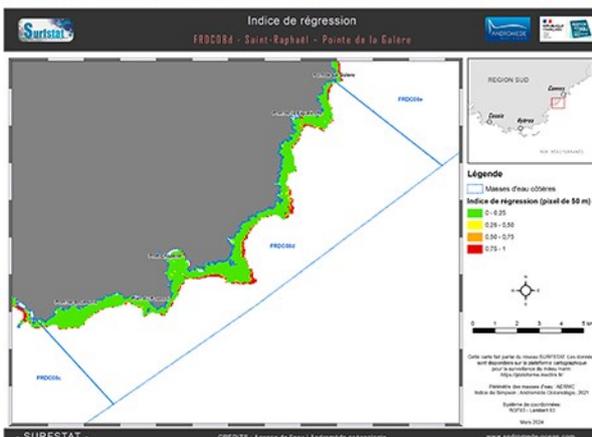


Réseau d'analyse surfacique des habitats marins (SURFSTAT) : Poursuite de la mise à jour en Région Sud (2020-2021)



Juillet 2024



Illustration de la fréquentation de la plaisance en Mer Méditerranée (Andromède Océanologie, 2022).

Coordination du projet :

HOLON Florian

florian.holon@andromede-ocean.com



Participants aux missions de terrain :

AGEL Noémie, BARBOTIN Guillaume, BLANDIN Agathe, DELARUELLE Gwénaëlle, DESCAMP Pierre, GUILBERT Antonin, HOLON Florian, MARRE Guilhem, PAVY Thomas, PERSONNIC Sébastien, RAUBY Thibault, RAUBY Justine.

Traitement des données et rédaction :

BLANDIN Agathe, DELARUELLE Gwénaëlle

Mise en page des cartographies, structuration du SIG :

BLANDIN Agathe

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

ANDROMEDE Océanologie, 2024. Réseaux de surveillance surfacique des habitats marins (SURFSTAT) – Poursuite de la mise à jour en Région Sud (2020-2021). Contrat Andromède Océanologie / Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 300 pages

Édito

Depuis l'entrée en vigueur de la Directive Européenne Cadre sur l'Eau 2000/60/CE (DCE), les États membres se sont engagés à atteindre un bon état écologique des masses d'eau d'ici 2020 (Parlement Européen, 2000).



La Directive cadre Stratégie pour le Milieu Marin 2008/56/CE (DCSMM) a renforcé cette volonté pour le milieu marin. Pour cela, il s'agit de suivre l'état des écosystèmes marins, mesurer les impacts liés aux pressions des activités humaines et mettre en œuvre une gestion intégrée permettant une utilisation durable des ressources.

C'est dans ce contexte réglementaire que la société Andromède Océanologie a développé depuis 2010, en partenariat avec l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, des réseaux de surveillance axés sur des thématiques variées tels que [TEMPO](#) (herbier de posidonie), [RECOR](#) (récifs coralligènes), [CALME](#) (bruit acoustique) avec la société Chorus, [CALOR](#) (température de fond), [PISCIS](#) (assemblages ichthyologiques), [SURFSTAT](#) (analyse surfacique des habitats marins) et [IMPACT](#) (suivi des pressions anthropiques côtières).

En 2020 et 2021, le réseau SURFSTAT avait pour objectif l'actualisation de la cartographie des biocénoses marines en région Sud. Pour cela, des campagnes d'acquisition de données **sonar** (plus de 30 000 ha) et d'**observations en plongée** (5000 vérités terrain) ont été menées en avril 2020 et en mars/avril 2021. Une partie de ces données a permis l'actualisation de la cartographie des biocénoses marines sur **14 zones prioritaires** (=zones fortement impactées par la pression de mouillage) appartenant à neuf masses d'eau côtière. Ces résultats sont synthétisés dans un rapport disponible sur la plateforme MEDTRIX/Projet SURFSTAT ([Andromède, 2021](#)). Les autres données sonar et de vérités terrain acquises en région Sud lors de ces missions ont été traitées en 2022-2023. Elles permettent l'actualisation de la cartographie des biocénoses marines sur **19 secteurs complémentaires** qui appartiennent à **17 masses d'eau côtière**. Ces résultats cartographiques sont présentés dans ce document en date de juin 2024.

Ainsi, ce rapport présente les résultats suivants :

- 1) la **cartographie** des biocénoses marines réalisée sur **19 secteurs en région Sud** qui appartiennent à **17 masses d'eau côtière** ;
- 2) une **analyse de la composition et de la configuration de la biocénose des herbiers à *Posidonia oceanica*** entre 0 et 40 mètres de profondeur, ainsi qu'une **analyse des paysages** entre 0 et 60 mètres de profondeur sur les **17 masses d'eau côtière actualisées**. Cette analyse, effectuée à partir du calcul d'indicateurs surfaciques, permet aussi de renseigner sur la qualité des eaux côtières ;
- 3) Une analyse de **l'évolution de la cartographie et des limites d'herbier de posidonie**.

Toutes ces cartographies actualisées sont consultables sur la plateforme en ligne [MEDTRIX](#) dans les projets DONIA, DONIA Expert, et SURFSTAT, ainsi que sur l'application DONIA.

SOMMAIRE

I.	INTRODUCTION	1
I.1.	Biodiversité en mer Méditerranée	1
I.2.	L’herbier à posidonie, un habitat remarquable	2
I.3.	Les récifs coralligènes, un habitat complexe	3
I.4.	La pression de mouillage	5
I.4.1.	Impact de l’ancrage sur les habitats sensibles	5
I.4.2.	Réseaux de surveillance pour étudier la pression Mouillage	7
I.5.	Objectifs de la mise à jour du programme SURFSTAT	9
II.	MATERIEL ET METHODES	10
II.1.	Sélection des secteurs	10
II.2.	Cartographie des biocénoses marines	12
II.2.1.	Synthèse des données cartographiques existantes	12
II.2.2.	Acquisition et analyse de données sonar	12
II.2.3.	Acquisition et analyse de données de terrain	15
II.2.4.	Outils d’actualisation de la cartographie	18
II.2.5.	Nomenclature des habitats : la typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée	18
II.3.	Outils et méthode d’analyse du paysage	21
II.3.1.	Spatialisation et quantification du paysage	21
II.3.2.	Analyse qualitative du paysage sous-marin	23
II.3.3.	Analyse quantitative du paysage sous-marin	24
II.3.4.	Métriques utilisées dans le cadre de l’analyse du paysage	25
III.	RESULTATS	27
III.1.	Masse d’eau FRDC06b : Îles du Frioul	30
III.1.1.	Sonar latéral	31
III.1.2.	Vérités-terrain	32
III.1.3.	Cartographie des biocénoses marines	33
III.1.4.	Analyse du paysage	35
III.2.	Masse d’eau FRDC07a : Archipel de Riou	42
III.2.1.	Sonar latéral	43
III.2.2.	Cartographie des biocénoses marines : Archipel de Riou	44
III.2.3.	Analyse du paysage	46
III.3.	Masse d’eau FRDC07b : Calanques de Morgiou et Sormiou	51
III.3.1.	Sonar latéral	52
III.3.2.	Cartographie des biocénoses marines : Calanque de Sormiou et Calanque de Morgiou	53
III.3.3.	Analyse du paysage	57
III.4.	Masse d’eau FRDC07f : Cap Sicié et La Madrague	62
III.4.1.	Sonar latéral	63
III.4.2.	Vérités-terrain	65
III.4.3.	Cartographie des biocénoses marines : Cap Sicié et La Madrague (Presqu’île de Giens)	67
III.4.4.	Analyse du paysage	71
III.5.	Masse d’eau FRDC07g : Rade de Toulon Ouest	81
III.5.1.	Sonar latéral	82
III.5.2.	Vérités-terrain	83
III.5.3.	Cartographie des biocénoses marines : Rade de Toulon Ouest	84
III.5.4.	Analyse du paysage	86
III.6.	Masse d’eau FRDC07h : Giens/Porquerolles et Cap Bénat	94
III.6.1.	Sonar latéral	95
III.6.2.	Vérités-terrain	97
III.6.3.	Cartographie des biocénoses marines : Presqu’île de Giens / Porquerolles et Cap Bénat	99
III.6.4.	Analyse du paysage	103
III.7.	Masse d’eau FRDC07i : Rade d’Hyères Nord	113

III.7.1.	Sonar latéral	114
III.7.2.	Vérités-terrain	115
III.7.3.	Cartographie des biocénoses marines.....	116
III.7.4.	Analyse du paysage	118
III.8.	Masse d'eau FRDC07j : Rayol-Canadel-sur-Mer	126
III.8.1.	Sonar latéral	127
III.8.2.	Vérités-terrain	128
III.8.3.	Cartographie des biocénoses marines.....	129
III.8.4.	Analyse du paysage	131
III.9.	Masse d'eau FRDC08a : Cap Camarat – Ouest Fréjus	138
III.9.1.	Sonar latéral	139
III.9.2.	Vérités-terrain	141
III.9.3.	Cartographie des biocénoses marines.....	143
III.9.4.	Analyse du paysage	147
III.10.	Masse d'eau FRDC08b : Golfe de Saint-Tropez.....	158
III.10.1.	Sonar latéral	159
III.10.2.	Vérités-terrain	160
III.10.3.	Cartographie des biocénoses marines.....	161
III.10.4.	Analyse du paysage	163
III.11.	Masse d'eau FRDC08c : Saint-Raphaël.....	170
III.11.1.	Sonar latéral	171
III.11.2.	Cartographie des biocénoses marines.....	172
III.11.3.	Analyse du paysage	174
III.12.	Masse d'eau FRDC08d : Saint-Raphaël – Pointe de la Galère	180
III.12.1.	Sonar latéral	181
III.12.2.	Vérités-terrain	182
III.12.3.	Cartographie des biocénoses marines.....	183
III.12.4.	Analyse du paysage	185
III.13.	Masse d'eau FRDC08e : Cannes et Golfe Juan Est	195
III.13.1.	Sonar latéral	196
III.13.2.	Vérités-terrain	198
III.13.3.	Cartographie des biocénoses marines : Rade de Cannes et Golfe Juan Est.....	200
III.13.4.	Analyse du paysage	204
III.14.	Masse d'eau FRDC09c : Port de Commerce de Nice – Cap Ferrat	214
III.14.1.	Sonar latéral	215
III.14.2.	Vérités-terrain	216
III.14.3.	Cartographie des biocénoses marines.....	217
III.14.4.	Analyse du paysage	219
III.15.	Masse d'eau FRDC09d : Rade de Villefranche	224
III.15.1.	Sonar latéral	225
III.15.2.	Vérités-terrain	226
III.15.3.	Cartographie des biocénoses marines.....	227
III.15.4.	Analyse du paysage	229
III.16.	Masse d'eau FRDC10a : Cap Ferrat Est /Beaulieu-sur-Mer.....	236
III.16.1.	Sonar latéral	237
III.16.2.	Vérités-terrain	239
III.16.3.	Cartographie des biocénoses marines.....	240
III.16.4.	Analyse du paysage	244
III.17.	Masse d'eau FRDC10c : Roquebrune et Menton	254
III.17.1.	Sonar latéral	255
III.17.2.	Vérités-terrain	256
III.17.3.	Cartographie des biocénoses marines.....	257
III.17.4.	Analyse du paysage	259
IV.	SYNTHESE DES RESULTATS.....	266
V.	PERSPECTIVES POUR LE RESEAU SURFSTAT	275

V.1.	Actualisation de la cartographie des biocénoses marines en région Occitanie (élargie à l'ouest de la région Sud).....	275
V.2.	Mise à jour de la réglementation en mer.....	276
V.3.	Développement de nouveaux indices pour le suivi de l'état de santé des herbiers de posidonie	284
VI.	BANCARISATION ET VALORISATION DES DONNEES SURFSTAT	285
VI.1.	Plateforme Medtrix.....	285
VI.2.	Application DONIA	286
VII.	BIBLIOGRAPHIE	287

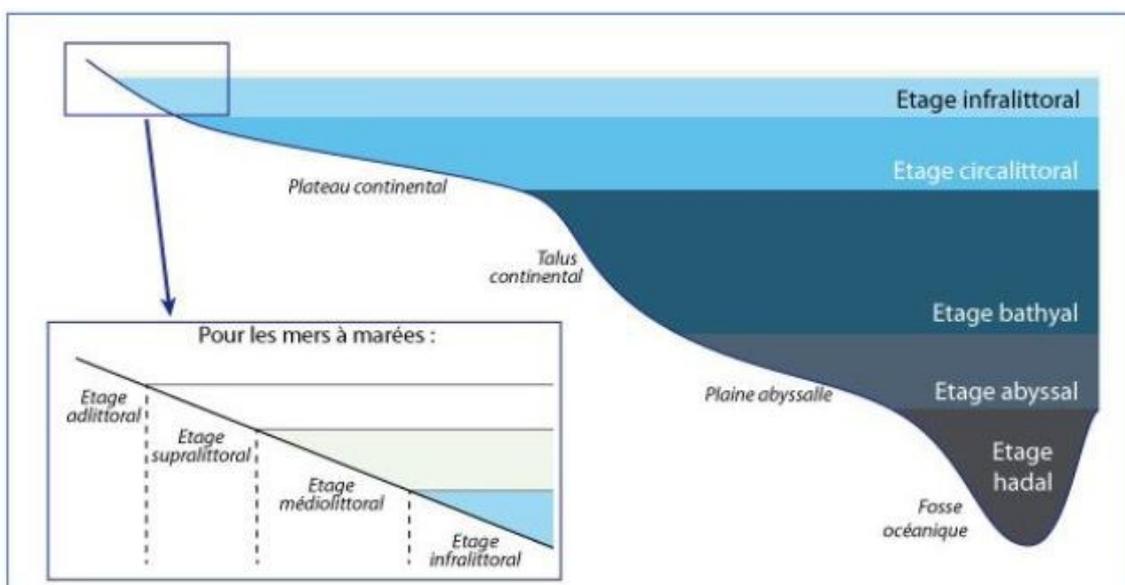
I. INTRODUCTION

I.1. Biodiversité en mer Méditerranée

La mer Méditerranée abrite 7 à 8 % des espèces marines identifiées dans le monde (environ 17 000 espèces), ce qui est important puisqu'elle ne représente que 0,8 % de la surface des océans (Coll et al., 2012; Cramer et al., 2018). Elle est identifiée comme un des **points chauds** (= hotspot) **de biodiversité dans le monde**, marqué par un **fort taux d'endémisme**. Cependant, **20 % de ces espèces sont menacées** à cause de l'augmentation des pressions, l'érosion côtière, la surexploitation des ressources marines et l'expansion des espèces exotiques envahissantes (PNUE/PAM, 2009). En effet, la mer Méditerranée est exposée à des **pressions environnementales** de nature anthropique et aux changements globaux comme l'augmentation des températures, de la salinité et de la montée du niveau de la mer (Kress et al., 2014).

Cette biodiversité est généralement plus élevée à proximité de la côte et sur le plateau continental, qui décroît avec la profondeur (Coll et al., 2010), mais les **connaissances des écosystèmes marins restent extrêmement fragmentaires** ; quasiment seuls les écosystèmes littoraux bénéficient de programmes d'étude.

Figure 1: Les étagements benthiques (source : Doré et al, 2015).



Les zones littorales abritent deux écosystèmes remarquables et reconnus comme particulièrement importants en termes de biodiversité, productivité et services écosystémiques rendus : les **herbiers de Posidonie** (écosystème clé de Méditerranée, étage infralittoral) et les **réécifs coralligènes** (étage circalittoral) (PNUE/PAM 2009).

Remarque : Les écosystèmes fournissent à l'humanité des bénéfices connus sous l'appellation de « biens et services écosystémiques ». Les experts ont identifié quatre sortes différentes de services, tous indispensables à la santé et au bien-être humains : services d'approvisionnement (nourriture, eau, bois et fibres), services de régulation (climat, précipitations, eau, déchets, propagation de maladies), services culturels (beauté, inspiration, récréation, bien-être spirituel), services d'assistance (formation du sol, photosynthèse, recyclage des substances fertilisantes).



I.2. L'herbier à posidonie, un habitat remarquable

La posidonie, *Posidonia oceanica*, est une espèce **endémique** de mer Méditerranée aux **rôles écologiques et économiques majeurs**. Au moins **25 services écosystémiques**, c'est-à-dire des services qui bénéficient à l'Homme, sont rendus par cette espèce comme la protection du littoral contre l'érosion, la production d'oxygène, la réduction du bruit des vagues, l'habitat d'espèces protégées, une source d'inspiration artistique, la séquestration de matière organique et de sédiments dans la matel... *Posidonia oceanica* est aussi appelé le « poumon de la Méditerranée » car sa **production d'oxygène** est estimée à 14-20 L O₂/m²/j. Les herbiers jouent également un **rôle crucial dans la séquestration du carbone** grâce à l'épaisseur et l'imputrescibilité de la matel, partie souterraine constituée des racines, sédiment et matière organique sur plusieurs mètres. Gacia et son équipe (2002) ont estimé cette séquestration à 1,82 tC/ha/an. D'un point de vue écologique, la valeur des services rendus par cette plante est estimée à au moins **580 928 €/ha/an, soit dix fois plus élevée que les forêts tropicales et trois fois plus que les récifs coralliens** (Campagne et al., 2015, Costanza et al., 1997, Vassallo et al., 2013). En France, les services rendus par la posidonie sont évalués à plus de 46 milliards d'euros par an. La disparition des herbiers engendre une perte de 4,5 milliards d'euros par an ([Cahier de surveillance n°6 – Edition spéciale Ancrage, 2019](#)). Actuellement, le coût de la protection en vigueur est mille fois inférieur : 4,8 millions d'euros par an.



Figure 2 : Panorama d'un herbier de posidonie (*Posidonia oceanica*) sur substrat rocheux ©Laurent Ballesta.

La **perte des herbiers** marins, sur des **échelles de temps relativement courtes**, a été signalée dans le monde entier, y compris dans la mer Méditerranée (Marbà *et al.*, 2005 ; Waycott *et al.*, 2009). Même si une diminution de ces régressions est documentée en Europe, avec un taux de perte de surface des herbiers de 27 % par décennie observé dans les années 1980, et seulement 8,3% par décennie dans les années 2000 (De los Santos *et al.*, 2019), des régressions localisées étendues peuvent être observées, en particulier en ce qui concerne les herbiers de *Posidonia oceanica* ([Cahier de surveillance n°6 – Edition spéciale Ancrage, 2019](#) ; Pergent-Martini *et al.*, 2022).

En effet, les préférences écologiques (eaux peu profondes et claires, courant faible) et les caractéristiques biologiques (croissance très lente) rendent la posidonie **très vulnérable aux pressions anthropiques** (Boudouresque *et al.*, 2012) comme l'**ancrage des bateaux**. Dans le bassin méditerranéen, on estime à **10 % la perte** des surfaces occupées en 100 ans. La disparition de ces herbiers entraîne une **baisse de régulation** (prévention de l'érosion côtière, qualité de l'eau, modération de la houle), **d'approvisionnement** (maintien de la biodiversité et des activités de pêche), **de services culturels** (tourisme et loisir comme plongée, chasse sous-marine ou snorkeling) et **augmente la vulnérabilité du milieu face aux aléas climatiques**. La disparition des banquettes de posidonie normalement présentes sur les plages (les feuilles mortes s'entassant sur plusieurs mètres) provoque un affaissement de celles-ci et une plus grande sensibilité des côtes face à l'érosion et à la stabilité des plages.

Son importance et ses exigences écologiques font de *Posidonia oceanica* une espèce bio-indicatrice couramment utilisée pour le suivi de la qualité de l'eau (Pergent et al. 2015). Ainsi, l'herbier à Posidonie est un des éléments biologiques définis pour mesurer l'état écologique des masses d'eaux côtières en mer Méditerranée demandée par la Directive Cadre Eau (DCE, 2000/60/CE). Il est donc nécessaire de surveiller l'évolution de l'état de cet habitat dans le temps et dans l'espace.

Soutenu par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, le **réseau TEMPO** a été créé en 2011 et s'étend sur l'ensemble de la façade méditerranéenne française bordée par les trois régions Corse, Provence-Alpes-Côte d'Azur (RÉGION SUD) et Occitanie. Sur les années **2024 à 2026, 52 sites en limite inférieure et 46 sites à la profondeur intermédiaire seront suivis dans le cadre du réseau TEMPO** (Marché « SURVEILLANCE BIOLOGIQUE DES EAUX COTIERES DES BASSINS RHONE MEDITERRANEE ET CORSE – 2024 2026, Lot 1 »). Ces données descriptives et leurs évolutions dans le temps (période de trois ans) et l'espace (minimum d'un site par masse d'eau) complètent l'estimation de la qualité écologique des masses d'eau côtières demandée par la DCE et aident à évaluer l'efficacité des mesures correctives mises en place afin d'atteindre ou maintenir le bon état visé par cette directive.

Les données issues de TEMPO contribuent également à l'évaluation DCSMM. L'évaluation de l'atteinte du bon état écologique pour la composante « Habitats benthiques » repose sur deux critères : le critère D6C4 qui évalue "l'étendue de la perte du type d'habitat résultant de pressions anthropiques", et le critère D6C5 qui renseigne "l'étendue des effets néfastes liés aux pressions anthropiques sur l'état du type d'habitat, notamment l'altération de sa structure biotique et abiotique et de ses fonctions" par sous-régions marines et par grands types d'habitat.

I.3. Les récifs coralligènes, un habitat complexe

Un « assemblage coralligène », ou plus simplement, le « coralligène », est une formation biogénique de l'étage circalittoral. Il est principalement produit par l'accumulation d'algues calcaires encroûtantes (Corallinacées : *Mesophyllum lichenoides*, *Mesophyllum alternans*, *Lithophyllum spp.* ; Peyssonneliacées : *Peyssonnelia sp.*). Ces algues calcaires vont former des blocs appelés « bio-constructions », qui vont être colonisés puis façonnés par une multitude d'invertébrés foreurs ou à tests calcaires créant ainsi un réseau complexe de cavités. Ces anfractuosités vont ensuite favoriser la colonisation de nouveaux organismes tels que les éponges (ex : *Cliona sp.*, *Axinella polypoides*), les Sipunculides (*Aspidosiphon spp.*) et autres mollusques foreurs (*Lithophaga lithophaga*, *Luria lurida*) qui vont corroder et détruire les concrétions calcaires, créant ainsi une dynamique de bioconstruction/biodestruction (Bensettiti et al., 2004). Les assemblages coralligènes sont donc un patchwork complexe de micro-habitats et d'espèces dont la richesse, la biomasse et la productivité équivalent à celles des assemblages de récifs coralliens tropicaux (Bianchi, 2001).

Sur les côtes méditerranéennes françaises, deux types physiologiques sont principalement retrouvés :

↳ *le coralligène de paroi*, un concrétionnement plus ou moins épais situé sur les substrats rocheux au-delà des algues photophiles et colonisé par de grands invertébrés dressés tels que les gorgones jaunes *Eunicella cavolinii* et les gorgones rouges *Paramuricea clavata*.

↳ *le concrétionnement coralligène*, des massifs biogènes de plusieurs mètres d'épaisseur qui peuvent couvrir de grandes surfaces. Ces concrétionnements coralligènes sont principalement colonisés par les algues Corallinacées ou Peyssonneliacées et sont constitués par de nombreuses anfractuosités permettant à d'autres organismes, mobiles ou non, d'y habiter (bryozoaires, polychètes, échinodermes, crustacés, poissons...).

Les algues constructrices étant sciaphiles, les assemblages coralligènes se retrouvent à des profondeurs moyennes situées entre 40 et 90 m, et vont parfois jusqu'à 130 m lorsque les conditions abiotiques optimales sont réunies (eaux claires, bonne luminosité et sédimentation faible entre autres). Lorsque les eaux sont turbides le coralligène peut se rencontrer à des profondeurs plus faibles (entre 12 et 40m).

Grâce à son importante hétérogénéité structurale et à tous les services de support qu'il rend (protection et nourricerie pour jeunes poissons, production primaire, cycle des nutriments...), cet habitat fait partie des plus



riches en termes de biodiversité créant ainsi un réseau complexe de relations inter- et intra-spécifiques. Le coralligène est considéré, à l’instar des herbiers de posidonie, comme un des habitats à très haute valeur écologique en Méditerranée et est très souvent comparé aux récifs coralliens, un des écosystèmes les plus riches au monde en termes de diversité spécifique, d’abondance et de productivité (Ballesteros, 2006 ; Bianchi, 2010).



Figure 3 : Récifs coralligène (Crédit : Laurent Ballesta). 1 : Massif coralligène exploré par des plongeurs d’Andromède à saturation dans le cadre de l’expédition Gombessa 5 ; 2 : Gorgones sur un massif coralligène au large du Parc marin de la Cote Bleue; 3, 4 : Récifs coralligènes en Corse explorés par des plongeurs.

En raison de leur importante diversité d’espèces, les assemblages coralligènes représentent à ce jour une source d’espèces à haute valeur économique pour la pêche (ex : langoustes) et possèdent une forte valeur esthétique (Tribot et *al.*, 2016) grâce à la qualité des paysages sous-marins, un service écosystémique culturel qui profite au tourisme, comme la plongée sous-marine, et donc à l’économie locale.

Le coralligène subit, comme de nombreux habitats littoraux, les pressions anthropiques telles que la pollution, la pêche et le tourisme sous-marin. La sur fréquentation de certains sites est une des raisons de la dégradation du coralligène *via* notamment l’arrachage volontaire ou non, le prélèvement et le dérangement d’espèces ainsi que la multiplication des mouillages qui affectent les épibiontes sur les roches (espèces sessiles dressées ou non).

Le statut particulier du coralligène fait de lui un habitat prioritaire qu’il est nécessaire de surveiller, indirectement *via* la qualité des eaux littorales, et directement par des suivis réguliers de la composition et de la qualité de la faune et de la flore associées. La mise en place de modes de gestion stricts tels que l’interdiction de la pêche au Mérour brun (*Epinephelus marginatus*) ou la création de réserves marines sont d’autant d’outils utiles pour une gestion raisonnée et une protection efficace de cet habitat complexe.

C’est ainsi qu’Andromède Océanologie, soutenu par l’Agence de l’Eau RMC, a mis en place en 2010 **RECOR**, le réseau 2D et 3D de suivi des assemblages coralligènes. RECOR comprend actuellement 130 sites correspondant à 207 stations réparties entre 17 et 120 mètres de profondeur (chiffres de Janvier 2024). Chaque année une région est suivie à la fin du printemps (mai-juin) afin de couvrir l’ensemble de la façade tous les trois ans. Sur les années **2024 à 2026, 78 sites seront suivis dans le cadre du réseau RECOR** (Marché « SURVEILLANCE BIOLOGIQUE DES EAUX COTIERES DES BASSINS RHONE MEDITERRANEE ET CORSE – 2024 2026, Lot 2 »).

Sur chaque station, un protocole d'échantillonnage rapide et non-destructif est utilisé : 30 quadrats de 2500 cm² sont photographiés sur un transect de 20 mètres de longueur. Le but est de suivre l'évolution de la composition taxonomique et la démographie d'espèces érigées patrimoniales comme les gorgones. Différents indices informant sur la diversité spécifique des assemblages coralligènes sont aussi calculés (Simpson, Shannon, Coralligenous Assemblages Index). A partir de ces données, et grâce à un logiciel d'analyse d'image (Coral Point Count extension[®]), le pourcentage de recouvrement du vivant / non vivant peut être aussi estimé ainsi que l'abondance relative des espèces identifiées (Deter et *al.*, 2012).

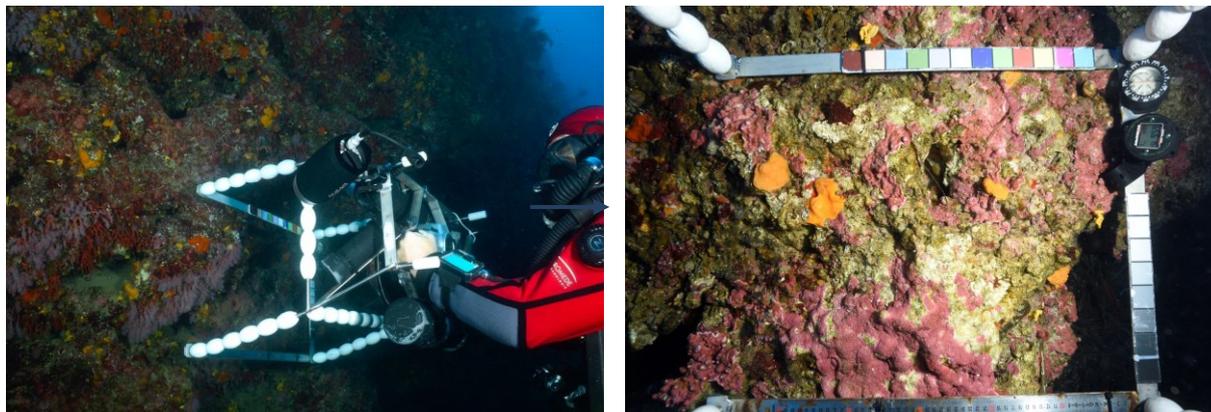


Figure 4 : Echantillonnage photographique pour le réseau de surveillance RECOR. A gauche : un plongeur utilise le quadrat photographique sur un massif de coralligène ; à droite : photographie d'un quadrat.

I.4. La pression de mouillage

I.4.1. Impact de l'ancrage sur les habitats sensibles

Environ 7 % de la population mondiale vit dans les pays côtiers méditerranéens, soit 460 millions d'habitants auxquels il faut ajouter environ 200 millions de touristes internationaux. Avec près de la moitié de la population méditerranéenne vivant près des côtes, le littoral méditerranéen figure parmi les secteurs les plus densément peuplés et les plus fortement urbanisés de la planète. D'ici 2025, ce pourcentage d'occupation des côtes devrait passer de 50 % à 88 %, et l'artificialisation de son littoral de 40 à 50 % (PNUE/PAM 2009).

Le rivage méditerranéen français comprend 1700 km (dont environ 700 km pour la Corse) (source : www.shom.fr) des 46 000 km de côtes méditerranéennes. Le littoral méditerranéen, comprenant les régions d'Occitanie, Sud et Corse, est le plus convoité avec près de 3,2 millions d'habitants pour une densité de population de 365 habitants par km² (chiffres Insee 2010, RP 1999 et 2000, site Internet SOeS; SOeS et *al.*, 2013). Il est lui aussi victime de l'artificialisation du littoral : 4 800 000 habitants en région Provence-Alpes-Côte d'Azur avec un taux d'artificialisation de 19,05 % et une région Occitanie (2 500 000 habitants) en pleine expansion (1,4 % de croissance annuelle, taux deux fois plus rapide que la moyenne métropolitaine) avec un taux d'artificialisation de 19,51 % (Sources : MEDAM et INSEE). A l'opposé la Corse, avec 300 000 habitants et deux millions de touristes par an, ne présente que 2,23 % de son trait de côte artificialisé (sources : MEDAM et INSEE).

Cette forte concentration de population et de développement s'accompagne de pressions anthropiques et d'un impact environnemental important qui vont s'accroître avec le changement climatique en cours (le Sud-Ouest de l'Europe s'est réchauffé de 2°C depuis 1970) (PNUE/PAM 2009).

La navigation mondiale (transport maritime et navigation de plaisance) a une valeur économique importante. Selon une étude récente du transport maritime, « environ 80 % du commerce mondial en volume et plus de 70 % du commerce mondial en valeur sont transportés par voie maritime et sont traités par les ports du monde entier » (CNUCED, 2017). Ce nombre élevé de bateaux a de nombreux effets négatifs sur l'environnement : collision, pollution, aménagements littoraux (ports) et ancrage (Cappato, 2011).



Une des pressions anthropiques ayant un fort impact sur l'état des herbiers de posidonie actuellement est donc la pression de mouillage. L'ancrage est défini comme le déploiement à court terme d'un dispositif physique pour retenir rapidement le substrat par un navire (Kininmonth et al., 2014). Concentré dans les eaux peu profondes, l'ancrage cause des dommages directs et indirects aux écosystèmes marins lors des phases de déploiement et de récupération de l'ancre (Milazzo et al., 2004, Walker et al., 2012). Ainsi, l'ancrage est responsable de la perturbation mécanique d'habitats marins très sensibles comme les herbiers (Short et Wyllie-Echeverria, 1996) et les récifs biogéniques (Ballesteros, 2006; Davis, 1977), dont la régénération est limitée par une repousse lente (figure ci-dessous).

Figure 5 : Ancre de bateau à la remontée dans un herbier de Posidonie et traces de mouillage dans l'herbier provoquées



par la récupération d'une ancre (©Laurent Ballesta, 2018).

Depuis 2010, Andromède Océanologie étudie l'impact de l'ancrage des bateaux sur les habitats prioritaires méditerranéens grâce aux données AIS (Automatic Identification System) (<https://medtrix.fr/cahier-de-surveillance-6/>, Deter et al., 2017). Nous avons montré qu'en France, la région Sud est la plus fortement impactée par la pression du mouillage : elle concentre 80 % des mouillages AIS (Automatic Identification System) recensés entre 2010 et 2022 (source : projet 'Suivi du mouillage de la grande plaisance par données AIS, <https://plateforme.medtrix.fr>). Parallèlement, on estime à 33,5 % le recouvrement des fonds sous-marins par l'herbier de Posidonie en région Sud entre 0 et 40 mètres de fond. Malgré la **protection légale**¹ dont la Posidonie bénéficie, certains secteurs de la région Sud ont ainsi perdu jusqu'à **30 %** en quelques années (225 hectares perdus sur Golfe-Juan entre 2006 et 2019 ; Medtrix, 2019).

Sur la base de ces enjeux de protection de la biodiversité et particulièrement des habitats sensibles de la Méditerranée ainsi que des obligations internationales et européennes de la France dans le domaine de l'environnement, l'**arrêté préfectoral (n°123/2019)** a été élaboré afin de fixer le cadre général du mouillage et l'arrêt des navires dans les eaux intérieures et territoriales françaises de Méditerranée. Ainsi, depuis octobre 2020, **17 arrêtés préfectoraux** réglementent l'ancrage des navires de plus de 20 et 24 mètres le long du littoral méditerranéen français. Leur mise en place a permis **une diminution globale du nombre d'ancrage dans les herbiers de posidonie (-20 %** de bateaux de plaisance de plus de 24 m durant la période estivale entre 2019 et 2023) et de la **surface impactée** (900 hectares en 2019 à environ 200 ha en 2023 (comm.pers., Bockel T., 2024)). Grâce à cette réglementation récente, les herbiers à posidonie sont préservés de l'impact du mouillage des grandes unités (Bockel et al., 2023).

¹ Très tôt, différentes lois et réglementations ont protégé la posidonie : la loi de protection de la nature de juillet 1976, la loi Littoral de janvier 1986, l'arrêté du 19 juillet 1988 qui liste les espèces végétales marines protégées, la directive européenne « Habitats » (1992), la convention de Berne (1979) et le protocole de Barcelone (1995).

I.4.2. Réseaux de surveillance pour étudier la pression Mouillage

Afin de suivre l'état des écosystèmes marins et mesurer les impacts liés aux pressions anthropiques telles que l'ancrage des bateaux, Andromède Océanologie et l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse ont mis en place en 2010 un ensemble de réseaux de surveillance dont certaines thématiques portent sur l'analyse des paysages sous-marins, l'étude de la fréquentation des bateaux de plaisance et la modélisation de l'impact de leur ancrage sur les habitats sensibles.

Ces réseaux de surveillance ont été créés afin de répondre aux objectifs de la **Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin** (2008/56/CE, DCSMM). C'est une directive de l'Union Européenne qui vise à maintenir ou restaurer un bon fonctionnement des écosystèmes marins (diversité biologique conservée et interactions correctes entre les espèces et leurs habitats, océans dynamiques et productifs) tout en permettant l'exercice des usages en mer pour les générations futures dans une perspective de développement durable.



SURFSTAT, un réseau d'analyse surfacique des habitats marins



Le projet SURFSTAT se décline en deux étapes. La première étape consiste à **réaliser une cartographie continue des habitats marins en 2D** puis d'**établir la correspondance en 3D des habitats marins**. La deuxième étape consiste à **proposer et mesurer différentes variables de composition et de configuration d'habitats marins pouvant servir d'indicateurs surfaciques (spatiaux) de la qualité des eaux côtières** à partir des cartographies.

A large échelle, les indicateurs spatiaux ou surfaciques permettent de visualiser l'hétérogénéité des habitats par la cartographie des différents assemblages biocénétiques.

Deux types d'indicateurs sont généralement mesurés : les **indicateurs de composition** (par exemple la proportion de chaque habitat, richesse ou diversité d'habitats) et les **indicateurs de configuration spatiale** (relatifs à l'arrangement, position et orientation des taches sur une carte). La fiabilité des indicateurs spatiaux dépend des variables mesurées (ex : nombre d'hectares de régression, degré de fractionnement), mais aussi du type, de la saison et de la qualité des mesures (levé, vérité terrain), des spécifications techniques et enfin du type (manuel ou automatique) et de la qualité de l'interprétation. Dans l'idéal, les indicateurs spatiaux devraient, selon leur valeur, servir à diagnostiquer l'état des masses d'eau ou de portions de masses d'eau (par exemple une valeur x du ratio de recouvrement observé sur le recouvrement attendu indiquerait une masse d'eau en bon état). Au-delà de l'extension spatiale, d'autres indicateurs déjà existants et relevés à une échelle plus fine prennent le relais et complètent le diagnostic des masses d'eaux (exemples : télémétrie acoustique, indice PREI de Gobert et al., 2009 pour les Posidonies, CAI pour le coralligène...).

Les données surfaciques ainsi que la cartographie des indices et des habitats prioritaires sont disponibles sur la plateforme MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr/>) dans le projet « SURFSTAT ».



MEDOBS, Observatoire Aérien de la Méditerranée



L'observatoire MEDOBS a été initié en 2011 au travers d'un partenariat entre l'association MEDOBS et l'Agence de l'eau. A l'aide d'une caméra numérique sophistiquée embarquée dans un avion dédié à l'acquisition de données, les données relatives aux pressions des usages en mer, des mouillages forains, à la présence de pollutions, de détection de panaches fluviaux et de cétacés sont référencées et géolocalisées.

L'objectif du réseau est d'apprécier les phénomènes d'occurrences de pressions sur le territoire. Il n'a pas vocation de suivre de manière exhaustive et très fine l'ensemble des usages qui s'exercent sur le milieu au cours du temps. Le suivi est réalisé sur la bordure côtière du littoral des bassins Rhône-Méditerranée et Corse (zone des 3 milles nautiques) depuis 2011 et s'étend depuis 2014 au large du bassin (Pelagos et têtes de canyon). La période d'acquisition des données porte de mai à octobre.



Les données mouillage issues de ce réseau MEDOBS sont disponibles sur la plateforme MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr/>) dans le projet « MEDOBS ». Les zones de mouillage entre 2012 et 2022 sont visibles dans ce projet.



IMPACT, modélisation des pressions anthropiques côtières



Les activités humaines induisent des pressions importantes sur le milieu marin, et en particulier sur les écosystèmes côtiers. Les modèles spatiaux disponibles dans le projet IMPACT ont pour objectif d'améliorer la connaissance des liens entre pressions humaines et statut des écosystèmes côtiers. En corrélant spatialement ces données, il devient envisageable de réaliser une modélisation à grande échelle (Méditerranée française) de l'étendue et de l'interaction des pressions anthropiques sur le milieu marin. IMPACT constitue un outil d'aide à la décision aux gestionnaires et décideurs permettant notamment la priorisation des zones d'actions et le développement d'indicateurs pertinents.

Treize pressions anthropiques sont considérées pour leur origine et leur intensité : l'urbanisation, l'agriculture, l'érosion côtière, les aménagements côtiers, le mouillage, la population, les effluents industriels, l'aquaculture, la pêche professionnelle hors chalut, la population côtière, le tourisme balnéaire, la pollution par les cours d'eau et les rejets en mer. Leur spatialisation est construite selon une grille de cellules de 20 x 20 m en appliquant une courbe exponentielle négative selon la distance (horizontale et profondeur) à la source variant de 100 % (origine) à 0 % (plus aucune pression). Ce travail a été publié en open access dans le journal PlosOne (Holon et *al.*, 2015a) puis mis à jour en 2018 (rapport téléchargeable sur <https://plateforme.medtrix.fr/> dans le projet IMPACT).

La modélisation de la pression anthropique « Mouillage petite plaisance » a été réalisée à partir des données MEDOBS compilées aux données AIS et aux données de l'application DONIA ([Andromède Océanologie, 2023a](#)). Ces données sont disponibles sur la plateforme MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr/>) dans le projet « IMPACT ».



Suivi du mouillage



L'étude de Deter et *al.* (2017) a permis d'estimer la pression d'ancrage sur les habitats marins côtiers à l'aide des données AIS (Automatic Identification System). 12 447 navires ont été localisées le long des 1800 km de côte de Méditerranée française entre 2010 et 2015 grâce aux données AIS de Marine Traffic. Un prétraitement a sélectionné les navires ancrés et estimé leur position d'ancrage et l'impact. Par la suite, 60 097 zones d'impact d'ancrage correspondant à 5 868 navires différents ont été analysées pour une zone d'impact cumulé total de 79 215 ha.

Une analyse couplée à une carte des fonds marins a montré que près d'un tiers des habitats entre 0 et -80 m étaient soumis à une pression d'ancrage. Les herbiers de *Posidonia oceanica* ont été les plus touchés en termes de durée. Cette méthodologie est efficace pour estimer spatialement et temporellement la pression d'ancrage, quels que soient les objectifs économiques et / ou écologiques finaux, et devrait intéresser les zones marines protégées autant que les gestionnaires côtiers.

La modélisation de la pression anthropique « Grande plaisance » a été réalisée à partir des données AIS. Les données issues de cette étude sont disponibles sur la plateforme MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr/>) dans le projet « Suivi impact du mouillage ». On peut visualiser la localisation des 29 747 navires au mouillage entre 2010 et 2023 issues des données AIS de Marine Traffic, VesselFinder et AISHub, comptabilisant ainsi 292 195 mouillages au total (147 439 mouillages pour des bateaux de taille supérieure à 24m ; chiffres datant du 30/11/2023).



Cartes de la pression de mouillage (petite et grande plaisance)

Sur la plateforme MEDTRIX on peut visualiser deux cartes de pression mouillage :

- ☞ Carte de **pression de mouillage de la grande plaisance** d'après les données **AIS**, disponible dans le projet « IMPACT ».
- ☞ Carte de **pression de mouillage de la petite plaisance** d'après une compilation des données **MEDOBS**, des données **AIS** et des données de l'application **DONIA**, disponibles dans le projet « IMPACT ».

Plus de détails sur la méthodologie disponible dans le rapport d'[Andromède Océanologie, 2023](#).

I.5. Objectifs de la mise à jour du programme SURFSTAT

En 2020 et 2021, le réseau SURFSTAT avait pour objectif l'actualisation de la cartographie des biocénoses marines en **région Sud**, notamment des herbiers de posidonie. Pour cela, des campagnes d'acquisition de données **sonar** (plus de 30 000 ha) et d'**observations en plongée** (5000 vérités terrain) ont été menées en avril 2020 et en mars/avril 2021. Une partie de ces données a permis l'actualisation de la cartographie des biocénoses marines sur **14 zones prioritaires** (= zones fortement impactées par la pression de mouillage) appartenant à neuf masses d'eau côtière. Ces résultats sont synthétisés dans un rapport disponible sur la plateforme MEDTRIX/Réseau [SURFSTAT](#) ([Andromède, 2021](#)).

L'ensemble des données de fréquentation et de pression cumulée du mouillage disponibles sur la plateforme MEDTRIX (projets [MEDOBS](#), [IMPACT](#) et [DONIA Expert](#)) et l'ancienneté des données cartographiques a permis de cibler **19 secteurs en Région Sud**, en complément des 14 zones prioritaires déjà actualisées, répartis sur **17 masses d'eau côtières**.

Le **premier objectif** de cette étude est donc de réaliser une cartographie continue fine et actualisée des biocénoses marines, en particulier des herbiers de posidonie, sur ces **19 secteurs en région Sud**. Le **second objectif** est d'analyser le paysage pour extraire des indicateurs surfaciques (spatiaux) de la qualité des eaux côtières pour les **17 masses d'eau côtière** actualisées en **région Sud**.



II. MATERIEL ET METHODES

Dans cette partie sont décrites le matériel et les méthodes utilisés pour :

- la sélection des 19 nouveaux secteurs en Région Sud ciblés par cette étude ;
- la réalisation de la cartographie continue des biocénoses marines ;
- l'analyse du paysage et l'extraction des indicateurs surfaciques.

II.1. Sélection des secteurs

Les données issues de l'analyse des réseaux de surveillance pour étudier la pression Mouillage (1.4.2) ont permis de cibler **plusieurs secteurs identifiés comme très fréquentés par la plaisance et sur lesquels l'herbier de posidonie semble potentiellement le plus impacté en Région Sud.**

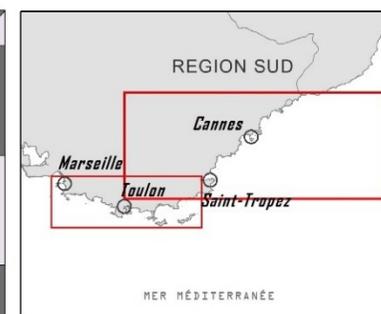
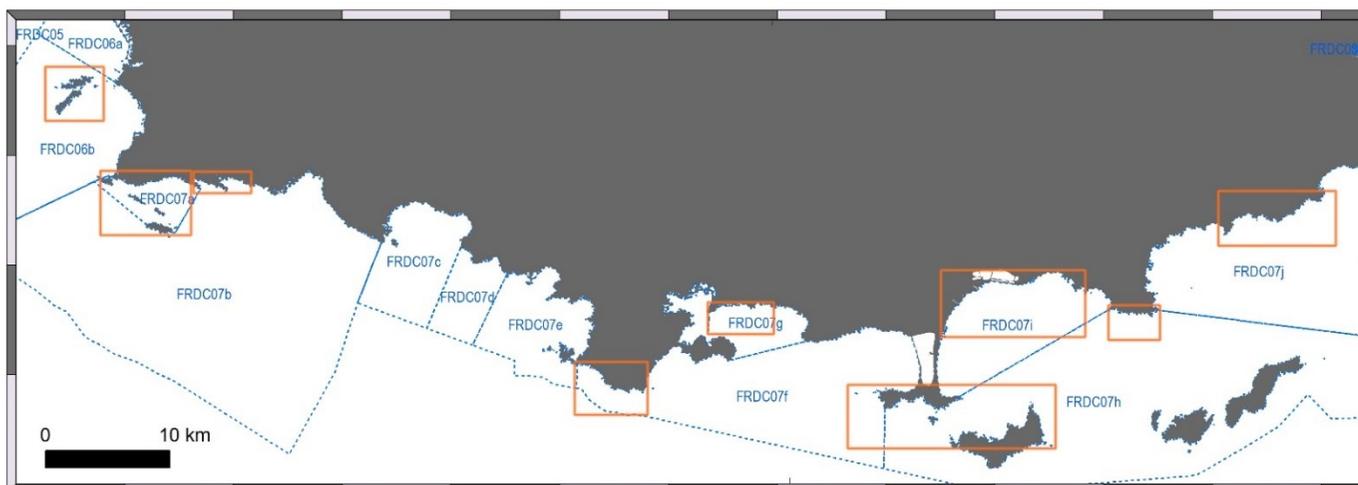
En parallèle, des **secteurs supplémentaires** ont été identifiés pour d'autres raisons comme :

- l'ancienneté des données (cartographie de plus de 10-15 ans) (Tableau 2) ;
- le manque de données (limite inférieure d'herbier ou cartographie des récifs coralligènes très approximatives, biocénoses des fonds meubles peu connues).

Les **19 secteurs** sont les suivants :

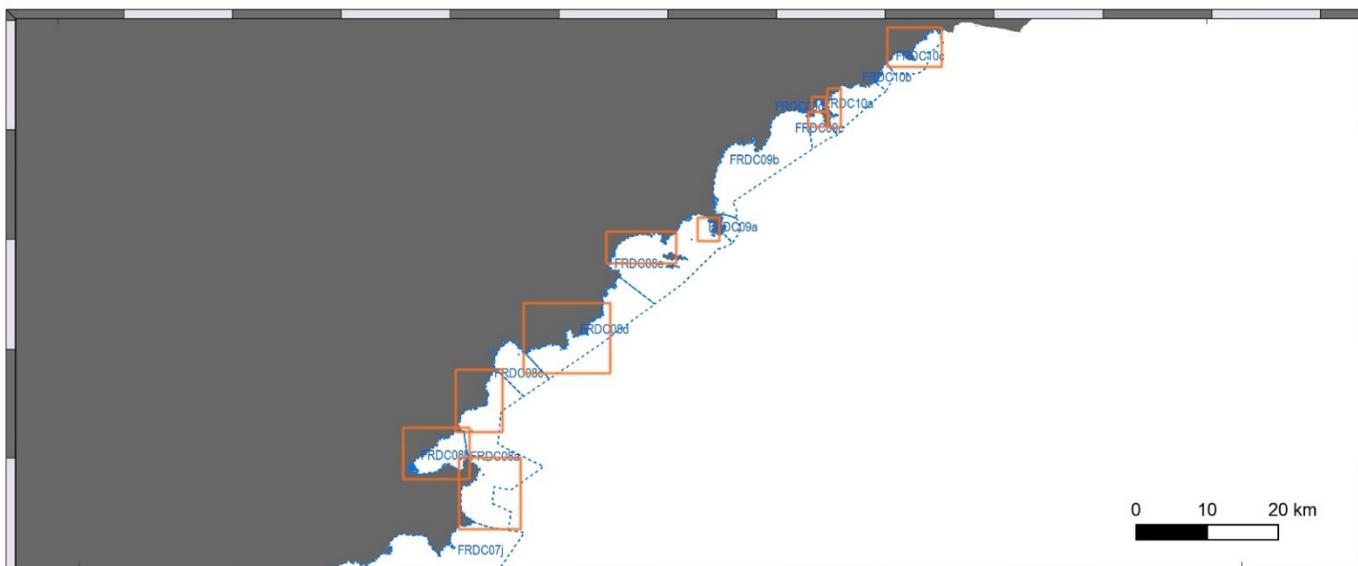
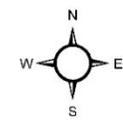
Îles du Frioul, Archipel de Riou, Calanques de Sormiou et Morgiou, Cap Sicié, Rade de Toulon Ouest, La Madrague/Giens Sud/Porquerolles, Rade d'Hyères Nord, Cap Bénat, Rayol-Canadel, Pampelonne, Golfe de Saint-Tropez, Sainte-Maxime/La Gaillarde, Saint-Raphaël/Agay, Cannes, Golfe Juan Est, Tombant des Américains/Cap Ferrat Ouest, Villefranche-sur-Mer, Cap Ferrat Est/Beaulieu-sur-Mer, Roquebrune/Menton.

Ils sont indiqués sur la carte page suivante.



Légende

- Masses d'eau côtières
- Secteurs actualisés



Système de coordonnées :
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



II.2. Cartographie des biocénoses marines

II.2.1. Synthèse des données cartographiques existantes

C'est afin de répondre à des enjeux plus ou moins locaux (suivi de station d'épuration, zone protégée, contrat de baie, etc.) qu'ont été réalisées les premières cartographies des biocénoses marines à grande échelle avec une précision suffisante pour apporter des indications surfaciques sur le statut écologique des habitats marins. Pour la réalisation de la cartographie continue des fonds marins méditerranéens français (toutes régions confondues), 30 années de travaux ont été compilées (Holon et *al.* 2015b). Uniquement les données les plus précises et les plus récentes ont été conservées pour cette cartographie continue initiale. Depuis, elle est mise à jour tous les trois à six ans selon les zones.

Ainsi, en **région Sud**, les cartographies récentes et disponibles à ce jour proviennent de trois principaux projets : la base de données MEDBENTH (Agence de l'Eau RMC/IFREMER), le programme CARTHAM - Cartographie et études des biocénoses des sites Natura 2000 (AAMP (nouvellement OFB)/MEEDTL) et le réseau SURFSTAT (Andromède Océanologie/Agence de l'Eau RMC). L'ensemble de la cartographie continue des habitats est consultable sur la plateforme cartographique MEDTRIX (Holon et *al.*, 2015c) dans les projets DONIA, DONIA Expert et SURFSTAT (<https://plateforme.medtrix.fr/>) et *via* l'application DONIA (<http://www.donia.fr/>).

Au total, ces cartographies existantes représentent **environ 70 % du littoral de la région Sud**, et s'étendent généralement jusqu'à 60 mètres de fond, avec des exceptions allant jusqu'à -120 m pour cartographier les récifs coralligènes de la zone mésophotique (expédition [GOMBESSA 5](#), 2019)

Afin de compléter la mise à jour de la cartographie des biocénoses marines en Région Sud, des **campagnes d'acquisition de données acoustiques sonar ainsi que des observations en plongée sous-marines (vérités-terrain) ont été respectivement menées en avril 2020 et en mars/avril 2021.**

II.2.2. Acquisition et analyse de données sonar

En **Région Sud**, près de **20 000 hectares de données acoustiques sonar** ont été acquises **en avril 2020** pour la présente étude (hors zones prioritaires traitées dans le rapport d'[Andromède, 2021](#), voir carte page 14).

Le sonar est remorqué à une vitesse d'environ 5 nœuds et à une hauteur par rapport au fond comprise entre 3 et 10 mètres selon la fréquence (et donc la portée efficace maximale) choisie.

Le levé s'effectue en bandes parallèles et dans l'axe des courbes bathymétriques de manière à travailler à une profondeur constante. Un recouvrement total des profils permet de réaliser une cartographie complète d'une zone.

L'acquisition sonar latéral est particulièrement adaptée à la cartographie des zones de plaine, et en particulier des herbiers de Posidonie sur matre. Pour les zones accidentées, la lecture des sonogrammes devient plus délicate.



Exploitation des données sonar latéral

Le logiciel spécialisé (SonarWiz) permet d'obtenir une mosaïque géoréférencée des bandes sonar. Cette mosaïque apparaît sous la forme d'une image en gradient de jaune, laissant apparaître les différents types de substrat (depuis les substrats denses, comme la roche, qui apparaissent en blanc aux substrats meubles, comme la vase, qui apparaissent en noir).

L'interprétation des données sonar pour la pré-cartographie apporte de nombreuses informations mais soulève aussi quelques incertitudes. C'est pourquoi elle doit être couplée à une campagne de vérité terrain.

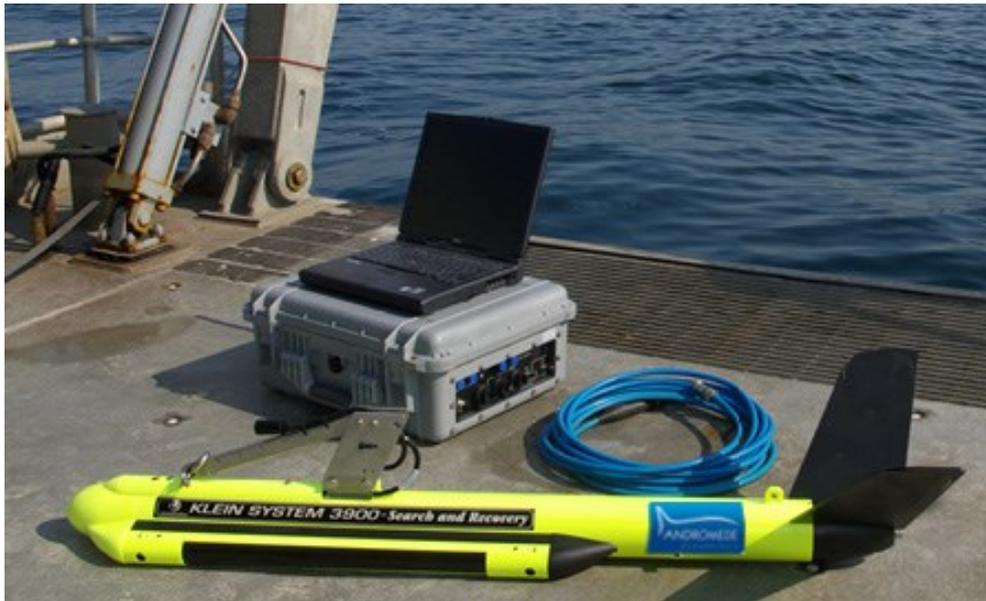
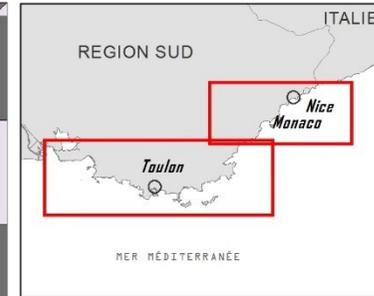
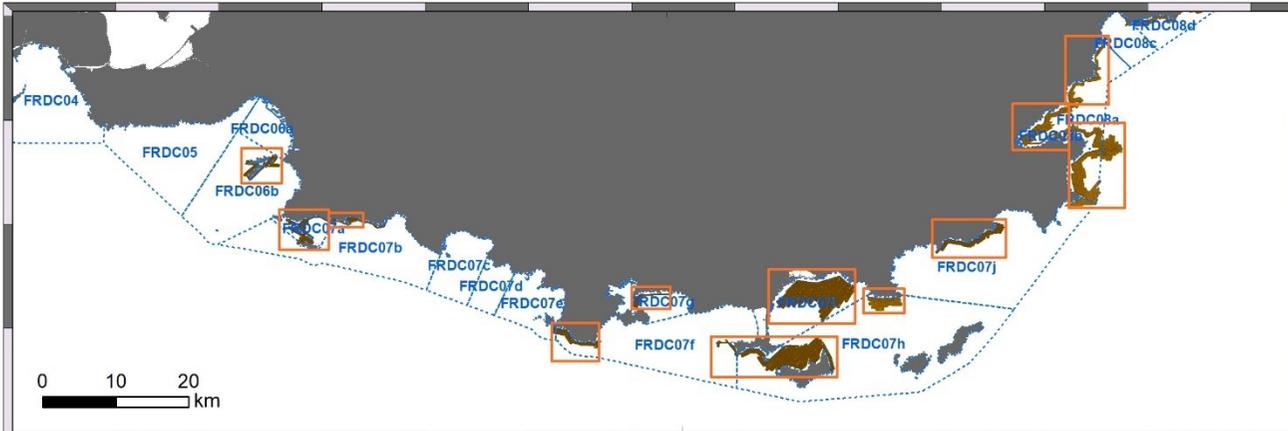


Figure 6 : Sonar Klein 3900. A gauche : micro-ordinateur avec logiciel SonarPro et enregistreur numérique ; à droite : poisson relié au bateau par le câble électroporteur. Source : Andromède



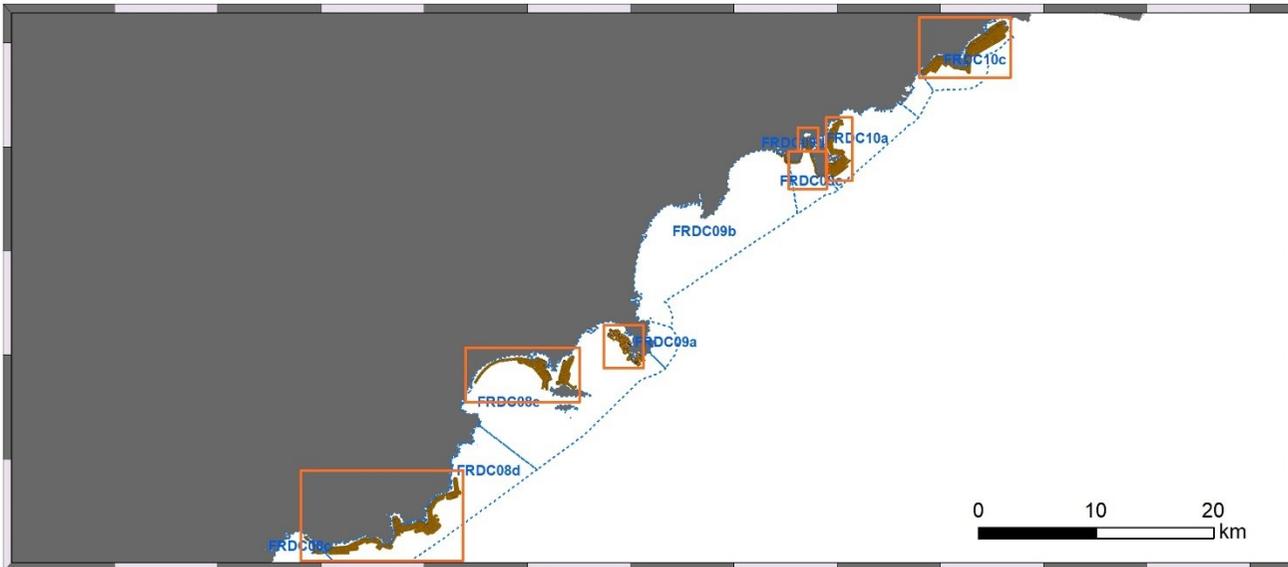


Couverture des données acoustiques sonar complémentaires en Région Sud



Légende

- Masses d'eau côtières
- Secteurs actualisés
- Données sonar (2020)



Données sonar : Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées :
RGF93 - Lambert 93

Avril 2024

II.2.3. Acquisition et analyse de données de terrain

En **Région Sud**, **2 800 vérités terrain** ont été réalisées en mars/avril 2021 grâce à des plongées ponctuelles et à des transects de plongeur tracté pour la présente étude (hors zones prioritaires traitées dans le rapport d'[Andromède, 2021](#)).

II.2.3.a. Méthodologie du « Transect plongeur audio »

Pour contourner l'aspect ponctuel d'une observation par plongeur, nous avons mis en place la technique du transect plongeur audio, qui permet la validation terrain de plusieurs milliers de points par un plongeur/biologiste le long de transects pouvant atteindre une vingtaine de kilomètre par jour d'acquisition.

Le plongeur est tracté par le bateau à la bathymétrie voulue en fonction des zones à décrire. Il transmet ses observations en temps réel (présence herbier, indice supposé de vitalité...) à l'opérateur qui peut suivre son parcours sur l'ordinateur relié au GPS. Il est équipé d'une planche de tractage qui lui permet de faire varier sa profondeur, d'un système de communication et d'un système de positionnement. Une caméra GoPro® est également fixée au plongeur afin d'avoir une trace visuelle des observations faites *in situ* pour chaque plongée.

II.2.3.b. Système de communication plongeur/surface

Le système de communication de RCH est un matériel militaire qui permet à un ou plusieurs plongeurs de communiquer entre eux et la surface. Cet équipement est composé d'une station surface avec hydrophone, d'un boîtier portable pour le plongeur et d'un masque facial équipé d'écouteurs et de micros.

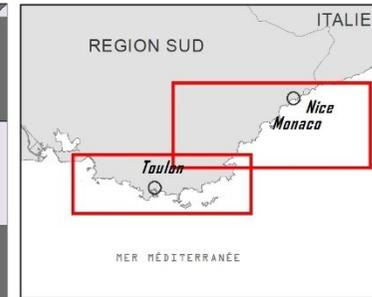
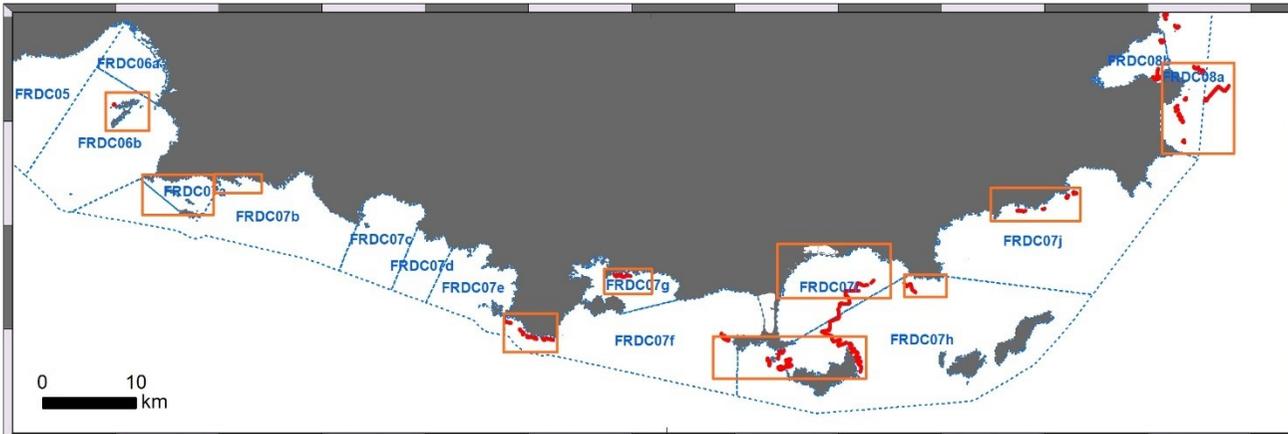


Figure 7 : Station surface munie d'un hydrophone ; à droite : plongeur en recycleur avec le masque facial lui permettant de communiquer avec la surface.



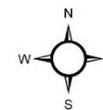
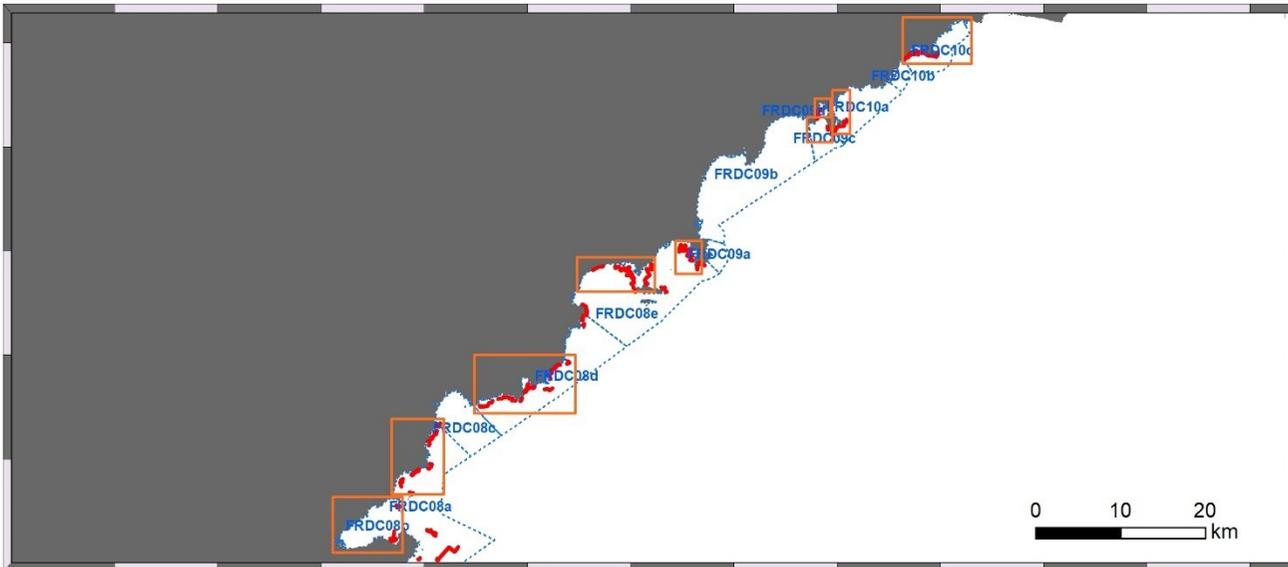


Localisation des vérités-terrain complémentaires en Région Sud



Légende

- Vérités-terrain (2021)
- ▭ Masses d'eau côtières
- ▭ Secteurs actualisés



Vérités-terrain :
Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées :
RGF93 - Lambert 93

Avril 2024

II.2.3.c. Positionnement des observations sous-marines

En ce qui concerne les données acquises sous l'eau (transect plongeur audio, plongées ponctuelles), nous utilisons un système de positionnement USBL, le Micronav de Trittech qui permet de disposer de la position GPS sous l'eau. Ce système est fixé sur la planche de tractage à laquelle le plongeur est accroché ; il décrit ses nombreuses observations marines *via* un système de communication (Aquacom de RCH) à l'équipe de surface, tout en étant géolocalisé.

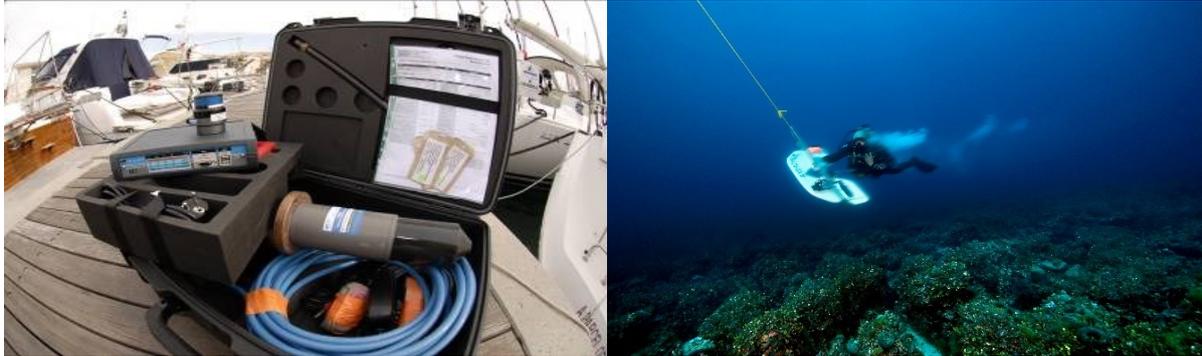


Figure 8 : Le système de GPS sous-marin Trittech est composé d'un pinger emporté par le plongeur et d'une antenne acoustique fixée sous le bateau. Il permet de géoréférencer toutes les observations. Une caméra GoPro® est attaché au plongeur afin d'enregistrer dans son intégralité le transect.

Les informations sont traitées au fur et à mesure de l'acquisition (gain de temps) et le nombre de points renseignés permet de réaliser des extrapolations plus justes.

L'utilisation de la communication surface et du positionnement des observations en temps réel font de cette méthodologie un outil simple et performant pour la cartographie.

La mise en œuvre est plus simple que celle d'un ROV ou d'une caméra tractée dont la « vision » réduite ne permet pas une vision globale de l'habitat.



Observations sous-marines ponctuelles

Des observations sous-marines ponctuelles sont réalisées dans le cadre de SURFSTAT. Les coordonnées géographiques de chaque plongée sont obtenues par positionnement au GPS sous-marin. Ces plongées viennent en complément des données RECOR afin de valider la présence ou non de coralligène et des données TEMPO pour positionner la limite inférieure des herbiers de Posidonie.



II.2.4. Outils d'actualisation de la cartographie

Différents outils ont été utilisés pour réaliser la cartographie. Ils sont présentés dans le Tableau 1 ci-après. Les relevés sonar ont été acquis lors des campagnes effectuées par Andromède Océanologie en mars/avril 2020 en vue de réactualiser et d'affiner la cartographie qui n'a pas été actualisée depuis 2010-2012 (programme CARTHAM) dans certaines zones. Des observations terrain ont également été réalisées en mars-avril 2021.

La cartographie est réalisée sous **Photoshop** puis **ArcGIS v.10.6**. Un contrôle qualité est appliqué une fois la cartographie disponible pour une masse d'eau côtière donnée. Il consiste à corriger les éventuelles erreurs de superposition et de discontinuité et à finaliser le fichier vecteur.

Tableau 1 : Outils, données et matériel utilisés pour l'actualisation de la cartographie.

	Photographie aérienne	Logiciels	Données terrain
Outils	Orthophotographies aériennes BD ORTHO® 20 cm de l'IGN (2019)	Photoshop CC ArcGIS for Desktop v.10.6 Google Earth QGIS 3.4	Points biologiques et relevés sonar réalisés par Andromède Océanologie

II.2.5. Nomenclature des habitats : la typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée

A partir des données acquises au **sonar latéral** et en **plongée**, nous avons actualisé la cartographie des biocénoses marines dans chacune des zones avec une **échelle de précision égale à 1/10000^{ème}**. La typologie utilisée est celle préconisée pour la cartographie des biocénoses en Méditerranée (PatriNat, 2021). Toutes les données cartographiques sont restituées selon le système de projection Lambert 93.

Au total, **14 biocénoses** ont été cartographiées :

 **Biocénose des sables fins de haut niveau** (Code MNHN : III.2.1.)

Bande de sable immergée jusqu'à environ 2,5 à 3 m de profondeur au maximum. Succédant aux plages émergées, elle constitue « la basse plage » et correspond à la zone d'hydrodynamisme maximum des plages, dans la zone de déferlement des vagues par mauvais temps. Le sédiment est dominé par du sable fin, mais il est mélangé à une fraction sableuse plus hétérogène et plus grossière (coquilles mortes, petits graviers) et à des débris de feuilles mortes de Posidonies en transit momentané.

 **Biocénose des sables fins bien calibrés (SFBC)** (Code MNHN : III.2.2.).

En dessous des SFHN, on trouve les Sables Fins Bien Calibrés (SFBC) c'est à dire du sable fin de granulométrie homogène. Les SFBC sont dépourvus de végétation mais abritent une faune diversifiée, notamment de mollusques, de polychètes, de crustacés décapodes, d'échinodermes, de poissons et qui occupe l'essentiel des surfaces de fonds meubles de l'étage infralittoral notamment les fonds de calanques en limite supérieure d'herbier. Cette biocénose peut présenter des faciès particuliers à *Cymodocea nodosa* ou à *Caulerpa prolifera*.

 **Association à *Cymodocea nodosa* sur SFBC** (Code MNHN : III.2.2.a.)

Cette Magnoliophyte est protégée sur le territoire national depuis 1988, inscrite dans l'annexe 1 de la convention de Berne. Sans être strictement endémique de Méditerranée (elle est présente dans le proche Atlantique), cette cymodocée en constitue une des caractéristiques. Ses peuplements sont à l'origine de véritables prairies, généralement localisées à faible profondeur, dans des sites abrités, en particulier dans les fonds de baie. On la trouve sur des substrats meubles de type SFBC.

Biocénose des sables et graviers sous influence des courants de fond (SGCF) – étage infralittoral (Code MNHN : III.3.2.).

Les Sables Grossiers et fins graviers sous influence des Courants de Fonds (SGCF) sont constitués de sables grossiers et de petits graviers dépourvus de fraction fine, triés sous l'effet de courants de fonds fréquents, voire persistants, et assez forts. Les SGCF peuvent s'étendre en Méditerranée de 4 à 70 m de profondeur et donc se mêler en profondeur avec la biocénose du Détritique Côtier. Les SGCF sont riches en méiofaune mais la macrofaune y est rare et peu abondante. Cette biocénose est fréquente dans les passes entre les îles, où les courants violents sont fréquents, mais également dans les intermattes des herbiers de posidonie.

Biocénose des galets infralittoraux (Code MNHN : III.4.1.)

Plages de galets se rencontrant dans les criques des côtes rocheuses pouvant être soumises à un fort hydrodynamisme, de manière plus ou moins sporadique. L'habitat ne s'étend pas profondément, jusqu'à quelques décimètres tout au plus ; sa limite inférieure correspond à la zone où la force des vagues est insuffisante pour rouler les galets.

Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Code MNHN : III.5.1.).

La magnoliophyte *Posidonia oceanica* est une espèce endémique méditerranéenne stricte. L'espèce, et les herbiers qu'elle constitue, sont répandus dans la plus grande partie de la Méditerranée. Elle constitue de vastes prairies sous-marines, appelées herbiers, qui se développent depuis la surface de l'eau jusqu'à 30 à 40 m de profondeur, selon la transparence des eaux. Cet habitat est une entité complexe qui se développe aussi bien sur les substrats meubles que sur les substrats durs. L'extension de *Posidonia oceanica* en profondeur caractérise l'étage infralittoral. L'herbier à *Posidonia oceanica* est actuellement considéré comme l'écosystème le plus important de la Méditerranée : importance de sa production primaire, richesse de sa faune et de sa flore, équilibre sédimentaire du littoral, exportation de biomasse vers d'autres écosystèmes, frayères et nurseries pour de nombreuses espèces de poissons et de crustacés.

Association de la matte morte de *Posidonia oceanica* (Code MNHN : III.5.1.b.).

Le faciès dégradé de l'herbier à posidonies est également un habitat identifié dans la zone. Ce faciès n'est pas toujours facile à identifier, que ce soit en plongée sous-marine car il est souvent recouvert de sédiments meubles ou sur les sonogrammes où il apparaît sous forme de faciès clair et homogène assimilable à du sédiment fin. Lorsqu'elle était identifiée comme telle, nous avons fait figurer la matte morte affleurante ; dans le cas contraire nous avons assimilé ce faciès à du sédiment fin. Lorsque que la couverture d'herbier de posidonie est inférieure à 5 % nous l'avons cartographié en tant que matte morte.

Biocénose des algues infralittorales (Code MNHN : III.6.1.)

C'est l'habitat de substrat dur le plus représenté dans l'étage infralittoral qui est d'une grande richesse et diversité en organismes. Cet habitat est généralement retrouvé depuis la surface jusqu'à 35-40 m de profondeur.

Biocénose des fonds détritiques envasés (DE) (Code MNHN : IV.2.1.)

Ces biocénoses se développent dans des zones où les fonds détritiques sont recouverts par de la vase d'origine terrigène (dépôts des fleuves). La fraction vaseuse du détritique est généralement inférieure à 20% mais divers types plus ou moins envasés existent. Ainsi, lorsqu'il a été observé un envasement supérieur à 20%, le détritique a été indiqué comme envasé sur la cartographie. Le renouvellement des masses d'eau est relativement peu actif



au niveau de cette biocénose, qui se rencontre d'ailleurs dans les baies, plus profondément que la biocénose des fonds détritiques côtiers.

Biocénose du détritique côtier (Code MNHN : IV.2.2.)

La biocénose des fonds du Détritique Côtier (DC) est caractéristique des fonds meubles circalittoraux et occupe une grande partie du plateau continental depuis la limite inférieure de l'herbier de posidonie. Le détritique côtier est composé de graviers organogènes issus des tests calcaires d'organismes actuels, provenant des formations infralittorales et circalittorales voisines, et partiellement colmatés par une fraction sablo-vaseuse. Sa nature est extrêmement variée en fonction des biocénoses voisines et peut présenter divers faciès et associations.

Association à rhodolithes sur DC (Code MNHN : IV.2.2.b.)

Les rhodolithes représente un groupe de plusieurs espèces de rhodophytes calcifiées plus ou moins branchues, de tailles centimétriques, vivant libres sur le fond. Cet habitat se retrouve principalement dans un environnement sous faible éclairage, balayé par des courants unidirectionnels, et entre 30 et 65 m de profondeur. Le sédiment est généralement biogène, grossier et couvert de rhodolithes. Cet habitat est difficilement reconnaissable au sonar c'est pourquoi on ne se basera que sur les données d'observations en plongée tractée pour la cartographie.

Biocénose des sables et graviers sous influence des courants de fond (SGCF) – étage circalittoral (Code MNHN : IV.2.4.)

Les Sables Grossiers et fins graviers sous influence des Courants de Fonds (SGCF) sont constitués de sables grossiers et de petits graviers dépourvus de fraction fine, triés sous l'effet de courants de fonds fréquents, voire persistants, et assez forts. Les SGCF peuvent s'étendre en Méditerranée de 4 à 70 m de profondeur et donc se mêler en profondeur avec l'habitat du Détritique Côtier. Les SGCF sont riches en méiofaune mais la macrofaune y est rare et peu abondante. Cet habitat est fréquent dans les passes entre les îles, où les courants violents sont fréquents, mais également dans les intermattes des herbiers de posidonie.

Biocénose Coralligène (C) (Code MNHN : IV.3.1.)

Le Coralligène est une biocénose de substrat dur du circalittoral, étage s'étendant au-delà de l'infralittoral, jusqu'à la limite de la zone de survie des macrophytes pluricellulaires autotrophes. Le développement des concrétionnements coralligènes est soumis aux tolérances lumineuses de leurs principaux constructeurs. En Corse cet habitat est présent globalement à partir des 40 mètres de profondeur, mais en Région Sud ou en Occitanie où la turbidité des eaux est plus prononcée, le coralligène peut apparaître dès 20-25 m de profondeur.

Habitats artificiels (Typologie SURFSTAT – Andromède Océanologie)

Cette catégorie regroupe les habitats artificiels comme les émissaires en mer, les récifs artificiels, les aménagements littoraux (digues, épis, appontements, terre-plein, etc.) et les épaves de bateaux.

II.3. Outils et méthode d'analyse du paysage

Le second objectif du réseau SURFSTAT est d'**extraire des indicateurs surfaciques** à partir de la cartographie continue des biocénoses. Cette carte constitue une des données principales pour l'analyse paysagère et pour le calcul d'indicateurs d'écologie du paysage (Haase *et al.*, 2007, Lasanta *et al.*, 2006).

Il existe plusieurs interprétations du terme « paysage » conformément aux différentes disciplines et aux contextes de gestion (McGarigal & Cushman, 2002). La notion de paysage est donc complexe à appréhender. Généralement on lui reconnaît une composante objective donnée par les éléments qui le composent et leur arrangement spatial et une composante subjective, fondée sur la sensibilité de l'observateur (IFN, 2005). Dans la perspective écologique, le paysage est défini comme un espace hétérogène composé d'une mosaïque d'écosystèmes qui interagissent et se répètent de façon similaire dans l'espace.

Dans l'analyse des systèmes paysagers, la question des limites du paysage doit être résolue (Burel & Baudry, 2000 ; McGarigal & Cushman, 2002). Elle dépend fondamentalement de l'objet de l'étude ainsi que du champ d'action des types de processus étudiés. Pour l'analyse environnementale des paysages de la présente étude, les unités structurelles et fonctionnelles choisies sont les masses d'eau côtières car elles constituent le référentiel cartographique élémentaire de la DCE et servent donc d'unité d'évaluation de l'état des eaux. On peut ajouter qu'elles définissent un objet spatial fondamental dans lequel les activités socio-économiques et celles de l'environnement opèrent.

La cartographie en 2D a donc été découpée par masse d'eau côtière (neuf pour cette étude) puis par tranche bathymétrique (0-40m ; 0-60m) : ces différentes cartes des biocénoses correspondent chacune à une unité paysagère. Cette cartographie intègre toute une série de polygones ou taches. En tant qu'unités paysagères identifiables, avec des limites définies et cartographiables, les taches ont été regroupées en 14 catégories biocénotiques (cf. paragraphe II.2.5. Nomenclature des habitats : la typologie) appelées « classes » en écologie du paysage.

II.3.1. Spatialisation et quantification du paysage

La cartographie continue des biocénoses sous-marines constitue la donnée de base de toute mesure et calcul d'analyse du paysage. Dans un premier temps, on réalise une analyse qualitative des données spatiales des cartes (format vecteur, ArcGIS v10.6) de chacun des paysages créés par masse d'eau côtière. Cette étape mesure donc la quantité et la surface spatiale des différentes classes (la structure du paysage). En deuxième temps, une analyse statistique de ces cartes est réalisée (format raster d'une résolution de 5m x 5m, RStudio v1.1 ©) en calculant différents indices de l'écologie du paysage à l'échelle des classes (= catégories biocénotiques) et du paysage (= masse d'eau). Ces indices sont calculés grâce à un script R et du package SDMTools (VanDerWal *et al.*, 2014), et plus particulièrement de la fonction ClassStat, reprenant en grande partie les indices extraits au travers de FragStats (McGarigal & Marks, 1995). Cette étape permet de mesurer la composition (hétérogénéité) et la configuration (fragmentation, agrégation) de la structure du paysage.



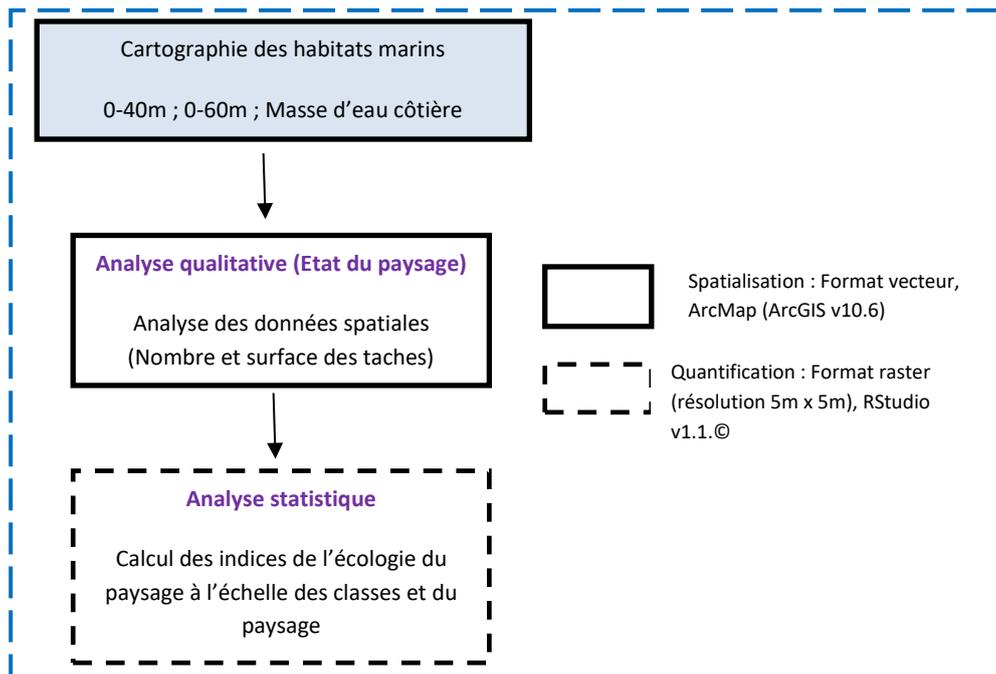


Figure 9 : Chaîne de traitement pour l'analyse du paysage

II.3.2. Analyse qualitative du paysage sous-marin

La description de la structure du paysage a été réalisée à plusieurs échelles de découpage. Ainsi, la cartographie continue des biocénoses sous-marines a tout d'abord été découpée par masse d'eau côtière (les 17 masses d'eau côtières en région Sud actualisées dans le cadre de cette étude) puis par tranche bathymétrique.

Deux tranches ont été choisies dans cette étude : **0-40 mètres** et **0-60 mètres**. La première tranche correspond à la zone de fortes pressions anthropiques et toute la distribution de l'herbier à Posidonie, et celle de 0-60 mètres permet d'inclure une partie de la zone de répartition du coralligène.

Ces différentes échelles représentent un compromis entre une extension spatiale suffisamment grande pour capturer l'hétérogénéité de distribution des habitats et les échelles de travail utilisées par les gestionnaires et les décideurs.

Dans cette étude sont présentés les résultats des analyses quantitatives et qualitatives pour 17 masses d'eau dont les données cartographiques devenaient trop anciennes ou dont la fréquentation des bateaux à l'ancrage est très importante.

Les zones et masses d'eau actualisées sont résumées dans le tableau page suivante.

Tableau 2 : Masses d'eau et secteurs géographiques correspondants actualisés en Région Sud.

Masse d'eau	Secteurs	Prof. max actualisation	Sources des données existantes
FRDC06b	Îles du Frioul	40	Andromède/Ville de Marseille (2008) CARTHAM 2010-2012 SURFSTAT 2014 Andormède/EGIS/Ville de Marseille (2017)
FRDC07a	Masse d'eau complète	40	CARTHAM 2010-2012 SURFSTAT 2014
FRDC07b	Calanques de Morgiou et Sormiou	40 m	CARTHAM 2010-2012 STEP 2019 (AO/Métropole Aix-Marseille Provence) SURFSTAT 2020
FRDC07f	Cap Sicié ; La Madrague (Ouest Giens)	50 m	CARTHAM 2010-2012 SURFSTAT 2014 SURFSTAT 2020
FRDC07g	Rade de Toulon Ouest	30 m	AO/TPM 2009 SURFSTAT 2014 SURFSTAT 2020
FRDC07h	Giens/Porquerolles ; Cap Bénat	40 m 100 m (coralligène)	CARTHAM 2010-2012 SURFSTAT 2014 GOMBESSA V (2019) SURFSTAT 2020
FRDC07i	Rade d'Hyères	30 m	CARTHAM 2010-2012 SURFSTAT 2020
FRDC07j	Rayol-Canadel-sur-Mer	50 m 120 m (coralligène)	CARTHAM 2010-2012 SURFSTAT 2014 AO/Communauté de communes du Golfe de St Tropez – 2019 GOMBESSA V (2019) SURFSTAT 2020 SANDRO 2020-2022 (AO/OFB)



FRDC08a	Masse d'eau complète (sauf petits fonds secteur Pampelonne Nord)	50 m 120 m (coralligène)	CARTHAM 2010-2012 SURFSTAT 2013-2014 GOMBESSA V (2019) SURFSTAT 2020 SANDRO 2020-2022 (AO/OFB)
FRDC08b	Masse d'eau complète	40 m	CARTHAM 2010 SURFSTAT 2014 AO/Communauté de communes du Golfe de St-Tropez (2015 et 2019) SURFSTAT 2018 Semantic TS/Mairie de Grimaud (2018) SURFSTAT 2020
FRDC08c	Masse d'eau complète	40 m 120 m (coralligène)	SURFSTAT 2013 & 2014 GOMBESSA V (2019) SURFSTAT 2020
FRDC08d	Saint-Raphaël au Cap Roux	45 m 120 m (coralligène)	CARTHAM 2010-2012 AO/Ville de St Raphaël (2014) SURFSTAT 2014 GOMBESSA V (2019) SURFSTAT 2020
FRDC08e	Golfe de la Napoule à la Pointe Fourcade (Cannes) ; Est Golfe Juan	45 m 120 m (coralligène)	AO/AERMC/Ville de Nice (2007) CARTHAM 2010-2012 SURFSTAT 2018 GOMBESSA V (2019)
FRDC09c	Masse d'eau complète	30 m 120 m (coralligène)	AO/AERMC/Ville de Nice (2007) CARTHAM 2010-2012 SURFSTAT 2014 SURFSTAT 2018 GOMBESSA V (2019) SURFSTAT 2020
FRDC09d	Masse d'eau complète	40 m	SURFSTAT 2018 SURFSTAT 2020
FRDC10a	Cap Ferrat Est ; Beaulieu-sur-Mer	45 m	CARTHAM 2010-2012 SURFSTAT 2014 SURFSTAT 2018 SURFSTAT 2020
FRDC10c	Masse d'eau complète	50 m	CARTHAM 2010-2012 SURFSTAT 2014 AO/Bouygues Telecom (2015) SANDRO 2020-2022 (AO/OFB)

II.3.3. Analyse quantitative du paysage sous-marin

L'analyse quantitative de la structure du paysage intègre toute une série de métriques issues de l'écologie du paysage. Ces métriques sont calculées sous le logiciel RStudio v.1.1 © pour la quantification de la structure à l'échelle d'une même classe et à l'échelle globale du paysage. Les indices ont été choisis d'après McGarigal K. & Marks B.J., 1995 où est présenté le programme d'analyse spatiale FRAGSTATS®. En effet, d'après les principaux concepts développés en écologie du paysage (Burel & Baudry, 2000), la prise en compte des surfaces relatives occupées par divers habitats n'est souvent pas suffisante et il faut pouvoir décrire l'agencement spatial de ces derniers.

Certaines métriques sont utilisées dans la mesure de la composition du paysage (présence et abondance des classes) et d'autres dans la mesure de la configuration paysagère (distribution et arrangement spatial des taches). Les indices adaptés aux objectifs du travail ont été sélectionnés et calculés.

II.3.4. Métriques utilisées dans le cadre de l'analyse du paysage

Chaque indice est présenté dans le tableau suivant avec son niveau d'analyse, son unité et une description :

Tableau 3 : Métriques utilisées dans le cadre de l'analyse du paysage (RStudio v. 1.1 ©). En rouge: métriques de surface ; En vert : métriques d'agrégation ; En bleu : métriques de forme ; En violet : métriques de diversité

Processus écologique	Niveau	Nom de l'indice	Signification	Unité
Simplification / Diversification	Classe	CA (Total Classe Area)	Surface de toutes les taches par classe (ha)	ha
Simplification / Diversification	Paysage	TA (Total Area)	Surface du paysage (ha)	ha
Simplification / Diversification	Classe	PLAND (Percentage of Landscape)	Proportion du paysage occupé par chaque classe (%)	%
Fragmentation / Fermeture	Classe	PD (Patch Density)	Relation entre le nombre de taches d'une classe par 100 hectares	Nb de taches / 100 hectares
Simplification / Diversification	Classe / Paysage	LPI (Largest Patch Index)	Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande. Une grande valeur de LPI indique une forte dominance d'une tache/classe unique dans le paysage	%
Simplification / Diversification	Classe	AREA_MN	Surface d'une tache (ha) - Moyenne	ha
Agrégation	Classe	ENN_MN (Euclidean Nearest Neighbor Distance Distribution)	Distance euclidienne (distance qui sépare les deux taches les plus proches) - Moyenne	mètres
Agrégation	Classe	DIVISION (Landscape Division Index)	Indice de fragmentation (probabilité que deux pixels d'une même classe choisis au hasard ne fassent pas partie de la même tâche)	$0 \leq \text{DIVISION} < 1$ (DIVISION=0 si la classe est constituée d'une unique tâche et DIVISION=1 si la classe est très subdivisée en petites tâches).
Agrégation	Classe	AI (Aggregation Index)	Indice d'agrégation (%) correspondant à la fréquence avec laquelle des paires des pixels d'une même classe sont adjacentes.	AI=0 (aucune connexion entre les pixels de taches d'une même classe et AI=100 (La classe est formée par une seule tache).



Simplification / Diversification	Paysage	PRD (Patch Richness Density)	Densité de classes présentes dans le paysage	Nb de classes / 100 hectares
Simplification / Diversification	Paysage	SIDI (Simpson's Diversity Index)	Diversité paysagère - indice de Simpson	0 < SIDI < 1 (SIDI=0 alors le paysage ne contient qu'une seule classe (pas de diversité) et SIDI approche de 1 quand le nombre de classes augmente)
Simplification / Diversification	Paysage	SIEI (Simpson's Evenness Index)	Indice d'équitabilité de Simpson	

III. RESULTATS

Les résultats sont présentés dans ce rapport pour chacune des **17 masses d'eau réparties en région Sud contenant les 19 secteurs actualisés** grâce aux nouvelles données sonar et aux vérités-terrain. Pour chaque masse d'eau et/ou secteur actualisé sont présentés les éléments suivants :

 *Couverture sonar et localisation des observations terrain*

Les **levés au sonar latéral** (données acquises en avril 2020) et les **observations en plongée tractée** (données acquises en mars/avril 2021) sont présentés sur deux cartes.

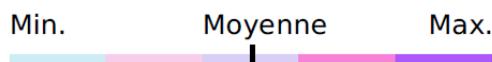
 *Cartographies des biocénoses marines*

Les aspects qualitatifs sont spatialisés sur une **carte des biocénoses sous-marines en 2D** par secteur accompagnée d'un graphe présentant les proportions du paysage occupé par chaque biocénose. Une seconde carte présentant spécifiquement **l'herbier de posidonie et la matre morte associée** est également fournie pour chaque secteur.

 *Indicateurs macro-surfaciques*

Les résultats de l'analyse quantitative du paysage sont organisés en tableaux accompagnés de textes explicatifs. Pour une meilleure interprétation des indicateurs, les tranches bathymétriques ont été découpées grâce à l'isobathe – 60 mètres. Il a été choisi de prendre en compte toutes les biocénoses de cette tranche bathymétrique même si cet isobathe peut dépasser le périmètre de la masse d'eau. Une analyse similaire est réalisée pour l'herbier à Posidonie entre 0 et 40 mètres.

Les métriques sont synthétisées par masse d'eau et par tranche bathymétrique sous la forme d'un tableau. Une comparaison à l'échelle de la région est également réalisée grâce au curseur ci-dessous :



Légende du curseur imagé associé à chaque métrique. Sont affichées les valeurs minimale, maximale et moyenne calculée pour chaque métrique à l'échelle de toute la région Sud (toutes tranches bathymétriques confondues). Chaque couleur correspond à un cinquième de l'étendue des valeurs observées pour la métrique concernée.

 *Analyse du paysage : Indice de diversité de Simpson*

La diversité paysagère est calculée grâce à l'indice de diversité de Simpson et est représentée sur une carte sur un pixel de 50 mètres. L'indice de Simpson est calculé de la manière suivante :

$$D = \sum Ni(Ni-1)/N(N-1)$$

D : Indice de Simpson ; Ni : surface d'un habitat donné sur un pixel de 50m² ; N : surface totale des habitats.

L'indice varie entre 0 et 1. Plus il se rapproche de 0, plus les chances d'obtenir des individus d'espèces différentes sont élevées.

 *Indice de régression de l'herbier*

L'**indice de régression de l'herbier de posidonie** est calculé de la manière suivante :

$$\text{Indice de Régression} = \text{Surface de la matre morte}^* / (\text{Surface de la matre morte}^* + \text{Surface de l'herbier}^*)$$

*Surface issue de la cartographie continue des biocénoses marines réalisée dans le cadre de SURFSTAT.



Dans cette formule, la matte morte cartographiée est considérée comme une régression de l'herbier de Posidonie : on suppose que les zones de matte morte présentes en 2020 étaient auparavant des zones d'herbier.

Cet indice fait l'objet d'une représentation cartographique sur un pixel de 50 mètres.

Evolution des limites de l'herbier de Posidonie

Une analyse visuelle de l'évolution des limites de l'herbier de Posidonie est réalisée pour les zones disposant de données sonar historiques comparables aux données sonar de 2020. Il est tout de même important de noter que, dû à l'évolution des méthodes et du matériel d'acquisition des données acoustiques de ces dernières années, les différences de résolution, de grain et de contraste entre les données historiques et les données récentes ont très souvent empêché une analyse plus poussée.

Des exports des données et de la cartographie des biocénoses ont également été ajoutés au rapport pour chaque secteur afin d'illustrer l'actualisation et les observations effectuées à des échelles plus localisées (nouvelle trace de mouillage, reprise d'herbier après une dégradation, stabilité, concordances entre les données sonar).

Les deux tableaux ci-dessous listent les différentes sources de données à disposition pour tous les secteurs. Certains secteurs ont été divisés en plusieurs lignes car les sources de données n'étaient pas les mêmes sur l'ensemble du secteur en question.

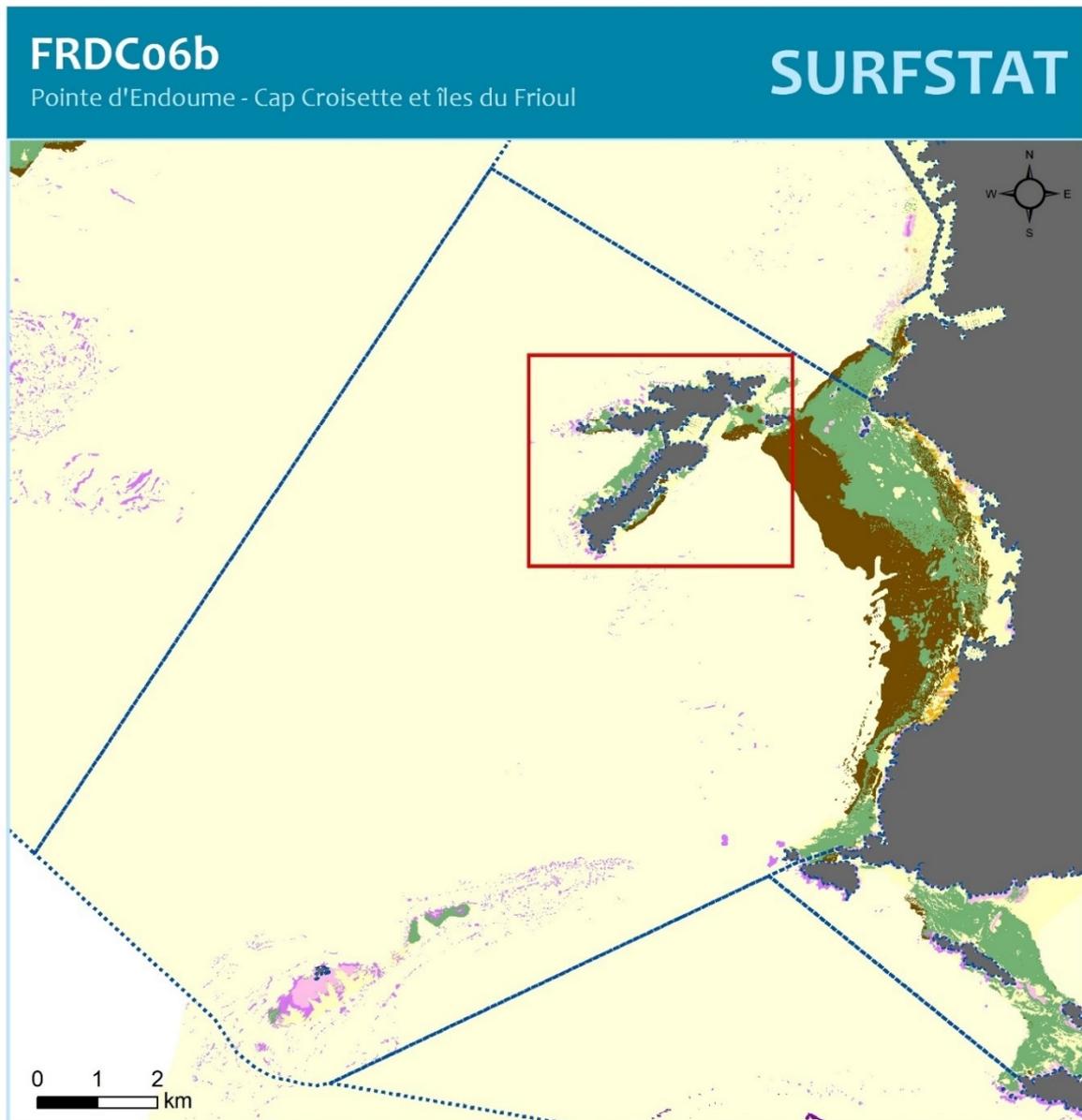
Tableau 4 : Données utilisées pour l'analyse visuelle de l'évolution de l'herbier de Posidonie en Région Sud pour les secteurs actualisés.

Zone d'étude	Années de comparaison	Source des données sonar
Frioul	/	Pas de données sonar historiques disponibles
Calanques de Sormiou et Morgiou	/	Pas de données sonar historiques disponibles
Archipel de Riou	/	Pas de données sonar historiques disponibles
Cap Sicié	2009 - 2020	- AO/TPM 2009 - SURFSTAT 2020
La Madrague (Giens)	2010-2020	- CARTHAM 2010-2012 - SURFSTAT 2020
Rade de Toulon ouest	2009 - 2020	- AO/TPM 2009 - SURFSTAT 2020
Presqu'île de Giens / Porquerolles	2012 - 2020	- CARTHAM 2010-2012 - SURFSTAT 2020
Cap Bénat	2012 - 2020	- CARTHAM 2010-2012 - SURFSTAT 2020

Rade d'Hyères Nord	2012 - 2020	- CARTHAM 2010-2012 - SURFSTAT 2020
Rayol-Canadel-sur-Mer	/	Pas de données sonar historiques disponibles
Pampelonne / Rabiou	2012 - 2020	- CARTHAM 2010-2012 - SURFSTAT 2020
Sainte-Maxime / La Gaillarde	2014 – 2020	- SURFSTAT 2014 - SURFSTAT 2020
Golfe de Saint-Tropez	2018 - 2020	- SURFSTAT 2018 - SURFSTAT 2020
Saint-Raphaël	2009 – 2020	- Andromède 2009 - SURFSTAT 2020
Agay	/	Pas de données sonar historiques disponibles
Cannes	2018 - 2020	- SURFSTAT 2018 - SURFSTAT 2020
Golfe Juan Est	2018 - 2020	- SURFSTAT 2018 - SURFSTAT 2020
FRDC09c	2006 - 2020	- CANCA 2006 - SURFSTAT 2020
Cap Ferrat	2006 - 2020	- CANCA 2006 - SURFSTAT 2020
Beaulieu-sur-Mer	2018 - 2020	- SURFSTAT 2018 - SURFSTAT 2020
Roquebrune / Menton	2010 - 2020	- CARTHAM 2010-2020 - SURFSTAT 2020



III.1. Masse d'eau FRDC06b : Îles du Frioul



POINTE D'ENDOUME - CAP CROISSETTE ET ÎLES DU FRIOUL



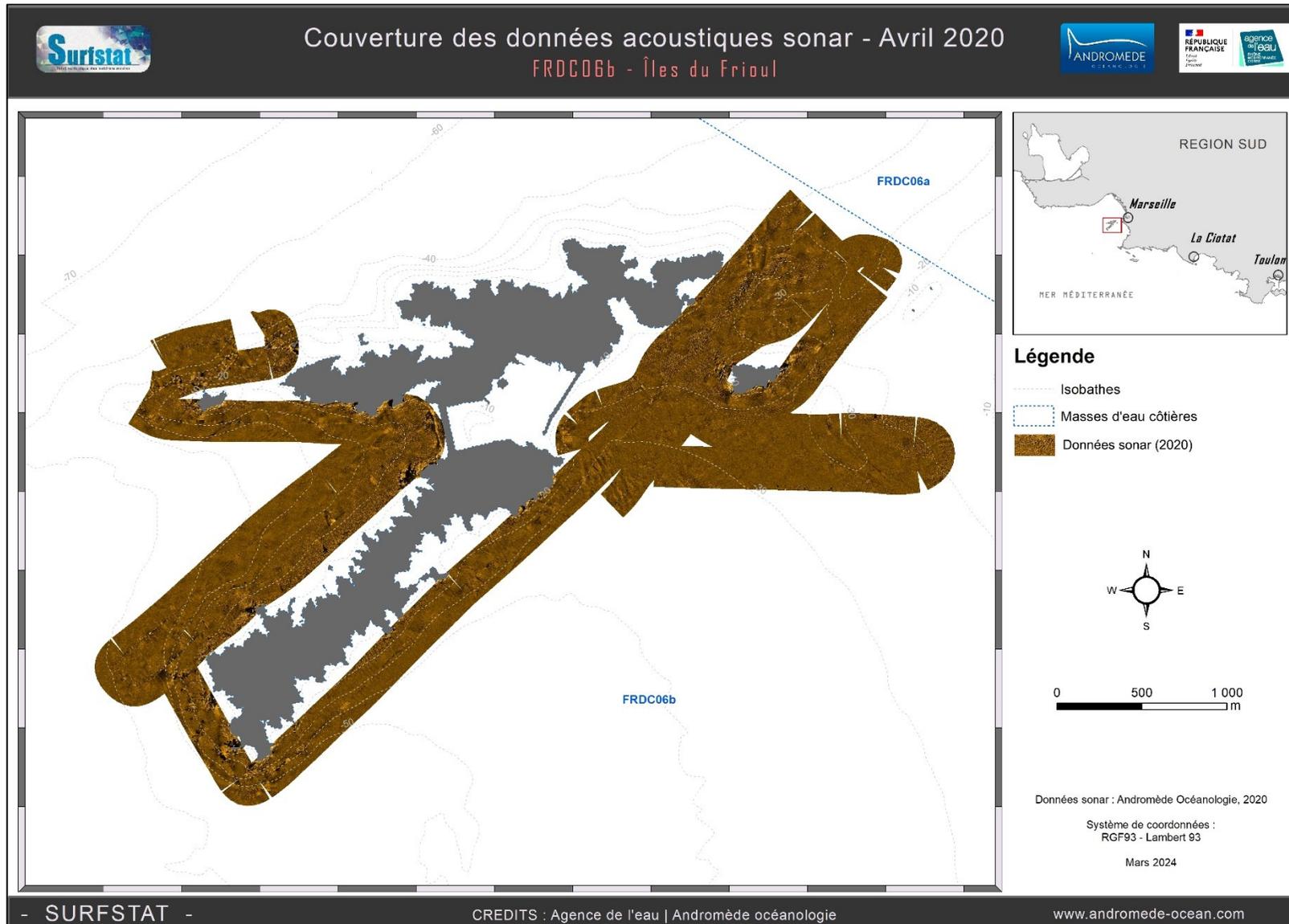
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

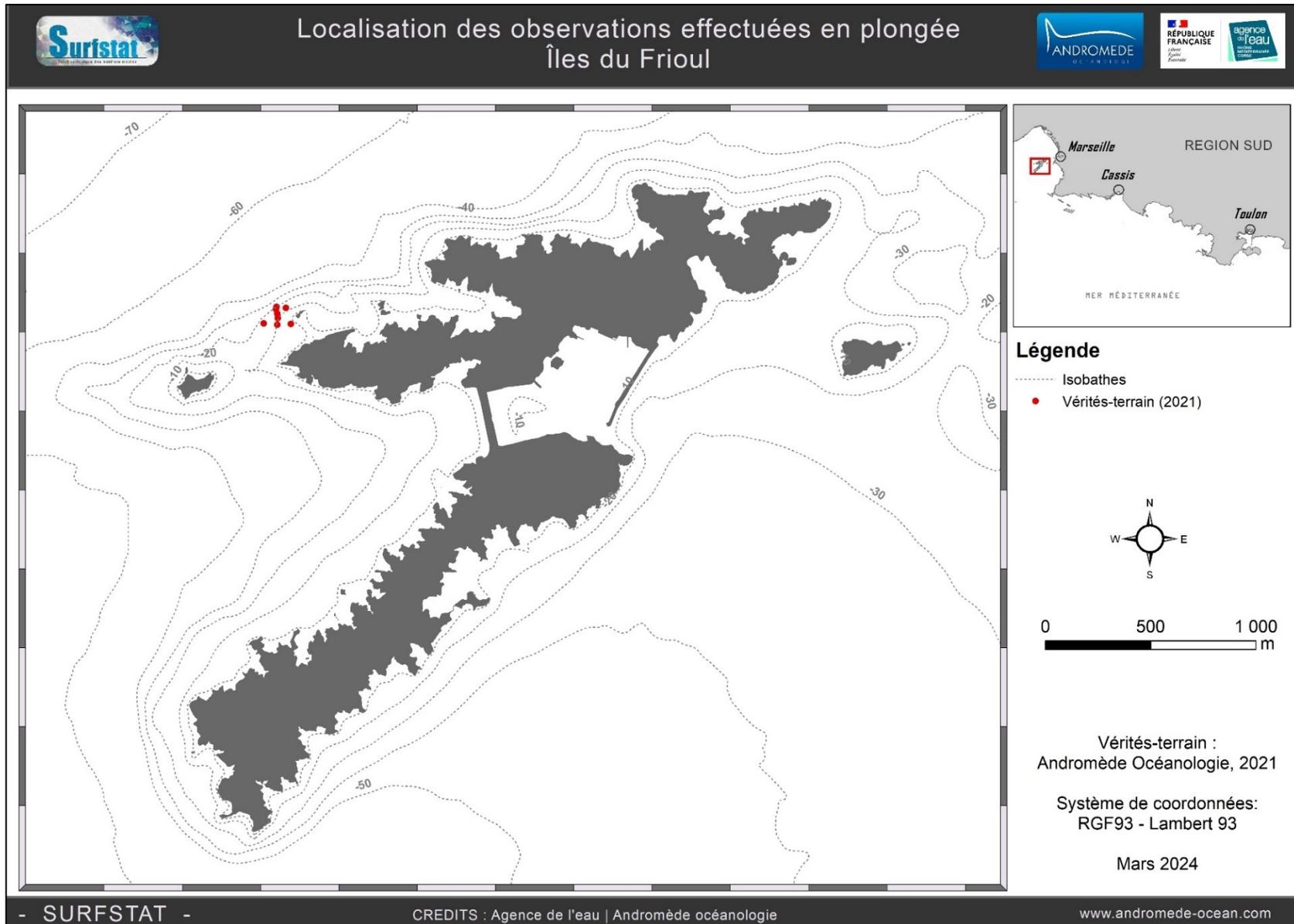
Mars 2024

III.1.1. Sonar latéral

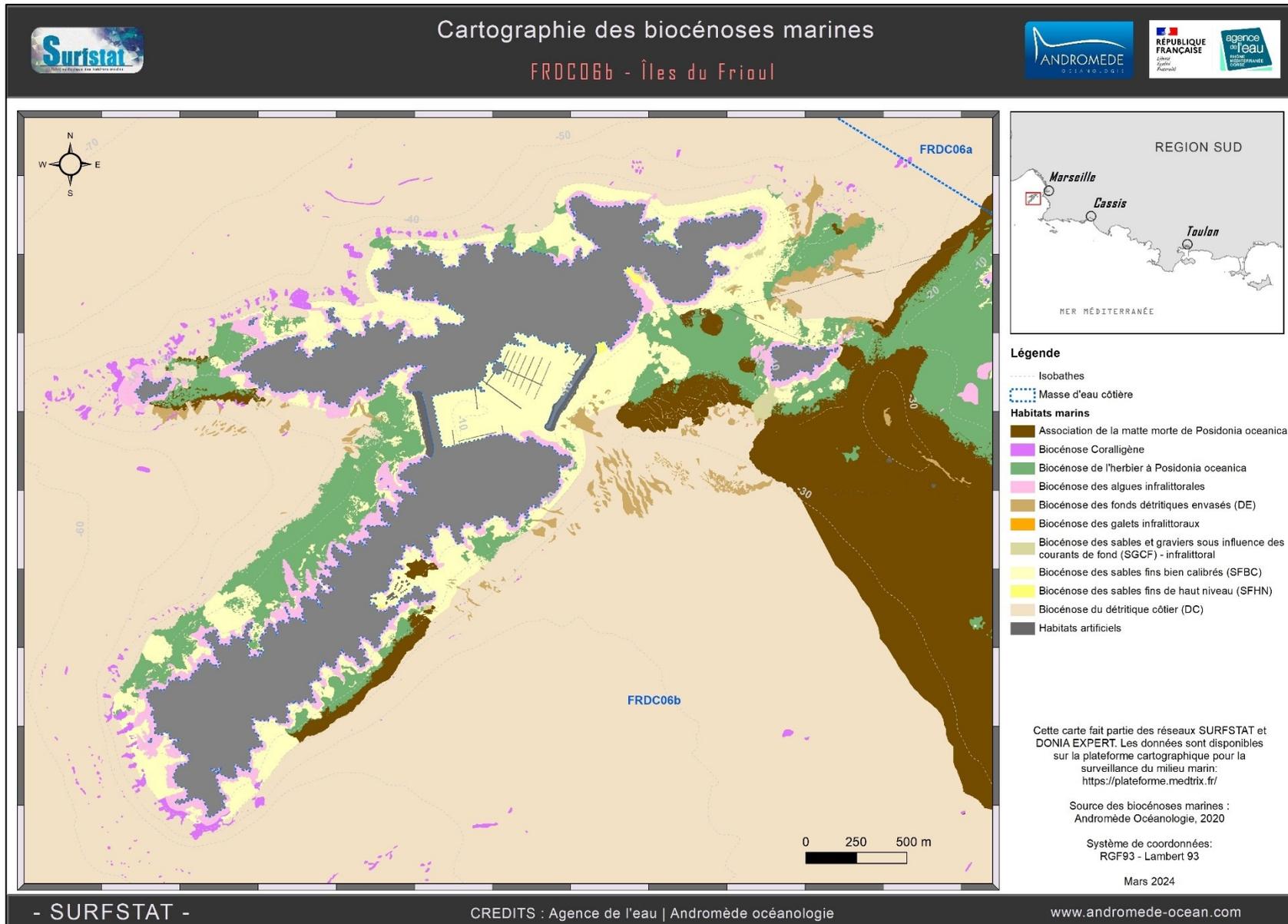
Au total, **470 ha** de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses des îles du Frioul.

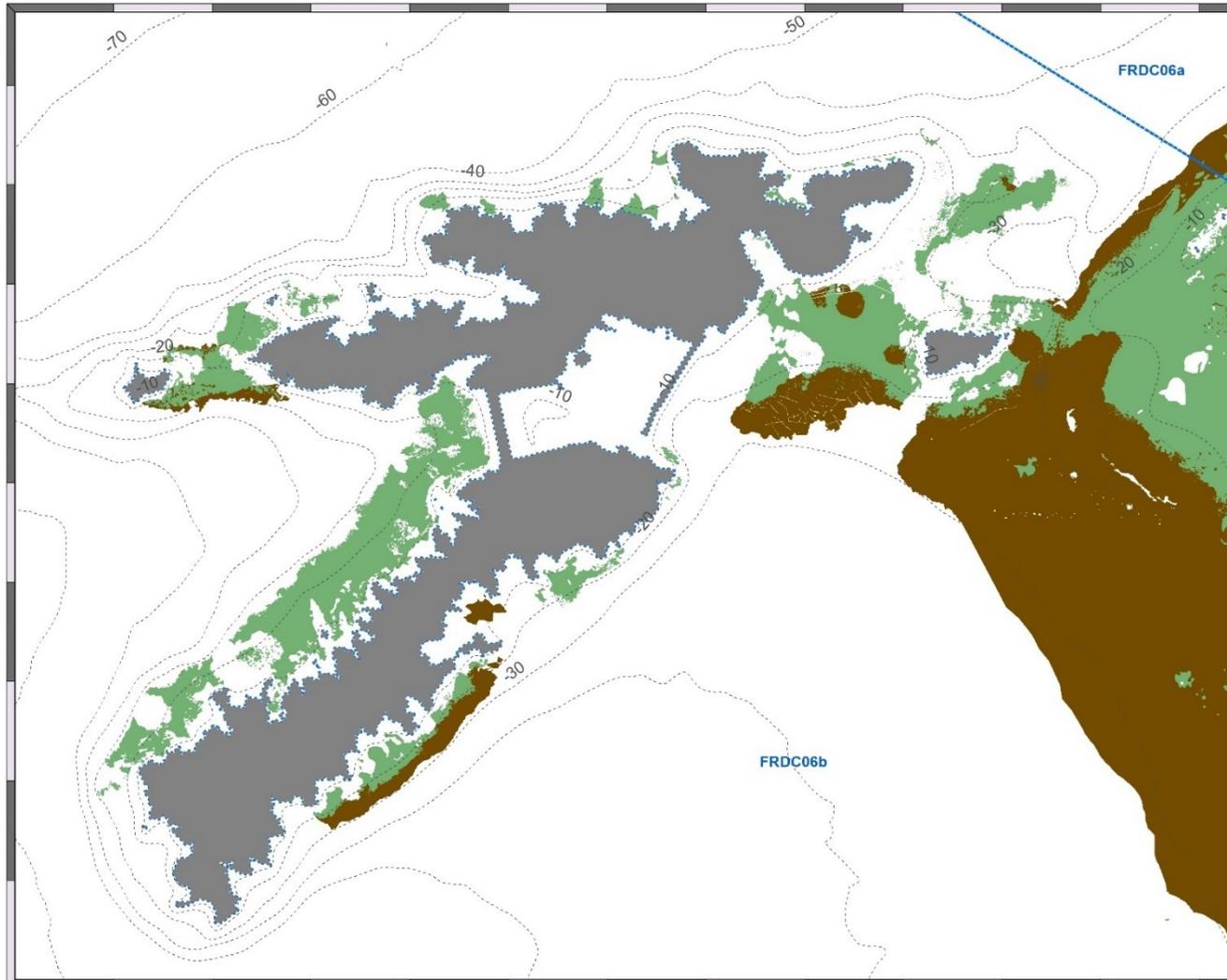


III.1.2. Vérités-terrain



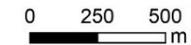
III.1.3. Cartographie des biocénoses marines





Légende

- Isobathes
- Masse d'eau côtière
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



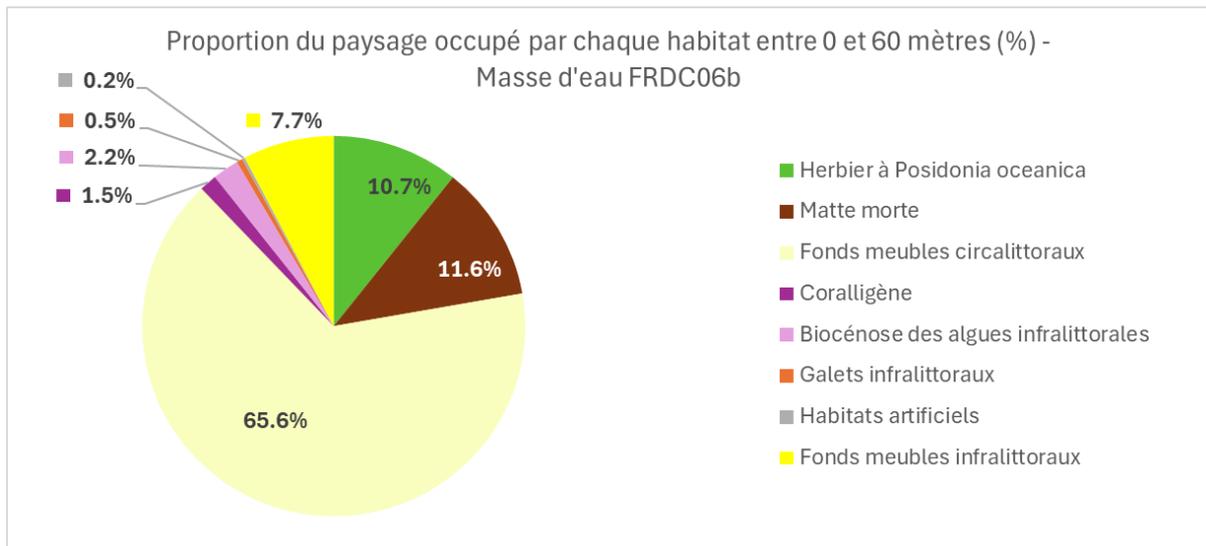
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

III.1.4. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC06b « Pointe d'Endoume – Cap Croisette et Iles du Frioul » comprend huit biocénoses entre 0 et -60 mètres dont les trois principales (>10 % de recouvrement du paysage) sont les fonds meubles circalittoraux (65,6 %), l'association de la matte morte de *Posidonia oceanica* (11,6 %) et l'herbier de posidonie (10,7 %). Plus de la moitié du paysage est dominée par une tache unique de fonds meubles circalittoraux.

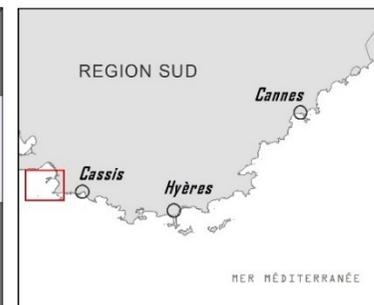
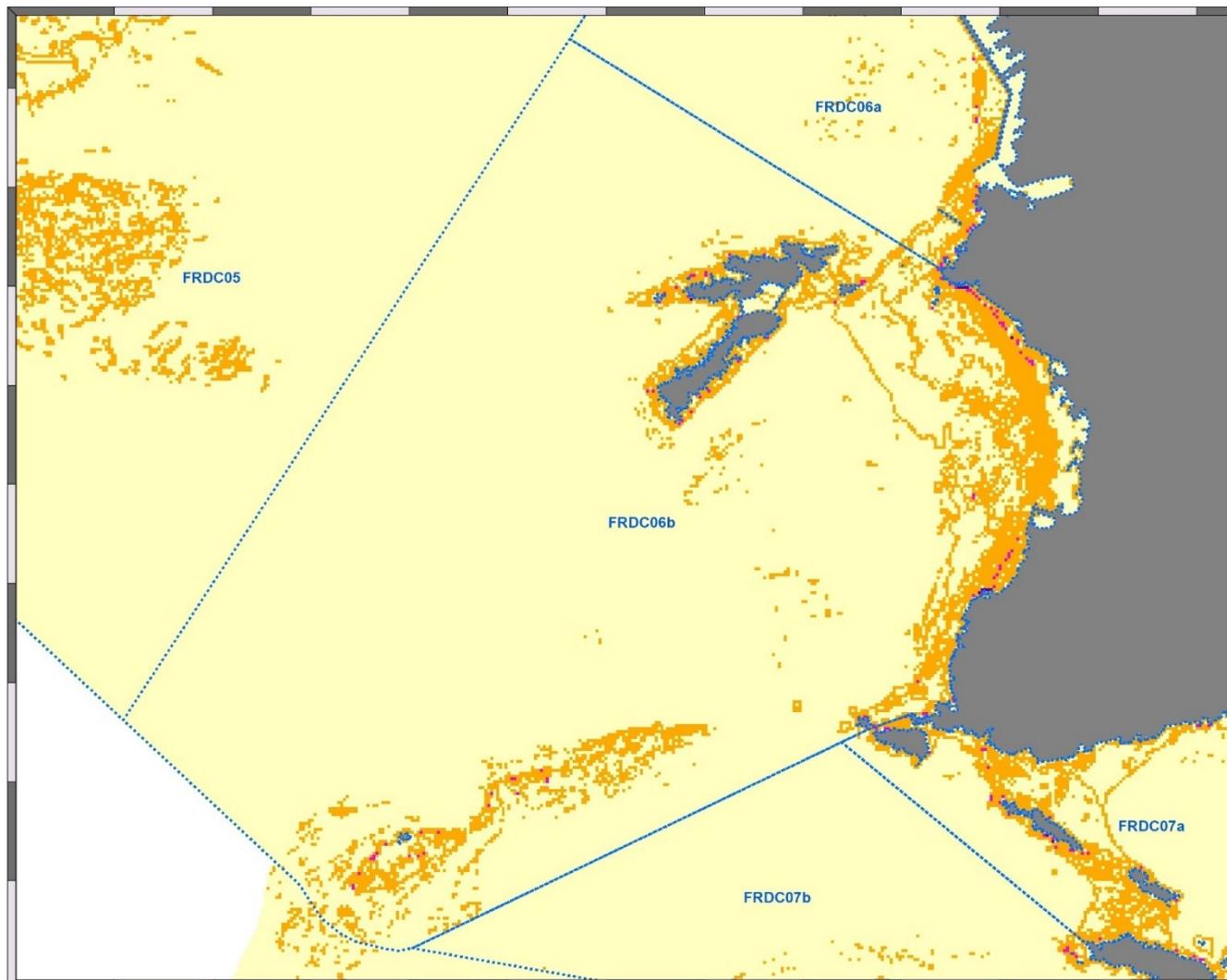
L'analyse comparative des indicateurs surfaciques calculés pour la tranche bathymétrique 0-60 mètres montre que la majorité des indicateurs sont en-dessous de la moyenne régionale. Seule la valeur de pourcentage du paysage comprise par la tache la plus grande est supérieure à la moyenne régionale mais reste assez proche de celle-ci.

Cette masse d'eau présente une **diversité paysagère moyenne**. Cet indice est représenté sur un pixel de 50 mètres sur la carte page suivante.

Tableau 5 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC06b

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC06b	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	5435	87 16847 4009.64
Nombre d'habitats dans le paysage	8	6 11 8.52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	121.4	12.9 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	54.4	25.8 77.3 50.69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.15	0.07 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.61	0.44 0.89 0.67





Légende

- Masse d'eau côtière
- Indice de diversité de Simpson (50 m)
- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



0 1 2 km

Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMIC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

L'herbier occupe 18,7 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. Ce taux de recouvrement est faible par rapport à l'ensemble des masses d'eau côtières en région Sud.

En comparaison aux masses d'eau côtières en région Sud, l'herbier à Posidonie de la masse d'eau FRDC06b est plutôt fragmenté. Il se caractérise par un indice de fragmentation très élevé et un nombre de taches moyen et de faible taille. Cela montre donc que **l'herbier de posidonie est très fragmenté dans cette zone.**

L'indice de régression pour la masse d'eau FRDC06b est proche de la valeur maximale régionale, ce qui indique une **régression de l'herbier très forte par rapport aux autres masses d'eau.**

Cette valeur élevée de régression de l'herbier est principalement due à la présence d'un **grand plateau de matte morte de 500 ha en limite inférieure d'herbier dans la Rade Sud de Marseille.** L'indice de régression est représenté sur un pixel de 50 mètres page suivante.

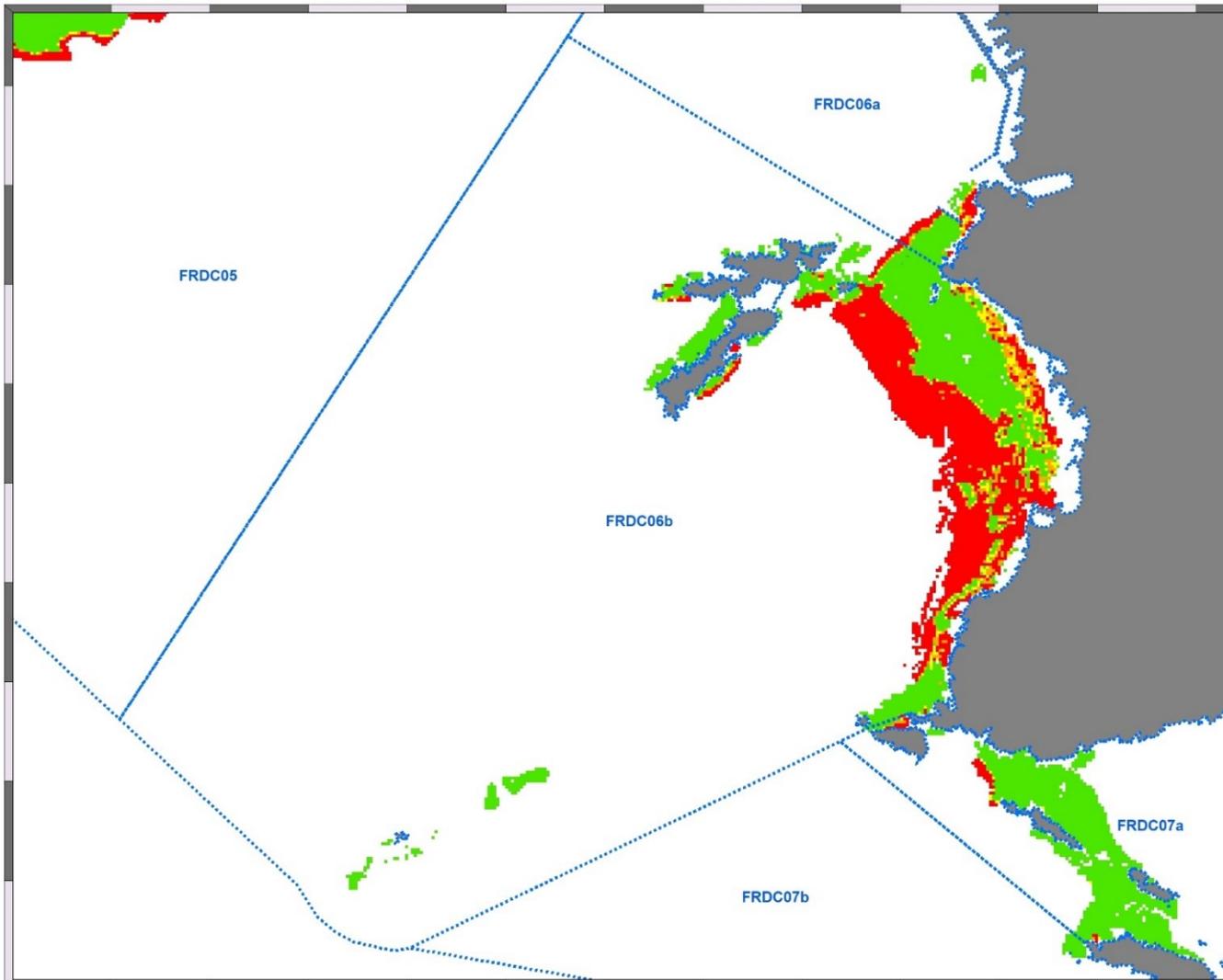
Tableau 6 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de Posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC06b.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC06b	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	18.7	1.8 75.4 0 36.45
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	56.1	1.7 172.5 0 56.3
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	11.4	0.6 74.7 0 28.34
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	0.33	0.12 2.08 0 0.84
Indice de complexité des formes	1.08	1.05 1.13 0 1.07
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	15.1	7 63.2 0 14.11
Indice de fragmentation de l'herbier	0.99	0.44 1 0 0.87
Indice d'agrégation entre les taches (%)	85.2	71.2 94.2 0 86.3
Indice de régression de l'herbier	0.52	0.03 0.57 0 0.19

Cependant, **plusieurs zones d'herbier en patchs** circulaires ont été également cartographiées à l'Est et à l'Ouest du port du Frioul ainsi qu'au Nord de la Pointe de la Crine sur l'Île Pomègues (voir Figure 10). Le plateau de matte morte situé dans la Rade Sud de Marseille est aussi parsemé de patchs d'herbier parfaitement circulaires, signe probable d'une recolonisation bien avancée après une dégradation extrême de l'herbier (voir Figure 11). Cependant, seules des observations en plongée pourraient véritablement valider ce statut « progressif » en vérifiant la présence et en calculant la proportion de rhizomes plagiotropes, principaux indicateurs d'un herbier de posidonie en progression.

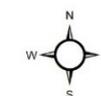
Aucune donnée sonar historique n'existant dans le secteur du Frioul, l'analyse de l'évolution des surfaces d'herbier des Îles du Frioul n'a pas été possible. Cependant, l'actualisation de la cartographie de ce secteur est illustrée Figure 12 à l'aide de zooms sur les évolutions cartographiques les plus remarquables.





