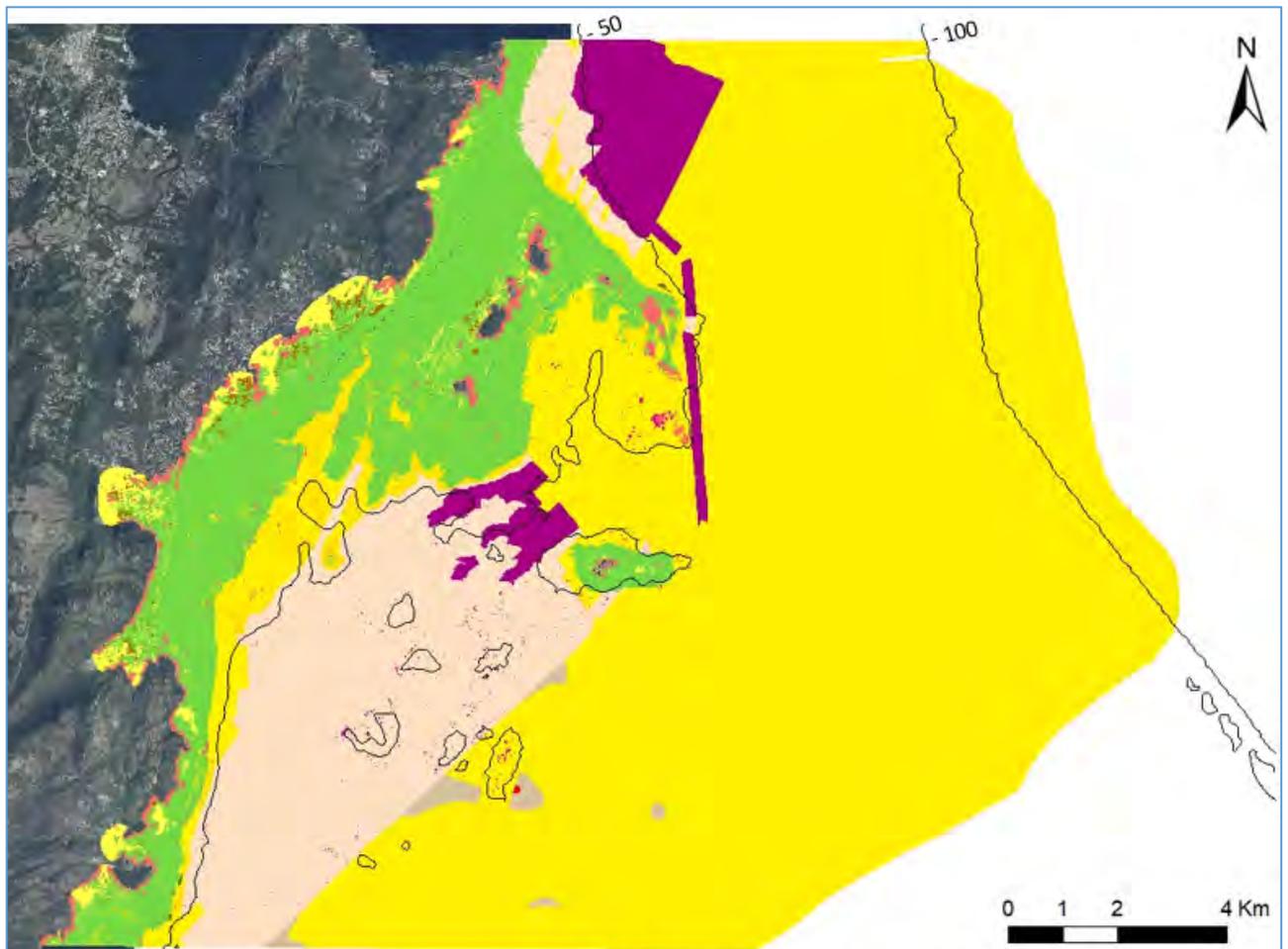
La carte des habitats du secteur 4B, concerne une surface de près de 22 400 ha (Tableau 5) et correspond à la fusion des données issues de six campagnes d'acquisition différentes : les campagnes LIMA, CARTHAM, CORALCORSE & CARBONSINK, comme pour le secteur 4A, mais aussi une campagne réalisée par l'Agence de l'Eau pour la Réserve Naturelle des Bouches de Bonifacio (RNBB ; Andromède océanologie, 2014) et une actualisation de la répartition des habitats superficiels, réalisée dans le cadre du programme CARTHAMED (Pergent-Martini *et al.*, 2015a ; Tableau 3). La contribution de CARBONSINK, sur ce dernier secteur, est donc très limitée en surface (Tableau 3) puisqu'elle cible exclusivement le golfe de Sant'Amanza, secteur qui peut être considéré comme caractéristique des pressions qui s'exerce sur les écosystèmes littoraux méditerranéens avec du tourisme balnéaire, de la grande plaisance, de la production aquacole, de la pêche aux petits métiers et des apports en nutriments (apports agricoles, fleuves cotiers... ; MedTriX, 2020).

Comme pour le secteur 3, ce sont les herbiers à *Posidonia oceanica* qui sont majoritairement présents au niveau de l'étage infralittoral (Tableau 5), dans la mesure où ils représentent 65 % des fonds (Figure 12 ; Figure 13).

Tableau 5 : Surface (en ha) des différentes biocénoses au niveau du Secteur 4 et de chacun des sous-secteurs 4A et 4B du littoral de la Corse.

Biocénoses / Secteurs	Secteur 4A	Secteur 4B	Secteur 4
<b>Supralittoral</b>			
Biocénose de la roche supralittorale	13,4	24,0	37,5
<b>Médiolittoral</b>			
Biocénose de la roche médiolittorale supérieure	0,3	0,4	0,7
<b>Infralittoral</b>			
Biocénose des sables fins bien calibrés (SFBC)	352,8	916,0	1268,8
Association à <i>Cymodocea nodosa</i> sur SFBC		4,3	4,3
Biocénoses sables vaseux superficiels mode calme (SVMC)		36,0	36,0
Sables fins +/- envasés en mer ouverte	4,1	209,2	213,3
Fonds meubles	177,9	307,6	485,5
Biocénoses des galets infralittoraux		16,6	16,6
Biocénose de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> dont : Récif barrière, herbier tigré, atoll	3494,9	2713,7	6208,5
Association de la matte morte de <i>Posidonia oceanica</i>	57,6	194,4	252,1
Mosaïque	4,6	1,7	6,3
Biocénose des algues infralittorales	281,5	600,6	882,2
<b>Circalittoral</b>			
Biocénose des fonds détritiques envasés	126,2	25,7	151,9
6267,5 Biocénose du détritique côtier (DC)	3669,5	2598,0	6267,5
Association à rhodolithes sur DC	959,0	1126,9	2085,9
Biocénose sable, gravier sous courants de fond (SGCF)	392,5	120,0	512,5
Fonds meubles	15241,1	13272,9	28514,0
Biocénose coralligène	30,9	204,0	234,9
Fonds durs, cailloutis, galets et roches	1,4		1,4
<b>Total surface cartographiée</b>	<b>24807,8</b>	<b>22372,0</b>	<b>47179,8</b>

Plusieurs intermattes, de taille variable, occupées par des substrats meubles, sont visibles dans les herbiers superficiels. L'association de la matte morte à *Posidonia oceanica* est bien visible dans le secteur 4B (avec des surfaces plus de deux fois supérieures à celles mesurées dans les secteurs 3 et 4A ; Tableau 5) et ce principalement dans le golfe de Sant'Amanza (Figure 13; Figure 14). En effet, au niveau du golfe, cette association est localisée face à la plage de Balistra et en fond de golfe (Figure 14) ; elle représente plus de 11 % des fonds du golfe (Tableau 6).



BIOCÉNOSE			
	Biocénose de la roche supralittorale (RS)		Biocénose des algues infralittorales
	Biocénose de la roche médiolittorales supérieure (RMS)		Biocénose des fonds détritiques envasés (DE)
	Sables fins plus ou moins envasés en mer ouverte		Biocénose du détritique côtier (DC)
	Biocénose des sables fins bien calibrés (SFBC)		Association à rhodolithes sur DC
	Fonds meubles I		Biocénose des sables et graviers (SGCF)
	Biocénose de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i>		Fonds meubles C
	Association de la matte morte de <i>Posidonia oceanica</i>		Biocénose du coralligène (C)
	Mosaïque (herbier)		Fonds durs, cailloutis, galets et roches
			Bathymétrie

Figure 12 : Distribution des biocénoses benthiques du secteur 4A (Pointe de La Chiappa – Sud de La Rondinara) du littoral de la Corse.

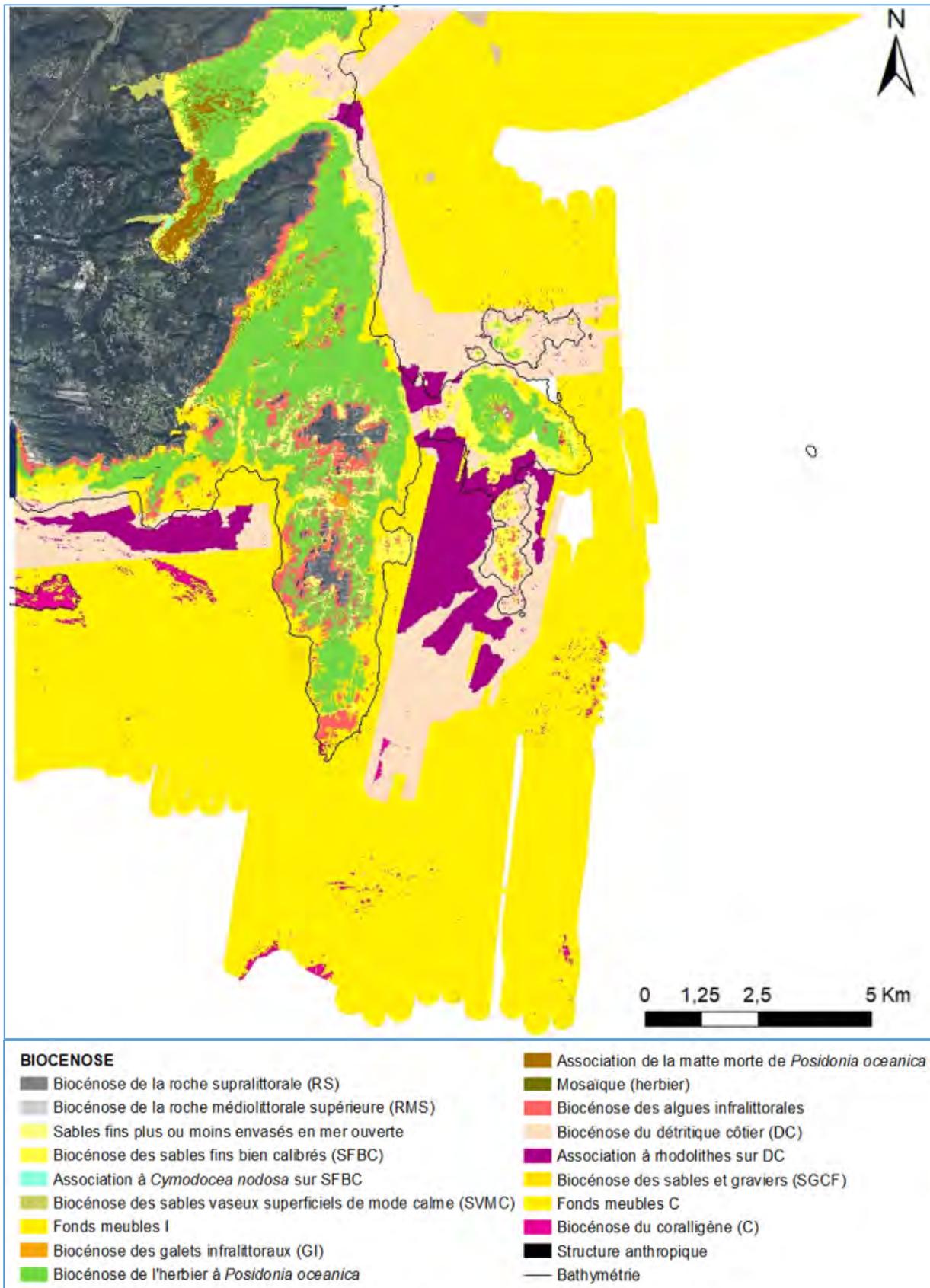


Figure 13 : Distribution des biocénoses benthiques du secteur 4B (Sud de La Rondinara – Cap Pertusato) du littoral de la Corse.

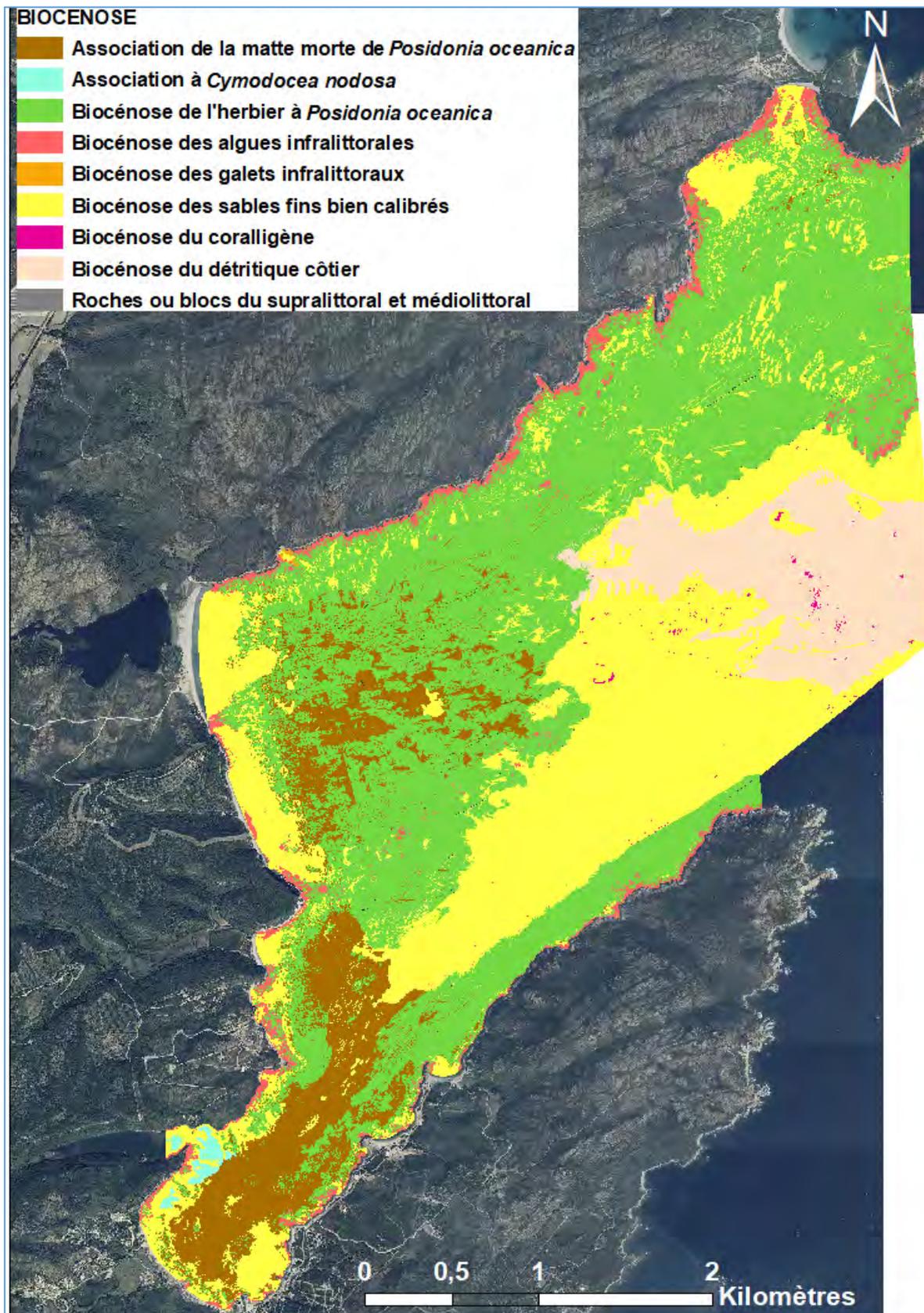


Figure 14 : Distribution des biocénoses benthiques dans le golfe de Sant'Amanza.

Tableau 6 : Surface (en ha) des différentes biocénoses au niveau du golfe de Sant’Amanza.

Biocénoses / Golfe de Sant’Amanza	Surface en ha	Surface en%
<b>Médiolittoral</b>		
Biocénose de la roche médiolittorale supérieure	0,1	< 0,1
<b>Infralittoral</b>		
Biocénose des sables fins bien calibrés (SFBC)	439,4	30,7
Association à <i>Cymodocea nodosa</i> sur SFBC	4,3	0,3
Biocénoses des galets infralittoraux	0,3	< 0,1
Biocénose de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> dont : Récif barrière, herbier tigré, atoll	645,0	45,1
Association de la matte morte de <i>Posidonia oceanica</i>	158,7	11,1
Biocénose des algues infralittorales	45,6	3,2
<b>Circolittoral</b>		
Biocénose du détritique côtier (DC)	135,7	9,5
Biocénose coralligène	1,8	0,1
<b>Total surface cartographiée</b>	<b>1430,8</b>	<b>100,0</b>

Si certaines de ces mattes mortes semblent être d’origine naturelle, d’autres, au regard de leur forme, sont caractéristiques d’activités anthropiques (e.g. marque en éventail liée au balayage d’une chaîne d’ancre sur le fond ; Figure 15). Elles sont, parfois, en partie masquées par des sables fins bien calibrés, qui s’accumulent dans les dépressions et peuvent alors être comptabilisées comme des surfaces de fonds meubles.

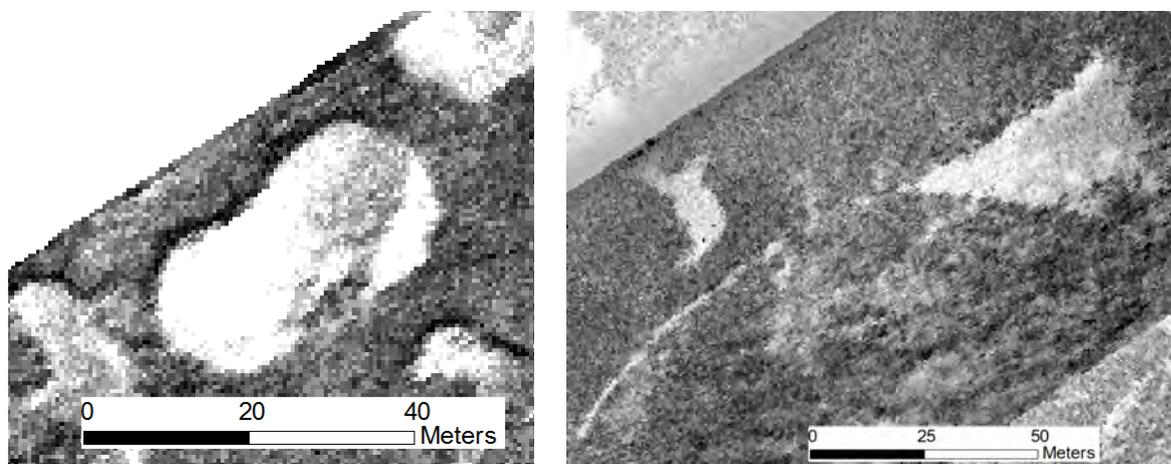


Figure 15 : Sonogrammes présentant des mattes mortes à *Posidonia oceanica* d’origine naturelle (à gauche), et caractéristiques d’ancre (à droite).

Les fonds meubles (sans distinction de typologie) occupent des surfaces importantes, tant au niveau de l’infralittoral que du circolittoral, avec 20 090,2 ha et 17 511,2 ha respectivement sur les secteurs 4A et 4B (Tableau 5). Lorsque la caractérisation a pu être réalisée, on constate que c’est principalement la biocénose des sables fins bien calibrés qui est la plus fréquemment observée au niveau de l’infralittoral et celle du détritique côtier, au niveau du circolittoral (Tableau 5 ; Figure 12 ; Figure 13 ; Figure 14). Néanmoins le déficit de connaissance reste

important au niveau du circalittoral avec plus de 80 % des substrats meubles qui restent sous l'appellation générique de « substrat meuble ». Ce déficit de connaissance explique sans doute pour partie les surfaces occupées par l'association à rhodolithes, seulement identifiée au Nord du secteur 4A et au centre du secteur 4B (Figure 12 ; Figure 13).

