

RAPPORT D'ÉTAT ÉCOLOGIQUE DES MASSES D'EAU

Littoral rocheux méditerranéen français

Rapport final

Réévaluation de 11 masses d'eau

**Aurélie BLANFUNÉ, Lauric REYNES, Bastien THOUROUDE &
Thierry THIBAUT**

Contrat Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse & AMU



SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	3
2. MATERIEL ET METHODES	6
2.1. Zone d'étude	6
2.2. Acquisition des données	6
3. RESULTATS	9
3.1. FRDC01 – Frontière espagnole – Racou Plage	9
3.2. FRDC02c – Cap d'Agde	11
3.3. FRDC04 – Golfe de Fos	13
3.4. FRD06a – Petite Rade de Marseille	14
3.5. FRDC07c – Bec de l'Aigle – Pointe Fauconnière	16
3.6. FRDC08c – Fréjus – Saint-Raphaël – Ouest Sainte-Maxime	17
3.7. FRDC09b – Port d'Antibes – Port de commerce de Nice	18
3.8. FRDC09c – Rade de Villefranche	20
3.9. FREC01c – Golfe de Saint-Florent	21
3.10. FREC03b – Golfe de Porto-Vecchio	23
3.11. FREC03f – Goulet de Bonifacio	24
4. Discussion & Conclusion	25
5. Références bibliographiques	27
6. Remerciements	32

Ce document doit être cité :

Blanfuné A., Reynes L., Bastien Thouroude & Thibaut T. 2025. Préfiguration du réseau macroalgues – Bassin Rhône Méditerranée Corse – Application de la directive Cadre Eau – Rapport d'état écologique des masses d'eau – Littoral rocheux méditerranéen français – Rapport final - Réévaluation de 11 masses d'eau. Contrat Agence de l'eau RMC – AMU : 32 pp. + Atlas cartographique

1. INTRODUCTION

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE, 2000/60/EC), mise en place en 2000 et élaboré par cycle de six ans (2010-2015, 2016-2021, 2022-2027) a pour objectifs, à chaque fin de cycle, d'atteindre un bon statut écologique et un bon statut chimique des masses d'eaux et d'empêcher leur dégradation future. En Méditerranée, le Bassin Rhône-Méditerranée & Corse comporte 47 masses d'eaux côtières, définies en 2003 par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse (33 sur le continent et 14 en Corse) (Ifremer, 2015). Dans ce contexte, des programmes de surveillance ont été mis en place afin de suivre régulièrement un certain nombre de paramètres pertinents ('éléments de qualité') pour évaluer la qualité des eaux côtières. Quatre éléments sont suivis : les éléments de qualité biologique, physico-chimiques, polluants spécifiques et hydromorphologiques. Les éléments de qualité biologique englobent le phytoplancton, les 'macroalgues', les magnoliophytes et les invertébrés benthiques de substrat meuble.

Chaque masse d'eau fait l'objet d'un suivi dynamique qui permet de les réviser pour le cycle suivant en tenant compte des résultats observés. C'est en effet dans un processus dynamique de suivi que s'inscrit la gestion des eaux. L'élément de qualité biologique 'macroalgues' a été très souvent utilisé dans le cadre de la DCE. Certaines espèces de macroalgues sont considérées comme de bons descripteurs environnementaux ; il s'agit tantôt d'espèces pérennes et longévives, qui représentent une certaine 'mémoire', tantôt d'espèces éphémères, qui répondent assez rapidement aux changements de l'environnement dus à une perturbation. Plusieurs indices basés sur la composition et l'abondance des macroalgues ont été ainsi développés pour accéder au statut écologique des eaux côtières selon la DCE sur les côtes atlantiques et les côtes de Méditerranée (**Tableau 1**) ; voir D'Archino & Piazzini (2021) pour une revue. En Méditerranée, l'indice EEI et l'indice CARLIT ont été officialisés et intercalibrés. L'indice CARLIT est la méthode officielle de la France et y est appliquée depuis 2007.

Depuis 2007, notre équipe est chargée par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse d'évaluer les 40 masses d'eau rocheuses des côtes françaises de la Méditerranée par la méthode CARLIT. La méthode a été affinée par notre équipe, avec notamment une meilleure prise en compte du trait de côte, une meilleure évaluation des communautés sur substrats anthropiques, une analyse de l'influence de la mortalité des encorbellements de *Lithophyllum byssoides* sur le statut écologique des masses d'eaux (Thibaut et al. 2008, 2010, 2011, 2014, 2015 ; Thibaut & Markovic 2009 ; Thibaut & Blanfuné 2014 ; Blanfuné et al. 2016a, Blanfuné et al. 2017a).

En 2012, 2015 et 2017, 29 masses d'eaux soumises à des pressions constantes ont été réévaluées (Thibaut & Blanfuné 2014 ; Blanfuné et al., 2017a, 2017b, 2017c). Certaines masses d'eau ont une qualité écologique moyenne et nécessite une nouvelle réévaluation afin de voir si leur statut écologique s'est amélioré. Ainsi, 8 masses d'eau ont été réévaluées au printemps 2022.

Tableau 1. Les indices biologiques existants utilisant les 'macroalgues' comme 'élément de qualité biologique' en Atlantique et en Méditerranée