Légende

- Masse d'eau côtière
- Indice de régression (pixel de 50 m)
 - 0 - 0,25
 - 0,25 - 0,50
 - 0,50 - 0,75
 - 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

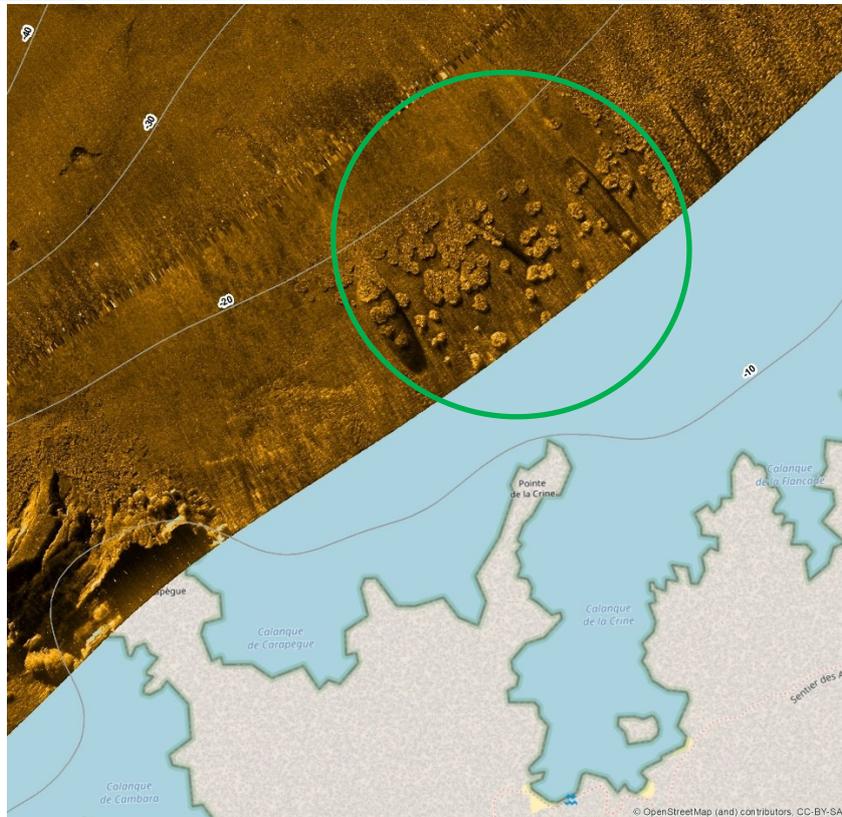
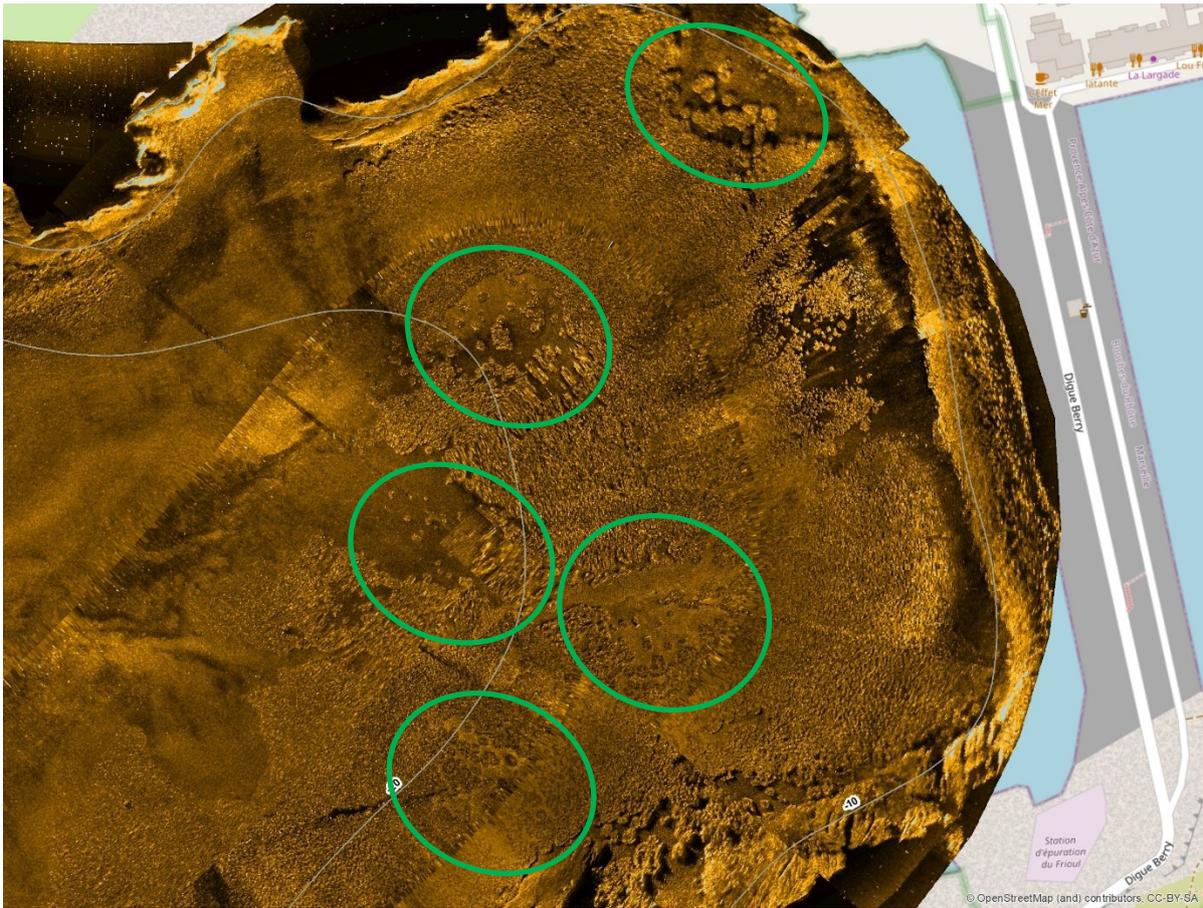


Figure 10 : Exports des données sonar montrant la présence de plusieurs zones de recolonisation de l'herbier en patches (cercles verts). En haut : à l'ouest de la digue Berry du port du Frioul; En bas : au nord de la pointe de la Crine sur l'île Pomègues (source : Andromède Océanologie, 2020)



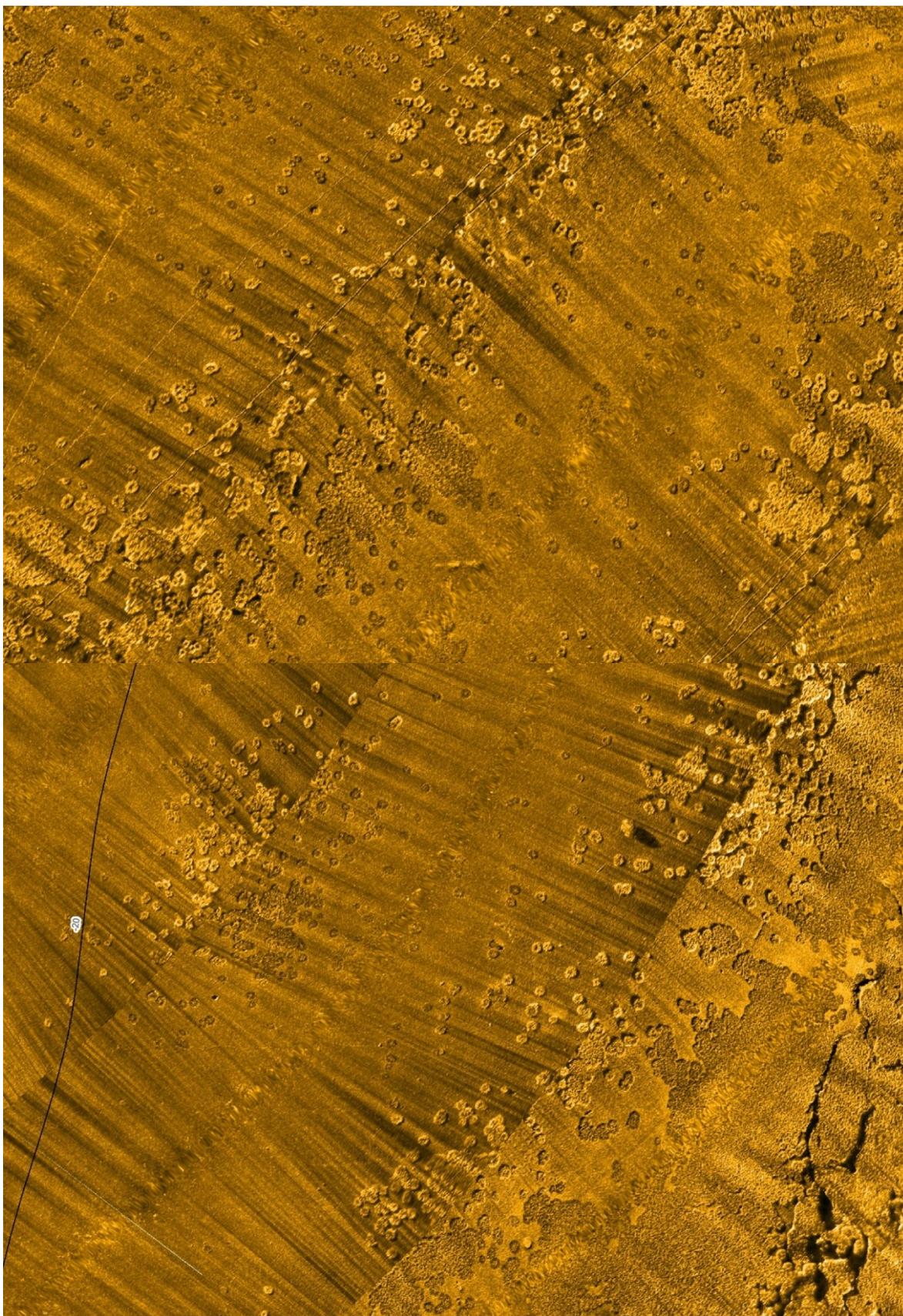


Figure 11 : Exports des données sonar de la Rade de Marseille montrant des milliers de patchs circulaires d'herbier de posidonie recolonisant le plateau de matte morte (source : Andromède Océanologie, 2023).

AVANT ACTUALISATION

APRES ACTUALISATION

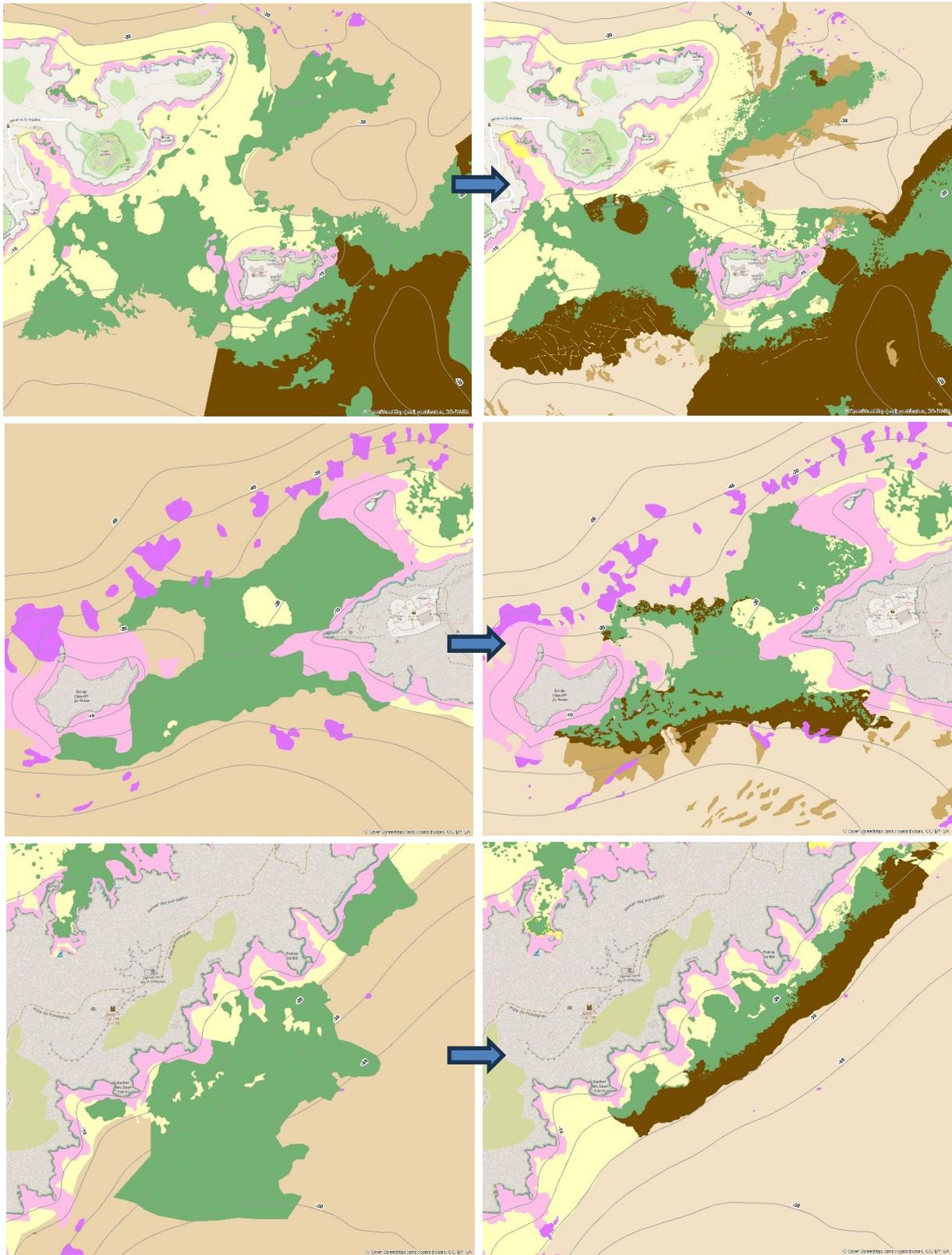
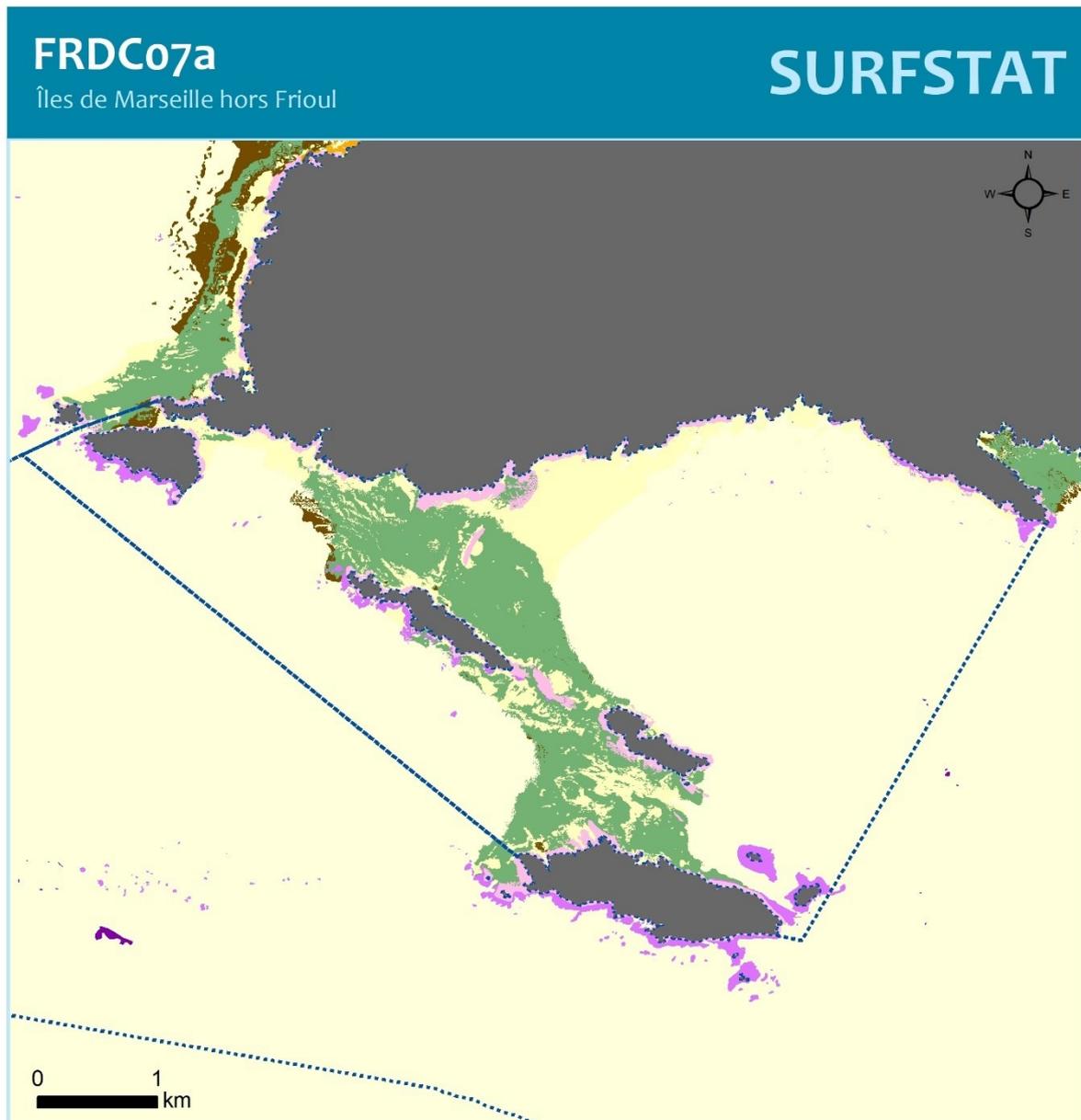


Figure 12 : Exports de la nouvelle cartographie des biocénoses de l'archipel du Frioul (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Fonds détritiques envasés ; Gris : Habitats artificiels).



III.2. Masse d'eau FRDC07a : Archipel de Riou



ÎLES DE MARSEILLE HORS FRIOUL



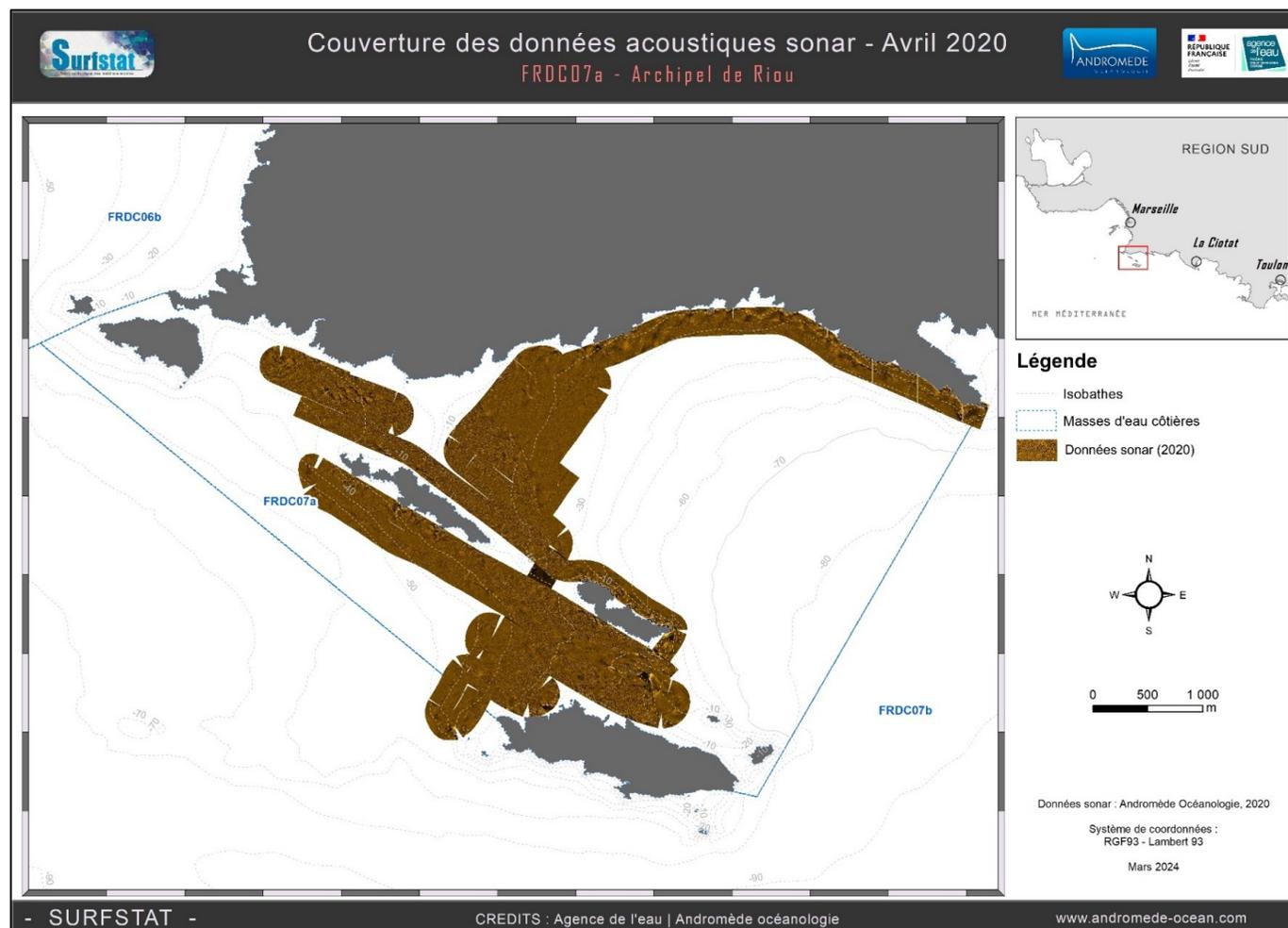
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

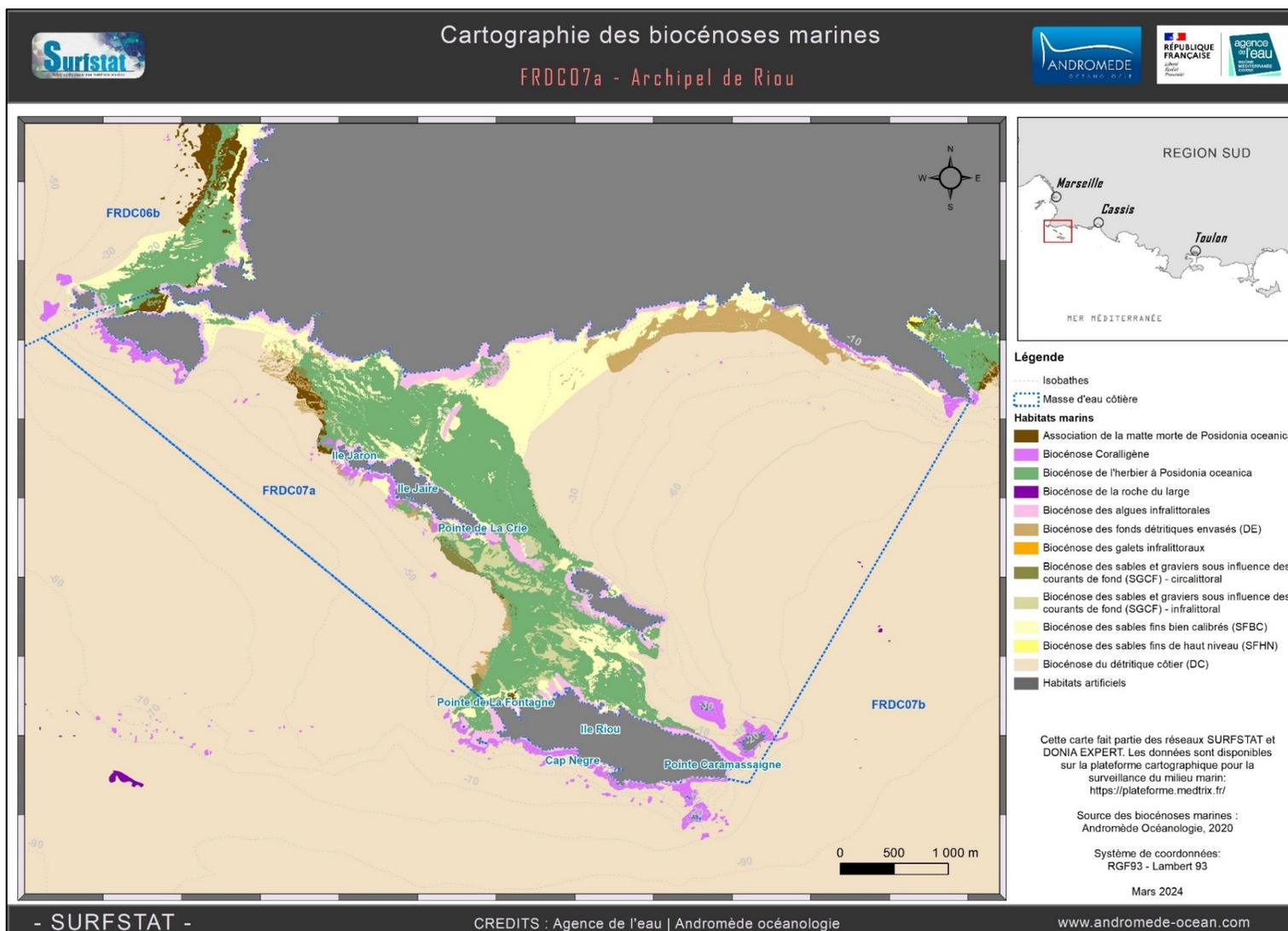
Mars 2024

III.2.1. Sonar latéral

Au total, **670 ha** de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de l'archipel de Riou. Les données acoustiques étant d'excellente qualité et aucune zone d'incertitude n'ayant été mise en évidence lors de la pré-cartographie, aucune observation en plongée tractée n'a été faite.

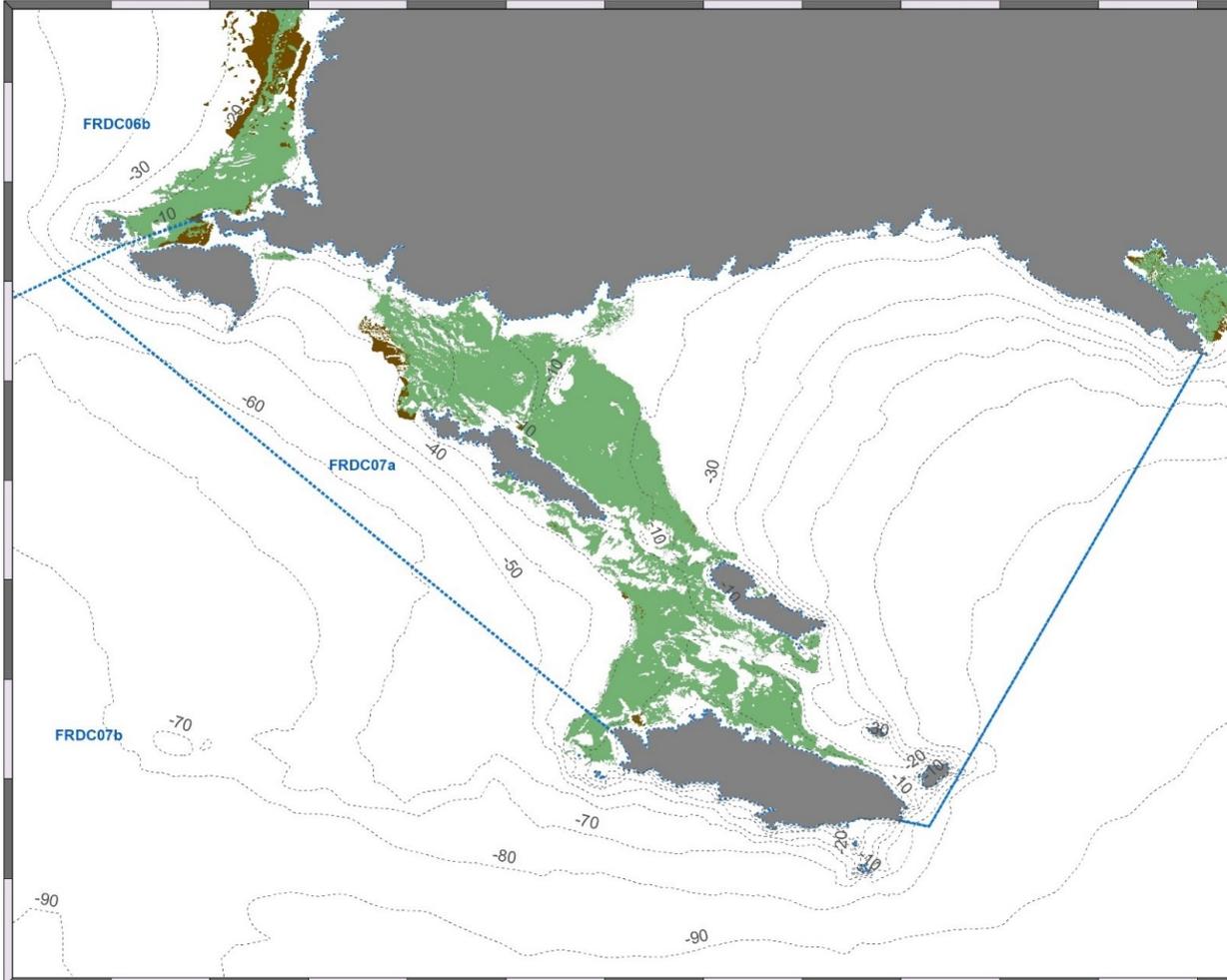


III.2.2. Cartographie des biocénoses marines : Archipel de Riou





Cartographie de l'herbier à *Posidonia oceanica* et de la
matte morte associée
FRDC07a - Archipel de Riou



Légende

- Isobathes
- Masse d'eau côtière
- Biocénoses marines**
- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

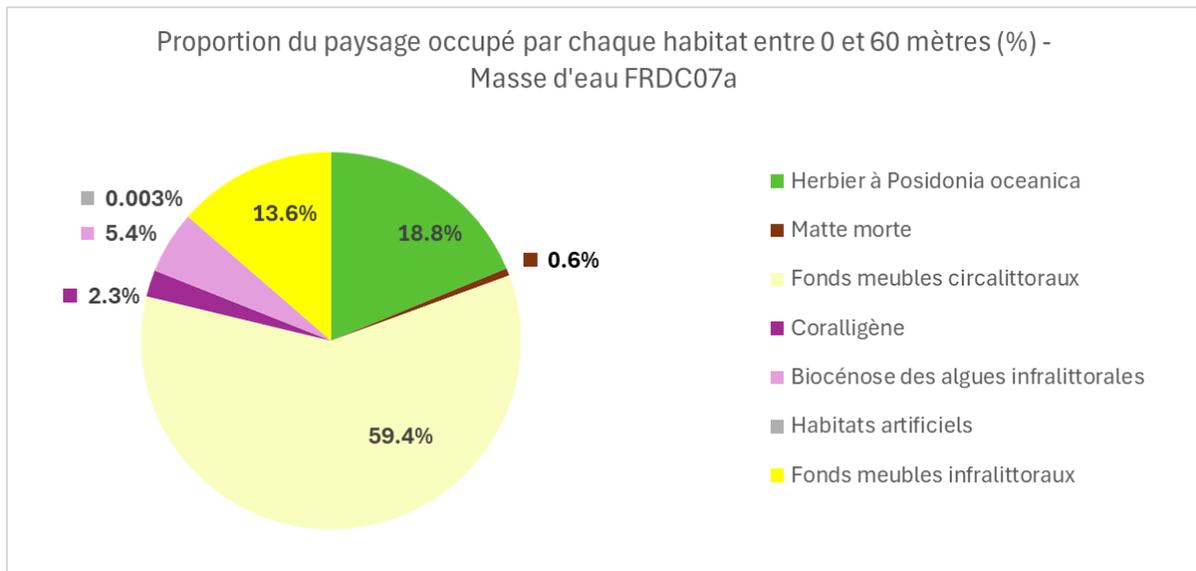
Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



III.2.3. Analyse du paysage



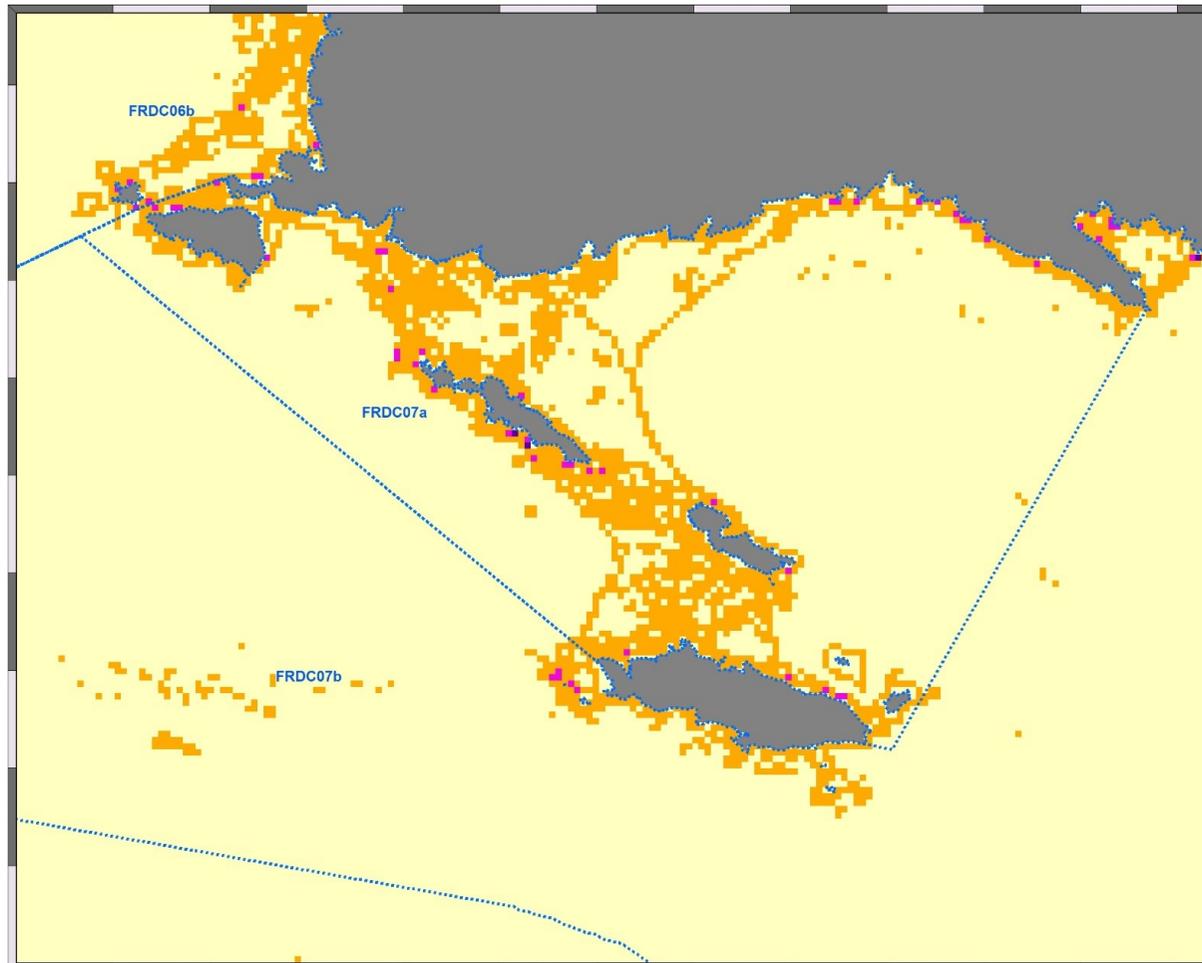
La masse d'eau FRDC07a « Iles de Marseille hors Frioul » comprend sept habitats entre 0 et -60 mètres dont les trois principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont la biocénose de l'herbier à posidonie (18,8 %), les fonds meubles infralittoraux (13,6 %) et les fonds meubles circalittoraux (59,4 %). Plus de 30 % du paysage est dominé par une tâche unique de fonds meubles circalittoraux.

L'analyse comparative des indicateurs surfaciques calculés pour la tranche bathymétrique 0-60 mètres montre que la majorité des indices sont très en-dessous des moyennes régionales à l'exception de la densité d'habitats par 100 ha et de la diversité des habitats (indice de Simpson) dont les valeurs restent proches de leur moyenne respective.

Cette masse d'eau présente une **diversité paysagère moyenne**. L'indice de Simpson est représenté sur un pixel de 50 mètres sur la carte page suivante.

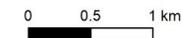
Tableau 7 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07a.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07a	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	1508	87 - 16847 4009.64
Nombre d'habitats dans le paysage	7	6 - 11 8.52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	90.6	12.9 - 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tâche la plus grande	31.1	25.8 - 77.3 50.69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.46	0.07 - 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.69	0.44 - 0.89 0.67



Légende

- Masses d'eau côtières
- Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)
- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMIC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



L'analyse des indicateurs surfaciques de l'herbier de posidonie pour la masse d'eau FRDC07a indique des valeurs globalement proches des moyennes régionales, à l'exception de l'indice de régression dont la valeur est proche de 0.

L'indice de fragmentation de l'herbier pour cette masse d'eau fait partie des valeurs les plus élevées. **L'indice de régression est quant à lui extrêmement faible**, ce qui s'explique par la faible surface de matte morte cartographiée (environ 9 ha soit 0,9 %) pour cette masse d'eau.

L'indice d'agrégation est pratiquement égal à la moyenne régionale qui est très élevée, ce qui indique la présence d'un herbier majoritairement continu. L'herbier est cependant localisé au centre de la masse d'eau et représente une assez faible proportion de celle-ci.

Aucune donnée sonar historique n'étant disponible pour le secteur de l'archipel de Riou, **l'analyse de l'évolution de l'herbier de posidonie n'a pas pu se faire.**

La comparaison de l'évolution cartographique est présentée Figure 14.

A noter également que deux zones comportant des patchs circulaires ont été recensées sur le secteur de Riou :

Tableau 8 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de Posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07a.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07a	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	28.33	1.79 0 75.36 36.15
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	37.3	1.67 0 172.46 55.91
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	26.18	0.61 0 74.72 28.28
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	0.76	0.12 0 2.08 0.86
Indice de complexité des formes	1.07	1.05 0 1.13 1.07
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	12.56	7.01 0 63.23 15.16
Indice de fragmentation de l'herbier	0.93	0.44 0 1 0.87
Indice d'agrégation entre les taches (%)	87.67	70.58 0 94.21 86.44
Indice de régression de l'herbier	0.03	0 0 0.57 0.19

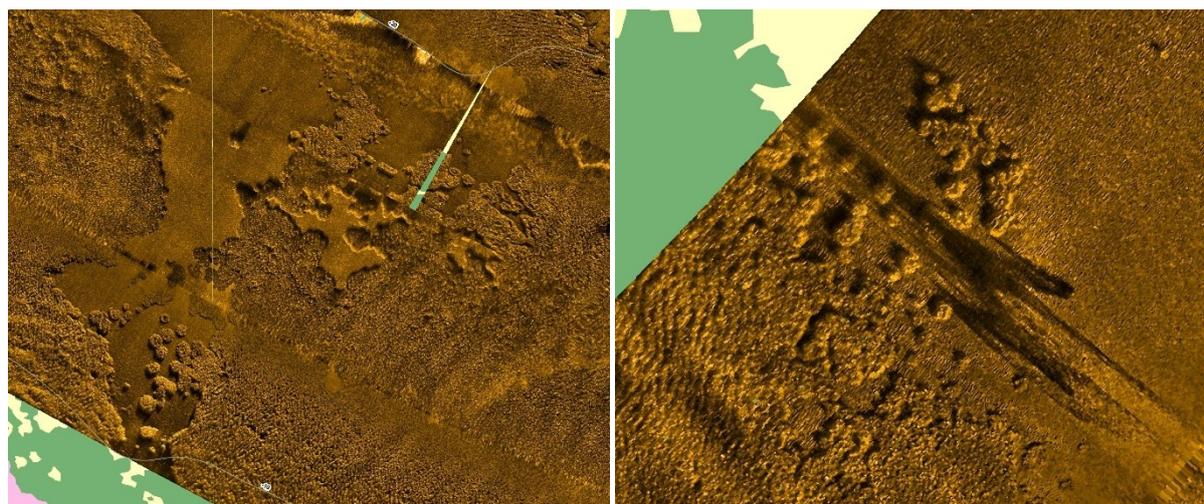


Figure 13 : Zones de recolonisation de l'herbier recensées autour de l'archipel de Riou.

AVANT ACTUALISATION

APRES ACTUALISATION

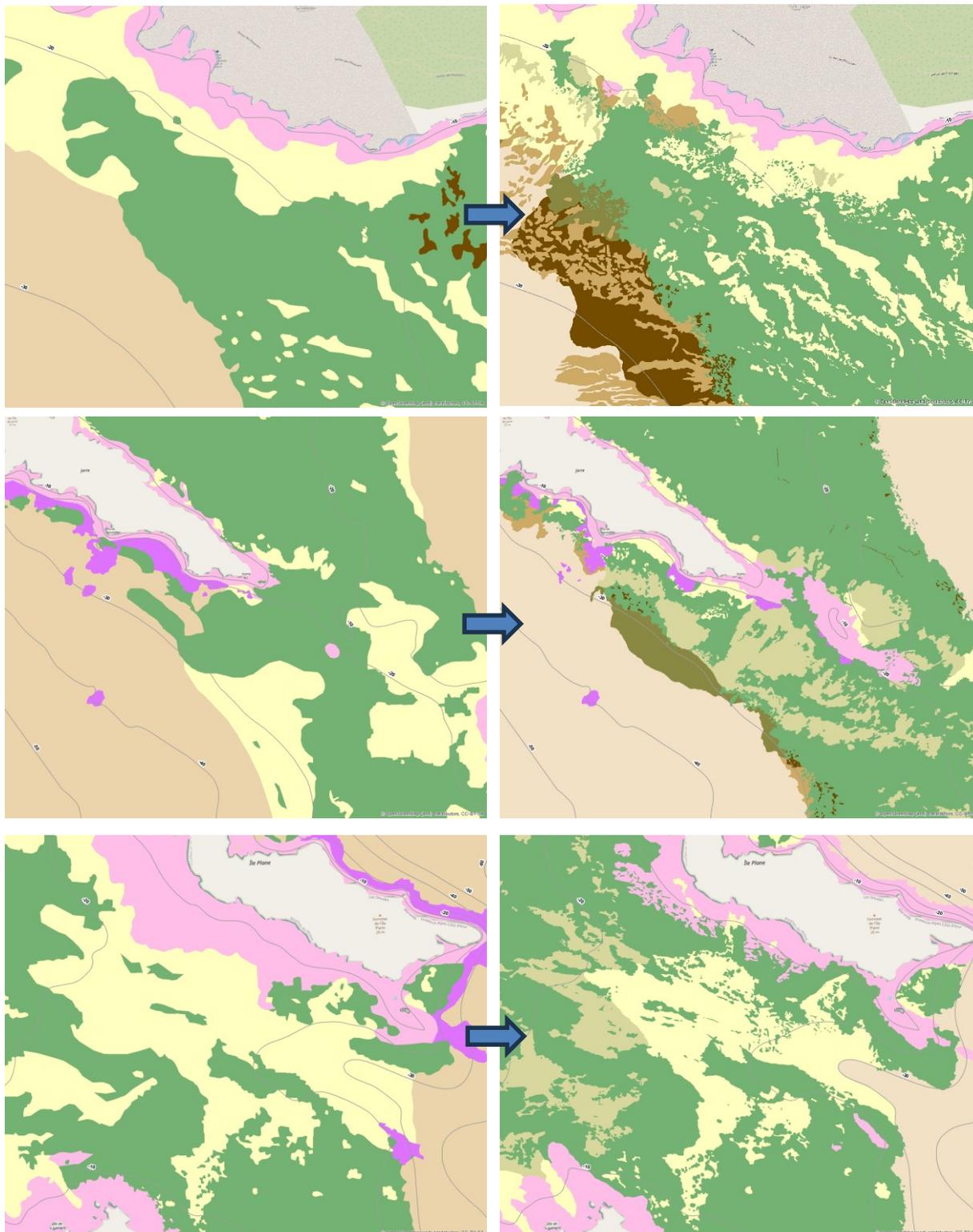
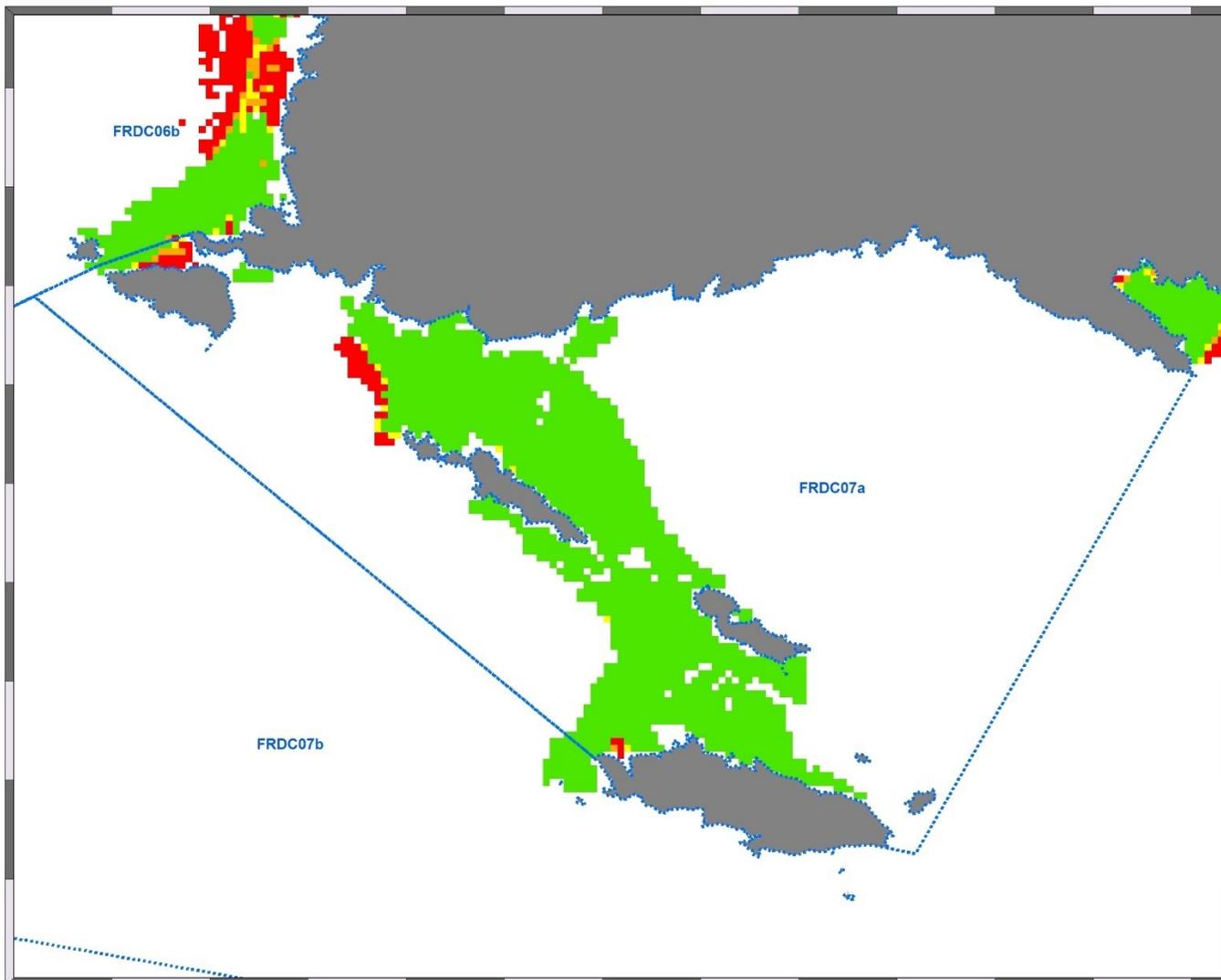


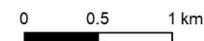
Figure 14 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines de l'archipel de Riou avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Fonds détritiques envasés ; Vert kaki et vert/beige : sable à ripplemarks ; Gris : Habitats artificiels).





Légende

- Masse d'eau côtière
- Indice de régression (pixel de 50 m)
 - 0 - 0,25
 - 0,25 - 0,50
 - 0,50 - 0,75
 - 0,75 - 1



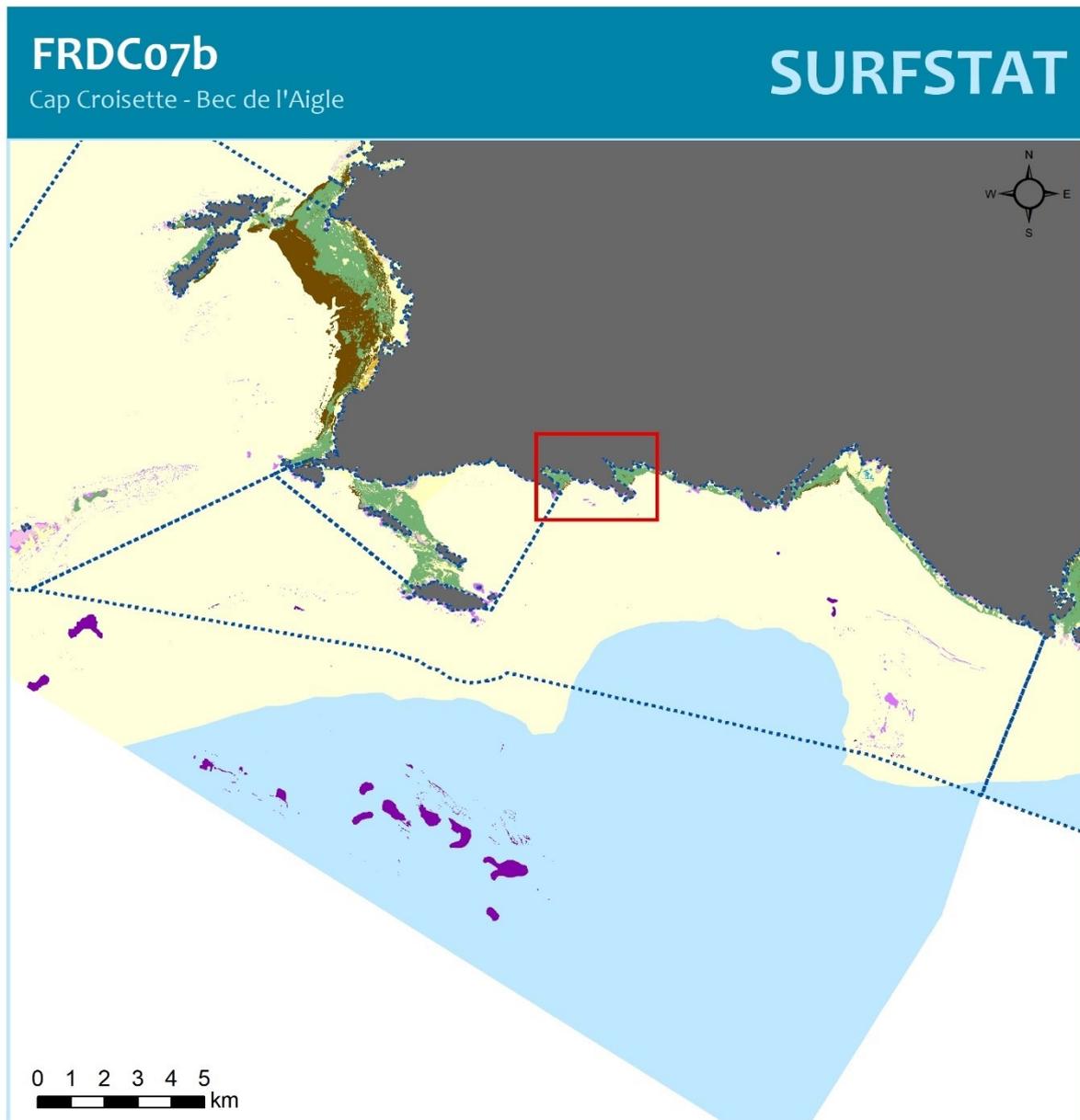
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

III.3. Masse d'eau FRDC07b : Calanques de Morgiou et Sormiou



CAP CROISSETTE - BEC DE L'AIGLE



Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

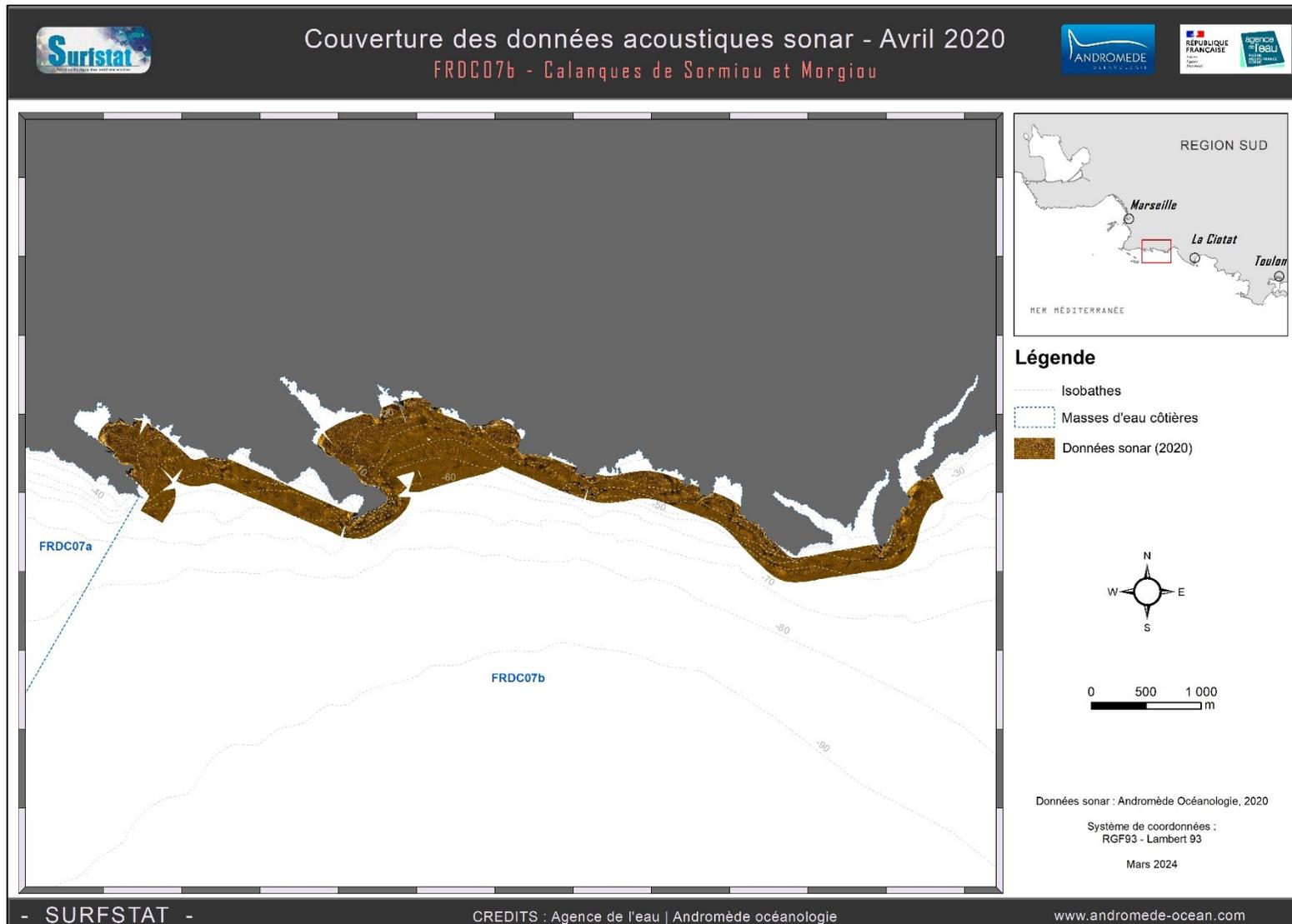
SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Mars 2024

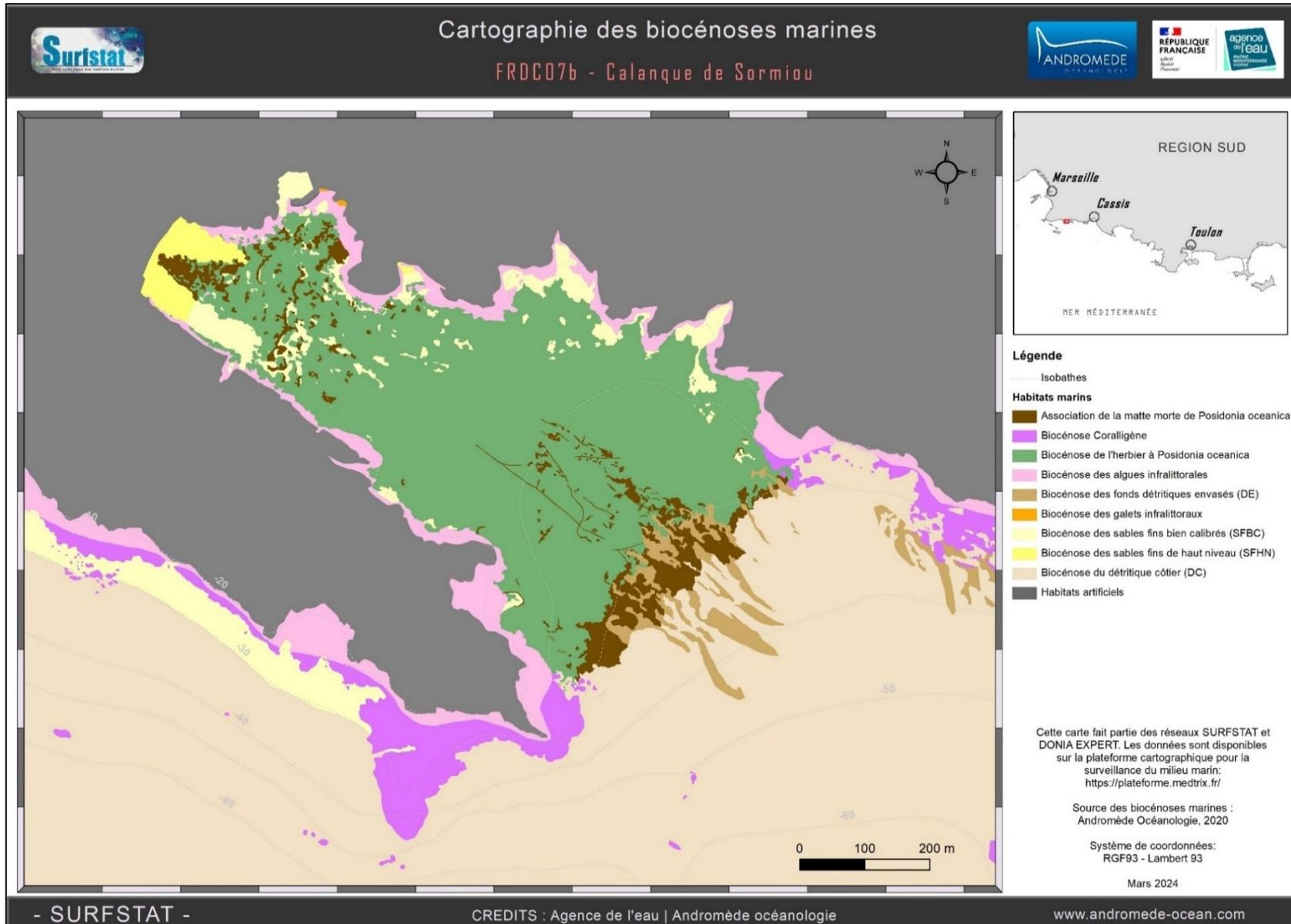


III.3.1. Sonar latéral

Au total, près de **310 hectares** de données acoustiques sonar ont été acquises puis traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses des Calanques de Sormiou et Morgiou. Les données acoustiques étant d'excellente qualité et aucune zone d'incertitude n'ayant été mise en évidence lors de la pré-cartographie, aucune observation en plongée tractée n'a été faite.



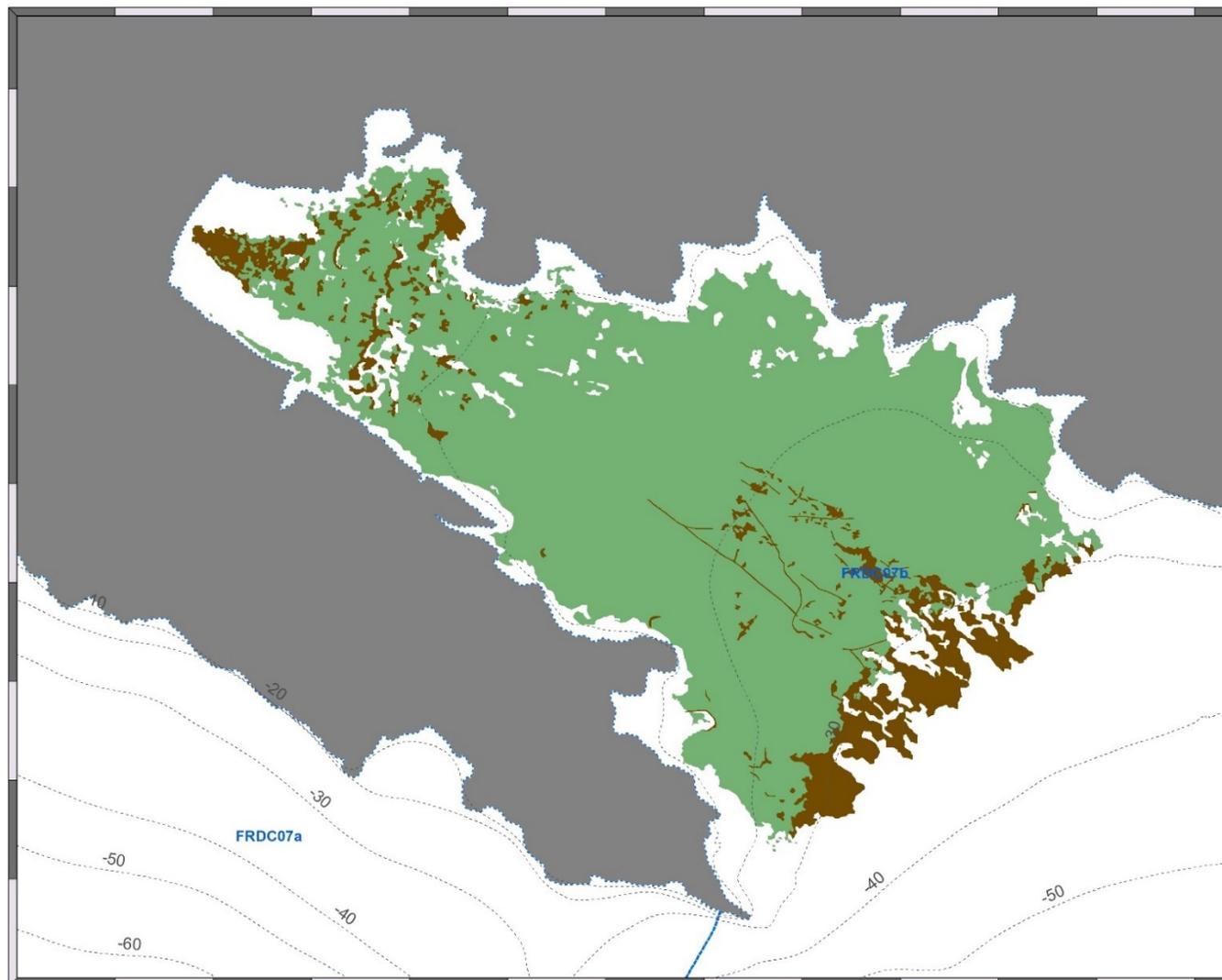
III.3.2. Cartographie des biocénoses marines : Calanque de Sormiou et Calanque de Morgiou





Cartographie de l'herbier à *Posidonia oceanica* et de la matte morte associée

FRDC07b - Calanque de Sormiou



Légende

- Isobathes
- Masse d'eau côtière
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*

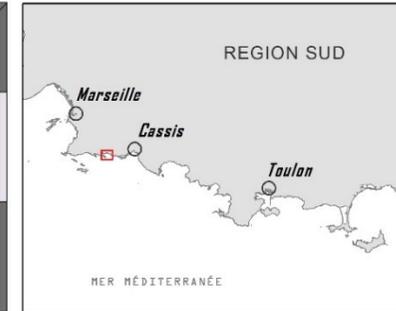
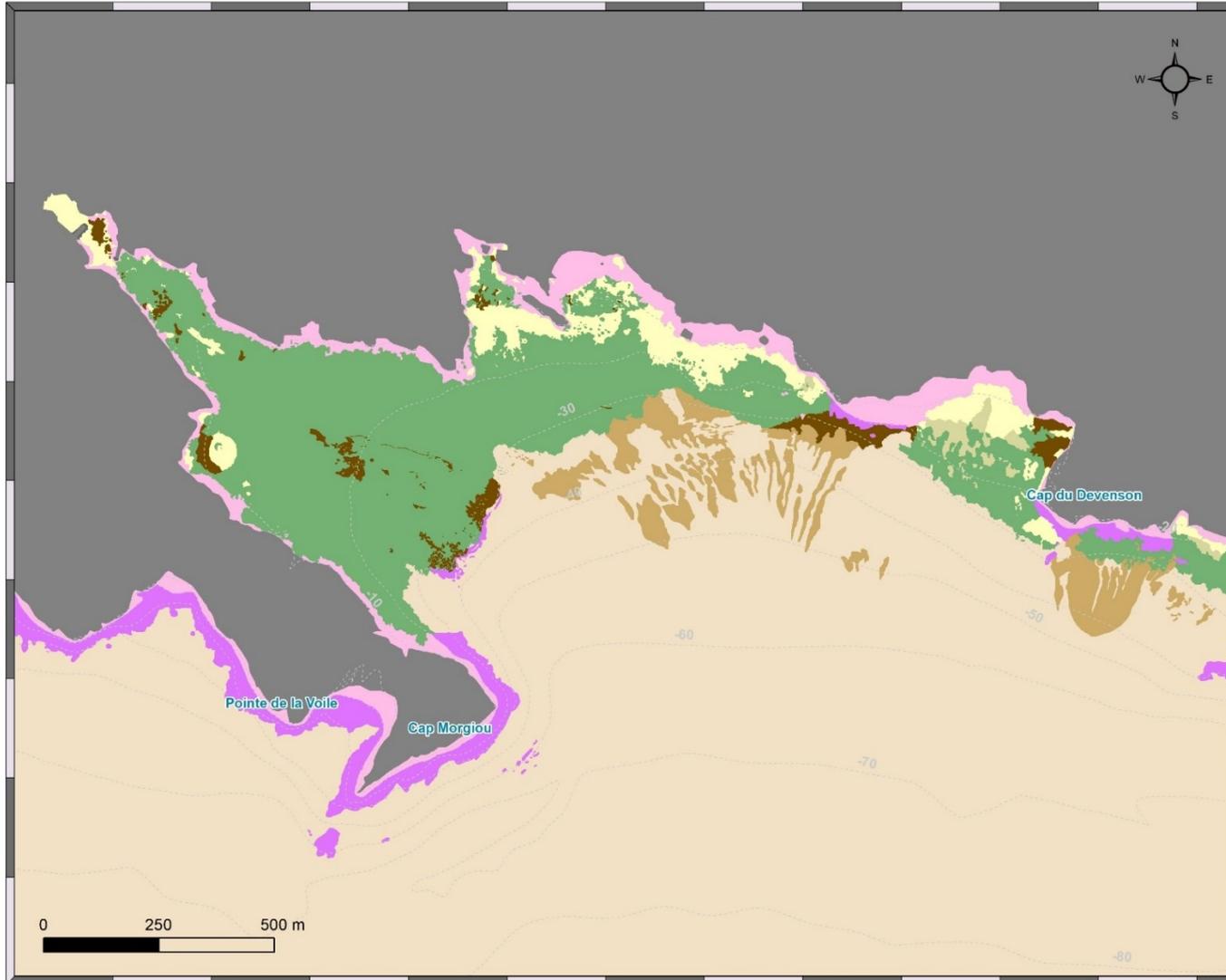


Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



Légende

----- Isobathes

Habitats marins

- Association de la matre morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose Coralligène
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*
- Biocénose des algues infralittorales
- Biocénose des fonds détritiques envasés (DE)
- Biocénose des sables et graviers sous influence des courants de fond (SGCF) - infralittoral
- Biocénose des sables fins bien calibrés (SFBC)
- Biocénose du détritique côtier (DC)
- Habitats artificiels

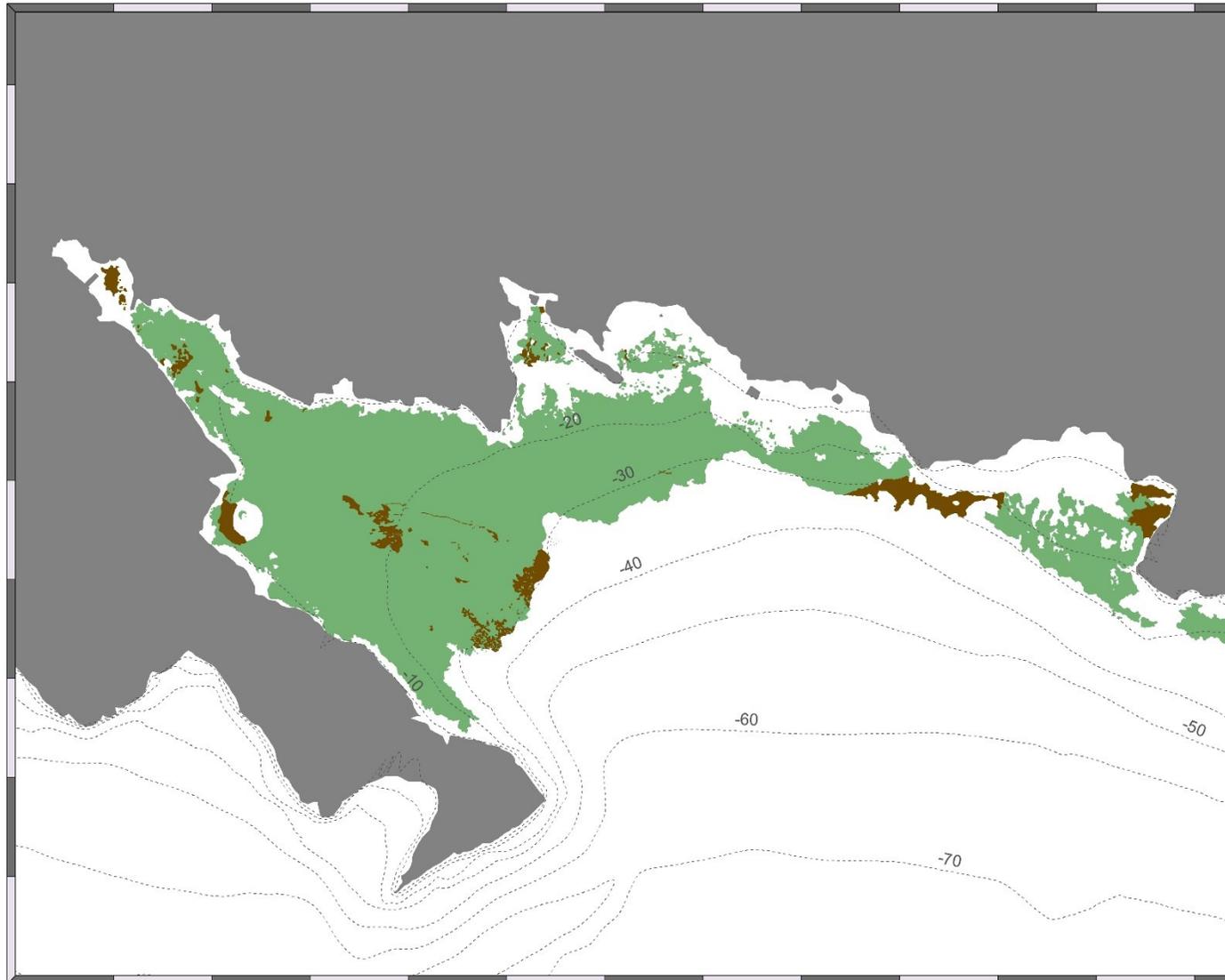
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



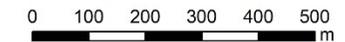
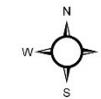


Légende

----- Isobathes

Biocénoses marines

- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



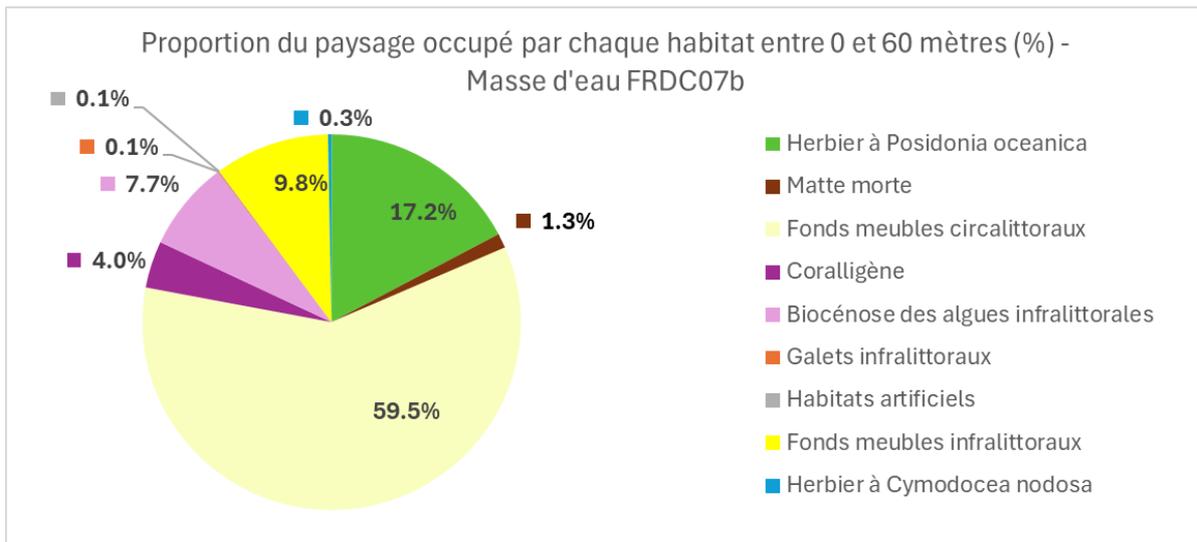
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

III.3.3. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC07b « Cap Croisette – Bec de l'Aigle » comprend **neuf biocénoses** entre 0 et 60 mètres dont les **trois principales** (>10% de recouvrement du paysage) sont les **fonds meubles infralittoraux** (9,8 %) et **circalittoraux** (59,5 %) et **l'herbier à Posidonie** (17,2 %).

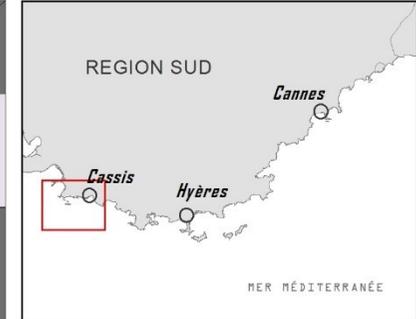
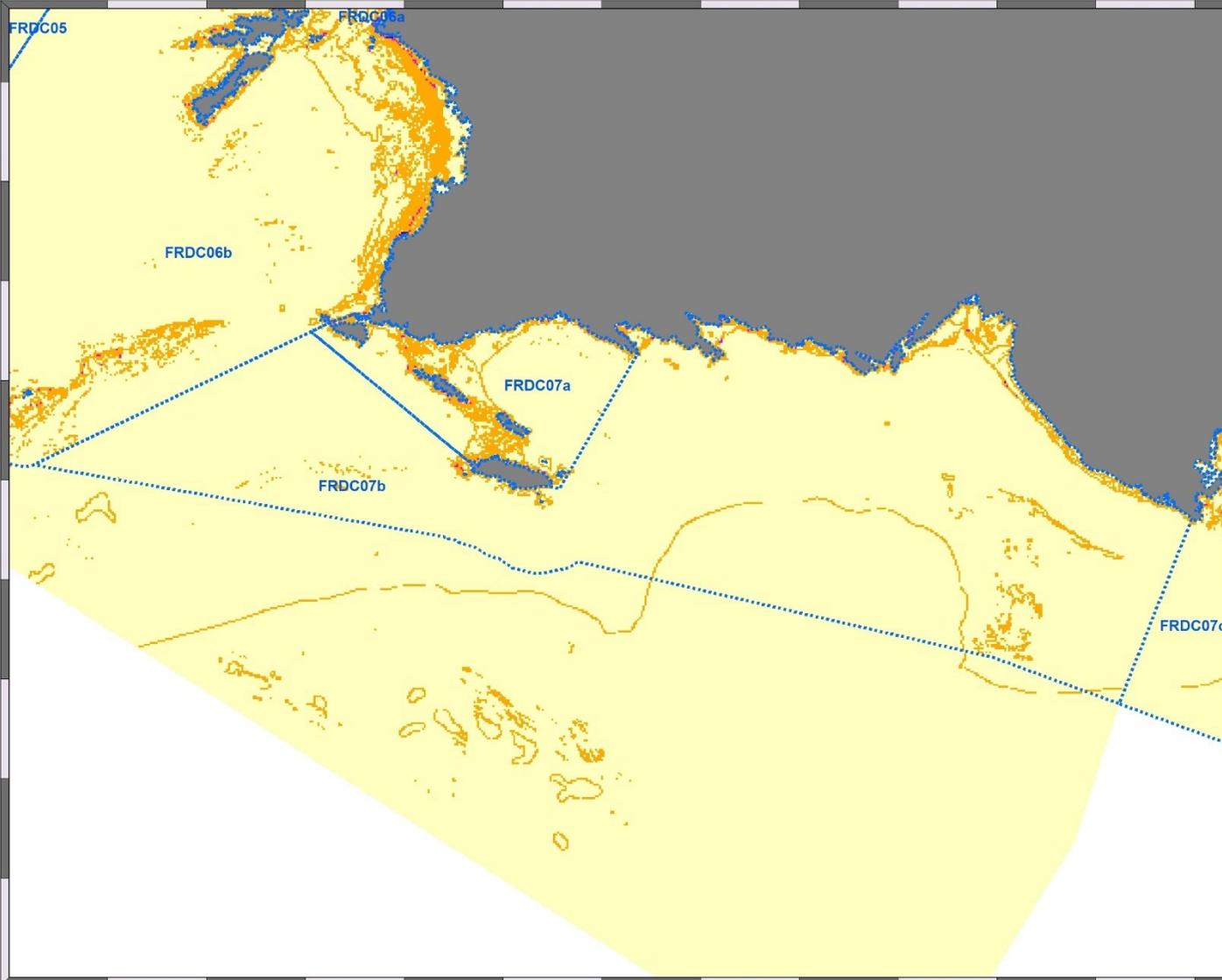
L'analyse de la comparaison des indicateurs paysagers pour la tranche bathymétrique 0-60 mètres de la masse d'eau FRDC07b montre une certaine hétérogénéité au sein des valeurs qui sont globalement faibles à moyennes par rapport aux moyennes régionales.

Cette masse d'eau présente une **diversité paysagère moyenne**. L'indice de Simpson est représenté sur un pixel de 50 mètres sur la carte suivante.

Tableau 9 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07b

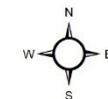
Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07b	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	1547	87 / 16847 4009.64
Nombre d'habitats dans le paysage	9	6 / 11 8.52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	152	12.9 / 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	38.2	25.8 / 77.3 50.69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.58	0.07 / 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.67	0.44 / 0.89 0.67





Légende

- Masses d'eau côtières
- Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)
- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

Au sein de la masse d'eau FRDC07b, l'herbier occupe près de 32 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. Ce taux de recouvrement est légèrement en-dessous de la moyenne relevée sur l'ensemble des masses d'eau côtières en région Sud.

On note la présence d'une tache unique d'herbier couvrant 7,7 % du paysage. L'indice d'agrégation est très proche de la moyenne des masses d'eau en région Sud et l'indice de fragmentation de l'herbier est au-dessus de la moyenne régionale. Cela indique une formation assez morcelée de l'herbier.

L'indice de régression pour la masse d'eau FRDC07b reste cependant très faible par rapport aux autres masses d'eau de la région Sud.

Tableau 10 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de Posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07b.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD	
Masse d'eau	FRDC07b	Légende	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40		
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	31.9	1.8	75.4 36.45
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	65.4	1.7	172.5 56.3
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	7.7	0.6	74.7 28.34
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	0.49	0.12	2.08 0.84
Indice de complexité des formes	1.06	1.05	1.13 1.07
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	11.5	7	63.2 14.11
Indice de fragmentation de l'herbier	0.99	0.44	1 0.87
Indice d'agrégation entre les taches (%)	85.8	71.2	94.2 86.3
Indice de régression de l'herbier	0.07	0.03	0.57 0.19

Aucune donnée sonar historique n'étant disponible pour les secteurs de Sormiou et Morgiou, **l'analyse de l'évolution des limites d'herbier de posidonie n'a pas pu se faire.** La comparaison de l'évolution cartographique est cependant présentée page suivante à l'aide de quelques illustrations.

Des **traces de mouillage** ont été observées en **profondeur intermédiaire et limite inférieure d'herbier** dans la Calanque de Sormiou et la Calanque de Morgiou (voir page suivante).



AVANT ACTUALISATION

APRES ACTUALISATION

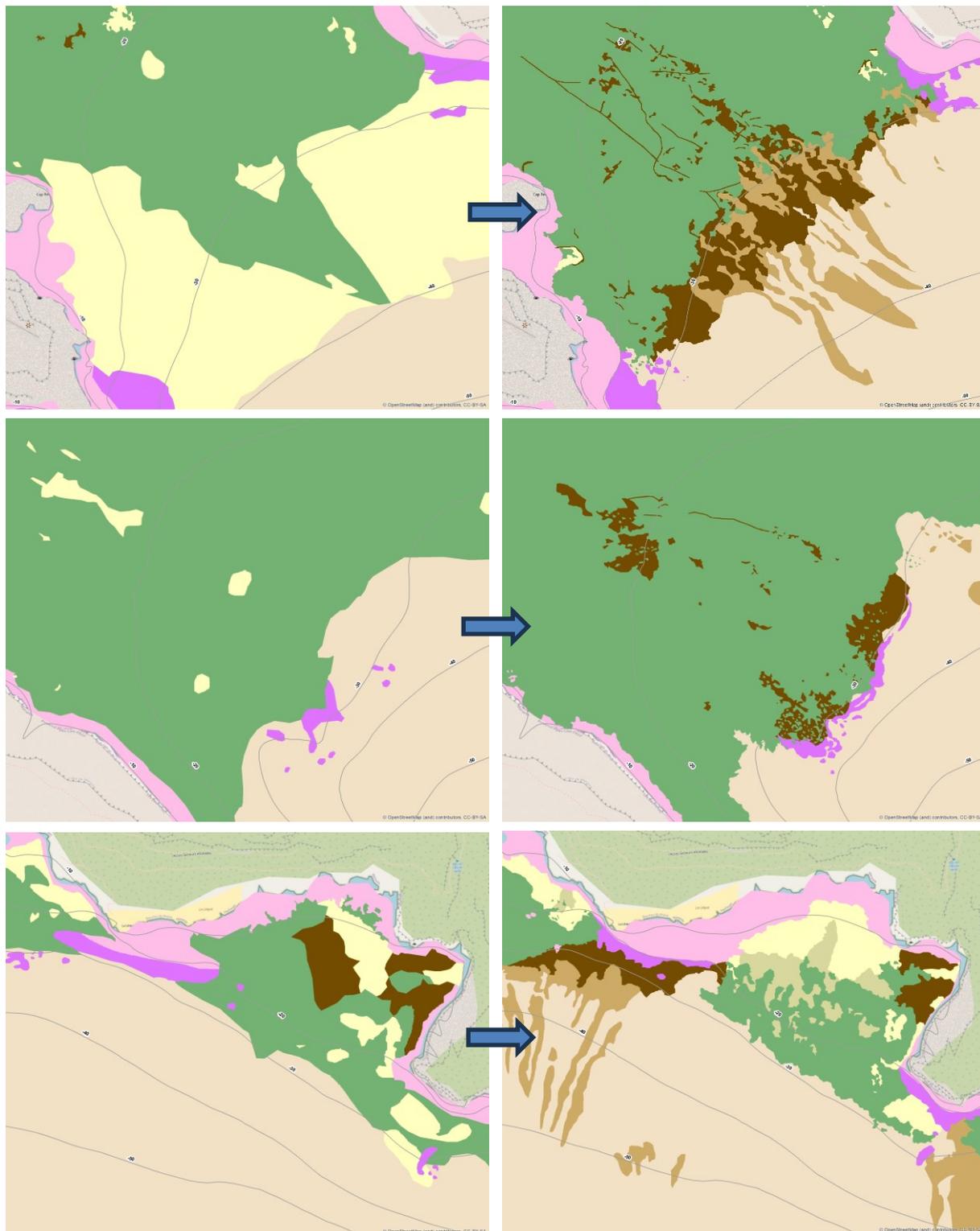
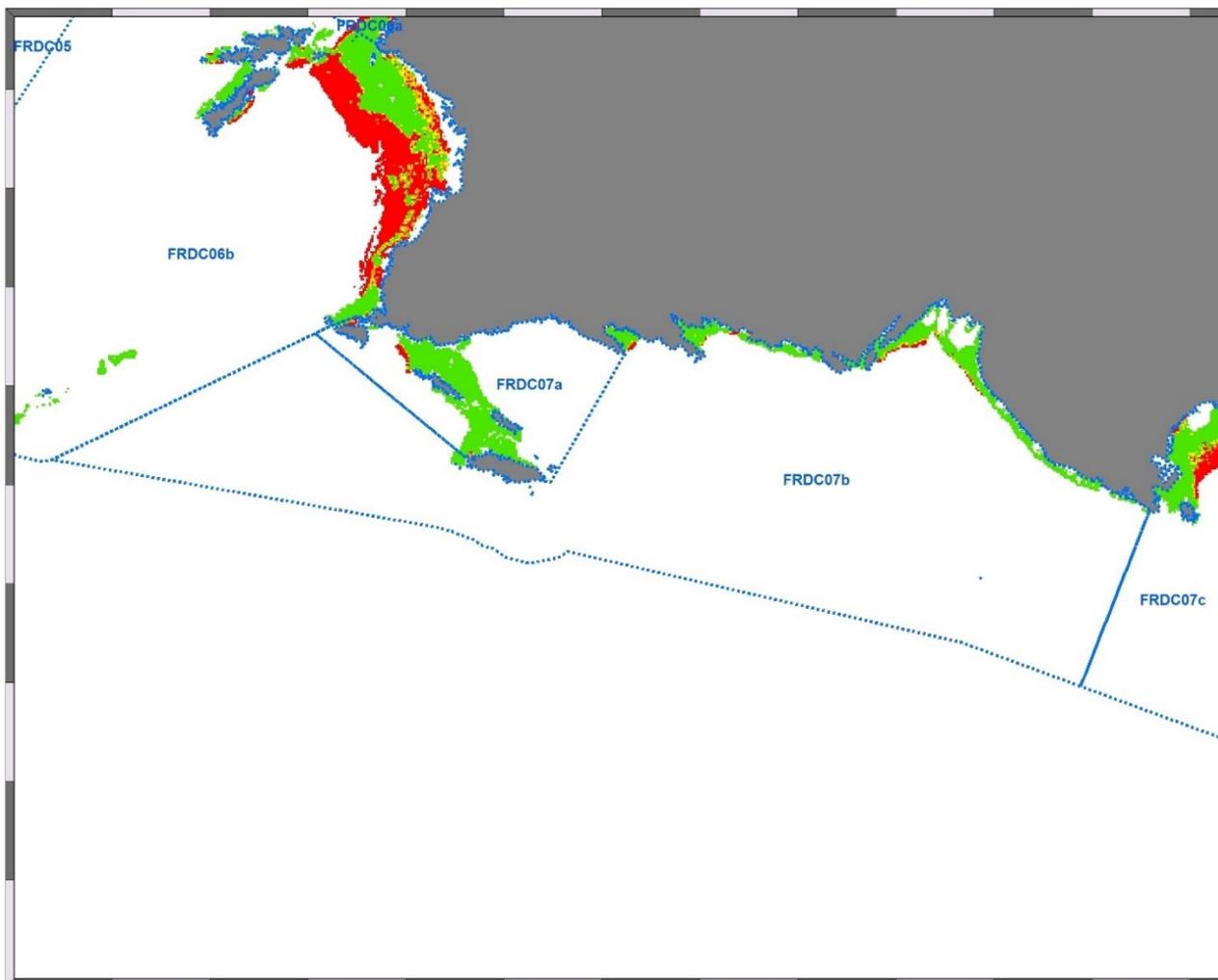


Figure 15 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines des Calanques de Sormiou (haut), Morgiou (milieu) et de l'œil de Verre (bas) avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Fonds détritiques envasés ; Vert-beige : sable à ripplemarks ; Gris : Habitats artificiels).



Légende

Masse d'eau côtière

Indice de régression (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

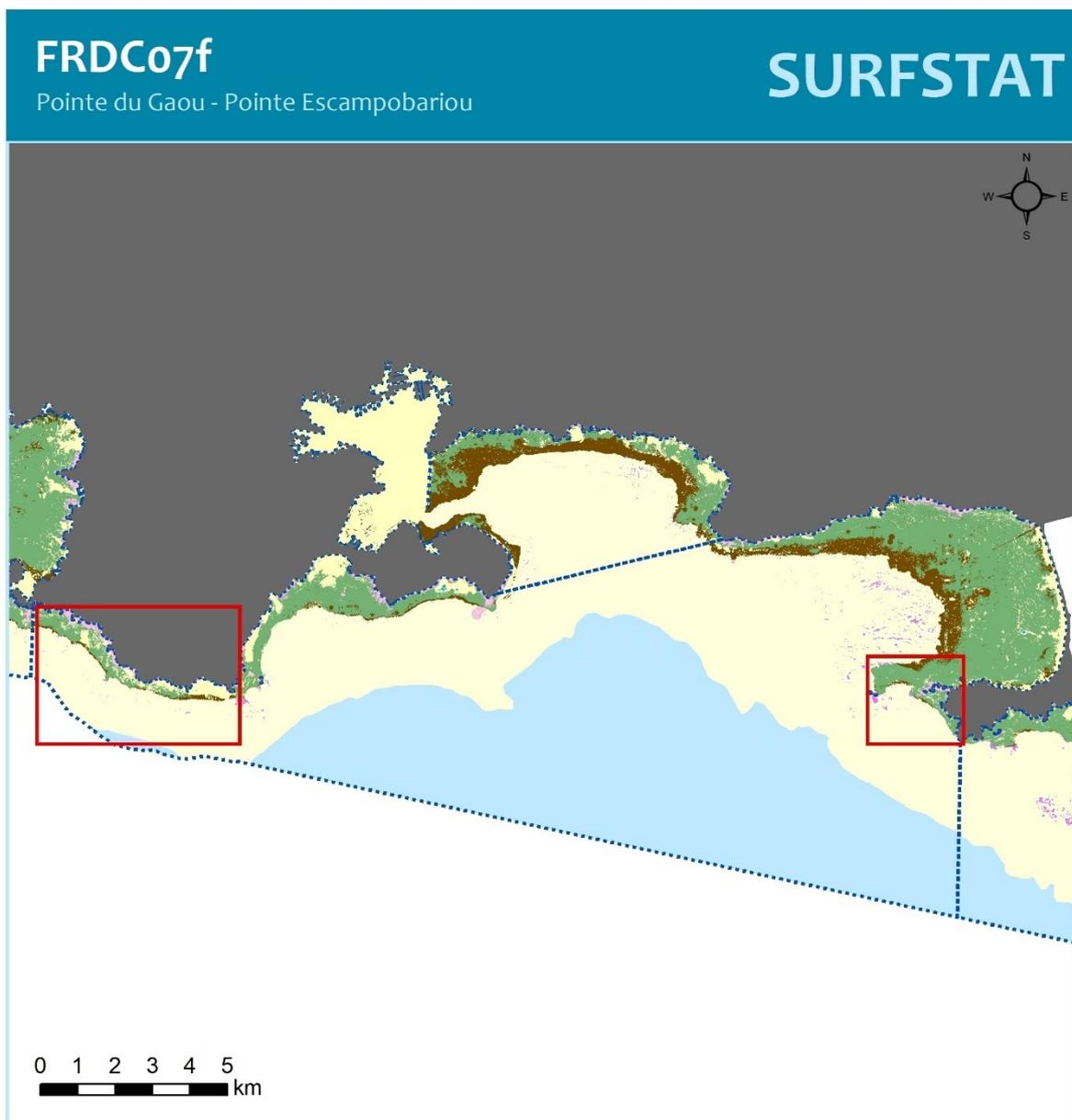
Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



III.4. Masse d'eau FRDC07f : Cap Sicié et La Madrague



POINTE DU GAOU - POINTE ESCAMPOBARIOU



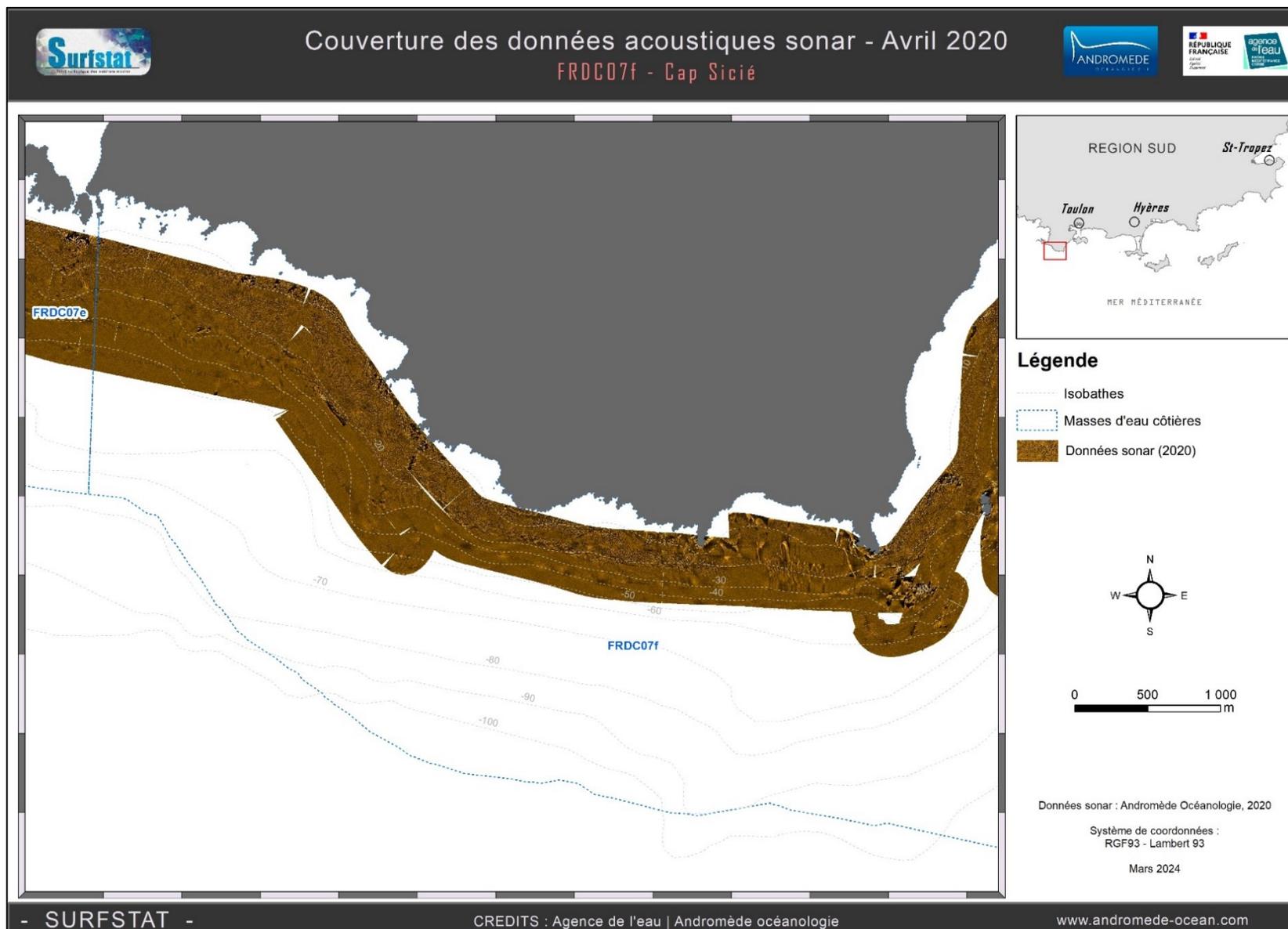
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Mars 2024

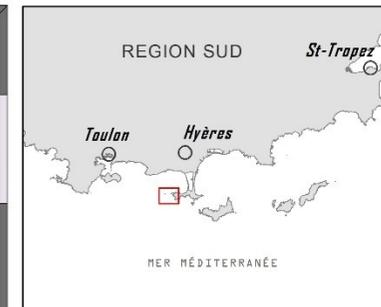
III.4.1. Sonar latéral

Au total, **près de 600 hectares** de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses du Cap Sicié.



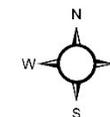
Près de 450 hectares de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de l'ouest de la Presqu'île de Giens.





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Données sonar (2020)



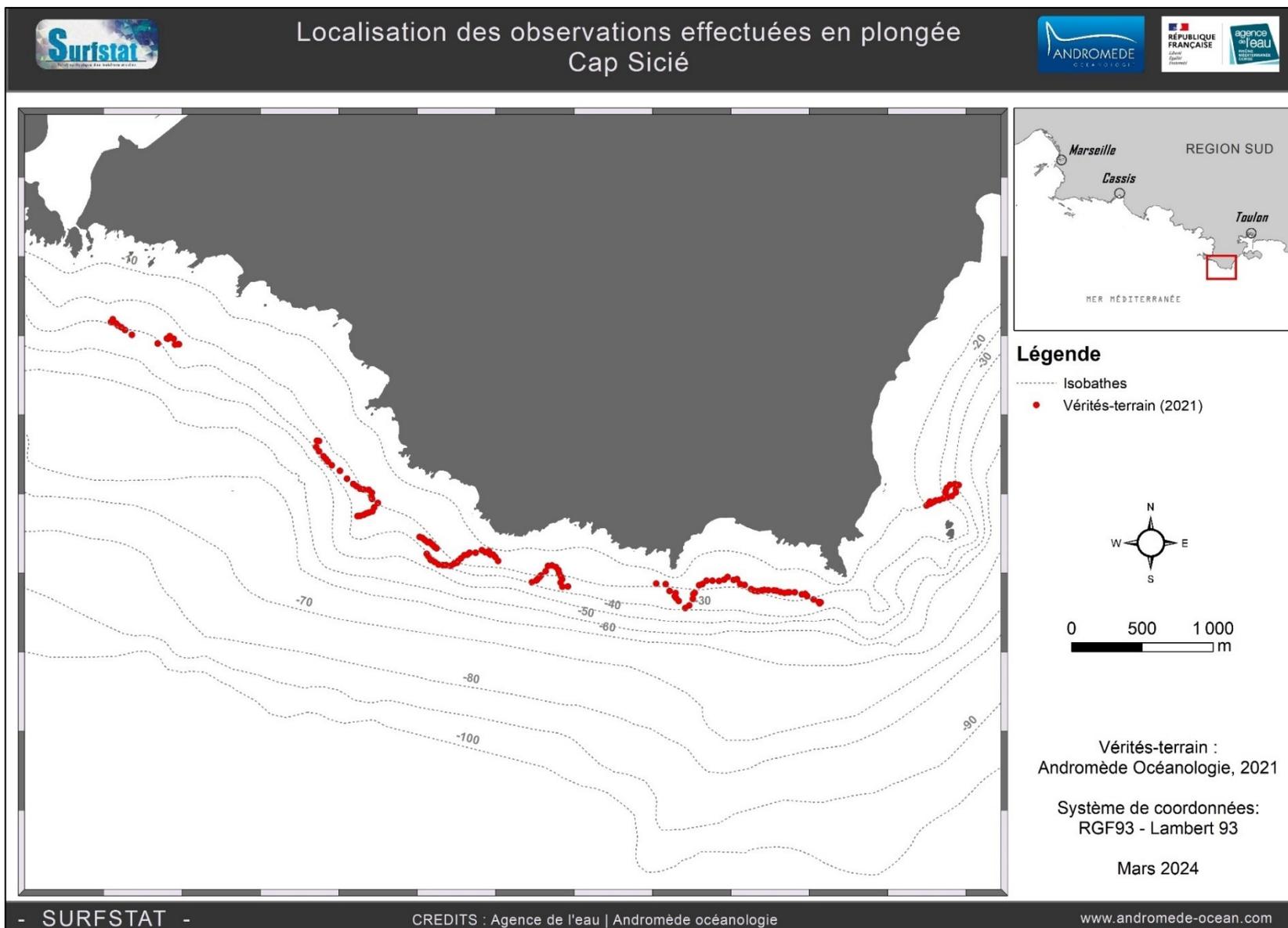
Données sonar : Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées :
RGF93 - Lambert 93

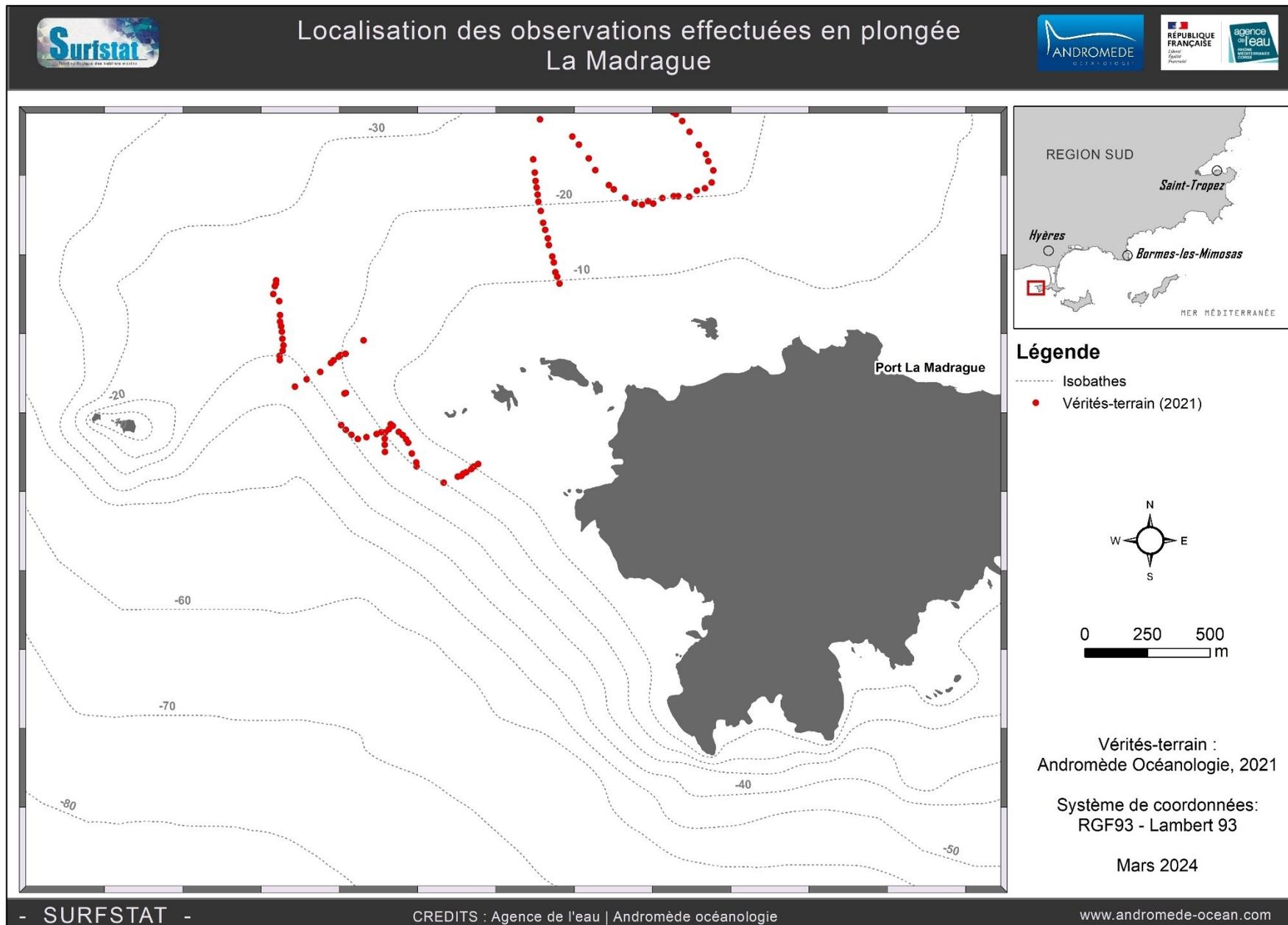
Mars 2024

III.4.2. Vérités-terrain

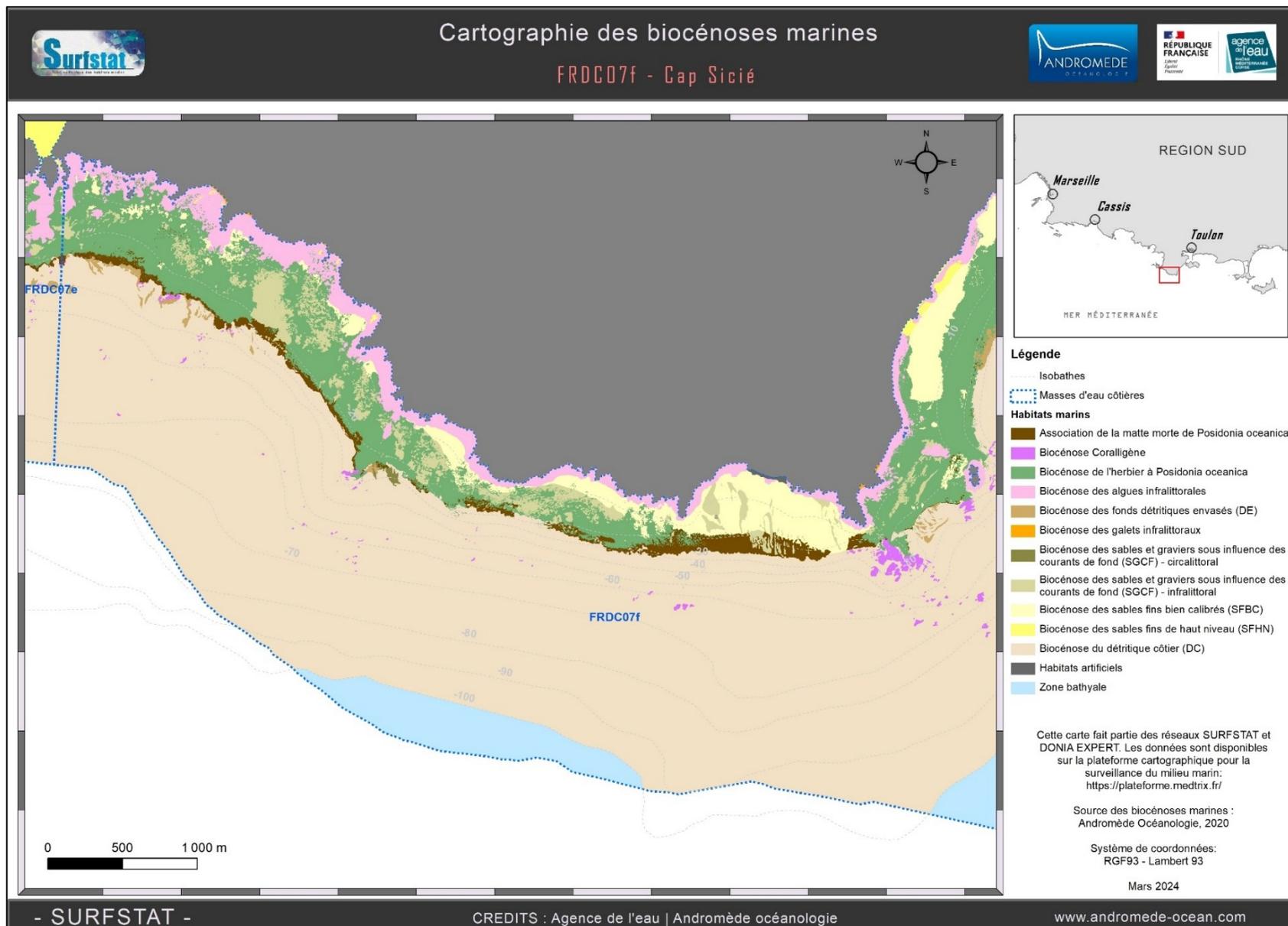
133 observations ont été effectuées en plongée tractée dans le secteur du Cap Sicié.

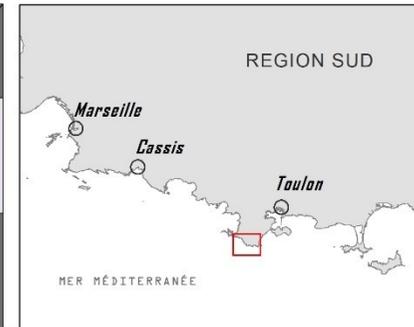
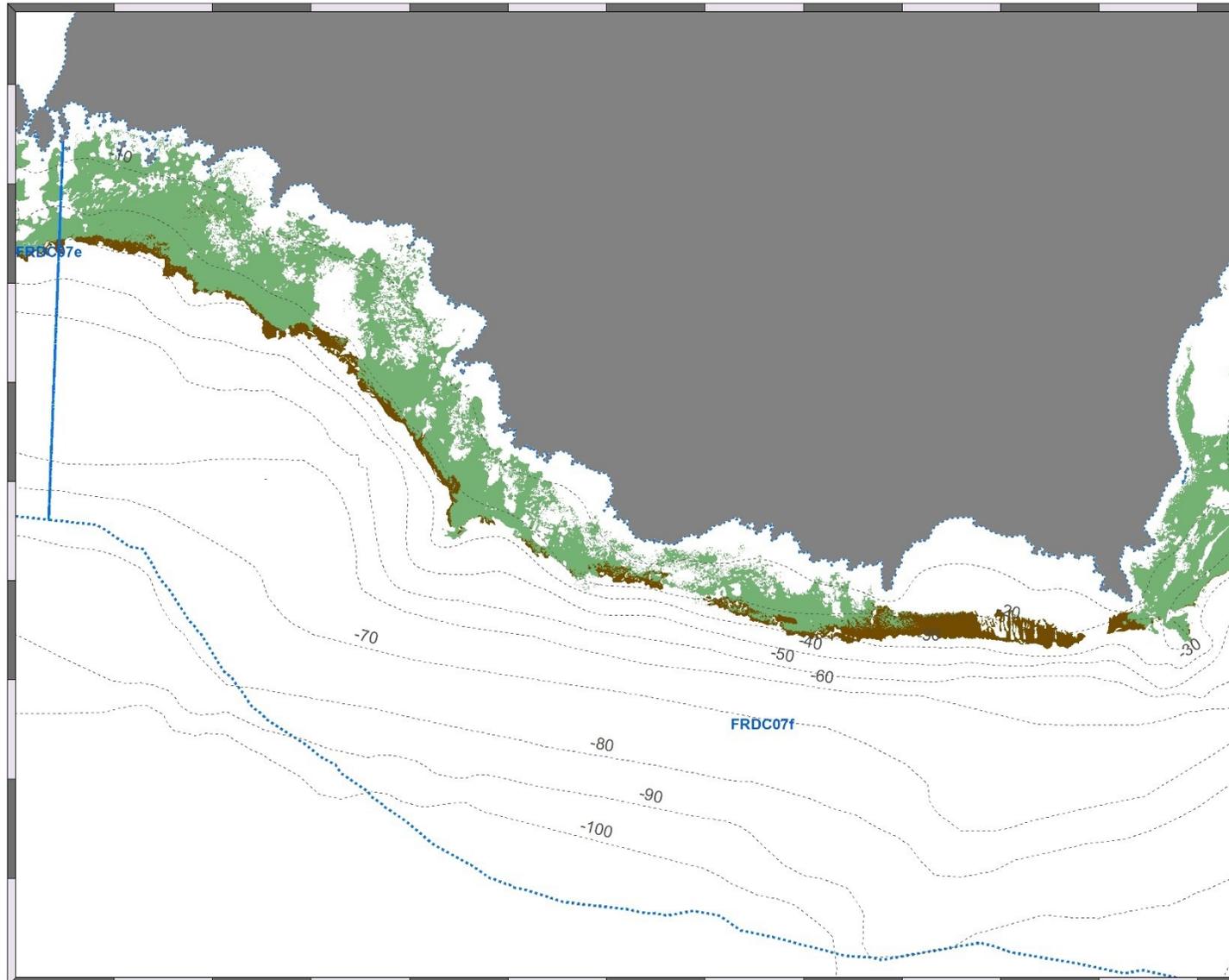


54 observations ont été effectuées à l'ouest de la Presqu'île de Giens.



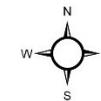
III.4.3. Cartographie des biocénoses marines : Cap Sicié et La Madrague (Presqu'île de Giens)





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*

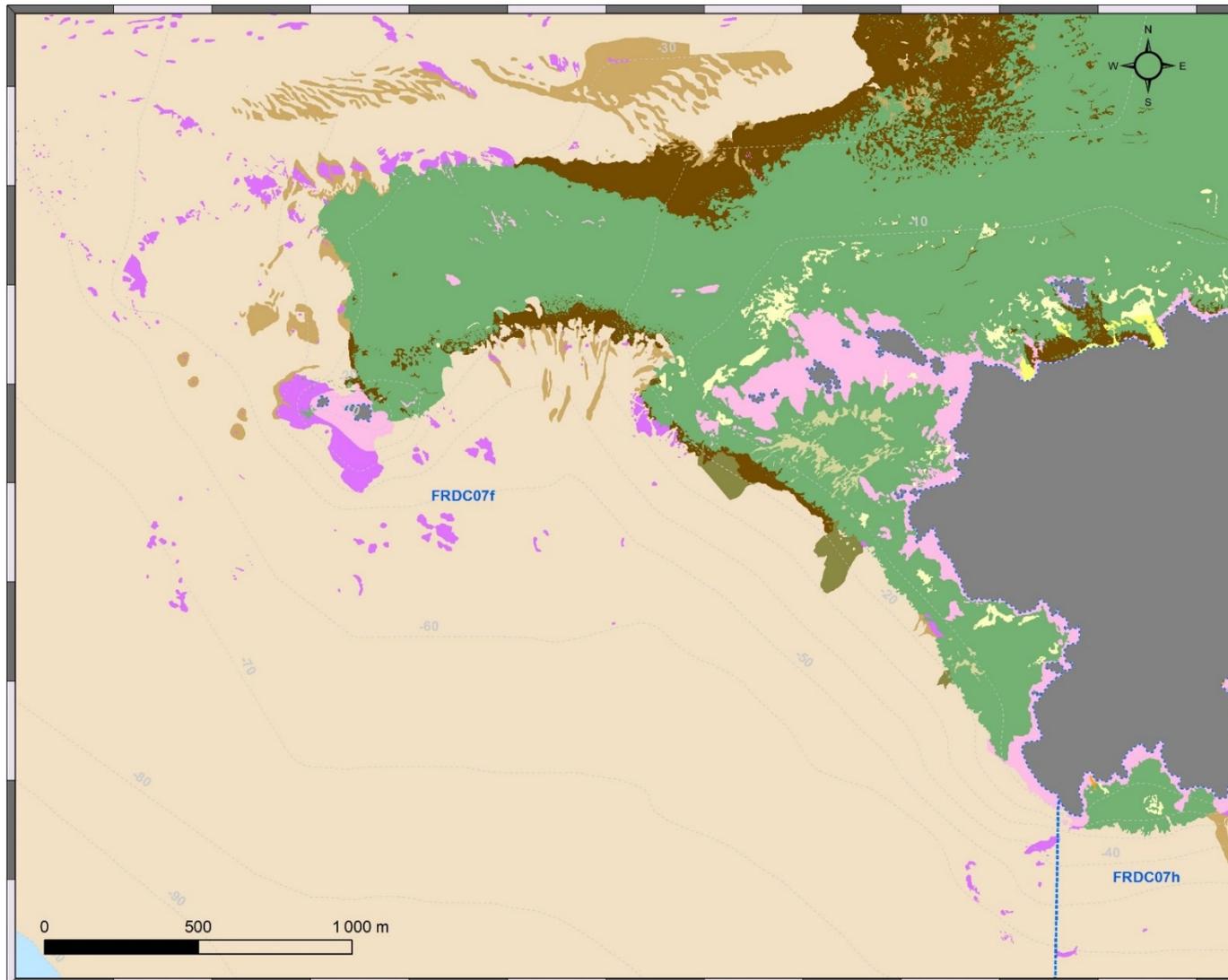


Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



Légende

--- Isobathes

--- Masses d'eau côtières

Habitats marins

- Association de la matre morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose Coralligène
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*
- Biocénose des algues infralittorales
- Biocénose des fonds détritiques envasés (DE)
- Biocénose des galets infralittoraux
- Biocénose des sables et graviers sous influence des courants de fond (SGCF) - circalittoral
- Biocénose des sables et graviers sous influence des courants de fond (SGCF) - infralittoral
- Biocénose des sables fins bien calibrés (SFBC)
- Biocénose des sables fins de haut niveau (SFHN)
- Biocénose du détritique côtier (DC)
- Zone bathyale

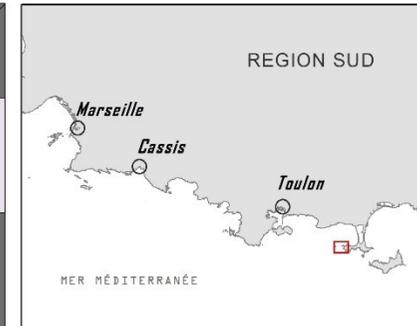
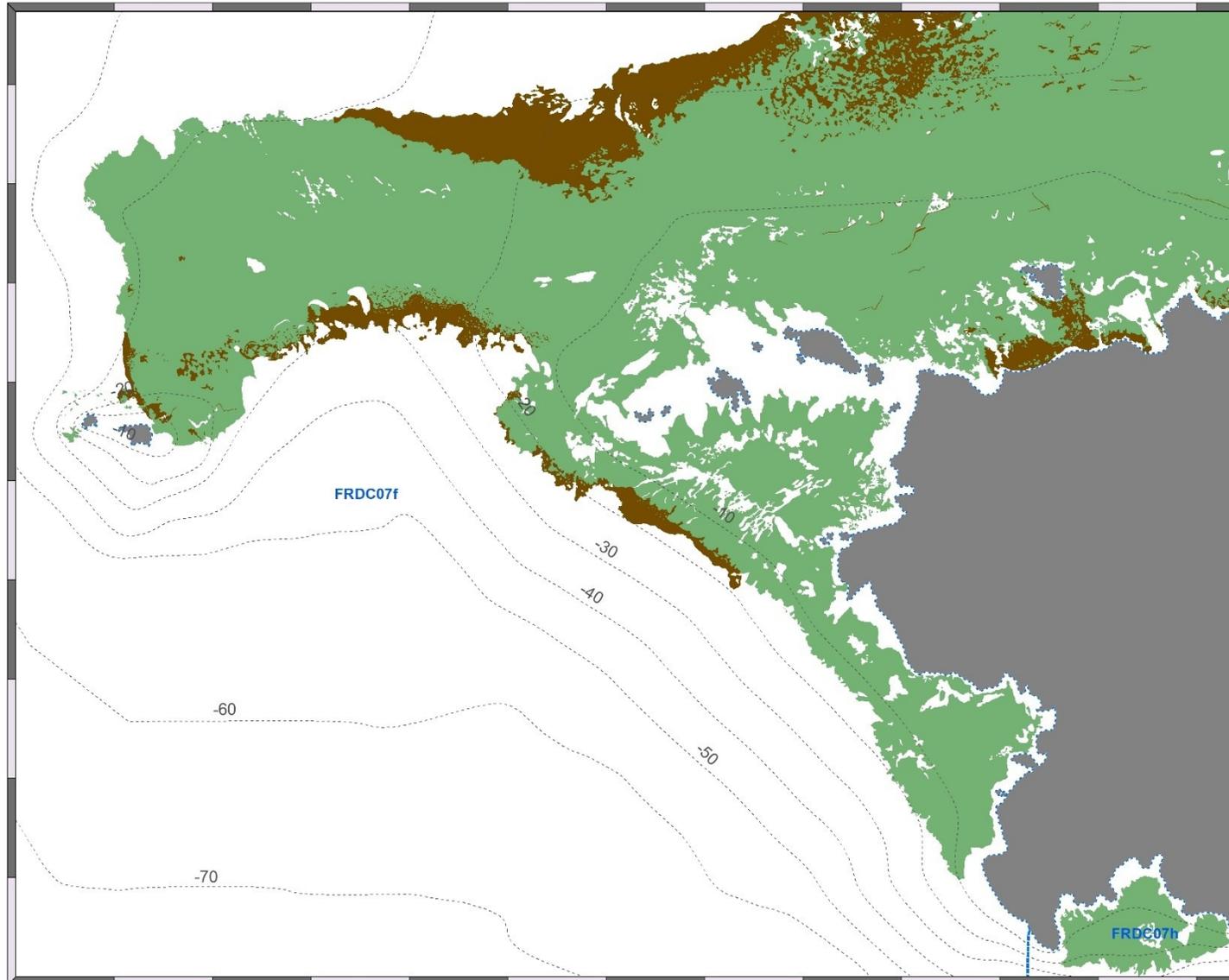
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

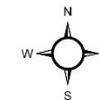
Mars 2024





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



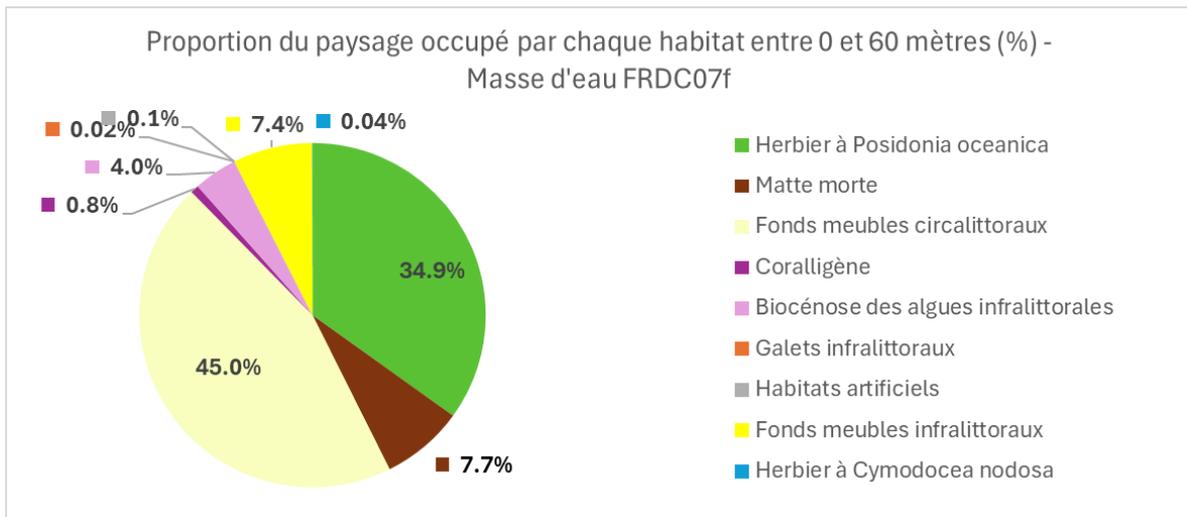
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

III.4.4. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC07f « Pointe du Gaou – Pointe Escampobarriu » comprend neuf habitats entre 0 et -60 mètres dont les deux principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont la biocénose de l'herbier à Posidonie (34,9 %) et les fonds meubles circalittoraux (45 %).

L'analyse de la comparaison des indicateurs paysagers pour la tranche bathymétrique 0-60 mètres de la masse d'eau FRDC07f montre une certaine hétérogénéité au sein des valeurs qui sont globalement faibles à moyennes par rapport aux moyennes régionales. Seule la valeur de l'indice de diversité de Simpson est bien plus élevée que celle de la moyenne régionale.

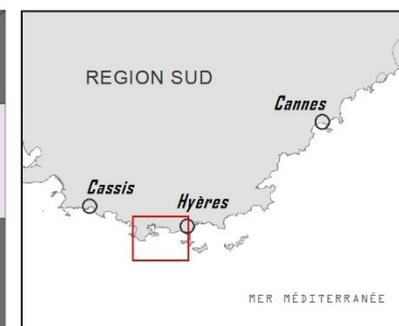
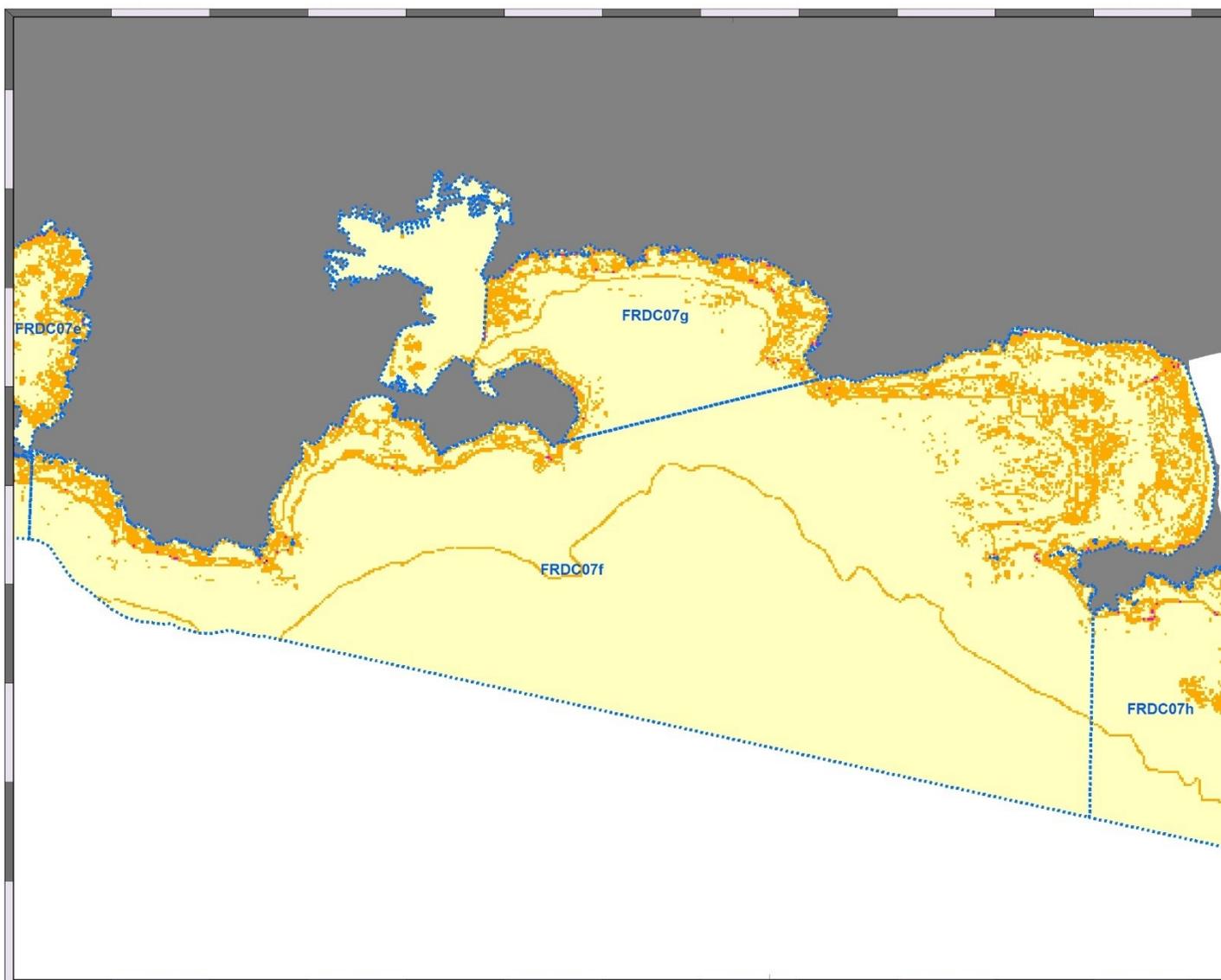
Cette masse d'eau présente **une diversité paysagère forte**. Il est représenté sur un pixel de 50 mètres sur la carte suivante.

La densité d'habitats par 100 ha reste cependant très faible par rapport aux autres masses d'eau.

Tableau 11 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07f.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07f	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	5921	87 - 16847 4009,64
Nombre d'habitats dans le paysage	9	6 - 11 8,52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	240,2	12,9 - 545,8 212,11
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	28,8	25,8 - 77,3 50,69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0,15	0,07 - 6,91 0,84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0,74	0,44 - 0,89 0,67





Légende

- Masses d'eau côtières
- Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)
 - 0 - 0,25
 - 0,25 - 0,50
 - 0,50 - 0,75
 - 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées :
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

L'herbier occupe 50,9 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. **Ce taux de recouvrement est bien au-dessus de la moyenne observée sur l'ensemble des masses d'eau en Région Sud.**

Par rapport à l'ensemble des masses d'eau côtière de la région, l'herbier de Posidonie de la masse d'eau FRDC07f se caractérise par un nombre élevé de taches de petite taille et assez proches les unes des autres. On note la présence d'une grande tache (38 % du paysage) indiquant une **formation continue de l'herbier**.

Cette formation se traduit par une agrégation assez élevée des taches entre elles. L'indice de fragmentation de l'herbier pour cette masse d'eau est proche de la moyenne observée pour toute la région.

L'indice de régression de l'herbier à Posidonie dans cette masse d'eau est égal à la moyenne régionale, qui reste assez faible comparativement aux autres masses d'eau.

Des **zones de reprise d'herbier en patches** sont également visibles. Cela indique que l'herbier possède les réserves suffisantes pour recoloniser des zones autrefois abimées par l'ancrage ou l'impact d'obus comme c'est le cas de la rade de Giens.

Concernant l'analyse de l'évolution de l'herbier dans les deux secteurs concernés par l'actualisation, une comparaison des données sonar historiques (2009) et récentes (2020) a pu être effectuée.

Tableau 12 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de Posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07f

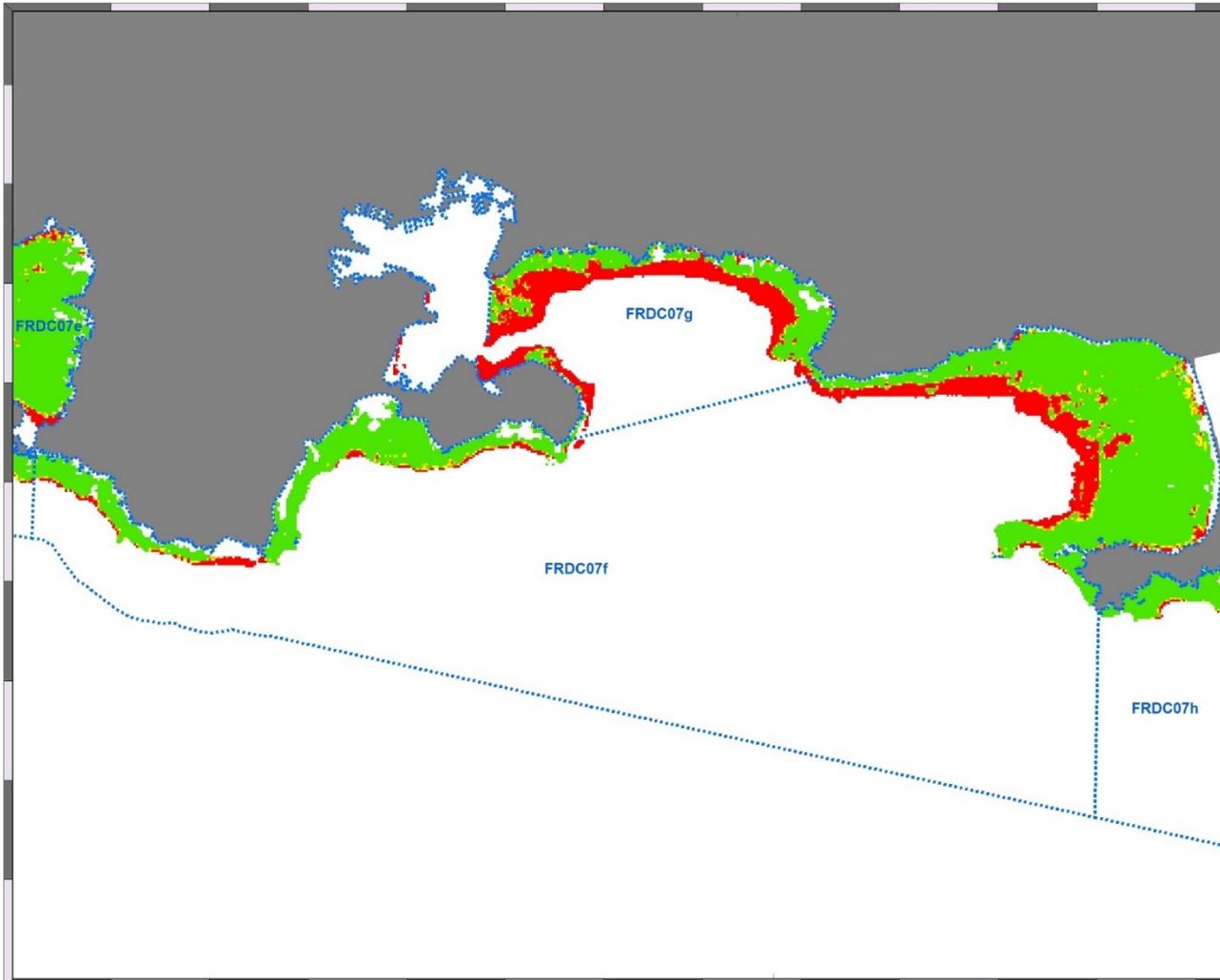
Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07f	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	50.9	1.8 0 75.4 36.45
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	89.2	1.7 0 172.5 56.3
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	38.1	0.6 0 74.7 28.34
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	0.57	0.12 0 2.08 0.84
Indice de complexité des formes	1.06	1.05 0 1.13 1.07
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	10.6	7 0 63.2 14.11
Indice de fragmentation de l'herbier	0.85	0.44 0 1 0.87
Indice d'agrégation entre les taches (%)	89.5	71.2 0 94.2 86.3
Indice de régression de l'herbier	0.18	0.03 0 0.57 0.19

Pour le secteur de **Cap Sicié**, la résolution moindre et certaines déformations des données sonar historiques a cependant empêché de comparer finement les limites de l'herbier et donc de fournir une carte précise de l'évolution des surfaces d'herbier et de matte morte. Mais il a été observé sur **au moins deux zones une progression des patches d'herbier déjà visibles en 2009** (Figure 16 et Figure 17 pages suivantes). La Figure 17 nous montre d'ailleurs une zone de recolonisation sur une plateau de matte morte localisé au sud de la STEP AMPHITRIA, signifiant ainsi que l'amélioration de la qualité des eaux traitées par les stations d'épuration joue en la faveur de la reprise des herbiers de Posidonie.

Pour le secteur de **La Madrague**, les mêmes raisons que pour le Cap Sicié ont rendu la comparaison des données sonar difficile (voir Figure 19 et Figure 20). Sur l'ensemble du secteur, aucune évolution notable n'a été observée. A une échelle plus petite, et quand la comparaison fut possible, aucune évolution importante en profondeur intermédiaire et en limite inférieure d'herbier n'en est ressortie non plus.

Quelques extraits de la cartographie historique et de la version actualisée illustrent l'évolution de la cartographie des secteurs Cap Sicié et La Madrague dans la Figure 21.