La fiabilité cartographique varie entre 25 % (acquisition morpho-sédimentaire ; Guennoc *et al.*, 2001) et 97,2 % (images drones avec un pixel de 3 cm) en fonction des moyens techniques utilisés et des objectifs visés par l'acquisition cartographique (Figure 16).

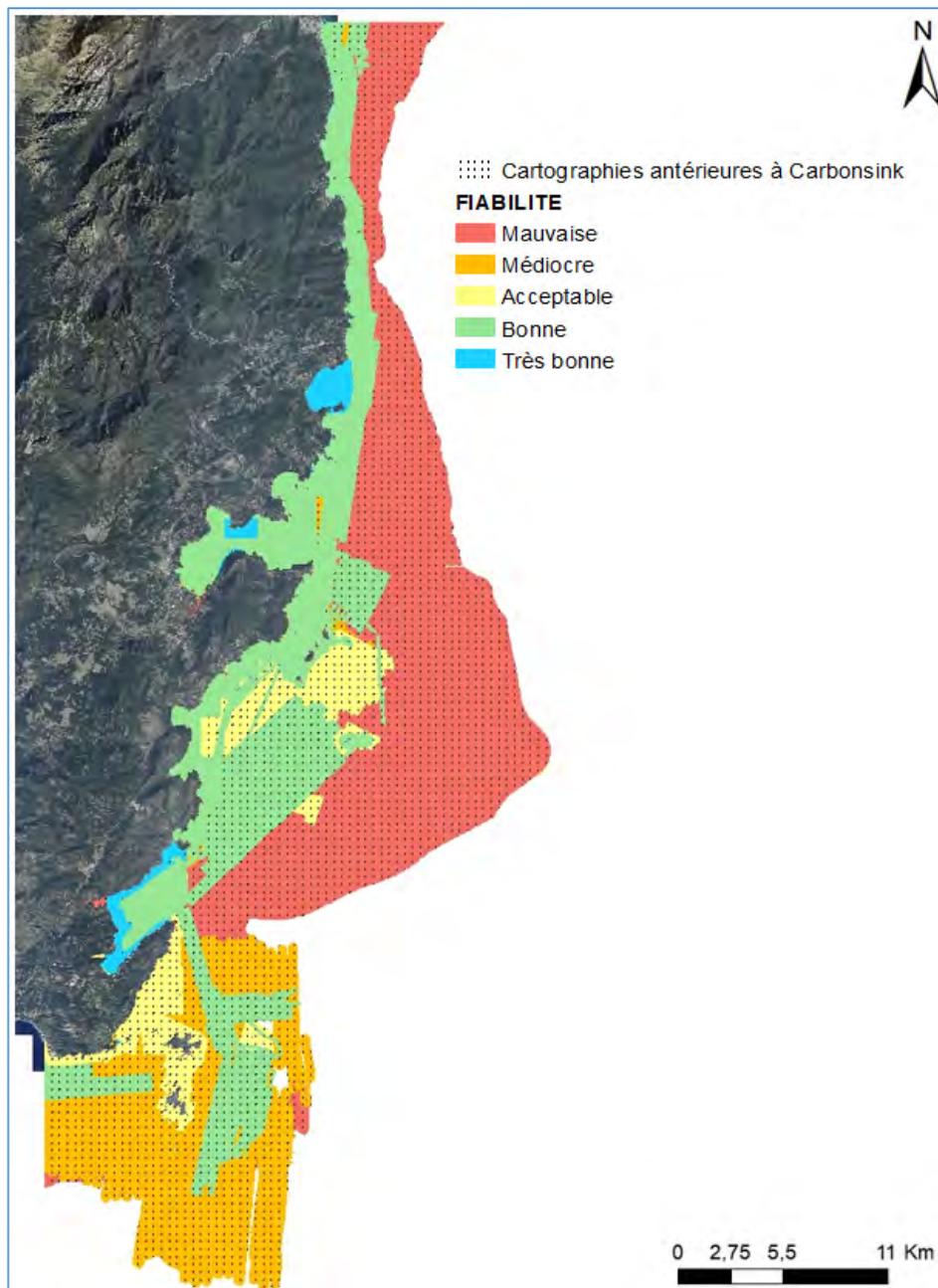


Figure 16 : Fiabilité des différentes cartes utilisées pour la distribution des habitats benthiques dans les secteurs 3 et 4 du littoral de la Corse.

Les résultats sont donc mauvais à médiocre au niveau de l'étage circalittoral, alors qu'ils apparaissent acceptables à très bon au niveau de l'infralittoral, du fait des efforts d'actualisation consentis sur cet étage avec CARBONSINK (Figure 16). Ainsi sur le golfe de Sant'Amanza la fiabilité cartographique s'établit entre 75 % (données acquises par sonar à balayage latéral) et 97 % (données drone) ce qui, au regard des surfaces respectives, donne une valeur moyenne pondérée de 82 % pour l'ensemble du golfe et donc une très bonne fiabilité.

La comparaison de la confiance que l'on peut accorder aux résultats cartographiques actuels (50 & 53% respectivement) avec les valeurs de CARTHAMED abouti à une diminution de la fiabilité des cartes (53 et 67% ; Pergent-Martini *et al.*, 2015), qui ne reflète pas la réalité mais provient des modifications apportées au mode de calcul de cet indice (réduction du nombre de critère, simplification de la mesure de certains critères et au poids plus important donné aux validation-terrains). En effet l'actualisation des valeurs de 2015 (42 % pour les secteurs 3 et 4) montre une progression équivalente dans chacun des secteurs.

### **3.3. Synthèse & discussion**

Il s'avère difficile de comparer directement la distribution des différents habitats benthiques avec les données antérieures (Pergent-Martini *et al.*, 2015a). Néanmoins si on comptabilise les grandes entités à savoir « substrats meubles », « substrats durs » et « herbiers » (incluant les herbiers à *Posidonia oceanica*, les mattes mortes et les mosaïques) les variations observées sont inférieures à 3 % de la superficie totale de chacune de ces entités. Par contre, on dispose d'une meilleure qualification des différentes biocénoses avec en particulier une diminution des surfaces des habitats génériques « substrats meubles » (de 3 000 ha) au profit d'habitats bien identifiés (principalement des sables fins bien calibrés et de façon moindre du détritique côtier). Au sein de l'entité « herbier » on note par contre une diminution des surfaces d'herbiers vivants et des mosaïques (perte de 60 ha) au profit des mattes mortes (gain de 130 ha) et donc une régression des herbiers à *Posidonia oceanica*. Cette régression reste limitée à l'échelle de la surface occupée par ces herbiers au sein des secteurs 3 & 4 (moins de 1 %) et comparable avec la tendance habituellement observée en Corse (Bonacorsi *et al.*, 2013) en dehors de secteurs soumis à une pression spécifique. C'est apparemment le cas au niveau du golfe de Sant'Amanza où une relation dégradation des herbiers et activité d'ancrage » est identifiée. En outre, cela démontre que, bien qu'une partie de l'augmentation des surfaces de mattes mortes soit due à des régressions de l'herbier à *Posidonia oceanica*, le recours à des images présentant une précision très élevée (drone notamment) permet une meilleure discrimination des mattes mortes vis-à-vis de la biocénose des algues infralittorales et/ou de la biocénose des sables fins bien calibrés. Ces images à haute précision permettent

également une meilleure identification des monuments naturels que constituent les récifs-barrières, les atolls de *Posidonia oceanica* ou les herbiers tigrés.

L'actualisation des données, même si elle n'améliore pas significativement la fiabilité globale des cartes, en particulier parce qu'elle intéresse quasi-exclusivement la tranche bathymétrique 0 - 40 m de profondeur, qui présente une superficie plus réduite que la tranche bathymétrique 40 - 100 m de profondeur, reste primordiale pour déceler précocement toute dégradation de l'état de santé des herbiers à *Posidonia oceanica*. Cette valeur de fiabilité renseigne également de façon visuelle le gestionnaire sur les nécessités en termes de renforcement des connaissances et le besoin d'actualisation des données des habitats au-delà de 40 m de profondeur.

## B - Quantification et caractérisation des stocks de carbone

### 1. Rappel

Lors des campagnes CORALCORSE (2013) et POSIDCORSE (2015) une expérimentation a été menée afin d'initier une caractérisation des mattes d'herbiers à *Posidonia oceanica* par sismique réflexion. Trois systèmes d'acquisition ont été utilisés : le Sparker (1 kHz), le sondeur de sédiments (SDS) Manta EDO (2,5 kHz) et le SDS PeskAvel (3,5 kHz). Au regard des premiers résultats, il convient de tenter de calibrer ces données acoustiques, au moyen de carottages dans la matte, dans plusieurs sites représentatifs, de façon à : i) préciser leur épaisseur, ii) déterminer leur teneur en carbone organique ( $C_{org}$ ) et inorganique ( $C_{inorg}$ ), iii) appréhender leur dynamique temporelle (radio-datation au carbone 14 ( $^{14}C$ )) et iv) disposer d'une évaluation des stocks de carbone à l'échelle du site Natura 2000 « Grand Herbier de la Côte orientale ».

### 2. Matériel et méthodes

#### 2.1 Acquisition des données

L'acquisition des carottes sédimentaires dans les herbiers à *Posidonia oceanica* a été réalisée durant la première moitié de la campagne océanographique CARBONSINK, en Août 2018. Les prélèvements sont effectués à l'aide de :

- Un carottier gravitaire de type Kullenberg équipé de tubes de 3 à 5 m de longueur et d'une caméra GoPro Hero 4 Silver® permettant d'avoir une visualisation en temps réel du point de prélèvement (Figure 17 ; Figure 18).



Figure 17 : Mise en œuvre du carottier Kullenberg sur le pont du N/O l'Europe.



Figure 18 : Vue du carottier Kullenberg dans l'herbier à *Posidonia oceanica*

- Une bouteille Niskin® pour le prélèvement de 9 litres d'eau de mer à -1,5 m de profondeur au niveau de chacune des stations de carottage.

Au total, une cinquantaine de carottages sont réalisés le long de la côte orientale. Les carottes (n = 34) sont principalement collectées le long de trois transects (Biguglia, Taverna et Urbino) à quatre profondeurs différentes (-10 m, -20 m, -30 m et -40 m). Les autres carottes prélevées au sein du site d'étude permettent de caractériser des éléments particuliers (e.g. embouchures de fleuves, herbiers sur roche, zone à double réflecteurs). Ainsi, ces carottes proviennent du site de Solenzara (n = 4), de stations spécifiques (n = 7) et/ou d'herbiers sur roche (n = 5).

## 2.2 Traitements et analyses des échantillons

La longueur des carottes est en moyenne de 2,10 m avec une valeur maximale de 3,65 m. Dès leur remontée à bord, les carottes sont traitées et sous-échantillonnées en tranches de 1 cm d'épaisseur tous les 5 cm. Les échantillons obtenus (n = 994) sont ensuite conditionnés, stockés et transportés au frais (1 à 5 °C) jusqu'au laboratoire. Les prélèvements d'eau de mer (n = 17) sont filtrés, dès réception à bord et également conditionnés au frais avant de procéder aux analyses élémentaires et isotopiques en laboratoire (Figure 19).

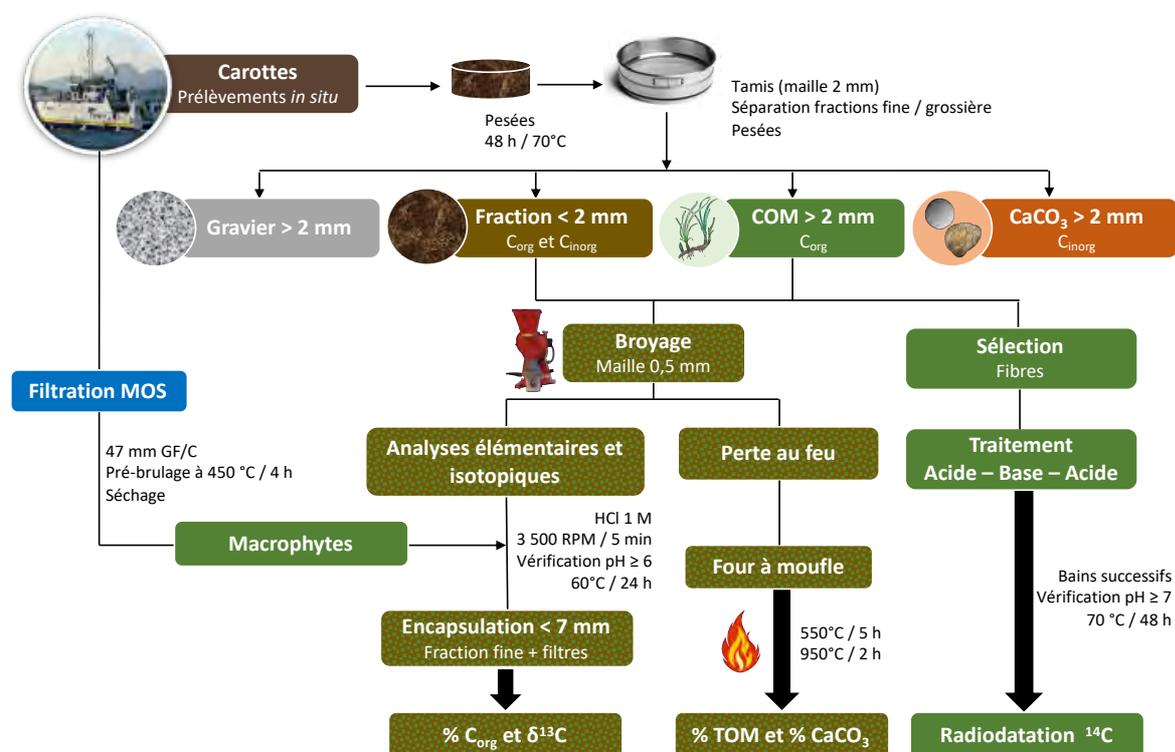


Figure 19 : Synthèse des traitements et analyses, réalisées sur les prélèvements sédimentaires et biologiques collectés durant la campagne CARBONSINK.

Au laboratoire, les échantillons de sédiments sont pesés pour déterminer la densité à sec et la porosité, puis tamisés et séparés en différentes fractions : la fraction fine (< 2 mm) composée de la matière organique et inorganique du sédiment (SOM) et la fraction grossière constituée de trois catégories : (i) la fraction organique grossière (COM, fragments de *Posidonia oceanica*), (ii) la fraction minérale grossière (gravier) et (iii) la fraction carbonatée grossière (coquilles et débris biogéniques ; Figure 19).

Les débris de *Posidonia oceanica* sélectionnés pour la datation au  $^{14}\text{C}$  sont nettoyés dans des bains successifs d'eau ultrapure MilliQ™ afin de désincruster les fibres de résidus de sédiment puis subissent des bains successifs d'acide chlorhydrique (HCl 1M, 80 °C, 30 minutes), de soude (NaOH 0,2M, 80 °C, 30 minutes) et d'acide chlorhydrique (HCl 1M, 80 °C, 1 heure) afin d'éliminer respectivement les carbonates, les acides fulviques et humiques et le  $\text{CO}_2$  atmosphérique. Les différents échantillons sont ensuite traités de façon spécifique en fonction des analyses à réaliser (Tableau 7).

Tableau 7 : Bilan des analyses réalisées sur les échantillons issus des carottages de la campagne CARBONSINK. Pour chaque type d'analyse, le nombre d'échantillons et le ou les laboratoires en charge de l'analyse sont indiqués.

Analyses	Échantillons	Laboratoire
Tri des fractions (> 2 mm et < 2 mm)	994	Univ. Corse
Analyses élémentaires (%C, %N)	350	Univ. Corse / Univ. La Rochelle
Analyses isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$ , $\delta^{15}\text{N}$ )	350	Univ. Corse / Univ. La Rochelle
Radiodatation $^{14}\text{C}$ (AMS)	38	Univ. Corse / DirectAMS
Teneurs en matière organique (% $\text{C}_{\text{org}}$ )	994	Univ. Corse
Teneurs en carbonates (% $\text{CaCO}_3$ )	994	Univ. Corse
Analyses granulométriques	40	Univ. Corse / AMU-CEREGE

### 3. Résultats

#### 3.1 Évaluation des stocks de Carbone

Les datations au  $^{14}\text{C}$  ont permis d'évaluer l'âge d'une trentaine d'échantillons de matte. Les valeurs obtenues sont comprises entre  $389 \pm 94$  et  $9\,073 \pm 181$  cal. an BP<sup>1</sup>. La valeur la plus ancienne est enregistrée au niveau de la station Urbino (-20 m) pour une profondeur de

<sup>1</sup> Nombre d'années calibrées avant 1950 (BP: Before Present)

sédiment de 191 cm. Si l'âge augmente régulièrement avec la profondeur de sédiment au niveau d'une même carotte, une forte variabilité entre les différentes carottes est notée, même lorsqu'elles sont prélevées à la même station (Figure 20).

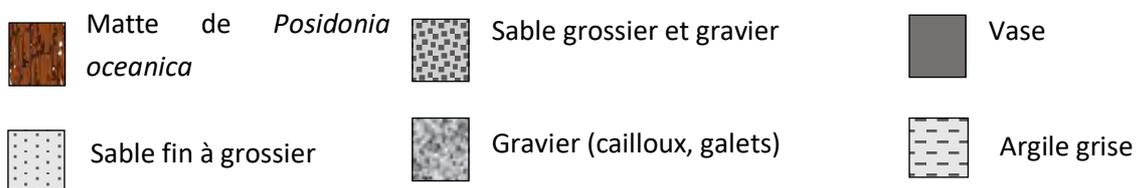
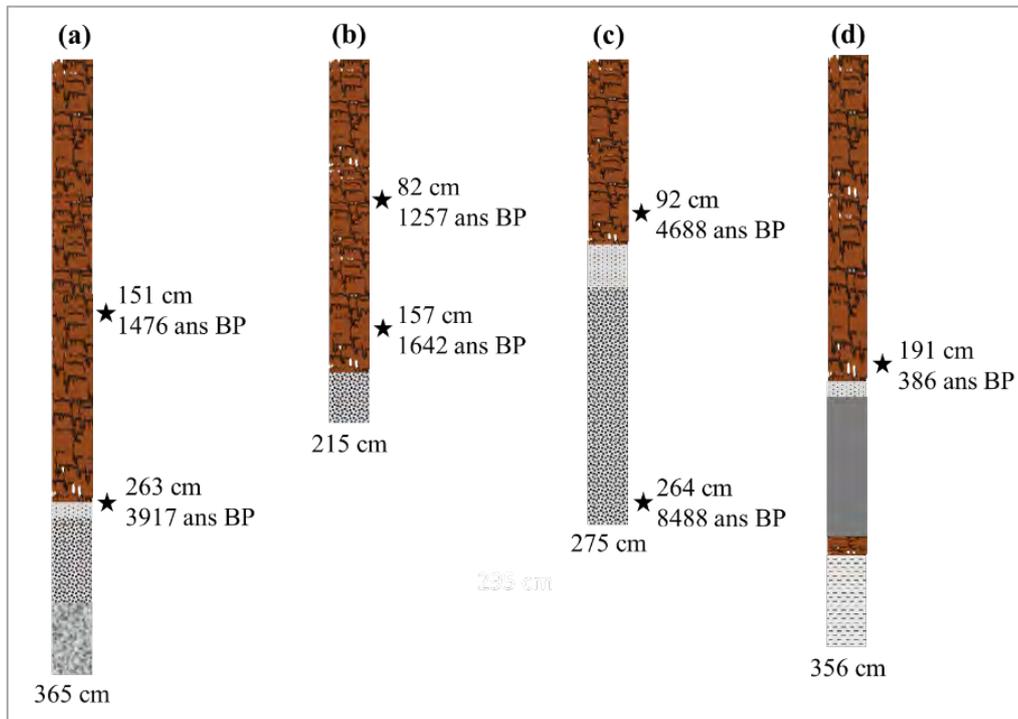


Figure 20 : Profils chronostratigraphiques du sédiment basés sur les carottes prélevées dans l'herbier à *Posidonia oceanica*. (a) Biguglia à -10 m ; (b, c et d) Urbino à -20 m. L'âge est exprimé en années BP, en fonction de la profondeur de la carotte (cm).