Indice biologique	Méthodes utilisées	Localisation & Références
Blooms de macroalgues opportunistes	Suivi des macroalgues opportunistes (<i>Ulva</i> spp.)	Royaume-Uni -> Scanlan et al., 2007 Portugal -> Patrício et al., 2007
CCO (Cover, Characteristic species, Opportunistic species)	Mesure de la couverture des communautés intertidales, du nombre d'espèces caractéristiques des communautés algales par étage et de la couverture des espèces opportunistes	Côtes atlantiques et de Manche françaises -> Ar Gall et al., 2016
CFR (Calidad de Fondos Rocosos)	Somme de la richesse des communautés de macroalgues, de la présence d'espèces opportunistes, l'abondance (couverture) des macroalgues et le statut physiologique	Espagne – Nord Atlantique -> Guinda et al., 2008, 2014a, 2014b, Juanes et al., 2008 France - Bretagne -> Guinda et al., 2014a Portugal -> Guinda et al., 2014a
ICS (Index of Community Structure)	Prend en compte la couverture de macroalgues, les groupes taxonomiques, les groupes structuraux et les groupes fonctionnels de macroalgues	France - Bretagne -> Ar Gall et Le Duff, 2014
MarMAT (Marine Macroalgae Assessment Tool)	Somme de la richesse spécifique des macroalgues, le % de chlorophytes, le nombre de rhodophytes, le ratio entre les espèces opportunistes et pérennes, le % d'espèces opportunistes, la description de la côte et la couverture d'espèces opportunistes	Portugal -> Neto et al., 2012
RICQI (Rocky Intertidal Community Quality Index)	Prend en compte la richesse spécifique et la composition des communautés de macroalgues	Espagne - Côte basque -> Díez et al., 2012
RSL (Reduced Species List)	Somme de la similarité des statuts écologiques, la présence de <i>Cystoseira</i> , la morphologie du complexe algal, la richesse spécifique de macroalgues et de faunes, le % de communautés benthiques, la couverture des herbivores et celle des suspensivores	Ecosse -> Wells et al., 2007 Espagne - Mer d'Alboran -> Bermejo et al., 2012, 2013b, 2014 Espagne – Nord Atlantique (Baie de Biscay) -> Guida et al., 2008
CARLIT (CARTographie LITtorale) et ses variantes	Mesure l'abondance et la distribution des espèces et des communautés de macroalgues dominantes présentes sur la frange rocheuse littorale	France -> Blanfuné et al., 2017a Espagne - Catalogne -> Ballesteros et al., 2007, Cavallo et al., 2016 Espagne - Mer d'Alboran -> Bermejo et al., 2012, 2013a, 2013b, 2014 Italie - Ligurie -> Mangialajo et al., 2007, Asnaghi et al., 2009, De La Fuente et al., 2018 Italie - Naples -> Buia et al., 2007 Italie – Mer Tyrrhénienne -> Lasinio et al., 2017 Italie - Sardaigne -> Ferrigno et al., 2014 Italie - Venise -> Sfriso & Facca, 2011 Italie - Sicile -> Bellissimo et al., 2020

		Croatie -> Nikolić et al., 2013 Malte -> Thibaut, 2011 Monténégro -> T. Thibaut com. pers. Albanie -> Blanfuné et al., 2016a Tunisie -> Omrane et al., 2010 Liban -> Badreddine et al., 2018 Algérie -> Bahbah et al., 2020
EEI (Ecological Evaluation Index)	Rapport entre la végétation d'un état composé d'espèces pérennes (notamment des espèces du genre <i>Cystoseira</i>) vers des espèces opportunistes (<i>Ulva</i> spp.), lors d'une perturbation.	Grèce -> Panayotidis et al., 1999, 2004, Orfanidis et al., 2001, 2003, 2011, Simboura et al., 2005 Slovénie -> Orlando-Bonaca et al., 2008 Croatie -> Iveša et al., 2009 Malte -> Azzopardi & Schembri, 2009 Italie - Venise -> Curiel et al., 2012 Espagne -Mar Menor (Lagune) -> García-Sánchez et al., 2012 Albanie -> Gogo, 2015 Algérie -> Chabane et al., 2018, Belhaouani & Zoubeyda, 2019 Turquie -> Taşkin et al., 2020
E-MaQI (Expert – Qualité Macrophytes)	Prend en compte la composition (présence-absence, biomasse) des assemblages de macroalgues	Italie - Littoral de Venise -> Sfriso et al., 2009, 2014, 2016, Curiel et al., 2012 Espagne -Mar Menor (Lagune) -> García-Sánchez et al., 2012
Le pourcentage de couverture d'espèces	Pourcentage de couverture d'espèces structurantes (<i>Cystoseira amentacea</i> et <i>C. compressa</i>) et opportunistes (<i>Ulva</i> spp.),	Italie - Ligurie -> Mangialajo et al., 2003
BENTHOS	Relation entre la composition des communautés macroalgales et les variables environnementales, biologiques et chimiques qui indiquent un fort impact anthropique.	Espagne - Catalogne -> Pinedo et al., 2007, Arévalo et al., 2007, Pinedo & Ballesteros, 2019 Espagne -Mar Menor (Lagune) -> García-Sánchez et al., 2012
PAN -EQ- MAT	PAN-EQ-MAT (PAN à usage général, EQ à usage écologique qualité et MAT pour Macroalgae Assessment Tool) combine plusieurs fonctionnalités adaptées de RSL, CFR et MarMAT	Portugal – Azores -> Wallens et al., 2013

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Zone d'étude

L'état de développement biologique des communautés côtières conditionne le choix de la période d'acquisition de données (avril-mai).

Au printemps 2022 et 2023, nous avons réévalué les 11 masses d'eaux sur le continent et en Corse.

FRDC01	Frontière espagnole - Racou Plage
FRDC02c	Cap d'Agde
FRDC04	Golfe de Fos
FRDC06a	Petite Rade de Marseille
FRDC07c	Bec de l'Aigle – Pointe Fauconnière
FRDC08c	Fréjus – Saint-Raphaël - Ouest Sainte-Maxime
FRDC09b	Port d'Antibes - Port de commerce de Nice
FRDC09d	Rade de Villefranche
FREC 01c	Golfe de Saint-Florent
FREC 03b	Golfe de Porto-Vecchio
FREC 03f	Goulet de Bonifacio

2.2. Acquisition des données

L'indicateur CARLIT consiste à mesurer l'abondance et la distribution des communautés ou espèces dominantes présentes sur les substrats rocheux de l'étage médiolittoral et de l'horizon supérieur de l'étage infralittoral (la frange infralittorale : 0-50 cm de profondeur) en fonction de la géomorphologie de la côte (présence de falaise supérieure à 15 m de hauteur) et de la nature du substrat.

L'abondance des communautés est cartographiée à partir d'une petite embarcation longeant la côte au plus près du littoral et à 4-5 km/h. La méthode ne s'applique donc pas à des masses d'eau dont la côte est sableuse, et où le descripteur macroalgues n'est donc pas pertinent.

Un niveau de vulnérabilité écologique aux pressions, sur une échelle de 1 (peu vulnérable) à 20 (très vulnérable), est attribué à chaque communauté (**Tableau 2**). Les communautés ayant les niveaux de vulnérabilité les plus forts représentent les communautés climax de la zone côtière (Blanfuné et al., 2017a).