Légende

- Masse d'eau côtière
- Indice de régression (pixel de 50 m)
 - 0 - 0,25
 - 0,25 - 0,50
 - 0,50 - 0,75
 - 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

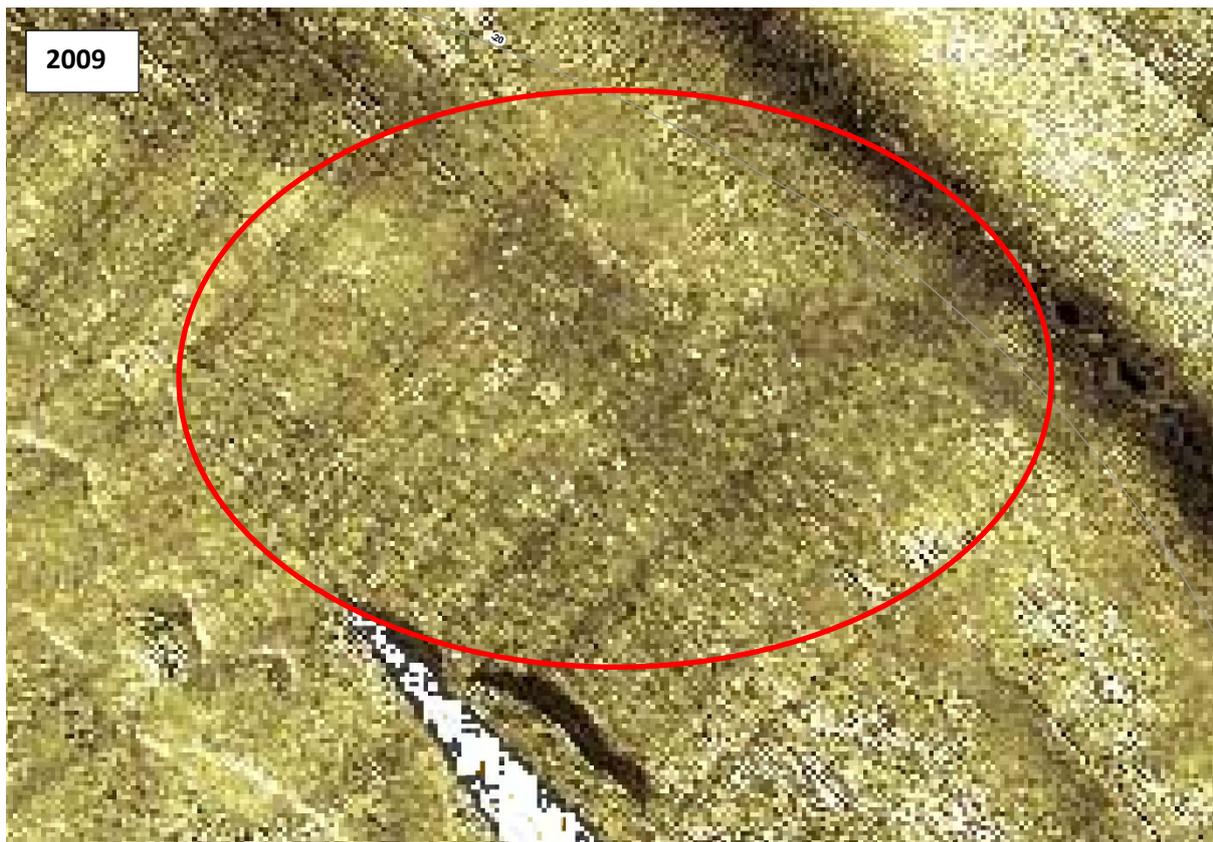


Figure 16 : Comparaison de deux bandes sonar acquises au sud du Cap Sicié en 2009 (en haut) et 2020 (en bas) Les cercles indiquent la présence de patches d'herbier de posidonie déjà observés en 2009 et dont la progression est bien visible en 2020.



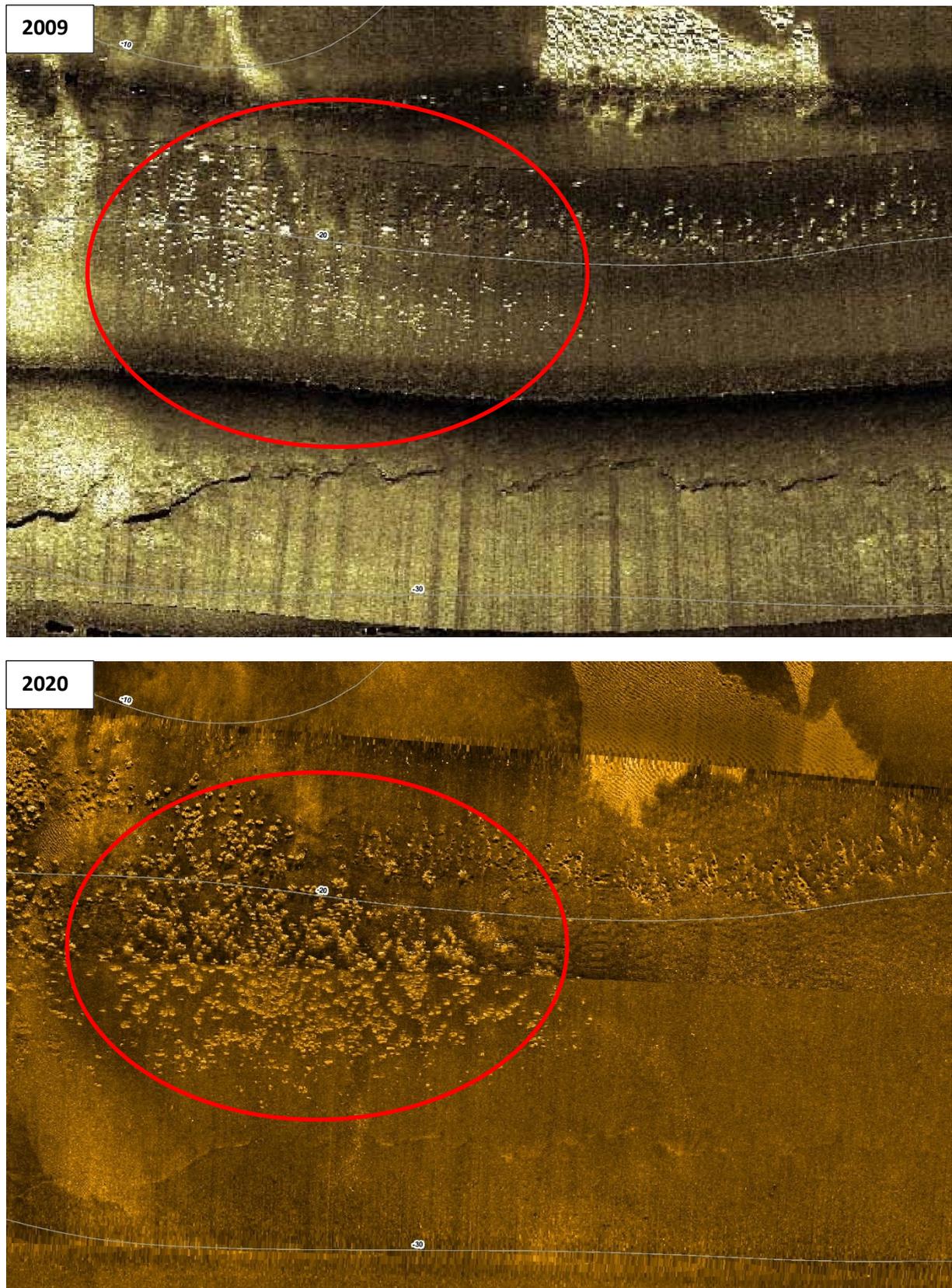


Figure 17 : Comparaison de deux bandes sonar acquises au sud du Cap Sicié en 2009 (en haut) et 2020 (en bas) Les cercles indiquent la présence de patches d'herbier de posidonie déjà observés en 2009 et dont la progression est bien visible en 2020.

2009

2020

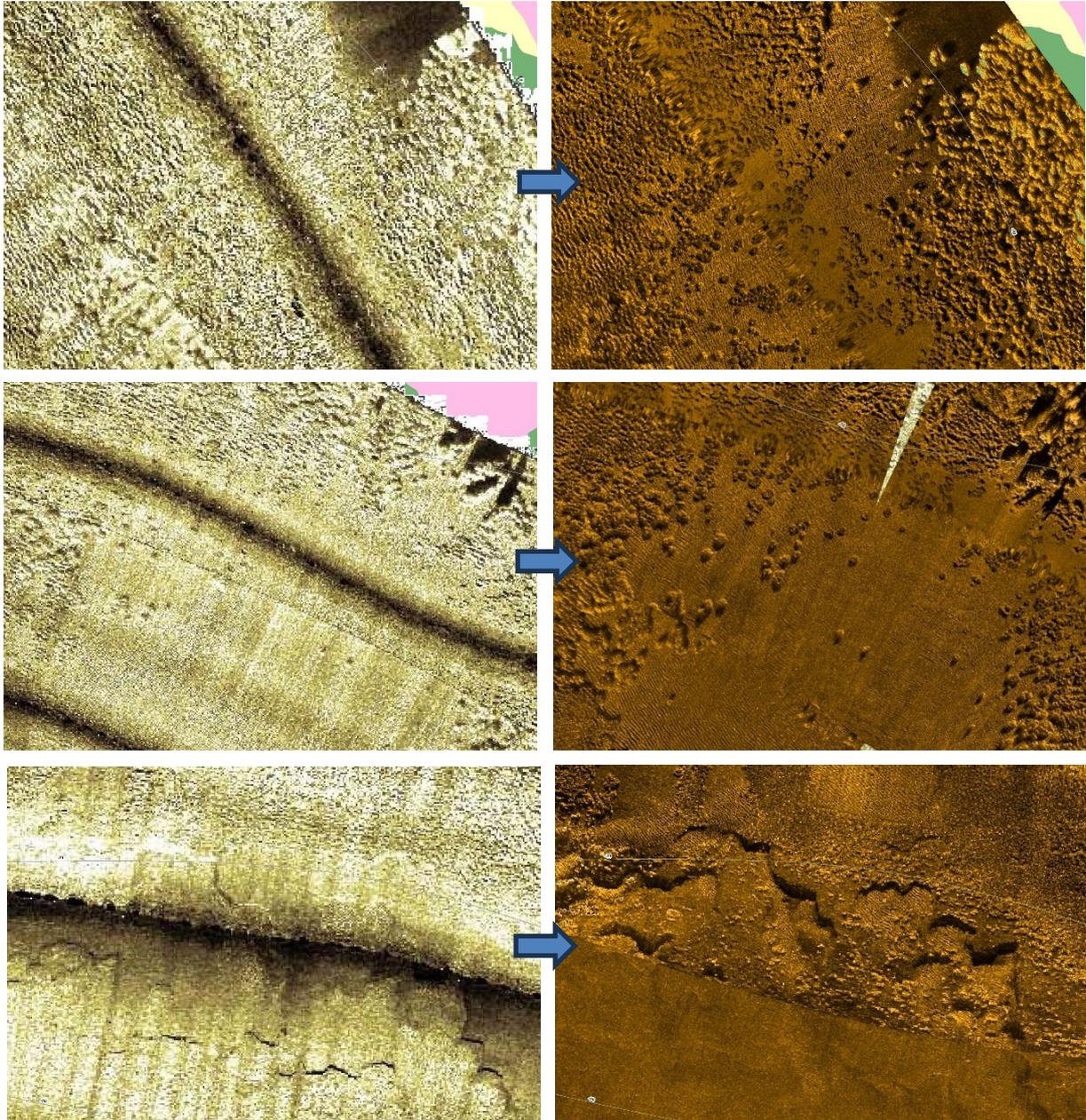


Figure 18 : Exemple de comparaison entre des bandes sonar historiques (2009) et récentes (2020) acquises au large du Cap Sicié pour lesquelles l'analyse de l'évolution des limites et surfaces d'herbier n'est pas faisable à cause de la déformation des signatures acoustiques des habitats au centre de chaque bande. Il est tout de même intéressant de noter que certains patchs visibles en 2009 concordent avec ceux toujours visibles en 2020 ; on peut constater que les surfaces et les formes de ceux-ci ne semblent pas avoir évolué en 11 ans sur ces zones.



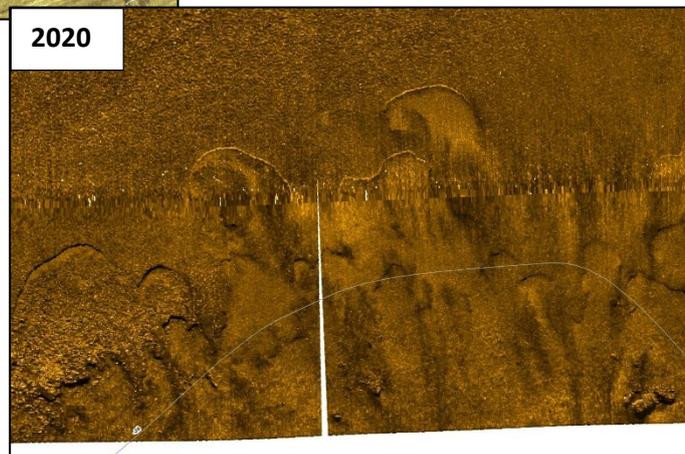
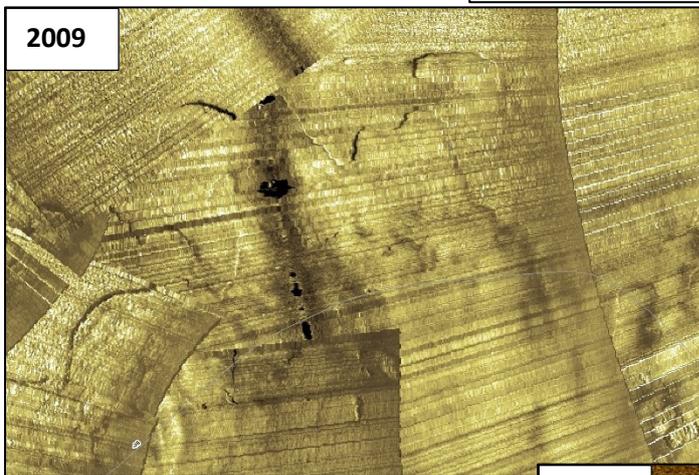
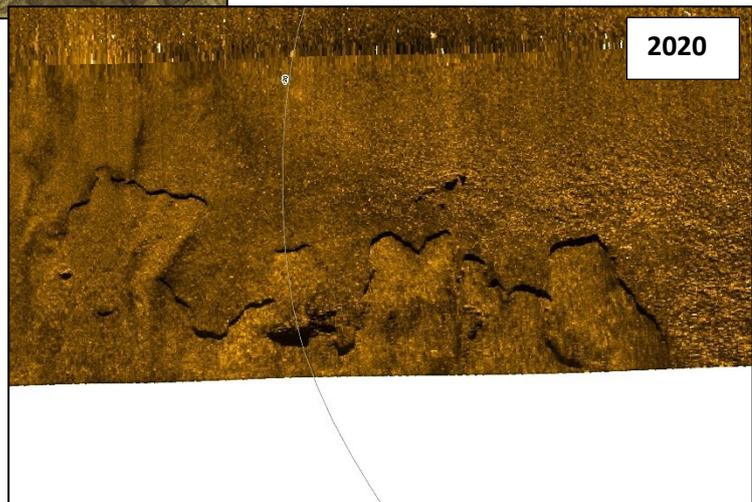
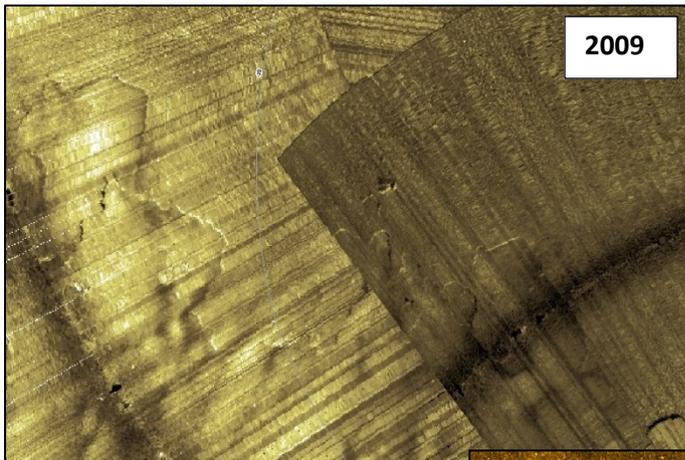


Figure 19: Comparaison de bandes sonar historiques (2009) et récentes (2020) acquises à l'ouest de la Presqu'île de Giens. La déformation et la résolution moyenne des bandes historiques empêchent d'analyser finement l'évolution de la limite inférieure d'herbier sur ce secteur.

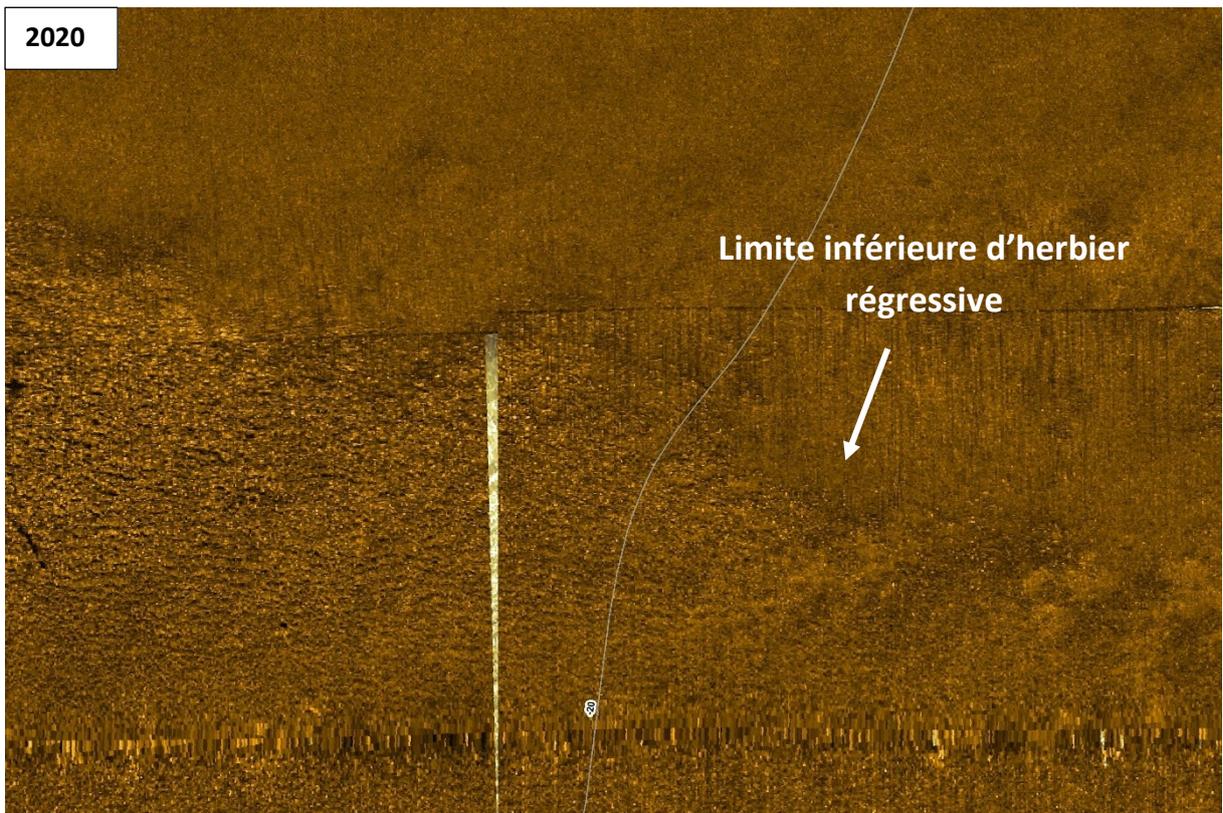
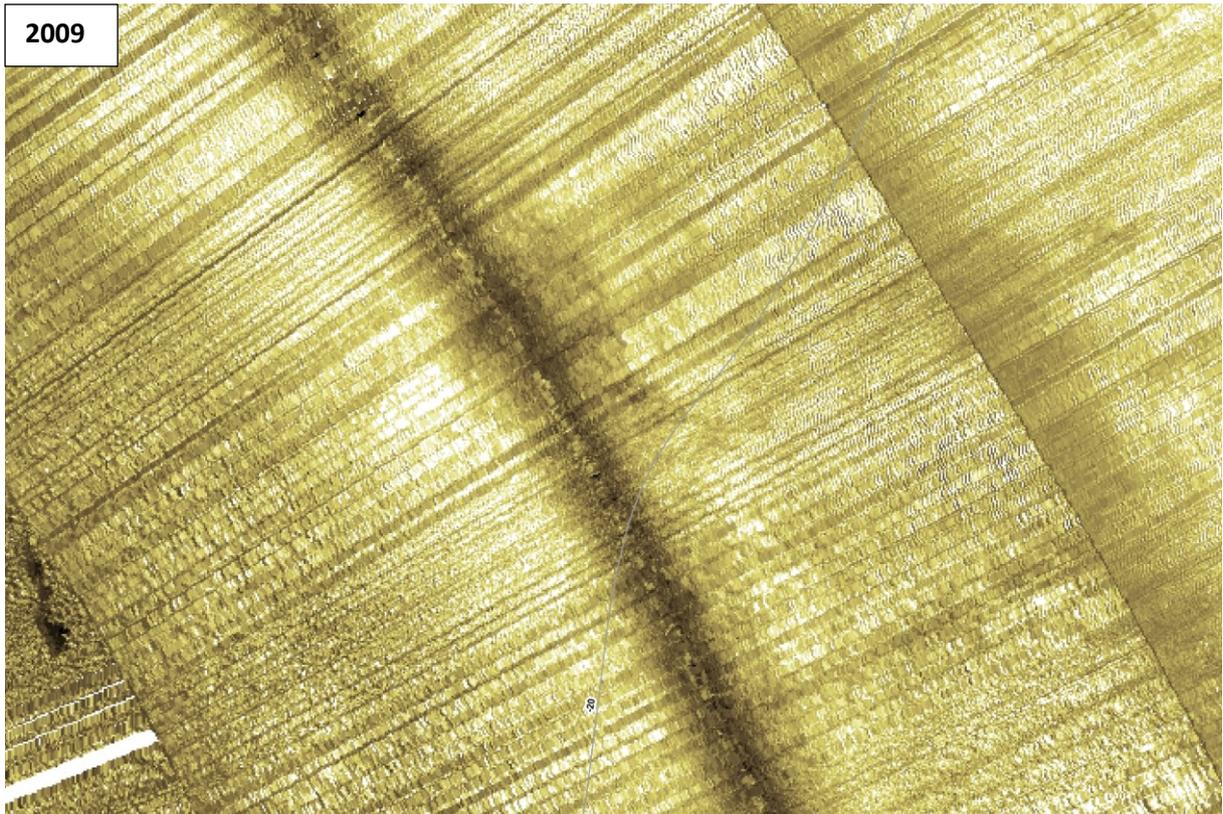


Figure 20 : Comparaison de deux bandes sonar acquises en 2009 (en haut) et en 2020 (en bas) à l'Ouest de la Presqu'île de Giens. L'analyse de l'évolution de la limite inférieure d'herbier dans cette zone n'est pas possible à cause de la déformation des signatures acoustiques au centre de la bande sonar de 2009.



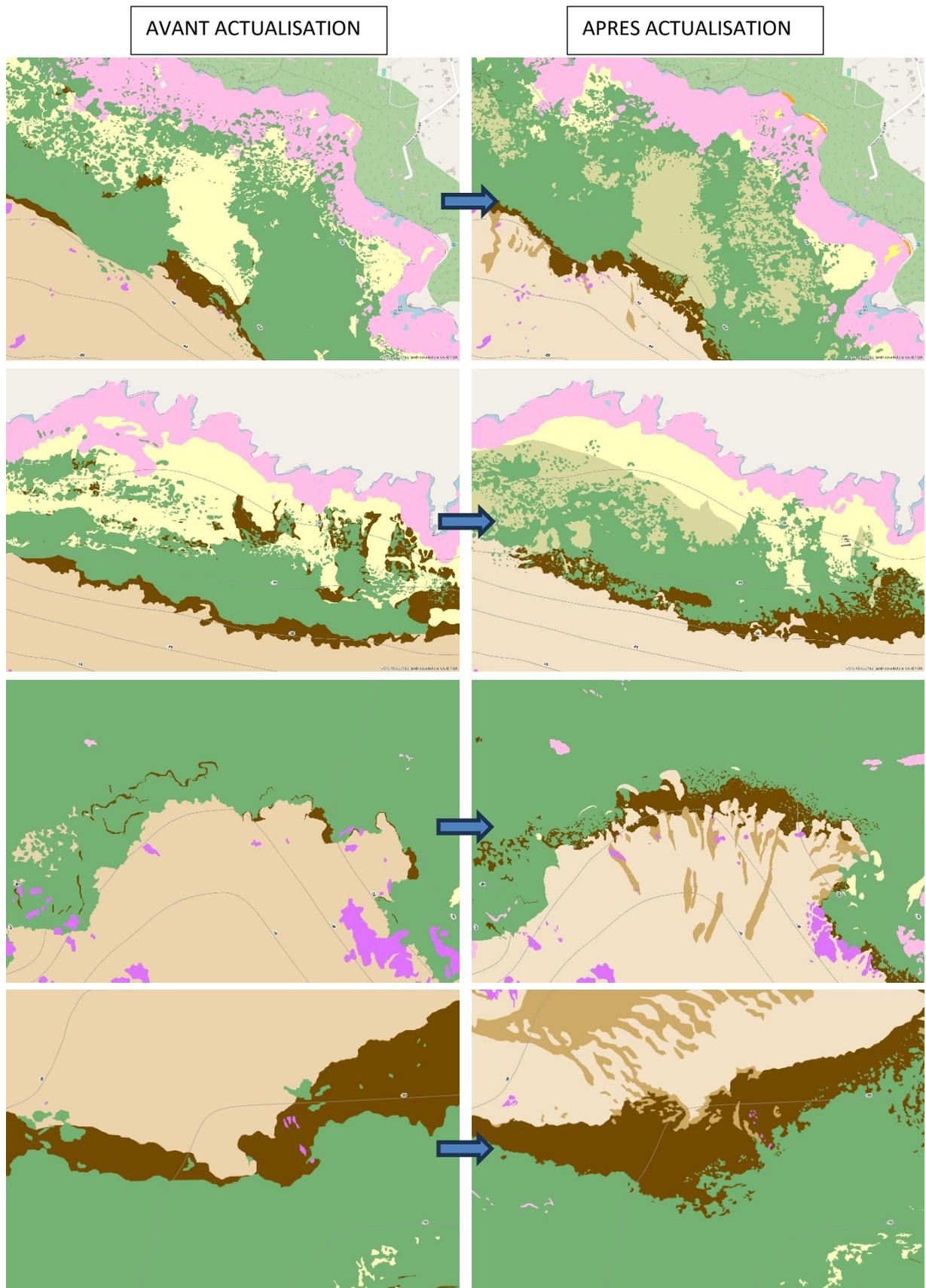
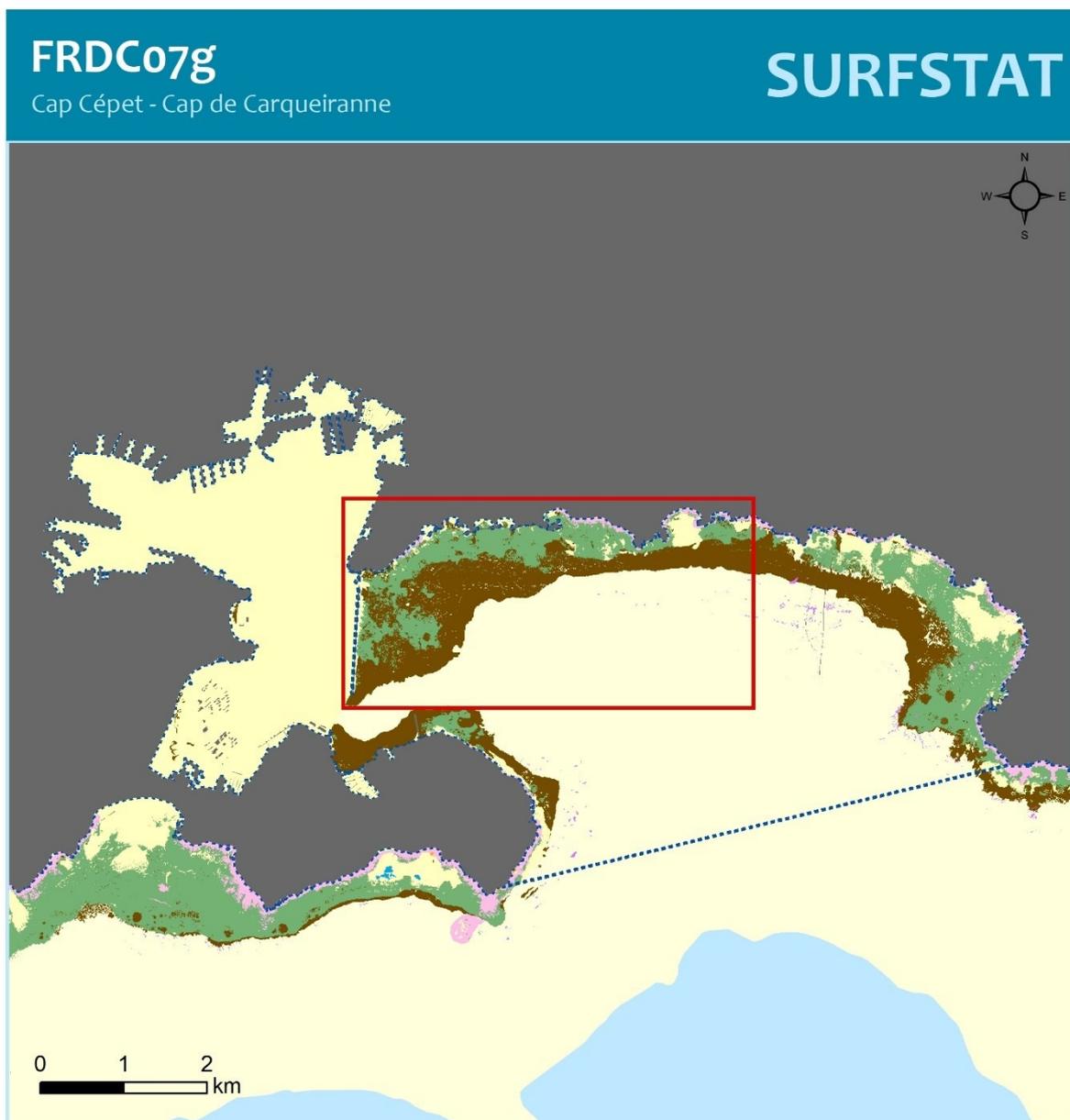


Figure 21 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines du Cap Sicié (1 et 2) et de l'ouest de la Presqu'île de Giens (3 et 4) avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Fonds détritiques envasés ; Vert-beige : sable à ripplemarks ; Gris : Habitats artificiels).

III.5. Masse d'eau FRDC07g : Rade de Toulon Ouest



CAP CEPET - CAP DE CARQUEIRANNE



Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

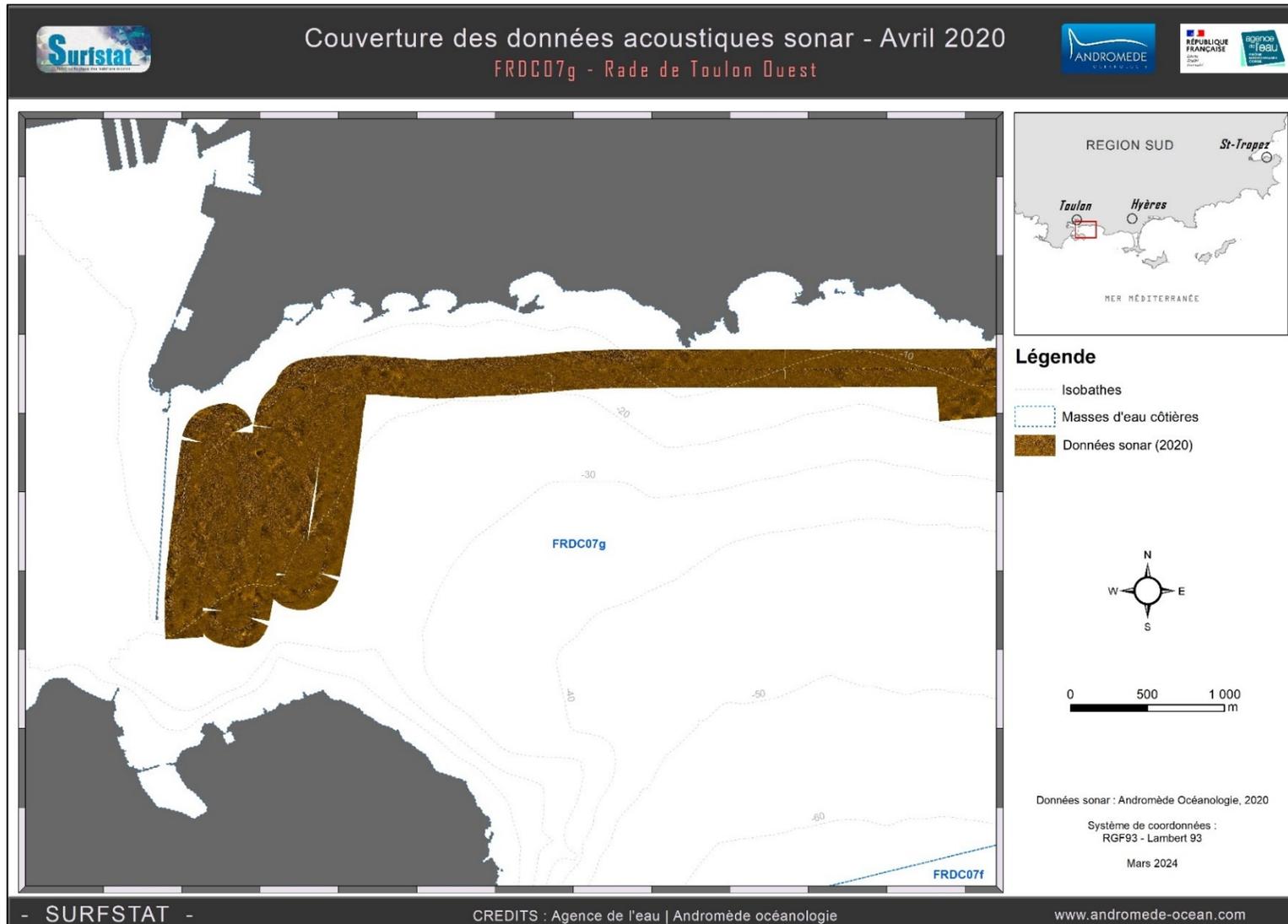
SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Mars 2024



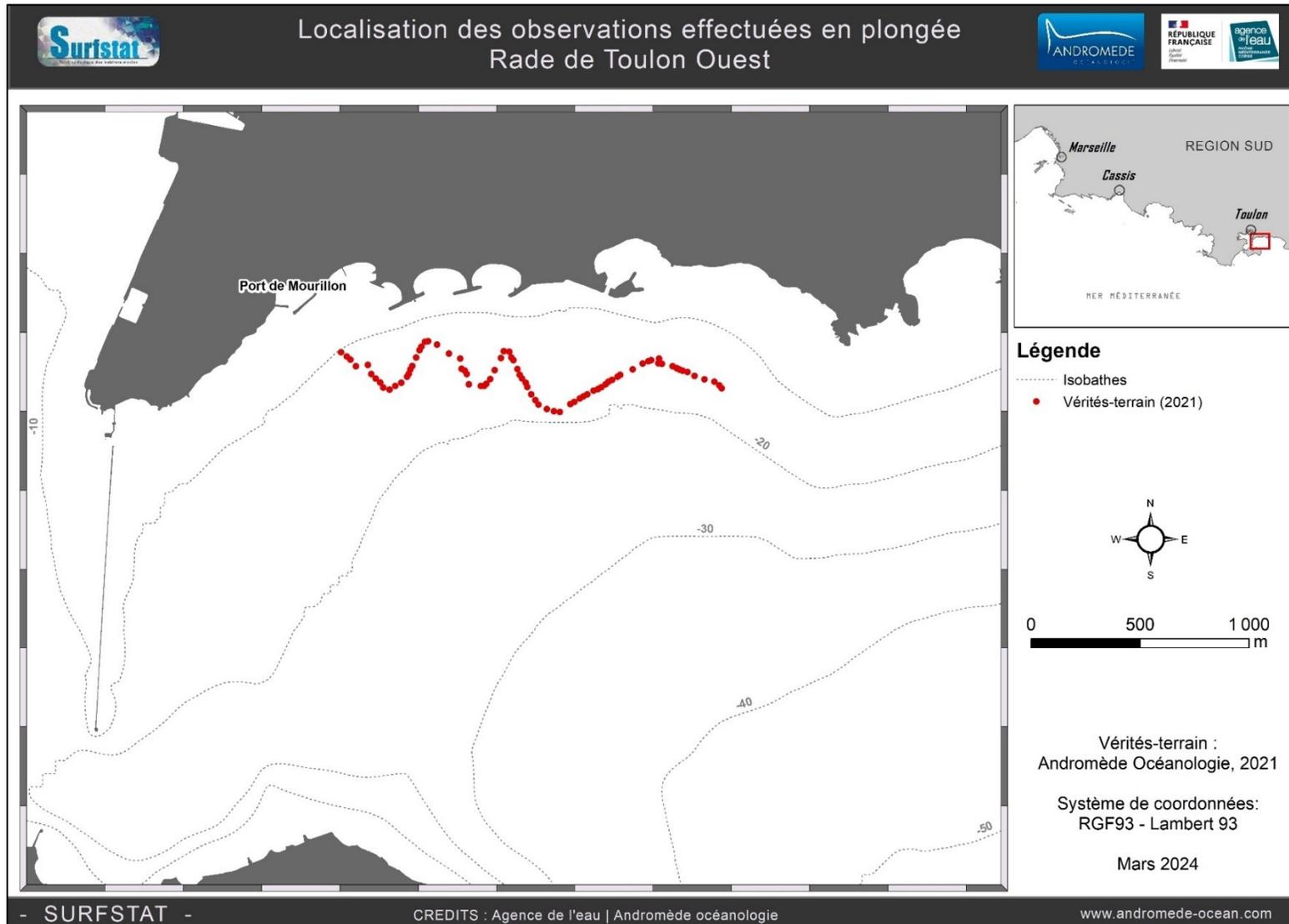
III.5.1. Sonar latéral

Environ **250 ha** de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de l'ouest de la Rade de Toulon.

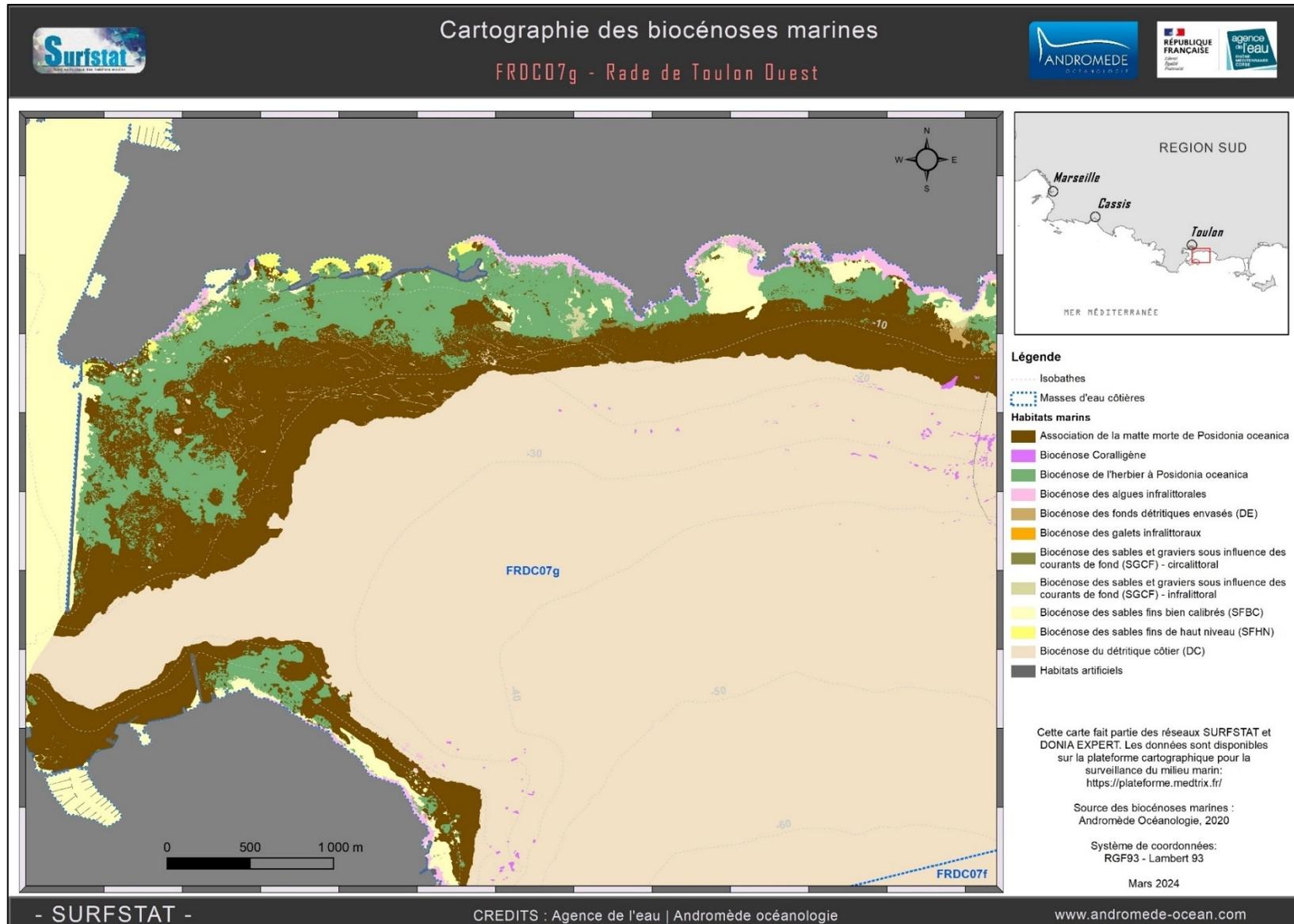


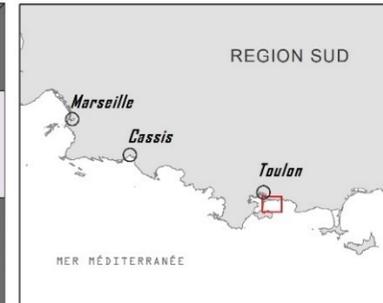
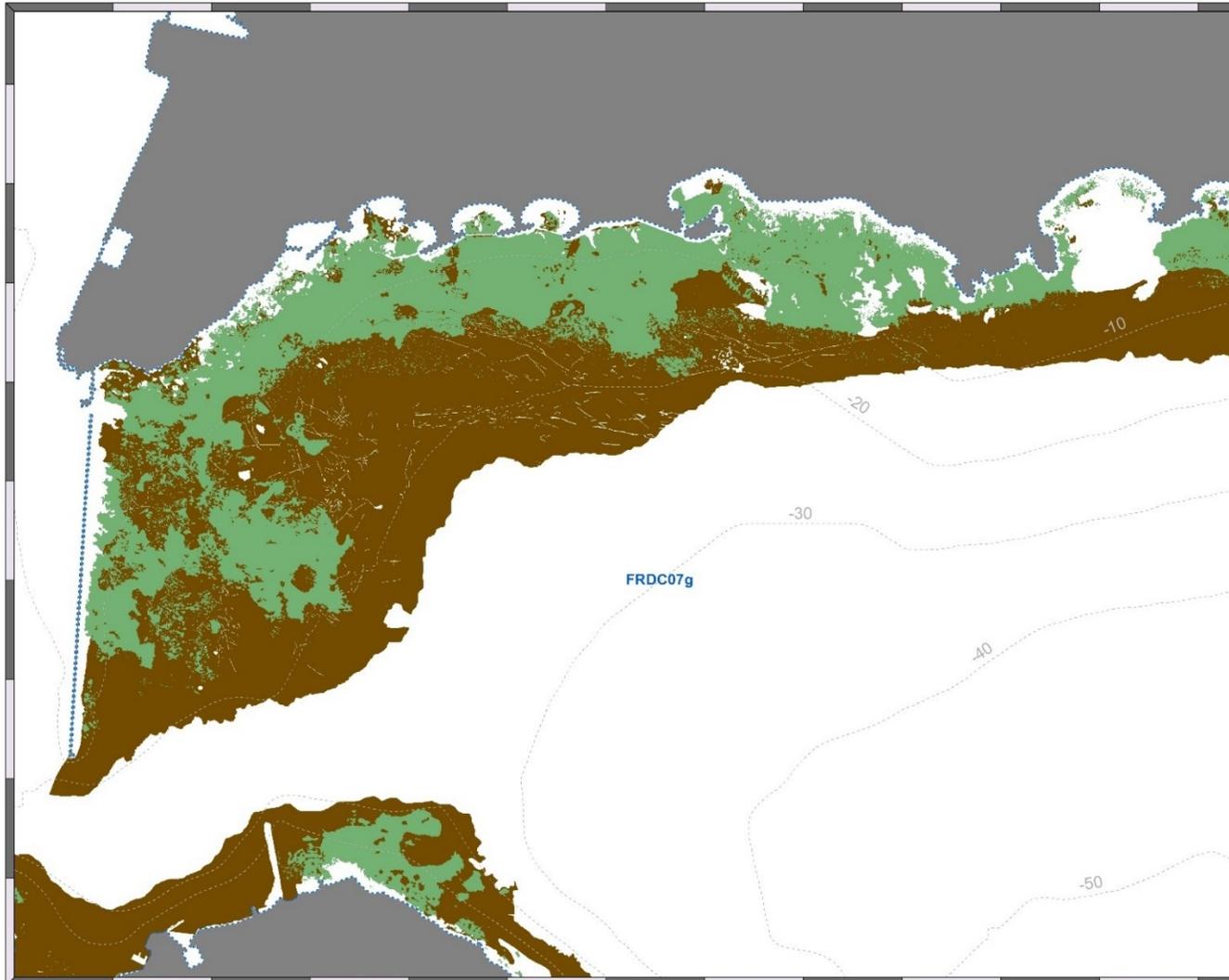
III.5.2. Vérités-terrain

Près de **80 observations** ont été effectuées en plongée tractée à l'ouest de la Rade de Toulon.



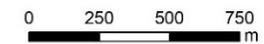
III.5.3. Cartographie des biocénoses marines : Rade de Toulon Ouest





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

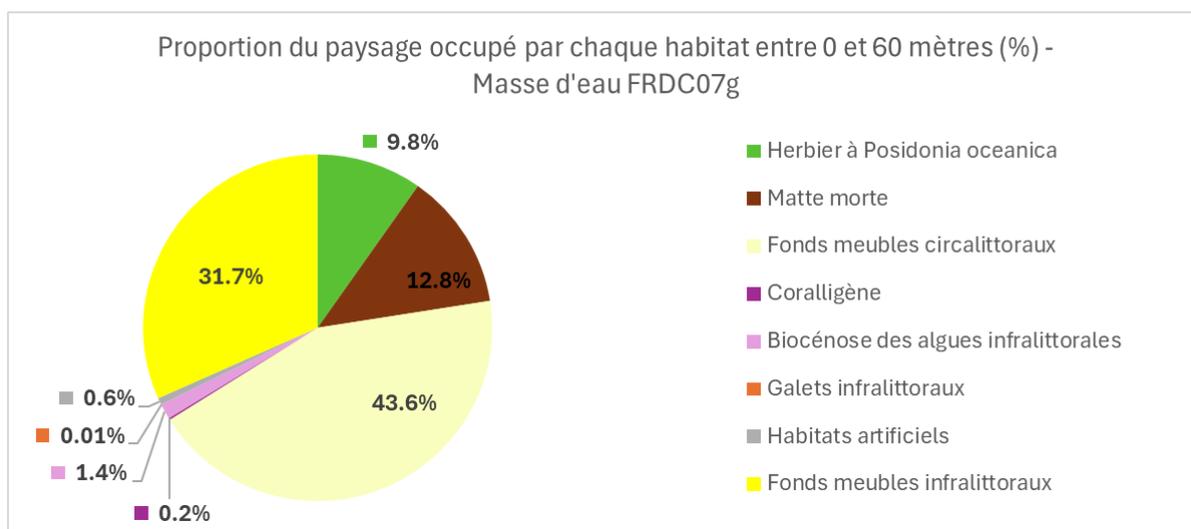
Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



III.5.4. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC07g « Cap Cepet – Cap de Carqueiranne » comprend 8 habitats entre 0 et 60 mètres dont les trois principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont les fonds meubles infralittoraux (31,7 %) et circalittoraux (43,6 %) et l'association de la matte morte de posidonie (12,8 %). 43,2 % du paysage est dominé par une tâche unique de fonds meubles circalittoraux.

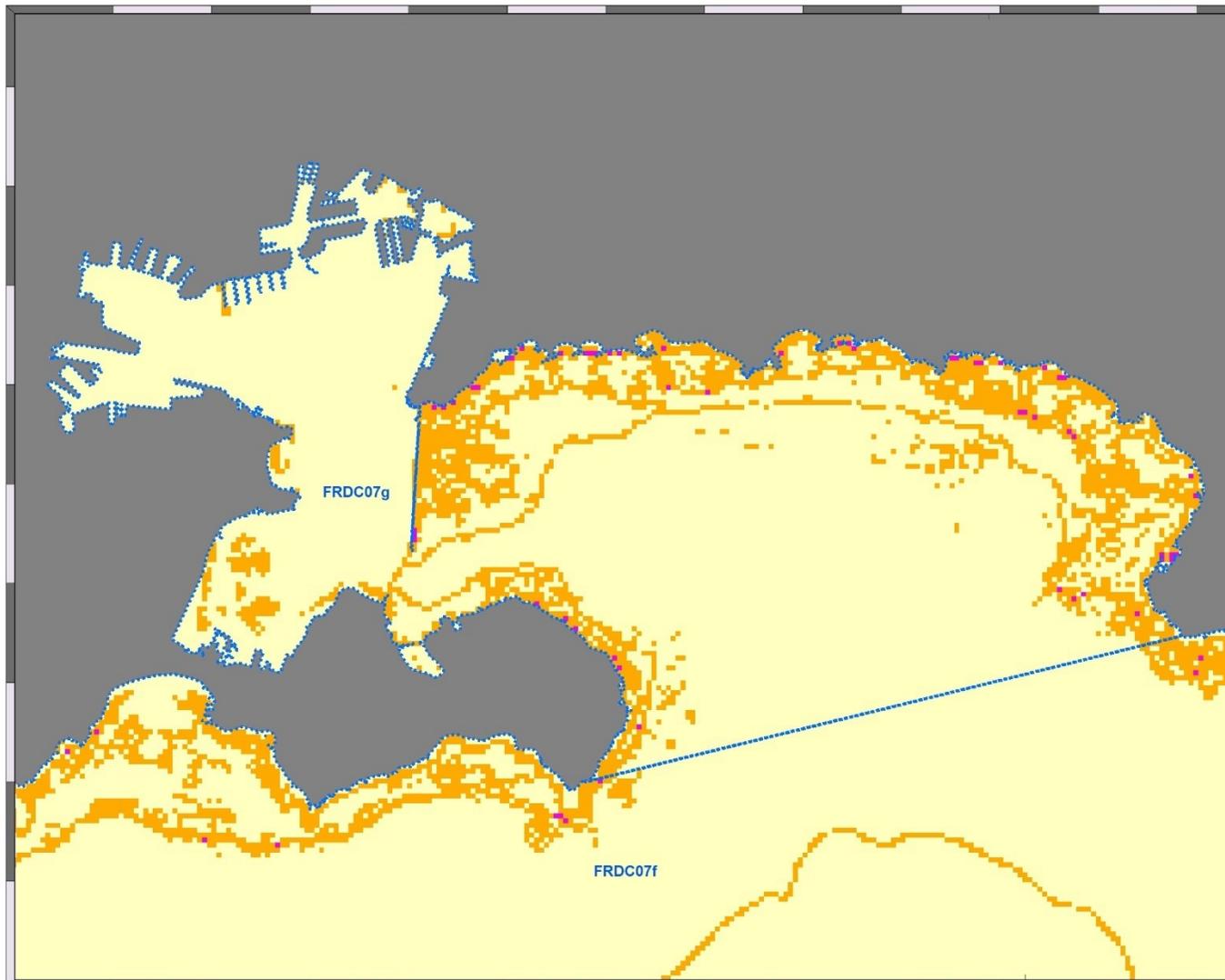
L'analyse de la comparaison des indicateurs paysagers entre 0 et 60 mètres de profondeur pour cette masse d'eau montre que les valeurs sont toutes en-dessous des moyennes régionales sauf celle de l'indice de diversité des habitats.

Cette masse d'eau présente **une diversité paysagère forte**. La valeur de l'indice de Simpson est élevée comparativement aux valeurs régionales. Cet indice est représenté sur un pixel de 50 mètres sur la carte suivante.

La densité d'habitats pour 100 ha est cependant très faible par rapport aux autres masses d'eau.

Tableau 13 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07g.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07g	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	3488	87 16847 4009.64
Nombre d'habitats dans le paysage	8	6 11 8.52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	166.2	12.9 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tâche la plus grande	43.2	25.8 77.3 50.69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.23	0.07 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.78	0.44 0.89 0.67



Légende

Masses d'eau côtières

Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)

0 - 0,25

0,25 - 0,50

0,50 - 0,75

0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées :
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



L'herbier occupe une faible proportion du paysage entre 0 et 40 mètres de fond ; cela peut s'expliquer par le fort pourcentage de fonds meubles occupant la grande rade de Toulon. Ce **taux de recouvrement est très faible** par rapport à la proportion moyenne relevée sur l'ensemble des masses d'eau en Région Sud.

L'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC07g se caractérise par un nombre moyen de tâches de très petite taille et très proches les unes des autres. L'indice d'agrégation entre les tâches et l'indice de fragmentation indiquent une **fragmentation très forte de l'habitat** en comparaison avec les autres masses d'eau côtières.

L'indice de régression de l'herbier pour la masse d'eau FRDC07g correspond à la valeur maximale pour la région.

Cela s'explique également par une **surface de matte morte entre 0 et 40 mètres assez conséquente (445 ha) par rapport à celle de l'herbier de posidonie (340 ha)** probablement dû à une pression d'ancrage des navires très élevée et/ou également à la construction de la Grande Digue du Port de Toulon.

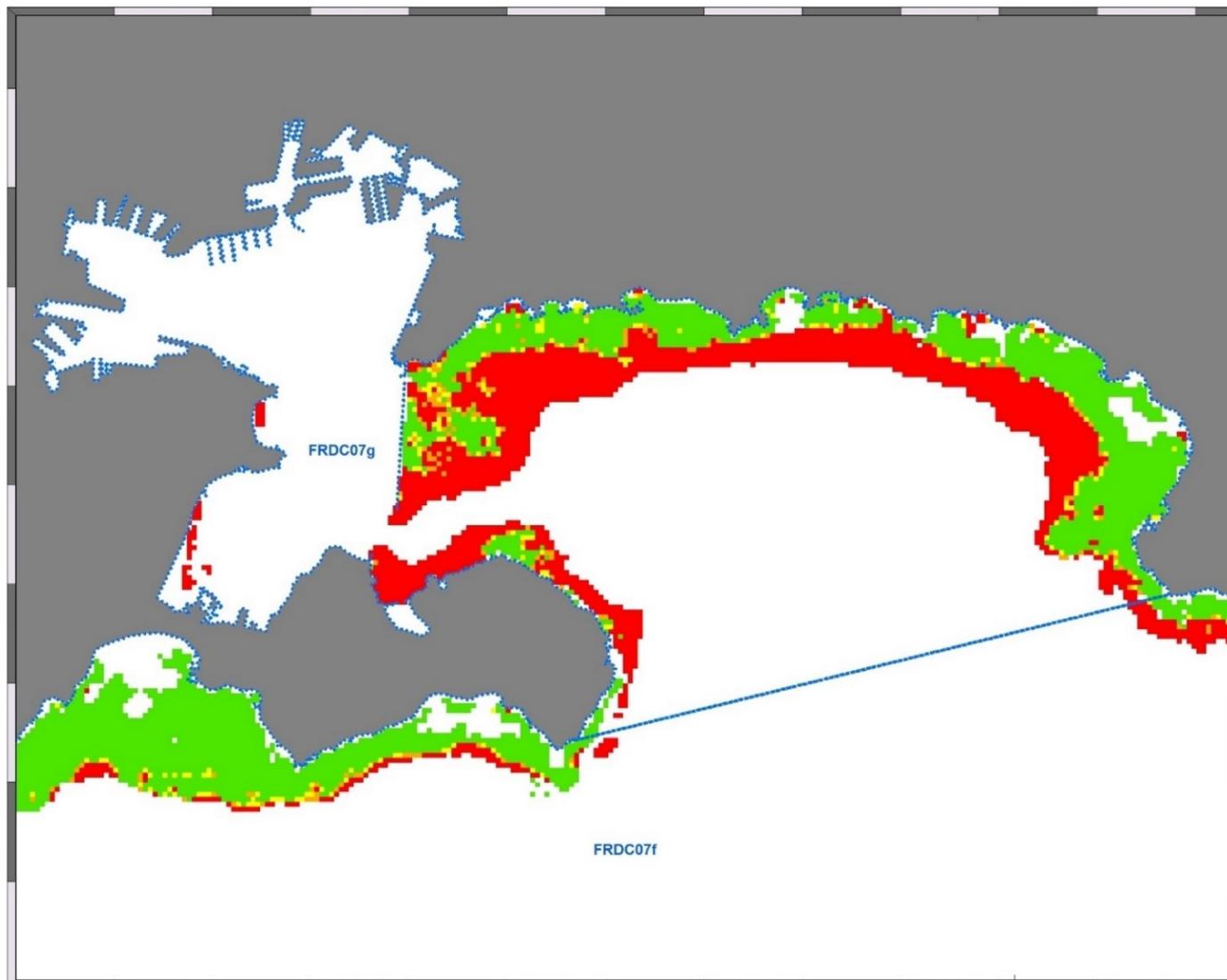
Cependant, suite à l'acquisition de nouvelles données sonar dans le cadre de cette étude, une centaine de patches d'herbier circulaires ont été observés dans ce secteur (voir Figure 22). Bien que l'aspect circulaire de ces patches soient souvent corrélée à une reprise d'herbier, cela reste difficile d'assurer que cette configuration soit plus liée à de la recolonisation qu'à de la fragmentation. Seules des observations en plongée sous-marine pour vérifier la présence de rhizomes plagiotropes (= croissance) pourraient valider cette affirmation. **Malheureusement, l'emprise des données sonar de 2009 ne comprend pas cette zone, donc aucune comparaison n'a été possible à cet endroit.**

Concernant l'analyse de l'évolution de l'herbier sur le reste du secteur, la comparaison des données sonar historiques (2009) et récentes (2020) a pu être effectuée là où les emprises des bandes sonar concordent. Toutefois, la basse qualité des données sonar de 2009 a rendu très difficile l'analyse. Il a quand même été possible de constater que les **nombreuses traces de mouillage** présentes en 2009 étaient toujours visibles en 2020 et que **quelques patches circulaires semblent être apparus ou ont progressé en limite inférieure à certains endroits**. Le centre de la bande empêche toutefois de voir clairement si les autres patches visibles en 2020 étaient déjà présents en 2009 (voir Figure 23a et 23b).

La Figure 24 illustre l'évolution de la cartographie des biocénoses suite à l'actualisation faite dans le cadre de cette étude.

Tableau 14 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de Posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07g.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07g	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	12.4	1.8 0 36.45 75.4
Densité de tâches (Nb tâches /100 ha)	67.6	1.7 0 56.3 172.5
Pourcentage total du paysage compris par la tâche la plus grande	5.2	0.6 0 28.34 74.7
Surface moyenne d'une tâche d'herbier (ha)	0.18	0.12 0 0.84 2.08
Indice de complexité des formes	1.05	1.05 0 1.07 1.13
Distance moyenne qui sépare deux tâches d'herbier les plus proches (mètres)	9.4	7 0 14.11 63.2
Indice de fragmentation de l'herbier	0.99	0.44 0 0.87 1
Indice d'agrégation entre les tâches (%)	81.2	71.2 0 86.3 94.2
Indice de régression de l'herbier	0.57	0.03 0 0.19 0.57



Légende

Masses d'eau côtières

Indice de régression (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées :
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



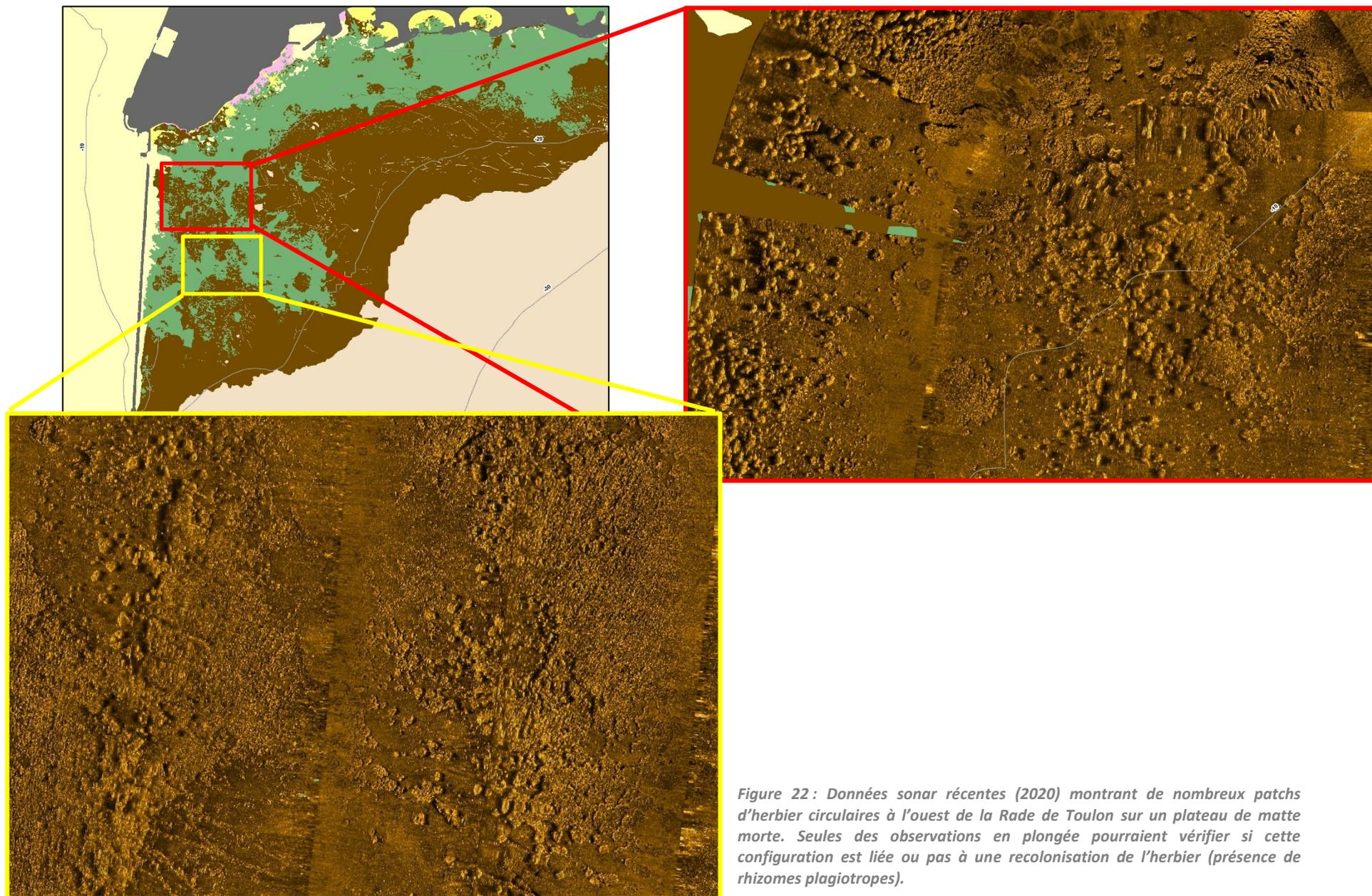


Figure 22 : Données sonar récentes (2020) montrant de nombreux patches d'herbier circulaires à l'ouest de la Rade de Toulon sur un plateau de matte morte. Seules des observations en plongée pourraient vérifier si cette configuration est liée ou pas à une recolonisation de l'herbier (présence de rhizomes plagiotropes).

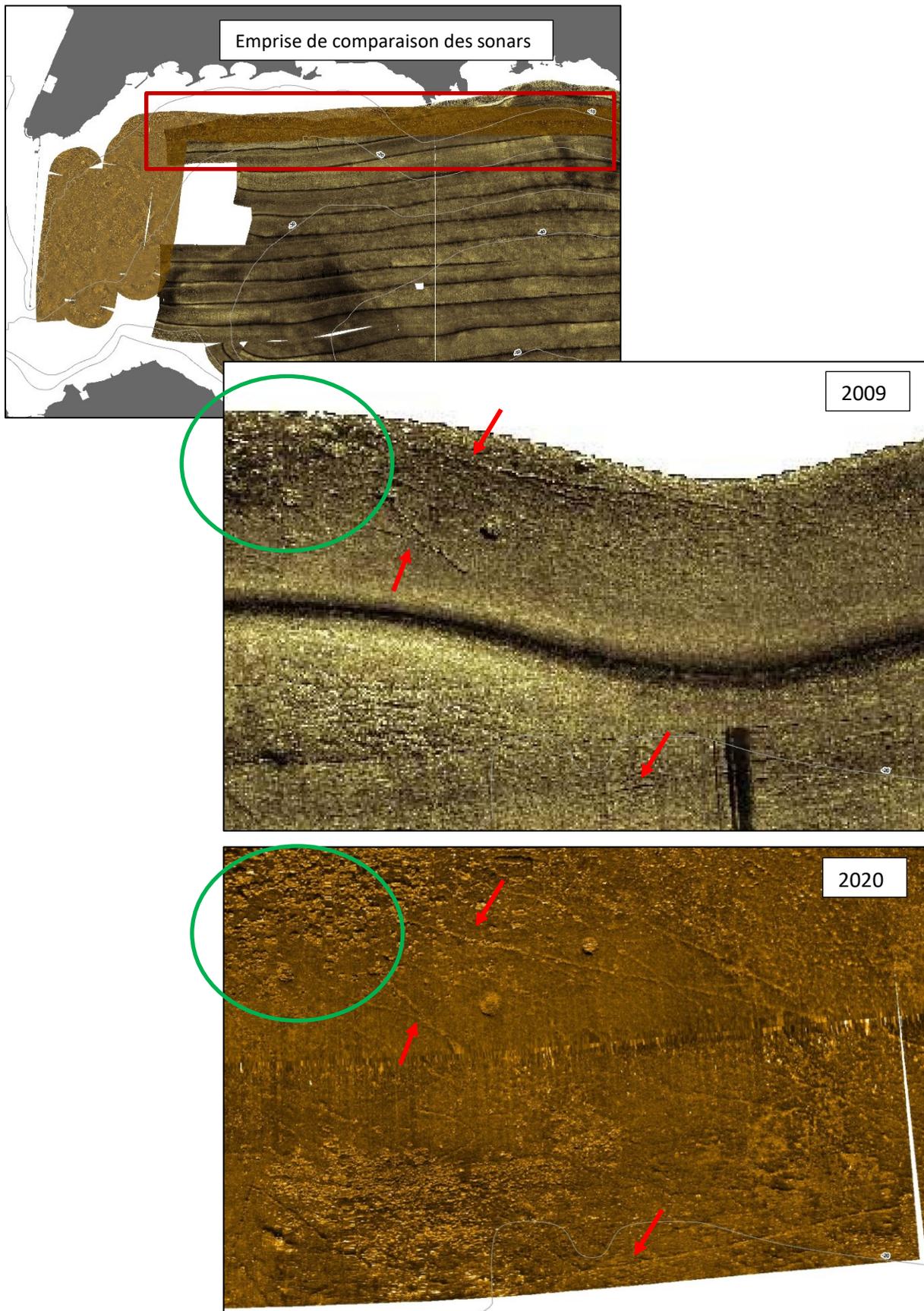


Figure 23a : Concordances entre les données sonar historiques (2009) et récentes (2020) observées dans le secteur ouest de la Rade de Toulon. Les flèches rouges indiquent des traces de mouillage et les cercles verts une probable zone de progression de l'herbier en patchs circulaires sur le plateau de matte morte.



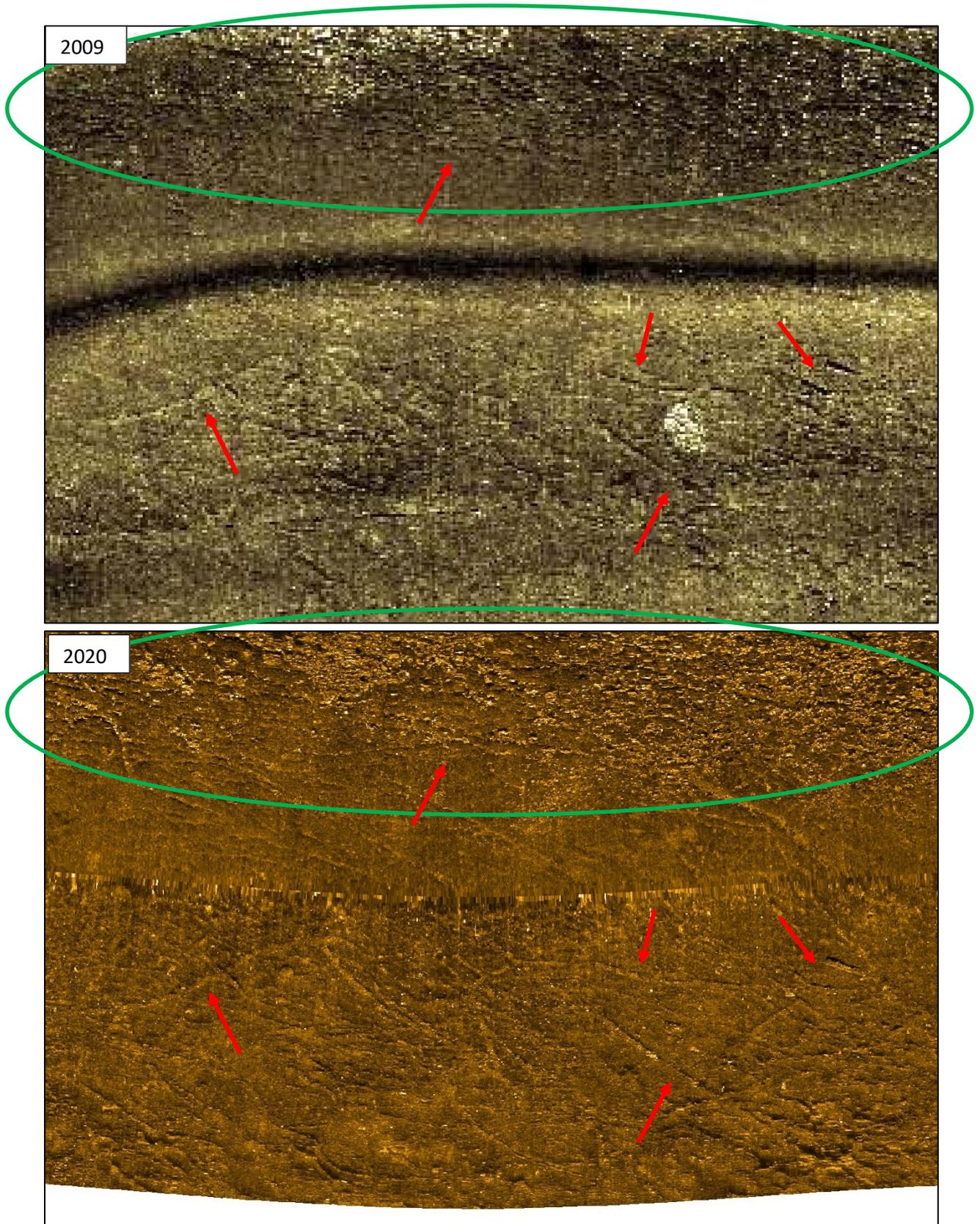


Figure 23b : Concordances entre des données sonar historiques (2009) et récentes (2020) observées dans le secteur ouest de la Rade de Toulon. Les flèches rouges indiquent des traces de mouillage et les cercles verts une probable zone de progression de l'herbier sur le plateau de matte morte.

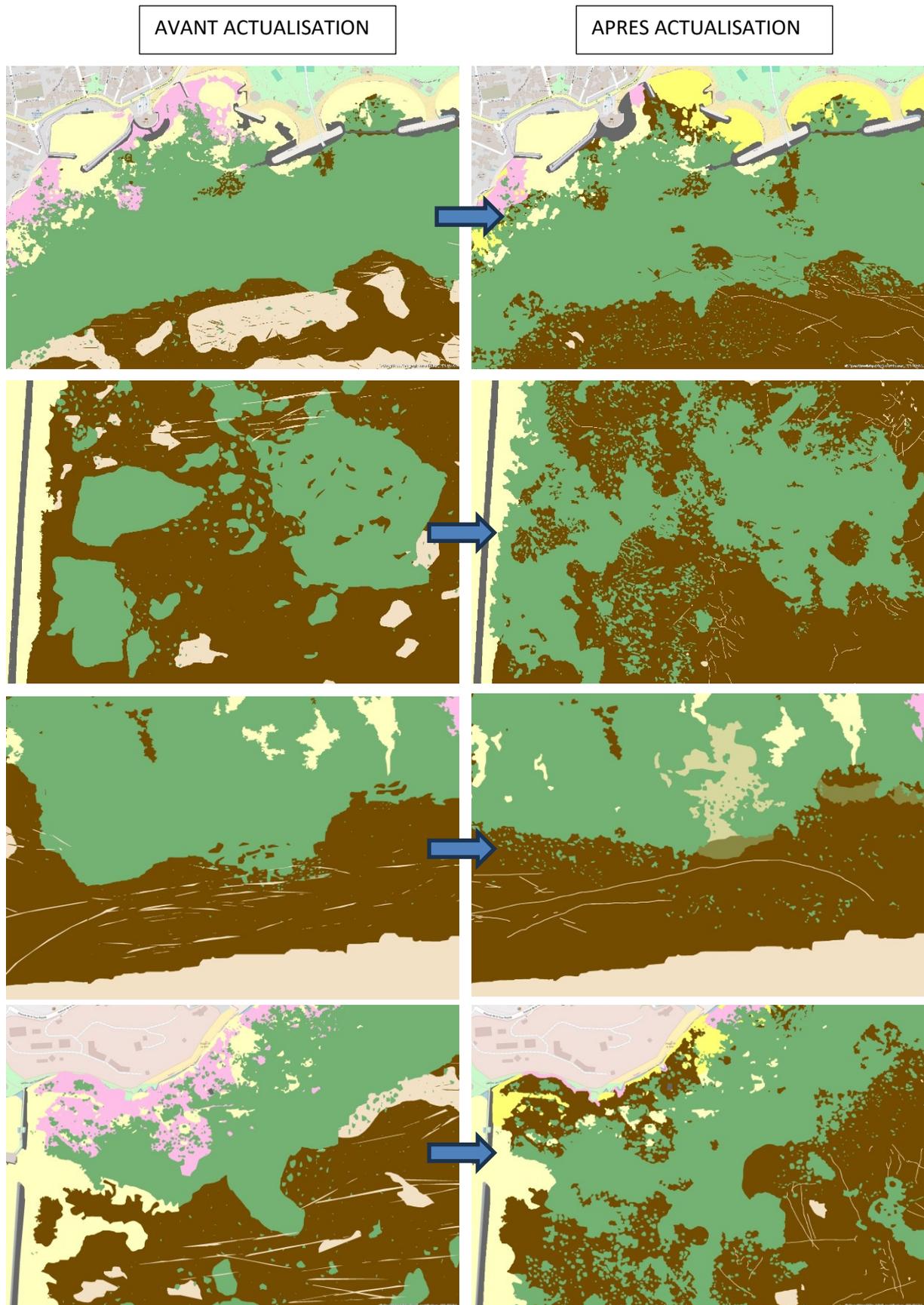
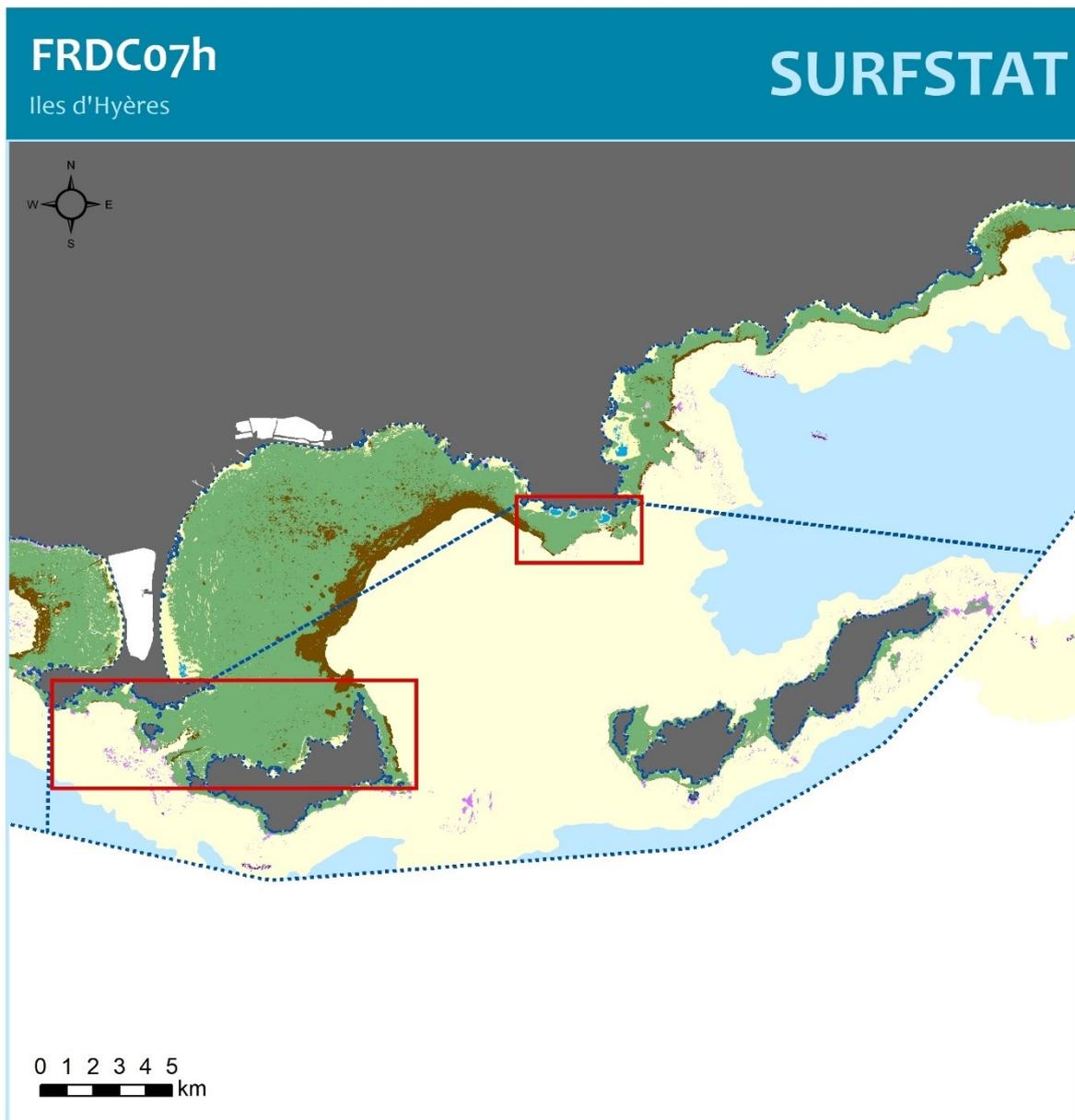


Figure 24 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines de l'ouest de la rade de Toulon avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Fonds détritiques envasés ; Vert-beige / vert kaki : sable à ripplemarks ; Gris : Habitats artificiels).



III.6. Masse d'eau FRDC07h : Giens/Porquerolles et Cap Bénat



ILES D'HYERES



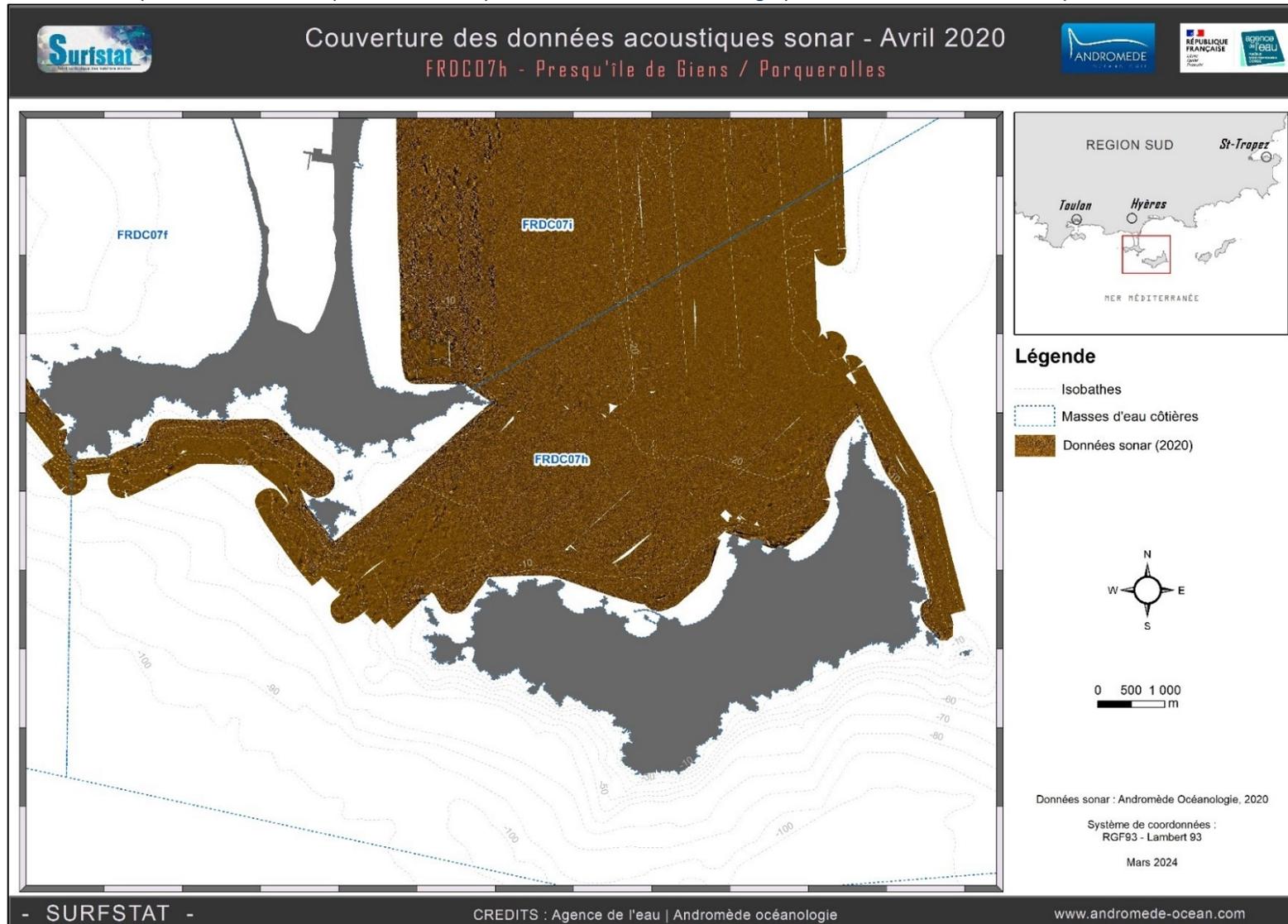
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

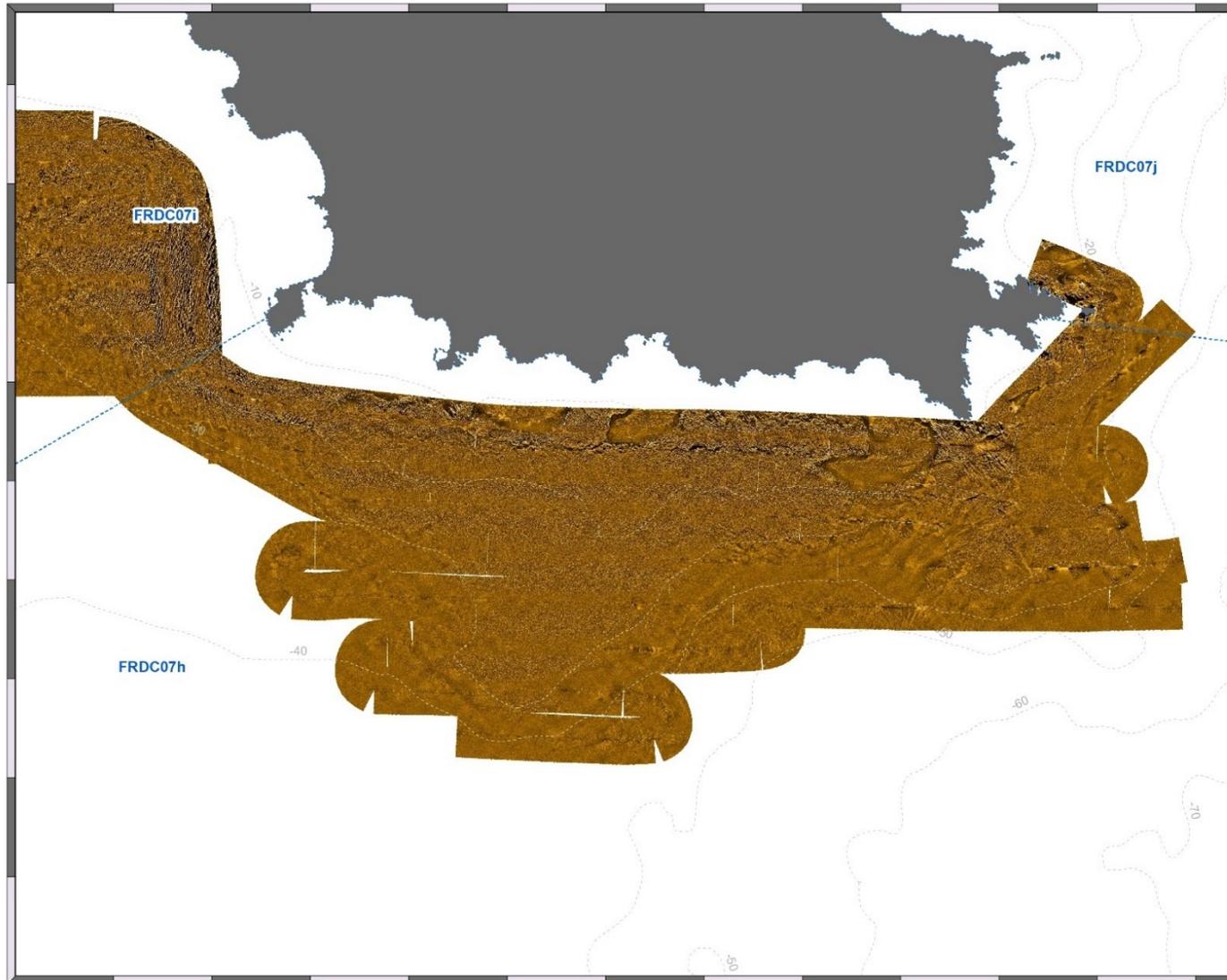
SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Mars 2024

III.6.1. Sonar latéral

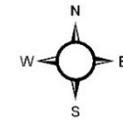
Près de 2 600 ha de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de la Presqu'île de Giens et de l'île de Porquerolles.





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Données sonar (2020)



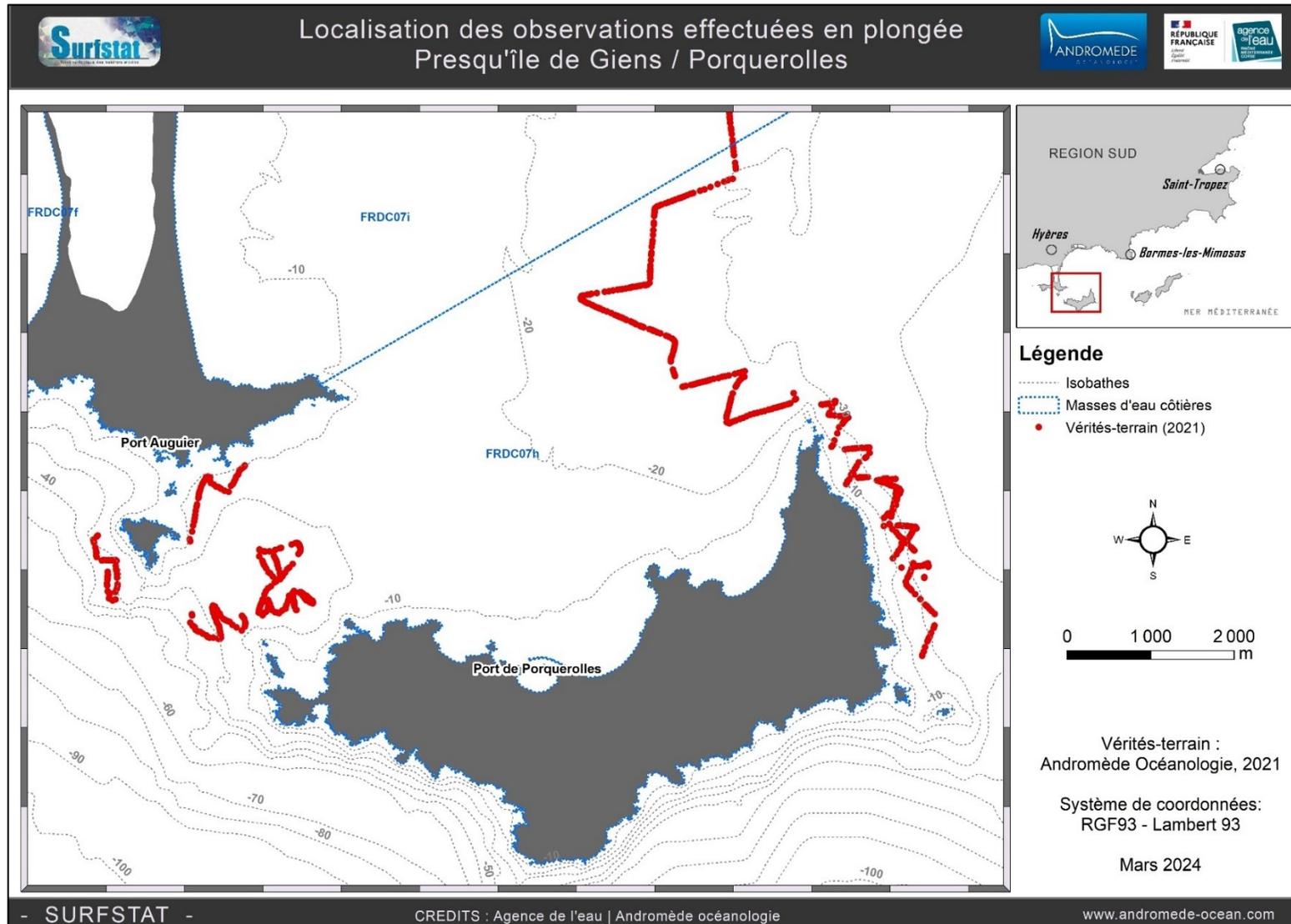
Données sonar : Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées :
RGF93 - Lambert 93

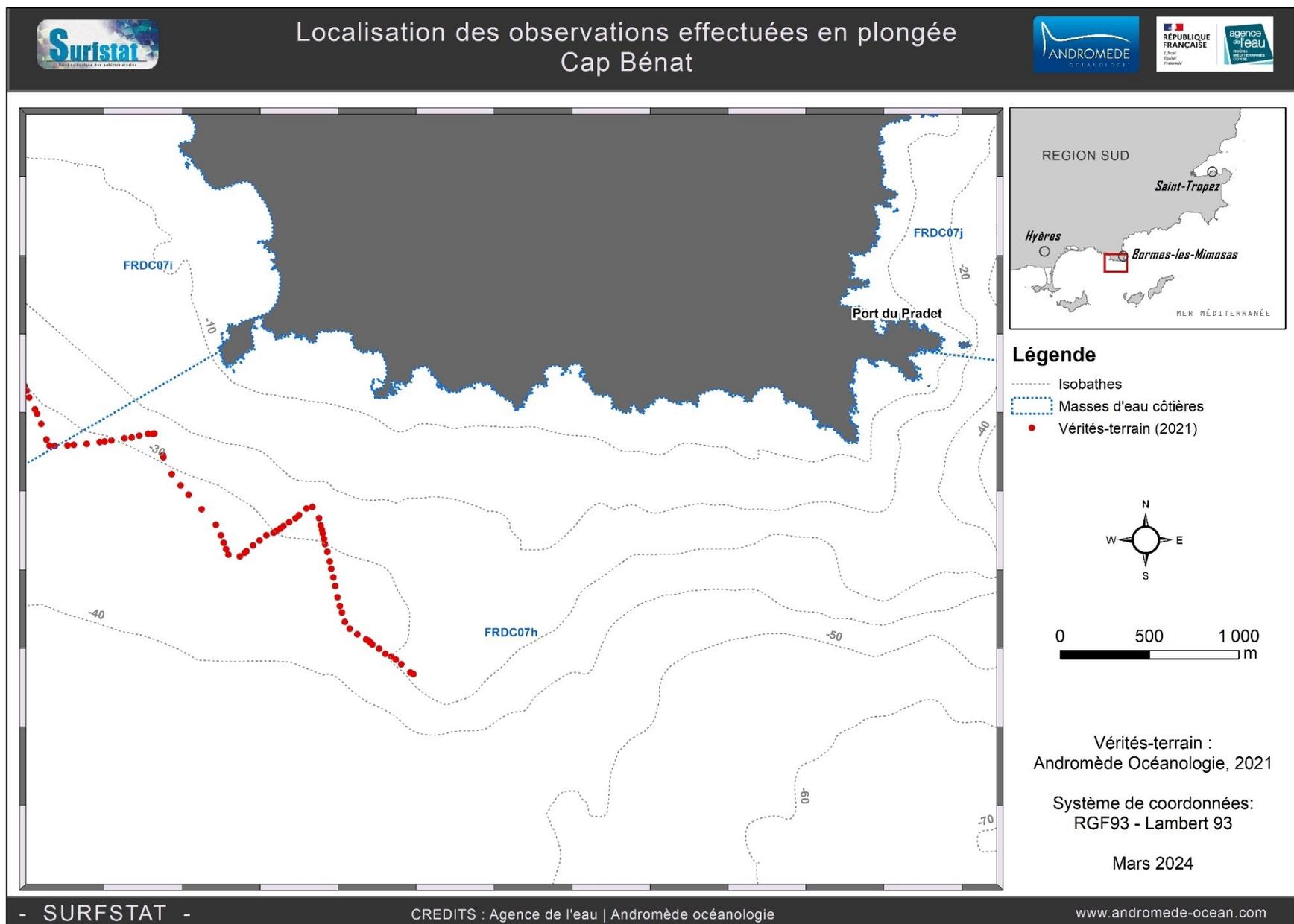
Mars 2024

III.6.2. Vérités-terrain

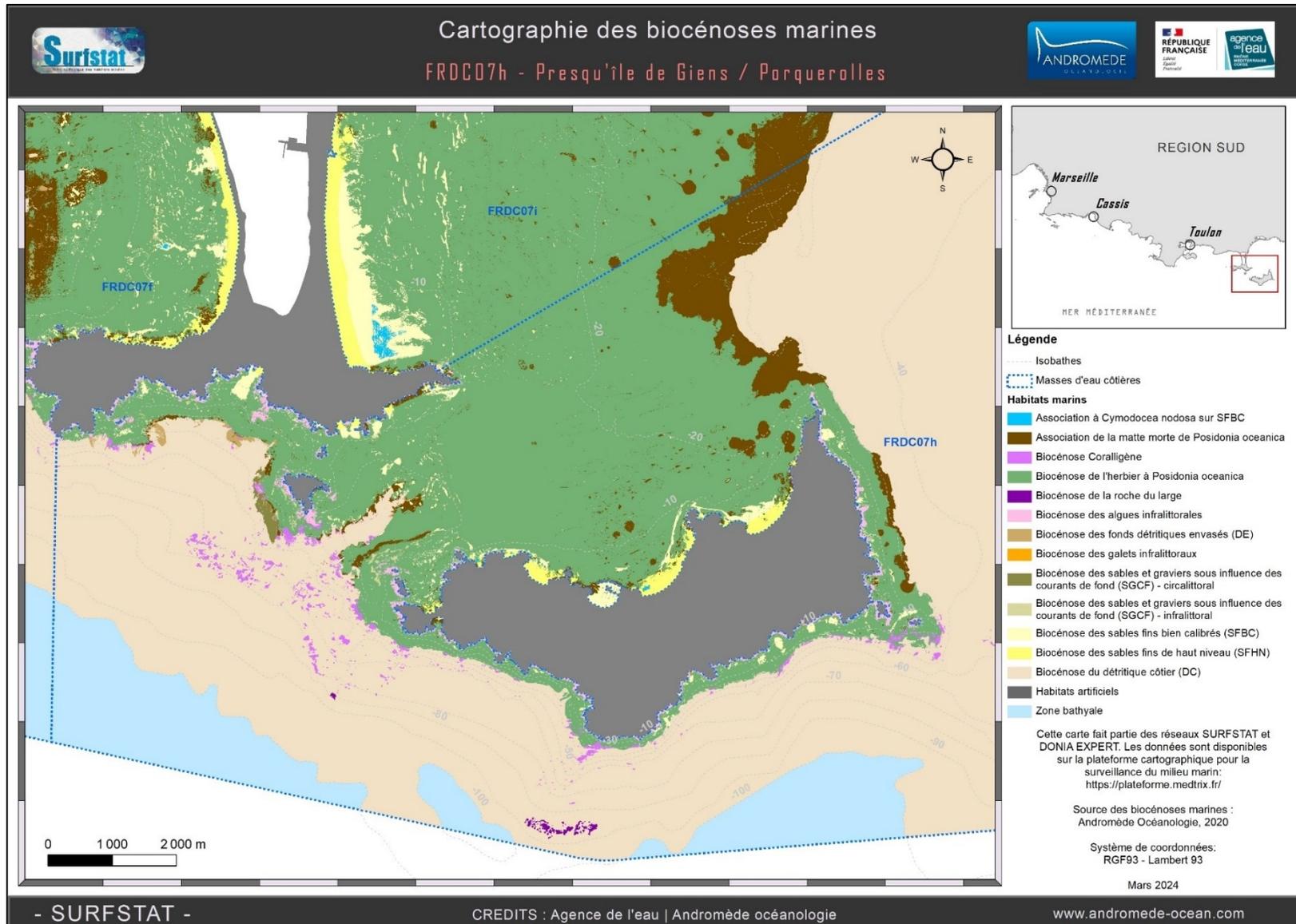
Près de **640 observations** en plongée tractée ont été effectuées dans le secteur de la Presqu'île de Giens et l'île de Porquerolles.

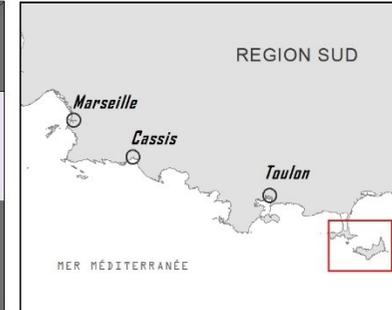
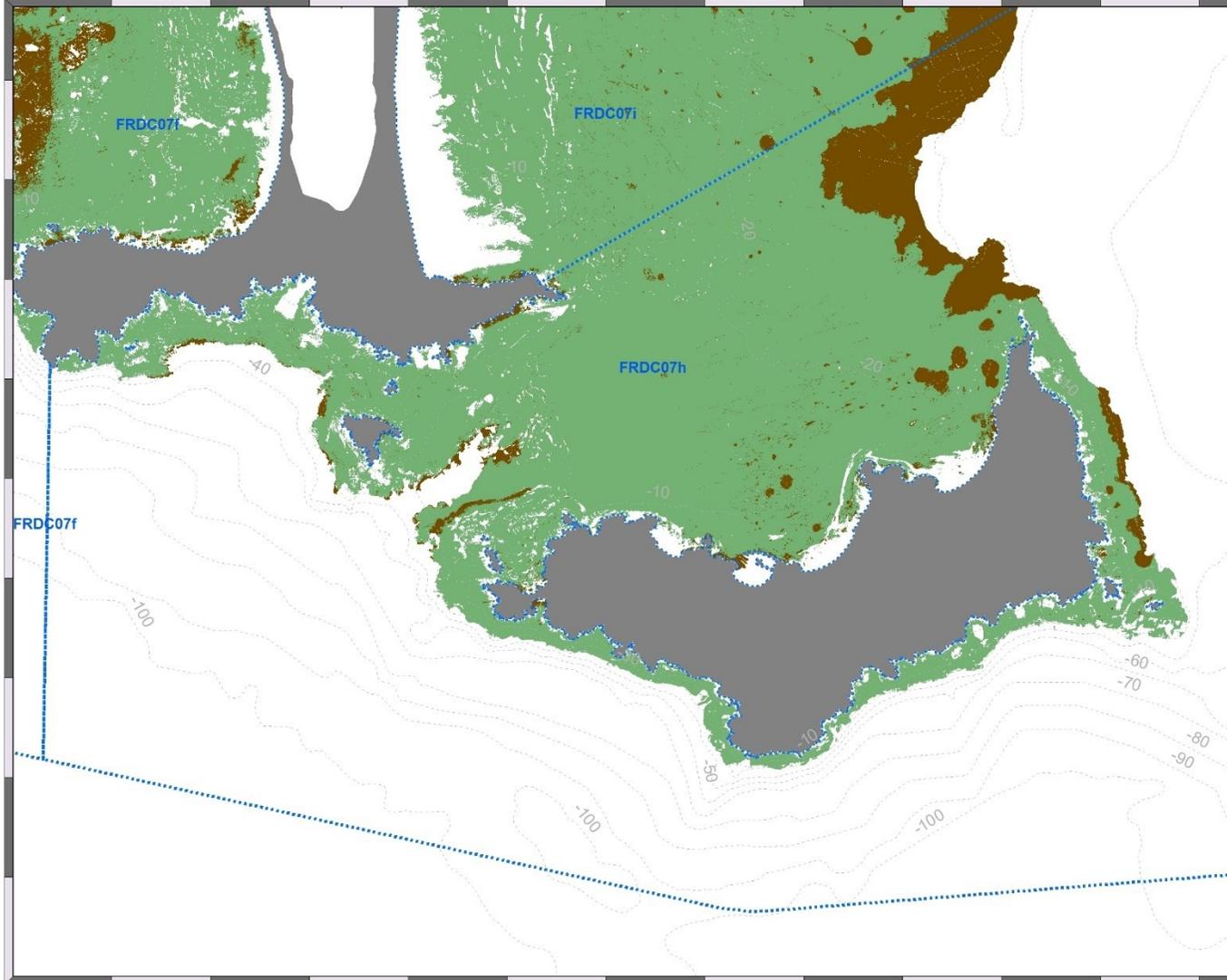


Près de **70 observations** en plongée tractée ont été effectuées au large du Cap Bénat.



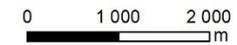
III.6.3. Cartographie des biocénoses marines : Presqu'île de Giens / Porquerolles et Cap Bénat





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*

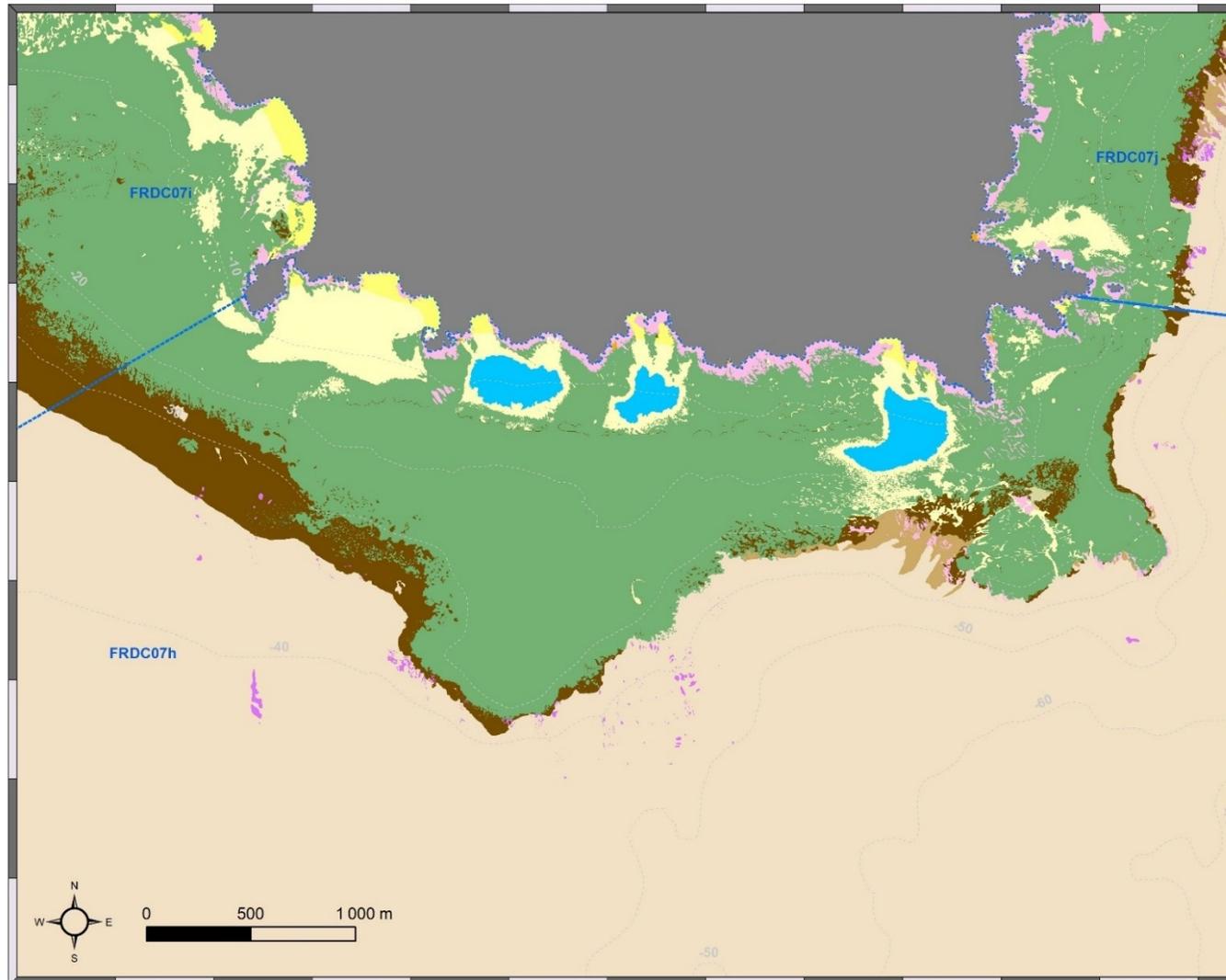


Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Habitats marins**
- Association à *Cymodocea nodosa* sur SFBC
- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose Coralligène
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*
- Biocénose des algues infralittorales
- Biocénose des fonds détritiques envasés (DE)
- Biocénose des galets infralittoraux
- Biocénose des sables et graviers sous influence des courants de fond (SGCF) - infralittoral
- Biocénose des sables fins bien calibrés (SFBC)
- Biocénose des sables fins de haut niveau (SFHN)
- Biocénose du détritique côtier (DC)
- Habitats artificiels
- Zone bathyale

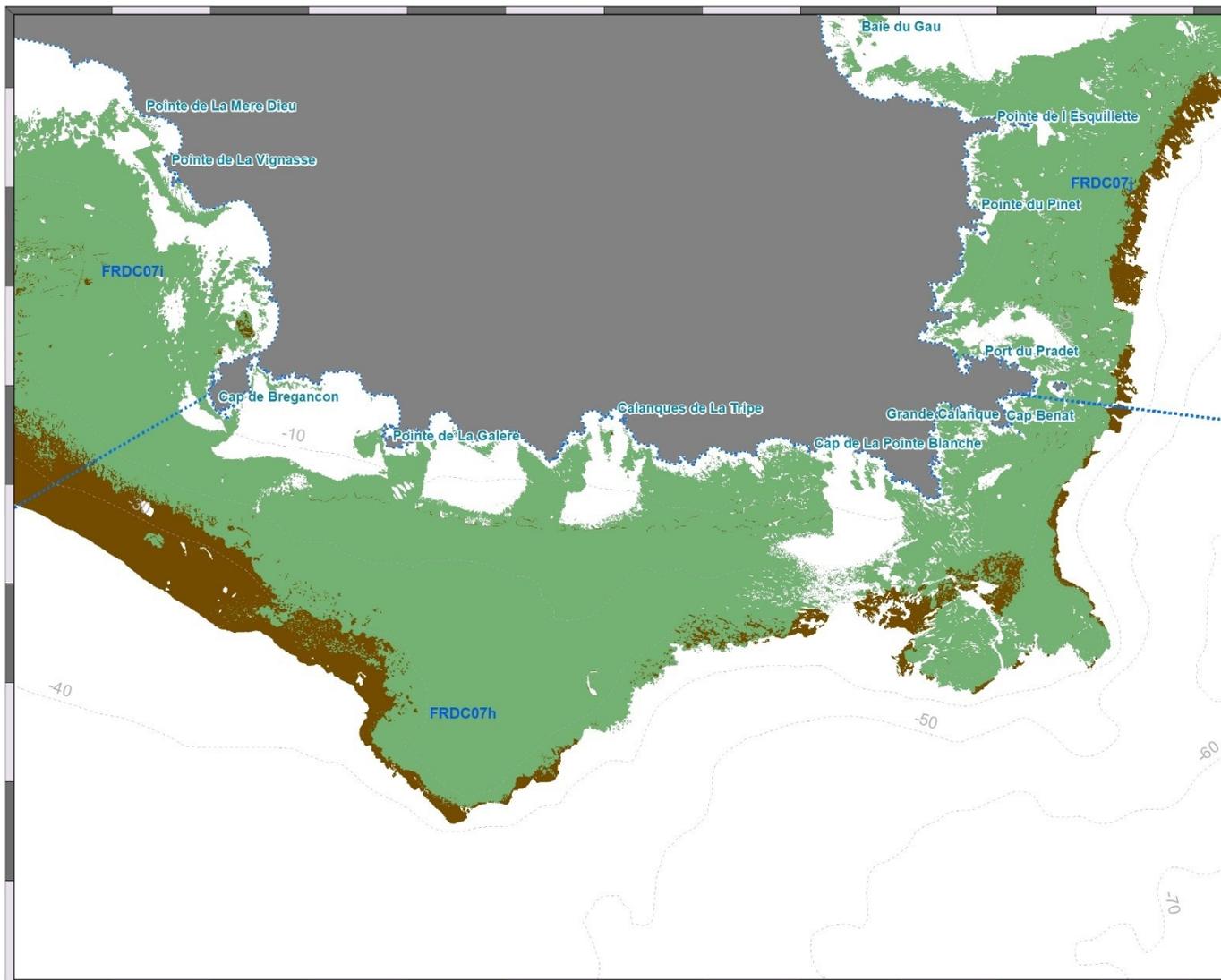
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



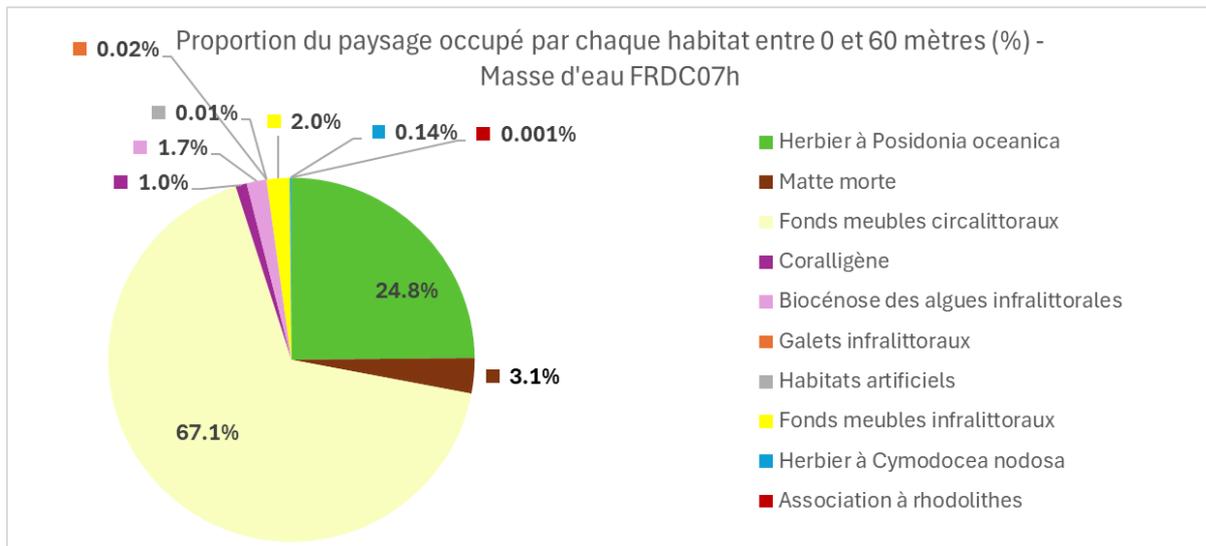
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

III.6.4. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC07h « Iles du Soleil » comprend dix habitats entre 0 et -60 mètres dont les deux principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont la biocénose de l'herbier à posidonie (24,8 %) et les fonds meubles circalittoraux (67,1 %).

L'analyse de la comparaison des indicateurs paysagers pour cette masse d'eau entre 0 et 60 mètres de profondeur montre que seuls deux indices sont au-dessus des moyennes régionales : il s'agit du nombre total d'habitats et du pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande (fonds meubles circalittoraux).

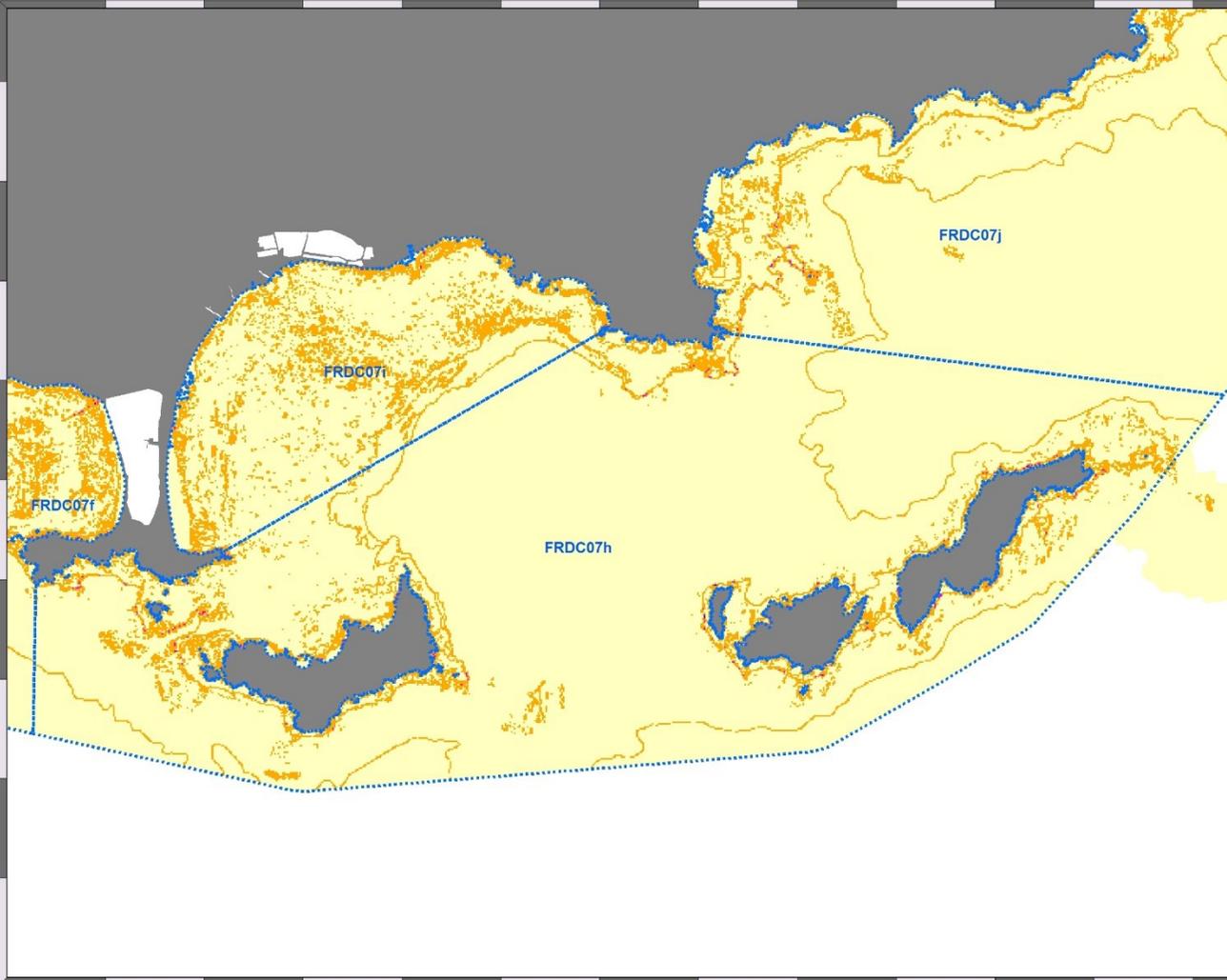
Toutefois, elle présente une diversité paysagère assez faible en comparaison des autres masses d'eau et la densité d'habitats par 100 ha est très faible. Cela peut s'expliquer par la prédominance des fonds circalittoraux qui occupe presque les trois quarts du paysage pour cette tranche bathymétrique.

A noter la présence de l'association à rhodolithes sur détritique côtier en limite inférieure d'herbier entre l'île du Grand Ribaud et la pointe du Grand Langoustier de l'île de Porquerolles.

Tableau 15 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07h.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07h	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	16847	87 - 16847 4009.64
Nombre d'habitats dans le paysage	11	6 - 11 8.52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	85.9	12.9 - 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	67.1	25.8 - 77.3 50.69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.07	0.07 - 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.54	0.44 - 0.89 0.67





Légende

Masse d'eau côtière

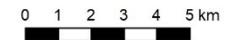
Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)

0 - 0,25

0,25 - 0,50

0,50 - 0,75

0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées :
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

L'herbier occupe 52,5 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. Ce taux de recouvrement est élevé par rapport à la proportion moyenne relevée sur l'ensemble des masses d'eau. On le rencontre de manière continue autour des îles de Porquerolles, du Levant et de Port-Cros.

L'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC07h se caractérise par un nombre faible de tâches très fortement agrégées entre elles et de taille très importante (maximum régional).

Le découpage de la masse d'eau d'un point de vue bathymétrique et la présence des îles ne permet pas à l'herbier d'être observé de manière continue sur la masse d'eau. Cependant, tous les éléments précédents montrent qu'entre 0 et 40 mètres **l'herbier est moyennement fragmenté**.

A noter que l'association de **la matre morte de posidonie est l'habitat qui comprend le nombre le plus élevé de tâches entre 0 et 40 mètres**, qui sont assez peu agrégées entre elles et de petite taille. Ces résultats s'expliquent par **la présence de nombreuses traces de mouillage et d'obus dans l'herbier, surtout au nord de l'île de Porquerolles** (voir Figure 25).

L'analyse de l'évolution des surfaces d'herbier a pu être faite grâce à la concordance des emprises des données sonar historiques (2012) et récentes (2020). Toutefois, le manque de contraste et/ou de résolution ainsi que certaines déformations des données historiques n'a pas permis de faire cette analyse sur tout le secteur.

A l'échelle du secteur entier, l'herbier ne semble pas avoir subi d'évolution importante ; à une échelle plus localisée, il a tout de même été remarqué **la présence de quelques patchs d'herbier circulaires, signe probable d'une recolonisation**, aux abords de tâches de matre morte causées par l'impact d'obus au nord de l'île de Porquerolles (Figure 26 et Figure 27).

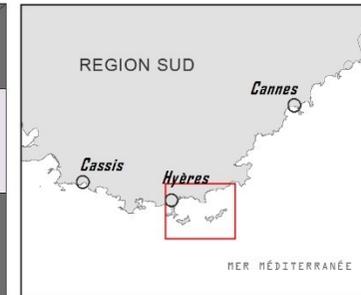
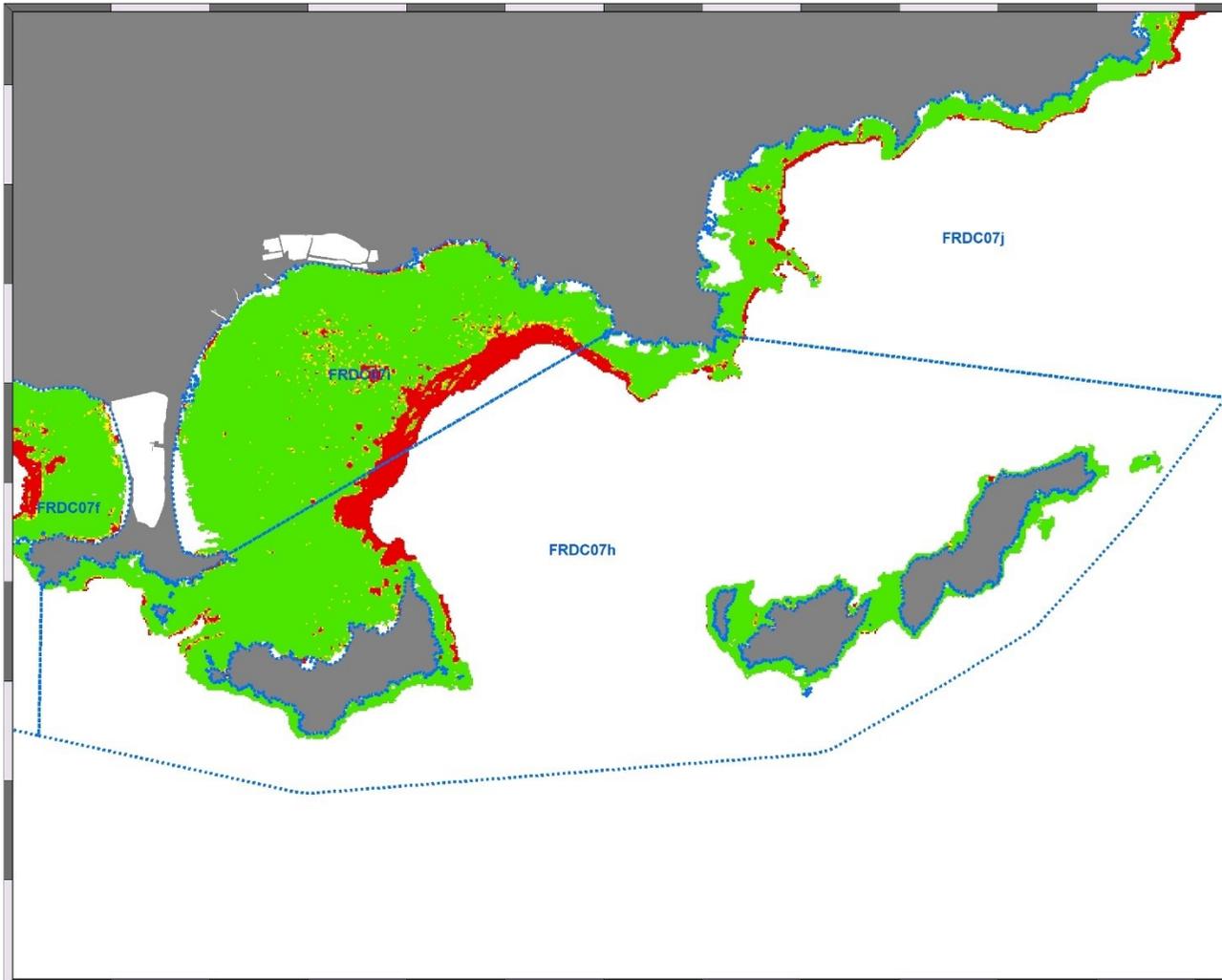
Les Figure 28a et 28b illustrent quelques-unes des nombreuses traces de mouillage retrouvées en comparant les données sonar historiques et récentes, montrant ainsi que **la rémission de l'herbier dans ce secteur est extrêmement lente voire quasi nulle**.

Enfin, **l'évolution de la cartographie des biocénoses** suite à son actualisation est présentée Figure 29.

Tableau 16 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07h.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07h	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	52.5	1.8 — 36.45 — 75.4
Densité de tâches (Nb tâches /100 ha)	25.4	1.7 — 56.3 — 172.5
Pourcentage total du paysage compris par la tâche la plus grande	37	0.6 — 28.34 — 74.7
Surface moyenne d'une tâche d'herbier (ha)	2.07	0.12 — 0.84 — 2.08
Indice de complexité des formes	1.06	1.05 — 1.07 — 1.13
Distance moyenne qui sépare deux tâches d'herbier les plus proches (mètres)	17.7	7 — 14.11 — 63.2
Indice de fragmentation de l'herbier	0.86	0.44 — 0.87 — 1
Indice d'agrégation entre les tâches (%)	93.8	71.2 — 86.3 — 94.2
Indice de régression de l'herbier	0.11	0.03 — 0.19 — 0.57



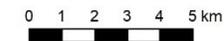


Légende

Masse d'eau côtière

Indice de régression (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

Localisation des impacts d'obus

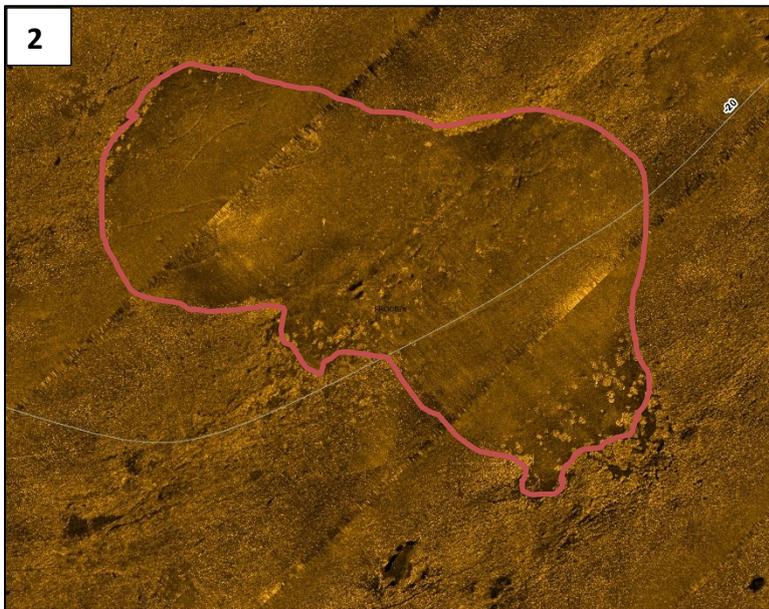
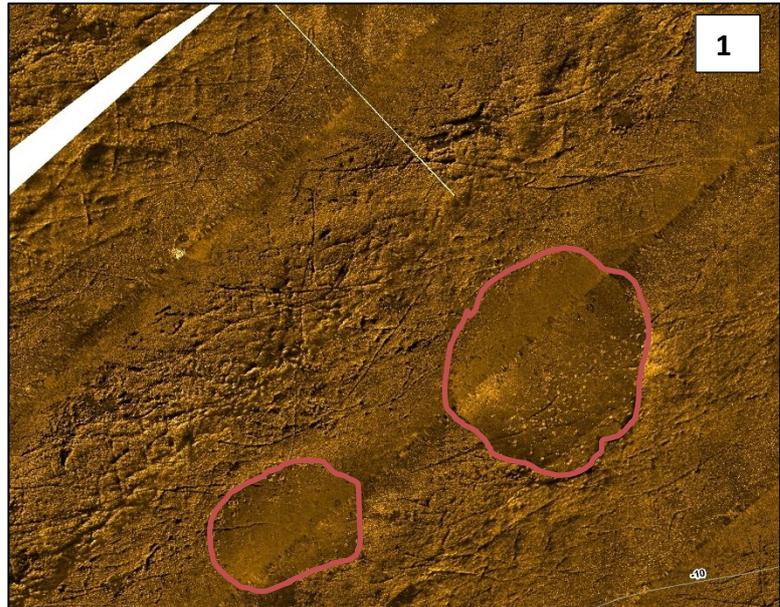


Figure 25 : Extraits des données sonar 2020 acquises au nord de l'île de Porquerolles. Les grandes taches de matte morte probablement causées par des impacts d'obus pendant la Seconde Guerre Mondiale sont délimitées par les traits orangés. Les surfaces de ces pertes d'herbier sont comprises entre 5000 m² et 25 hectares.



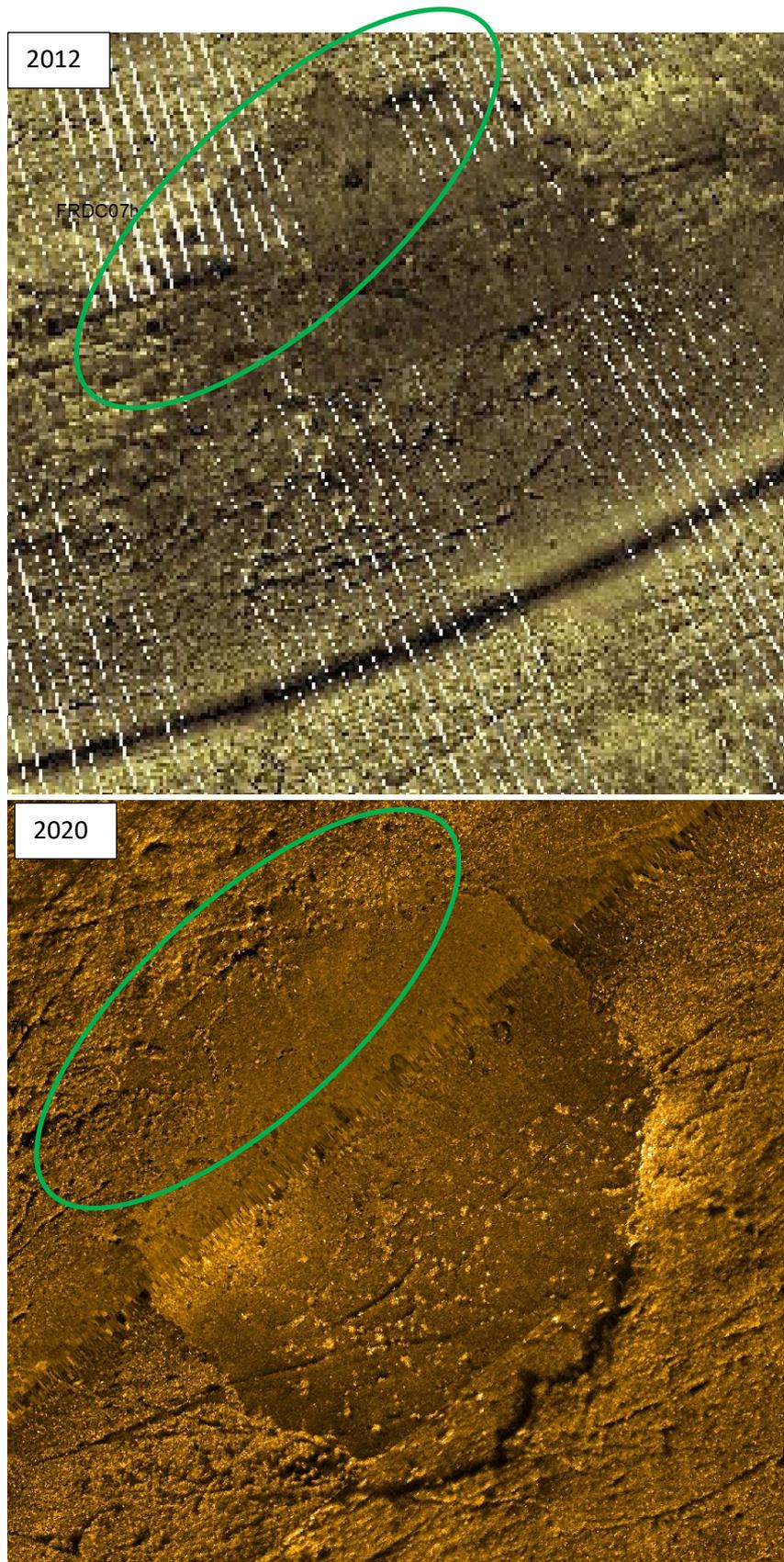


Figure 26 : Comparaison de données sonar historiques (2012) et récentes (2020) illustrant les débuts d'une reprise d'herbier (cercles verts) dans une zone dégradée par un impact d'obus au Nord de l'île de Porquerolles.

