



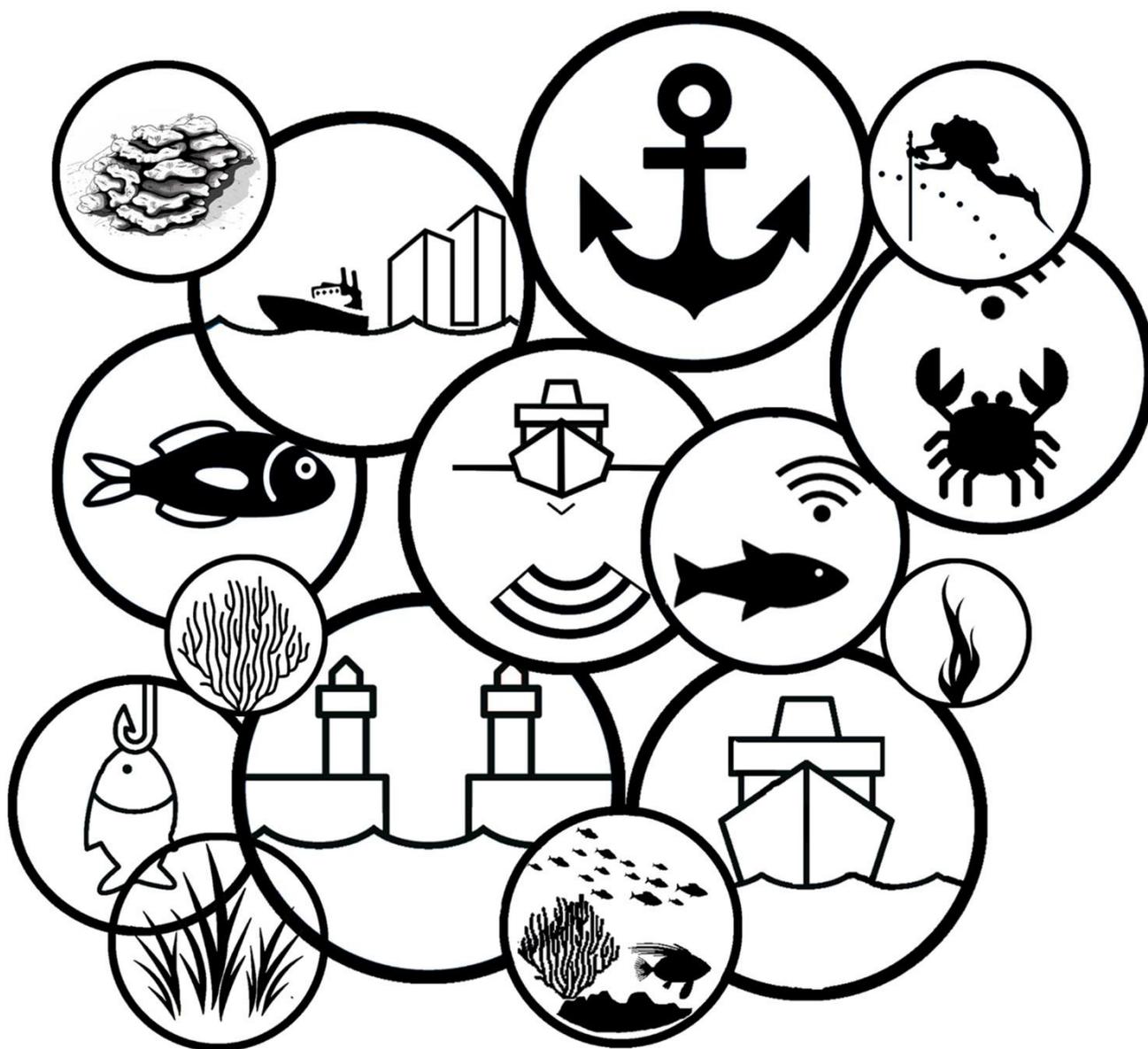
RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Atlas de synthèse - 2020

Surveillance biologique et Qualité des eaux de Méditerranée



7, place Cassan / Quai des pêcheurs 34 280 Carnon - France
Tel. : 04 67 66 32 48 - contact@andromede-ocean.com
www.andromede-ocean.com



Récifs coralligènes, ©Laurent Ballesta.

Rédaction et coordination :

Boissery Pierre -*Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse*

Delaruelle Gwénaelle -*Andromède Océanologie*

Deter Julie - *Andromède Océanologie*

Holon Florian - *Andromède Océanologie*

Cartographies :

Andromède Océanologie

Contributions :

Gervaise Cédric, Chorus

Ce document doit être cité comme « Atlas de synthèse – Année 2020. Surveillance biologique et qualité des eaux de Méditerranée. Edition Andromède Océanologie & Agence de l'eau RMC. 120 p. »

Sommaire

Avant-propos.....	1
Des écosystèmes remarquables en mer Méditerranée	2
L’herbier de posidonie.....	2
Les assemblages coralligènes	3
Méthodologie employée pour l’atlas cartographique	4
Herbier de posidonie	5
Evaluation de l’état écologique	7
Evaluation du fonctionnement écologique	9
Evaluation du niveau de pressions	11
Synthèse	13
Récifs coralligènes	14
Evaluation de l’état écologique	16
Evaluation du fonctionnement écologique	18
Evaluation du niveau de pressions	20
Synthèse	21
Atlas cartographique des herbiers de posidonie et des récifs coralligènes par masse d’eau côtière ..	22
Tableau de synthèse de l’état final de l’herbier par masse d’eau côtière	23
Tableau de synthèse de l’état final des récifs coralligènes par masse d’eau côtière	26
Atlas cartographique - Région Occitanie	29
Masse d’eau FRDC01	29
Masse d’eau FRDC02a	31
Masse d’eau FRDC02b	33
Masse d’eau FRDC02c	34
Masse d’eau FRDC02f.....	36
Masse d’eau FRDC04	38
Atlas cartographique - Région Sud	40
Masse d’eau FRDC05	40
Masse d’eau FRDC06a	42
Masse d’eau FRDC06b	44
Masse d’eau FRDC07a	46
Masse d’eau FRDC07b.....	48
Masse d’eau FRDC07c	50
Masse d’eau FRDC07d	52
Masse d’eau FRDC07e	54

Surveillance biologique et qualité des eaux de Méditerranée

Masse d'eau FRDC07f.....	56
Masse d'eau FRDC07g.....	58
Masse d'eau FRDC07h.....	60
Masse d'eau FRDC07i.....	62
Masse d'eau FRDC07j.....	63
Masse d'eau FRDC08a.....	65
Masse d'eau FRDC08b.....	67
Masse d'eau FRDC08c.....	69
Masse d'eau FRDC08d.....	71
Masse d'eau FRDC08e.....	73
Masse d'eau FRDC09a.....	75
Masse d'eau FRDC09b.....	77
Masse d'eau FRDC09c.....	79
Masse d'eau FRDC09d.....	81
Masse d'eau FRDC10a.....	83
Masse d'eau FRDC10c.....	85
Atlas cartographique - Région Corse.....	87
Masse d'eau FREC01ab.....	87
Masse d'eau FREC01c.....	89
Masse d'eau FREC01d.....	91
Masse d'eau FREC01e.....	93
Masse d'eau FREC02ab.....	95
Masse d'eau FREC02c.....	97
Masse d'eau FREC02d.....	99
Masse d'eau FREC03ad.....	101
Masse d'eau FREC03b.....	103
Masse d'eau FREC03c.....	104
Masse d'eau FREC03f.....	105
Masse d'eau FREC03eg.....	106
Masse d'eau FREC04ac.....	108
Masse d'eau FREC04b.....	110
Conclusion.....	112
Bibliographie.....	113

Avant-propos

Les données concernant l'état de santé des herbiers de Posidonie et des récifs coralligènes sont nombreuses. Elles proviennent de plusieurs dispositifs de surveillance mis en place depuis une dizaine d'années en Méditerranée française (cf. plateforme cartographique en ligne MEDTRIX : <https://plateforme.medtrix.fr/>). Deux dispositifs sont dédiés à la surveillance biologique de ces écosystèmes : le réseau de surveillance RECOR pour le suivi des récifs coralligènes et le réseau de surveillance TEMPO pour le suivi de l'herbier de posidonie. L'acquisition de paramètres tous les trois ans dans chaque région sur des sites répartis tout le long du littoral méditerranéen français fournit de nombreuses données ponctuelles. En parallèle, elles sont complétées par d'autres réseaux opérés lors de la même campagne de terrain : PISCIS (peuplements ichtyologiques), CALOR (température de fond), et CALME (acoustique). Les données surfaciques des réseaux IMPACT (modélisation des pressions anthropiques côtières) et SURFSTAT (analyse surfacique des habitats marins) complètent ces données biologiques, mais sont acquises à des périodes temporelles différentes, plus longues.

Les données issues de ces différents dispositifs se complètent et permettent in fine d'évaluer l'état général des écosystèmes herbier de posidonie d'une part et récifs coralligènes d'autre part. Les données sont interprétées à l'aide de différentes grilles de qualité qui évoluent parfois dans le temps puisque les réseaux de surveillance ont vocation à évoluer dans le temps au fur et à mesure de l'amélioration des connaissances. Au-delà des données sur l'état de santé spécifiques à ces habitats clé de Méditerranée (croissance, dynamique, espèces ingénieuses), l'état de leur fonctionnement écologique telles que l'habitat, la frayère, la nurserie ou la chaîne trophique se pose dans un contexte où la connaissance scientifique sur ces fonctions restent en devenir. Ce fonctionnement est souvent évalué à partir de la présence et abondance d'espèces associées à l'habitat, qui utilisent l'habitat pour différentes fonctions (nourrissage, reproduction, abri...). Enfin le niveau de pressions auquel les habitats sont soumis est également important à considérer pour comprendre les observations actuelles et anticiper les changements à venir.

Pour mieux appréhender l'ensemble des informations acquises dans les dispositifs de surveillance et cette notion de bon fonctionnement de l'écosystème, les données les plus récentes ont été regroupées et synthétisées dans cet atlas cartographique de surveillance biologique.

L'atlas s'appuie sur le référentiel européen de définition des objectifs de qualité que sont les masses d'eau côtières de la Directive Cadre eau 2000/60/CE. Pour chaque masse d'eau, l'information acquise par les dispositifs de surveillance biologique est présentée dans sa forme synthétique et individuelle mais également au travers d'un triplet de qualification « état écologique, état du fonctionnement écologique, niveau de pressions ». Ce triplet permet de qualifier chaque masse d'eau. Il permet de donner une qualification générale de l'état de santé des herbiers et du coralligène. Le détail de chaque dispositif, indicateur et du triplet est précisé par la suite.

L'une des principales nouveautés de l'atlas est sa contribution à la définition des fonctions écologiques, en l'occurrence celle concernant la fonction habitat. Par définition, un herbier ou un coralligène qui fonctionne correctement abrite une faune importante en poissons, crustacés et autres invertébrés. La caractérisation de leur présence est une bonne variable pour appréhender l'état de cette fonction écologique.

Ce travail de synthèse permet également d'établir un diagnostic sur le niveau de surveillance de chaque masse d'eau. Des lacunes sont ainsi identifiées en termes de couverture spatiale. Certaines grilles de qualité sont jugées d'obsolètes et de nouveaux indicateurs sont créés. La surveillance des eaux côtières est un dispositif en évolution permanente et itérative au service de l'évaluation de l'état des eaux. Elle accompagne la définition des mesures correctives nécessaire au bon état de la Méditerranée tout en permettant d'évaluer leur efficacité.

Des écosystèmes remarquables en mer Méditerranée

La mer Méditerranée, qui représente seulement 0,8 % des océans mondiaux, abrite 7 à 8 % des espèces marines connues : on parle de **point chaud (hot spot) de biodiversité**. La biodiversité suit le gradient de production primaire, c'est-à-dire qu'elle est la plus importante au Nord-Ouest et décroît progressivement en allant vers le Sud-Est (Coll et al., 2010). Elle est généralement plus élevée à proximité de la côte et sur le plateau continental puis décroît avec la profondeur (Coll et al., 2010). Les zones littorales abritent deux écosystèmes remarquables et reconnus comme particulièrement importants en termes de biodiversité, productivité et services écosystémiques rendus : l'herbier de posidonie et les récifs coralligènes.

L'herbier de posidonie

La Posidonie *Posidonia oceanica* (L.) Delile est une phanérogame endémique de la mer Méditerranée qui peut constituer de véritables prairies sous-marines. Elle est présente sur toute la façade méditerranéenne, exceptée sur les côtes égyptiennes, palestiniennes, libyennes, israéliennes, et le nord de l'Adriatique (Boudouresque and Meinesz, 1982; Por, 1978; Zalokar, 1942). Cette plante angiosperme est constituée de faisceaux de feuilles, de racines et de rhizomes (tiges rampantes généralement enfouies dans le sédiment. L'enchevêtrement des rhizomes, des racines, des écailles (gainés des feuilles caduques) et du sédiment piégé dans les anfractuosités constituent la matte. La matte a un rôle important d'ancrage de l'herbier et de stabilisation des fonds marins. La posidonie constitue des formations végétales sous-marines appelées "herbiers". Ecosystème pivot, l'herbier de posidonie est un des plus productifs au monde, aux rôles écologiques et économiques majeurs. Il abrite plusieurs milliers d'espèces : 20 à 25 % des espèces animales et végétales connues en Méditerranée y sont observées.

Cette phanérogame constitue la **biocénose la plus complexe de Méditerranée** (Boudouresque and Meinesz, 1982; Molinier and Picard, 1952; Peres and Picard, 1964) et est à la base de la richesse des eaux littorales (Boudouresque and Meinesz, 1982; Cinelli et al., 1974; Molinier and Picard, 1952). Son **rôle écologique est majeur** : production primaire benthique, production d'oxygène (Bay, 1978; Bedhomme et al., 1983; Caye, 1980; Drew and Jupp, 1976), transparence des eaux par le piégeage des particules en suspension (Blanc and Jeudy De Grissac, 2011), base de nombreuses chaînes alimentaires (Velimirov, 1984), lieu de frayère, nurserie, abris vis-à-vis des prédateurs ou habitat permanent pour des milliers d'espèces animales et végétales (Boudouresque et al., 2006). Les herbiers à posidonie régulent, directement ou non, la disponibilité des ressources pour d'autres espèces et sont, à ce titre, qualifiés d'ingénieurs écosystémiques (Lawton, 1994). De ces rôles écologiques découle une **quantité de services dont les Hommes bénéficient** : protection du littoral, piégeage des sédiments, nourriture, etc. (Borum et al., 2004; Boudouresque et al., 2012; Campagne et al., 2015).

Les préférences écologiques (eaux peu profondes et claires, courant faible) et les caractéristiques biologiques (croissance très lente de quelques centimètres par an) de *P. oceanica* rendent cette **espèce très vulnérable aux pressions anthropiques** (Boudouresque et al., 2012). C'est pourquoi *P. oceanica* et l'habitat qu'elle constitue sont protégés par la législation européenne (Directive Habitats, 92/93/CEE), par les conventions de Berne et Barcelone, par la législation nationale (Loi du 10 juillet 1976 et son décret d'application du 25 novembre 1977 (officialisée par l'arrêté interministériel du 19 juillet 1988 renseignant la liste des espèces végétales marines protégées)).

Comme de nombreux habitats constitués par des phanérogames marines (Selig et al., 2014; Short and Wyllie-Echeverria, 1996; Spalding et al., 2003; Waycott et al., 2009), les herbiers à *P. oceanica* ont connu un **déclin généralisé au cours des dernières décennies** (Boudouresque et al., 2009). Ce déclin est caractérisé par un recul des herbiers peu profonds et/ou par une remontée des limites plus profondes, et donc une perte de l'étendue spatiale. Certaines **activités humaines** sont sources de perturbations et responsables de la régression des herbiers.



Figure 1 : Banc de sérioles au-dessus d'un herbier de posidonie, ©Laurent Ballesta.

Les assemblages coralligènes

Les assemblages coralligènes débutent, selon la transparence de l'eau, entre -12/-50 mètres et s'arrêtent entre -40/-120 mètres (Ballesteros, 2006) : ils se trouvent dans la zone mésophotique (appelée aussi « crépusculaire » car peu éclairée).

Le coralligène se compose de blocs de concrétions organiques, principalement d'algues calcaires (Ballesteros, 2006; Laborel, 1961; Laubier, 1966; Sartoretto et al., 1996) et d'animaux bioconstructeurs comme les bryozoaires, les serpulidés, les cnidaires, les mollusques, les éponges, les crustacés et les foraminifères (Hong, 1980; Ros et al., 1985). Ces blocs représentent un substrat pour la fixation et la croissance d'autres organismes comme les colonies de corail rouge ou de gorgones. Les concrétions coralligènes grandissent lentement (1 à 4 mm / an) mais présentent une grande longévité (estimation de l'âge moyen entre 25–200 ans) (Garrabou and Ballesteros, 2000; Teixidó et al., 2011). Elles sont dépendantes de l'équilibre entre leur bioconstruction et la bio-érosion, équilibre lié à leur environnement et notamment aux conditions climatiques (Cerrano et al., 1997).

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 tropicaux (Bianchi, 2001). Le coralligène constitue, après les herbiers à posidonie, **le deuxième écosystème-clé de Méditerranée en termes de biodiversité** (Boudouresque, 2004).

Selon des estimations prudentes, plus de **1800 espèces sont associées au coralligène** (15-20 % des espèces de la Méditerranée), parmi lesquelles figurent plusieurs espèces protégées, patrimoniales et commerciales (Ballesteros, 2006; Bianchi and Morri, 2000; Coll et al., 2010). Toutefois la diversité en espèces (**diversité taxonomique**) n'est pas la seule à être particulièrement élevée dans ces récifs. En effet, les **diversités fonctionnelle et phylogénétique**, deux autres types de diversités biologiques y sont également fortes (Holon and Deter, 2016). Sur un site donné, les diversités fonctionnelle et phylogénétique augmentent à mesure que l'on se rapproche de la surface. Toutefois, plus les sites sont profonds et plus les communautés (assemblages d'espèces) sont différentes entre elles, notamment entre -50 et -70 m où les différences sont les plus fortes (Doxa et al., 2016). Aussi connues pour leur grande valeur esthétique, les affleurements coralligènes constituent des zones privilégiées pour le tourisme sous-marin et la plongée loisir. Les préférences humaines pour certains sites sont principalement expliquées par la présence d'organismes de type arbustif, aux couleurs vives et présentant des contrastes intenses (Tribot et al., 2016).

Les assemblages coralligènes sont donc parmi les plus importants en mer Méditerranée en raison de divers atouts : large distribution, complexité structurelle, diversité en espèces, rôle dans le flux d'énergie et le cycle du carbone, valeur économique (Ballesteros, 2006; Gili and Coma, 1998; Thierry de Ville d'Avray et al., 2019).



Figure 2 : Récifs coralligènes, ©Laurent Ballesta.

Méthodologie employée pour l'atlas cartographique

L'état de conservation des écosystèmes Herbier de posidonie et Récifs coralligènes dans une masse d'eau côtière est basé sur la combinaison de trois évaluations, chacune basée sur différents indicateurs : **Evaluation de l'état écologique + Evaluation du fonctionnement écologique + Evaluation du Niveau de pressions**. Les indicateurs sont combinés selon des poids différents dépendant de leur niveau de représentativité de la masse d'eau dans son entier. Les données les plus récentes (jusqu'en 2019) ont été regroupées et synthétisées dans cet atlas cartographique de surveillance biologique.

Chiffres-clés	Herbier de posidonie	Récifs coralligènes
Nombre de stations de référence		
Indicateurs de l'état écologique et de l'état du fonctionnement écologique	175	249
Nombre de pressions anthropiques		
Evaluation du niveau de pressions	11	11
Surface (ha) d'herbier cartographié		
Indicateur surfacique pour évaluer l'état écologique	66 131	/
Nombre de cartes réalisées pour l'atlas	44	39

Herbier de posidonie

L'état de conservation de l'écosystème Herbier de posidonie dans une masse d'eau côtière est basé sur un triplet de qualification :

- L'évaluation de l'état écologique qui combine trois indices concernant la posidonie en tant que plante : Indice de vitalité, Indice de dynamique évolutive, Indicateur surfacique.
- L'évaluation du fonctionnement écologique de l'herbier qui combine trois indices : l'indice de diversité des peuplements ichthyologiques, l'indice de qualité biophonique des poissons, l'indice de qualité biophonique des invertébrés.
- L'évaluation du niveau de pressions qui considère l'indice de pressions cumulées sur l'herbier.

Ces indices sont combinés selon des poids différents dépendant de leur niveau de représentativité de la masse d'eau dans son entier. Pour chaque masse d'eau considérée, quelques indices sont calculés à l'échelle complète de la masse d'eau (indicateur du niveau de pressions, indicateur surfacique, indice de pression de mouillage, indice de pressions des aménagements littoraux) avec un pas de temps long (au minimum six ans), tandis que les autres sont mesurés sur des stations ponctuelles, dites de référence, tous les trois ans. Lorsque plusieurs sites sont suivis dans une même masse d'eau, **la valeur la plus déclassante (c'est-à-dire la moins favorable) de l'indice est prise en compte**. Ces **stations de référence** sont échantillonnées lors des suivis TEMPO et concernent les éléments suivants : indice de vitalité, indicateur de dynamique évolutive en limite inférieure. Les données pour évaluer l'état de fonctionnement proviennent des réseaux PISCIS et CALME, dont stations de référence sont positionnées au même endroit que les stations TEMPO de référence. Tous ces indices/indicateurs sont définis ci-après. Les cartes suivantes présentent la localisation des stations de référence TEMPO, PISCIS et CALME considérées pour cet atlas (partie Herbier de posidonie). Elles sont visibles sur plateforme cartographique en ligne [MEDTRIX](#).



Figure 3 : Localisation des stations de référence du réseau TEMPO utilisées pour cet atlas cartographique.



Figure 4 : Localisation des stations de référence du réseau PISCIS utilisées pour cet atlas cartographique.



Figure 5 : Localisation des stations de référence du réseau CALME utilisées pour cet atlas cartographique.

Evaluation de l'état écologique

L'évaluation de l'état écologique prend en compte trois indicateurs. Le score final est la moyenne pondérée des scores de chaque indicateur.

1. Indice de vitalité à mi-profondeur

L'indicateur de vitalité est basé sur l'indice BiPO (Biotic Index using Posidonia Oceanica) (Lopez y Royo et al., 2010), son poids dans l'évaluation finale de l'état écologique est de 1.

Il est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Indice BiPO} = (\text{EQR}'\text{prof} + \text{EQR}'\text{type} + \text{EQR}'\text{dens} + \text{EQR}'\text{long}) / 4$$

Avec :

EQR = Ecological Quality Ratio

prof = profondeur de la limite inférieure

type = type de limite inférieure

dens = densité de faisceaux à -15 m

long = longueur des feuilles à -15 m.

La grille de l'état écologique de l'herbier en fonction de la valeur du BiPO est indiquée ci-dessous :

Indice BiPO	Etat de l'herbier	Score
>0,775-1	Très bon	5
>0,55-0,775	Bon	4
>0,325-0,55	Moyen	3
>0,11-0,325	Médiocre	2
0-0,1	Mauvais	1

Le BiPO est évalué sur 47 sites à -15 m dits de référence.

2. Indice de dynamique évolutive en limite inférieure

L'indicateur de dynamique évolutive de l'herbier en limite inférieure prend en compte l'évolution de la densité de faisceaux (en %) et la dynamique microsurfacique de l'herbier (% de régression et/ou de progression) entre chaque suivi sur un même site. Le poids de l'indicateur de dynamique évolutive de l'herbier dans l'évaluation finale de l'état écologique est de 2. Il est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Indicateur de dynamique évolutive de l'herbier en limite inférieure} = (\text{EQR}'\text{dens} + \text{EQR}'\text{prog} + \text{EQR}'\text{rég}) / 3$$

Avec :

$\text{EQR}'\text{dens} = (100 - \% \text{ baisse de densité}) \text{ ou } (\% \text{ augmentation de densité} / \text{Ref dens} * 100)$;

$\text{EQR}'\text{prog} = (\% \text{ progression} / \text{Ref prog} * 100)$;

$\text{EQR}'\text{reg} = (100 - \% \text{ régression})$

*% correspond au pourcentage d'augmentation ou de baisse de la densité de faisceaux (mesurée dans 30 quadrats de 20*20 cm) et au pourcentage de surface d'herbier en progression ou en régression (sur la base de la cartographie fine de l'herbier réalisée par télémétrie acoustique), obtenus sur le site entre deux suivis (cf. Plaquette de présentation de TEMPO disponible sur la plateforme MEDTRIX / projet TEMPO).*

Ref correspond à la valeur de référence soit la valeur maximale pour le pourcentage d'augmentation de densité de faisceaux (Ref dens) et pour le pourcentage de progression (Ref prog) observée dans les données TEMPO en limite inférieure, tous suivis confondus depuis 2011 (en 2019, Ref dens = 70 % et Ref prog = 55 %).

Pour les sites où certaines données sont manquantes car non acquises (ex: sur les sites secondaires dont le suivi temporel est de six ans) ou non comparables (ex: faisceaux isolés), l'état de la dynamique évolutive de l'herbier sur le site est évalué sur la base de notre expertise.

La grille de l'état écologique de l'herbier en fonction de la valeur de l'indicateur de dynamique évolutive de l'herbier en limite inférieure est indiquée ci-dessous :

Indicateur de dynamique évolutive de l'herbier en limite inférieure	Etat de l'herbier	Score
80-100	Très bon	5
1-80	Bon	4
41-60	Moyen	3
21-40	Médiocre	2
0-20	Mauvais	1

Il est basé sur 43 sites TEMPO dits de référence positionnés en limite inférieure.

3. Indicateur surfacique de l'herbier

L'indicateur surfacique est basé sur deux indices paysagers, son poids dans l'évaluation finale de l'état écologique est de 3. Il est calculé en mixant deux indices paysagers : déclin et cohésion (Houngnandan et al., 2020). Ces indices sont calculés sur un raster biocénoses d'une **résolution de 20 m** (couche biocénoses la plus récente issue du réseau SURFSTAT) dans une grille composée de **cellules de 100 x 100 m**.

Indice de déclin = surface matte morte / (surface matte morte + surface herbier)

$$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n p_{ij}^*}{\sum_{j=1}^n p_{ij}^* \sqrt{a_{ij}^*}} \right] \cdot \left[1 - \frac{1}{\sqrt{Z}} \right]^{-1} \cdot (100)$$

p_{ij}^* = perimeter of patch ij in terms of number of cell surfaces.
 a_{ij}^* = area of patch ij in terms of number of cells.
 Z = total number of cells in the landscape.

Pourcentage de pixels de posidonie ou de matte morte avec déclin ou cohésion	Indice de déclin	Indice de cohésion	Etat
0 - 10	0-10	90-100	Très bon
10 - 30	>10-30	>70-90	Bon
30 - 70	>30-70	>30-70	Moyen
70 - 90	>70-90	>10-30	Médiocre
90 - 100	90-100	0-10	Mauvais

Il est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Indicateur surfacique de l'herbier} = [\text{indice de cohésion} + (100 - \text{indice de déclin})] / 2$$

La grille de l'état écologique de l'herbier en fonction de la valeur de l'indicateur surfacique est indiquée ci-dessous :

Indicateur surfacique de l'herbier	Etat de l'herbier	Score
90-100	Très bon	5
81-90	Bon	4
51-80	Moyen	3
21-50	Médiocre	2
0-20	Mauvais	1

En plus de cet indicateur, un curseur de couleur (voir ci-contre) associé à l'indicateur surfacique, représente, pour la masse d'eau, le pourcentage de cellules (taille de 100 x 100 m) de posidonie ou de matre morte associé à chaque classe de l'indice paysager de déclin.



L'indicateur surfacique est calculé à partir de l'analyse des cartes du réseau SURFSTAT les plus récentes. La date de la dernière mise à jour est indiquée sur chaque carte dans la légende à côté des « Habitats marins ».

Evaluation du fonctionnement écologique

L'évaluation du fonctionnement écologique prend en compte trois indicateurs avec le même poids. Le score final est la moyenne pondérée des scores de chaque indicateur.

1. Indice de diversité des peuplements ichthyologiques

L'indice de diversité de Simpson est utilisé pour caractériser l'état des peuplements ichthyologiques à partir de données vidéos 360° sur la période 2015-2019 (cf. Plaquette de présentation de PISCIS disponible sur la plateforme MEDTRIX / projet PISCIS).

Il se calcule selon la formule suivante :

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

D : Indice de Simpson

Ni : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

La grille de l'état de fonctionnement de l'herbier en fonction de la valeur de l'indice de Simpson est indiquée ci-dessous :

Indice de Simpson	Etat de l'herbier	Score
0,81-1	Très bon	5
0,61-0,8	Bon	4
0,41-0,6	Moyen	3
0,21-0,4	Médiocre	2
0-0,2	Mauvais	1

Il est basé sur 31 sites PISCIS dits de référence.

2. Indice de qualité biophonique des poissons

Les poissons des herbiers génèrent une production sonore endémique, nocturne entre 20 :00 et 08 :00 et soutenue (de 1000 à plus de 10 000 sons par nuit) (Di Iorio et al, 2018). Elle prend la forme de signaux courts /kwa/ (0.5 s à 1 s) de fréquences comprises entre 600 Hz et 1200 Hz. Cette production sonore pourrait être attribuée aux rascasses (Bolgan et al, 2019). Bien que présente dans tous les herbiers, il a été démontré (Di Iorio et al, 2018) que cette production sonore variait avec l'herbier échantillonné et qu'elle dépendait notamment de la hauteur des feuilles et de la densité des herbiers (lien avec les données du réseau TEMPO). Pour rendre compte globalement de la production sonore au sein de l'herbier, **la quantité d'énergie acoustique cumulée pendant une nuit** entre 20 :00 et 08 :00 (SCL : Sound Cumulative Level dB re.1µPa2s) est choisie comme l'indice pour caractériser l'état bioacoustique de la communauté des poissons de l'herbier.

Le SCL est calculé de la manière suivante :

Filtrage des sons mesurés entre 600 Hz et 1200 Hz,
Calcul de l'énergie du son filtré entre 20 :00 et 08 :00 par

$$SCL = 10 \log_{10} \left(\int_{20:00}^{08:00} S_{[600\text{Hz},1200\text{Hz}]}(t)^2 dt \right)$$

La grille de l'état de fonctionnement de l'herbier en fonction de la valeur du SCL est indiquée ci-dessous :

SCL Cumulé	Etat bioacoustique des sons émis par les poissons au sein de l'herbier	Score
>148,86	Très bon	5
>144,604-148,86	Bon	4
>142,796-144,604	Moyen	3
>141,166-142,796	Médiocre	2
<141,166	Mauvais	1

Il est basé sur 28 sites CALME dits de référence.

3. Indice de qualité biophonique des invertébrés

Les invertébrés benthiques (crustacés, bivalves, échinodermes,...) produisent des sons de manière involontaire (mouvement, nutrition) ou volontaire (principalement chez les crustacés). Les sons produits sont courts (craquement, quelques millisecondes) de fréquences assez élevées audibles ou ultrasonores comprises entre 1.5 kHz et 70 kHz. Chaque son individuel possède une portée comprise entre quelques mètres et plusieurs centaines de mètres (Coquereau et al, 2016). Compte tenu de la densité d'animaux sur le fond, la production sonore des invertébrés comprend deux composantes. Les animaux proches génèrent des sons séparables entendus individuellement (~ 20 sons par seconde) et les animaux lointains génèrent des sons qui vont se mélanger pour produire un bruit de fond audible jusqu'à plusieurs kilomètres (Lossent et al, 2017). Pour rendre bien compte de ces deux composantes, la biophonie des invertébrés est caractérisée par deux indicateurs :

Surveillance biologique et qualité des eaux de Méditerranée

- **Le nombre de sons individuels captés par seconde** en utilisant la méthode de détection et de comptage décrite dans Gervaise et al, 2019.
- **Le bruit de fond** généré par les animaux lointains (ANL Ambient Noise Level dans la bande de fréquence comprise entre 1 500 Hz et 70 000 Hz, dB re. 1µPa) est calculé en suivant la méthode décrite dans Kinda et al, 2013.

Des grilles d'état ont été définies pour le nombre de sons par seconde et pour le niveau de bruit ambiant :

Nombre des sons reçus par seconde	Score	ANL dB re.1µPa	Score
>24.5	5	> 112.6	5
> 21-24.5	4	> 110.3—112.6	4
>19.5-21	3	>107.7-110.3	3
>14.2-19.25	2	>104.7-107.7	2
<14.2	1	<104	1

Au final, l'état bioacoustique des invertébrés est évalué comme la moyenne des états obtenus pour le nombre de sons par seconde et pour le bruit ambiant. La grille de l'état de fonctionnement de l'herbier en fonction de la moyenne des scores est indiquée ci-dessous :

Moyenne des scores	Etat bioacoustique des sons émis par les invertébrés	Score
=5	Très bon	5
>4-5	Bon	4
>3-4	Moyen	3
>2-3	Médiocre	2
<2	Mauvais	1

Il est basé sur 26 sites CALME dits de référence.

Evaluation du niveau de pressions

L'état de l'herbier soumis aux pressions d'activités humaines côtières est basé sur **l'indice d'impacts cumulées sur l'herbier et la matie morte.**

En couplant la carte de présence de l'herbier et de matie morte avec la carte des 11 pressions (projet IMPACT disponible sur la plateforme MEDTRIX ; Holon et al., 2015a; Holon, 2015)) et une matrice de sensibilité (Holon et al., 2015b), l'impact de chaque pression est calculé au sein de chaque cellule de 20 x 20 m. Ces impacts sont ensuite cumulés (pour chaque cellule) en faisant la somme des pressions, puis moyennés pour chaque masse d'eau sur les cellules comprenant de l'herbier et/ou de la matie morte.

La grille de l'état de l'herbier en fonction de la valeur de l'indice de pressions cumulées est indiquée ci-dessous :

Indice d'impacts cumulés	Etat de l'herbier	Score
0-10	Très bon	5
11-20	Bon	4
21-50	Moyen	3
51-80	Médiocre	2
81-100	Mauvais	1

Un curseur de couleur (voir ci-contre) associé à l'indice de pressions cumulées, représente, pour la masse d'eau, le pourcentage de cellules (20 x 20 m) de posidonie ou de matte morte associé à chaque classe de l'indice.



Les 11 pressions sont : urbanisation, population côtière, érosion côtière, aggradation côtière, agriculture, aménagements côtiers, effluents industriels, aquaculture, pêche, mouillage, rejets urbains. Deux pressions déjà prises en compte dans l'indice de pressions cumulées sont affichées à titre informatif sur l'atlas :

- Pression moyenne de mouillage

Une matrice de sensibilité adaptée d'après Halpern et al.(2008) et Micheli et al.(2013) a été utilisée pour calculer l'indice d'impact du mouillage pour chaque cellule de 20 x 20 m. Ces impacts sont ensuite moyennés pour chaque masse d'eau sur les cellules herbier et matte morte. Le classement utilisé pour l'impact moyen du mouillage par masse d'eau est indiqué ci-dessous :

Pression moyenne de mouillage	Etat de l'herbier	Score
0-5	Très bon	5
6-10	Bon	4
11-15	Moyen	3
16-25	Médiocre	2
26-100	Mauvais	1

- Pression moyenne des aménagements littoraux

Une matrice de sensibilité adaptée d'après Halpern et al.(2008) et Micheli et al.(2013) a été utilisée pour calculer l'indice d'impact des aménagements littoraux pour chaque cellule de 20 x 20 m. Ces impacts sont ensuite moyennés pour chaque masse d'eau sur les cellules herbier et matte morte. Le classement utilisé pour l'impact moyen des aménagements littoraux par masse d'eau est un classement à intervalles réguliers en cinq classes sur l'étendue des valeurs moyennes par masse d'eau.

Synthèse

Le tableau suivant présente une synthèse des différents indicateurs utilisés pour calculer l'état écologique, l'état de fonctionnement écologique et le niveau de pressions sur l'herbier de posidonie :

Etat	ECOLOGIQUE			FONCTIONNEMENT			PRESSIONS
	Posidonie Vitalité (1)	Posidonie Surfactive (3)	Posidonie Dynamique (2)	Posidonie Poissons (1)	Posidonie Bioacoustique Poissons (1)	Posidonie Bioacoustique Invertébrés (1)	Posidonie Pressions
Indicateur (poids)							
Indices	Indice BiPO	Indicateur surfactive de l'herbier	Indicateur de dynamique évolutive de l'herbier en limite inférieure	Indice Simpson	SCL Cumulé	Moyenne des scores du bruit de fond et du nombre de sons reçus par seconde	Indice d'impacts cumulés
Etat (Score)	Etat de l'herbier						
Très bon (5)	>0,775-1	91-100	81-100	0,81-1	>148,86	>5	0-10
Bon (4)	>0,55-0,775	81-90	61-80	0,61-0,8	>144,604-148,86	>4-5	11-20
Moyen (3)	>0,325-0,55	51-80	41-60	0,41-0,6	>142,796-144,604	>3-4	21-50
Médiocre (2)	>0,1-0,325	21-50	21-40	0,21-0,4	>141,166-142,796	>2-3	51-80
Mauvais (1)	0-0,1	0-20	0-20	0-0,2	<141,166	<2	81-100

L'état final de l'écosystème Herbier de posidonie dans une masse d'eau côtière est évalué selon cinq classes :

ETAT FINAL	
Code	Signification
Herbier en bon état final	herbier présentant un bon état écologique, de bonnes fonctionnalités et sans pressions significatives
Herbier en bon état écologique	herbier présentant un bon état écologique mais dont le fonctionnement n'est pas qualifié
Herbier en état final moyen	herbier présentant des signes de dégradations significatifs
Herbier au fonctionnement écologique altéré	herbier présentant une altération de ses fonctions écologiques (nursérie, habitat, ...) quelque soit son état
Herbier menacé	herbier sous pressions impactantes, en mauvais état écologique et/ou de fonctionnement

Récifs coralligènes

L'état de conservation de l'écosystème récifs coralligènes dans une masse d'eau côtière est basé sur un triplet de qualification :

- L'évaluation de l'état écologique qui combine trois indices : Indice de vitalité des espèces sessiles, Indicateur de bloom d'algues filamenteuses, Indicateur de dynamique du coralligène.
- L'évaluation du fonctionnement écologique qui combine trois indices : l'indice de diversité des peuplements ichtyologiques, l'indice de qualité biophonique des invertébrés et l'indice de vitalité des espèces érigées.
- L'évaluation du niveau de pressions qui considère l'indice de pressions cumulées sur le coralligène.

Ces indices sont combinés selon des poids différents dépendant de leur niveau de représentativité de la masse d'eau dans son entier.

Pour chaque masse d'eau considérée, quelques indices sont calculés à l'échelle complète de la masse d'eau (indicateur du niveau de pressions, pression moyenne du trafic maritime), tandis que les autres sont mesurés sur des **stations ponctuelles, dites de référence, tous les trois ans**. Ces stations de référence sont échantillonnées lors des suivis RECOR et sont situées aux profondeurs les plus proches de la profondeur moyenne régionale (Occitanie = 25/30 m ; PACA = 40 /45 m et Corse = 55 / 60 m) de cet habitat. Lorsque plusieurs stations sont suivies dans une même masse d'eau, **la valeur la plus déclassante (c'est-à-dire la moins favorable) de l'indice est prise en compte**.

Les données issues directement du réseau RECOR concernent les éléments suivants : Indice de vitalité et Indicateur de bloom d'algues filamenteuses, Indicateur des nécroses des algues filamenteuses, engins de pêche perdu (niveau de pressions), Indice de vitalité des espèces érigées. Les données pour évaluer l'état de fonctionnement proviennent des réseaux PISCIS et CALME, dont les stations de référence sont positionnées au même endroit que les stations RECOR de référence. Tous ces indices/indicateurs sont définis ci-après.

Les cartes suivantes présentent la localisation des stations de référence RECOR, PISCIS et CALME considérées pour cet atlas (partie Récifs coralligènes). Elles sont visibles sur plateforme cartographique en ligne [MEDTRIX](#).

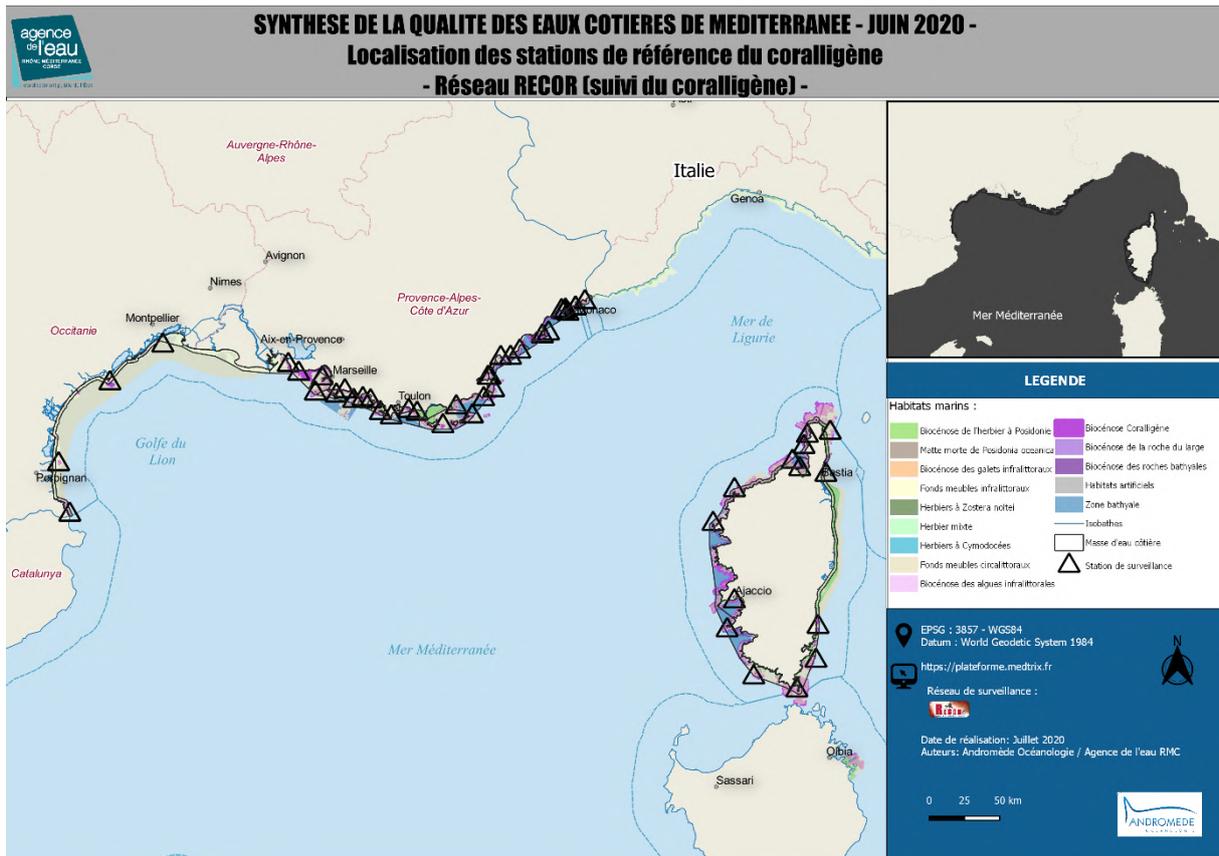


Figure 6 : Localisation des stations de référence du réseau RECOR utilisées pour cet atlas cartographique.

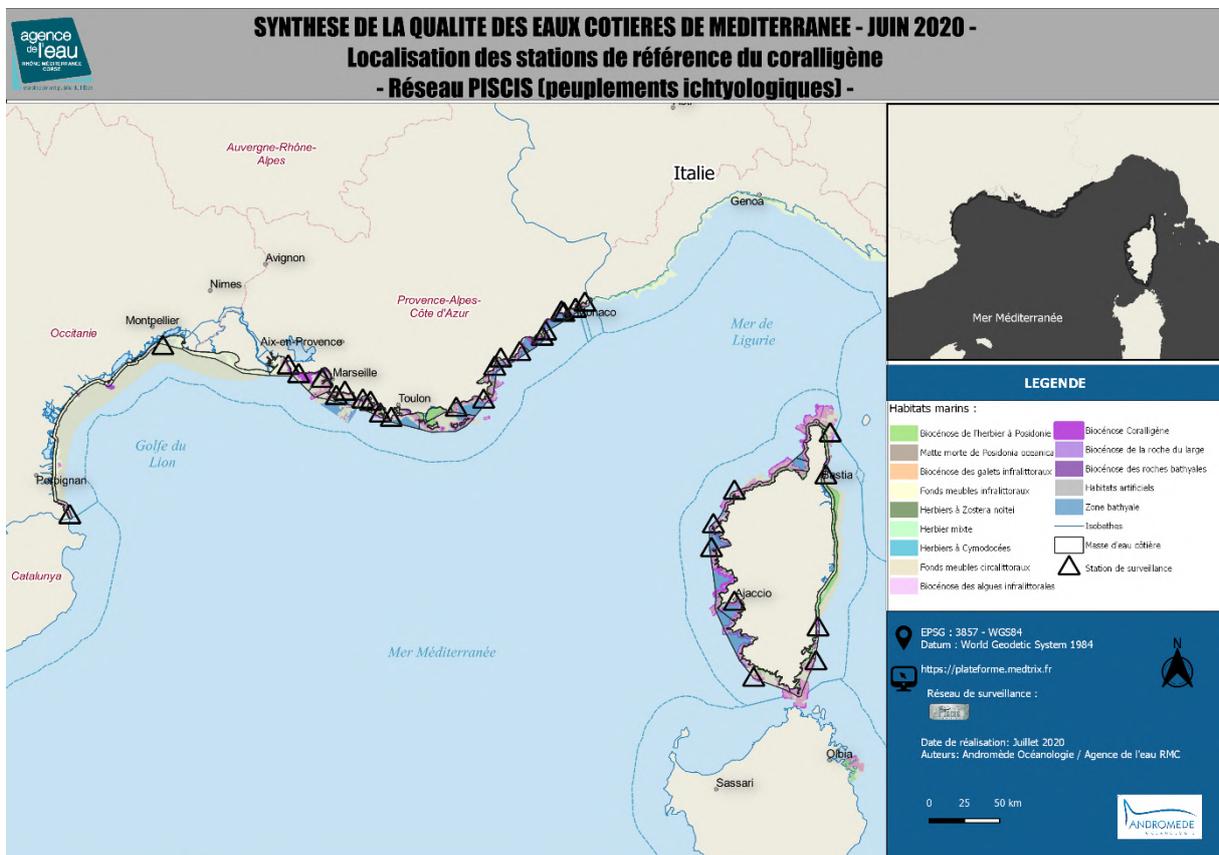


Figure 7 : Localisation des stations de référence du réseau PISCIS utilisées pour cet atlas cartographique.

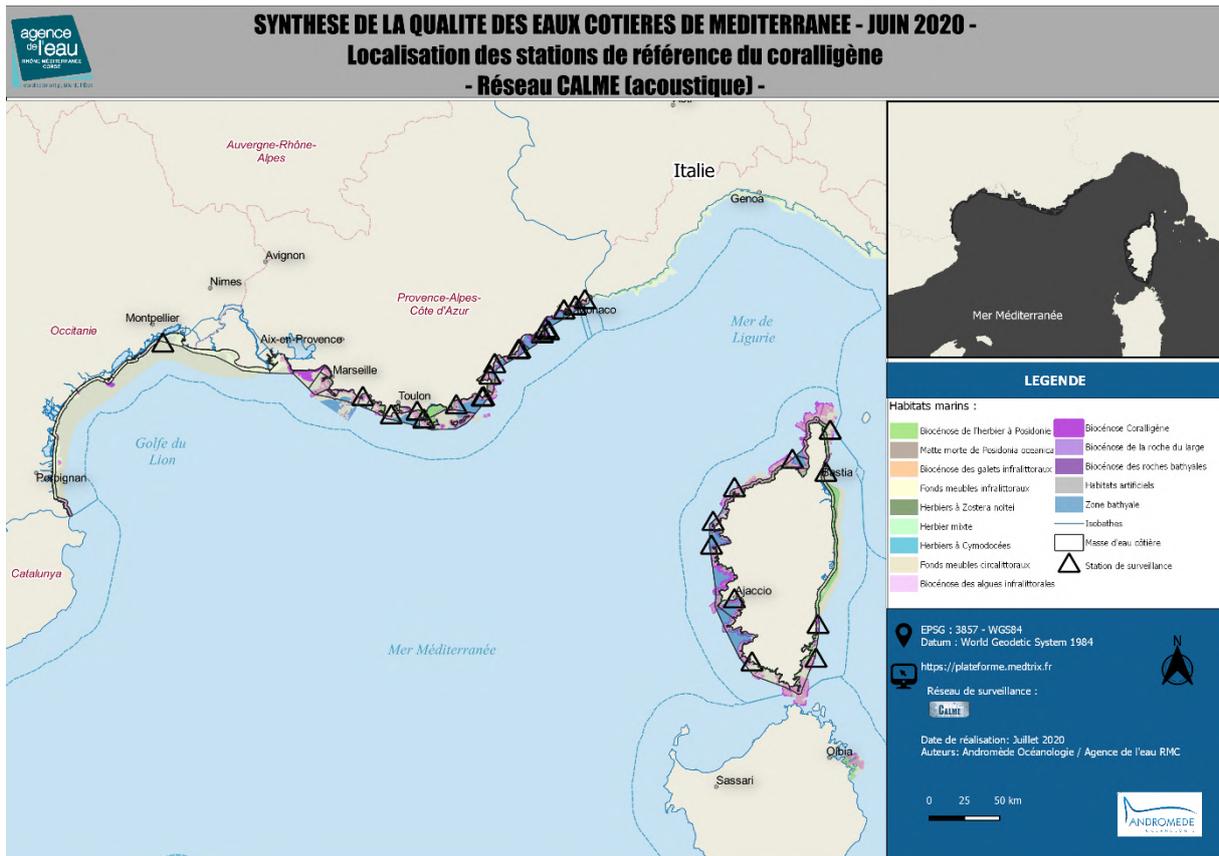


Figure 8 : Localisation des stations de référence du réseau CALME utilisées pour cet atlas cartographique.

Evaluation de l'état écologique

L'évaluation de l'état écologique prend en compte trois indicateurs. Le score final est la moyenne pondérée des scores de chaque indicateur.

Ces indicateurs sont basés sur l'analyse de **30 photographies de quadrats de 50 x 50 cm**, réalisées sur une même profondeur à chaque station de référence, le long d'un transect de 20 m (Deter et al., 2012b). **64 points** sont répartis aléatoirement sur chaque quadrat photographique grâce au logiciel [CPCe](#). L'identification de la nature des espèces ou substrat sur lesquels sont disposés ces points permet de calculer **les indicateurs pour évaluer l'état écologique**. Ce protocole est mis en place dans le cadre du réseau RECOR (Deter et al., 2012a, 2012b, Doxa et al., 2016).

1. Indice de vitalité des espèces sessiles

L'indice de vitalité des espèces sessiles est basé sur l'indice CAI² (Coralligenous Assemblages Index²) inspiré du CAI (Deter et al., 2012c, 2012b). Le CAI² se calcule selon la formule ci-dessous :

$$CAI^2 = ((D * 100) + MajBui + (100 - \%Sludge)) / 3$$

Avec

D = Indice de Simpson

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

Ni : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

MajBui = proportion relative des espèces bio-constructrices¹

%Sludge = pourcentage de recouvrement par la vase ou du sédiment fin.

La grille de l'état du coralligène en fonction de la valeur du CAI² est indiquée ci-dessous :

CAI ²	Etat Coralligène	Score
81-100	Très bon	5
71-80	Bon	4
61-70	Moyen	3
41-60	Médiocre	2
0-40	Mauvais	1

Cet indicateur est calculé sur les 52 stations RECOR dites de référence à partir des données de quadrats photographiques sur la période la plus récente (2017-2019).

2. Indicateur de bloom d'algues filamenteuses

L'indicateur de bloom algues filamenteuses correspond au **pourcentage de recouvrement maximum d'algues filamenteuses observées sur la (les) station(s) de référence** de la masse d'eau considérée, toutes années confondues.