L'épaisseur de la matre (estimée sur la base de 861 544 valeurs) varie entre 0 et 867 cm avec une épaisseur moyenne de  $251,9 \pm 0,2$  cm pour l'ensemble du site Natura 2000 (Figure 21). Les mattes les plus épaisses sont observées dans le sud du site avec une valeur moyenne de 297,4 cm (secteur 2E ; Figure 22). Le volume de matre sur l'ensemble du site est estimé entre 354,1 et 453,0 millions de m<sup>3</sup> avec une valeur moyenne de  $403,5 \pm 49,4$  millions de m<sup>3</sup>.

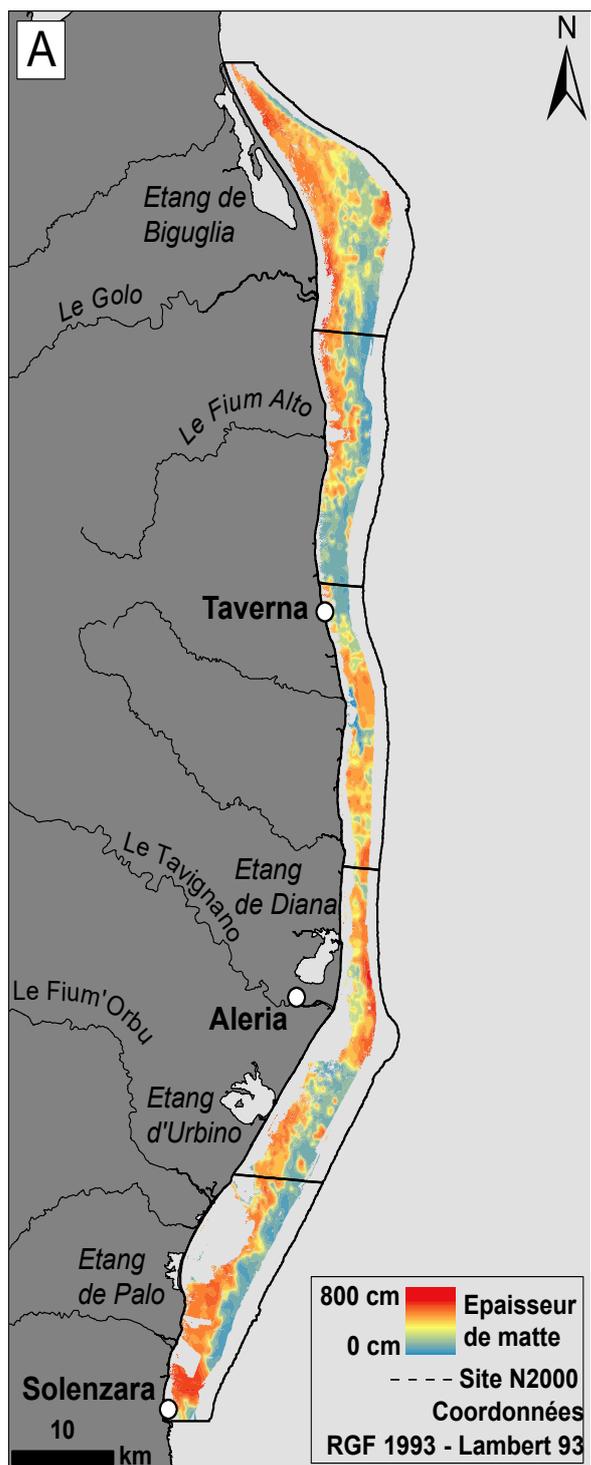


Figure 21 : Carte de prédiction des épaisseurs de mat de *Posidonia oceanica* dans le site Natura 2000.

Les modèles chrono-stratigraphiques linéaires âge-profondeur ont permis de déterminer l'âge et le taux moyen d'accrétion (vitesse d'élévation) de la mat. Pour les 30 premiers cm de mat, l'âge moyen est estimé à  $358 \pm 123$  cal. an BP et pour la profondeur standard de 100 cm, il est de  $1\,649 \pm 519$  cal. an BP.

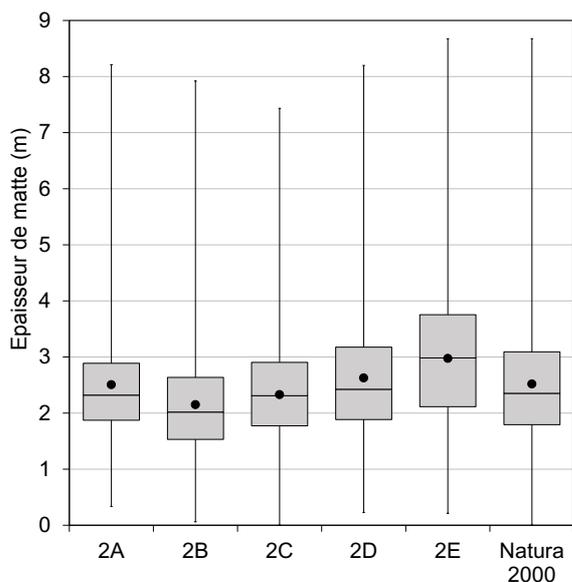


Figure 22 : Épaisseur moyenne de la mat dans les différents secteurs du site Natura 2000.

Le taux d'accrétion moyen est estimé à  $1,2 \pm 0,2 \text{ mm an}^{-1}$ . Le taux d'accrétion est plus élevé pour les herbiers qui se développent sur substrat rocheux ( $2,8 \pm 0,0 \text{ mm an}^{-1}$ ) et à faible profondeur ( $-10 \text{ m}$  ;  $1,7 \pm 0,3 \text{ mm an}^{-1}$ ).

La mat est caractérisée par une teneur élevée en composés organiques. La teneur en carbone organique (%  $C_{\text{org}}$ ) est en moyenne de  $3,67 \pm 0,12\%$  avec des valeurs plus élevées dans les couches de surface ( $7,25 \pm 1,23 \%$ ) diminuant vers la base de la mat ( $3,05 \pm 0,31\%$ ).

Sur le premier mètre d'épaisseur, les stations superficielles ( $-10$  et  $20 \text{ m}$ ) sont significativement plus riches en  $C_{\text{org}}$  que les stations plus profondes ( $-30$  et  $-40 \text{ m}$ ) avec respectivement  $3,76 \pm 0,28 \%$  et  $2,81 \pm 0,22 \%$   $C_{\text{org}}$ . La teneur en  $C_{\text{org}}$  maximales est observée à l'embouchure du Golo à  $-10 \text{ m}$  ( $5,27 \pm 0,26 \%$ ) et la minimale dans l'herbier sur roche au niveau de la station de Fautea à  $-10 \text{ m}$  ( $1,82 \pm 0,10 \%$ ). De façon générale, les herbiers implantés sur substrat rocheux présentent une teneur en  $C_{\text{org}}$  de la mat significativement plus faible que ceux se développant sur substrat meuble, avec respectivement  $3,74 \pm 0,12 \%$  et  $2,16 \pm 0,32 \%$ .

La signature isotopique du  $C_{\text{org}}$  ( $\delta^{13}\text{C}$ ) trouvée dans la mat est en moyenne comprise entre  $-3,31$  et  $-20,91 \text{ ‰}$  avec une valeur moyenne de  $-16,21 \pm 0,31 \text{ ‰}$ . Parmi les sources potentielles de carbone, les tissus de *Posidonia oceanica* montrent les valeurs les plus élevées en  $^{13}\text{C}$  ( $-12,49 \pm 1,27 \text{ ‰}$  en moyenne), alors que la matière organique particulaire en suspension (mesurée dans les prélèvements d'eau) présente les valeurs les plus faibles ( $-23,09 \pm 0,91 \text{ ‰}$  en moyenne) ; les macroalgues présentent quant à elles une grande variabilité ( $-12,43 \text{ ‰}$  pour *Codium bursa* à  $-28,01 \text{ ‰}$  pour *Flabellia petiolata*). Ces résultats suggèrent que les apports de matière organique allochtone marine ou terrestre (macroalgues, phytoplancton, apports terrestres) présentent une contribution significative aux stocks de carbone organique mesurés dans la mat (Figure 23). Le premier mètre d'épaisseur de la mat est également caractérisé par une teneur élevée en carbonate de calcium (%  $\text{CaCO}_3$ ) et par conséquent en carbone inorganique (%  $C_{\text{inorg}}$ ). La teneur en  $C_{\text{inorg}}$  de la mat représente en moyenne  $2,25 \pm 0,10\%$ .

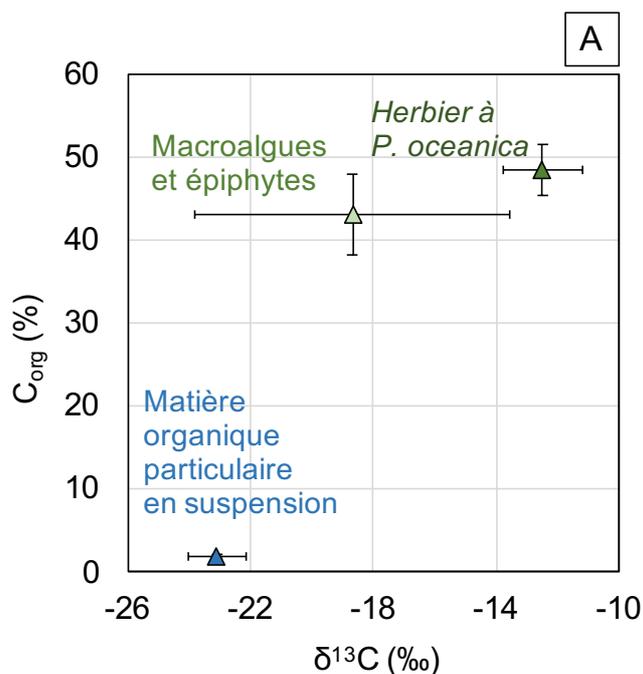


Figure 23 : Teneur en carbone organique (%) et  $\delta^{13}\text{C}$  (‰) des sources potentielles de carbone organique dans le site d'étude.

Ces teneurs augmentent avec la bathymétrie, les stations peu profondes (-10 et -20 m) présentent des valeurs significativement plus faibles ( $13,46 \pm 0,95$  %  $\text{CaCO}_3$  et  $1,62 \pm 0,11$  %  $\text{C}_{\text{inorg}}$ ) que les stations plus profondes (-30 et -40 m ;  $31,96 \pm 2,38$  %  $\text{CaCO}_3$  et  $3,77 \pm 0,28$  %  $\text{C}_{\text{inorg}}$ ). Les stocks de  $\text{C}_{\text{org}}$  et  $\text{C}_{\text{inorg}}$  associés aux herbiers de *Posidonia oceanica* peuvent être estimés sur la relation entre le stock de carbone et le gradient de profondeur observé dans les premiers 100 cm et 250 cm de matte de *Posidonia oceanica* du site Natura 2000.

Les stocks de  $\text{C}_{\text{org}}$  montrent une corrélation négative avec la profondeur, tandis que les stocks de  $\text{C}_{\text{inorg}}$  montrent une corrélation positive avec la profondeur (Figure 24).

Compte tenu des estimations des stocks de  $\text{C}_{\text{org}}$  et  $\text{C}_{\text{inorg}}$  dans les herbiers de *Posidonia oceanica* du site NATURA 2000 de la côte orientale de la Corse (moyenne sur 250 cm d'épaisseur) il apparaît que l'herbier semble constituer des puits nets de carbone et d'équivalent  $\text{CO}_2$ , sauf pour les herbiers profonds (entre -30 et -40 m) où il peut constituer une source du fait d'un stock de  $\text{C}_{\text{inorg}}$  plus élevé (Tableau 8 ; Figure 25).

Tableau 8 : Estimations du stock de carbone et de son équivalent en  $\text{CO}_2$  (moyenne  $\pm$  écart-type) dans l'épaisseur de la matte de *Posidonia oceanica* (250 cm) du site Natura 2000, sur la base du bilan entre le stock de  $\text{C}_{\text{org}}$  (puits de  $\text{CO}_2$ ) et le stock de  $\text{C}_{\text{inorg}}$  (source de  $\text{CO}_2$ ). <sup>(1)</sup> Bilan entre le stock de  $\text{C}_{\text{org}}$  et le stock de  $\text{C}_{\text{inorg}}$  (multiplié par 0,6 pour répondre à l'hypothèse selon laquelle 0,6 mole de  $\text{CO}_2$  est libérée par mole de  $\text{CaCO}_3$  précipité), <sup>(2)</sup> Calculé en multipliant le bilan  $\text{C}_{\text{org}}-\text{C}_{\text{inorg}}$  par 3,67. En vert : puits net de  $\text{CO}_2$ , en rouge : source nette de  $\text{CO}_2$ .

Profondeur	Stock $\text{C}_{\text{org}}$ (kg $\text{C}_{\text{org}}$ $\text{m}^{-2}$ )	Stock $\text{C}_{\text{inorg}}$ (kg $\text{C}_{\text{inorg}}$ $\text{m}^{-2}$ )	Bilan $\text{C}_{\text{org}}-\text{C}_{\text{inorg}}$ <sup>(1)</sup> (kg $\text{C}_{\text{org}}$ $\text{m}^{-2}$ )	Bilan eq. $\text{CO}_2$ <sup>(2)</sup> (kg $\text{C}_{\text{org}}$ $\text{m}^{-2}$ )
10 m	$82,4 \pm 9,6$	$29,8 \pm 7,7$	$64,5 \pm 8,3$	$236,8 \pm 30,4$
15 m	$96,0 \pm 0,0$	$42,8 \pm 0,0$	$70,3 \pm 0,0$	$258,2 \pm 0,0$
20 m	$76,9 \pm 8,3$	$71,8 \pm 17,5$	$33,9 \pm 13,1$	$124,3 \pm 47,9$
30 m	$40,1 \pm 10,7$	$101,2 \pm 30,9$	$-20,7 \pm 16,4$	$-75,9 \pm 60,4$
40 m	$36,3 \pm 12,4$	$102,4 \pm 35,4$	$-25,2 \pm 33,7$	$-92,3 \pm 123,7$
Moyenne	$70,4 \pm 6,4$	$60,5 \pm 10,2$	$34,1 \pm 10,2$	$125,1 \pm 37,4$

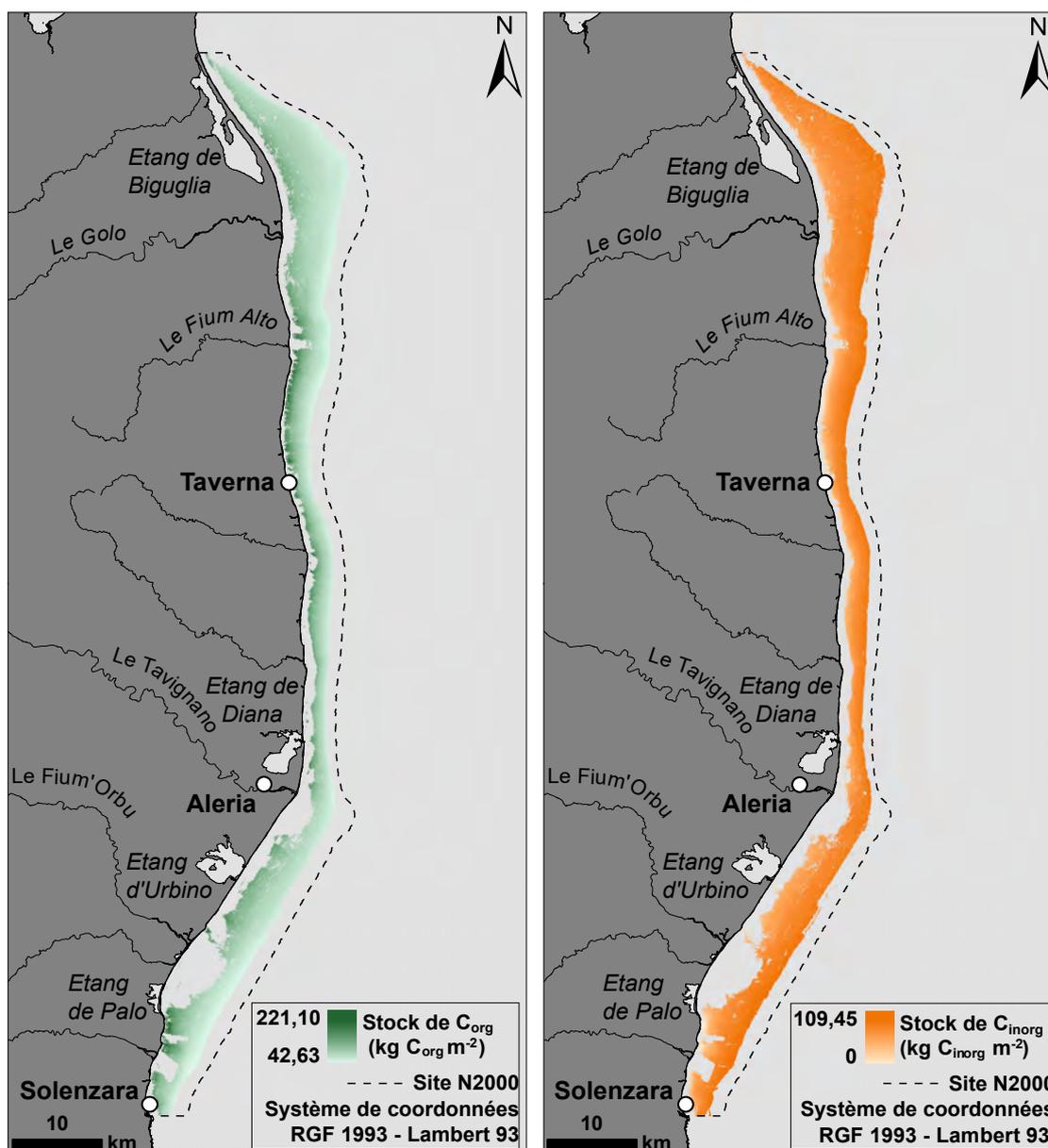


Figure 24 : Carte prédictive du carbone organique (à gauche) et inorganique (à droite) stockés dans les mattes de *Posidonia oceanica* (250 cm d'épaisseur) dans le site Natura 2000.

La quantité globale de carbone (convertie en équivalent CO<sub>2</sub>), stockée au sein des mattes de *Posidonia oceanica* pour le site Natura 2000 (250 cm d'épaisseur), est évaluée à partir du carbone organique (C<sub>org</sub>) et inorganique (C<sub>inorg</sub>) présents au sein de ces structures. Cette quantité totale de carbone piégée (à l'origine de l'édification de la matte), correspond au stock de carbone organique (fixation par la plante) diminué du CO<sub>2</sub> émis lors de la production du carbone inorganique (calcification). Elle est estimée à 16,5 millions de t de CO<sub>2</sub> pour le site Natura 2000. Par extrapolation à l'ensemble des herbiers de Corse, cette valeur est estimée à 43,4 millions de t de CO<sub>2</sub>, soit près de 27 années d'émission de CO<sub>2</sub> par l'ensemble de la population de la Corse (sur la base des émissions de 2018 ; [www.globalcarbonatlas.org](http://www.globalcarbonatlas.org)).

Toutefois, la fraction du carbone « mobilisable » au sein de la matre correspond essentiellement au carbone organique car le carbone inorganique, constitué principalement de débris calcifiés d'organismes vivants (coquilles, squelettes calcaires, ...), est très peu reminéralisable et dégradable. Ainsi, en cas de destruction des matres, ce carbone organique constituerait donc une source potentielle très importante car il correspondrait à 72 années d'émission de CO<sub>2</sub> pour la Corse.