Tableau 2. Niveau de sensibilité (SL) des espèces/communautés prises en compte dans le calcul de l'indicateur CARLIT (Blanfuné et al., 2017a)

Espèces et communautés	Description dans la zone étudiée	SL
<i>Ericaria amentacea</i> / <i>E. mediterranea</i> 3	Ceinture continue et/ou discontinue d' <i>Ericaria amentacea</i> / <i>E. mediterranea</i>	20
Autres espèces de <i>Cystoseira sensu lato</i> superficielles	Populations de <i>Gongolaria barbata</i> , <i>Ericaria brachycarpa</i> , <i>E. crinita</i> , <i>Cystoseira foeniculacea</i> , <i>C. jabukae</i> (autres que <i>C. compressa</i> , <i>Ericaria amentacea</i> / <i>E. mediterranea</i>)	20
<i>Ericaria amentacea</i> / <i>E. mediterranea</i> 2	Taches abondantes d' <i>Ericaria amentacea</i> / <i>E. mediterranea</i>	15
<i>Cystoseira compressa</i>	Population dense de <i>C. compressa</i> subsp. <i>compressa</i>	12
<i>Ericaria amentacea</i> / <i>E. mediterranea</i> 1	Individus d' <i>Ericaria amentacea</i> / <i>E. mediterranea</i>	10
Feutrage algal = autres algues 'molles'	Communautés d'algues non pérennes sans <i>Cystoseira sensu lato</i> , <i>Ulva</i> spp. et/ou <i>Cladophora</i> spp. (incluant le gazon algal)	10
Corallines articulées	Population de <i>Corallina</i> spp. articulées sans <i>Cystoseira sensu lato</i> (e.x. <i>Corallina caespitosa</i> , <i>C. officinalis</i> and <i>Ellisolandia elongata</i>)	8
Corallines encroûtantes	Populations de <i>Lithophyllum incrustans</i> , <i>Neogoniolithon brassica-florida</i> et de d'autres corallines encroûtantes (Rhodobionta)	6
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Ceinture de moules, <i>Mytilus galloprovincialis</i> sans <i>Cystoseira sensu lato</i>	6
Ulvaes	<i>Ulva</i> spp. et/ou <i>Cladophora</i> spp. (Chlorobionta)	3
Cyanobacteria	Communauté dominée par des Cyanobacteries	1

Un indice de qualité environnementale (EQ pour Environmental Quality) est calculé à partir de ces mesures pour un secteur de côte ou une masse d'eau (**équation 1**) (Ballesteros et al., 2007).

$$\text{Équation 1 : } EQ = \frac{\sum (l_i * SL_i)}{\sum l_i}$$

Avec l_i = la longueur de côte occupée par la communauté i , et SL_i = le niveau de vulnérabilité pour la communauté i . Lorsque deux communautés sont superposées (e.g. médiolittoral et infralittoral), c'est celle qui a le niveau de vulnérabilité le plus élevé qui est prise en compte.

Un Ratio de Qualité Écologique (Ballesteros et al., 2007), EQR (**équation 2**), est obtenu en pondérant l'EQ par une valeur d'EQ mesurée dans un site de référence (EQ_{ref}) pour chacun des six types géomorphologiques (**Tableau 3**).

$$\text{Équation 2 : } EQR_{masse\ d'eau} = \frac{\sum \frac{EQ_{ssi} * l_i}{EQ_{rsi}}}{\sum l_i}$$

Avec i = situation morphologique de la côte étudiée, EQ_{ssi} = l'EQ dans le site étudié pour la situation i , EQ_{rsi} = l'EQ dans le site de référence pour la situation i , l_i = longueur de la côte étudiée dans la situation i .

Tableau 3. EQ de référence calculée pour chaque type de morphologie de la côte (Thibaut et al., 2010, modifié d'après Ballesteros et al., 2007)

Morphologie de la côte	EQ _{référence}
Blocs naturels ou artificiels	12.2
Côte basse naturelle ou artificielle	16.6
Côte haute naturelle ou artificielle	15.3

À partir des valeurs EQR calculées (valeurs comprises entre 0 et 1), un statut écologique est déterminé pour chaque masse d'eau (ES pour Ecological Status), suivant les critères de la DCE (**Tableau 4**).

Tableau 4. Classe des EQR et statut écologique associé

EQR	Statut Écologique (ES)
> 0.75 à 1	Très Bon
> 0.60 à 0.75	Bon
> 0.40 à 0.60	Moyen
> 0.25 à 0.40	Médiocre
0 à 0.25	Mauvais

Les littoraux sédimentaires, l'intérieur des ports et des marinas ne sont pas pris en compte dans l'étude. Ces zones sont trop perturbées et nécessitent l'utilisation d'autres indices.

Les observations de terrain (communautés présentes, abondance) sont notées sur des photos aériennes imprimées sur des feuilles A3 à l'échelle 1/2 500^e (BD Ortho de l'IGN). Ces informations ont été intégrées dans un système d'information géographique (SIG) à l'aide du logiciel ArcGIS. Les données CARLIT sont entrées sous forme de polygones et, par intersection avec le trait de côte CARLIT (Thibaut & Markovic, 2009), la longueur de chaque communauté associée à la géomorphologie et à la nature de la côte a été obtenue. Les EQR ont ensuite été calculés.

3. RESULTATS

La méthode est applicable sur les 11 masses d'eaux réévaluées. Ainsi sur ces 11 masses d'eau : 8 présentent une qualité écologique moyenne, 2 présentent une qualité écologique bonne, et 1 présente une qualité très bonne (**Tableau 5**).