La grille de l'état du coralligène en fonction de la valeur de l'indicateur de blooms d'algues filamenteuses du coralligène est indiquée ci-dessous :

Indicateur de bloom d'algues filamenteuses (%)	Etat Coralligène	Score
0-5	Très bon	5
6-10	Bon	4
11-20	Moyen	3
21-40	Médiocre	2
41-100	Mauvais	1

Cet indicateur est calculé sur les 52 stations RECOR dites de référence à partir des données de quadrats photographiques sur la période 2010-2019.

3. Indicateur de dynamique du coralligène

L'indicateur dynamique du coralligène correspond au **pourcentage de nécroses des algues bioconstructrices** ; c'est-à-dire : **% de nécroses des algues bioconstructrices = nombre de points de nécroses sur les algues rouges encrustantes / nombre de points totaux sur les algues rouges encrustantes (avec et sans nécroses) * 100.**

La grille de l'état du coralligène en fonction de la valeur de l'indicateur dynamique du coralligène est indiquée ci-dessous :

Indicateur dynamique du coralligène	Etat Coralligène	Score
-------------------------------------	------------------	-------

¹ Les algues *Mesophyllum sp.*, *Lithophyllum sp.* et *Peyssonnelia sp.*, les algues rouges encrustantes non identifiées, les coraux jaunes solitaires *Leptopsammia pruvoti*, les scleractiniaires *Hoplanguia durotrix*, *Caryophyllia inornata* et *Caryophyllia smithii*, les foraminifères *Miniacina miniacea*

<1	Très bon	5
[1 à 3]	Bon	4
]3 à 6]	Moyen	3
[7 à 10]	Médiocre	2
>10	Mauvais	1

Cet indicateur est calculé sur les 52 stations RECOR dites de référence à partir des données de quadrats photographiques sur la période la plus récente (2017-2019).

Evaluation du fonctionnement écologique

L'évaluation du fonctionnement écologique prend en compte trois indicateurs avec le même poids. Le score final est la moyenne pondérée des scores de chaque indicateur.

1. Indice de diversité des peuplements ichthyologiques

L'indice de diversité de Simpson est utilisé pour caractériser l'état des peuplements ichthyologiques à partir de données vidéos 360° sur la période 2015-2019 (cf. Plaquette de présentation de PISCIS disponible sur la plateforme MEDTRIX / projet PISCIS).

Il se calcule selon la formule suivante :

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

D : Indice de Simpson

Ni : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

La grille de l'état de fonctionnement du coralligène en fonction de la valeur de l'indice de Simpson est indiquée ci-dessous :

Indice de Simpson	Etat Coralligène	Score
0,81-1	Très bon	5
0,61-0,8	Bon	4
0,41-0,6	Moyen	3
0,21-0,4	Médiocre	2
0-0,2	Mauvais	1

Il est basé sur 32 sites PISCIS dits de référence.

2. Indice de qualité biophonique des invertébrés

Les invertébrés benthiques (crustacés, bivalves, échinodermes,...) produisent des sons de manière involontaire (mouvement, nutrition) ou volontaire (principalement chez les crustacés). Les sons produits sont courts (craquement, quelques millisecondes) de fréquences assez élevées audibles ou ultrasonores comprises entre 1.5 kHz et 70 kHz. Chaque son individuel possède une portée comprise entre quelques mètres et plusieurs centaines de mètres (Coquereau et al, 2016). Compte tenu de la densité d'animaux sur le fond, la production sonore des invertébrés comprend deux composantes. Les animaux proches génèrent des sons séparables entendus individuellement (~ 20 sons par seconde) et les animaux lointains génèrent des sons qui vont se mélanger pour

Surveillance biologique et qualité des eaux de Méditerranée

produire un bruit de fond audible jusqu'à plusieurs kilomètres (Lossent et al, 2017). Pour rendre bien compte de ces deux composantes, la biophonie des invertébrés est caractérisée par deux indicateurs :

- **Le nombre de sons individuels captés par seconde** en utilisant la méthode de détection et de comptage décrite dans Gervaise et al, 2019.
- **Le bruit de fond** généré par les animaux lointains (ANL Ambient Noise Level dans la bande de fréquence comprise entre 1 500 Hz et 70 000 Hz, dB re. 1µPa) est calculé en suivant la méthode décrite dans Kinda et al, 2013.

Des grilles d'état ont été définies pour le nombre de sons par seconde et pour le niveau de bruit ambiant :

Nombre des sons reçus par seconde	Score	ANL dB re.1µPa	Score
>24.5	5	> 112.6	5
> 21-24.5	4	> 110.3—112.6	4
>19.5-21	3	>107.7-110.3	3
>14.2-19.25	2	>104.7-107.7	2
<14.2	1	<104	1

Au final, l'état bioacoustique des invertébrés est évalué comme la moyenne des états obtenus pour le nombre de sons par seconde et pour le bruit ambiant. La grille de l'état de fonctionnement de l'herbier en fonction de la moyenne des scores est indiquée ci-dessous :

Moyenne des scores	Etat bioacoustique des sons émis par les invertébrés	Score
>5	Très bon	5
>4-5	Bon	4
>3-4	Moyen	3
>2-3	Médiocre	2
<2	Mauvais	1

Il est basé sur 29 sites CALME dits de référence.

3. Indice de vitalité des espèces érigées.

L'indice de vitalité des gorgones est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Indice de vitalité des gorgones} = (\text{EQR}'\text{densité} + \text{EQR}'\text{nécroses} + \text{EQR}'\text{démographie}) / 3$$

Avec :

$$\text{EQR}'\text{densité} = (\text{densité} / \text{Ref densité}) * 100 ;$$

$$\text{EQR}'\text{nécroses} = 100 - (\% \text{ nécroses non naturelles} / \text{Ref nécroses} * 100) ;$$

$$\text{EQR}'\text{démographie} = (\text{Indicateur démographie} / \text{Ref démographie}) * 100 ;$$

EQR = Ecological Quality Ratio

Ref correspond à la valeur de référence soit la valeur maximale pour la densité, les nécroses non naturelles et l'indicateur de démographie observée dans l'étude de la démographie des espèces érigées du réseau RECOR. Les valeurs de référence sont calculées à partir des données des sites de référence le long de la façade méditerranéenne française.

La densité correspond au nombre d'individus / m² de l'espèce majoritaire sur le site (gorgone jaune *Eunicella cavolinii*, gorgone blanche *Eunicella singularis*, gorgone rouge *Paramuricea clavata*). Cette donnée est évaluée à partir de 30 quadrats aléatoires de 50 x 50 cm réalisés à une même profondeur.

La proportion de nécroses non naturelles correspond au pourcentage de l'espèce majoritaire sur le site (gorgone jaune *Eunicella cavolinii*, gorgone blanche *Eunicella singularis*, gorgone rouge *Paramuricea clavata*) présentant plus de 10 % de nécroses. Cette donnée est évaluée à partir de 30 quadrats aléatoires de 50 x 50 cm réalisés à une même profondeur.

L'indicateur de démographie est un indice de Shannon calculé sur les proportions de colonies petites (0-10 cm), moyennes (11-50 cm) et grandes (>50 cm) tailles de l'espèce majoritaire sur le site (gorgone jaune *Eunicella cavolinii*, gorgone blanche *Eunicella singularis*, gorgone rouge *Paramuricea clavata*). Cette donnée est évaluée à partir d'un quadrat de 2 m².

La grille de l'état de fonctionnement du coralligène en fonction de la valeur de l'indice de vitalité des gorgones est indiquée ci-dessous :

Indicateur de vitalité des gorgones	Etat Coralligène	Score
81-100	Très bon	5
61-80	Bon	4
41-60	Moyen	3
21-40	Médiocre	2
0-20	Mauvais	1

Cet indicateur est calculé sur les 32 sites RECOR dits de référence (= sites correspondant aux stations de référence) à partir des données concernant la démographie des espèces érigées étudiée dans le cadre de RECOR sur la période la plus récente (2017-2019) (cf. Plaquette de présentation de RECOR disponible sur la plateforme MEDTRIX / projet RECOR).

Evaluation du niveau de pressions

L'état du coralligène soumis aux pressions d'activités humaines côtières est basé sur **l'indice d'impacts cumulés sur le coralligène**.

En couplant la carte de présence du coralligène avec la carte des 11 pressions (projet IMPACT disponible sur la plateforme MEDTRIX ; Holon et al., 2015a; Holon, 2015)) et une matrice de sensibilité (Holon et al., 2015b), l'impact de chaque pression est calculé au sein de chaque cellule de 20 x 20 m.. Ces impacts sont ensuite cumulés (pour chaque cellule) en faisant la somme des pressions, puis moyennés pour chaque masse d'eau sur les cellules comprenant du coralligène.

La grille de l'état du coralligène en fonction de la valeur de l'indice d'impacts cumulés est indiquée ci-dessous :

Surveillance biologique et qualité des eaux de Méditerranée

Indice d'impacts cumulés	Etat du coralligène	Score
0-10	Très bon	5
11-20	Bon	4
21-50	Moyen	3
51-80	Médiocre	2
81-100	Mauvais	1

Les 11 pressions sont : urbanisation, population côtière, érosion côtière, aggradation côtière, agriculture, aménagements côtiers, effluents industriels, aquaculture, pêche, mouillage, rejets urbains. Deux pressions déjà prises en compte dans l'indice d'impacts cumulés sont affichées à titre informatif sur l'atlas :

- Pression moyenne du trafic maritime

Une matrice de sensibilité adaptée d'après Halpern et al.(2008) et Micheli et al.(2013) a été utilisée pour calculer l'indice d'impact du trafic maritime pour chaque pixel de 20 x 20 m. Ces impacts sont ensuite moyennés pour chaque masse d'eau sur les pixels de coralligène. Le classement utilisé pour l'impact moyen du trafic maritime par masse d'eau est un classement à intervalles réguliers en 5 classes sur l'étendue des valeurs moyennes par masse d'eau.

- Pressions des engins de pêche perdus

La présence / absence d'engins de pêche perdus est évaluée sur les stations RECOR dites de référence à partir des données de quadrats photographiques (cf. « Etat écologique »), toutes années confondues. Le symbole est affiché en rouge si présence d'engins de pêche, en bleu si absence d'engins.

Synthèse

Le tableau suivant présente une synthèse des différents indicateurs utilisés pour calculer l'état écologique, l'état de fonctionnement écologique et le niveau de pression sur les récifs coralligènes :

Etat	ECOLOGIQUE			FONCTIONNEMENT			PRESSIONS
	Coralligène Vitalité (1)		Coralligène Dynamique (1)	Coralligène Poissons (1)	Coralligène Bioacoustique (1)	Coralligène Gorgones (1)	Coralligène Pressions
Indicateur (poids)							
Indices	CAI ²	Indicateur de blooms d'algues filamenteuses (%)	Indicateur dynamique du coralligène	Indice de Simpson	Moyenne des scores du bruit de fond et du nombre de sons reçus par seconde	Indicateur de vitalité des gorgones	Indice d'impacts cumulés
Etat (Score)	Etat du coralligène						
Très bon (5)	81-100	0-5	<1	0,81-1	>5	81-100	0-10
Bon (4)	71-80	6-10	[1 à 3]	0,61-0,8	>4-5	61-80	11-20
Moyen (3)	61-70	11-20]3 à 6]	0,41-0,6	>3-4	41-60	21-50
Médiocre (2)	41-60	21-40	[7 à 10]	0,21-0,4	>2-3	21-40	51-80
Mauvais (1)	0-40	41-100	>10	0-0,2	<2	0-20	81-100

L'état final de l'écosystème Récifs coralligènes dans une masse d'eau côtière est évalué selon cinq classes :

ETAT FINAL DES RECIFS CORALLIGENES	
Code	Signification
Coralligène en bon état final	coralligène présentant un bon état écologique, de bonnes fonctionnalités et sans pressions significatives
Coralligène en état bon état écologique	coralligène présentant un bon état écologique mais dont le fonctionnement n'est pas qualifié ou légèrement à moyennement altéré
Coralligène en état final moyen	coralligène présentant des signes de dégradations significatifs
Coralligène au fonctionnement écologique altéré	coralligène présentant une altération significative de ses fonctions écologiques (nursérie, habitat, ...) quelque soit son état
Coralligène menacé	coralligène sous pressions impactantes, en mauvais état écologique et/ou de fonctionnement

Atlas cartographique des herbiers de posidonie et des récifs coralligènes par masse d'eau côtière

Les tableaux suivants présentent, pour chaque masse d'eau côtière, la qualité générale de l'herbier de posidonie puis des récifs coralligènes et détaillent l'état écologique, l'état du fonctionnement écologique et du niveau de pressions.

En lien avec ces tableaux, 39 cartes coralligène et 44 cartes herbier de posidonie ont été réalisées par masse d'eau côtière. Elles illustrent la qualité générale de l'herbier de posidonie puis des récifs coralligènes (ie : état final). Les pastilles de couleur dans l'encart à droite de la carte indiquent la qualité de chaque indice permettant d'évaluer l'état écologique, l'état du fonctionnement écologique et du niveau de pressions pour chaque écosystème. L'état final de chaque écosystème est indiqué dans le titre de la carte. La localisation des stations de référence est indiquée par un triangle noir.

Tableau de synthèse de l'état final de l'herbier par masse d'eau côtière

MASSE D'EAU COTIERE		ETAT ECOLOGIQUE	ETAT FONCTIONNEMENT ECOLOGIQUE	NIVEAU DE PRESSIONS	ETAT FINAL DE L HERBIER
CODE	NOM				
FRDC01	Frontière espagnole - Racou plage	état écologique moyen	fonctionnement écologique mauvais	niveau de pressions impactant	Herbier menacé
FRDC02a	Racou plage - Embouchure de l'Aude	état écologique moyen	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions très impactant	Herbier menacé
FRDC02b	Embouchure de l'Aude – Cap d'Agde	état écologique moyen	fonctionnement écologique mauvais	niveau de pressions très impactant	Herbier menacé
FRDC02c	Cap d'Agde	état écologique mauvais	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions impactant	Herbier menacé
FRDC02d	Limite Cap d'Agde – Sète	Pas d'herbier dans la masse d'eau			
FRDC02e	Sète – Frontignan	Pas d'herbier dans la masse d'eau			
FRDC02f	Frontignan - Pointe de l'Espiguette	état écologique médiocre	fonctionnement écologique mauvais	niveau de pressions faible	Herbier menacé
FRDC04	Golfe de Fos	état écologique moyen	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Herbier au fonctionnement écologique altéré
FRDC05	Côte Bleue	état écologique moyen	fonctionnement écologique excellent	niveau de pressions impactant	Herbier en état final moyen
FRDC06a	Petite Rade de Marseille	état écologique moyen	fonctionnement écologique excellent	niveau de pressions impactant	Herbier en état final moyen
FRDC06b	Pointe d'Endoume - Cap Croisette et Iles du Frioul	état écologique moyen	fonctionnement écologique bon	niveau de pressions impactant	Herbier en état final moyen
FRDC07a	Iles de Marseille hors Frioul	état écologique bon	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions faible	Herbier en bon état écologique
FRDC07b	Cap Croisette - Bec de l'Aigle	état écologique bon	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions faible	Herbier en bon état écologique
FRDC07c	Bec de l'Aigle - Pointe Fauconnière	état écologique moyen	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Herbier au fonctionnement écologique altéré
FRDC07d	Bec de l'Aigle - Ilôt Pierreplane	état écologique bon	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions impactant	Herbier en bon état écologique
FRDC07e	Ilôt Pierreplane - Pointe du Gaou	état écologique moyen	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions impactant	Herbier en état final moyen

Surveillance biologique et qualité des eaux de Méditerranée

FRDC07f	Pointe du Gaou – Pointe Escampobariou	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Herbier au fonctionnement écologique altéré
FRDC07g	Cap Cépet - Cap de Carqueiranne	état écologique moyen	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions impactant	Herbier en état final moyen
FRDC07h	Ile d'Hyères	état écologique bon	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions faible	herbier en bon état final
FRDC07i	Cap de l'Estérel – Cap de Brégançon	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions faible	Herbier au fonctionnement écologique altéré
FRDC07j	Cap Bénat – Cap Camarat	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions faible	Herbier au fonctionnement écologique altéré
FRDC08a	Cap Camarat – Ouest Fréjus	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Herbier au fonctionnement écologique altéré
FRDC08b	Ouest Fréjus - Saint-Raphaël	état écologique bon	fonctionnement écologique excellent	niveau de pressions impactant	Herbier en état final moyen
FRDC08c	Fréjus – Saint-Raphaël – Ouest Sainte-Maxime	état écologique moyen	fonctionnement écologique bon	niveau de pressions impactant	Herbier en état final moyen
FRDC08d	Saint-Raphaël – Pointe de la Galère	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Herbier au fonctionnement écologique altéré
FRDC08e	Pointe de la Galère – Cap d'Antibes	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Herbier au fonctionnement écologique altéré
FRDC09a	Cap d'Antibes - Sud port Antibes	état écologique bon	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions très impactant	Herbier menacé
FRDC09b	Port Antibes – Port de commerce de Nice	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions très impactant	Herbier menacé
FRDC09c	Port de commerce de Nice – Cap Ferrat	état écologique bon	fonctionnement écologique bon	niveau de pressions impactant	Herbier en bon état écologique
FRDC09d	Rade de Villefranche	état écologique moyen		niveau de pressions impactant	Herbier menacé
FRDC10a	Cap Ferrat – Cap d'Ail	état écologique moyen	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Herbier au fonctionnement écologique altéré
FRDC10c	Monte Carlo - Frontière italienne	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Herbier au fonctionnement écologique altéré

Surveillance biologique et qualité des eaux de Méditerranée

FREC01ab	Pointe Palazzu - Sud Nonza	état écologique excellent	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions très faible	Herbier au fonctionnement écologique altéré
FREC01c	Golfe de Saint Florent	état écologique bon	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions faible	Herbier en bon état écologique
FREC01d	Canari	état écologique bon	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions très faible	Herbier en bon état écologique
FREC01e	Cap Ouest	état écologique bon	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions très faible	Herbier en bon état écologique
FREC02ab	Cap Est de la Corse	état écologique bon	fonctionnement écologique bon	niveau de pressions très faible	herbier en bon état final
FREC02c	Littoral Bastiais	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions très faible	Herbier au fonctionnement écologique altéré
FREC02d	Plaine orientale	état écologique bon	fonctionnement écologique bon	niveau de pressions très faible	herbier en bon état final
FREC03ad	Littoral S.E. de la Corse	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions très faible	Herbier en état final moyen
FREC03b	Golfe de Porto-vecchio	état écologique bon	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions impactant	Herbier en bon état écologique
FREC03c	Golfe de Santa Amanza	état écologique moyen	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions faible	Herbier en état final moyen
FREC03f	Goulet de Bonifacio	état écologique moyen	Etat de fonctionnement de l'herbier non qualifié	niveau de pressions impactant	Herbier en état final moyen
FREC03eg	Littoral Sud Ouest de la Corse	état écologique excellent	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions très faible	Herbier en état final moyen
FREC04ac	Pointe Senetosa - Pointe Palazzu	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions très faible	Herbier au fonctionnement écologique altéré
FREC04b	Golfe d'Ajaccio	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions faible	Herbier en état final moyen

Surveillance biologique et qualité des eaux de Méditerranée

Tableau de synthèse de l'état final des récifs coralligènes par masse d'eau côtière

MASSE D'EAU COTIERE		ETAT ECOLOGIQUE	ETAT FONCTIONNEMENT ECOLOGIQUE	NIVEAU DE PRESSIONS	ETAT FINAL DES RECIFS CORALLIGENES
CODE	NOM				
FRDC01	Frontière espagnole - Racou plage	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Coralligène en état final moyen
FRDC02a	Racou plage - Embouchure de l'Aude	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions impactant	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FRDC02b	Embouchure de l'Aude – Cap d'Agde	Pas de coralligène dans la masse d'eau			
FRDC02c	Cap d'Agde	état écologique bon	fonctionnement écologique mauvais	niveau de pressions impactant	Coralligène menacé
FRDC02d	Limite Cap d'Agde – Sète	Pas de coralligène dans la masse d'eau			
FRDC02e	Sète – Frontignan	Pas de coralligène dans la masse d'eau			
FRDC02f	Frontignan - Pointe de l'Espiguette	état écologique moyen	fonctionnement écologique moyen		Coralligène en état final moyen
FRDC04	Golfe de Fos	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions très impactant	Coralligène menacé
FRDC05	Côte Bleue	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions faible	Coralligène en état final bon à légèrement altéré
FRDC06a	Petite Rade de Marseille	Etats écologique et de fonctionnement du Coralligène non qualifiés		niveau de pressions impactant	Etat du Coralligène non qualifié, sous pressions impactantes
FRDC06b	Pointe d'Endoume - Cap Croisette et Iles du Frioul	état écologique moyen	fonctionnement écologique bon	niveau de pressions très faible	Coralligène en état général moyen
FRDC07a	Iles de Marseille hors Frioul	état écologique bon	fonctionnement écologique bon	niveau de pressions impactant	Coralligène en état final bon à légèrement altéré
FRDC07b	Cap Croisette - Bec de l'Aigle	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions faible	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FRDC07c	Bec de l'Aigle - Pointe Fauconnière	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Coralligène en état final moyen
FRDC07d	Bec de l'Aigle - Ilôt Pierreplane	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions très impactant	Coralligène menacé
FRDC07e	Ilôt Pierreplane - Pointe du Gaou	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions impactant	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FRDC07f	Pointe du Gaou – Pointe Escampobarou	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Coralligène en état final moyen
FRDC07g	Cap Cépet - Cap de Carqueiranne	état écologique médiocre	fonctionnement écologique mauvais	niveau de pressions impactant	Coralligène menacé
FRDC07h	Ile d'Hyères	état écologique moyen	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions très faible	Coralligène au fonctionnement écologique altéré

Surveillance biologique et qualité des eaux de Méditerranée

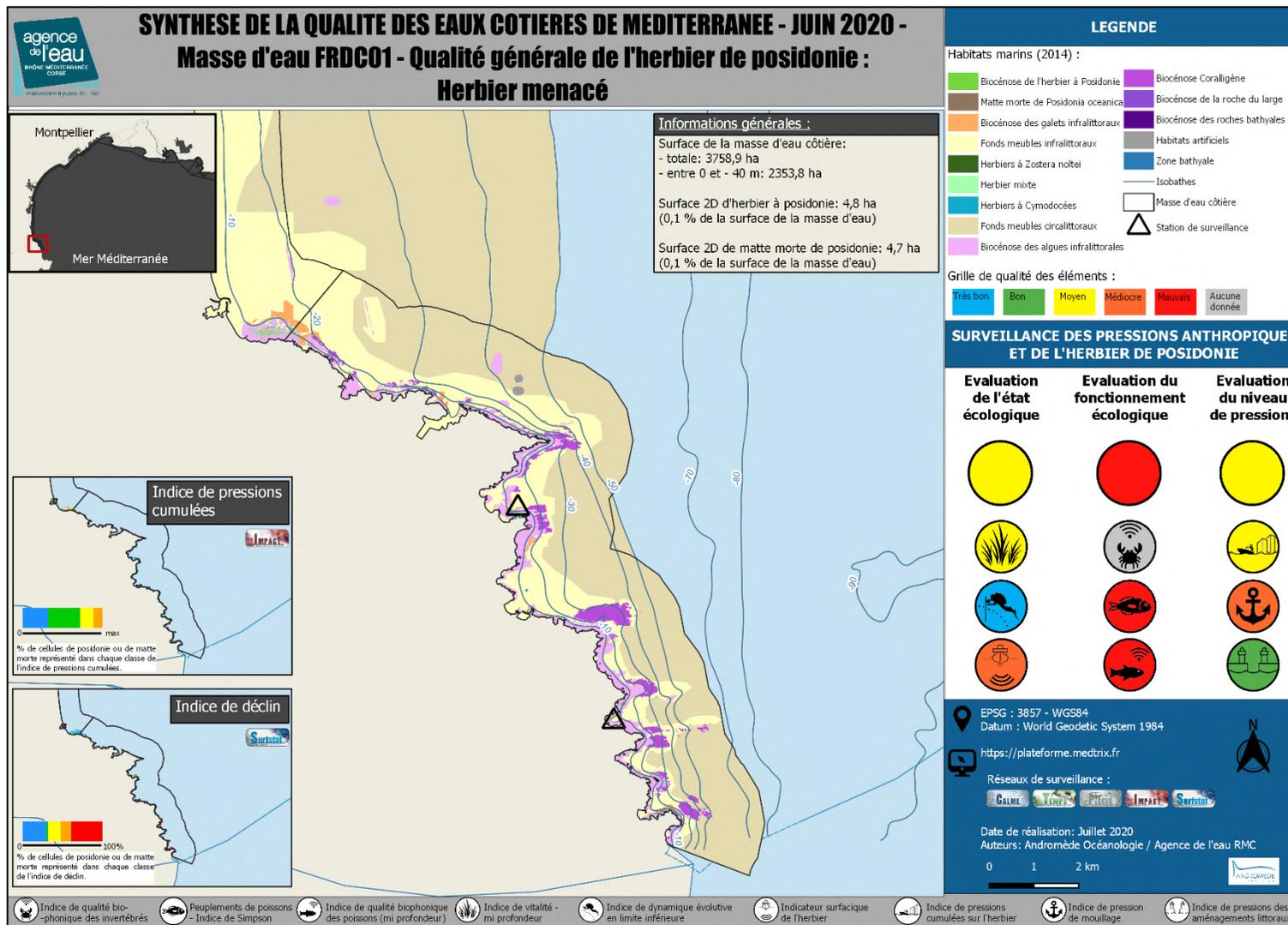
FRDC07i	Cap de l'Estérel – Cap de Brégançon	Pas de coralligène dans la masse d'eau			
FRDC07j	Cap Bénat – Cap Camarat	état écologique moyen	fonctionnement écologique mauvais	niveau de pressions faible	Coralligène menacé
FRDC08a	Cap Camarat – Ouest Fréjus	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions faible	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FRDC08b	Ouest Fréjus - Saint-Raphaël	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Coralligène menacé
FRDC08c	Fréjus – Saint-Raphaël – Ouest Sainte-Maxime	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions impactant	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FRDC08d	Saint-Raphaël – Pointe de la Galère	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions faible	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FRDC08e	Pointe de la Galère – Cap d'Antibes	état écologique excellent	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions impactant	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FRDC09a	Cap d'Antibes - Sud port Antibes	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions faible	Coralligène en état final bon à légèrement altéré
FRDC09b	Port Antibes – Port de commerce de Nice	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions impactant	Coralligène en état final moyen
FRDC09c	Port de commerce de Nice – Cap Ferrat	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions impactant	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FRDC09d	Rade de Villefranche	état écologique moyen	Etat de fonctionnement du Coralligène non qualifié	niveau de pressions impactant	Coralligène en état final moyen
FRDC10a	Cap Ferrat – Cap d'Ail	état écologique moyen	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions impactant	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FRDC10c	Monte Carlo - Frontière italienne	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions faible	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FREC01a b	Pointe Palazzu - Sud Nonza	état écologique bon	fonctionnement écologique mauvais	niveau de pressions très faible	Coralligène menacé
FREC01c	Golfe de Saint Florent	état écologique moyen	fonctionnement écologique bon	niveau de pressions faible	Coralligène en état final moyen
FREC01d	Canari	état écologique bon	fonctionnement écologique bon	niveau de pressions très faible	Coralligène en bon état final
FREC01e	Cap Ouest	état écologique bon	fonctionnement écologique bon	niveau de pressions faible	Coralligène en bon état final
FREC02a b	Cap Est de la Corse	état écologique bon	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions faible	Coralligène en état final bon à légèrement altéré
FREC02c	Littoral Bastiais	état écologique moyen	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions impactant	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FREC02d	Plaine orientale	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions très faible	Coralligène au fonctionnement écologique altéré

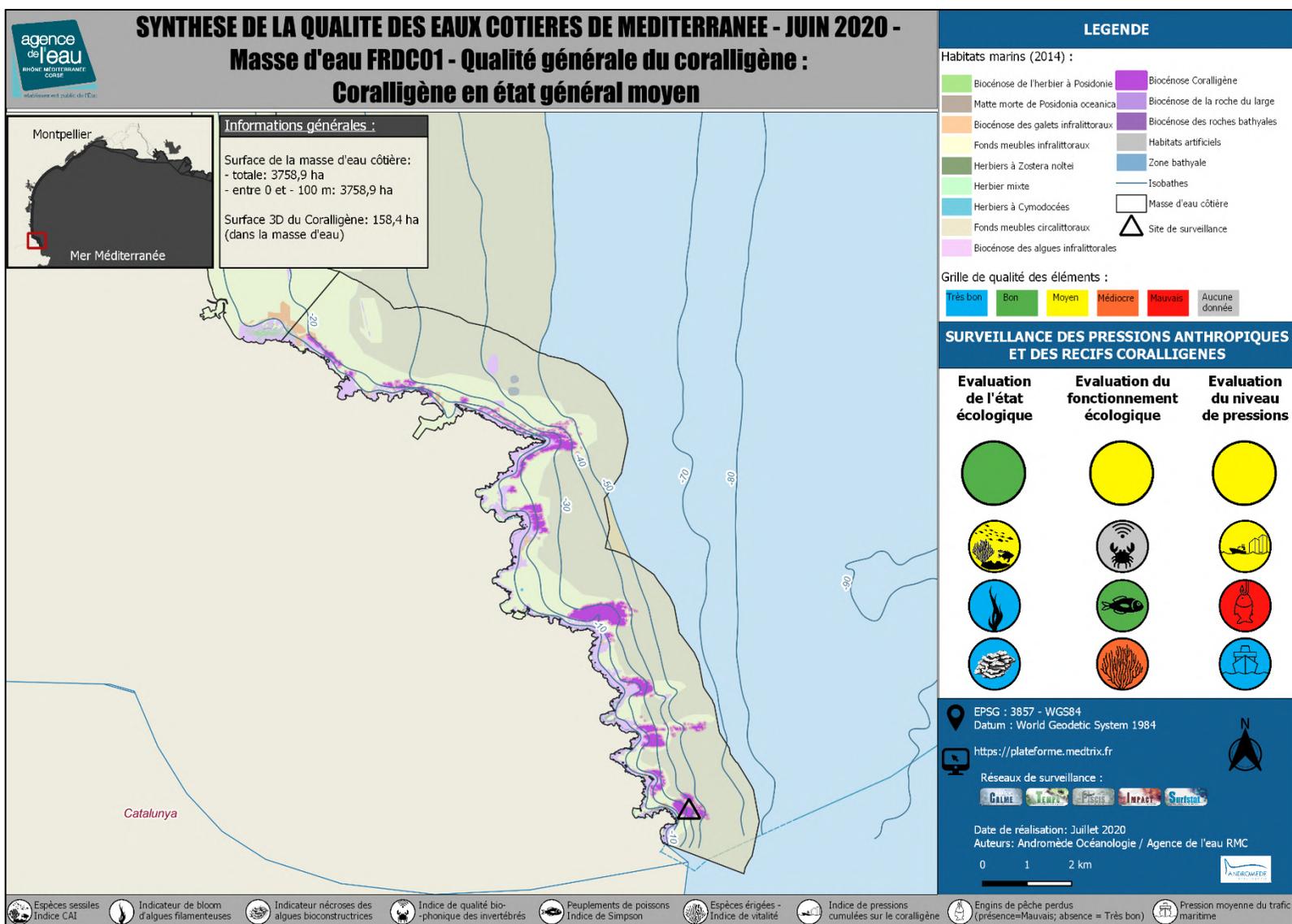
Surveillance biologique et qualité des eaux de Méditerranée

FREC03a d	Littoral S.E. de la Corse	état écologique moyen	fonctionnement écologique moyen	niveau de pressions très faible	Coralligène en état final moyen
FREC03b	Golfe de Porto-vecchio	Pas de coralligène dans la masse d'eau			
FREC03c	Golfe de Santa Amanza	Pas de coralligène dans la masse d'eau			
FREC03f	Goulet de Bonifacio	Pas de coralligène dans la masse d'eau			
FREC03e g	Littoral Sud Ouest de la Corse	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions très faible	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FREC04a c	Pointe Senetosa - Pointe Palazzu	état écologique bon	fonctionnement écologique médiocre	niveau de pressions très faible	Coralligène au fonctionnement écologique altéré
FREC04b	Golfe d'Ajaccio	état écologique bon	fonctionnement écologique bon	niveau de pressions très faible	Coralligène en bon état final

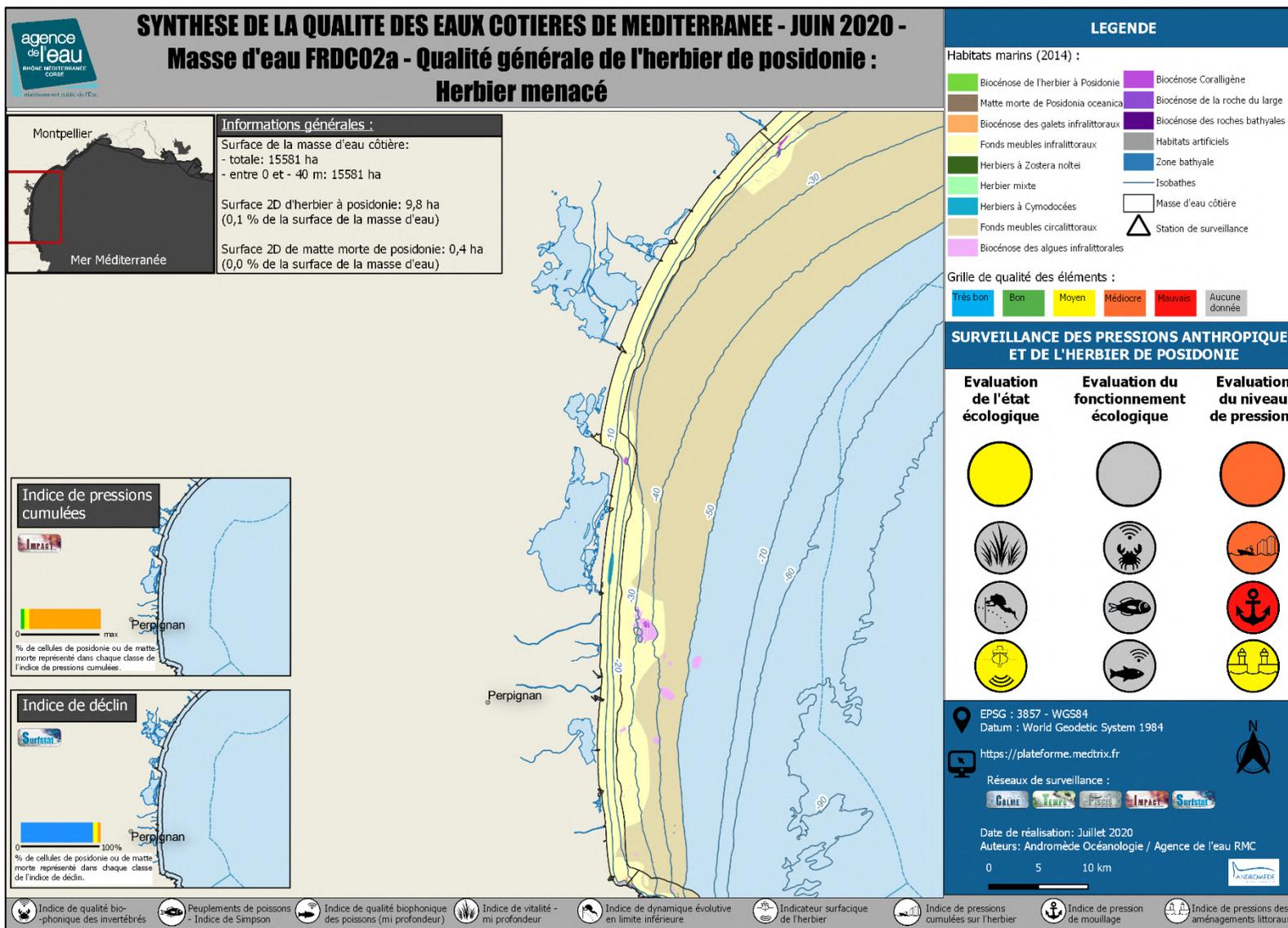
Atlas cartographique - Région Occitanie

Masse d'eau FRDC01





Masse d'eau FRDC02a



LEGENDE

Habitats marins (2014) :

- Biocénose de l'herbier à Posidonie
- Matte morte de Posidonia oceanica
- Biocénose des galets infralittoraux
- Fonds meubles infralittoraux
- Herbiers à Zostera noltei
- Herbier mixte
- Herbiers à Cymodocées
- Fonds meubles circalittoraux
- Biocénose des algues infralittorales
- Biocénose Coralligène
- Biocénose de la roche du large
- Biocénose des roches bathyales
- Habitats artificiels
- Zone bathyale
- Iso bathes
- Masse d'eau côtière
- Station de surveillance

Grille de qualité des éléments :

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	Aucune donnée
----------	-----	-------	----------	---------	---------------

SURVEILLANCE DES PRESSIONS ANTHROPIQUES ET DE L'HERBIER DE POSIDONIE

Evaluation de l'état écologique	Evaluation du fonctionnement écologique	Evaluation du niveau de pressions
		
		
		
		

EPSG : 3857 - WGS84
Datum : World Geodetic System 1984
<https://plateforme.medtrix.fr>

Réseaux de surveillance :



Date de réalisation: Juillet 2020
Auteurs: Andromède Océanologie / Agence de l'eau RMC

0 5 10 km



 Indice de qualité biophonique des invertébrés

 Peuplements de poissons - Indice de Simpson

 Indice de qualité biophonique des poissons (mi profondeur)

 Indice de vitalité - mi profondeur

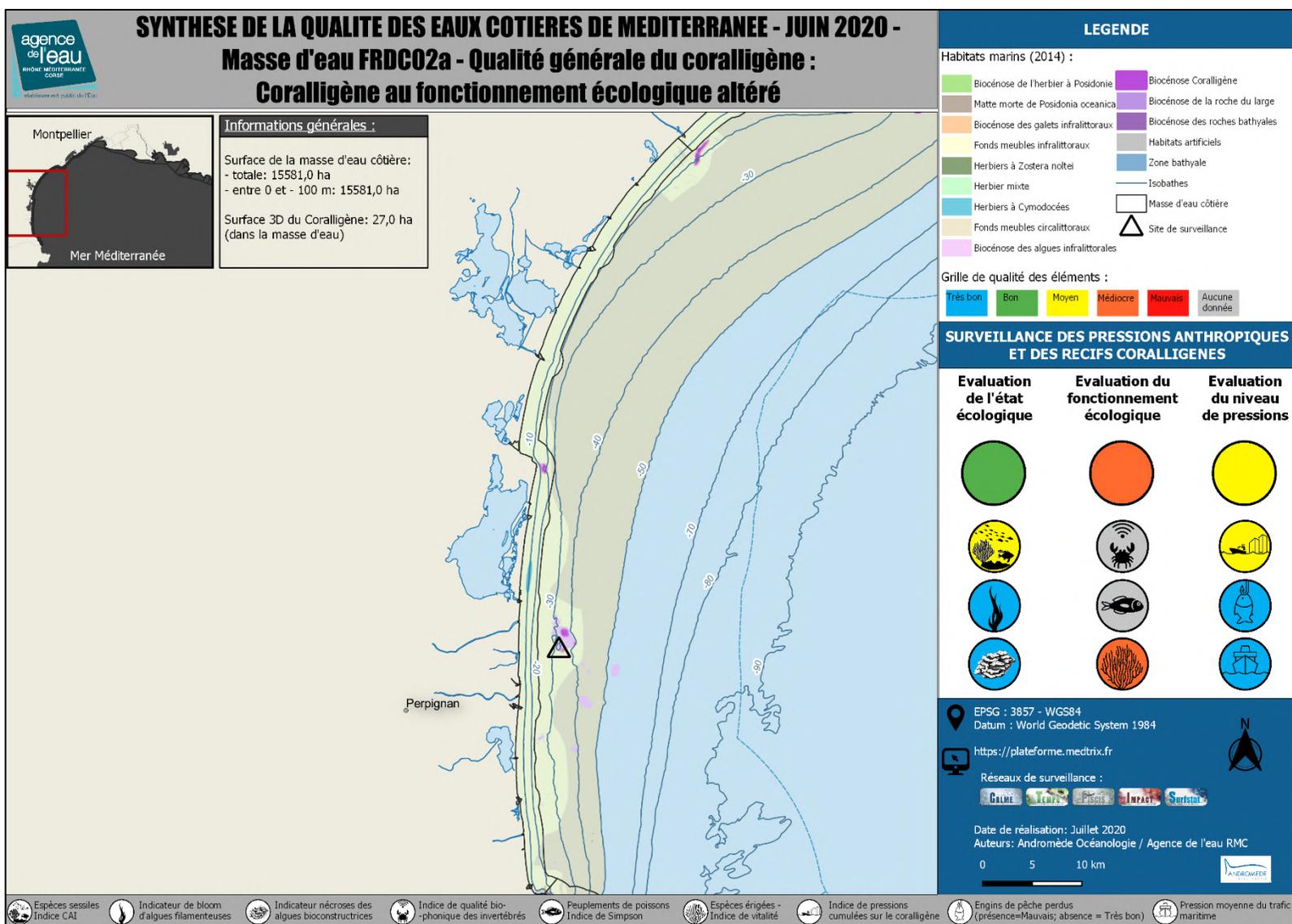
 Indice de dynamique évolutive en limite inférieure

 Indicateur surfacique de l'herbier

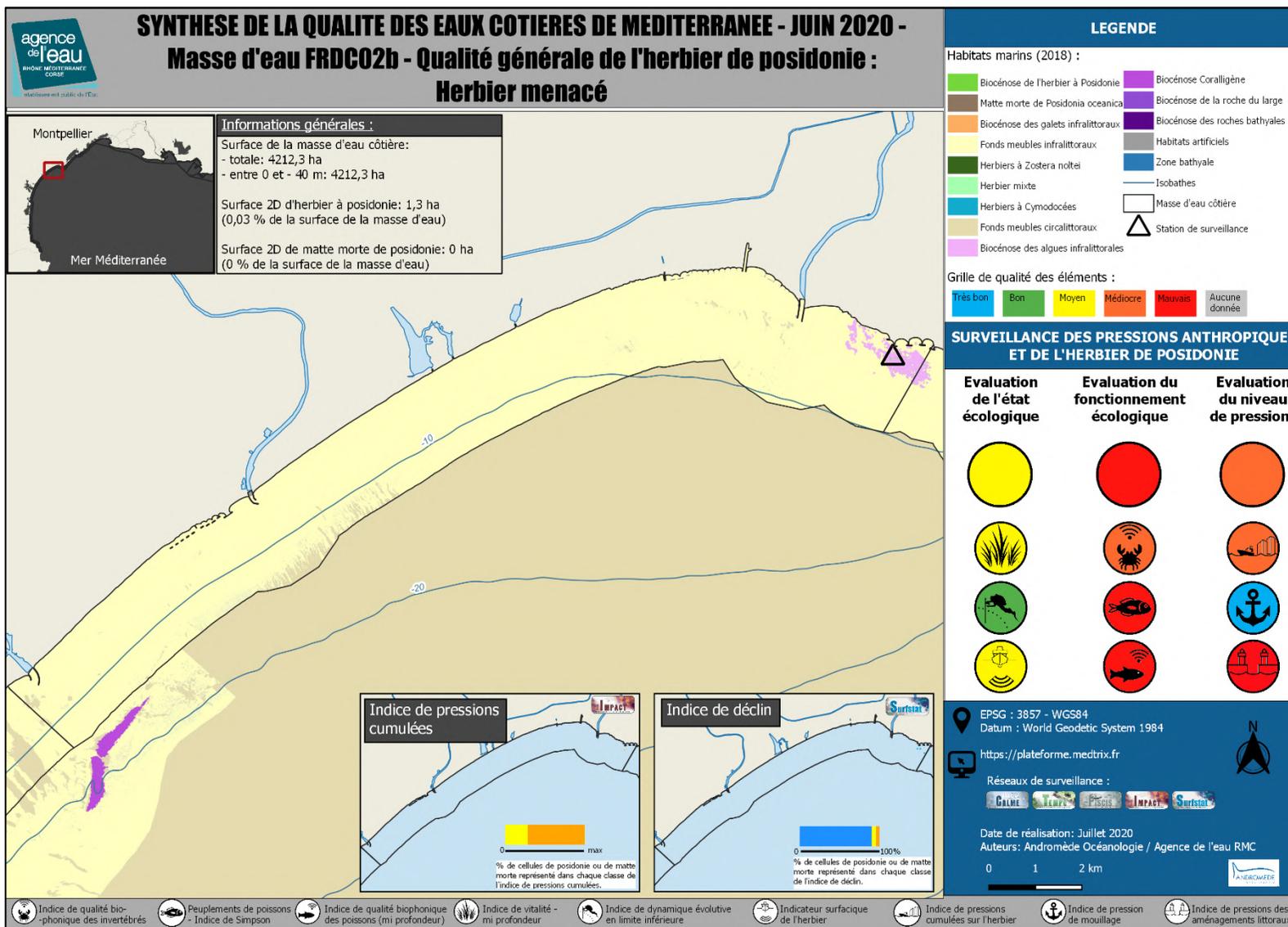
 Indice de pressions cumulées sur l'herbier

 Indice de pression de mouillage

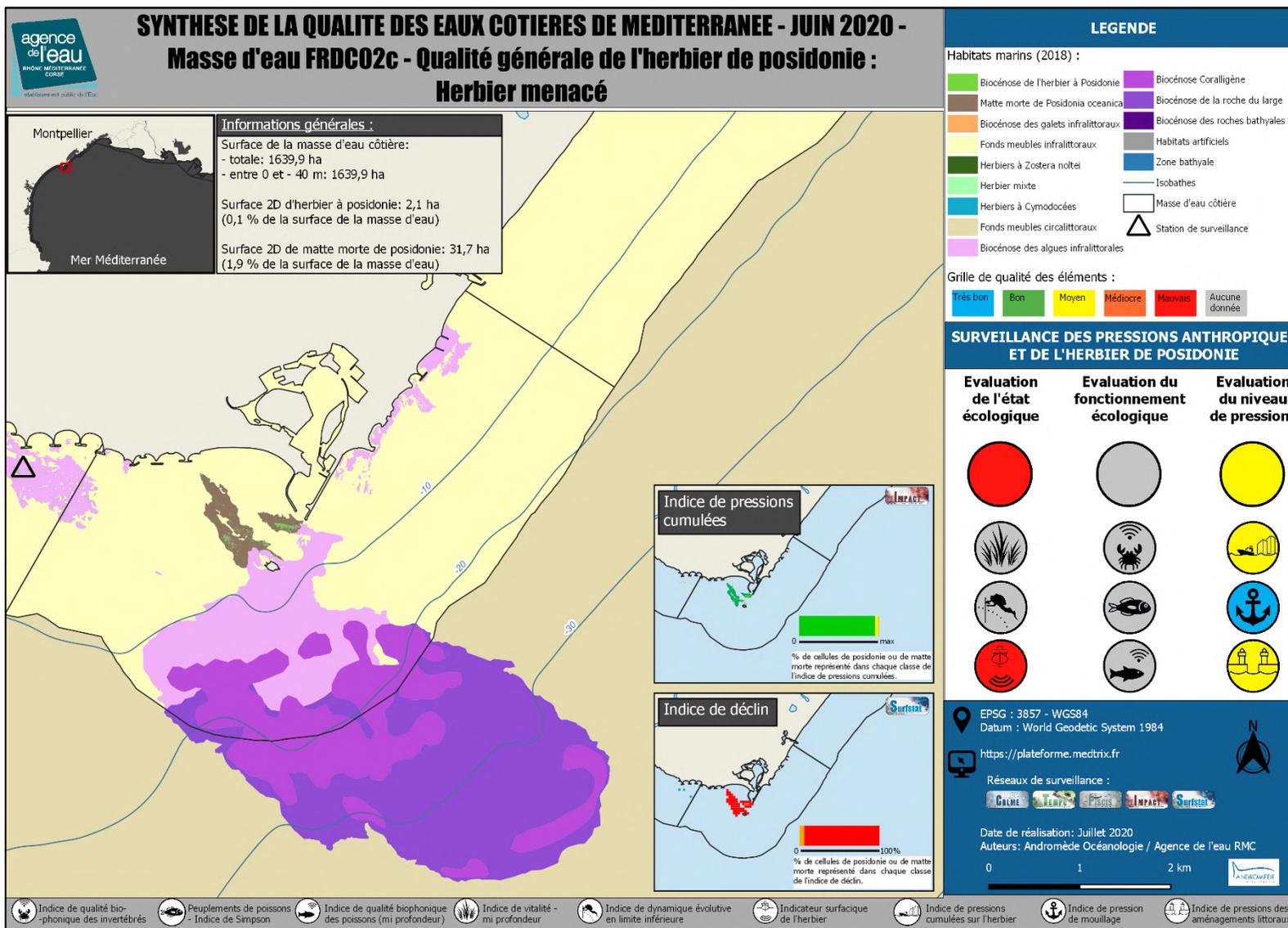
 Indice de pressions des aménagements littoraux