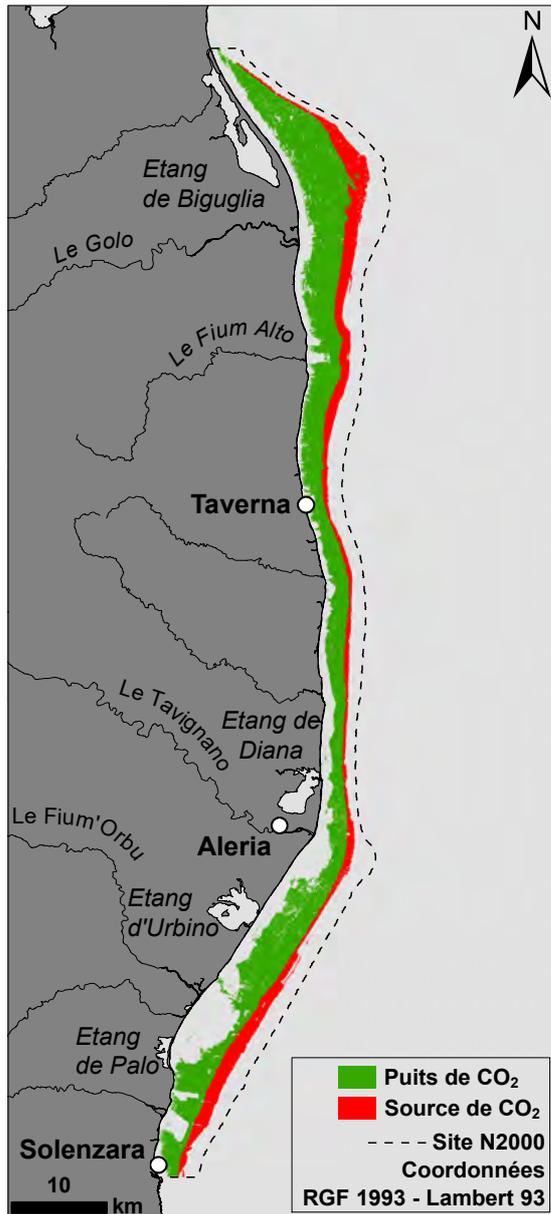


Figure 25 : Carte de la contribution de la matre de *Posidonia oceanica* (250 cm d'épaisseur) du site Natura 2000 comme puits de CO<sub>2</sub> (en vert) ou source de CO<sub>2</sub> (en rouge) basé sur l'équilibre entre le stock de C<sub>org</sub> et C<sub>inorg</sub> stock.

### 3.2 Utilisation de la matre comme paléo-archive

L'analyse des carottes a également permis de souligner le rôle de paléo-archive de la matre de *Posidonia oceanica*. En effet, l'analyse des différentes fractions sédimentaires a permis de mettre en évidence la présence de débris carbonneux qui pourraient correspondre à des feux

de forêts majeurs ayant affecté le bassin versant oriental de la Corse (région densément boisée) et qui auraient ensuite été transportés par les fleuves côtiers insulaires avant d'être piégés dans les sédiments de l'herbier. Les datations réalisées estiment l'âge de ces charbons entre 6 191 et 9 215 cal. an BP, ce qui serait bien avant le développement de l'agriculture (et la déforestation qui l'accompagne) établit à une période entre 3 500 et 2 500 ans BP. Une analyse plus détaillée des échantillons de la même période (pollen, apports continentaux) permettrait d'apporter davantage d'informations.

Le dépouillement des échantillons au laboratoire a également permis de mettre au jour un banc de corail fossile de *Cladocora caespitosa* (Figure 26).

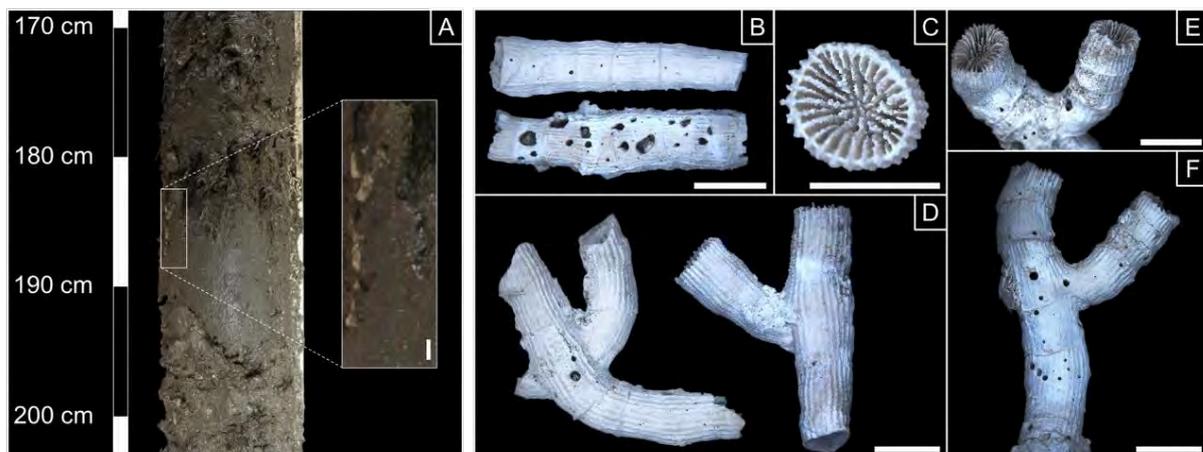


Figure 26 : Fragments de *Cladocora caespitosa* visibles après l'ouverture de la carotte (a), fragments de corail bien conservés et forés (b), calice de *Cladocora caespitosa* (c), fragments de corail avec branches (d), fragments de coraux érodés caractérisés par des traces de croissance sur la face extérieure (e, f). Barre d'échelle : 5 mm.

Cette découverte, unique en Méditerranée, a fait l'objet d'un article scientifique en cours de publication (Monnier *et al.*, *in press*) dont le résumé est présenté ci-dessous :

Le long de la plupart des côtes méditerranéennes, l'espèce endémique *Posidonia oceanica* construit de vastes prairies sous-marines et des bioconstructions complexes comparables à des tourbières, appelées « mattes ». Ces structures bioconstruites sont reconnues comme des archives biologiques de grande valeur permettant la reconstruction et l'étude des changements paléo-climatiques et paléo-écologiques de l'environnement côtier au cours de la période Holocène. L'une des carottes de matre de *Posidonia oceanica* prélevée lors d'une campagne océanographique le long du plateau continental oriental de la Corse (France, nord-ouest de la Méditerranée) a permis la découverte d'un banc fossile du corail *Cladocora caespitosa* incrusté dans la matre. L'analyse des caractéristiques morphologiques et biométriques des fragments de ces coraux couplée à l'étude biogéosédimentologique et à la datation au radiocarbone a contribué à la reconstruction de la séquence stratigraphique depuis le milieu

de l'Holocène (4 750 cal. an BP). L'étude de la carotte sédimentaire a permis d'identifier trois phases majeures : (i) la mise en place des colonies de *C. caespitosa* (~4 750 - 3930 cal. an BP), (ii) la coexistence du banc de *C. caespitosa* et de l'herbier à *Posidonia oceanica* (~ 3 930 – 1 410 cal. an BP), suivie par (iii) la mort du banc de corail et le développement d'un herbier à *Posidonia oceanica* (~1 410 cal. an BP-présent). L'analyse sclérochronologique menées sur les sur les fragments de coraux les mieux conservés a révélé que le taux de croissance annuel moyen du corail variait entre 1,9 et 3,1 mm an<sup>-1</sup> avec une valeur moyenne estimée à 2,3 ± 0,8 mm an<sup>-1</sup>. L'analyse des tendances a montré des oscillations semi-millénaires à millénaires des taux de croissance annuels qui sont probablement liées aux changements climatiques environnementaux entre la période Subatlantique (2 925 - 2 200 cal. an BP) et le Petit Age Glaciaire (1 500 – 1 000 cal. an BP). Après ~1 750 cal. an BP, le déclin et la mort du banc de *C. caespitosa* est probablement lié à l'effet combiné d'une augmentation prolongée des températures estivales et d'une augmentation de la concurrence avec la prairie *Posidonia oceanica* pendant la période Romaine (2 200 – 1 500 cal. an BP).

### 3.3 Synthèse & discussion

L'âge des mattes présentes dans le site NATURA 2000 est compris entre 389 ± 94 et 9 073 ± 181 cal. an BP, ce qui indique que l'herbier à *Posidonia oceanica* s'est installé en Corse au début de l'Holocène. L'épaisseur de la matte sur l'ensemble du site varie entre 0 et 867 cm avec une épaisseur moyenne de 251,9 ± 0,2 cm ; soit un volume moyen de 403,5 ± 49,4 millions de m<sup>3</sup>. Le taux moyen d'accrétion (vitesse d'élévation) de la matte est estimé à 1,2 ± 0,2 mm an<sup>-1</sup>, avec des valeurs plus élevées pour les herbiers qui se développent sur substrat rocheux.

La matte est caractérisée par une teneur élevée en carbone organique (% C<sub>org</sub>). Elle est en moyenne de 3,67 ± 0,12 %, avec des teneurs en C<sub>org</sub> maximales à l'embouchure du Golo à 10 m de profondeur (5,27 ± 0,26%) et minimales au niveau des herbiers sur roche. L'origine de ce carbone organique est essentiellement liée aux tissus de *Posidonia oceanica* mais également à des macroalgues qui vivent dans l'herbier. Les teneurs en carbonate de calcium (% CaCO<sub>3</sub>) dans la matte et par conséquent en carbone inorganique (% C<sub>inorg</sub>) sont significatives et augmentent avec la bathymétrie. Ainsi, les herbiers à *Posidonia oceanica* semblent constituer des puits nets de carbone (stock C<sub>org</sub> > C<sub>inorg</sub>), sauf pour les herbiers profonds (entre -30 et -40m) qui peuvent représenter une source du fait d'un stock de C<sub>inorg</sub> plus élevé.

La quantité globale de carbone (C<sub>org</sub> et C<sub>inorg</sub>), stockée dans la matte, est estimée à 16,5 millions de t d'équivalent CO<sub>2</sub> émis pour le site Natura 2000, et par extrapolation à 43,4 millions de t pour l'ensemble des herbiers de Corse. Ce stock représente près de 27 années d'émission de CO<sub>2</sub> par l'ensemble de la population de la Corse et souligne le rôle majeur joué par les herbiers comme puits de carbone et leur contribution à l'atténuation des effets du changement climatique.

La matte de *Posidonia oceanica* joue également un rôle de paléo-archive unique en milieu littoral. L'analyse des carottes a ainsi permis de mettre en évidence des fragments de charbon qui pourraient correspondre à des feux de forêts majeurs (entre 6 191 et 9 215 cal. an BP) mais également de mettre à jour un banc de corail fossile de *Cladocora caespitosa* qui a été supplanté par l'herbier à *Posidonia oceanica* vers 1 410 cal. an BP.

## C- Identification des pressions

### 1. Rappel

Plusieurs impacts anthropiques de nature à dégrader les herbiers à *Posidonia oceanica* ont été identifiés au niveau du site Natura 2000 « Grand Herbière de la Côte orientale » lors des missions cartographiques précédentes (Pergent-Martini *et al.*, 2015b). Les plus problématiques sont des traces de chalutage et des marques dues au mouillage de grosses unités (e.g. tankers). En effet ces dégradations concernent des surfaces évaluées entre 154 ha et 254 ha, soit au regard de la densité des herbiers à *Posidonia oceanica* dans ce secteur, la destruction de 185 à 305 millions de faisceaux. Ces activités sont donc de nature à entraîner une régression des herbiers à *Posidonia oceanica*, et, ce faisant, une diminution de la fixation du carbone. De plus la création de tranchées par les ancres et l'abrasion générée par le mouvement des chaînes de bateaux peut entraîner un démantèlement des mattes et une libération du carbone stocké au niveau de ces dernières. L'augmentation des activités nautiques le long du littoral de la Corse (Fontaine *et al.*, 2019) et en particulier de la grande plaisance dans certains sites de la RNBB (Sorba *et al.*, 2018) constitue donc un risque pour le maintien des puits de carbone que sont les mattes d'herbiers qu'il convient de tenter de mieux évaluer, afin de proposer des mesures de gestion adaptées.

### 2. Matériel et méthodes

#### 2.1 Identification des pressions

L'étude s'est focalisée sur le golfe de Sant'Amanza, situé sur la commune de Bonifacio, dans la partie Est de la RNBB. D'une superficie de 1 450 ha, le fond du golfe accueille une zone de mouillage organisée, un port de plaisance et une ferme aquacole, mais s'avère, du fait de son orientation, constituer une zone-abri très appréciée par les plaisanciers en saison estivale (Sorba *et al.*, 2018).

Une analyse de la fréquentation plaisancière du site est réalisée à partir des données AIS Marine Traffic® issues de la plateforme MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr>) et de l'étude de Fontaine *et al.* (2019), pour la période 2012-2018, et complétée, pour la période Mars 2019 à Mars 2020, par des données AIS directement acquises auprès de Marine Traffic®.

Ces données de fréquentation sont ensuite croisées avec les données de distribution des habitats benthiques du golfe (Cf. A – 3.2. Actualisation de la distribution des habitats des secteurs 3 & 4) afin d'identifier les habitats soumis aux pressions liées à l'ancrage.

## 2.2 Évaluation de la sensibilité des habitats à l’ancrage

Sur la base des travaux de La Rivière *et al.*, (2015), visant à identifier les différentes pressions physiques engendrées par les activités anthropiques, et au regard des données bibliographiques (voir détail *in* Pergent-Martini *et al.*, 2020), les pressions, dues à un ancrage modéré, sont identifiées en fonction de la taille des unités (Tableau 9), avec une absence de pression détectable pour les unités inférieures à 4 m de long (Boudouresque *et al.*, 1995).

Tableau 9 : Nature des pressions dues à un ancrage peu fréquent, en fonction de la taille des unités.

Taille des bateaux	4 m	12 m	> 24m	> 60 m
<b>Perturbations physiques du fond</b>	<p>&lt; -Abrasion superficielle -----&gt;</p> <p>&lt; ----Abrasion peu prof-----&gt;</p> <p>&lt; ----Abrasion profonde-----&gt;</p> <p>&lt; -----Tassement -----&gt;</p> <p>&lt; ----Remaniement -----&gt;</p> <p>&lt; ----Dépôt faible de matériel -----&gt;</p> <p>&lt; ---- Dépôt important-----&gt;</p> <p>&lt; ---- Extraction de substrat-</p>			
<b>Changements hydrologiques</b>	< ----Modification de la charge en particules ----->			
<b>Perte physique</b>	< -- Changement d’habitat ---->			

En tenant compte de la sensibilité des habitats benthiques à ces différentes pressions, il est possible d’attribuer une sensibilité à chaque habitat (La Rivière *et al.*, 2016). Dans la mesure où on ne dispose pas de donnée expérimentale sur l’existence de synergies entre pressions, on considère que les pressions qui s’exercent de façon concomitante, s’additionnent simplement. Un score de 1 à 5 est donc attribué aux valeurs de sensibilité (de très faible à très haute) et la moyenne est calculée. Pour les habitats pour lesquels la sensibilité peut être variable (e.g. biocénose des algues infralittorale ; La Rivière *et al.*, 2016), la valeur de sensibilité utilisée est établie en tenant compte des espèces prédominantes. Pour les habitats (e.g. association de la matre morte de *Posidonia oceanica*) qui n’ont pas donné lieu à évaluation par La Rivière *et al.* (2016), elle est réalisée à dire d’expert en intégrant le rôle joué par cette structure dans le stockage et la séquestration du carbone (Cf. B - Quantification et caractérisation des stocks de carbone).

Une valeur de sensibilité globale de l’ancrage sur un habitat benthique donné peut donc être produite pour chaque classe d’unité ancrée. Cette information est ensuite généralisée à l’échelle du golfe de Sant’Amanza.

### 2.3 Évaluation de la vitalité de l'herbier à *Posidonia oceanica*

Une évaluation *in situ* de l'herbier à *Posidonia oceanica* est réalisée dans deux sites, l'un soumis régulièrement aux activités d'ancrages, au droit de la plage de Balistra, l'autre utilisé de façon plus occasionnelle, vers l'entrée du golfe de Sant'Amanza constitue un site de référence. L'évaluation est réalisée, dans chacun des sites, le long d'un gradient de profondeur (entre -5 m et -30 m  $\pm$  1 m) en plongée en scaphandre autonome, fin Mai - début Juin 2020 (Figure 27).

Un prélèvement d'une dizaine de faisceaux de *Posidonia oceanica* est réalisé (i) au niveau de chacune des stations des transects T1 (au droit de la plage de Balistra) et T2 (entrée du golfe), et (ii) dans une station d'herbier sur roche (HP\_Roch à -15m ; Figure 27).



Figure 27 : Stations de prélèvements et de mesure de la densité des herbiers à *Posidonia oceanica* dans le golfe de Sant'Amanza. Seuls les herbiers sur roche sont représentés (verdâtre). Les transects T1 et T2, et les stations ponctuelles apparaissent en vert, les stations sur roche sont en jaune, les isobathes (-10 m, -20 m et -30 m) sont figurés en blanc.

Des mesures de la densité (nombre de faisceaux par m<sup>2</sup>) de l'herbier sont également réalisées à chaque station, à l'aide d'un quadrat de 40cm de côté, et dans deux stations supplémentaires à faibles profondeurs (-3m) sur sable et sur roche (Figure 27).

Au laboratoire, une analyse phénologique (Giraud, 1979) et une étude lépidochronologique (Pergent, 1990) sont réalisées sur les faisceaux prélevés. La production primaire est estimée selon la méthode lépidochronologique croisée (Vela *et al.*, 2006), dérivée de Pergent & Pergent-Martini (1990). Une feuille est formée d'une gaine basale non photosynthétique (pétiole) et d'un limbe. La production primaire du limbe est estimée à partir du nombre moyen de feuilles produites annuellement, de la longueur moyenne des limbes adultes de rang 3 (généralement la plus longue feuille du faisceau foliaire), de la largeur moyenne des limbes adultes de rang 1, de la densité moyenne (poids par unité de surface) du limbe adulte de rang 1 (feuille la plus âgée dont la croissance est achevée). La production primaire des pétioles est estimée à partir du nombre moyen de feuilles produites annuellement, de la longueur moyenne, de la largeur et de la densité des pétioles adultes de rang 1.

Un coefficient de correction est appliqué à la longueur des limbes et des pétioles prélevés au mois de Juin pour déterminer leur valeur moyenne sur une année (Valette-Sansevin, 2018).

La production de rhizome est évaluée à partir des segments de rhizome, compris entre deux écailles (pétioles morts persistants le long du rhizome) présentant une épaisseur minimale (correspondant à la production pendant une période d'un an), coupés, séchés (70 °C) jusqu'à poids constant et pesés. Les segments correspondant aux deux années les plus récentes ne sont pas considérés car leur croissance n'est pas encore achevée (Boudouresque *et al.* 1984). La teneur en carbone (% C) des limbes, pétioles et rhizomes, exprimée en pourcentage de masse sèche (MS), est déterminée pour chaque échantillon à l'aide d'une analyse élémentaire (Elementar Vario MICRO Cube®, Elementar Analysensysteme GmbH).

### **3. Résultats**

#### **3.1 Caractérisation de l'activité d'ancrage**

Les données AIS, extraites de la plateforme MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr>), montrent une augmentation générale de la fréquentation dans le golfe de Sant'Amanza pour la période 2012-2018, avec des fluctuations en fonction de la taille des bateaux (Figure 28).

Cette fréquentation s'établit de façon différenciée au sein du golfe avec une répartition de la grande plaisance plus marquée au droit de la plage de Balistra. Ce site est le second de la RNBB

en termes de fréquentation par la grande plaisance, avec 56 unités observées au cours de l'été 2017 (Sorba *et al.*, 2018) et 80 unités au cours de l'été 2018 (Fontaine *et al.*, 2019 ; Figure 29).

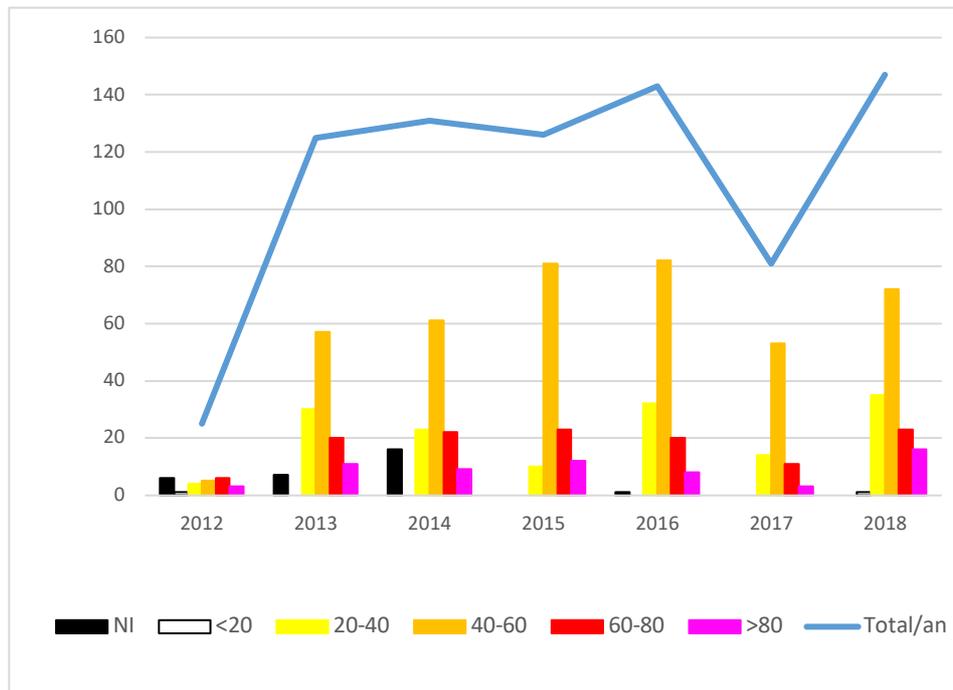


Figure 28 : Fréquentation du golfe de Sant'Amanza, par la plaisance (données AIS ; MEDXTRIX, 2020) de 2012 à 2018 en nombre de bateaux par classe de taille (en m ; histogramme) et en cumulée (ligne).