Tableau 5. EQR et Statuts Ecologiques (SE) des masses d'eaux évalués par la méthode CARLIT. Avril – Mai 2022 pour les masses d'eau continentales et en avril 2023 pour les masses d'eau Corse

Masse d'eau	Date de la mission	EQR	Etat
FRDC01 - Frontière espagnole - Racou plage	2022	0.85	Très Bon
FRDC02c - Cap d'Agde	2022	0.54	Moyen
FRDC04 - Golfe de Fos	2022	0.50	Moyen
FRDC06a - Petite Rade de Marseille	2022	0.46	Moyen
FRDC07c - Bec de l'Aigle - Pointe Fauconnière	2022	0.65	Bon
FRDC08c - Fréjus – Saint-Raphaël - Ouest de Sainte-Maxime	2022	0.56	Moyen
FRDC09b - Port d'Antibes - Port de commerce de Nice	2022	0.50	Moyen
FRDC09d - Rade de Villefranche	2022	0.51	Moyen
FREC01c - Golfe de Saint-Florent	2023	0.70	Bon
FREC03b - Golfe de Porto-Vecchio	2023	0.51	Moyen
FREC03f - Goulet de Bonifacio	2023	0.57	Moyen

NB. Le descriptif par masse d'eau ne se comprend qu'avec la lecture des cartes de l'Atlas cartographique.

3.1. FRDC01 – Frontière espagnole – Racou Plage

La qualité écologique de la masse d'eau en 2022 est très bonne (EQR = 0,85).

La masse d'eau FRDC01 – Frontière espagnole – Racou Plage a été évaluée en 2007, 2012 (Thibaut et al. 2010, Thibaut & Blanfuné, 2014) et réévaluée au printemps 2022. Cette masse d'eau commence à Racou Plage au sud d'Argelès et se termine à la frontière espagnole au niveau du Cap Falco. Cette masse d'eau est très peu artificialisée, 96.6% de son littoral est d'origine naturelle (Thibaut et al. 2010). Le statut écologique de la masse d'eau est passé de moyen (en 2007 et 2012) à très bon dix ans après, avec une augmentation de l'EQR au cours du temps : il est passé de 0,47 à 0,56 en cinq ans (2007-2012) et à 0.85 en 2022 (**Tableau 6**). Cette forte augmentation permet d'atteindre d'un très bon état écologique.

Tableau 6. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors des différentes évaluations au cours du temps

FRDC01 – Frontière espagnole – Racou Plage	Mission printemps 2007	Mission printemps 2012	Mission printemps 2022
EQR	0,47	0,56	0,85
Statut écologique	Moyen	Moyen	Très Bon

Cette augmentation importante de l'EQR est dû à la forte augmentation des populations d'*Ericaria mediterranea* au cours du temps. En 2007, les populations d'*E. mediterranea* (toutes densités confondues) représentaient 13.80% des communautés présentes dans cette masse d'eau. En 2012, elles représentaient 20.10% et dix en après, en 2022, *E. mediterranea* représente 57.46% des communautés présentes dans la zone, de plus, les populations sont majoritairement denses. En parallèle, les corallines articulées et les moules ont considérablement diminué (**Tableau 7**). Le changement de communauté et donc, de niveau de sensibilité, a causé cette augmentation de l'EQR. Lors des tempêtes hivernales et des vagues de chaleur, les populations de moules se sont décrochées de la roche, libérant ainsi de la place sur le substrat et permettant aux populations d'*E. mediterranea* de se densifier et de se développer. Ces changements de communautés sont des changements naturels des successions écologiques au cours du temps, ils ont été déjà observés au sein de sa masse d'eau entre 2005 et 2012 (Blanfuné et al., 2019).

Tableau 7. Comparaison des pourcentages de chaque communauté ou espèces des substrats rocheux des étages médio- et infralittoral supérieur lors des différentes campagnes CARLIT au cours du temps

FRDC 01 – Fontière espagnole – Racou Plage	2007	2012	2022
<i>Ericaria mediterranea</i> (total)	13,80%	20,10%	57,46%
<i>Ericaria mediterranea</i> 1	6,10%	5,00%	2,18%
<i>Ericaria mediterranea</i> 2	1,10%	11,00%	18,34%
<i>Ericaria mediterranea</i> 3	6,90%	4,00%	36,94%
<i>Cystoseira compressa</i>	2,60%	10,00%	3,79%
<i>C. compressa</i> + <i>E. mediterranea</i>			2,36%
Corallines articulées	4,80%	42,00%	19,60%
Corallines articulées + <i>E. mediterranea</i>			0,21%
Feutrage algal	6,20%	0,50%	0,45%
Corallines encroûtantes	23,40%	7,00%	0,83%
Moules	39,80%	16,00%	3,65%
Moules + <i>E. mediterranea</i>			1,61%
Moules + Corallines articulées			6,94%
Moules + Corallines encroûtantes			0,28%
Ulvaes	0,30%	2,00%	2,52%
Cyanobactéries	1,60%	0,20%	0,32%

De Racou Plage à la plage de l’Ouille à Argelès-sur-Mer, *Cystoseira compressa* est majoritairement présente le long du littoral rocheux. Au niveau de Collioure, une alternance de corallines articulées, de corallines encroûtantes, et de moules colonisent le substrat. *Ericaria mediterranea* est également présente sur les rochers exposés. Des populations de *C. compressa* mélangée avec des individus d’*E. mediterranea* sont présentes sur les rochers au bout de la jetée de la Chapelle Saint-Vincent. Cette alternance se continue jusqu’à Port-Vendres. Entre Collioure et Port-Vendres, les populations de corallines articulées et encroûtantes sont majoritairement en populations mélangées avec des moules. A partir du port de Port-Vendres, jusqu’au Cap Béar, les patchs d’*E. mediterranea* deviennent majoritaires. A partir du Cap Béar jusqu’au Cap Canadell, *E. mediterranea* est majoritaire en patch et en ceintures denses. Aux abords des différentes plages des corallines articulées sont présents et entre la plage du Sana et la plage des Elmes, les rochers sont colonisés par *C. compressa*. Après le Cap Canadell en arrivant à Cerbère, les populations d’*E. mediterranea* deviennent moins abondantes. Les corallines articulées, les corallines encroûtantes, les ulvales, *C. compressa* et les moules sont recensés.

3.2. FRDC02c – Cap d’Agde

La qualité écologique de la masse d’eau en 2022 est moyenne (EQR = 0,54).