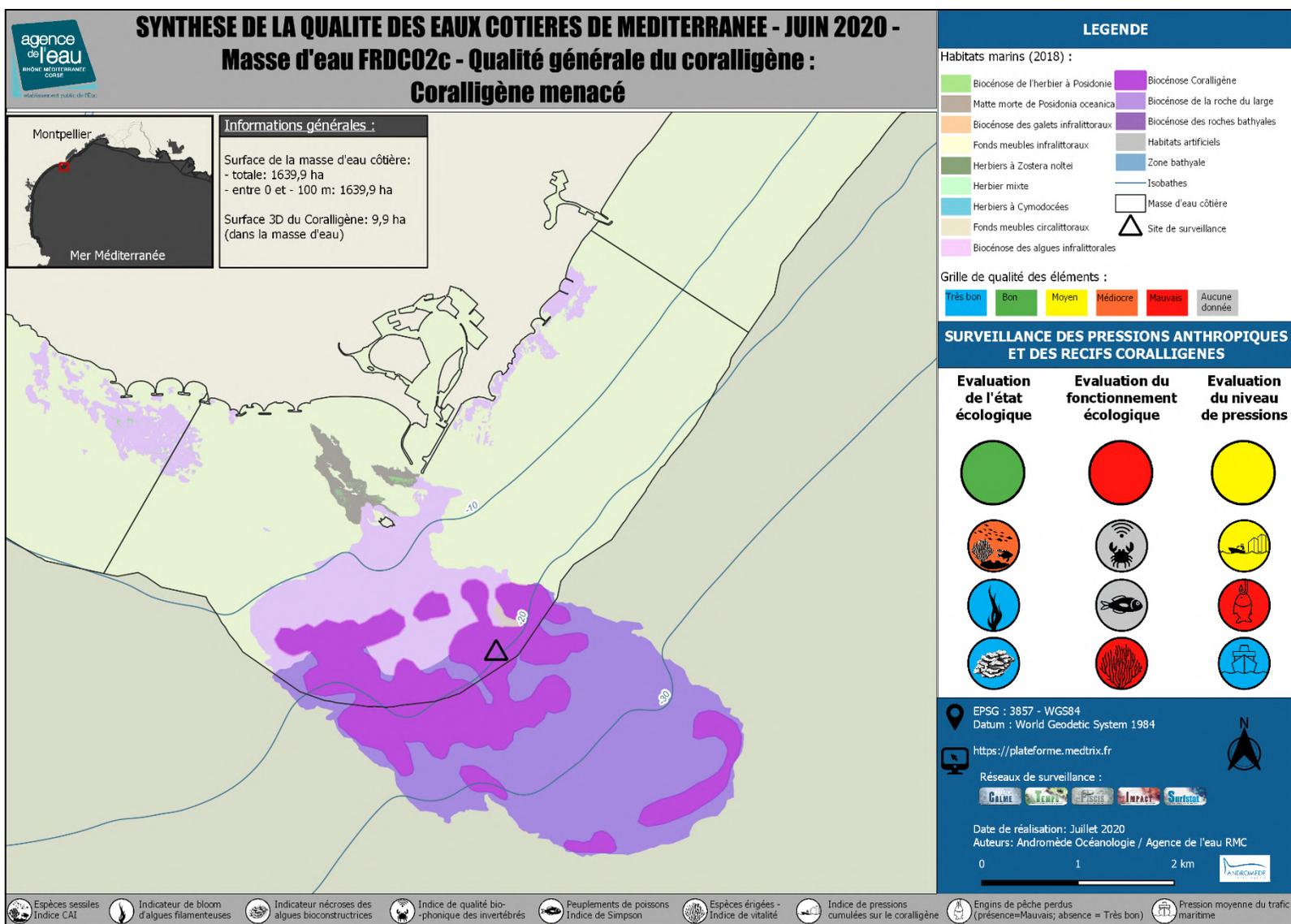


Masse d'eau FRDC02b

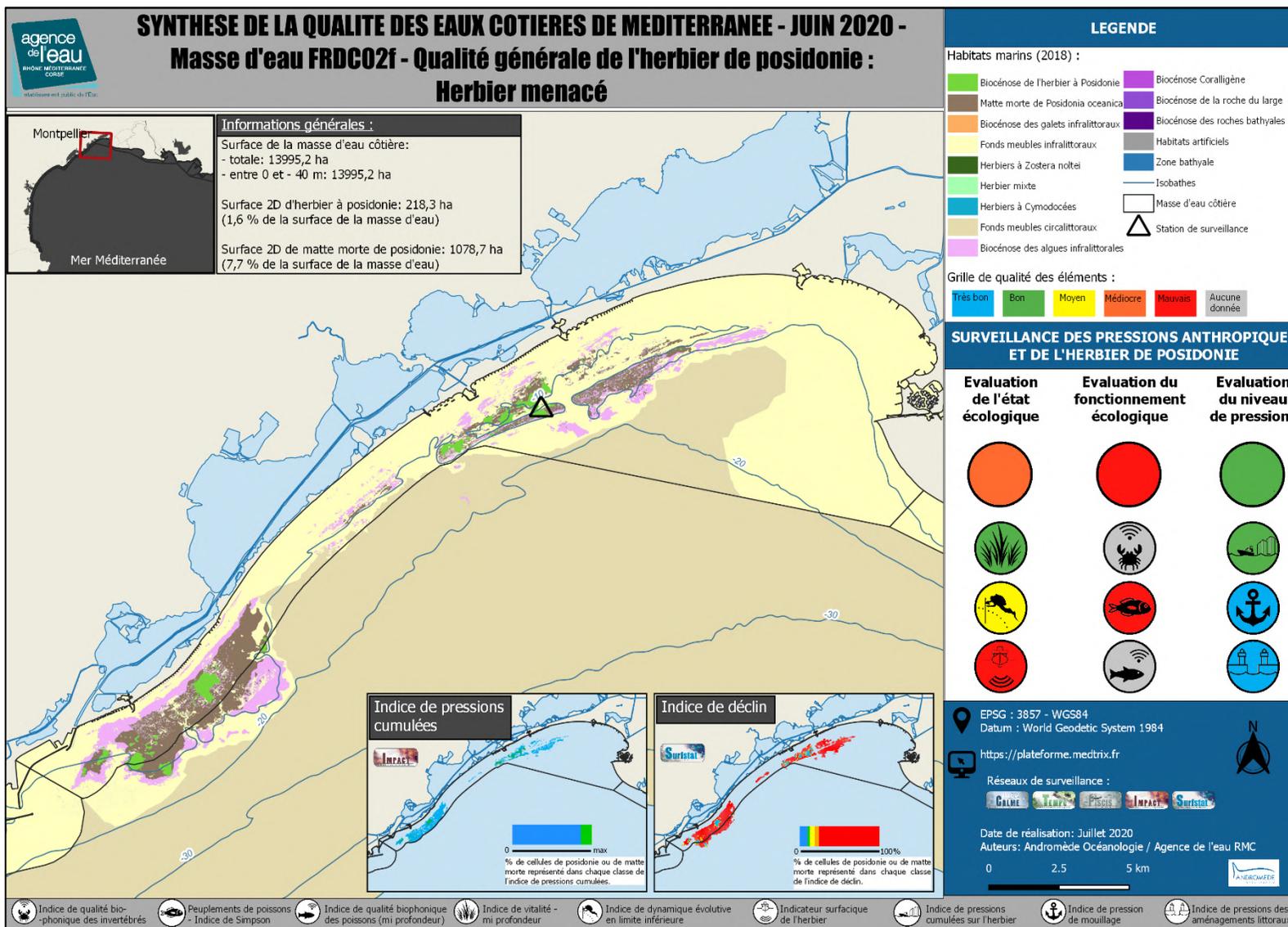


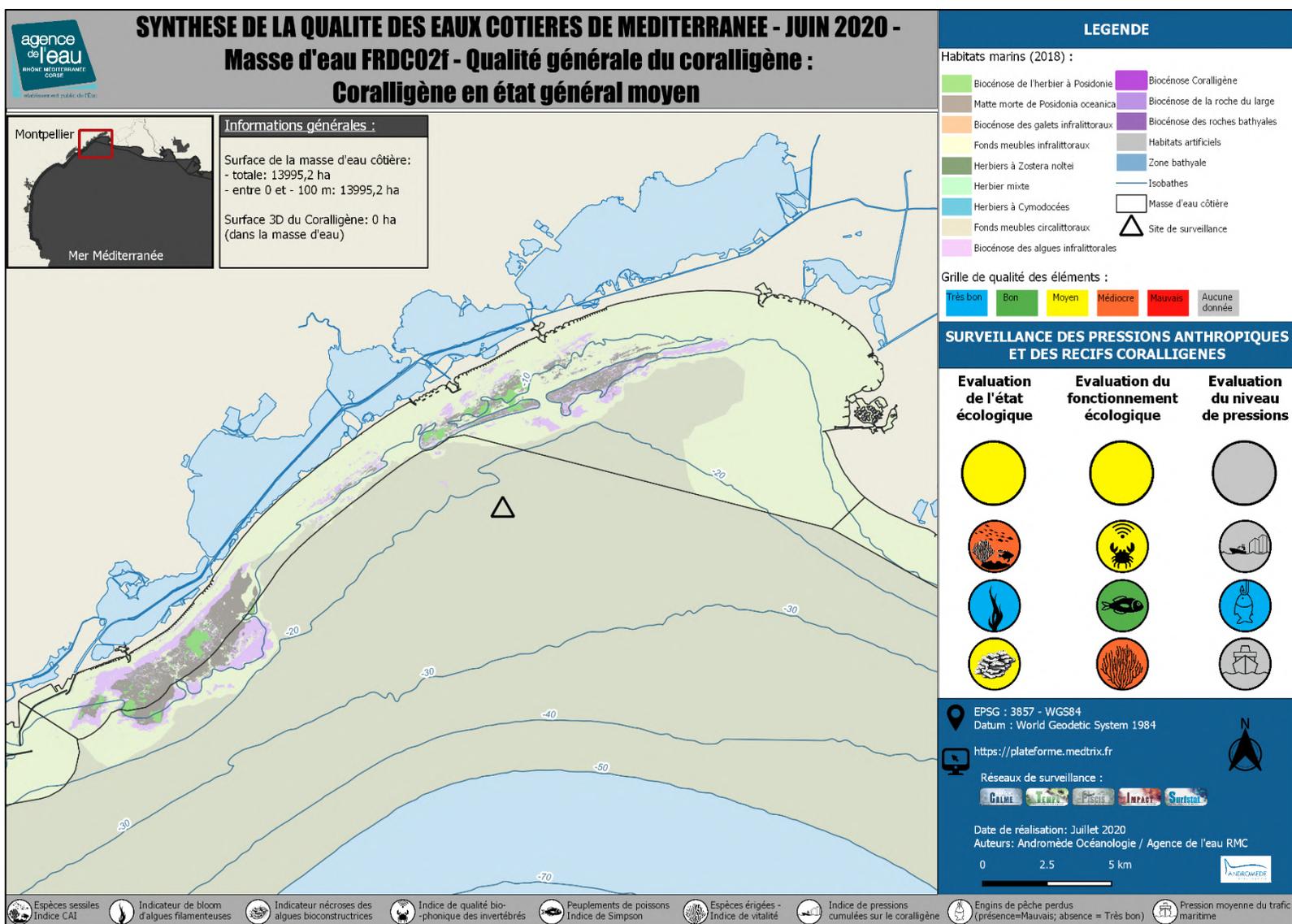
Masse d'eau FRDC02c



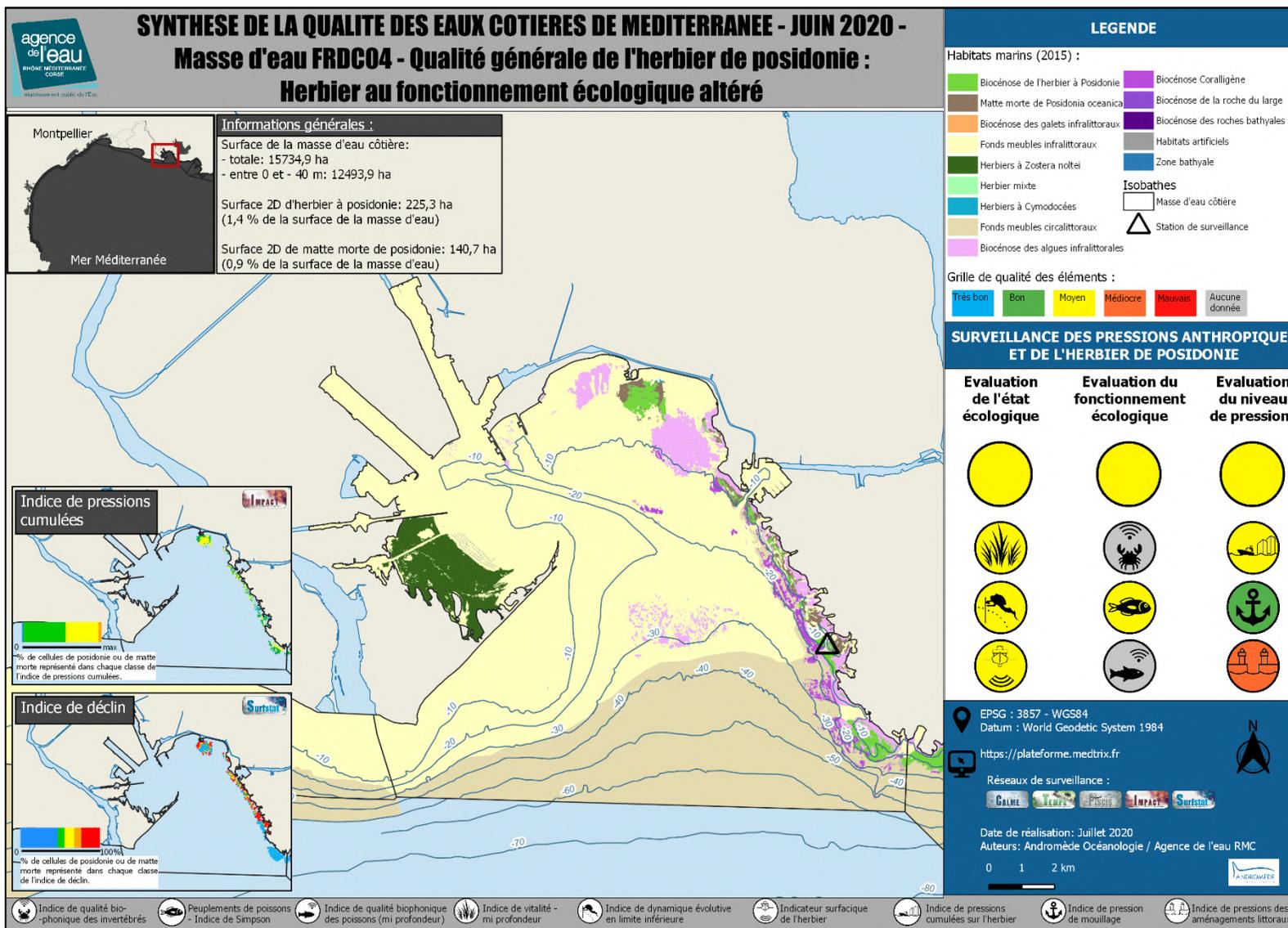


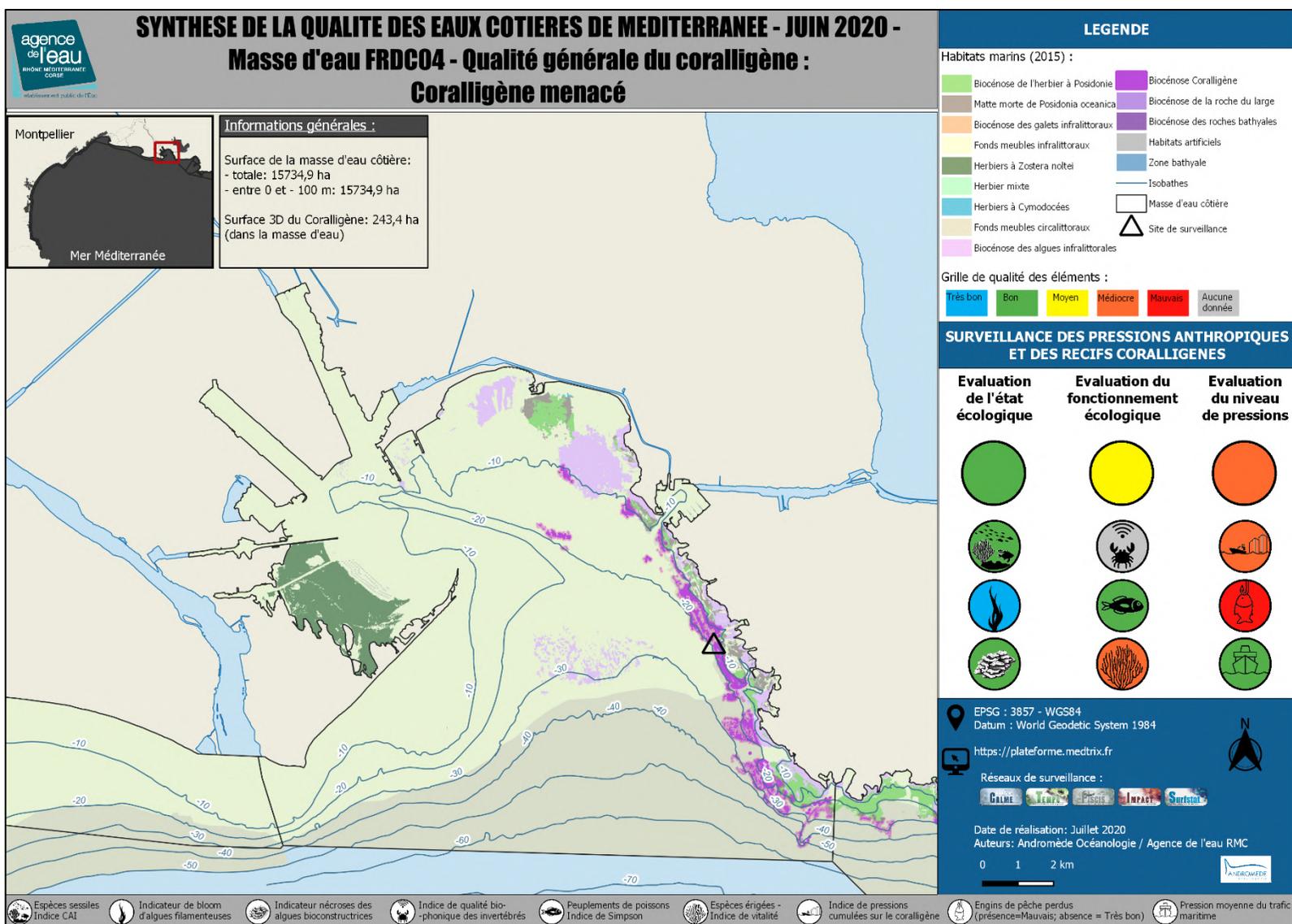
Masse d'eau FRDC02f





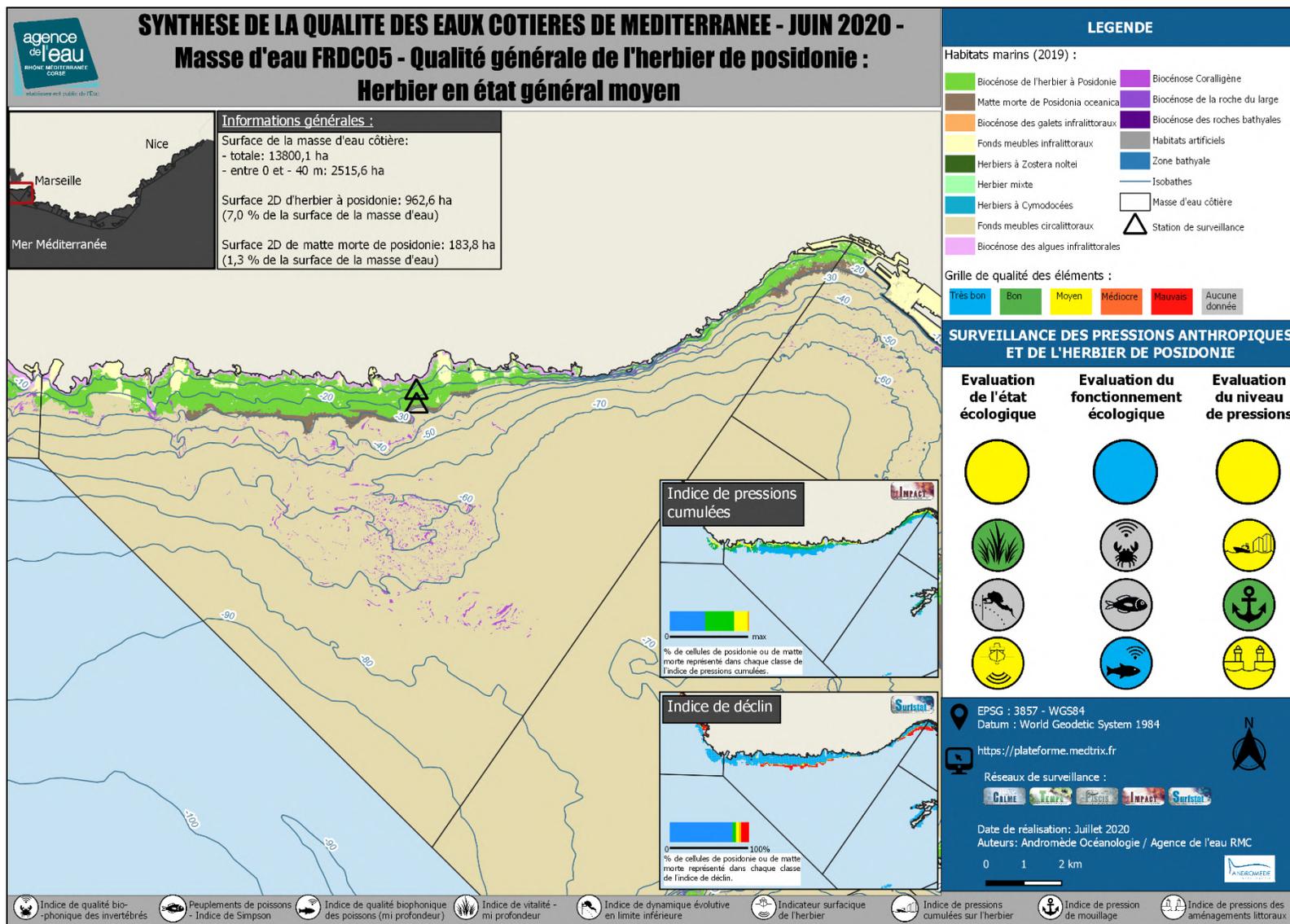
Masse d'eau FRDC04

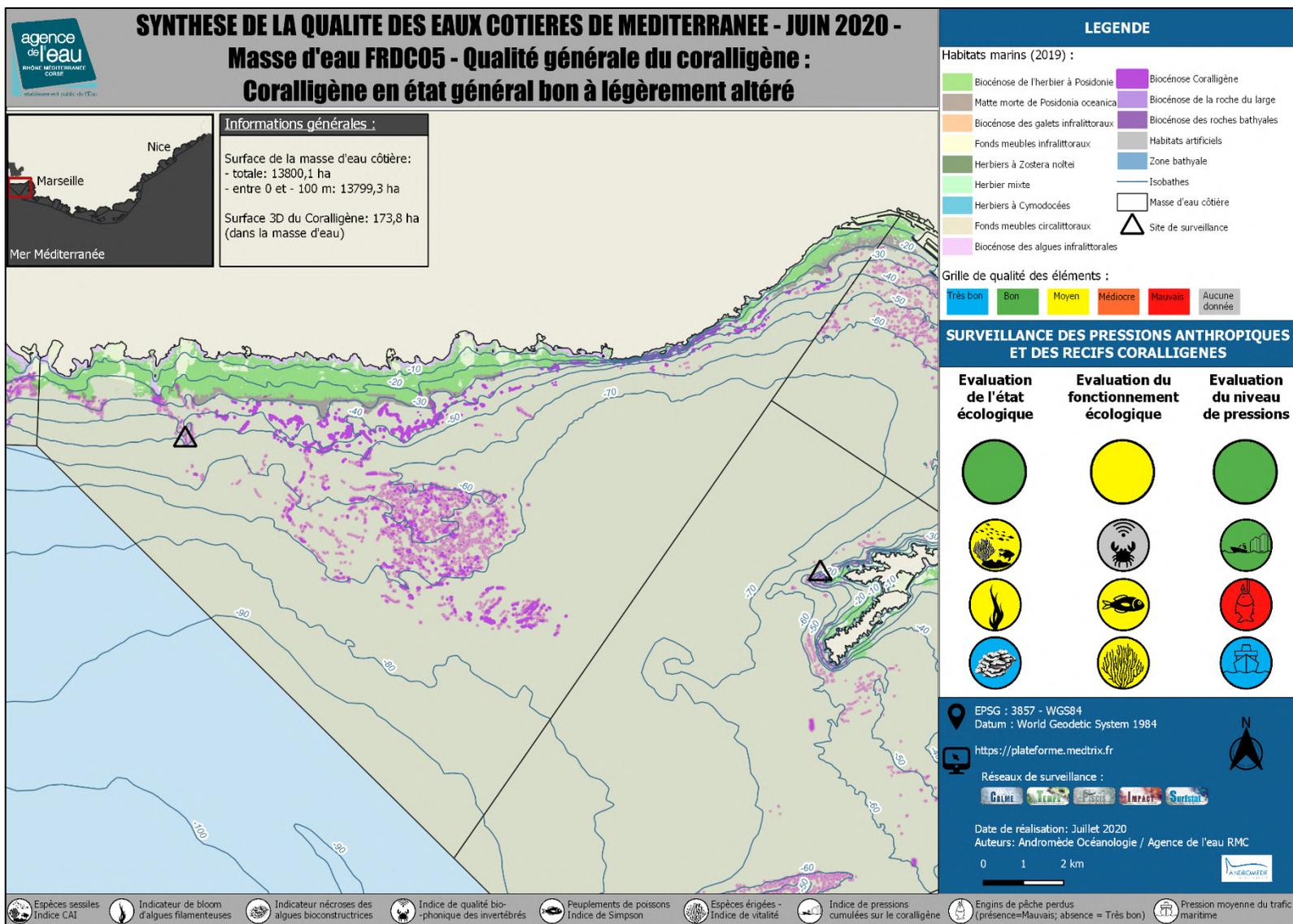




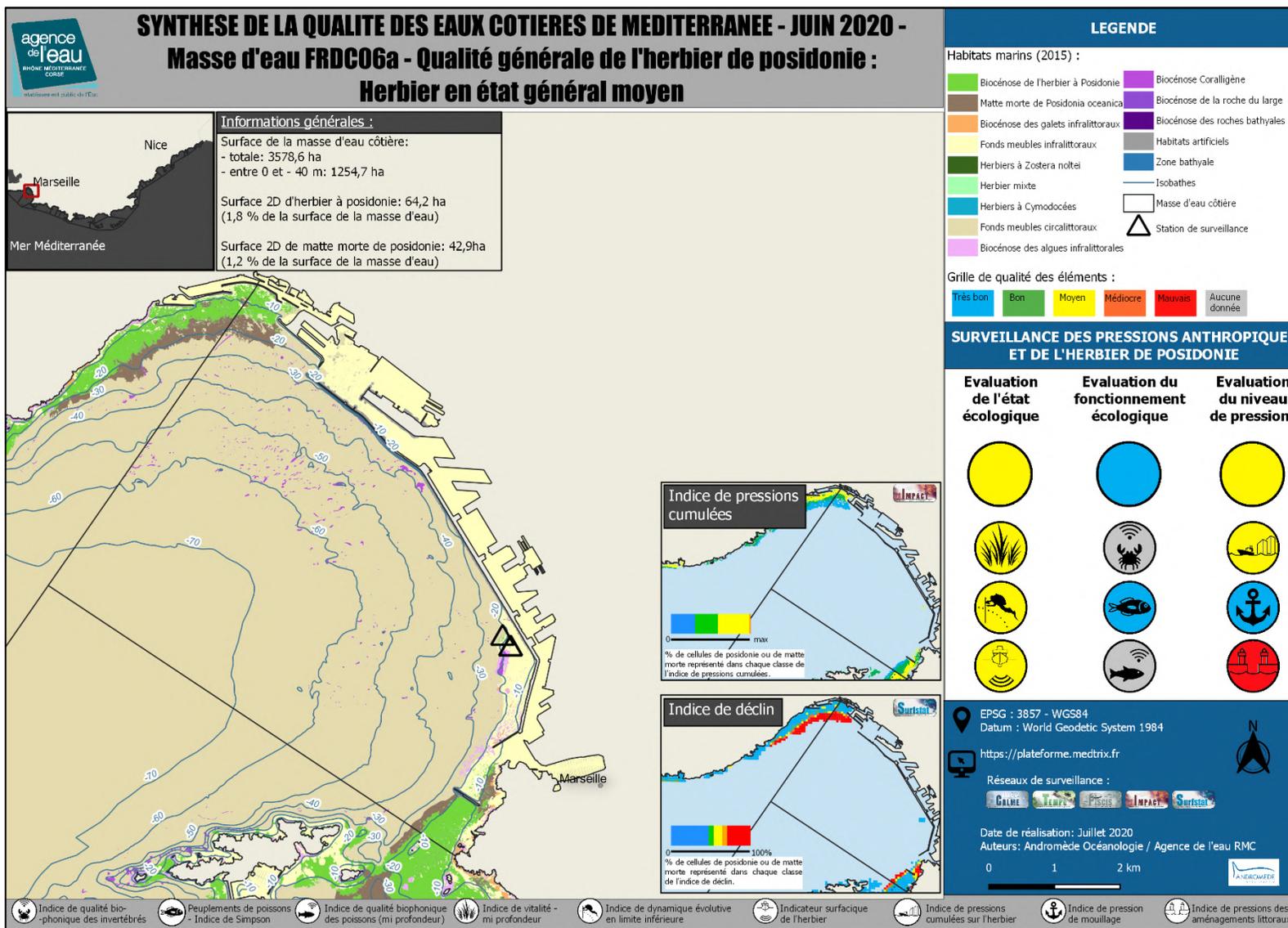
Atlas cartographique - Région Sud

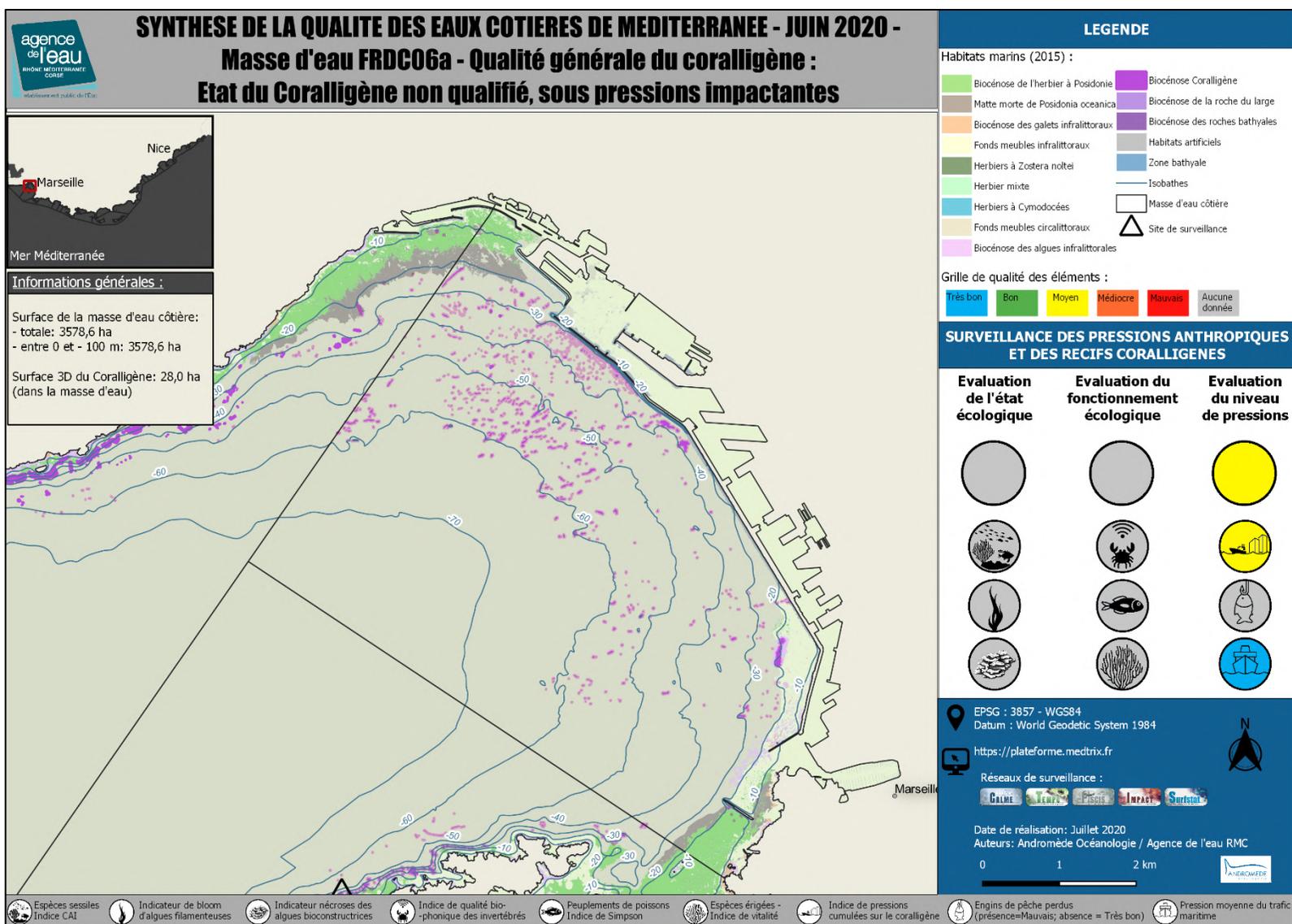
Masse d'eau FRDC05



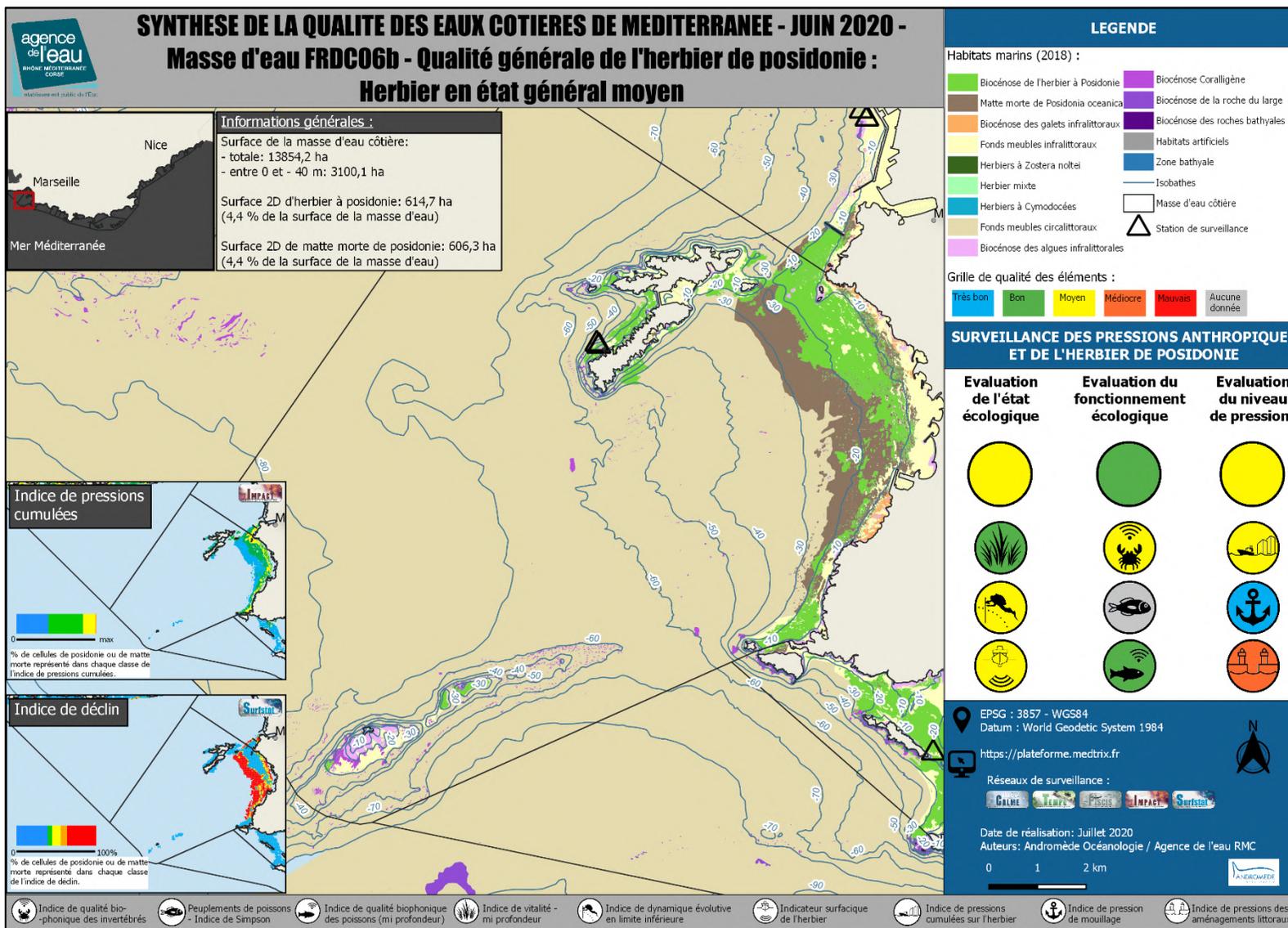


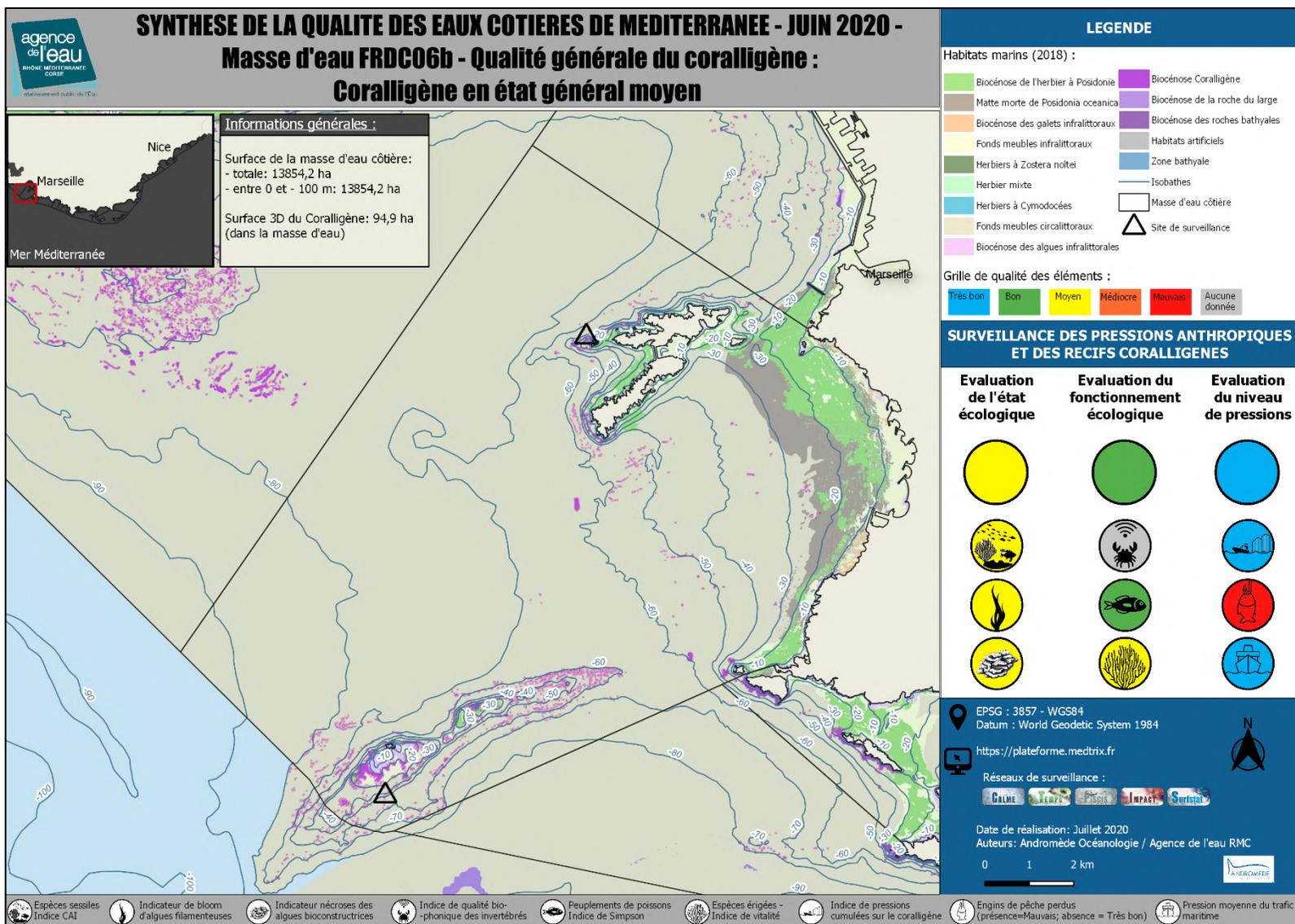
Masse d'eau FRDC06a



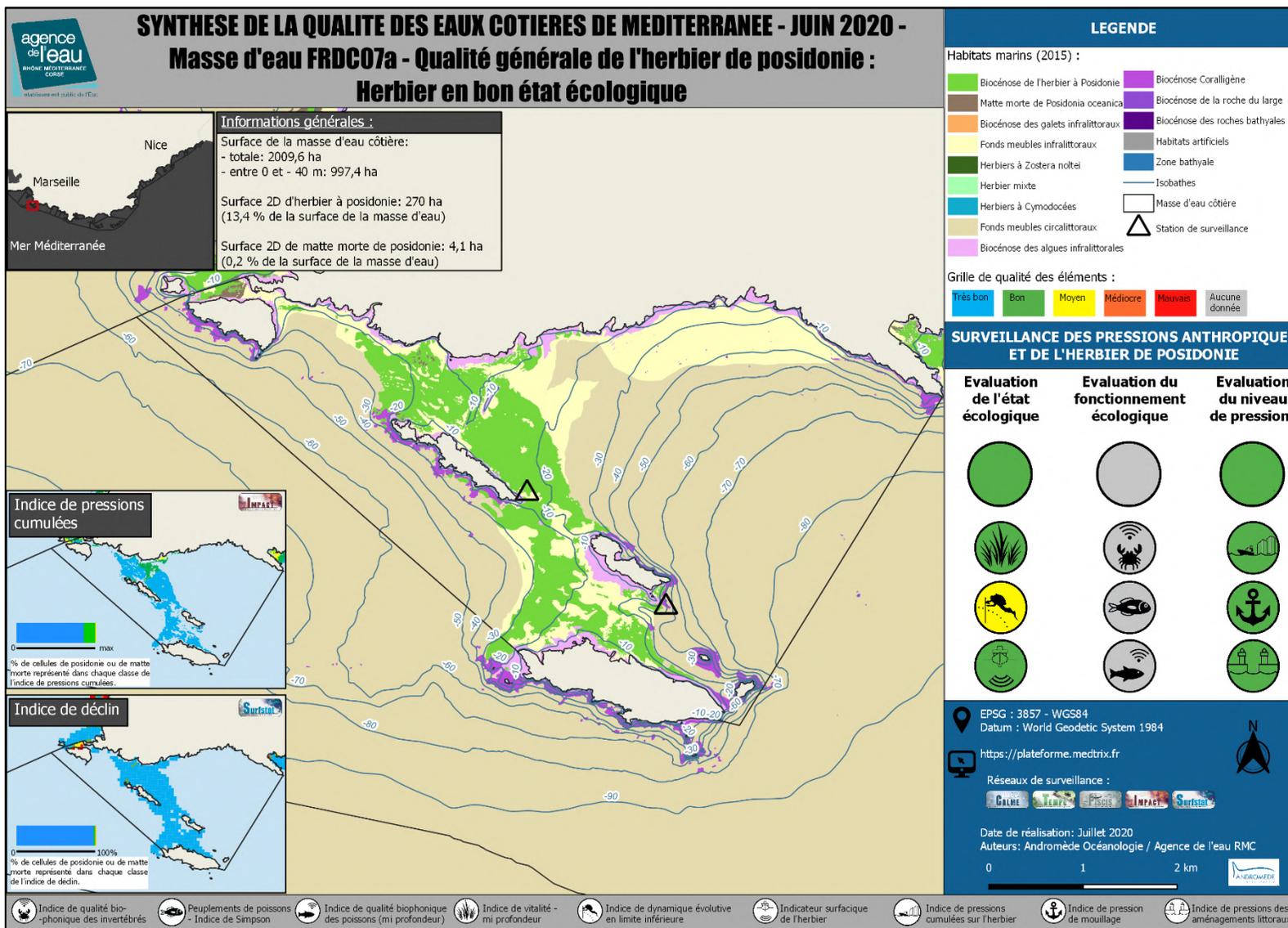


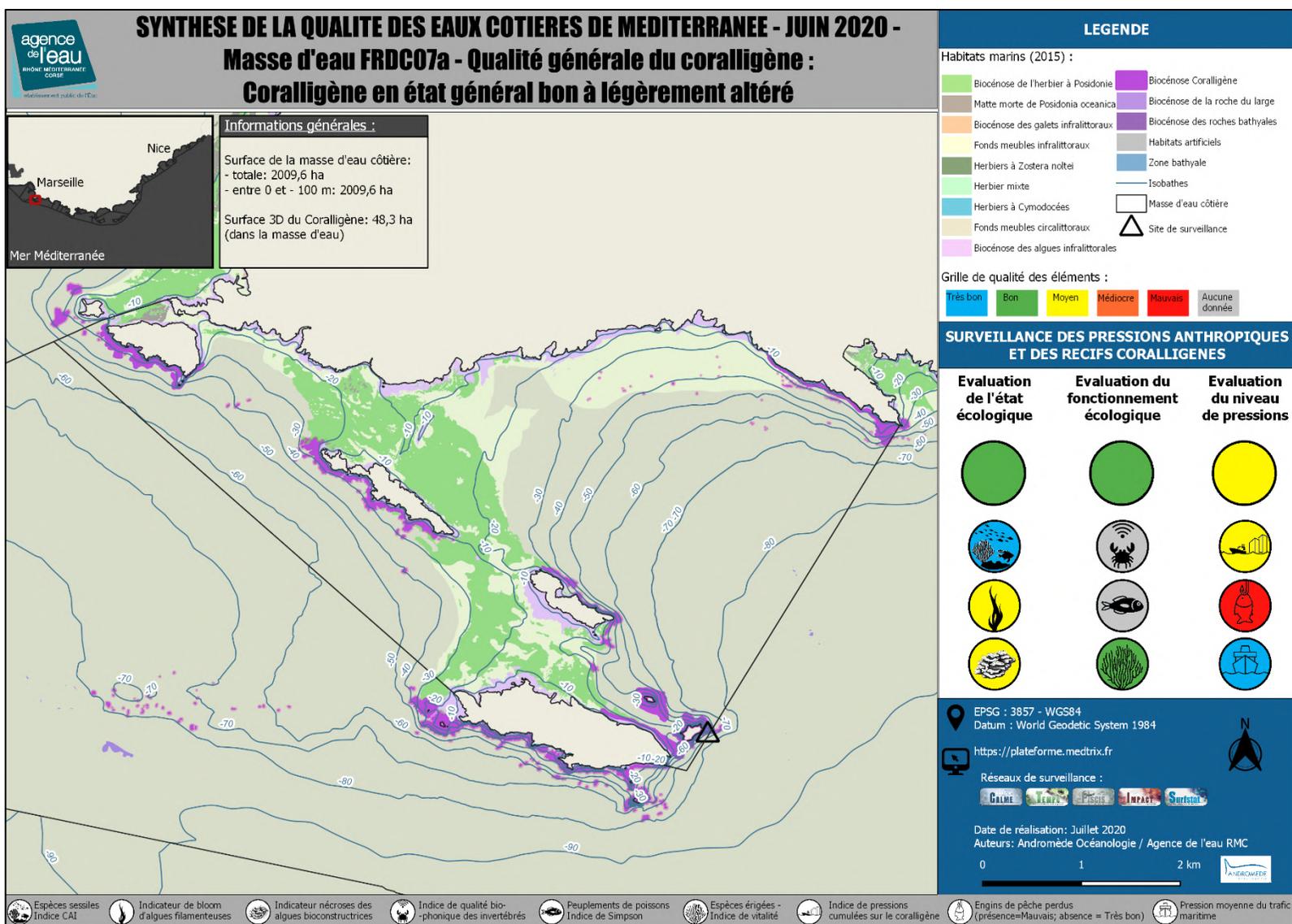
Masse d'eau FRDC06b



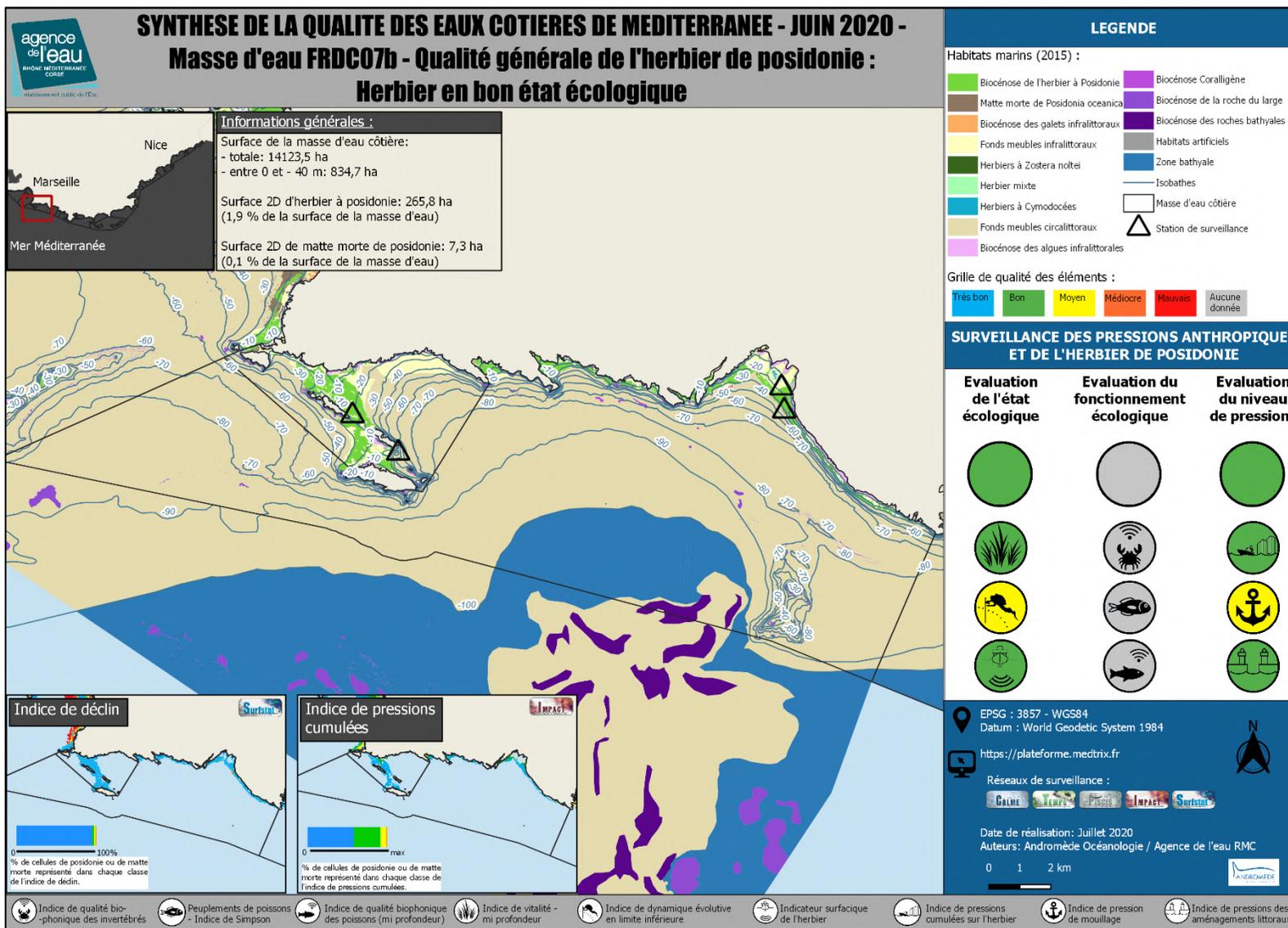


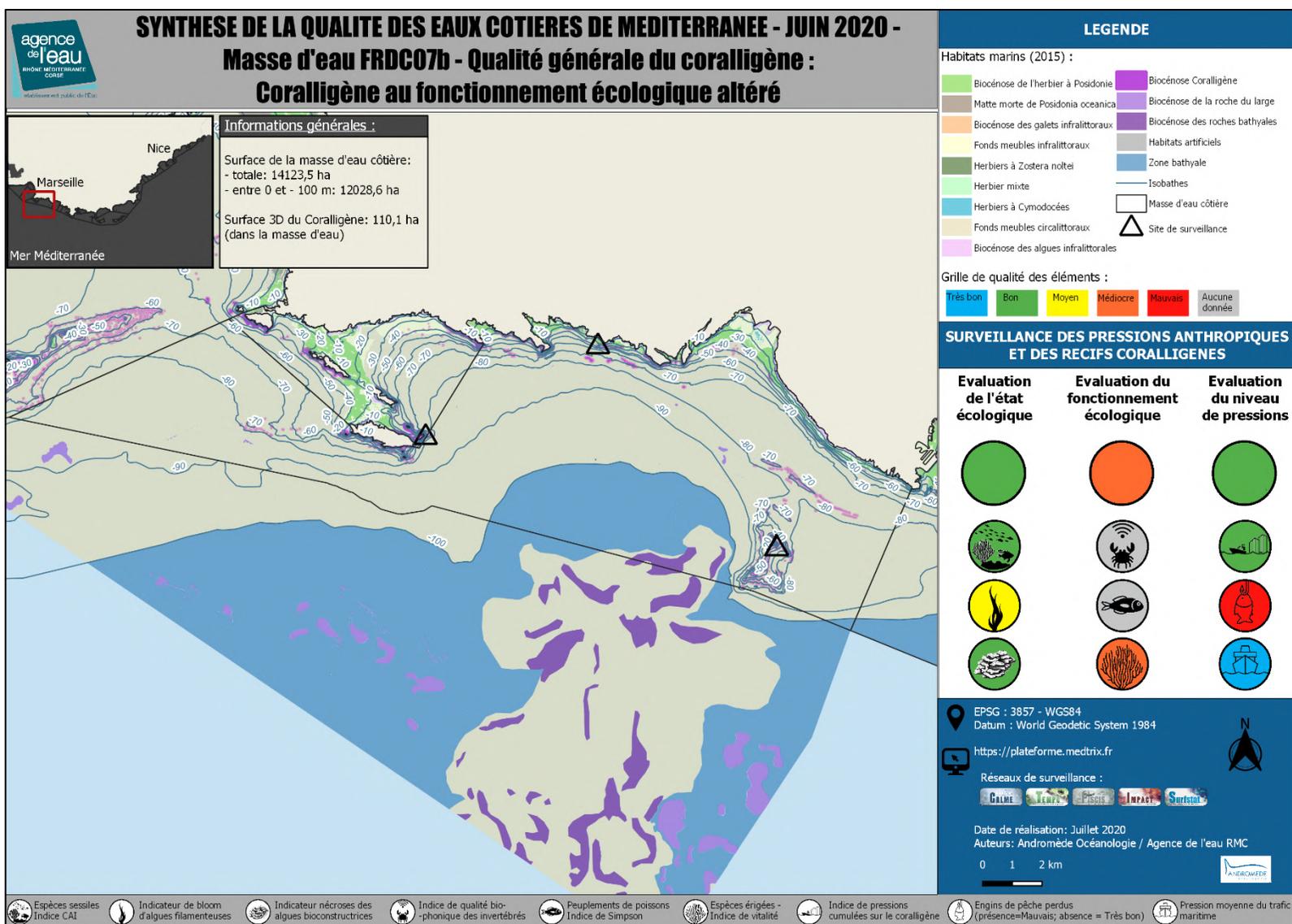