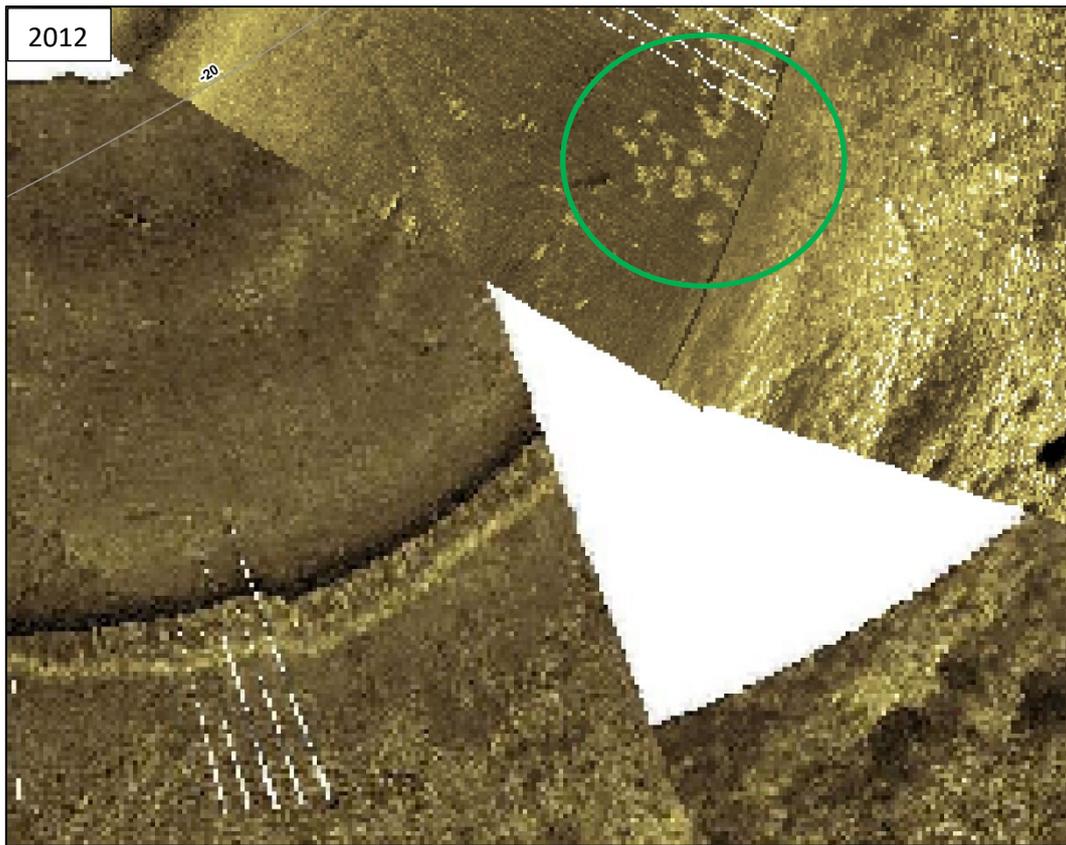


Figure 27 : Zones de reprise d'herbier (cercle vert en bas) semblant avoir progressé depuis 2012. Le décalage des bandes sonar historiques (en haut) n'empêche pas de constater que les patches d'herbier présents en 2012 ont déjà fusionné et que d'autres sont apparus entre 2012 et 2020.



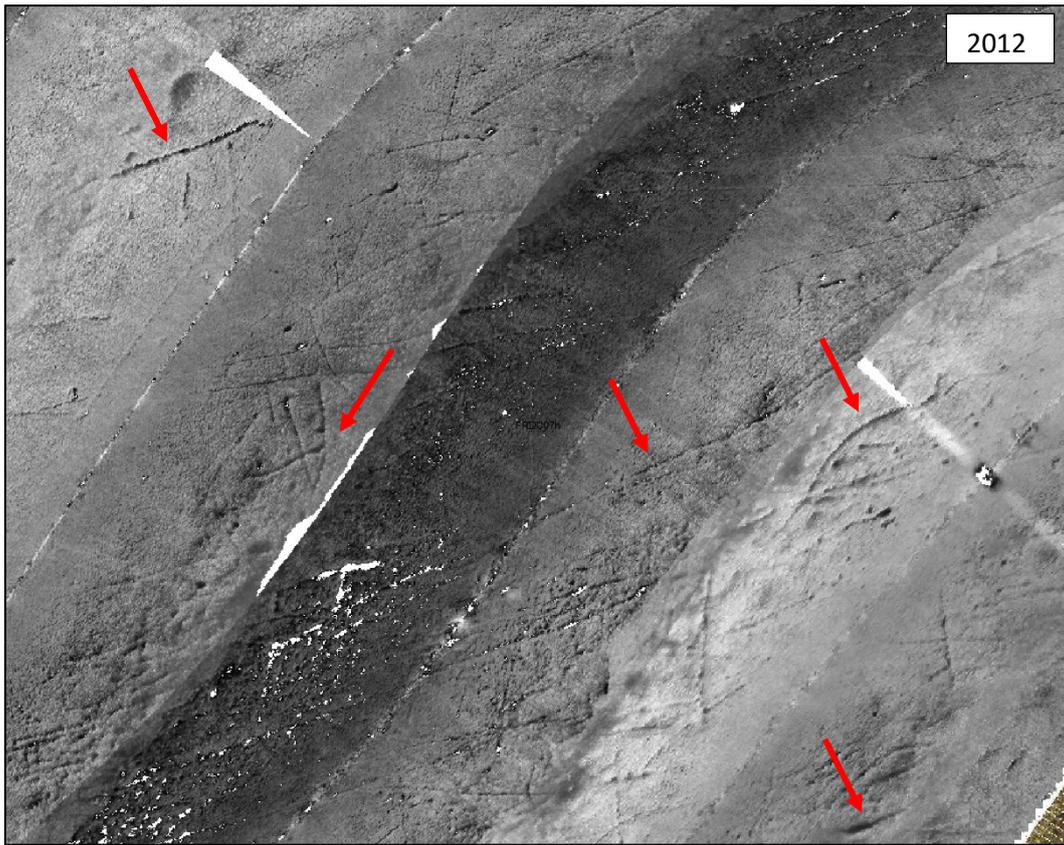


Figure 28a : Exemples de traces de mouillage (flèches) dans l'herbier observées en 2012 et toujours visibles en 2020.

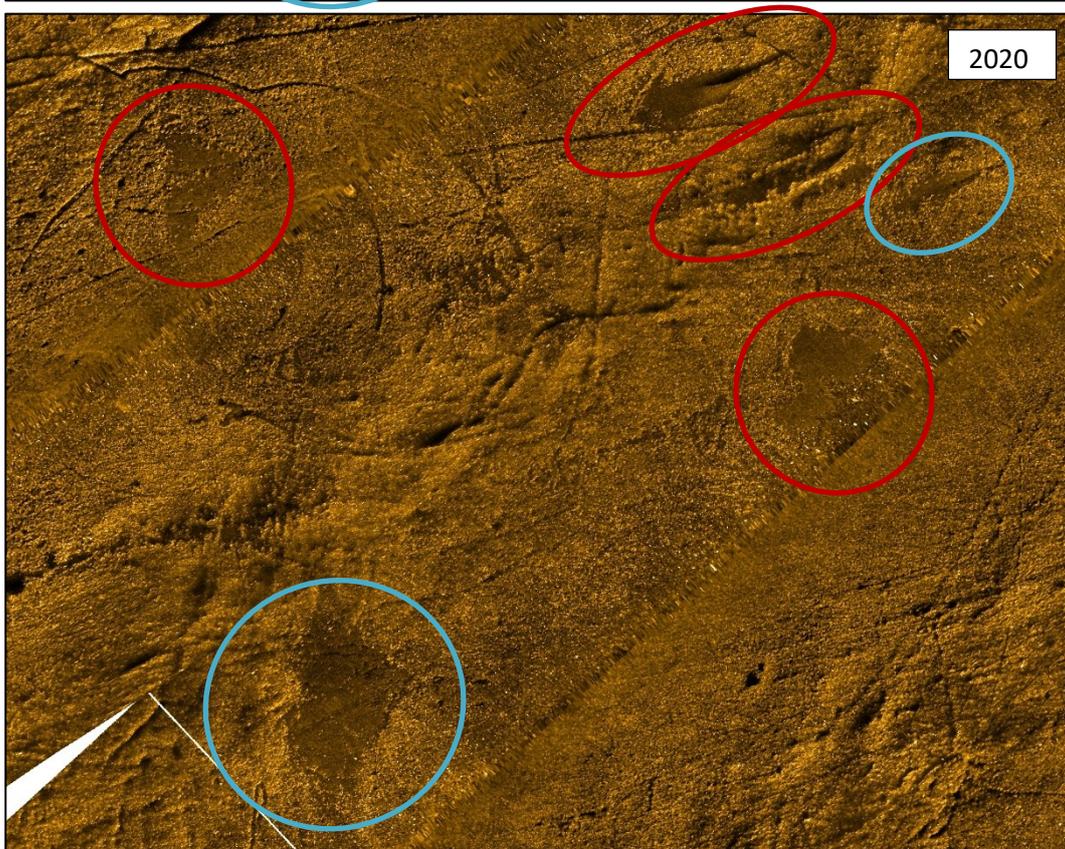
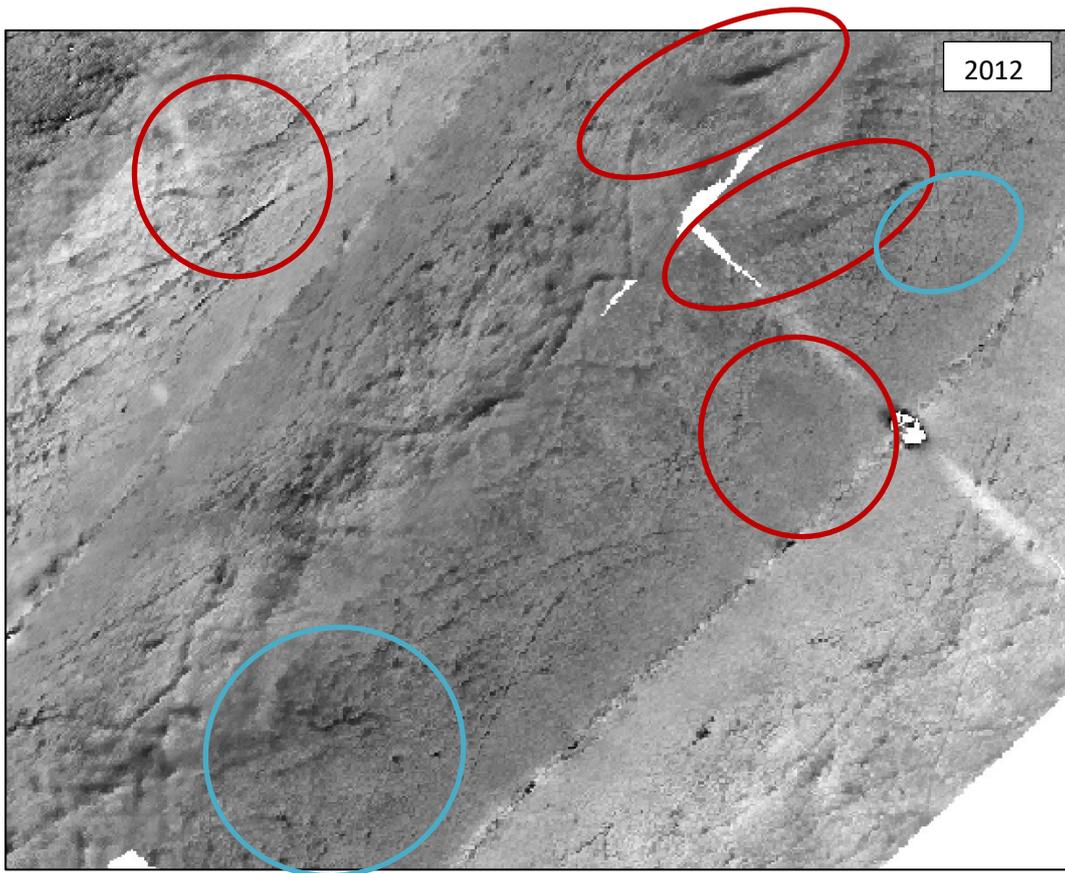


Figure 28b : Traces de mouillage dans l'herbier observées en 2012 et toujours visibles en 2020. Les cercles bleus indiquent deux nouvelles traces de mouillage non visibles en 2012. Ce type de trace triangulaire est caractéristique du raclage de l'herbier par la chaîne d'un navire au mouillage.



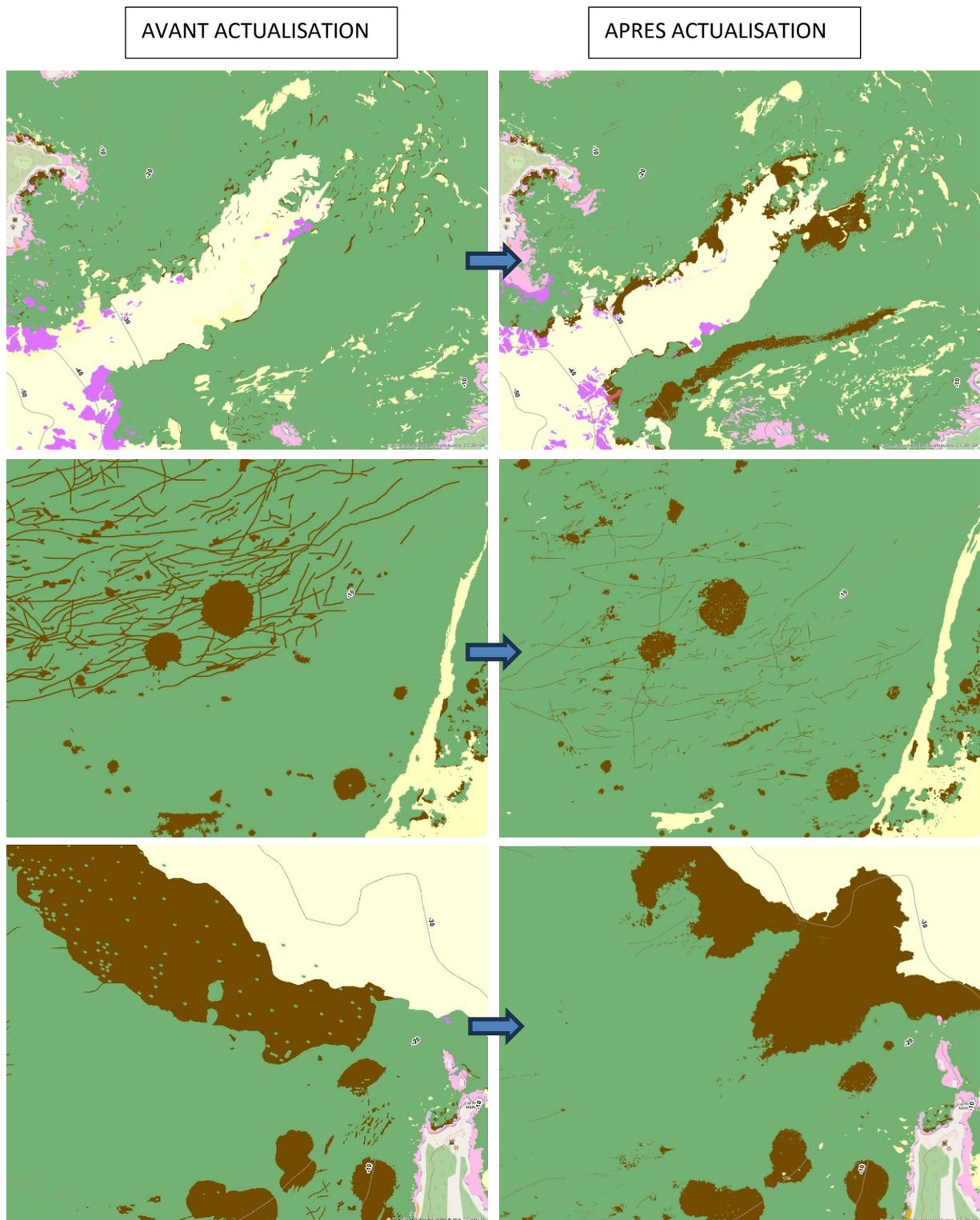
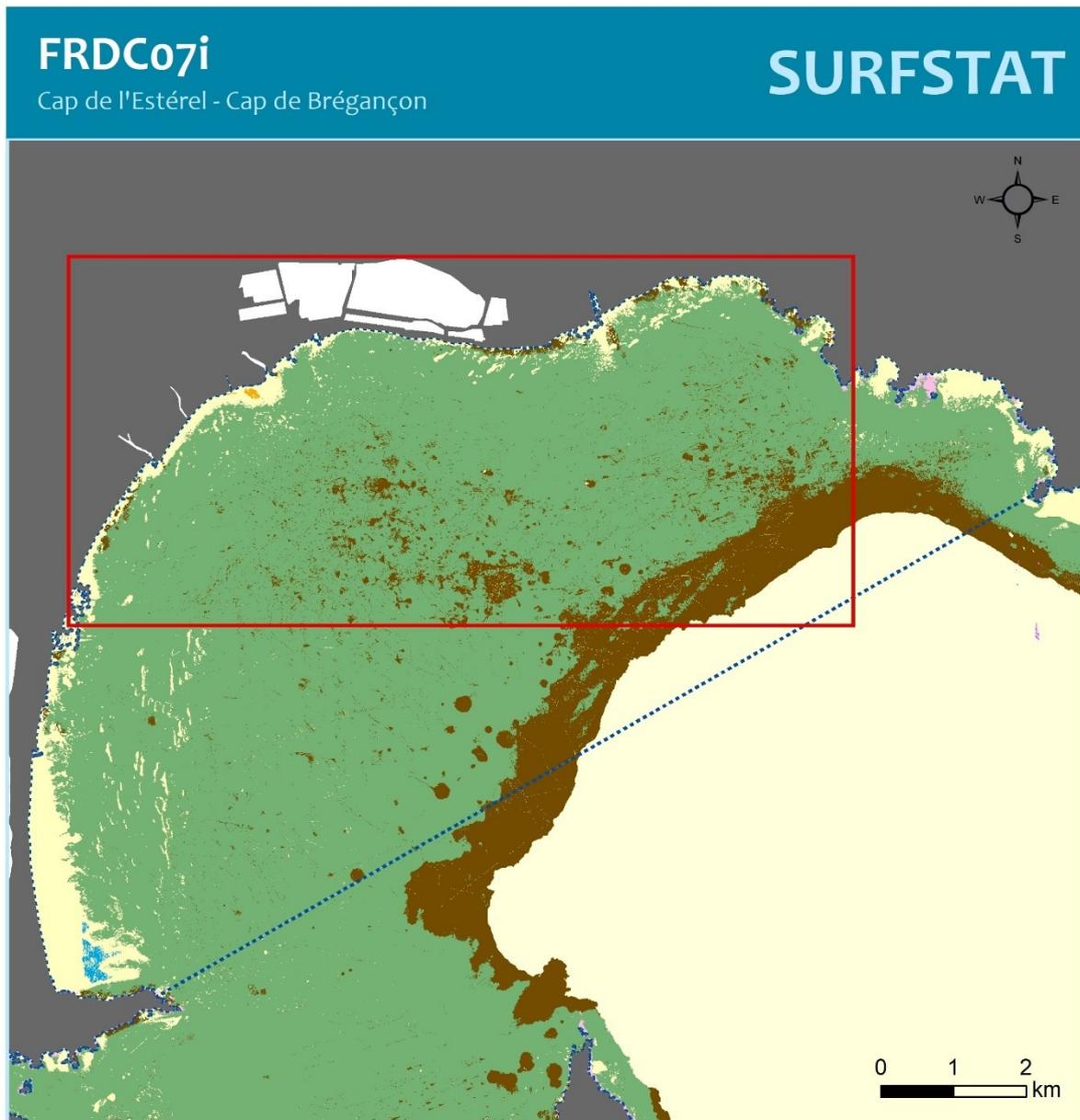


Figure 29 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines entre la Presqu'île de Giens et Porquerolles avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Gris : Habitats artificiels ; Rouge : Rhodolithes).

III.7. Masse d'eau FRDC07i : Rade d'Hyères Nord



CAP DE L'ESTEREL - CAP DE BREGANCON



Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

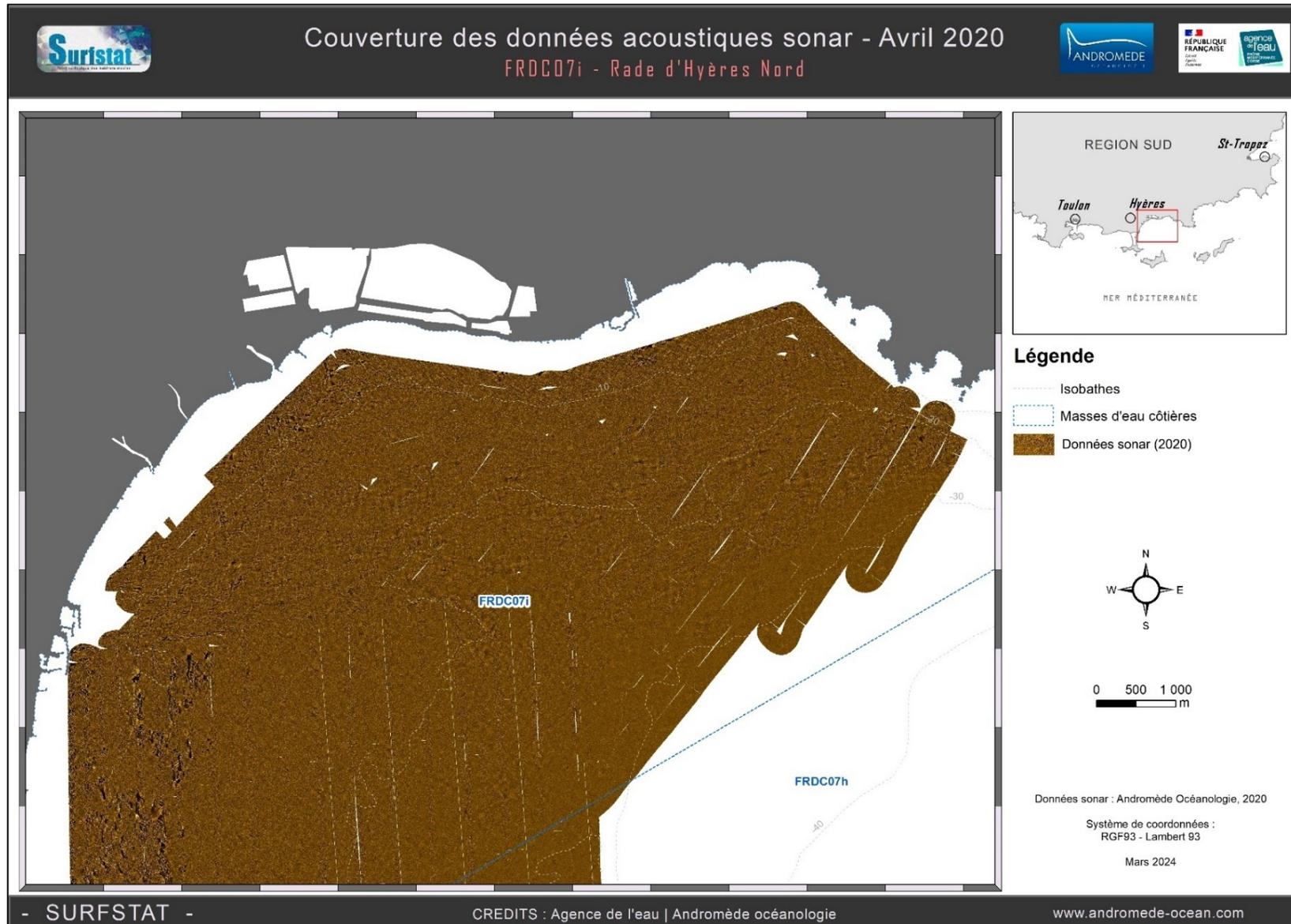
SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Mars 2024



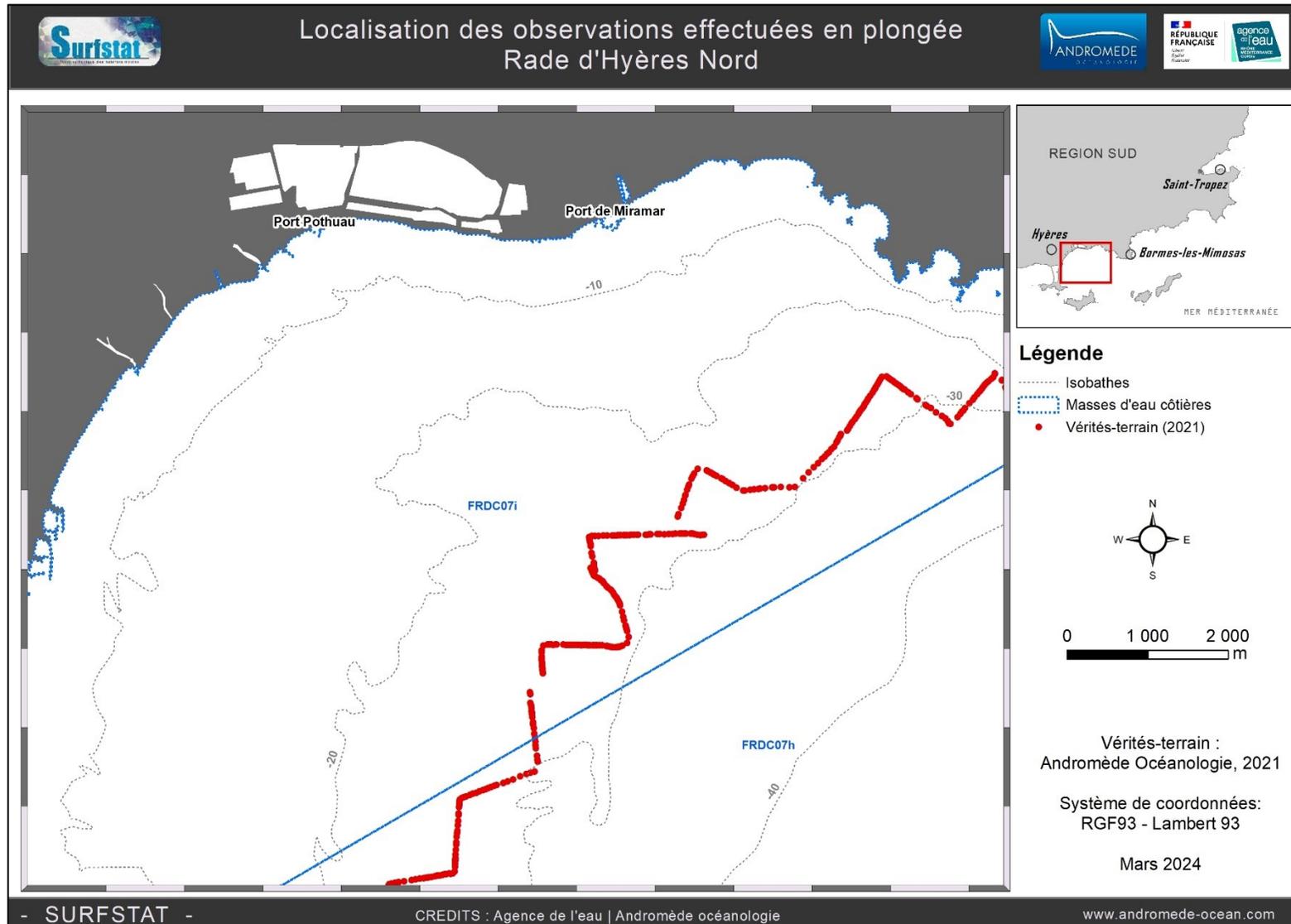
III.7.1. Sonar latéral

4 300 ha de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses du nord de la Rade d'Hyères.

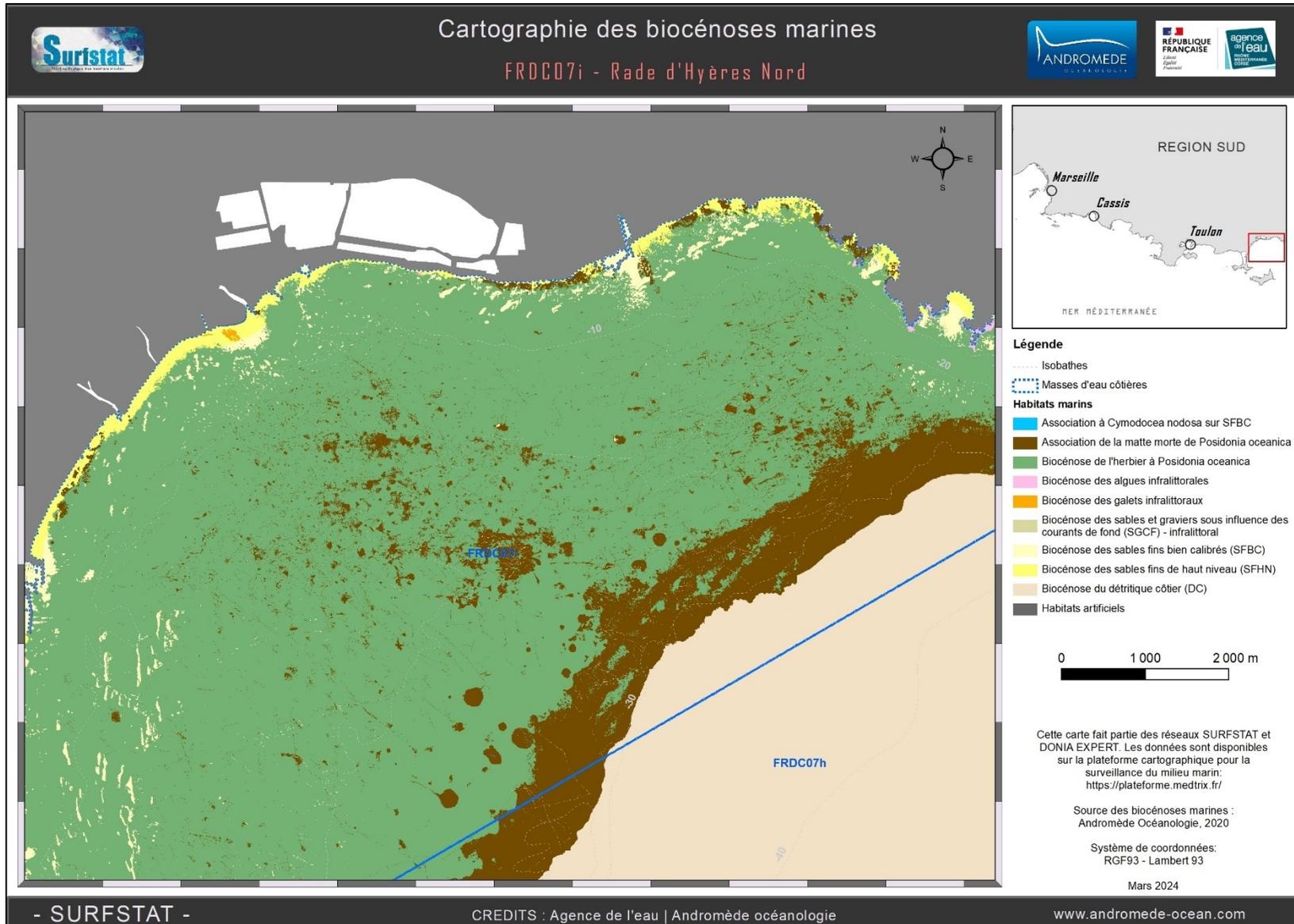


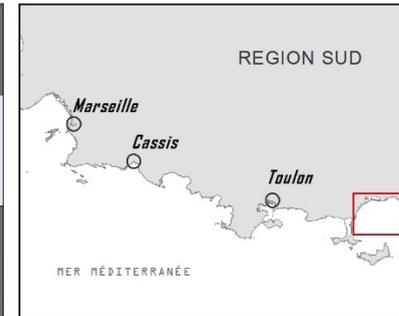
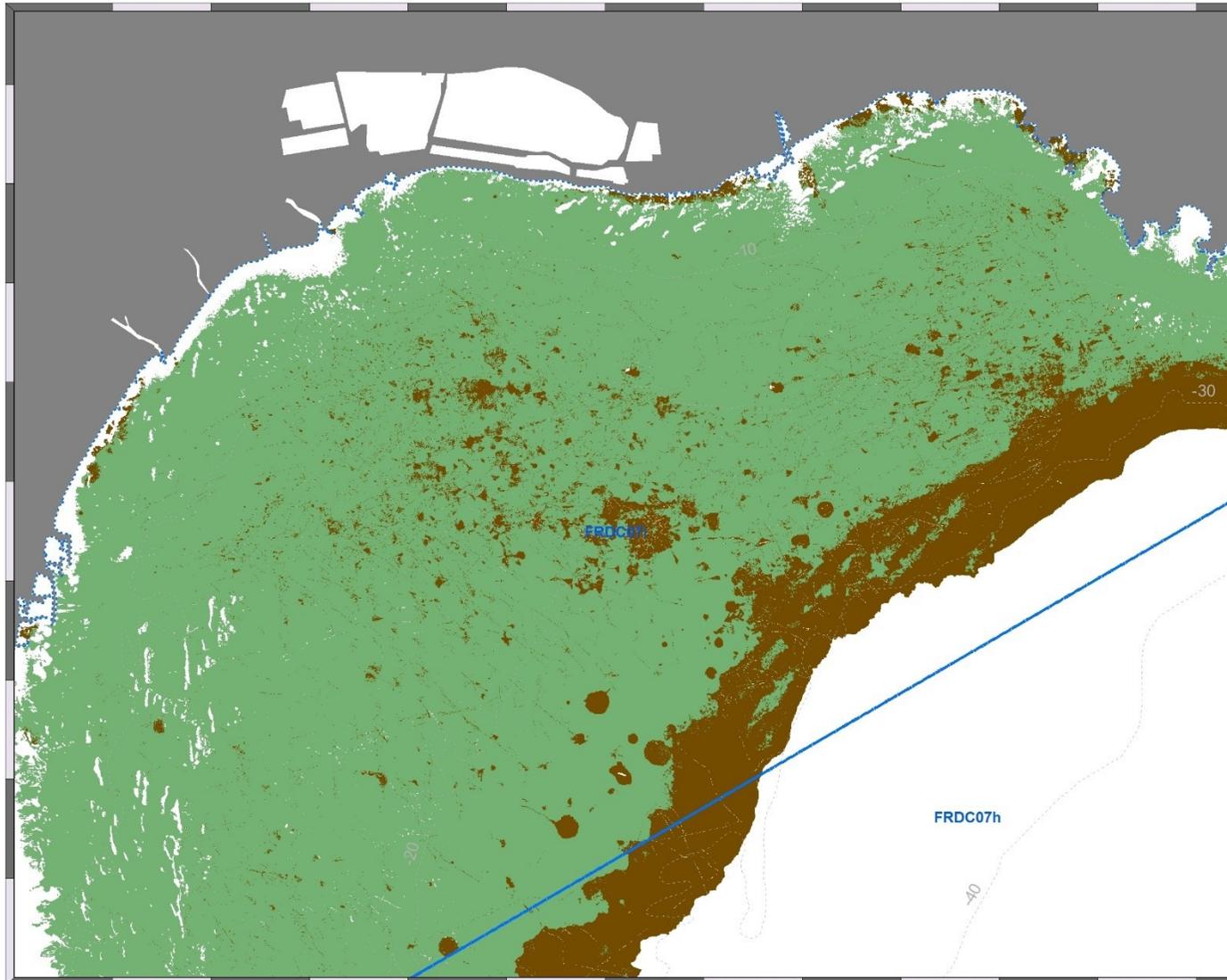
III.7.2. Vérités-terrain

Près de **280 observations** en plongée tractée ont été effectuées dans le secteur de la Rade d'Hyères.



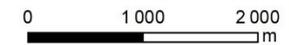
III.7.3. Cartographie des biocénoses marines


- SURFSTAT -
CREDITS : Agence de l'eau | Andromède océanologie
www.andromede-ocean.com



Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

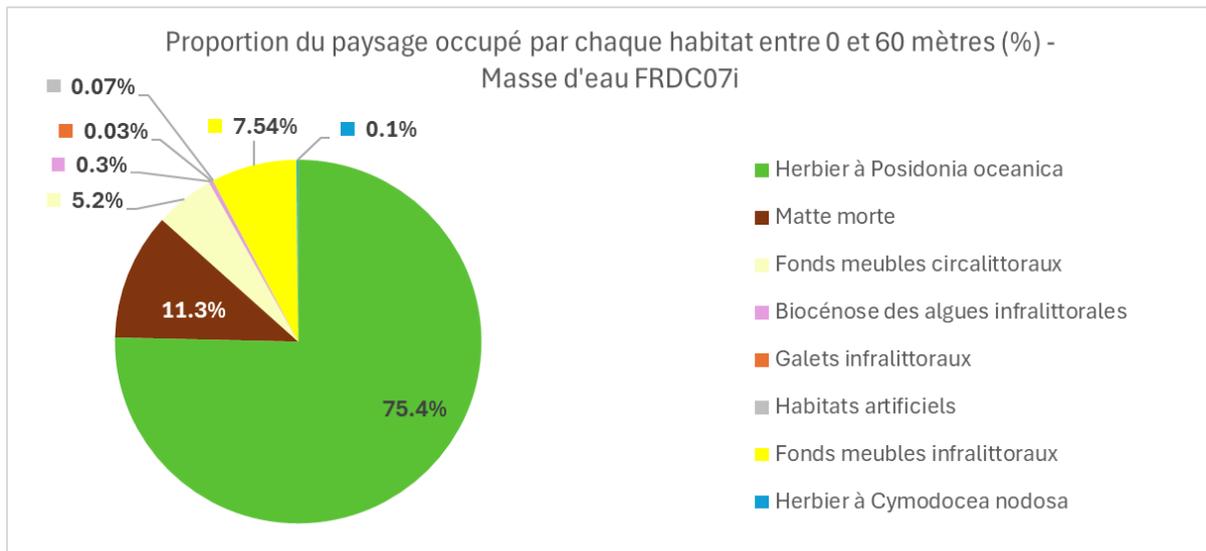
Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



III.7.4. Analyse du paysage



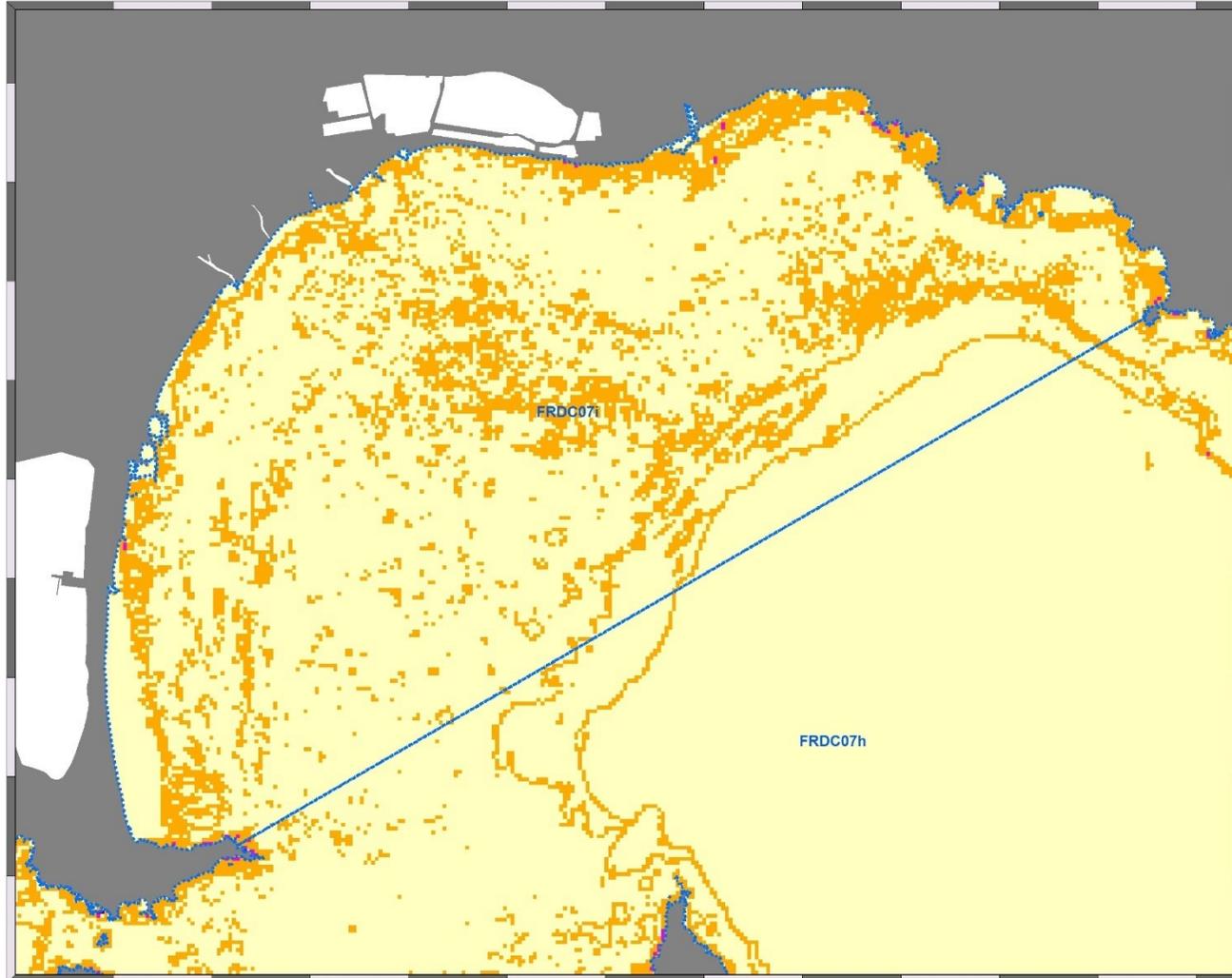
La masse d'eau FRDC07i « Cap de l'Estérel – Cap de Brégançon » comprend huit habitats entre 0 et -60 mètres dont les deux principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont la biocénose de l'herbier à posidonie (75,36 %) et l'association de la matte morte de posidonie (11,31 %). Les trois quarts du paysage sont dominés par une tâche unique d'herbier à posidonie.

La comparaison des indices paysagers entre 0 et 60 mètres de profondeur permet de constater que ceux-ci sont tous éloignés des moyennes régionales ; seuls les indices calculant la densité de taches /100 ha et le pourcentage du paysage occupé par la plus grande tâche ont des valeurs supérieures, voire proche du maximum, à celles des moyennes régionales.

Cette masse d'eau présente une diversité paysagère faible. En comparaison avec les autres masses d'eau, la valeur de l'indice de Simpson est très en dessous de la moyenne régionale. Cet indice est représenté sur un pixel de 50 mètres sur la carte suivante. La densité d'habitats dans le paysage est quasi-égale au minimum régional.

Tableau 17 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07i.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07i	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	7721	87 4009.64 16847
Nombre d'habitats dans le paysage	8	6 8.52 11
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	319.7	12.9 212.11 545.8
Pourcentage total du paysage compris par la tâche la plus grande	74.7	25.8 50.69 77.3
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.1	0.07 0.84 6.91
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.47	0.44 0.67 0.89



Légende

Masses d'eau côtières

Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)

0 - 0,25

0,25 - 0,50

0,50 - 0,75

0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



L'herbier occupe 75,4 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. Ce taux de recouvrement est très fort : c'est la proportion maximale relevée sur l'ensemble des masses d'eau de la région Sud. On le rencontre de manière continue dans toute la rade d'Hyères. Cet important recouvrement s'explique en grande partie par la faible extension bathymétrique (environ -40 mètres) de la masse d'eau.

L'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC07i se caractérise par un nombre faible de tâches très agrégées entre elles, de taille importante et relativement proches les unes des autres. On note la présence d'une tâche unique couvrant 74,7 % du paysage. **Tous ces éléments indiquent une formation très continue de l'herbier sur la masse d'eau.**

A noter que l'association de la matte morte de posidonie est l'habitat qui comprend le nombre le plus élevé de tâches entre 0 et 40 mètres peu agrégées entre elles. **Tous ces éléments confirment la présence de très nombreuses traces d'origine anthropique (mouillage et arts traïnants) dans la rade d'Hyères.**

L'analyse de l'évolution des limites d'herbier a pu être faite grâce à la concordance des emprises des données sonar historiques (2012) et récentes (2020). Toutefois, le manque de contraste et/ou de résolution ainsi que certaines déformations des données historiques n'a pas permis de faire cette analyse sur tout le secteur.

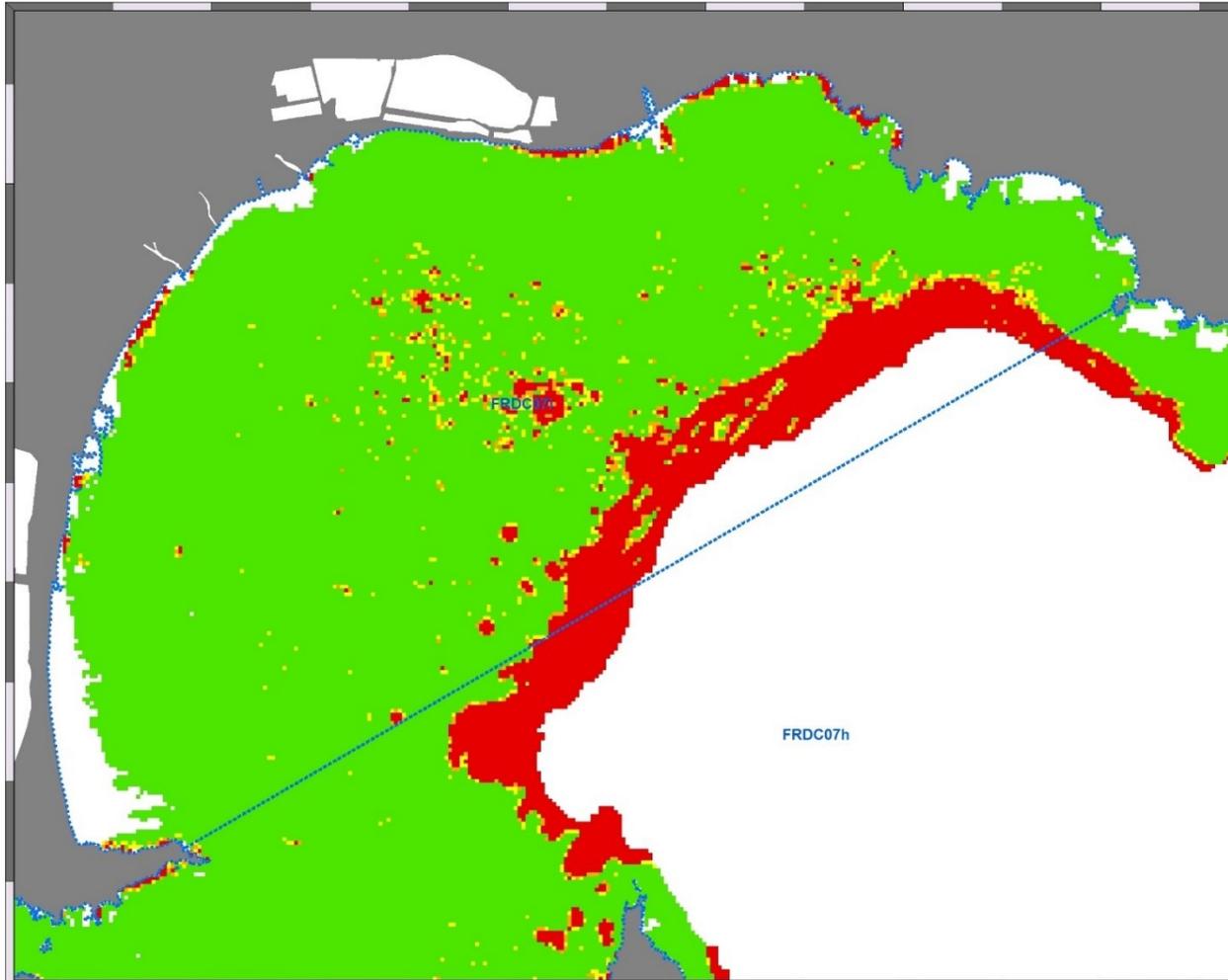
Parmi les nombreuses traces de mouillage et d'arts traïnants observés dans l'herbier, **plusieurs zones de recolonisation (herbiers en patchs circulaires) ont été recensées.** On peut nettement voir que les patchs déjà présents en 2012 ont bien progressé et que de nouveaux sont apparus entre temps (Figure 30 et Figure 31).

Le premier point important de l'actualisation de la cartographie des biocénoses concerne le **recalage et l'affinement des limites des traces de mouillage déjà cartographiées** à partir des données sonar récentes de très bonne qualité acquises lors du 1^{er} confinement suite à la crise du Covid (plan d'eau libre de tout bateau et conditions météorologiques optimales). Les données historiques contiennent en effet trop de déformations liées aux trajectoires non rectilignes empruntées par le navire lors de l'acquisition (lié à la présence accrue de lignes de pêche) (Figure 32).

Le second point important de cette actualisation pour ce secteur concerne **l'affinement de la limite inférieure à l'échelle de la rade** grâce à la combinaison des données sonar récentes et des observations en plongée-tractée (2021). Des exemples de l'évolution de la cartographie suite à l'actualisation sont présentés Figure 33.

Tableau 18 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07i.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07i	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	75.4	1.8 75.4 36.45
Densité de tâches (Nb tâches /100 ha)	36.2	1.7 172.5 56.3
Pourcentage total du paysage compris par la tâche la plus grande	74.7	0.6 74.7 28.34
Surface moyenne d'une tâche d'herbier (ha)	2.08	0.12 2.08 0.84
Indice de complexité des formes	1.06	1.05 1.13 1.07
Distance moyenne qui sépare deux tâches d'herbier les plus proches (mètres)	13.7	7 63.2 14.11
Indice de fragmentation de l'herbier	0.44	0.44 1 0.87
Indice d'agrégation entre les tâches (%)	94.2	71.2 94.2 86.3
Indice de régression de l'herbier	0.13	0.03 0.57 0.19



Légende

Masses d'eau côtières

Indice de régression (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



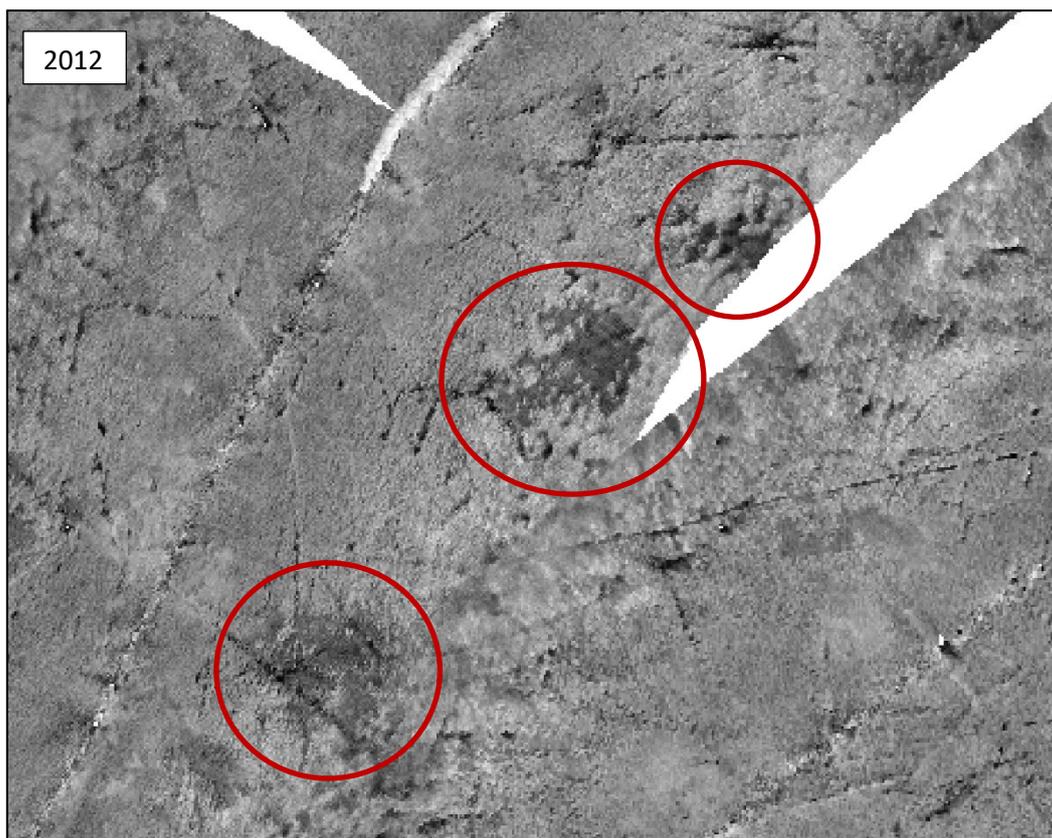


Figure 30 : Comparaison des données sonar historiques (haut) et récentes (bas) montrant trois zones de reprise d'herbier en patchs circulaires dans des zones autrefois dégradées par l'ancre de navires. Les surfaces de matte morte ont clairement diminué entre 2012 et 2020.

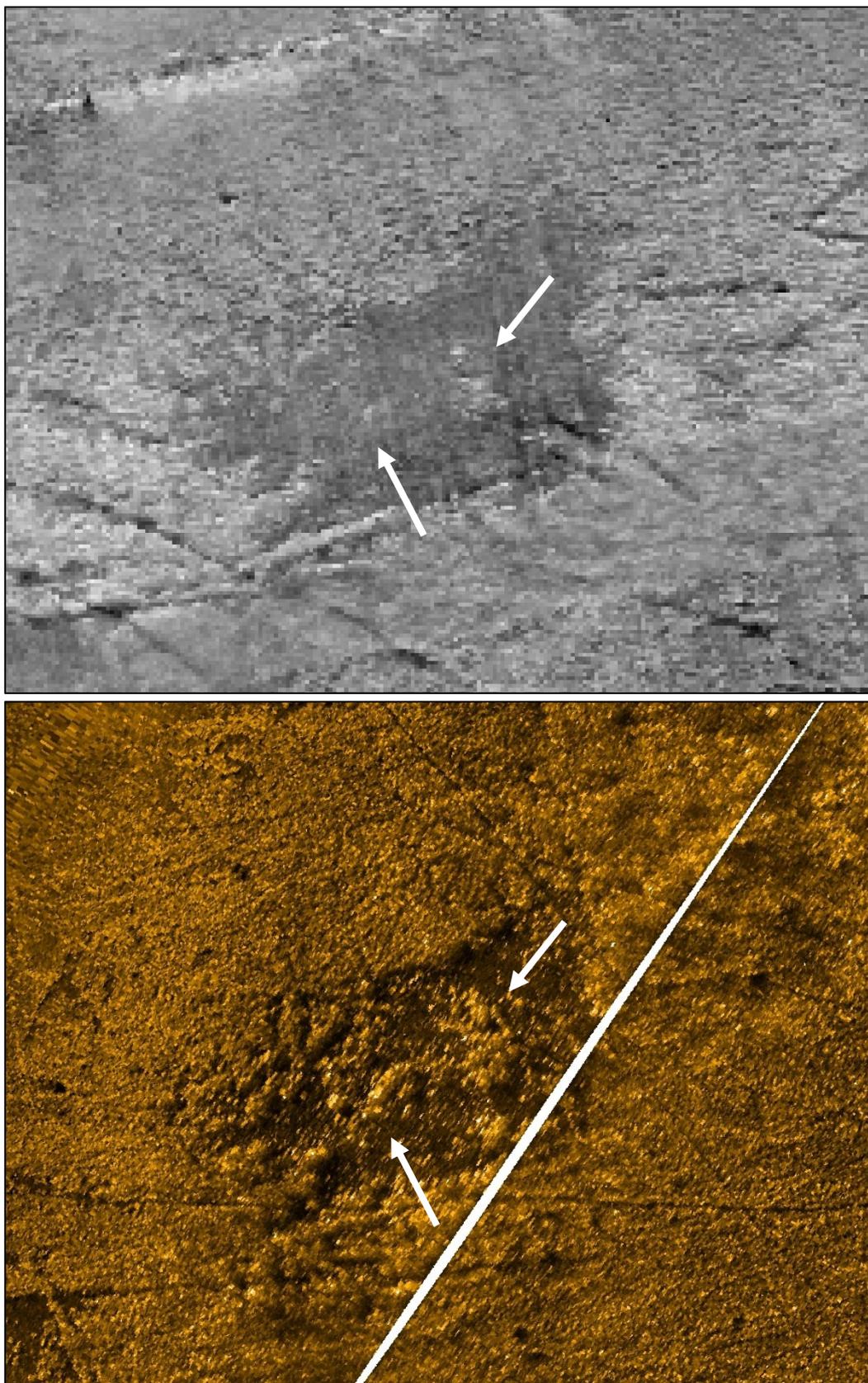


Figure 31 : Comparaison des données sonar historiques (haut) et récentes (bas) montrant une zone de reprise d'herbier en patches circulaires dans une tache de matte morte formée autrefois par l'ancrage d'un navire. De nombreux patches d'herbier semblent être apparus et d'autres ont fortement progressé entre 2012 et 2020 (flèches).



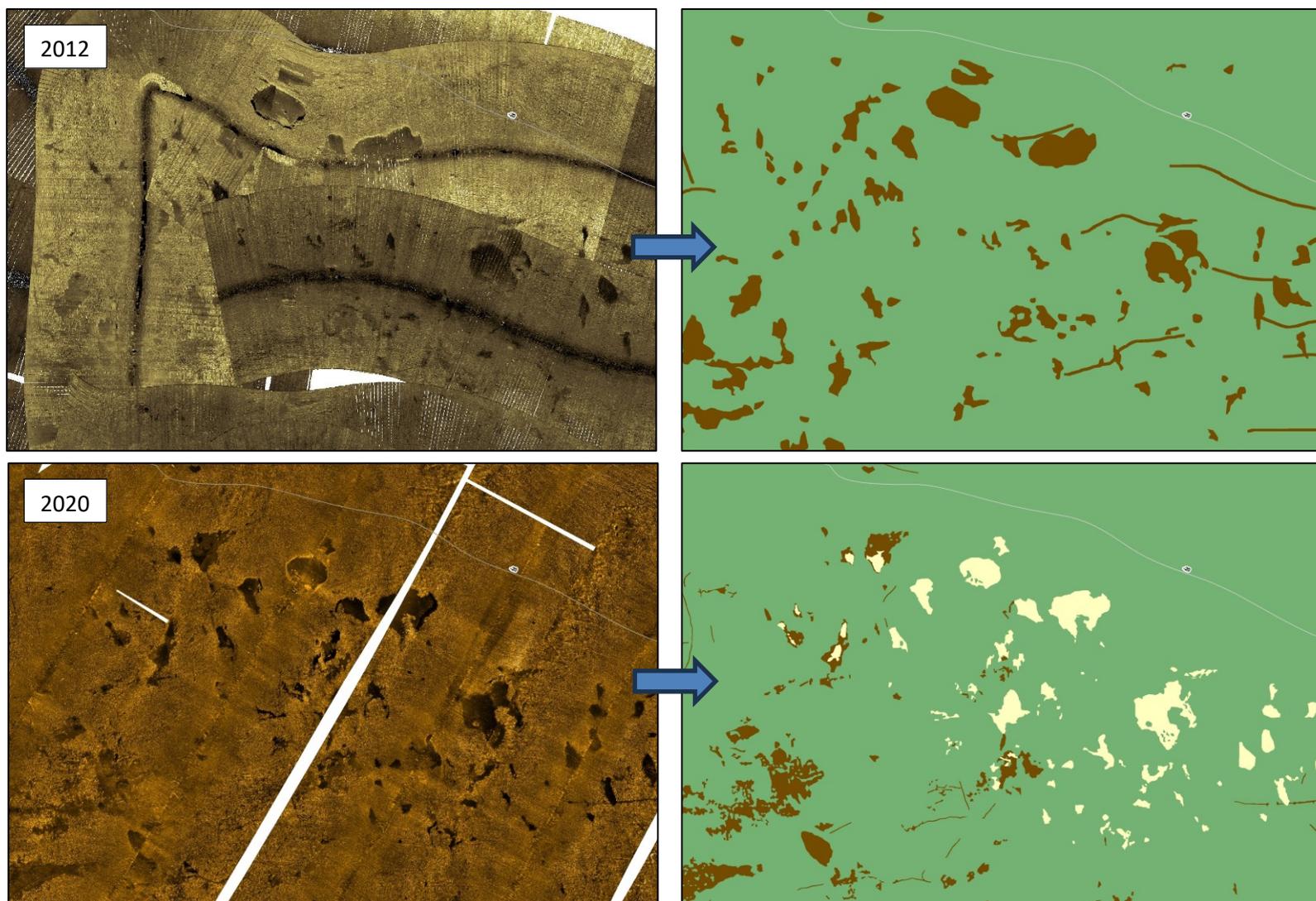


Figure 32 : Exemple de décalage et de correction des biocénoses dû aux déformations des données sonar historiques (2012). A droite, les cartographies obtenues après interprétation des bandes sonar (Jaune clair : Sable ; Vert : Herbier de posidonie ; Marron : Matte morte). Des polygones ont changé de classe biocénotique (matte morte vers sable) car la plupart correspondent finalement à des zones de sable creusées par les courants de fond dans l'herbier (signature acoustique typique des zones sableuses et présence de grands tombants de matte morte caractéristiques des zones d'intermattes déferlantes).

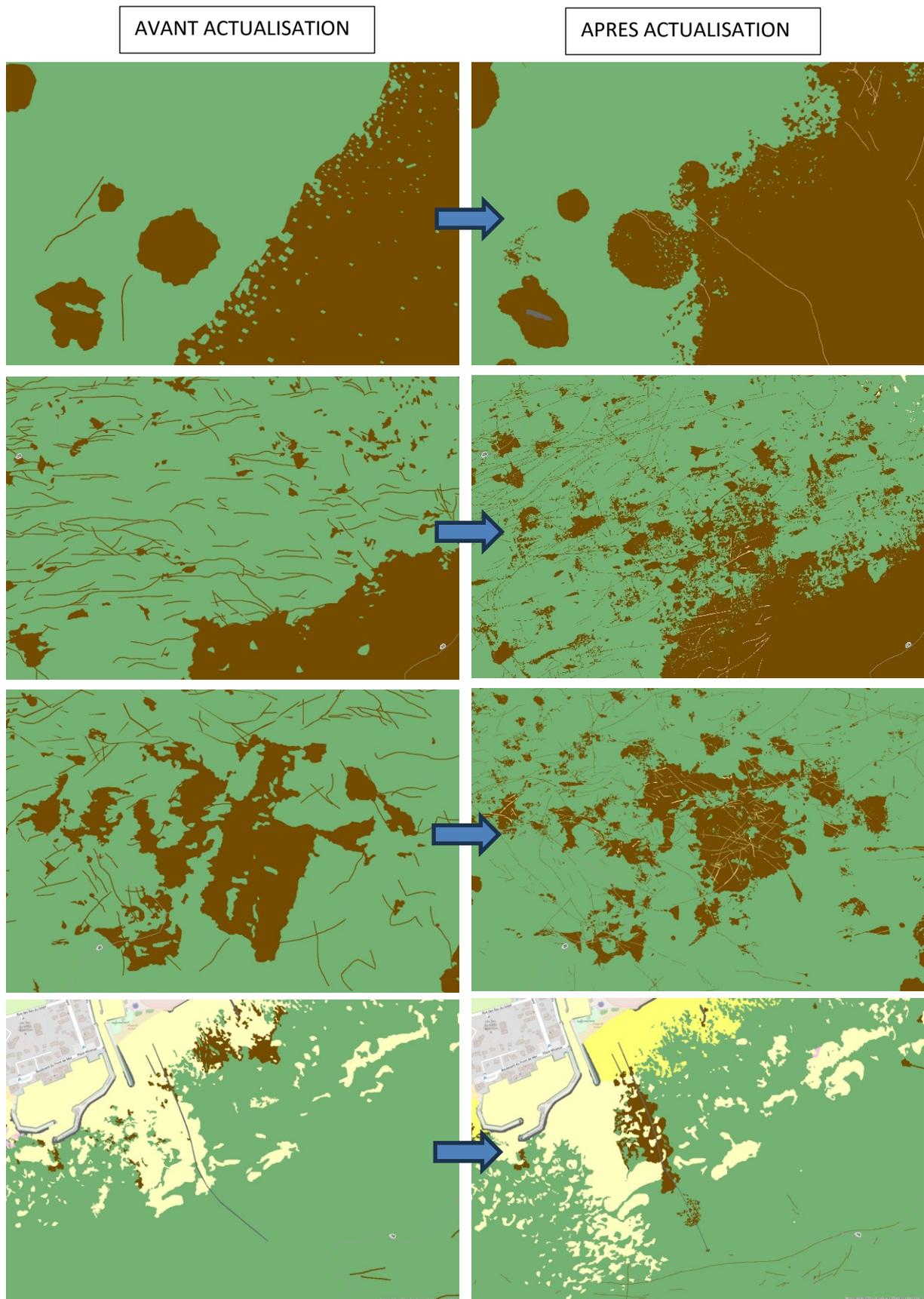
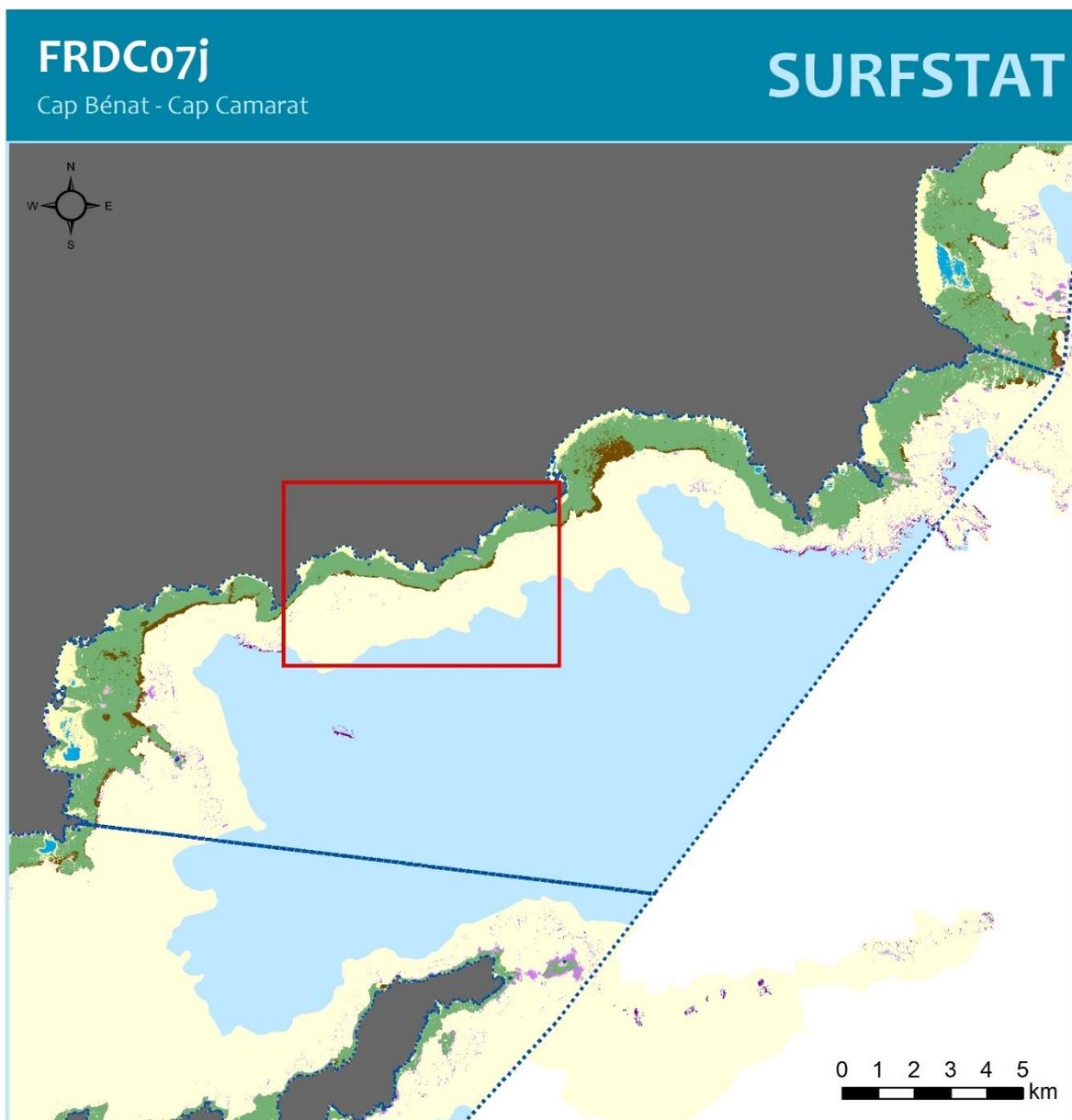


Figure 33 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines dans la Rade d'Hyères avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Jaune : Sable ; Gris : Habitats artificiels).



III.8. Masse d'eau FRDC07j : Rayol-Canadel-sur-Mer



CAP BENAT - CAP CAMARAT



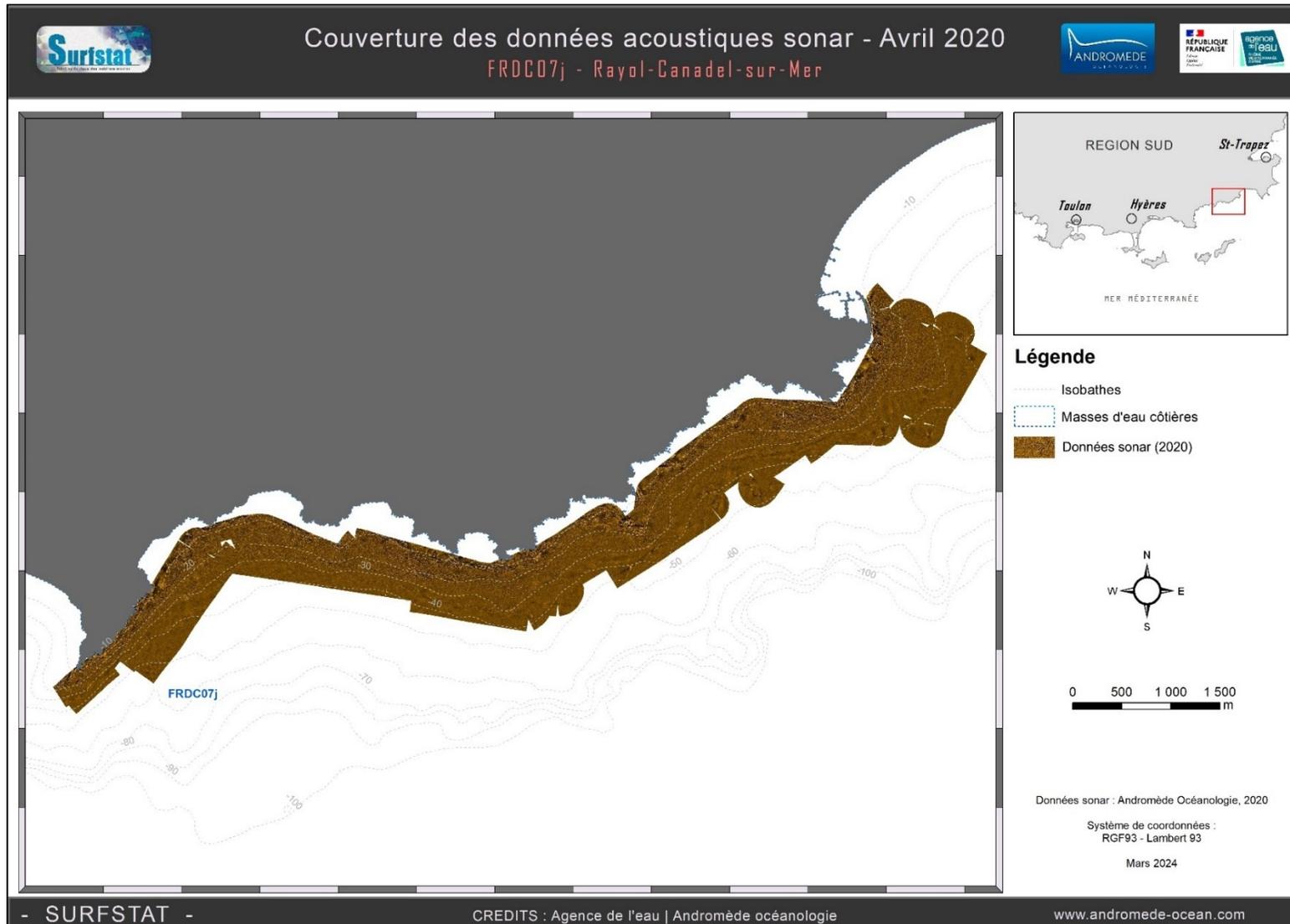
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Mars 2024

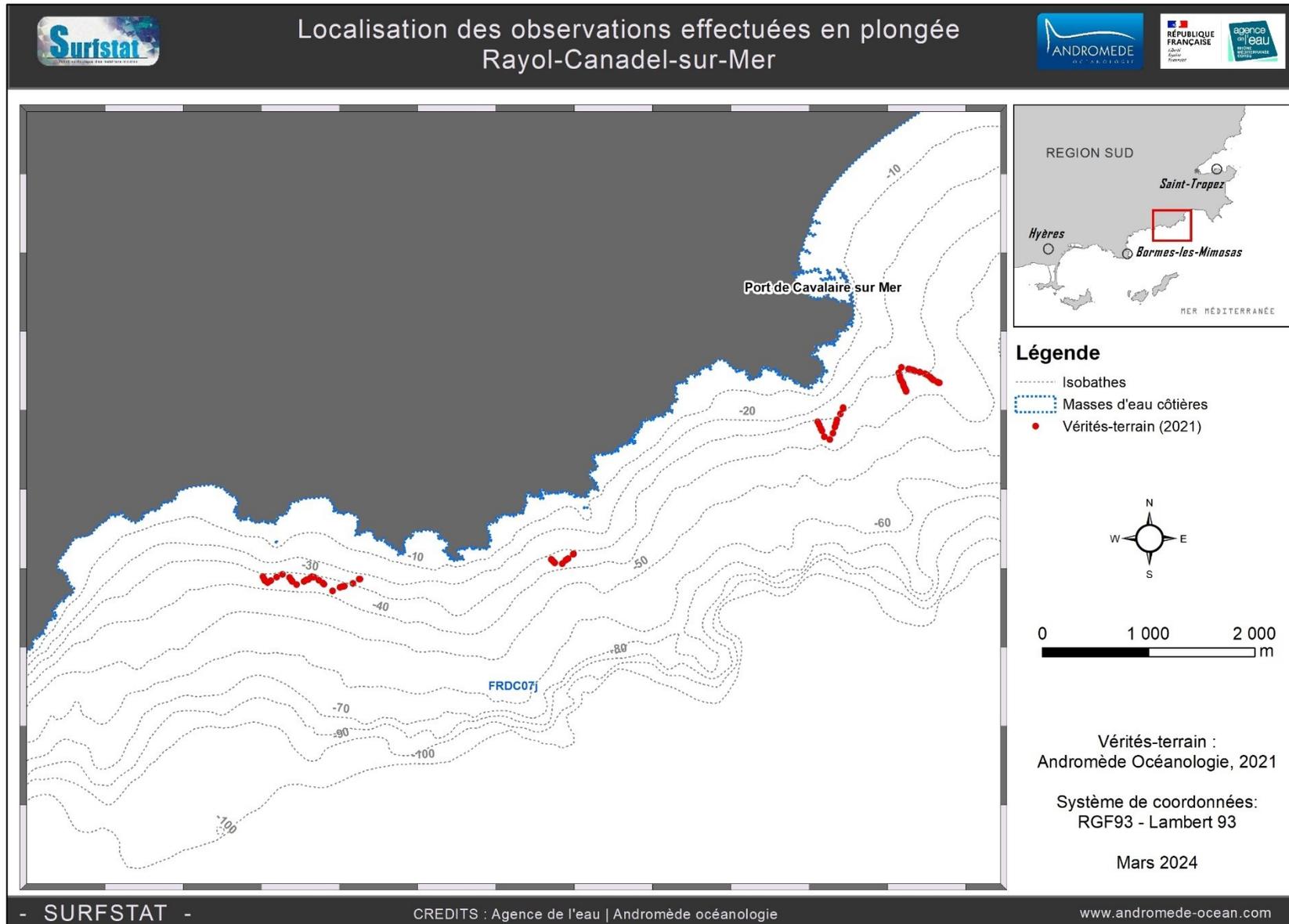
III.8.1. Sonar latéral

740 ha de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de Rayol-Canadel-sur-Mer.

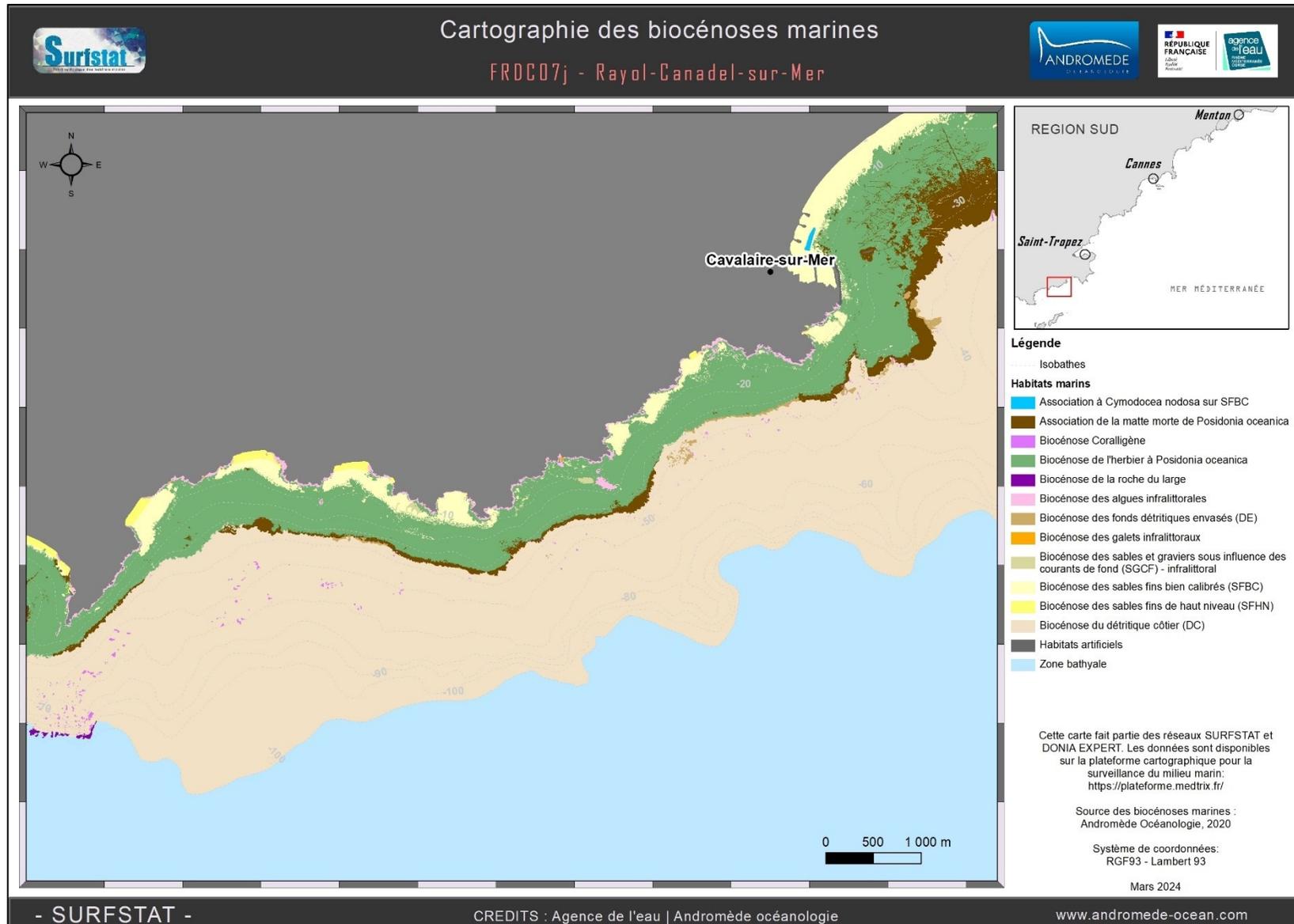


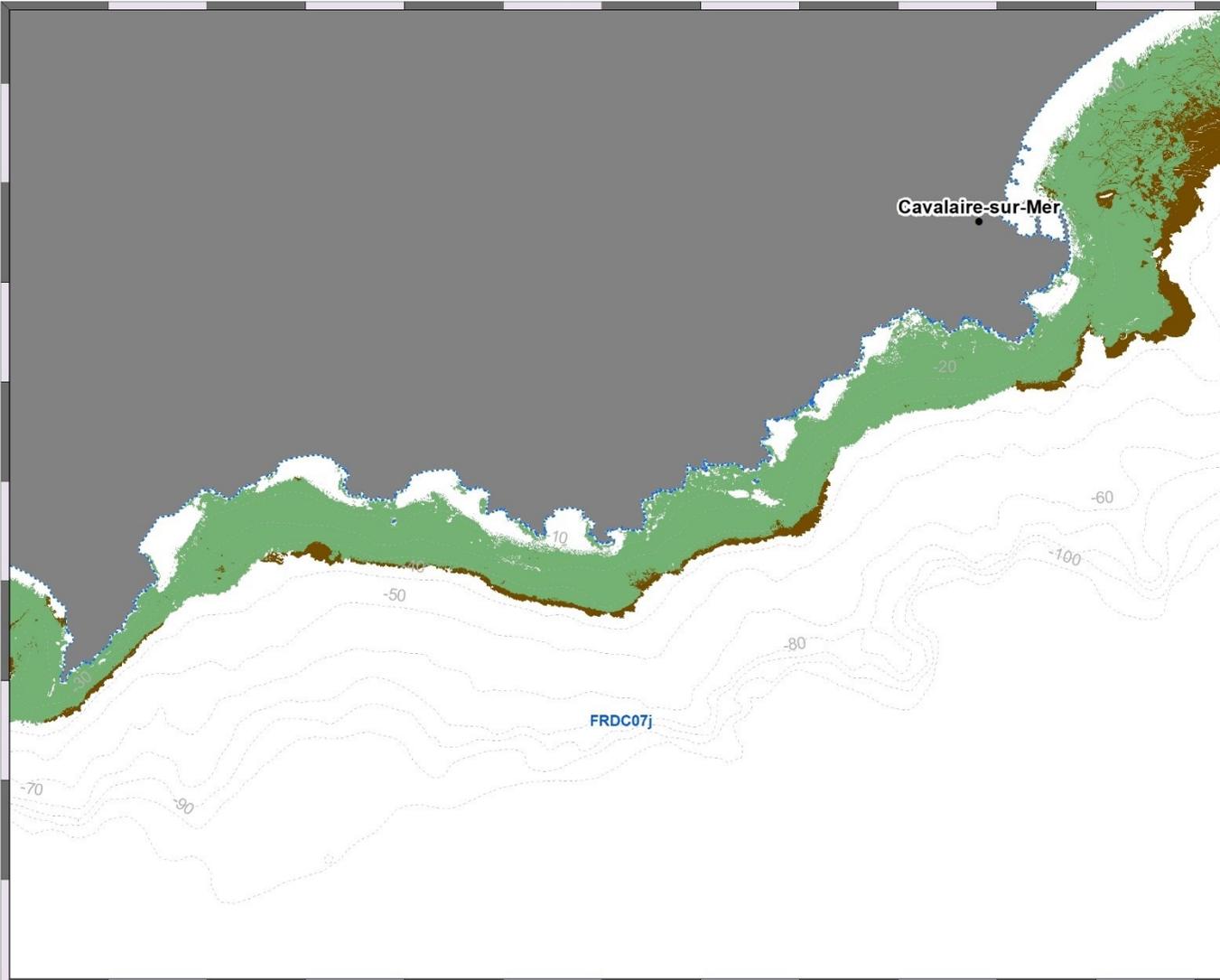
III.8.2. Vérités-terrain

77 observations en plongée tractée ont été effectuées dans le secteur de Rayol-Canadel-sur-Mer.



III.8.3. Cartographie des biocénoses marines


- SURFSTAT -
CREDITS : Agence de l'eau | Andromède océanologie
www.andromede-ocean.com

Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



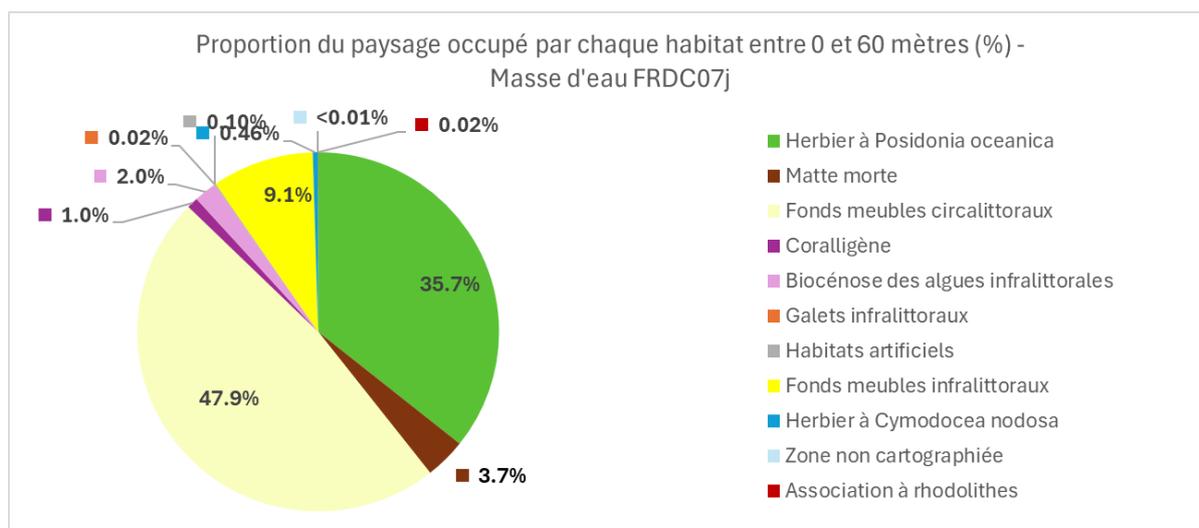
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

III.8.4. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC07j « Cap Bénat – Pointe des Issambres» comprend onze habitats entre 0 et -60 mètres dont les deux principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont la biocénose de l'herbier à posidonie (35,7 %) et les fonds meubles circalittoraux (47,9 %).

L'analyse de la comparaison des indicateurs surfaciques pour cette masse d'eau montre que la majorité des valeurs des indicateurs sont légèrement en-dessous des moyennes régionales sauf pour l'indice de diversité des habitats et le nombre d'habitats dans le paysage qui ont des valeurs supérieures.

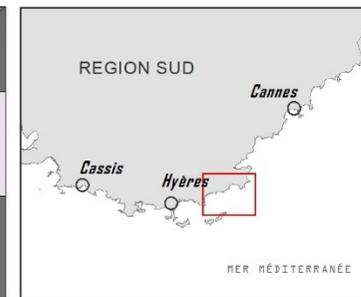
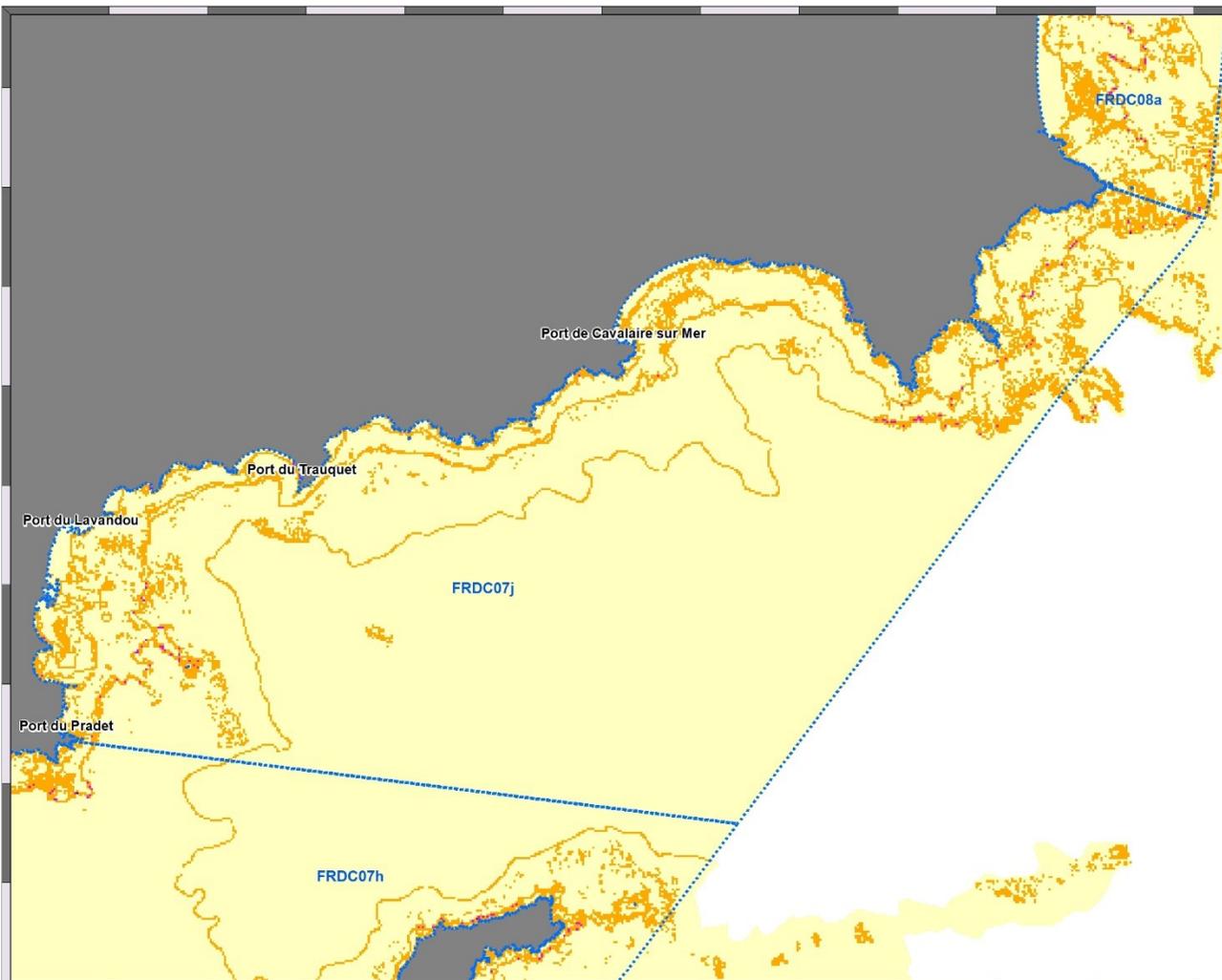
Cette masse d'eau présente une diversité paysagère moyenne comparativement aux autres masses d'eau. Cependant, le nombre d'habitats pour 100 ha reste très faible.

L'indice de diversité de Simpson est représenté sur un pixel de 50 mètres page suivante.

Tableau 19 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07j.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07j	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	7489	87 4009.64 16847
Nombre d'habitats dans le paysage	11	6 8.52 11
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	171.4	12.9 212.11 545.8
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	47.8	25.8 50.69 77.3
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.15	0.07 0.84 6.91
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.7	0.44 0.67 0.89





Légende

Masses d'eau côtières

Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERM
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

L'herbier occupe 59,5 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. Ce taux de recouvrement est élevé par rapport à la proportion moyenne relevée sur l'ensemble des masses d'eau. On le rencontre de manière continue sur toute la masse d'eau.

Par rapport à l'ensemble des masses d'eau côtière de la Région Sud, l'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC07j se caractérise par un nombre faible de tâches très agrégées entre elles, de taille importante et relativement proches les unes des autres. On note la présence d'une tâche unique couvrant 57,8 % du paysage. **Tous ces éléments indiquent une formation continue de l'herbier sur la masse d'eau.**

A noter que l'association de la matre morte de posidonie est l'habitat qui comprend le nombre le plus élevé de tâches entre 0 et 40 mètres. Ces éléments traduisent la **présence de nombreuses traces de mouillage dans l'herbier** (baie de Cavalaire, baie de Cavalière, Rade de Bormes).

L'évolution de la cartographie des secteurs de Bormes-les-Mimosas, baie de Cavalière-sur-Mer, baie de Cavalaire et Cap Taillat ayant été déjà présentée dans le rapport précédent ([Andromède, 2021](#)), nous nous concentrerons sur le reste des secteurs de la masse d'eau FRDC07j.

Peu de traces de mouillage ont été recensées hors des quatre secteurs cités précédemment. Quelques-unes ont été cartographiées en face de la Plage de Pramouquier entre 25 et 30 mètres de profondeur. La limite inférieure d'herbier a été affinée ; elle semble être régressive entre la Plage de Pramouquier et la Pointe du Dattier (voir Figure 34).

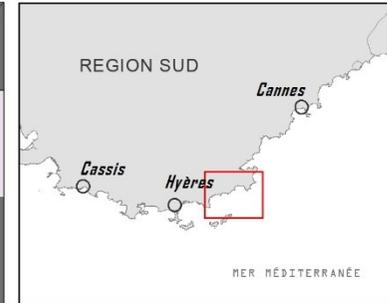
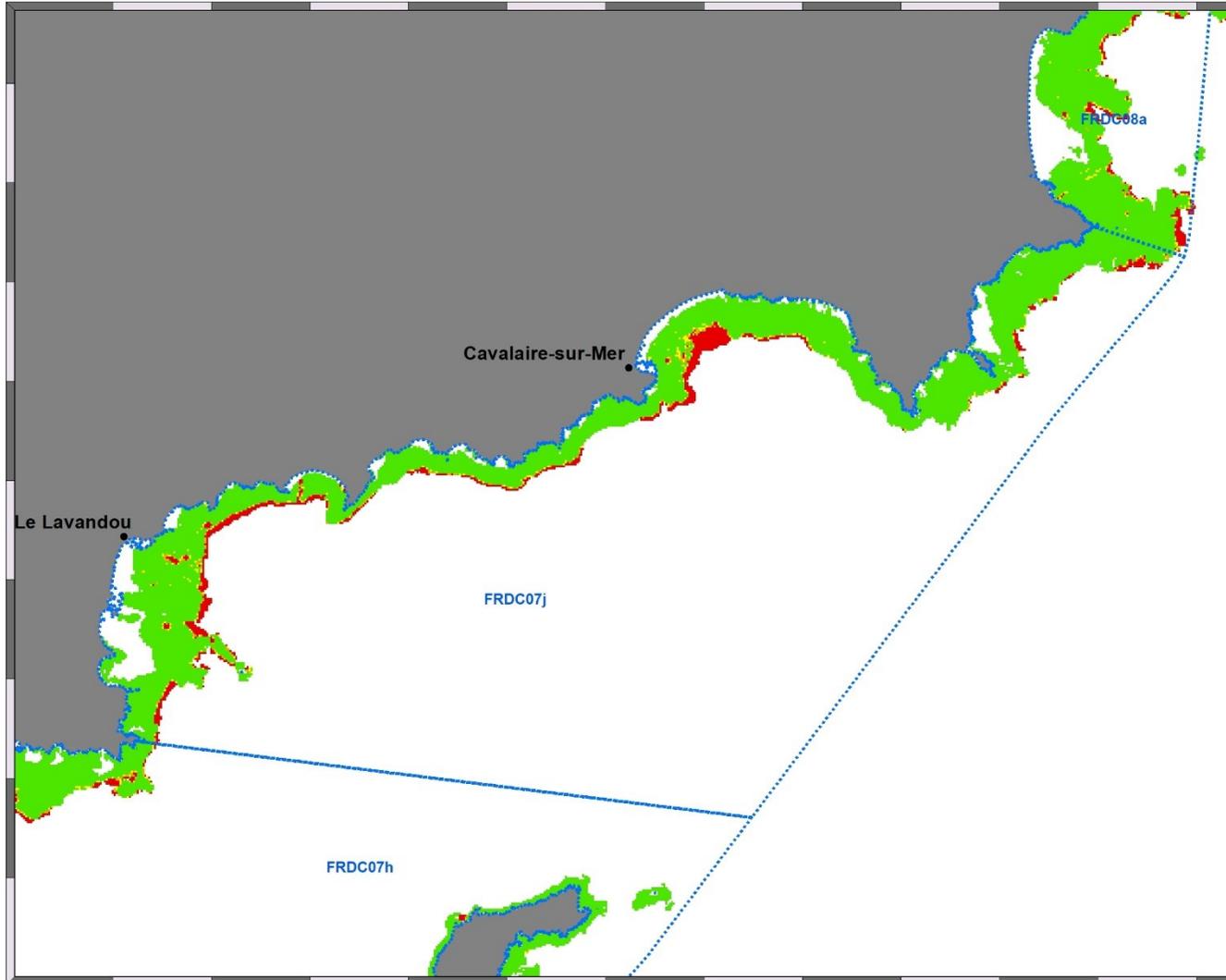
Concernant, la comparaison des données sonar, **les emprises des données historiques et récentes ne coïncident que très peu pour cette masse d'eau** ; seule la limite inférieure d'herbier et les biocénoses plus au large entre les Cap Taillat et Camarat sont comparables (voir Figure 35).

L'évolution cartographique de ce secteur est présentée Figure 36.

Tableau 20 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC07j.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC07j	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	59.5	1.8 36.45 75.4
Densité de tâches (Nb tâches /100 ha)	38.2	1.7 56.3 172.5
Pourcentage total du paysage compris par la tâche la plus grande	57.8	0.6 28.34 74.7
Surface moyenne d'une tâche d'herbier (ha)	1.56	0.12 0.84 2.08
Indice de complexité des formes	1.06	1.05 1.07 1.13
Distance moyenne qui sépare deux tâches d'herbier les plus proches (mètres)	12.3	7 14.11 63.2
Indice de fragmentation de l'herbier	0.67	0.44 0.87 1
Indice d'agrégation entre les tâches (%)	93.1	71.2 86.3 94.2
Indice de régression de l'herbier	0.09	0.03 0.19 0.57



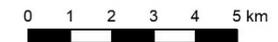


Légende

Masses d'eau côtières

Indice de régression (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

AVANT ACTUALISATION

APRES ACTUALISATION

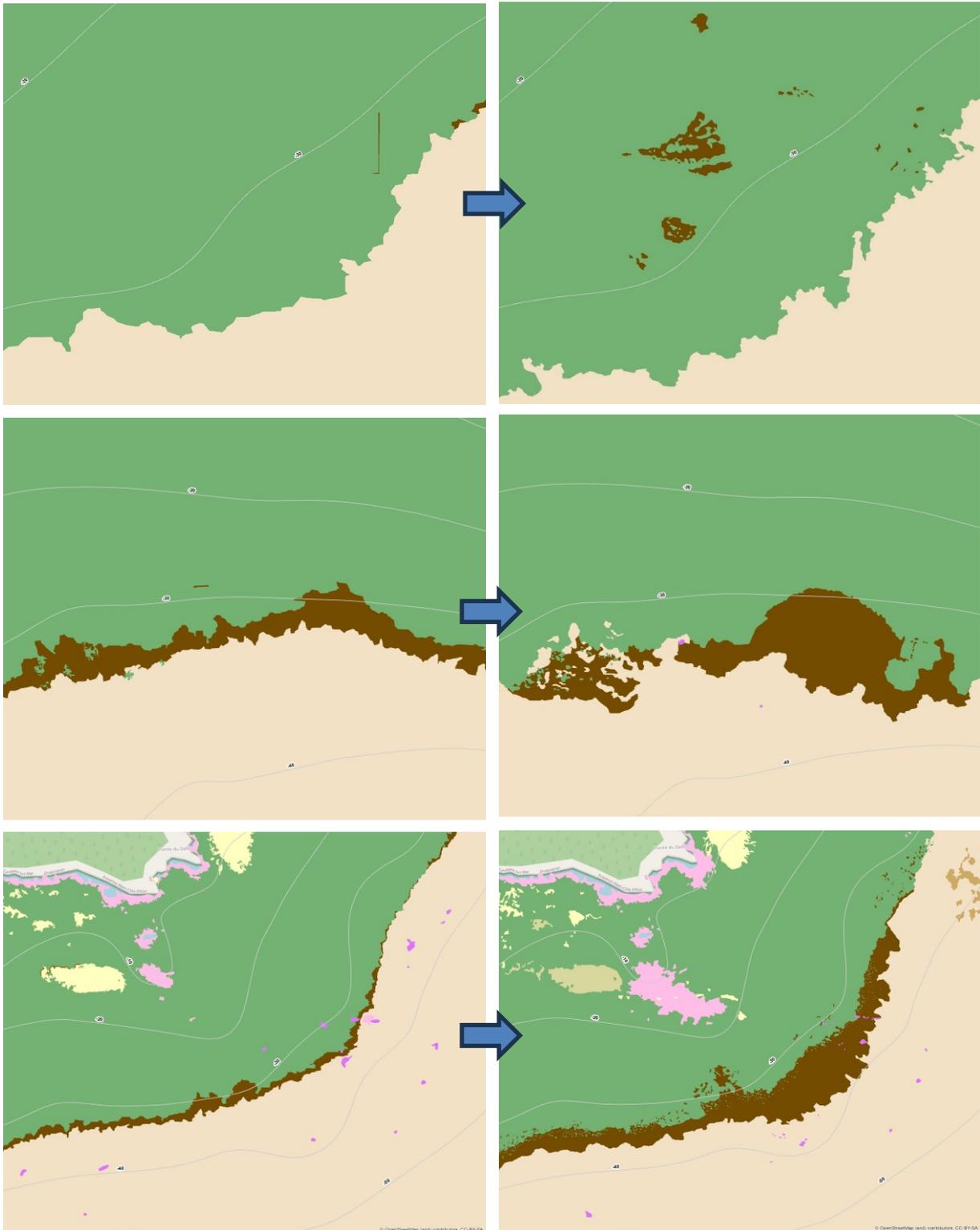


Figure 34 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines dans le secteur de Rayol-Canadel-sur-Mer avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Détritique envasé ; Beige verdâtre : Sables à ripplemarks).



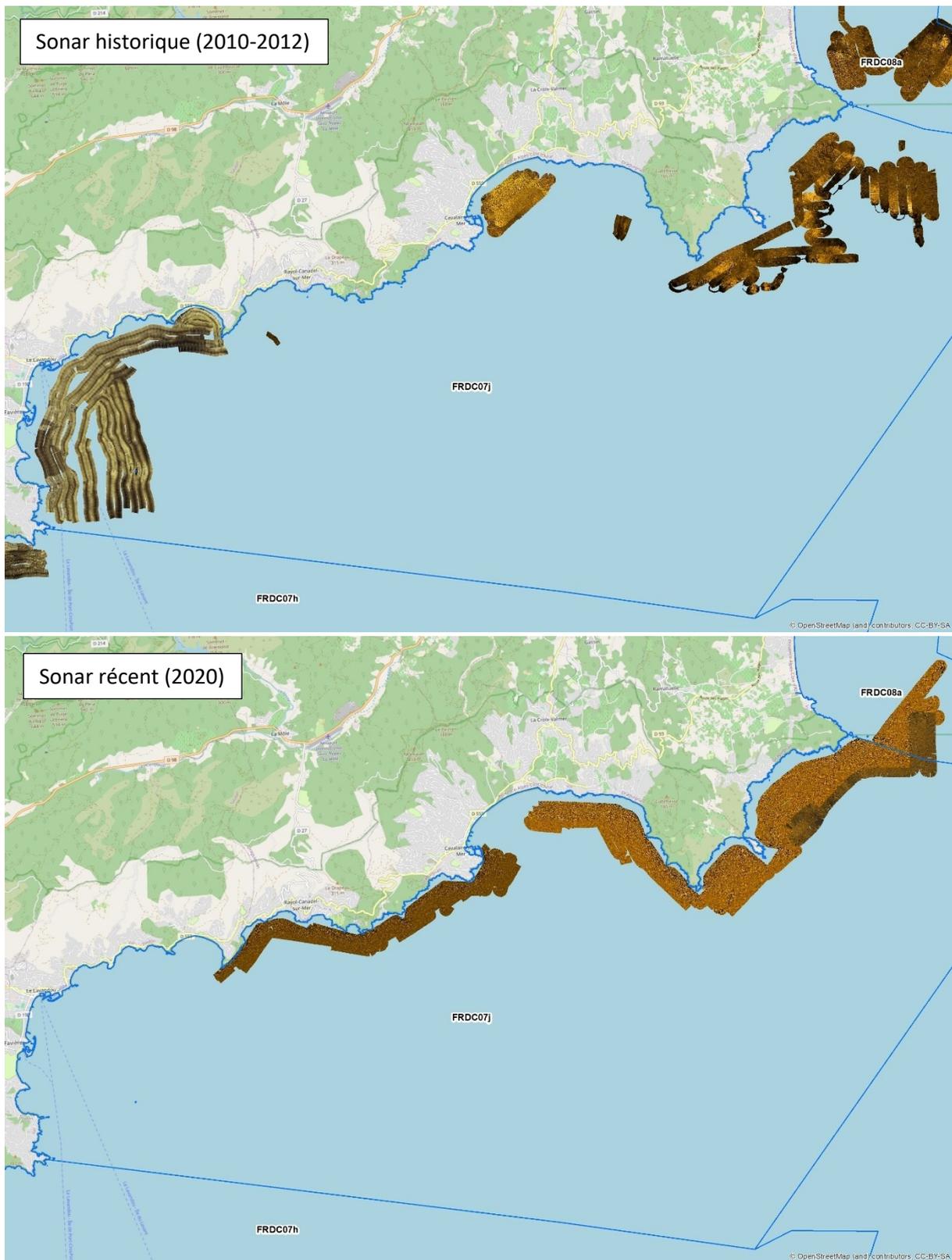


Figure 35 : Comparaison des emprises des données sonar historiques (en haut) et récentes (en bas) pour la masse d'eau FRDC07j. Seul le secteur Corniche Varoise est comparable (limite inférieure d'herbier et habitats plus au large).

AVANT ACTUALISATION

APRES ACTUALISATION

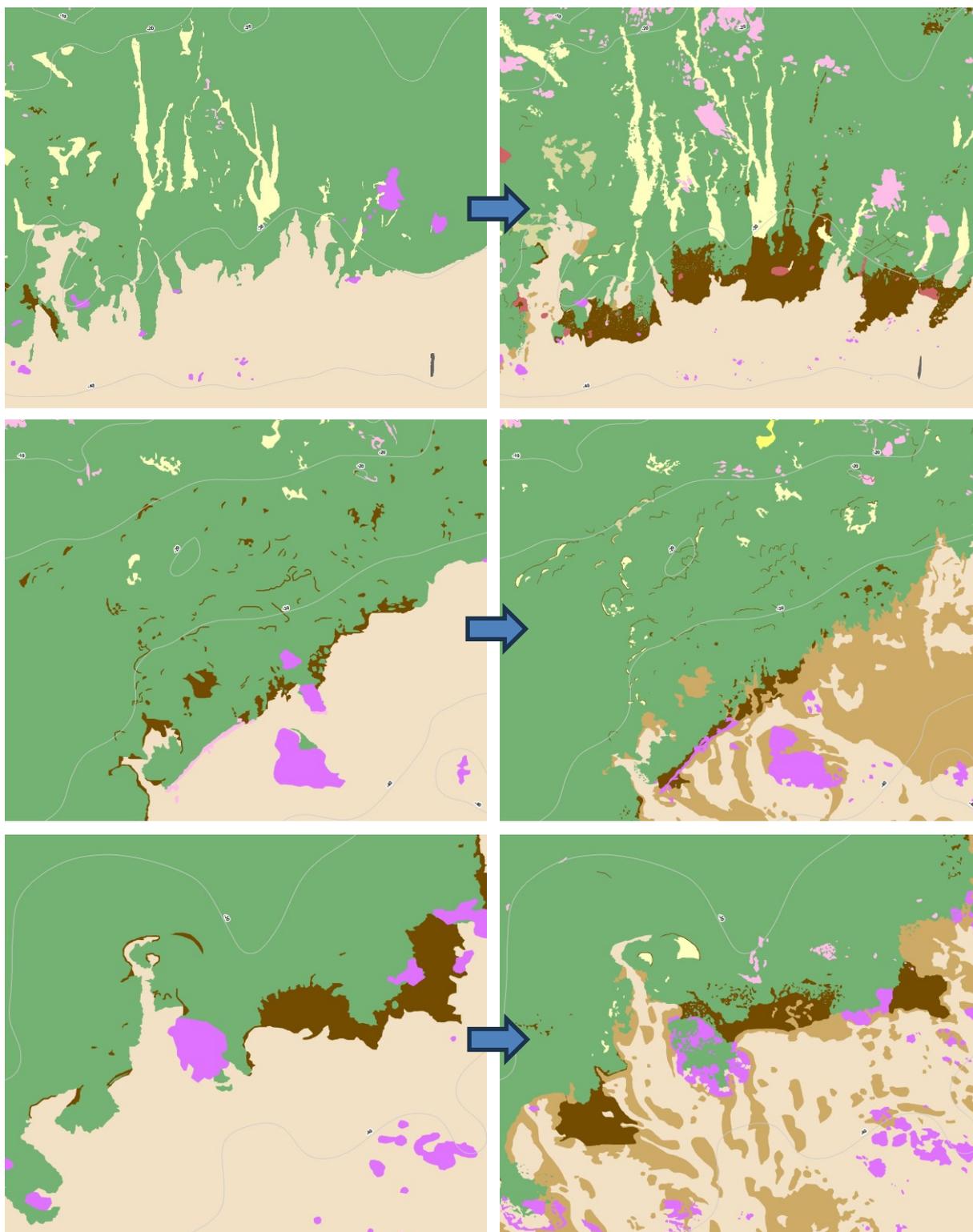
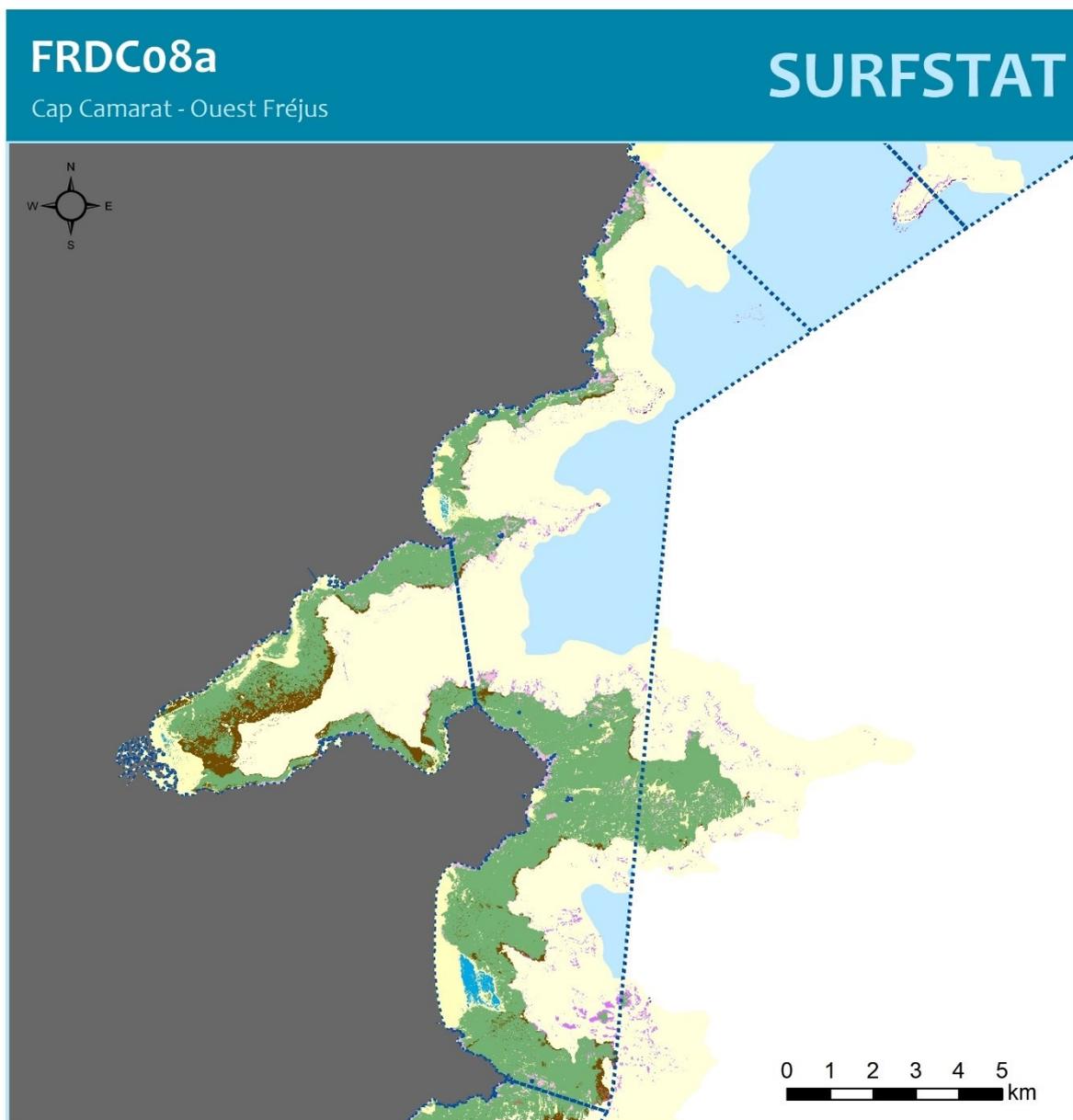


Figure 36 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines entre les caps Taillat et Camarat avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Détritique envasé ; Gris : Habitats artificiels ; Rouge : Rhodolithes).



III.9. Masse d'eau FRDC08a : Cap Camarat – Ouest Fréjus



CAP CAMARAT - OUEST FREJUS

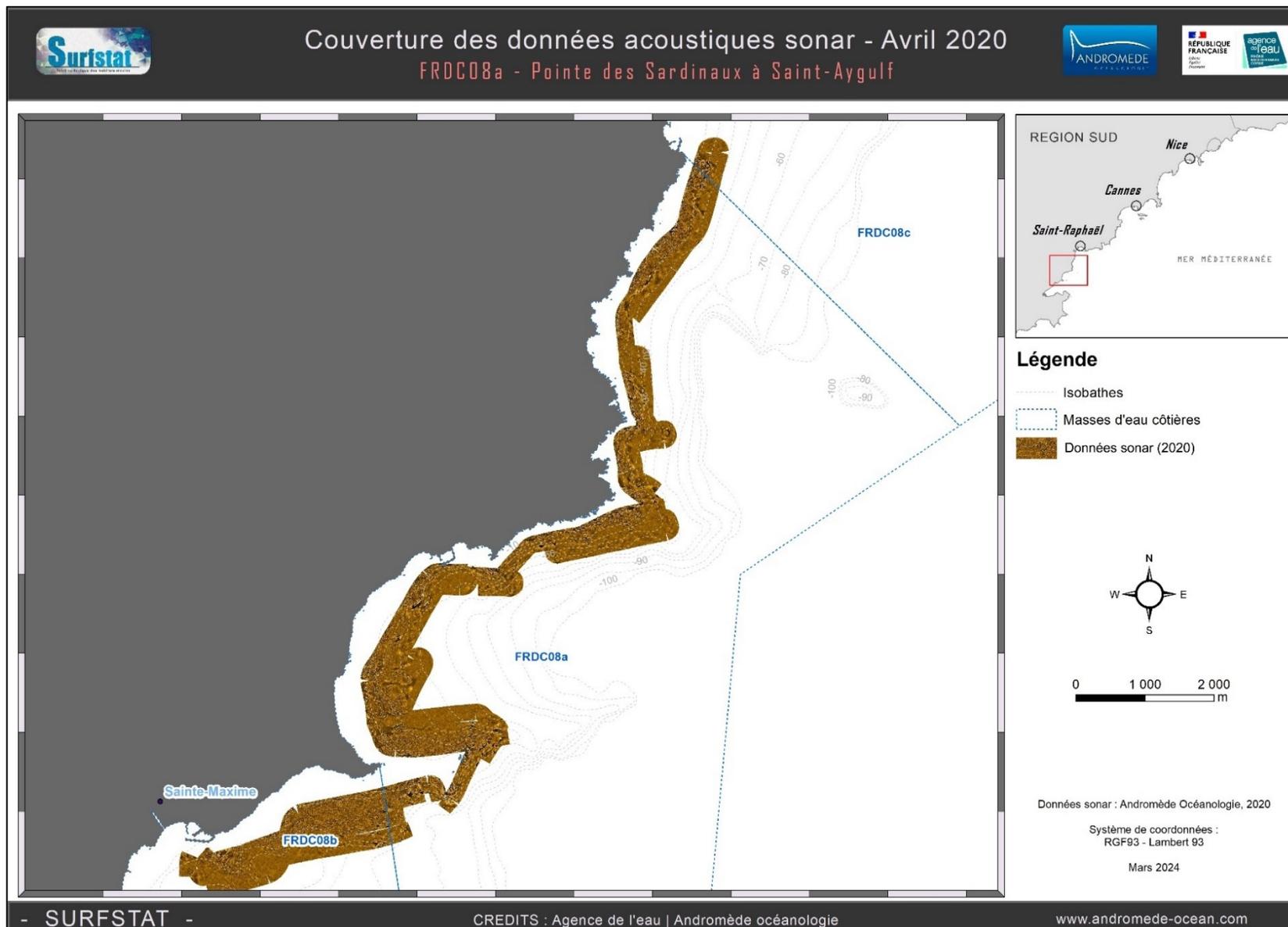


Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

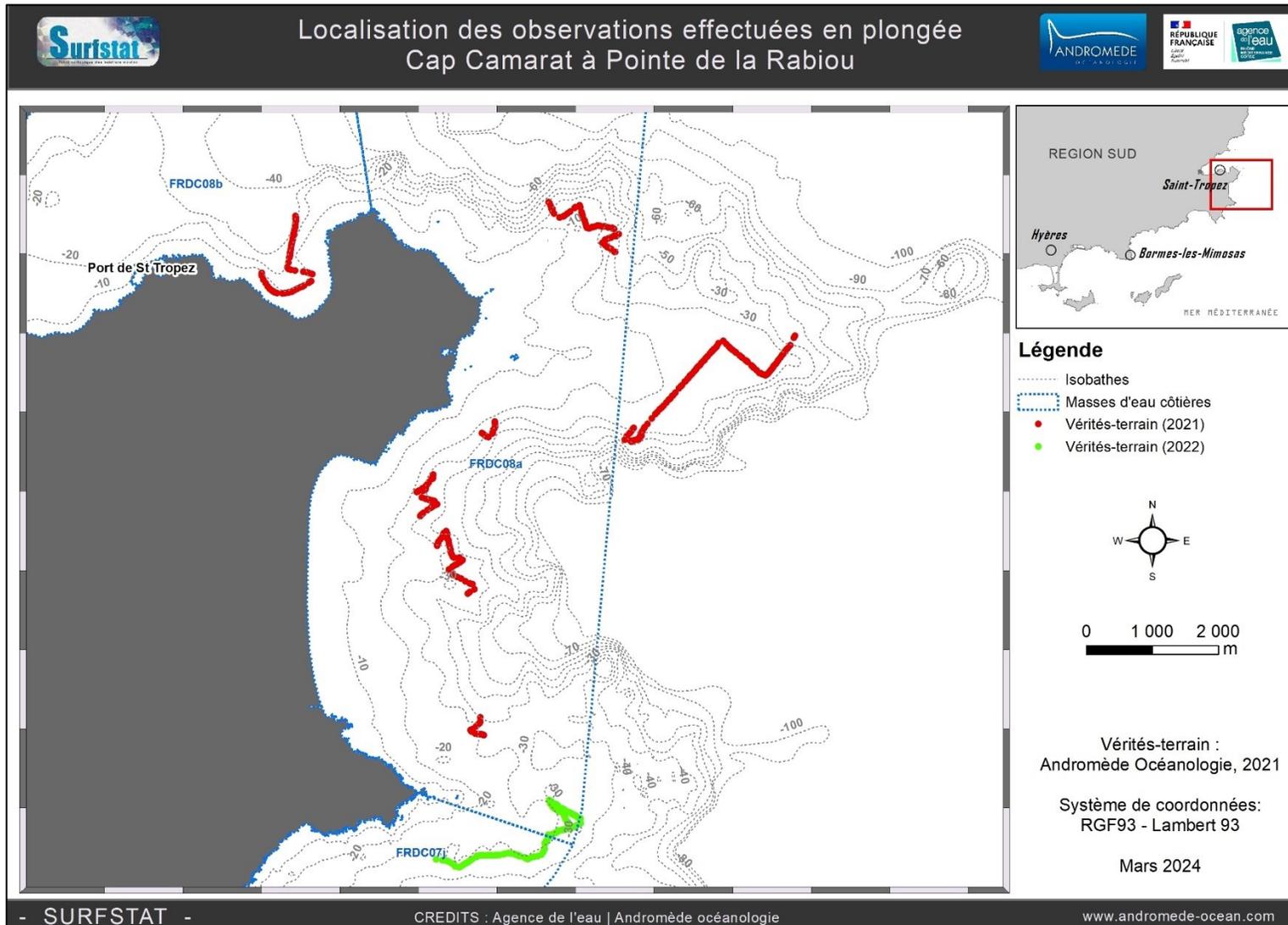
Mars 2024

Près de **770 ha** de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses Les Sardinaux et Saint-Raphaël.

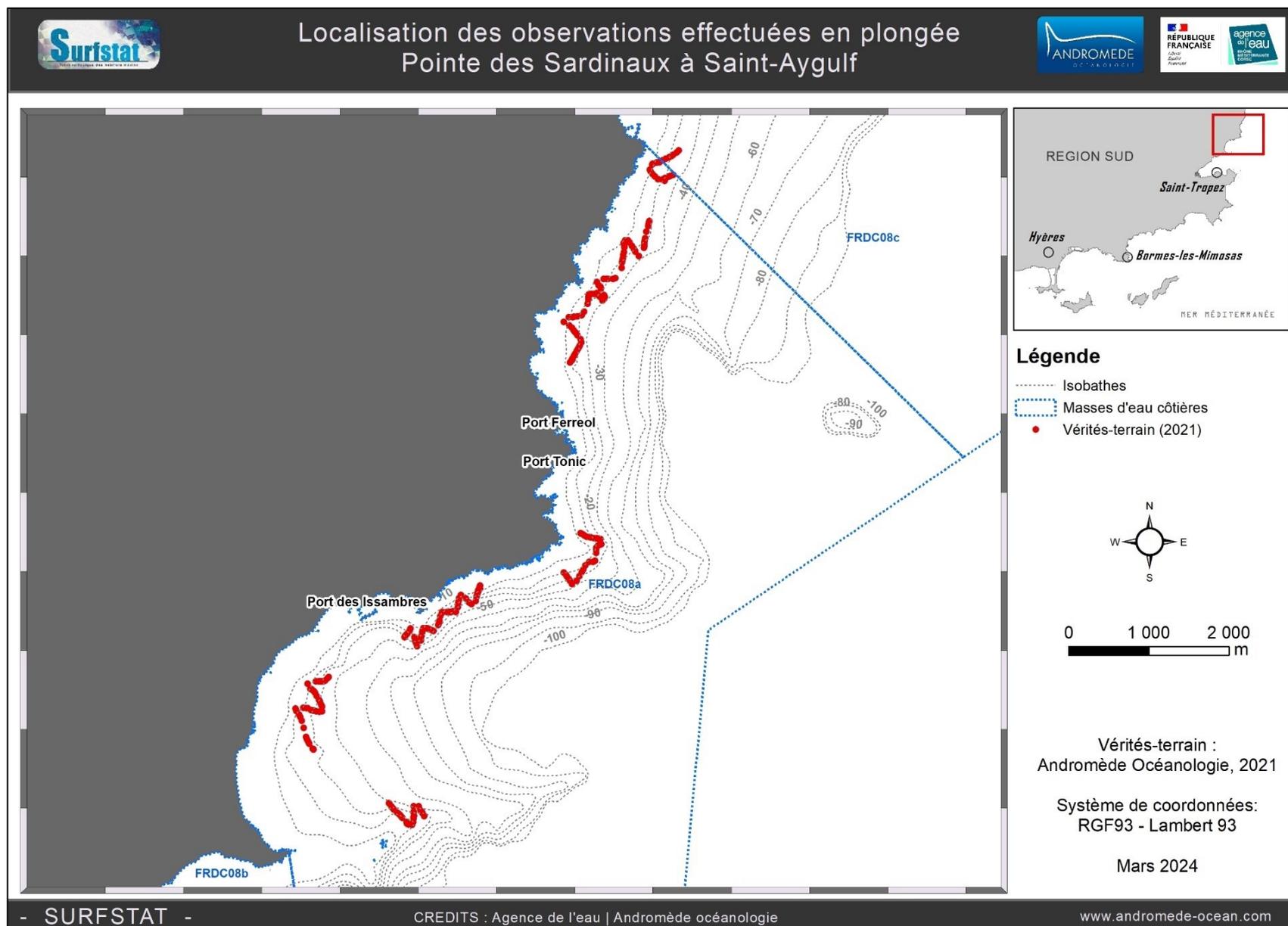


III.9.2. Vérités-terrain

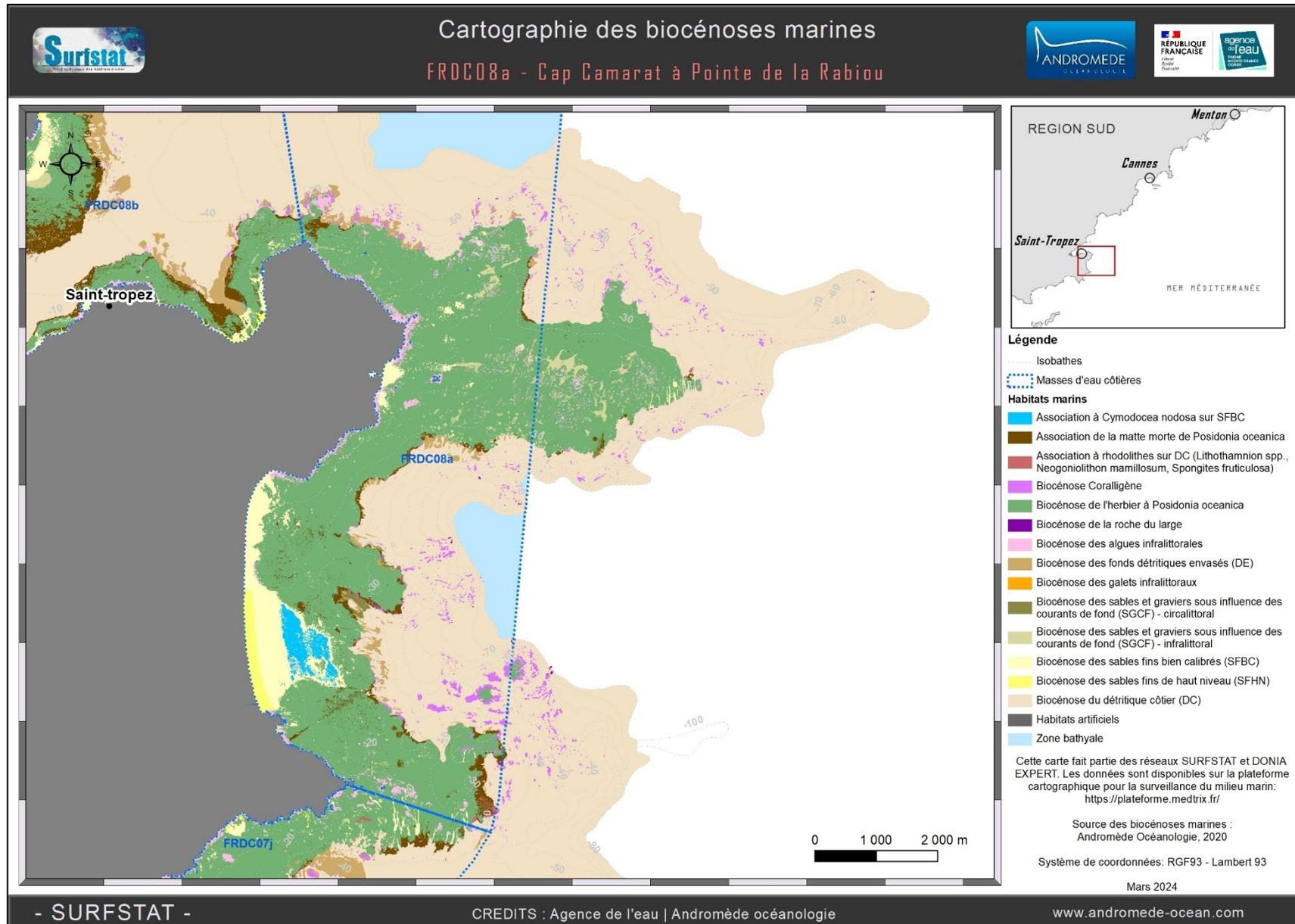
340 observations en plongée tractée ont été effectuées dans le secteur de Pampelonne.

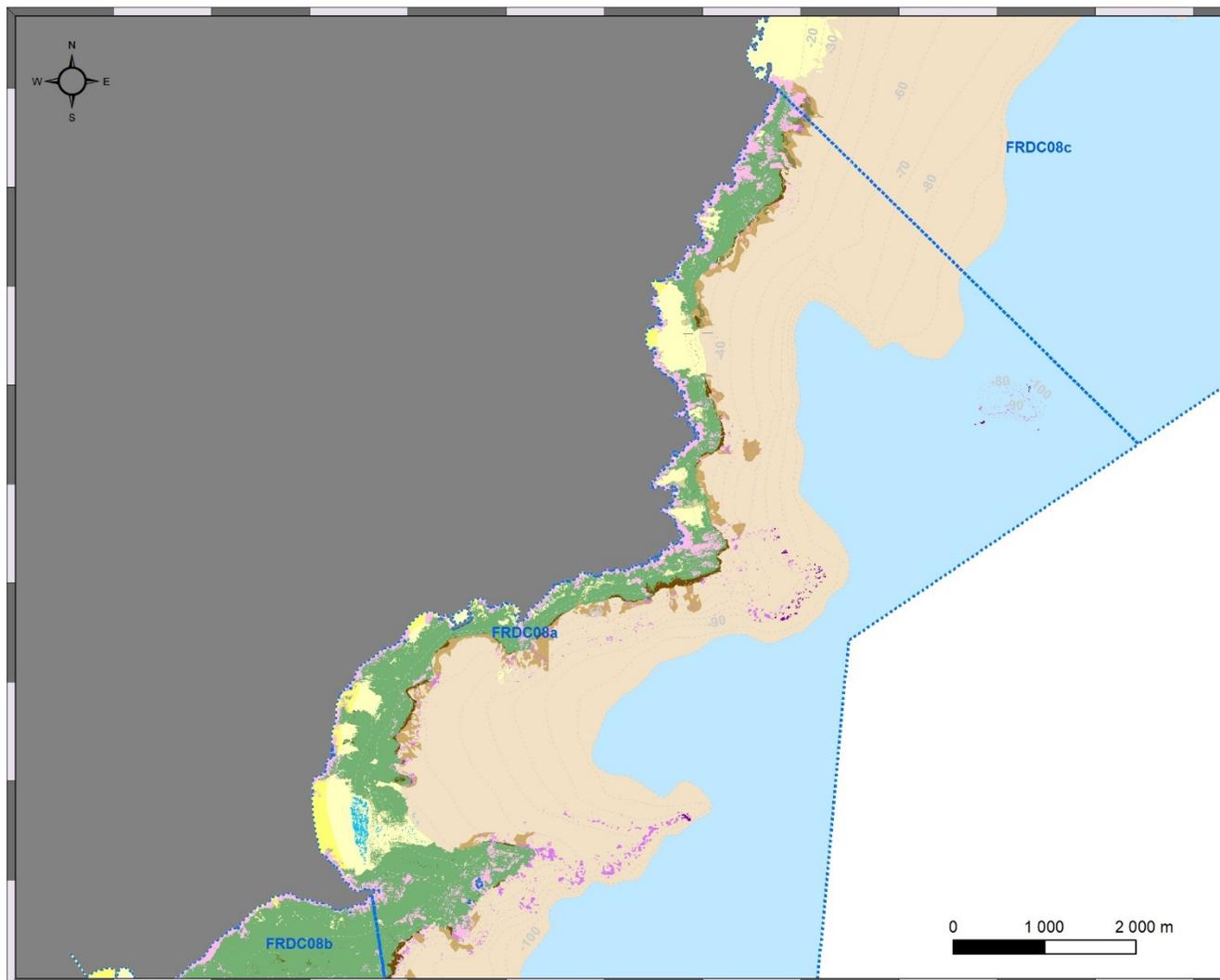


260 observations en plongée tractée ont été effectuées dans le secteur entre Sainte-Maxime et Saint-Aygulf.