La masse d’eau FRDC02 – Cap d’Agde a été évaluée en 2007, 2012 (Thibaut et al. 2010, Thibaut & Blanfuné, 2014) et réévaluée en 2022. Le littoral rocheux de cette masse d’eau (FRDC02c – Cap d’Agde) est peu étendu. Son taux d’artificialisation est de 47% (Thibaut et al. 2010). Le statut écologique de la masse d’eau est passé de médiocre (Thibaut et al. 2010) à moyen en cinq ans, avec une augmentation de l’EQR au cours du temps : il est passé de 0,32 en 2007 à 0,43 en 2012 et à 0.54 en 2022 (**Tableau 8**). Cette forte augmentation ne permet pas encore de franchir le seuil nécessaire à l’atteinte d’un bon état écologique mais il s’en rapproche.

Tableau 8. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors des différentes évaluations CARLIT au cours du temps

FRDC02 – Cap d’Agde	Mission printemps 2007	Mission printemps 2012	Mission printemps 2022
EQR	0,32	0,43	0,54
Statut écologique	Médiocre	Moyen	Moyen

Cette augmentation de l’EQR est dû à une forte augmentation des populations de *Cystoseira compressa* : en 2012, *C. compressa* ne représentait que 2.8% des communautés présentes dans cette masse d’eau. En 10 ans, ces populations représentent 27.7% et constitue une des espèces majoritaires dans la zone avec les corallines articulées (23.8%) et des populations mélangées de corallines articulées avec des moules (26.5%) (**Tableau 9**). Le changement de communauté et donc, de niveau de sensibilité, a causé cette augmentation de l’EQR. A cause des tempêtes, les populations de moules se sont fragmentées et décrochées par endroit, laissant le substrat libre pour le développement des corallines articulées qui se trouvent être maintenant la communauté dominante (en populations mixte avec des moules ou en populations homogène) et le développement de *Cystoseira compressa*. Cette espèce possède des flotteurs qui favorisent sa dispersion au sein de la masse d’eau. De plus les

transplantations d'*E. mediterranea* et la conservation des populations de *E. crinita* par éradication des oursins dans certaines zones ont permis un développement de ces espèces et par conséquent une augmentation de la note de l'EQR.

Tableau 9. Comparaison des pourcentages de chaque communauté ou espèces des substrats rocheux des étages médio- et infralittoral supérieur lors des différentes campagnes CARLIT au cours du temps

FRDC 02c – Cap d’Agde	2017	2012	2022
<i>Ericaria mediterranea</i> (total)			0,53%
<i>Ericaria mediterranea</i> 1			0,07%
<i>Ericaria mediterranea</i> 2			0,22%
<i>Ericaria mediterranea</i> 3			0,24%
<i>Ericaria crinita</i>			2,21%
<i>Cystoseira compressa</i>	4,80%	2,80%	27,69%
Corallines articulées		54,40%	23,79%
Moules	71,20%	40,90%	8,28%
Moules + Corallines articulées			26,48%
Corallines encroûtantes	4,80%		3,69%
Feutrage algal			4,53%
Ulvaes	2,20%	1,80%	2,81%
Cyanobactéries	17,50%	0,20%	

Les rochers de Rochelongue sont colonisés par des moules et des populations mélangées de moules et de corallines encroûtantes. La présence de quelques individus de *Cystoseira compressa* a été notée sur la digue de Rochelongue. D’une manière générale, les digues de Rochelongue au port du Cap d’Agde sont colonisées par une alternance de corallines articulées et de populations mélangées de corallines articulées et de moules. Quelques ulvaes sont relevées entre le début des digues et le coin de la plage.

Au niveau du sentier sous-marin, le linéaire est colonisé sur la partie sud par *C. compressa* et *E. crinita*, les rochers les plus exposée par des moules et des corallines encroûtantes puis côté nord par du feutrage algale. En arrivant sur La Conque, après la présence d’ulvaes sur les premiers rochers du coin de la plage, *Cystoseira compressa* colonise le linéaire rocheux avec des patchs d’*E. mediterranea* issus des transplantations qui ont été relevé. Puis nous avons une alternance de feutrage algale, de corallines encroûtantes, de moules et de moules mélangées à des corallines articulées, et de petites populations de *C. compressa*. Au niveau du Môle, le linéaire rocheux est colonisé par une alternance de *C. compressa*, de moules et de feutrage algale. Les digues de la Roquille sont couvertes d’un mélange de moules et de corallines articulées.

Au niveau du Brescou, *Cystoseira compressa* est la communauté algale majoritaire. Elle est remplacée par des corallines articulées et encroûtantes sur le côté ouest du Brescou. La présence d’ulvaes est notée autour de la zone de débarcadère et des plages. A noter la présence de *Ericaria crinita* et *E. mediterranea* (issus des transplantations de 2019, Blanfuné et al., 2019b) sur le côté sud et 3 individus d’*E. mediterranea* côté est du fort de Brescou. Les rochers les plus exposés sont colonisés par des moules soit en communauté seule soit mélangées avec des corallines articulées.

3.3. FRDC04 – Golfe de Fos

La qualité écologique de la masse d'eau en 2022 est moyenne (EQR = 0,50).

La masse d'eau FRDC04 – Golfe de Fos a été évaluée en 2007, 2012 (Thibaut et al. 2010, Thibaut & Blanfuné, 2014) et réévaluée au printemps 2022. Cette masse d'eau commence au à Fos-sur-Mer et se termine au port de Carro. Elle subit de forts impacts anthropiques dus à la présence des activités portuaires et pétrochimiques du Grand Port Maritime de Marseille (GPMM). Le fond du Golfe de Fos est très artificialisé. De ce fait, l'évaluation de la qualité de cette masse d'eau ne tient pas compte de toute la zone du GPMM. Le taux d'artificialisation de cette masse d'eau (pour la partie étudiée) est de 25% (Thibaut et al. 2010). Une partie de la masse d'eau est classée en Zone Natura 2000 (FR930199 – Côte Bleue marine). Le statut écologique de la masse d'eau, moyen n'a pas changé depuis 15 ans. Nous notons une augmentation de l'EQR entre 2012 et 2022 mais qui ne permet pas encore de franchir le seuil nécessaire à l'atteinte d'un bon état écologique (**Tableau 10**).