Masse d'eau FRDC07a



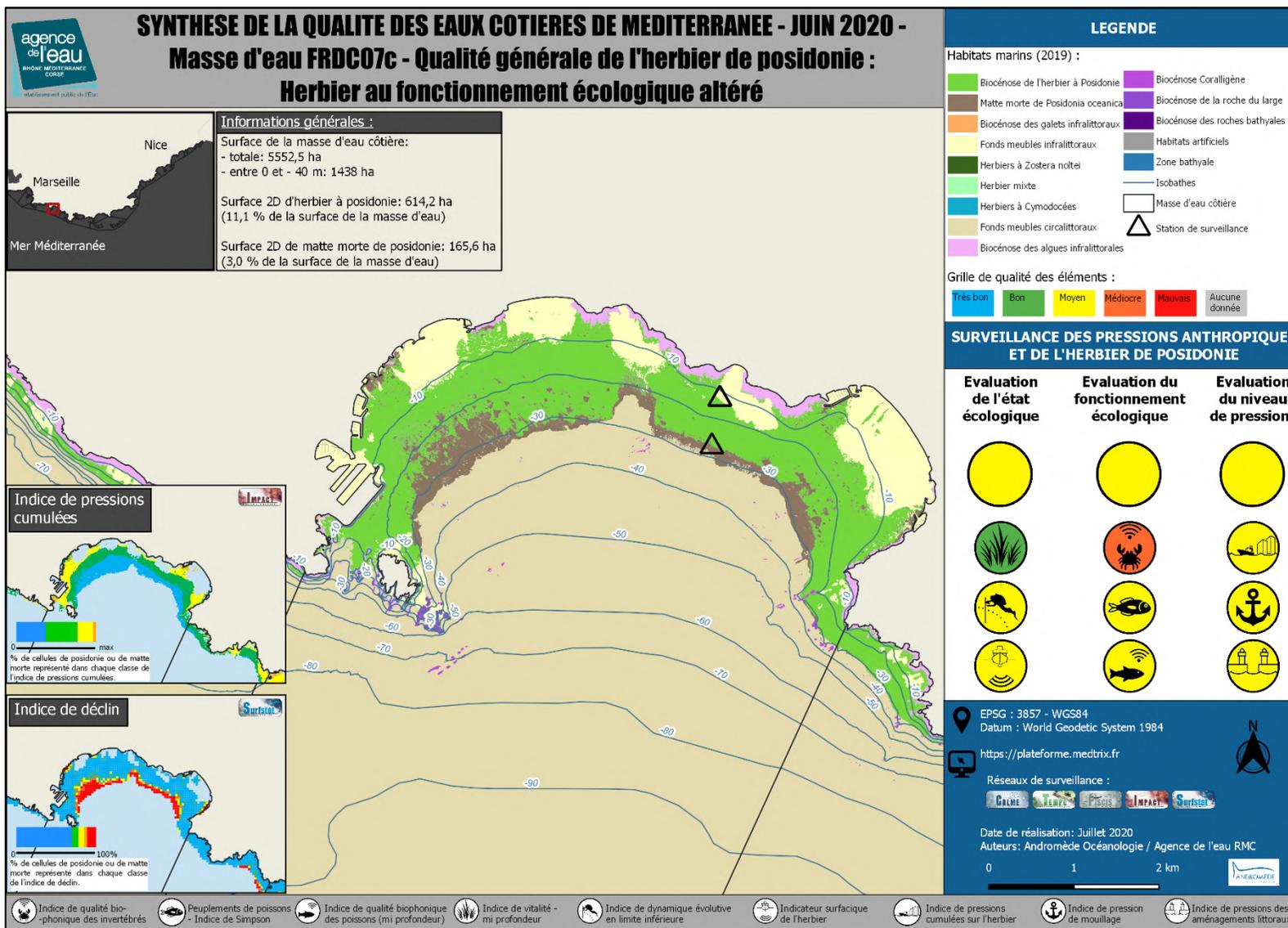


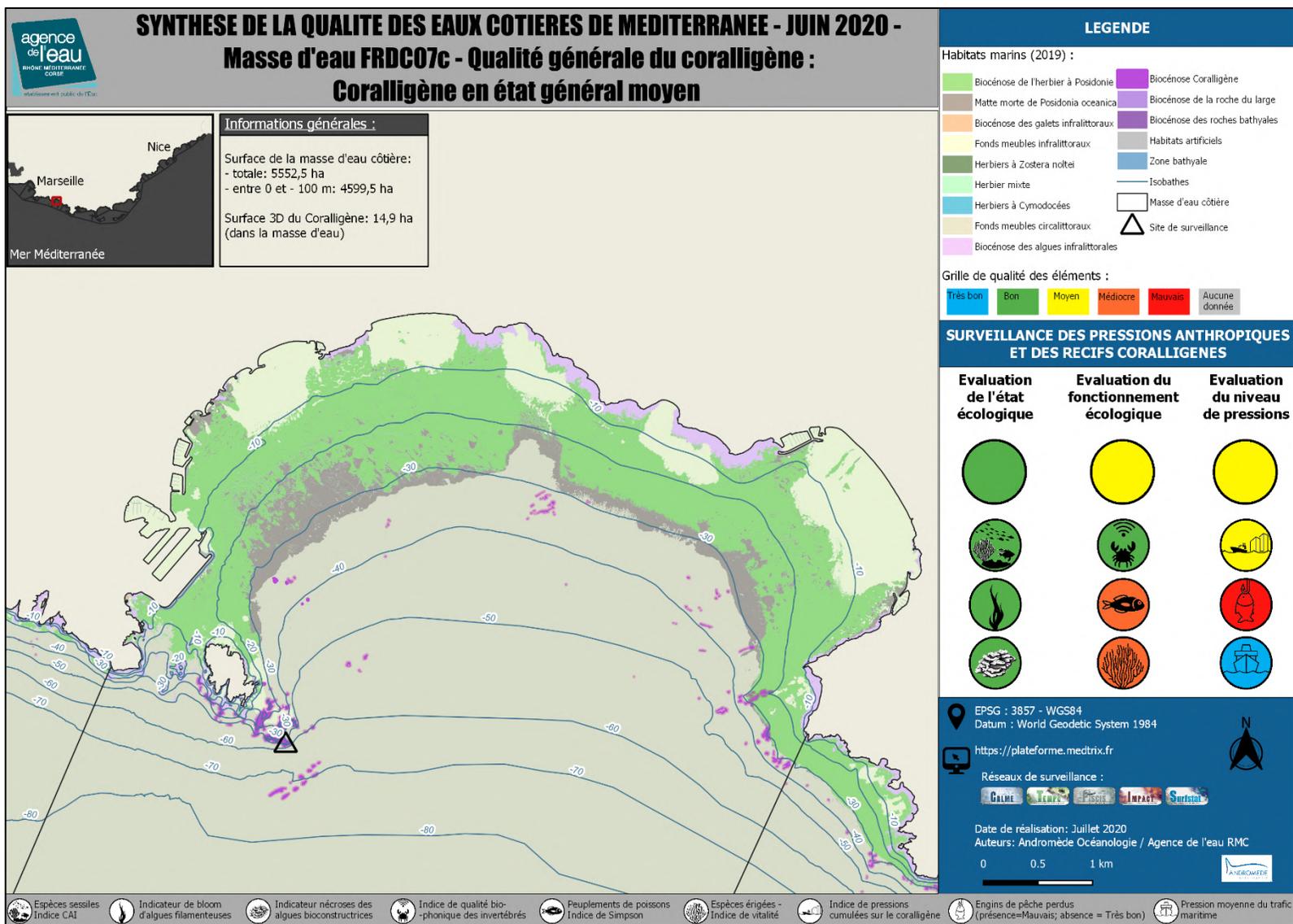
Masse d'eau FRDC07b



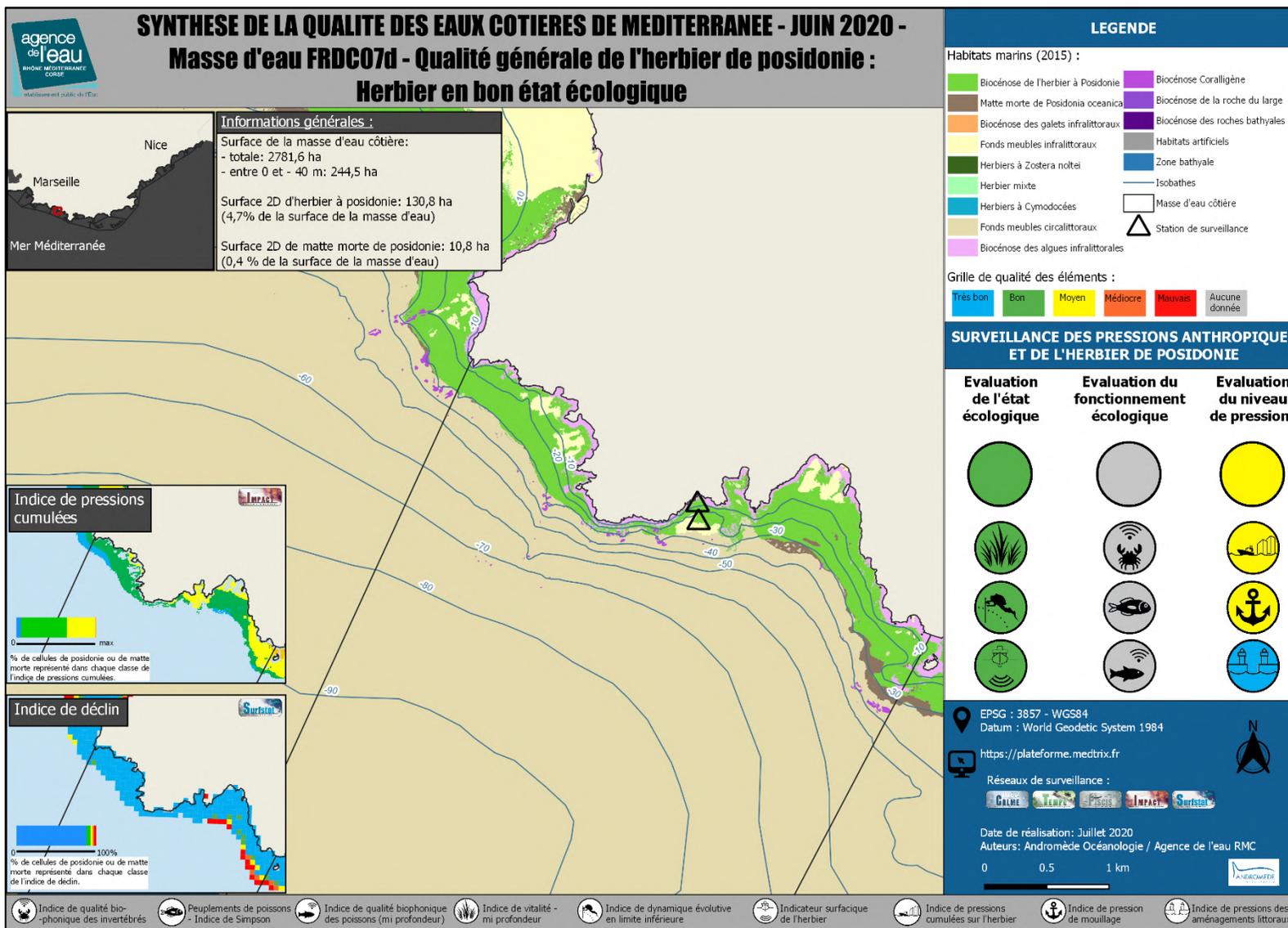


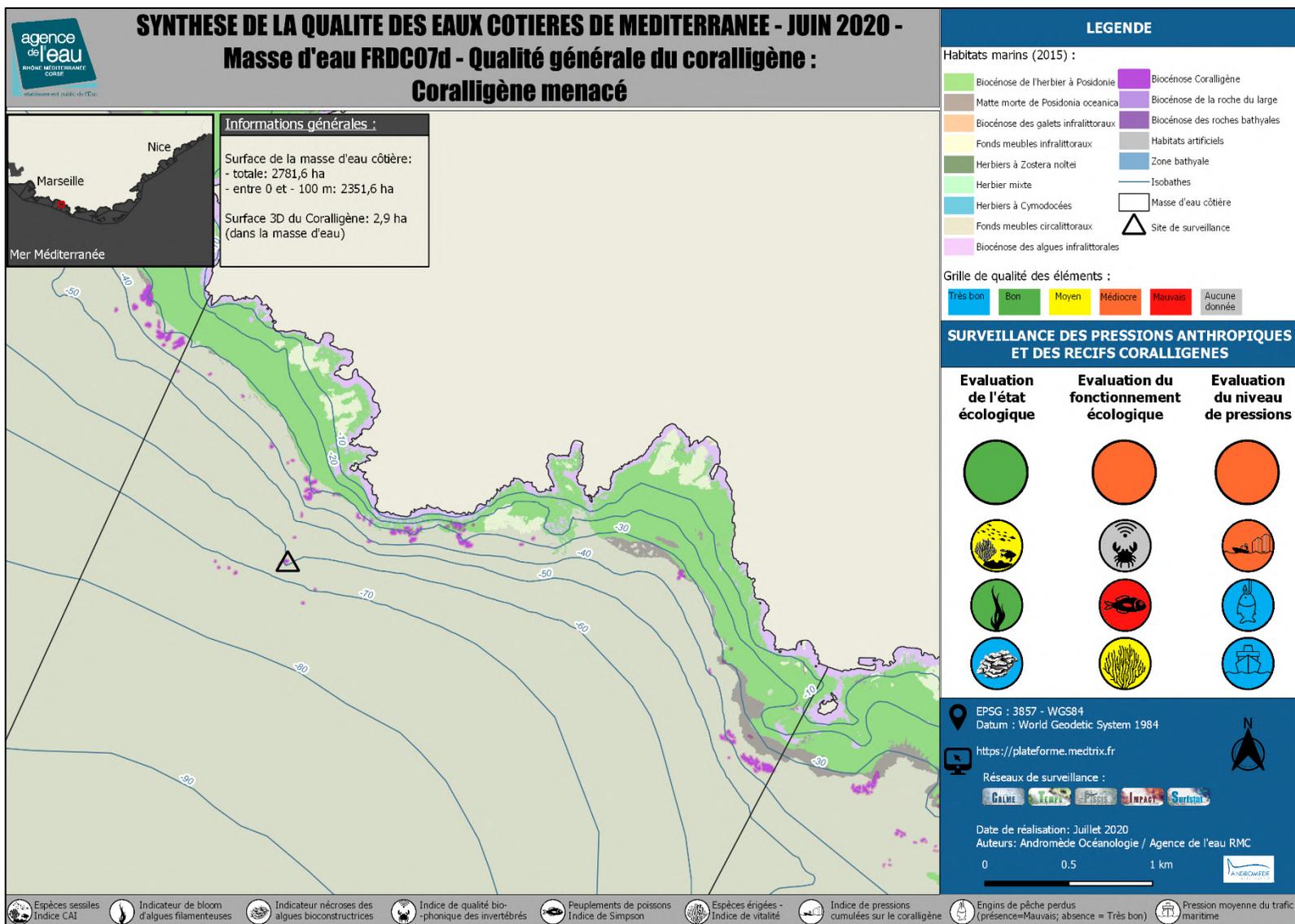
Masse d'eau FRDC07c





Masse d'eau FRDC07d





Espèces sessiles - Indice CAI

Indicateur de bloom d'algues filamenteuses

Indicateur nécroses des algues bioconstructrices

Indice de qualité bio-phonique des invertébrés

Peuplements de poissons - Indice de Simpson

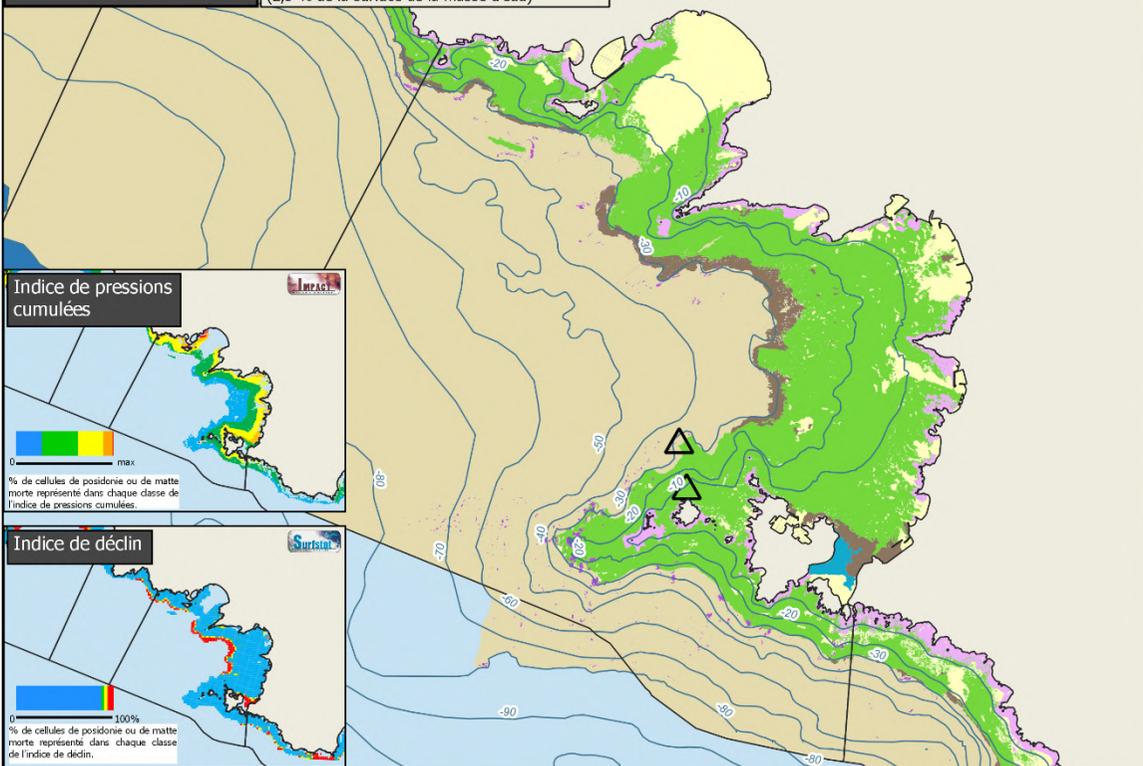
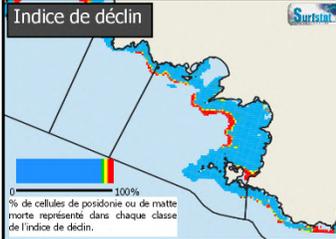
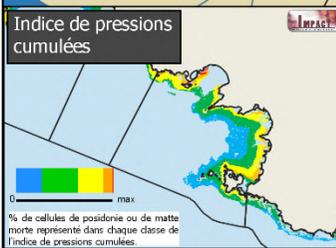
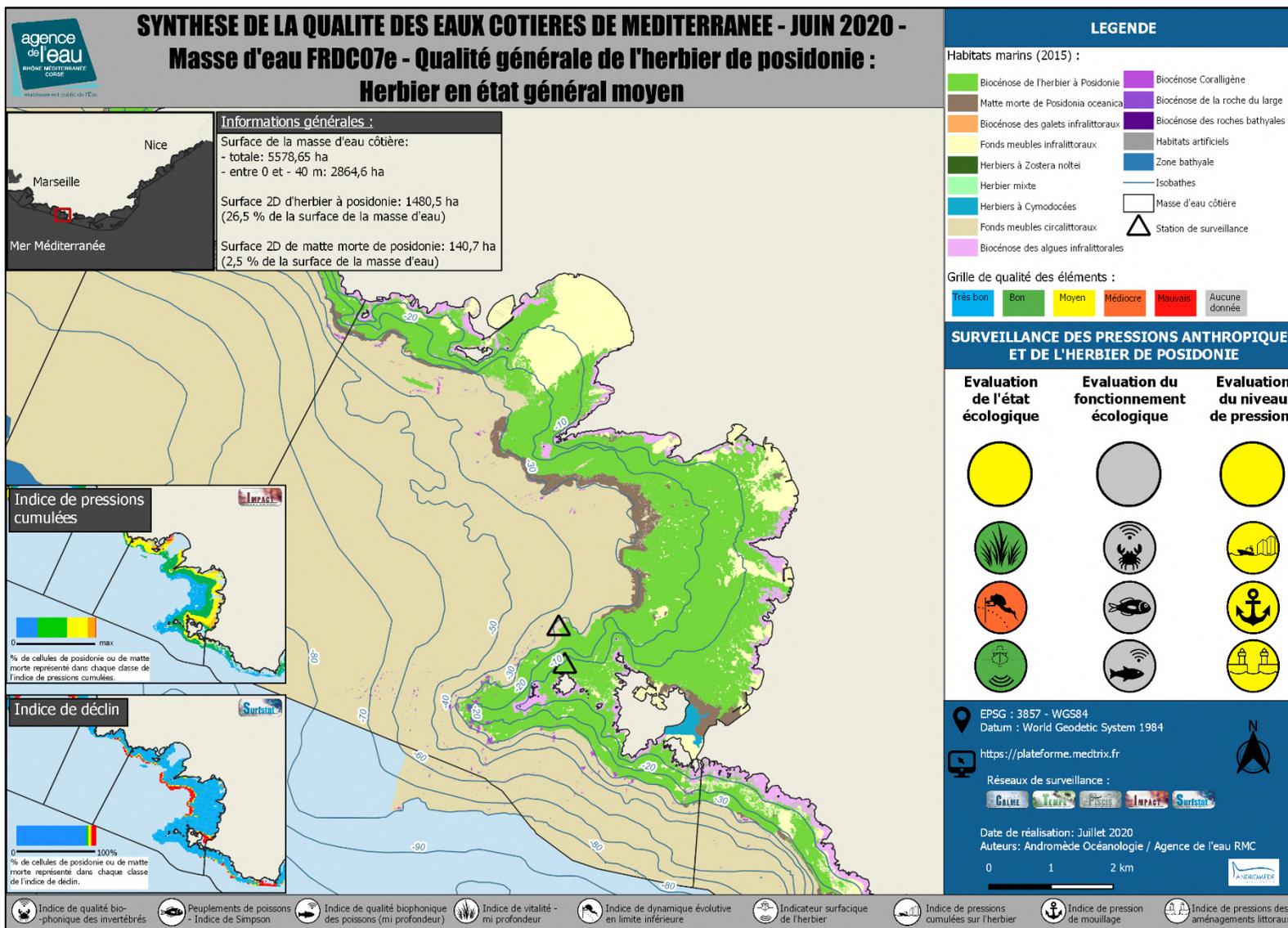
Espèces érigées - Indice de vitalité

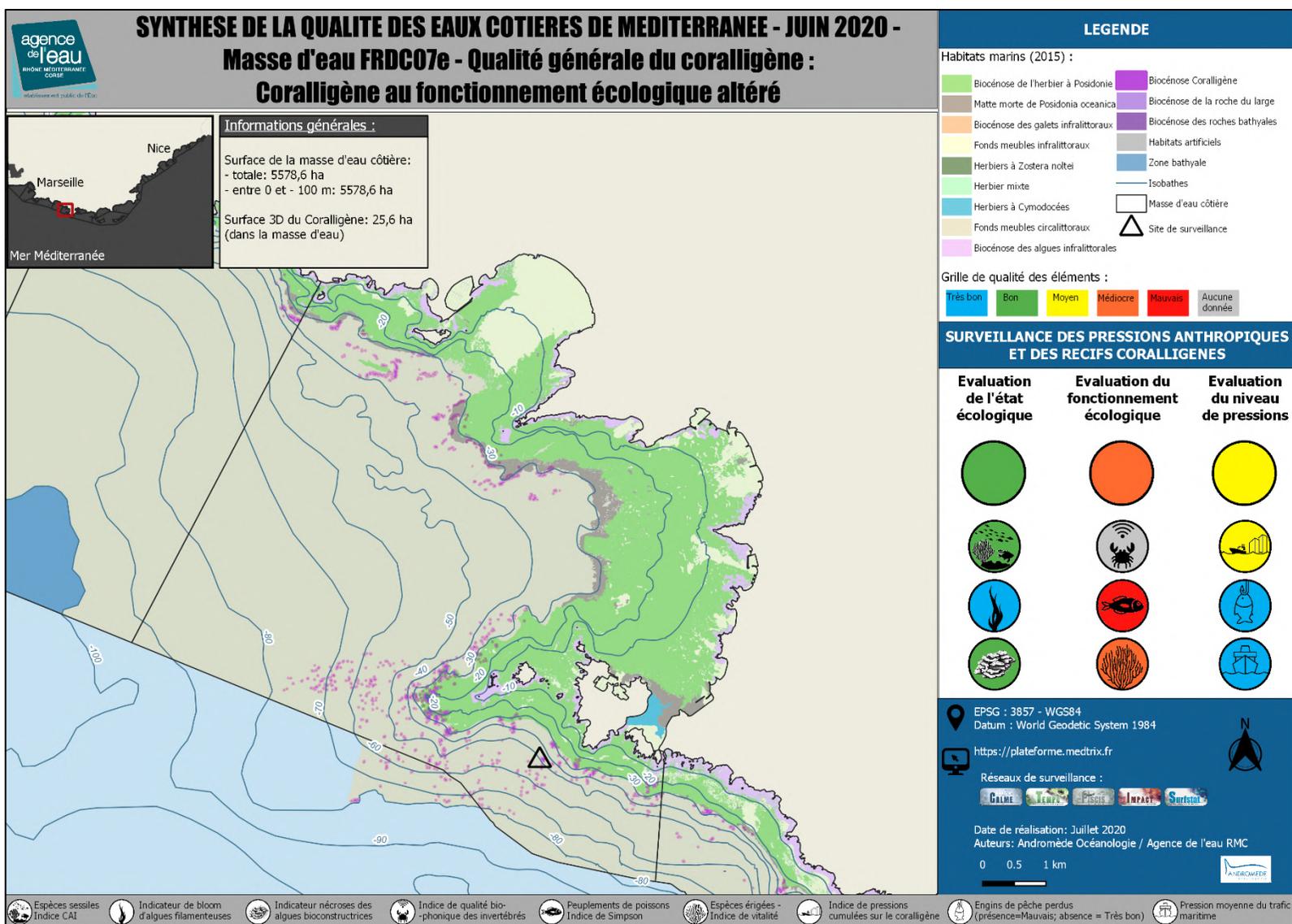
Indice de pressions cumulées sur le coralligène

Engins de pêche perdus (présence=Mauvais; absence = Très bon)