III.9.3. Cartographie des biocénoses marines





Légende

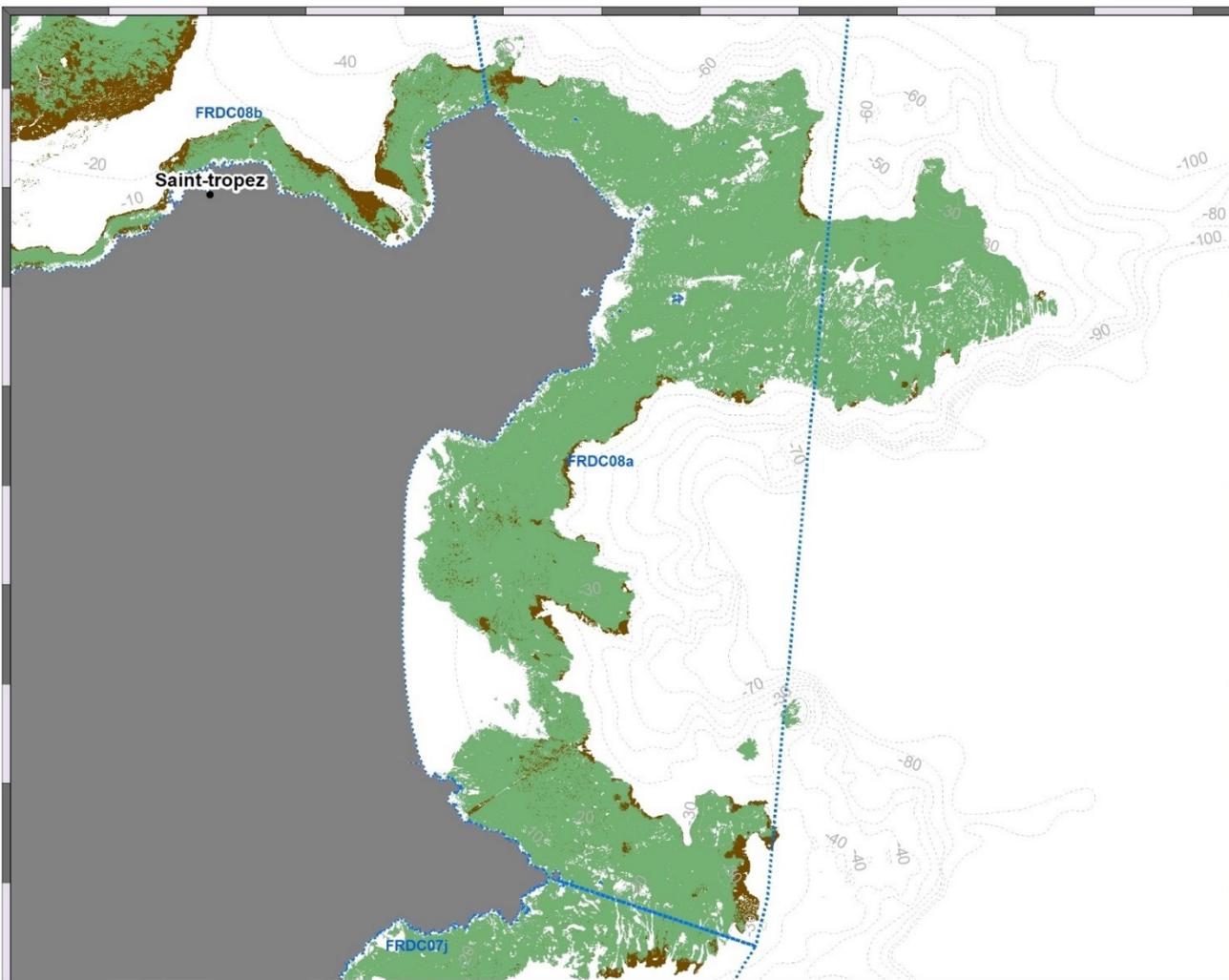
- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Habitats marins**
- Association à *Cymodocea nodosa* sur SFBC
- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose Coralligène
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*
- Biocénose de la roche du large
- Biocénose des algues infralittorales
- Biocénose des fonds détritiques envasés (DE)
- Biocénose des sables et graviers sous influence des courants de fond (SGCF) - circalittoral
- Biocénose des sables et graviers sous influence des courants de fond (SGCF) - infralittoral
- Biocénose des sables fins bien calibrés (SFBC)
- Biocénose des sables fins de haut niveau (SFHN)
- Biocénose du détritique côtier (DC)
- Habitats artificiels
- Zone bathyale

Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



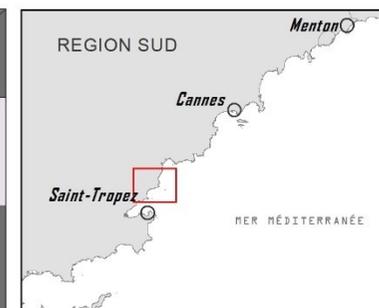
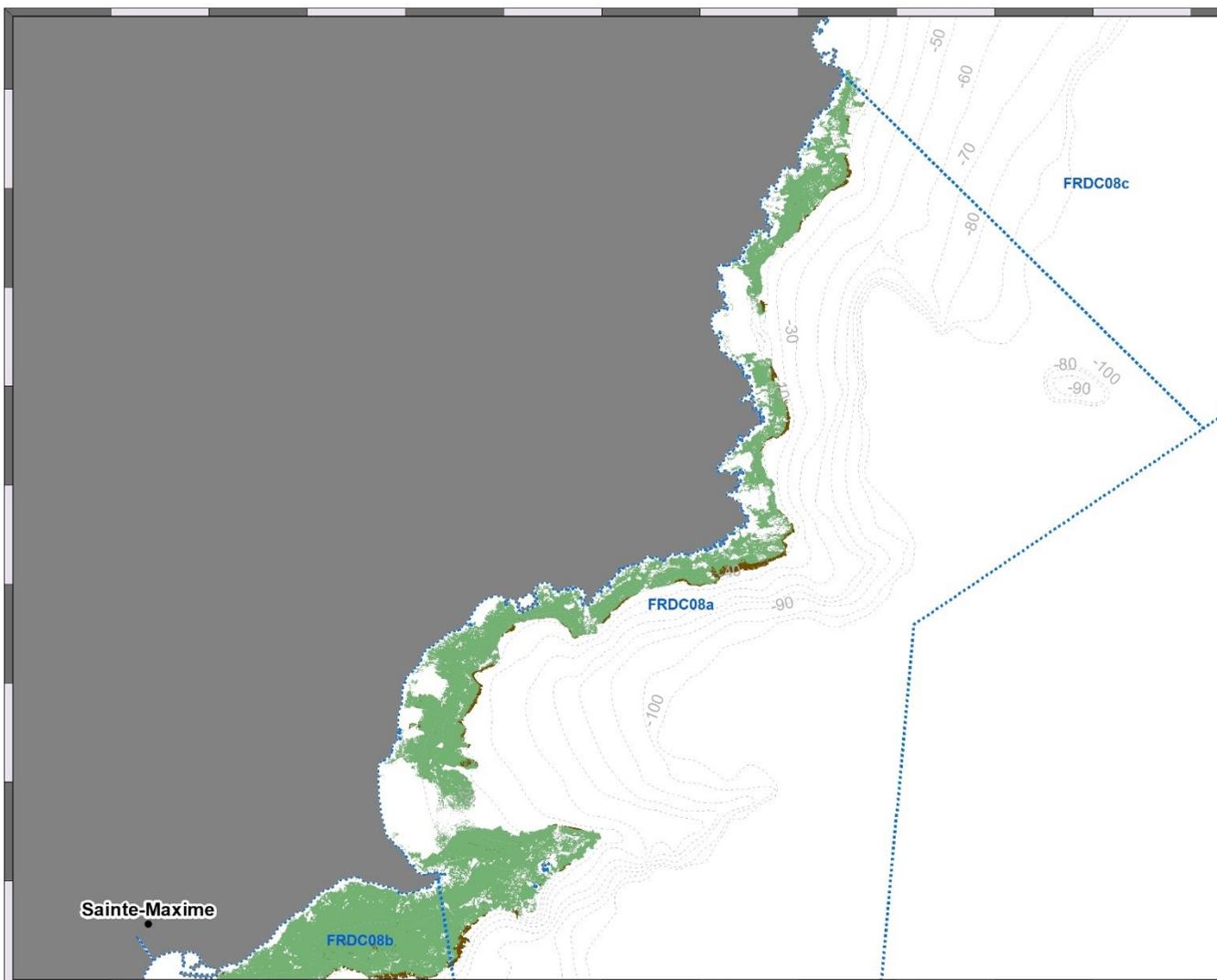
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

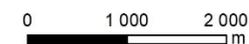
Mars 2024





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



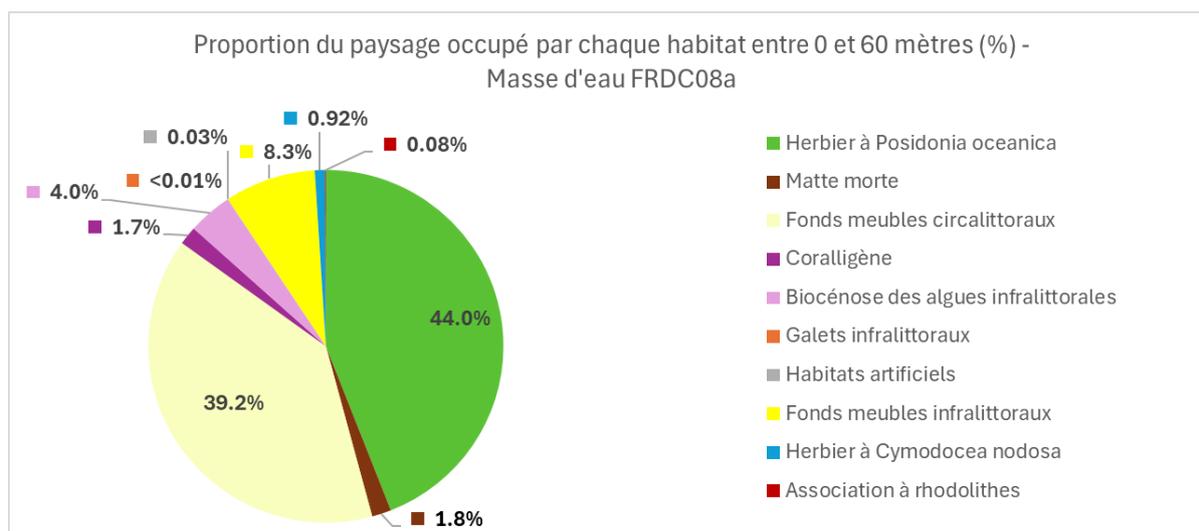
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

III.9.4. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC08a « Pointe des Issambres – Ouest Fréjus » comprend dix habitats entre 0 et -60 mètres dont les deux principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont la biocénose de l'herbier à posidonie (44 %) et les fonds meubles circalittoraux (39,2 %).

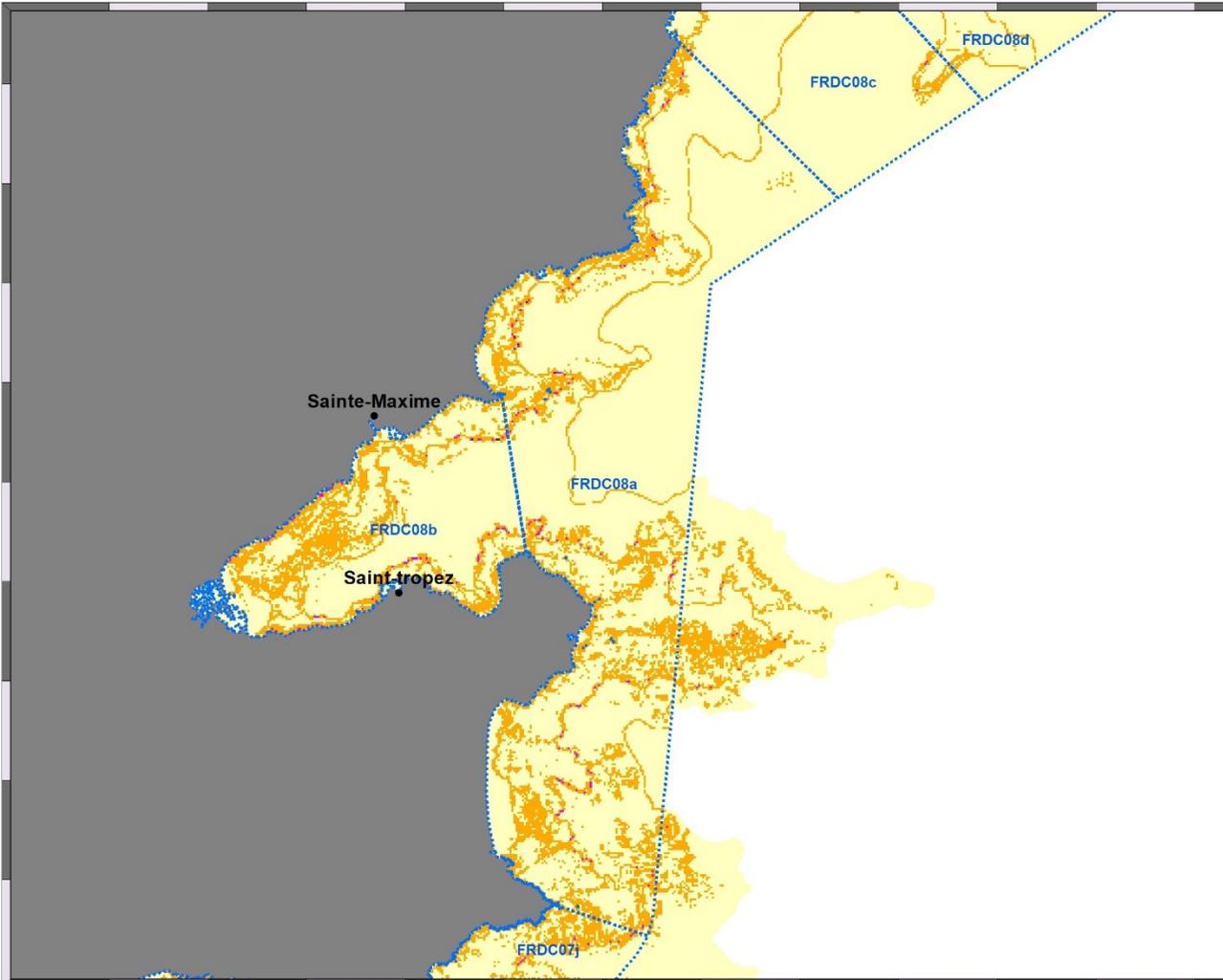
L'analyse de la comparaison des indicateurs surfaciques pour cette masse d'eau montre une certaine hétérogénéité entre les valeurs. Celles-ci sont assez proches des moyennes régionales, sauf pour le pourcentage du paysage compris par la tache la plus grande qui est bien en-dessous.

La masse d'eau FRDC08a présente une diversité paysagère assez élevée comparativement aux autres masses d'eau. Cet indice est présenté sur un pixel de 50 mètres page suivante.

Tableau 21 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC08a.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC08a	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	5577	87 0 16847 4009.64
Nombre d'habitats dans le paysage	10	6 0 11 8.52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	242.4	12.9 0 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	36.5	25.8 0 77.3 50.69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.18	0.07 0 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.72	0.44 0 0.89 0.67





Légende

Masses d'eau côtières

Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERM
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

L'herbier occupe 60,7 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. **Ce taux de recouvrement est fort**, il se rapproche de la proportion maximale relevée sur l'ensemble des masses d'eau. On observe l'herbier de manière continue sur toute la masse d'eau.

Par rapport à l'ensemble des masses d'eau côtière en Région Sud, l'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC08a se caractérise par un nombre moyennement élevé de taches de grande taille et très agrégées. On note la présence d'une grande tache unique recouvrant 50,5 % du paysage indiquant **une formation continue de l'herbier**.

A noter que **l'association de la matte morte de posidonie n'est quasiment pas représentée dans cette masse d'eau** (98 ha soit 1,8 % du paysage), d'où une valeur d'indice de régression proche de 0.

Des **traces de mouillage** sont tout de même observées dans l'herbier sur le secteur de la **Baie de Pampelonne**. La **limite inférieure d'herbier est également régressive** à de nombreux endroits. Les forts courants de fond peuvent en être en partie la cause, comme l'atteste la présence de la « biocénoses des sables et graviers sous influence des courants de fond » aux étages infralittoral et circalittoral.

Concernant la comparaison des données sonar afin d'analyser l'évolution de la cartographie, les emprises des données historiques et récentes sont comparables.

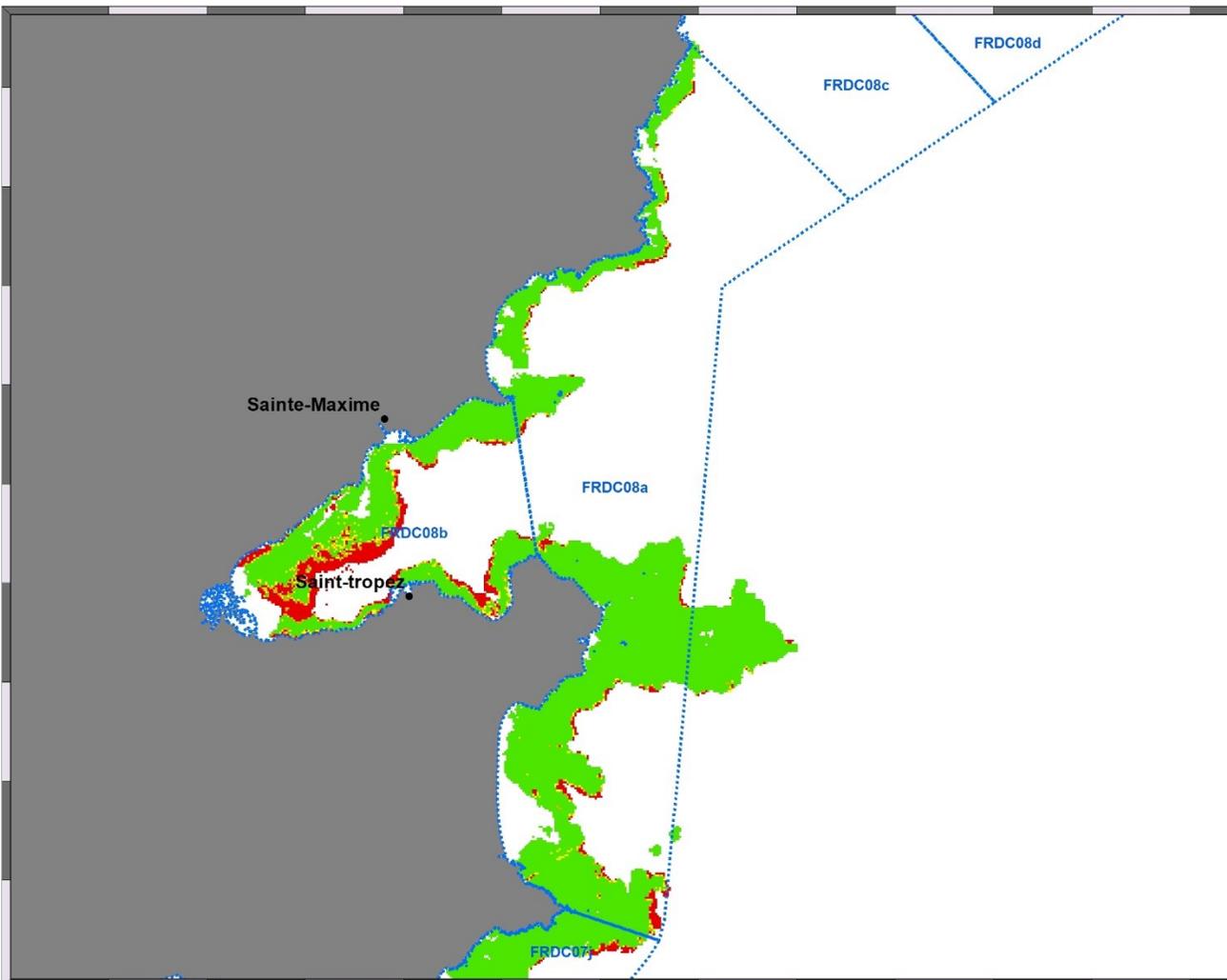
Tableau 22 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC08a.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC08a	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	60.7	1.8 0 75.4 36.45
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	45.1	1.7 0 172.5 56.3
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	50.4	0.6 0 74.7 28.34
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	1.35	0.12 0 2.08 0.84
Indice de complexité des formes	1.05	1.05 0 1.13 1.07
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	10.5	7 0 63.2 14.11
Indice de fragmentation de l'herbier	0.74	0.44 0 1 0.87
Indice d'agrégation entre les taches (%)	91.4	71.2 0 94.2 86.3
Indice de régression de l'herbier	0.04	0.03 0 0.57 0.19

Pour le secteur de Pampelonne, l'actualisation a permis de **compléter la cartographie de la biocénose du coralligène et de l'association à *Cymodocea nodosa***. Les surfaces de ces deux habitats passent de 104 ha à 111 ha pour le coralligène et de 6,3 ha à 46 ha pour la Cymodocée. La limite inférieure d'herbier a aussi été fortement affinée et un nouvel habitat a été ajouté à la cartographie : « l'association à rhodolithes sur détritique côtier ». Sa présence a été recensée sur 23 observations à l'aide des vérités-terrain effectuées en plongée tractée en juin 2022 dans le cadre du projet SANDRO (Andromède/OFB, 2023). La représentation de cet habitat a cependant été extrapolée en fonction des divers taux de recouvrement relevés en plongée (mosaïque spatiale entre la biocénose de l'herbier de posidonie, la matte morte associée et l'association à rhodolithes sur détritique côtier). **Les fonds meubles ont également été cartographiés plus précisément avec l'ajout de la « biocénose des sables et graviers sous influence des courants de fond » (étages infralittoral et circalittoral).**

L'évolution de la cartographie pour ce secteur est présentée Figure 37a, 37b et Figure 38 pages suivantes.





Légende

Masses d'eau côtières

Indice de régression (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERM
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

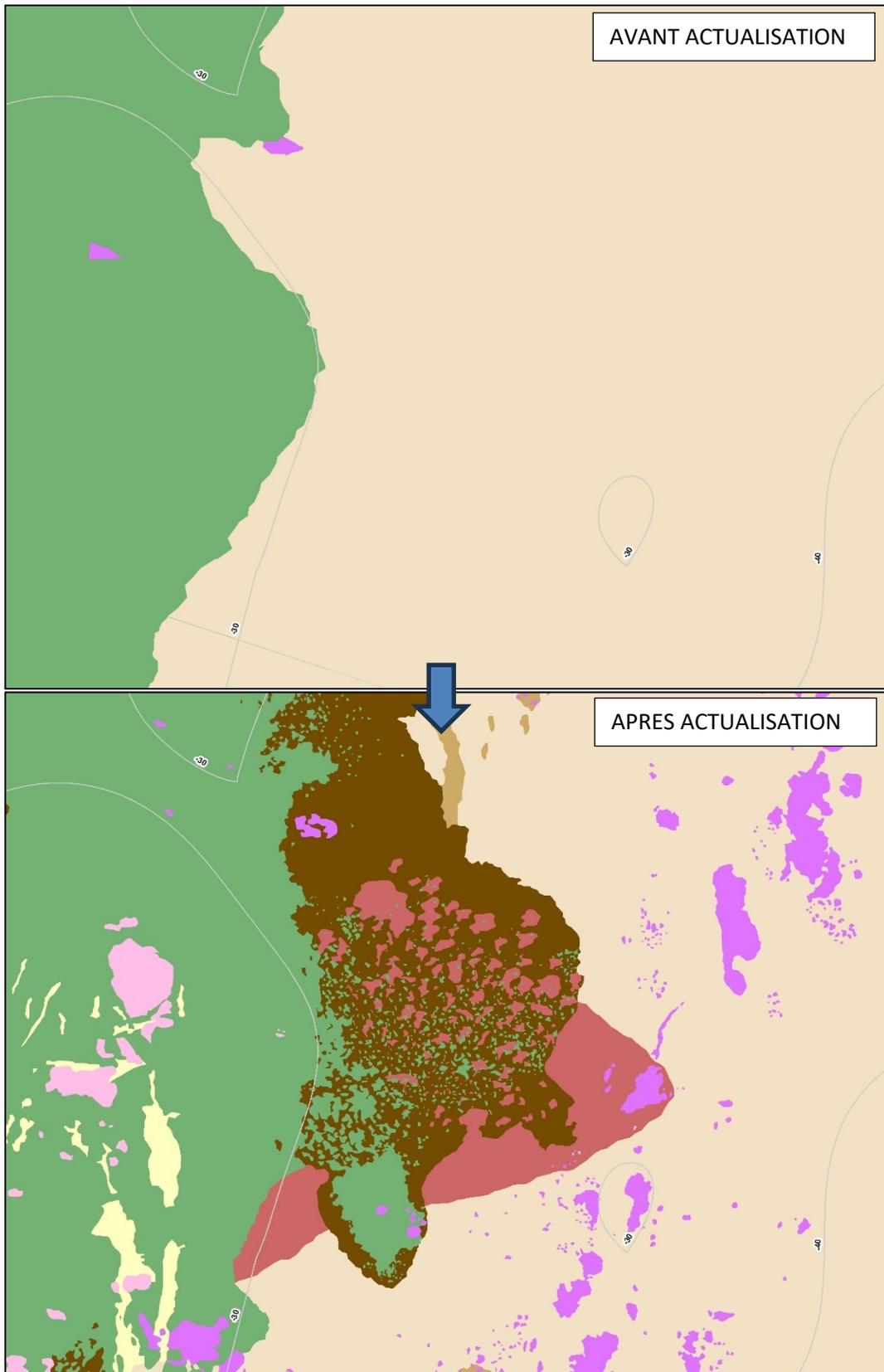


Figure 37a : Actualisation de la cartographie des biocénoses marines au large du Cap Camarat. L'interprétation des données sonar et l'acquisition d'observations in situ en plongée tractée a permis de recenser l'association à rhodolithes sur détritique côtier (en rouge) et de mettre à jour la limite inférieure d'herbier (en vert) ainsi que d'ajouter de nombreux récifs coralligènes (en violet).



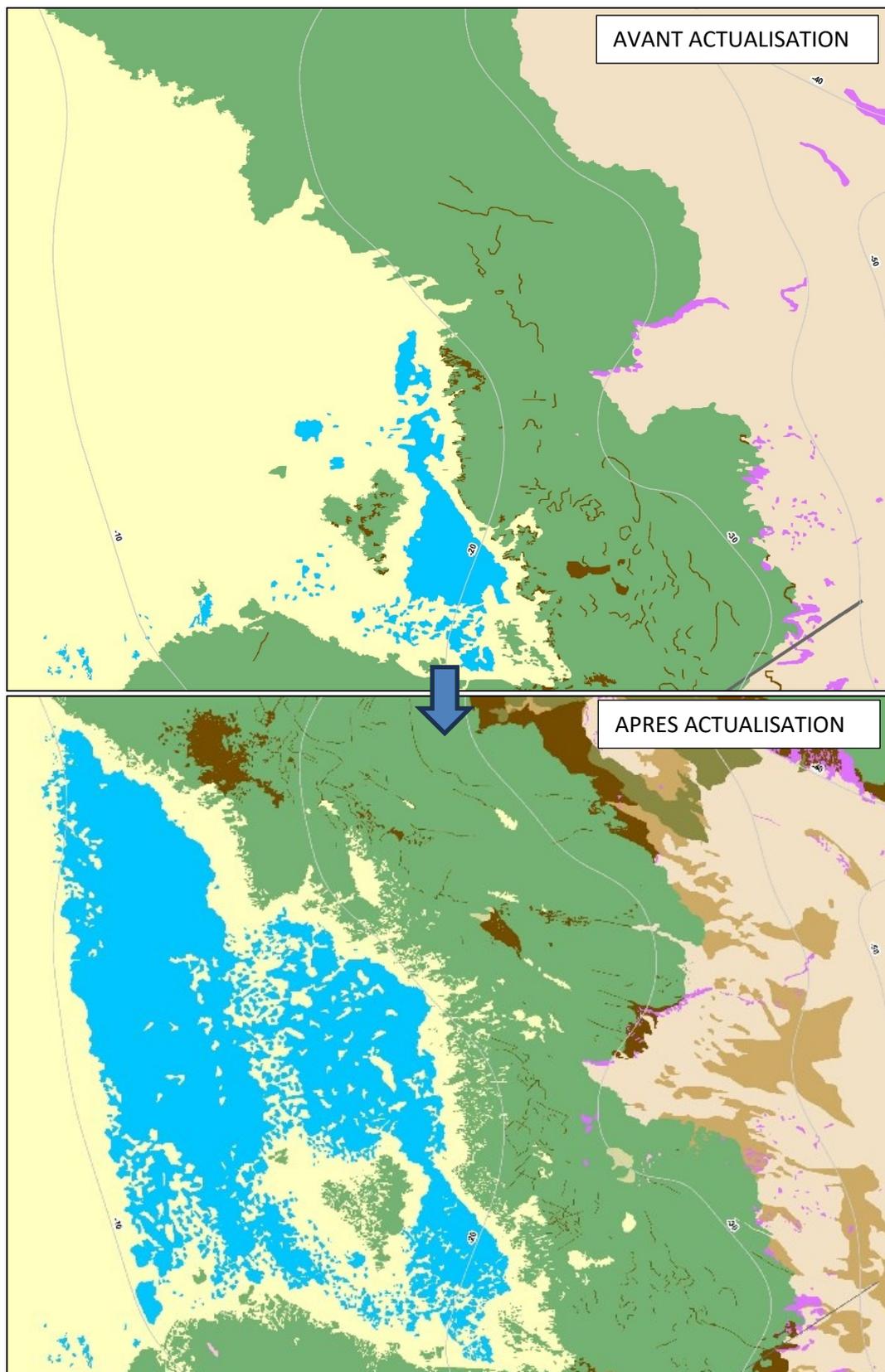


Figure 37b : Actualisation de la cartographie des biocénoses marines dans la Baie de Pampelonne. L'interprétation des données sonar a permis de compléter la cartographie de l'herbier à Cymodocées (en bleu) ainsi que les fonds meubles (marron clair : détritique envasé ; vert kaki : sables à ripples). De nouvelles traces de mouillage sont visibles dans l'herbier en haut de l'image représentant la cartographie actualisée (matte morte en marron).

AVANT ACTUALISATION

APRES ACTUALISATION

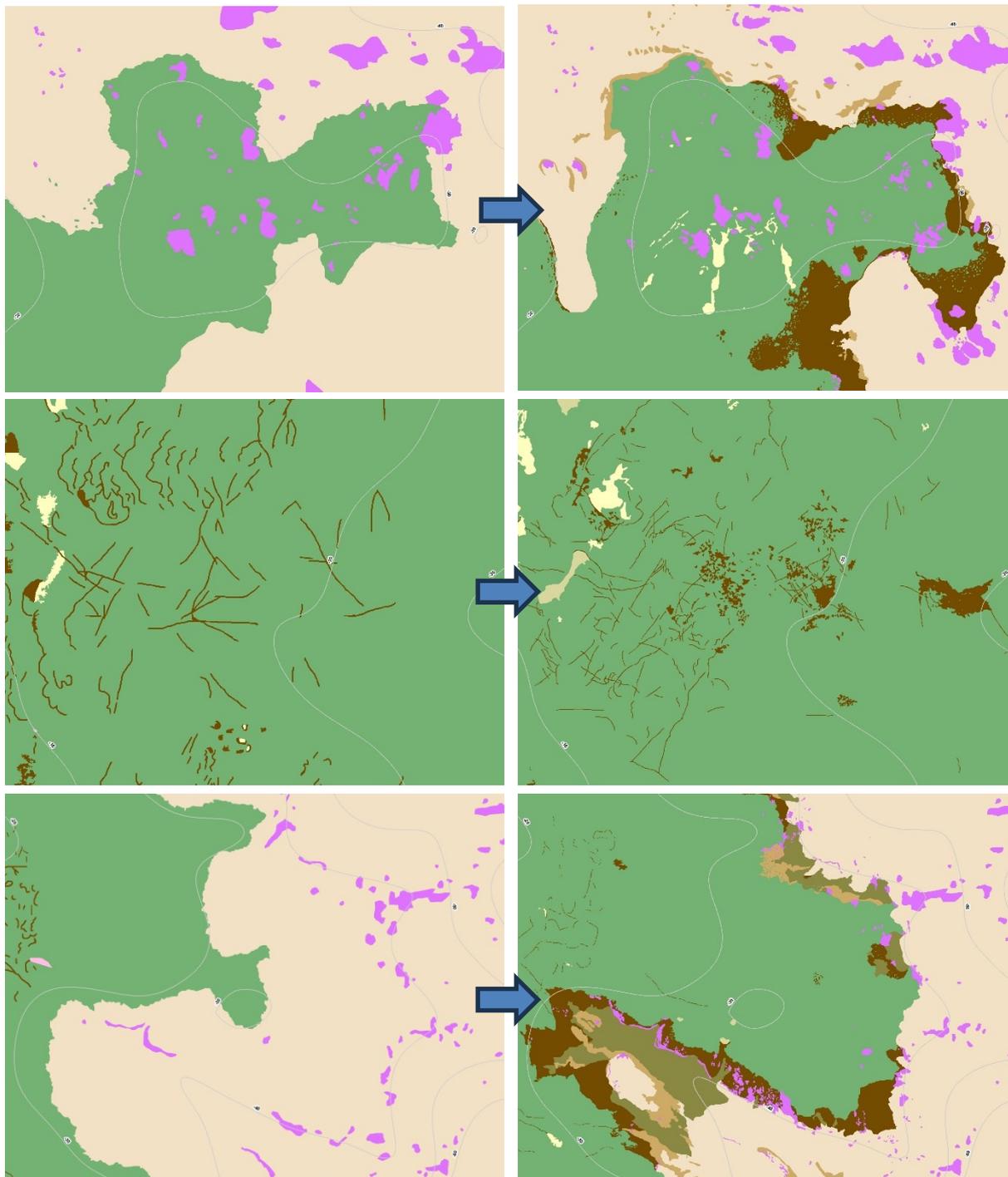


Figure 38 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines dans le secteur de Pampelonne avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Détritique envasé ; Vert kaki : sable grossier à ripplemarks).



Pour la zone au large du Cap des Salins, un gros travail d'actualisation a été fourni au sein de l'herbier. En effet, l'acquisition sonar effectuée en 2011 pour la cartographie de la zone Natura 2000 « Corniche Varoise » s'est surtout concentrée sur des petites zones en limite inférieure d'herbier et plus au large (voir ci-dessous).



Figure 39 : Emprise des données sonar acquises en 2012 dans le cadre de l'analyse écologique du site Natura 2000 « Corniche varoise » (Andromède/Agence des Aires Marines Protégées, 2011).

Cette mise à jour cartographique a donc permis de compléter et d'affiner les limites de l'herbier en y intégrant de nombreuses **zones de sables grossiers à rippemarks, de la roche à algues infralittorales, des zones de matie morte en limite inférieure ainsi que quelques zones de rhodolithes sur détritique côtier.**

Quelques **traces de mouillage** ont été également cartographiées entre -25 et -35 m, mais globalement **l'herbier est très peu impacté** par l'ancrage des navires.

L'actualisation de la cartographie des biocénoses pour ce secteur est présentée Figure 40a et 40b pages suivantes.

AVANT ACTUALISATION

APRES ACTUALISATION

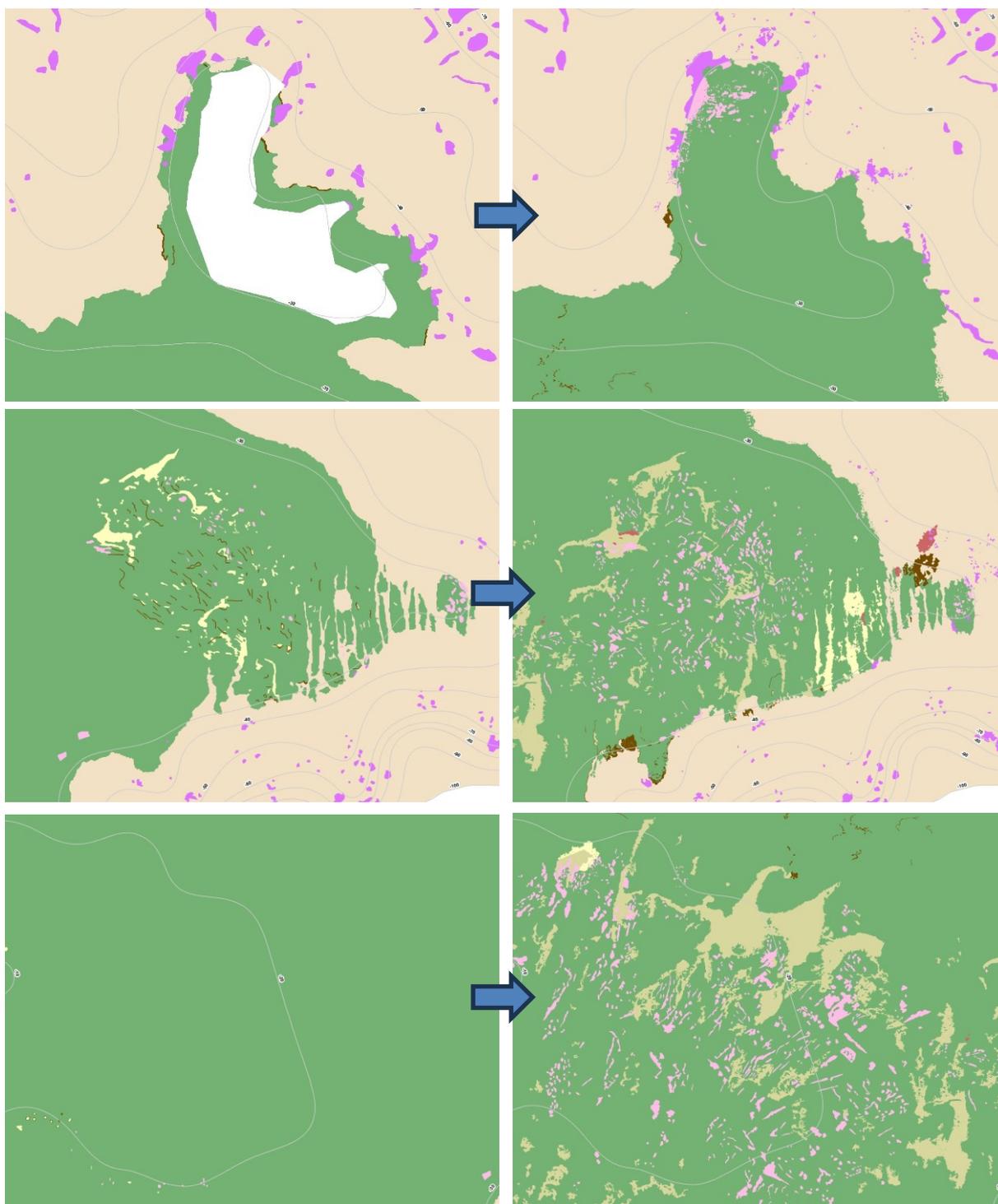


Figure 40a : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines dans la zone au large du Cap des Salins avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Détritique envasé ; Beige verdâtre : sable grossier à ripplemarks ; Rouge : Association à rhodolithes sur DC).



AVANT ACTUALISATION

APRES ACTUALISATION

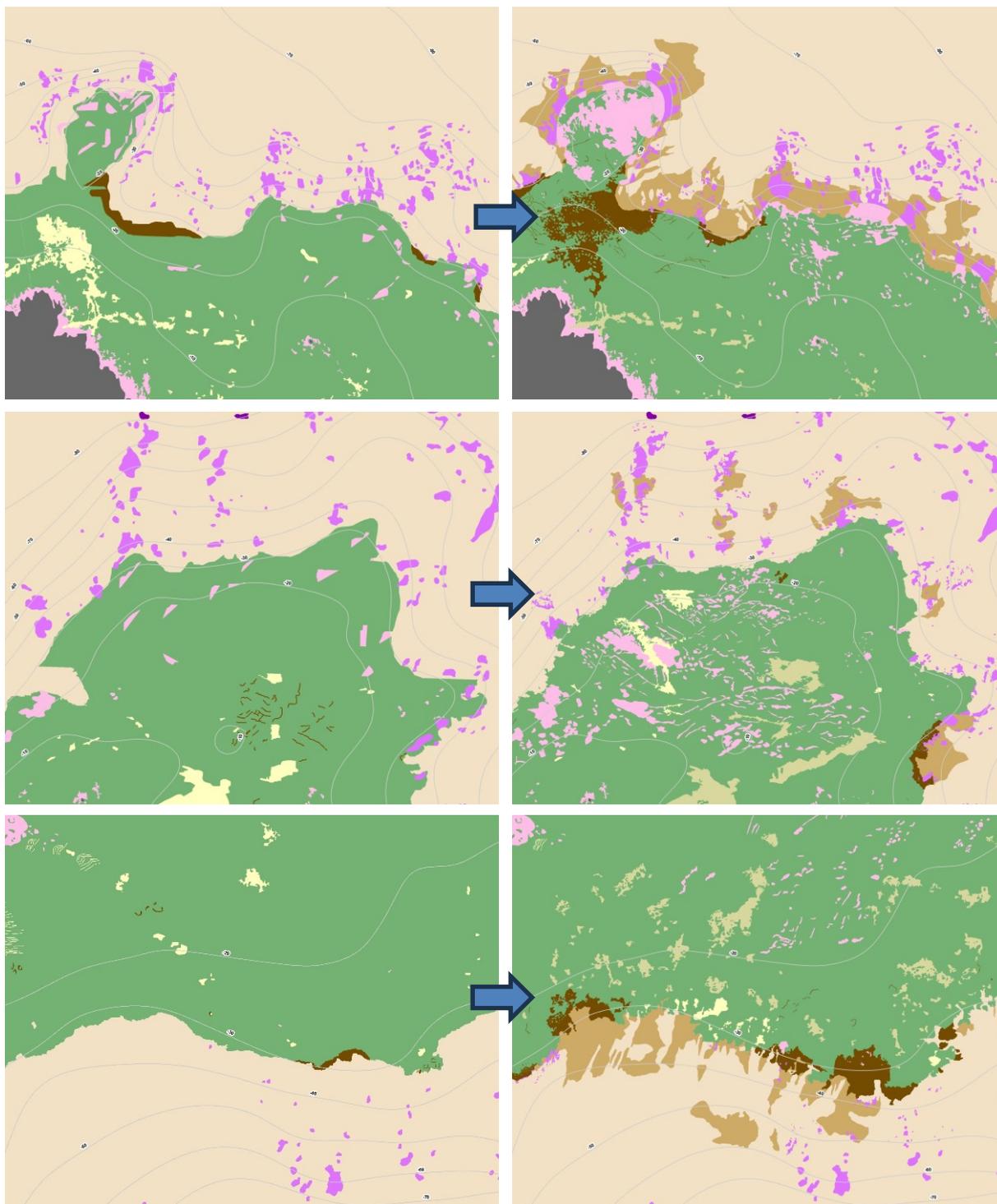


Figure 40b : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines au large du Cap des Salins et de la Pointe de la Rabiou avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Détritique envasé ; Beige verdâtre : sable grossier à ripplemarks).

Enfin, pour le secteur Sainte-Maxime/La Gaillarde, aucune évolution particulière n'a été observée. Grâce à l'agrandissement de l'emprise globale des données sonar, l'actualisation concerne principalement la limite inférieure d'herbier sur toute la côte, l'ajout d'un herbier à Cymodocées de 5 hectares en zone infralittorale et l'ajout de fonds détritiques envasés et de sables grossiers à ripplemarks. Quelques exports sont présentés ci-dessous afin d'illustrer cette évolution cartographique :

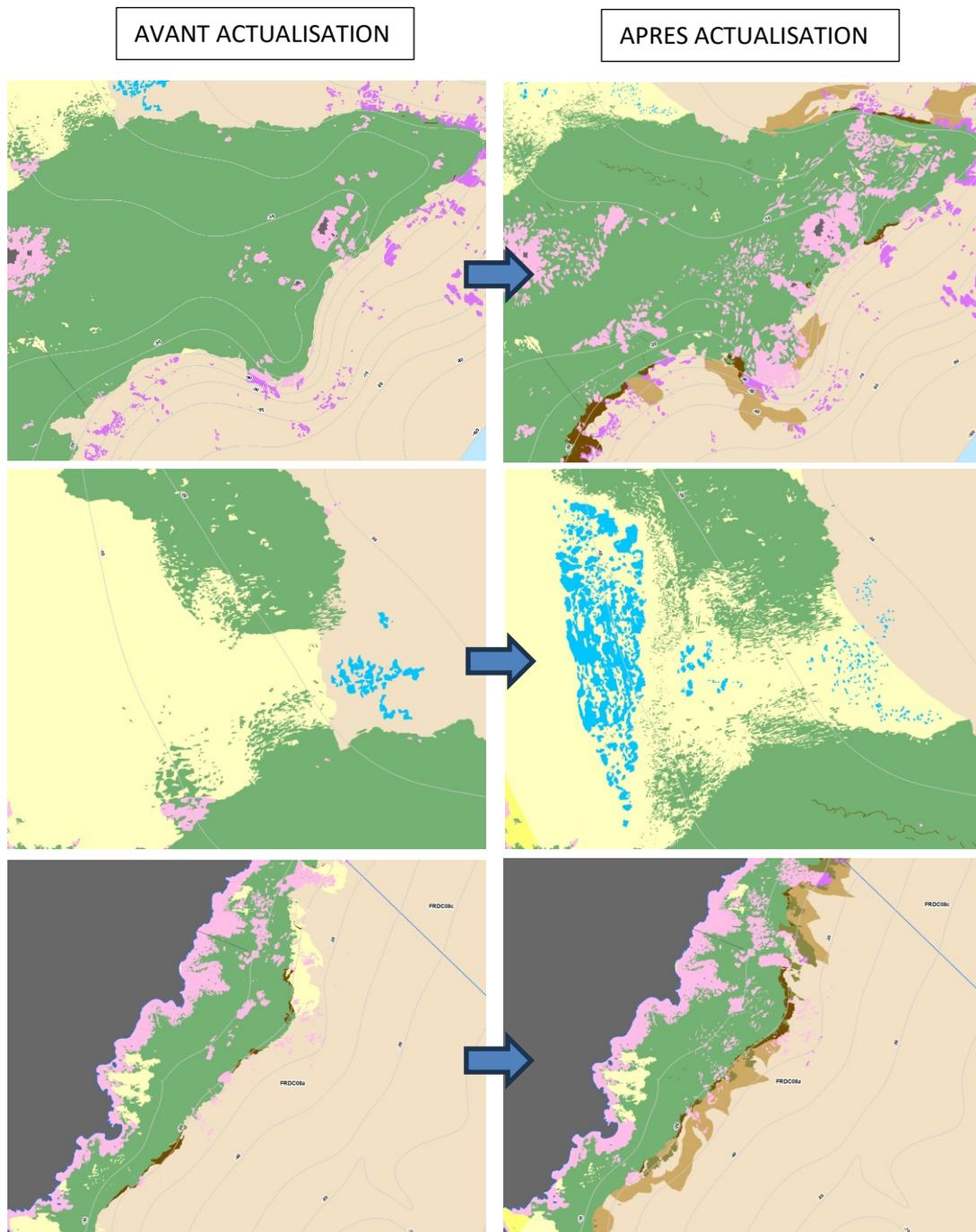
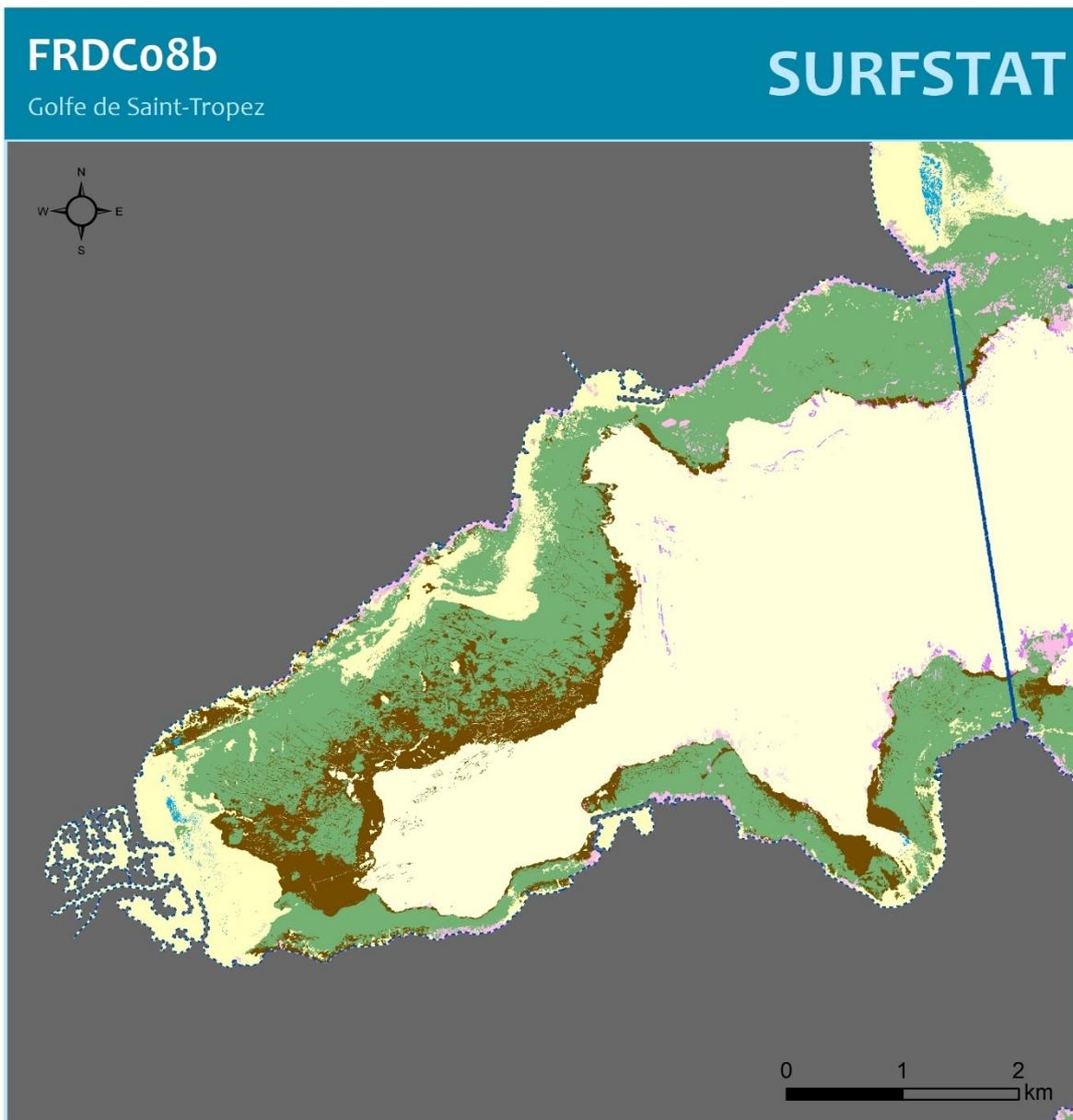


Figure 41 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines sur le secteur de Sainte-Maxime/La Gaillarde avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Bleu : Cymodocées ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Détritique envasé ; Vert kaki : sable grossier à ripplemarks).



III.10. Masse d'eau FRDC08b : Golfe de Saint-Tropez



GOLFE DE SAINT-TROPEZ



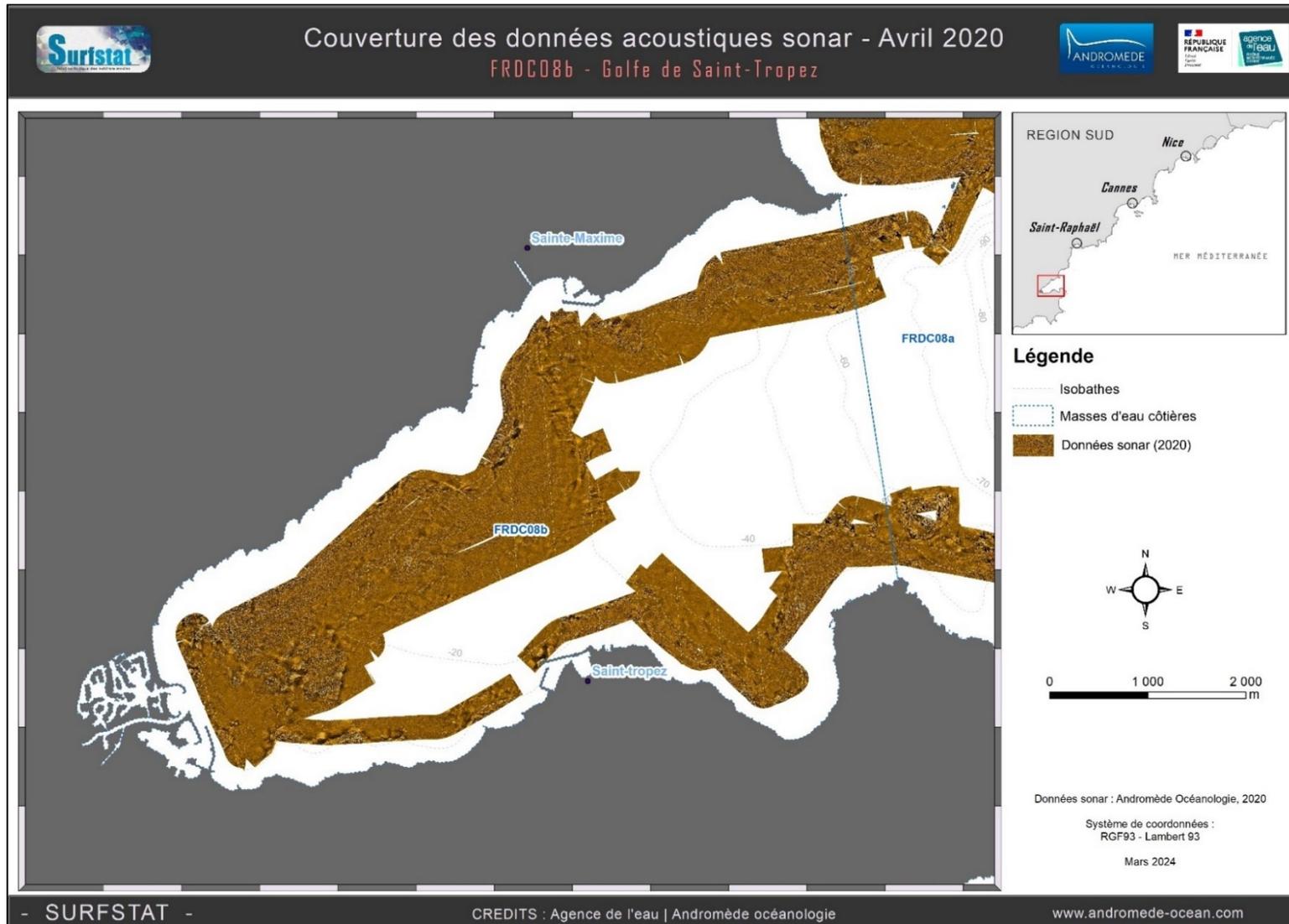
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Mars 2024

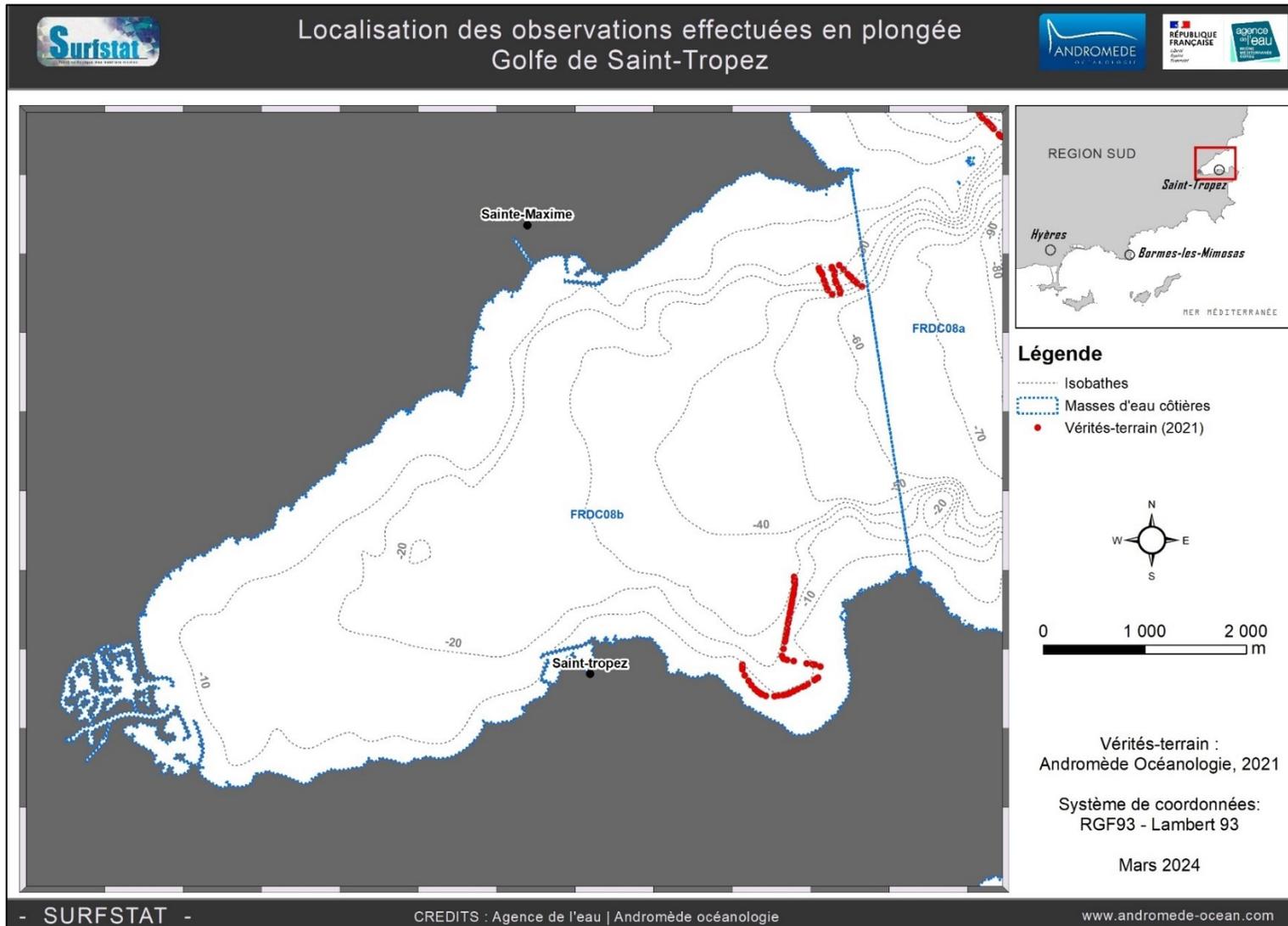
III.10.1. Sonar latéral

960 ha de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses du Golfe de Saint-Tropez.

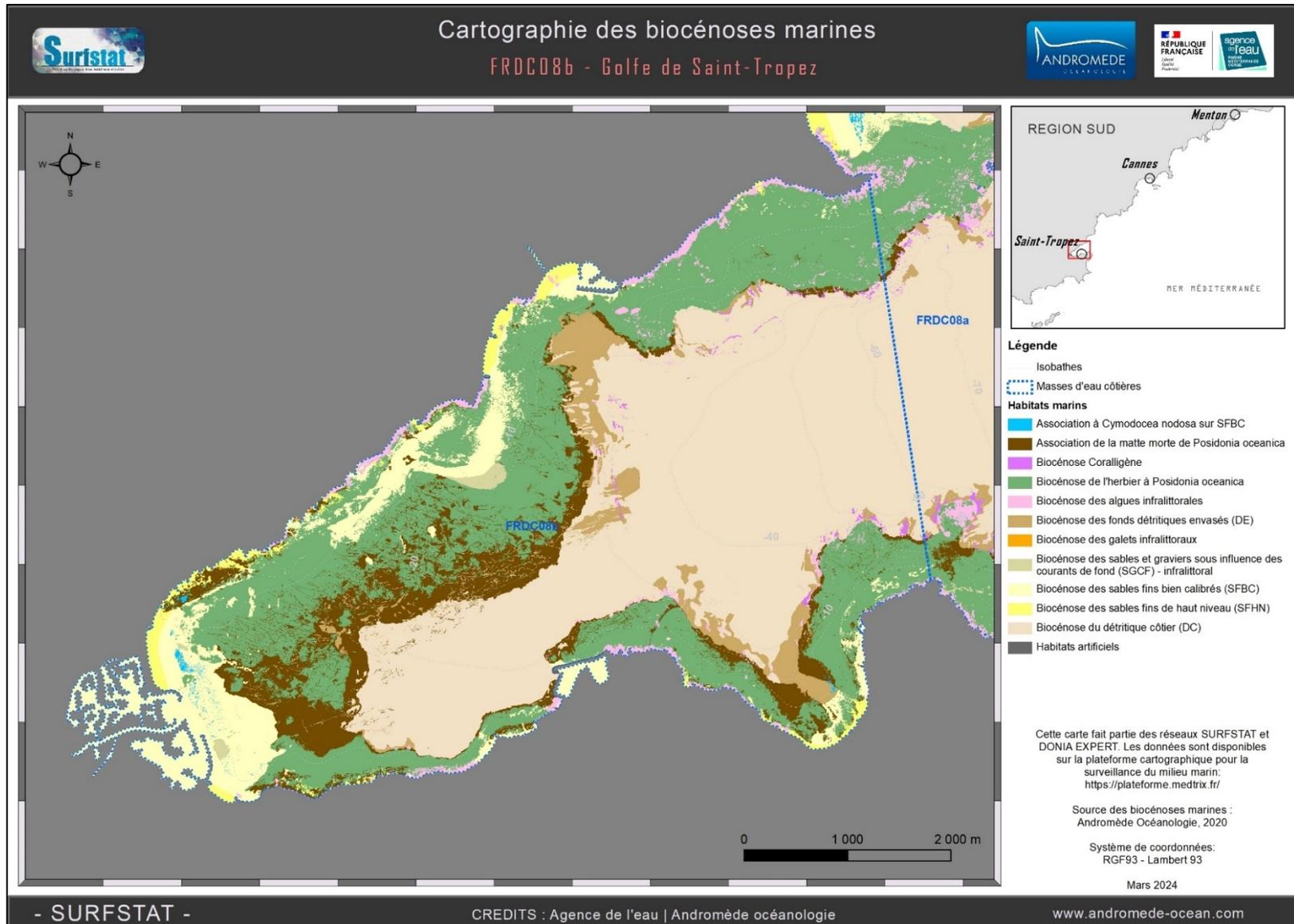


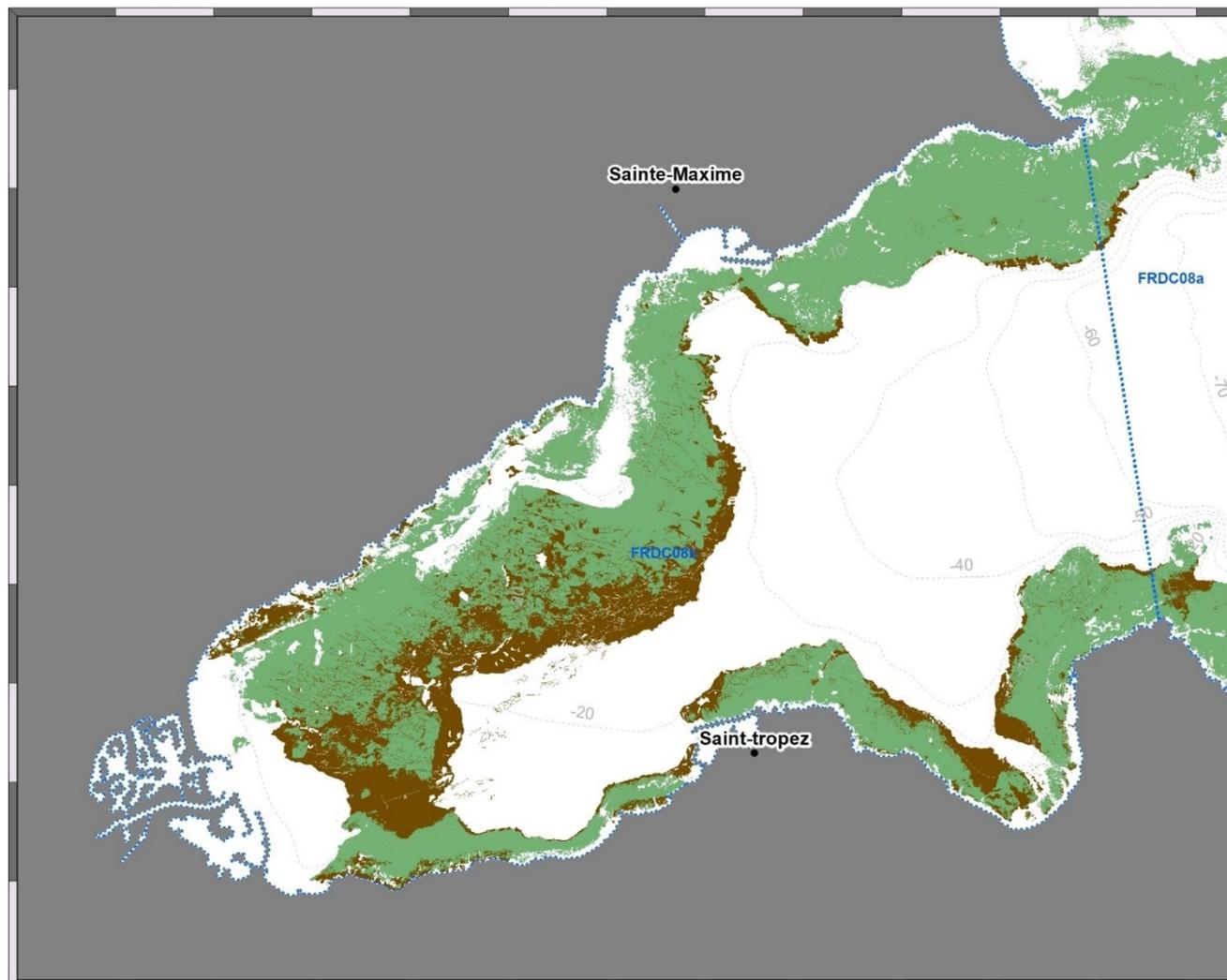
III.10.2. Vérités-terrain

90 observations en plongée tractée ont été effectuées dans le Golfe de Saint-Tropez.



III.10.3. Cartographie des biocénoses marines





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



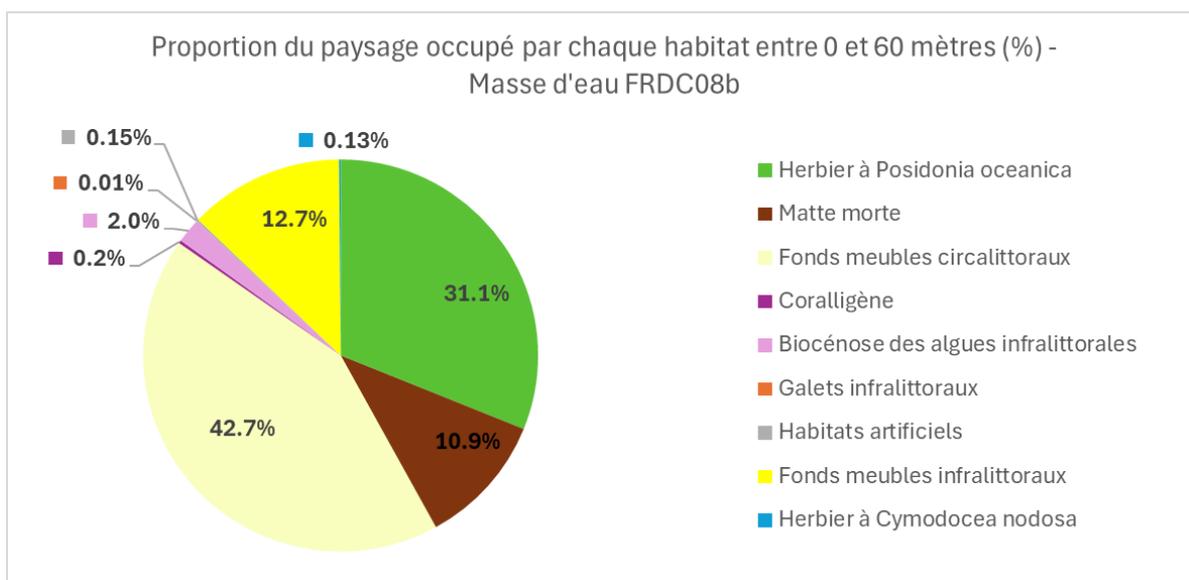
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

III.10.4. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC08b « Golfe de St Tropez » comprend neuf habitats entre 0 et -60 mètres dont les quatre principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont la biocénose de l'herbier à posidonie (31,1 %), la matte morte (10,9 %), les fonds meubles circalittoraux (42,7 %) et infralittoraux (12,7 %).

L'analyse de la comparaison des indicateurs surfaciques montre une certaine hétérogénéité entre les valeurs. Seules les indices de densité de taches et de diversité des habitats ont des valeurs bien supérieures aux moyennes régionales correspondantes.

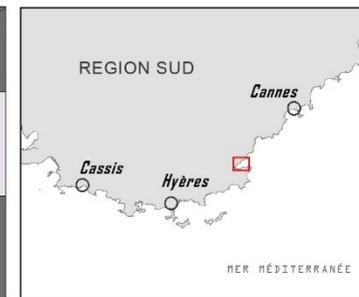
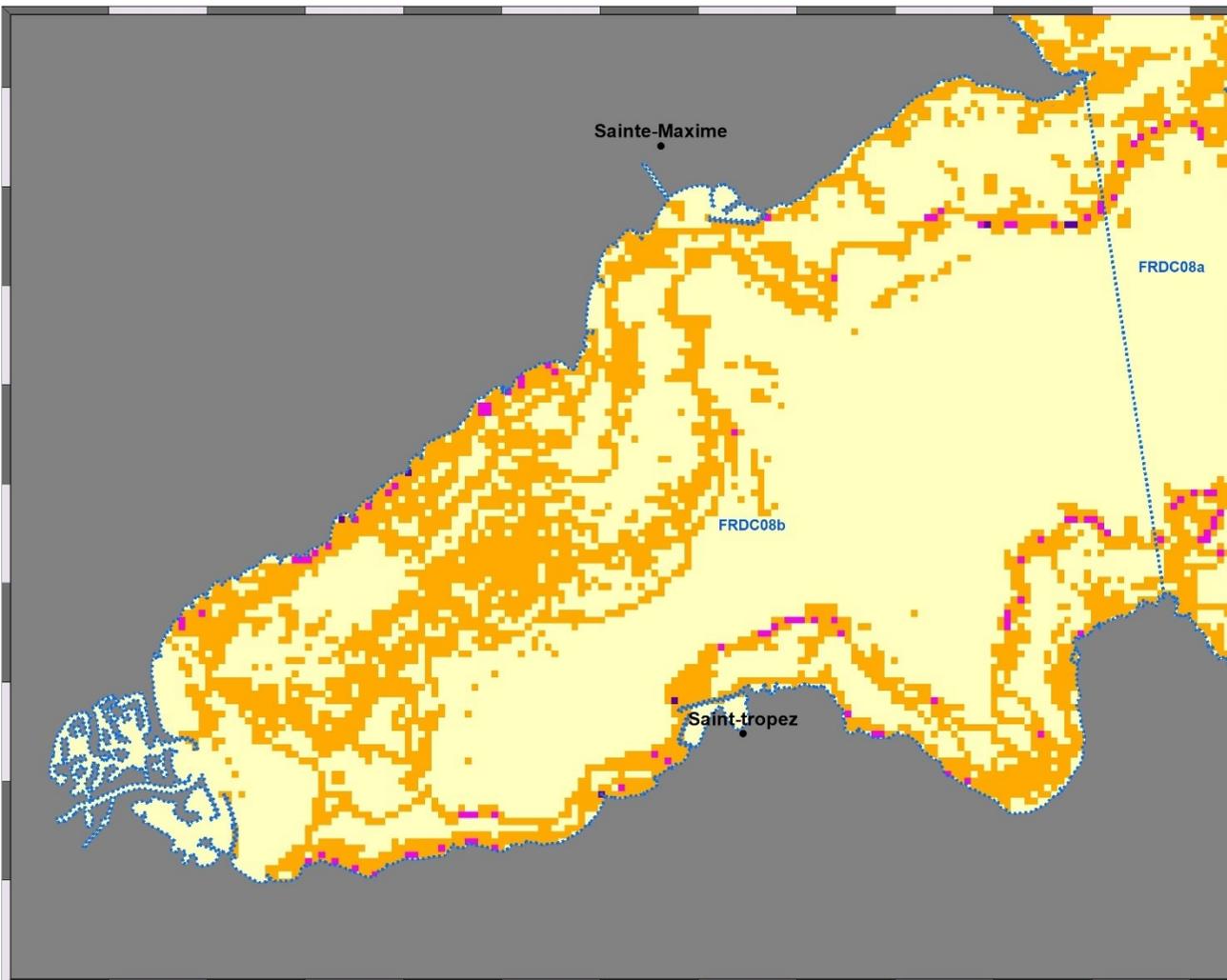
Cette masse d'eau présente une diversité paysagère élevée par rapport aux valeurs régionales.

L'indice est représenté sur un pixel de 50 mètres page suivante.

Tableau 23 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC08b.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC08b	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	2658	87 16847 4009.64
Nombre d'habitats dans le paysage	9	6 11 8.52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	367.3	12.9 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	42.4	25.8 77.3 50.69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.34	0.07 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.78	0.44 0.89 0.67





Légende

Masses d'eau côtières

Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

L'herbier occupe 36,2 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. **Ce taux de recouvrement est égal à la moyenne relevée sur l'ensemble des masses d'eau en Région Sud.**

Par rapport à l'ensemble des masses d'eau côtière en Région Sud, l'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC08b se caractérise par un nombre de taches proche de la moyenne, moyennement agrégées entre elles, globalement de petite taille et proches les unes des autres. **L'indice de fragmentation de l'herbier est très élevé.**

L'indice de régression de l'herbier est supérieur à la moyenne régionale. Cet indice est représenté sur un pixel de 50 mètres page suivante.

Ce secteur est connu comme étant extrêmement fréquenté par la plaisance (données AIS disponibles sur le projet [Suivi du Mouillage](#)). Lors de l'étude cartographique précédente sur les zones fortement impactées en Région Sud ([Andromède, 2020](#)), une analyse de l'évolution des surfaces d'herbier et de la matre morte a été effectuée dans ce secteur. **La perte d'herbier a été estimée à 145 hectares entre 2010 et 2018.**

Les emprises des données sonar historiques (2018) et récentes (2020) ne se chevauchant pas complètement, une analyse de l'évolution des limites de l'herbier a pu se faire seulement dans une partie du Golfe. Aucune évolution (régression ou progression) notable n'a été relevée entre 2018 et 2020. L'herbier semble ainsi stable dans ce secteur.

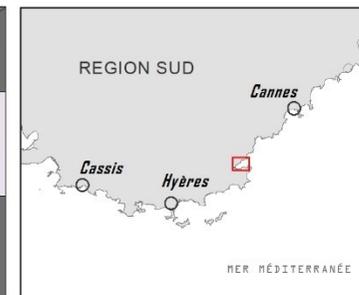
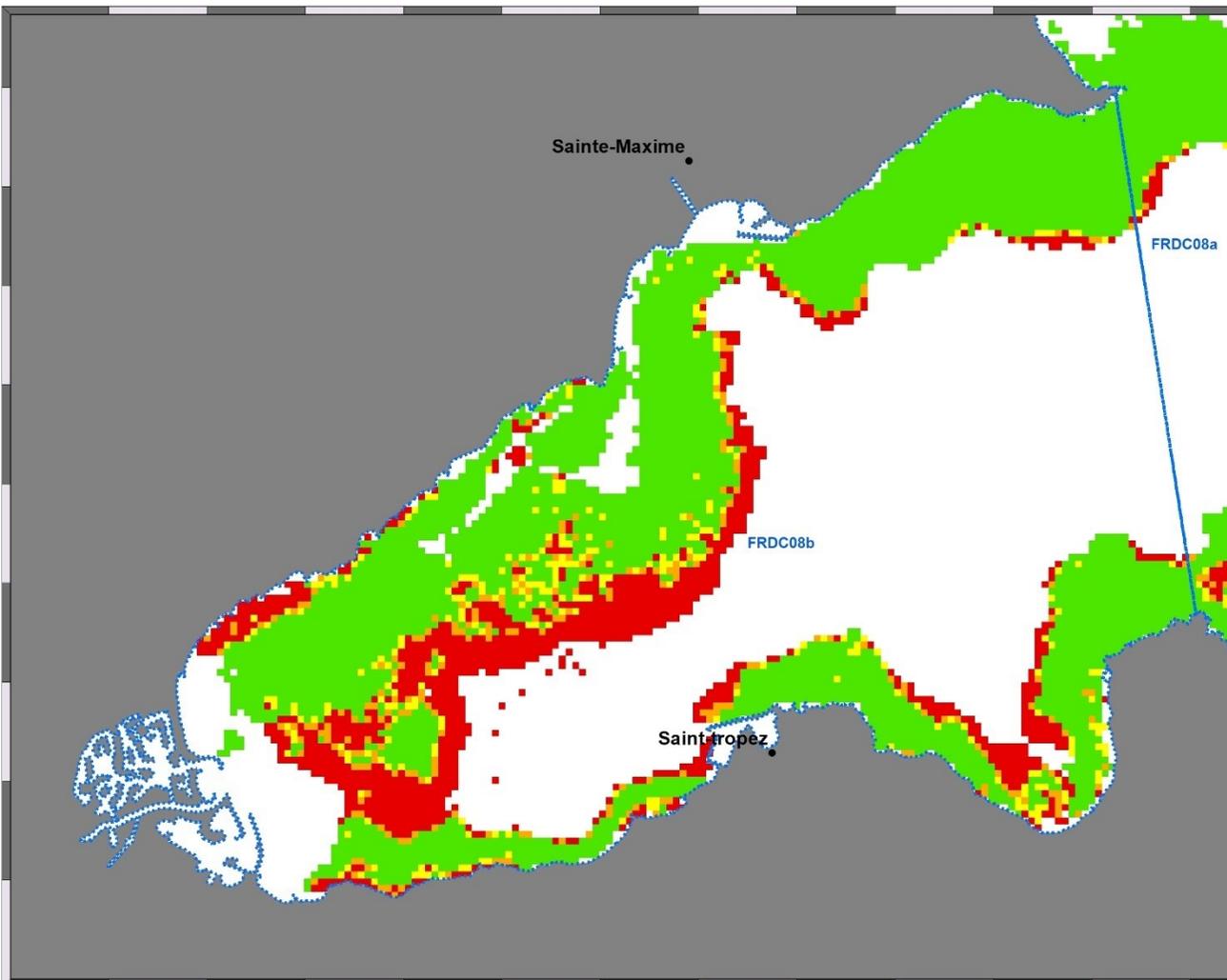
Les principales évolutions cartographiques sont liées au recalage de certaines biocénoses (décalage entre les données historiques et celles de 2020 qui sont de très bonne qualité suite au confinement d'avril 2020 et aux excellentes conditions météorologiques) et à l'enrichissement du pool de données sonar et de l'agrandissement de l'emprise d'actualisation. La cartographie du secteur a donc été complétée par un **herbier à Cymodocées en limite supérieure d'herbier au fond du Golfe**. Les **limites d'herbier ont aussi été actualisées** en limites supérieure (à l'est des ports Grimaud et Cogolin) et inférieure (face sud du Golfe entre Cogolin et le Port de Saint-Tropez). La Baie des Canebiers a pu également être complètement mise à jour et de nombreuses **traces de mouillage** ont été observées dans l'herbier.

Les Figure 42, Figure 43 et Figure 44 illustrent ces évolutions cartographiques pages suivantes.

Tableau 24 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC08b.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC08b	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	36.2	1.8 — 75.4 36.45
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	64.7	1.7 — 172.5 56.3
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	24.3	0.6 — 74.7 28.34
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	0.56	0.12 — 2.08 0.84
Indice de complexité des formes	1.06	1.05 — 1.13 1.07
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	9.8	7 — 63.2 14.11
Indice de fragmentation de l'herbier	0.94	0.44 — 1 0.87
Indice d'agrégation entre les taches (%)	85.7	71.2 — 94.2 86.3
Indice de régression de l'herbier	0.26	0.03 — 0.57 0.19



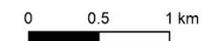


Légende

Masses d'eau côtières

Indice de régression (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMIC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

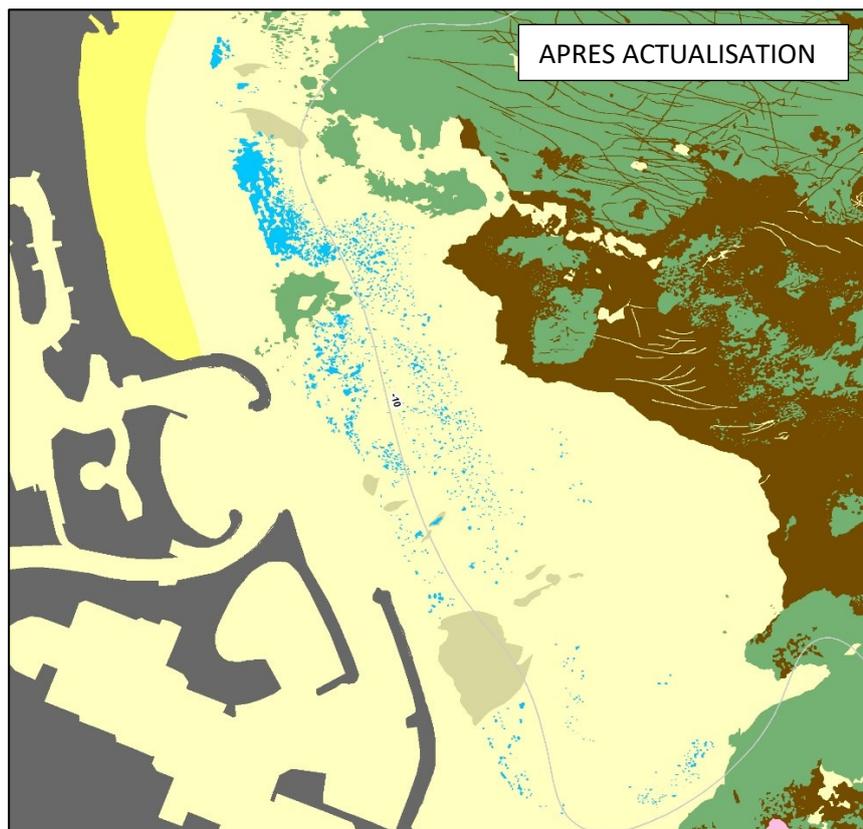
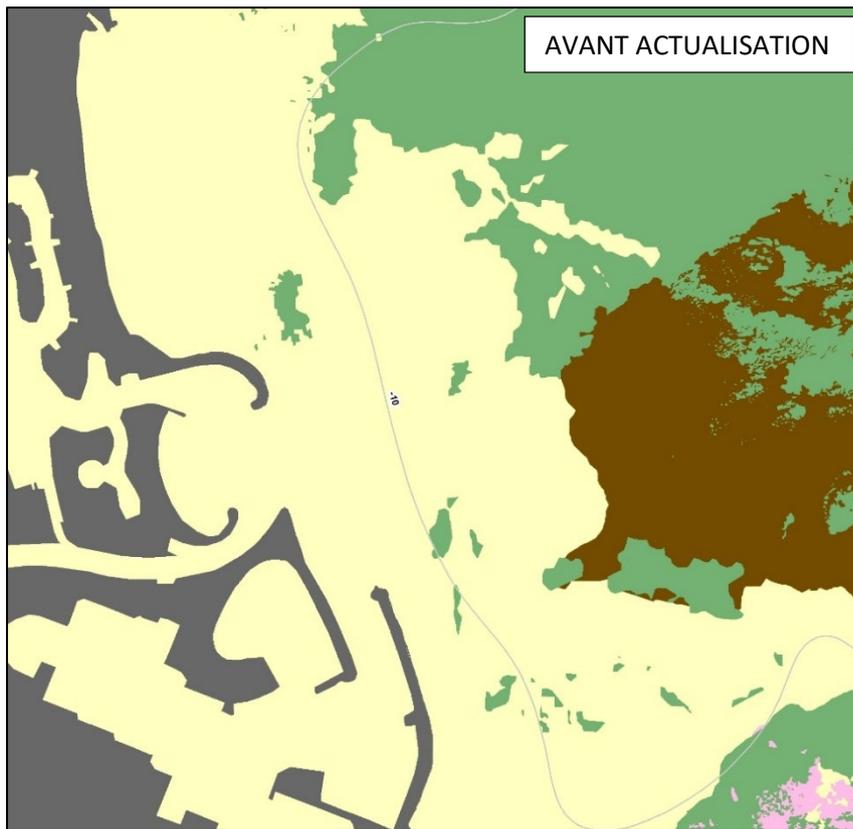


Figure 42 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines avant (en haut) et après (en bas) actualisation en face de Port Grimaud (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Bleu : Cymodocées ; Rose : Roche infralittorale ; Jaune : Sables de haut niveau ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Sable grossier à ripplemarks).



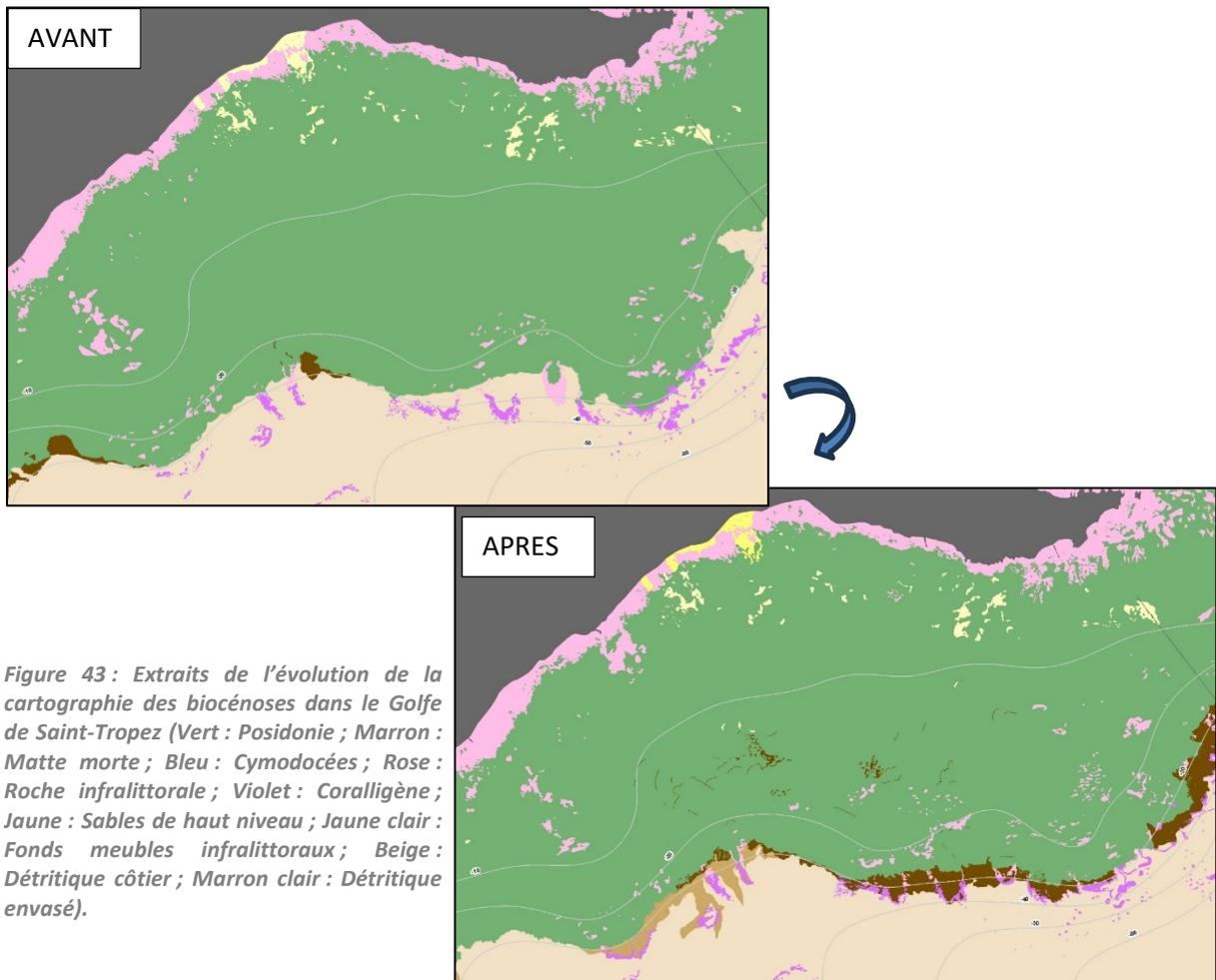
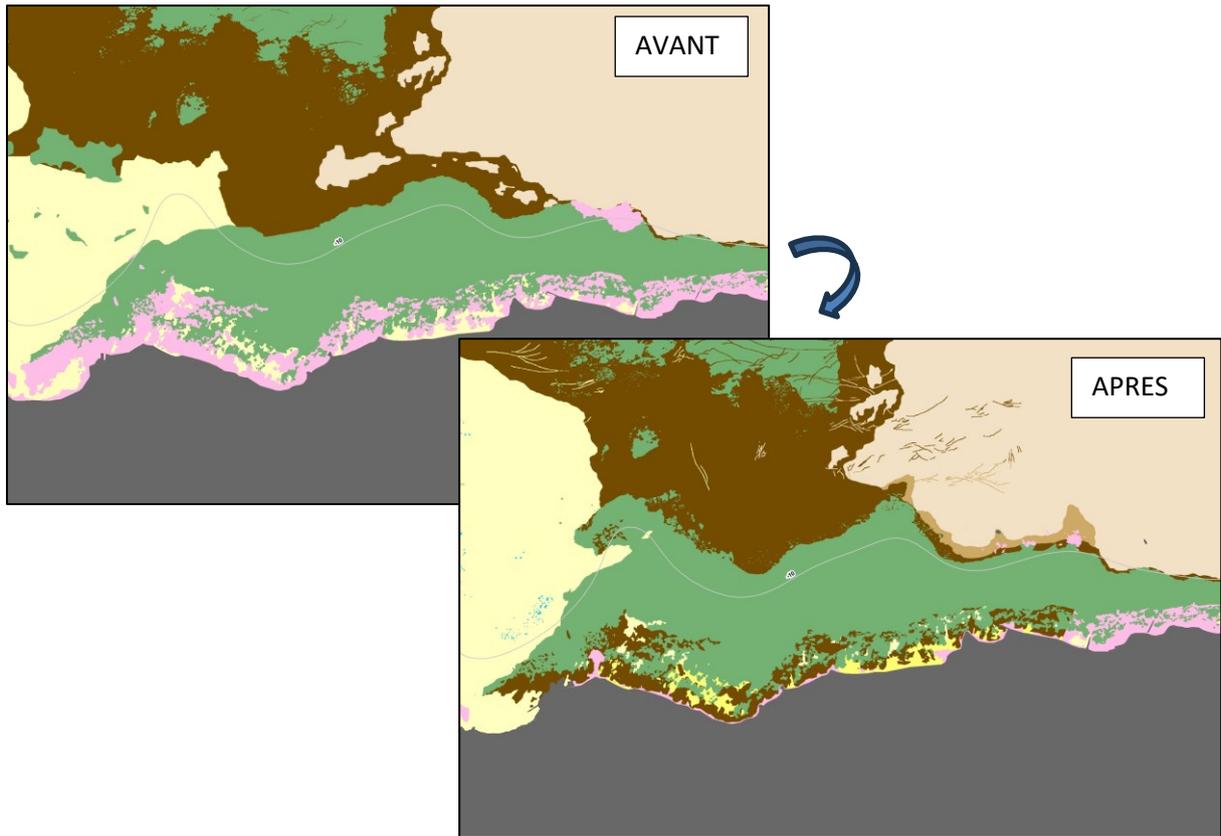


Figure 43 : Extraits de l'évolution de la cartographie des biocénoses dans le Golfe de Saint-Tropez (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Bleu : Cymodocées ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune : Sables de haut niveau ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Détritique côtier ; Marron clair : Détritique envasé).

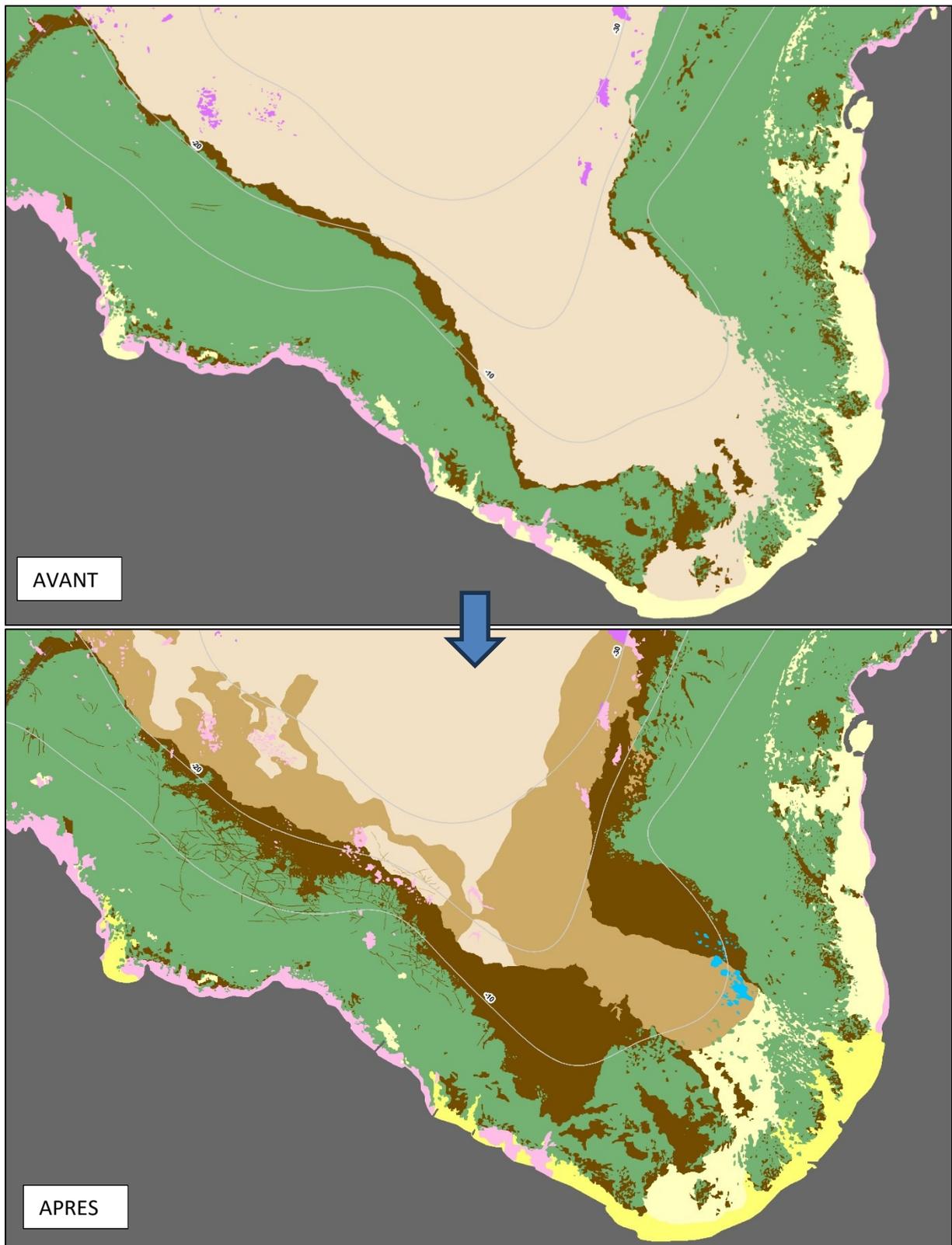
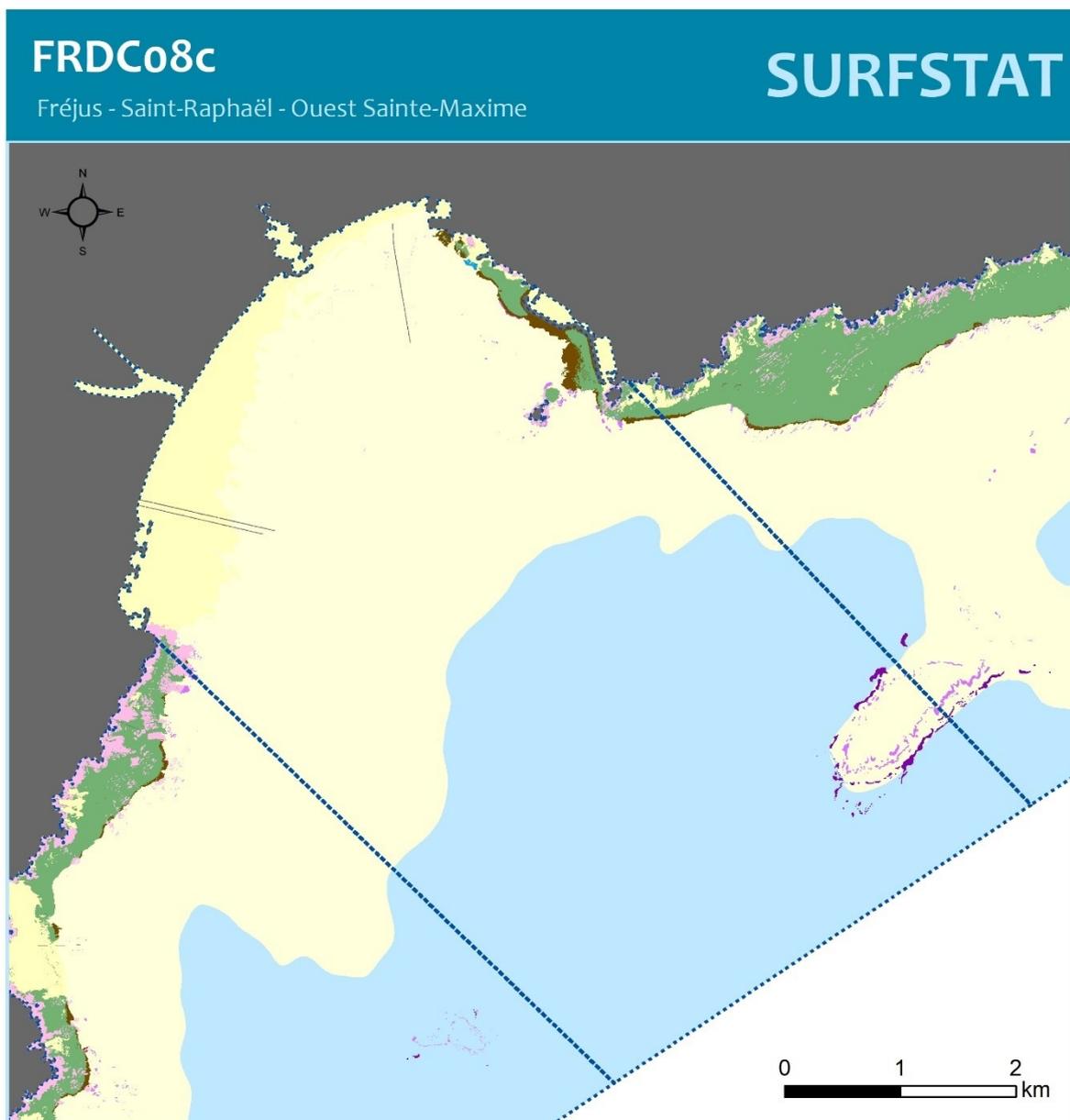


Figure 44 : Comparaison de la cartographie des biocénoses avant et après actualisation dans l'Anse des Canoubiers (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Bleu : Cymodocées ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune : Sables de haut niveau ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Détritique côtier ; Marron clair : Détritique envasé).



III.11. Masse d'eau FRDC08c : Saint-Raphaël



FREJUS - SAINT-RAPHAËL - OUEST SAINTE-MAXIME



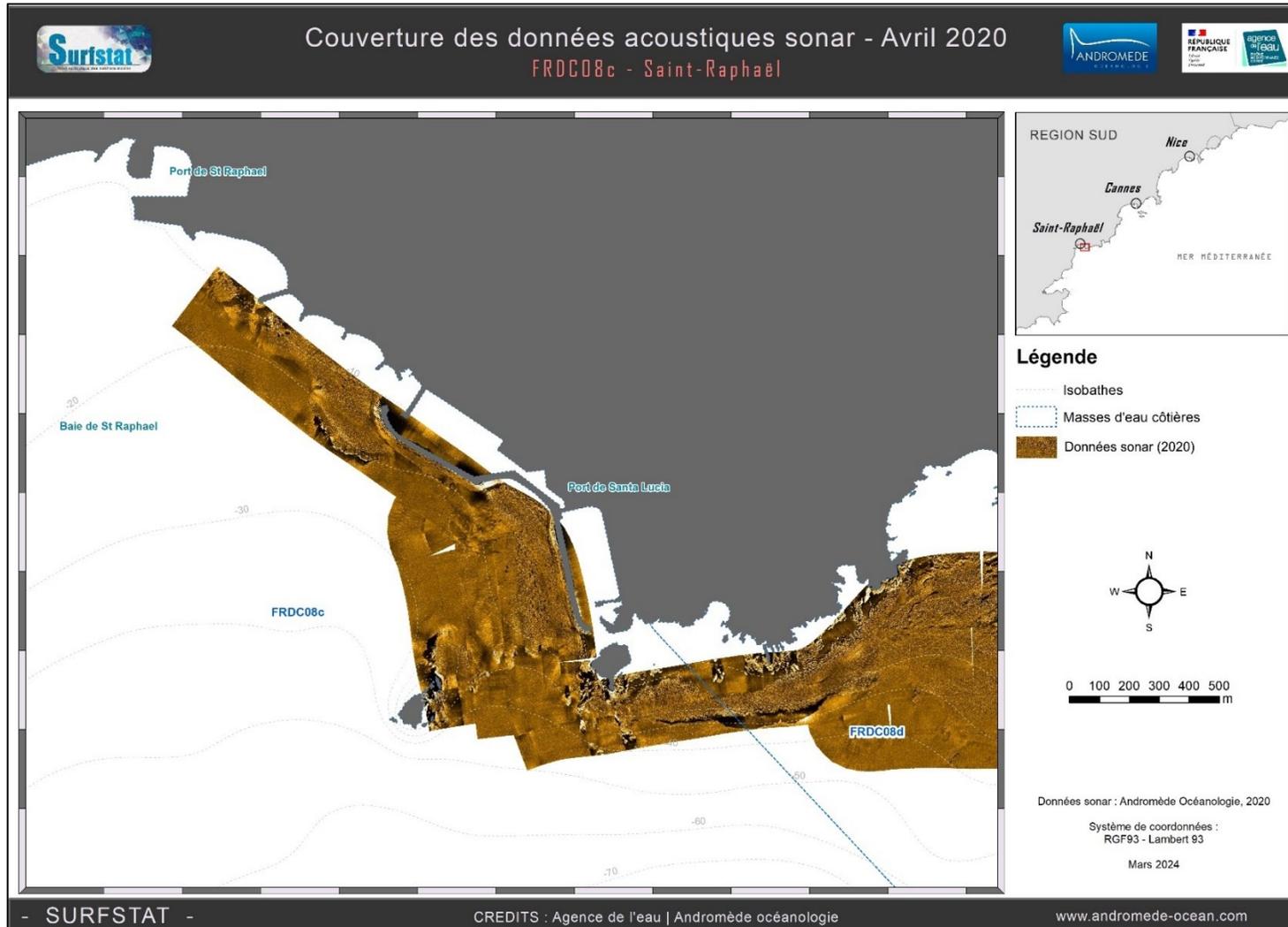
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

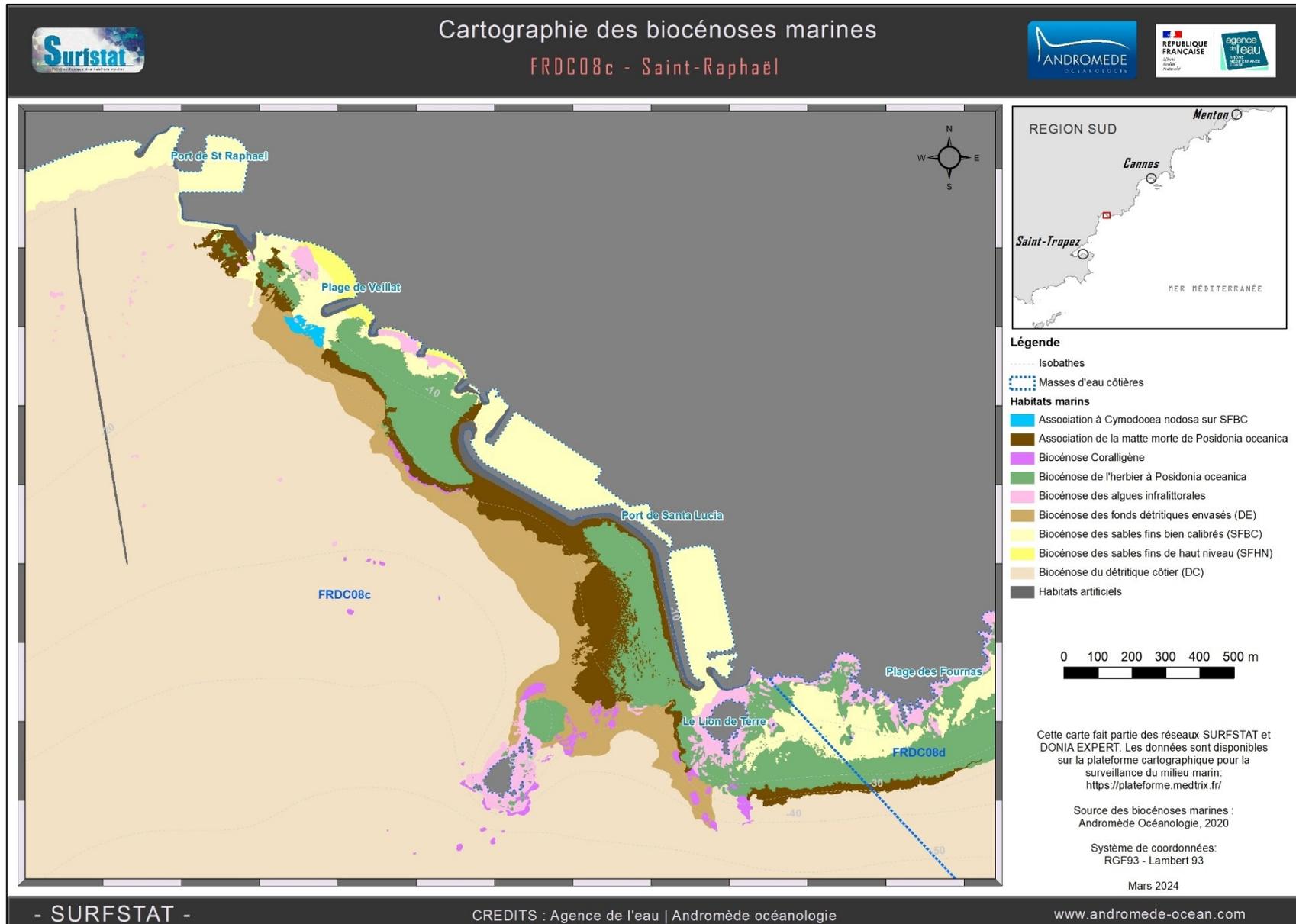
Mars 2024

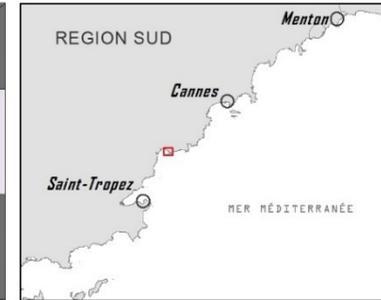
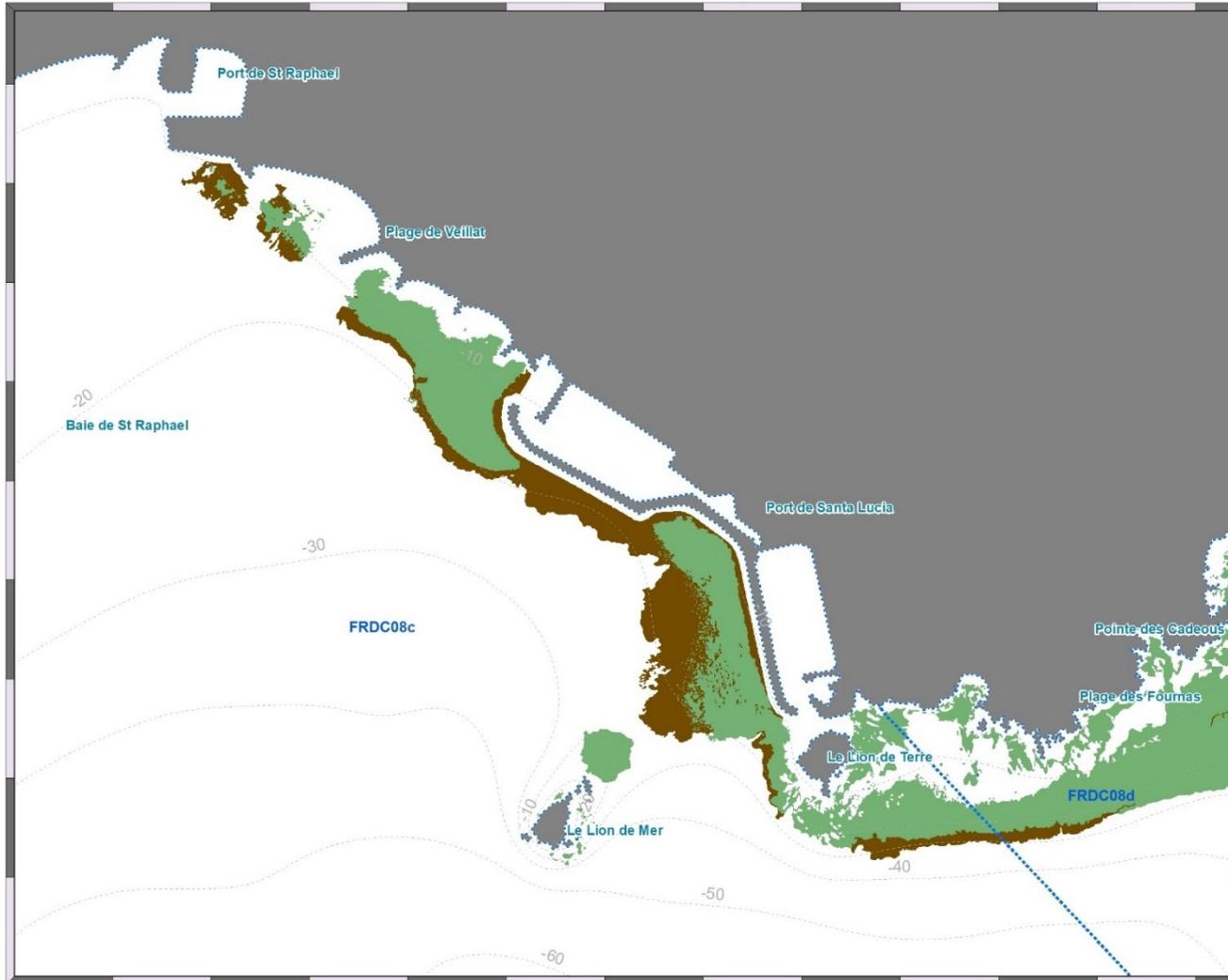
III.11.1. Sonar latéral

90 ha de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de Saint-Raphaël. Aucune vérité-terrain n'a été nécessaire dans ce secteur grâce à la très bonne résolution des bandes sonar.



III.11.2. Cartographie des biocénoses marines





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

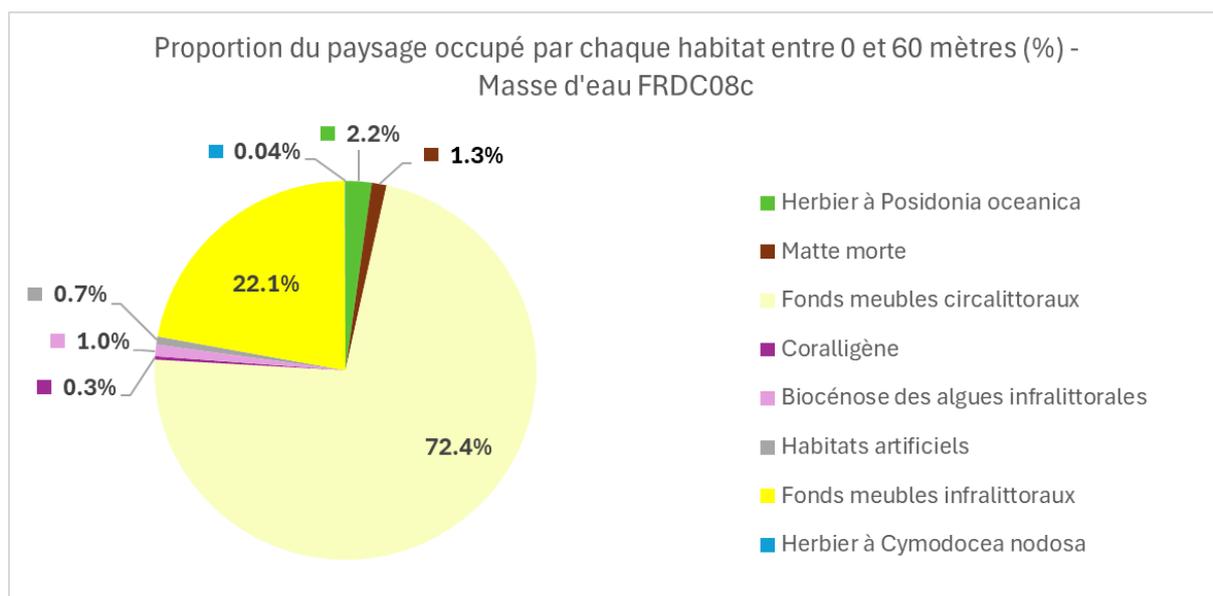
Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



III.11.3. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC08c « Fréjus – Saint-Raphaël – Ouest Sainte-Maxime » comprend huit habitats entre 0 et - 60 mètres dont les trois principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont les fonds meubles circalittoraux (72,4 %) et infralittoraux (22,1 %).

L'analyse de la comparaison des indicateurs surfaciques montre que **les valeurs sont toutes faibles à très faibles par rapport aux moyennes régionales**, sauf pour celle du pourcentage du paysage compris par la tache la plus grande qui est très élevée.

La diversité paysagère de la masse d'eau FRDC08c est faible.

Cet indice est représenté sur un pixel de 50 mètres page suivante.

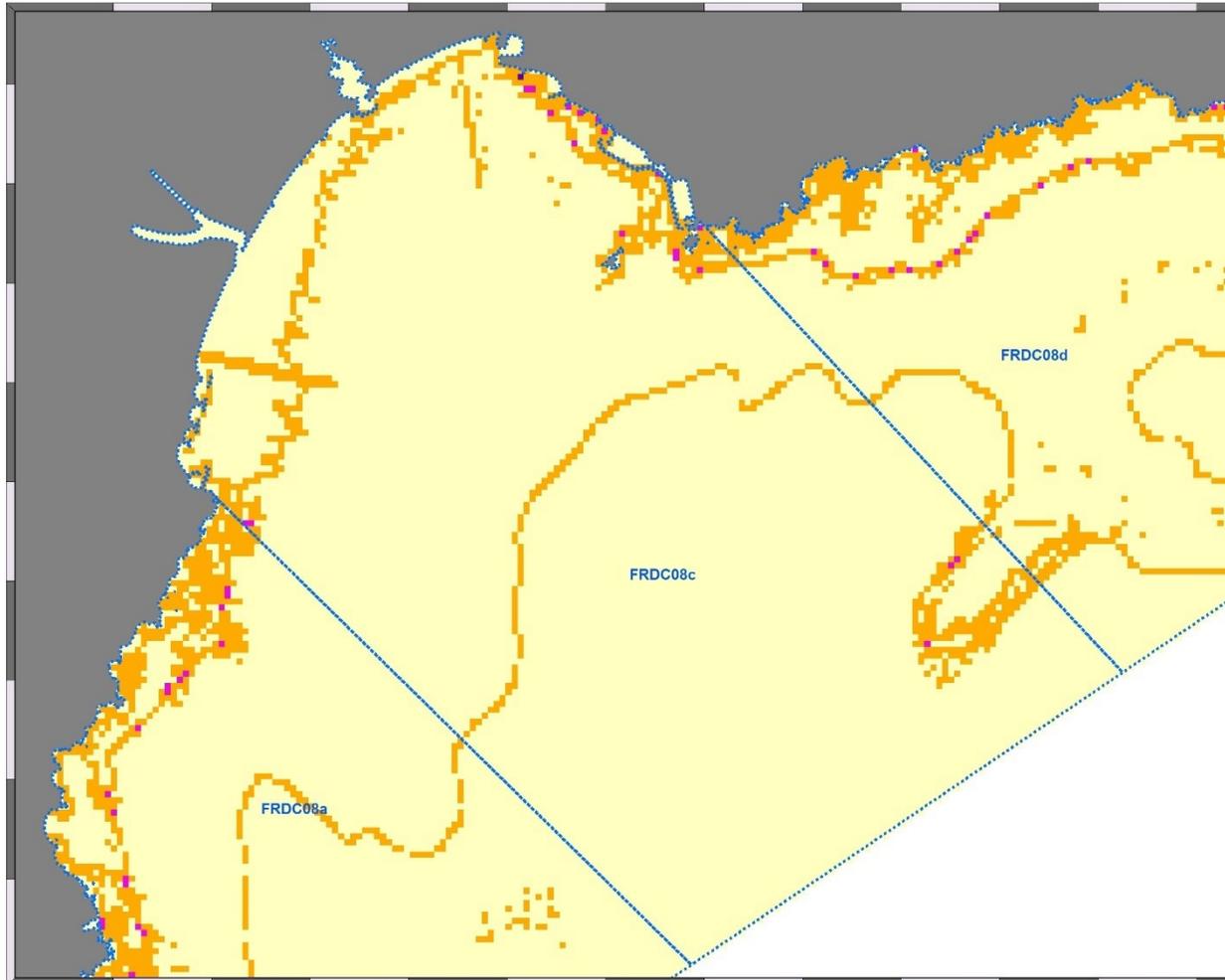
Tableau 25 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC08c.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC08c	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	1116	87 16847 4009.64
Nombre d'habitats dans le paysage	8	6 11 8.52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	40.7	12.9 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	69.5	25.8 77.3 50.69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.72	0.07 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.49	0.44 0.89 0.67



Indice de diversité de Simpson

FRDC08c - Fréjus - Saint-Raphaël - Ouest Sainte-Maxime



Légende

Masses d'eau côtières

Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

- SURFSTAT -

CREDITS : Agence de l'eau | Andromède océanologie

www.andromede-ocean.com



L'herbier occupe 3,3 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. **Ce taux de recouvrement est très faible par rapport aux autres masses d'eau côtière.** L'herbier est très localisé et se situe près du port de Saint-Raphaël.

Par rapport à l'ensemble des masses d'eau côtière de la Région Sud, l'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC08c se caractérise par une très faible densité de taches de très petite taille et très proches les unes des autres. On note la présence d'une tache unique sur 1,8 % du paysage.

L'herbier de posidonie n'est pas du tout continu sur la masse d'eau ; **la valeur de l'indice de fragmentation pour cette masse d'eau est maximale.**

L'indice de régression est très élevé par rapport à la moyenne régionale.

Cela peut s'expliquer par la forte proportion de matte morte (1,9 %) en comparaison de celle de l'herbier (3,3 %) entre 0 et 40 mètres de profondeur.

Cette régression est probablement due aux **travaux de construction du port de Santa Lucia** en 1970. La zone d'étude est en effet extrêmement artificialisée. L'étude sur l'évolution des limites d'herbier ([Andromède, 2013](#)) et des origines directes et indirectes des régressions des herbiers de posidonie ont permis de comprendre grâce à l'analyse de photographies aériennes anciennes (de 1950 à 2012 pour cette masse d'eau) que **la construction des deux terre-pleins pour l'agrandissement du port, déjà présent en 1950, est la principale cause de destruction de l'herbier de posidonie dans ce secteur.**

Tableau 26 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC08c.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC08c	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	3.3	1.8 — 75.4 0 — 36.45
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	11.7	1.7 — 172.5 0 — 56.3
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	1.8	0.6 — 74.7 0 — 28.34
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	0.28	0.12 — 2.08 0 — 0.84
Indice de complexité des formes	1.06	1.05 — 1.13 0 — 1.07
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	8.7	7 — 63.2 0 — 14.11
Indice de fragmentation de l'herbier	1	0.44 — 1 0 — 0.87
Indice d'agrégation entre les taches (%)	82	71.2 — 94.2 0 — 86.3
Indice de régression de l'herbier	0.36	0.03 — 0.57 0 — 0.19

Le manque de concordance entre les emprises des données sonar historiques (2009) et récentes (2020) ne nous permet pas d'effectuer une analyse fine des limites de l'herbier.

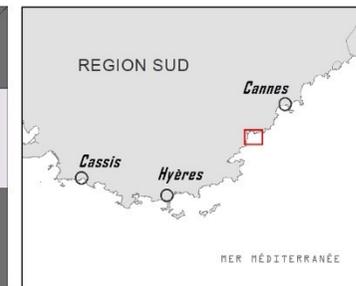
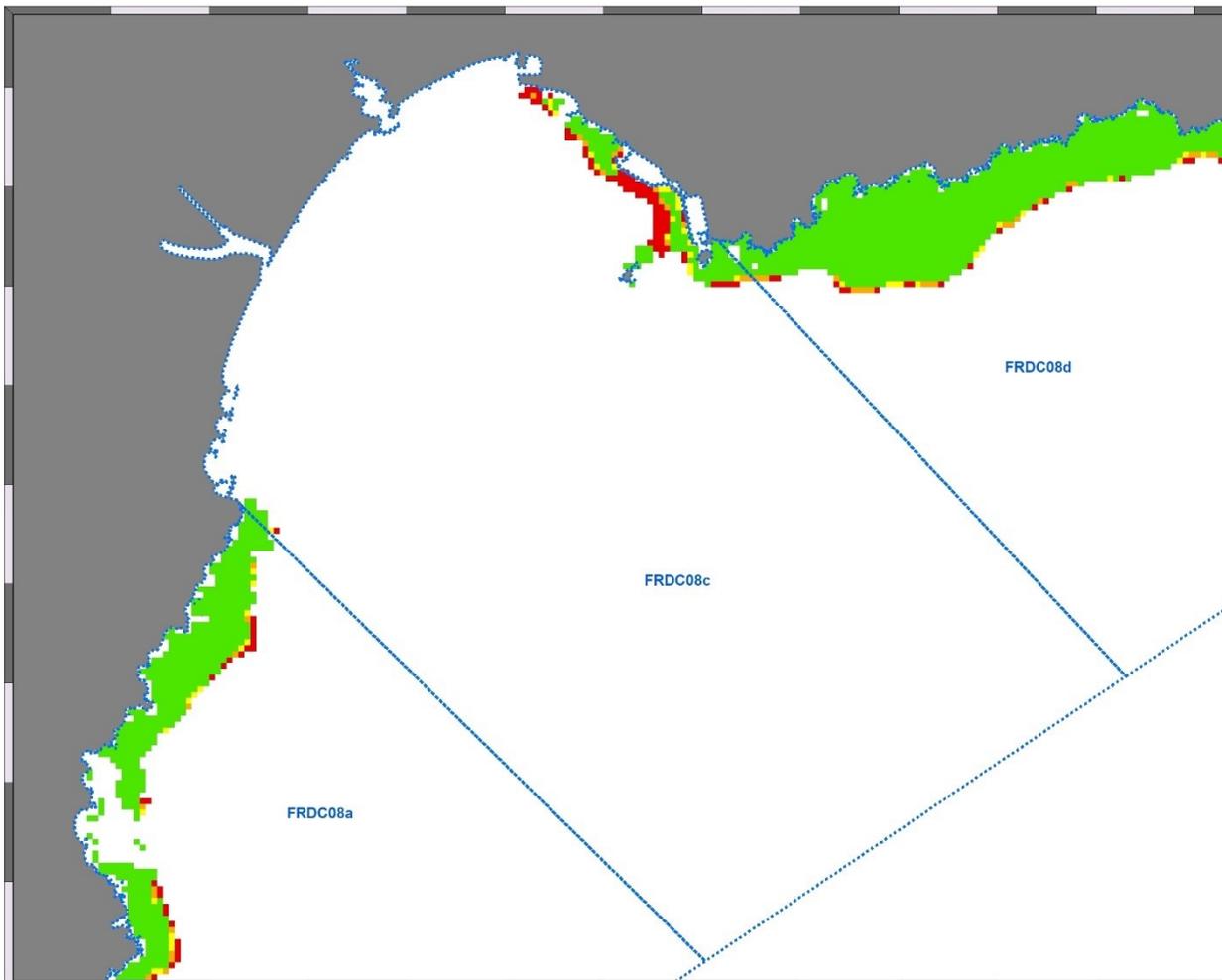
L'actualisation de ce secteur concerne en grande partie celle de l'herbier de posidonie et sa matte morte associée ainsi que l'ajout des fonds détritiques envasés.

Les Figure 45a et 45b illustrent l'évolution de cette cartographie entre 2009 et 2020.



Indice de régression

FRDC08c - Fréjus - Saint-Raphael - Ouest Sainte-Maxime

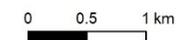


Légende

Masses d'eau côtières

Indice de régression (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



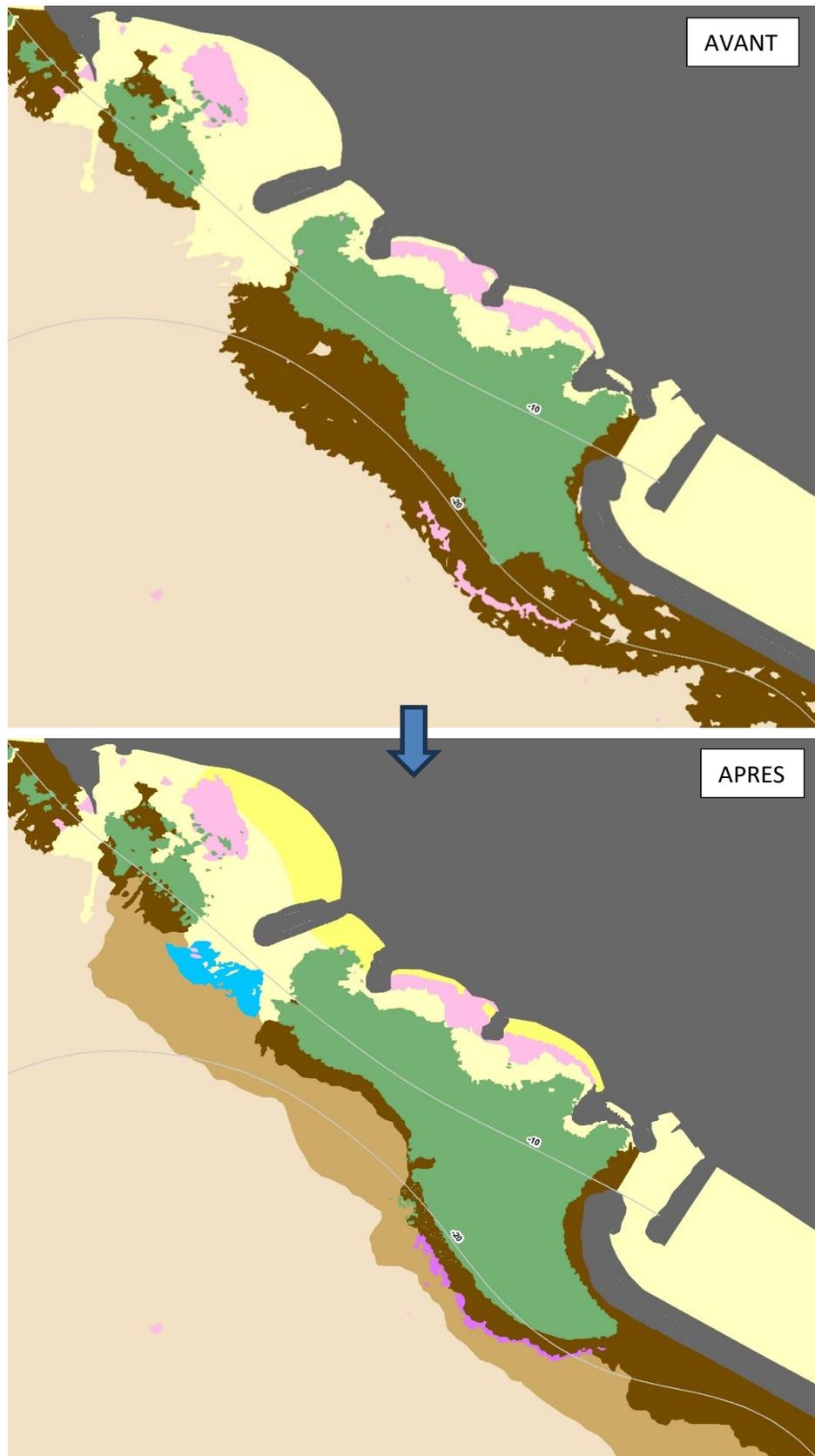


Figure 45a : Comparaison de la cartographie avant et après actualisation dans le secteur de Saint-Raphaël (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Bleu : Cymodocées ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Détritique envasé).

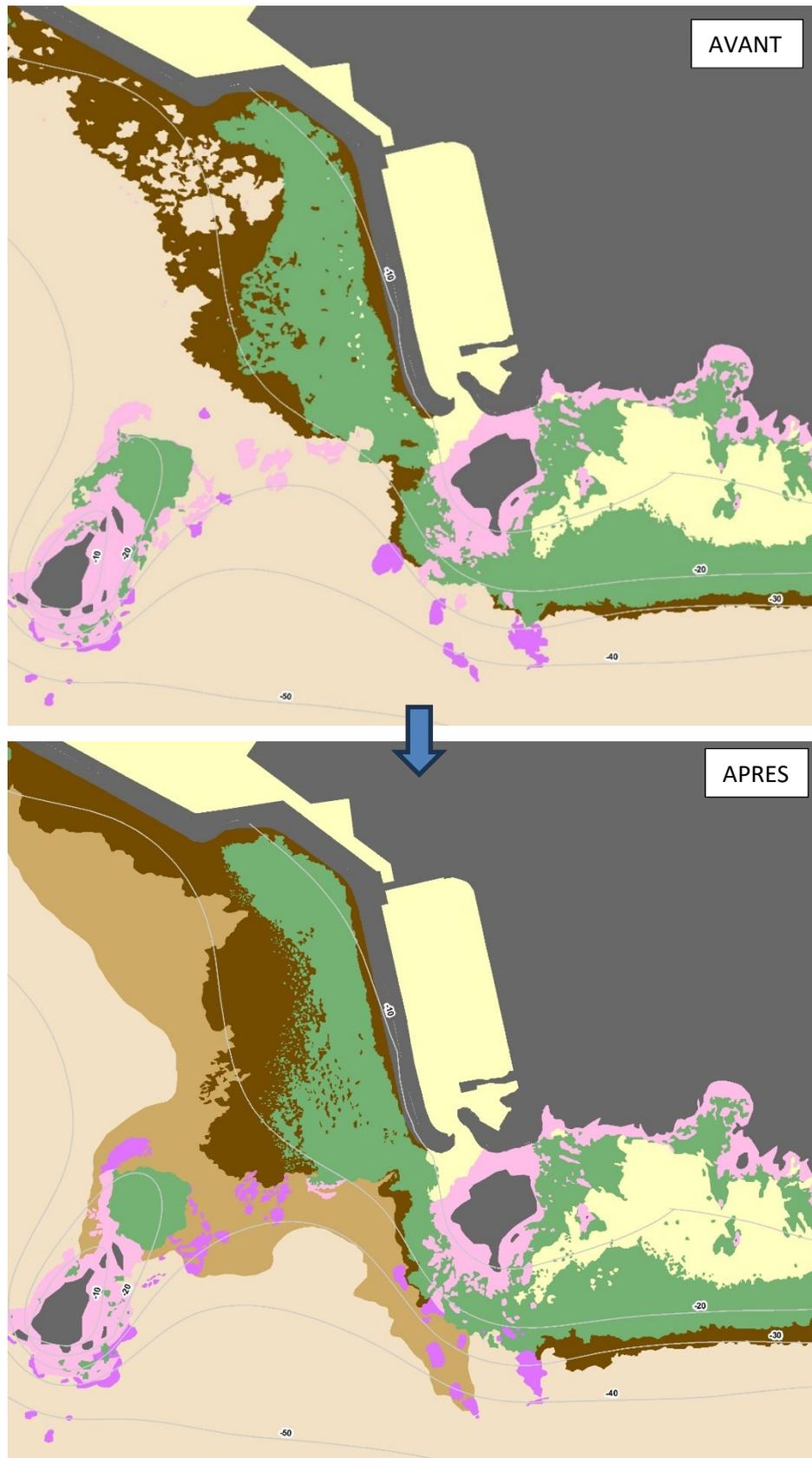
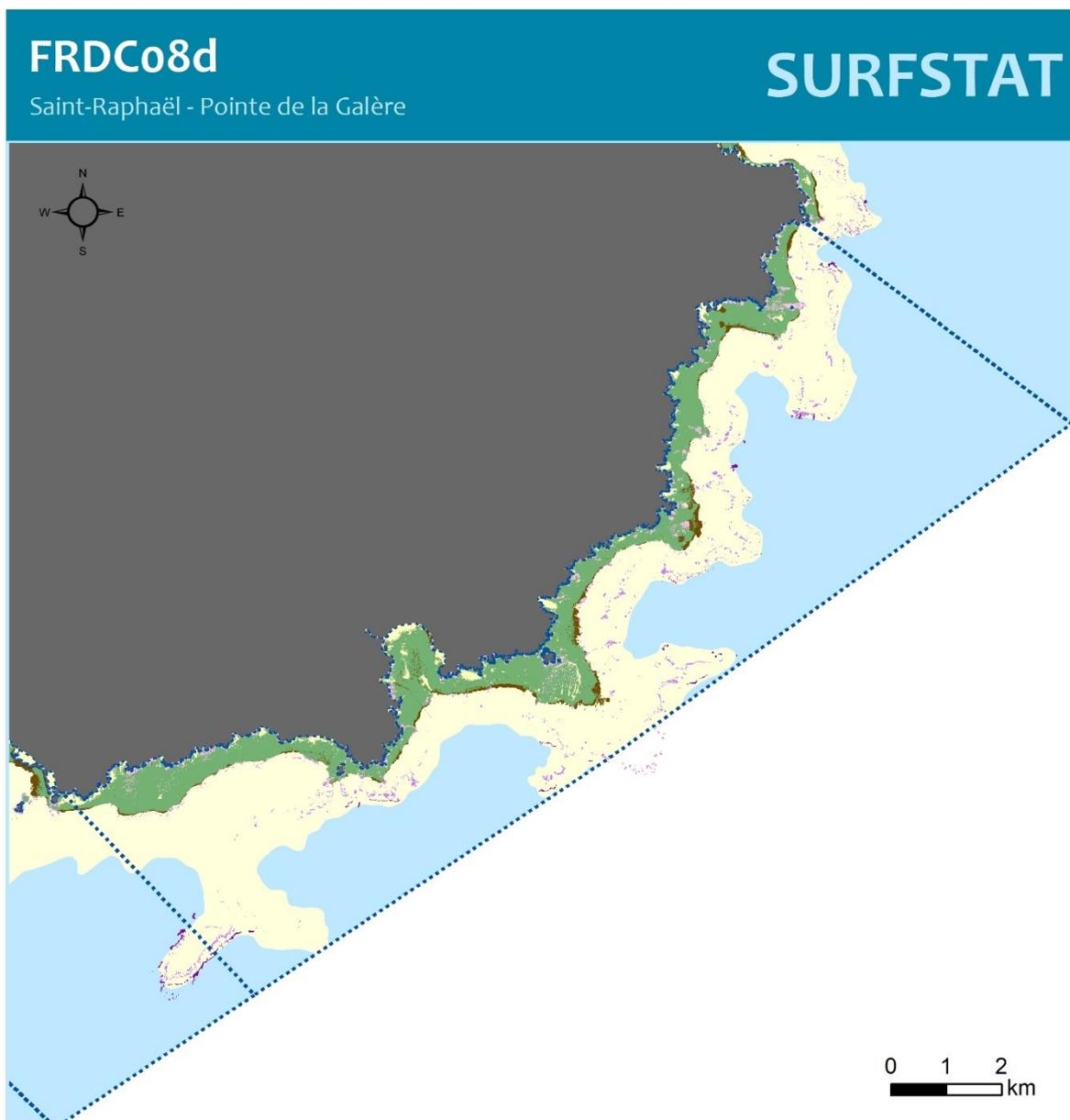


Figure 45b : Comparaison de la cartographie avant et après actualisation dans le secteur de Saint-Raphaël (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Bleu : Cymodocées ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Détritiques côtiers ; Marron clair : Détritiques envasés).