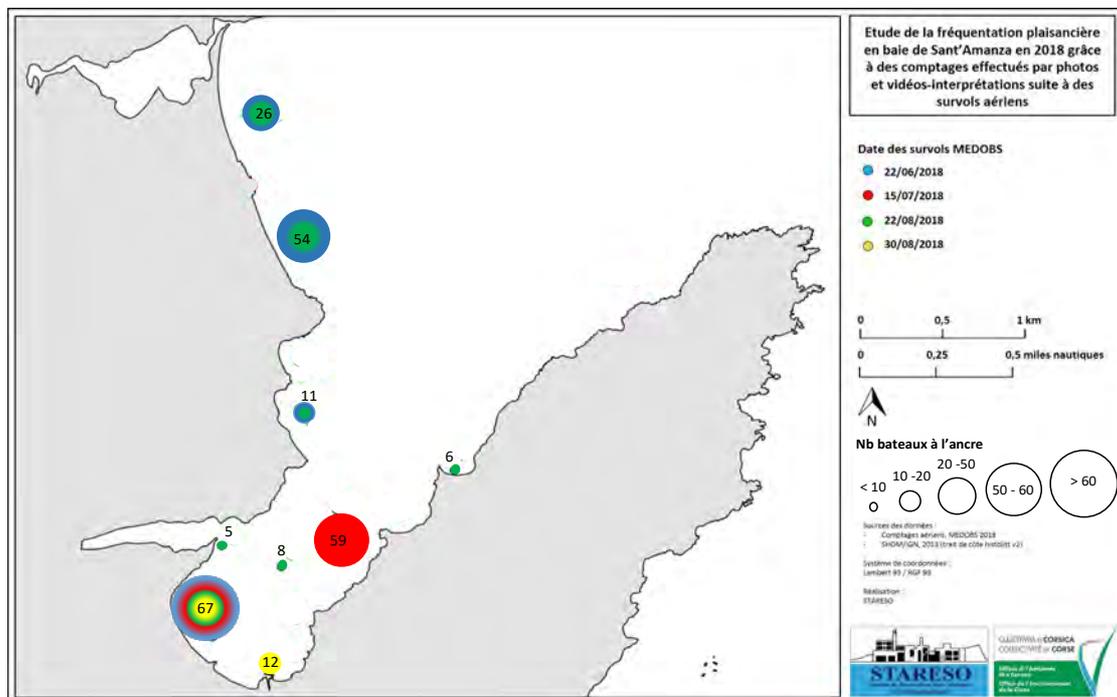
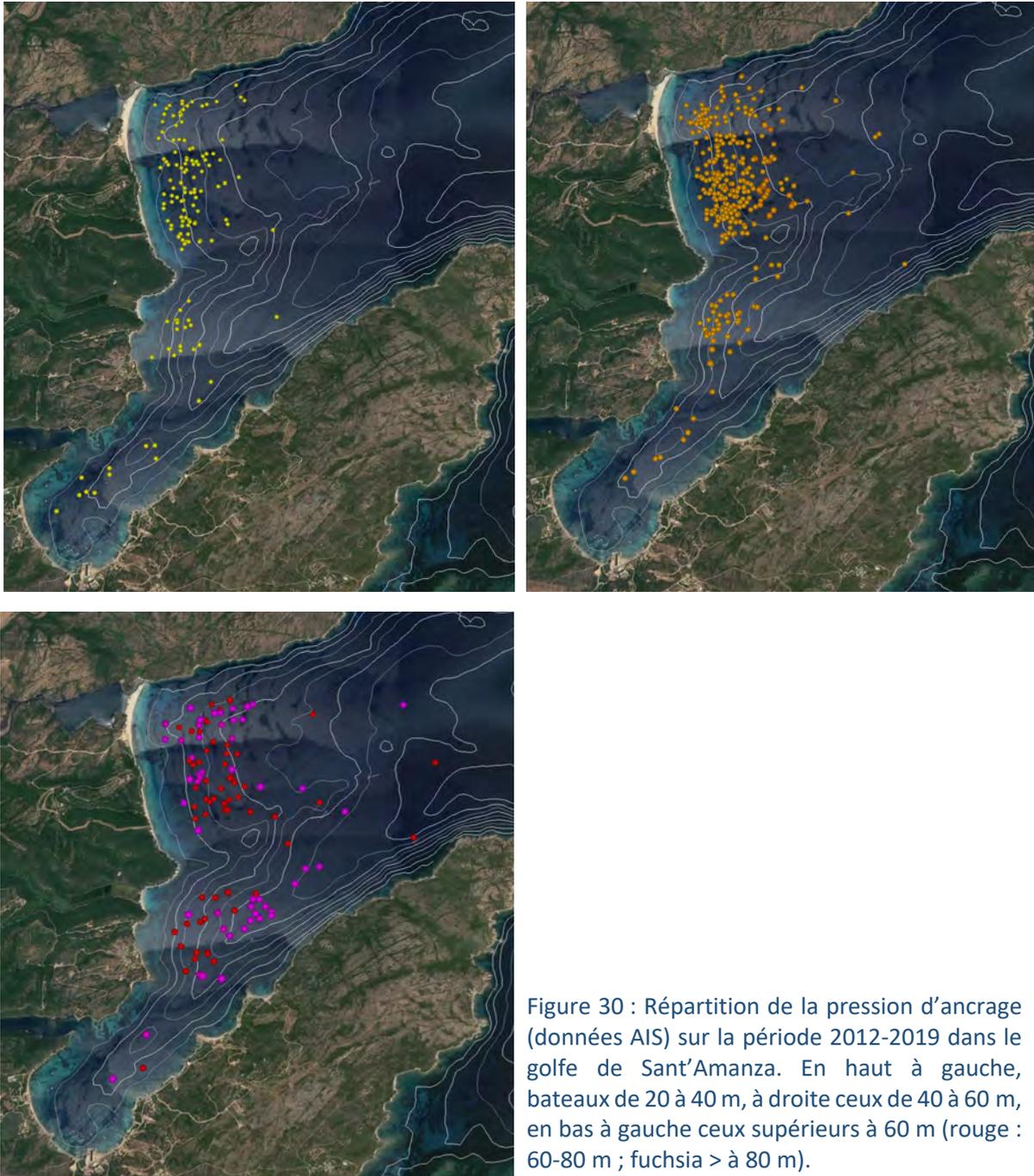


Figure 29 : Distribution des bateaux à l'ancre, lors des comptages au cours de l'été 2018 (Fontaine *et al.*, 2019). Les couleurs renvoient aux dates des comptages et la taille des cercles est fonction du nombre de bateaux observés (valeurs cumulées).

L'analyse des données AIS, sur l'ensemble de la période 2012-2019, montre que la pression d'ancrage des unités de 20 à 40 m de long s'exerce majoritairement sur les petits fonds (-5 m à -15 m), pour les unités de 40 à 60 m de long sur les fonds entre -5 m et -25 m et pour les unités supérieures à 60 m de long sur les fonds au-delà de 20 m de profondeur (Figure 30).



### 3.2 Sensibilité des habitats à l'ancrage

Pour une taille d'unité donnée, on peut identifier les pressions qui s'exercent (Tableau 9) et donc estimer la sensibilité d'un habitat particulier à ces pressions concomitantes. Ainsi

l'ancrage modéré d'unités comprises entre 4 et 12 m va engendrer des abrasions qui peuvent être superficielles à peu profondes et s'accompagner d'un dépôt faible de matériel. La valeur de sensibilité de chaque habitat peut donc être calculée (Tableau 10).

Tableau 10 : Sensibilité des principaux habitats du golfe de Sant'Amanza aux différentes pressions physiques s'exerçant lors de l'activité d'ancrage, pour les unités de 4 m à moins de 12 m de long. Valeurs de sensibilité : TH - très haute, H - haute, M – modérée, F – faible, TF – très faible ; SFBC - sables fins bien calibrés ; Alg. Infral - algues infralittorales ; H. Cy/SFBC – herbier de Cymodocées sur SFBC ; H.Po – Herbier à *Posidonia oceanica* ; MM – facies de matte morte de *Posidonia oceanica*; DC - détritique côtier ; Coral - coralligène. Les valeurs en rouge sont des valeurs adaptées à la situation locale par rapport au travail généraliste de La Rivière *et al.* (2016).

Biocénoses	SFBC	Alg. infral.	H.Cy / SFBC	H.Po	MM*	DC	Coral.
<b>Pressions</b>							
Abrasion superficielle ou peu profonde	TF-F	TH	H	F-TH	F-M	M	H-TH
Dépôt faible de matériel	F	M	F	F	TF	F	M
Score total	3,5	8	6	5,5	3,5	5	7,5
Sensibilité globale	1,8	4	3	2,8	1,8	2,5	3,8

Pour la biocénose des sables fins bien calibrés, la sensibilité attribuée par La Rivière *et al.* (2016) a un dépôt faible de matériel est variable ; dans la mesure où il s'agit d'un apport sédimentaire de moins de 5 cm, puisque généré par l'ancrage de petites unités (>12 m), la résistance est haute puisque cet apport ne devrait pas induire de modification notable et la résilience est haute en raison de l'hydrodynamisme naturel qui va permettre d'éliminer rapidement un tel dépôt. Au final la sensibilité est donc considérée comme faible. Pour la biocénose des algues infralittorales, la sensibilité est variable en fonction du cortège floristique (La Rivière *et al.*, 2016). Au regard de la présence d'espèces du genre *Cystoseira* dans le golfe de Sant'Amanza, et en particulier de *Cystoseira amantacea*, la sensibilité est donc estimée sur la base de cette espèce, même si d'autres sont présentes dans le golfe. Pour la biocénose du coralligène également, le dépôt faible de matériel est considéré, au regard de l'hydrodynamisme du golfe, comme modéré.

La même démarche est appliquée pour l'ensemble des classes de taille des unités (Tableau 11).

Tableau 11 : Score de sensibilité globale des principaux habitats du golfe de Sant’Amanza aux différentes pressions physiques s’exerçant lors de l’activité d’ancrage en fonction de la taille des unités ancrées. SFBC - sables fins bien calibrés ; Alg. Infral - algues infralittorales ; H. Cy/SFBC – herbier de Cymodocées sur SFBC ; H.Po – Herbier de Posidonies ; MM – facies de matte morte de Posidonies ; DC - détritique côtier ; Coral - coralligène.

Biocénoses	SFBC	Alg. infral.	H.Cy / SFBC	H.Po	MM*	DC	Coral.
Taille des unités							
$4\text{ m} \leq x < 12\text{ m}$	1,8	4,0	3,0	2,8	1,8	2,5	3,8
$12\text{ m} \leq x < 24\text{ m}$	2,0	4,0	3,0	3,0	2,0	2,7	3,7
$24\text{ m} \leq x < 40\text{ m}$	2,1	4,3	3,3	3,9	3,8	3,4	3,8
$40\text{ m} \leq x < 60\text{ m}$	2,3	4,7	3,5	4,4	4,1	3,8	4,0
$x \geq 60\text{ m}$	2,8	5,0	3,8	4,7	4,4	4,0	4,5

Le croisement des données AIS avec la carte des habitats, montre qu’une grande partie des ancrages toutes unités confondues se produit au-dessus des herbiers à *Posidonia oceanica*, ce qui est confirmé par les traces identifiées dans l’ensemble du golfe, et en particulier au droit de la plage de Balistra (Figure 31).

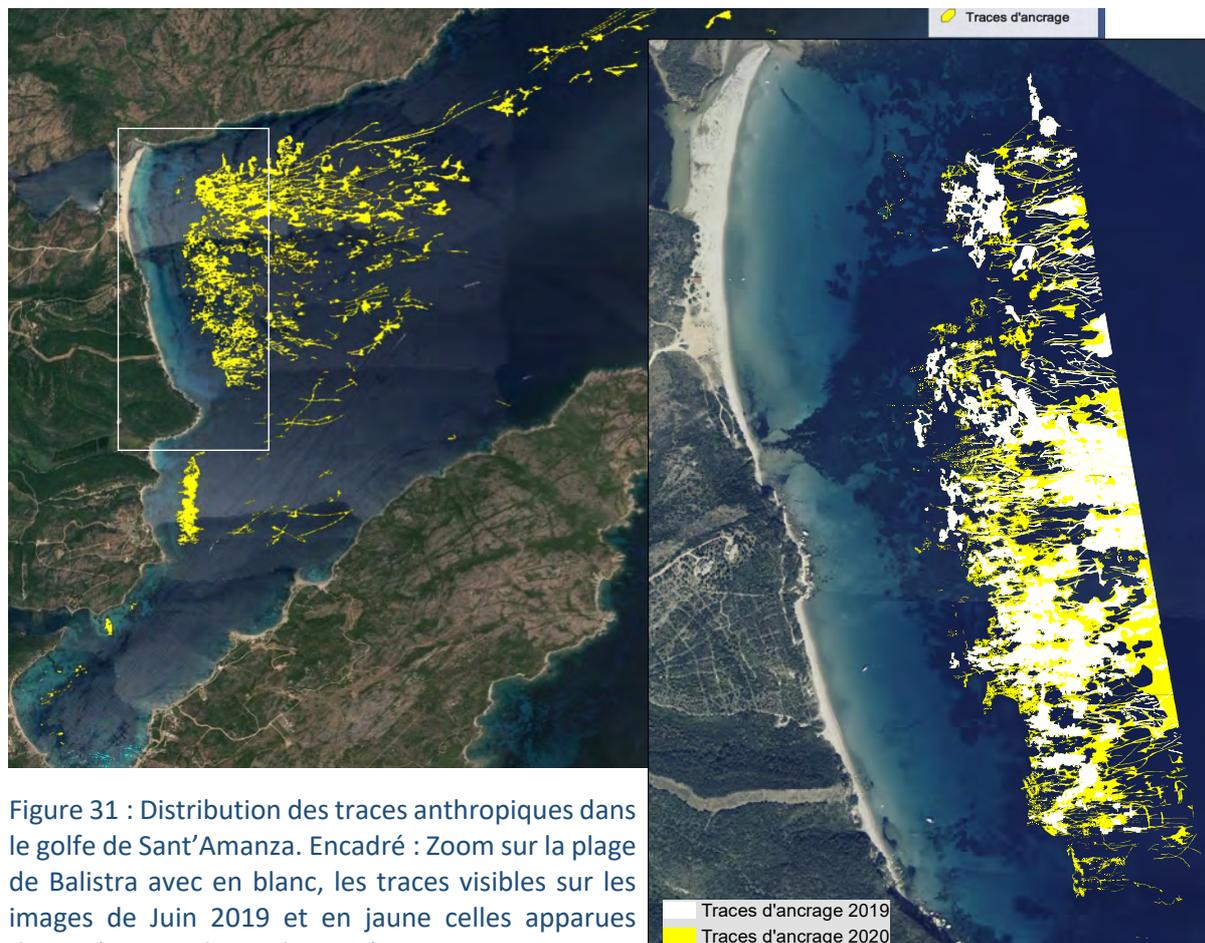


Figure 31 : Distribution des traces anthropiques dans le golfe de Sant’Amanza. Encadré : Zoom sur la plage de Balistra avec en blanc, les traces visibles sur les images de Juin 2019 et en jaune celles apparues depuis (images drone de 2020).

Les cicatrices linéaires correspondent au mouvement des chaînes, et au halage des ancres sur le fond et sont bien visibles tant sur les images drones qu’au niveau des sonogrammes (Figure 32).

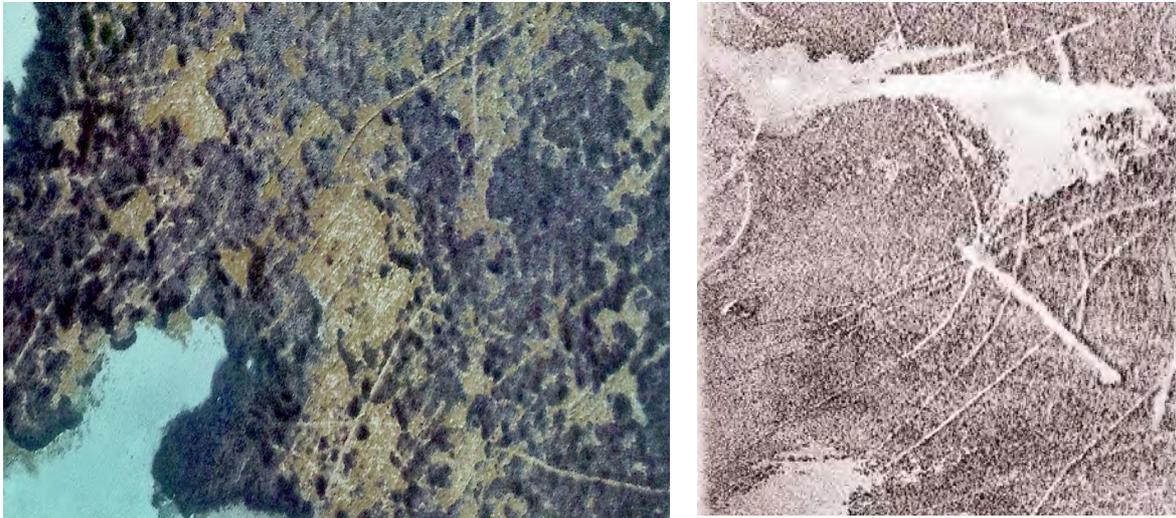


Figure 32 : Traces d’ancrage dans le golfe de Sant’Amanza. A gauche les mattes mortes sont érodées et fortement entaillées sur l’image drone dans les zones superficielles. A droite, la confluence des cicatrices d’ancrage dans l’herbier (en grisé) sur l’image acoustique (sonogramme) donne lieu à des vastes surfaces de mattes mortes (en blanc).

La comparaison des données des différentes campagne drones (2018-2019 et Février 2020) montre une augmentation de ces cicatrices, et des surfaces de mattes mortes qui en résultent, au dépend de l’herbier à *Posidonia oceanica* (Tableau 12). La disparition de 8 ha d’herbier à *Posidonia oceanica*, au cours de l’année écoulée, dans cette partie du golfe de Sant’Amanza, est donc en tout ou partie imputable à l’activité d’ancrage.

Tableau 12 : Évolution des surfaces des différentes biocénoses présentes au niveau de la plage de Balistra, à partir des données drones 2018-2019 et 2020.

Biocénoses	Surfaces (en ha) en 2019	Surfaces (en ha) en 2020	Évolution entre 2019 & 2020
Association de la matte morte à <i>Posidonia oceanica</i>	14,6	23,3	+ 8,7
Biocénose de l’herbier à <i>Posidonia oceanica</i>	51,6	43,4	- 8,2
Biocénose des algues infralittorales	3,3	3,9	+ 0,6
Biocénose des sables fins bien calibrés	47,9	46,8	- 1,1

### 3.3 Conséquence de l'ancrage sur la fixation et la séquestration du carbone par l'herbier à *Posidonia oceanica*

#### 3.3.1 Densité de l'herbier

De façon très classique, on enregistre une diminution de la densité des herbiers à *Posidonia oceanica* avec la profondeur. Elle varie de 179 faisceaux par m<sup>2</sup> (T1 -30 m) à 709 faisceaux par m<sup>2</sup> (T1 – 5 m) Par contre on note que ces densités sont plus élevées au niveau du site de référence (T2) par rapport à T1 et qu'à profondeur équivalente, elles sont plus élevées sur roche que sur substrat meuble (Figure 33).