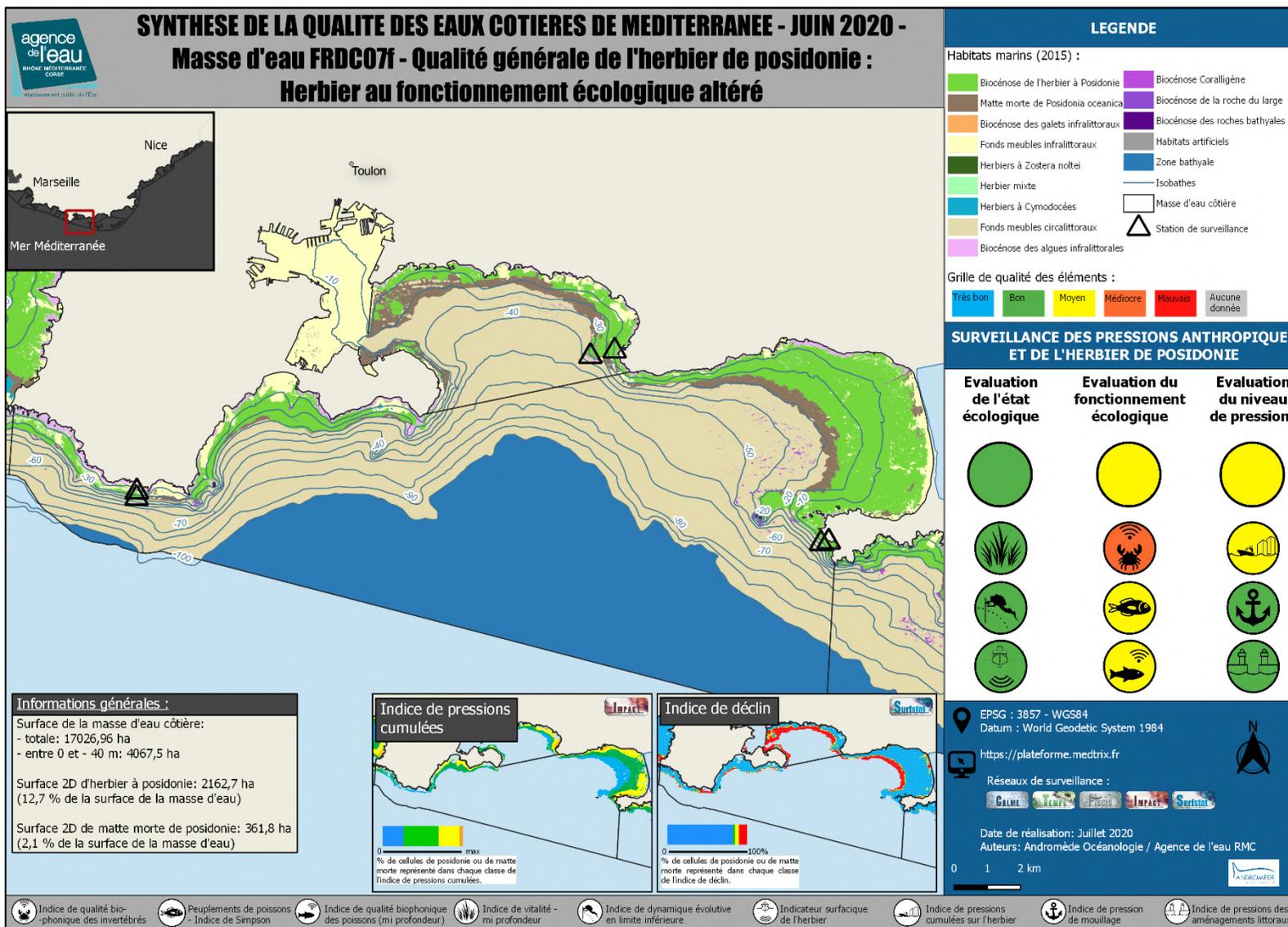
Pression moyenne du trafic maritime

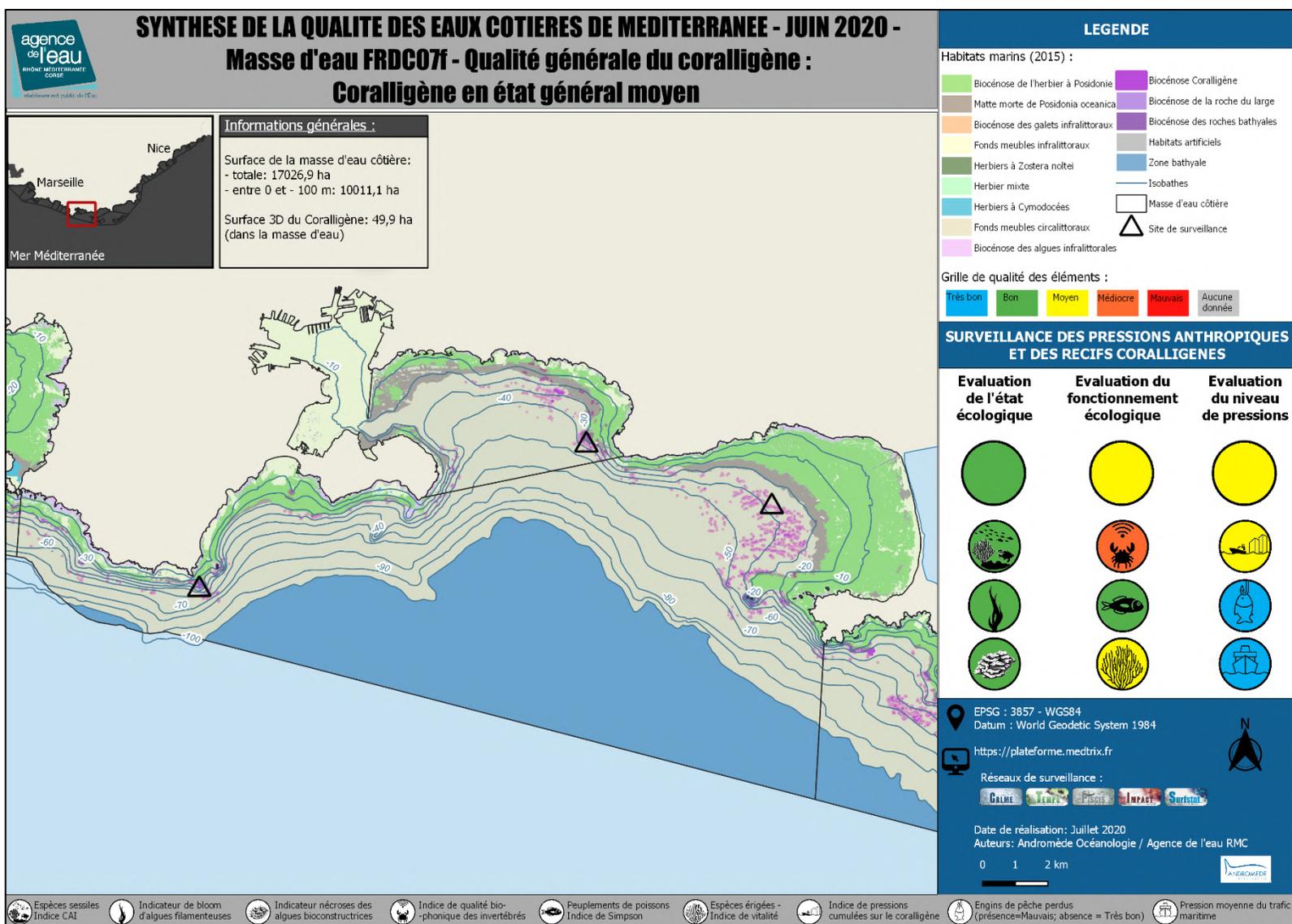
Masse d'eau FRDC07e



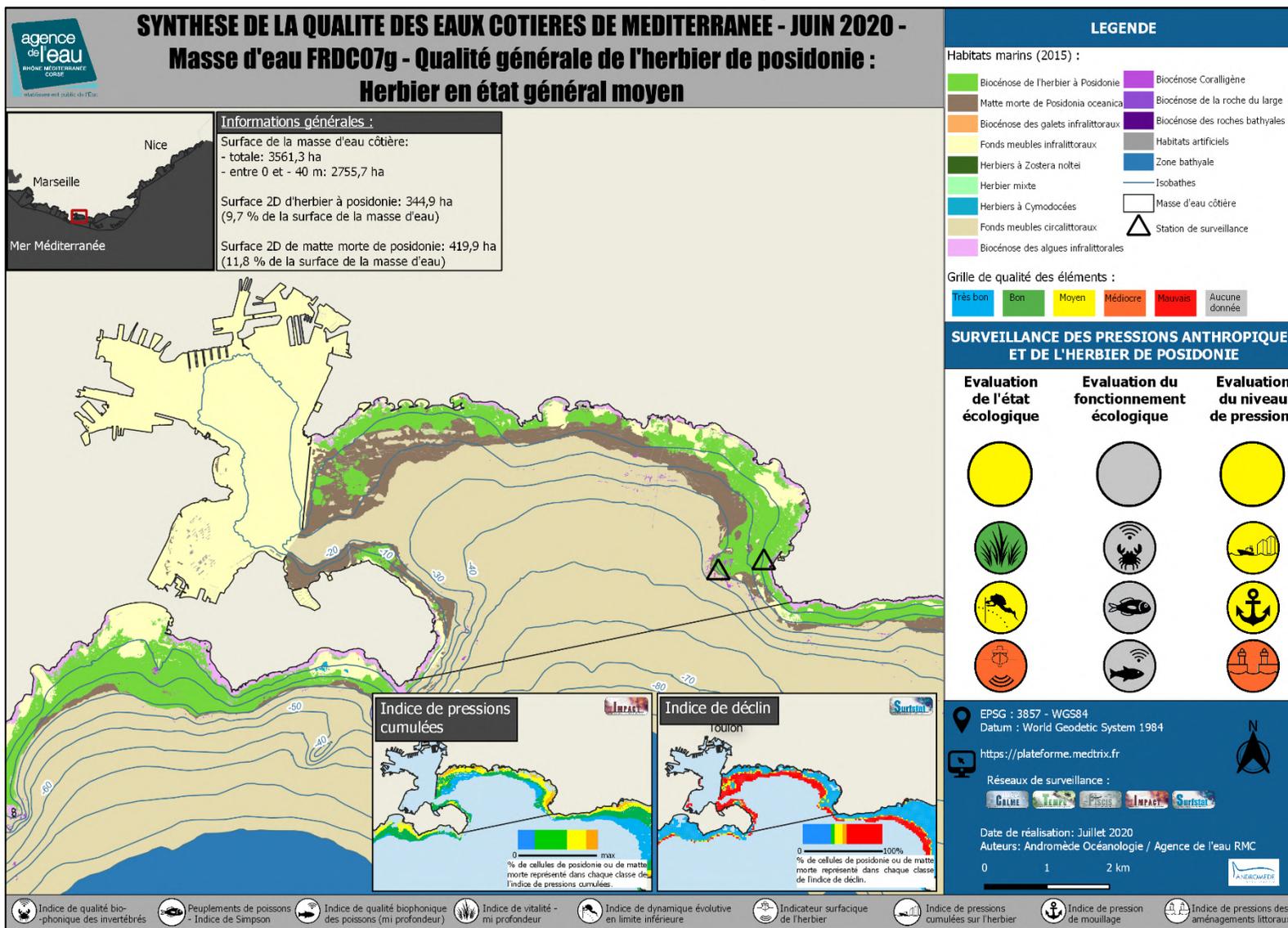


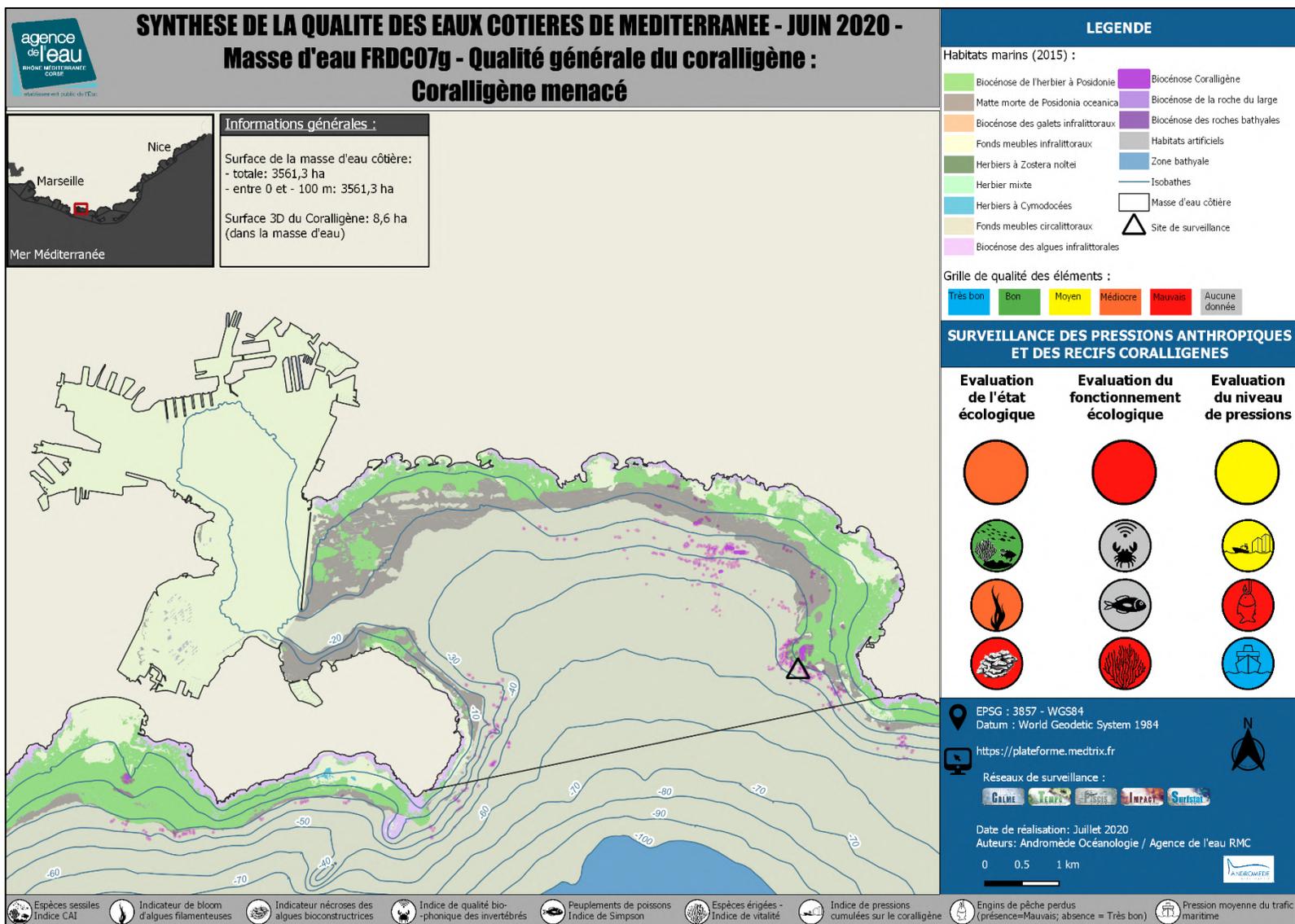
Masse d'eau FRDC07f



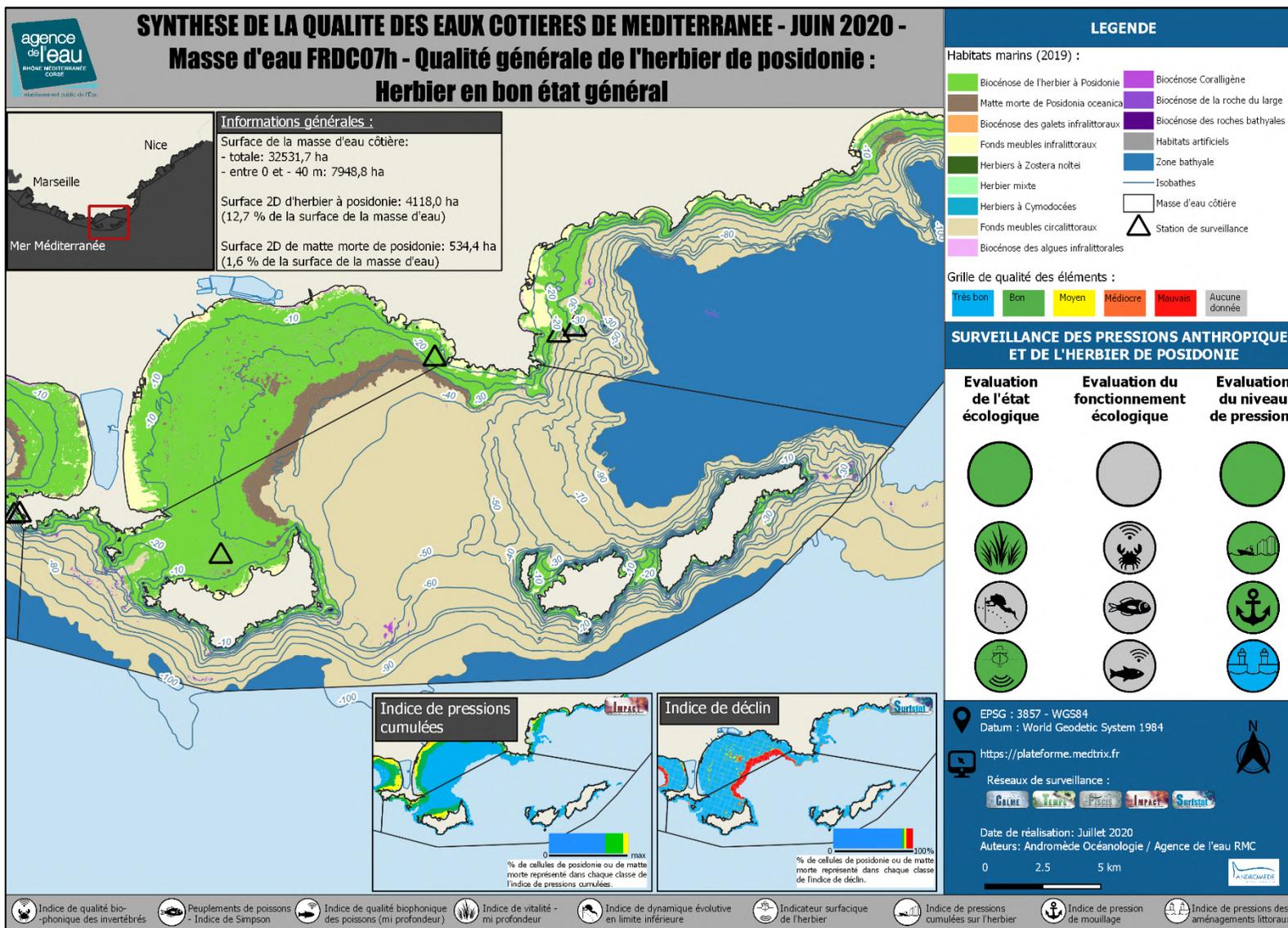


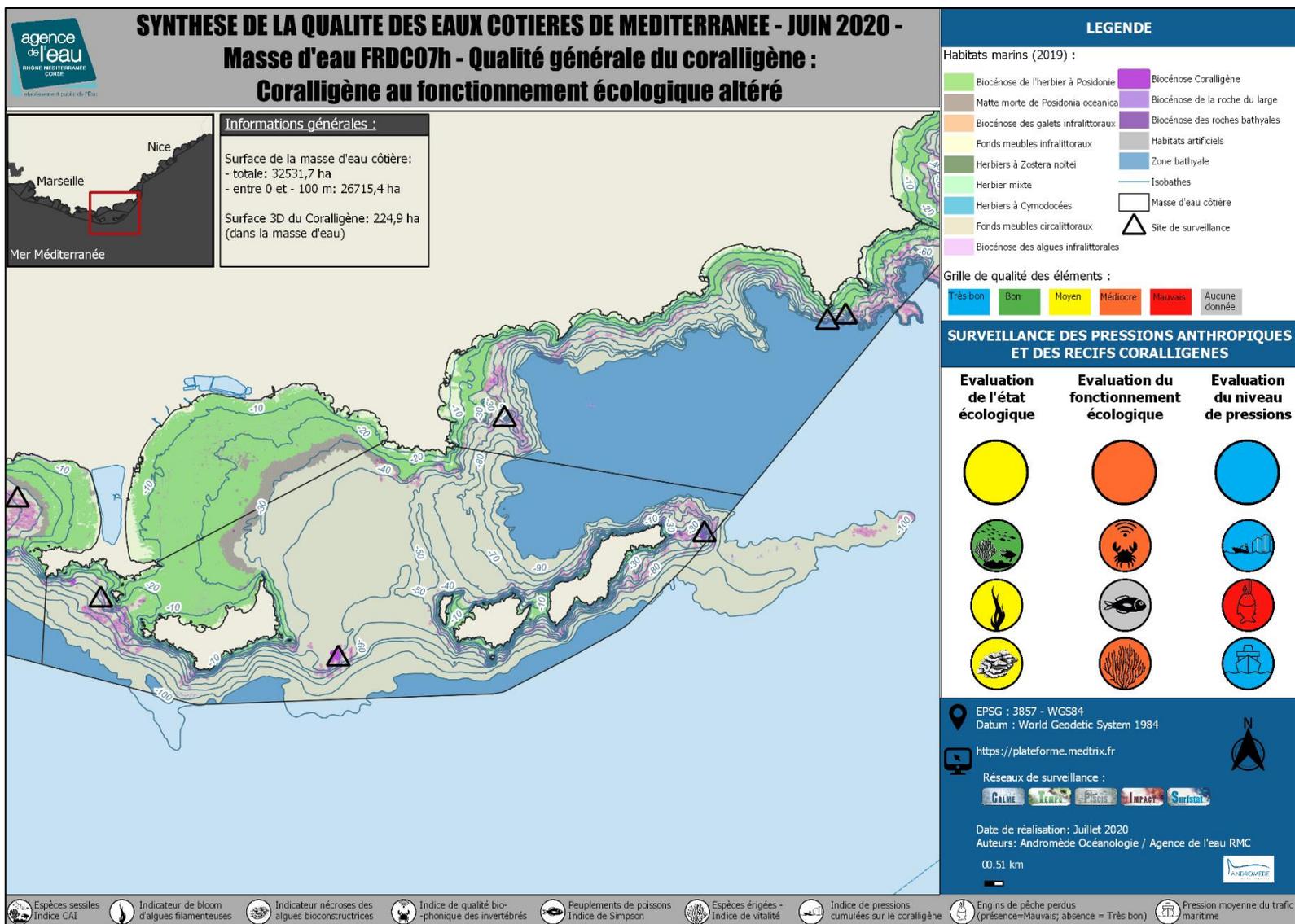
Masse d'eau FRDC07g





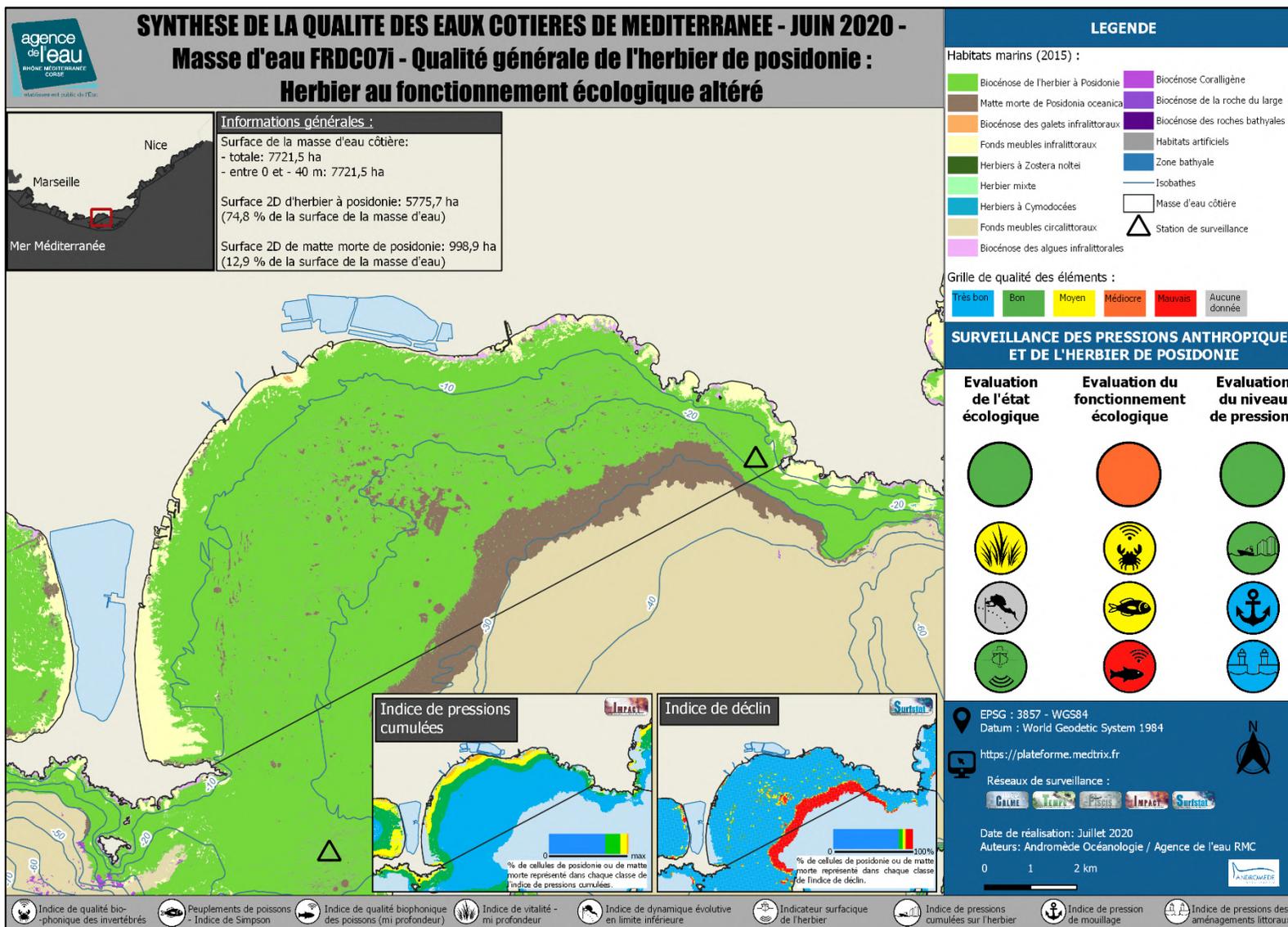
Masse d'eau FRDC07h



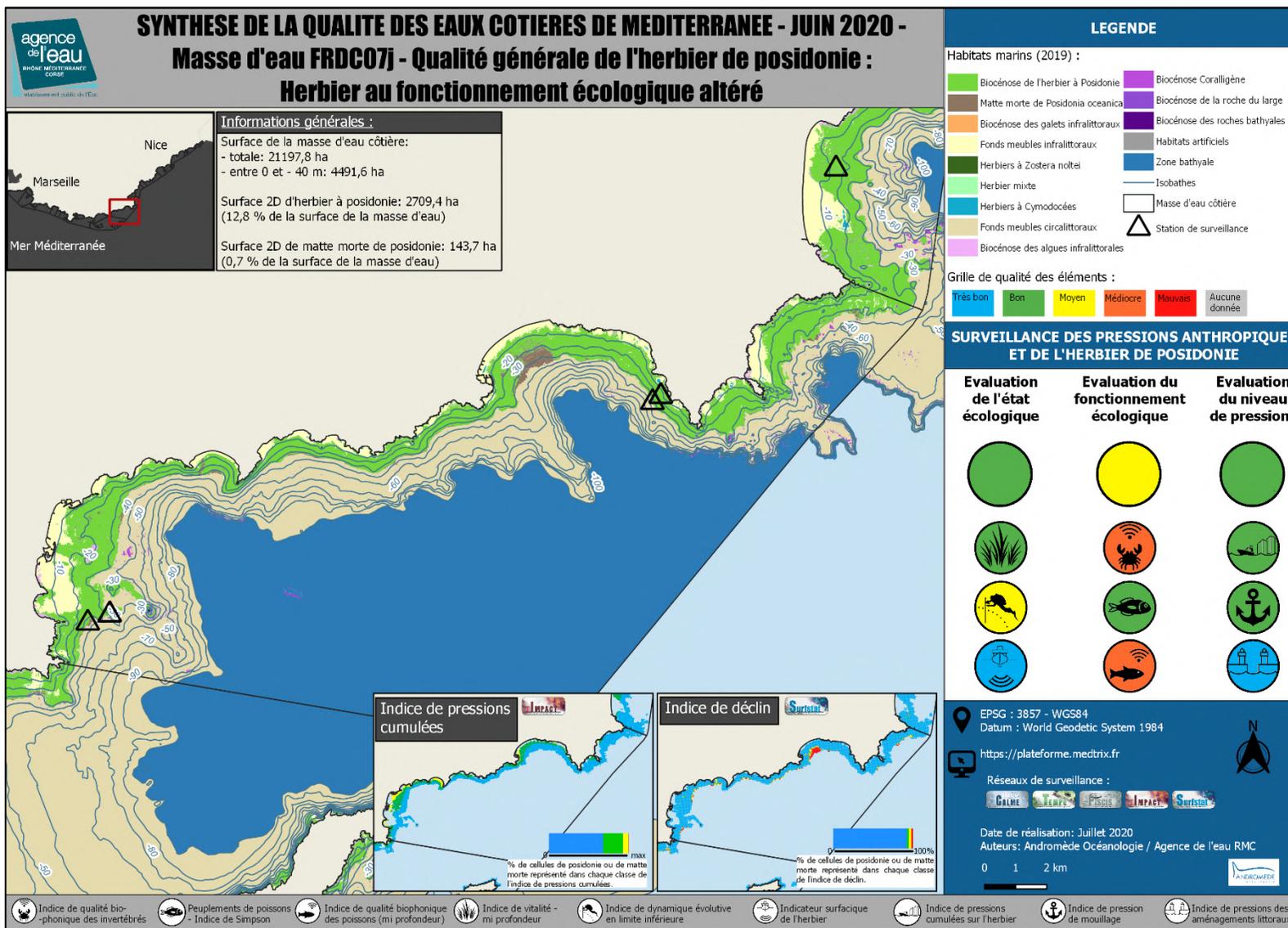


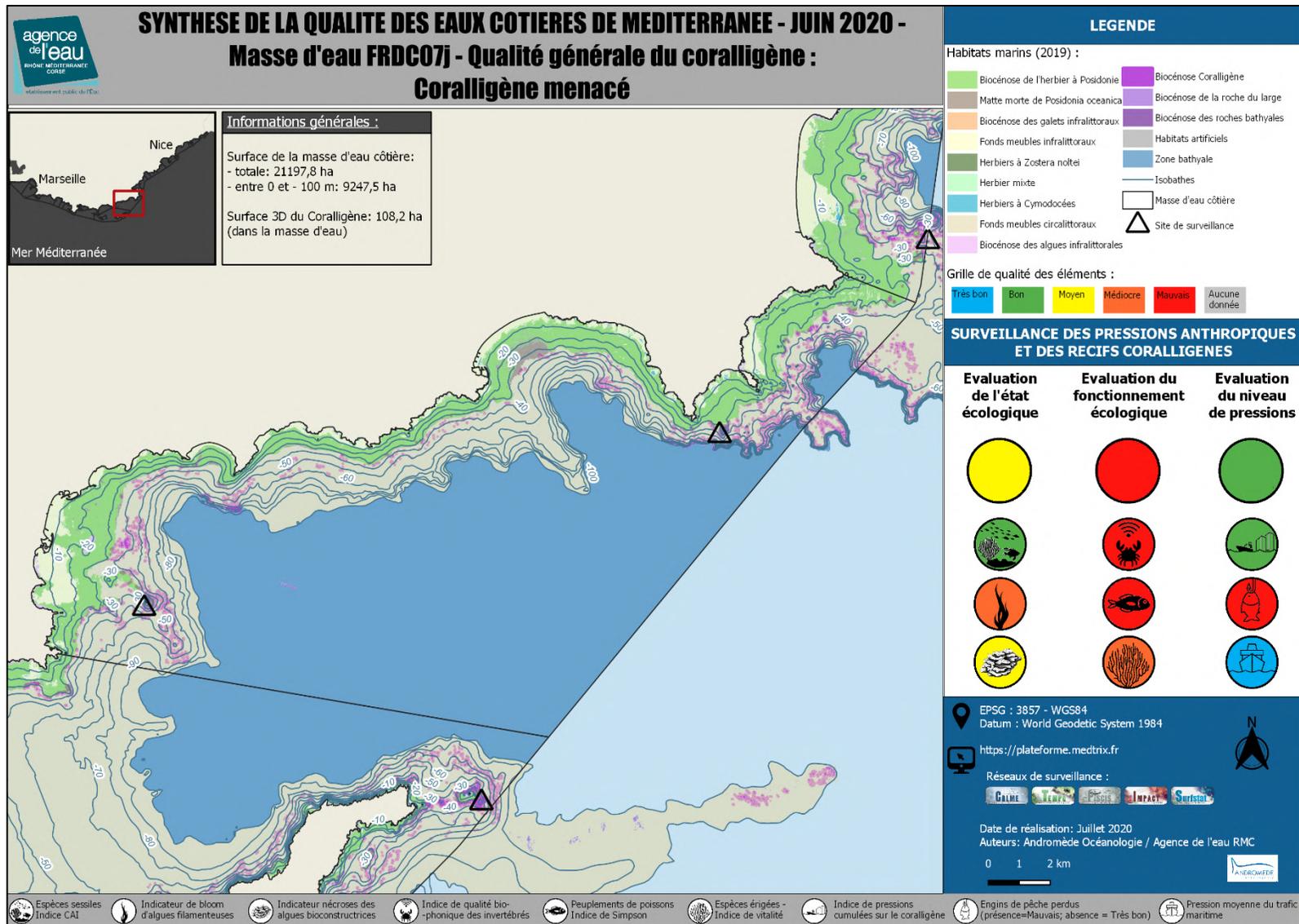
Espèces sessiles - Indice CAI	Indicateur de bloom d'algues filamenteuses	Indicateur nécroses des algues biocostructrices	Indice de qualité bio-phonique des invertébrés	Peuplements de poissons - Indice de Simpson	Espèces érigées - Indice de vitalité	Indice de pressions cumulées sur le coralligène	Engins de pêche perdus (présence=Mauvais; absence = Très bon)	Pression moyenne du trafic maritime
-------------------------------	--	---	--	---	--------------------------------------	---	---	-------------------------------------

Masse d'eau FRDC07i

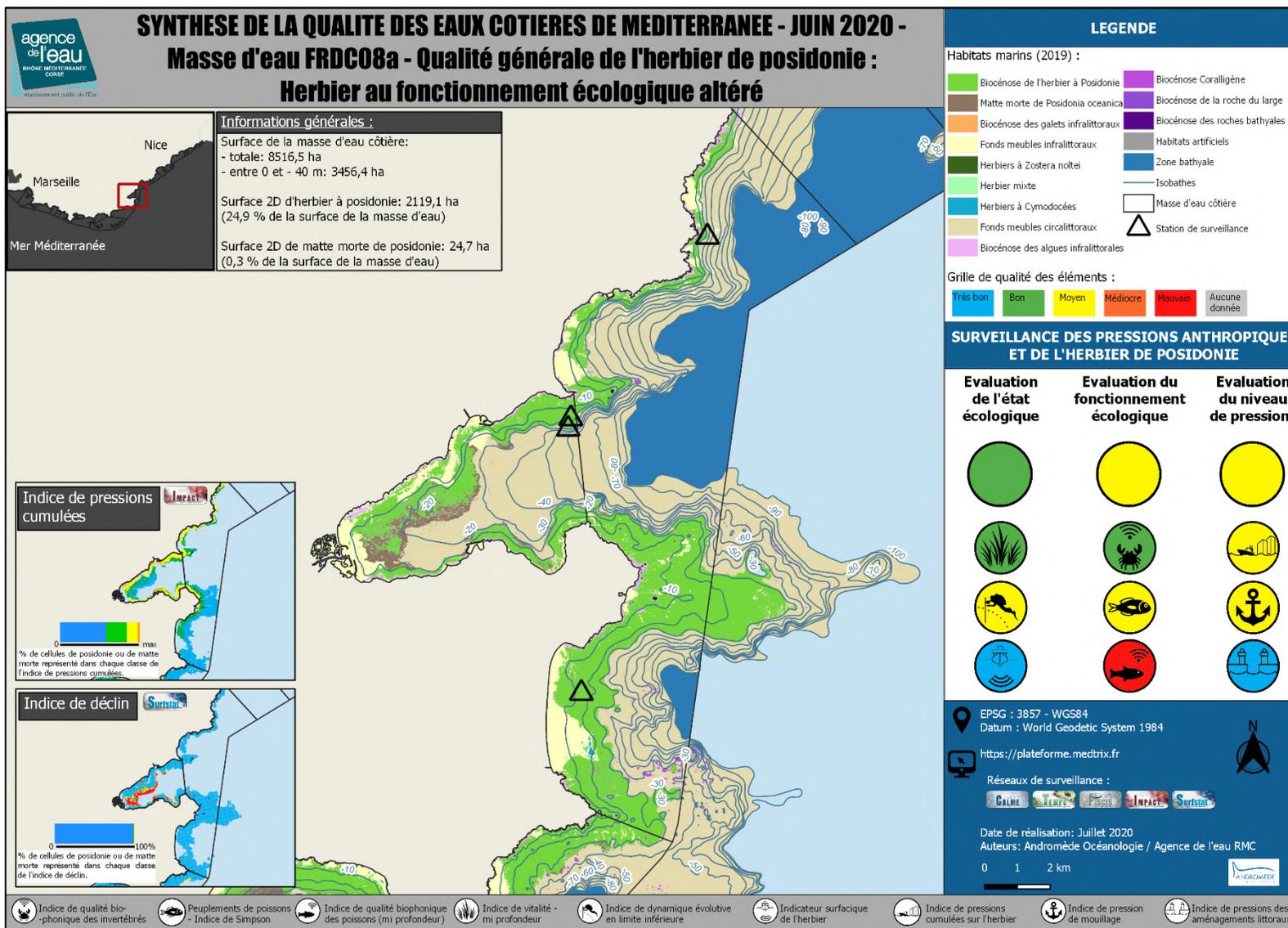


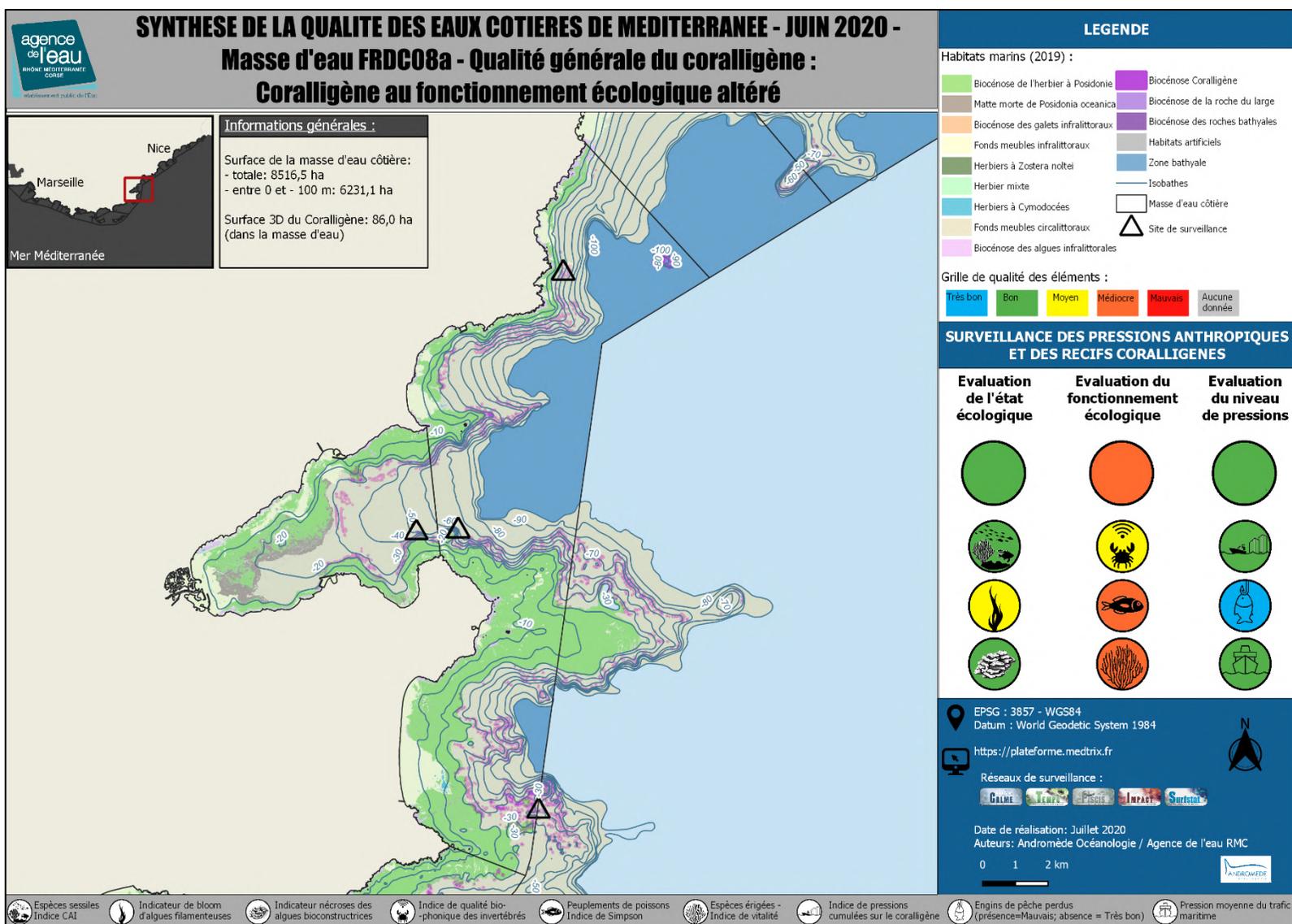
Masse d'eau FRDC07j





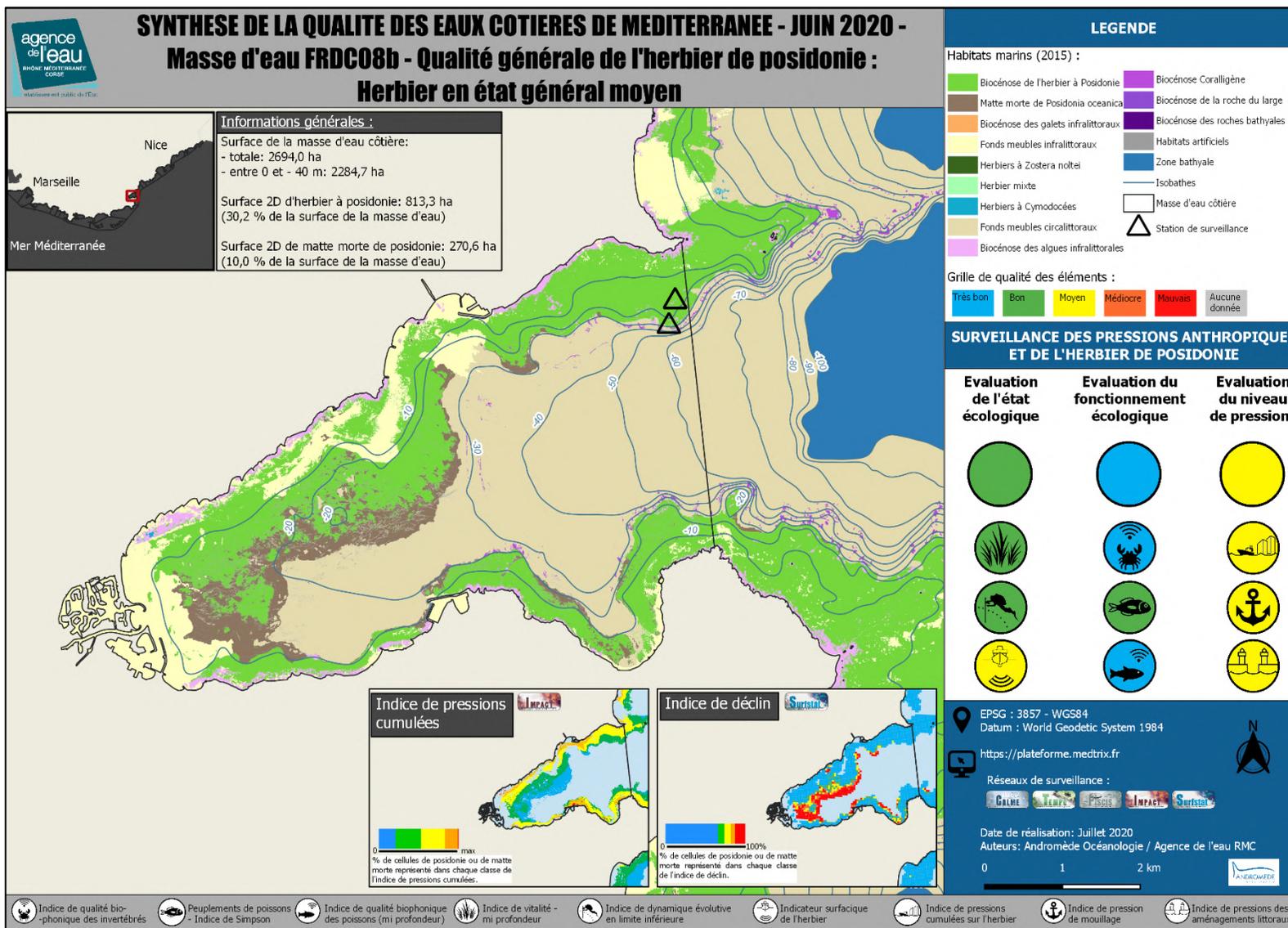
Masse d'eau FRDC08a

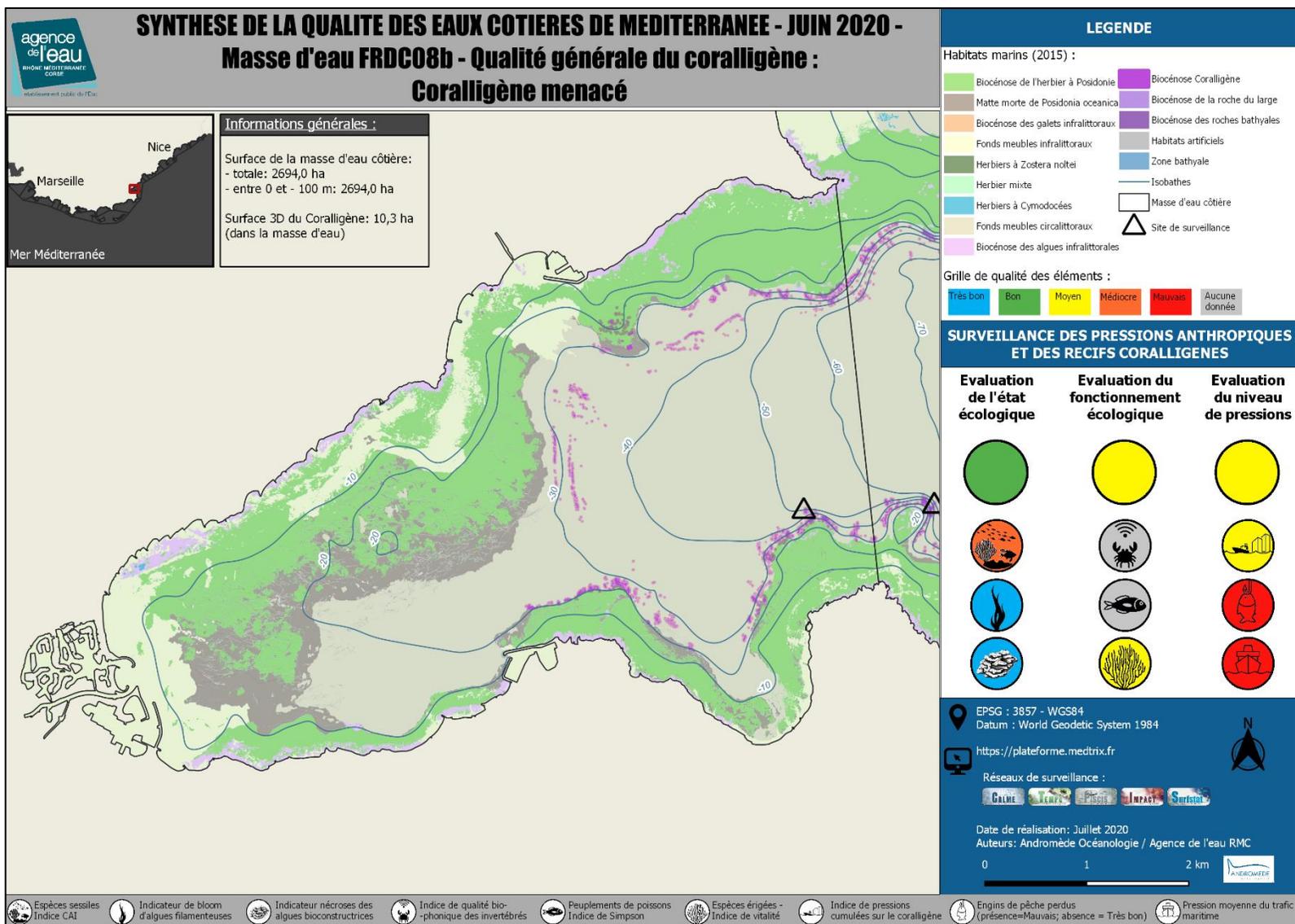




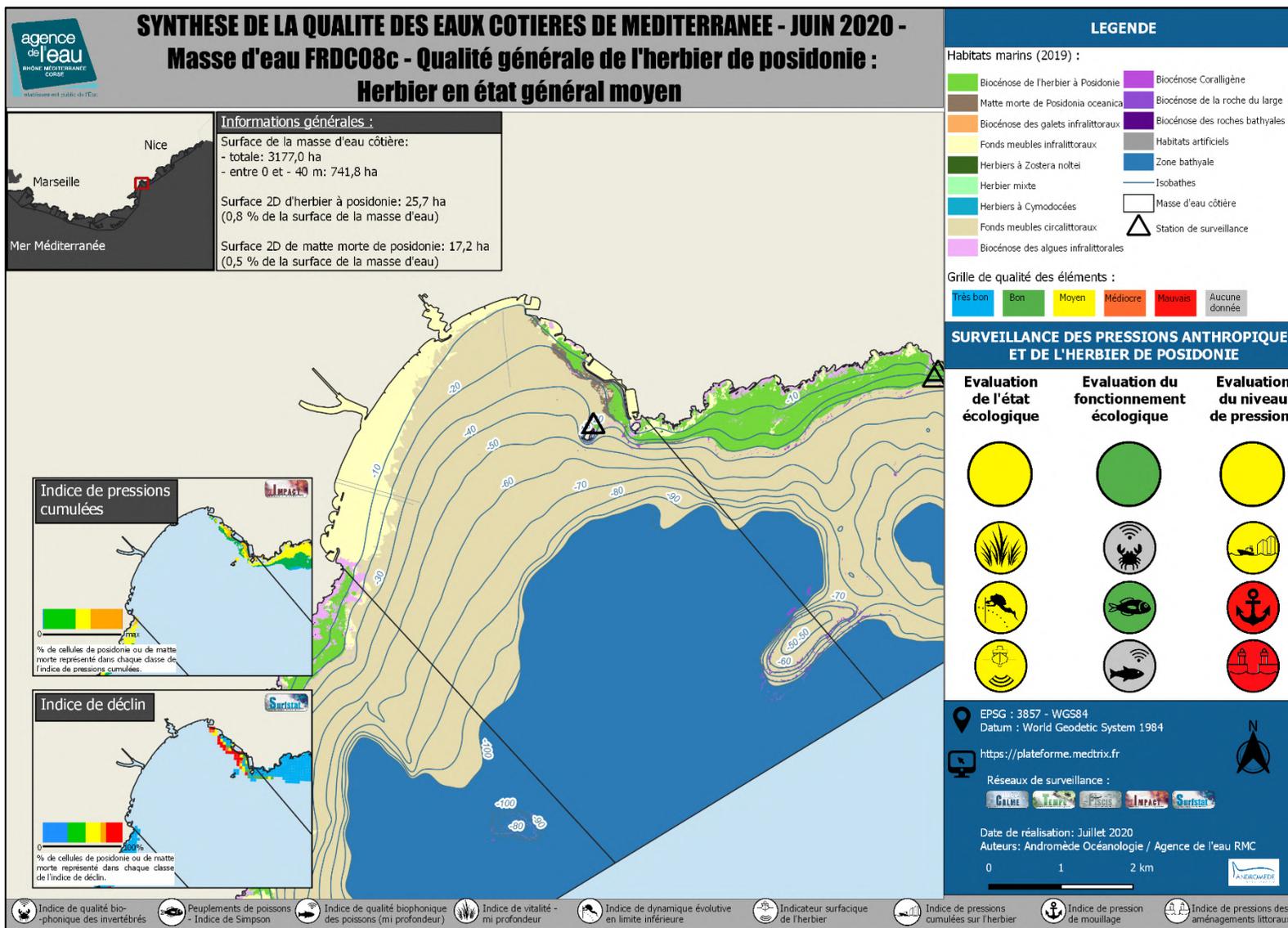
Espèces sessiles - Indice CAI
 Indicateur de bloom d'algues filamenteuses
 Indicateur nécroses des algues bioconstructrices
 Indice de qualité biophonique des invertébrés
 Peuplements de poissons - Indice de Simpson
 Espèces érigées - Indice de vitalité
 Indice de pressions cumulées sur le coralligène
 Engins de pêche perdus (présence=Mauvais; absence = Très bon)
 Pression moyenne du trafic maritime