III.12. Masse d'eau FRDC08d : Saint-Raphaël – Pointe de la Galère



SAINT-RAPHAËL - POINTE DE LA GALERE



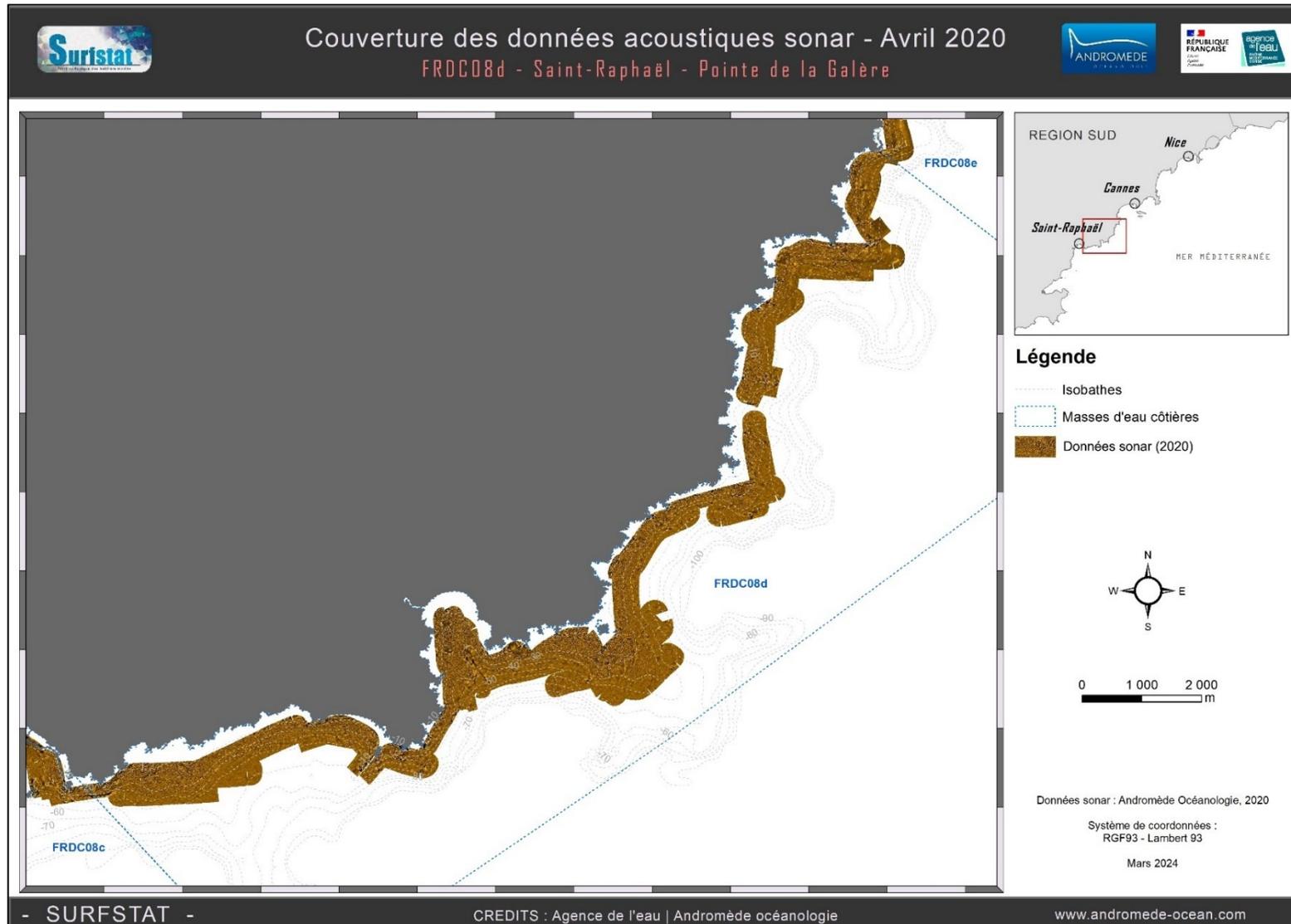
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Mars 2024

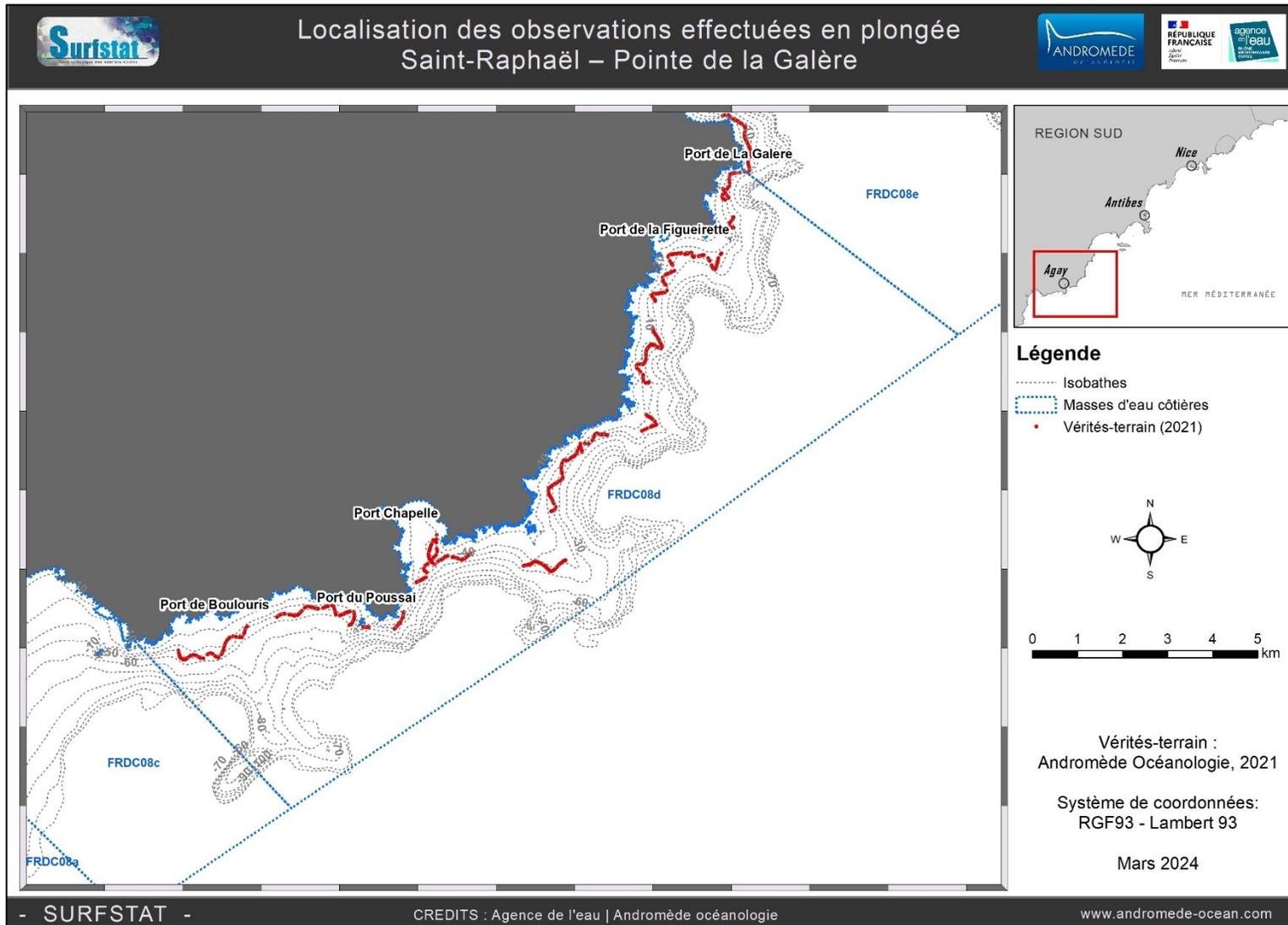
III.12.1. Sonar latéral

1 300 ha de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de la masse d'eau FRDC08d.

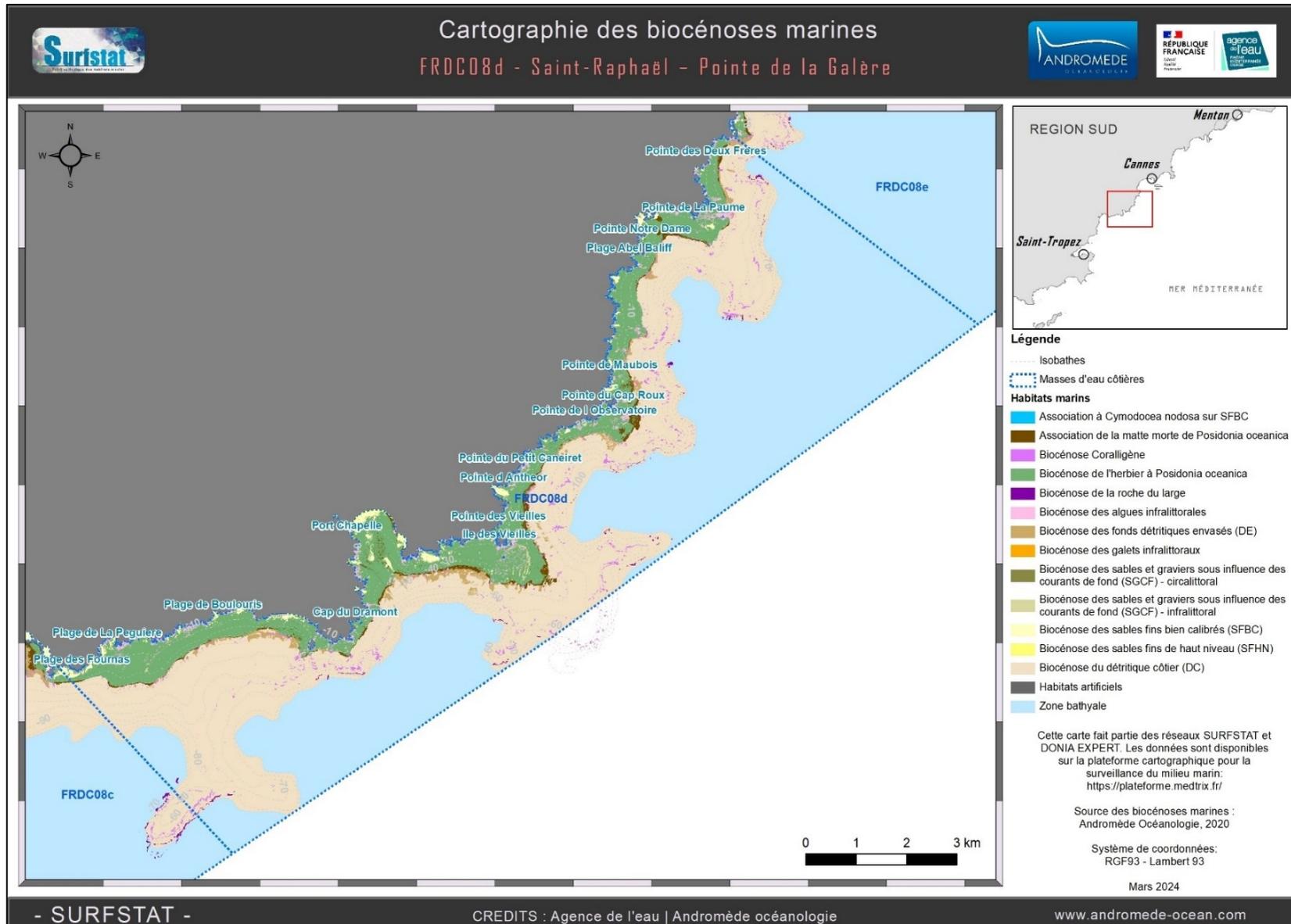


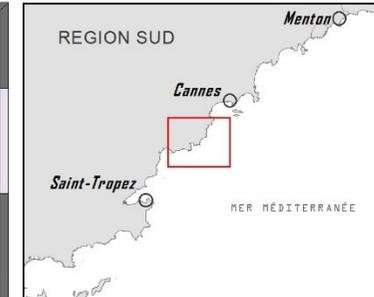
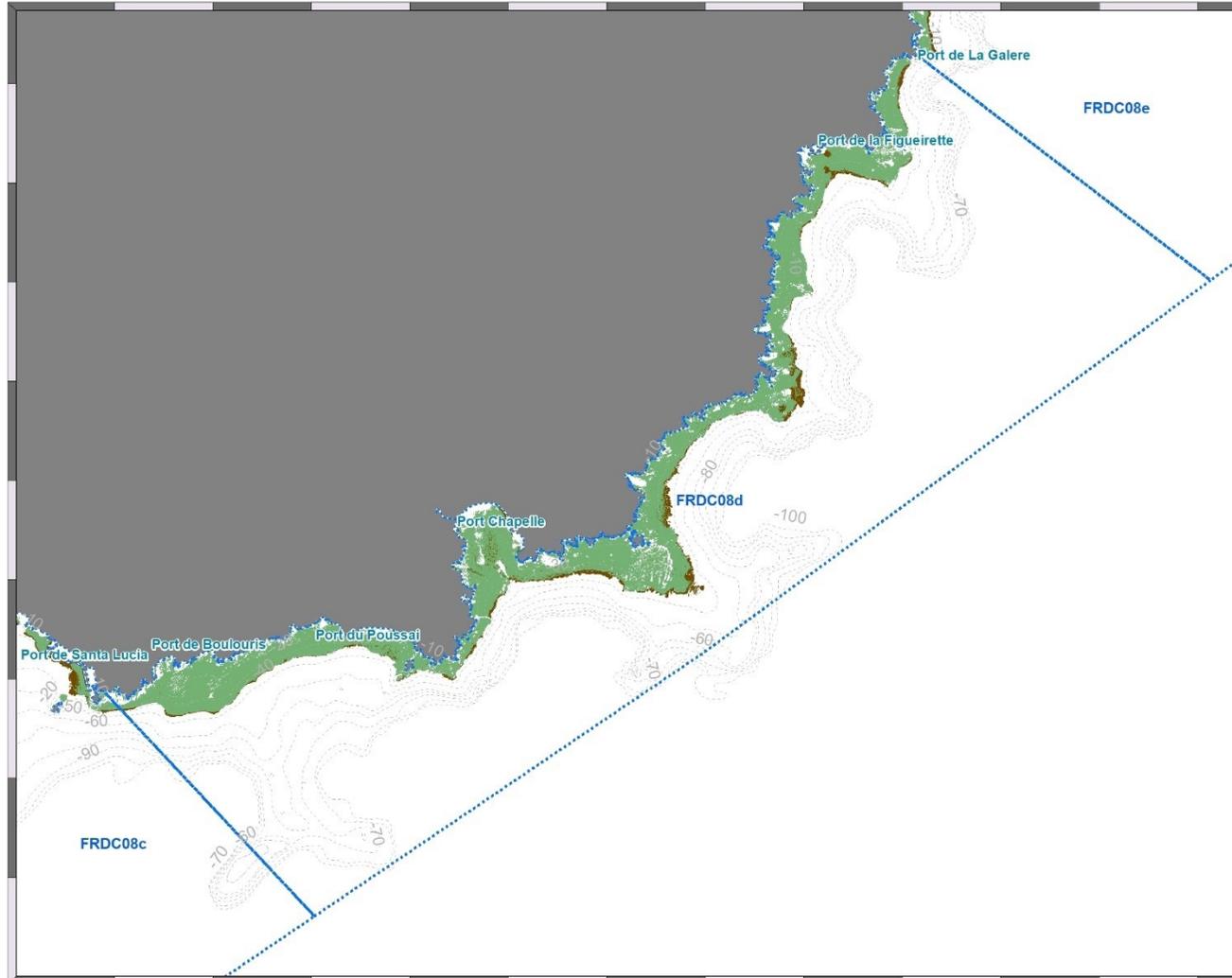
III.12.2. Vérités-terrain

490 observations ont été réalisées en plongée tractée dans le secteur d'Agay.



III.12.3. Cartographie des biocénoses marines





Légende

--- Isobathes

--- Masses d'eau côtières

Biocénoses marines

■ Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*

■ Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



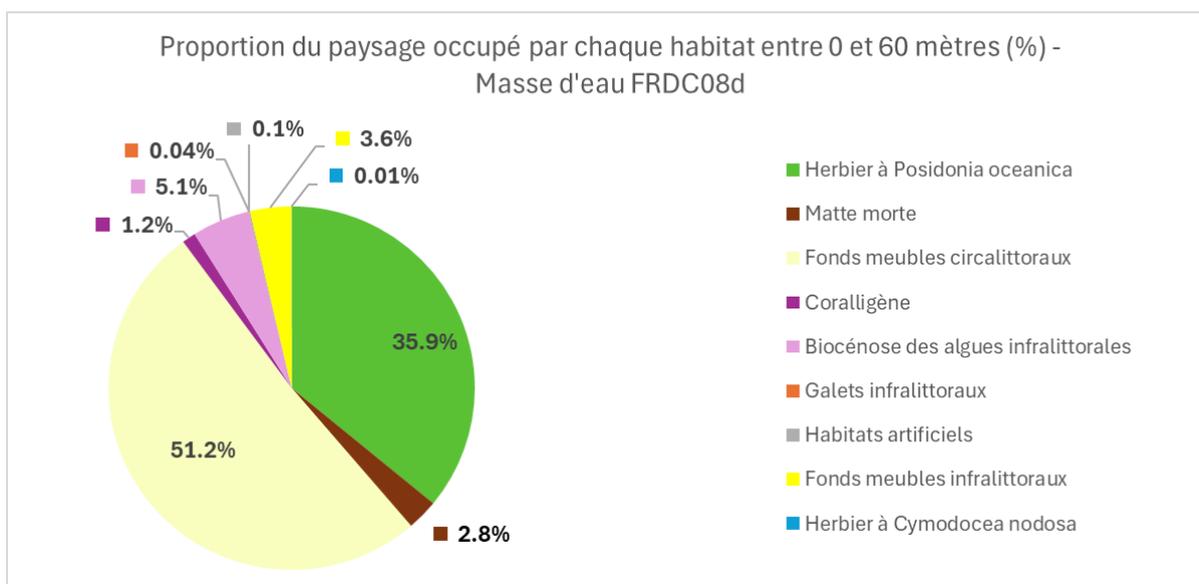
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

III.12.4. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC08d « Saint-Raphaël – Pointe de la Galère » comprend neuf habitats entre 0 et -60 mètres dont les deux principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont les fonds meubles circalittoraux (52,98%) et l'herbier à posidonie (37,15%).

L'analyse de la comparaison des indicateurs surfaciques montre que toutes les valeurs sont quasi-égales aux moyennes régionales correspondantes. Seule la valeur de l'indice de densité d'habitats est inférieure à la moyenne régionale.

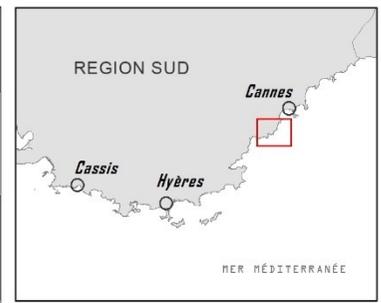
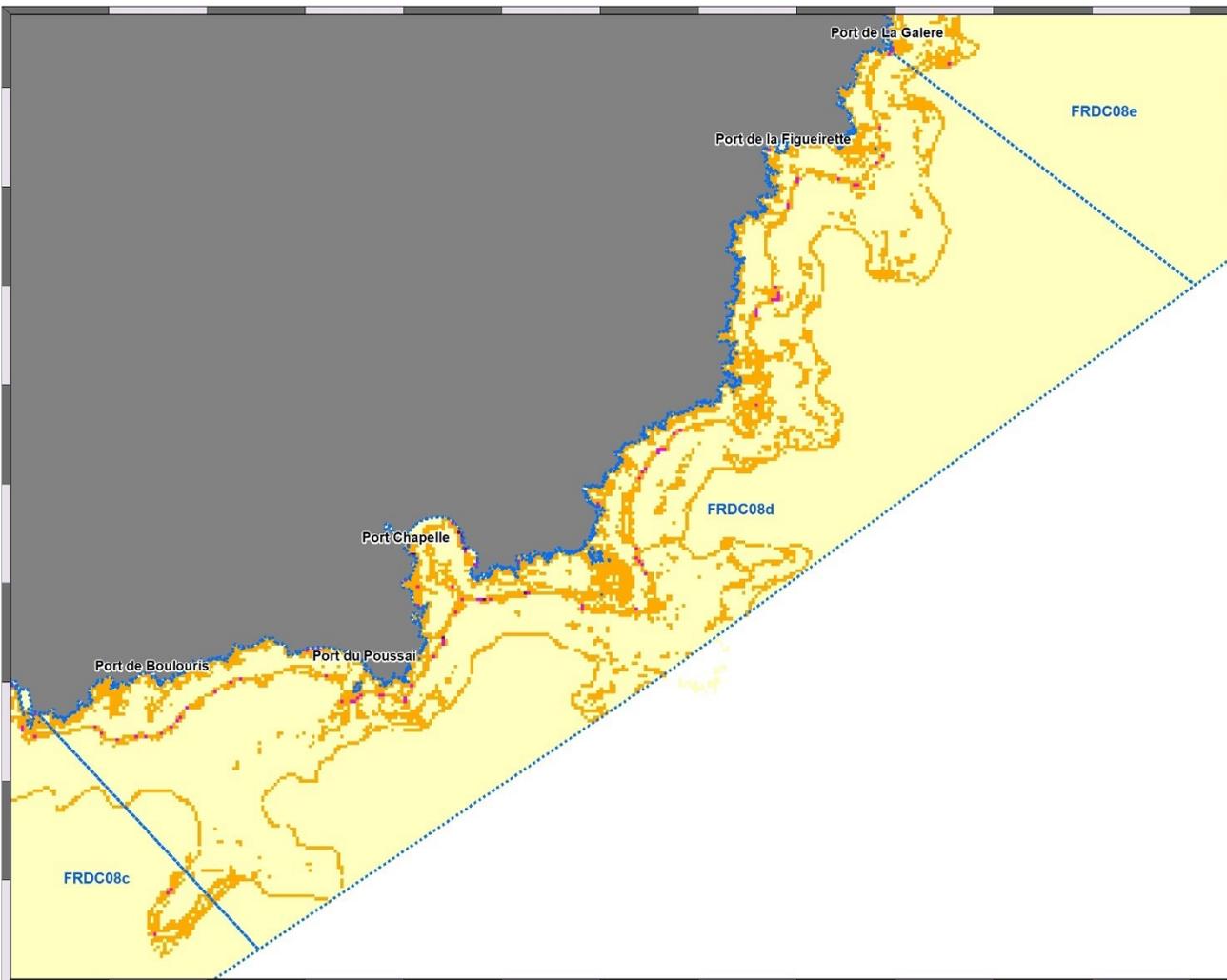
La masse d'eau FRDC08d présente une diversité paysagère moyenne comparativement aux autres masses d'eau en Région Sud.

L'indice de diversité de Simpson est représenté sur un pixel de 50 mètres page suivante.

Tableau 27 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC08d.

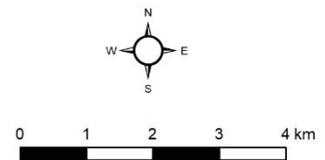
Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC08d	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	2486	87 16847 4009.64
Nombre d'habitats dans le paysage	9	6 11 8.52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	219.3	12.9 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	50.6	25.8 77.3 50.69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.36	0.07 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.68	0.44 0.89 0.67





Légende

- Masses d'eau côtières
- Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)**
- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMIC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

L'herbier occupe 62 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. **Ce taux de recouvrement est fort par rapport aux autres masses d'eau côtière** en Région Sud.

L'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC08d se caractérise par la présence d'une grande tache unique comprenant 61,3 % du paysage, ce qui est une valeur très élevée par rapport aux autres masses d'eau. Il se caractérise aussi par un nombre de taches moyennement élevé, de taille moyenne et qui sont très proches les unes des autres.

L'indice d'agrégation est très élevé pour cette masse d'eau.

L'indice de régression est très faible.

Tous ces éléments indiquent une formation continue de l'herbier.

Tableau 28 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC08d.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC08d	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	62	1.8 36.45 75.4
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	62.8	1.7 56.3 172.5
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	61.3	0.6 28.34 74.7
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	0.99	0.12 0.84 2.08
Indice de complexité des formes	1.06	1.05 1.07 1.13
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	9.7	7 14.11 63.2
Indice de fragmentation de l'herbier	0.62	0.44 0.87 1
Indice d'agrégation entre les taches (%)	89.7	71.2 86.3 94.2
Indice de régression de l'herbier	0.07	0.03 0.19 0.57

Lors de l'actualisation de la cartographie, **un nombre très important de traces de mouillage**

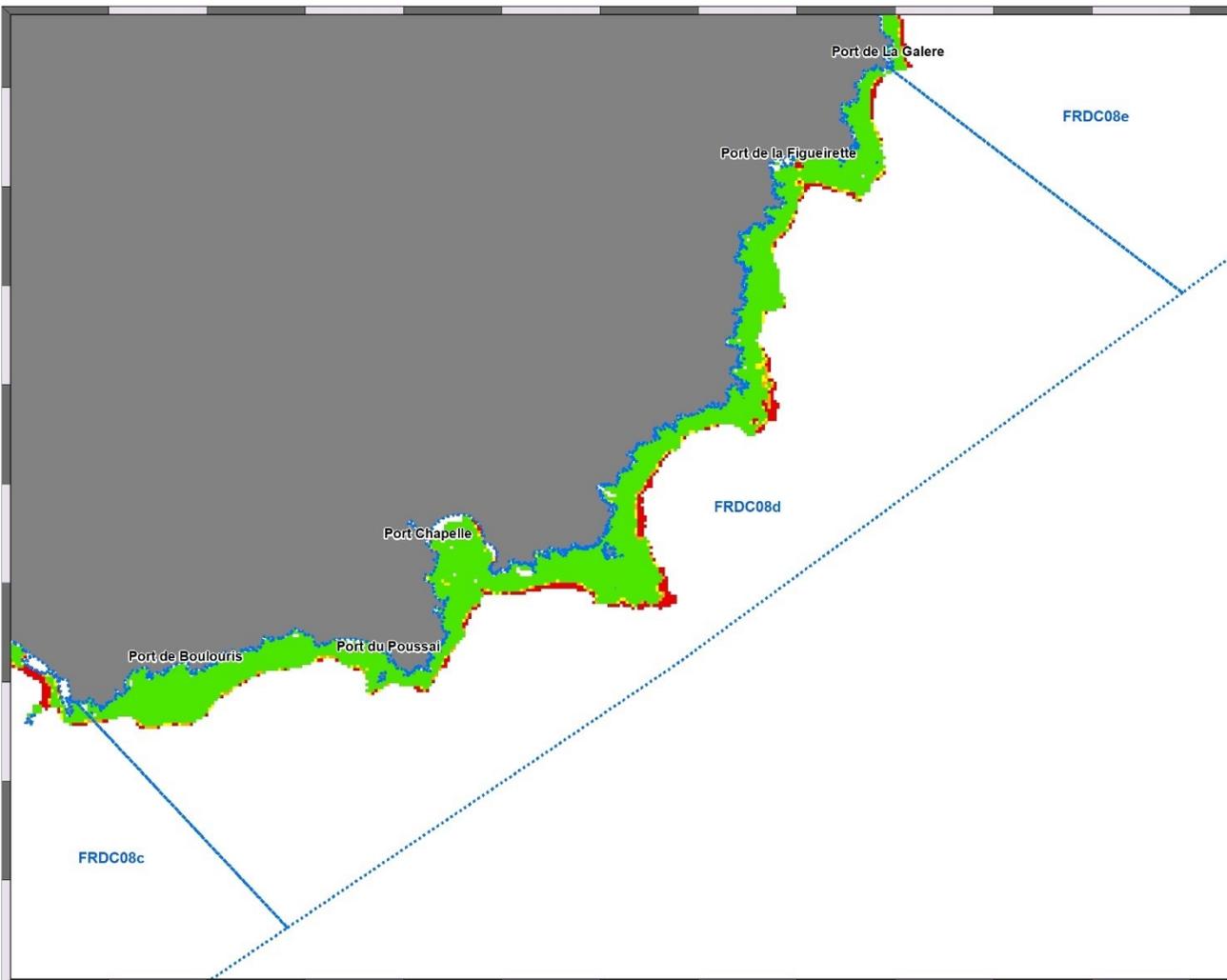
ont été recensées dans la Baie d'Agay (Figure 46) et dans le secteur de l'île d'Or (Figure 47). Ces traces sont fortement corrélées avec la pression de mouillage de la grande plaisance (navires > 24 m) analysée par Andromède Océanologie (projet [Suivi du mouillage](#) sur MEDTRIX ; voir Figure 48). La limite inférieure d'herbier est très **régressive** au sud de la baie ainsi qu'à l'est de celle-ci.

Des zones probables de reprise d'herbier (en patchs circulaires) ont été observées en limite inférieure d'herbier entre 15 et 30 mètres de profondeur à l'est et au sud du Cap Roux ainsi qu'à l'est de l'île des Vieilles (Figure 49 et Figure 50).

Aucune donnée sonar historique n'étant disponible pour ce secteur, l'analyse de l'évolution des limites de l'herbier n'a pas été possible.

Les figures pages suivantes illustrent les évolutions cartographiques liées à l'actualisation des biocénoses de ce secteur.





Légende

Masses d'eau côtières

Indice de régression (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



Figure 46 : Comparaison de la cartographie avant et après actualisation dans la Baie d'Agay. On peut observer de nombreuses traces de mouillage au centre de la baie (marron).



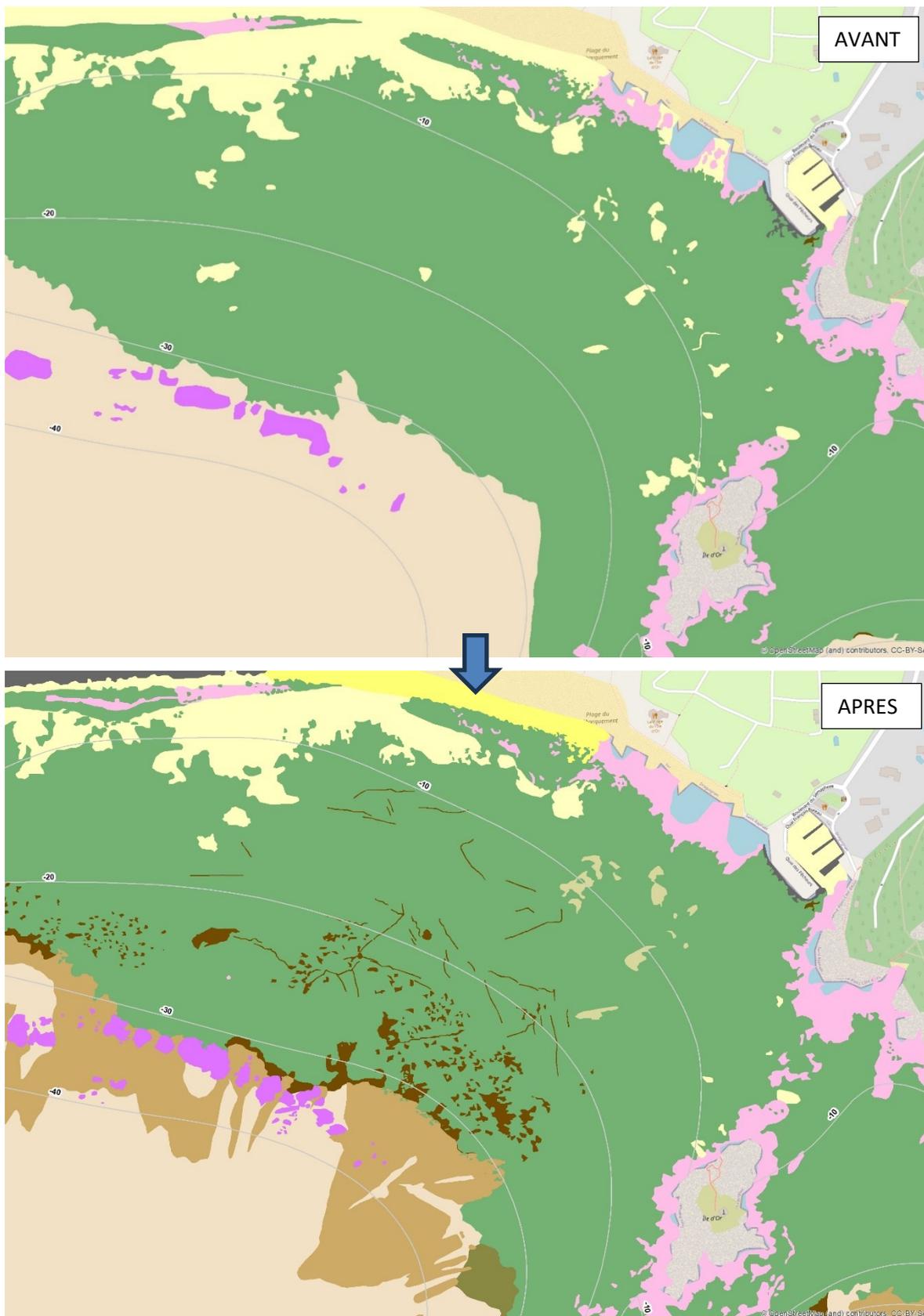


Figure 47 : Comparaison de la cartographie avant et après actualisation à l'ouest de l'île d'Or. On peut observer de nombreuses traces de mouillage (marron) en profondeur intermédiaire et limite inférieure d'herbier.

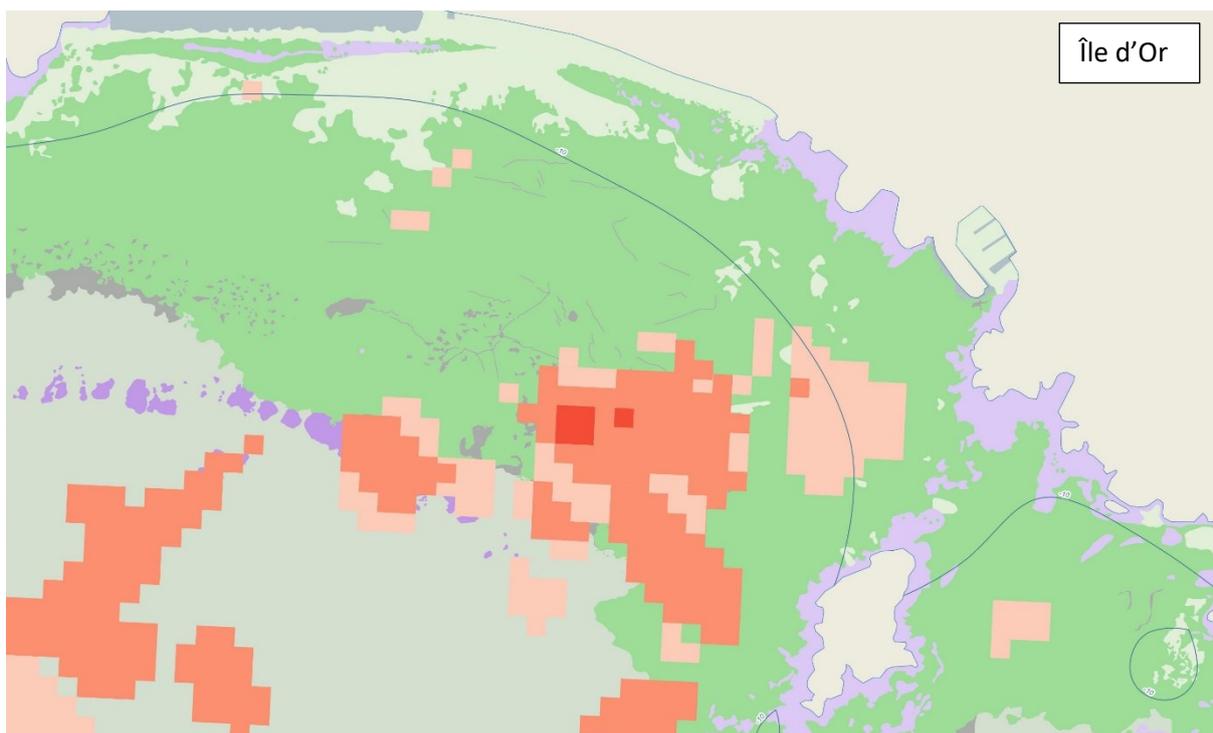
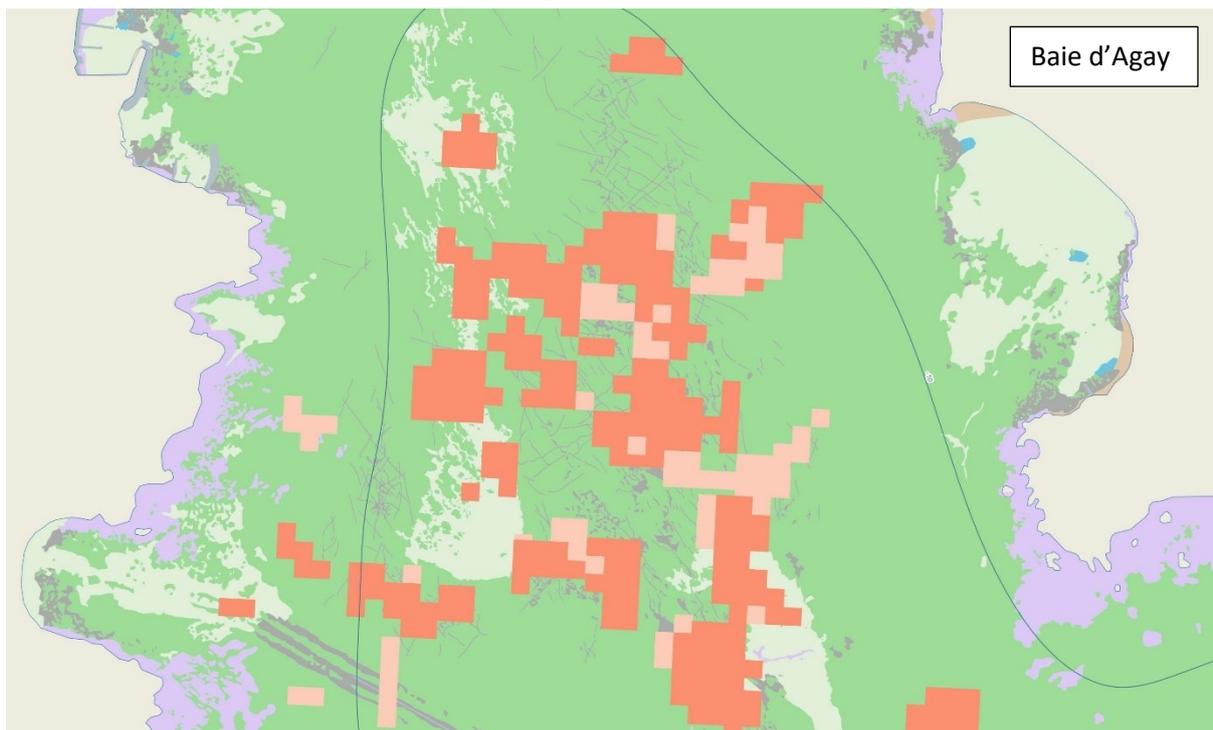


Figure 48 : Croisement des données de pression de mouillage de la grande plaisance (Projet Suivi du Mouillage sur MEDTRIX) et des données biocénologiques actualisées en Baie d'Agay (en haut) et dans le secteur de l'Île d'Or (en bas). [Données consultées le 20/03/2024].



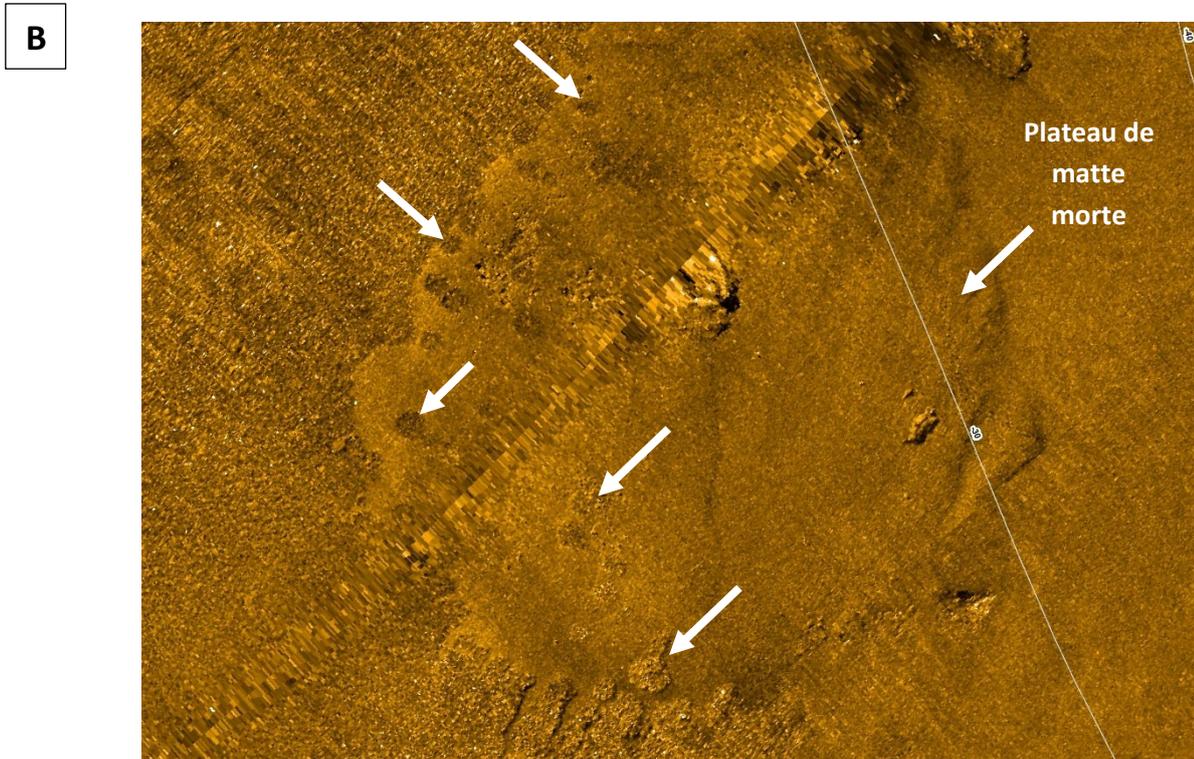
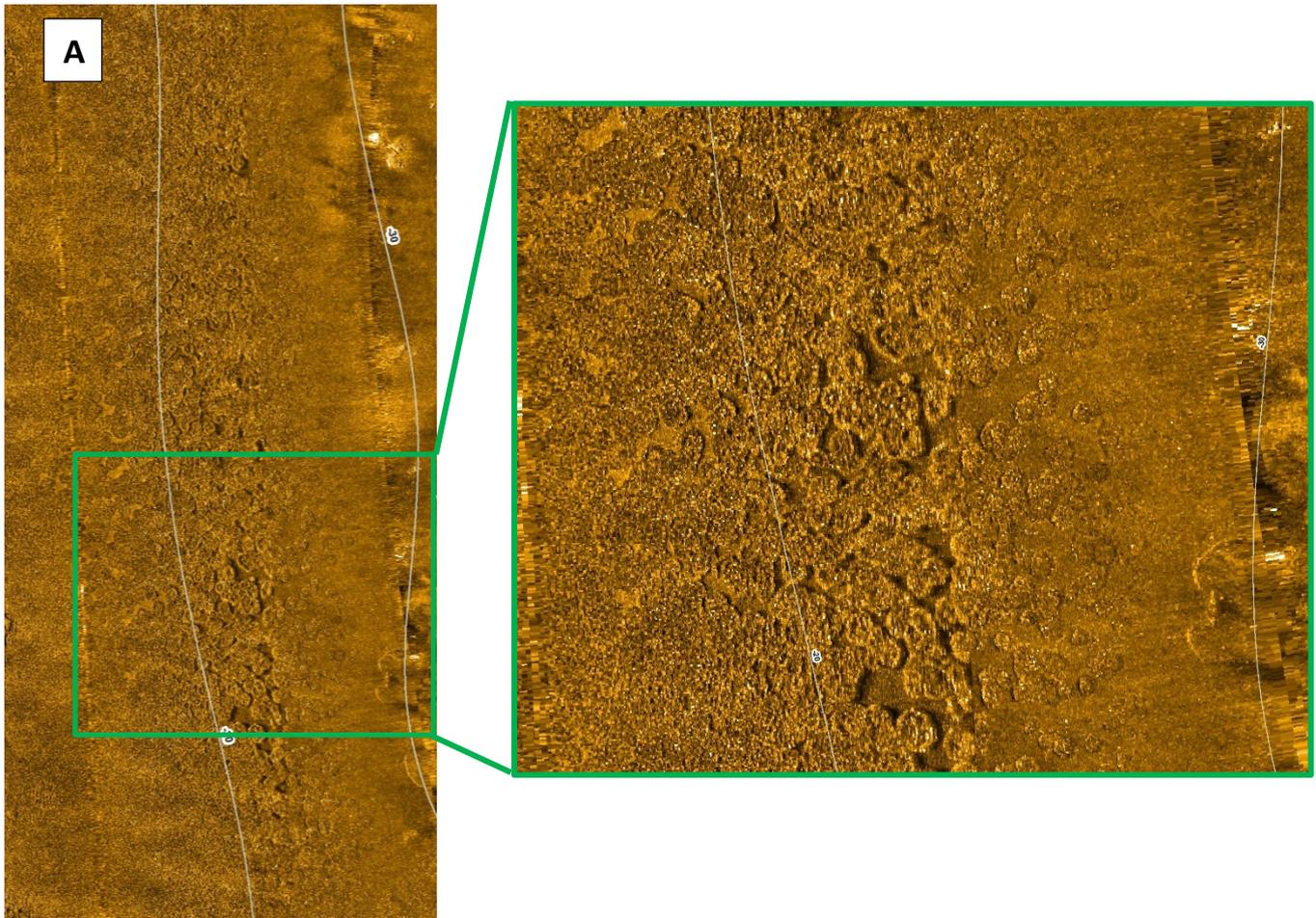


Figure 49 : Exports sonar (2020) de deux zones de recolonisation de l'herbier recensées à l'est et au sud du Cap Roux. La zone de recolonisation A s'étend sur plus de 600 mètres de long et 200 mètres de large. De nombreux patches ont déjà fusionné pour former un herbier continu. L'export B correspond à une zone impactée par l'explosion d'un obus. Les flèches ciblent des patches d'herbier en progression, signe de la recolonisation.

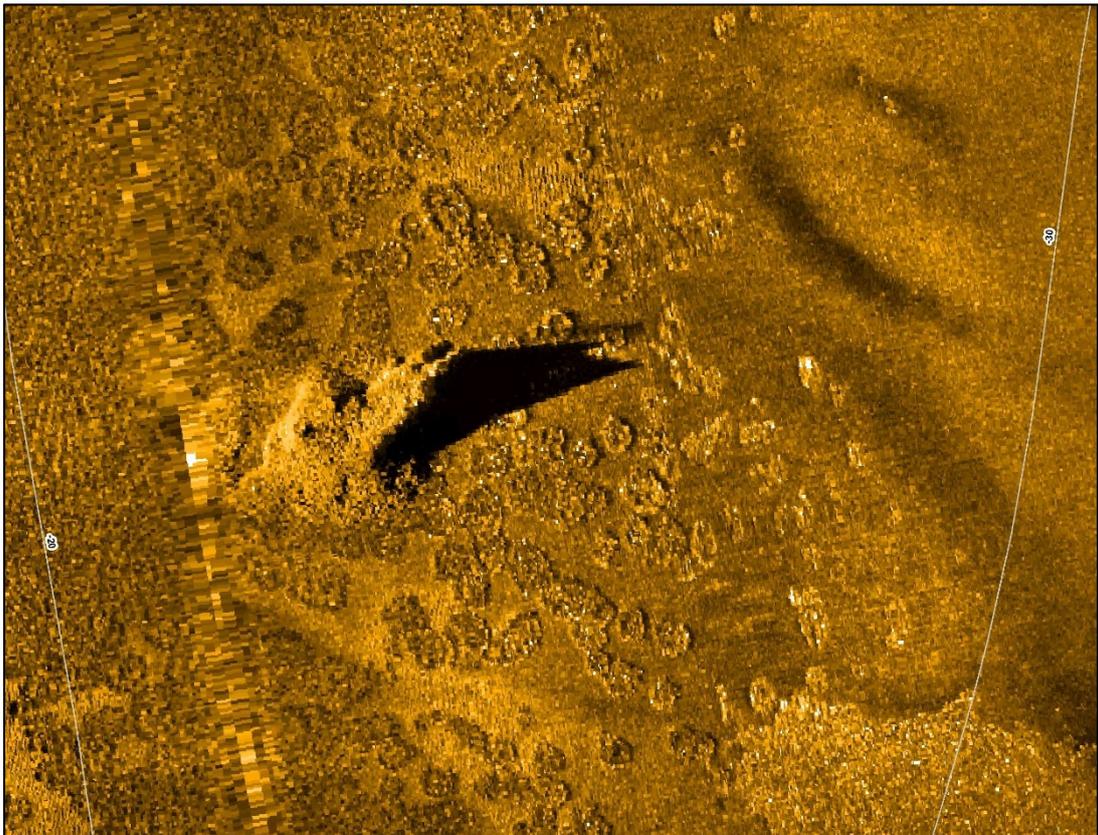
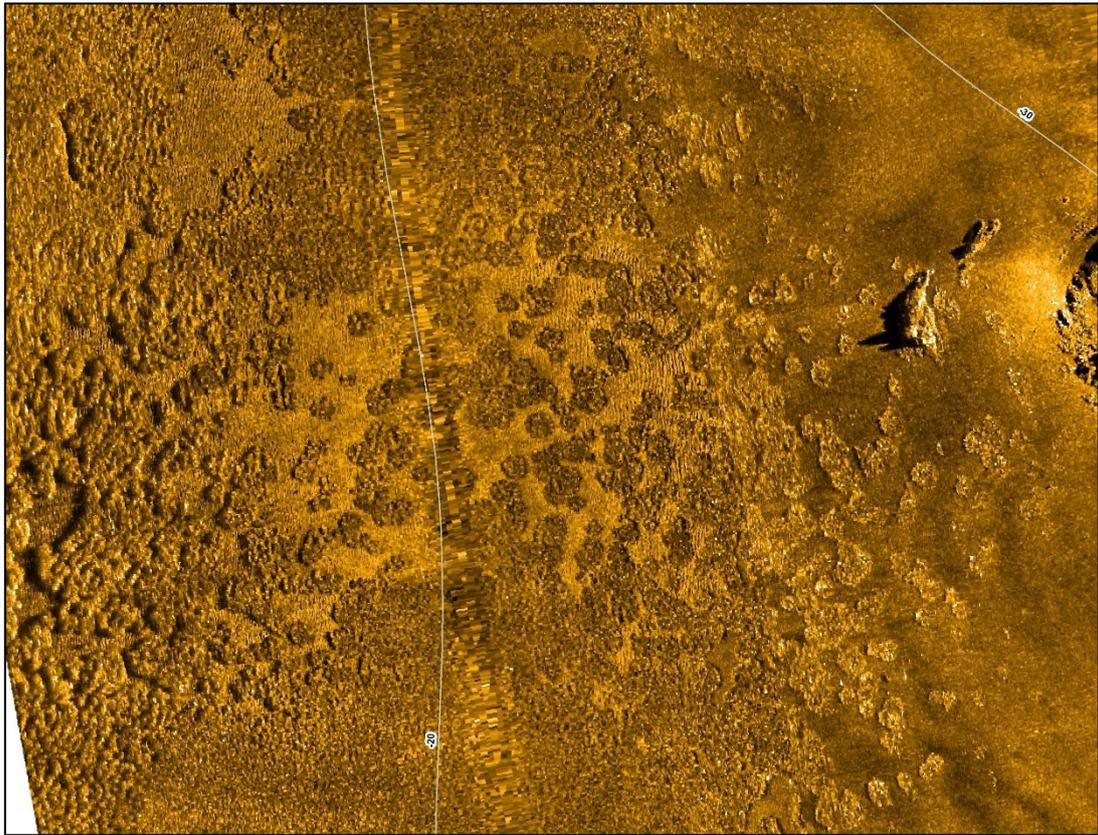


Figure 50 : Exports sonar de deux zones de recolonisation de l'herbier au Cap Roux.



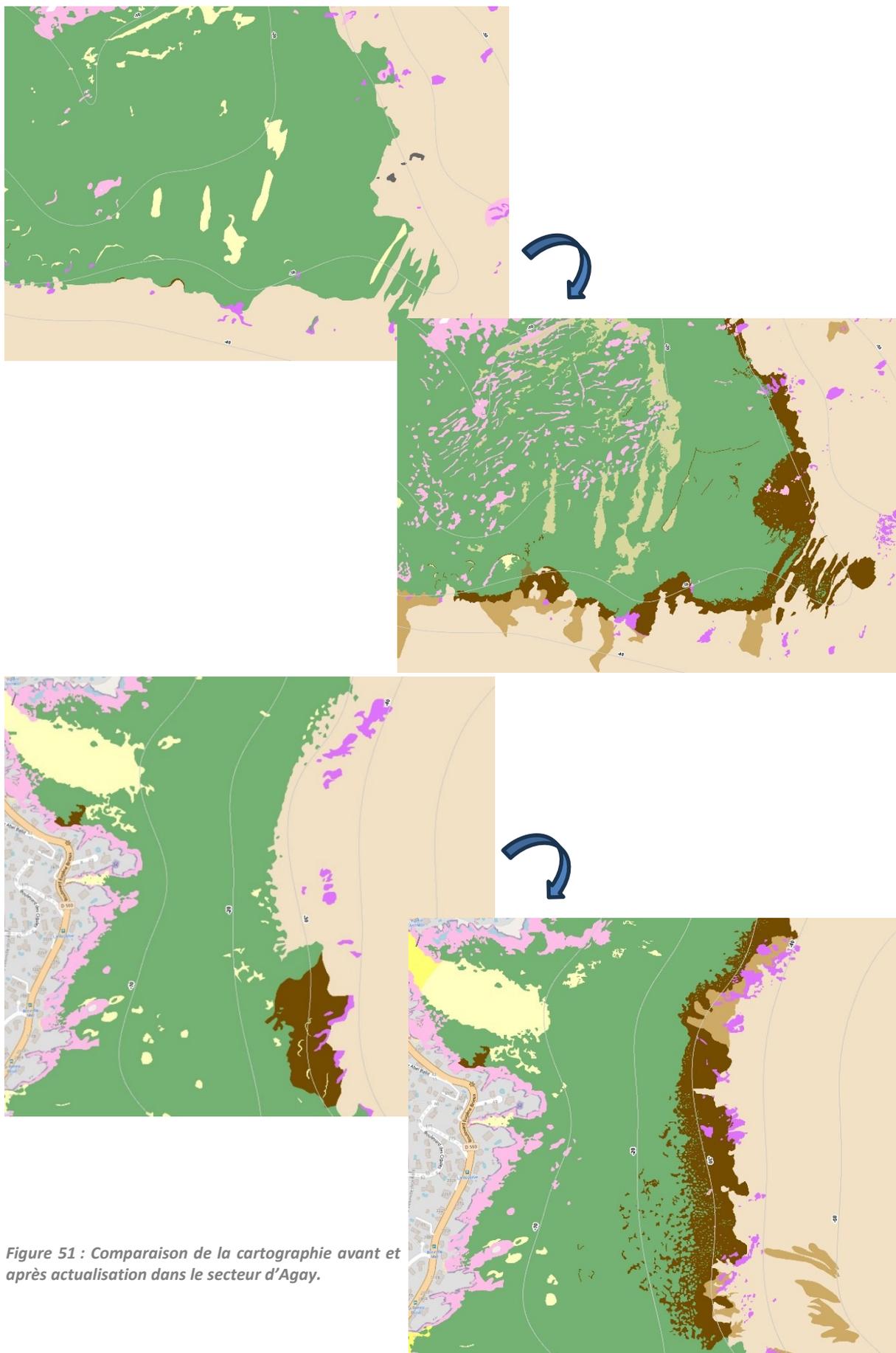
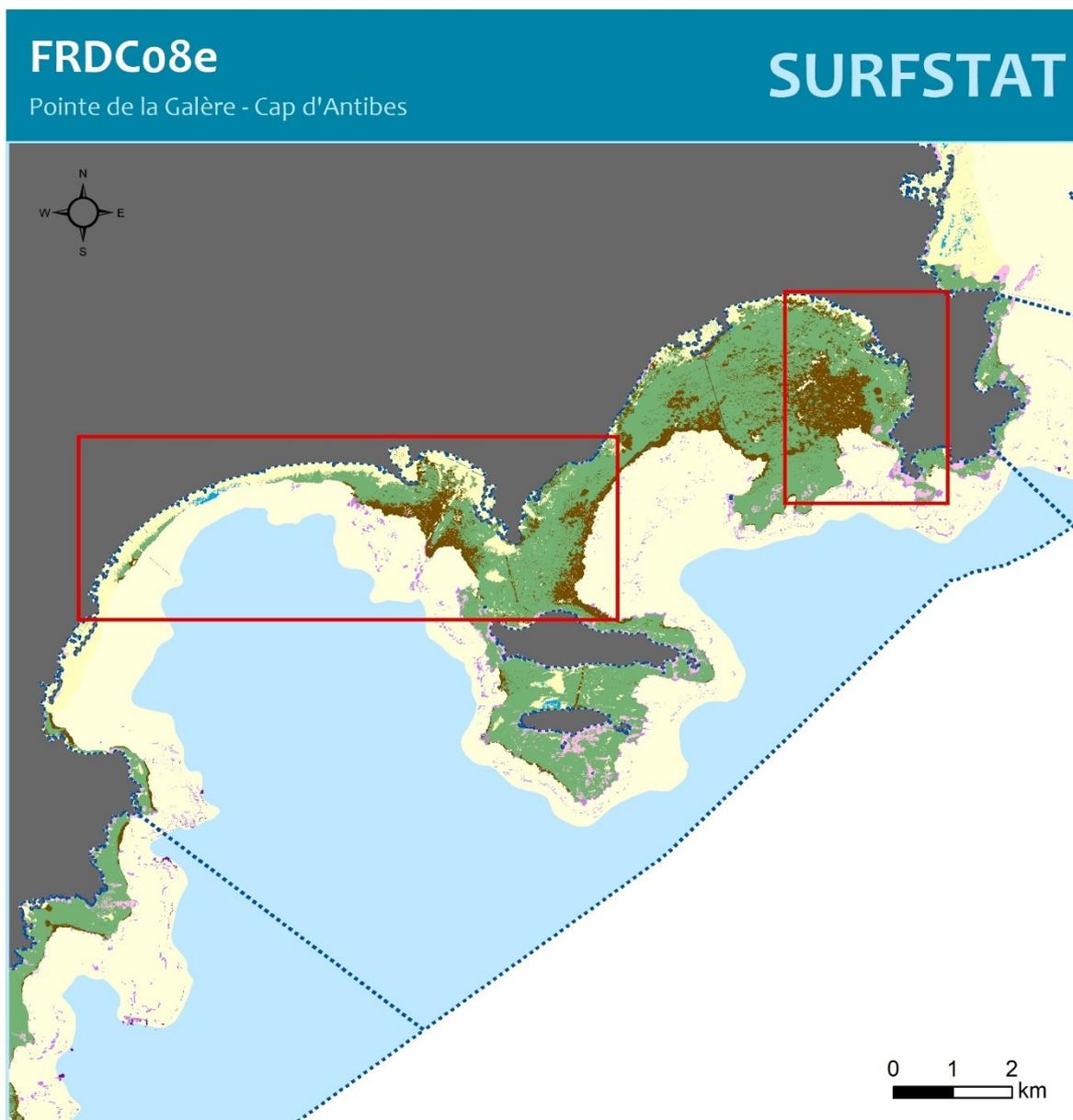


Figure 51 : Comparaison de la cartographie avant et après actualisation dans le secteur d'Agay.

III.13. Masse d'eau FRDC08e : Cannes et Golfe Juan Est



POINTE DE LA GALERE - CAP D'ANTIBES



Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

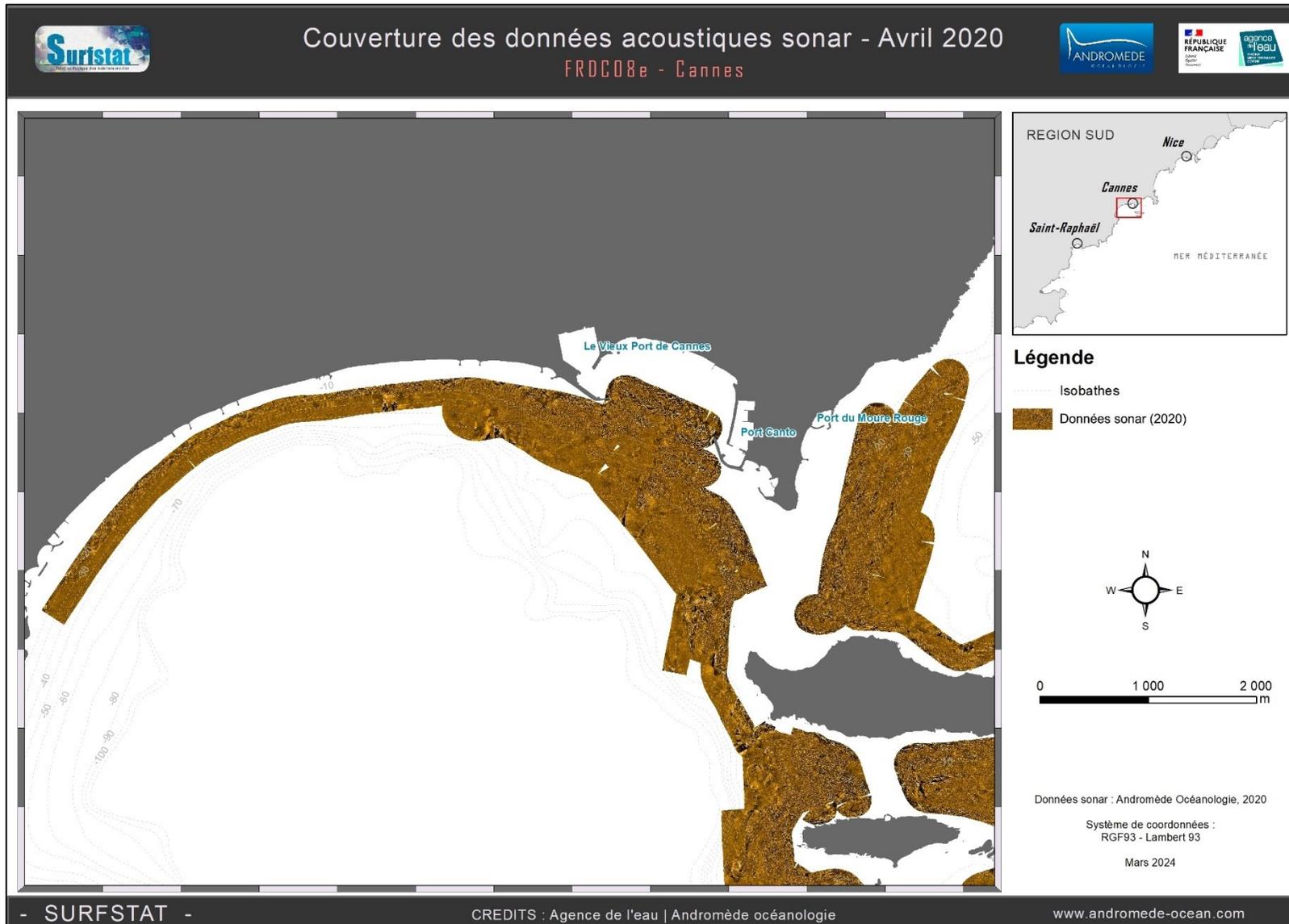
SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Mars 2024

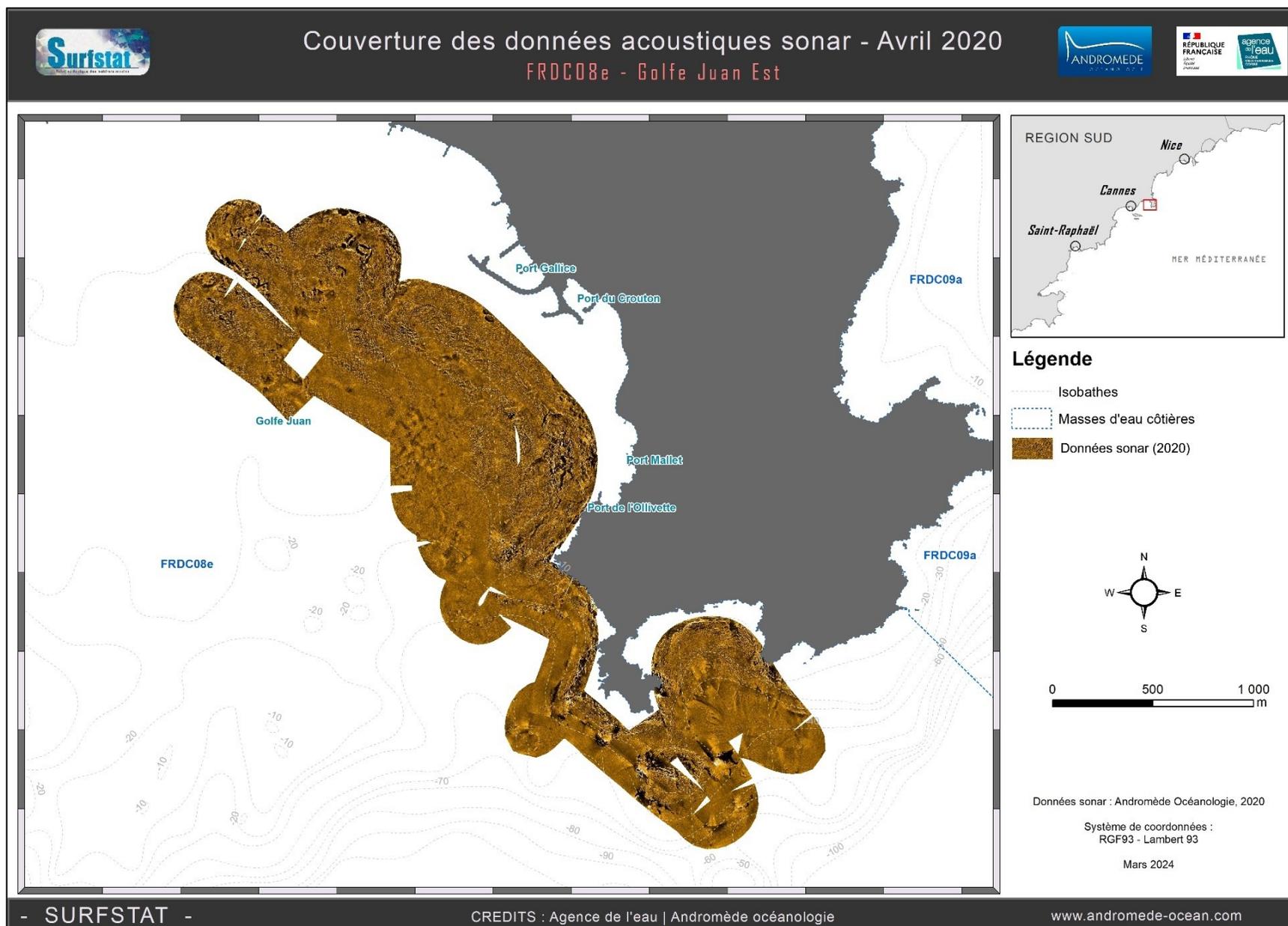


III.13.1. Sonar latéral

Près de **650 ha** de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses du Golfe de la Napoule de part et d'autre de Cannes.

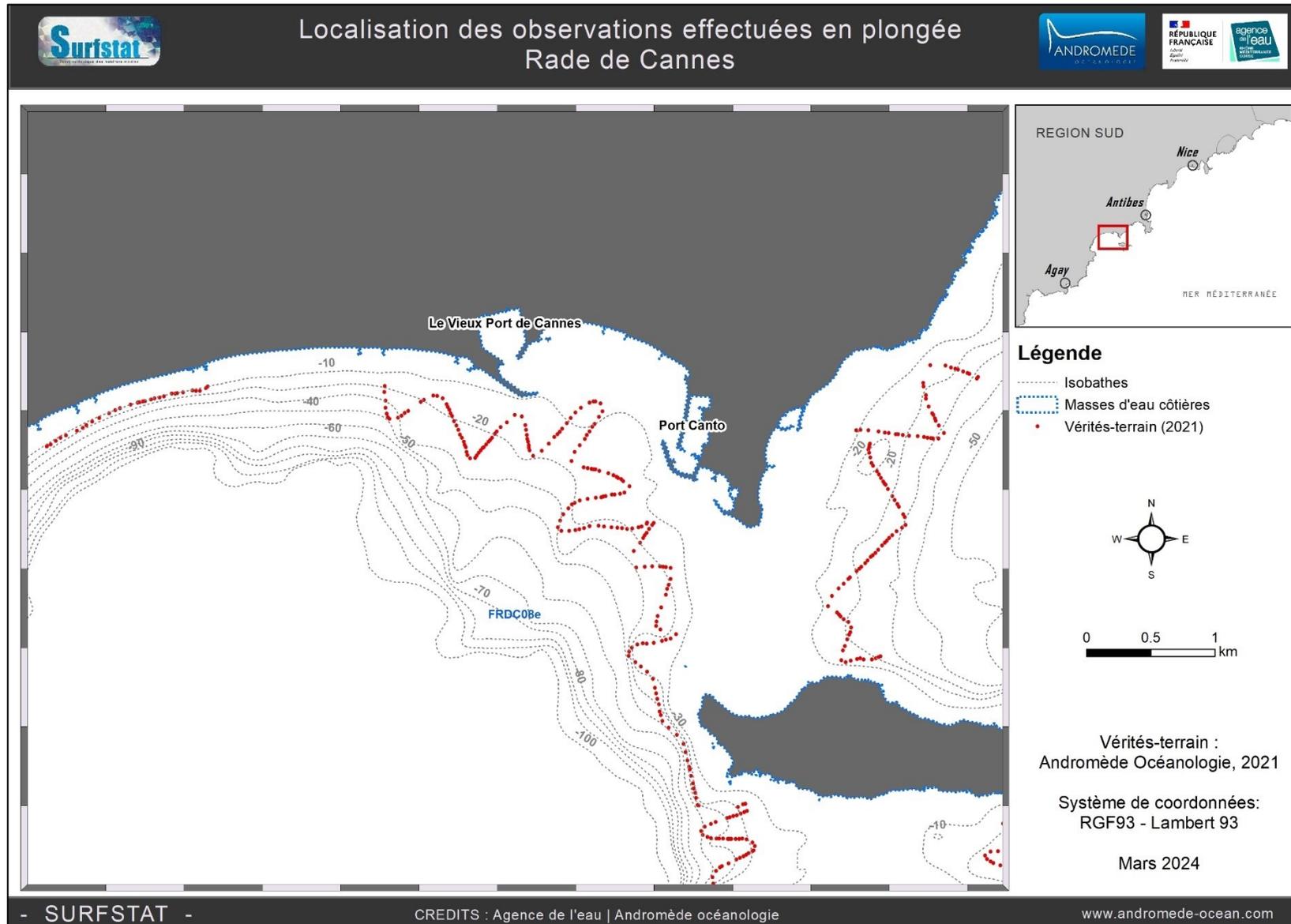


320 ha de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de l'Est du Golfe Juan.

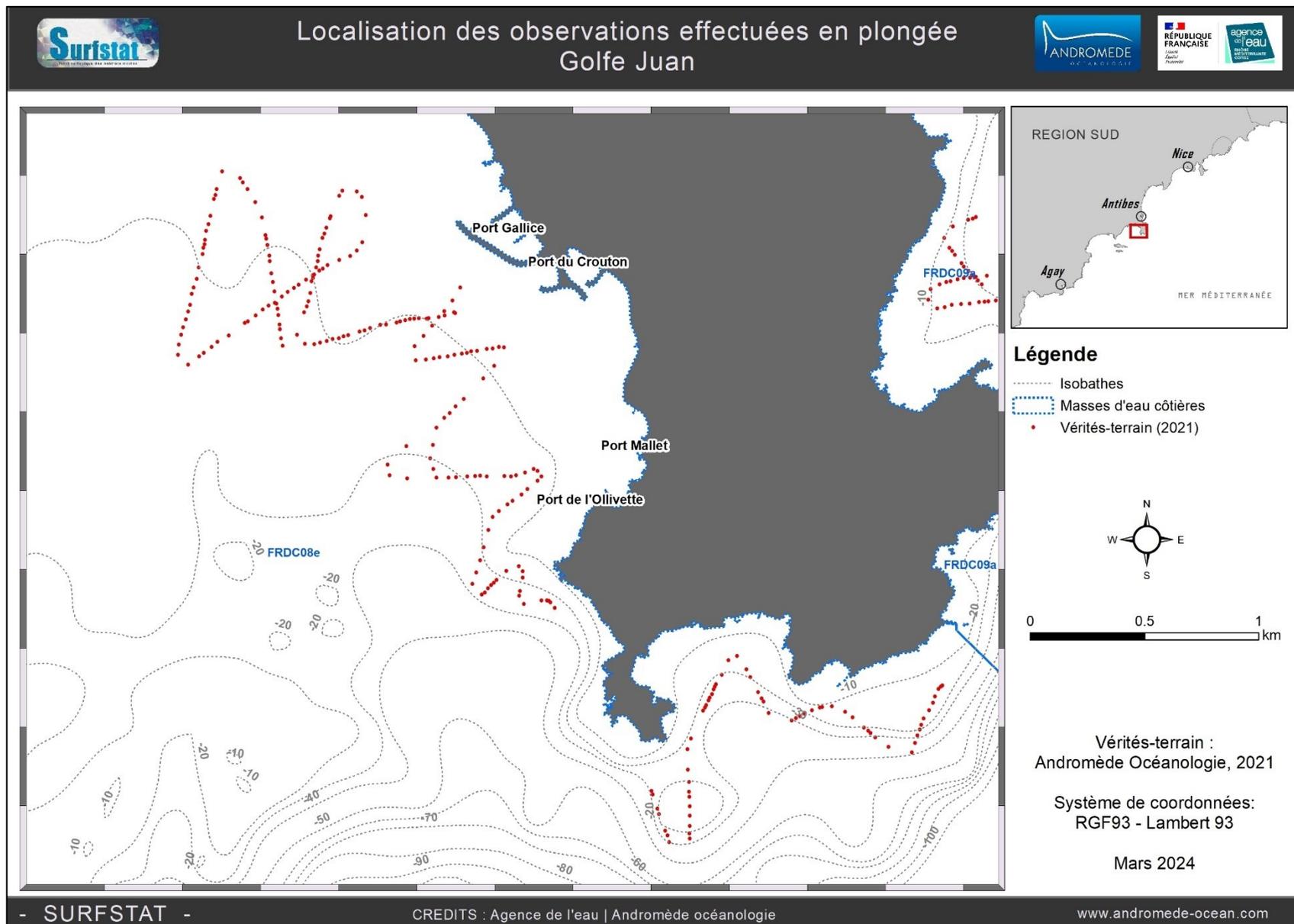


III.13.2. Vérités-terrain

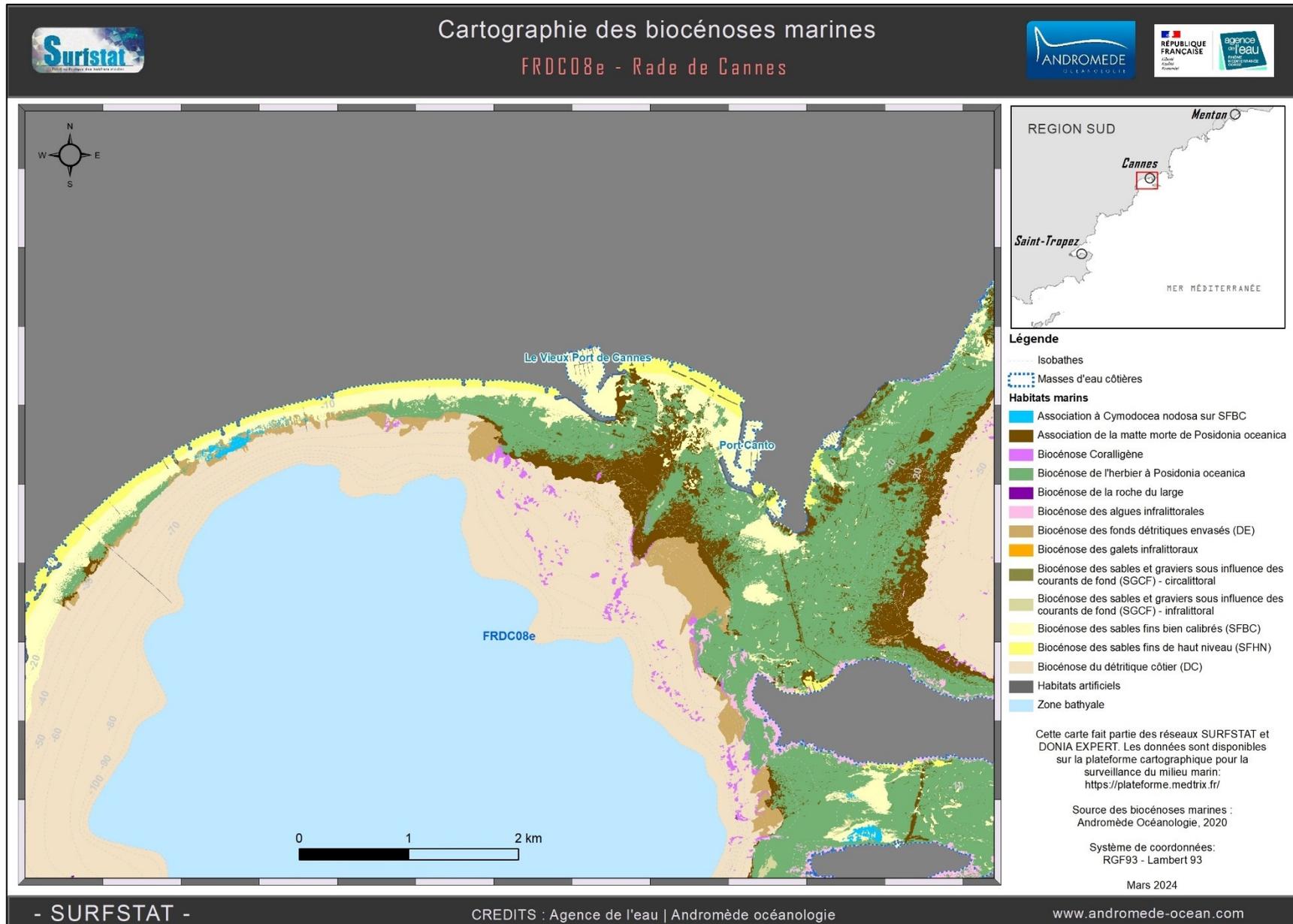
310 observations en plongée tractée ont été effectuées dans le secteur de la Rade de Cannes.

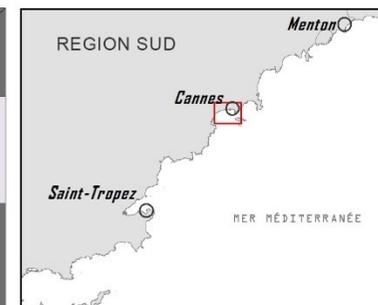
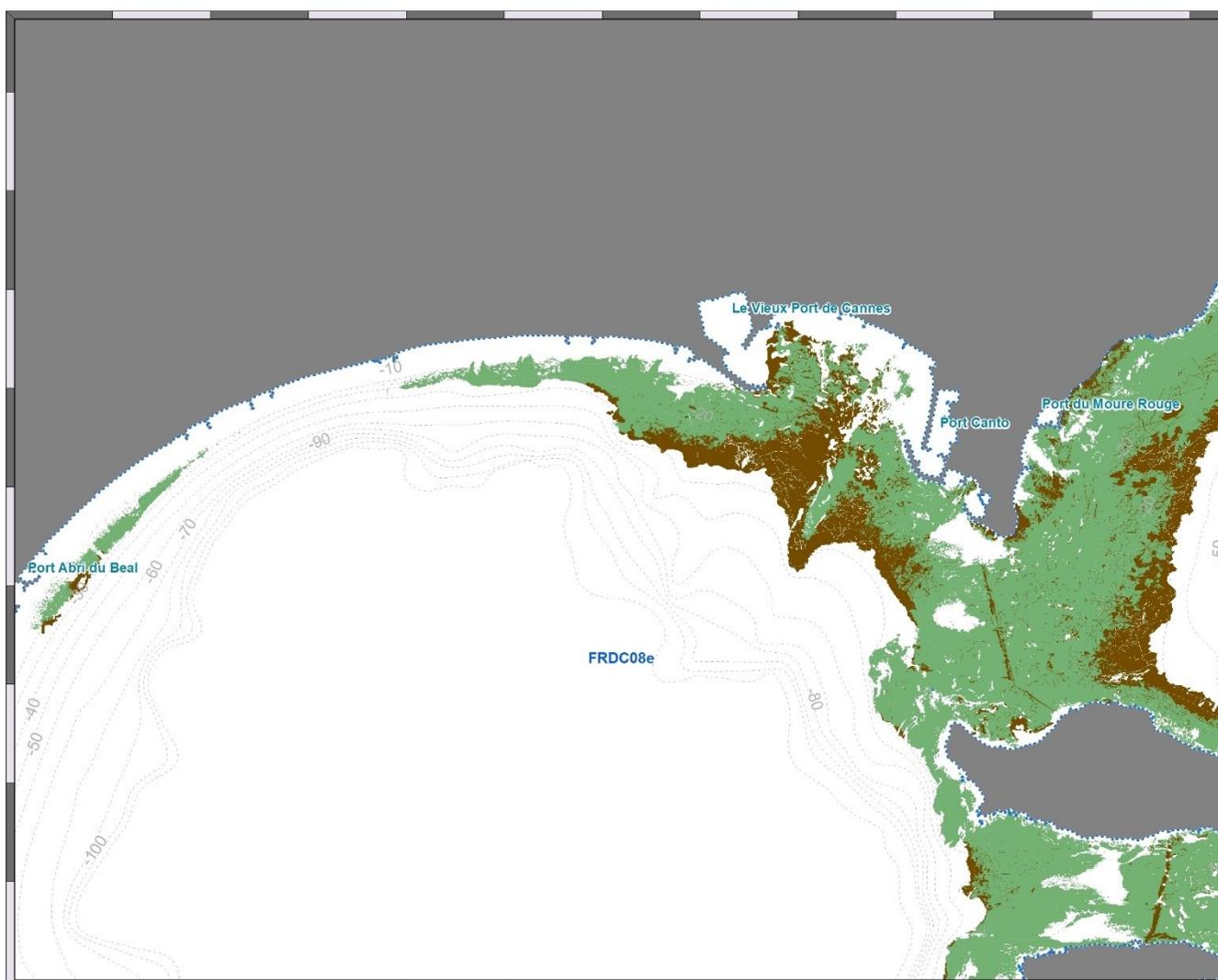


255 observations en plongée tractée ont été effectuées dans le secteur du Golfe Juan.



III.13.3. Cartographie des biocénoses marines : Rade de Cannes et Golfe Juan Est





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



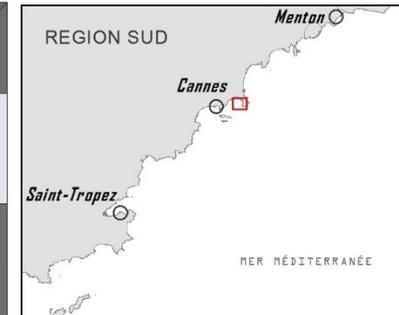
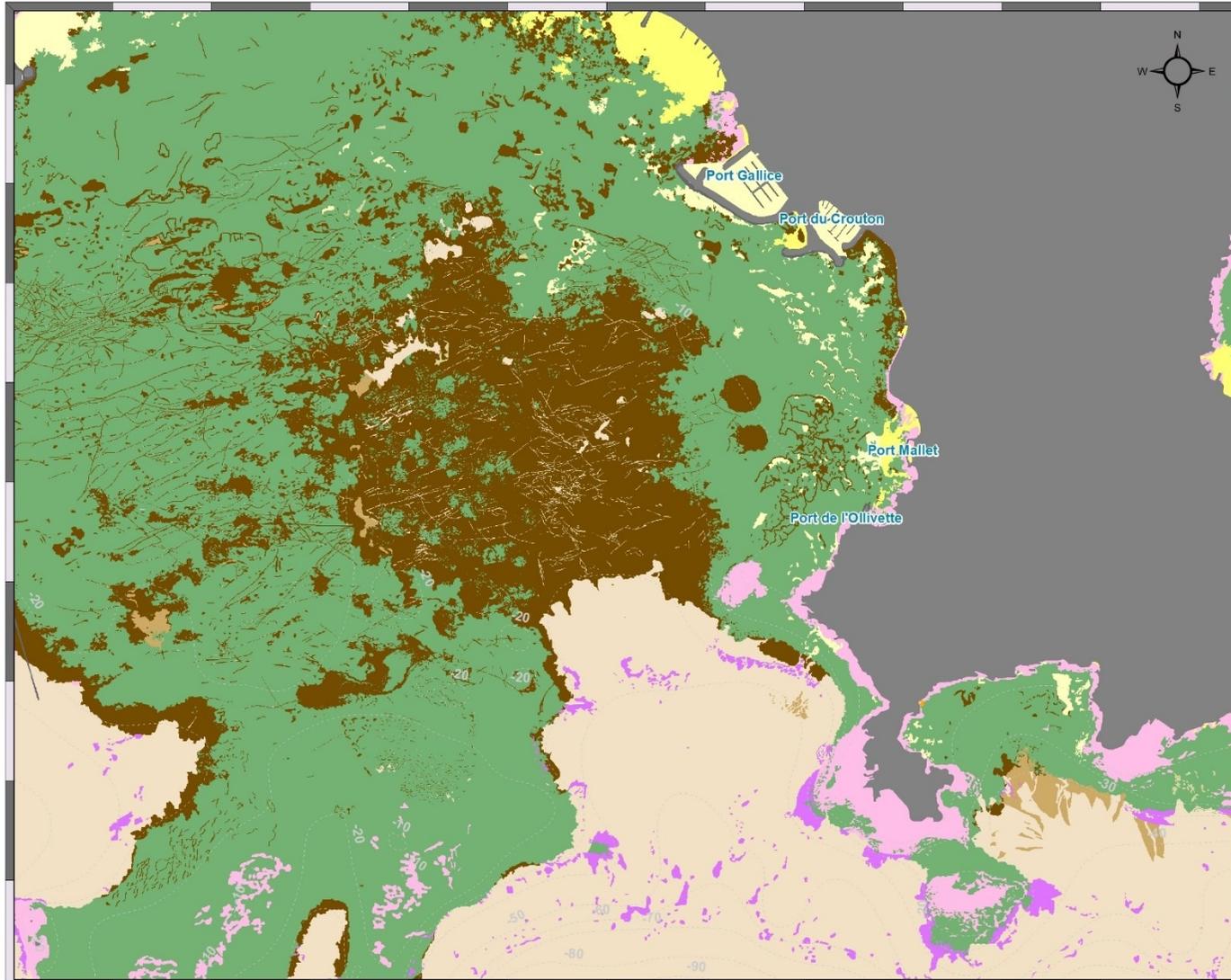
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024





Légende

--- Isobathes

Habitats marins

- Association de la matre morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose Coralligène
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*
- Biocénose de la roche du large
- Biocénose des algues infralittorales
- Biocénose des fonds détritiques envasés (DE)
- Biocénose des galets infralittoraux
- Biocénose des sables et graviers sous influence des courants de fond (SGCF) - infralittoral
- Biocénose des sables fins bien calibrés (SFBC)
- Biocénose des sables fins de haut niveau (SFHN)
- Biocénose du détritique côtier (DC)
- Habitats artificiels

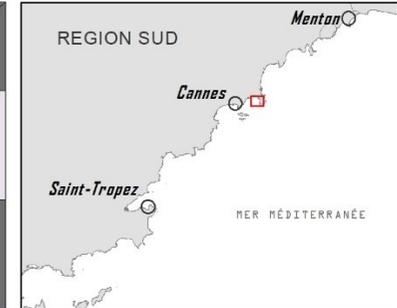
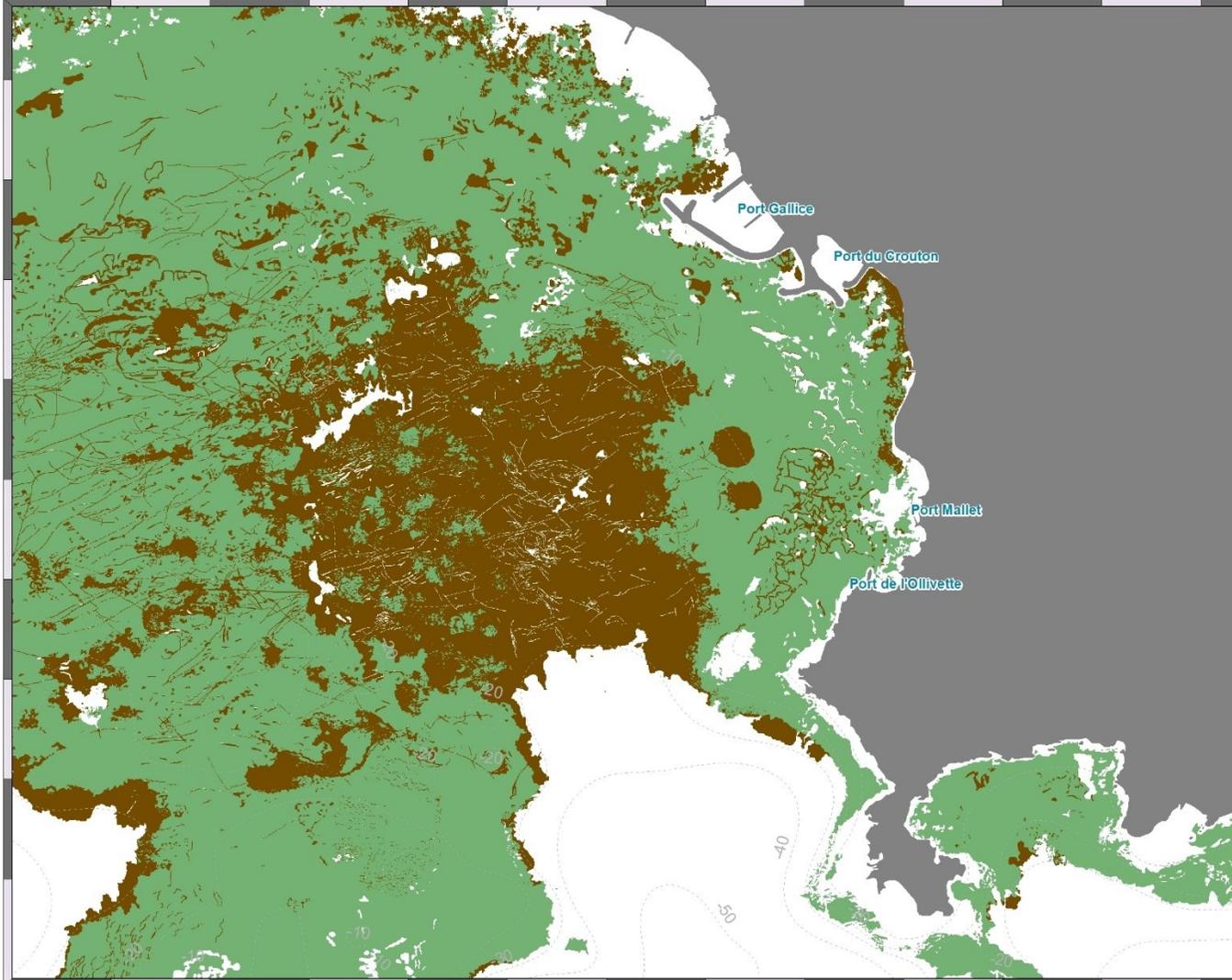


Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



Légende

----- Isobathes

Biocénoses marines

Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*

Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

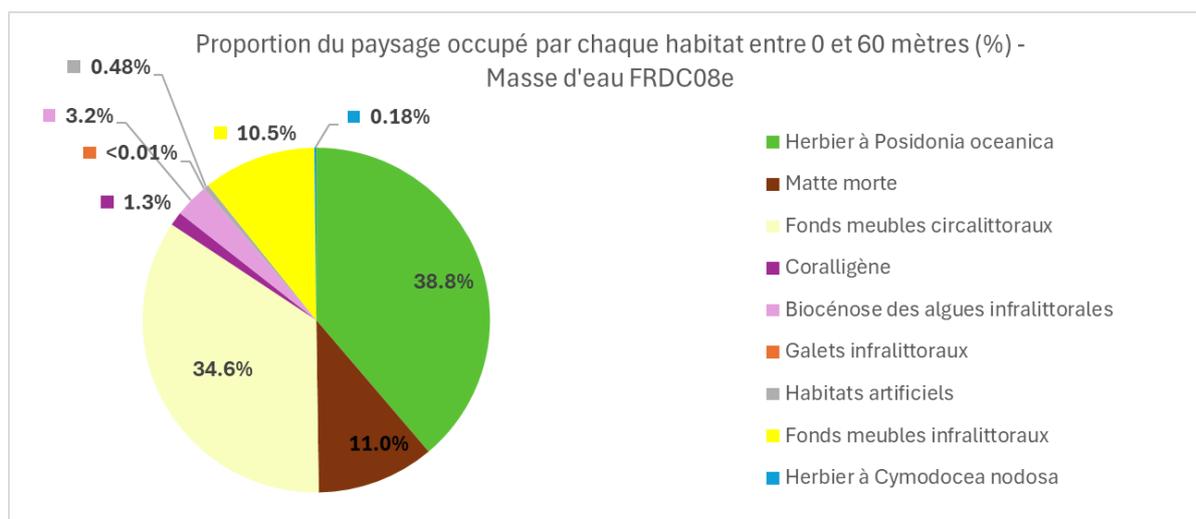
Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



III.13.4. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC08e « Pointe de la Galère – Cap d'Antibes » comprend 9 habitats entre 0 et -60 mètres dont les quatre principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont la biocénose de l'herbier à posidonie (38,8 %), les fonds meubles circalittoraux (34,6 %) et infralittoraux (10,5 %) et l'association de la matte morte de posidonie (11 %).

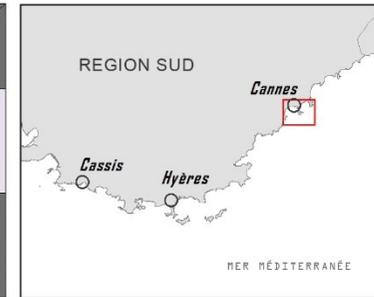
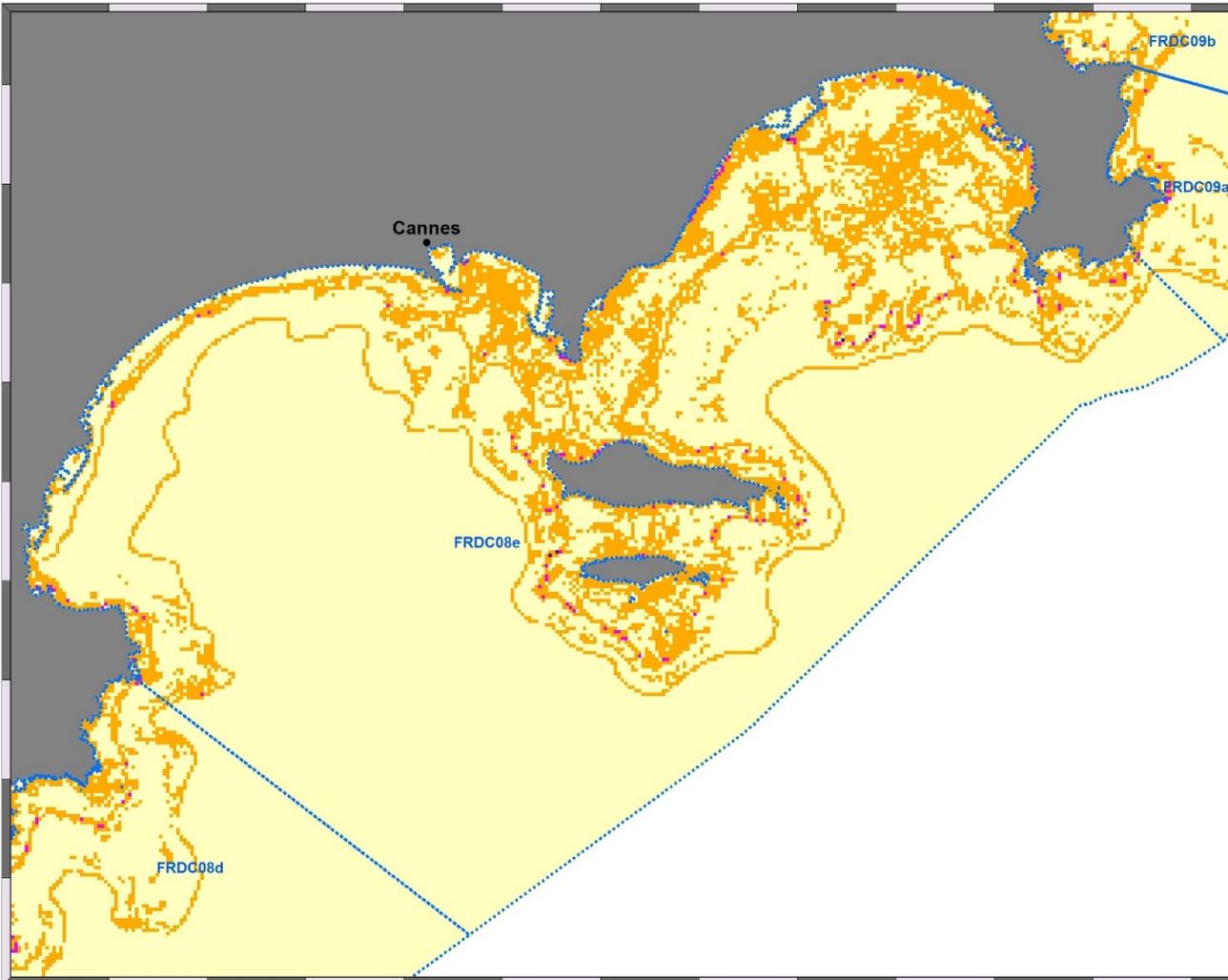
L'analyse de la comparaison des indices surfaciques pour cette masse d'eau montre que seules deux valeurs sont bien en-dessous des moyennes régionales, ce sont celles du pourcentage du paysage compris par la tache la plus grande et celle de la densité d'habitats par 100 ha.

La masse d'eau FRDC08e présente une diversité paysagère élevée comparativement aux autres masses d'eau.

L'indice de diversité de Simpson est représenté sur un pixel de 50 mètres page suivante.

Tableau 29 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC08e.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC08e	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	4245	87 4009.64 16847
Nombre d'habitats dans le paysage	9	6 8.52 11
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	394.9	12.9 212.11 545.8
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	34	25.8 50.69 77.3
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.21	0.07 0.84 6.91
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.79	0.44 0.67 0.89



Légende

Masses d'eau côtières

Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



L'herbier occupe 50,3 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. **Ce taux de recouvrement est élevé.** L'herbier se situe principalement de manière continue dans la partie Est de la masse d'eau, il est moins représenté dans le golfe de la Napoule.

Par rapport à l'ensemble des masses d'eau côtière de la Région Sud, l'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC08e se caractérise par un nombre moyen de taches de taille moyenne et proches les unes des autres.

L'indice de fragmentation est très élevé mais reste quasi-égal à la moyenne régionale, comme c'est le cas pour la valeur de l'indice d'agrégation.

La valeur de l'indice de régression est moyenne pour cette masse d'eau.

A noter que l'association de la matre morte de posidonie comprend un nombre très élevé de tâches entre 0 et 40 mètres et qui sont peu agrégées. **Ces éléments s'expliquent par les nombreuses traces de mouillage dans l'herbier du Golfe Juan et dans le secteur du port de Cannes.**

Ces deux secteurs sont connus comme étant extrêmement impactés par le mouillage. Lors de l'étude cartographique

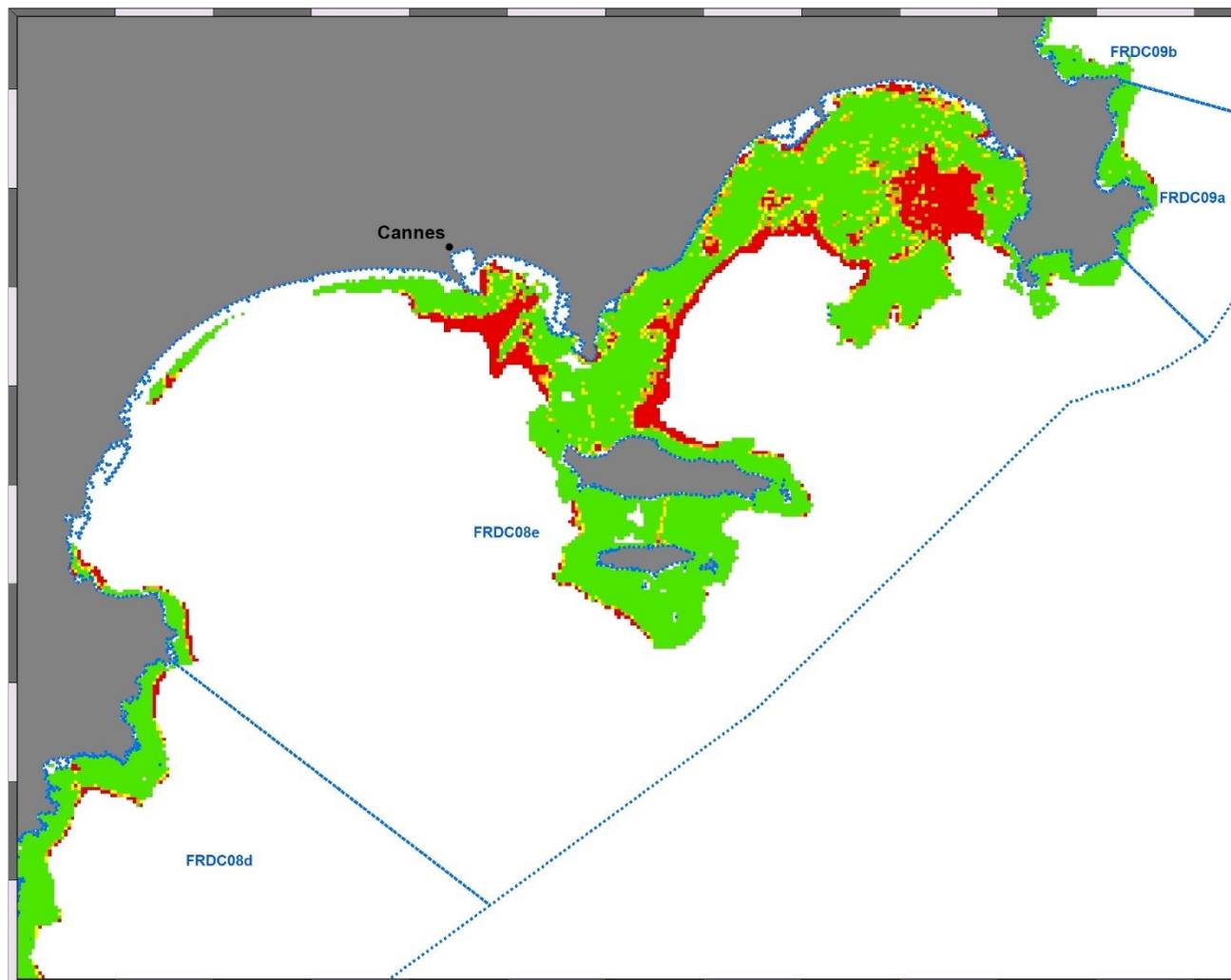
entreprise sur cinq secteurs fortement fréquentés par la plaisance en Région Sud ([Andromède, 2020](#)), la surface perdue d'herbier de posidonie cartographiée à Golfe Juan entre 2011 et 2018 fut de 104 hectares. Aucune analyse n'avait pu être faite pour Cannes à cause du manque de données historiques en 2006.

Concernant le secteur de Cannes, les emprises des données sonar de 2018 et 2020 concordant fortement, **il a été possible d'effectuer une analyse de l'évolution des limites d'herbier sur presque la totalité des données biocénotiques.** Seule la partie à l'ouest du Golfe de la Napoule n'a pu être comparée. Aucune évolution majeure (régression ou progression) n'a été recensée en deux ans. Les seules évolutions cartographiques sont liées aux nouvelles données sonar dont la meilleure qualité et résolution ont permis d'affiner et de corriger les limites des biocénoses et surtout de l'herbier (Figure 52 et Figure 53). C'est pourquoi certains endroits de la cartographie contiennent plus d'herbier qu'après l'actualisation de 2018.

Quelques exports des évolutions cartographiques des biocénoses marines sont présentés Figure 54.

Tableau 30 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC08e.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD
Masse d'eau	FRDC08e	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	Légende
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	50.3	1.8 0 75.4 36.45
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	77	1.7 0 172.5 56.3
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	26.8	0.6 0 74.7 28.34
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	0.65	0.12 0 2.08 0.84
Indice de complexité des formes	1.06	1.05 0 1.13 1.07
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	10.8	7 0 63.2 14.11
Indice de fragmentation de l'herbier	0.9	0.44 0 1 0.87
Indice d'agrégation entre les taches (%)	86.2	71.2 0 94.2 86.3
Indice de régression de l'herbier	0.22	0.03 0 0.57 0.19



Légende

Masses d'eau côtières

Indice de régression (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMIC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



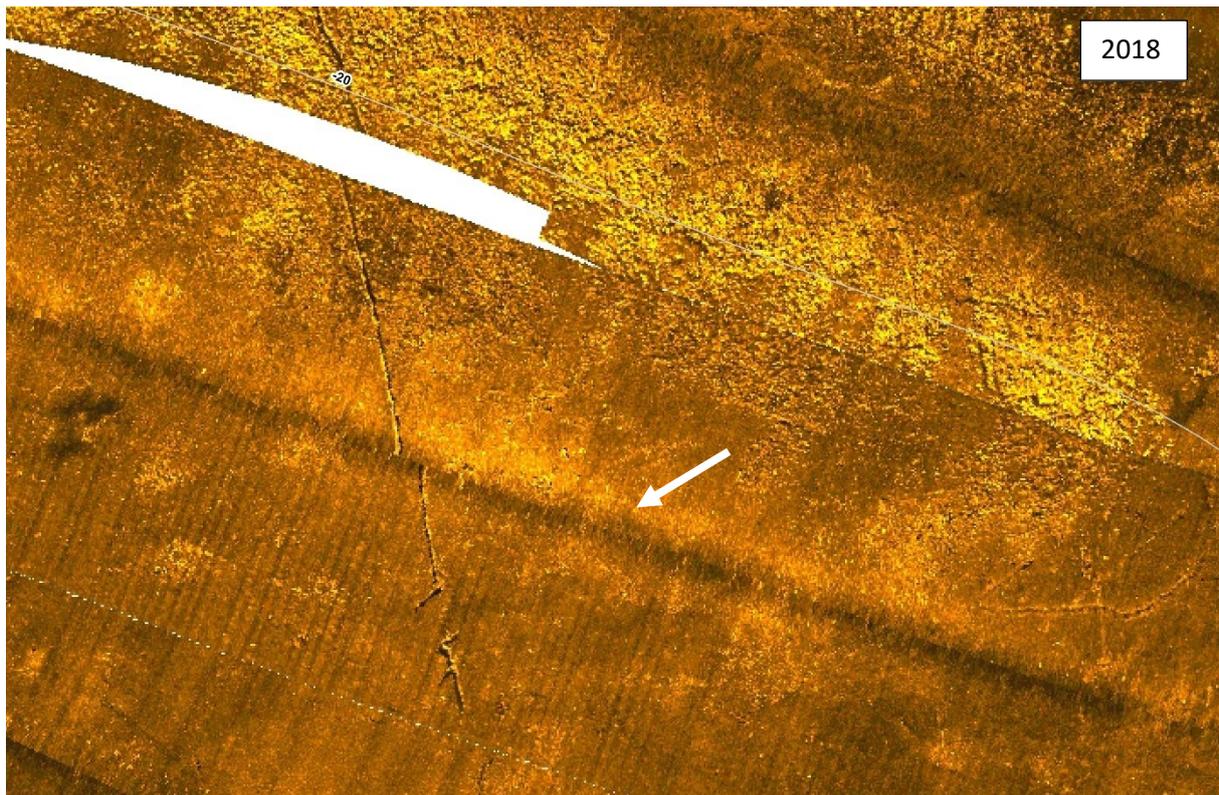


Figure 52 : Comparaison des données sonar de 2018 et 2020 acquises dans le secteur du Port de Cannes. La flèche blanche montre une zone d'incertitude située au centre de la bande ; l'interprétation des limites de l'herbier de posidonie manifestement extrêmement régressif est difficile en 2018. Les flèches vertes indiquent la présence de posidonie sur la bande sonar de 2020, actualisant ainsi la cartographie.



Figure 53 : Comparaison des données sonar de 2018 et 2020 acquises dans le secteur du Port de Cannes. Le cercle blanc montre une zone d'incertitude dans une bande sonar acquise en 2018. On peut voir en 2020 que cette zone d'incertitude correspond à de l'herbier de posidonie. Les flèches vertes indiquent des zones de régression et des traces de mouillage qui étaient difficilement visibles avant.



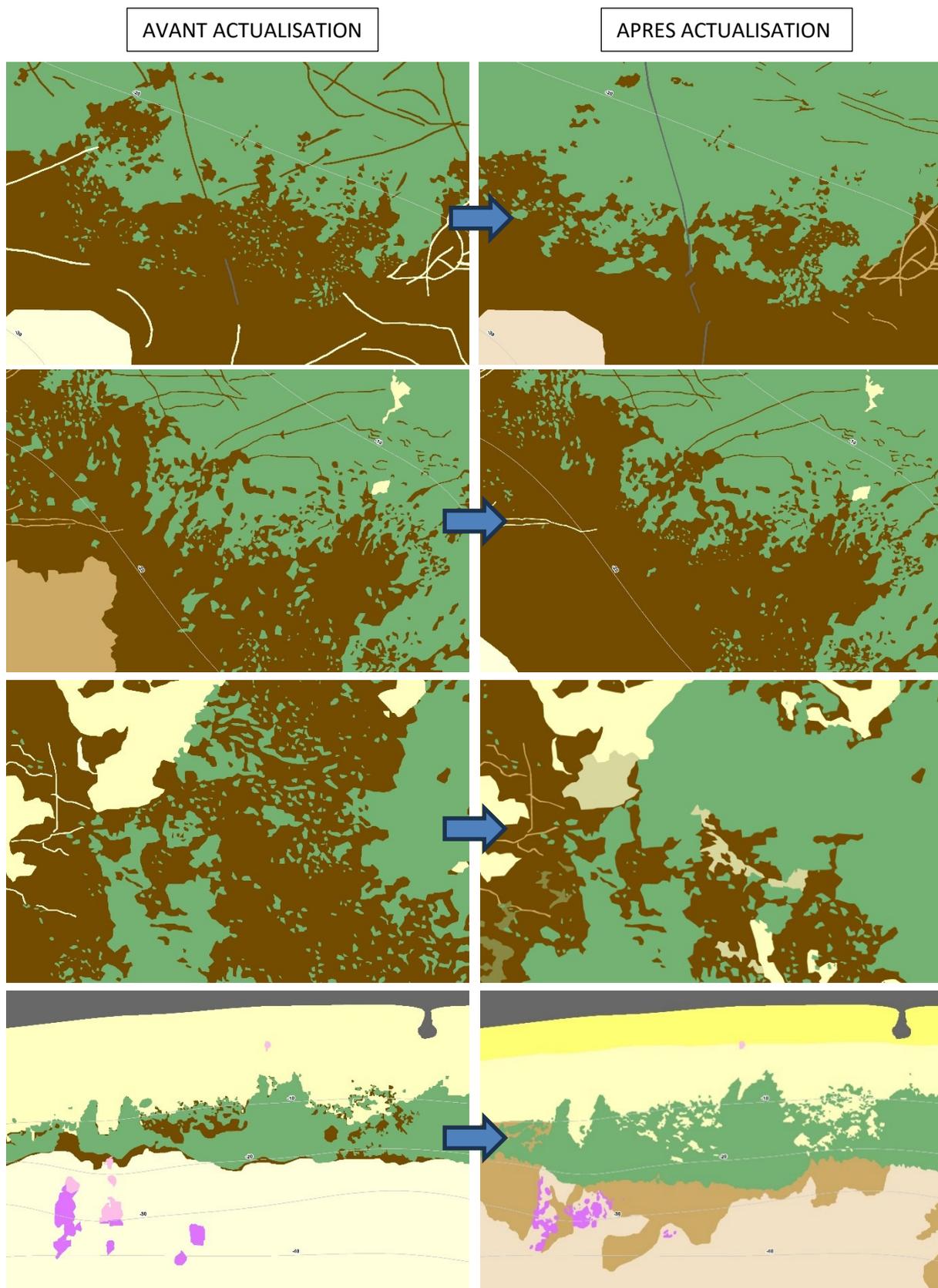


Figure 54 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines à Cannes avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Détritique ensasé ; Gris : Habitats artificiels). La surface de l'herbier à Posidonie a été légèrement augmentée dans le secteur de Cannes entre 2018 et 2020 suite à une réinterprétation des données sonar ; certaines zones d'incertitudes en 2018 ont pu être soulevées et corrigées grâce aux données de 2020 (polygones de matte morte corrigés en posidonie).

Pour le secteur de Golfe Juan, l'emprise des données sonar de 2020 étant plus petite que celle de 2018, **l'analyse de l'évolution des limites de l'herbier n'a pu se faire qu'à l'est du Golfe**. Comme pour le secteur de Cannes, **aucune évolution (régression ou progression) majeure n'a été observée en deux ans**. Les seules évolutions cartographiques sont liées aux nouvelles données sonar dont la meilleure qualité et résolution ont permis **d'affiner et de corriger** les limites des biocénoses et surtout de l'herbier (Figure 55 et Figure 56). Quelques exports des évolutions cartographiques des biocénoses marines sont présentés Figure 57.

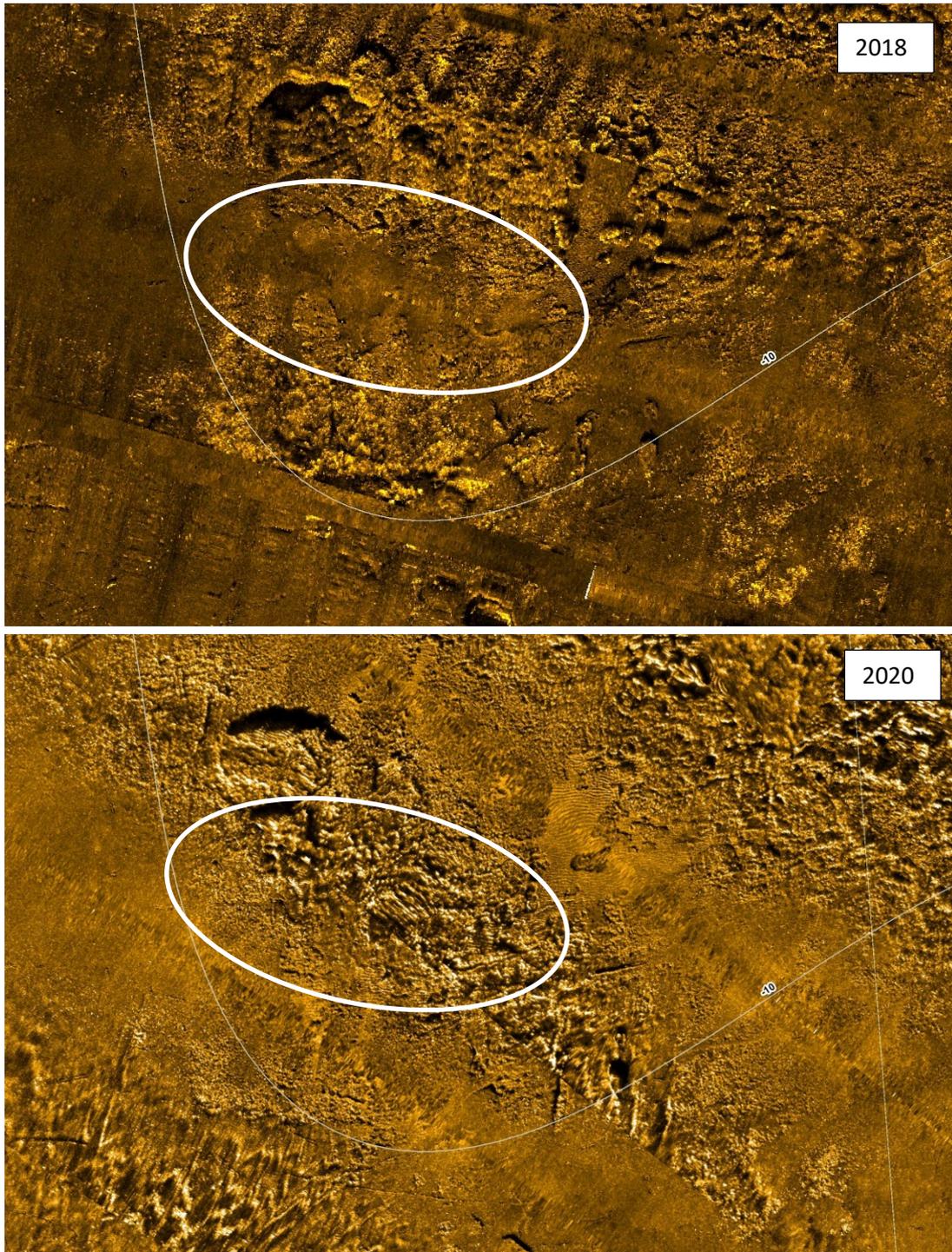


Figure 55 : Comparaison des bandes sonar de 2018 et 2020 acquises à Golfe Juan. Le cercle blanc indique une zone d'incertitude en 2018 qui a été modifiée suite à l'acquisition des données sonar en 2020 montrant une zone d'herbier et non de matte morte.





Figure 56: Comparaison des bandes sonar de 2018 et 2020 acquises à Golfe Juan. Le cercle blanc indique une zone d'incertitude en 2018 qui a été modifiée suite à l'acquisition des données sonar en 2020 montrant une zone d'herbier et non de matte morte.

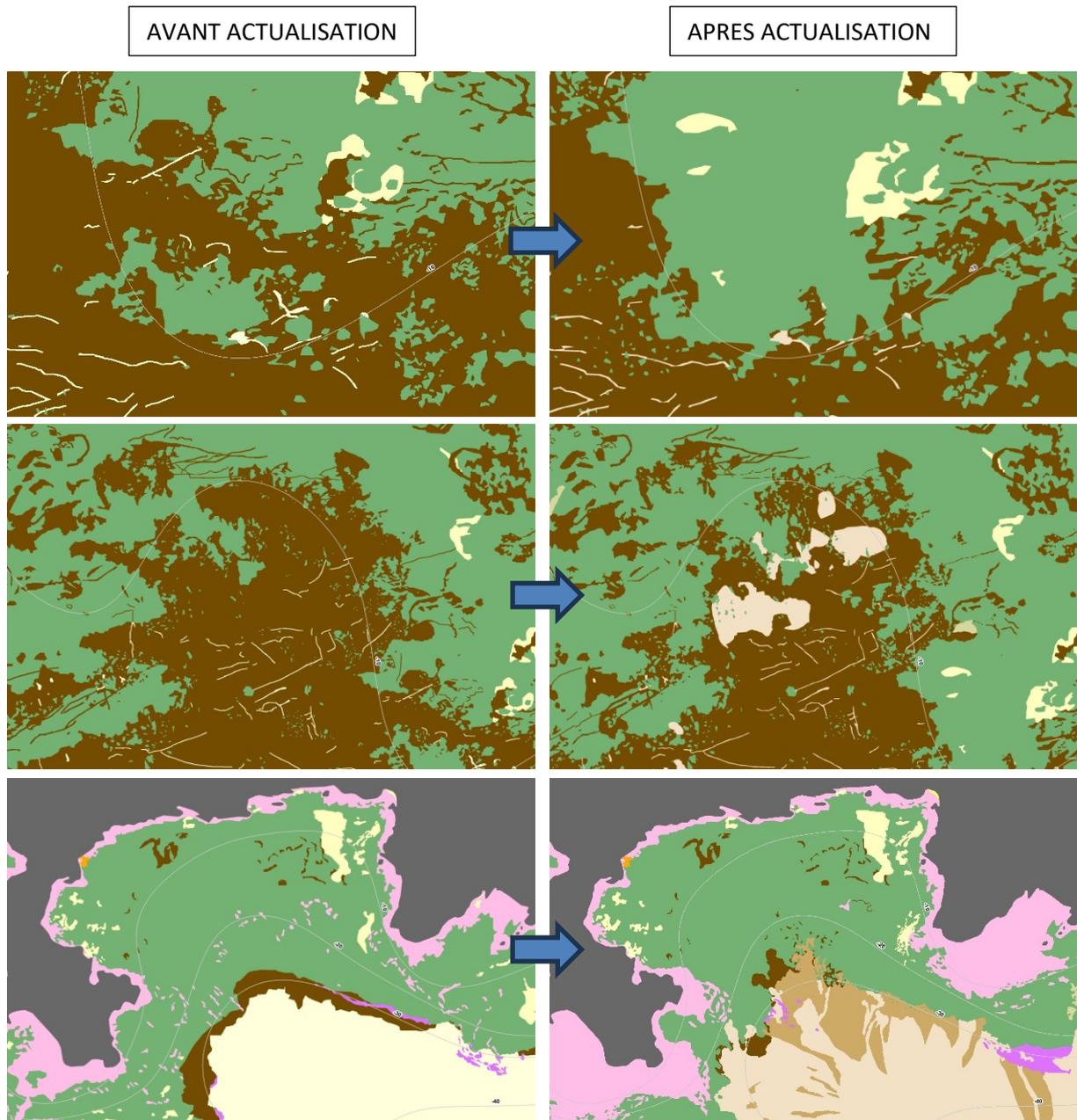
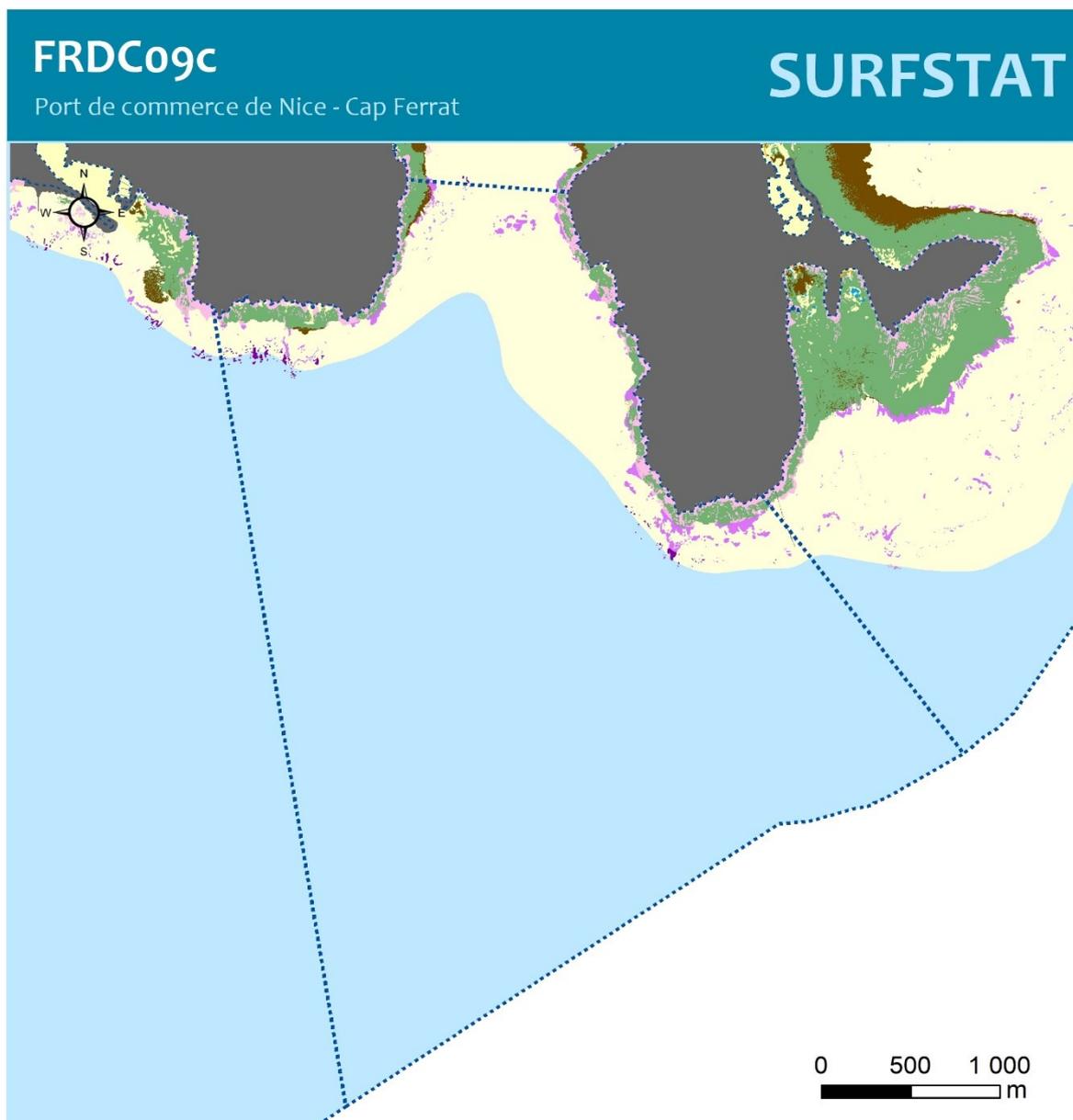


Figure 57 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines à Golfe Juan et au Cap d'Antibes avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Jaune : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux). La surface de l'herbier à Posidonie a été légèrement augmentée dans les secteurs de Cannes et de Golfe Juan entre 2018 et 2020 suite à une réinterprétation des données sonar ; certaines zones d'incertitudes en 2018 ont pu être soulevées et corrigées (polygones de matte morte corrigés en posidonie).



III.14. Masse d'eau FRDC09c : Port de Commerce de Nice – Cap Ferrat



PORT DE COMMERCE DE NICE - CAP FERRAT



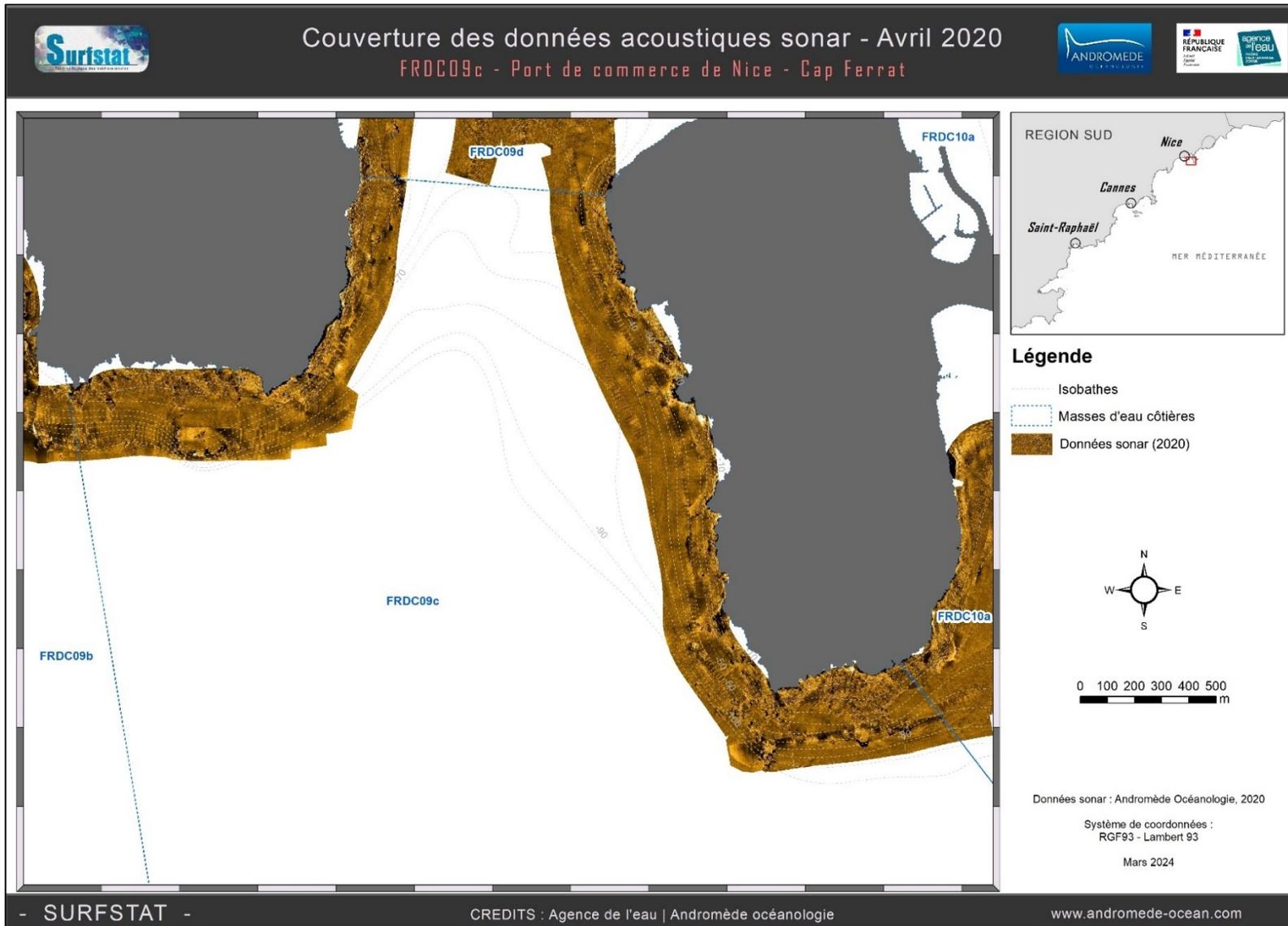
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Mars 2024

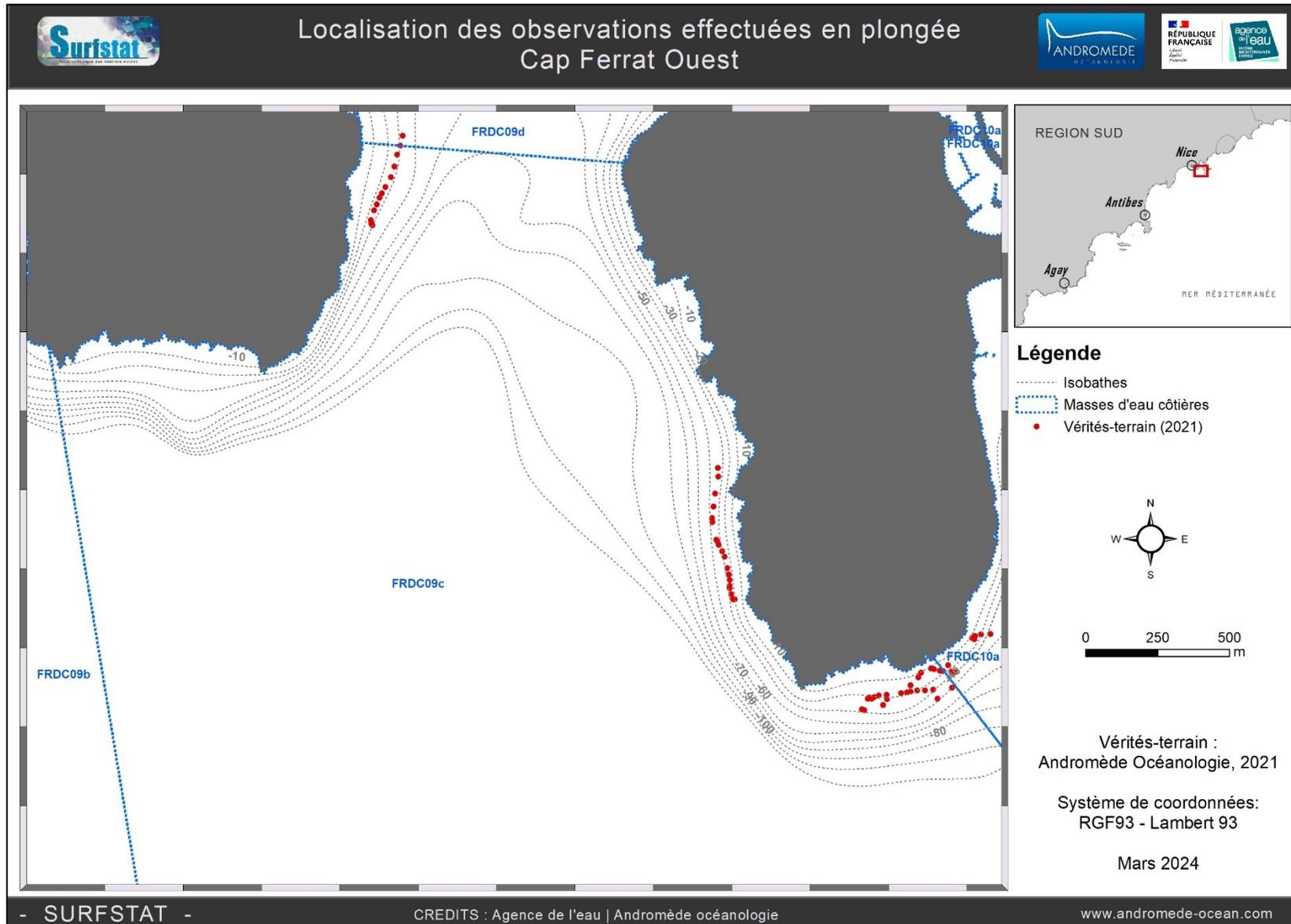
III.14.1. Sonar latéral

120 ha de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de la masse d'eau FRDC09c.