Tableau 10. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors de des différentes évaluations au cours du temps

FRDC04 – Golfe de Fos	Mission printemps 2007	Mission printemps 2012	Mission printemps 2022
EQR	0,46	0,45	0,50
Statut écologique	Moyen	Moyen	Moyen

Tableau 11. Comparaison des pourcentages de chaque communauté ou espèces des substrats rocheux des étages médio- et infralittoral supérieur lors des différentes campagnes CARLIT au cours du temps

FRDC 04 – Golfe de Fos	2007	2012	2022
<i>Ericaria amentacea</i> (total)	11,30%	8,70%	11,40%
<i>Ericaria amentacea</i> 1	3,10%	5,4%	0,97%
<i>Ericaria amentacea</i> 2	3,70%	1,60%	7,78%
<i>Ericaria amentacea</i> 3	4,60%	1,70%	2,66%
<i>Ericaria crinita</i>			0,09%
<i>Cystoseira compressa</i>		0,10%	0,04%
Corallines articulées	8,70%	57,20%	68,68%
Feutrage algal	25,20%	1,40%	0,71%
Corallines encroûtantes	0,30%	2,80%	0,28%
Moules	38,80%	20,60%	14,68%
Ulvaes	5,60%	5,90%	0,31%
Cyanobactéries	9,70%	3,20%	3,80%

Cette augmentation de l'EQR est dû à une légère augmentation des populations d'*E. amentacea*, une augmentation des corallines articulées et une diminution des populations de moules et d'ulvaes (**Tableau 11**). Le changement de communauté et donc, de niveau de sensibilité, a causé cette augmentation de l'EQR. Ces modifications de communautés sont des changements naturels et

normaux qui s'opèrent au cours du temps dans la succession écologique des substrats rocheux de l'étage médiolittoral et de l'horizon supérieur de l'étage infralittoral.

Du port de Fos-sur-Mer au port de Saint-Gervais tous les enrochements, aussi bien naturels qu'artificiels, sont colonisés quasi intégralement par des Moules. A partir du Port du port de Saint-Gervais jusqu'à la pointe de Bonnieu, les corallines articulées sont majoritaires et parfois entrecoupées par des populations de moules. La limite ouest de la répartition géographique sur les côtes continentales méditerranéennes d'*Ericaria amentacea* se situe au niveau de la pointe de Bonnieu. Cette limite est inchangée en 10 ans. Depuis 2012, les populations d'*E. amentacea* se sont densifiées : en 2012, des individus de l'espèce étaient présents, en 2022, les populations sont majoritairement en patches. Jusqu'au port de Carro et la fin de la masse d'eau, les populations d'*Ericaria amentacea* sont entrecoupées de corallines articulées, de feutrage algal et de corallines encroûtantes. En 2015, *Ericaria crinita* avait été observée dans après l'anse d'Arnette (Blanfuné et al., 2016b), elle y est toujours présente en 2022. La présence de *Cystoseira compressa* est notée au niveau de la pointe Carro.

3.4. FRD06a – Petite Rade de Marseille

La qualité écologique de la masse d'eau en 2022 est moyenne (EQR = 0,46).

La masse d'eau FRD06a – Petite Rade de Marseille, qui commence au port de l'Estaque et qui se finit à la pointe d'Endoume, a été évaluée en 2007, 2012 (Thibaut et al. 2010, Thibaut & Blanfuné, 2014) et réévaluée au printemps 2022. La majorité des enrochements de cette masse d'eau est constituée de digues artificielles. En effet son taux d'artificialisation est de 88% (Thibaut et al. 2010). Le statut écologique de la masse d'eau, moyen n'a pas changé depuis 15 ans. Nous notons une légère augmentation de l'EQR entre 2012 et 2022 (de 0.43 à 0.46 respectivement) (**Tableau 12**).

Tableau 12. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors de des différentes évaluations au cours du temps

FRD06a – Petite Rade de Marseille	Mission printemps 2007	Mission printemps 2012	Mission printemps 2022
EQR	0,40	0,43	0,46
Statut écologique	Moyen	Moyen	Moyen

Cette légère augmentation de l'EQR est dû à une légère augmentation des populations d'*E. amentacea*, une augmentation des corallines articulées et des moules et une baisse des corallines encroûtantes et des Cyanobactéries (**Tableau 13**). Le changement de communauté et donc, de niveau de sensibilité, a causé cette légère augmentation de l'EQR. Ces modifications de communautés sont des changements naturels et normaux qui s'opèrent au cours du temps dans la succession écologique des substrats rocheux de l'étage médiolittoral et de l'horizon supérieur de l'étage infralittoral. Nous pouvons dire que l'état écologique de cette masse d'eau est stable au cours du temps.

Tableau 13. Comparaison des pourcentages de chaque communauté ou espèces des substrats rocheux des étages médio- et infralittoral supérieur lors des différentes campagnes CARLIT au cours du temps

FRDC 06a – Petite Rade de Marseille	2007	2012	2022
<i>Ericaria amentacea</i> (total)	1,90%	1,40%	4,19%
<i>Ericaria amentacea</i> 1	1,60%	0,30%	2,96%
<i>Ericaria amentacea</i> 2	0%	1,00%	0,71%
<i>Ericaria amentacea</i> 3	0,30%	0,10%	0,53%
<i>Cystoseira compressa</i>	0,40%	2,60%	0,71%
Corallines articulées	29,90%	59,90%	67,03%
Corallines encroûtantes	52,30%	11,30%	0,27%
Moules	13,90%	16,80%	25,55%
Moules + <i>E. amentacea</i>			0,07%
Moules + Corallines articulées			1,16%
Ulvaes	0,50%	0,30%	0,43%
Cyanobactéries	1,10%	7,80%	0,59%

Les digues du port de l’Estaque et du Grand Port Maritime de Marseille sont colonisées principalement par des corallines articulées et de moules. Les populations de moules sur les digues ont augmenté par rapport à 2012. Sur les rochers naturels de la pointe Désirade à la pointe d’Endoume, les corallines articulées dominent. *Ericaria amentacea*, essentiellement en faible densité, se trouve au niveau de la pointe Désirade, de la pointe d’Endoume et sur les îlots d’Endoume.