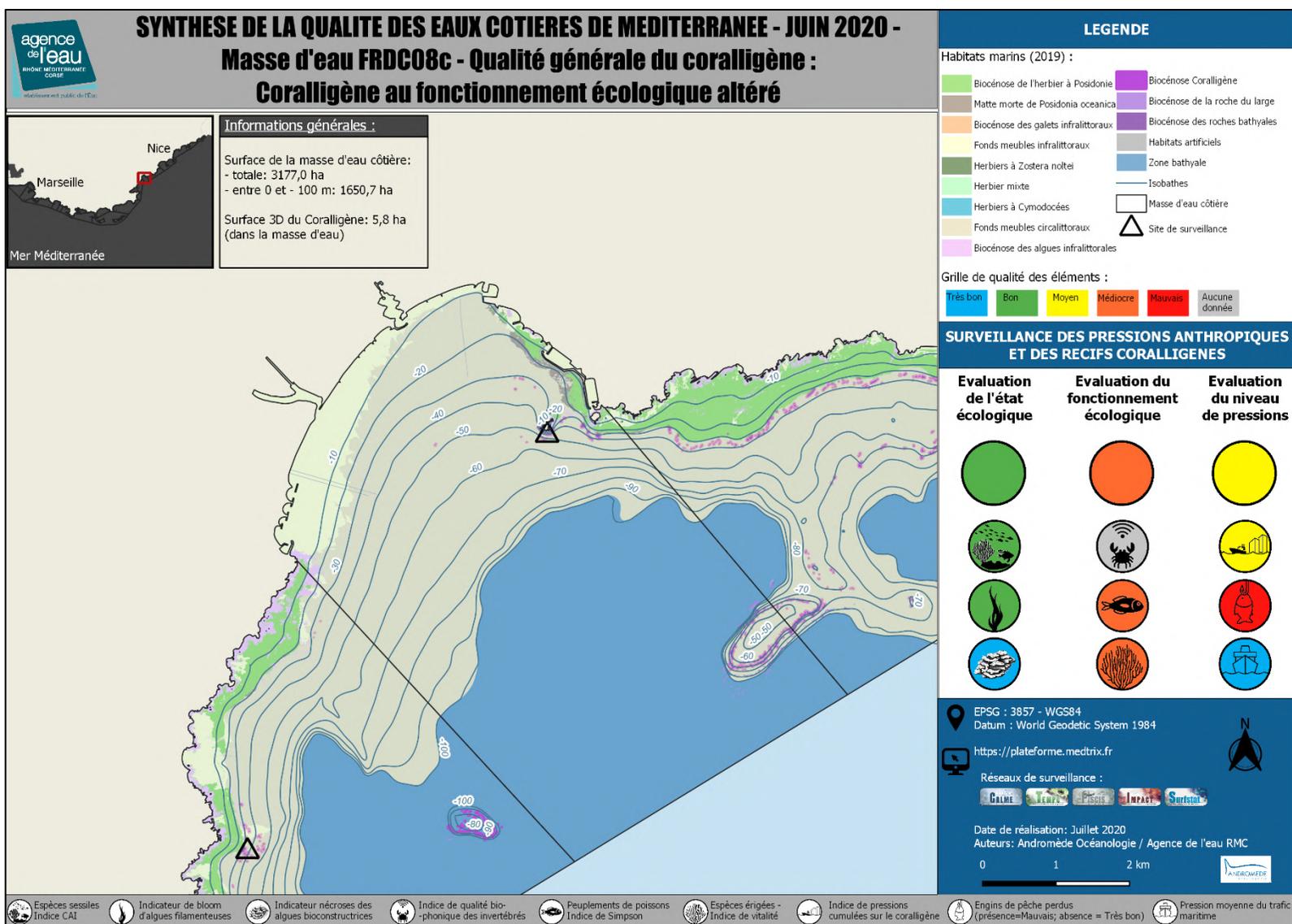
Masse d'eau FRDC08b



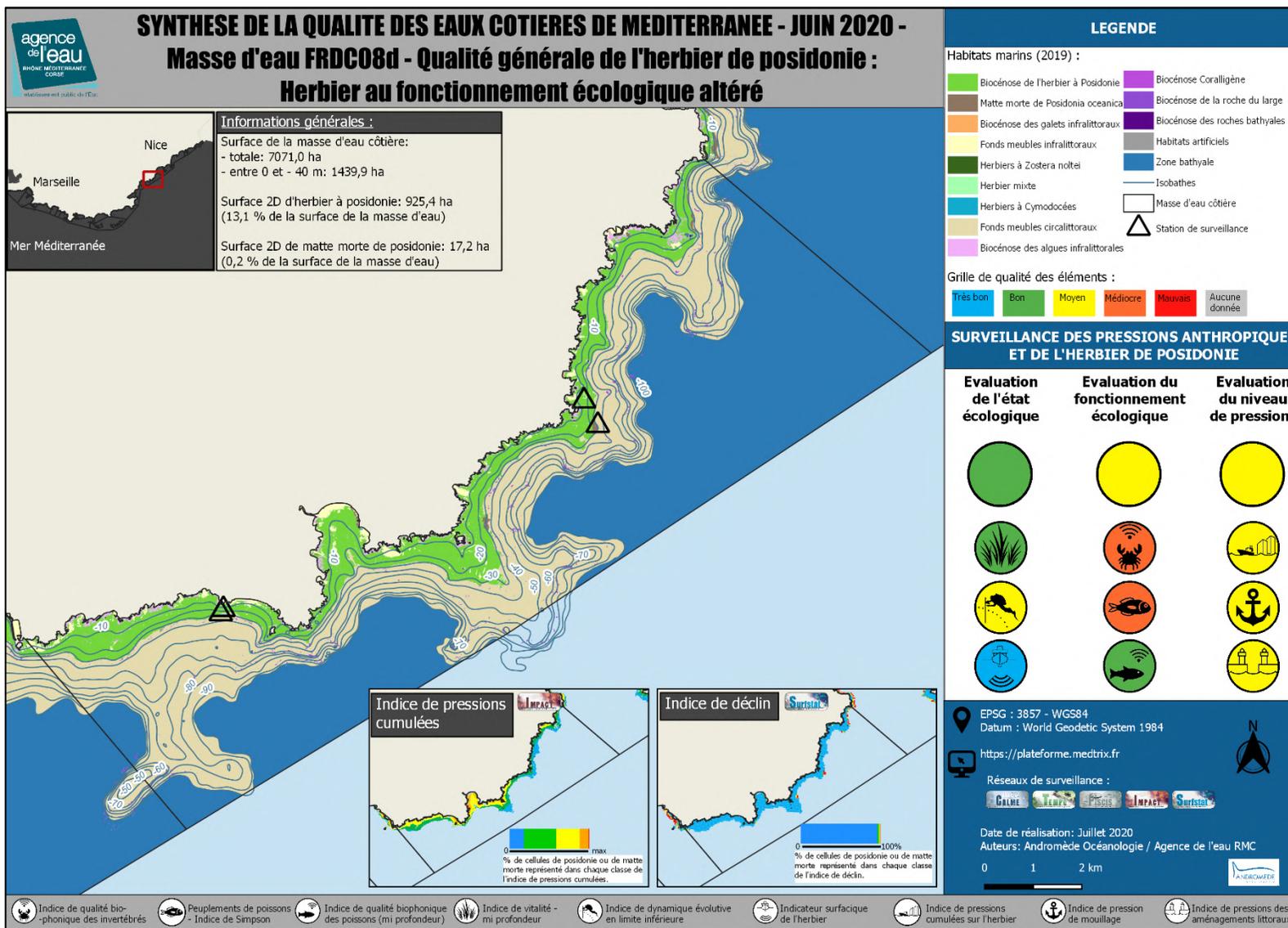


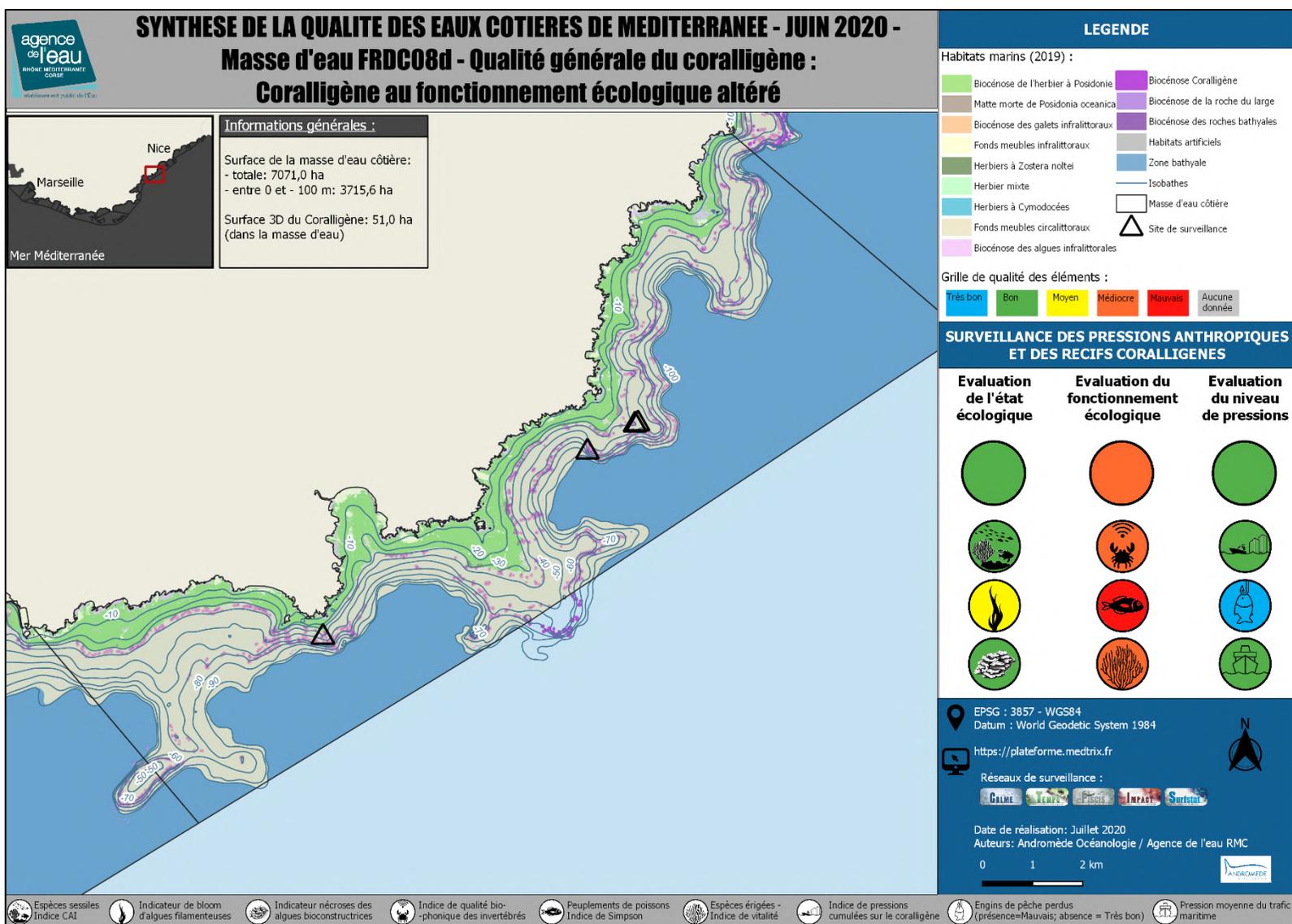
Masse d'eau FRDC08c



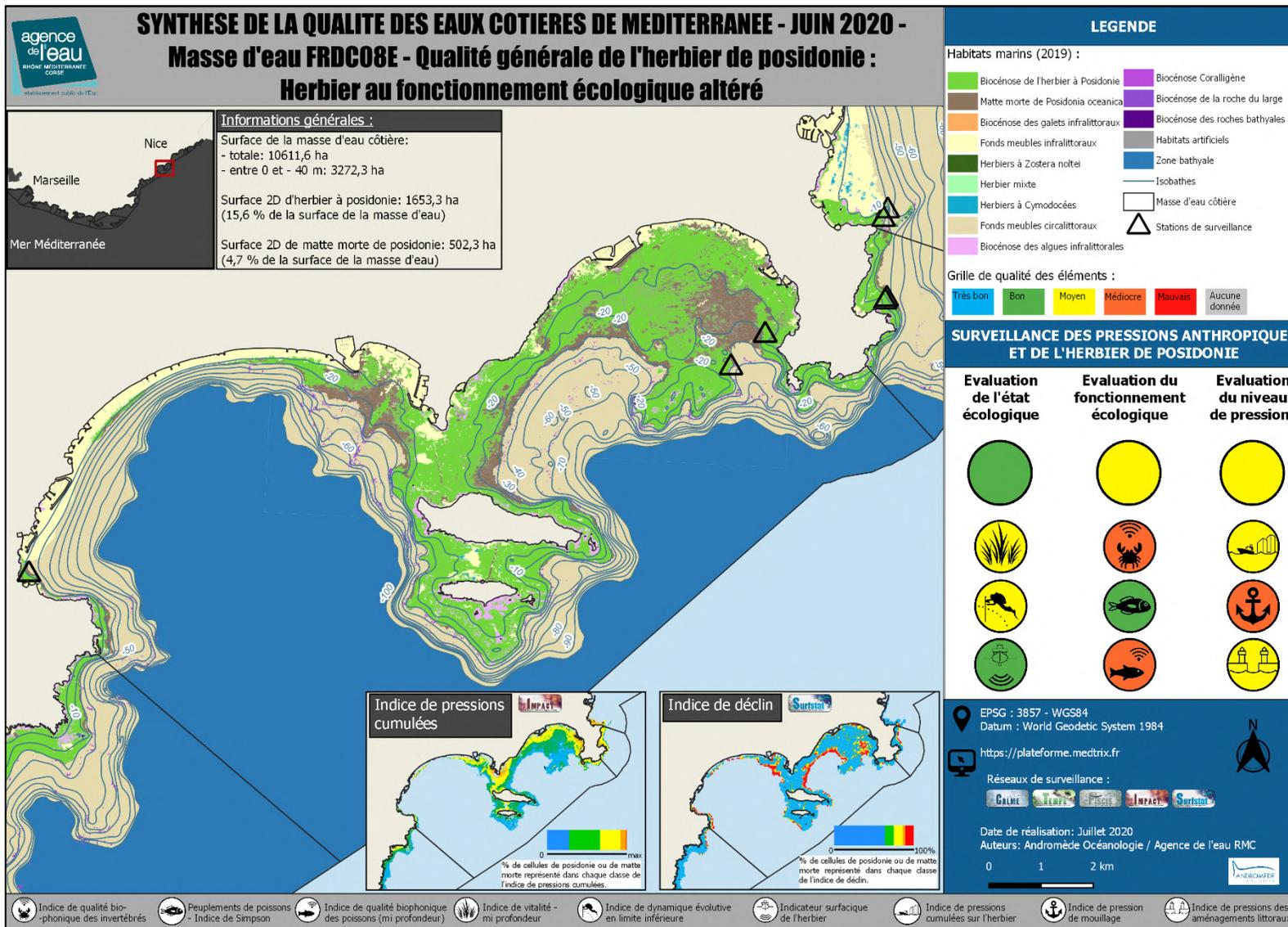


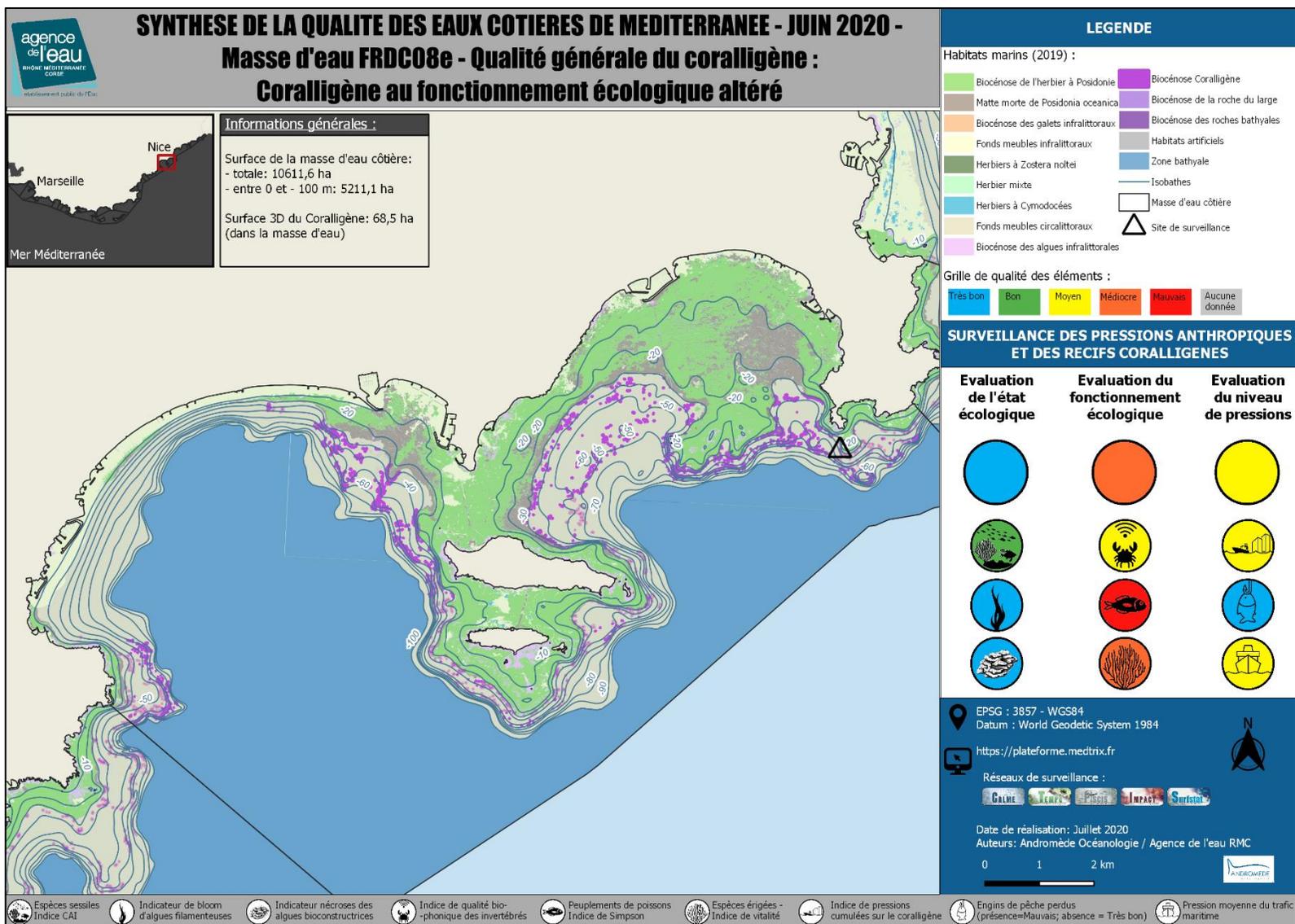
Masse d'eau FRDC08d



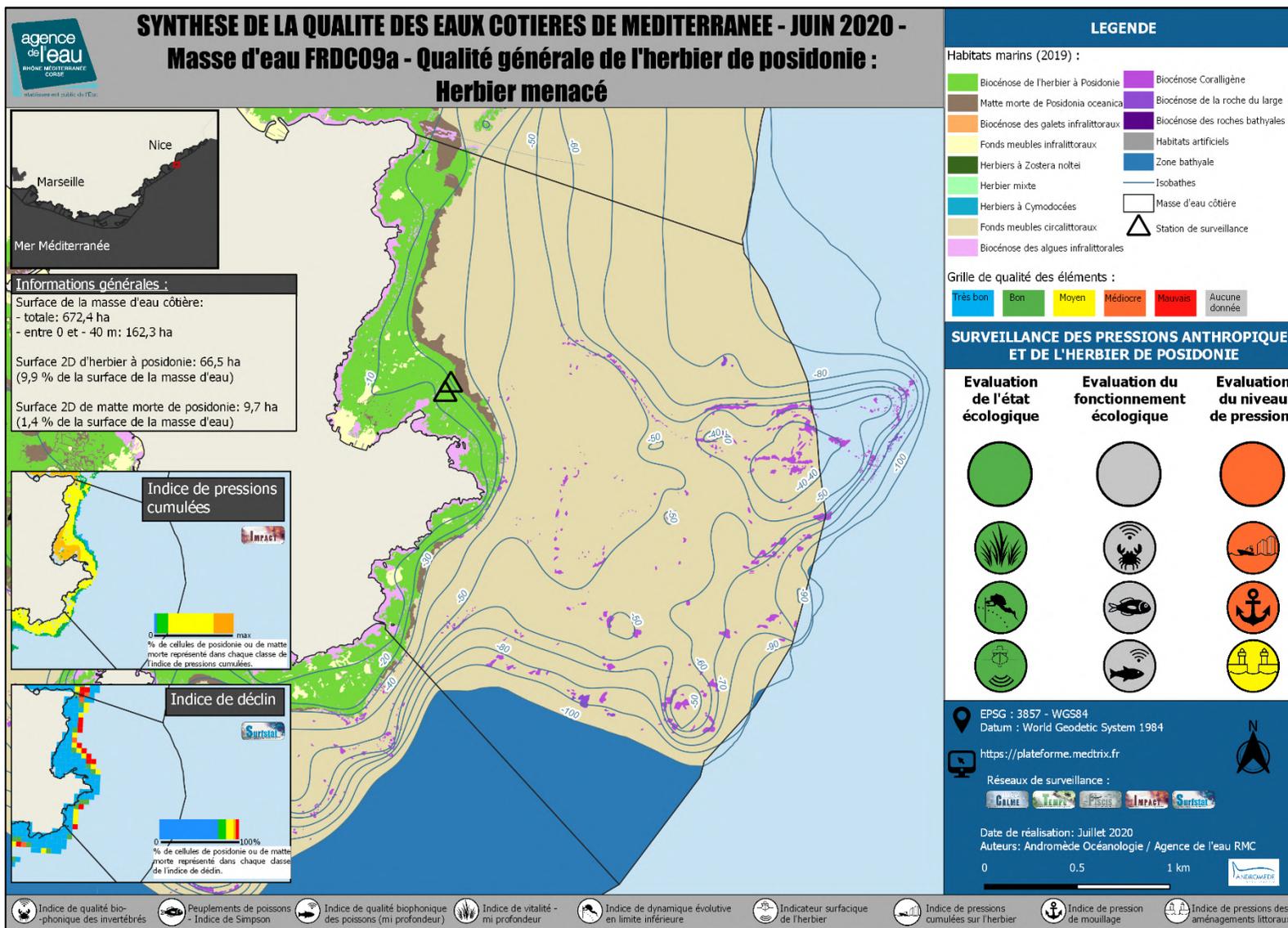


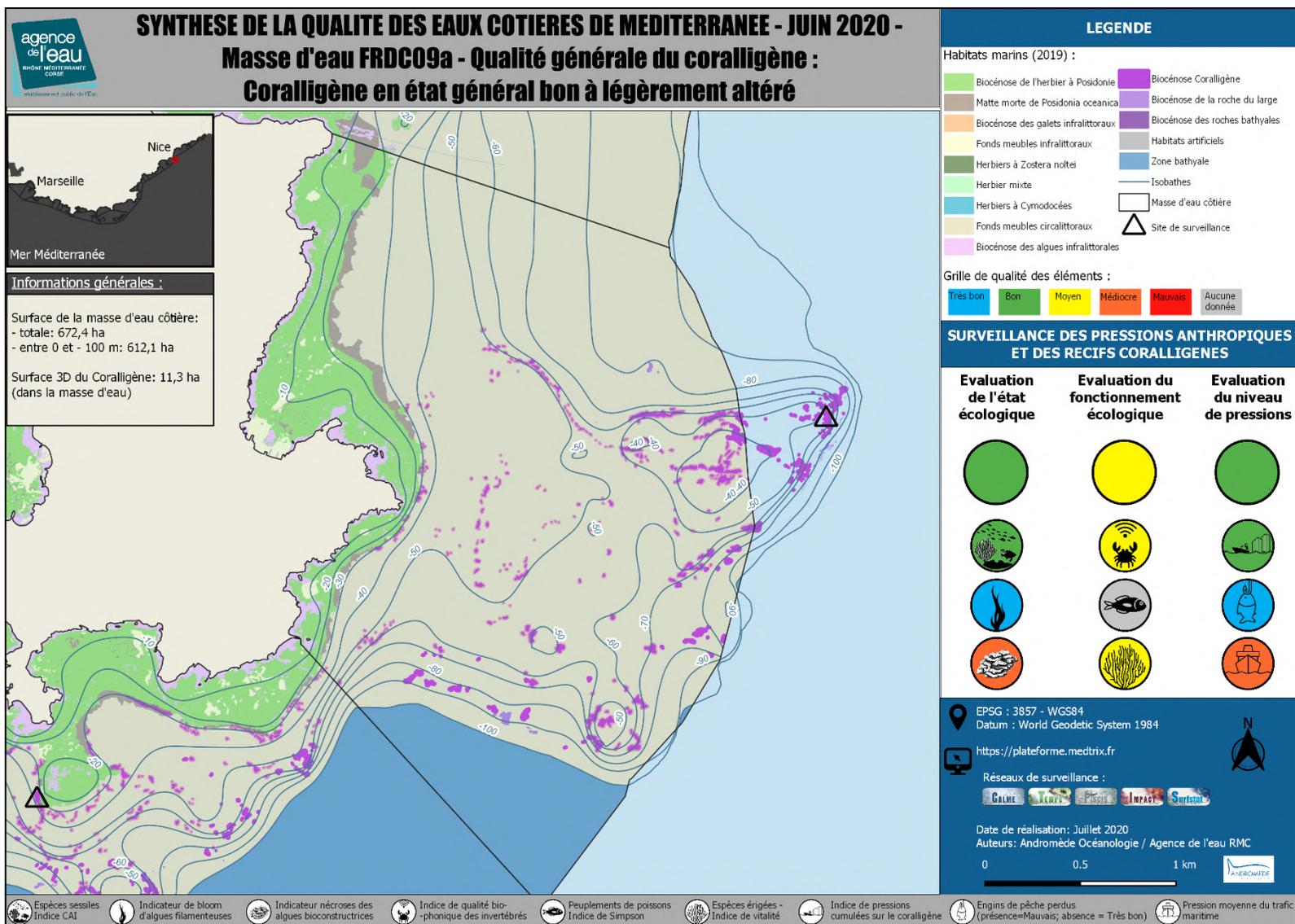
Masse d'eau FRDC08e



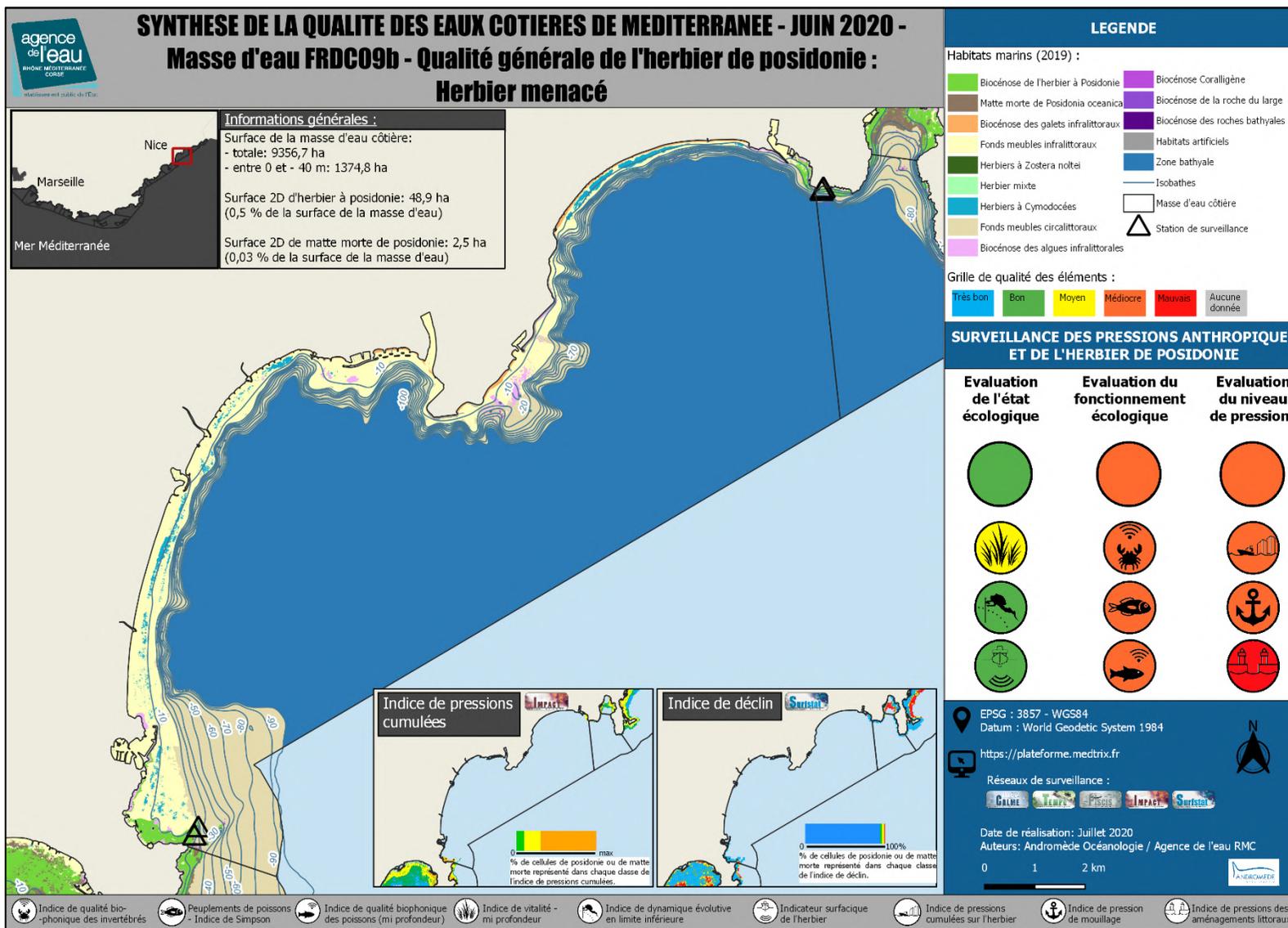


Masse d'eau FRDC09a





Masse d'eau FRDC09b



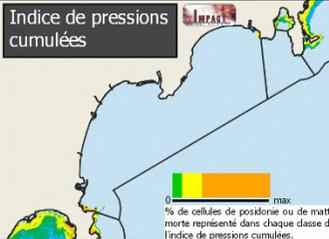
Grille de qualité des éléments :

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	Aucune donnée
----------	-----	-------	----------	---------	---------------

SURVEILLANCE DES PRESSIONS ANTHROPIQUES ET DE L'HERBIER DE POSIDONIE

Evaluation de l'état écologique	Evaluation du fonctionnement écologique	Evaluation du niveau de pressions
		
		
		
		

Indice de pressions cumulées (Impact)



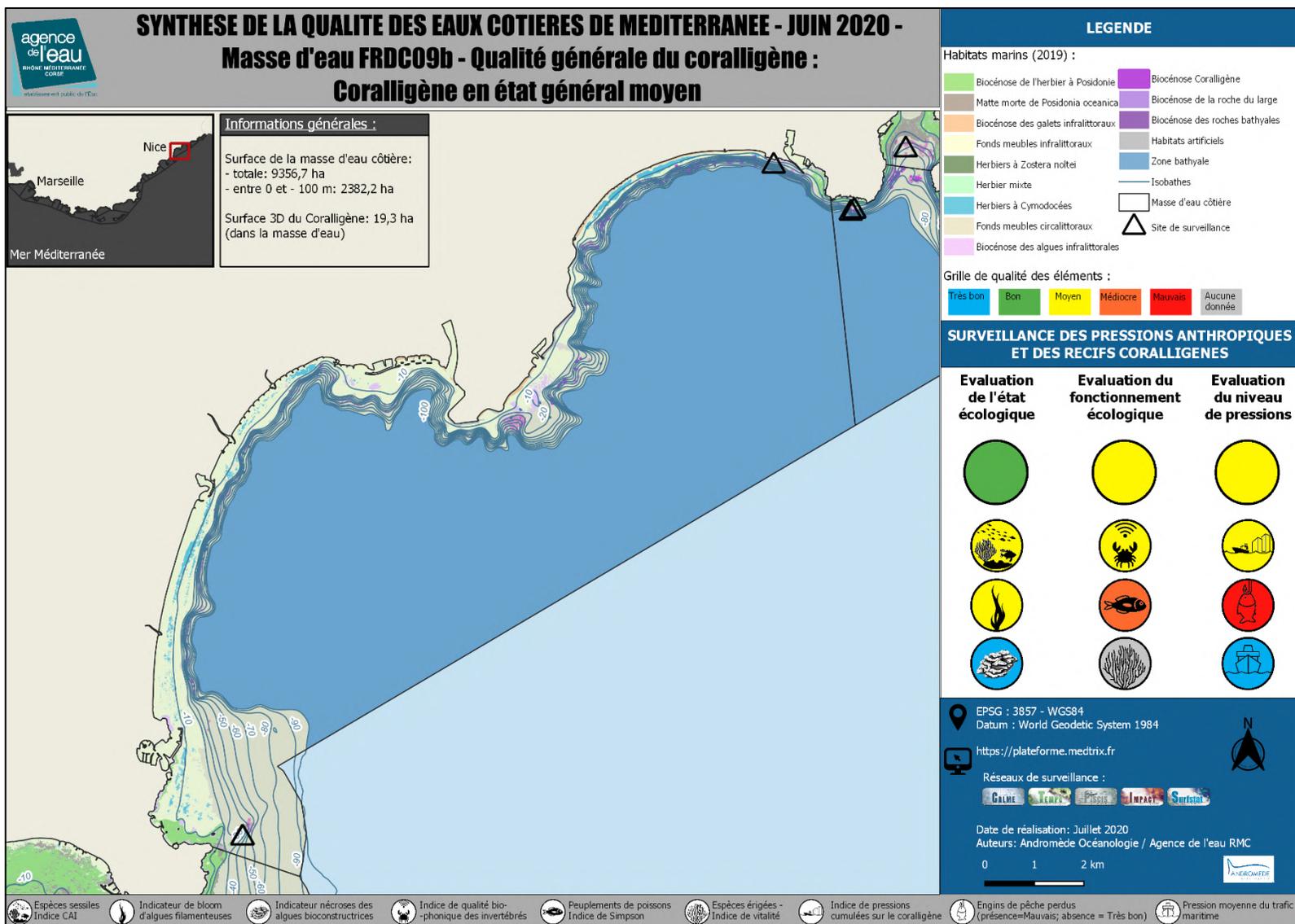
Indice de déclin (Sursis)



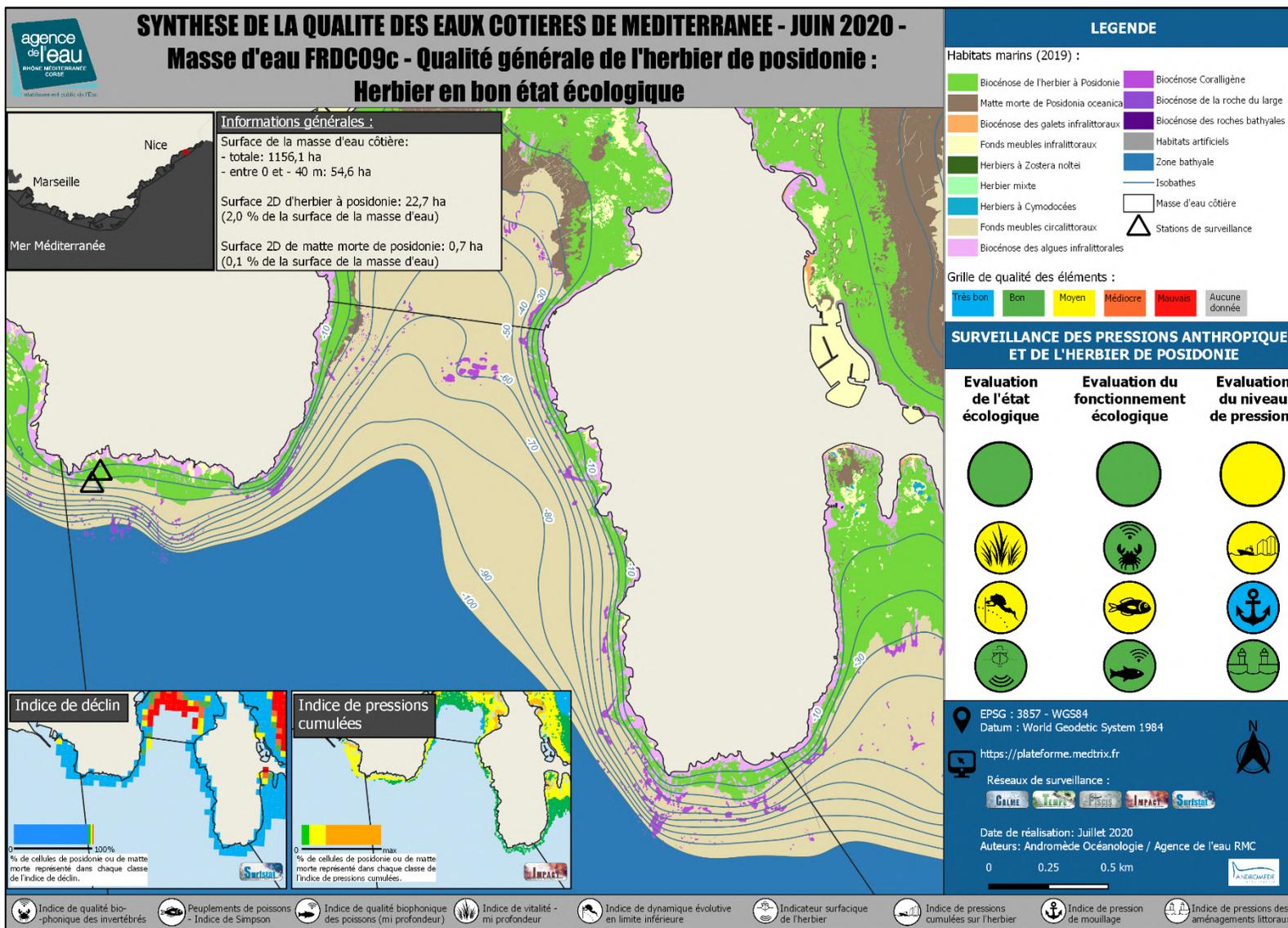
Indice de qualité biophonique des invertébrés | **Peuplements de poissons - Indice de Simpson** | **Indice de qualité biophonique des poissons (mi profondeur)** | **Indice de vitalité - mi profondeur** | **Indice de dynamique évolutive en limite inférieure** | **Indicateur surfacique de l'herbier** | **Indice de pressions cumulées sur l'herbier** | **Indice de pression de mouillage** | **Indice de pressions des aménagements littoraux**

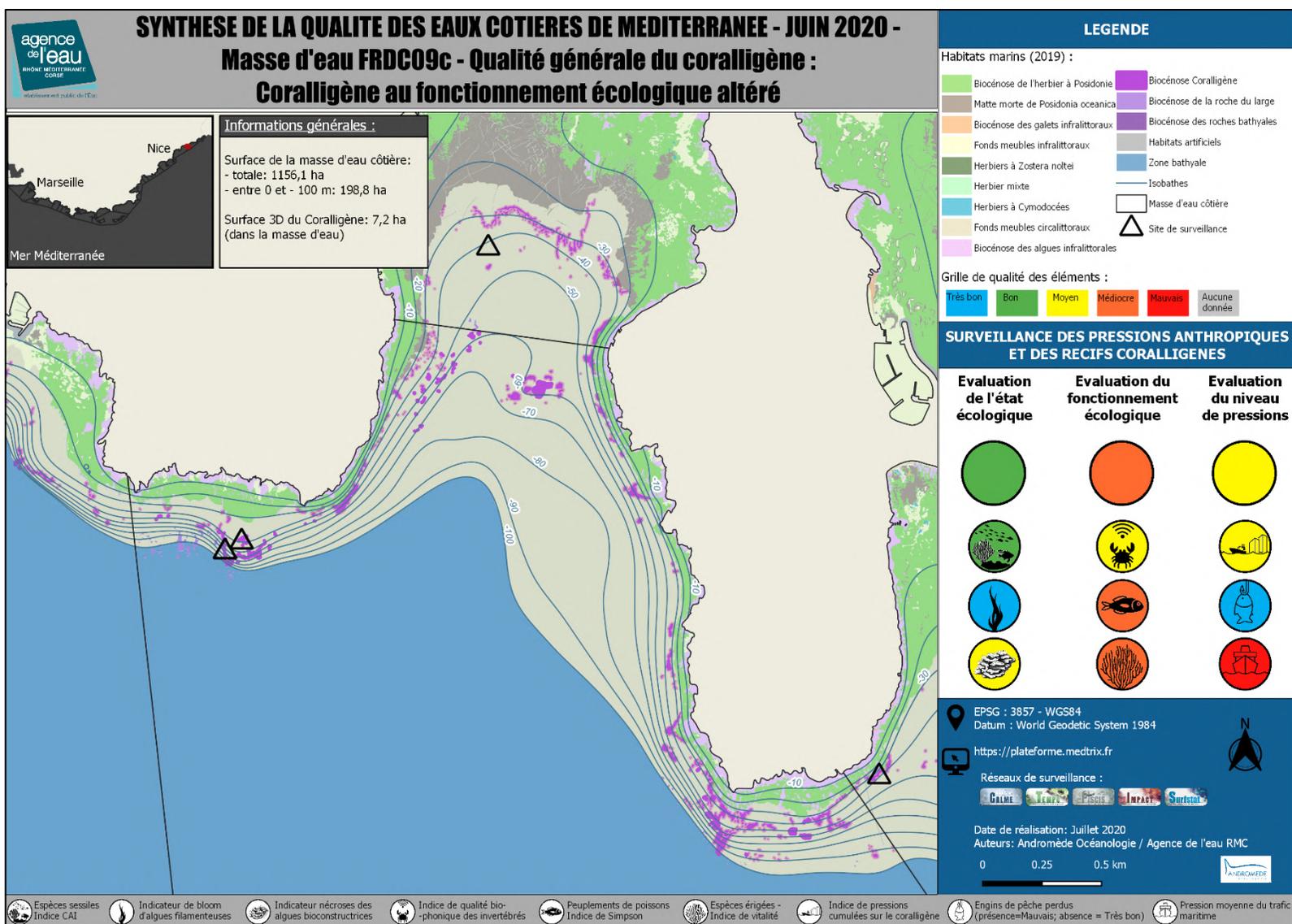
EPSG : 3857 - WGS84
Datum : World Geodetic System 1984
<https://plateforme.medtrix.fr>
Réseaux de surveillance : CALINE, LEM, PISCES, IMPACT, Sursis
Date de réalisation: Juillet 2020
Auteurs: Andromède Océanologie / Agence de l'eau RMC

0 1 2 km

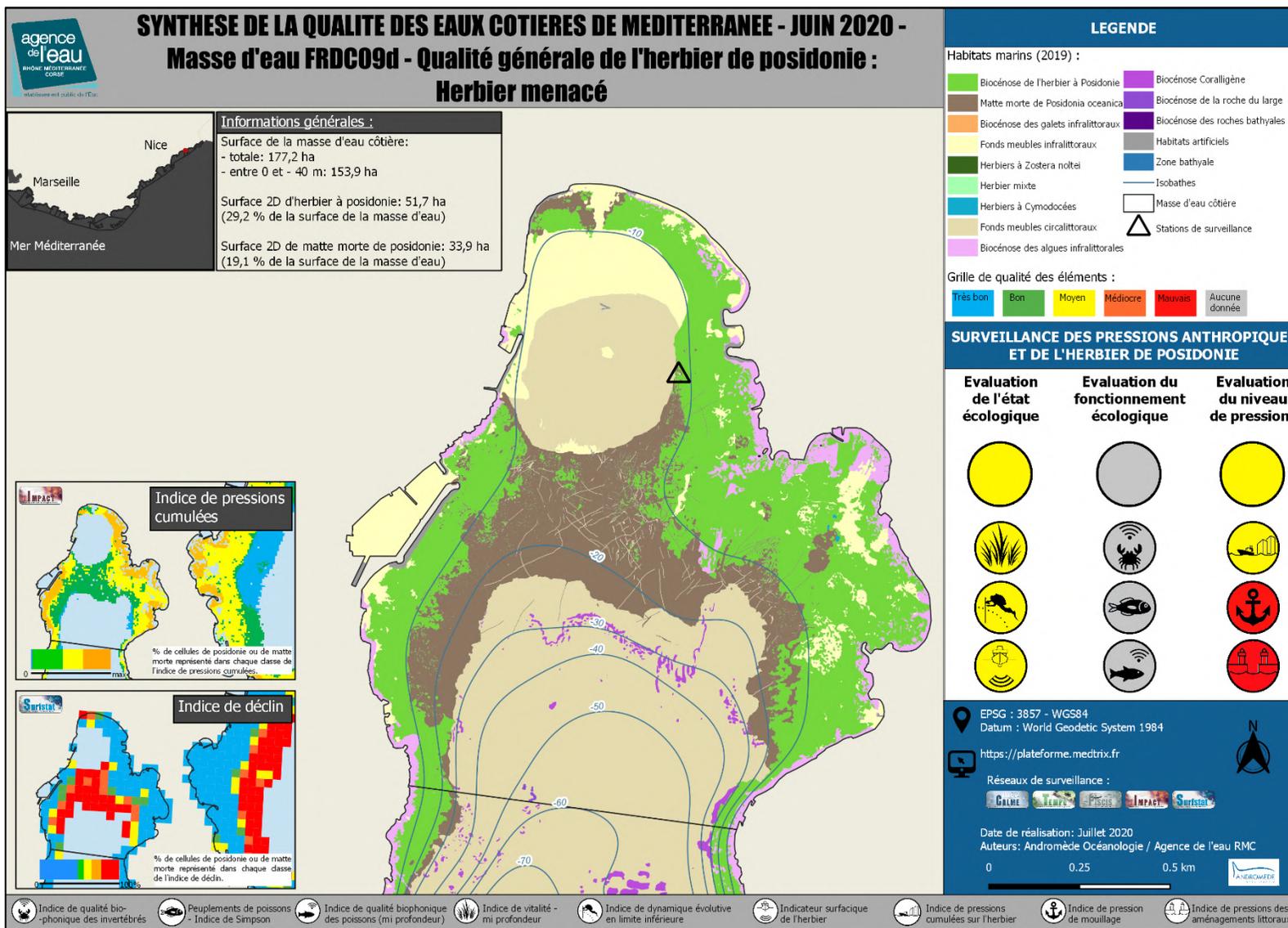


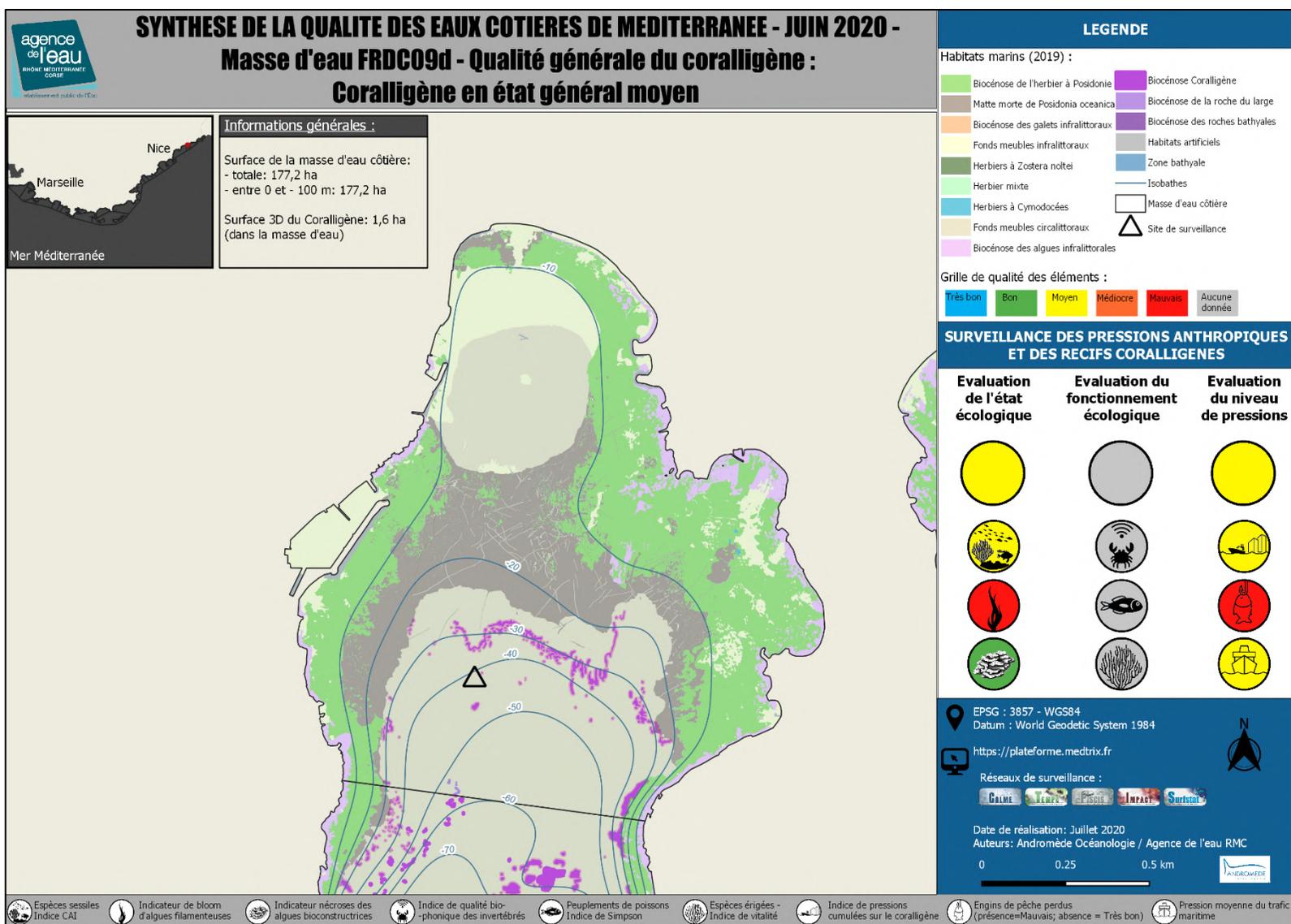
Masse d'eau FRDC09c



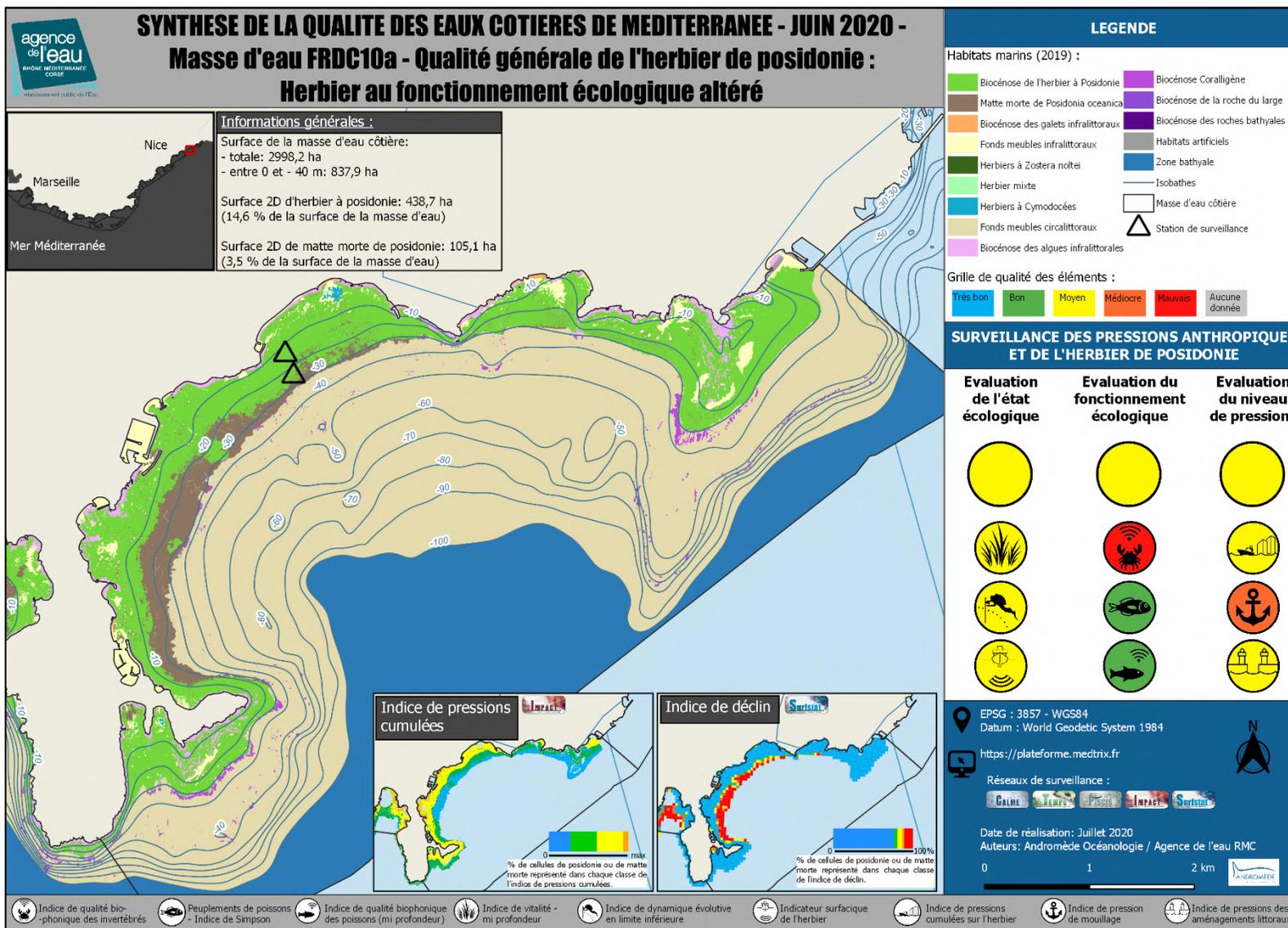


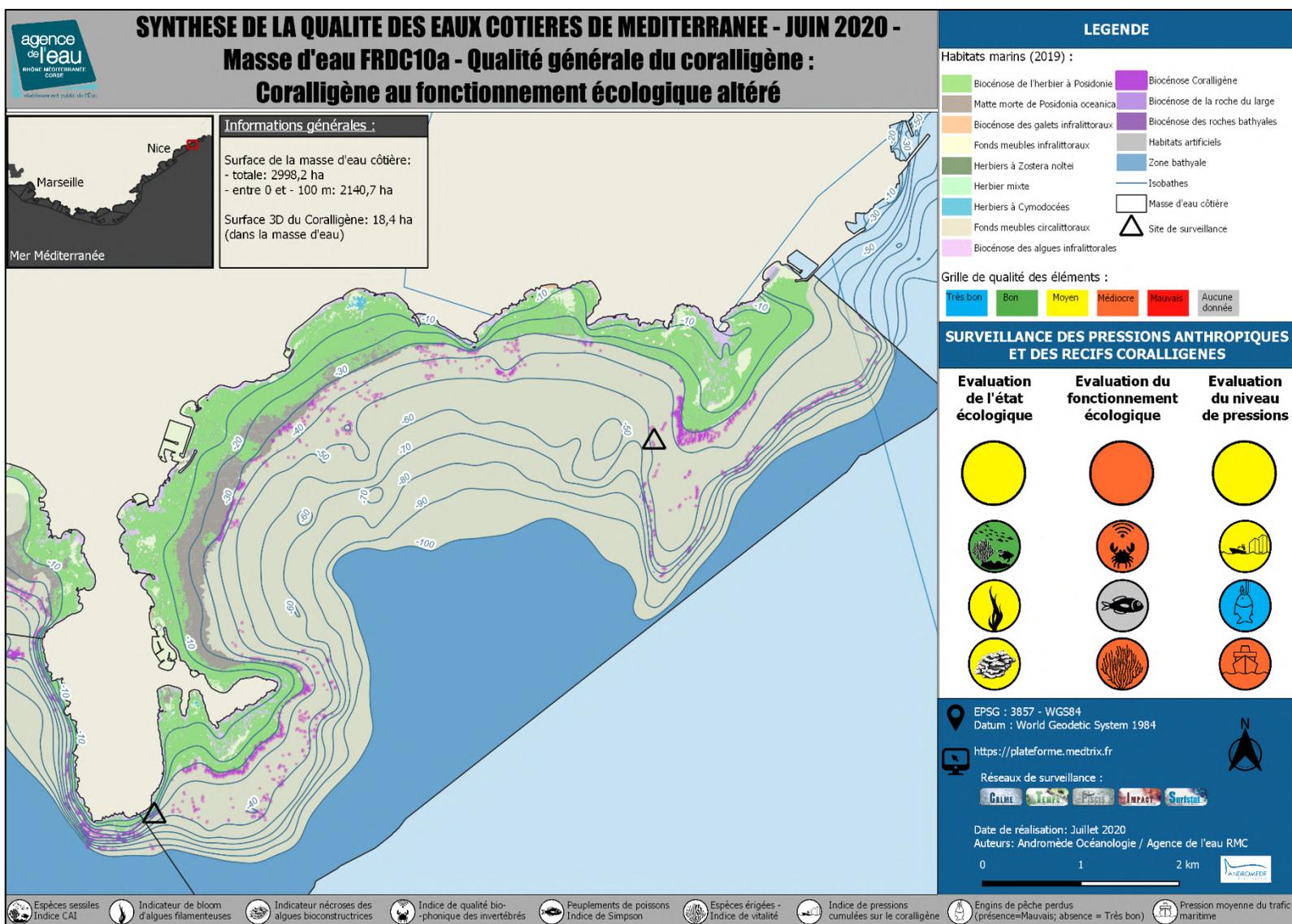
Masse d'eau FRDC09d



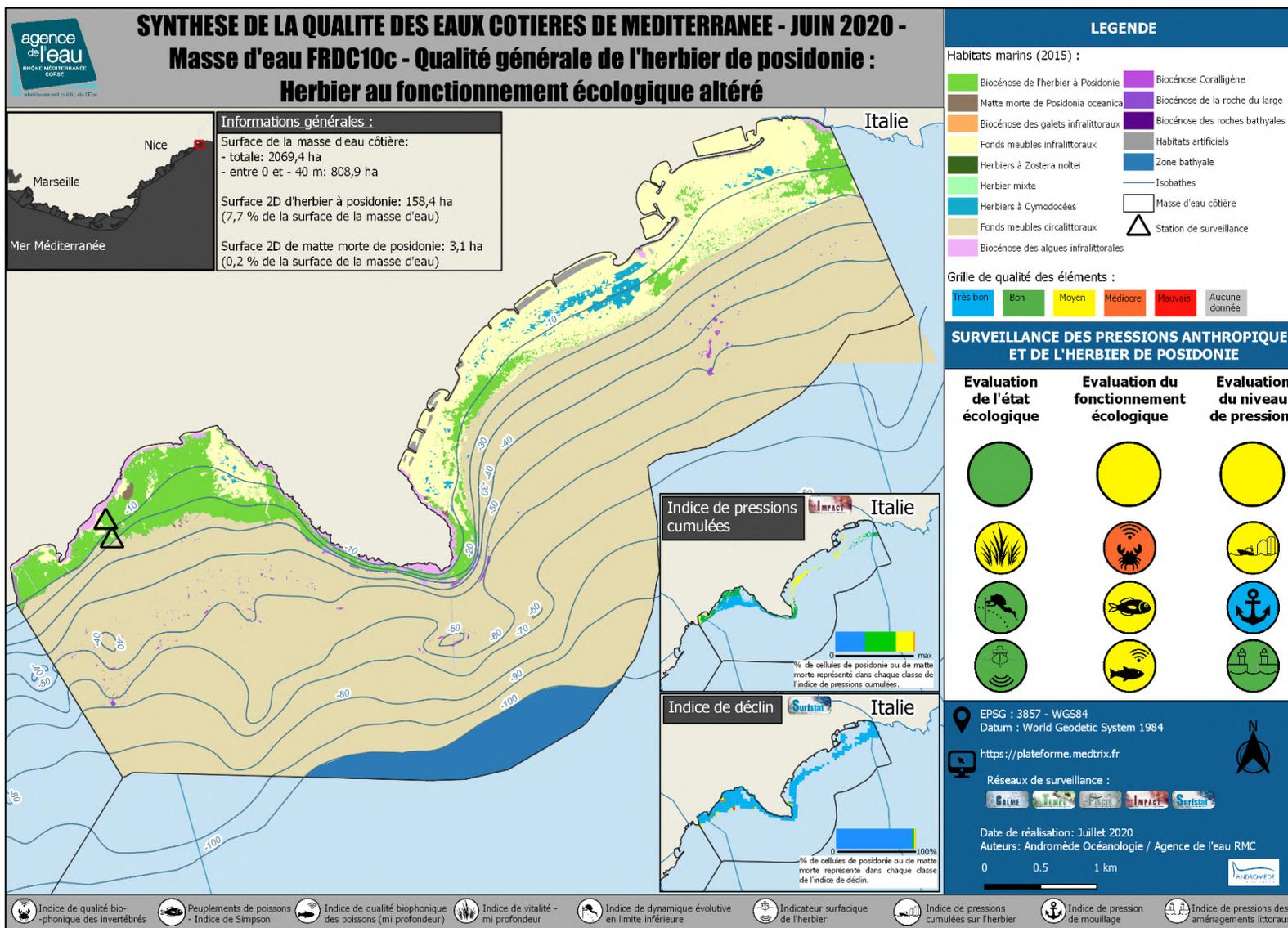


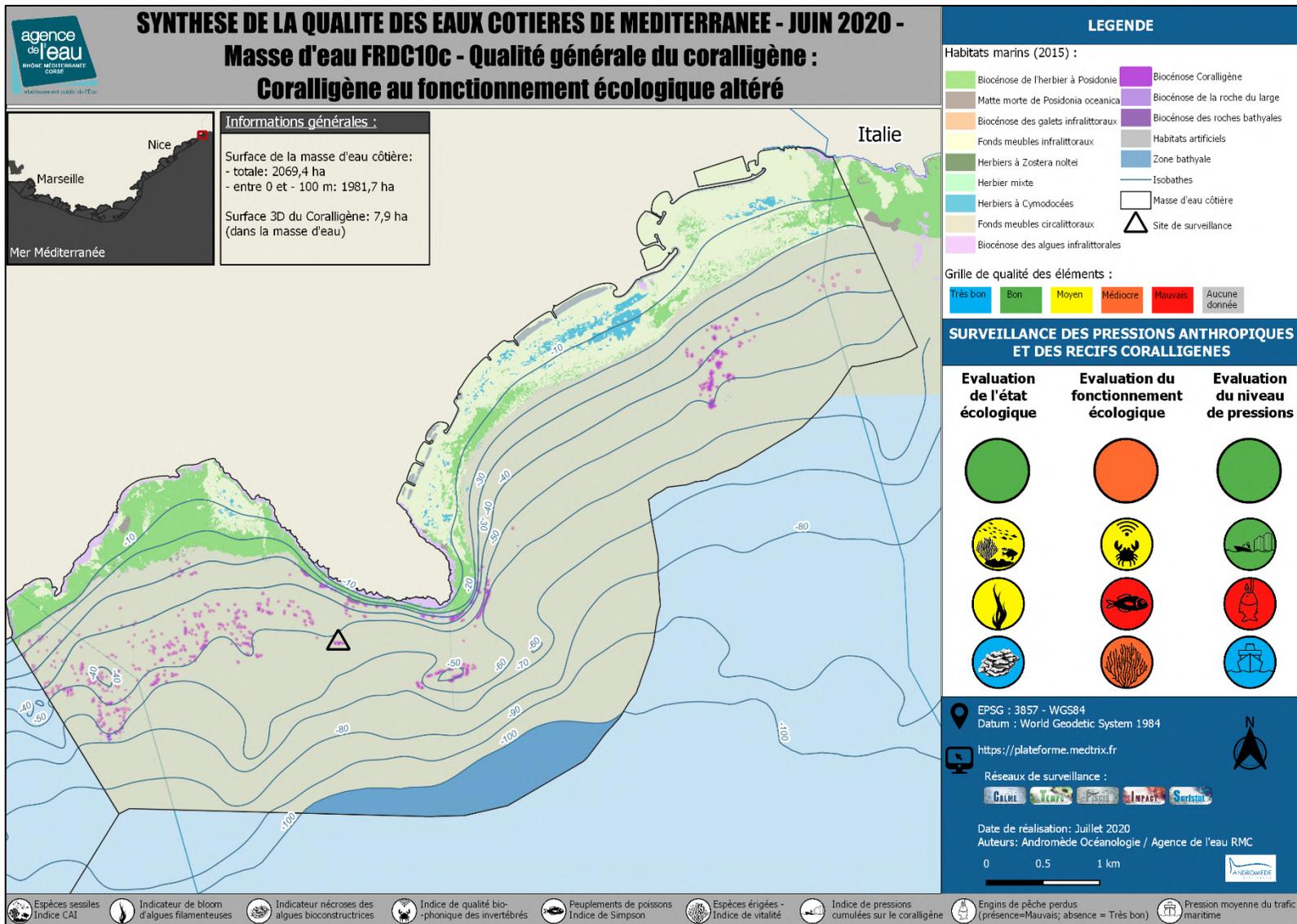
Masse d'eau FRDC10a





Masse d'eau FRDC10c





LEGENDE

Habitats marins (2015) :

■ Biocénose de l'herbier à Posidonie	■ Biocénose Coralligène
■ Matte morte de Posidonia oceanica	■ Biocénose de la roche du large
■ Biocénose des galets infralittoraux	■ Biocénose des roches bathyales
■ Fonds meubles infralittoraux	■ Habitats artificiels
■ Herbiers à Zostera noltii	■ Zone bathyale
■ Herbier mixte	— Isobathes
■ Herbiers à Cymodocées	□ Masse d'eau côtière
■ Fonds meubles circalittoraux	▲ Site de surveillance
■ Biocénose des algues infralittorales	

Grille de qualité des éléments :

Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	Aucune donnée
----------	-----	-------	----------	---------	---------------

SURVEILLANCE DES PRESSIONS ANTHROPIQUES ET DES RECIFS CORALLIGÈNES

Evaluation de l'état écologique	Evaluation du fonctionnement écologique	Evaluation du niveau de pressions
		
		
		
		

EPSG : 3857 - WGS84
Datum : World Geodetic System 1984

<https://plateforme.medrix.fr>

Réseaux de surveillance :



Date de réalisation: Juillet 2020
Auteurs: Andromède Océanologie / Agence de l'eau RMC

0 0.5 1 km



 Espèces sessiles
Indice CAI

 Indicateur de bloom
d'algues filamenteuses

 Indicateur nécroses des
algues bioconstructrices

 Indice de qualité bio-
phonique des invertébrés

 Peuplements de poissons
Indice de Simpson

 Espèces érigées -
Indice de vitalité

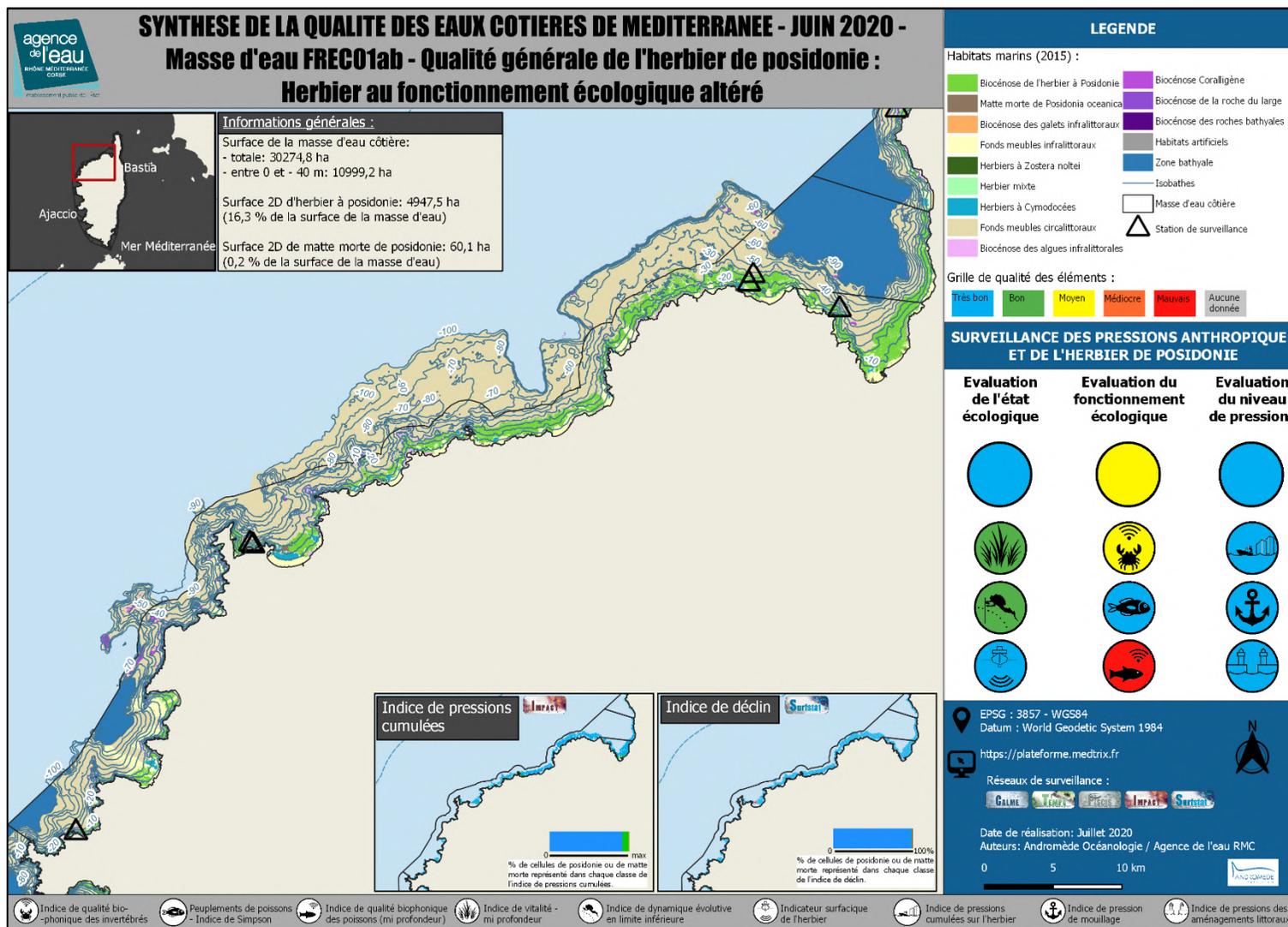
 Indice de pressions
cumulées sur le coralligène

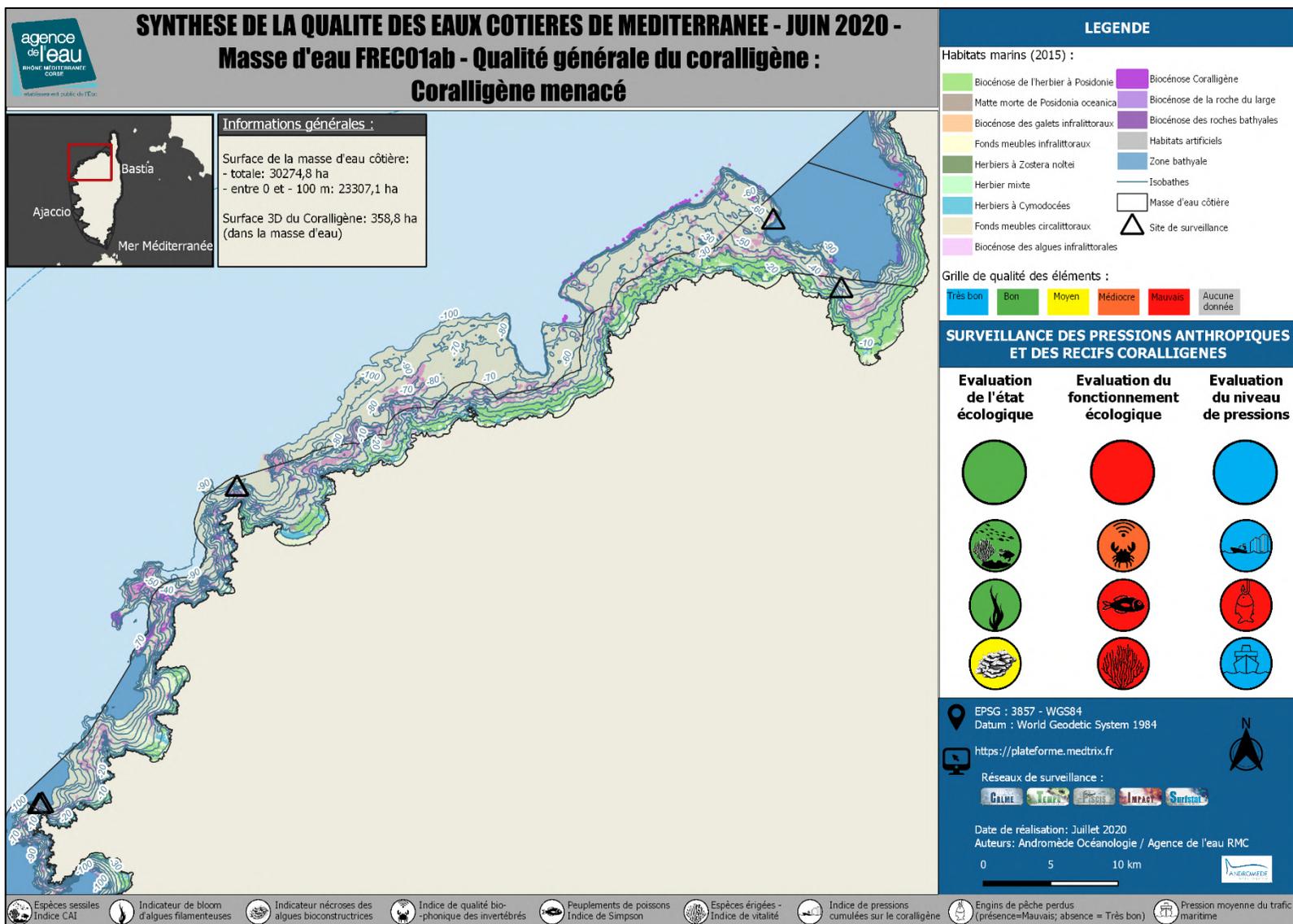
 Engins de pêche perdus
(présence=Mauvais; absence = Très bon)