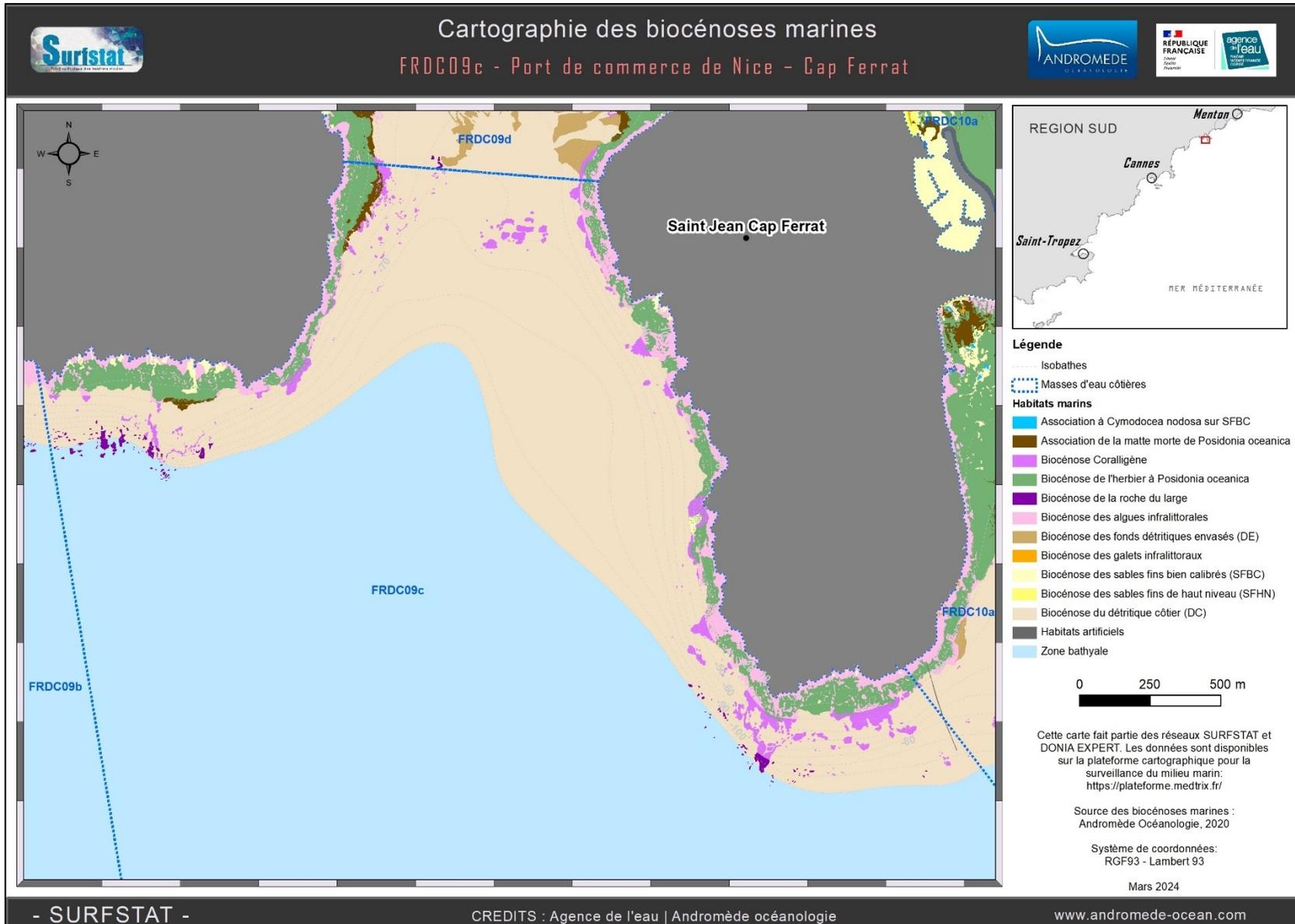


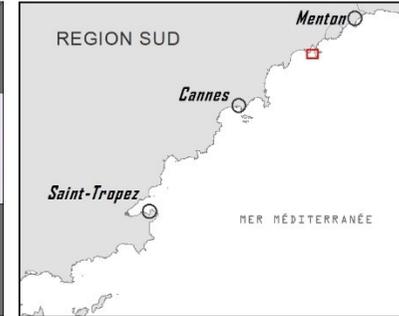
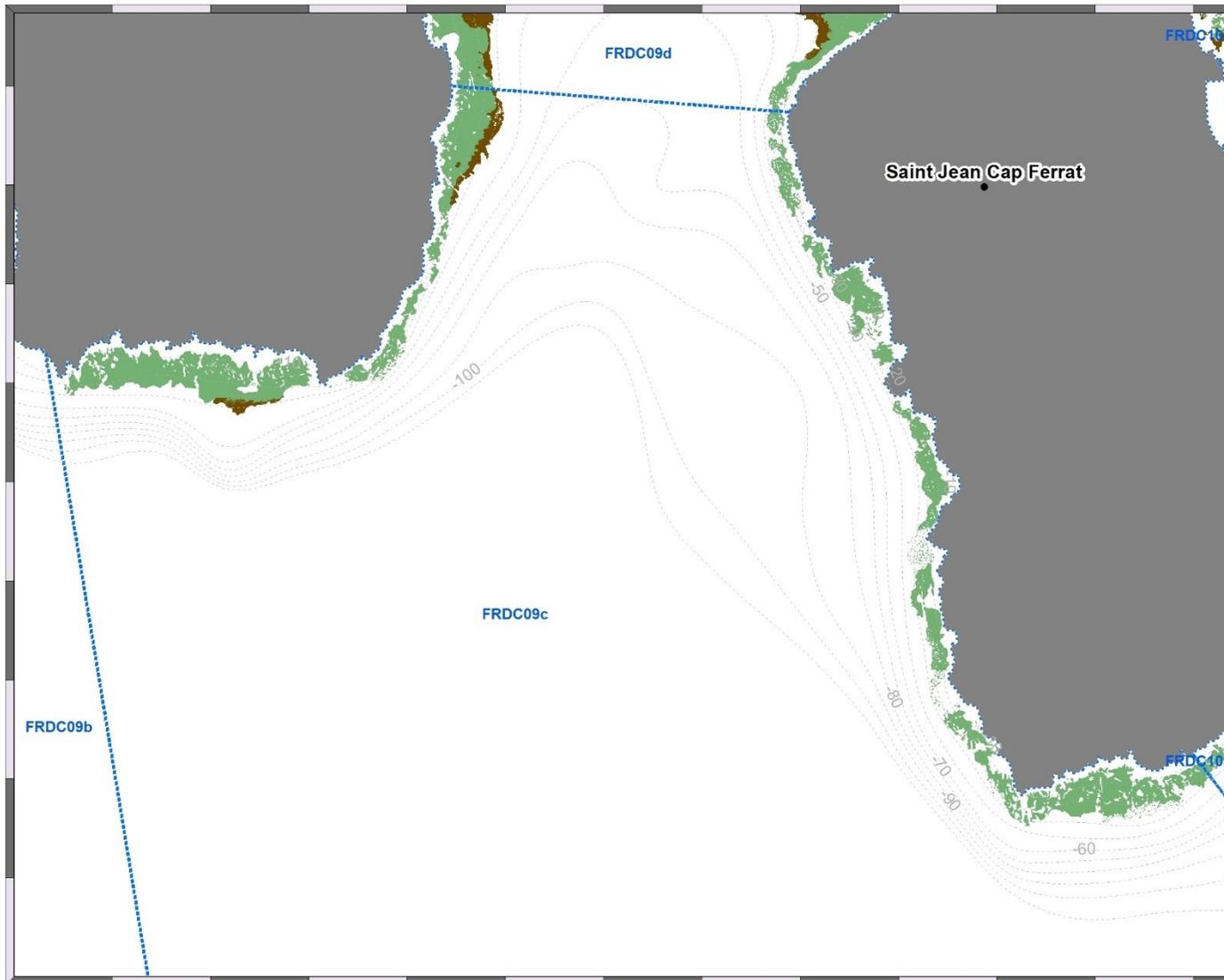
III.14.2. Vérités-terrain

55 observations en plongée tractée ont été effectuées au sud de la Rade de Villefranche-sur-Mer et à l'ouest et au sud du Cap Ferrat dans l'emprise de la masse d'eau FRDC09c.



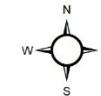
III.14.3. Cartographie des biocénoses marines





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



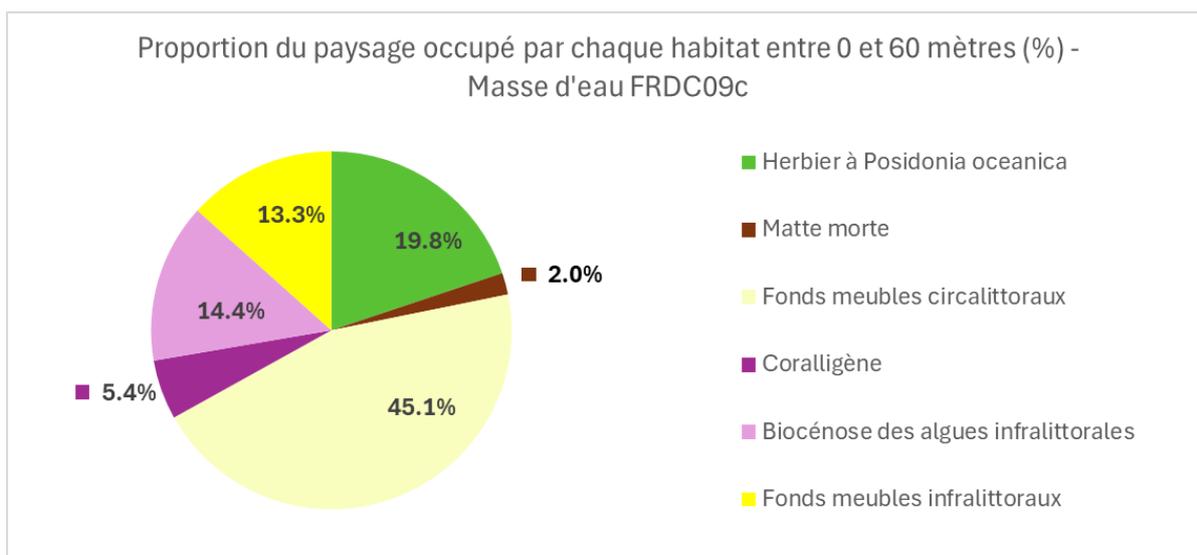
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

III.14.4. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC09c «Port de commerce de Nice - Cap Ferrat» comprend six habitats entre 0 et 60 mètres dont les quatre principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont les fonds meubles circalittoraux (45,1 %) et infralittoraux (13,3 %), l'herbier à posidonie (19,8 %) et la biocénose des algues infralittorales (14,4 %).

L'analyse de la comparaison des indicateurs surfaciques montre une hétérogénéité entre les valeurs pour cette masse d'eau.

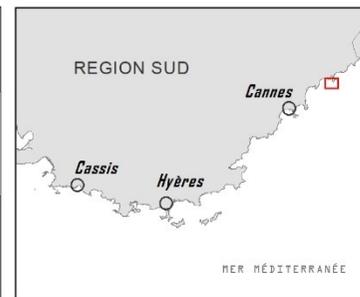
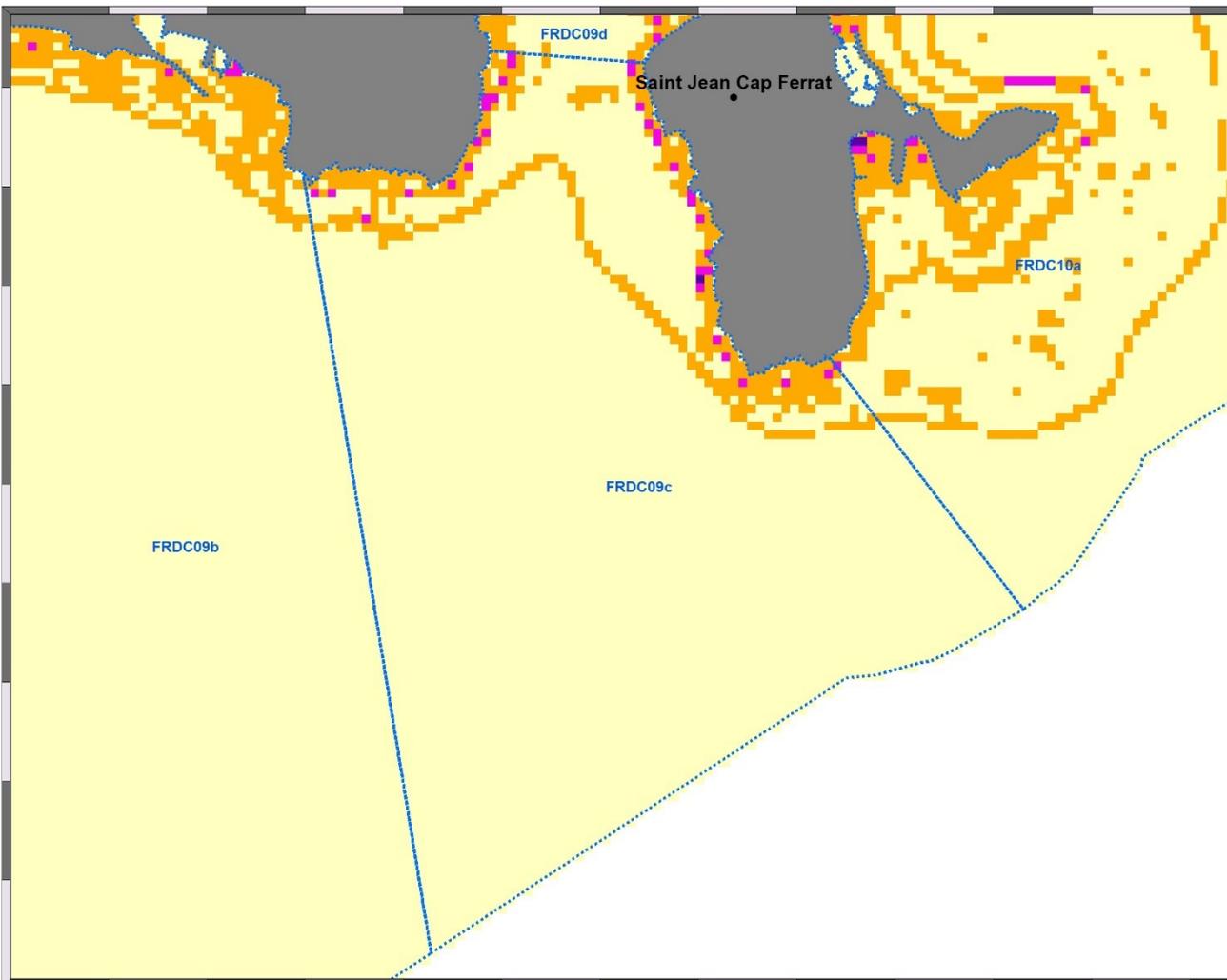
Tableau 31 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC09c.

Les valeurs de densité de taches (/100 ha) et de densité d'habitats sont les plus élevées en Région Sud.

La masse d'eau FRDC09c a une diversité paysagère élevée en comparaison des autres masses d'eau.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC09c	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	87	0 87 4009.64 16847
Nombre d'habitats dans le paysage	6	0 6 8.52 11
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	545.8	12.9 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	31.4	25.8 31.4 50.69 77.3
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	6.91	0.07 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.78	0.44 0.78 0.67 0.89



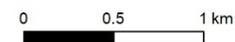


Légende

Masses d'eau côtières

Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMIC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

L'herbier occupe 33,3 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. Ce taux de recouvrement est proche de la moyenne relevée sur l'ensemble des masses d'eau en Région Sud. On le rencontre sur l'ensemble du périmètre de la masse d'eau FRDC09c mais pas de manière continue.

L'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC09c se caractérise par un nombre de taches proche de la valeur maximale, de très petite taille et proches les unes des autres.

La valeur de l'indice de fragmentation est proche du maximum. Cela est probablement dû à la topographie du secteur et aux reliefs rocheux ; la pente forte observée le long du Tombant des Américains et autour du Cap Ferrat ainsi que la présence de nombreux reliefs rocheux limitent la progression et la formation continue de l'herbier.

L'indice de régression est quant à lui proche de 0. Cela est dû à la très faible proportion de matte morte cartographiée dans cette masse d'eau (0,9 ha soit 1,1 %).

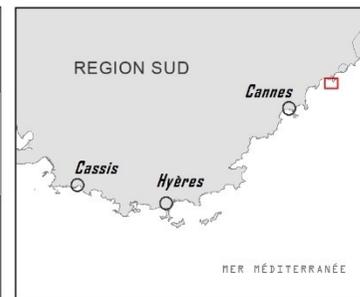
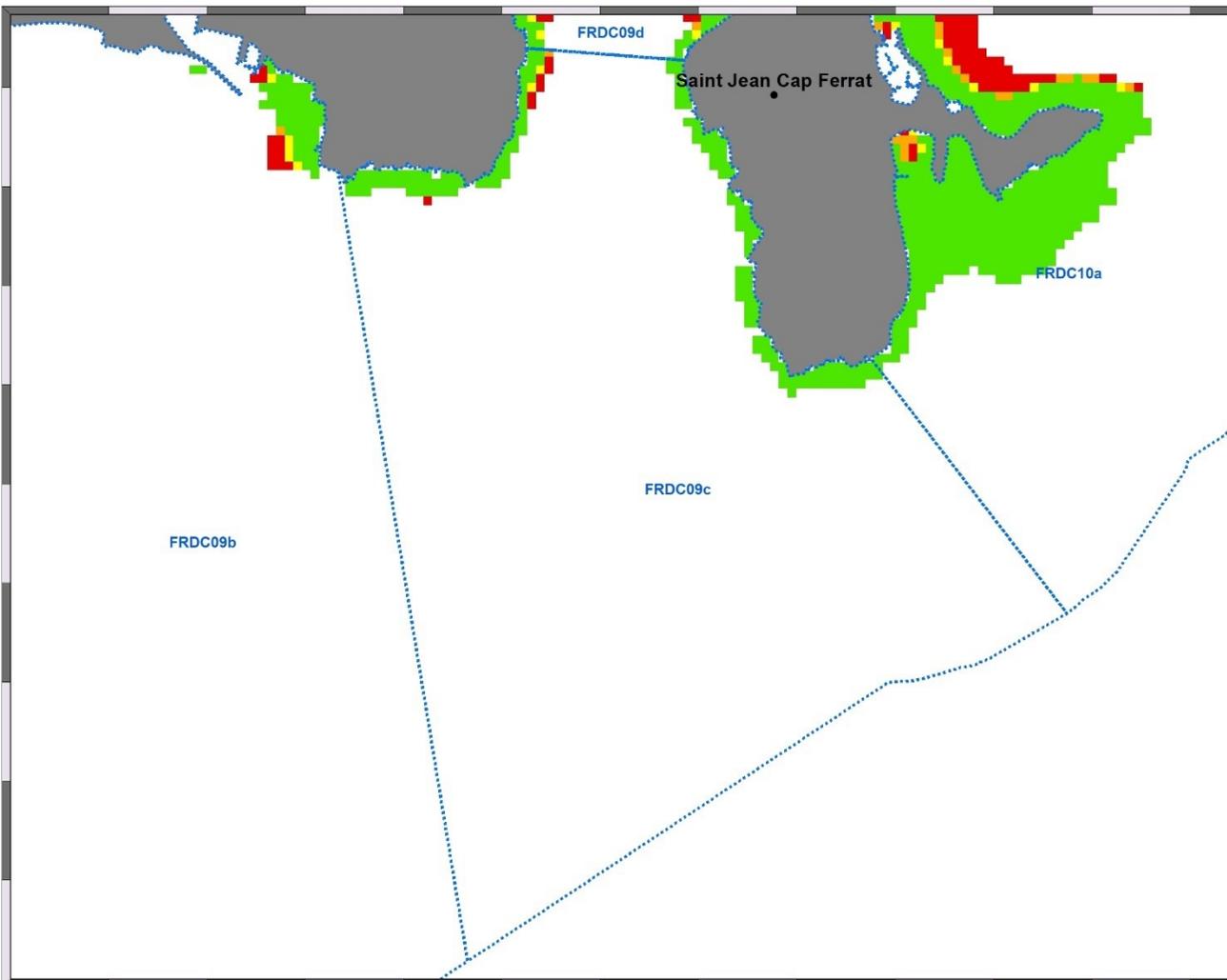
Aucune donnée historique n'étant disponible pour ce secteur, l'analyse de l'évolution des limites d'herbier n'a pas pu se faire.

Tableau 32 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC09c.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC09c	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	33.3	1.8 0 75.4 36.45
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	148.5	1.7 0 172.5 56.3
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	9.3	0.6 0 74.7 28.34
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	0.22	0.12 0 2.08 0.84
Indice de complexité des formes	1.07	1.05 0 1.13 1.07
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	9.6	7 0 63.2 14.11
Indice de fragmentation de l'herbier	0.98	0.44 0 1 0.87
Indice d'agrégation entre les taches (%)	71.2	71.2 0 94.2 86.3
Indice de régression de l'herbier	0.05	0.03 0 0.57 0.19

La Figure 58 illustre cependant les évolutions cartographiques liées à l'actualisation.



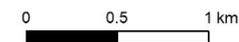


Légende

Masses d'eau côtières

Indice de régression (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMIC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

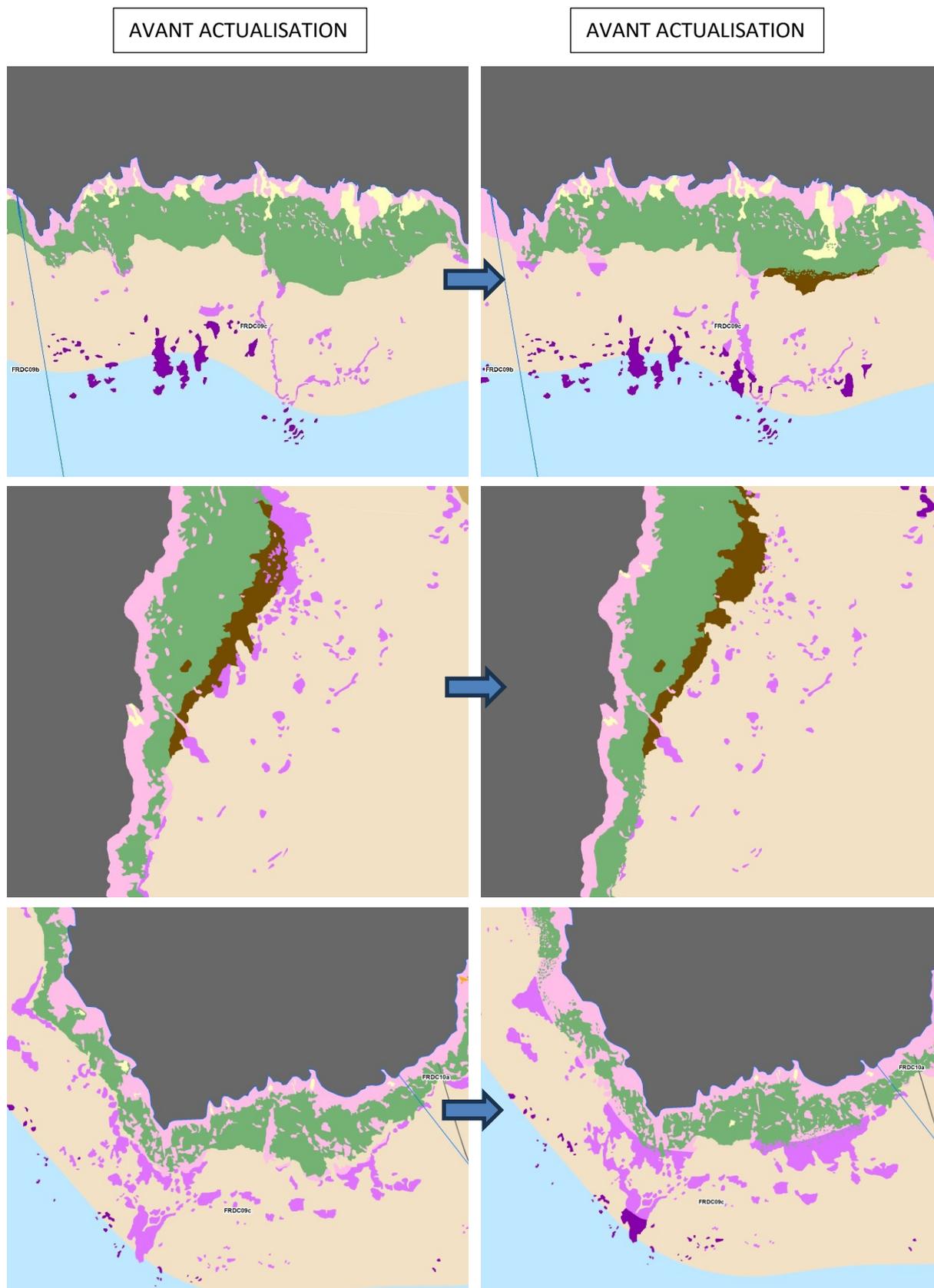
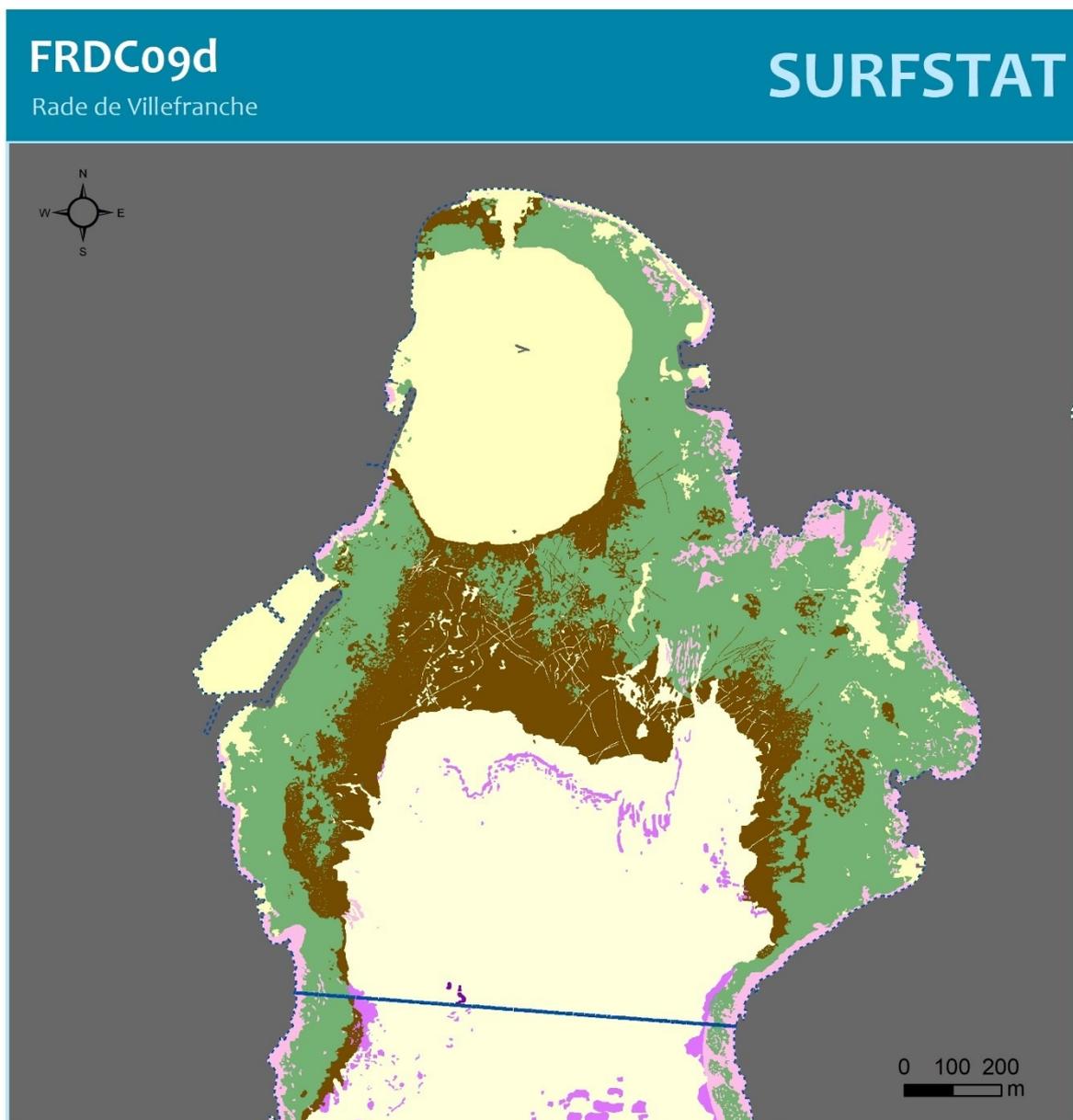


Figure 58 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines à Golfe Juan et au Cap d'Antibes avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Jaune : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Gris : Habitat artificiel).



III.15. Masse d'eau FRDC09d : Rade de Villefranche



RADE DE VILLEFRANCHE



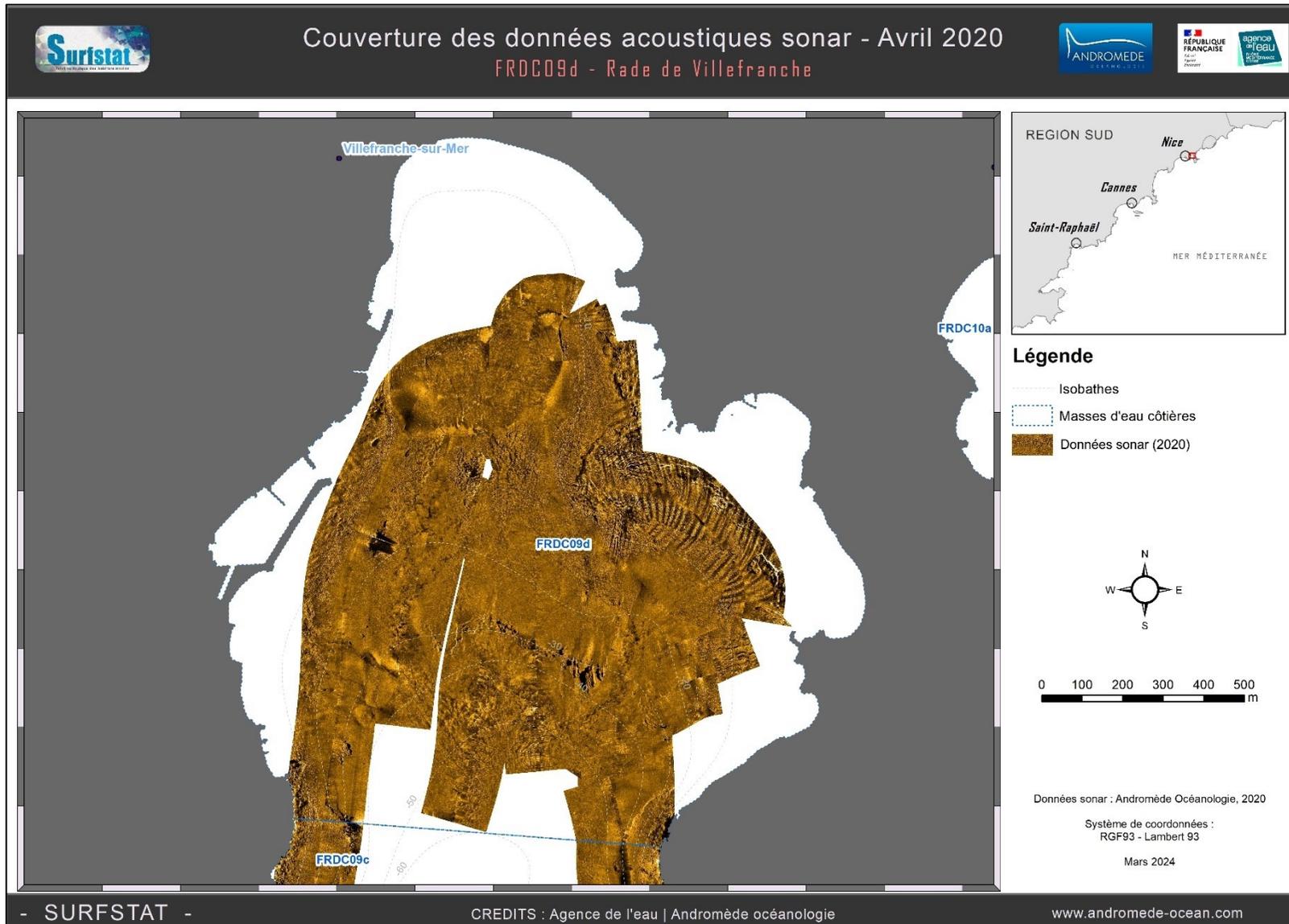
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Mars 2024

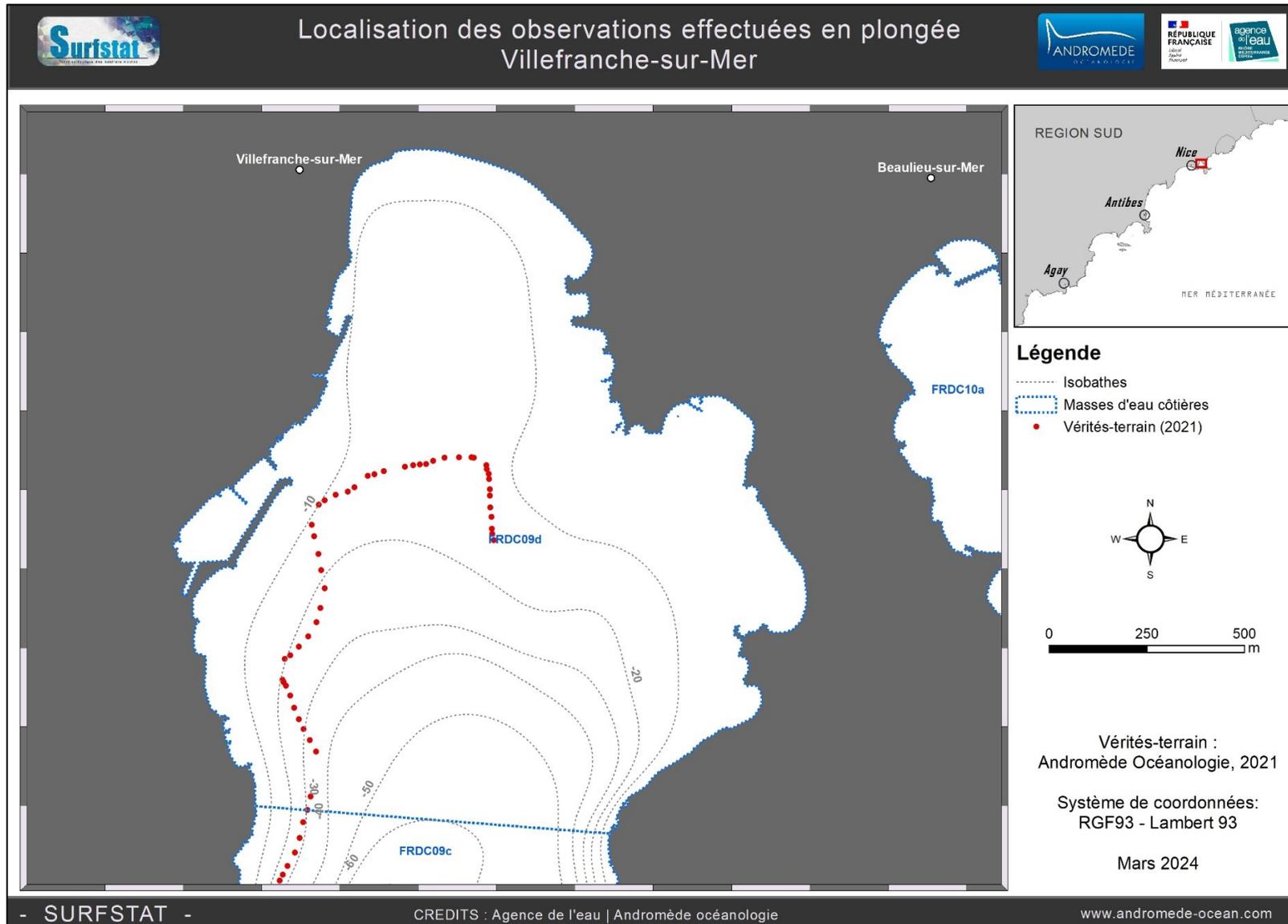
III.15.1. Sonar latéral

110 ha de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de la Rade de Villefranche-sur-Mer.

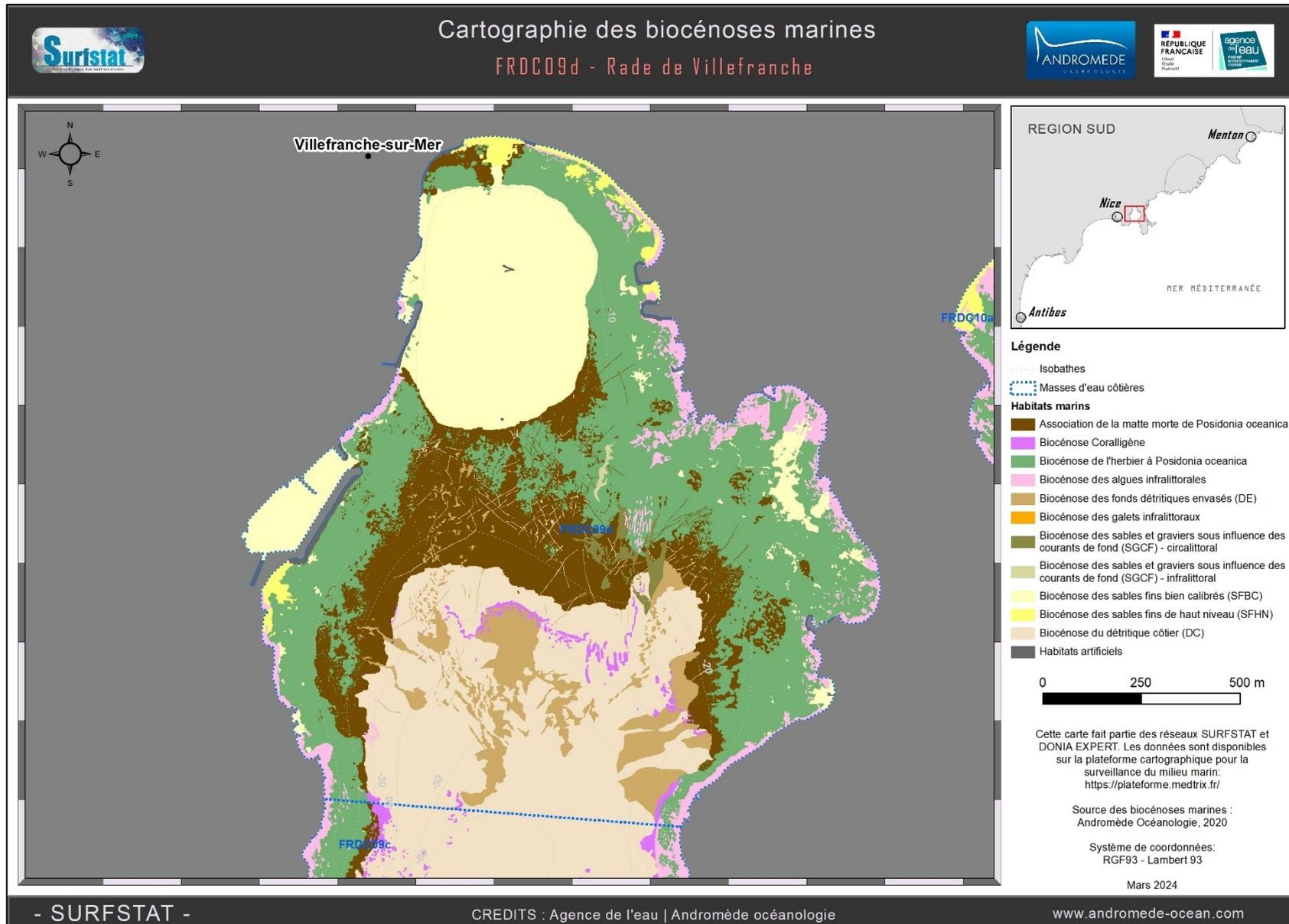


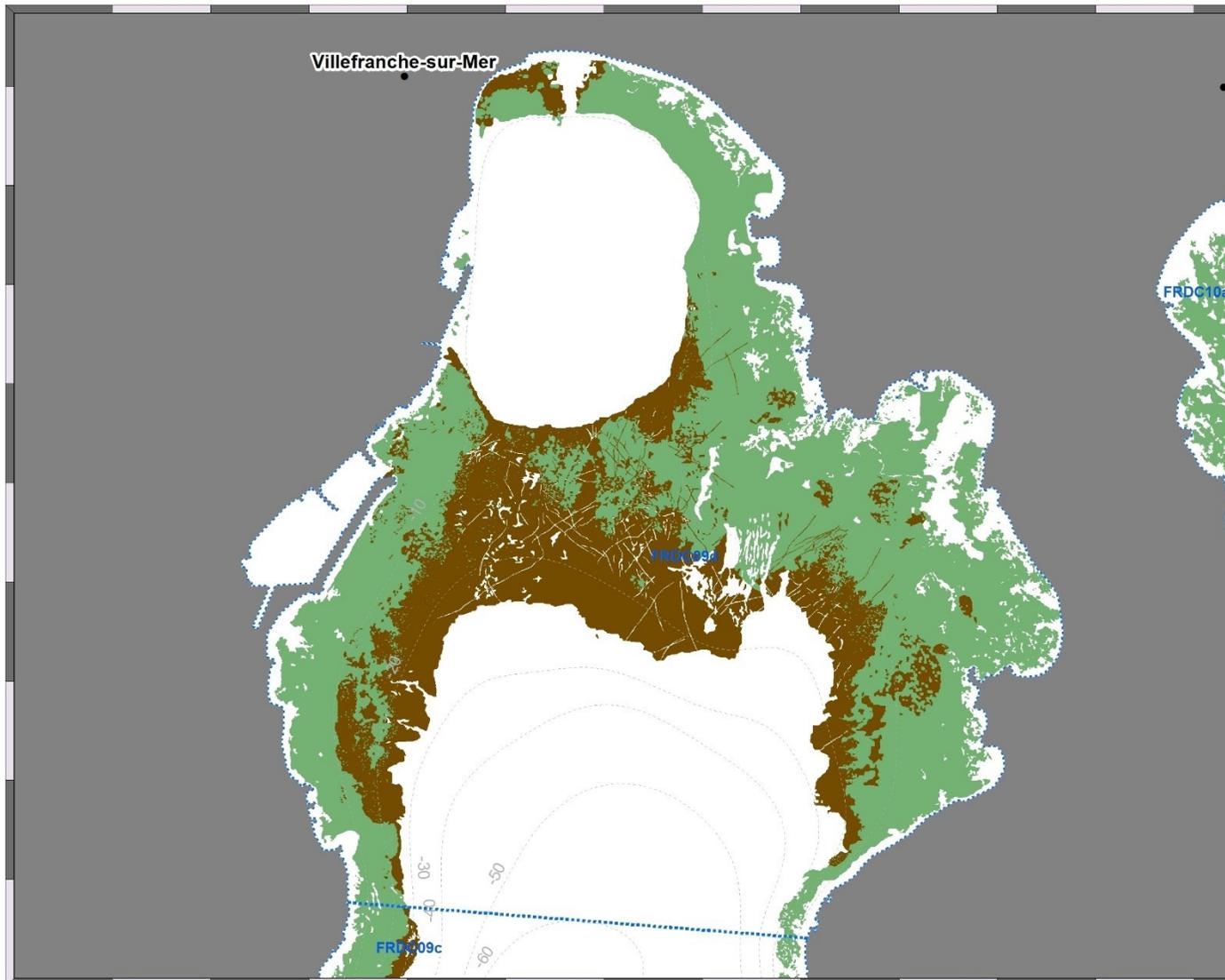
III.15.2. Vérités-terrain

50 observations en plongée tractée ont été effectuées dans la rade de Villefranche-sur-Mer.



III.15.3. Cartographie des biocénoses marines





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



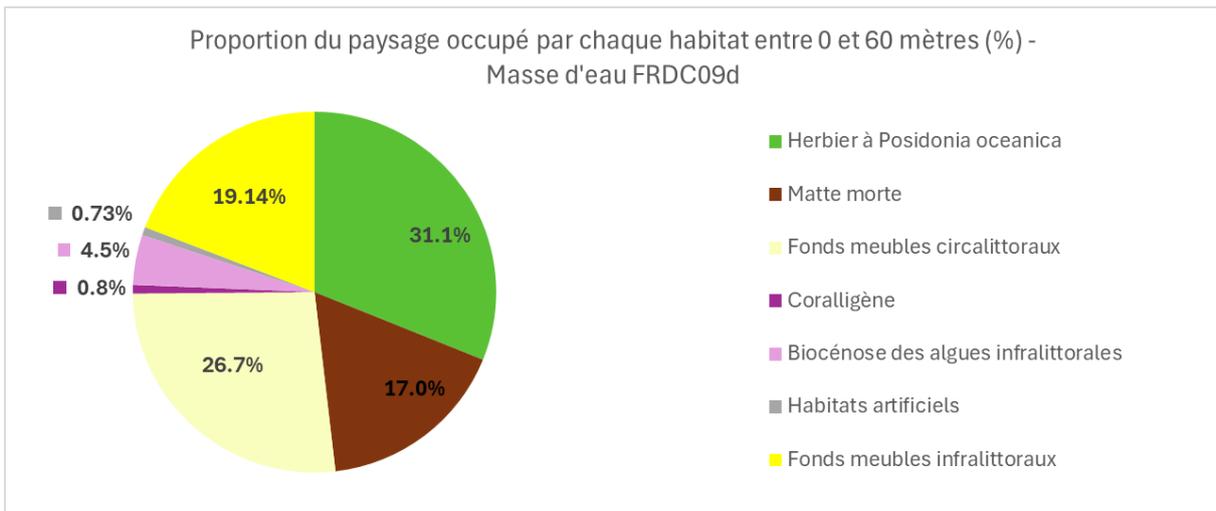
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

III.15.4. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC9d « Rade de Villefranche » comprend sept habitats entre 0 et 60 mètres dont les quatre principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont les fonds meubles infralittoraux (19,1 %) et circalittoraux (26,7 %), l'herbier à posidonie (31,1 %) et l'association de la matte morte (17 %).

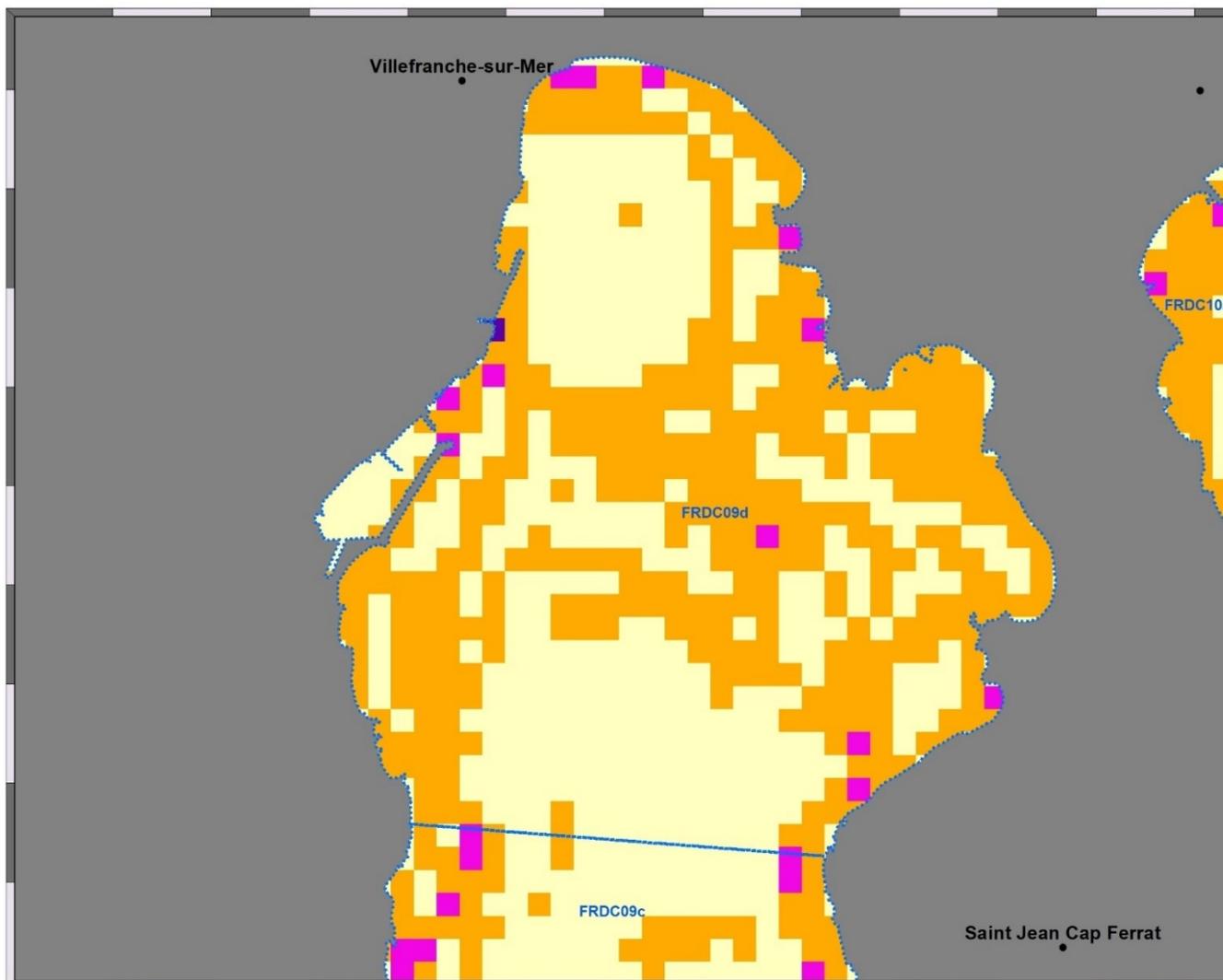
L'analyse de la comparaison des indicateurs surfaciques pour cette masse d'eau indique que la majorité des valeurs sont au-dessus des moyennes régionales sauf pour le nombre total d'habitats et le pourcentage du paysage compris par la tache la plus grande (valeur minimale en Région Sud).

La valeur de diversité paysagère de la masse d'eau FRDC09d est la plus élevée en Région Sud.

Tableau 33 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC09d.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC09d	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	177	87 16847 4009.64
Nombre d'habitats dans le paysage	7	6 11 8.52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	537.6	12.9 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	25.8	25.8 77.3 50.69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	3.95	0.07 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.89	0.44 0.89 0.67





Légende

Masses d'eau côtières

Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)

0 - 0,25

0,25 - 0,50

0,50 - 0,75

0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées :
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

L'herbier occupe 35,8 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. **Ce taux de recouvrement est égal à la moyenne régionale.** On le rencontre sur l'ensemble du littoral de la rade de Villefranche sur Mer.

L'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC09d se caractérise par de très nombreuses taches de très petite taille et très proches les unes des autres (valeur minimale en Région Sud).

L'indice d'agrégation entre les taches reste cependant assez faible et l'indice de fragmentation est très fort en comparaison avec les autres masses d'eau de la Région Sud.

La présence de nombreuses traces de mouillage et d'un grand plateau de matte morte au centre de la rade en est probablement l'explication. **Cela se traduit également par un indice de régression assez élevé en comparaison des autres masses d'eau.**

Tableau 34 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC09d.

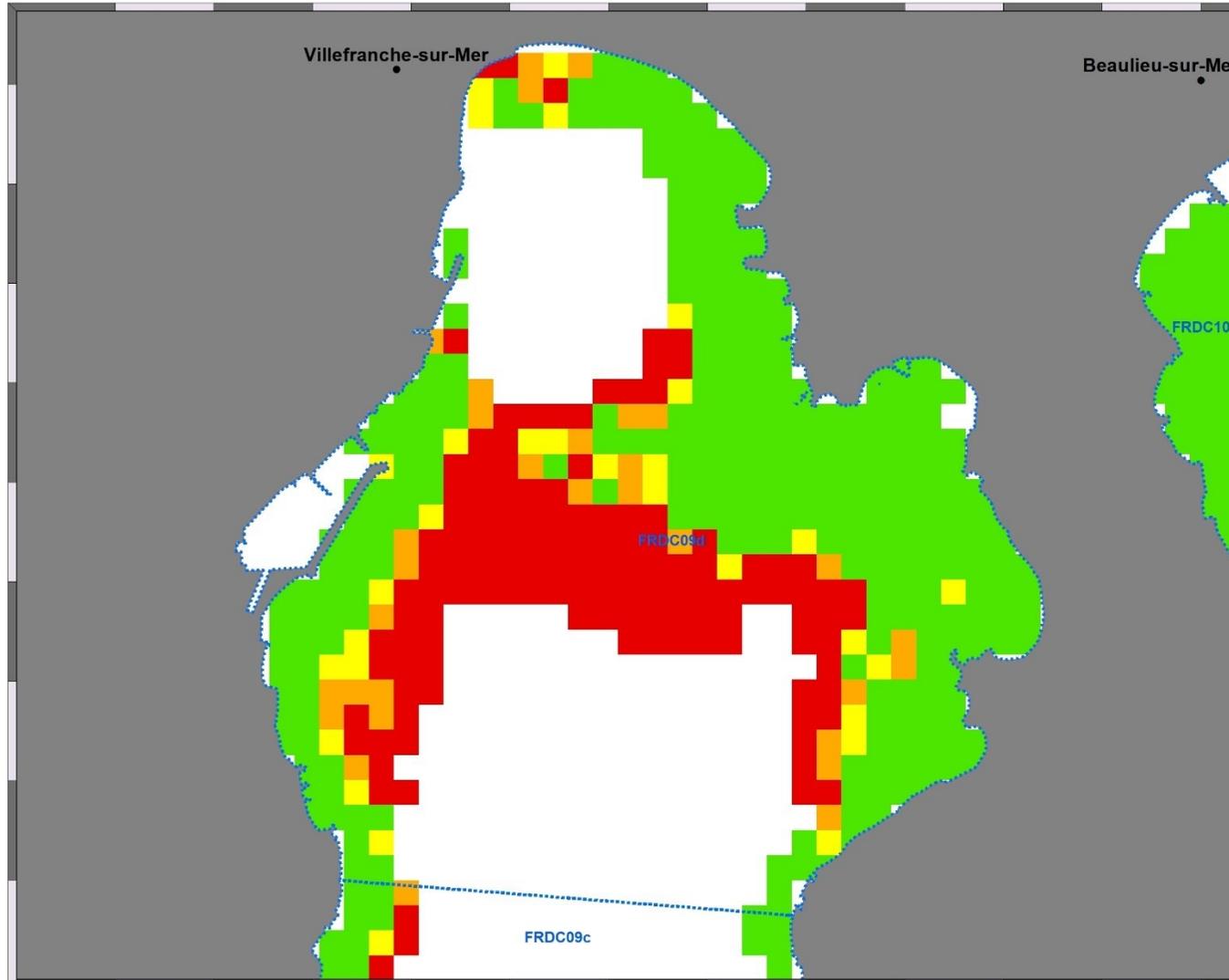
Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD	
Masse d'eau	FRDC09d	Légende	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40		
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	35.8	1.8	75.4 36.45
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	115.7	1.7	172.5 56.3
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	25.7	0.6	74.7 28.34
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	0.31	0.12	2.08 0.84
Indice de complexité des formes	1.06	1.05	1.13 1.07
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	7	7	63.2 14.11
Indice de fragmentation de l'herbier	0.93	0.44	1 0.87
Indice d'agrégation entre les taches (%)	78.8	71.2	94.2 86.3
Indice de régression de l'herbier	0.35	0.03	0.57 0.19

Concernant l'analyse de l'évolution des limites de l'herbier, les emprises des données sonar 2018 et 2020 concordent fortement, il a donc été possible de les comparer mais pas sur la totalité du secteur à cause de plusieurs zones d'incertitudes (mauvais contraste, décalage, manque de données) dans les bandes sonar de 2018.

Aucune évolution majeure (régression, progression) n'a été observée entre 2018 et 2020. La seule évolution existante est cartographique et concerne quelques endroits dont deux nouvelles zones d'herbier au centre de la rade et en limite inférieure d'herbier au niveau de la Zone de Mouillage et d'Equipements Légers de Rochambeau. Le manque de contraste des bandes sonar de 2018 n'avait pas permis d'interpréter correctement la signature acoustique de l'herbier qui avait été cartographié principalement en matte morte (Figure 59a et 59b).

Autre observation, des **patchs d'herbier circulaires**, typique d'un herbier de posidonie en **phase de recolonisation**, sont présents à plusieurs endroits dans le secteur : au centre de la rade à une profondeur d'environ 15 mètres, sur un fond de - 10 mètres en face de la digue du Port de Villefranche-sur-Mer et à trois endroits dans la Baie de l'Espalmador entre -5 et -10 mètres (Figure 60).





Légende

Masses d'eau côtières

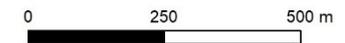
Indice de régression (pixel de 50 m)

0 - 0,25

0,25 - 0,50

0,50 - 0,75

0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées :
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

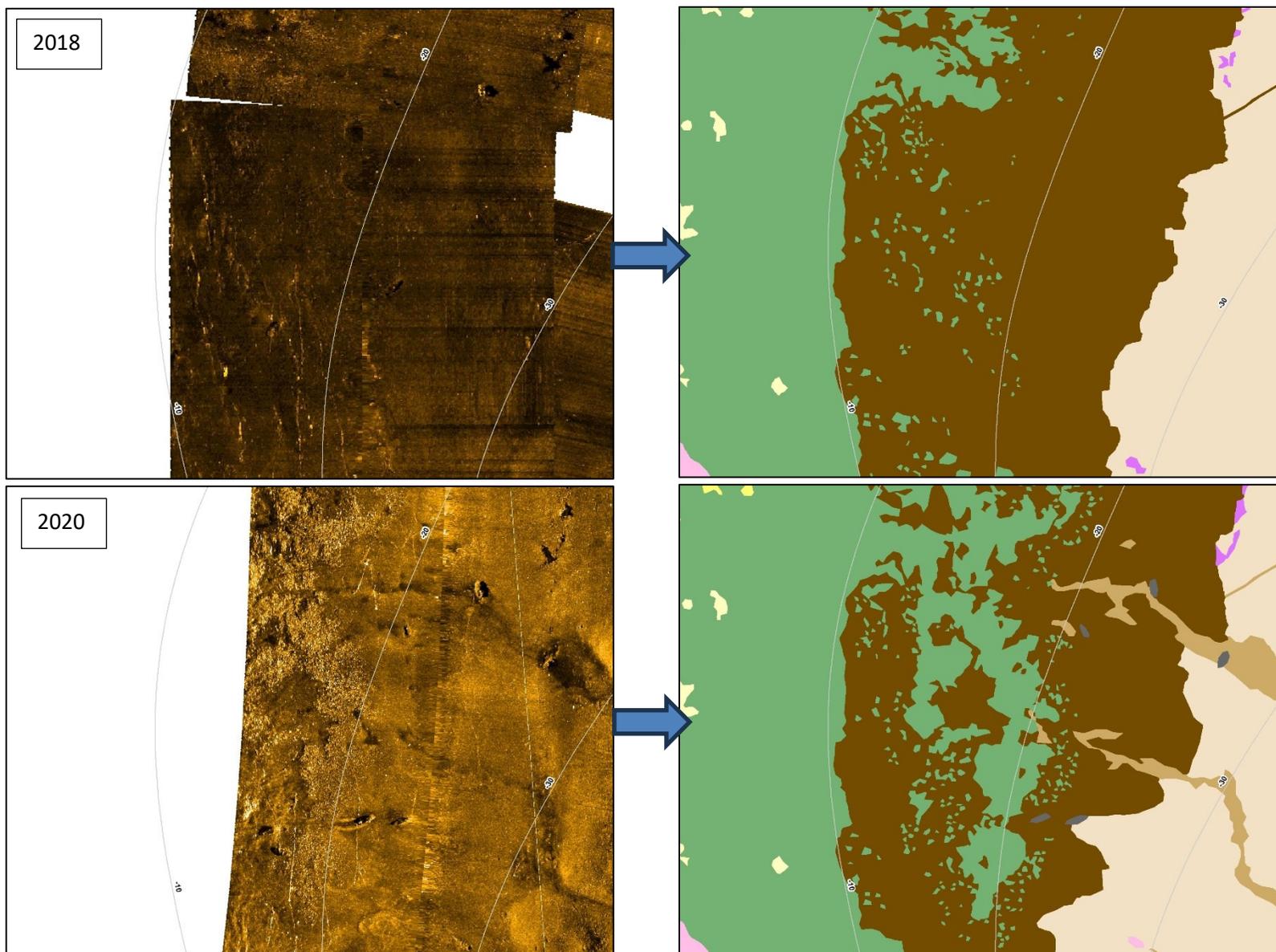


Figure 59a : Actualisation de la cartographie des biocénoses marines dans le secteur de la ZMEL de Rochambeau à Villefranche-sur-Mer. L'augmentation de la surface d'herbier entre 2018 et 2020 est due à la correction de la cartographie et non à cause d'une progression de l'herbier. Le meilleur contraste des données 2020 a permis de mieux interpréter la signature acoustique de l'herbier dans cette zone.



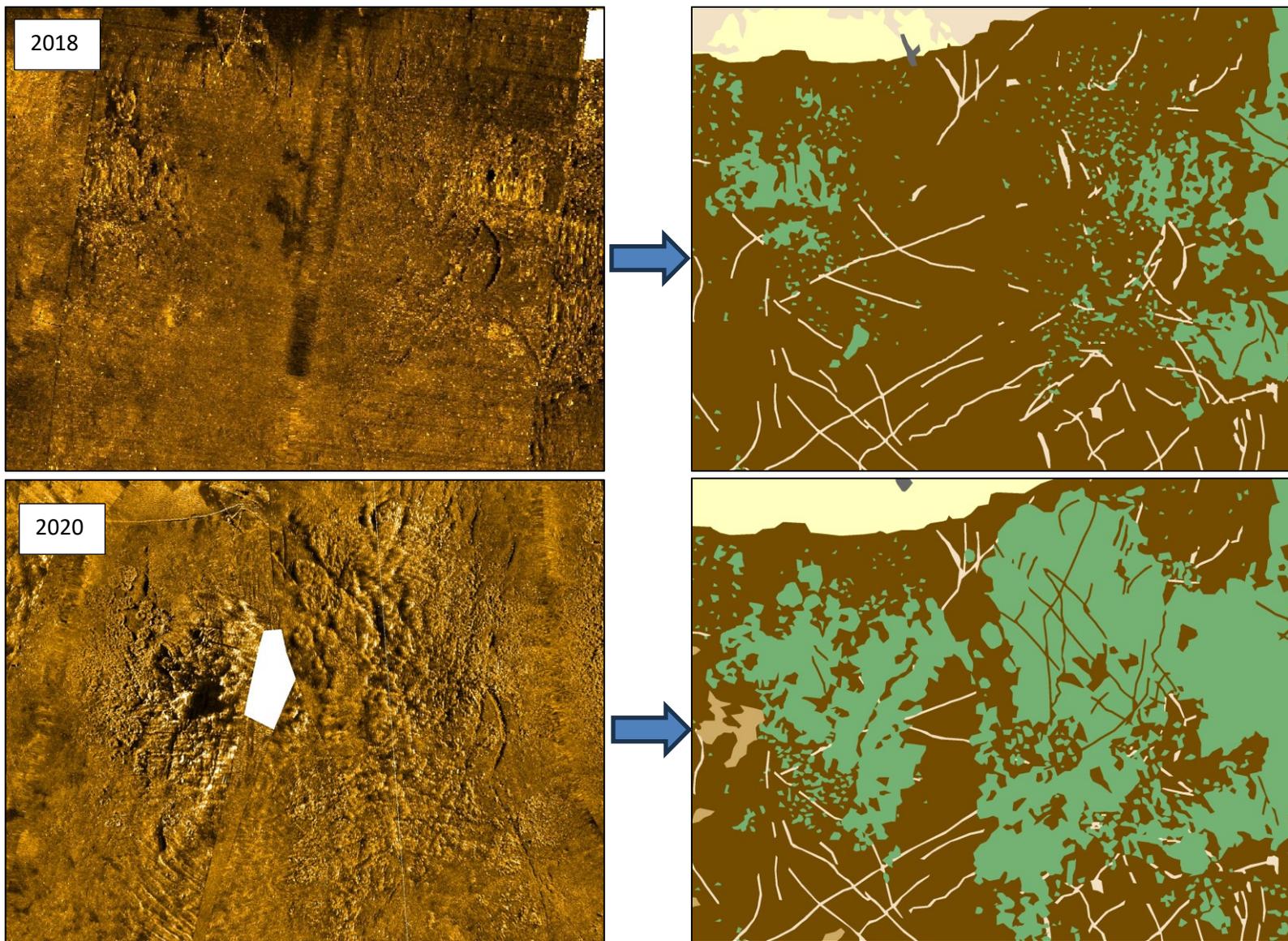


Figure 59b : Actualisation de la cartographie des biocénoses marines au centre de la rade de Villefranche-sur-Mer. L'augmentation de la surface d'herbier entre 2018 et 2020 est due à la correction de la cartographie et non à cause d'une progression de l'herbier. Le meilleur contraste des données 2020 a permis de mieux interpréter la signature acoustique de l'herbier dans cette zone.

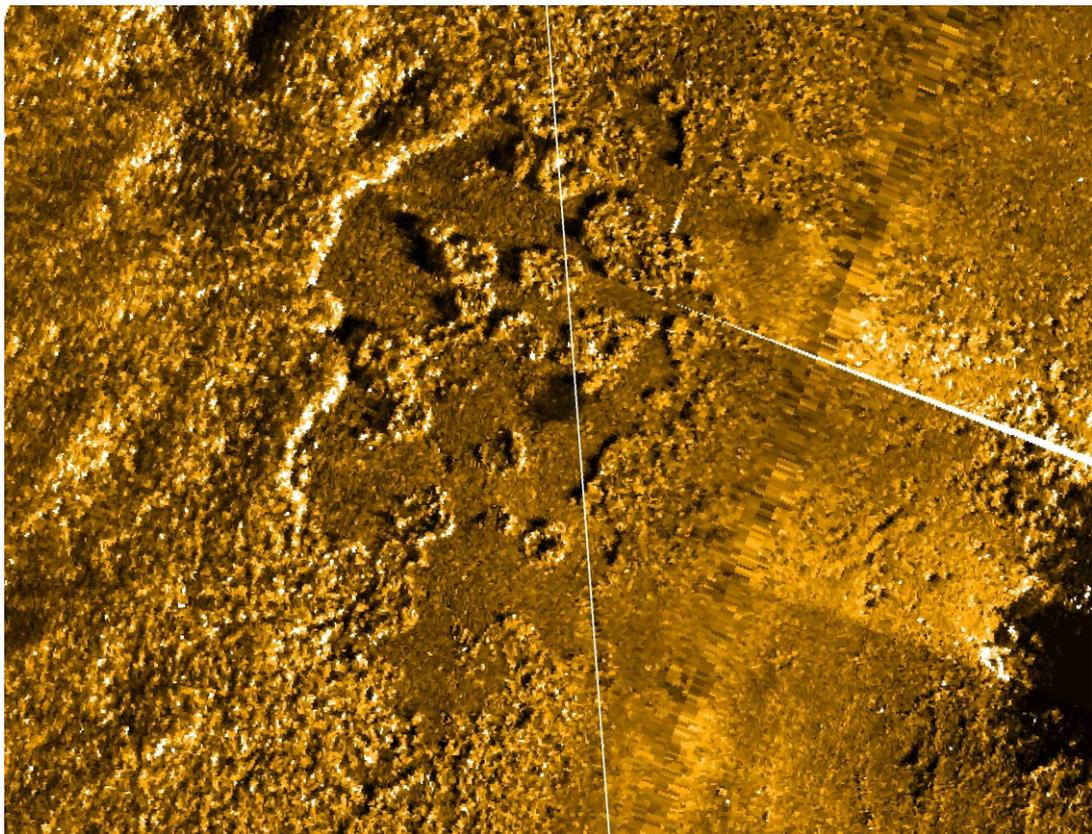
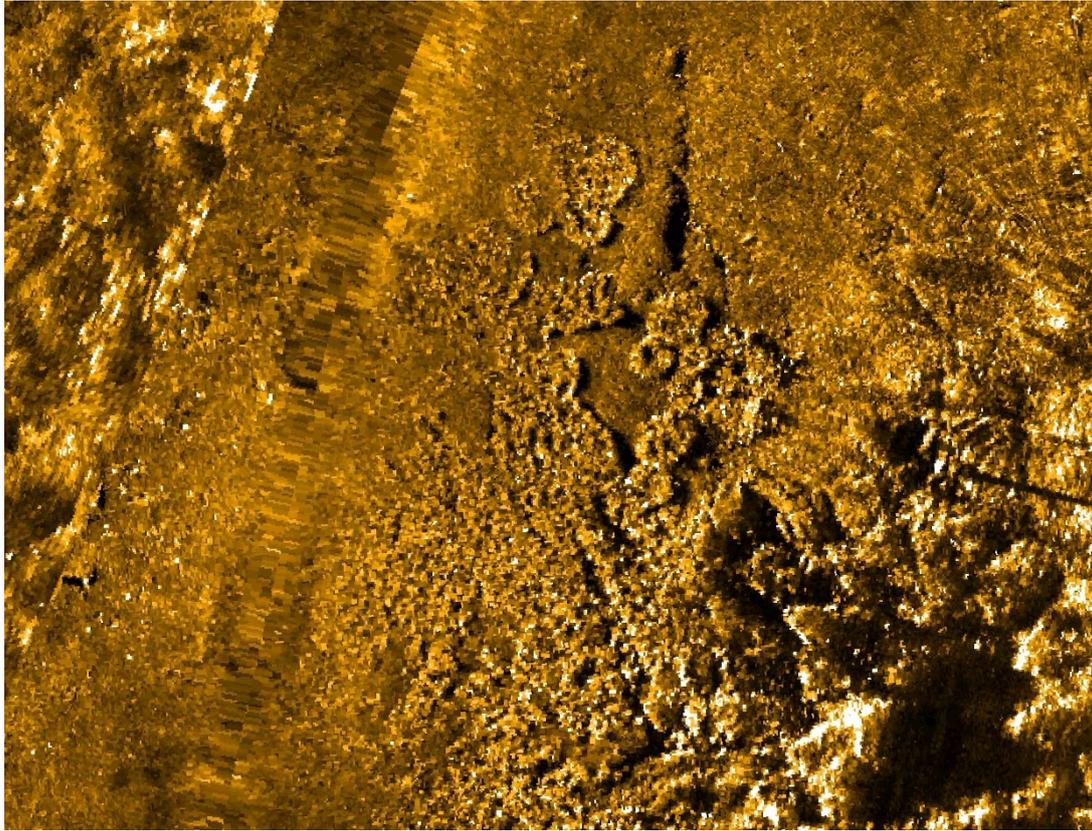
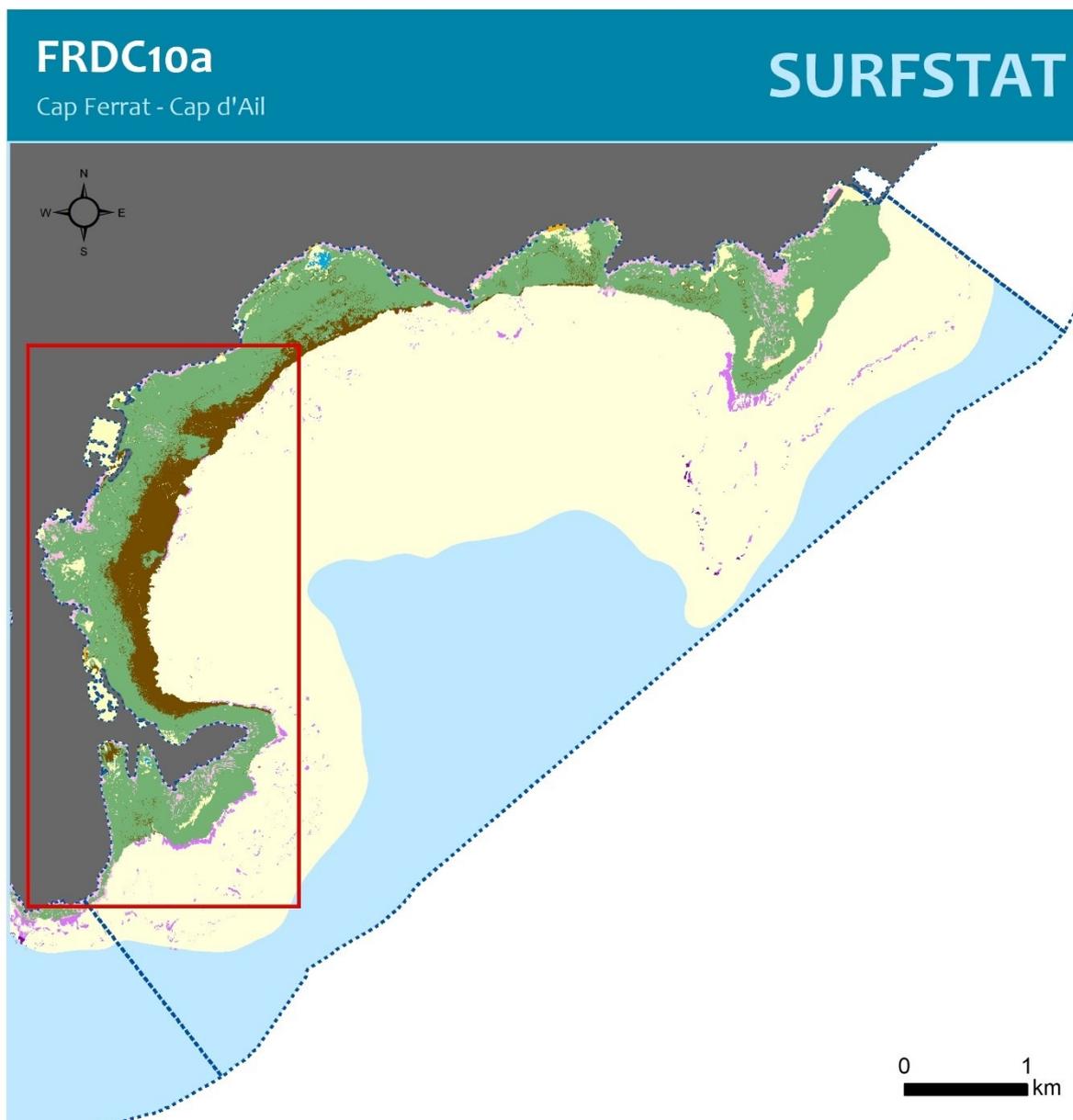


Figure 60 : Exports des données sonar de 2020 montrant deux zones de recolonisation de l'herbier dans la rade de Villefranche (haut : centre de la rade ; bas : secteur port de Villefranche).



III.16. Masse d'eau FRDC10a : Cap Ferrat Est /Beaulieu-sur-Mer



CAP FERRAT - CAP D'AIL



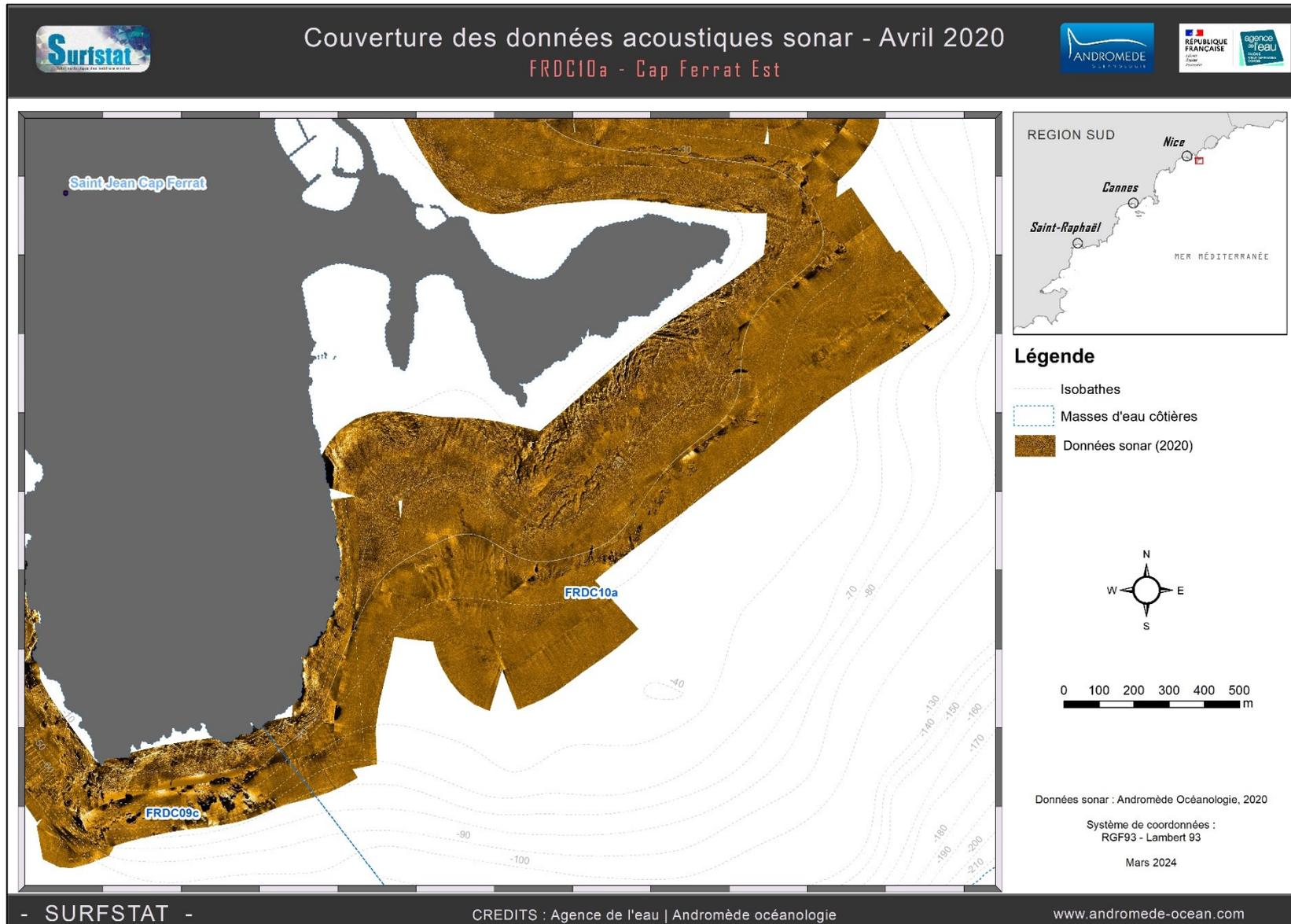
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

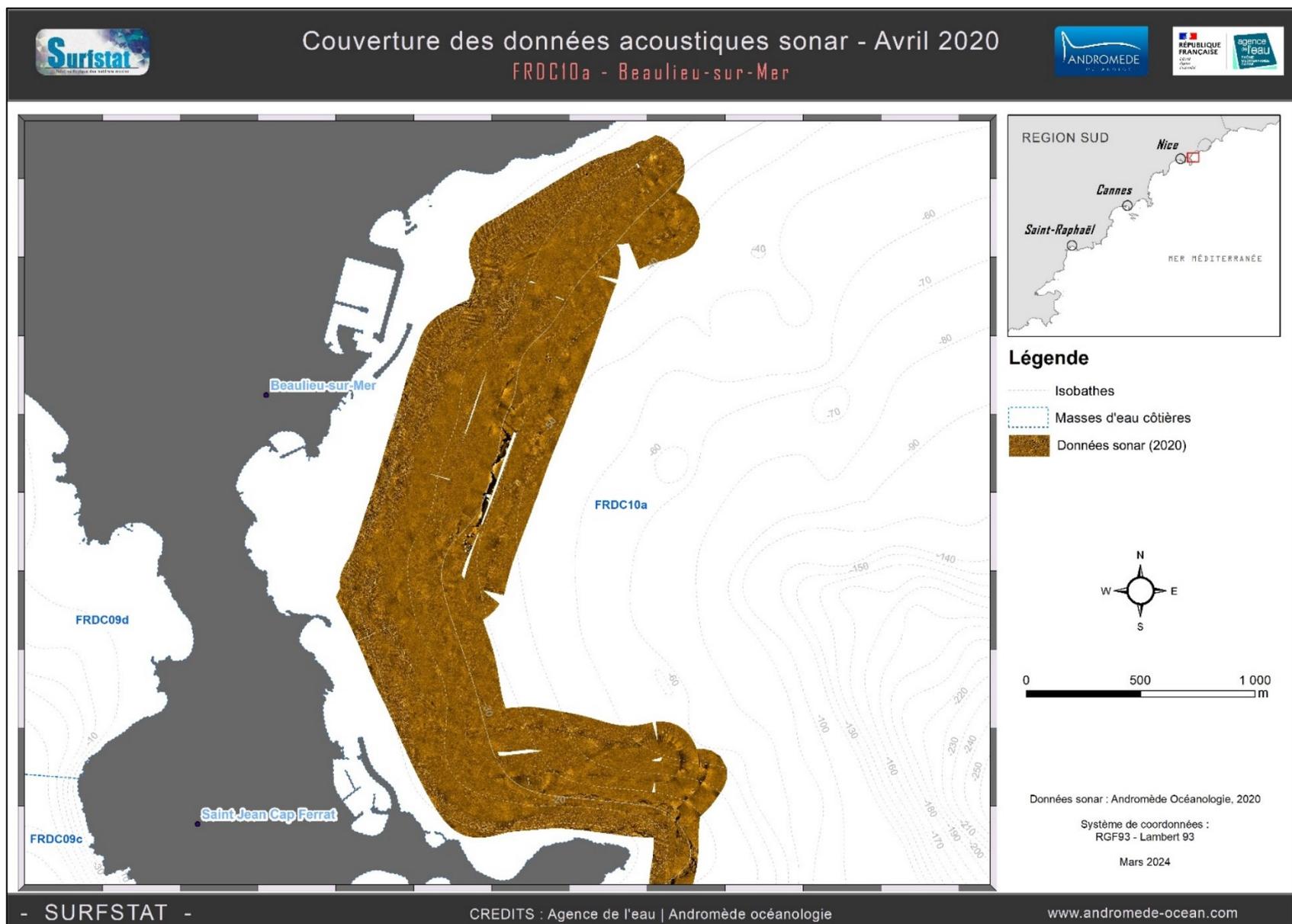
Mars 2024

III.16.1. Sonar latéral

230 ha de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de la côte Est du Cap Ferrat.

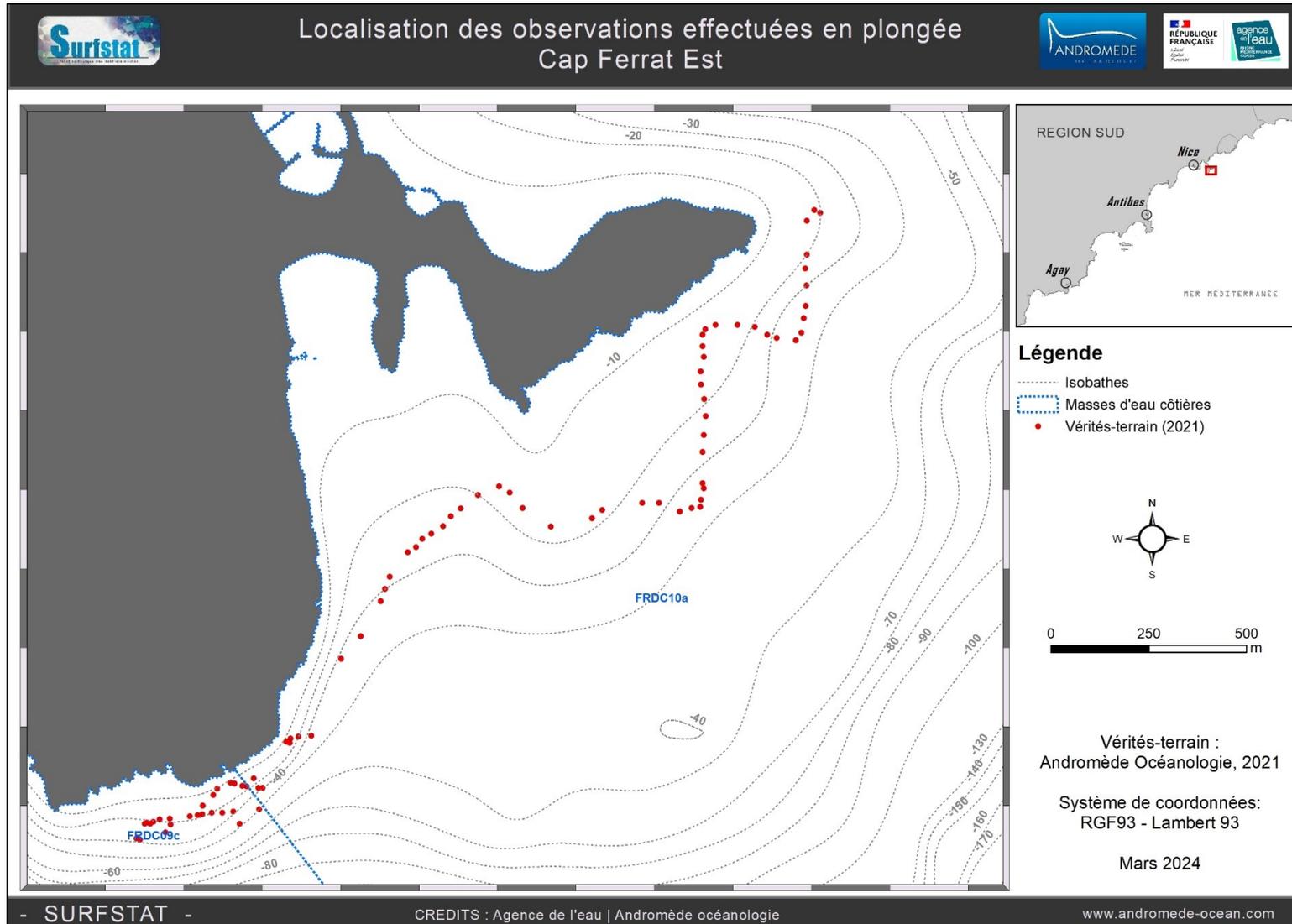


240 ha de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de la rade de Beaulieu-sur-Mer.

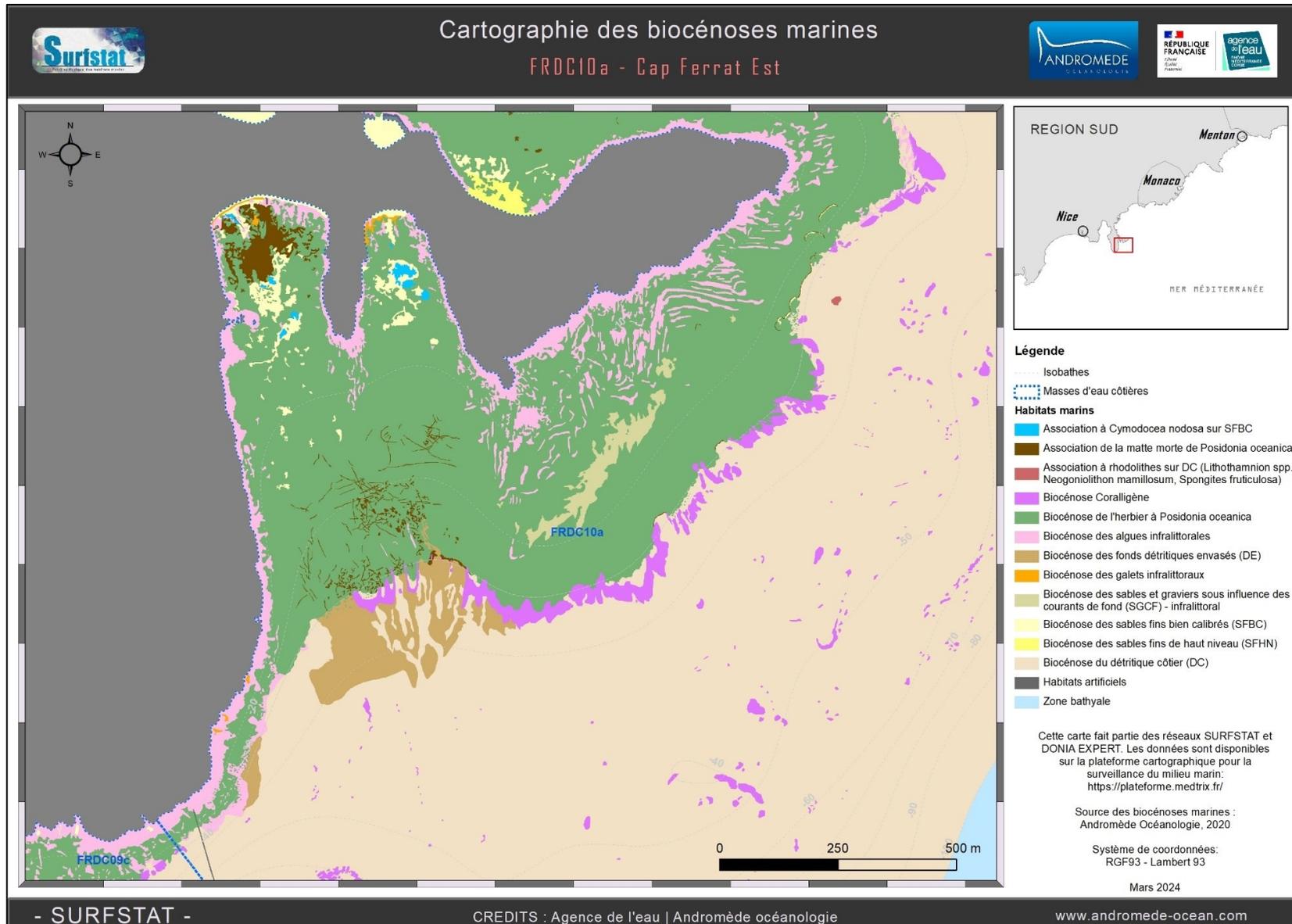


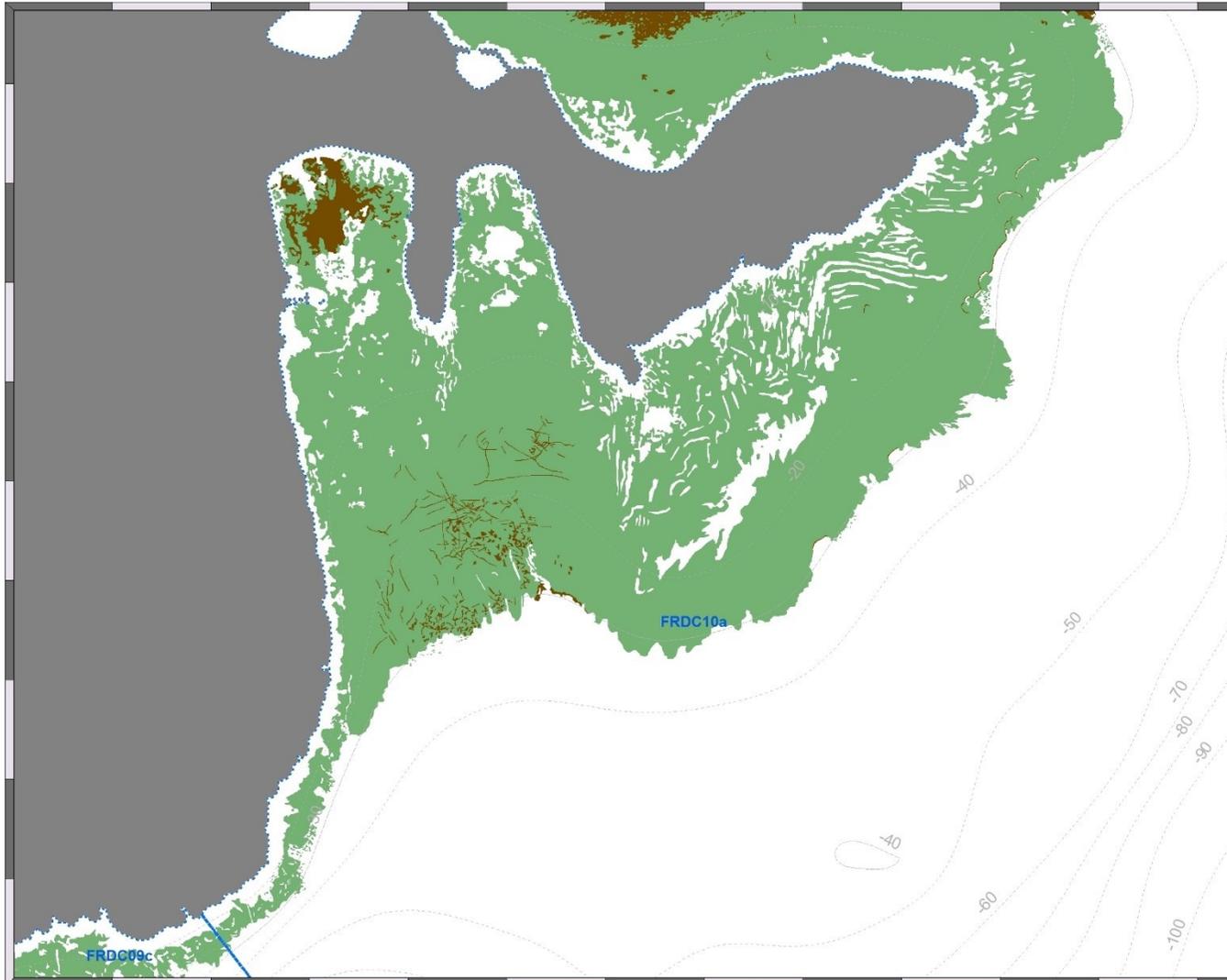
III.16.2. Vérités-terrain

60 observations en plongée tractée ont été effectuées à l'est du Cap Ferrat. Aucune observation n'a été faite dans la rade de Beaulieu-sur-Mer car il y avait peu d'incertitudes dans les nouvelles bandes sonar.



III.16.3. Cartographie des biocénoses marines





Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



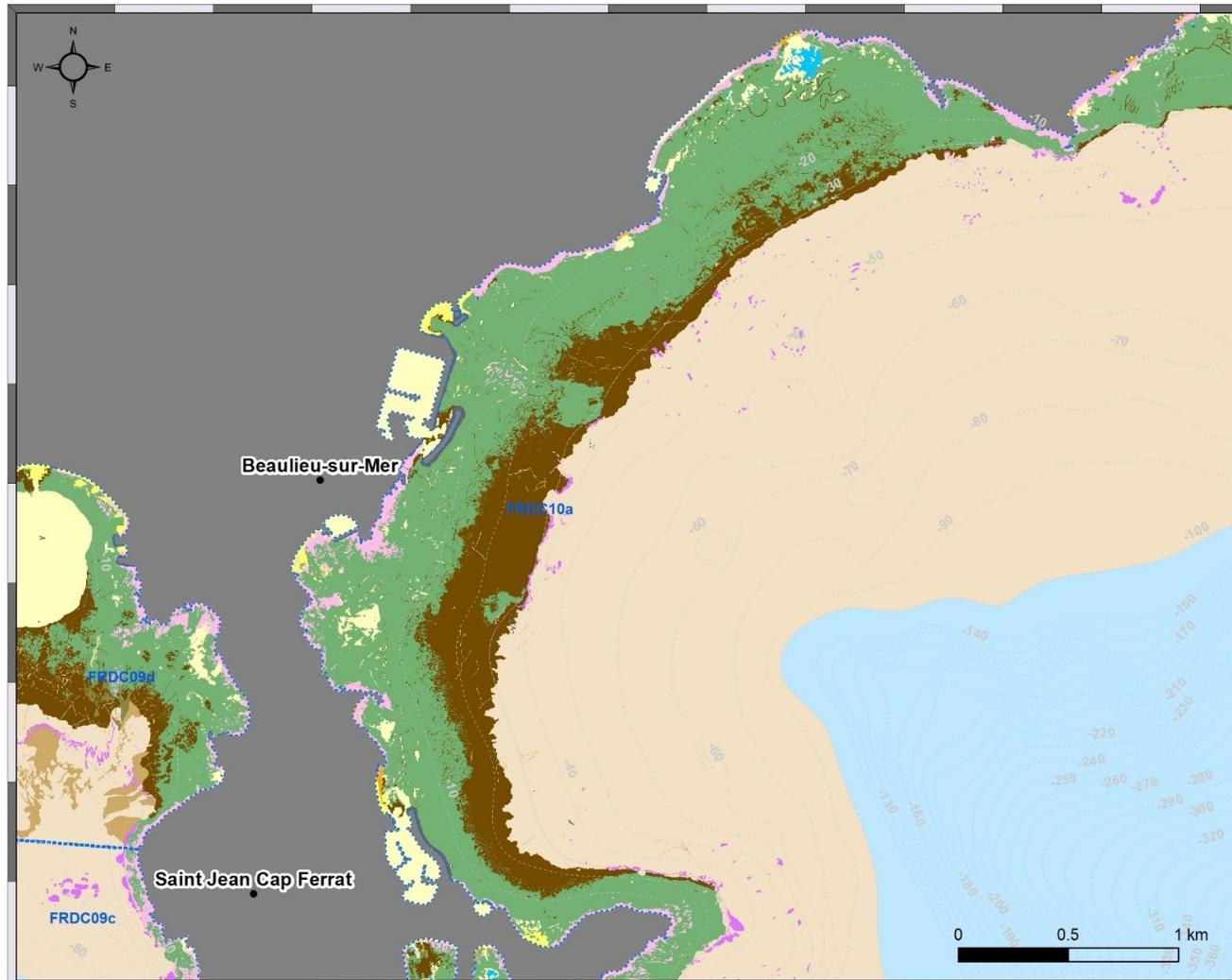
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024





Légende

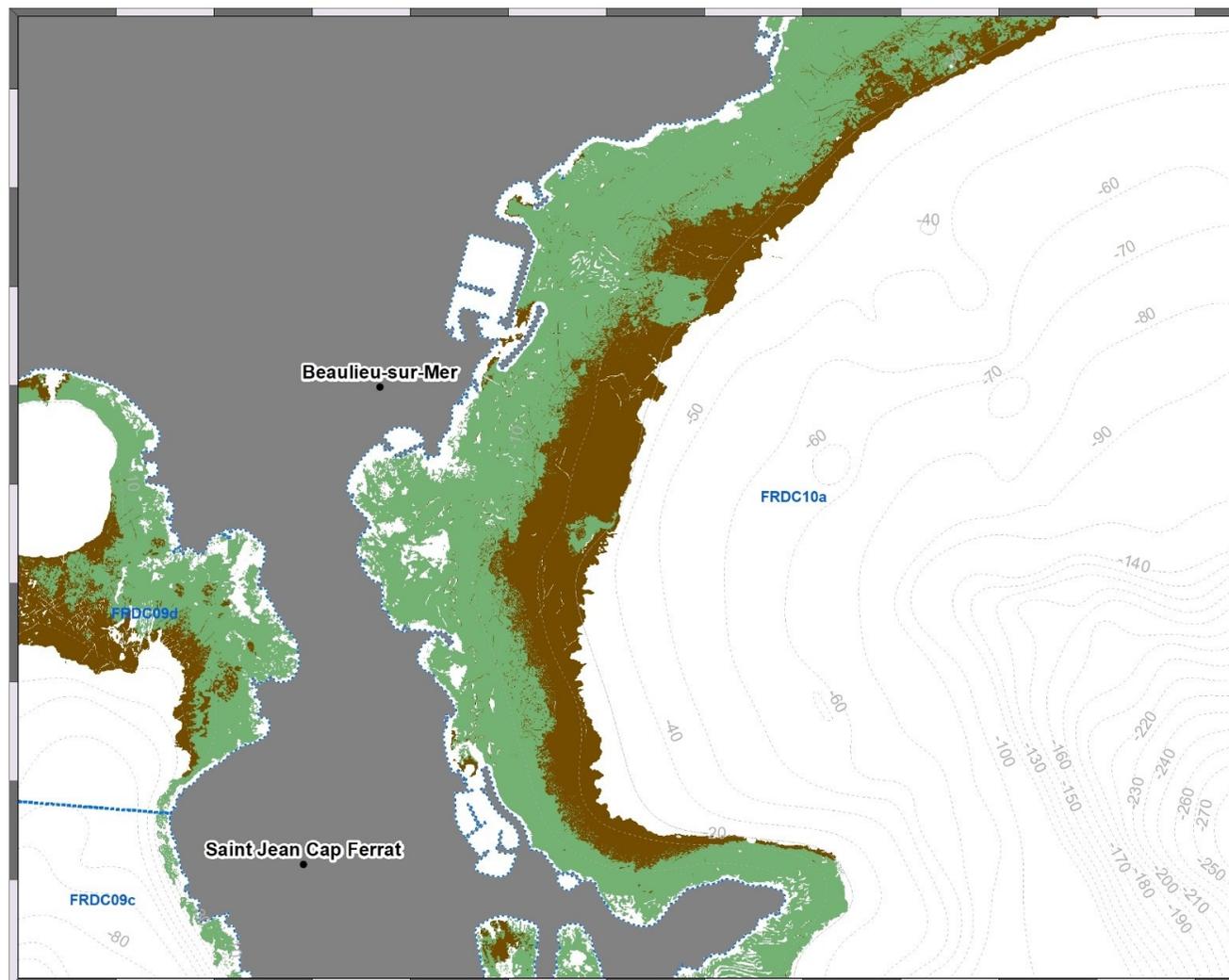
- Isobathes
- ⋮ Masses d'eau côtières
- Habitats marins**
- Association à *Cymodocea nodosa* sur SFBC
- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose Coralligène
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*
- Biocénose de la roche du large
- Biocénose des algues infralittorales
- Biocénose des fonds détritiques envasés (DE)
- Biocénose des galets infralittoraux
- Biocénose des sables et graviers sous influence des courants de fond (SGCF) - circalittoral
- Biocénose des sables et graviers sous influence des courants de fond (SGCF) - infralittoral
- Biocénose des sables fins bien calibrés (SFBC)
- Biocénose des sables fins de haut niveau (SFHN)
- Biocénose du détritique côtier (DC)
- Habitats artificiels
- Zone bathyale

Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

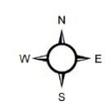
Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
- Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

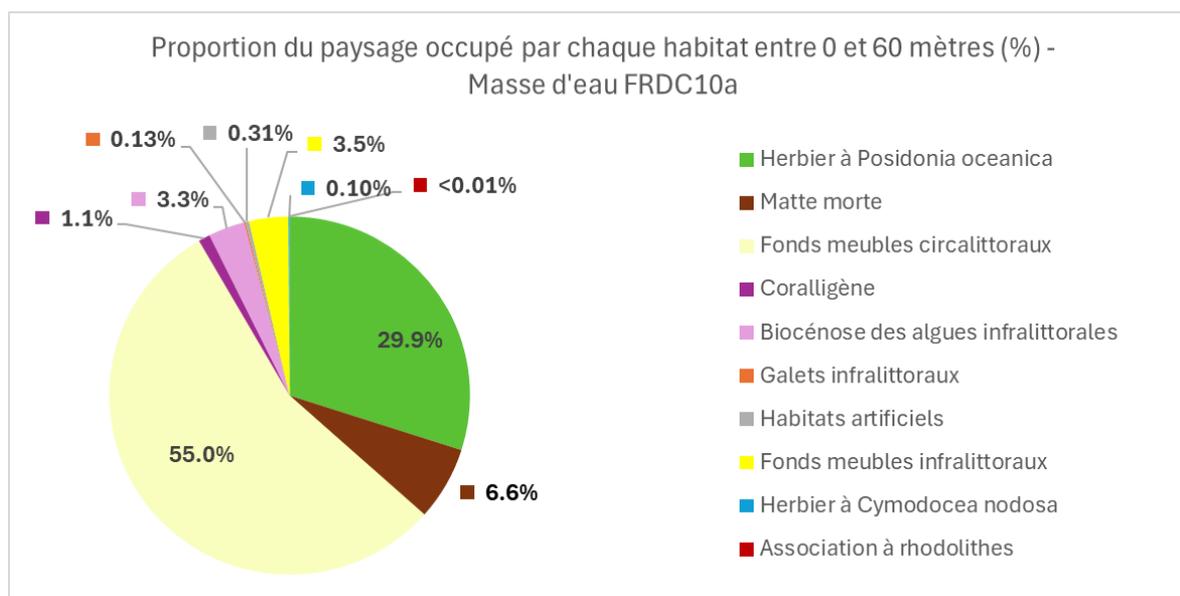
Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



III.16.4. Analyse du paysage



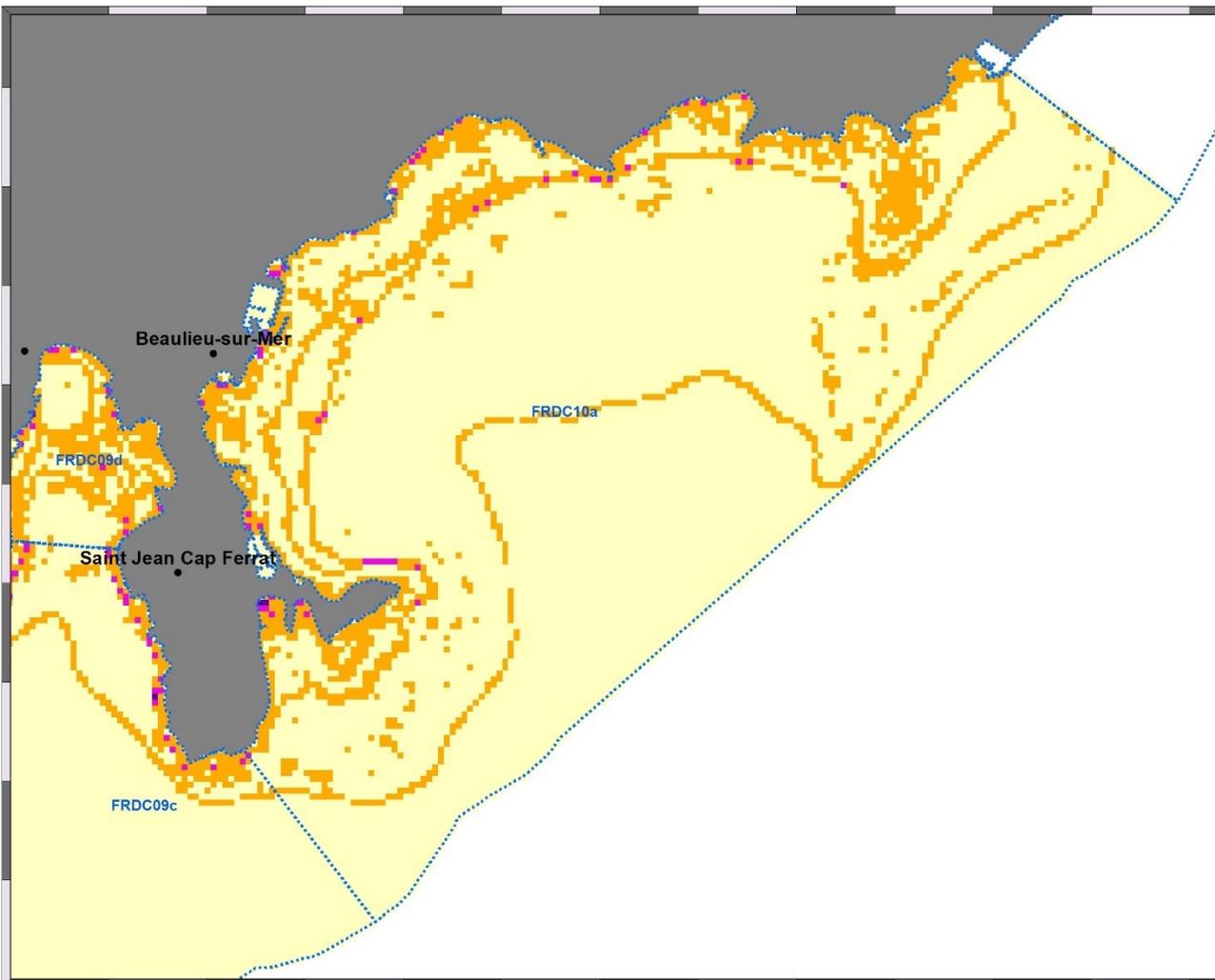
La masse d'eau FRDC10a « Cap Ferrat – Cap d'Ail » comprend dix habitats entre 0 et 60 mètres dont les deux principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont les fonds meubles circalittoraux (55 %) et l'herbier à posidonie (29,9 %).

L'analyse de la comparaison des indicateurs surfaciques pour cette masse d'eau indique que toutes les valeurs sont supérieures ou très proches des moyennes régionales respectives.

La masse d'eau FRDC10a présente une diversité paysagère égale à la moyenne régionale.

Tableau 35 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC10a.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC10a	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	1492	87 - 16847 4009.64
Nombre d'habitats dans le paysage	10	6 - 11 8.52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	291.2	12.9 - 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	54.8	25.8 - 77.3 50.69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.67	0.07 - 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.67	0.44 - 0.89 0.67

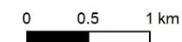


Légende

Masses d'eau côtières

Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMIC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



L'herbier occupe 53,3 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. **Ce taux de recouvrement est élevé**, il se rapproche de la proportion maximale relevée sur toutes les masses d'eau côtière. On le rencontre sur l'ensemble du périmètre de la masse d'eau FRDC10a.

Par rapport à l'ensemble des masses d'eau côtières en Région Sud, l'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC10a se caractérise par un nombre moyen de tâches de taille moyenne et très proches les unes des autres.

53,2 % du paysage est compris par la tâche la plus grande, ce qui correspond à un **herbier continu**. La valeur de l'indice d'agrégation reste cependant moyenne en partie à cause d'un grand nombre de tâches de matte morte et d'une régression importante localisé en limite inférieure.

A noter que l'association de la matte morte de posidonie est l'habitat qui comprend le plus de tâches entre 0 et 60 mètres (1841 polygones). Cela s'explique par les **nombreuses traces de mouillage dans l'herbier dans le golfe de St Hospice**.

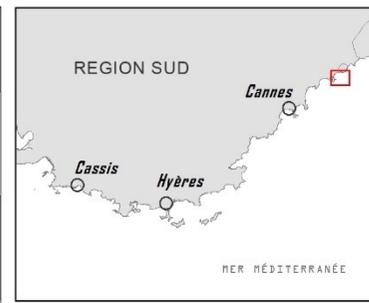
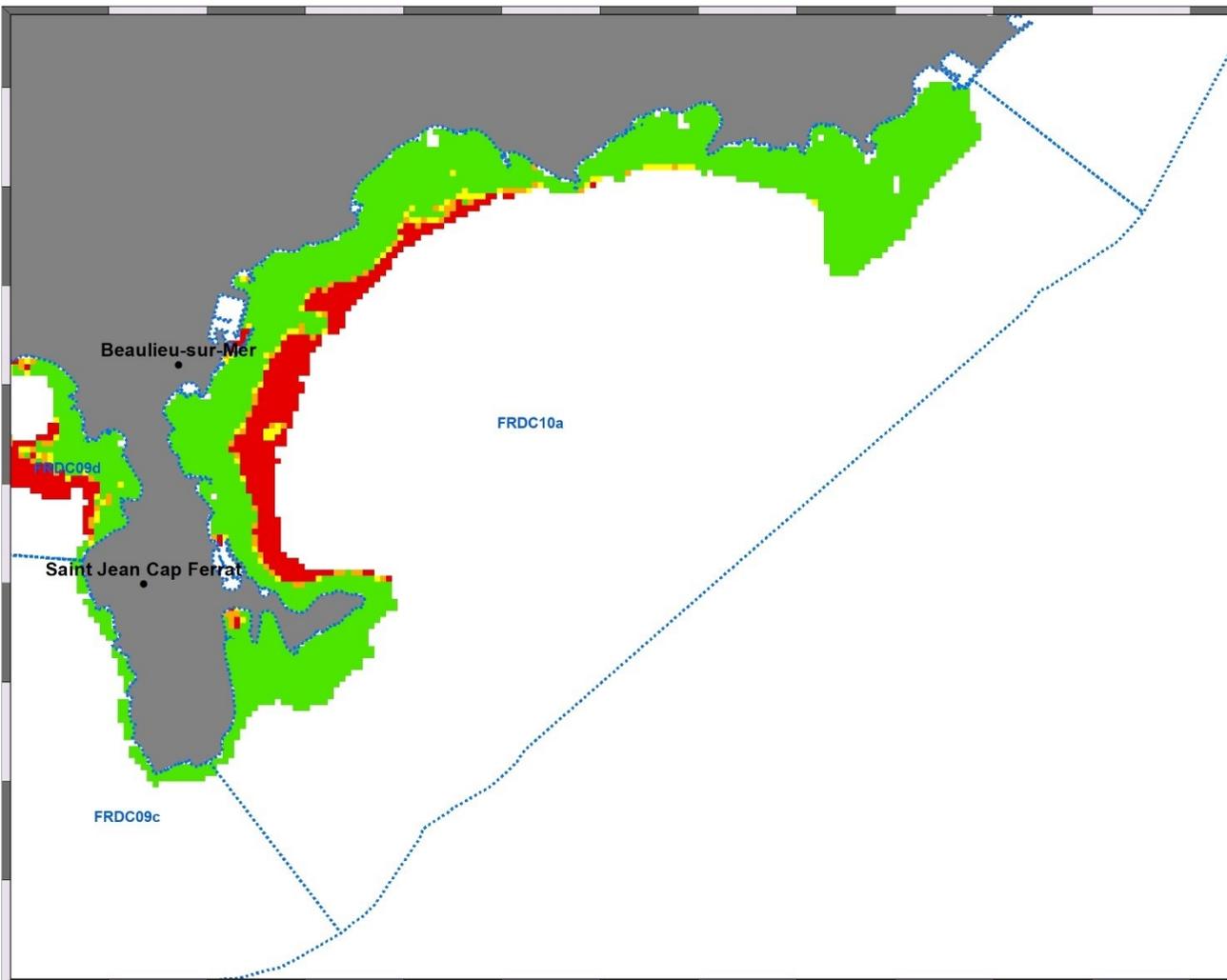
L'indice de régression reste cependant proche de la moyenne régionale à l'échelle des masses d'eau. Il est représenté sur un pixel de 50 mètres page suivante.

Concernant l'analyse de l'évolution des limites d'herbier pour le secteur de Cap Ferrat/Beaulieu, la comparaison des données sonar n'a été possible que pour la rade de Beaulieu. Les bandes sonar acquises autour du Cap Ferrat en 2006 dans le cadre de l'étude CANCA (Holon & Descamp, 2007) ne possèdent pas la résolution et la qualité suffisantes pour les comparer aux bandes acquises en 2020 (voir Figure 61).

L'évolution de la cartographie à l'est du Cap Ferrat est principalement localisée en profondeur intermédiaire et limite inférieure d'herbier avec l'observation de **nombreuses traces de mouillage** entre 15 et 30 mètres de profondeur (Figure 62). Ces traces sont fortement corrélées avec les positions AIS de la grande plaisance enregistrées entre 2017 et 2020 (Figure 63).

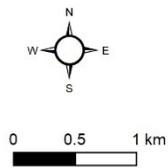
Tableau 36 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC10a.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC10a	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	53.3	1.8 36.45 75.4
Densité de tâches (Nb tâches /100 ha)	53.2	1.7 56.3 172.5
Pourcentage total du paysage compris par la tâche la plus grande	52.7	0.6 28.34 74.7
Surface moyenne d'une tâche d'herbier (ha)	1	0.12 0.84 2.08
Indice de complexité des formes	1.05	1.05 1.07 1.13
Distance moyenne qui sépare deux tâches d'herbier les plus proches (mètres)	8	7 14.11 63.2
Indice de fragmentation de l'herbier	0.72	0.44 0.87 1
Indice d'agrégation entre les tâches (%)	86.9	71.2 86.3 94.2
Indice de régression de l'herbier	0.18	0.03 0.19 0.57



Légende

- Masses d'eau côtières
- Indice de régression (pixel de 50 m)**
- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERMC
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



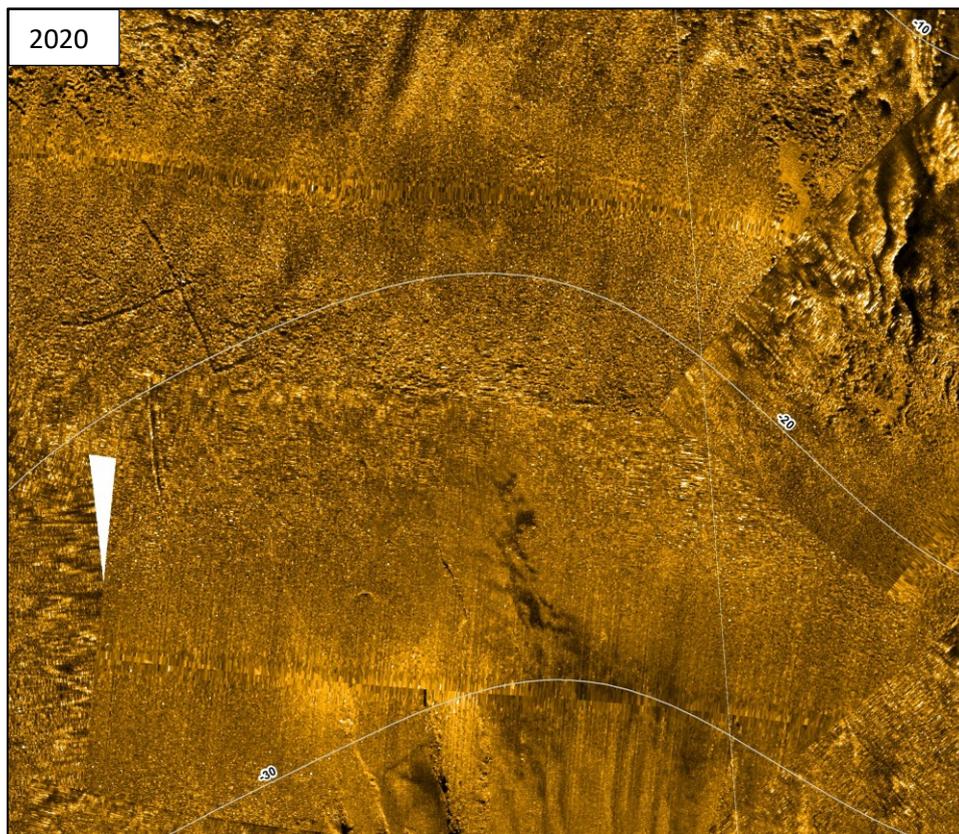
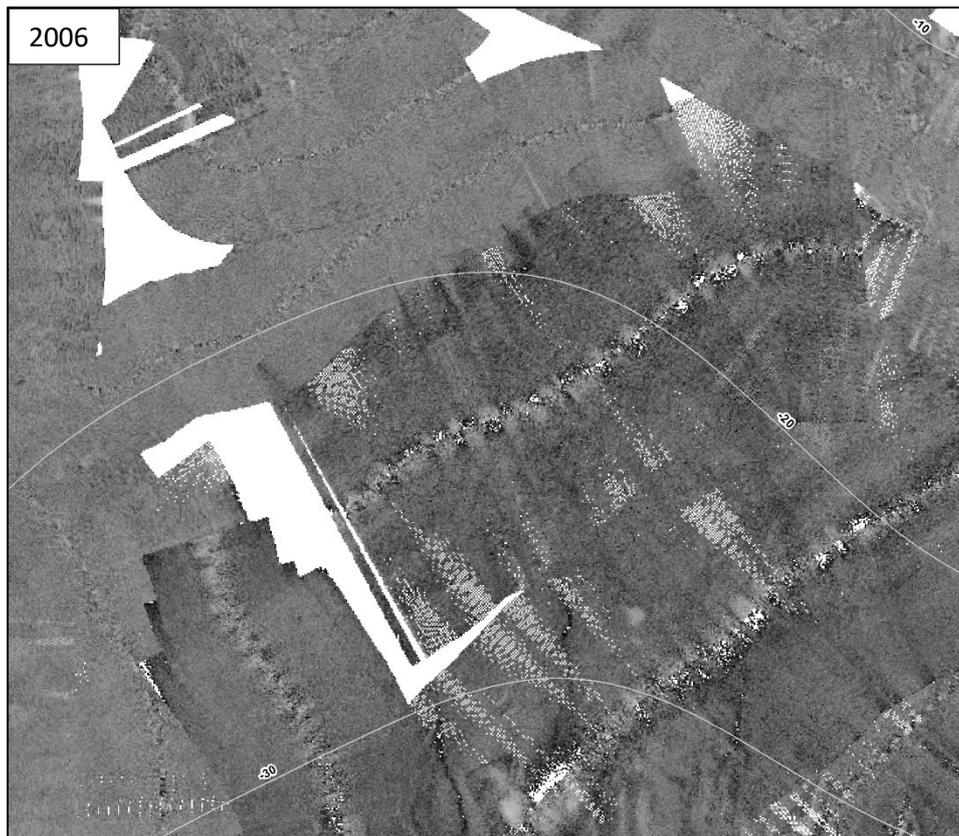


Figure 61 : Comparaison des bandes sonar acquises en 2006 et en 2020 (Source : Andromède Océanologie).

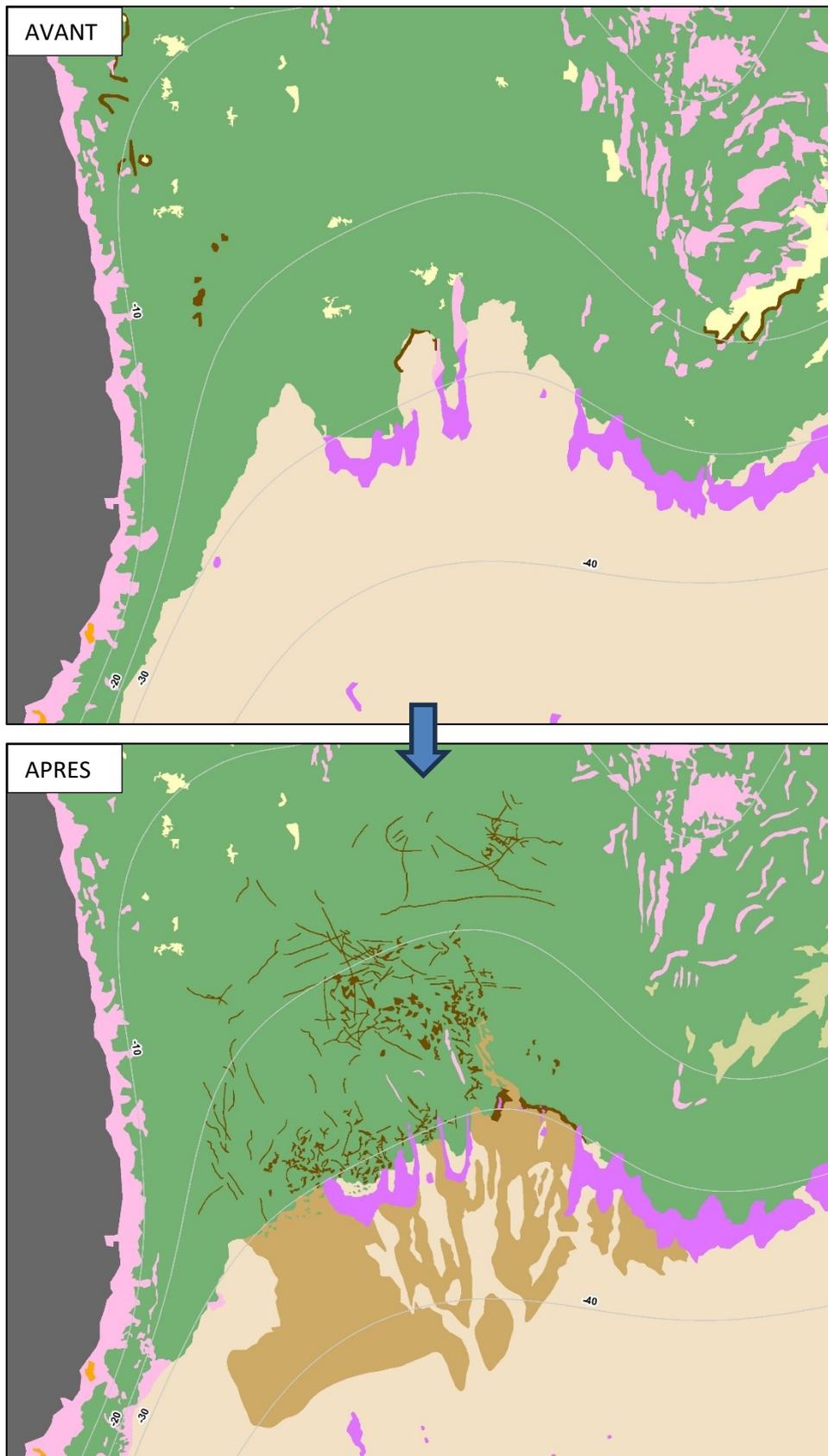


Figure 62 : Comparaison de la cartographie des biocénoses marines de l'est du Cap Ferrat avant et après actualisation (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune clair : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Fonds meubles circalittoraux ; Marron clair : Fonds détritiques envasés ; Vert/beige : sable à ripplemarks).



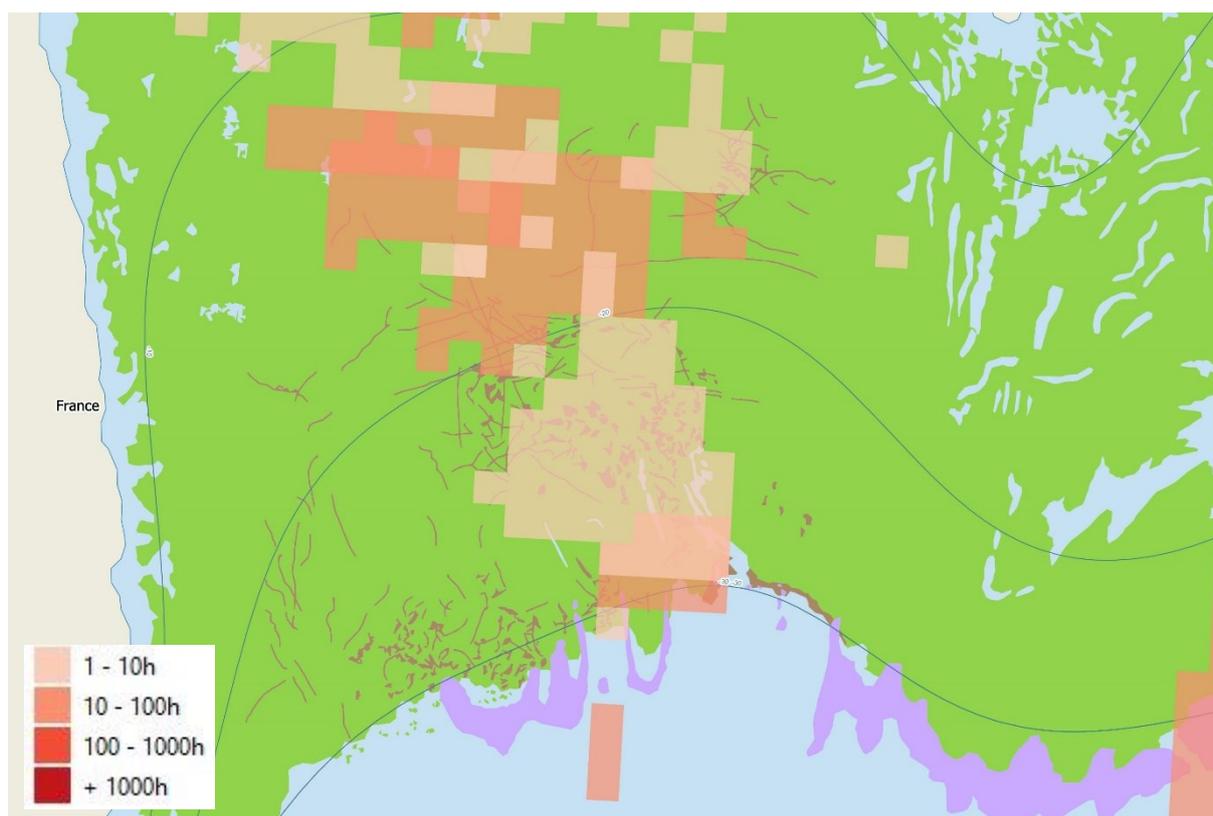


Figure 63 : Corrélation entre les traces de mouillage cartographiées à l'est du Cap Ferrat et les données de pression mouillage de la grande plaisance (2017 à 2020 ; données consultées le 02/04/2024 sur la plateforme MEDTRIX).

Concernant la zone de Beaulieu-sur-Mer, aucune évolution majeure (progression, régression) n'a été observée entre 2018 et 2020.

L'évolution de la cartographie de l'herbier dans cette zone est surtout liée à la **grande qualité des bandes sonar acquises en 2020** (conditions météorologiques exceptionnelles, pas de trafic maritime à cause du confinement d'avril 2020). La limite inférieure d'herbier a pu être corrigée et affinée. A certains endroits, le manque de contraste des bandes sonar historiques n'avait pas permis d'interpréter correctement les limites de l'herbier et le type de ces limites (diffuse, franche...). La Figure 64 illustre ces évolutions.

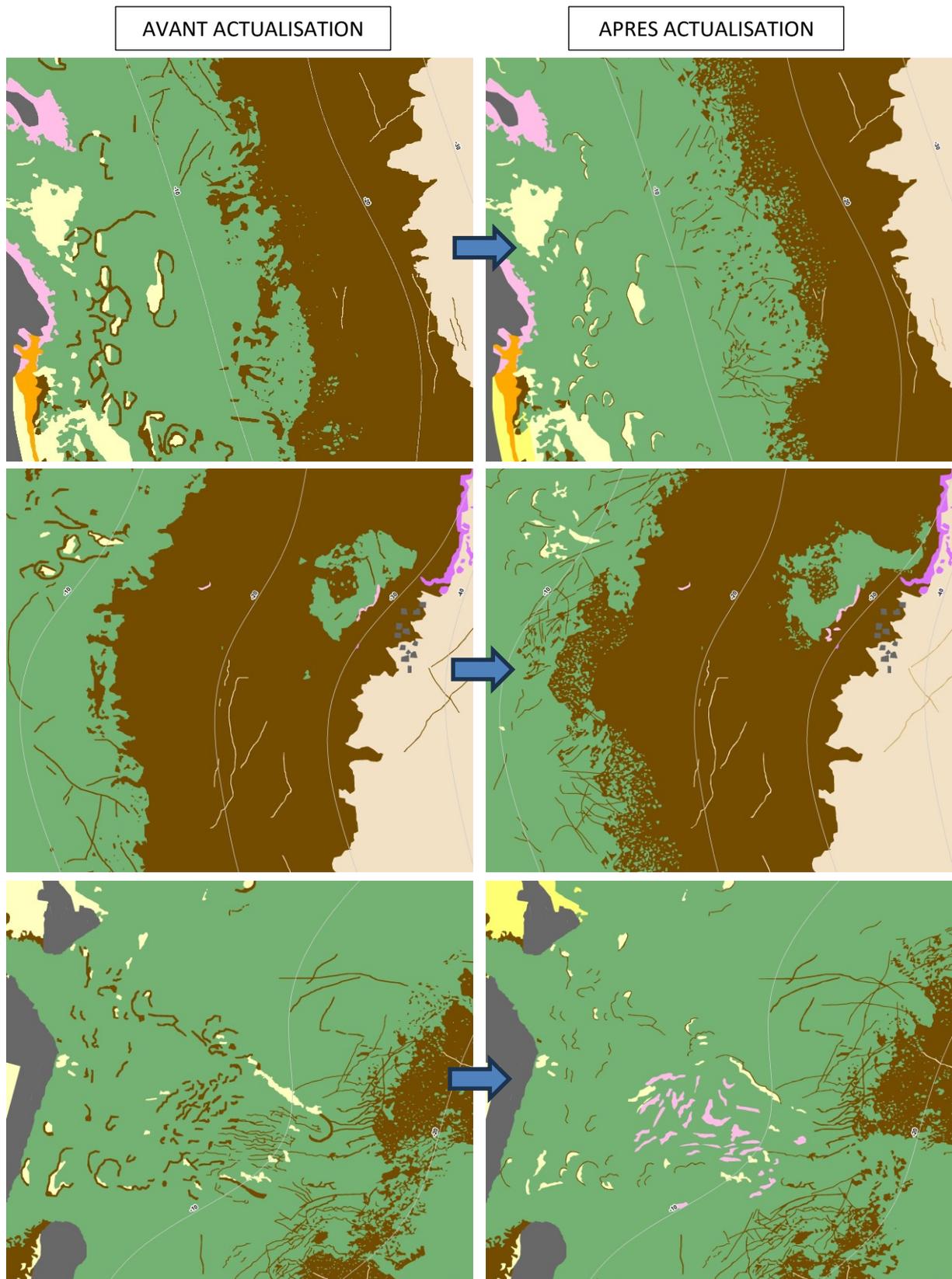


Figure 64 : Comparaison de la cartographie avant et après actualisation dans le secteur de Beaulieu-sur-Mer (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune : Fonds meubles infralittoraux ; Orange : Galets infralittoraux ; Beige : Détritique côtier ; Marron clair : Détritique envasé ; Gris : Habitats artificiels).



Il est important de noter que dans le cadre du projet de **Restauration de la posidonie impactée par les ancrés (REPIC)** lancé en 2019 par Andromède Océanologie et l’Oeil d’Andromède en partenariat avec l’AERMC, de l’herbier de posidonie a été transplanté. Ainsi, près de **1 700 m² d’herbier ont été replantés et donc restaurés entre 2021 et 2023** non loin du port de Beaulieu-sur-Mer. La figure ci-dessous illustre cette évolution.