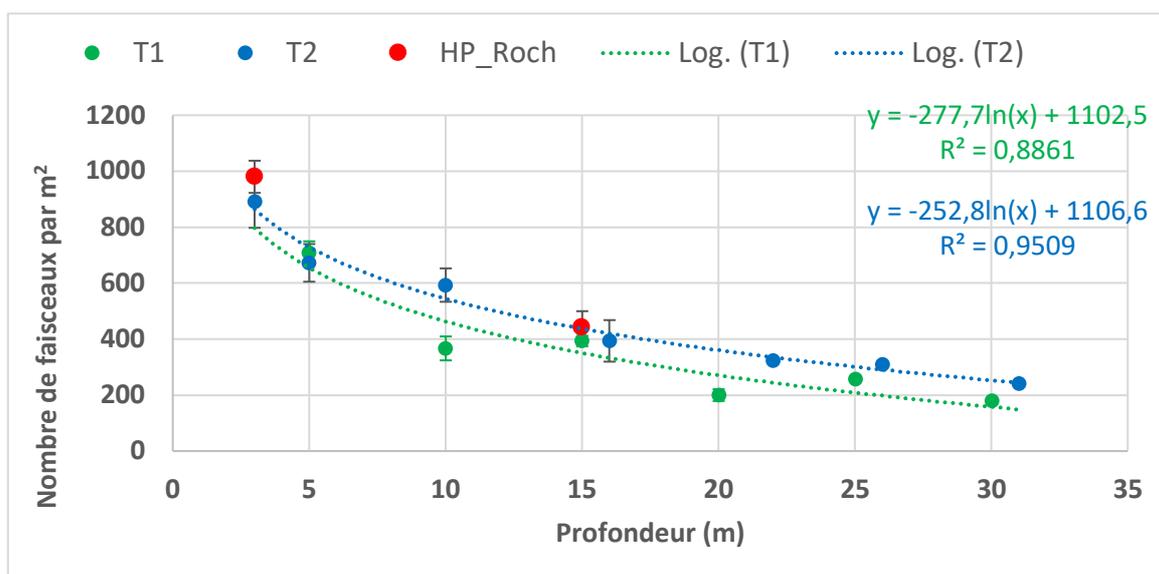


Figure 33 : Densité de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans le golfe de Sant'Amanza.

#### 3.3.2 Fixation du carbone au niveau du transect T1

Le nombre de feuilles produites annuellement varie entre 6,35 (-25 m) et 8,21 (-20 m) alors que la longueur moyenne des limbes comme des pétioles présentent des valeurs maximales au niveau de la station la plus superficielle (-5 m ; Tableau 13).

Tableau 13 : Nombre de feuilles produites annuellement et longueur moyenne annuelle des limbes et des pétioles dans les différentes stations du transect T1.

	Profondeur (m)	Nb feuilles/an	Long L3 cor. (mm)	Long B1 cor. (mm)
T1_5m	5	7,70	484,0	41,2
T1_10m	10	7,49	379,8	39,3
T1_15m	15	7,40	270,0	31,7
T1_20m	20	8,21	301,5	28,7
T1_25m	25	6,35	399,6	36,9
T1_30m	30	6,55	336,9	30,3

La prise en compte de la biomasse des tissus foliaires et la teneur en carbone permet d'évaluer la production primaire pour les différentes stations (Tableau 14). La fixation de carbone par les feuilles de *Posidonia oceanica* diminue avec la profondeur, elle varie entre 345,3 mg C par faisceau et par an (station -30 m) et 880,3 mg C par faisceau et par an (station -5 m). Il faut toutefois noter une valeur particulièrement faible vers -15m (376,5 mg C par faisceau et par an).

Tableau 14 : Production primaire foliaire par faisceau (mg poids sec) et fixation de carbone (mg C) correspondante au niveau des différentes stations du transect T1.

	Limbes (mg PS/faisc)	Pétioles (mg PS/faisc)	Feuilles (mg Ps/faisc)	Limbes (mg C /faisc)	Pétioles (mg C /faisc)	Feuilles (mg C /faisc)
T1_5m	1745,8	406,1	2151,9	714,2	166,1	880,3
T1_10m	896,2	262,3	1158,5	374,1	109,5	483,7
T1_15m	725,9	186,2	912,1	299,6	76,8	376,5
T1_20m	894,9	239,5	1134,5	370,1	99,1	469,2
T1_25m	938,8	174,0	1112,8	385,2	71,4	456,6
T1_30m	695,7	150,3	846,0	284,0	61,4	345,3

La part de la production primaire consacrée à l'allongement des rhizomes et des racines suit le même schéma de même que la fixation de carbone pour l'ensemble de la plante (Tableau 15). La fixation du carbone de l'herbier varie entre 63,7 g C par m<sup>2</sup> (-30 m) et 646,1 g C par m<sup>2</sup> (-5 m) pour le transect T1 (Tableau 15)

Tableau 15 : Fixation de carbone par l'herbier à *Posidonia oceanica* le long du transect T1.

	Feuilles (mg C /faisc)	Rhizomes/racines (mg C/faisc)	Fixation totale (mg C/faisc)	Fixation totale (g C/m <sup>2</sup> )
T1_5m	880,3	31,3	911,6	646,1
T1_10m	483,7	30,3	513,9	188,6
T1_15m	376,5	22,0	398,5	156,6
T1_20m	469,2	22,0	491,2	98,2
T1_25m	456,6	18,4	475,0	122,6
T1_30m	345,3	10,7	356,0	63,7

La séquestration annuelle du carbone dans la matre (pétioles, rhizomes et racines) varie entre 12,9 g C par m<sup>2</sup> (-30 m) et 139,9 g C par m<sup>2</sup> (-5 m), soit en moyenne 48,4 g C par m<sup>2</sup> (22,9 % de la fixation totale).

### 3.3.3 Fixation du carbone au niveau du transect T2

Le nombre de feuilles produite annuellement varie entre 7,06 (-25 m) et 8,45 (-20 m) alors que la longueur moyenne des limbes comme des pétioles présentent des valeurs maximales au niveau des stations superficielles (respectivement -5 m et -10 m ; Tableau 16).

Tableau 16 : Nombre de feuilles produites annuellement et longueur moyenne annuelle des limbes et des pétioles dans les différentes stations du transect T2.

	Profondeur (m)	Nb feuilles/an	Long L3 cor. (mm)	Long B1 cor. (mm)
T2_5m	5	8,02	513,5	48,7
T2_10m	10	7,38	435,9	49,4
T2_16m	16	7,32	412,8	36,1
T2_22m	22	8,45	295,1	40,6
T2_26m	26	7,06	303,7	36,4
T2_31m	31	7,24	357,1	31,6

La prise en compte de la biomasse des tissus foliaires et la teneur en carbone permet d'évaluer la production primaire pour les différentes stations (Tableau 17). La fixation de carbone par les feuilles de *Posidonia oceanica* diminue avec la profondeur, elle varie entre 382,9 mg C par faisceau et par an (station -31 m) et 1 035,2 mg C par faisceau et par an (station -5 m). Comme pour le transect T1, la fixation enregistrée vers -16 m est faible (587,1 mg C par faisceau et par an) par rapport aux stations situées à -10 m et -22 m.

Tableau 17 : Production primaire foliaire par faisceau (mg poids sec) et fixation de carbone (mg C) correspondante, dans les stations du transect T2.

	Limbes (mg PS/faisc)	Pétioles (mg PS/faisc)	Feuilles (mg Ps/faisc)	Limbes (mg C /faisc)	Pétioles (mg C /faisc)	Feuilles (mg C /faisc)
T2_5m	1904,6	626,0	2530,6	779,1	256,1	1035,2
T2_10m	1382,0	459,6	1841,6	577,0	191,9	768,8
T2_16m	1123,4	298,8	1422,3	463,7	123,3	587,1
T2_22m	1352,5	367,8	1720,3	559,3	152,1	711,5
T2_26m	1095,4	221,6	1317,1	449,4	90,9	540,4
T2_31m	801,8	136,2	938,0	327,3	55,6	382,9

La part de la production primaire consacrée à l'allongement des rhizomes et des racines suit le même schéma de même que la fixation de carbone pour l'ensemble de la plante (Tableau 18). La fixation du carbone de l'herbier varie entre 95,4 g C par m<sup>2</sup> (-30 m) et 726,2 g C par m<sup>2</sup> (-5 m) pour le transect T2 (Tableau 18).

Tableau 18 : Fixation de carbone par l'herbier à *Posidonia oceanica* le long du transect T2.

	Feuilles (mg C /faisc)	Rhizomes/racines (mg C/faisc)	Fixation totale (mg C/faisc)	Fixation totale (g C/m <sup>2</sup> )
T2_5m	1035,2	44,7	1079,9	726,2
T2_10m	768,8	41,5	810,3	480,6
T2_16m	587,1	21,7	608,8	239,7
T2_22m	711,5	26,9	738,4	239,1
T2_26m	540,4	19,8	560,2	174,0
T2_31m	382,9	12,4	395,3	95,4

La séquestration annuelle du carbone dans la matre (pétioles, rhizomes et racines) varie entre 16,4 g C par m<sup>2</sup> (-31 m) et 202,3 g C par m<sup>2</sup> (-5 m), soit en moyenne 84,4 g C par m<sup>2</sup> (23,6 % de la fixation totale).

#### 3.3.4 L'herbier à *Posidonia oceanica* sur roche (HP\_Roch -15 m)

Le nombre de feuilles produite annuellement (6,88) est comparable mais un peu plus faible que celui enregistré dans le même secteur (Transect T2) à une profondeur équivalente (7,32). La longueur moyenne des limbes est également plus faible avec 363,9 mm au lieu de 412,8 mm (T2 - 16m). La fixation de carbone par faisceau est également plus faible avec une valeur de 533,9 mg C par faisceau contre 608,8 mg C par faisceau à la station T2 - 16m.

Par contre, la fixation de carbone de l'herbier à *Posidonia oceanica* sur roche est équivalente à celle enregistrée dans l'herbier sur matre du fait d'un nombre de faisceaux par m<sup>2</sup> plus élevé ; elle est estimée 236,3 g C par m<sup>2</sup> (239,7 g C par m<sup>2</sup> pour T2 - 16m).

La séquestration du carbone dans la matre (pétioles, rhizomes et racines) est estimée à 54,7 g C par m<sup>2</sup>, soit 23,1 % de la fixation totale.

### 3.4 Synthèse & discussion

A -15 m, qui représente la profondeur d'intégration généralement utilisée, les régressions calculées montre que la densité des herbiers à *Posidonia oceanica* est respectivement de 350,5 faisceaux. m<sup>2</sup> pour le transect T1 et 422,0 faisceaux. m<sup>2</sup> pour le transect T2 ; elle est enfin de 442,5 faisceaux. m<sup>2</sup> pour l'herbier sur roche (HP\_Roch).

La fixation de carbone par la plante (mg C par faisceau) montre le long des deux transects le même schéma en fonction de la profondeur, avec cependant une fixation plus élevée en

entrée de baie (Transect T2) que dans les sites soumis à l'ancrage (Transect T1 ; Figure 34). Il en est de même au niveau de la fixation de Carbone par l'herbier (g de C par m<sup>2</sup> ; Figure 35).

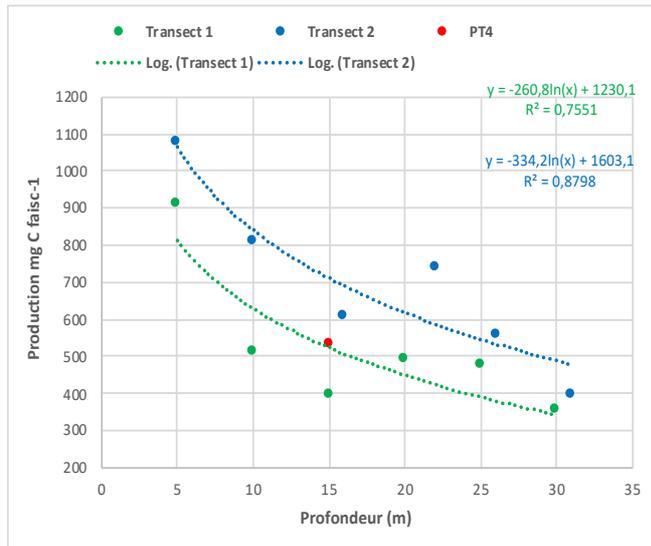


Figure 34 : Fixation du carbone par *Posidonia oceanica* (mg C par faisceau) dans le golfe de Sant'Amanza

De façon générale, la fixation enregistrée dans le golfe de Sant'Amanza est supérieure à celle mesurée au niveau du site Natura 2000 « Grand herbier de la côte orientale » (Pergent-Martini *et al*, *in press*) surtout pour la station superficielle de -5 m (Figure 35).

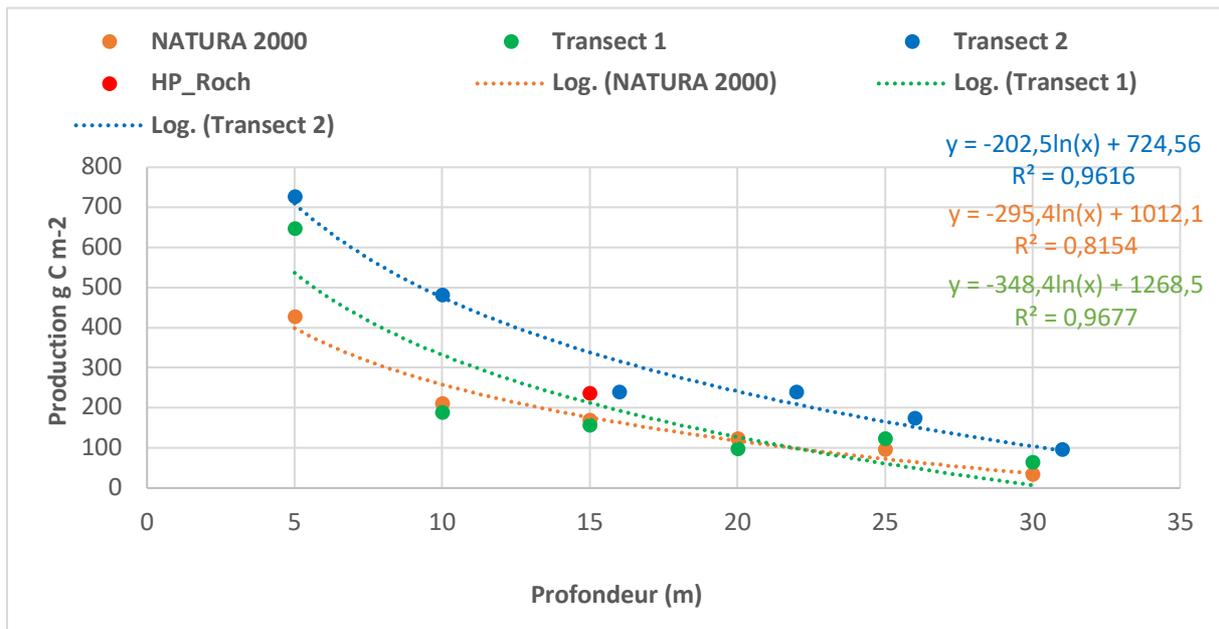


Figure 35 : Fixation du carbone par l'herbier à *Posidonia oceanica* (mg C par m<sup>2</sup>) dans le golfe de Sant'Amanza et au niveau du site Natura 2000 « grand Herbier de la Côte orientale ».

La part du carbone séquestré dans la matre, par rapport à la quantité fixée par la plante, est équivalente pour tous les sites (Transect T1, Transect T2 et HP\_Roch), elle varie entre 22,9 et 23,6 % de la fixation.

La fixation totale de carbone par l'herbier de la baie de SantAmanza peut être évaluée à partir de :

- la valeur de carbone fixée à chaque profondeur, estimée par la régression calculée pour l'ensemble des stations ( $y = -314,1 \ln(x) + 1\,122,3$ ),
- la répartition bathymétrique de l'herbier (maille de 10x10m) sur l'ensemble de la baie.
- la valeur de fixation de carbone est estimée à 1 541,19 t pour l'ensemble de la baie, soit en moyenne 2,39 t C.ha<sup>-1</sup> (Figure 36).

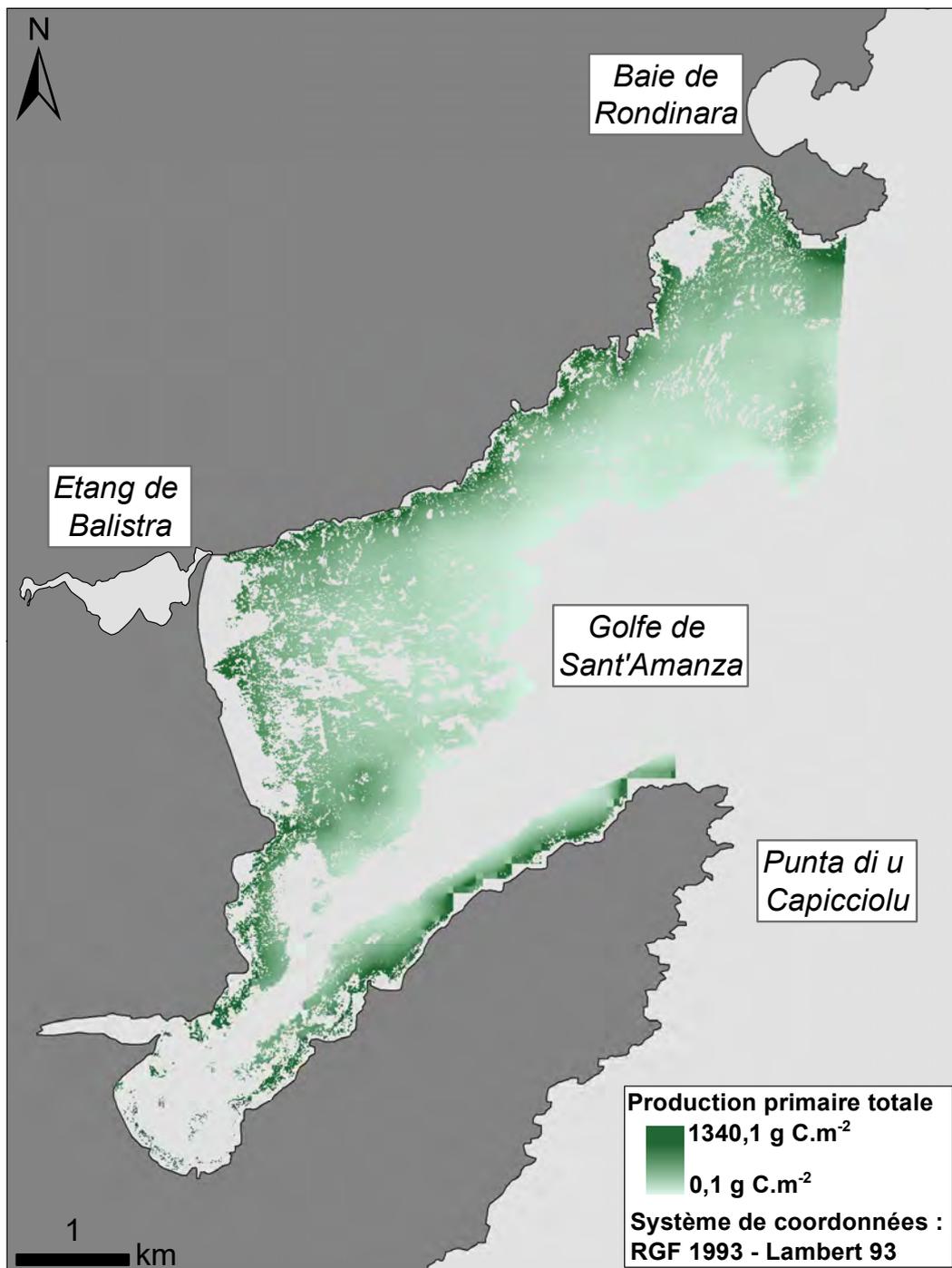


Figure 36 : Fixation du carbone dans l'herbier à *Posidonia oceanica* de la baie de Sant'Amanza (en g C par m<sup>2</sup>).



## D – Propositions de gestion en faveur des puits de Carbone

### 1. Bilan des dégradations dues à l’ancrage dans le golfe de Sant’Amanza

L’ensemble de l’étude confirme l’impact des activités d’ancrage sur les biocénoses marines et en particulier sur les herbiers à *Posidonia oceanica*, du fait de leur sensibilité intrinsèque (La Rivière *et al.*, 2016), et de leur répartition sur l’ensemble de la tranche bathymétrique où s’exercent cette activité, confirmant, à une échelle locale, les observations de Deter *et al.* (2017).