 Pression moyenne du trafic
maritime

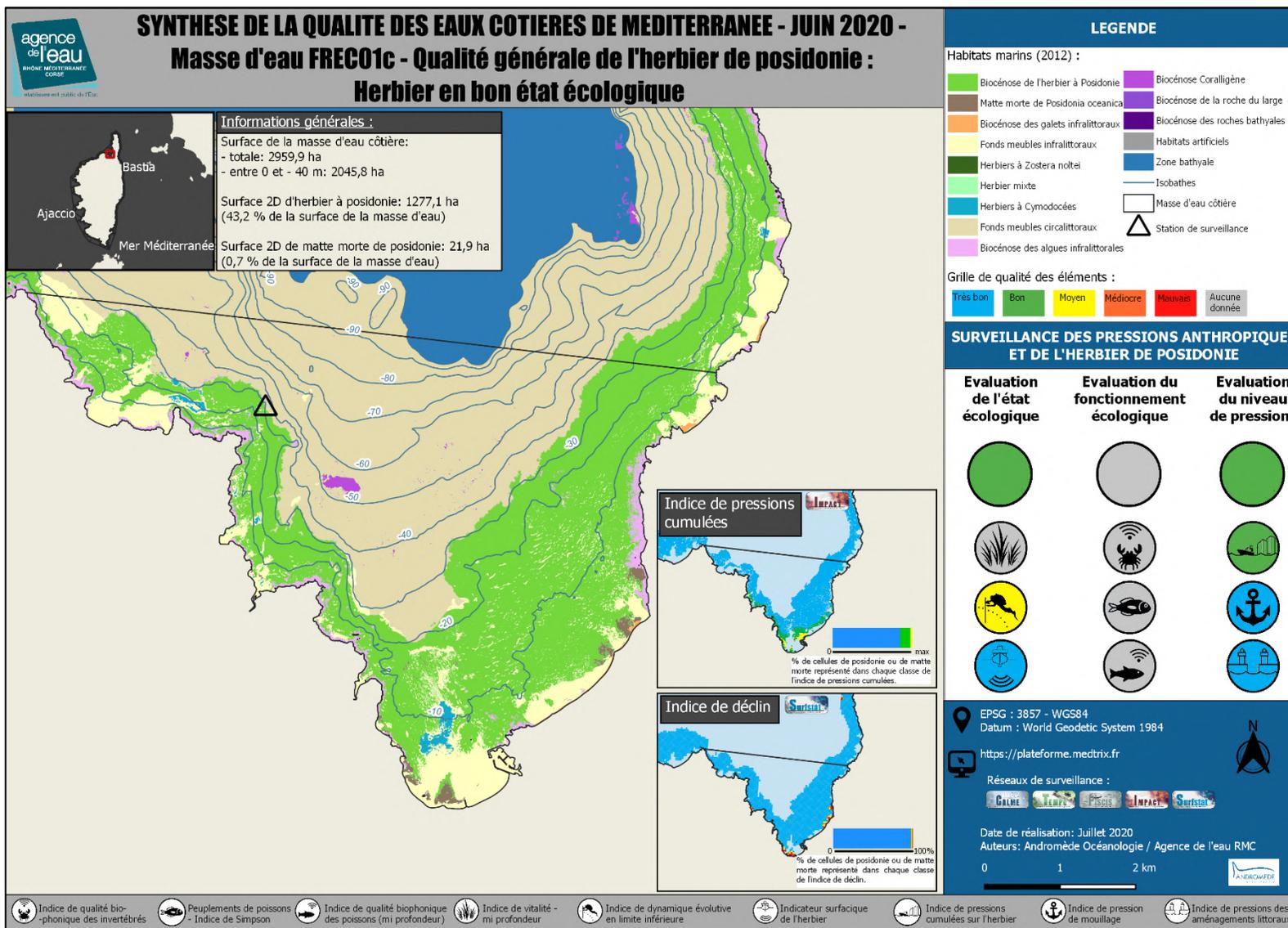
Atlas cartographique - Région Corse

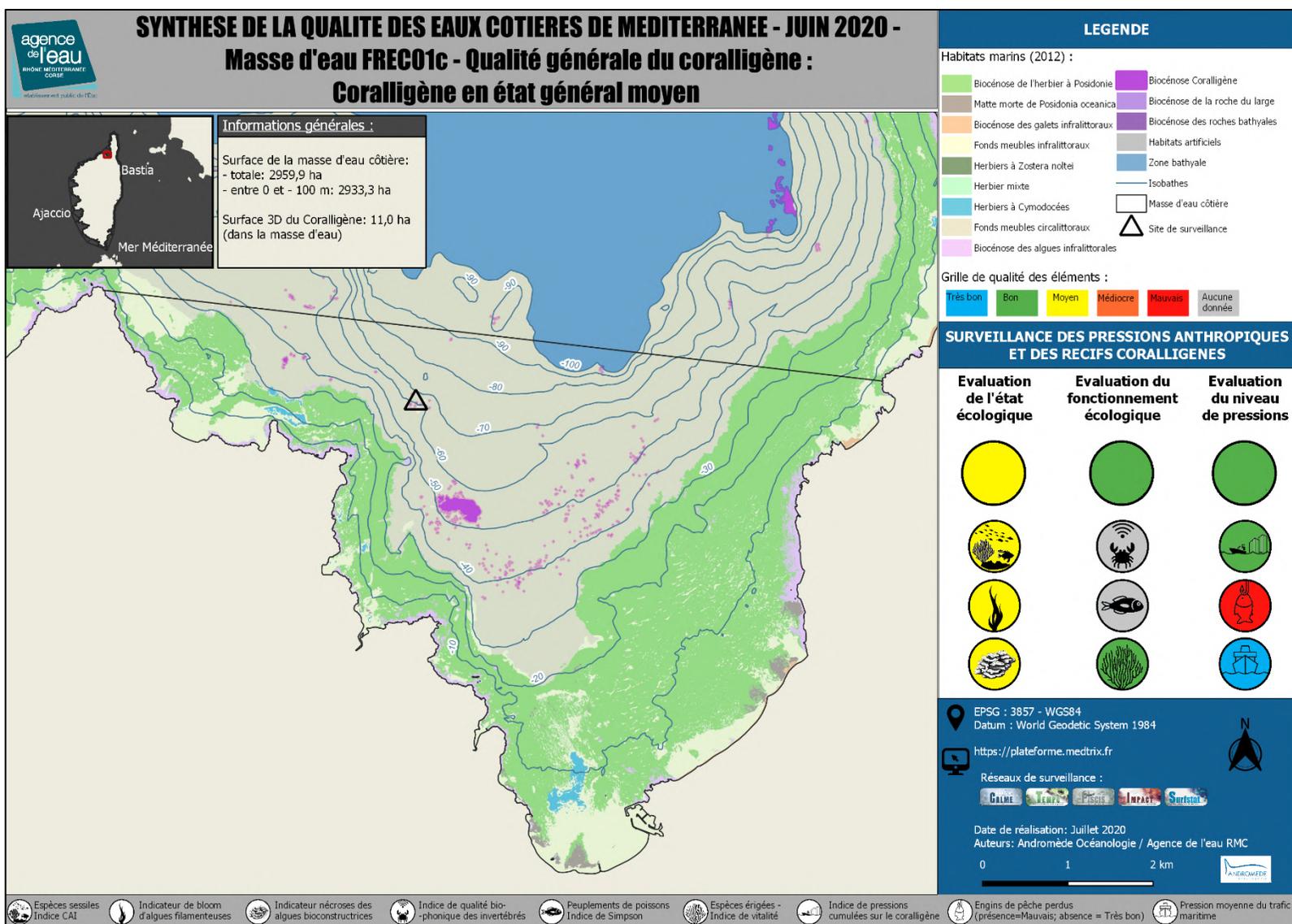
Masse d'eau FRECO1ab



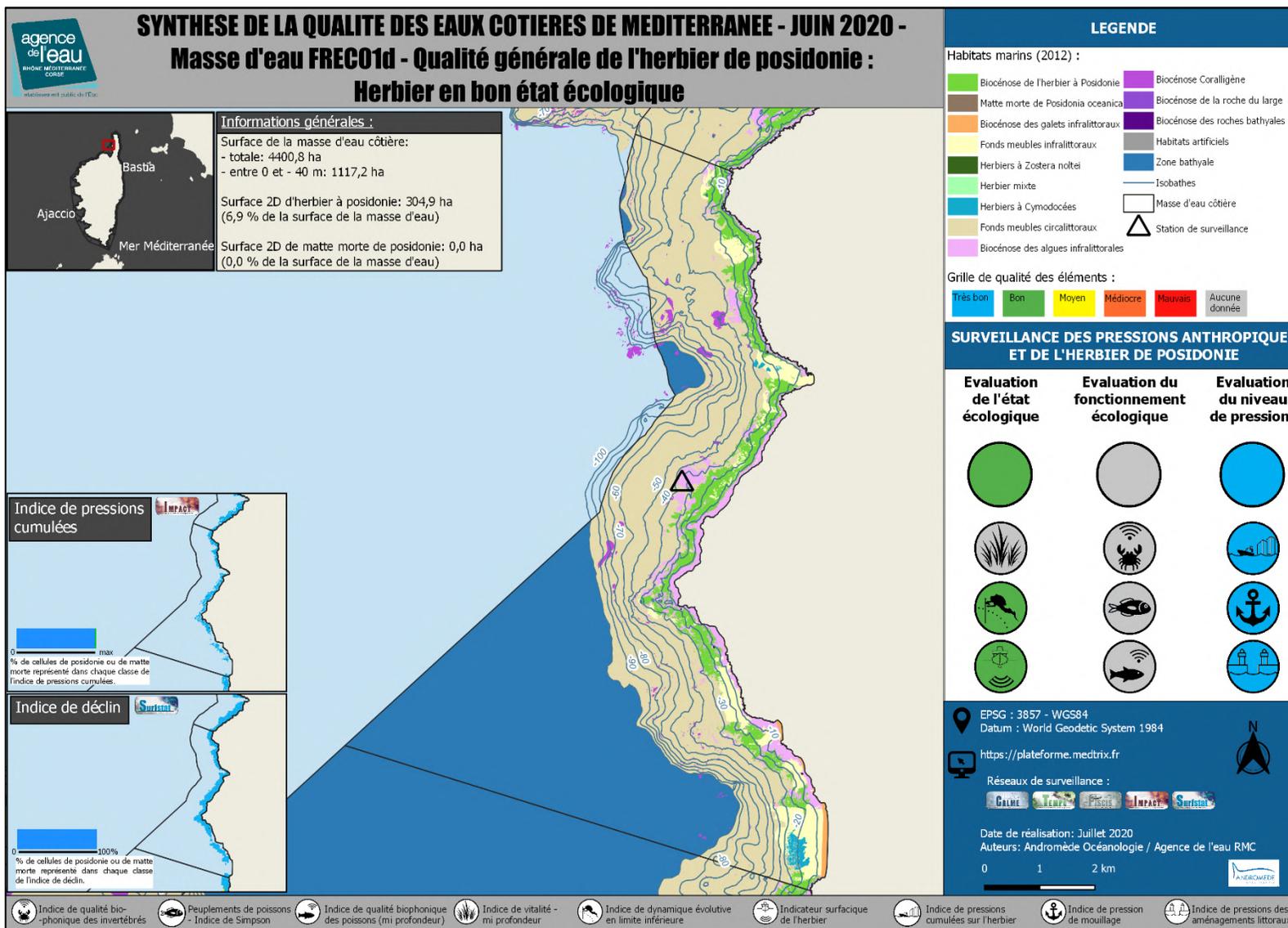


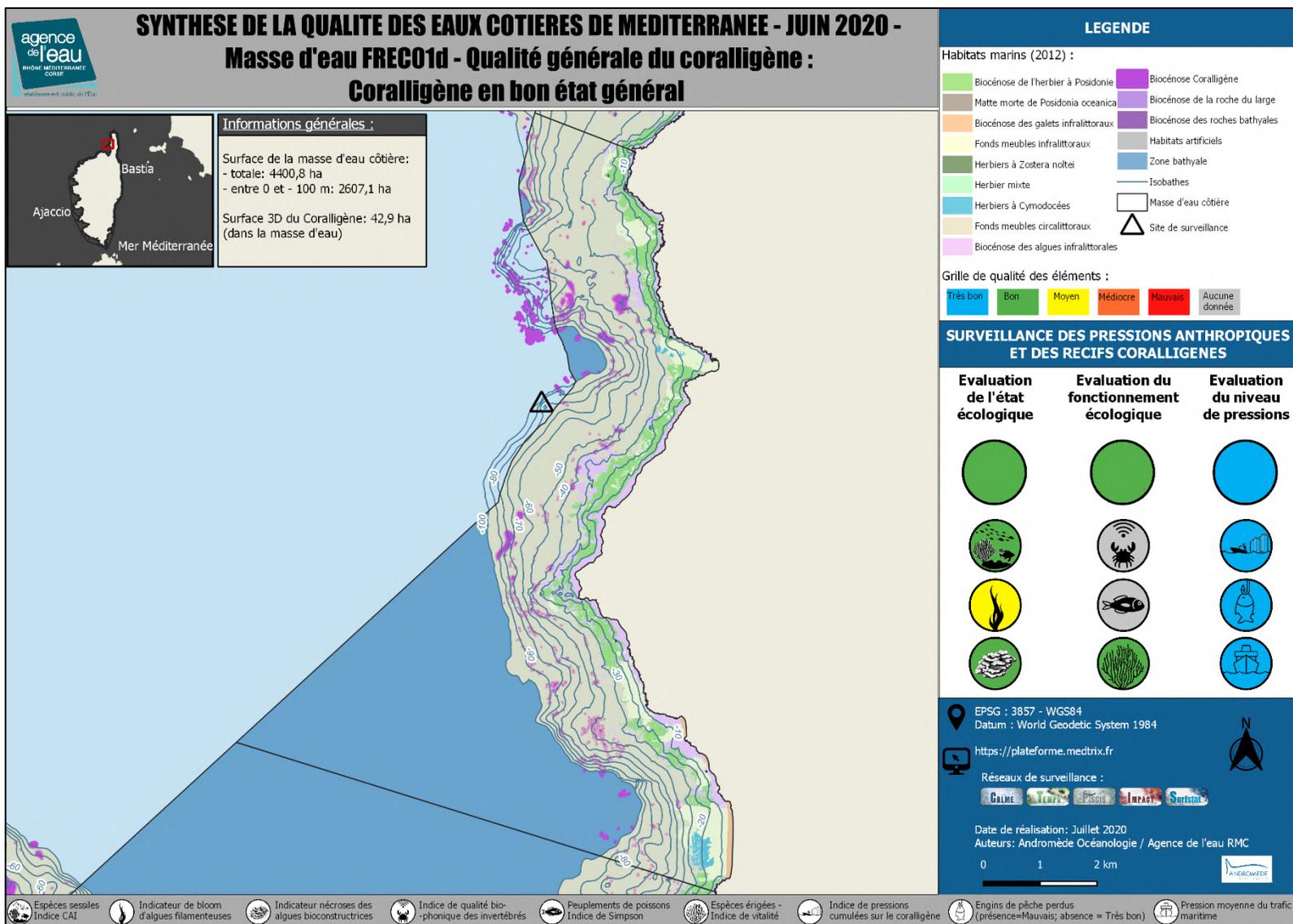
Masse d'eau FREC01c



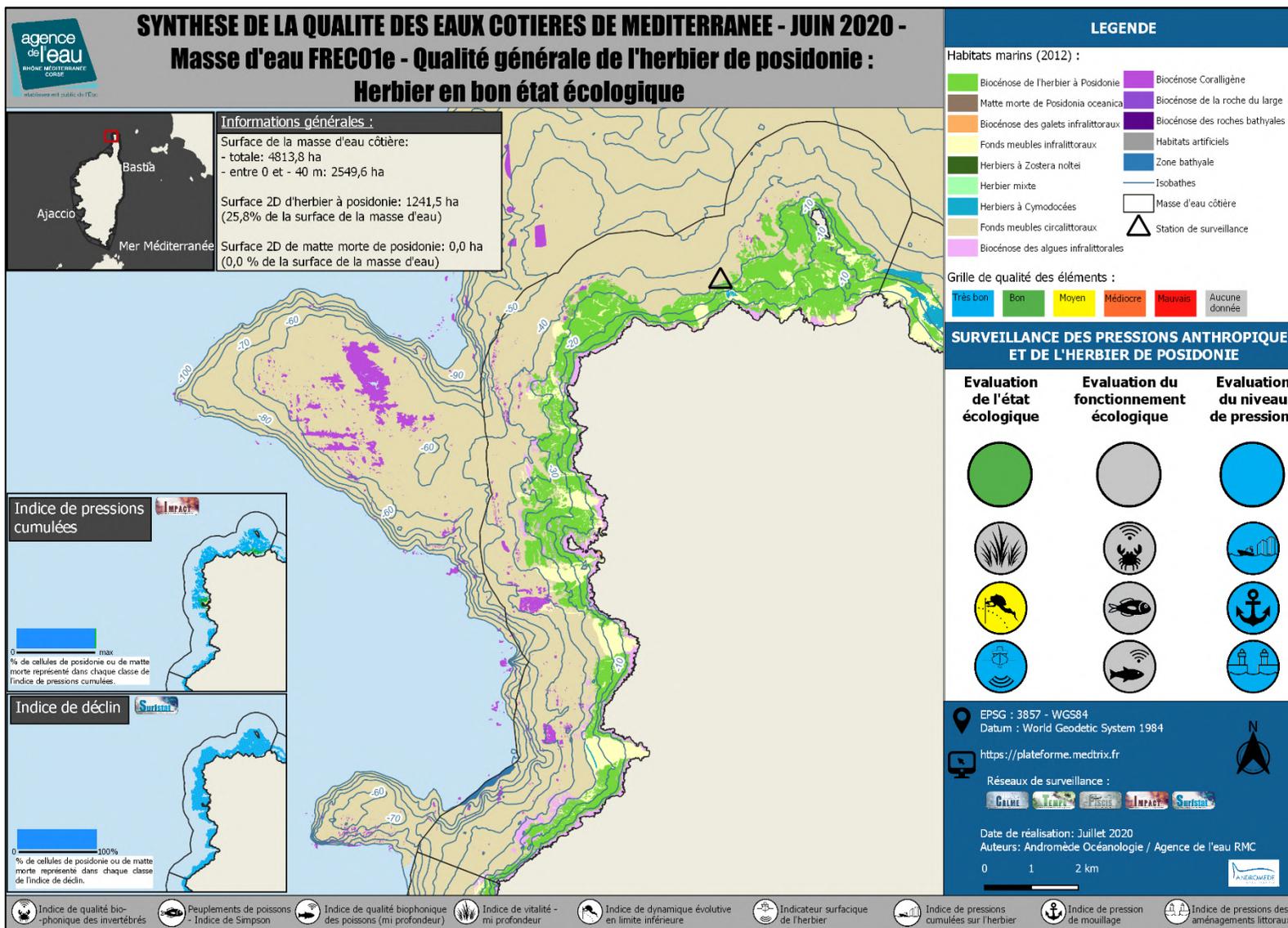


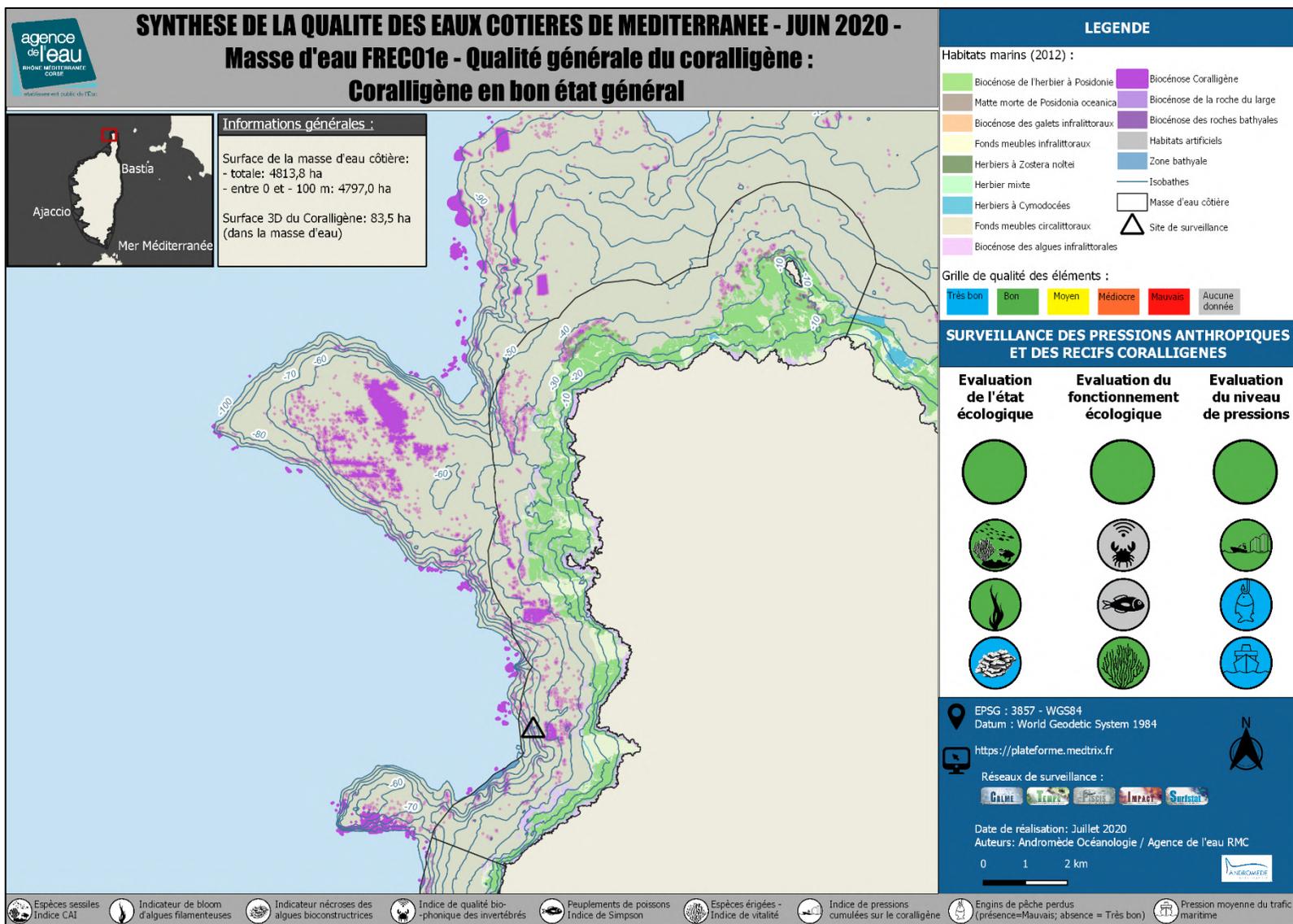
Masse d'eau FREC01d



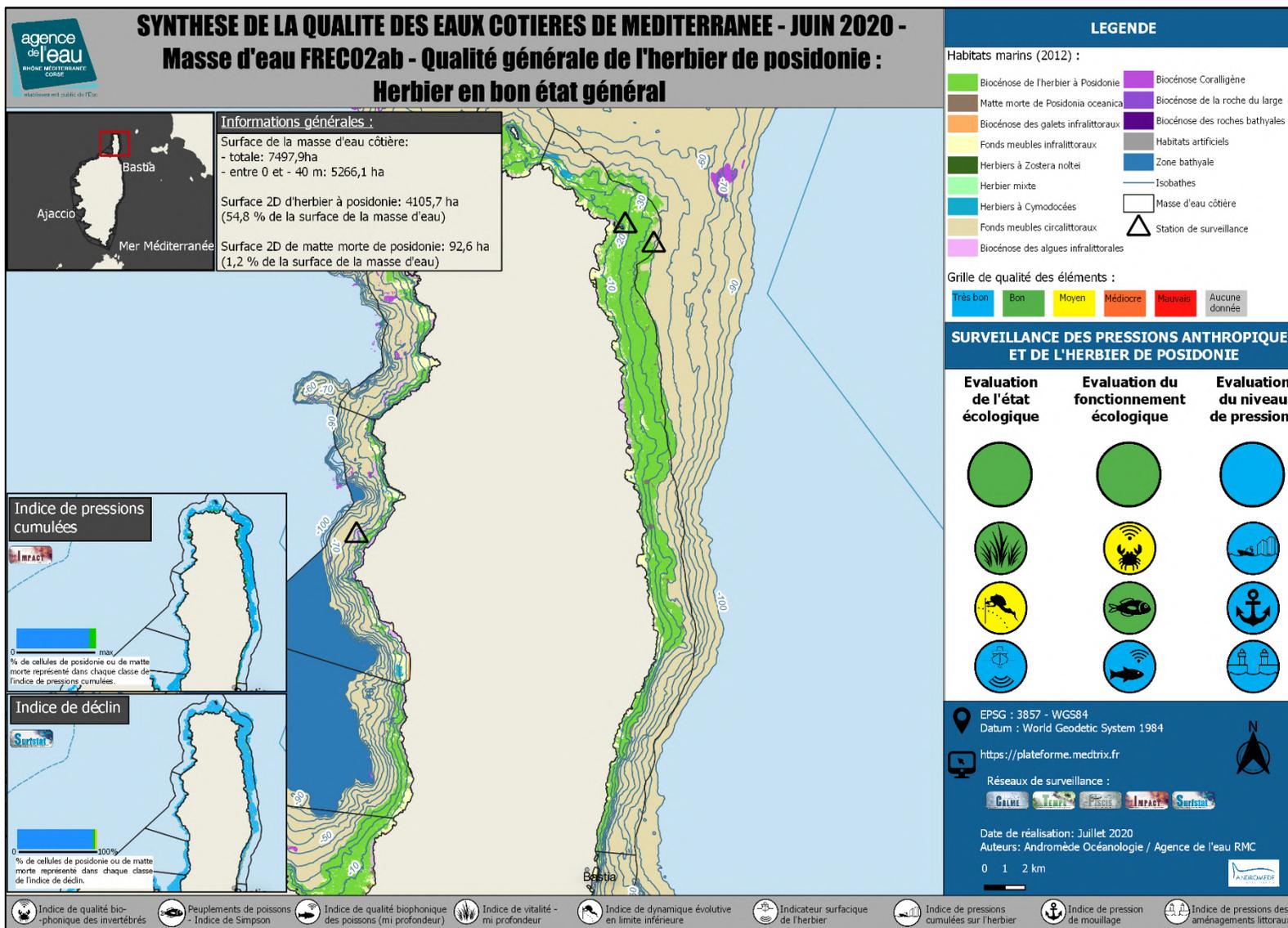


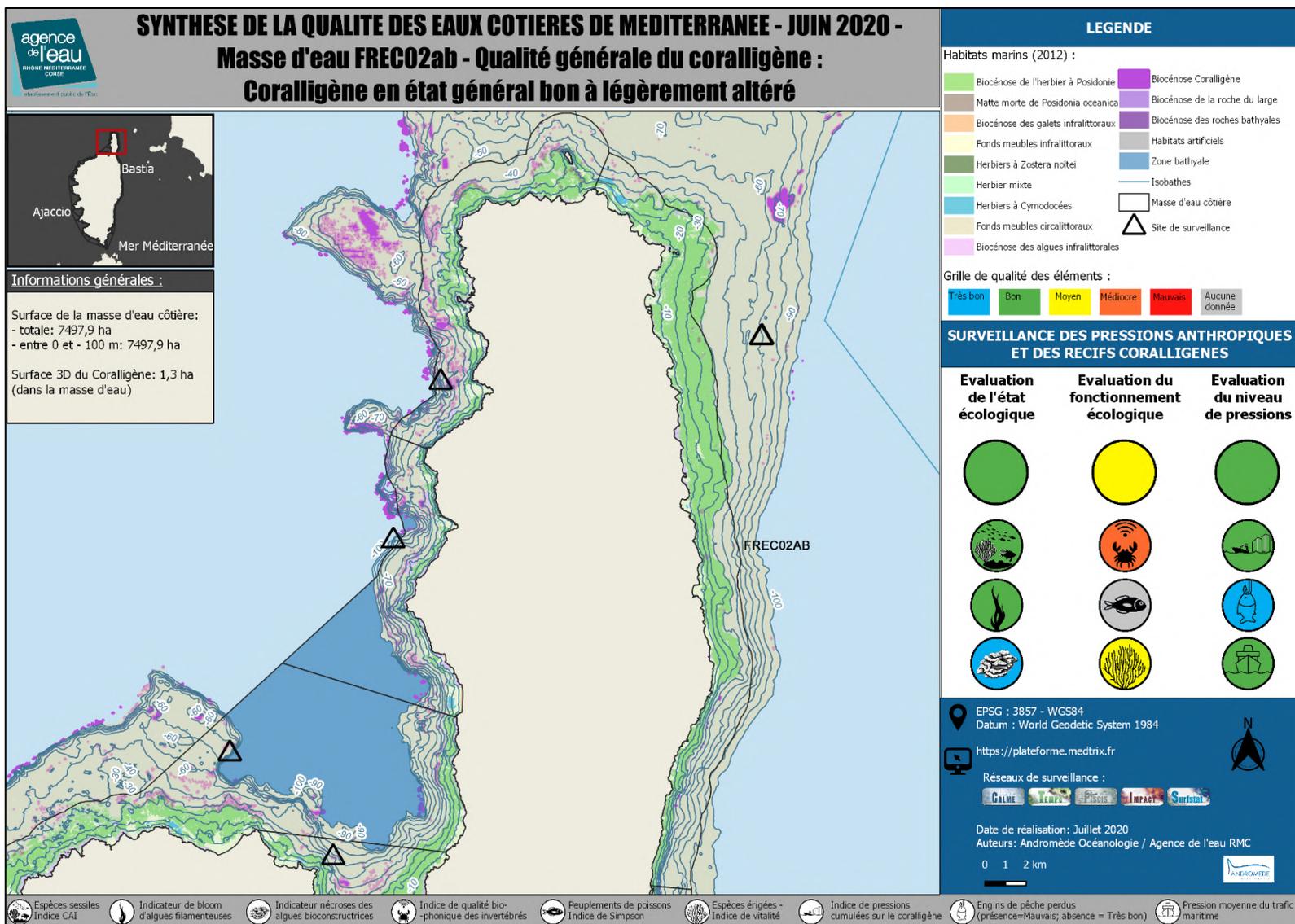
Masse d'eau FREC01e



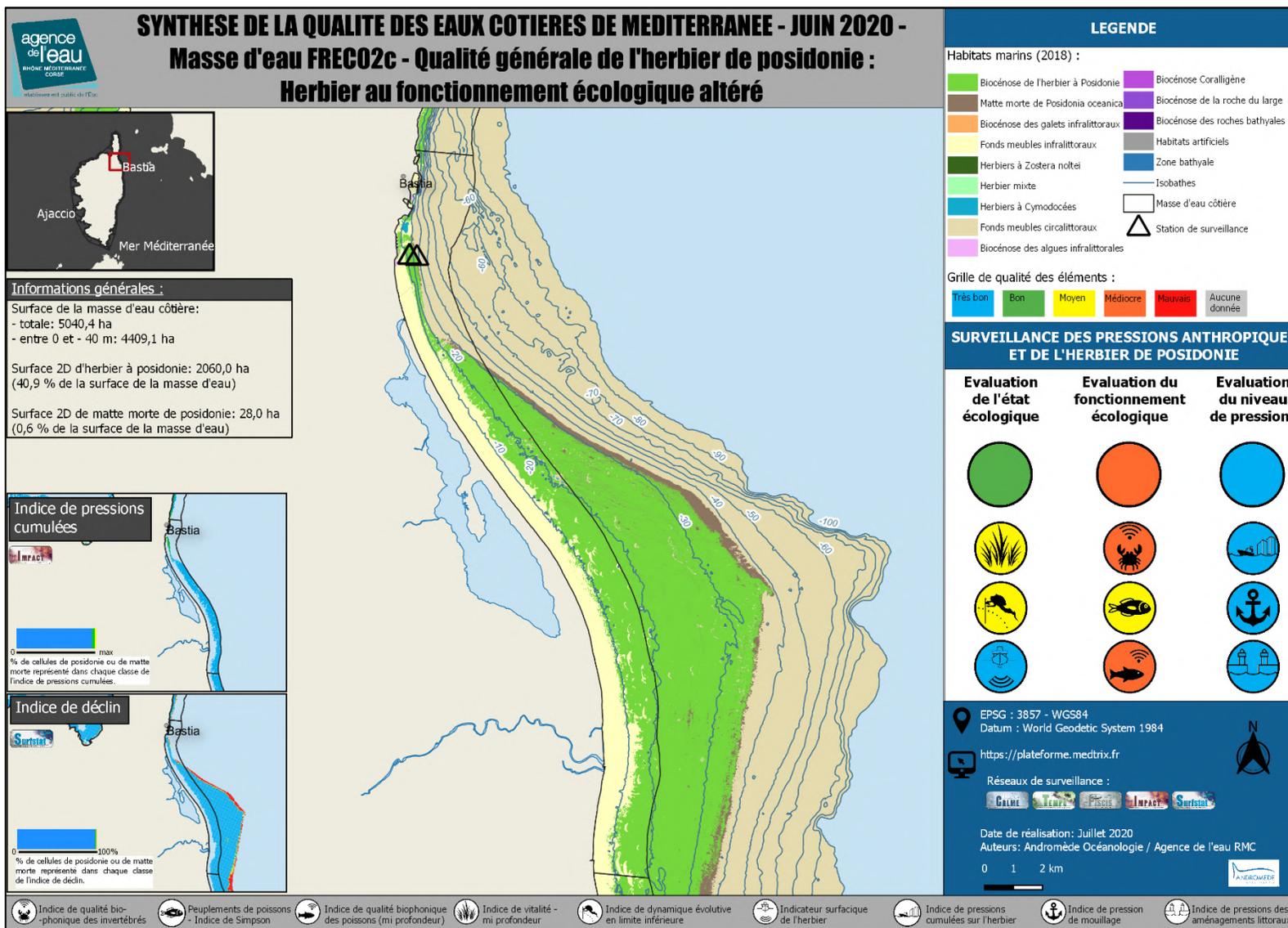


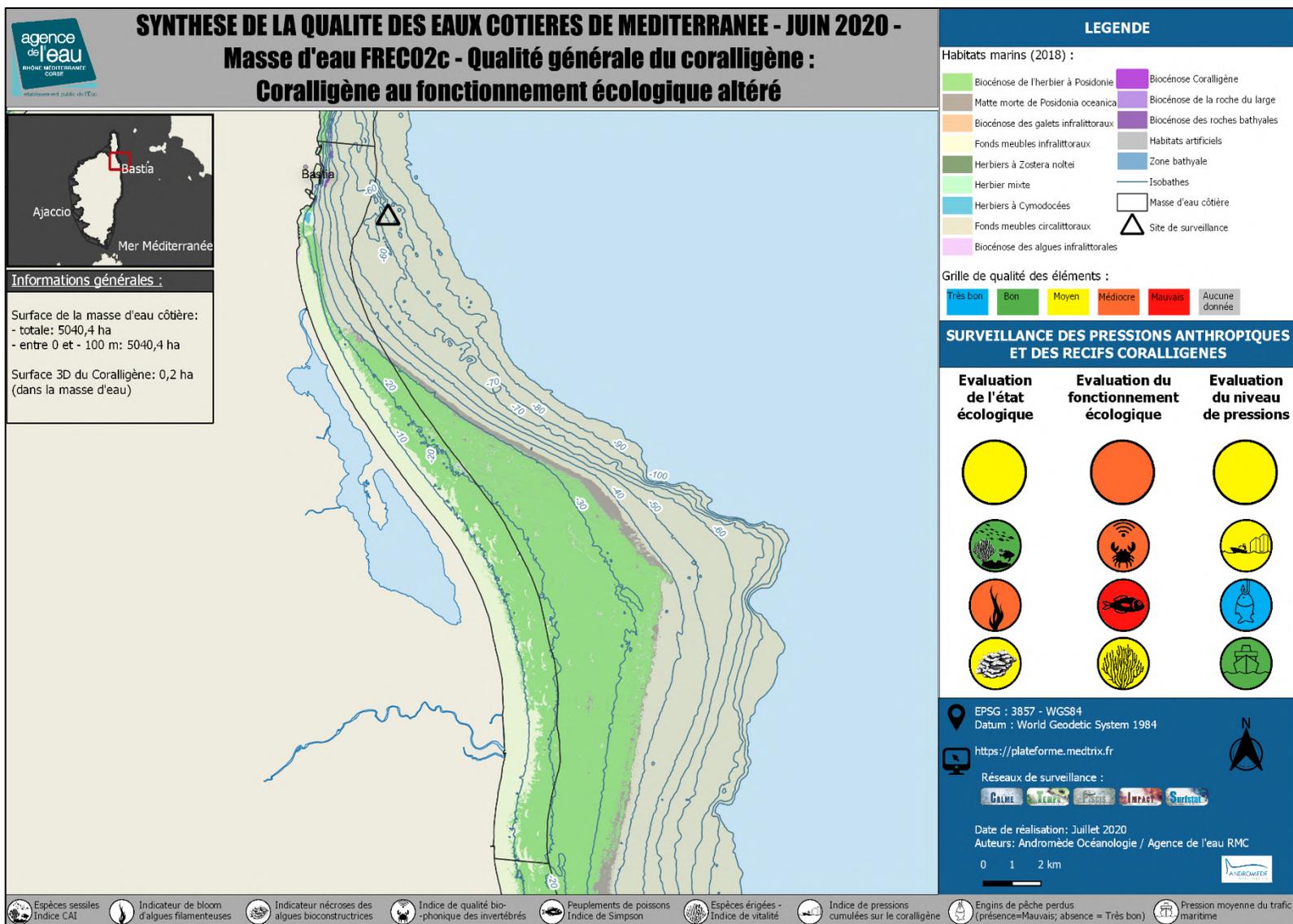
Masse d'eau FRECO2ab



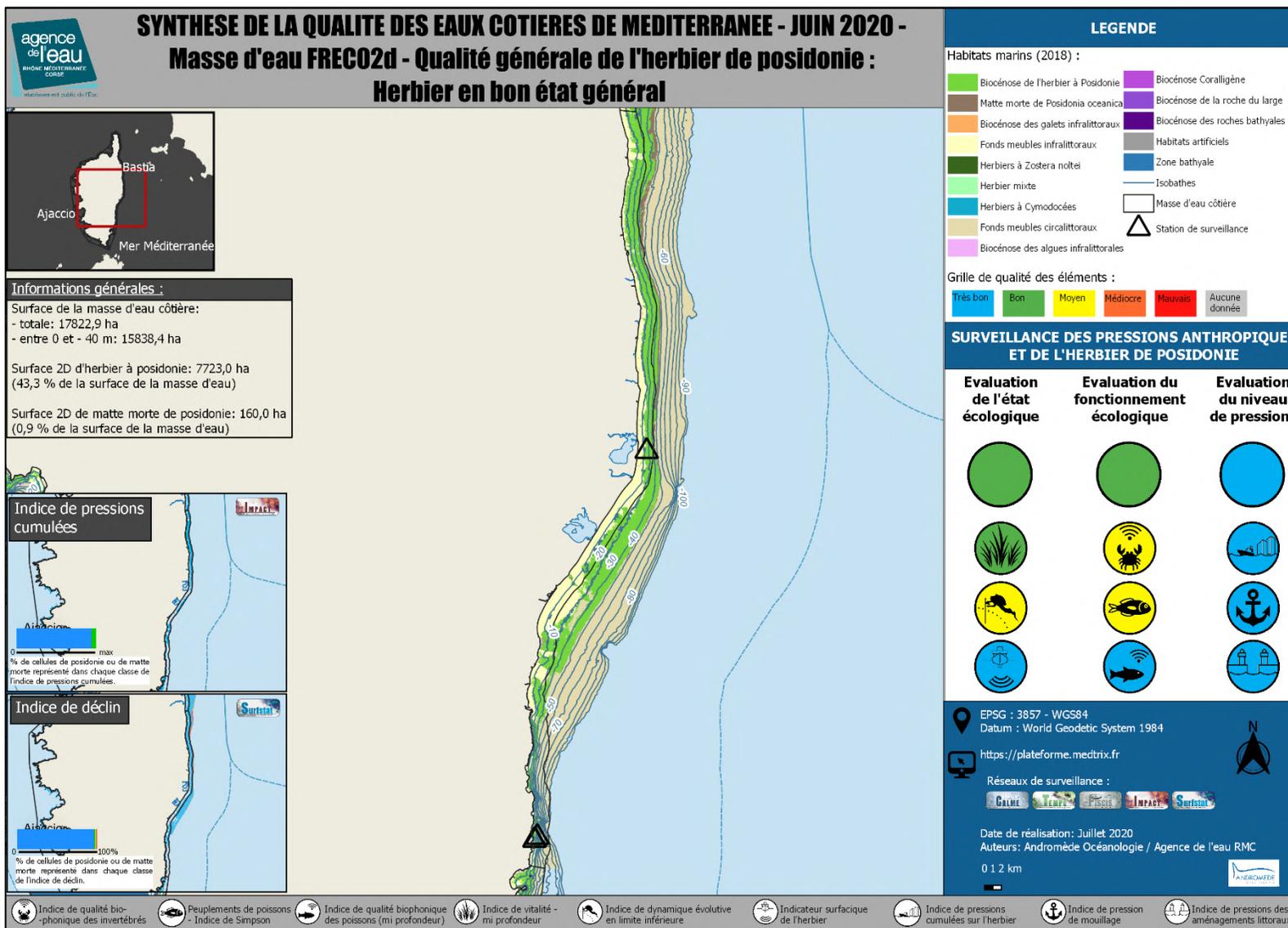


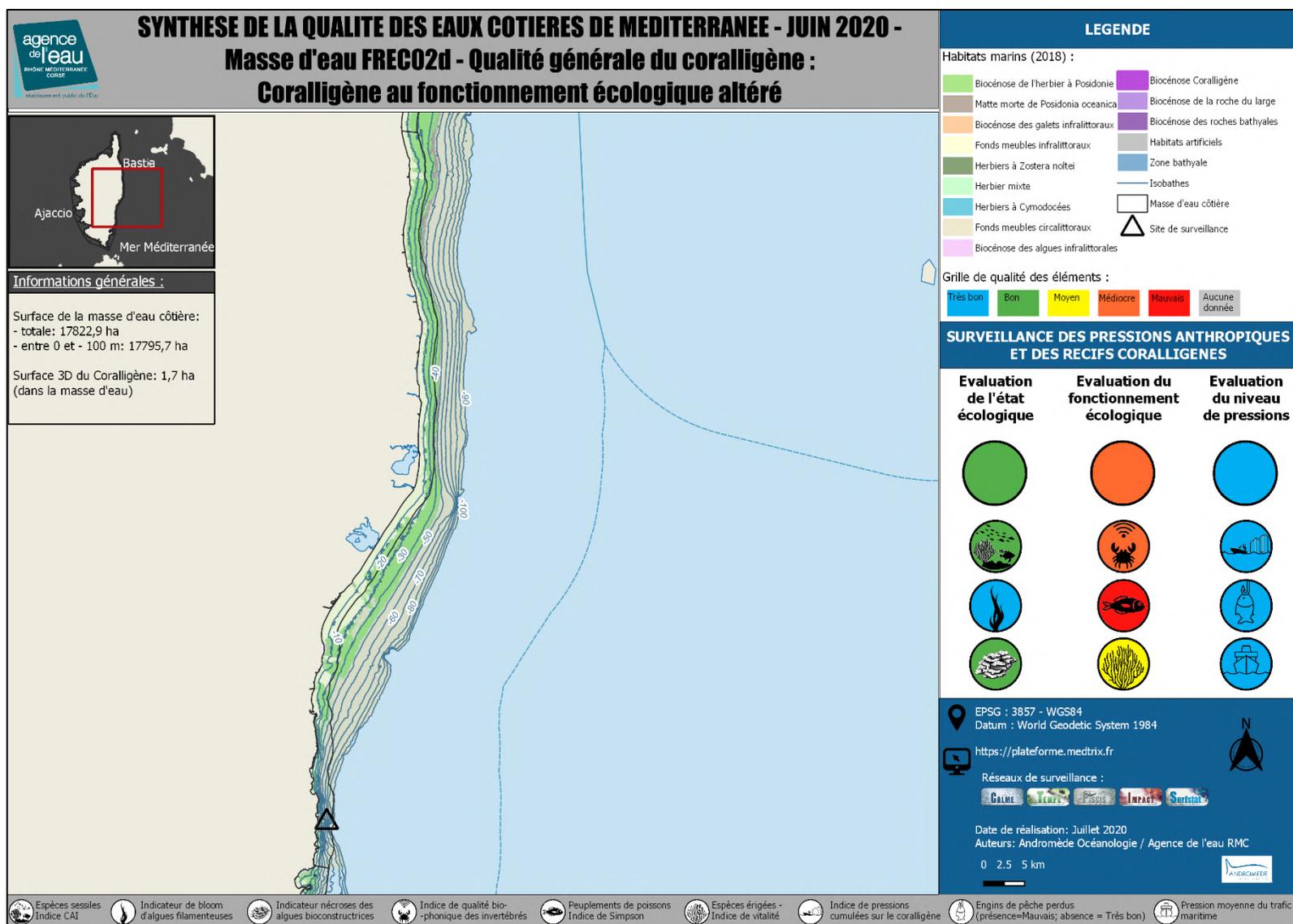
Masse d'eau FRECO2c



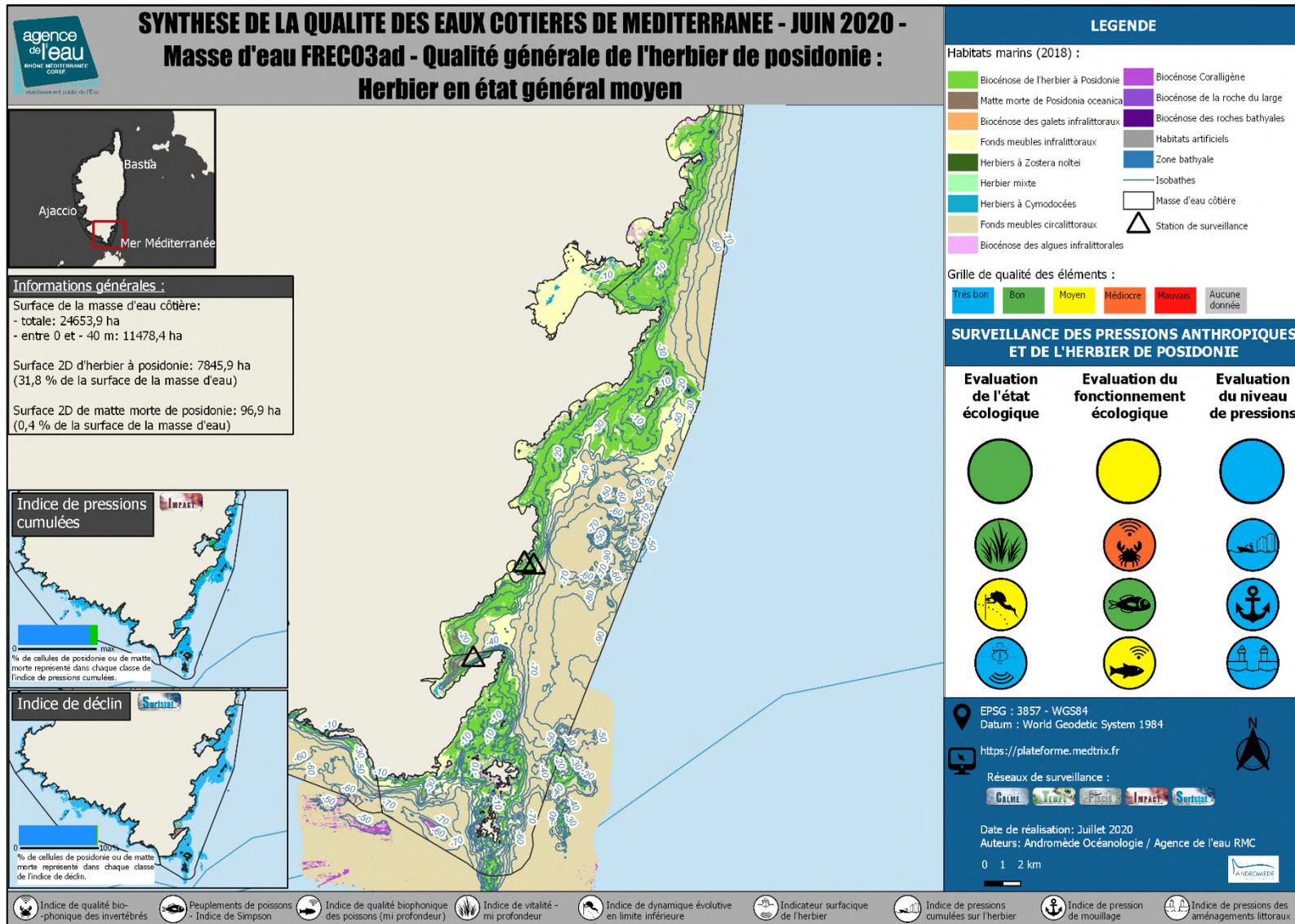


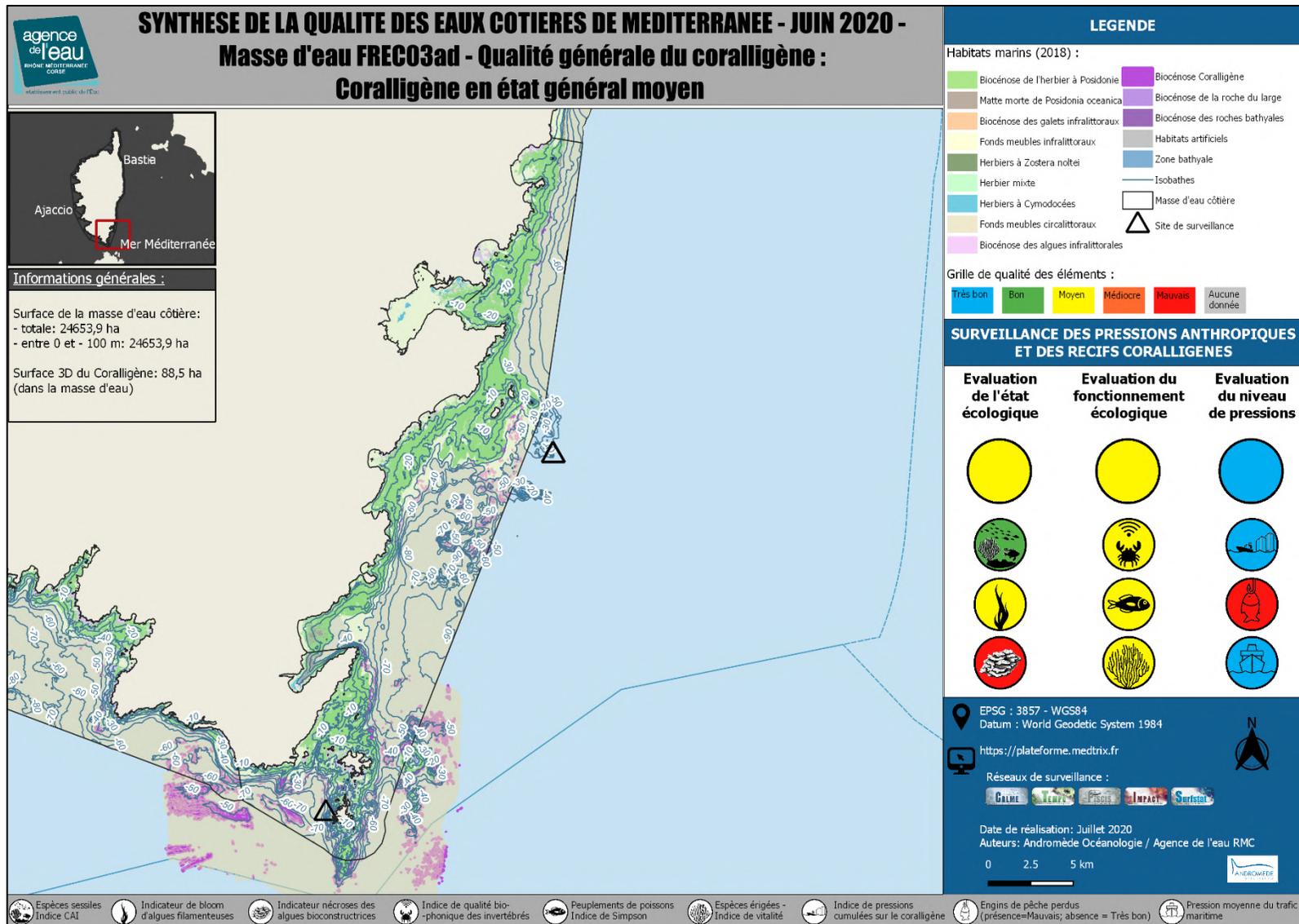
Masse d'eau FREC02d



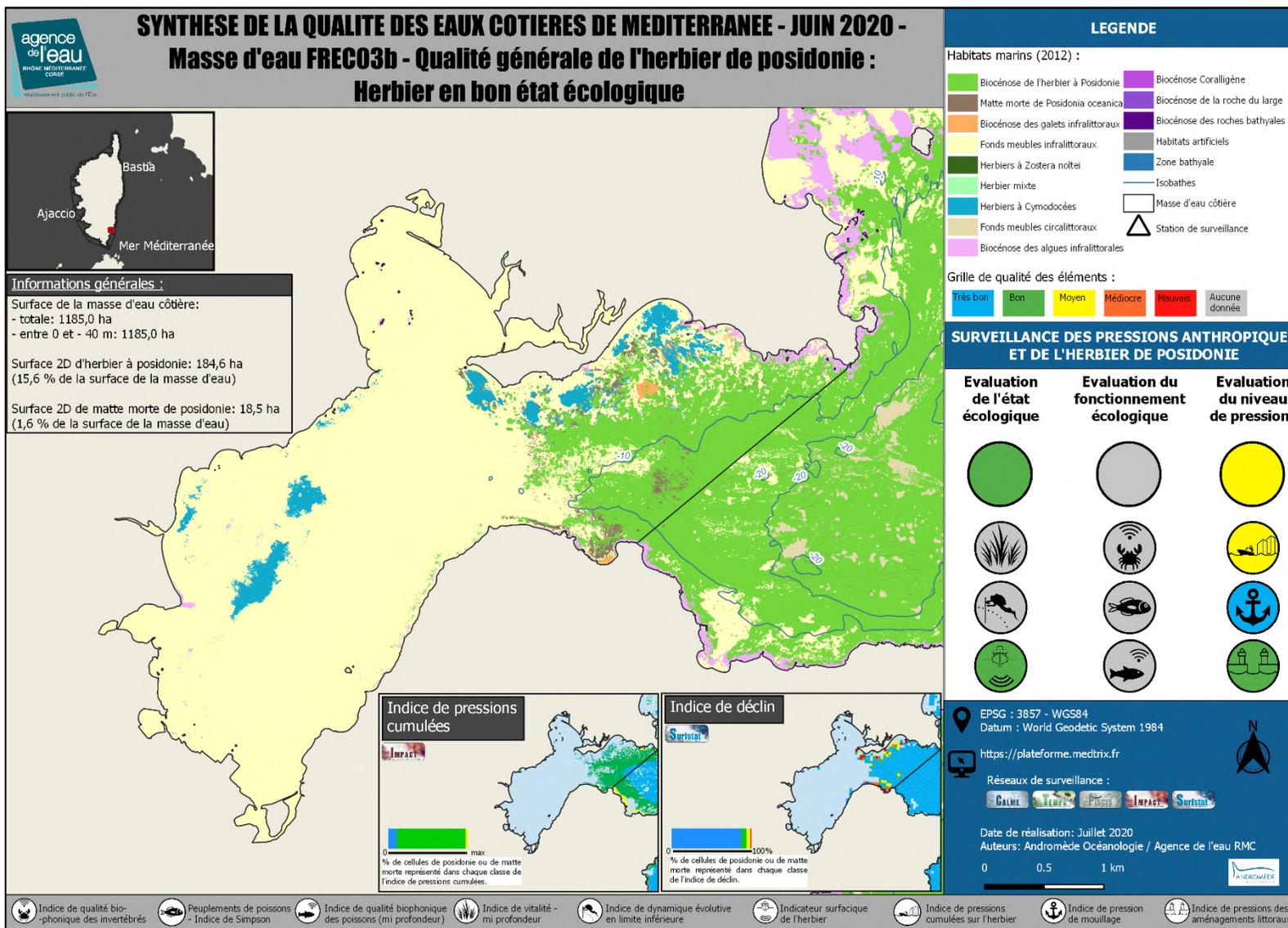


Masse d'eau FRECO3ad

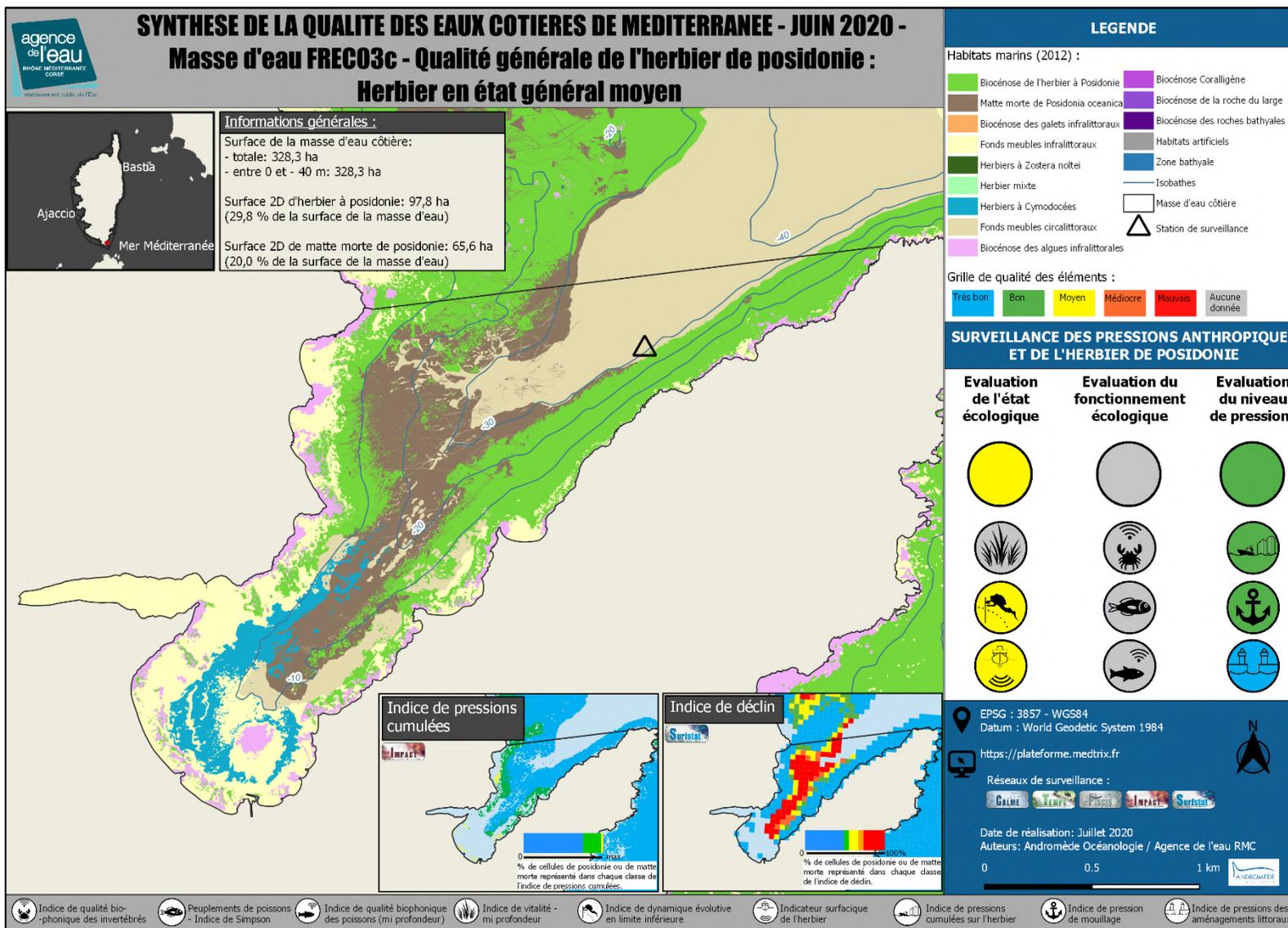




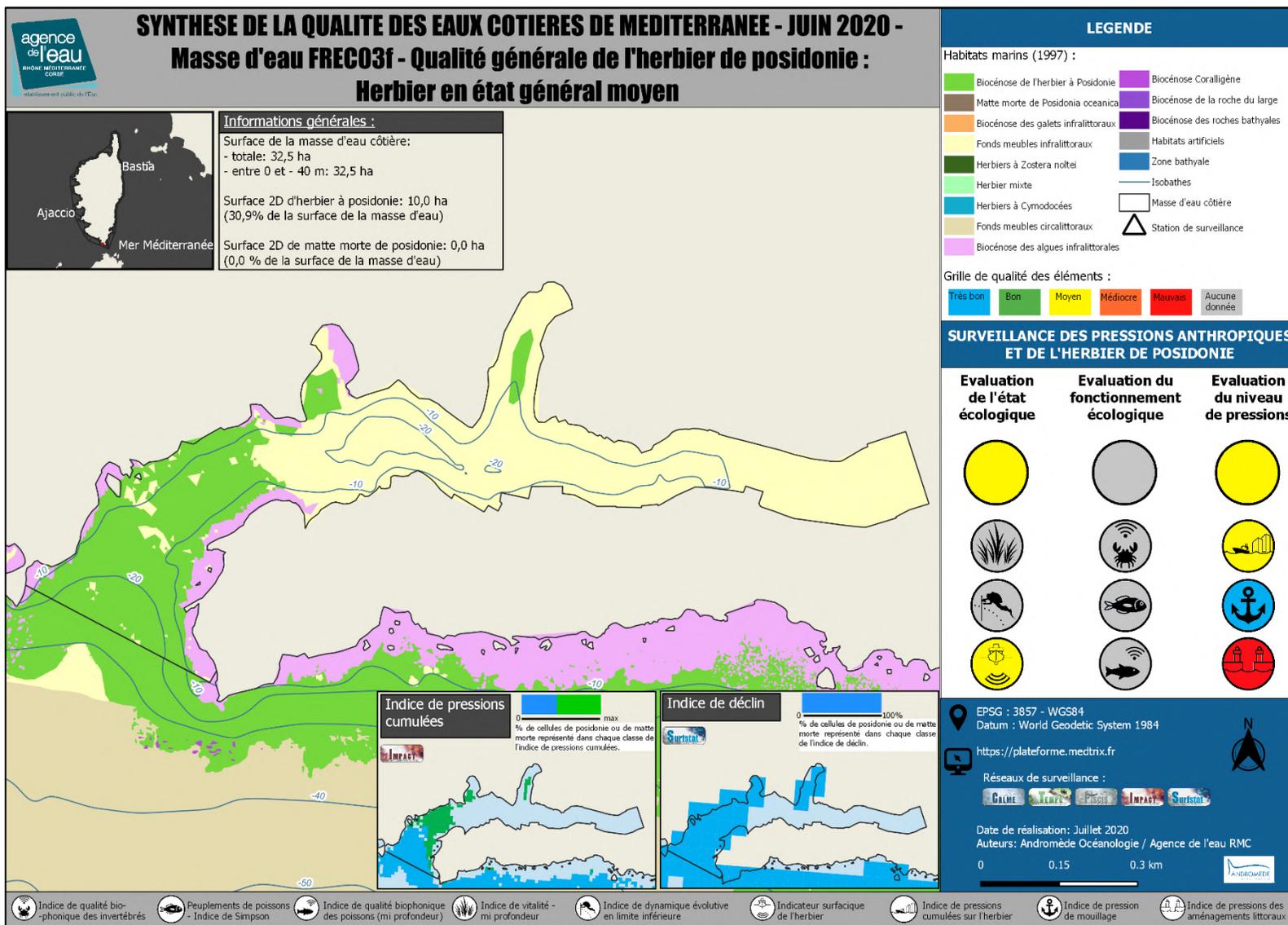
Masse d'eau FREC03b



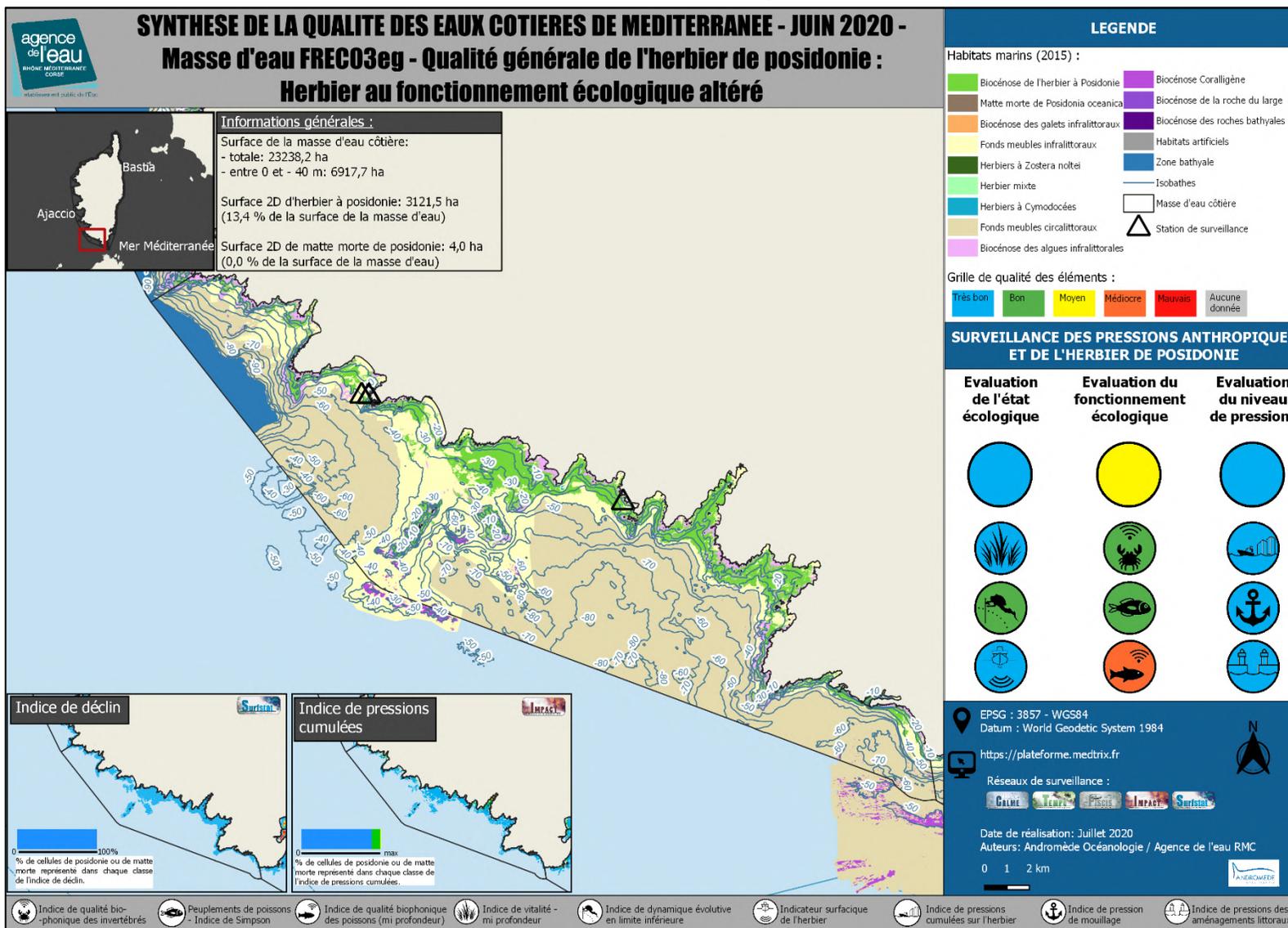
Masse d'eau FREC03c

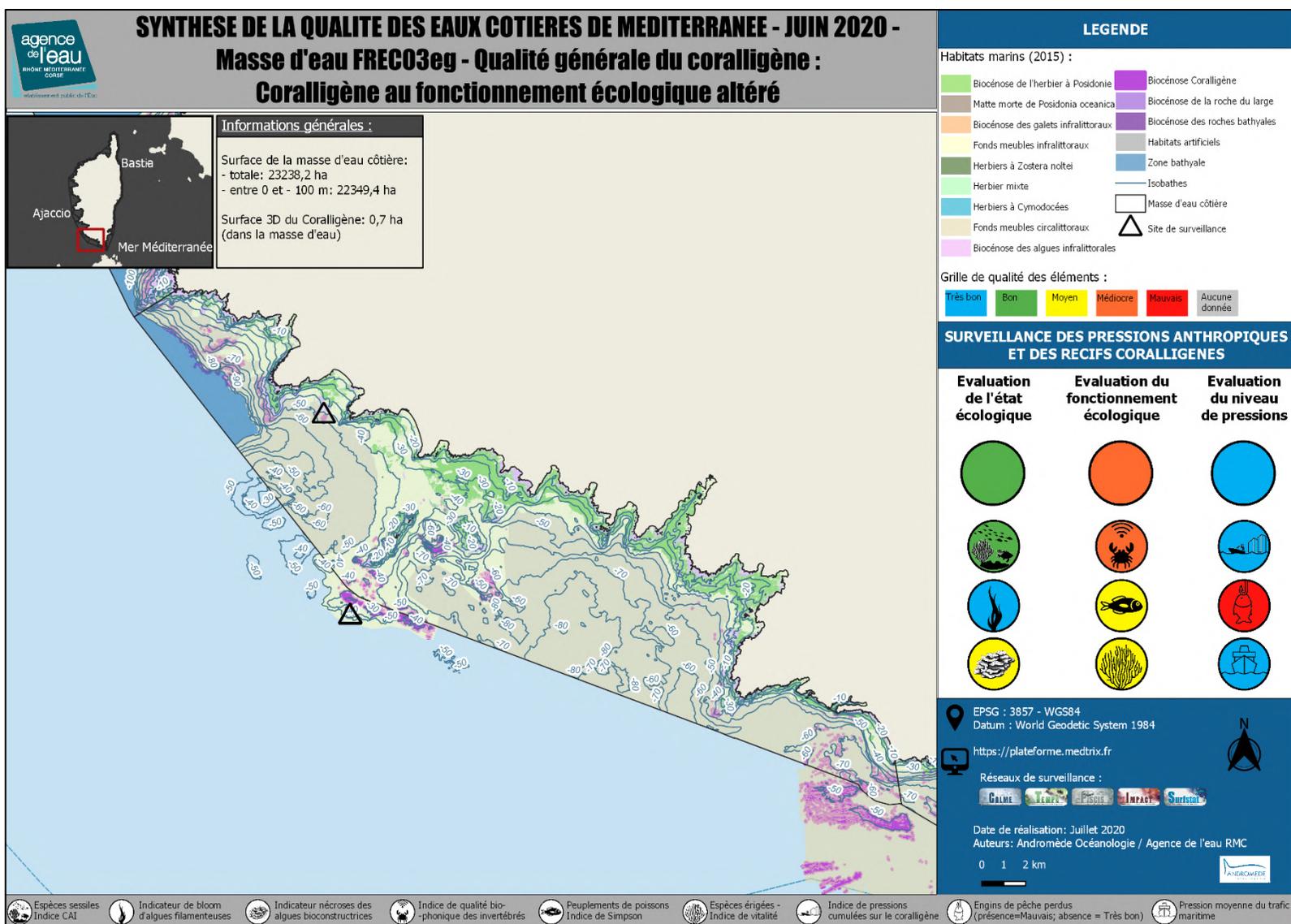


Masse d'eau FRECO3f

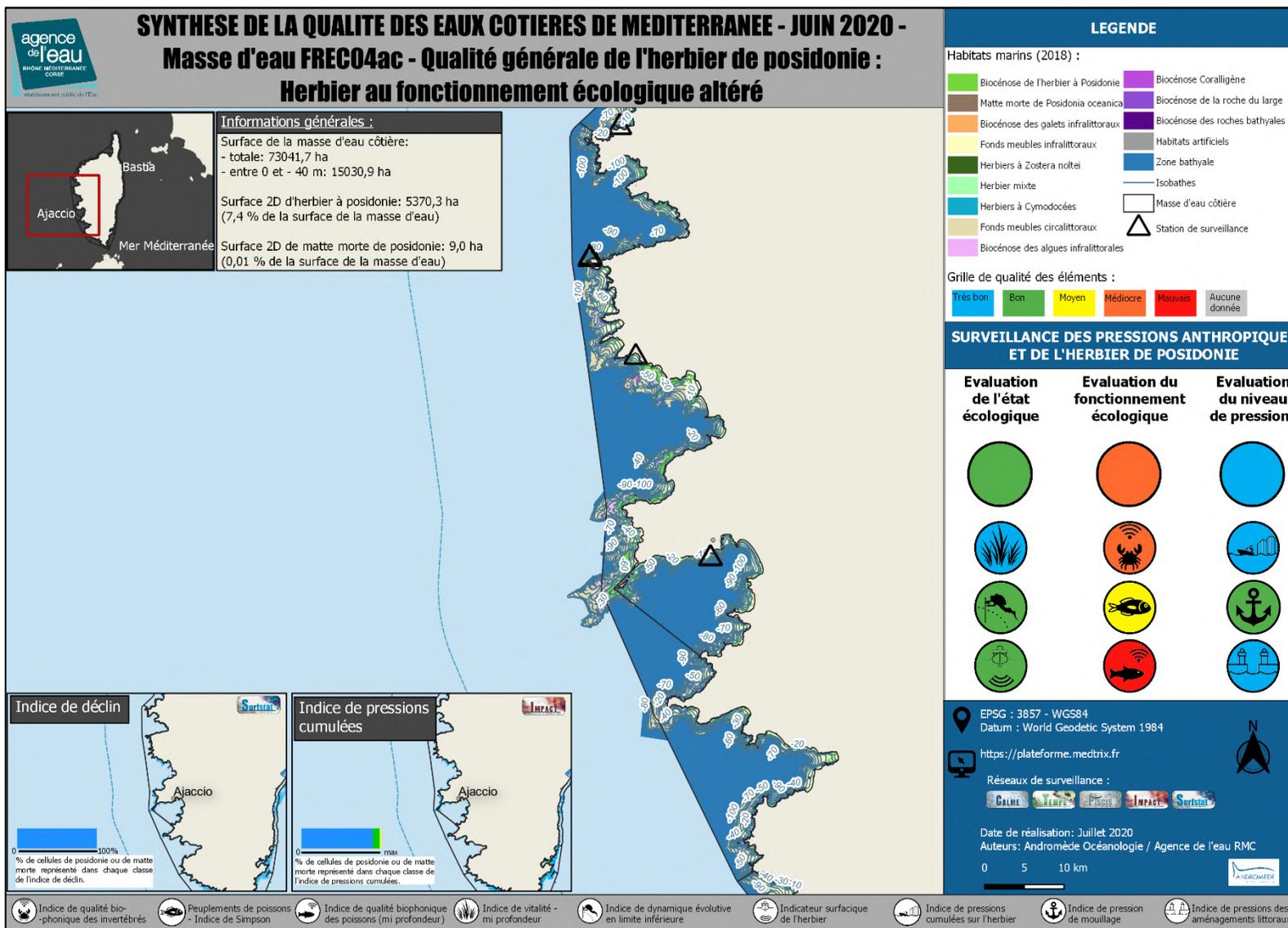


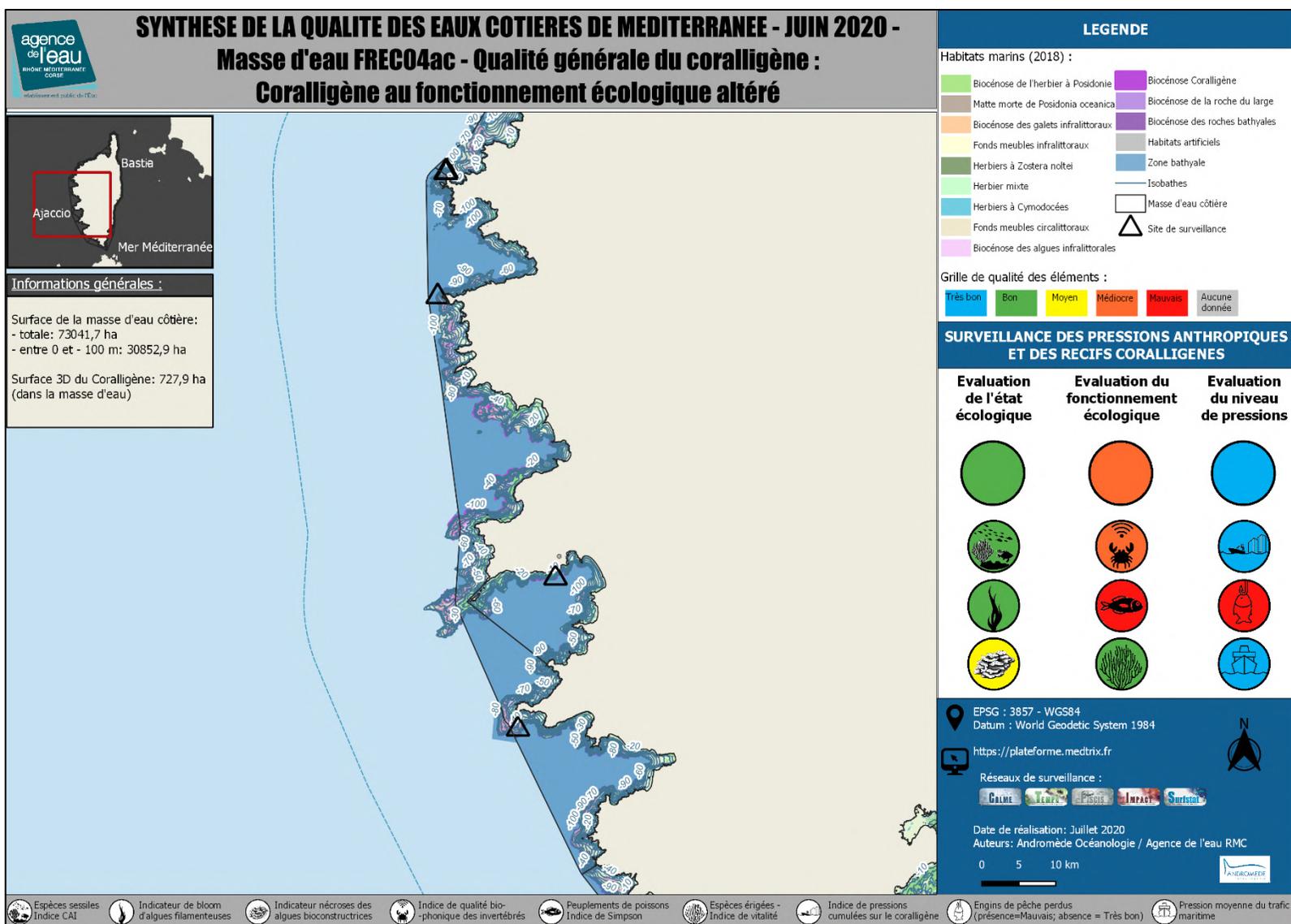
Masse d'eau FRECO3eg



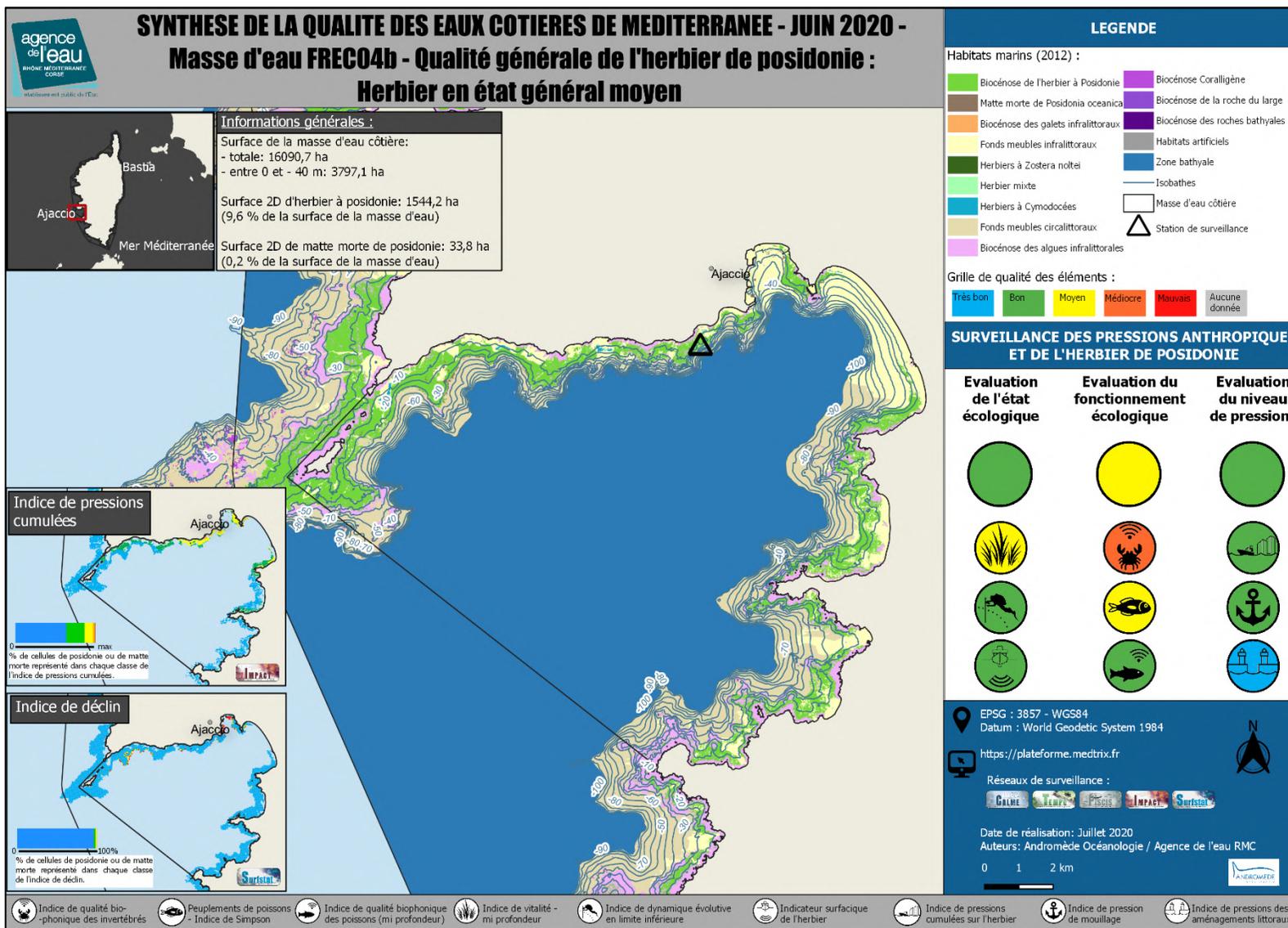


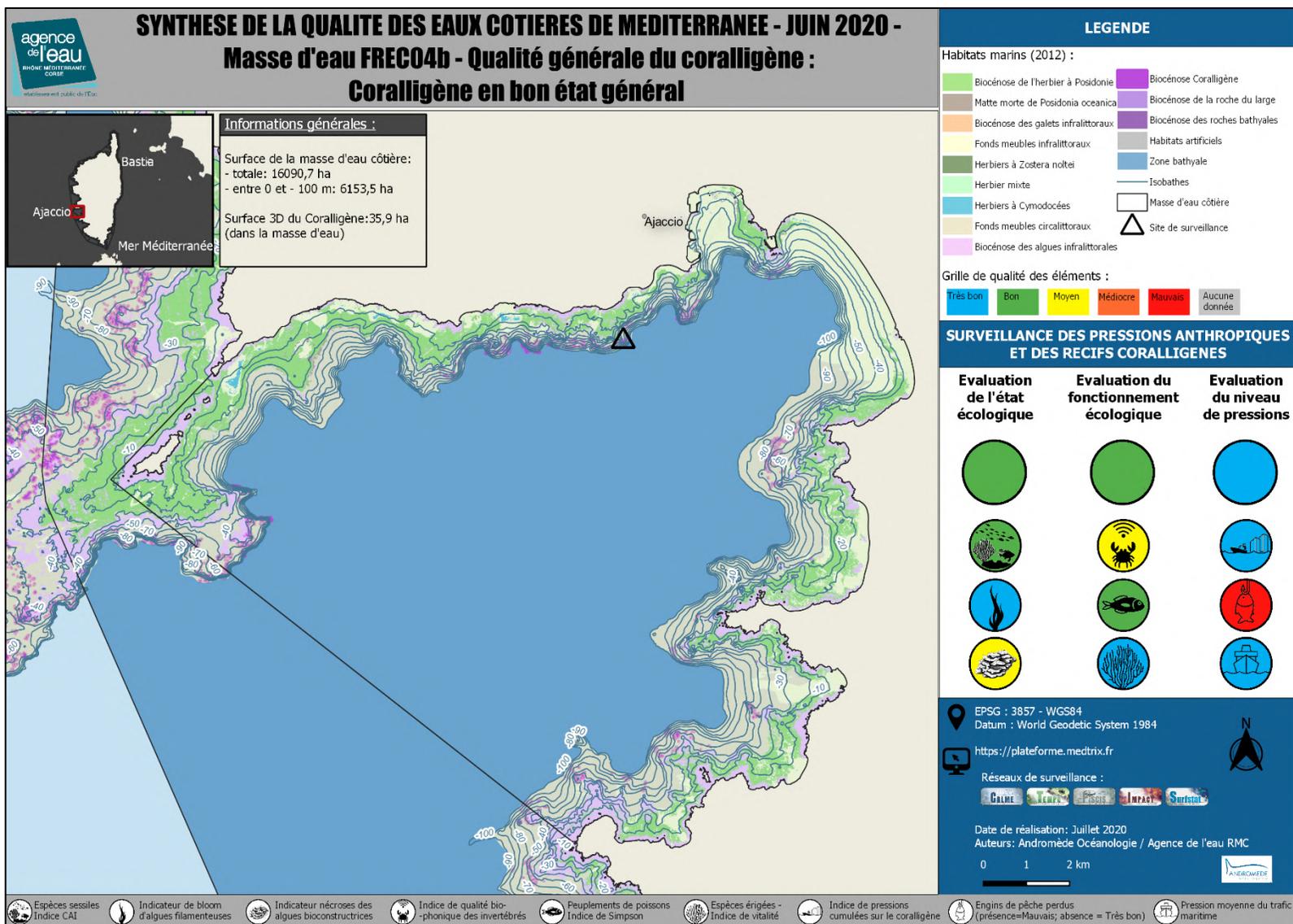
Masse d'eau FREC04ac





Masse d'eau FREC04b





Conclusion

Cet atlas est la première synthèse qui s'appuie sur l'ensemble des données récentes (moins de 6 ans) dédiées à la surveillance de l'état de l'herbier de Posidonie, du coralligène, de leur fonctionnement respectif et de leur niveau de pressions. Au total, 430 données biologiques sont synthétisées pour la Méditerranée Française dans cet atlas afin d'évaluer l'état écologique et l'état du fonctionnement écologique de ces écosystèmes. 11 pressions anthropiques servent à évaluer le niveau de pressions auquel est soumis chaque habitat. Le choix des indicateurs utilisés est issu de la bibliographie et de propositions d'experts à la vue des connaissances actuelles ; ce choix pourra être mené à évoluer dans les futurs atlas. Les 83 cartes de l'atlas permettent de rappeler les caractéristiques des différentes masses d'eau, localiser les stations de surveillance, de connaître la qualification générale de l'état de santé des herbiers et du coralligène et de visualiser le triplet de qualification « état écologique, état du fonctionnement écologique, niveau de pressions » à l'aide de codes couleur. Le code couleur utilisé pour la qualification de l'état final des habitats sert à alerter sur leur état de dégradation (jaune à rouge) et l'urgence d'agir ; il est destiné aux décideurs.

A ce stade, dans l'état des connaissances actuelles et des informations disponibles, le bon état écologique du coralligène est atteint (état bon à excellent) dans 28 masses d'eau sur 38 soit 74 % des masses d'eau. Un excellent état écologique est atteint dans une seule masse d'eau : Pointe de la Galère – Cap d'Antibes (FRDC08e). Les autres masses d'eau sont en état écologique moyen à médiocre. Le bon état (état écologique bon à excellent) de l'herbier de posidonie est atteint dans 27 masses d'eau sur 44, soit 61 % des masses d'eau, avec deux masses d'eau en excellent état écologique (FREC01ab -Pointe Palazzu - Sud Nonza et FREC03eg - Littoral S.O. de la Corse). Une masse d'eau présente des herbiers de posidonie en mauvais état écologique : FRDC02b -Cap d'Agde.

L'évaluation du fonctionnement écologique par la diversité des poissons observés, et par la biophonie des poissons, crustacés et autres invertébrés benthiques met en évidence une dégradation pour 20 sur 28 masses d'eau pour l'herbier soit 71 % des masses d'eau et 31 sur 37 masses d'eau pour le coralligène soit une dégradation de 84 % des masses d'eau. Dans 45 % des cas pour l'herbier et dans 80 % des cas pour le coralligène, l'état final est déclassé par les indicateurs du fonctionnement écologique (état de fonctionnement qualifié de très mauvais à moyen). Ainsi, six masses d'eau présentent un coralligène en état final général bon ou légèrement altéré, et 11 masses d'eau un herbier de posidonie en état final général bon ou légèrement altéré. Cette altération importante du niveau de fonctionnement de ces habitats n'est pas totalement corrélée avec les niveaux de pressions cumulées et les travaux à venir permettront de mieux caractériser cette situation par l'ajout de pressions de type « bruit » et de type « pêche professionnelle et amateur ».

Au final, les masses d'eau dans lesquelles la qualité des herbiers est très préservée (bon état général final) sont les Iles d'Hyères, le Cap Est de la Corse, et la plaine orientale. Les masses d'eau dans lesquelles la qualité du coralligène est très préservée (bon état général final) en situent toutes à l'Ouest de la Corse : Canari, Cap Ouest et golfe d'Ajaccio. Pour toutes ces masses d'eau, le niveau de pressions a été qualifié de faible à très faible. Les masses d'eau pour lesquelles l'état général est bon ou légèrement altéré pour les deux habitats sont assez rares pour être soulignées : Iles de Marseille hors Frioul, Canari, Cap Corse Ouest et Cap Corse Est. Au contraire, les masses d'eau pour lesquelles l'état général n'est bon ni pour les herbiers de posidonie, ni pour le coralligène (couleurs jaune, orange et rouge) sont majoritaires et doivent faire l'objet de mesures urgentes notamment : toute la zone à l'ouest de Fos-sur-mer, la zone entre la pointe Fauconnière et le Cap Carqueiranne, Littoral des Maures, Golfe de Saint-Tropez, la zone d'Antibes et la rade de Villefranche. Cet atlas confirme aussi par conséquent l'intérêt, dans la complémentarité, de suivre des écosystèmes se développant à des profondeurs différentes et répondant à des pressions différentes.

Des lacunes de surveillance sont toutefois identifiées en termes de couverture spatiale sur certaines masses d'eau. Elles seront comblées lors des futures campagnes de surveillance. En effet, la surveillance des eaux côtières est un dispositif en évolution permanente et itérative au service de l'évaluation de l'état des eaux. Elle accompagne la définition des mesures correctives nécessaire au bon état de la Méditerranée tout en permettant d'évaluer leur efficacité.

Bibliographie

- Ballesteros, E., 2006. Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 44, 123–195.
- Bay, D., 1978. Etude in situ de la production primaire d'un herbier de posidonies (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) de la Baie de Calvi, Corse. Thèse Fac. des Sci. Univ. Liège 1-251.
- Bedhomme, A.L., Thélin, I., Boudouresque, C.F., 1983. Mesure de la production primaire des feuilles de *Posidonia oceanica*: modifications de la méthode de Zieman. *Bot. Mar.* 26, 1983. doi:10.1515/botm.1983.26.1.35
- Bianchi, C.N., 2001. La biocostruzione negli ecosistemi marini e la biologia marina italiana. *Biol. Mar. Mediterr.* 8, 112–130.
- Bianchi, N., Morri, C., 2000. Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Mar. Pollut. Bull.* 40, 367–376. doi:10.1016/S0025-326X(00)00027-8
- Blanc, J.J., Jeudy De Grissac, A., 2011. Erosions sous-marines des herbiers à *Posidonia oceanica* Méditerranée. *Int. Work. Posidonia Ocean. beds*, BOUDOURESQUE C. F., JEUDY BLOUET S., LENFANT P., DUPUY LA Gd. R., LAFFON J-F, CHERE E., COURP T., GRUSSELLE MC., FERRARI B., PAYROT J.
- Bolgan, M., Soulard, J., Iorio, L. Di, Gervaise, C., Lejeune, P., Gobert, S., & Parmentier, E. (2019). Sea chordophones make the mysterious /Kwa/ sound: Identification of the emitter of the dominant fish sound in Mediterranean seagrass meadows. *Journal of Experimental Biology*, 222(11). <https://doi.org/10.1242/jeb.196931>
- Borum, J., Duarte, C.M., Krause-Jensen, D., Greve, T.M., 2004. European seagrasses : an introduction to monitoring and management. The M&MS project., Management. doi:EVK3-CT-2000-00044
- Boudouresque, C.-F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Tunesi, L., 2012. Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadow. Ramoge and RAC/SPA publisher, Tunis.
- Boudouresque, C.-F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Tunesi, L., 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*.
- Boudouresque, C.-F., Meinesz, A., 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cah. du Parc Natl. Port Cros*, 4 1-79.
- Boudouresque, C.F., 2004. Biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations and communities. *Sci. Reports Port-Cros Natl. Park.* 20, 97–146.
- Boudouresque, C.F., Bernard, G., Pergent, G., Shili, A., Verlaque, M., 2009. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review. *Bot. Mar.* 52, 395–418. doi:10.1515/BOT.2009.057
- Campagne, C.S., Salles, J.-M., Boissery, P., Deter, J., 2015. The seagrass *Posidonia oceanica*: Ecosystem services identification and economic evaluation of goods and benefits. *Mar. Pollut. Bull.* doi:10.1016/j.marpolbul.2015.05.061