En 2015, des transplantations d’*Ericaria amentacea* ont été réalisées (Javel et al., 2015) sur les digues de cette masse d’eau. Lors de l’évaluation de 2022, une attention particulière a été portée au niveau des sites de transplantations. Au niveau de la Digue de l’Estaque, les individus d’*E. amentacea* présents en 2012 ont été recensés en 2022. Sur les 10 plaques de transplantations installées en 2015, 4 individus ont été recensés sur une seule plaque (plaque 5). Au niveau des fagots de rameaux fertiles installés en 2015, aucun individu d’*E. amentacea* n’a été observé. Au niveau de la digue Sud-ouest, sur les 10 plaques de transplantations, quelques individus isolés ont été observés sur 2 plaques de transplantation (la plaque 3 et 5) et un patch d’individus au niveau de la plaque 7. Par contre au niveau des fagots de rameaux fertiles, aucun individu d’*E. amentacea* n’a été observé. Au niveau de la digue du Large, aucun individu d’*E. amentacea* n’a été observé ni sur les plaques de transplantations ni au niveau des fagots transplantés. Au niveau de la digue des Catalans, au niveau des transplants des fagots de rameaux fertiles, *E. amentacea* n’a pas été retrouvé et le linéaire côtier est colonisé par des moules. Par contre au niveau des plaques de transplantations, entre les plaques 2 et 3 et au niveau de la plaque 10, des individus isolés ont été observés. Au niveau de la plaque 6 et 8, des individus isolés de *E. amentacea* ont été recensés et sont entourés de *C. compressa*. Sur la plaque 7, un patch dense est présent (il recouvre 70% de la plaque).

3.5. FRDC07c – Bec de l’Aigle – Pointe Fauconnière

La qualité écologique de la masse d’eau en 2022 est bonne (EQR = 0,65).

La masse d’eau FRDC07c – Bec de l’Aigle – Pointe Fauconnière, commence au Bec de l’aigle à la Ciotat et finit à la pointe Fauconnière à Saint-Cyr-sur-Mer, a été évaluée en 2008, 2015, 2017 (Thibaut et al. 2010, Blanfuné et al., 2017b, Blanfuné et al., 2017c) et réévaluée au printemps 2022. Cette masse d’eau correspond à la baie de la Ciotat et est incluse dans la zone Natura 2000 FR9301998 (Baie de la Ciotat) et une partie de la FR9301602 (calanques et îles marseillaises – cap Canaille et massif du Grand Caun). Elle est également en zone d’adhésion du Parc National des Calanques et l’île Verte et le Bec de l’Aigle font partie du cœur marin du parc. Dans cette masse d’eau s’y trouve plusieurs ports : le port de la Ciotat, le port des Canucins, le port des Lecques et le port de la Madrague. Le statut écologique de la masse d’eau est bon. Il est stable depuis 2017. Nous notons une légère augmentation de l’EQR entre 2017 et 2022 (de 0.62 à 0.65 respectivement) (**Tableau 14**).

Tableau 14. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors de des différentes évaluations au cours du temps

FRDC07c – Bec de l’Aigle – Pointe Fauconnière	Mission printemps 2008	Mission printemps 2015	Mission printemps 2017	Mission printemps 2022
EQR	0,61	0,57	0,62	0,65
Statut écologique	Bon	Moyen	Bon	Bon

Cette légère augmentation de l’EQR est dû à une diminution des ulvales, des Cyanobactéries et des corallines articulées et une augmentation du feutrage algal et des corallines encroûtantes (**Tableau 15**). Le changement de communauté et donc, de niveau de sensibilité, a causé cette légère augmentation de l’EQR. Ces modifications de communautés sont des changements naturels et normaux qui s’opèrent au cours du temps dans la succession écologique des substrats rocheux de l’étage médiolittoral et de l’horizon supérieur de l’étage infralittoral. Nous pouvons dire que l’état écologique de cette masse d’eau est stable au cours du temps.

L’île Verte est colonisée par une alternance de corallines articulées, de corallines encroûtantes, de populations d’*E. amentacea* plus ou moins denses. Du Bec de l’Aigle aux trois secs, *Ericaria amentacea* est présente en populations plus ou moins denses., *C. compressa* est également observée. Puis en allant vers le port de la Ciotat, les corallines encroûtantes sont majoritaires. Sur la grande digue du port de la Ciotat, le linéaire rocheux est colonisé par du feutrage algal, quelques individus de *C. compressa* ont été recensés. Les digues du port des Canucins sont majoritairement colonisées par des corallines encroûtantes, celles du port des Lecques par du feutrage algal et celles du port de la Madrague par ces deux communautés (corallines encroûtantes et feutrage algal). Au fond de la Baie de la Ciotat, les roches sont colonisées majoritairement par du feutrage algal, qui est entrecoupé parfois par *C. compressa*, des cyanobactéries et des corallines encroûtantes. Des ulvales sont présentes au Cap des Moulins. Au Cap Liouquet et vers le Cap Saint-Louis, des patches d’*E. amentacea* sont présents. Du port de la Madrague vers la Pointe Grenier, le feutrage algal laisse place aux corallines articulées. Puis en se dirigeant de la pointe Grenier puis vers la pointe Fauconnière, les larges

populations de corallines articulées laissent la place à des populations d'*E. amentacea* plus ou moins denses.

Tableau 15. Comparaison des pourcentages de chaque communauté ou espèces des substrats rocheux des étages médio- et infralittoral supérieur lors des différentes campagnes CARLIT au cours du temps

FRDC 07c – Bec de l’Aigle- Pointe Fauconnière	2008	2017	2022
<i>Ericaria amentacea</i> (total)	26,36%	28,10%	27,99%
<i>Ericaria amentacea</i> 1	1,92%	2,56%	3,65%
<i>Ericaria amentacea</i> 2	15,22%	10,57%	12,59%
<i>Ericaria amentacea</i> 3	9,22%	14,97%	11,75%
<i>Cystoseira compressa</i>	11,23%	1,69%	1,45%
<i>C. compressa</i> + <i>E. amentacea</i>			0,59%
Corallines articulées	11,40%	16,80%	6,94%
Feutrage algal	4,03%	23,60%	38,48%
Corallines encroûtantes	31,88%	15,05%	20,64%
Ulvaes	5,02%	4,07%	0,51%
Cyanobactéries	8,40%	8,58%	3,40%

3.6. FRDC08c – Fréjus – Saint-Raphaël – Ouest Sainte-Maxime

La qualité écologique de la masse d’eau en 2022 est moyenne (EQR = 0,56).