Au niveau de l’herbier situé au droit de la plage de Balistra, la surface d’herbier détruite, entre 2019 et 2020, est estimée à 3,9 ha, entre la limite supérieure (-7 m en moyenne) et -15 m, et à 8,2 ha sur la zone d’emprise du drone (entre la limite supérieure et -20 m). Les impacts semblent donc plus importants au-delà de 15 m de profondeur, ce qui est confirmé par la répartition des mattes mortes et des traces anthropiques sur le site (Figure 14 ; Figure 31). Dans la mesure où seules les pertes de la partie superficielle de l’herbier (0 à -20 m) ont pu être mesurées et que de nombreux sillons d’ancrage sont observés jusqu’en limite inférieure vers -35 m (Figure 37), il est probable que l’ampleur de cette régression soit sous-estimée.

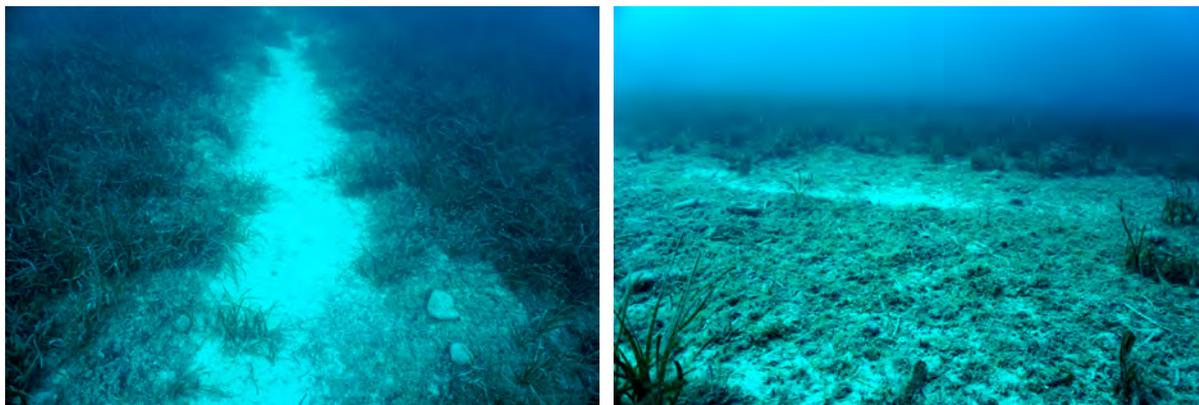


Figure 37 : Traces d’ancrage dans l’herbier à *Posidonia oceanica*, au droit de la plage de Balistra (à 25 m de profondeur).

A l’inverse la prise en compte de l’ensemble des surfaces, occupées par les mattes-mortes de *Posidonia oceanica*, au droit de la plage de Balistra, soit une superficie de 72,9 ha constitue une évaluation maximale de cette régression, soit plus de 1/5 des surfaces initialement occupées par l’herbier.

En terme écologique, cette perte d’herbier correspond à la destruction de plus de 280 millions d’individus (faisceaux). En termes de fixation, et de séquestration de carbone, cela représente respectivement une perte annuelle moyenne de 174 tonnes et 40 tonnes. Compte-tenu de la vitesse de recolonisation très lente de l’herbier (Meinesz & Lefevre, 1984 ; Pergent-Martini *et al.*, 1995) cette situation devrait perdurer pendant plusieurs décennies. En outre dans un

contexte de changement climatique, outre la diminution de la capacité de fixation et de séquestration du carbone par l'herbier, le démantèlement superficiel de la matre, par les ancrs et les chaines, est de nature à favoriser un relargage de carbone dans la colonne d'eau sous forme de gaz carbonique mais également de méthane (Liymo *et al.*, 2018).

D'un point de vue capital naturel, sur la base des travaux menés par Paoli *et al* (2018), le remplacement de l'herbier à *Posidonia oceanica* par de la matre morte se traduit par une perte de près de 4 millions d'EME€\*.

## 2. Réduction de la pression d'ancrage

Afin de limiter la poursuite de ces dégradations liées à la pression d'ancrage, une meilleure adéquation entre les zones où ces pressions s'exercent et la sensibilité des habitats doit être recherchée.

Ainsi il convient de privilégier l'ancrage sur les habitats présentant des niveaux de sensibilité qui ne dépassent pas la valeur « modérée » (Tableau 10). A l'inverse, les activités d'ancrage seraient à proscrire sur les ceintures à *Cystoseira*, les herbiers à *Posidonia oceanica* et la biocénose coralligène car ces habitats présentent systématiquement des valeurs de sensibilité haute à très haute et ce qu'elle que soit la taille des unités considérées (Tableau 10). Tout au plus, au regard du faible impact avéré (Boudouresque *et al.*, 1995) l'ancrage des petites unités (< 4 m) reste envisageable sur l'ensemble du golfe.

A l'inverse, du fait des impacts engendrés, pour les unités au-delà de 60 m, l'ancrage est à proscrire et seul un recours à des mouillages organisés doit être envisagé.

Outre la sensibilité des habitats, il convient également de tenir compte de la fréquence et de la durée de l'ancrage (Ruitton *et al.*, 2020 ; Tableau 19).

Le gestionnaire peut également, au regard de l'importance ou de l'attrait de certains secteurs, proposer des mesures additionnelles telles que :

- Accepter uniquement des bateaux équipés des ancrs les moins destructives,
- Recommander que le relevage de l'ancre s'effectue uniquement lorsque le navire est à la verticale de celle-ci,
- Autoriser l'ancrage que dans certaines conditions météorologiques (e.g. temps calme et ou régime de vent faible).

---

\* Evaluation émergétique ou émergie basée sur l'analyse thermodynamique du fonctionnement des écosystèmes.

Tableau 19 : Grille de notation de l'importance de l'ancrage. Les chiffres donnés dans le tableau représentent le nombre moyen de bateaux ancrés par jour et par km<sup>2</sup> pendant la période de pointe de fréquentation (juillet et août pour la Méditerranée ; Ruitton *et al.*, 2020).

Score	Caractéristiques de l'importance de l'ancrage	
	Suivi de l'ancrage pendant la période de pointe de fréquentation	Pas de suivi de l'ancrage, des observations ponctuelles ou des connaissances des gestionnaires
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bateaux <math>\geq 200</math> m long, <math>\geq 2.j^{-1}.km^{-2}</math> (Principalement bateaux de croisière)</li> <li>- Bateaux 21-200 m long, <math>\geq 7.j^{-1}.km^{-2}</math></li> <li>- Bateaux 10-20 m long, <math>\geq 16.j^{-1}.km^{-2}</math></li> <li>- Bateaux <math>&lt;10</math> m long, <math>\geq 60.j^{-1}.km^{-2}</math></li> <li>- Nombre total de bateaux <math>\geq 50.j^{-1}.km^{-2}</math> (Principalement petits navires mais sans connaître leur longueur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bateaux <math>&gt; 200</math> m long régulièrement sur la zone</li> <li>- Bateaux 21–200 m long fréquents sur la zone</li> <li>- Bateaux 10-20 m long nombreux en haute saison</li> <li>- Bateaux <math>&lt; 10</math> m long très abondants en haute saison</li> <li>- Zone totalement occupée par les bateaux au mouillage, capacité maximale de mouillage atteinte en haute saison</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bateaux <math>\geq 200</math> m long, <math>1.j^{-1}.km^{-2}</math></li> <li>- Bateaux 21-200 long, 2 to <math>7.j^{-1}.km^{-2}</math></li> <li>- Bateaux 10-20 m long, 8 to <math>16.j^{-1}.km^{-2}</math></li> <li>- Bateaux <math>&lt;10</math> m long, 30 to <math>60.j^{-1}.km^{-2}</math></li> <li>- Nombre total de bateaux 20-50.<math>j^{-1}.km^{-2}</math> (Principalement petits navires mais sans connaître leur longueur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bateaux <math>&gt; 200</math> m long occasionnels sur la zone</li> <li>- Bateaux 21-200 m long occasionnels</li> <li>- Bateaux 10-20 m long fréquents</li> <li>- Bateaux <math>&lt; 10</math> m long nombreux</li> <li>- Capacité de mouillage occasionnellement atteinte</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bateaux 21-200 m long, <math>\leq 2.j^{-1}.km^{-2}</math></li> <li>- Bateaux 10-20 m long, 3 to <math>8.j^{-1}.km^{-2}</math></li> <li>- Bateaux <math>&lt;10</math> m long, 10 to <math>30.j^{-1}.km^{-2}</math></li> <li>- Nombre total de bateaux 8 to <math>20.j^{-1}.km^{-2}</math> (Principalement petits navires mais sans connaître leur longueur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bateaux 21-200 m long très occasionnels sur la zone</li> <li>- Bateaux 10-20 m long occasionnels</li> <li>- Bateaux <math>&lt; 10</math> m long fréquents</li> <li>- Capacité de mouillage jamais atteinte</li> </ul>
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bateaux 10-21 m long, <math>\leq 2.j^{-1}.km^{-2}</math></li> <li>- Bateaux <math>&lt; 10</math> m long, max <math>10.j^{-1}.km^{-2}</math></li> <li>- Nombre total de bateaux <math>\leq 8.j^{-1}.km^{-2}</math> ((Principalement des petits navires mais sans connaître leur longueur)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bateaux 10-20 m long très occasionnels</li> <li>- Bateaux <math>&lt; 10</math> m long occasionnels</li> </ul>

En cohérence avec cette approche, et « *considérant les études scientifiques communiquées au Préfet maritime montrant l'aggravation de la dégradation des herbiers de posidonies, liée au mouillage des navires de grande taille (au-delà de 24 m)* », en concertation avec les différents acteurs, un arrêté préfectoral règlementant le mouillage et l'arrêt des navires de 24 m et plus, dans le périmètre de la RNBB, a été publié (Arrêté N°206/2020 du 14 Octobre 2020 ; Figure 38).



### 3. Renforcement des puits de carbone en milieu marin

Bien que ces réglementations soient de nature à réduire considérablement l'impact de l'ancrage sur les herbiers à *Posidonia oceanica*, du fait de la faible vitesse de croissance de la plante (quelques centimètres par an), les recolonisations naturelles risquent d'être très longues, même si des observations encourageantes ont été constatées (Cotugno *et al.*, 2019).

Plusieurs techniques de restauration ont été expérimentées en Méditerranée, avec plus ou moins de succès en fonction de la profondeur, du type de substrat, des sites receveurs (Molenaar & Meinesz, 1995, Gobert *et al.*, 2005 ; Pirrota *et al.*, 2015). Néanmoins le recours à ces techniques doit être encadré pour éviter des « réimplantations-alibis » (Boudouresque *et al.*, 2012) et leur coût, souvent élevé, doit être mis en perspective et apporter un réel avantage par rapport à la recolonisation naturelle.

La disponibilité de sites récepteurs favorables (matte morte récente), l'arrêt des causes à l'origine de la régression (Arrêté N°206/2020 du 14 Octobre 2020) et l'observation de régénération naturelle (rhizomes plagiotropes ; Figure 39) sont autant d'éléments favorables pour envisager une restauration au sein du golfe de Sant'Amanza.



Figure 39 : Recolonisation d'un sillon d'ancrage par des rhizomes plagiotropes de *Posidonia oceanica* dans le golfe de Sant'Amanza



## Bibliographie

- Andromède, 2014. Inventaire et cartographie du coralligène dans le Parc Marin International Bouches de Bonifacio (G.E.C.T. – PMIBB), Contrat Andromède / Agence de l'eau, 115p.
- Barralon E., Boussard A., Pergent-Martini C., Pergent G., Rouanet E., 2018. Cartographie et évaluation de l'état de conservation des formations récifales à *Posidonia oceanica* en Corse. Convention Agence de l'Eau RMC, Office de l'Environnement de la Corse, Life MARHA et GIS Posidonie Centre Corse, GIS Posidonie Publ., Corte : 1-64 + annexe.
- Bonacorsi M., 2012 - Caractérisation des peuplements benthiques du Cap Corse. Thèse mention « Biologie des populations et écologie », Université de Corse Pascal Paoli : 166p.
- Bonacorsi M., Pergent-Martini C., Bréand N., Pergent G., 2013. Is *Posidonia oceanica* regression a general feature in the Mediterranean Sea? *Mediterranean Marine Science*, 14/1: 193-203.
- Boudouresque C-F, Arrighi F, Finelli F, Lefèvre J-R, 1995. Arrachage des faisceaux de *Posidonia oceanica* par les ancrs : un protocole d'étude. *Rapp. Comm. int. Explor. sci. Médit.*, 34 : 2.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., 2012. Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadows. RAMOGE and RAC/SPA publ., Tunis. 202p.
- Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Meinesz A., 1984. Relation entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds. C.F. Boudouresque. A. Jeudy de Grissac and J. Olivier Eds. GIS Posidonie pub., Marseille: 185-191.
- Boudouresque C.F., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Thibaut T., Verlaque V., 2016. The necromass of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow: Fate, role, ecosystem services and vulnerability. *Hydrobiologia*, 781: 25-42.
- Bouillon S., Borges A.V., Castañeda-Moya E., Diele K., Dittmar T., Duke N.C., Kristensen E., Lee S.Y., Marchand C., Middelburg J.J., Rivera-Monroy V.H., Smith III T.J., Twilley R.R., 2008. Mangrove production and carbon sinks: A revision of global budget estimates. *Global Biogeochemical Cycles*, 22: 1-12.
- Buron K., Monville I., Jousseau M., Chéry A., Vela A., Cancemi G., Lejeune P., 2012a. Inventaires biologiques et analyse écologique des habitats marins patrimoniaux. Sites Natura 2000 en mer du Lot Corse Extrême Sud. Volet III : Sites Natura 2000 FR9402015 - Bouches de Bonifacio, Iles des Moines ; FR9400587 - Iles Cerbicale et frange littorale et FR9400591 - Plateau de Pertusato/Bonifacio et Iles Lavezzi. Rapport EVEMar - Stareso - Sintinelle / Agence des Aires Marines Protégées, 261 pages + Annexes.
- Buron K., Monville I., Jousseau M., Lejeune P., 2012b. Inventaires biologiques et analyse écologique des habitats marins patrimoniaux – Sites Natura 2000 en mer Lot Corse Extrême Sud. Volet II : site Natura 2000 FR9402010 : Baie de Stagnolu, Golfu di Sognu, Golfe de Porto-Vecchio. Rapport EVEMar – Stareso - Sintinelle & AAMP : 1-65 + Annexes.

- Chmura G.L., Anisfeld S.C., Cahoon D.R., Lynch J.C., 2003. Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 17 (4).
- Cotugno M. Lorenti M., Scipione M.B., Buia M.C., 2019. Spontaneous *Posidonia oceanica* recovery. In "Proceedings of the Fourteenth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment - MEDCOAST 2019", 22th – 25th October 2019, Antalya, Turkey, Ozhan E. edit., MEDCOAST Mediterranean Coastal Foundation, Dalyan, Mugla, Turkey, 1 : 287-296.
- Duarte C.M., Chiscano C.L., 1999. Seagrass biomass and production: a reassessment. *Aquatic Botany*, 65: 159–174.
- Duarte C.M., Middelburg J.J., Caraco N., 2005. Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences*, 2: 1-8.
- Fontaine Q, Marengo M, Leduc M, Lejeune P, 2019 - Étude relative à la plaisance et aux mouillages en Corse : Rapport final – Année 2018/2019. Contrat OEC / STARESO : 190 p.
- Fourqurean J.W., Duarte C.M., Kennedy H., Marbà N., Holmer M., Mateo M.A., Apostolaki E.T., Kendrick G.A., Krause-Jensen D., McGlathery K.J., Serrano O., 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5: 505–509.
- Giraud G., 1979. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bulletin Museum Histoire naturelle de Marseille*, 39 : 33-9.
- Gobert S., Lepoint G., Bouquegneau J.M., Vangeluwe D., Eisinger M., Paster M., Schuhmaker H., van Treeck P., 2005. Restoration of Seagrass Meadows: Means and Limitation. MedCoast, Ankara, Turkey : 1323–1334.
- Guenoc P., Palvadeau E., Pluquet F., Morando A., Vairon J., 2001. LIMA, cartographie des platesformes sous-marines de la Corse entre 0 et 100 m de profondeur. BRGM/RP51523-FR, 1-53, 15 figures, 6 tableaux, 4 planches, 9 cartes (hors texte).
- Guiry M.D., Guiry G.M., 2020. AlgaeBase. World-wide electronic publication. National University of Ireland. Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on 09 April 2020.
- IPS, 2008. Peatlands and Climate Change. Maria Strack, University of Calgary, Canada (Edit); International Peat Society (Pub.): 227p.
- Jamaludin M.R., 2015. Carbon storage and preservation in seagrass meadows. Thesis in Environmental Science, Edith Cowan University – Western Australia: 188p
- Kennedy H., Björk M., 2009. Seagrass Meadows. In: Laffoley D. & Grimsditch G. (eds). The management of natural coastal carbon sinks. IUCN. Gland. Switzerland: 53 pp.
- La Rivière M, Aish A, Gauthier O, Grall J, Guérin L, Janson A-L, Labrune C, Thibaut T, Thiébaud E., 2015 - Méthodologie pour l'évaluation de la sensibilité des habitats benthiques aux pressions anthropiques. Rapport SPN 2015-69. MNHN Paris : 52 pp.
- La Rivière M, Michez N, Aish A, Bellan-Santini D, Bellan G, Chevaldonné P, Dauvin J- C, Derrien-Courtel S, Grall J, Guérin L, Janson A-L, Labrune C, Sartoretto S, Thibaut T, Thiébaud E, Verlaque M, 2016 - Évaluation de la sensibilité des habitats benthiques de Méditerranée aux pressions physiques. Rapport SPN 2015-70. MNHN. Paris, 101 pp.

- Lyimo L.D., Gullström M., Lyimo T.J., Deyanova D., Dahl M., Hamisi M.L., Björk M., 2018. Shading and simulated grazing increase the sulphide pool and methane emission in a tropical seagrass meadow. *Marine Pollution Bulletin*, 134: 89-93.
- Lo Iacono C., Mateo M.A., Gracia E., Guasch L., Carbonell R., Serrano L., Serrano O., Danõbeitia J., 2008. Very high-resolution seismo-acoustic imaging of seagrass meadows (Mediterranean Sea): Implications for carbon sink estimates. *Geophysical Research Letters*, 35 (18): 1-5.
- Mateo M.A., Romero J., Pérez M., Littler M.M., Littler D.S., 1997. Dynamics of millenary organic deposits resulting from the growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Estuarine, Coastal Shelf Science*, 44: 103-110.
- Mateo M.A., Cebrián J., Dunton K., Mutchler T., 2006. Carbon flux in seagrass ecosystems. *In: Seagrass: Biology, Ecology and Conservation*, Larkum AWD, Orth RJ, Duarte CM eds, Springer, New York: 159-192.
- Medtrix, 2020. IMPACT : Modélisation des pressions anthropiques côtières et des seuils de vulnérabilité - Données consultées le 11/2020' sur la plateforme de surveillance MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr>).
- Meinesz A., Genet I., Hesse B., 1990. Données quantitatives sur les biocénoses littorales marines de la Corse et impact de l'aménagement du littoral. GIS Posidonie et DRAE Corse : 1-22.
- Meinesz A., Lefevre J.R., 1984. Régénération d'un herbier à *Posidonia oceanica* quarante années après sa destruction par une bombe dans la rade de Villefranche (Alpes-Maritimes). *In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits., International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ., 1: 39-44.*
- Michez N., Fourt M., Aish A., Bellan G., Bellan G., Santini D., Chevaldonne P., Fabri M.C., Goujard A., Harmelin J.G., Labruno C., Pergent G., Sartoretto S., Vacelet J., Verlaque M., 2014. Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée Version 2. Rapport SPN 2014-33, MNHN, Paris, 24 pages.
- Molenaar H., Meinesz A., 1995. Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*: survival and development of transplanted cuttings according to different spacings, arrangements and substratum. *Botanica Marina*, 38: 313-322.
- Monnier B., Pergent G., Pergent-Martini C., 2020 - Caractérisation biogéochimique des puits de carbone bleu associés aux herbiers à *Posidonia oceanica* du littoral oriental de la Corse : Campagne CARBONSINK. État d'avancement : Mars 2020. Université de Corse, FRES 3041 : 1-15.
- Monnier B., Pergent G., Valette-Sansevin A., Boudouresque C.F., Mateo M.A., Pergent-Martini C., *In Press*. The *Posidonia oceanica* matte: A unique coastal carbon sink for climate change mitigation and implications for management. *Vie & Milieu*.
- Paoli C., Povero P., Burgos E., Dapuzo G., Fanciulli G., Massa F., Scarpellini P., Vassallo P., 2018. Natural capital and environmental flows assessment in marine protected areas: The case study of Liguria region (NW Mediterranean Sea). *Ecological Modelling*, 368: 121-135.
- Pasqualini V., 1997. Caractérisation des peuplements et types de fonds le long du littoral corse (Méditerranée, France). Thèse Université de Corse, 1-172.