- Caye, G., 1980. Sur la morphogenese et le cycle vegetatif de *Posidonia oceanica* (L. Delile). Thèse Dr. 3° cycle, Univ. Aix-Marseille II, Fr. 1-121.
- Cerrano C, Bavestrello G., Bianchi C.N., Calcinaï B., Cattaneo-Vietti R., Morri C., S.M., 2001. The role of sponge bioerosion in mediterranean coralligenous accretion. *Mediterr. Ecosyst. Struct. Process.* 235–240.
- Cinelli, F., Colantoni, P., Fresi, E., Solani, P., 1974. La prateria sommersa. *Subacqueo.* 1 19-21.

- 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., Frogli, 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. doi:10.1371/journal.pone.0011842
- Coquereau, L., Grall, J., Chauvaud, L., Gervaise, C., Clavier, J., Jolivet, A., & Iorio, L. Di. (2016). Sound production and associated behaviours of benthic invertebrates from a coastal habitat in the north - east Atlantic. *Marine Biology*. <https://doi.org/10.1007/s00227-016-2902-2>
- Deter, J., Descamp, P., Ballesta, L., Boissery, P., Holon, F., 2012a. A preliminary study toward an index based on coralligenous assemblages for the ecological status assessment of Mediterranean French coastal waters. *Ecol. Indic.* 20, 345–352.
- Deter, J., Descamp, P., Boissery, P., Ballesta, L., Holon, F., 2012b. A rapid photographic method detects depth gradient in coralligenous assemblages. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 418–419, 75–82. doi:10.1016/j.jembe.2012.03.006
- Deter, J., Holon, F., Delaruelle, G., Boissery, P., 2012c. Mise en place et développement du RECOR, un réseau de surveillance des peuplements du coralligène en mer Méditerranée. Analyse des données 2012, Contrat Andromède océanologie / Agence de l'eau (2011-2014). 220p. doi:10.4267/2042/53762
- Di Iorio, L., Raick, X., Parmentier, E., Boissery, P., Valentini-Poirier, C.-A., & Gervaise, C. (2018). “Posidonia meadows calling”: a ubiquitous fish sound with monitoring potential. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 4(3). <https://doi.org/10.1002/rse2.72>
- Doxa, A., Holon, F., Deter, J., Villéger, S., Boissery, P., Mouquet, N., 2016. Mapping biodiversity in three-dimensions challenges marine conservation strategies: The example of coralligenous assemblages in North-Western Mediterranean Sea. *Ecol. Indic.* 61, 1042–1054. doi:10.1016/j.ecolind.2015.10.062
- Drew, E.A., Jupp, B.P., 1976. Some aspects of the growth of *Posidonia oceanica* in Malta. *Underw. Res. Acad. Press* 357–365.
- Garrabou, J., Ballesteros, E., 2000. Growth of *Mesophyllum alternans* and *Lithophyllum frondosum* (Corallinales, Rhodophyta) in the northwestern Mediterranean. *Eur. J. Phycol.* 35, 1–10. doi:10.1080/09670260010001735571
- Gervaise, C., Lossent, J., Valentini-Poirier, C. A., Boissery, P., Noel, C., & Di Iorio, L. (2019). Three-dimensional mapping of the benthic invertebrates biophony with a compact four-hydrophones array. *Applied Acoustics*, 148. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.12.025>
- Gili, J., Coma, R., 1998. Benthic suspension feeders in marine food webs. *Trends Ecol Evol* 13297–337. doi:10.1016/0169-5347(98)07337-3
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C. V., Micheli, F., D’Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R., Watson, R., 2008. A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems. *Science* (80-). 319, 948–952. doi:10.1126/science.1149345
- Holon, F., 2015. Interactions entre écosystèmes marins et pressions anthropiques. Applications au suivi et à la gestion des eaux côtières de la mer Méditerranée. University of Montpellier, France.
- Holon, F., Boissery, P., Guilbert, A., Freschet, E., Deter, J., 2015. 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., Deter, J., 2016. Les récifs coralligènes, un habitat sous-marin riche en biodiversité mais vulnérable, SFE, Regards sur la Biodiversité.

- Holon, Florian, Mouquet, N., Boissery, P., Bouchoucha, M., Delaruelle, G., Tribot, A.S., Deter, J., 2015. Fine-scale cartography of human impacts along French Mediterranean coasts: A relevant map for the management of marine ecosystems. *PLoS One* 10, 1–20. doi:10.1371/journal.pone.0135473
- Hong, J.-S., 1980. Etude faunistique d'un fond de concrétionnement de type coralligène soumis à un gradient de pollution en Méditerranée nord-occidentale (Golfe de Fos). Thèse Dr. Univ. Aix-Marseille II 1–268.
- Kinda, G. B., Simard, Y., Gervaise, C., Mars, J. I., & Fortier, L. (2013). Under-ice ambient noise in Eastern Beaufort Sea, Canadian Arctic, and its relation to environmental forcing. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134(1), 77–87. <https://doi.org/10.1121/1.4808330>
- Laborel, J., 1961. Le concrétionnement algal “coralligène” et son importance géomorphologique en Méditerranée. *Recl. des Trav. la Stn. Mar. d'Endoume*. 23, 37–60.
- Laubier, L., 1966. Le coralligène des Albères: monographie biocénotique. *Ann. l'Institut Océanographique Monaco*. 43 139-316.
- Lawton, J.H., 1994. What do species do in ecosystems ? *Oikos* 71, 367–374. doi:10.2307/3545824
- Lopez y Royo, C., Casazza, G., Pergent-Martini, C., Pergent, G., 2010. A biotic index using the seagrass *Posidonia oceanica* (BiPo), to evaluate ecological status of coastal waters. *Ecol. Indic.* 10, 380–389.
- Lossent, J., Di Iorio, L., Valentini-Poirier, C. A., Boissery, P., & Gervaise, C. (2017). Mapping the diversity of spectral shapes discriminates between adjacent benthic biophonies. *Marine Ecology Progress Series*, 585. <https://doi.org/10.3354/meps12370>
- Micheli, F., Halpern, B.S., Walbridge, S., Ciriaco, S., Ferretti, F., Fraschetti, S., Lewison, R., Nykjaer, L., Rosenberg, A.A., 2013. Cumulative Human Impacts on Mediterranean and Black Sea Marine Ecosystems: Assessing Current Pressures and Opportunities. *PLoS One* 8, e79889. doi:10.1371/journal.pone.0079889
- Molinier, R., Picard, J., 1952. Recherches sur les herbiers de phanérogames marins du littoral méditerranéen français. *Ann. l'Institut Oceanogr.* 27, 157–234.
- Peres, J.M., Picard, J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. *Stn. Mar. Endoume. Fr.*, 31 5-137.
- Por, F.D., 1978. Lessepsian migration. The influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez Canal. *Springer Verlag publ., Berlin* 3, 1–128. doi:10.1016/0160-9327(79)90119-4
- Ros, J., Romero, J., Ballesteros, E., Gili, J., 1985. The circalittoral hard bottom communities: the coralligenous. *Margalef Ed. West. Mediterr. Pergamon Press. Oxford* 263–273.
- Sartoretto S., F.P., 1997. Quantification of bioerosion by *Sphaerechinus granularis* on Coralligène concretions of the western mediterranean. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 77, 565–568.
- Sartoretto, S., Verlaque, M., Laborel, J., 1996. Age of settlement and accumulation rate of submarine “coralligène” (–10 to –60 m) of the northwestern Mediterranean Sea; relation to Holocene rise in sea level. *Mar. Geol.* 130, 317–331. doi:10.1016/0025-3227(95)00175-1
- Selig, E.R., Turner, W.R., Troëng, S., Wallace, B.P., Halpern, B.S., Kaschner, K., Lascelles, B.G., Carpenter, K.E., Mittermeier, R. a., 2014. Global priorities for marine biodiversity conservation. *PLoS One* 9, 1–11. doi:10.1371/journal.pone.0082898
- Short, F.T., Wyllie-Echeverria, S., 1996. Natural and human-induced disturbance of seagrasses. *Environ. Conserv.* 23, 17. doi:10.1017/S0376892900038212
- Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F., Green, E., 2003. The distribution and status of seagrasses. *World atlas of seagrasses*. 5–26.

Teixidó, N., Garrabou, J., Harmelin, J.G., 2011. Low dynamics, high longevity and persistence of sessile structural species dwelling on mediterranean coralligenous outcrops. PLoS One 6. doi:10.1371/journal.pone.0023744

Thierry de Ville d'Avray, L., Ami, D., Chenuil, A., David, R., Féral, J.P., 2019. Application of the ecosystem service concept at a small-scale: The cases of coralligenous habitats in the North-western Mediterranean Sea. Mar. Pollut. Bull. 138, 160–170. doi:10.1016/j.marpolbul.2018.10.057

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. Nat. Publ. Gr. 1–12. doi:10.1038/srep34229

Velimirov, B., 1984. Grazing of *Sarpa salpa* (L.) on *Posidonia oceanica* and utilization of soluble compounds . 1 381-387. Int. Work. Posidonia Ocean. Beds, BOUDOURESQUE C.F., JEUDY GRISSAC A., Oliv. J., (éds.), GIS Posidonie publ., Fr.

Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck, K.L., Hughes, a R., Kendrick, G. a, Kenworthy, W.J., Short, F.T., Williams, S.L., 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 106, 12377–12381. doi:10.1073/pnas.0905620106

Zalokar, M., 1942. Les associations sous-marines de la côte adriatique au dessous de Velebit. Bull.Soc.Bot.Gen'Ve 33, 172–195.