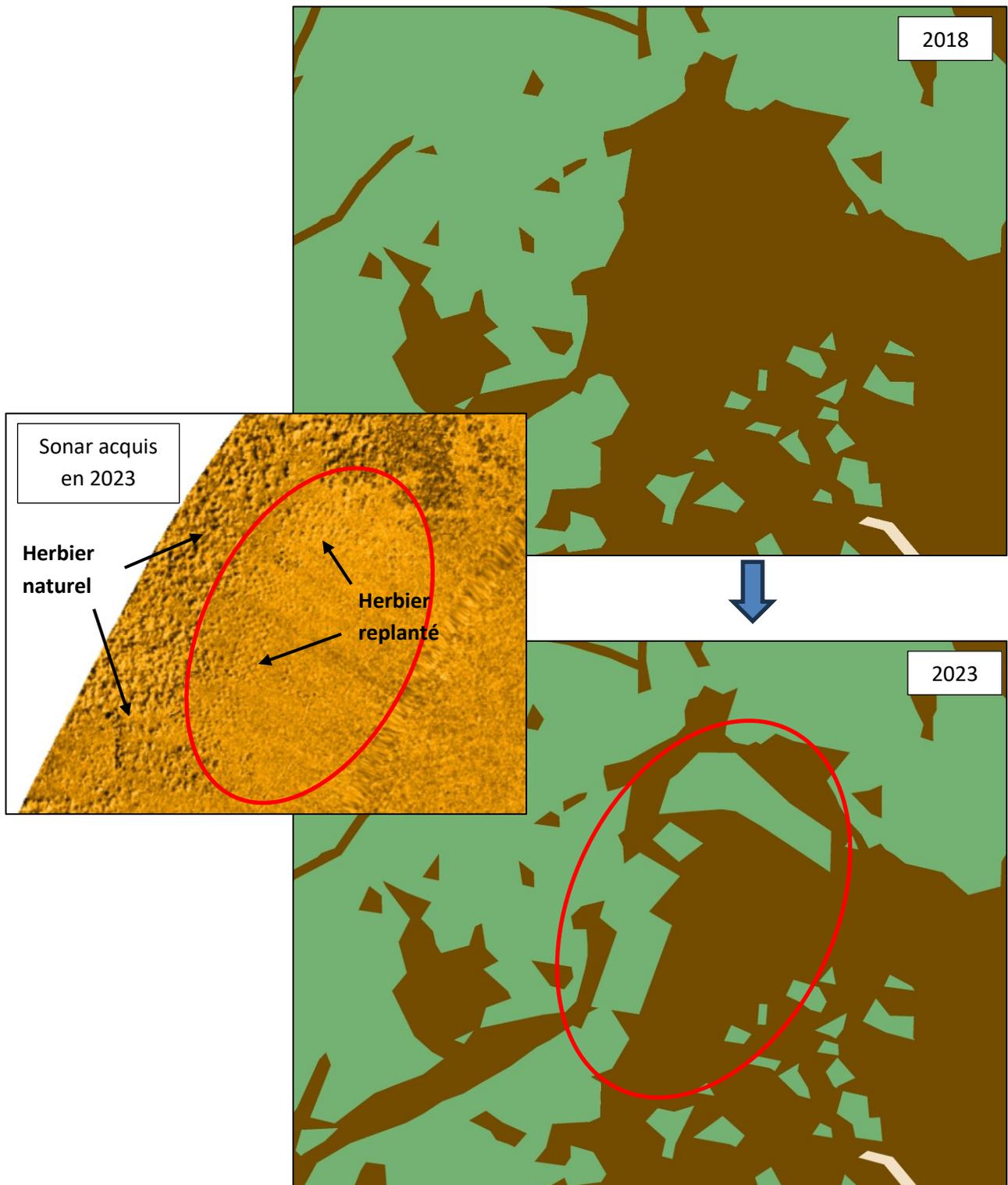


Figure 65 : Comparaison de la cartographie de l’herbier de posidonie avant et après actualisation sur le site de repiquage de Beaulieu sur mer (projet REPIC). 1700 m² d’herbier ont été replantés entre 2021 et 2023.

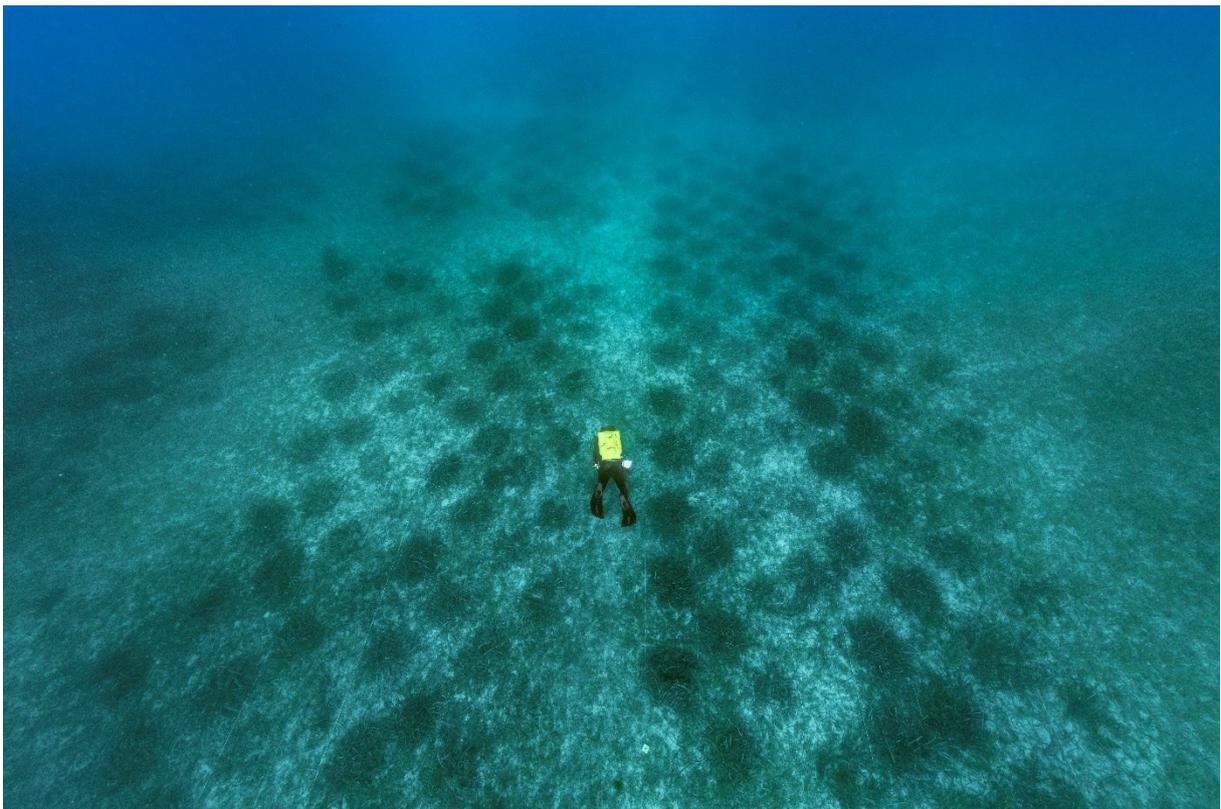
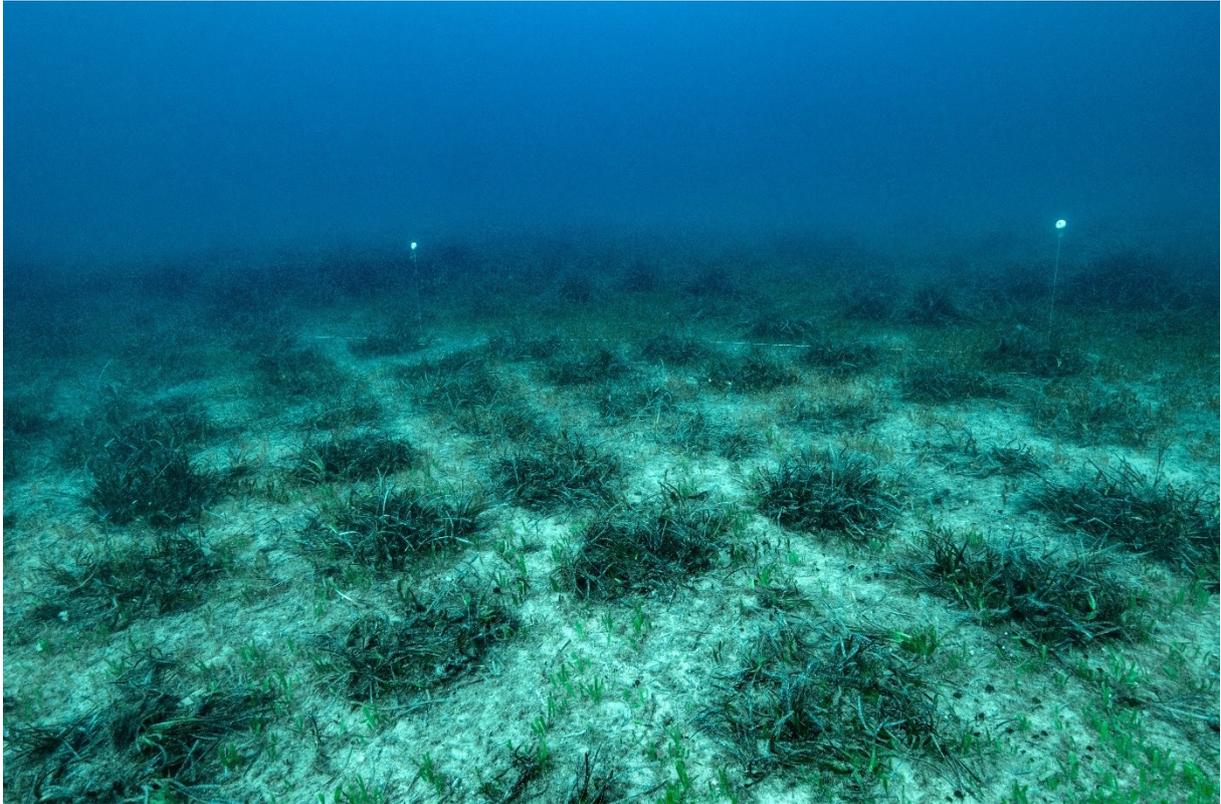
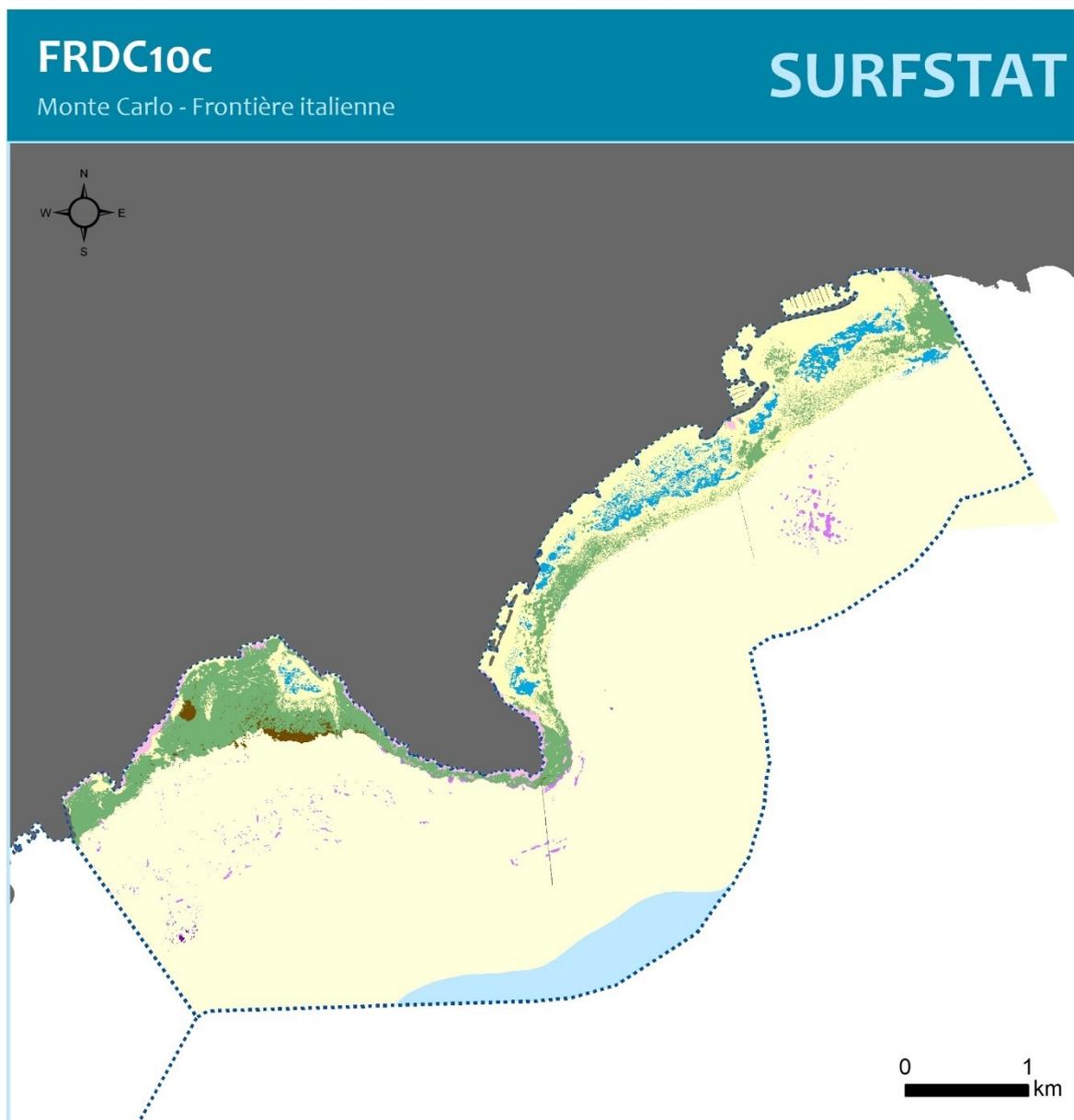


Figure 66 : Zones de repiquage d'herbier sur le site de Beaulieu-sur-Mer par 20 mètres de profondeur (© Laurent Ballesta, 2022 et 2023)



III.17. Masse d'eau FRDC10c : Roquebrune et Menton



MONTE CARLO - FRONTIERE ITALIENNE



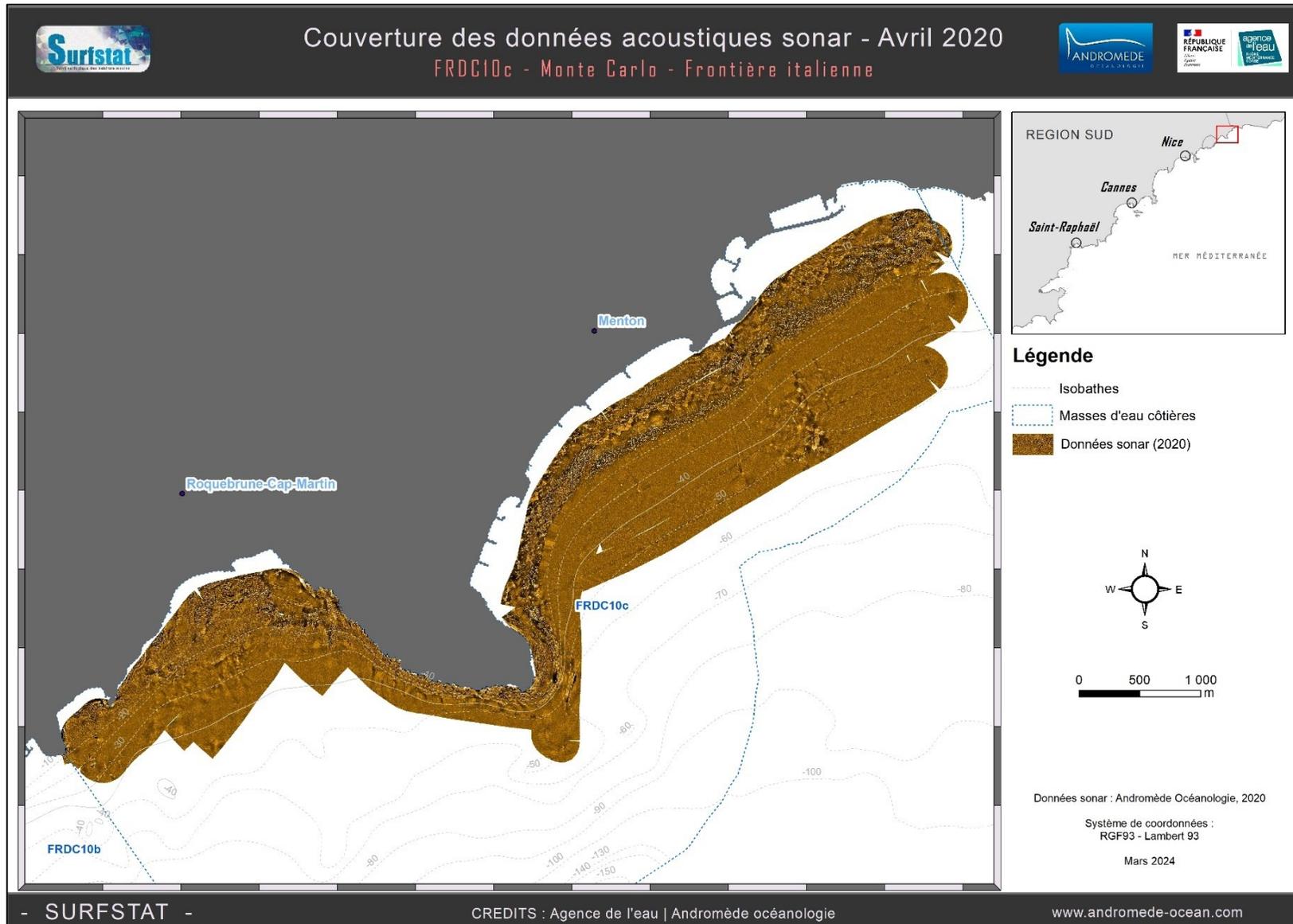
Cette carte fait partie des réseaux SURFSTAT et DONIA EXPERT.
Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

SYSTEME DE COORDONNEES :
RGF 93 Lambert 93
Lambert Conformal Conic
Datum : RGF 1993

Mars 2024

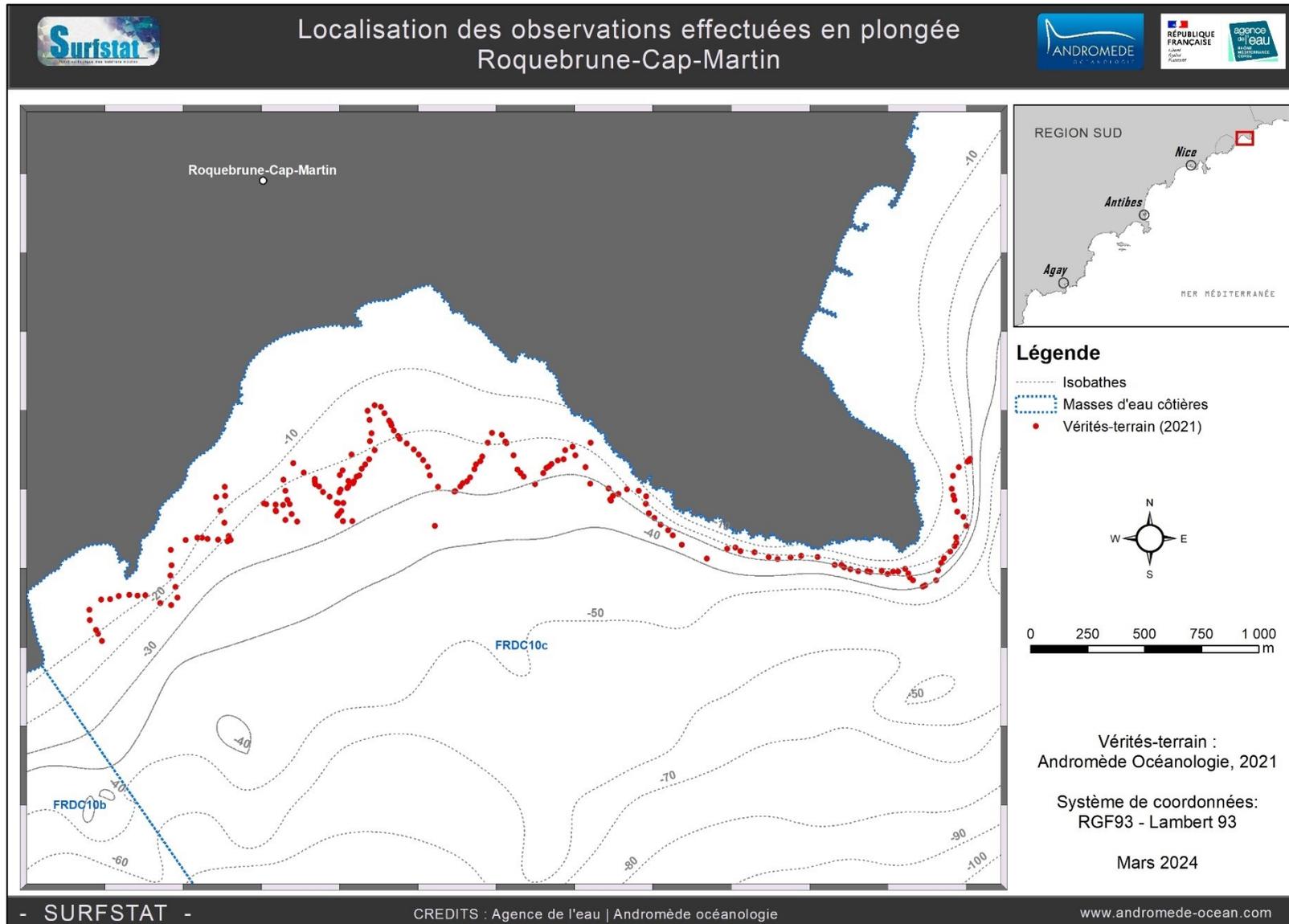
III.17.1. Sonar latéral

850 ha de données acoustiques sonar ont été acquises et traitées pour l'actualisation de la cartographie des biocénoses de la masse d'eau FRDC10c.

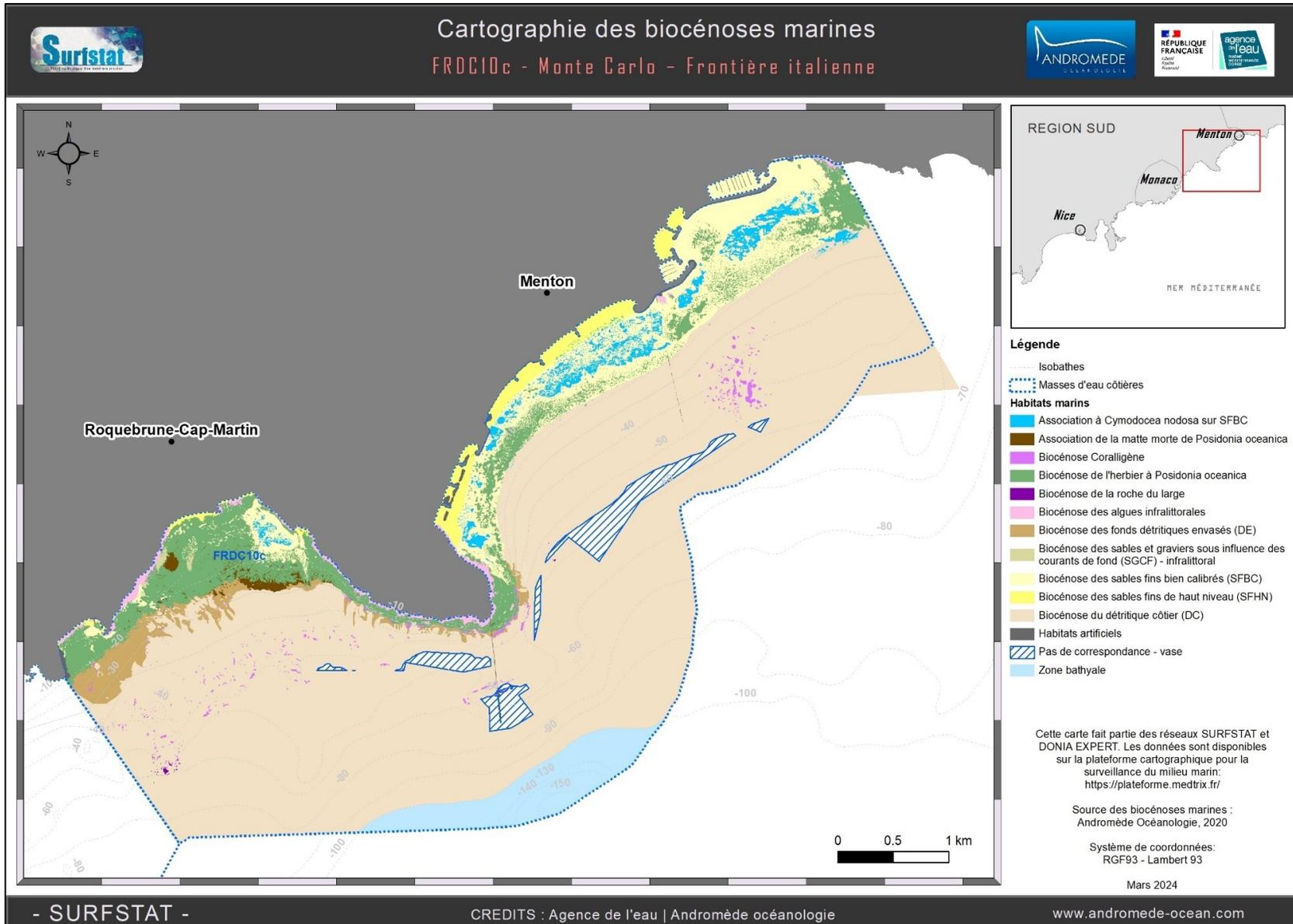


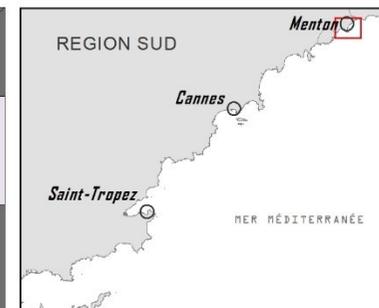
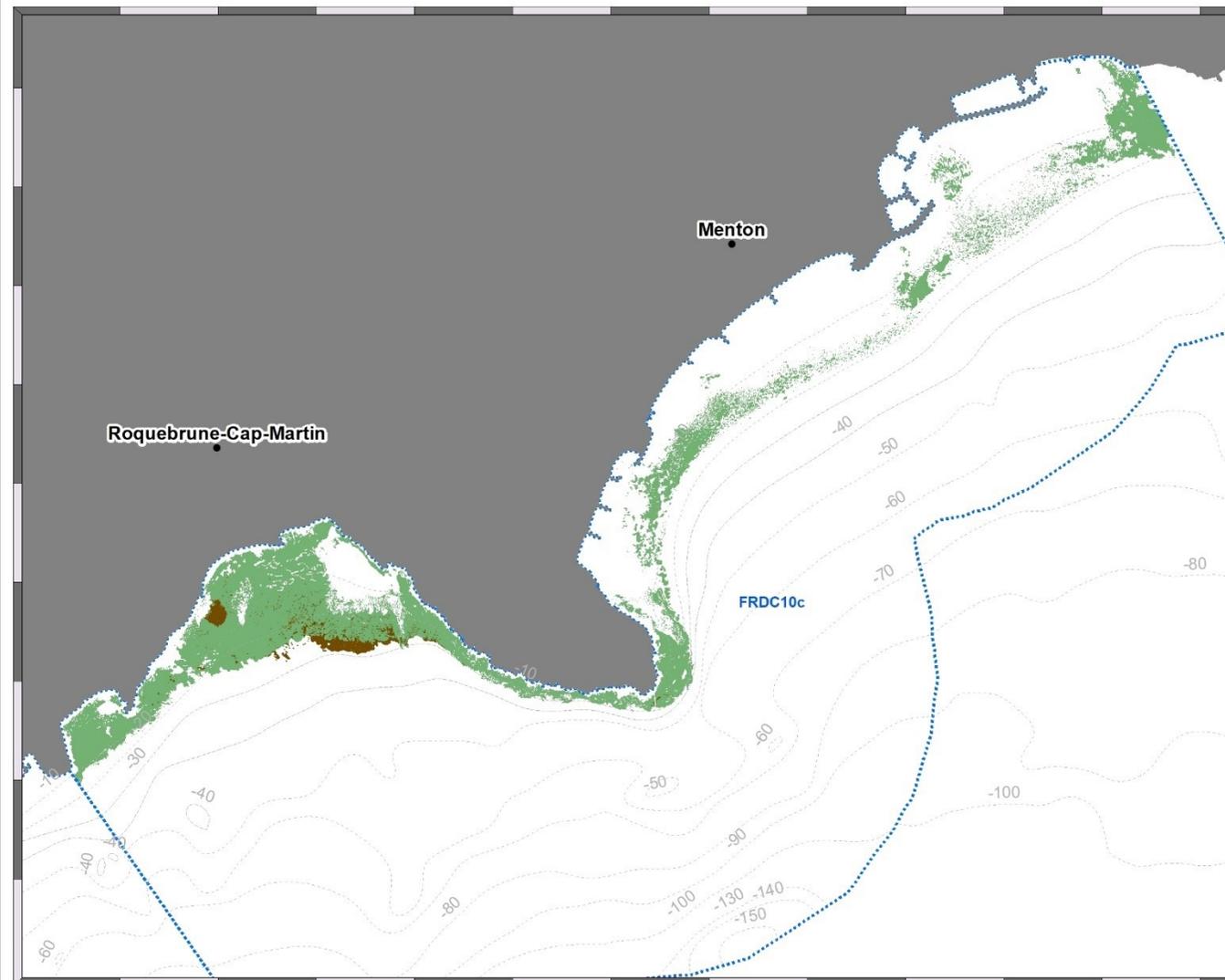
III.17.2. Vérités-terrain

Près de 200 observations en plongée tractée ont été effectuées dans le secteur de Roquebrune.



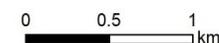
III.17.3. Cartographie des biocénoses marines


- SURFSTAT -
CREDITS : Agence de l'eau | Andromède océanologie
www.andromede-ocean.com

Légende

- Isobathes
- Masses d'eau côtières
- Biocénoses marines**
 - Association de la matte morte de *Posidonia oceanica*
 - Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



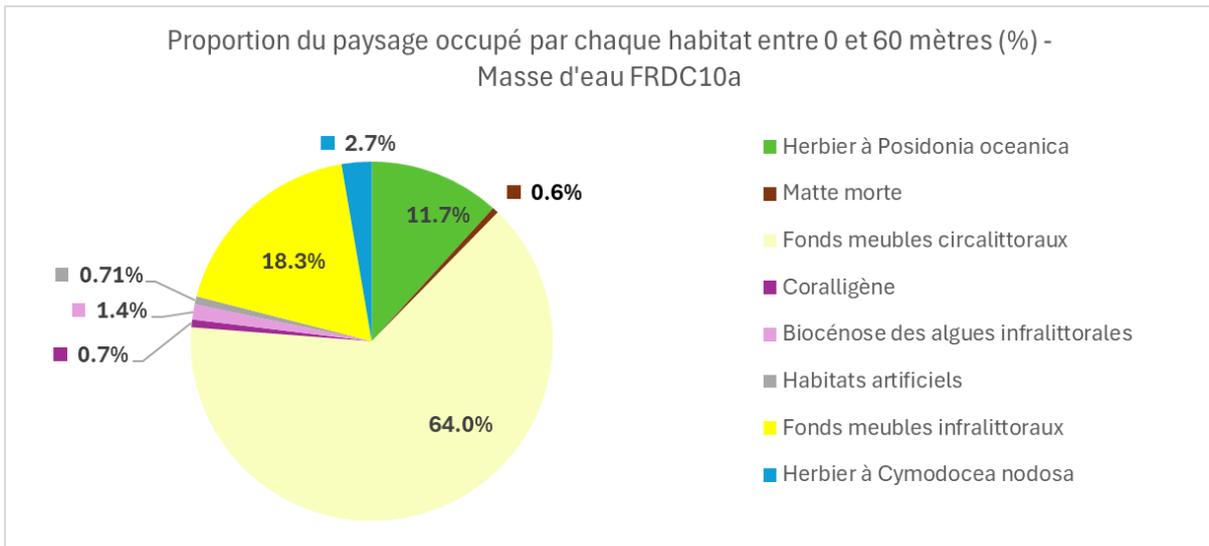
Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT.
Les données sont disponibles sur la plateforme
cartographique pour la surveillance du milieu marin:
<https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

III.17.4. Analyse du paysage



La masse d'eau FRDC10c « Monté Carlo – Frontière italienne » comprend huit habitats entre 0 et 60 mètres dont les trois principaux (>10 % de recouvrement du paysage) sont les fonds meubles infralittoraux (18,3%) et circalittoraux (64 %), et l'herbier à posidonie.

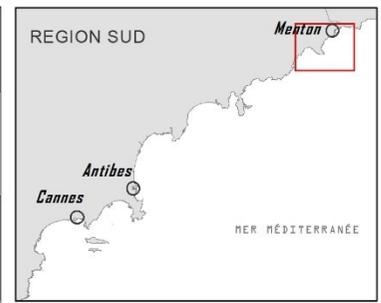
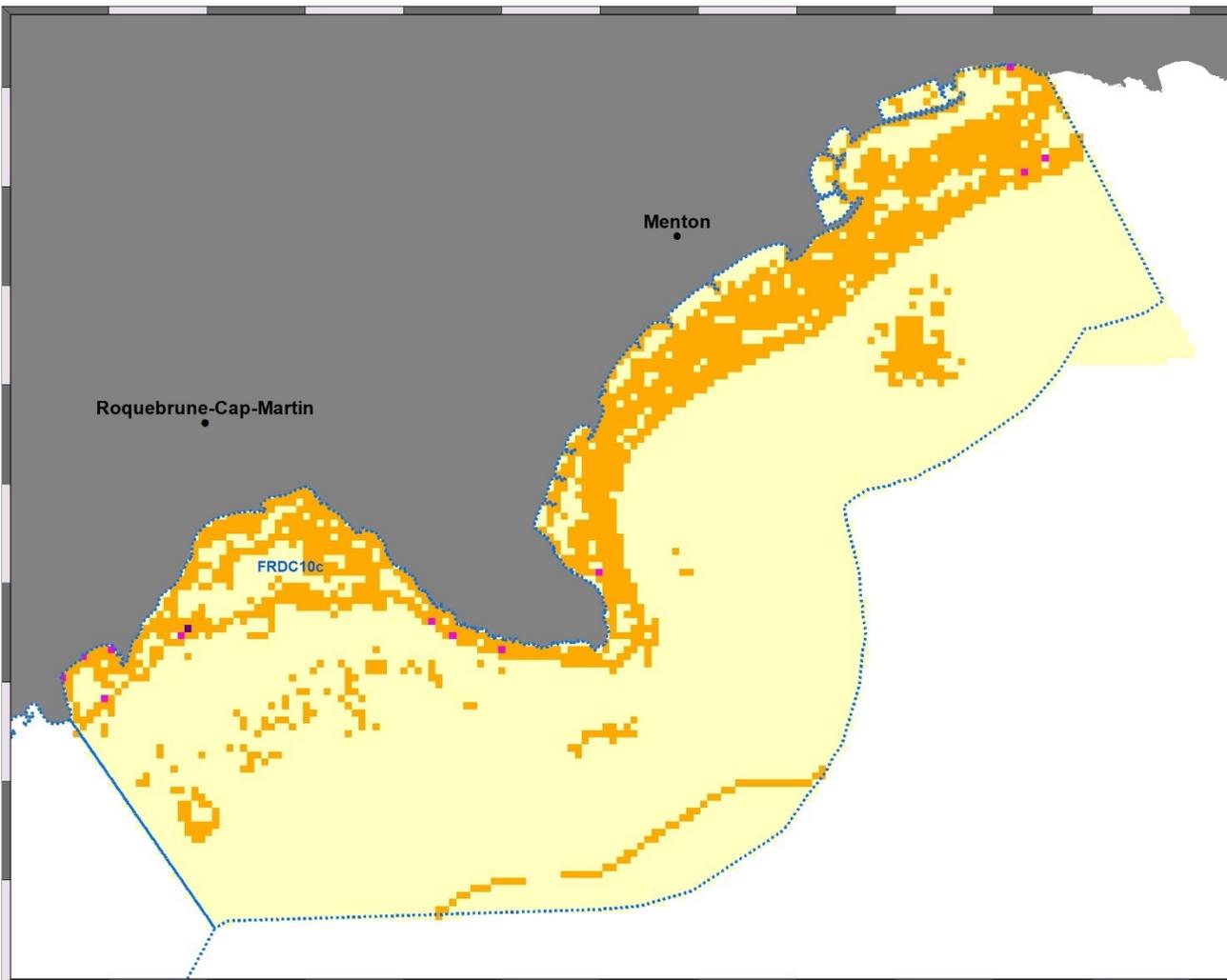
L'analyse de la comparaison des indicateurs surfaciques indique que seules les valeurs de la « densité de taches » et du « pourcentage du paysage compris par la tache la plus grande » sont supérieures aux moyennes régionales respectives.

La masse d'eau FRDC10c présente une diversité paysagère moyenne et inférieure à la moyenne régionale.

Tableau 37 : Comparaison de plusieurs métriques entre 0 et 60 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC10c.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC10c	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-60	
Surface du paysage (ha)	1395	87 16847 4009.64
Nombre d'habitats dans le paysage	8	6 11 8.52
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	286	12.9 545.8 212.11
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	63.9	25.8 77.3 50.69
Densité d'habitats dans le paysage (Nb habitats /100 ha)	0.57	0.07 6.91 0.84
Diversité des habitats (Indice d'équitabilité de Simpson)	0.62	0.44 0.89 0.67



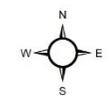


Légende

Masses d'eau côtières

Indice de diversité de Simpson (pixel de 50 m)

- 0 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 0,75
- 0,75 - 1



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin: <https://plateforme.medtrix.fr/>

Périmètre des masses d'eau : AERM
Indice de Simpson : Andromède Océanologie, 2021

Système de coordonnées:
RGF93 - Lambert 93

Mars 2024

L'herbier occupe 20,2 % du paysage entre 0 et 40 mètres de fond. **Ce taux de recouvrement est faible**, il est inférieur à la moyenne relevée en Région Sud.

L'herbier de posidonie de la masse d'eau FRDC10c se caractérise par de nombreuses taches (valeur maximale en Région Sud) de très petite taille (valeur minimale) et très proches les unes des autres.

Cette formation d'herbier morcelé, en colline, est principalement observée à l'Est du Cap Martin.

La valeur très élevée de l'indice de fragmentation s'explique par ce morcellement de l'herbier dans la partie Est de la masse d'eau même si dans la zone Ouest l'habitat présente une formation de plaine, d'où un **indice d'agrégation** pour la masse d'eau qui reste **faible** par rapport à la moyenne régionale.

L'indice de régression est pratiquement égal à 0 ; la faible proportion de matte morte entre 0 et -40 mètres pour cette masse d'eau (0,6 %) qui est localisée dans la Baie de Roquebrune en est l'explication.

Il est important de noter que, malgré cette faible valeur de régression, **l'impact du mouillage est bien présent dans cette masse d'eau**. De nombreuses traces sont visibles dans l'herbier entre -15 et -25 mètres. Un **plateau de matte morte de plus de 3 hectares** a été ajouté à la cartographie en limite inférieure d'herbier ; sa présence a été validée par plusieurs observations en plongée tractée.

Tableau 38 : Comparaison de plusieurs métriques pour l'habitat herbier de posidonie entre 0 et 40 mètres de fond pour la masse d'eau FRDC10c.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD Légende
Masse d'eau	FRDC10c	
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	20.2	1.8 0 75.4 36.45
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	172.5	1.7 0 172.5 56.3
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	13.5	0.6 0 74.7 28.34
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	0.12	0.12 0 2.08 0.84
Indice de complexité des formes	1.07	1.05 0 1.13 1.07
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	10.2	7 0 63.2 14.11
Indice de fragmentation de l'herbier	0.98	0.44 0 1 0.87
Indice d'agrégation entre les taches (%)	74.6	71.2 0 94.2 86.3
Indice de régression de l'herbier	0.05	0.03 0 0.57 0.19

Concernant l'analyse de l'évolution des limites d'herbier dans ce secteur, la comparaison des données sonar historiques et récentes dans ce secteur a été possible car les emprises de ces dernières concordent à plus de 90 %.

Plusieurs petites zones de matte morte sont apparues entre 2010 et 2020 en limite inférieure d'herbier dans la Baie de Roquebrune. **La perte d'herbier a pu être estimée à environ 1,3 hectares en 10 ans. La carte d'évolution des surfaces d'herbier est présentée page suivante.**

D'autres traces de mouillage ont été ajoutées à la cartographie mais compte tenu du manque de contraste et de résolution des bandes sonar historiques par rapport à celles acquises en 2020, il n'a pas été possible de vérifier si ces traces étaient déjà présentes en 2010 (Figure 67a et 66b).

Quelques exports de la cartographie actualisée sont présentés Figure 68.



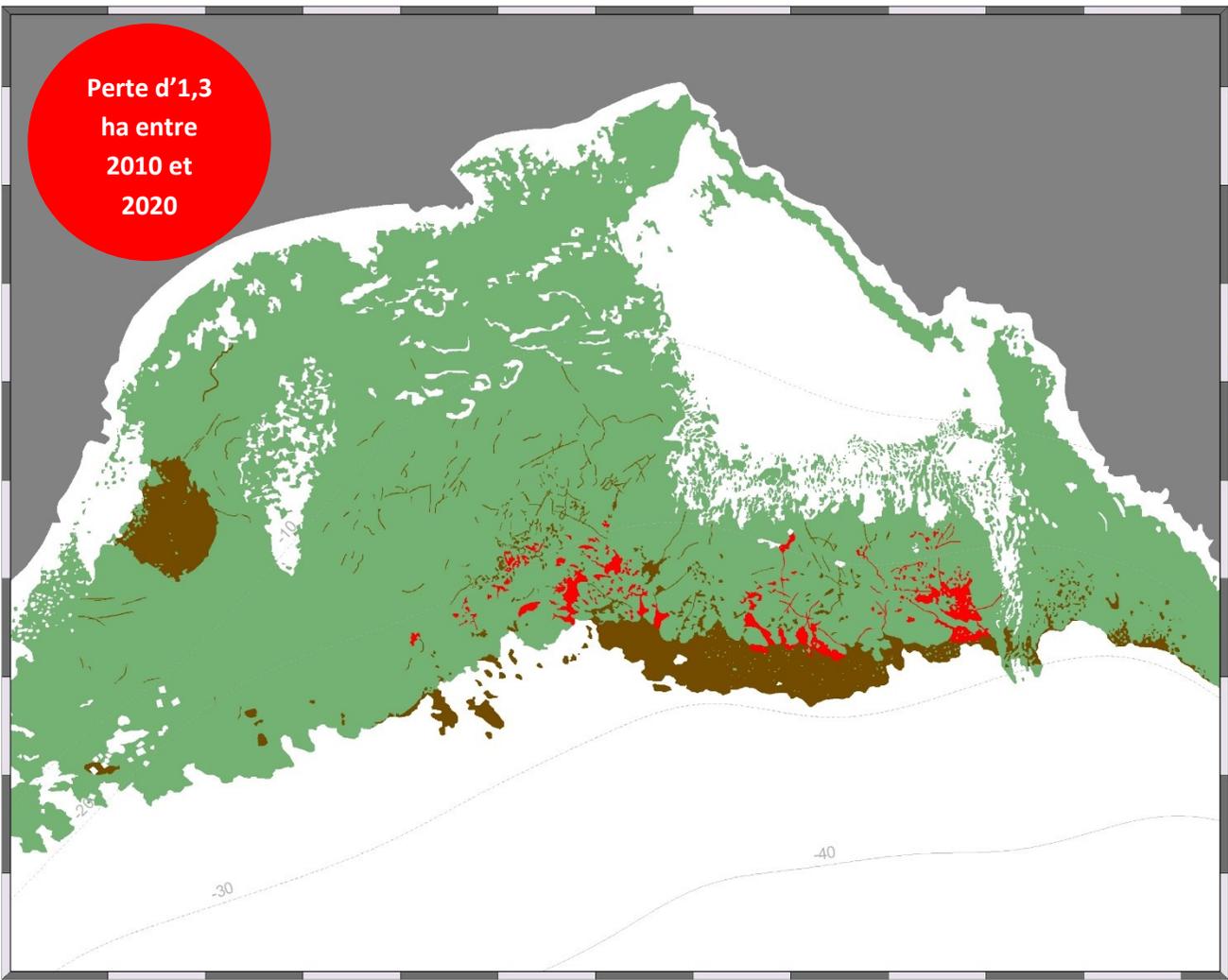


Evolution des surfaces d'herbier à *Posidonia oceanica* et de la matre morte associée entre 2010 et 2020

FRDC10a - Baie de Roquebrune

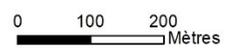


Perte d'1,3 ha entre 2010 et 2020



Légende

- Isobathes
- Herbier en régression entre 2010 et 2020
- Biocénoses marines**
- Association de la matre morte de *Posidonia oceanica*
- Biocénose de l'herbier à *Posidonia oceanica*



Cette carte fait partie du réseau SURFSTAT. Les données sont disponibles sur la plateforme cartographique pour la surveillance du milieu marin : <https://plateforme.medtrix.fr/>

Source des biocénoses marines : Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées : RGF93 - Lambert 93

Mars 2024



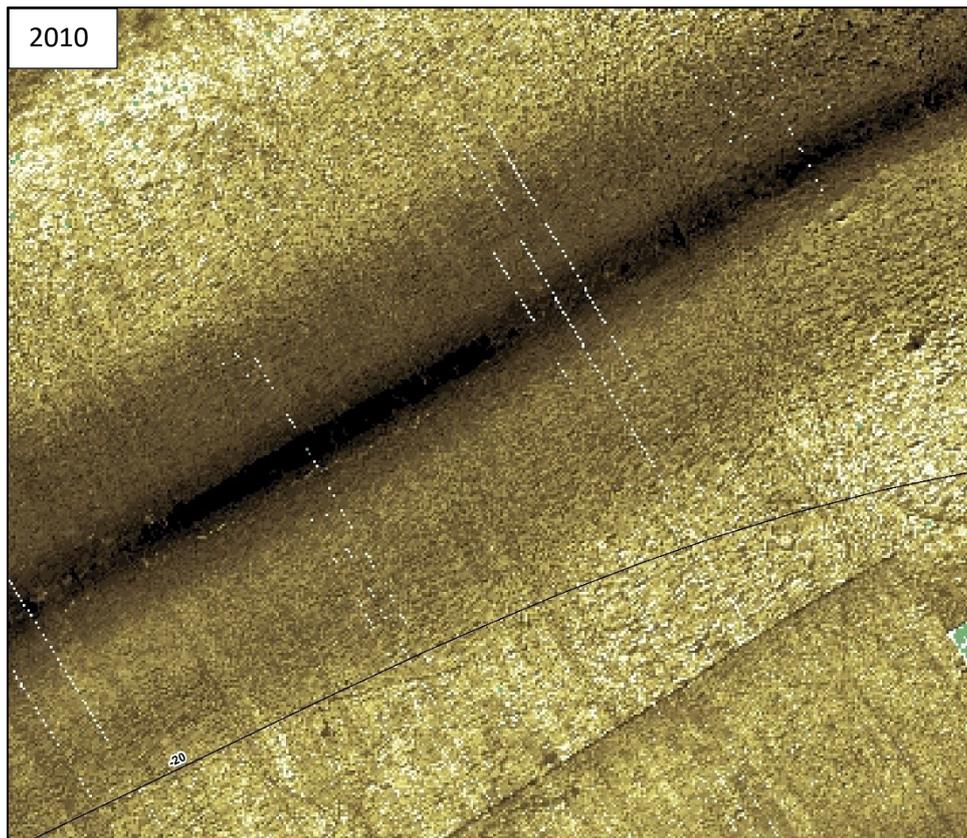


Figure 67a : Comparaison entre les données sonar historiques (2010) et récentes (2020). Le manque de contraste et de résolution des bandes sonar de 2010 ne permet pas de savoir si certaines traces de mouillage étaient déjà présentes en 2010.



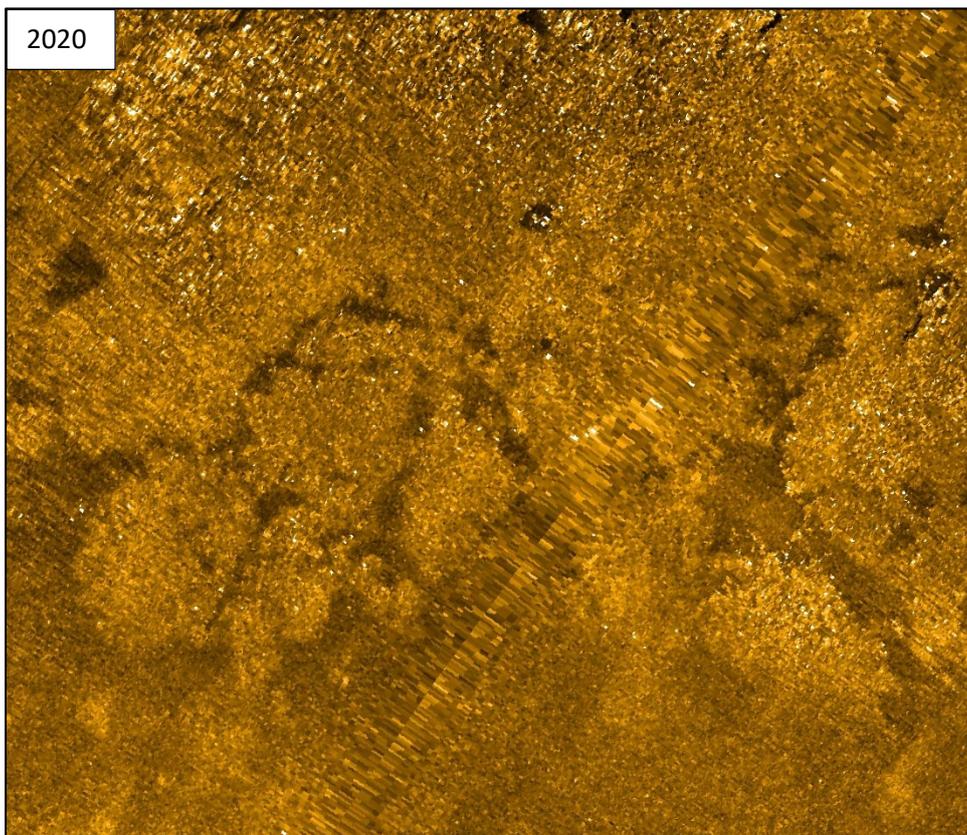
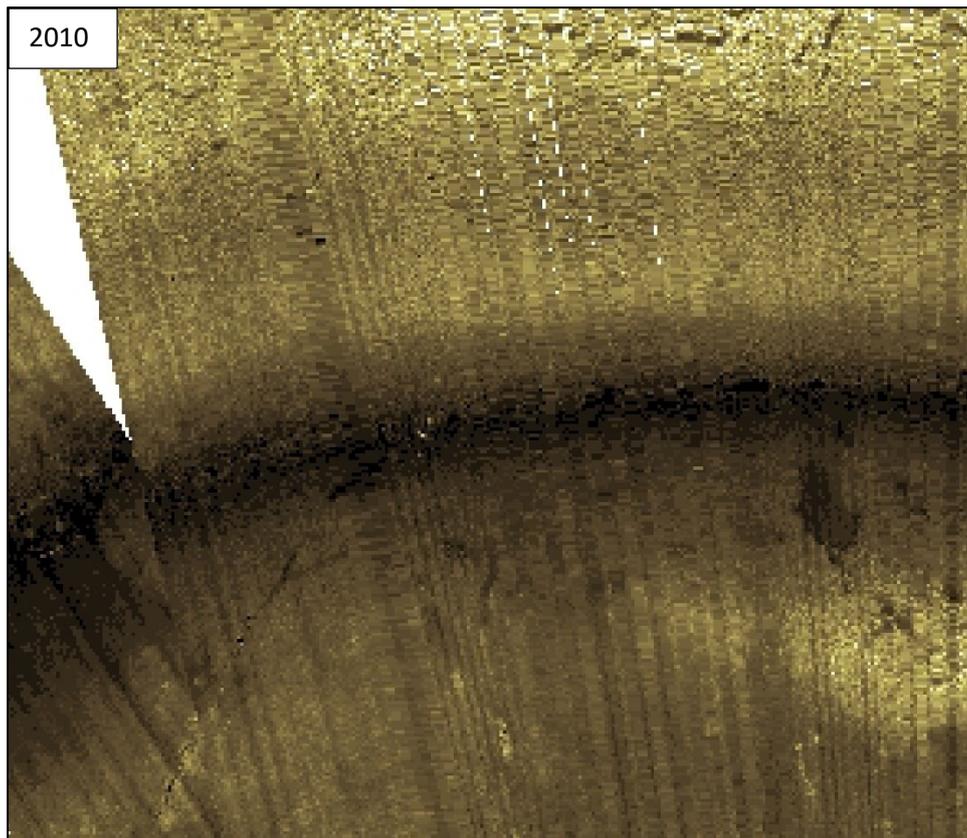


Figure 66b : Comparaison entre les données sonar historiques (2010) et récentes (2020). Le manque de contraste et de résolution des bandes sonar de 2010 ne permet pas de savoir si certaines traces de mouillage étaient déjà présentes en 2010.

AVANT ACTUALISATION

APRES ACTUALISATION

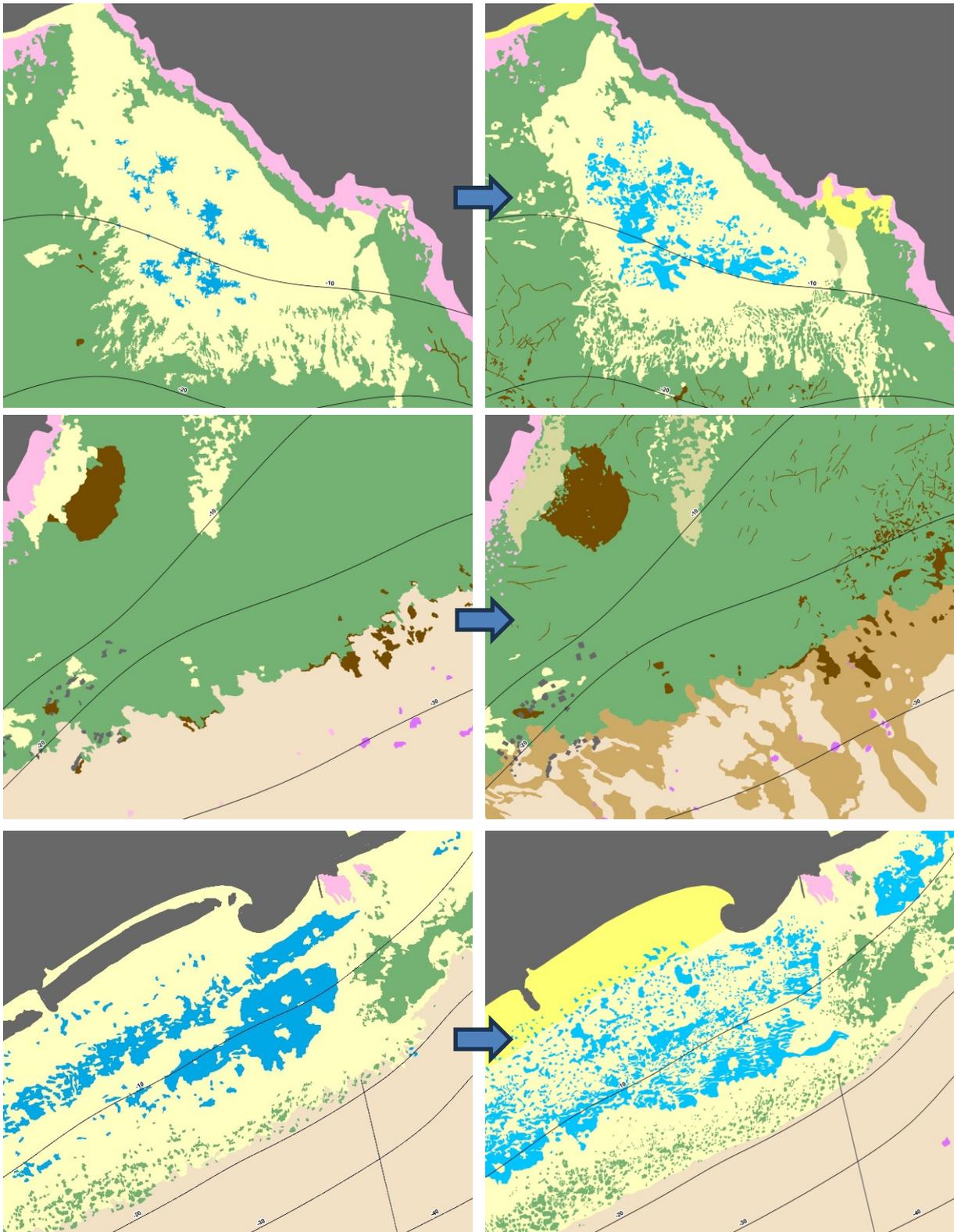


Figure 68 : Comparaison de la cartographie avant et après actualisation dans le secteur de Roquebrune et Menton (Vert : Posidonie ; Marron : Matte morte ; Bleu : Cymodocées ; Rose : Roche infralittorale ; Violet : Coralligène ; Jaune : Fonds meubles infralittoraux ; Beige : Détritique côtier ; Marron clair : Détritique envasé ; Gris : Habitats artificiels).



IV. Synthèse des résultats

En 2020 et 2021, le réseau SURFSTAT avait pour objectif l'actualisation de la cartographie des biocénoses marines en région Sud. Pour cela, des campagnes d'acquisition de données sonar (30 345 ha) et d'observations en plongée (5000 vérités terrain) ont été menées en avril 2020 et en mars/avril 2021.

Une partie de ces données (10 000 ha de données sonar et 1800 observations géoréférencées en plongée tractée) a permis l'actualisation de la cartographie des biocénoses marines (entre 15 mètres et jusqu'à 45 mètres de profondeur environ) sur 14 zones prioritaires (= zones fortement impactées par la pression de mouillage) appartenant à neuf masses d'eau côtière. Grâce à ces données, 9096 ha d'herbier de posidonie ont été mis à jour sur ces 14 zones. Ces résultats sont synthétisés dans un rapport disponible sur la plateforme MEDTRIX/Projet SURFSTAT ([Andromède, 2021](#)).

Cette première étude en région Sud a été complétée par l'actualisation de la cartographie des biocénoses marines (entre la surface et jusqu'à 60 mètres de profondeur environ) sur 19 secteurs complémentaires qui appartiennent à 17 masses d'eau côtière. Pour cela, 20 000 ha de données sonar acquises en avril 2020 et 2800 observations géoréférencées en plongée tractée relevées en mars/avril 2021 ont été traitées pour ce présent rapport. Grâce à cette étude complémentaire, plus de 11 700 ha d'herbier de posidonie ont été mis à jour sur ces 19 secteurs. A noter que d'autres observations effectuées en plongée tractée dans le cadre du projet SANDRO (Andromède/OFB, 2023) sont venues compléter celles acquises dans le cadre de SURFSTAT pour un secteur (Pampelonne).

Au total, la mise à jour de la cartographie des biocénoses marines en région Sud faite à partir des données acquises en 2020 et 2021 a permis l'actualisation d'une surface totale d'herbier de 20 880 ha soit 79,6 % des herbiers dans cette région. Cette cartographie est désormais disponible sur la plateforme [MEDTRIX](#) (projets DONIA, DONIA Expert, SURFSTAT), le site internet et l'application [Donia](#).

La difficulté de ce travail cartographique réside dans la lecture et l'interprétation des données sonar. Il est très difficile de cartographier les anciennes zones de matte morte car celles-ci sont souvent recouvertes de sable et donc peu « visibles ». C'est pourquoi il est nécessaire d'avoir soit des vérités terrain soit des données bathymétriques pour faire ressortir les reliefs créés par les tombants et les plateaux de matte. Les zones de matte morte en limite inférieure contiennent souvent des taches d'herbier de posidonie très clairsemées et nombreuses, donc difficiles à délimiter. C'est pourquoi on considère dans cette étude que **les zones de matte morte peuvent inclure entre 0 et 10 % d'herbier à *Posidonia oceanica***.

Grâce à l'actualisation de la cartographie de près de 80 % de l'herbier de Posidonie en Région Sud (comprenant les deux études SURFSTAT 2020), de nouvelles zones considérées comme sensibles à la pression de mouillage (présence non négligeable de traces de mouillage dans l'herbier de posidonie), voire préoccupantes, ont été découvertes. Ce sont principalement les secteurs des Calanques de Sormiou et de Morgiou, Cassis, Sanary-sur-Mer, la Rade de Giens, Brégançon, Le Lavandou, Cavalière, l'Est de la Baie de Cavalaire, la Baie de Pampelonne, la Baie des Canebiers à Saint-Tropez, le Port du Poussai, la Baie d'Agay, les îles de Lérins, l'Anse de la Garoupe (Cap d'Antibes), la côte est du Cap Ferrat et la Baie de Roquebrune.

Concernant les cinq secteurs impactés par l'ancrage dont l'étude cartographique a été effectuée en 2018 ([Andromède, 2020](#)), aucune évolution majeure n'a été observée. Des modifications de la cartographie de l'herbier ont cependant été entreprises sur certaines zones grâce à la meilleure qualité des données sonar acquises en 2020 en comparaison des données historiques (2018). Les conditions dans lesquelles l'acquisition de ces 30 000 ha de données sonar a été faite sont exceptionnelles : trafic maritime inexistant suite au 1^{er} confinement de la pandémie du Covid en avril 2020 et conditions météorologiques parfaites avec absence de houle et de vent. Ces éléments ont permis d'obtenir des bandes sonar pratiquement sans déformations. L'actualisation de la cartographie se traduit donc majoritairement par un affinement de certaines limites d'herbier et un recalage des polygones de matte morte et d'herbier par rapport aux données les plus récentes.

Des formations de dizaine voire centaine de taches arrondies d'herbier, qui sont probablement des signes de recolonisation, ont été observées au sonar. Au total, 116 zones localisées entre Marseille et Villefranche-sur-

Mer ont été mises en évidence, dont les surfaces sont variables (évaluées entre 767 m² à 44 ha pour un total de **276 ha d'herbier en cours de progression en 2020**) (Andromède Océanologie, 2023b). Pour la présente étude, les taches observées parmi les 19 secteurs actualisés se trouvent principalement dans des zones ayant été dégradées par le passé (mouillage, obus, rejets urbains) sauf à Cap Taillat, Sainte-Maxime, Cannes, Golfe Juan, Beaulieu-sur-Mer et Roquebrune/Menton. Ces observations de recolonisation rejoignent celles publiées dans la récente étude de Bockel et al. (2024) dans laquelle il a été démontré que la progression de certains herbiers était probablement en partie due à **l'amélioration du traitement des eaux usées** le long des côtes méditerranéennes françaises.

Le tableau ci-dessous résume par masse d'eau les surfaces des taches de recolonisation d'herbier recensées à partir des données sonar acquises en 2020 dans le cadre de SURFSTAT en Région Sud. Cette forme de l'herbier semble être un signe de **colonisation ou de reprise après une dégradation ancienne de l'herbier**. La carte localisant ces zones est présentée page suivante.

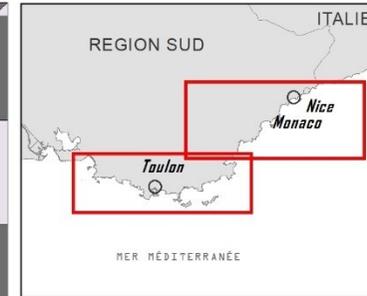
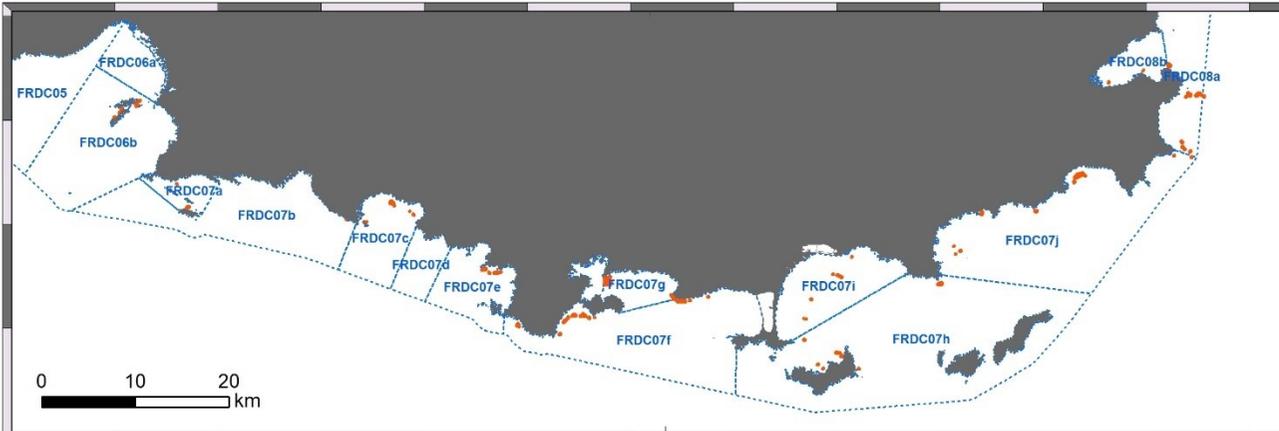
Tableau 39 : Surfaces des taches d'herbier circulaires recensées en Région Sud en 2020 (par masse d'eau, en hectares).

Masse d'eau	Surface (ha)
FRDC06b	8,5
FRDC07a	6,6
FRDC07b	0,4
FRDC07c	13,3
FRDC07e	16,1
FRDC07f	40,1
FRDC07g	54,7
FRDC07h	19,1
FRDC07i	6,2
FRDC07j	42,7
FRDC08a	29,1
FRDC08b	1,8
FRDC08d	33,5
FRDC08e	0,4
FRDC09d	3,9



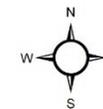


Localisation des zones d'herbier de posidonie en cours de colonisation recensées en 2020 en Région Sud



Légende

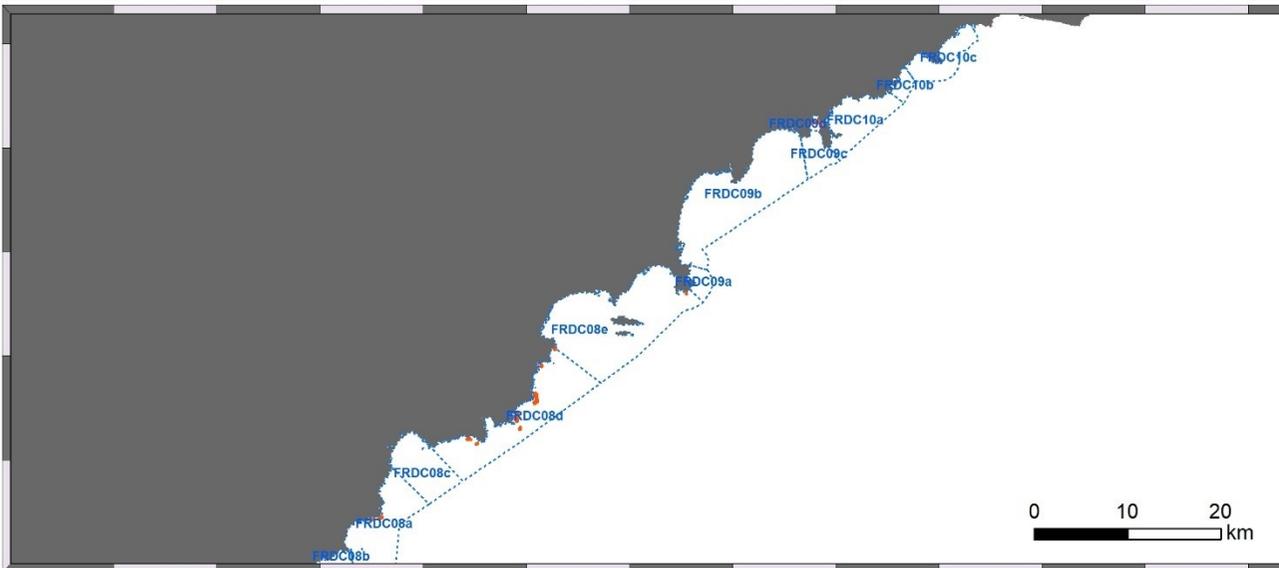
- Masses d'eau côtières
- Zones de colonisation



Zones de colonisation :
Andromède Océanologie, 2020

Système de coordonnées :
RGF93 - Lambert 93

Juin 2024



Ces **cartographies détaillées au 1/10 000** permettent de réaliser une nouvelle évaluation du paysage sous-marin et constituent un **moyen de surveillance à large échelle**, notamment des habitats sensibles comme l’herbier à *Posidonia oceanica*.

Le graphique suivant illustre l’**effort cartographique** (surfaces d’acquisition en hectares de données acoustiques) depuis la **première carte continue des biocénoses marines de Méditerranée française** ([Andromède Océanologie, 2014](#)) disponible dans le projet DONIA Expert. Ainsi, entre 2015 et 2024, on constate que cet effort cartographique est **considérable** et est resté constant au cours du temps notamment grâce au réseau SURFSTAT qui permet une mise à jour continue (cycles de trois à six ans) de cette cartographie dans les trois régions de Méditerranée française.

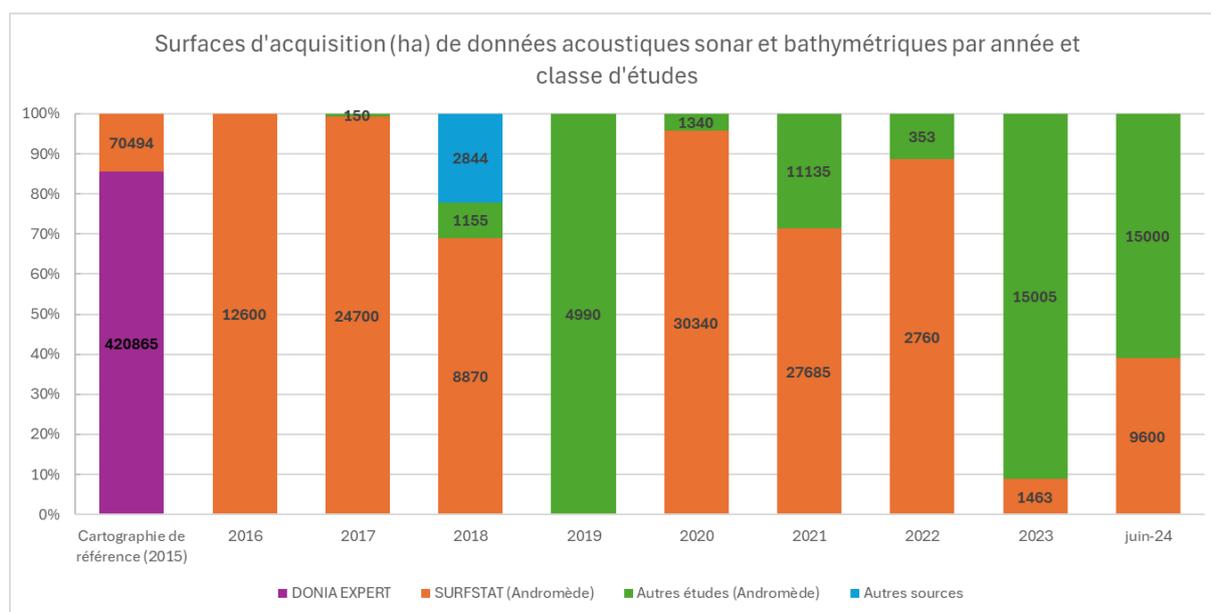


Figure 69 : Effort cartographique (surfaces d’acquisition en hectares de données acoustiques) réalisé par année pour quatre classes d’études entre 2015 et 2024 sur la façade méditerranéenne française. La surface affichée pour la cartographie de référence de 2015 est plus importante car elle est issue de nombreuses études et d’organismes, dont Andromède Océanologie, ayant produit des cartographies des biocénoses marines sur plusieurs années, parfois bien antérieures à 2015.

La cartographie des biocénoses marines est un outil d’autant plus important qu’il informe de l’état des herbiers de *Posidonie* dans plusieurs zones très impactées par le tourisme nautique dont l’ancrage abusif de navires dégrade fortement ces herbiers. Les données récoltées sur la distribution des herbiers et l’évolution de leurs limites physiques permettent d’évaluer l’impact de ce tourisme et ainsi de proposer des mesures de gestion appropriées.

Différentes variables de composition et de configuration des habitats sont présentées dans ce rapport permettant d’évaluer la surface et l’état de l’herbier à *Posidonie*, de cibler les zones de matte morte et de lister les principales pressions s’exerçant sur cet écosystème. Un grand nombre de métriques du paysage (indicateurs surfaciques) ont été décrites grâce à une analyse statistique de la cartographie continue des biocénoses de la région Sud effectuée à l’aide du logiciel RStudio © en s’inspirant des indices disponibles dans le logiciel Fragstats v.4.2. © (McGarigal et al. 2009).

Dix-sept masses d’eau sont traitées dans cette étude ; l’actualisation de la cartographie des herbiers de *posidonie* est partielle pour dix des masses d’eau. Les indices surfaciques, qui sont les mêmes que dans les études de 2014 et 2018, ont été recalculés avec le logiciel RStudio à une résolution de 5m x 5m sur toute la région Sud afin de pouvoir de nouveau comparer les masses d’eau à une échelle régionale. La synthèse des résultats se base donc sur les valeurs (moyenne, minimum et maximum) obtenues pour l’ensemble de la région et qui ont été affinées avec la présente étude.



Les comparaisons des indices surfaciques calculés pour l'analyse du paysage entre 0 et 60 mètres et pour l'analyse de l'herbier entre 0 et 40 mètres sont présentées pages suivantes pour les 25 masses d'eau de la région Sud. Les dix-sept masses d'eau côtière actualisées pour cette étude sont encadrées en rouge.

L'étude du paysage entre 0 et 60 mètres de profondeur montre une **hétérogénéité importante** entre les masses d'eau côtière de la région Sud, tant en termes de surface (entre 86,9 ha –FRDC09c (Port de Commerce de Nice – Cap Ferrat) et 16847 ha –FRDC07h (Ile d'Hyères)), du nombre d'habitats présents (de 6 habitats, FRDC09c, à 11 habitats – FRDC7h (Îles d'Hyères) et FRDC07j (Cap Bénat – Cap Camarat)), de densité de taches (entre 12,9/100 ha –FRDC04 (Golfe de Fos) et 546 /100 ha –FRDC09c (Port de commerce de Nice – Cap Ferrat) et de diversité paysagère (indice d'équitabilité de Simpson. Globalement la densité d'habitats est faible sur toutes les masses d'eau côtières, seules les masses d'eau FRDC07d (1,66 habitats/100 ha), FRDC09a (1,74 habitats/100ha), FRDC09c (6,91 habitats/100ha), et FRDC09d (3,95 habitats/100ha) se démarquent par un nombre d'habitats / 100 ha bien plus élevé que la moyenne régionale.

La diversité paysagère est en effet très variable : l'indice de Simpson est compris entre 0,44 (FRDC09a- Cap d'Antibes – Sud Port d'Antibes) et 0,89 (FRDC09d – Rade de Villefranche). Les masses d'eau les plus diversifiées (au-dessus de la moyenne régionale ; dans l'ordre croissant) sont FRDC08d, FRDC07d, FRDC09b, FRDC07a, FRDC07j, FRDC08a, FRDC07f, FRDC07e, FRDC07c, FRDC08b, FRDC07g, FRDC09c, FRDC08e et FRDC09d. Les zones présentant la plus forte diversité paysagère entre 0 et 60 mètres de profondeur en région Sud se trouvent donc vers les îles de Marseille et la Ciotat, entre Bandol et la presqu'île de Giens, du Cap Bénat à Fréjus, de Sainte-Maxime au Cap d'Antibes, et entre Antibes et Cap Ferrat. Elles ont été cartographiées de manière détaillée de - 10 à - 45 mètres (voire depuis la surface et jusqu'à -80 mètres dans certains secteurs) à l'aide de deux sources d'informations : les données sonar et les observations en plongée sous-marine. **Malgré le fort développement touristique le long du littoral en Région Sud, la diversité paysagère reste élevée dans l'ensemble** (moyenne de $0,67 \pm 0,11$).

Tableau 41 : Comparaison des indices surfaciques calculés pour l'analyse de l'herbier pour les 25 masses d'eau de la région Sud. Les 9 masses d'eau actualisées pour cette étude sont encadrées en rouge.

Région	REGION SUD	Échelle de comparaison Région REGION SUD	Légende																										
Masse d'eau	FRDC04	FRDC05	FRDC06a	FRDC06b	FRDC07a	FRDC07b	FRDC07c	FRDC07d	FRDC07e	FRDC07f	FRDC07g	FRDC07h	FRDC07i	FRDC07j	FRDC08a	FRDC08b	FRDC08c	FRDC08d	FRDC08e	FRDC09a	FRDC09b	FRDC09c	FRDC09d	FRDC10a	FRDC10c				
Tranche bathymétrique (mètres)	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40	0-40				
Proportion du paysage occupé par l'herbier (%)	1.8	38.3	5.1	18.7	28.3	31.9	42.7	53.5	48.3	50.9	12.4	52.5	75.4	59.5	60.7	36.2	3.3	62	50.3	34	2.9	33.3	35.8	53.3	20.2	1.8	75.4	36.45	
Densité de taches (Nb taches /100 ha)	1.7	28.1	36.2	56.1	37.3	65.4	56	37.2	46.8	89.2	67.6	25.4	36.2	38.2	45.1	64.7	11.7	62.8	77	26.4	8.6	148.5	115.7	53.2	172.5	1.7	172.5	56.3	
Pourcentage total du paysage compris par la tache la plus grande	0.6	28.9	3	11.4	26.2	7.7	41.7	33.1	47.5	38.1	5.2	37	74.7	57.8	50.4	24.3	1.8	61.3	26.8	27.8	2	9.3	25.7	52.7	13.5	0.6	74.7	28.34	
Surface moyenne d'une tache d'herbier (ha)	1.07	1.36	0.14	0.33	0.76	0.49	0.76	1.44	1.03	0.57	0.18	2.07	2.08	1.56	1.35	0.56	0.28	0.99	0.65	1.29	0.34	0.22	0.31	1	0.12	0.12	0.12	2.08	0.84
Indice de complexité des formes	1.13	1.07	1.06	1.08	1.07	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.05	1.06	1.06	1.06	1.05	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.08	1.1	1.07	1.06	1.05	1.07	1.05	1.13	1.07
Distance moyenne qui sépare deux taches d'herbier les plus proches (mètres)	63.2	12.5	11.9	15.1	12.6	11.5	10.3	26.1	14.1	10.6	9.4	17.7	13.7	12.3	10.5	9.8	8.7	9.7	10.8	18.6	8.9	9.6	7	8	10.2	7	63.2	14.11	
Indice de fragmentation de l'herbier	1	0.91	1	0.99	0.93	0.99	0.83	0.85	0.77	0.85	0.99	0.86	0.44	0.67	0.74	0.94	1	0.62	0.9	0.92	1	0.98	0.93	0.72	0.98	0.44	1	0.87	
Indice d'agrégation entre les taches (%)	88.1	91.8	79.8	85.2	87.7	85.8	89.4	90.5	91.1	89.5	81.2	93.8	94.2	93.1	91.4	85.7	82	89.7	86.2	86.1	83.6	71.2	78.8	86.9	74.6	71.2	94.2	86.3	
Indice de régression de l'herbier	0.39	0.16	0.4	0.52	0.03	0.07	0.21	0.08	0.11	0.18	0.57	0.11	0.13	0.09	0.04	0.26	0.36	0.07	0.22	0.03	0.04	0.05	0.35	0.18	0.05	0.03	0.57	0.19	

L'étude de l'herbier à Posidonie entre 0 et 40 mètres de profondeur montre une présence de cette biocénose sur toutes les masses d'eau en région Sud. Son **pourcentage de recouvrement varie fortement** ; il occupe dans cette région entre 1,8 % du paysage (masse d'eau FRDC04 – Golfe de Fos) et 75,4 % (masse d'eau FRDC07i – Cap de l'Estérel – Cap de Brégançon), la moyenne étant de 36,5 % ($\pm 20,8$ %).

Le taux de recouvrement de l'herbier varie principalement du fait de la topographie. La limitation de la lumière par la colonne d'eau ne permet pas à l'herbier à Posidonie de se développer après 40 mètres de profondeur. Les zones de plaine caractérisées par une pente douce et présentant de faibles profondeurs permettent le développement de *Posidonia oceanica* sur de grandes surfaces comme dans les baies (La Ciotat, Rade de Giens, Rade d'Hyères) ou les golfes (Saint-Tropez, Juan les Pins). A l'inverse, lorsque le plateau continental est réduit, comme c'est le cas des îles d'Hyères jusqu'à Menton, le développement de l'herbier ne s'étend pas très loin de la côte.

La densité de tâches d'herbier et leur taille est très variable selon les masses d'eau : de 1,7 tâches /100 ha (FRDC04 – Golfe de Fos) à 172,5 tâches/100 ha (FRDC10c - Monte Carlo – Frontière italienne) avec une moyenne de 56,3 tâches/100 ha et une taille comprise entre 0,12 et 2,1 ha. La distance séparant deux tâches d'herbier les plus proches varie entre 7 et 63,2 mètres avec une moyenne de 14,1 mètres. Cela s'explique surtout par la topographie et le type d'herbier associé.

L'indice d'agrégation (AI) correspond à la fréquence avec laquelle des paires de pixels d'une même classe sont adjacentes. Plus l'indice est élevé et plus l'herbier de posidonie est connecté. A l'inverse plus l'indice est faible et plus les tâches d'herbiers sont fragmentées. Sept des 25 masses d'eau de la région Sud présentent un herbier dont la continuité et la compacité des pixels est forte (herbier continu, $AI \geq 90\%$) : ce sont les masses d'eau FRDC05, FRDC07d, 07e, 07i, 07h, 07j et FRDC08a. La moyenne régionale de cet indice d'agrégation entre les tâches d'herbier est de 86,3 % avec une valeur minimale de 71,2 % (FRDC09c – Port de Commerce de Nice – Cap Ferrat).

Concernant les masses d'eau dont l'indice d'agrégation est le plus faible (herbier plus fragmenté), différents facteurs peuvent expliquer cette configuration. Tout d'abord **la présence de fleuves côtiers**, modifiant la salinité et la turbidité de l'eau et pouvant alors impacter le développement de l'herbier à Posidonie. Ensuite **la présence d'une côte rocheuse**, substrat qui est moins compatible au développement optimal des herbiers à Posidonie par rapport aux substrats sableux. De plus, comme pour la masse d'eau FRDC07h, **le découpage de la masse d'eau** d'un point de vue bathymétrique et **la présence des îles** ne permet pas à l'herbier d'être observé de manière continue, baissant ainsi la valeur de l'indice d'agrégation. Enfin, **la présence de pressions anthropiques** telles que l'aquaculture ou bien la plaisance contribuent directement à la détérioration de l'herbier à Posidonie.

Pour localiser au mieux les zones de régression de l'herbier à Posidonie, des **cartes ont été réalisées à l'échelle d'un pixel de 50 mètres de côté**. A l'échelle de la Région Sud, le taux de recouvrement de la matte morte est très faible : l'habitat occupe **5 029 hectares soit 5 % de tout le littoral de la Région Sud** (calcul effectué à l'échelle des masses d'eau élargies entre 0 et 60 mètres de profondeur).

L'indice de régression de l'herbier en région Sud varie de 0,03 (FRDC07a et 09a) à 0,57 (FRDC07g – Cap Cépet – Cap de Carqueiranne) avec une moyenne de 0,19. L'herbier est très stable ($R \leq 0,09$) pour 10 masses d'eau : FRDC07a, 07b, 07d, 07j, 08a, 08d, 09a, 09b, 09c et FRDC10c. L'herbier montre une régression importante ($0,2 \leq R < 0,6$) pour 9 masses d'eau : FRDC04, FRDC06a, FRDC06b, FRDC07c, FRDC07g, FRDC08b, FRDC08c, FRDC08e et FRDC09d. Les masses d'eau FRDC05, FRDC07f, FRDC07f, FRDC07h, FRDC07i et FRDC10a présentent une régression moyenne ($0,1 \leq R < 0,2$).

Les principales zones de matte morte sont souvent les conséquences des pressions anthropiques exercées sur cet écosystème :

- Les **fermes aquacoles** : des études sur les fermes aquacoles ont démontré leur effet impactant sur l'herbier à Posidonie. Différents paramètres tels que la modification de la luminosité, l'augmentation de la matière organique et d'autres composés sont à l'origine des régressions (Boudouresque et al., 2006). Les cartes des biocénoses marines montrent la présence de grandes tâches de matte morte, généralement circulaires, sous les cages au niveau des fermes aquacoles comme à l'Est du Golfe Juan (FRDC08e) ou face au port de la Figueirette (FRDC08d).



- Le **développement des infrastructures portuaires et des activités de plaisance** engendre également de nombreuses dégradations sur le milieu marin. Les zones de mouillage sont souvent situées au niveau des herbiers à Posidonie. Les ancres et chaînes raclent, labourent et détruisent les herbiers.

- La **pêche** peut engendrer la destruction d'herbier à Posidonie. La flottille de pêche en région Sud en 2021 regroupait 464 navires actifs composés de navires de tailles variables (jusqu'à 24 m mais à 96 % inférieures à 12 m) composés principalement de fileyeurs polyvalents ou exclusivement marins, de quelques senneurs, chalutiers, ganguis et d'autres navires plus spécialisés pour la pêche à l'hameçon côtier ou alternant entre les étangs et le milieu marin côtier (< 3 milles nautiques) (données SIH de l'Ifremer, 2022).

L'herbier à Posidonie est retrouvé tout le long du littoral Sud mais avec des taux de recouvrement assez variés en fonction des secteurs. Cette différence peut s'expliquer par la topographie de la zone (taille et pente du plateau continental), le type de substrat (rocheux, sableux) et la présence de fleuves côtiers conditionnant le développement de l'herbier à Posidonie. **Grâce à la cartographie des biocénoses marines, les principales zones de matte morte ont été identifiées et mises à jour. La dégradation de l'herbier à Posidonie apparaît surtout liée aux pressions anthropiques telles que les aménagements littoraux, l'érosion côtière, l'urbanisation (Holon et al., 2015a) ou la plaisance (aquaculture et pêche à moindre mesure). La cartographie des biocénoses marines est donc un outil indispensable pour évaluer l'étendue de ces dégradations. Elle peut aider à la prise de décision dans la régulation des pressions anthropiques et donc à la préservation des habitats prioritaires et des communautés marines qui en dépendent.**

V. Perspectives pour le réseau SURFSTAT

V.1. Actualisation de la cartographie des biocénoses marines en région Occitanie (élargie à l'ouest de la région Sud)

L'Occitanie fait partie des secteurs dont la cartographie est la moins actualisée sur le pourtour méditerranéen français. Cela peut en partie s'expliquer par la grande proportion occupée par les fonds meubles (97,8 %) entre 0 et 50 mètres de profondeur dans la région et la faible couverture d'herbier de Posidonie (133 ha soit 0,17 % de la surface totale des herbiers à *Posidonia oceanica* français). Des enquêtes auprès de professionnels locaux de la mer menées dans le cadre d'une récente thèse (Fabrice Houngnandan, 2020) sur l'impact des pressions anthropiques et de l'environnement sur les herbiers de Posidonie a montré une régression des herbiers de 70 % au Cap d'Agde, de 51 % à Palavas-les-Flots, 51 % à Villeneuve-lès-Maguelone et 99 % à Carnon depuis la mission Racine (Mission interministérielle d'aménagement touristique du littoral du Languedoc-Roussillon) menée entre 1963 et 1983.

La campagne d'actualisation des données biocénologiques pour la région Occitanie et la partie ouest de la région Sud, qui s'est déroulé au **printemps 2024** et se prolongera à **l'automne 2024**, se justifie principalement par :

- **l'ancienneté des données** (2007, 2010-2012, 2014) ;
- le **manque de précision des données** (limite inférieure d'herbier ou cartographie des assemblages coralligènes très approximatives car faites seulement à partir de données bathymétriques non précises) ;
- la présence de **pressions anthropiques** sur certains secteurs (zones d'impacts cumulés faibles à moyens) ;
- le **manque de données bathymétriques fines** (le long du littoral méditerranéen français et plus au large).

Pour ce projet, plusieurs sources de données seront utilisées : **photographies aériennes** pour les petits fonds (entre 0 et 10 mètres de profondeur en fonction de la visibilité), acquisition de **données sonar** pour les fonds à partir de - 10 mètres, les **vérités-terrain**, mais aussi les **modèles numériques de terrain** (MNT) qui sont complémentaires des données sonar.



V.2. Mise à jour de la réglementation en mer

Face au constat alarmant de la perte de centaines d'hectares d'herbier en Région Sud sur des courtes échelles de temps (voir Andromède, 2020 et l'édition spéciale du [Cahier de surveillance n°6](#)), l'**arrêté cadre n°123/2019** a été pris par la Préfecture Maritime de la Méditerranée dans l'intention de réglementer le mouillage des navires de plus de 24 mètres dans les herbiers de posidonie le long de la façade méditerranéenne française.

Depuis 2020, **17 arrêtés préfectoraux** locaux (déclinaisons de l'arrêté cadre) ont été créés avec une prise d'effet immédiate et un contrôle plus fréquent des grands yachts par les autorités locales compétentes. Les limites géographiques de ces zones réglementées sont consultables sur l'application Donia (<https://donia.fr/>) et le projet **DONIA** sur la plateforme **MEDTRIX** (figure suivante).

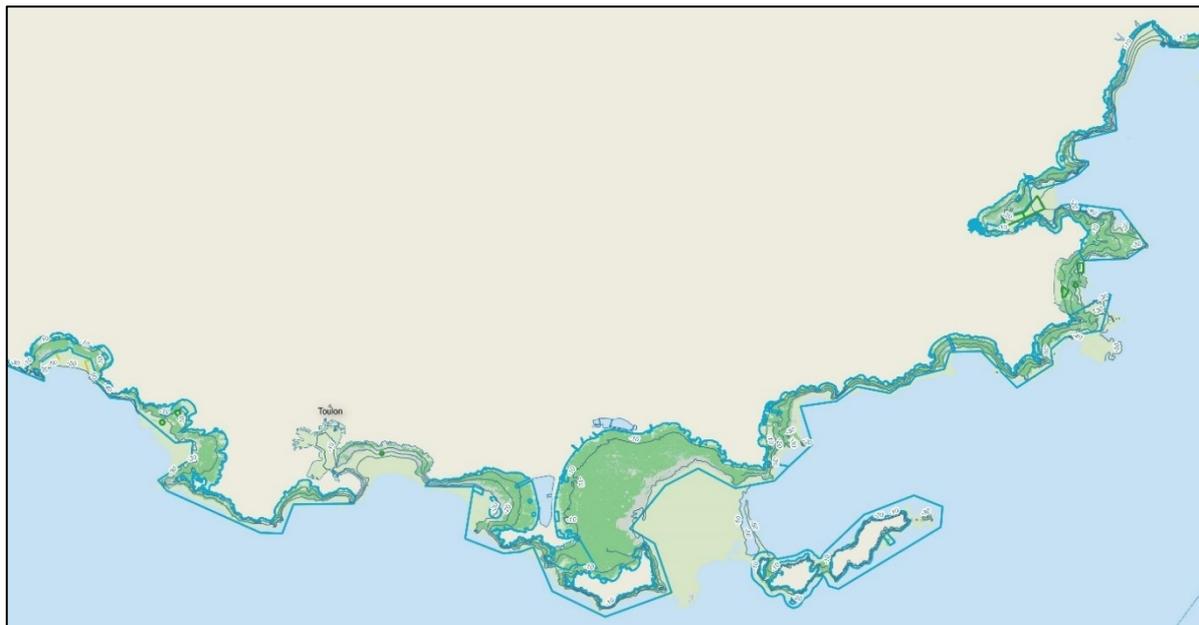


Figure 70 : Zones réglementant le mouillage des navires de plus de 20 ou 24 mètres issues des arrêtés préfectoraux (arrêté cadre n°123/2019) créés par la PREMAR en Région Sud. Cette donnée est consultable sur l'application Donia et sur le projet DONIA de la plateforme MEDTRIX (<https://plateforme.medtrix.fr/>).

Les premiers **effets de l'évolution de la réglementation du mouillage en Méditerranée française entre 2016 et 2021** ont été publiés dans une [Note spéciale Ancrage](#) rédigée par l'œil d'Andromède et diffusée sur la plateforme MEDTRIX (figure ci-dessous). Les chiffres étaient très encourageants et ont montré la nécessité de poursuivre les efforts de protection, de contrôle ainsi que le suivi de ces mesures à l'aide des données AIS et de l'actualisation de la cartographie.

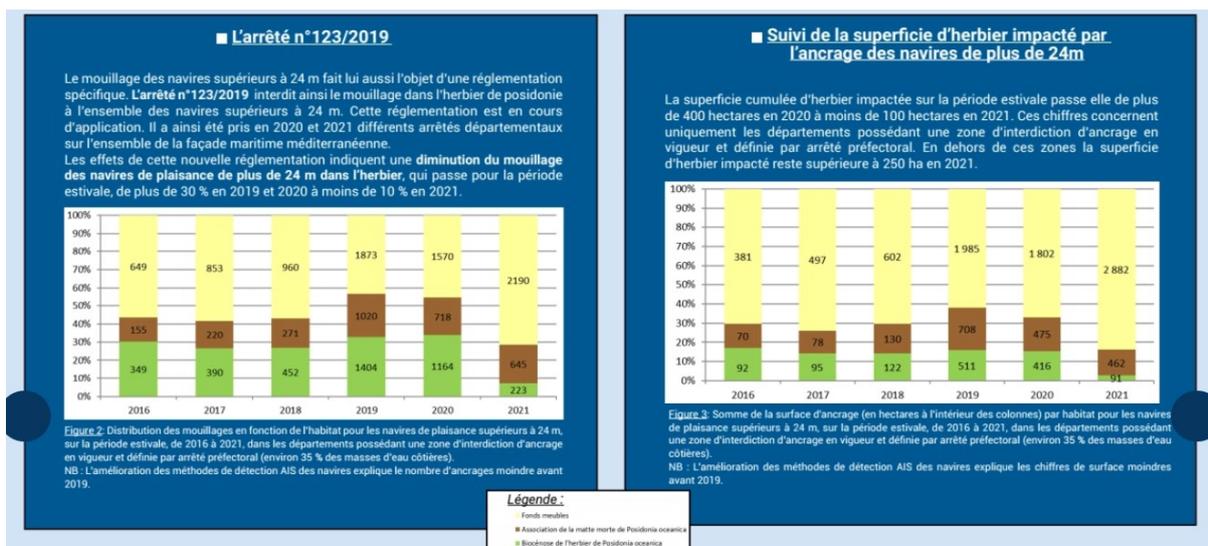


Figure 71 : [Note spéciale Ancrage](#) disponible sur Medtrix.

Ainsi, il serait intéressant de **mettre à jour la cartographie de l'herbier de posidonie dans certaines zones anciennement très impactées par l'ancrage (Ciotat, Golfe Juan, Rade de Beaulieu, Golfe de St Tropez, Sanary-sur-Mer, Brégançon, Baie de Cavalière, Bormes-les-Mimosas)** afin d'évaluer les effets positifs de cette nouvelle réglementation et, éventuellement, d'en connaître un peu plus sur la dynamique naturelle de reprise de cette espèce protégée en réponse à l'arrêt total de l'ancrage des grands navires. Ce suivi pourrait également être mis en lien avec le projet [RECOVERY](#) initié en 2021.

Une seconde problématique est cependant apparue malgré la mise en place de cette réglementation : **certaines zones d'herbier de posidonie n'ont pas été incluses dans les zones de mouillage réglementées ou se situent en marge de leur périmètre et subissent donc potentiellement toujours une pression d'ancrage.** Cet ancrage peut être même accru dans certaines zones suite au **report des grands navires** vers des zones plus profondes (zones de mouillage autorisé pour navires entre 24 et 80 mètres ou zone de mouillage obligatoire pour les navires de plus de 45 mètres comme à Golfe Juan et à Cannes, figures page suivante). Les herbiers à Cymodocées et les récifs coralligènes sont également concernés par ce report comme en Baie de Pampelonne pour la cymodocée (Figure 72), et dans les secteurs de Corniche varoise et Golfe Juan, entre autres, pour le coralligène.



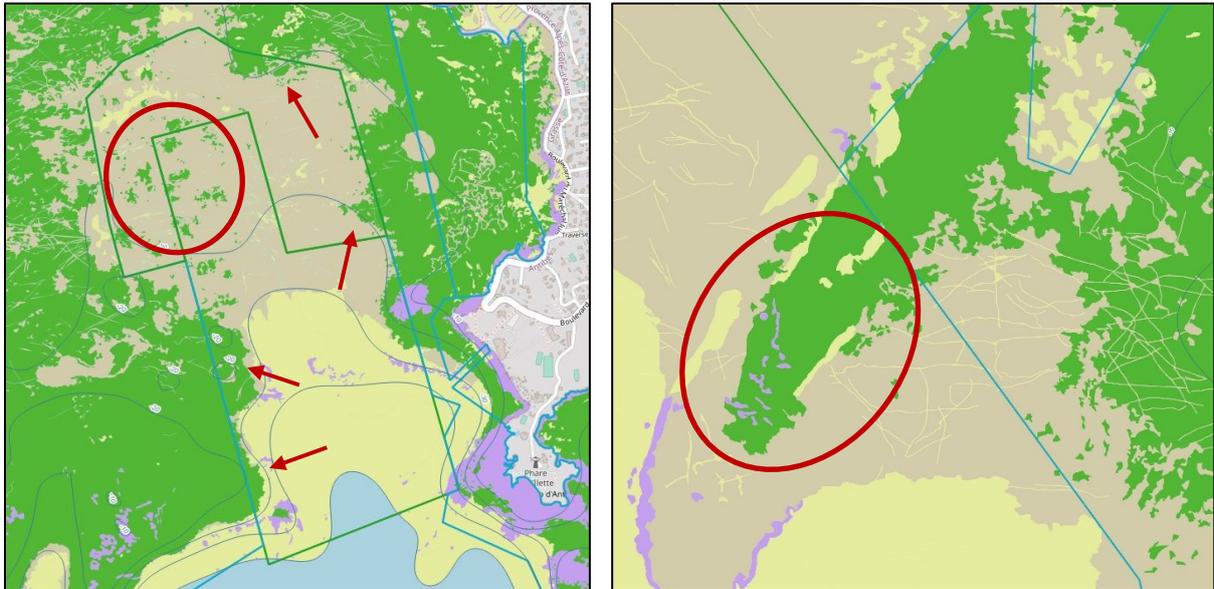


Figure 72 : Zones d'herbier de posidonie non protégées par es déclinaisons de l'arrêté cadre 123/2019 (flèches et cercles rouges). Ici à Golfe Juan et Cannes.

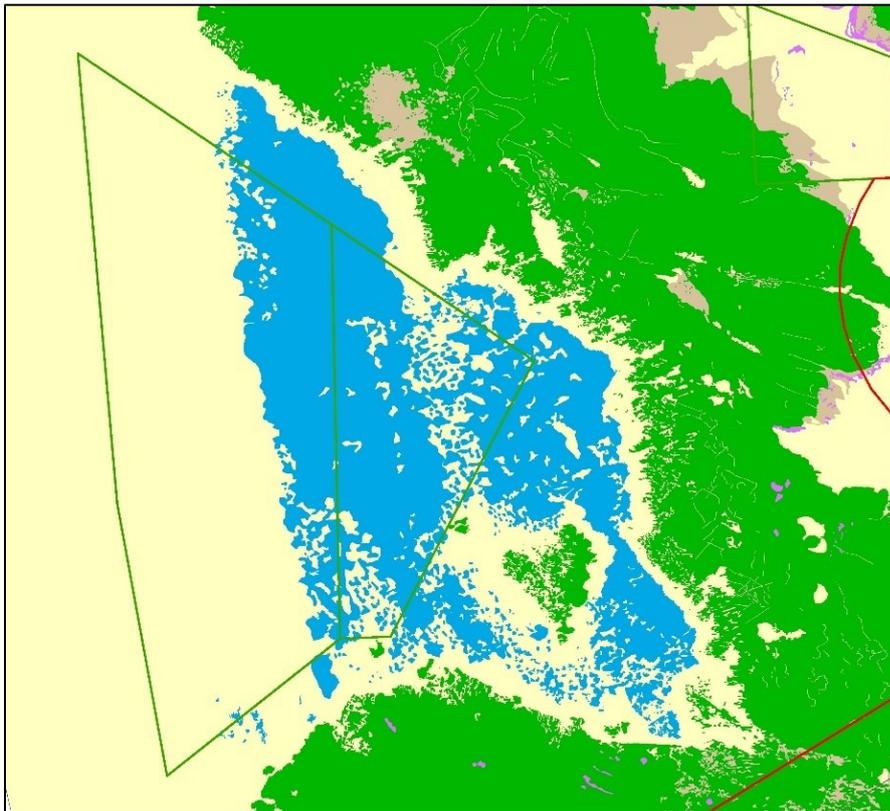


Figure 73 : Herbier à Cymodocées (en bleu) situé dans deux zones de mouillage obligatoires pour les navires de +24 m et -45 m (à gauche) ainsi que de +45 m et -80 m (à droite ; arrêtés préfectoraux 190/2023 et 251/2023 – projet [DONIA](#) sur MEDTRIX).

Nous avons recensé près de **80 sites d'herbier de posidonie non protégé** par les déclinaisons de l'arrêté cadre n°123/2019 le long du littoral méditerranéen français. Ci-après, trois cartes illustrant la localisation de ces sites en Occitanie (Figure 74), région Sud (Figure 75) et en Haute-Corse (Figure 76).

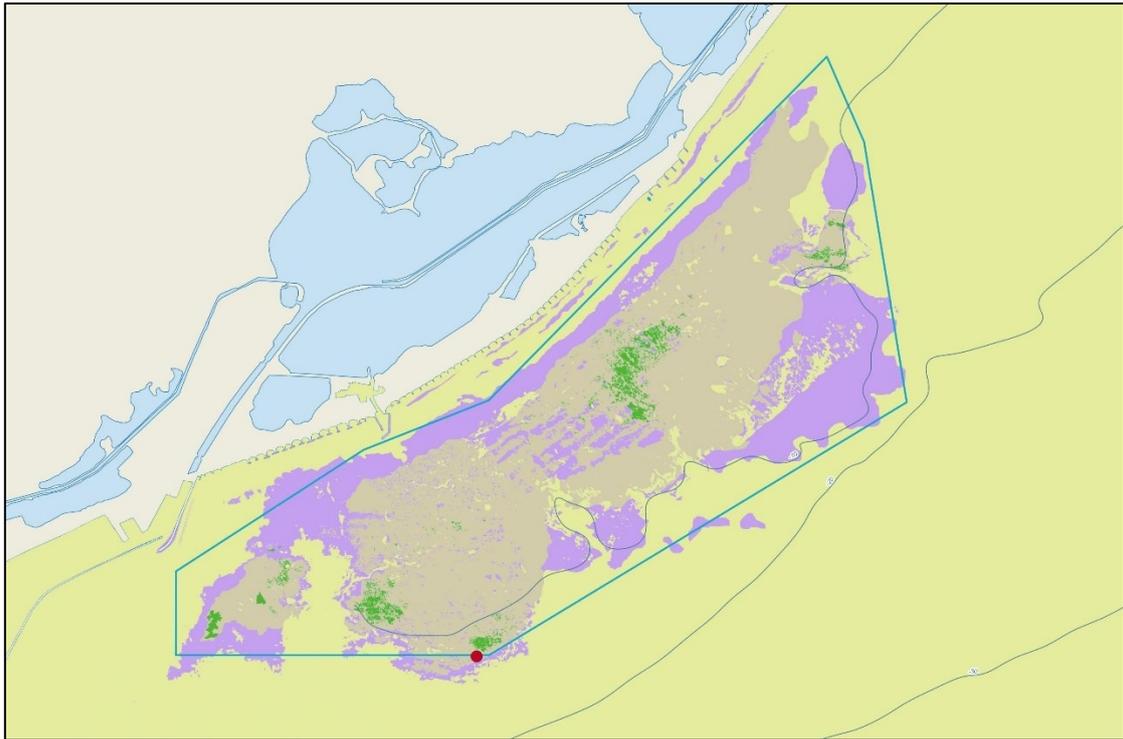


Figure 74 : Localisation (point rouge) de l'herbier situé hors de la zone d'interdiction de mouillage des grands navires en Occitanie.



Figure 75 : Localisation (points rouges) des sites d'herbier situés hors des zones d'interdiction de mouillage des grands navires en Région Sud.





Figure 76 : Localisation (points rouges) des sites d'herbier situés hors des zones d'interdiction de mouillage des grands navires en Haute-Corse.

Dans le cadre du programme SURFSTAT, **une vingtaine de sites concernés par cette problématique pourront être choisis en région Sud afin d'actualiser leur cartographie (levés au sonar latéral)**. Ces données permettront d'évaluer les conséquences de la réglementation du mouillage des grands navires sur les habitats prioritaires comme l'herbier à *Posidonia oceanica* et les récifs coralligènes. Un premier test a été fait dans un secteur très fréquenté par les navires : « Golfe Juan » (Antibes). En effet, de nouvelles données sonar ont été acquises à Golfe Juan en décembre **2022** à l'intérieur des zones de mouillage autorisé aux navires de +24 m et +80 m afin de voir si cette hypothèse pouvait être déjà vérifiable deux ans après la mise en place de la réglementation. Les données sonar de 2022 ont ainsi été comparées aux données historiques de **2018**. De nouvelles taches de matte morte ont pu être observées, totalisant alors **5000 m² d'herbier en régression** (figures ci-dessous).

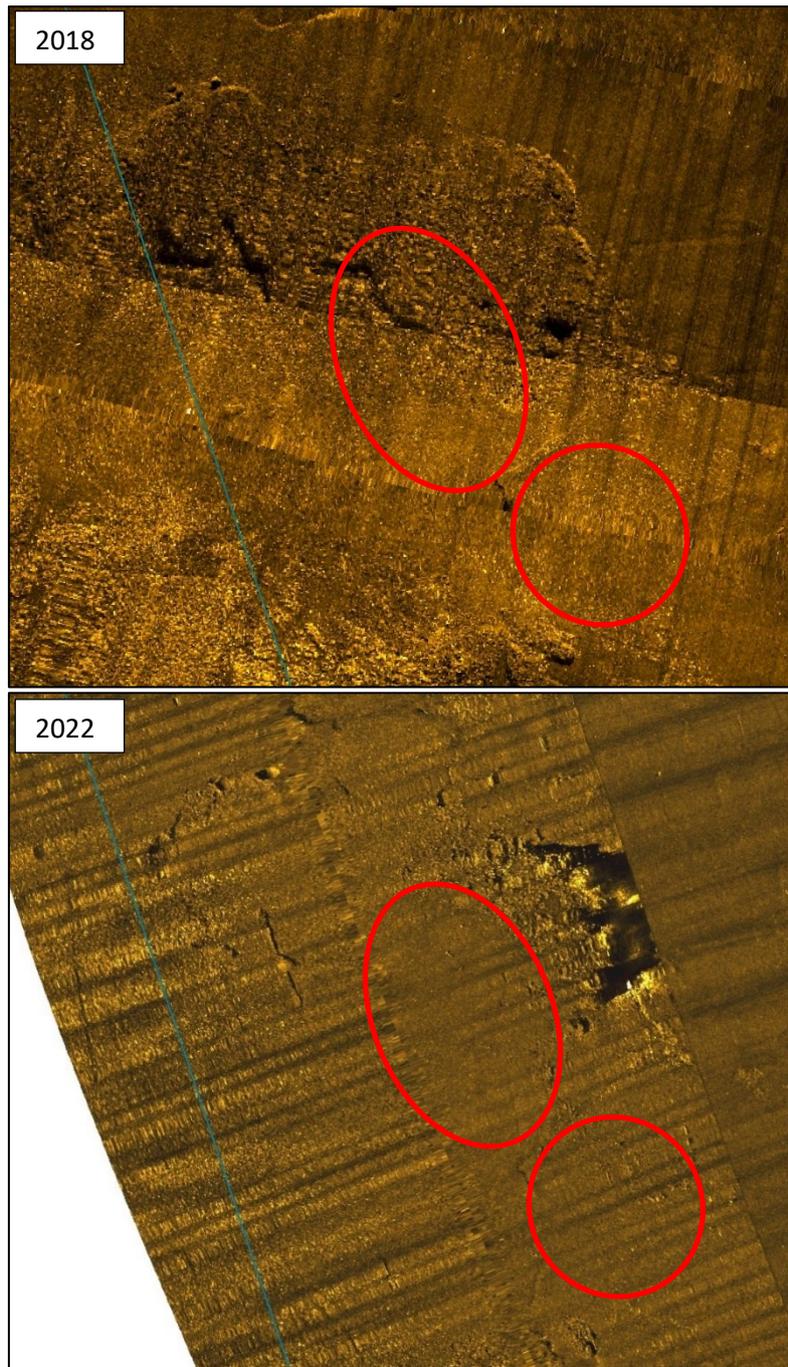


Figure 77a : Comparaison des données sonar de 2018 (en haut) et de 2022 (en bas). On peut observer deux nouvelles zones d'herbier très clairsemé voire sans herbier sur le sonar acquis en 2022 (cercles rouges) probablement causées par l'ancre de navires à cet endroit entre 2018 et 2022.





Figure 76b : Comparaison des données sonar de 2018 (en haut) et de 2022 (en bas). On peut observer deux nouvelles zones de matte morte sur le sonar acquis en 2022 (cercles rouges) probablement causées par l'ancrage de navires dans cet herbier entre 2018 et 2022. On peut toujours constater la présence de faisceaux dans le 1^{er} cercle de la 2nde image mais la densité y a été fortement diminuée (labourage par les chaînes des ancres).

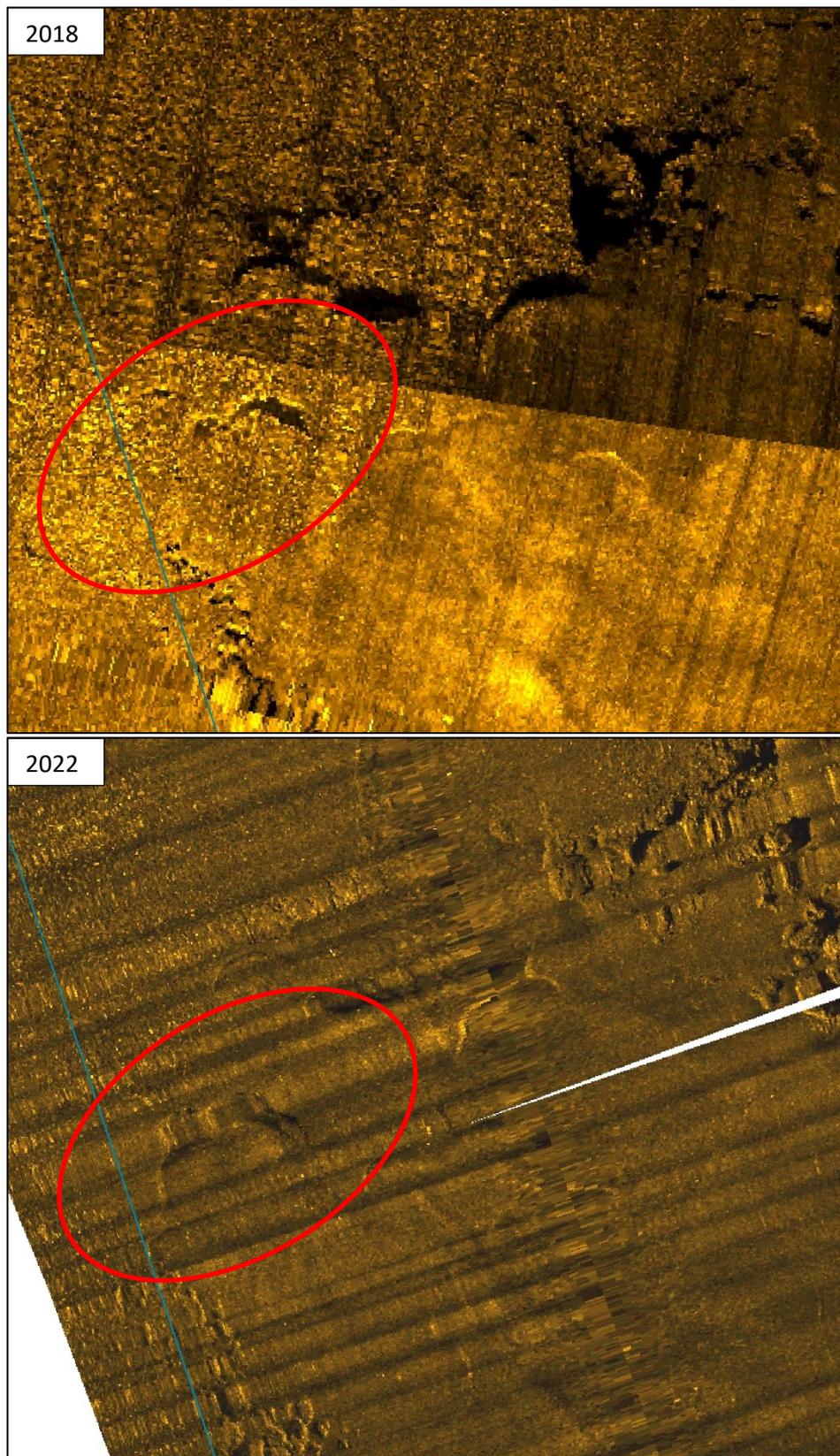


Figure 76c : Comparaison des données sonar de 2018 (en haut) et de 2022 (en bas). On peut observer une nouvelle zone d'herbier très clairsemé voire de matie morte sur le sonar acquis en 2022 (cercle rouge) probablement causée par l'ancrage de navires dans cet herbier entre 2018 et 2022. On peut toujours constater la présence de faisceaux en 2022 mais la densité y a été fortement diminuée (labourage par les chaines des ancres).



V.3. Développement de nouveaux indices pour le suivi de l'état de santé des herbiers de posidonie

La mise à jour continue de la cartographie dans le cadre de SURFSTAT a permis à ce jour de disposer d'une cartographie de référence des herbiers de posidonie très fiable. Grâce à cette donnée, une dizaine d'indices paysagers sont calculés à chaque mise à jour afin d'obtenir des informations sur la configuration et la composition des habitats marins pour chaque masse d'eau, ce qui permet de suivre par extension l'état de santé des habitats les plus fragiles comme l'herbier de posidonie.

Certains indices, comme l'indice de régression de l'herbier, nous permet d'évaluer les dégradations subies par ce dernier au fil des années. Au vu des récentes mises à jour effectuées en Région Sud et de celle en cours en région Corse, ainsi que de la mise en place de la réglementation du mouillage des navires par la PREMAR ([Arrêté cadre 123/2019](#)), l'indice de régression n'évoluera sans doute que très peu. A l'avenir, nous serions donc en mesure de dissocier deux indices de régressions : l'« **indice de régressions historiques** » et l'« **indice de régressions actuelles** » (en ne prenant en compte que les 10 années précédant l'étude en question). Cela permettrait de « dater » plus précisément, quand cela est possible, les dégradations subies par l'herbier et faire le lien avec le réseau IMPACT afin d'identifier les causes de ces dégradations.

Nous pourrions également développer un « **indice de progression** ». En effet, les centaines d'observations de « taches de recolonisation » le long du littoral de la Région Sud indiquent que l'herbier de posidonie semble en bonne santé dans de nombreux secteurs précédemment dégradés par l'Homme (mouillage, obus, rejets urbains...). Ces observations rejoignent celles effectuées dans le cadre du réseau de surveillance TEMPO ces dernières années. Ainsi, la création de **descripteurs de la progression de l'herbier** nous permettrait de suivre les zones où la posidonie progresse significativement **naturellement** (taches de recolonisation arrondies identifiées dans le projet RECOVERY, sites d'herbier en progression identifiés dans le réseau TEMPO, ...) et les zones où les surfaces d'herbier progressent grâce à des projets de **restauration active** comme REPIC.

Quelques indices propres au suivi des taches de recolonisation de posidonie seraient également intéressant à ajouter ; par exemple l'**indice de densité de la recolonisation** (nombre de taches par hectare par exemple). Ainsi, le suivi de ces taches pourrait se faire via le comptage de ces dernières et l'estimation des surfaces en progression correspondantes (exemple à Marseille ci-dessous).

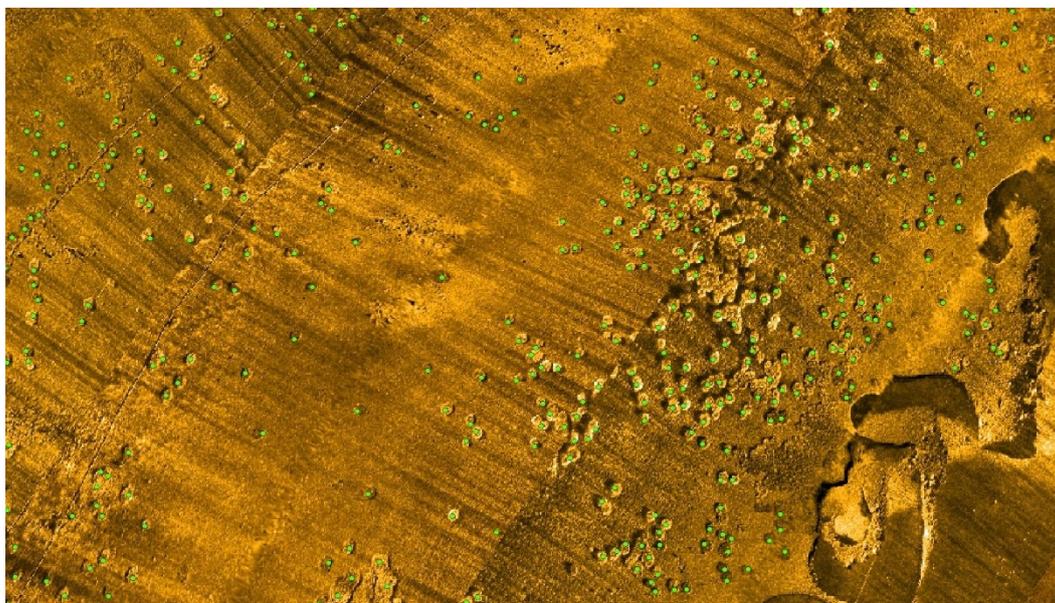


Figure 78 : Comptage des taches de recolonisation d'herbier dans la Rade de Marseille. Chaque point vert correspond à une tache d'herbier. A ce jour, au moins 9400 taches ont été recensées (source : Andromède Océanologie, 2023).

VI. Bancarisation et valorisation des données SURFSTAT

VI.1. Plateforme Medtrix

L'ensemble de la cartographie continue des biocénoses marines mise à jour pour SURFSTAT 2020-2021 est mis à disposition et intégré à la **plateforme cartographique MEDTRIX** (<https://plateforme.medtrix.fr/>) dans les projets suivants :



DONIA EXPERT, projet de cartographie détaillée des biocénoses marines disponible sur la plateforme MEDTRIX. Grâce à 30 années de données provenant de multiples travaux compilés et de campagnes de terrain en Méditerranée française, de nombreuses lacunes ont pu être comblées. Ainsi, (1) la cartographie des petits fonds le long de la façade méditerranéenne française a pu être actualisée à l'aide de photographies aériennes, et les fonds plus profonds (en-dessous de 15 mètres) ont été analysés grâce à (2) des campagnes d'acquisition bathymétrique et sonar, et (3) des campagnes de vérités-terrain (plongées ponctuelles et transects plongeur audio). Au total, 12 classes d'habitats sont cartographiées (similaires à SURFSTAT en excluant la zone bathyale et la biocénose des roches bathyales). Ce projet permet aux utilisateurs de MEDTRIX de s'informer sur l'hétérogénéité des fonds marins sur 1700 km de côte française (47 masses d'eau côtières) et avec une précision de 1/10 000^{ème} entre 0 et 80 mètres. Des données sur les aires marines protégées de Tavolara (Sardaigne), Galite et Zembra (Tunisie) sont également disponibles. **Les données cartographiques mises à jour en 2020-2021 sont intégrées au projet DONIA Expert.**



DONIA, projet en lien avec l'application mobile DONIA® (<http://www.donia.fr>) qui permet aux plaisanciers, plongeurs, pêcheurs et à tous les amoureux de la mer, d'échanger des informations tout en contribuant à protéger les écosystèmes marins sensibles, dans le respect de la loi. Il met à la disposition de l'utilisateur, une cartographie simplifiée des habitats marins (jusqu'à 50 m de profondeur), de nombreux points d'intérêt (sites de plongée, sentiers sous-marins, ports et zones de mouillage organisé, etc.) et la réglementation en mer (notamment les arrêtés règlementant le mouillage des navires de plus de 20 ou 24 mètres dans les départements littoraux, qui sont une déclinaison de l'arrêté cadre n°123/2019). **Les données cartographiques mises à jour en 2020-2021 sont intégrées au projet DONIA.**



SURFSTAT, projet d'analyse surfacique des paysages sous-marins côtiers en Méditerranée française. Créé en 2013, ce projet a pour but de décrire par une approche statistique l'hétérogénéité écologique des fonds sous-marins dans l'espace et le temps entre 0 et 80 mètres de profondeur. Cette analyse est essentielle pour évaluer la fragmentation et la connectivité des habitats. Des cartes des indices de régression et de diversité de Simpson et des habitats prioritaires sont également visibles et actualisées au fur et à mesure des actualisations. **Les données cartographiques mises à jour en 2020-2021 sont intégrées au projet SURFSTAT.**



VI.2. Application DONIA



DONIA, une application de cartographie marine, communautaire et gratuite. Elle est téléchargeable sur les stores Android et Apple et permet aux plaisanciers ou capitaines de yacht de se positionner par rapport à la nature des fonds et d'éviter d'ancrer dans les herbiers sous-marins. Cette application, développée en 2013, est également destinée aux pêcheurs, aux plongeurs et à tous les usagers de la mer souhaitant bénéficier de cartes marines enrichies et d'informations en temps réels. Les cartes, précises au 1/10 000^{ème}, intègrent également la bathymétrie et des alarmes prévenant collisions, dérapage et emmêlage afin de permettre aux utilisateurs d'être plus en sécurité à bord et d'avoir plus de choix de sites de mouillage. La méthodologie concernant la cartographie des biocénoses marines peut être également retrouvée dans la publication scientifique écrite par Holon et al. (2015). Depuis 2016, les cartes marines sont enrichies avec des données sur des sites particuliers (localisation des ports, sites de plongée, sentiers sous-marins, récifs artificiels...) et des zones de réglementation (zones où la plongée, la pêche et le mouillage sont interdits, cantonnements de pêche). **Les données cartographiques mises à jour en 2020-2021 sont intégrées à l'application DONIA.**

VII. Bibliographie

ANDROMEDE OCEANOLOGIE, 2023a. Suivi des pressions anthropiques en Méditerranée française – Réseau IMPACT 2021-2023. Contrat Andromède Océanologie / Agence de l'eau. 85 p

Andromède Océanologie, 2023b. Projet RECOVERY – Etude de la recolonisation des herbiers de Posidonie (*Posidonia oceanica*) en Méditerranée française. Contrat Andromède Océanologie / Agence de l'eau. 97 pages

ANDROMEDE / OFB, 2023. SANDRO: Réinterprétation d'images sonars existantes et acquisition de données photogrammétriques afin d'identifier les habitats marins et d'évaluer les impacts du mouillage et de la plongée– Axe 1: Cartographie des biocénoses. Contrat Andromède Océanologie / OFB. 48pages.

ANDROMEDE OCEANOLOGIE, 2021. Réseaux de surveillance surfacique des habitats marins (SURFSTAT) et des pressions anthropiques (IMPACT) – Mise à jour 2020-2021 en région Sud. Contrat Andromède Océanologie / Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 210 pages

ANDROMEDE, 2020. SurfStat : Mise à jour de la cartographie et des indicateurs surfaciques sur des zones impactées par le mouillage en région Sud. Contrat Andromède Océanologie / Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 91 pages.

ANDROMEDE, 2018. Cartographie et analyse macro-surfacique des habitats marins du littoral corse – Actualisation 2016-2018 – Réseau SURFSTAT, analyse surfacique des habitats marins. Contrat Andromède Océanologie / Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 96 pages.

Andromède Océanologie, 2014. La Méditerranée dévoile ses dessous – Cartographie continue des habitats marins. Partenariat Agence de l'eau RMC – Andromède

Andromède, 2013. Cartographie évolutive des herbiers de Posidonie en Région PACA sur la période 1922 - 2011 : Étude sur le département des Alpes Maritimes, Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, France, 151 p.

Andromède Océanologie, 2013. Cartographie évolutive des herbiers de Posidonie en Région PACA depuis 1922. Document de synthèse, contrat Œil d'Andromède/Agence de l'eau.

Andromède, 2012. Cartographie évolutive des herbiers de Posidonie en Région PACA depuis 1924 : Étude sur le département du Var, Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, France, 387p

Ballesteros, E., 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: A synthesis of present knowledge (in Oceanography and marine biology: An annual review-Volume 48, pp. 123-195).

Bensettiti F., Bioret F., Roland J. & Lacoste J.-P. (coord.), 2004. « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 399 p.

Bianchi, C.N., 2001. La biocostruzione negli ecosistemi marini e la biologia marina italiana. Biol. Mar. Medit. 8, 112–130.

Bockel, T., Marre, G., Delaruelle, G., Agel, N., Boissery, P., Guilhaumon, F., Mouquet, N., Mouillot, D., Guilbert, A. & Deter, J. (2024). Early signals of *Posidonia oceanica* meadows recovery in a context of wastewater treatment improvements. *Marine Pollution Bulletin*, 201, 116193.

Bockel, T., Marre, G., Delaruelle, G., Holon, F., Boissery, P., Blandin, A., Mouquet, N & Deter, J. (2023). Anchoring pressure and the effectiveness of new management measures quantified using AIS data and a mobile application. *Marine Pollution Bulletin*, 195, 115511.

Boudouresque, C.-F. et al., 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*, Monaco: Ramoge.



Boudouresque, C.-F. et al., 2012. Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadow, Tunis: Ramoge and RAC/SPA publisher.

Burel, F., Baudry, J., 2000. Ecologie du paysage. Concepts, Méthodes et Applications, Technique & Documentation. Paris.

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

Cappato, A., 2011. Croisières et plaisance en Méditerranée. Rapport final. Sophia Antipolis: Plan Bleu.

Coll, M., Piroddi, C., Albouy, C., Ben Rais Lasram, F., Cheung, W.W.L., Christensen, V., Karpouzi, V.S., Guilhaumon, F., Mouillot, D., Paleczny, M., Palomares, M.L., Steenbeek, J., Trujillo, P., Watson, R., Pauly, D., 2012. The Mediterranean Sea under siege: Spatial overlap between marine biodiversity, cumulative threats and marine reserves. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 21, 465–480. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00697.x>

Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F.B.R., Aguzzi, J., Ballesteros, E., Bianchi, C.N., Corbera, J., Dailianis, T., Danovaro, R., Estrada, M., Froggia, C., Galil, B.S., Gasol, J.M., Gertwage, R., Gil, J., Guilhaumon, F., Kesner-Reyes, K., Kitsos, M.S., Koukouras, A., Lampadariou, N., Laxamana, E., de la Cuadra, C.M.L.F., Lotze, H.K., Martin, D., Mouillot, D., Oro, D., Raicevich, S., Rius-Barile, J., Saiz-Salinas, J.I., Vicente, C.S., Somot, S., Templado, J., Turon, X., Vafidis, D., Villanueva, R., Voultsiadou, E., 2010. The Biodiversity of the Mediterranean Sea : Estimates , Patterns , and Threats. *PLoS One* 5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011842>

Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement (CNUCED), 2017. Etude sur les transports maritimes. UNCTAD/RMT/2017. eISBN:978-92-1-362809-6

Costanza, R. et al., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, pp.253–260.

Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.-P., Iglesias, A., Lange, M., Lionello, P., Carmen Llasat, M., Paz, S., Cli-, al, 2018. Nature Cli-mate Change. *nature.com* 8. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0299-2i>

Davis, G. E., 1977. Anchor damage to a coral reef on the coast of Florida. *Biological Conservation*, 11(1), 29-34.

de Los Santos, C. B., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., Marbà, N., Duarte, C. M., Van Katwijk, M. M., ... & Santos, R. (2019). Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature communications*, 10(1), 3356.

Deter J., Lozupone X., Inacio A., Boissery P., Holon F. 2017. Boat anchoring pressure on coastal seabed: Quantification and bias estimation using AIS data. *Marine Pollution Bulletin*. 123 (1-2): 175-181.

Deter, J., Descamp, P., Ballesta, L., Boissery, P., & Holon, F., 2012. A preliminary study toward an index based on coralligenous assemblages for the ecological status assessment of Mediterranean French coastal waters. *Ecological indicators*, 20, 345-352.

Doré A., Horellou A., Herard K., Touroult J., 2015. ZNIEFF MARINES - Pratiques et mise en œuvre sur les substrats durs. Rapport SPN 2015 – 47. MNHN, Paris, 55 p.

Gacia, E., Duarte, C. M., & Middelburg, J. J. (2002). Carbon and nutrient deposition in a Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow. *Limnology and Oceanography*, 47(1), 23-32.

Gobert, S., Sartoretto, S., Rico-Raimondino, V., Andral, B., Chery, A., Lejeune, P., & Boissery, P., 2009. Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index: PREI. *Marine Pollution Bulletin*, 58(11), 1727-1733.

Haase, D., Walz, U., Neubert, M., & Rosenberg, M. (2007). Changes to Central European landscapes—analysing historical maps to approach current environmental issues, examples from Saxony, Central Germany. *Land Use Policy*, 24(1), 248-263.

Holon, F., Mouquet, N., Boissery, P., Bouchouca, M., Delaruelle, G., Tribot, A.-S., Deter, J., 2015a. Fine-Scale Cartography of Human Impacts along French Mediterranean Coasts: A Relevant Map for the Management of Marine Ecosystems. *PLoS One* 10, 20p.

Holon, F., Delaruelle, G., Guilbert, A., Deter, J., Boissery, P., Descamp, P., 2015b. First continuous seabed map in France used for the creation of a management tool protecting *Posidonia oceanica*.

Holon, F., Delaruelle, G., Boissery, P., Deter, J., 2015c. Medtrix: a cartographic database concerning marine ecology and anthropogenic pressures along the Mediterranean coast. *Mar. Pollut. Bull.*

Holon, F., Boissery, P., Guilbert, A., Freschet, E., Deter, J., 2015d. The impact of 85 years of coastal development on shallow seagrass beds (*Posidonia oceanica* L. (Delile)) in South Eastern France: A slow but steady loss without recovery. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 1–9.

HOLON F., DESCAMP P., 2007. CARTOGRAPHIE ET ANALYSE DES BIOCENOSSES MARINES ENTRE ANTIBES ET CAP D'AIL. Contrat Communauté d'Agglomération Nice-Côte d'Azur.

Houngnandan, F. (2020). Rôle des pressions anthropiques et de l'environnement dans l'état des herbiers de posidonies de Méditerranée française (Thèse de Doctorat, Université Montpellier).

Ifremer. Système d'Informations Halieutiques (2022). Région Provence - Alpes - Côte d'Azur. 2021. Activité des navires de pêche. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00802/91428/>

Kininmonth S, Lemm S, Malone C, Hatley T. 2014. Spatial vulnerability assessment of anchor damage within the Great Barrier Reef World Heritage Area, Australia. *Ocean and Coastal Management* 100: 20-31.

Kress, N., Gertman, I., Herut, B., 2014. Temporal evolution of physical and chemical characteristics of the water column in the Easternmost Levantine basin (Eastern Mediterranean Sea) from 2002 to 2010. *J. Mar. Syst.* 135, 6–13. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2013.11.016>

Marbà, N., Duarte, C. M., Díaz-Almela, E., Terrados, J., Álvarez, E., Martínez, R., ... & Grau, A. M. (2005). Direct evidence of imbalanced seagrass (*Posidonia oceanica*) shoot population dynamics in the Spanish Mediterranean. *Estuaries*, 28, 53-62.

McGarigal, K., Tagil, S. & Cushman, S. a., 2009. Surface metrics: An alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure. *Landscape Ecology*, 24(3), pp.433–450.

McGarigal, K., & Cushman, S. A., 2002. Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. *Ecological applications*, 12(2), 335-345.

McGarigal, K., & Marks, B. J., 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. Portland, OR: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 122 p.

MEDAM, 2014. Medam French Mediterranean Coasts. Inventory and Impact of Reclamations from the Sea. Medam French Mediterranean Coasts. Inventory and Impact of Reclamations from the Sea.

Milazzo, M., Badalamenti, F., Ceccherelli, G., & Chemello, R., 2004. Boat anchoring on *Posidonia oceanica* beds in a marine protected area (Italy, western Mediterranean): effect of anchor types in different anchoring stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 299(1), 51-62.

Ministere de l'Écologie du Développement Durable et de l'Énergie, 2012. Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM). Objectifs environnementaux et indicateurs associés. Sous région Méditerranée occidentale. , p.13.

Ministère de l'Écologie et du Développement Durable et de l'Énergie, 2012. Directive Cadre stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM). Évaluation initiale des eaux marines. Sous-région marine Méditerranée occidentale. Résumé à l'attention du public.



PatriNat, 2021. Table de la typologie nationale des biocénoses benthiques de Méditerranée (NatHab-Med). UMS PatriNat / INPN, novembre 2021.

Pergent-Martini, C., Monnier, B., Lehmann, L., Barralon, E., & Pergent, G. (2022). Major regression of *Posidonia oceanica* meadows in relation with recreational boat anchoring: A case study from Sant'Amanza bay. *Journal of Sea Research*, 188, 102258.

Pergent, G. et al., 2015. Dynamic of *Posidonia oceanica* seagrass meadows in the northwestern Mediterranean: Could climate change be to blame? *Comptes Rendus Biologies*, 338(7), pp.484–493. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1631069115001225>.

PNUE/PAM-Plan Bleu, 2009. Etat de l'environnement et du développement en Méditerranée, Athènes: PNUE/PAM-Plan Bleu.

Short, F. T., & Wyllie-Echeverria, S., 1996. Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environmental Conservation*, 23(1), 17-27.

Tribot, A. S., Mouquet, N., Villéger, S., Raymond, M., Hoff, F., Boissery, P., Holon F. & Deter, J., 2016. Taxonomic and functional diversity increase the aesthetic value of coralligenous reefs. *Scientific reports*, 6, 34229. DOI: 10.1038/srep34229

VanDerWal, J. et al., 2014. Species Distribution Modelling Tools: Tools for processing data associated with species distribution modelling exercises. Disponible sur <https://cran.r-project.org/web/packages/SDMTools/SDMTools.pdf>

Vassallo, P., Paoli, C., Rovere, A., Montefalcone, M., Morri, C., & Bianchi, C. N. (2013). The value of the seagrass *Posidonia oceanica*: A natural capital assessment. *Marine pollution bulletin*, 75(1-2), 157-167.

Walker, B. K., Gilliam, D. S., Dodge, R. E., & Walczak, J. Dredging and shipping impacts on southeast Florida coral reefs. *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium Cairns, Australia, 9-13 July 2012*, 5p.

Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J., Orth, R. J., Dennison, W. C., Olyarnik, S., ... & Williams, S. L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 106(30), 12377-12381.

Contact

7, place Cassan – Carnon Plage
34130 Mauguio- France
Tél. : 04.67.66.32.48 - contact@andromede-ocean.com

www.andromede-ocean.com