- Pergent G., 1990. Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: a standardized approach. *Aquatic Botany*, 37: 39-54.
- Pergent G., Barralon E., Clabaut P., Monnier B., Pergent-Martini C., 2018 - Inventaire, caractérisation et conservation des puits de Carbone Bleu du littoral oriental de la Corse : Campagne CARBONSINK. Compte rendu de mission. Université de Corse, FRES 3041 - Equipe Écosystèmes Littoraux: 1-12.
- Pergent G., Bazairi H., Bianchi C.N., Boudouresque C.F., Buia M.C., Calvo S., Clabaut P., Harmelin-Vivien M., Mateo. M.A., Montefalcone M., Morri C., Orfanidis S., Pergent-Martini C., Semroud R., Serrano O., Thibaut T., Tomasello T., Verlaque M., 2014. Climate change and Mediterranean seagrass meadows: a synopsis for environmental managers. *Mediterranean Marine Science*, 15/2.
- Pergent G., Monnier B., Clabaut P., Gascon G., Pergent-Martini C., Valette-Sansevin A., 2017 - Innovative method for optimizing Side-Scan Sonar mapping: The blind band unveiled. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 194: 77-83.
- Pergent G., Pergent-Martini C., 1990. Some Applications of Lepidochronological Analysis in the Seagrass *Posidonia oceanica*. *Botanica Marina*, 33: 299-310.
- Pergent G., Romero J., Pergent-Martini C., Mateo M.A., Boudouresque C.F., 1994. Primary production stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series*, 106: 139-146.
- Pergent-Martini C., Alami S., Bonacorsi M., Clabaut P., Pergent G., 2014. Cartographie des peuplements coralligènes du littoral de la Corse. Rapport CORALCORSE – Compte rendu de mission, Université de Corse, Équipe Ecosystèmes Littoraux : 1-79.
- Pergent-Martini C., Barralon E., Lehmann L., Monnier B., Pergent G., 2020. Évaluation de la sensibilité des habitats marins à la pression d’ancrage – Approche méthodologique et application au golfe de Sant’Amanza. Programme INTERREG-MARITTIMO GIREPAM, Université de Corse Pascal Paoli FRES 3041 - Équipe Ecosystèmes Littoraux, Corte : 1-35.
- Pergent-Martini C., Pergent G., 1995. Impact of a sewage treatment plant on the *Posidonia oceanica* meadow : Assessment criteria. In « Proc. Second International Conference on the Mediterranean coastal Environment, MEDCOAST 95 », Özhan E. Ed., MEDCOAST Secretariat, Middle East Technical University, Ankara : 1389-1399.
- Pergent-Martini C., Pergent G., Alami S., Bonacorsi M., Clabaut P., Mezière A., Valette-Sansevin A., 2015b. Identification des impacts anthropiques sur le Grand Herbier de la Plaine Orientale. Rapport Université de Corse, Équipe Écosystèmes Littoraux : 1- 39.
- Pergent-Martini C., Pergent G., Monnier B., Boudouresque C.F., Mori C., Valette A., *In press*. Contribution of *Posidonia oceanica* meadows in the context of climate change mitigation in the Mediterranean Sea. *Marine Environmental Research*.

- Pergent-Martini C., Valette-Sansevin A., Pergent G., 2015a. Cartographie continue des habitats marins en Corse / Résultats cartographiques - Programme CARTHAMED. Contrat Agence des Aires Marines Protégées et Université de Corse – Équipe Ecosystèmes Littoraux, Corte : 1-60 + annexes.
- Pirrotta M., Tomasello A., Scannavino A., Di Maida G., Luzzu F., Bellissimo G., Bellavia C., Costantini C., Orestano C., Sclafani G., Calvo S., 2015. Transplantation assessment of degraded *Posidonia oceanica* habitats: site selection and long-term monitoring. *Mediterranean Marine Science*, 16 (3) : 591-604.
- Projet MESH, 2008. Guide de cartographie des habitats. RST - DYNECO/AG/07-20/JP - Ifremer, centre de Brest, 342 pages.
- Reed D.C., Brzezinski M.A., 2009. Kelp forests in Laffoley D. d'A. and Grimsditch G. (eds). The management of natural coastal carbon sinks. IUCN. Gland. Switzerland: 31-37
- Romero J., Perez M., Mateo M.A., Sala E., 1994. The belowground organs of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* as a biogeochemical sink. *Aquatic Botany*, 47: 13-19.
- Ruitton S, Astruch P, Blanfuné A, Cabral M, Thibaut T, Boudouresque C-F, 2020 - Bridging risk assessment of human pressure and the status of ecosystems. GECOMARS 2020 - Workshop international sur la gestion écosystémiques, 4-5 Février Marseille.
- Sorba V, Lietta M, Cancemi G, Buron K, Laudato M, Colonna-Cesari R, Di Meglio S, Mori A, 2018 - Rapport sur la grande plaisance dans la RNBB durant l'été 2017. OEC, 1-32.
- Spalding M., Taylor M., Ravilious C., Short F., Green E., 2003. The distribution and status of seagrasses. *World Atlas of Seagrasses*: 5-26.
- Tomasello A., Di Maida G., Calvo S., Pirrotta M., Borra M., Procaccini G., 2009. Seagrass meadows at the extreme of environmental tolerance: the case of *Posidonia oceanica* in a semi-enclosed coastal lagoon. *Marine Ecology*, 30: 288-300.
- UNEP-WCMC, 2018. Global distribution of seagrasses (version 6.0). Sixth update to the data layer used in Green and Short (2003). Cambridge (UK): UN Environment World Conservation Monitoring Centre. URL: <http://data.unep-wcmc.org/datasets/7>
- Valette-Sansevin A, 2018. Changement climatique : Caractérisation des puits de carbone liés aux herbiers de Magnoliophyte marines de la Corse. Thèse Doctorat « Ecologie marine », Université de Corse : 1-185.
- Valette-Sansevin A., Clabaut P., Pergent G., Pergent-Martini C., 2016. Cartographie du Grand Herbier de la Plaine Orientale : Projet POSIDCORSE – Rapport final. AAMP, CTC, DREAL, EqEL & GIS Posidonie - Centre de Corse : 1- 24.
- Vela A., Gobin C., Leoni V., Cancemi G., Buron K., 2012. Inventaires biologiques et analyses écologiques des habitats marins patrimoniaux – Natura 2000 en mer, site FR9402014 : Grand herbier de la plaine orientale – Contrat SINTINELLE – EVEMar & AAMP : 1-74.
- Vela A., Leoni V., Pergent G., Pergent-Martini C., 2006. Relevance of Leaf matter loss in the functioning of *Posidonia oceanica* system. *Biologia Marina Mediterranea*, 13(4): 102-106.



## Annexe 1 – Échelle d'évaluation de la fiabilité cartographique

### 1. Critères relatifs à la phase d'acquisition des données brutes

#### 1.1 Couverture des données brutes :

La couverture des données brutes correspond au pourcentage de recouvrement de la zone d'étude par les données brutes. Un chevauchement des données, qui peuvent être ou non acquises avec des outils différents (e.g données optiques et acoustiques), fournit des « réplicas » et permet d'en vérifier la nature et la distribution. C'est un critère qui peut donc être amélioré par le producteur en consacrant plus de moyens à la phase d'acquisition. La valeur maximale est attribuée à un recouvrement des données brutes supérieur à 100 %, c'est-à-dire plusieurs sources d'acquisition sur une même zone, et la valeur minimale à un recouvrement inférieur ou égal à 75 % (Figure 40)

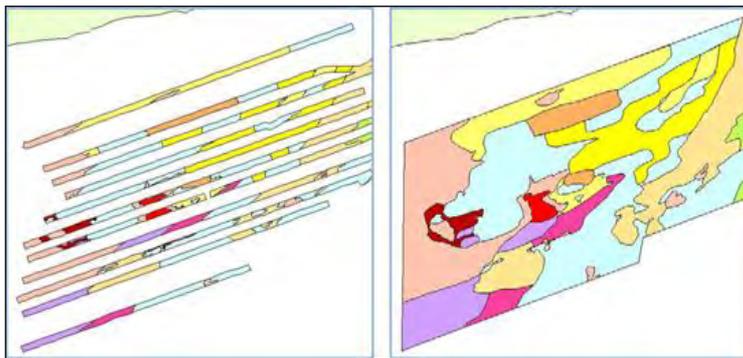


Figure 40 : Couverture des données lors de la phase d'acquisition. À gauche l'acquisition concerne plus de 75% de la surface à cartographier à droite l'acquisition est continue (d'après MESH, 2008).

#### 1.2 Positionnement des données brutes

Le positionnement renseigne sur le degré de précision spatiale avec lequel les données brutes sont acquises, le barème de notation étant établi des systèmes les plus performants (GPS différentiel) aux systèmes les plus simples (alignements remarquables, voire à une localisation géographique estimée).

#### 1.3 Nature des peuplements et types de fonds

La nature des peuplements et types de fonds correspond à la signature des habitats identifiables au niveau des données brutes et à leur plus ou moins grande ressemblance. Il impacte la précision du résultat dans la mesure où, des objets présentant une signature proche ne pourront pas être différenciés avec certitude les uns des autres. Ainsi au niveau optique, alors que des fonds meubles seront généralement facilement distingués d'un herbier, ils seront plus difficiles à discriminer des substrats durs (Figure 41). La valeur maximale est

attribuée à des habitats ayant des signatures très différentes et la valeur minimale à des peuplements ayant des signatures très proches.

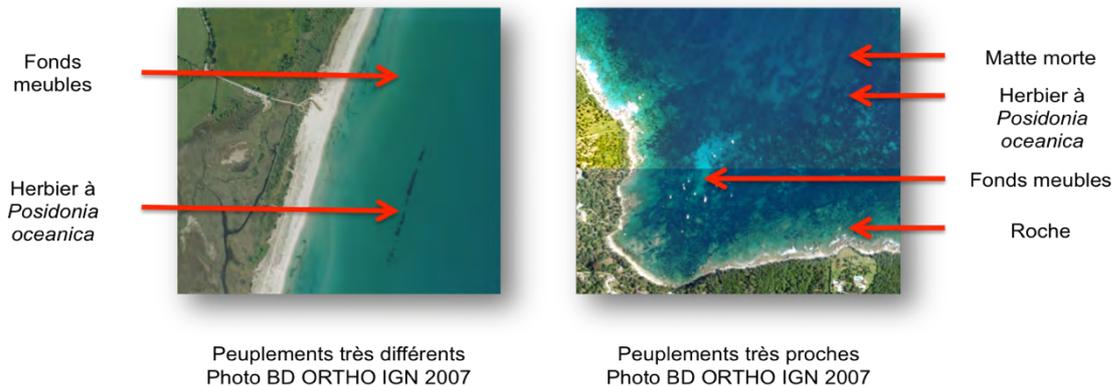


Figure 41: Signature optique des peuplements et types de fonds. Les herbiers présentent une signature optique très différente des fonds meubles (à gauche) mais assez proche de la matte morte (à droite).

#### 1.4 Topographie-pente

La topographie et la pente traduisent un changement de la hauteur d'eau. Si ce critère est lié à la zone d'étude et ne peut être amélioré, il doit être pris en compte dans la mesure où il est de nature à impacter les résultats (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.2**). Ainsi pour un habitat donné l'identification sera d'autant plus fiable que la pente est faible et le relief peu marqué (valeur maximale). La valeur minimale est attribuée à une pente forte et un relief irrégulier.

#### 1.5 Exploitation de la donnée brute

Ce critère tient compte des effets de surface (réflexion spéculaire, plan de vague ; Figure 42) sur les données optiques et/ou de la présence d'artefacts (parasites, ombres) sur les données acoustiques.



Figure 42 : Illustrations de l'effet de surface.

## 1.6 Taille du pixel / échelle

La valeur maximale du critère taille du pixel / échelle est attribuée pour un pixel inférieur ou égale à 0,5 m ou une échelle des données optiques au 1/2 000 voire une portée du sonar des données acoustiques inférieure ou égale à 10 %. La valeur minimale correspond à un pixel supérieur à 5 m, ou une échelle supérieure au 1/25 000 ou enfin une portée supérieure à 50 %.

L'échelle d'une photographie correspond au coefficient de proportionnalité entre les dimensions d'un objet sur l'image et dans la réalité. La taille du pixel correspond à la taille de l'image élémentaire d'une donnée optique. Plus la taille du pixel est petite et plus la résolution de l'image est importante. Si le dénominateur du coefficient de proportionnalité et/ou la taille du pixel sont faibles alors la carte sera précise (Figure 43).



BD ORTHO IGN 2007  
Pixel 0,50 m



Compagnia Generale Ripresearee®  
1994  
Pixel 200 m

Figure 43 : Différence de précision entre deux images en fonction de la taille du pixel.

La portée du sonar correspond au rapport entre la hauteur du poisson (par rapport au fond) et la distance d'émission du sonar. Une utilisation optimale des moyens acoustiques requiert de positionner le poisson (qui émet vers le fond un signal acoustique de courte durée et de haute fréquence et réceptionne le signal réfléchi par le fond) à une hauteur égale à 10 % de la portée (Figure 44). La qualité de l'imagerie acoustique dépend donc du fait que le poisson est fixé au navire ou tracté sur le fond.

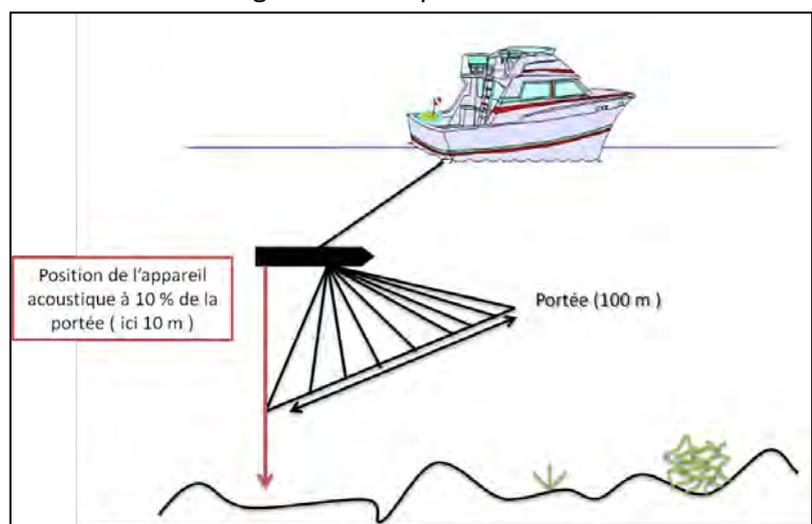


Figure 44 : Positionnement optimal du poisson, en fonction de sa portée.

## 2. Critères relatifs à la phase d'acquisition des données terrain

### 2.1 Répartition des données-terrain sur la cartographie

La répartition des données-terrain est rapporté, en pourcentage, à la surface cartographiée. Plus les données terrain sont importantes et dispersées sur la totalité de la carte, plus celle-ci pourra être fiable. La note maximale correspond à une répartition des données terrain sur au moins 75 % de la surface d'étude et la note minimale à une répartition des données terrains sur

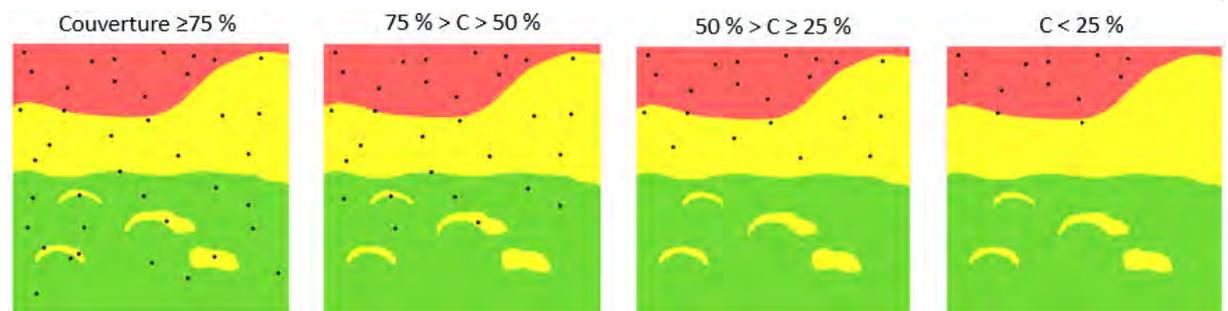


Figure 45).

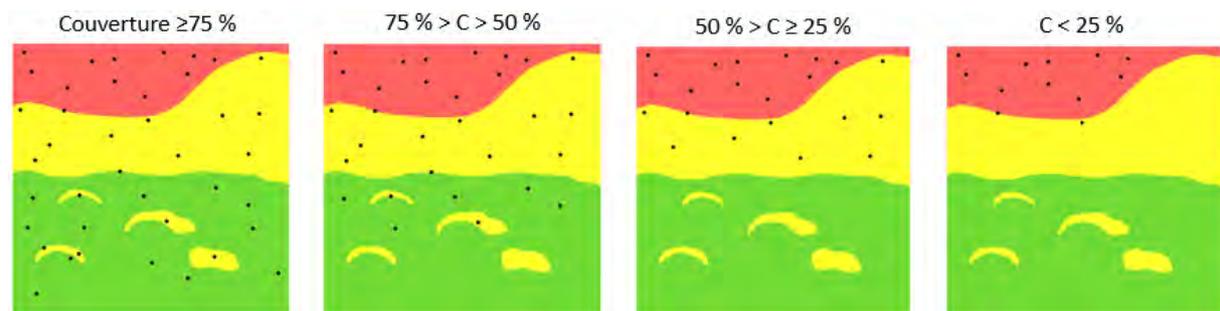


Figure 45 : Exemples de répartition des données terrain (points noirs sur la cartographie) pour chaque classe (Cf. Tableau 2).

### 2.2 Densité des données terrain

La densité correspond au nombre de données-terrain acquises par kilomètre carré. La valeur maximale est attribuée pour au moins 100 données terrain par kilomètre carré et la valeur minimale, pour au plus 25 données terrain par kilomètre carré.

## 3. Critères relatifs à la phase d'interprétation

### 3.1 Niveau de détail d'interprétation

Le niveau de détail dépend de l'existence et de la qualité des données terrain. La valeur maximale est attribuée à une identification de la classe d'habitat sur la base d'analyses biologiques détaillées, la valeur minimale est attribuée si on ne dispose pas de donnée terrain ou uniquement de données historiques.

### 3.2 Limite des habitats

Ce critère informe sur le classement (affectation à une classe précise) et sur la précision géographique des limites de l'habitat. Ainsi en l'absence d'analyse granulométrique et d'étude de la faune associée, il ne sera pas possible pour un sédiment d'aller au-delà de l'appellation générique (substrat meuble). De la même façon en présence de faisceaux isolés de *Posidonia oceanica* (< 50 faisceaux par m<sup>2</sup>), il sera difficile de tracer une limite précise de l'herbier. La valeur maximale est attribuée à un habitat dont la qualification et les limites sont certaines, la valeur minimale, lorsque la qualification et les limites ne sont pas connues.

### 3.3 Méthode utilisée pour l'interprétation

La méthode renseigne sur la manière dont l'interprétation est effectuée. La valeur maximale est octroyée lorsque l'interprétation est réalisée à l'aide d'un logiciel de traitement d'image et d'un SIG, la valeur minimale lorsque l'interprétation est réalisée manuellement.

### 3.4 Pourcentage d'exactitude

Le pourcentage d'exactitude correspond au pourcentage de vraisemblance entre la carte produite et la réalité. Il se mesure de manière mathématique (matrice de confusion) à partir des prédictions correctes et erronées de la carte. Cette mesure nécessite de disposer de données terrain (externes - données n'ayant pas servi à l'interprétation et/ou internes - données utilisées pour réaliser et valider la carte) qui sont confrontées au résultat cartographique. La valeur maximale est attribuée pour un résultat supérieur ou égal à 80 % et la valeur minimale pour un résultat inférieur ou égal à 50 %. Toutefois, si la technique d'exactitude ne fait pas appel à des données externes (Projet Mesh, 2008), la valeur est minorée d'un point.