La masse d’eau FRDC08c – Fréjus-Saint-Raphaël-Ouest-Sainte-Maxime - commence à la pointe de Saint-Aygulf et se termine après le port Santa-Lucia, a été évaluée en 2007, 2012 (Thibaut et al. 2010, Thibaut & Blanfuné, 2014) et réévaluée au printemps 2022. Elle inclut les îles du Lion de Terre et du Lion de Mer. Elle est composée à plus de 70% d’enrochements artificiels (Thibaut et al. 2010). Elle reçoit l’influence de plusieurs arrivées d’eau douce dont notamment l’Argens. La majorité des enrochements de cette masse d’eau est constituée de digues artificielles. Le statut écologique de la masse d’eau, moyen n’a pas changé depuis 15 ans. Nous notons une très légère augmentation de l’EQR entre 2012 et 2022 (de 0.55 à 0.56 respectivement) (**Tableau 16**).

Tableau 16. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors de des différentes évaluations au cours du temps

FRDC08c – Fréjus – Saint-Raphaël – Ouest Sainte-Maxime	Mission printemps 2008	Mission printemps 2012	Mission printemps 2022
EQR	0,55	0,55	0,56
Statut écologique	Moyen	Moyen	Moyen

Cette très légère augmentation de l'EQR est dû à une diminution des ulvales et des corallines articulées et une augmentation des corallines encroûtantes et une densification des populations d'*E. amentacea*. Globalement les populations d'*E. amentacea* ont même légèrement baissé (de 20,40% à 19,53%) mais les populations se sont densifiées (**Tableau 17**). Le changement de communauté et donc, de niveau de sensibilité, a causé cette modification de la valeur de l'EQR. Ces modifications de communautés sont des changements naturels et normaux qui s'opèrent au cours du temps dans la succession écologique des substrats rocheux de l'étage médiolittoral et de l'horizon supérieur de l'étage infralittoral. Nous pouvons dire que l'état écologique de cette masse d'eau est stable au cours du temps.

Tableau 17. Comparaison des pourcentages de chaque communauté ou espèces des substrats rocheux des étages médio- et infralittoral supérieur lors des différentes campagnes CARLIT au cours du temps

FRDC08c – Fréjus – Saint-Raphaël – Ouest Sainte-Maxime	2008	2012	2022
<i>Ericaria amentacea</i> (total)	16,10%	20,40%	19,53%
<i>Ericaria amentacea</i> 1	1,90%	1,60%	0,78%
<i>Ericaria amentacea</i> 2	2,20%	14,70%	5,87%
<i>Ericaria amentacea</i> 3	12,10%	4,10%	12,88%
<i>Cystoseira compressa</i>	2,00%	0,10%	0,29%
Corallines articulées	66,30%	68,70%	58,49%
Feutrage algal	2,90%	0,70%	0,28%
Corallines encroûtantes	8,40%	0,90%	13,40%
Moules		0,20%	1,51%
Ulvaes	1,00%	8,40%	6,50%
Cyanobactéries	2,80%	0,40%	0,00%

Les digues du port de Saint-Aygulf, celles le long des plages et des ports de Fréjus, Saint-Raphaël et Santa Lucia sont couvertes de corallines articulées. Des ulvales sont présentes dans la zone des étangs de Villepey et de la rivière le Pédégat. Des populations d'*Ericaria amentacea* sont présentes au niveau de la pointe de Saint-Aygulf et sur les faces sud du Lion de Mer et du Lion de Terre, en densité variable de patches à dense. Les faces nord du Lion de Mer et du Lion de Terre sont colonisées essentiellement par des corallines articulées.

3.7. FRDC09b – Port d'Antibes – Port de commerce de Nice

La qualité écologique de la masse d'eau en 2022 est moyenne (EQR = 0,50).

La masse d'eau FRDC09b – Port d'Antibes-Port de commerce de Nice – commence à la pointe Bacon à Antibes et se finit au début du Cap de Nice, a été évaluée en 2007, 2012 (Thibaut et al. 2010, Thibaut & Blanfuné, 2014) et réévaluée au printemps 2022. La côte de cette masse d'eau est sédimentaire, majoritairement composée de galets provenant du fleuve Var. Le taux d'artificialisation est important, il est de 72% (Thibaut et al. 2010). L'embouchure du Var se trouve à l'ouest de l'aéroport international de Nice. Le statut écologique de la masse d'eau est moyen. Il n'a pas changé depuis 15 ans. Nous notons une très légère augmentation de l'EQR entre 2012 et 2022 (de 0.49 à 0.50 respectivement) (**Tableau 18**).

Tableau 18. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors de des différentes évaluations au cours du temps

FRDC09b – Port d’Antibes – Port de commerce de Nice	Mission printemps 2007	Mission printemps 2012	Mission printemps 2022
EQR	0,49	0,49	0,50
Statut écologique	Moyen	Moyen	Moyen

Cette très légère augmentation de l’EQR est dû à une augmentation des populations d’*E. amentacea*, du feutrage algal, des corallines encroûtantes et des ulvales et une diminution importante des corallines articulées. Ces dernières représentaient 85% des communautés présentes dans cette masse d’eau en 2012 (**Tableau 19**). Le changement de communauté et donc, de niveau de sensibilité, a causé cette modification de la valeur de l’EQR. Ces modifications de communautés sont des changements naturels et normaux qui s’opèrent au cours du temps dans la succession écologique des substrats rocheux de l’étage médiolittoral et de l’horizon supérieur de l’étage infralittoral. Nous pouvons dire que l’état écologique de cette masse d’eau est stable au cours du temps.

Des populations d’*Ericaria amentacea* en densité variable sont présentes à la pointe Bacon, sous les remparts d’Antibes, sur les rochers naturels avant la grande digue du port Vauban sous Fort Carré et la pointe Belaye. Les nombreuses digues des ports (Port la Salis, Port Vauban, Marina Baie des Anges, port de Cagnes sur Mer, Port de Saint-Laurent du Var, le port de Nice) et les nombreux enrochements de plages alvéolaires d’Antibes sont colonisés majoritairement par des corallines articulées. Une diminution des moules dans la zone de Cagnes-sur-Mer est observée. Les cages d’aquaculture ne sont plus présentes. Des ulvales sont présentes autour de l’embouchure du Var. Au niveau de l’Aéroport de Nice, le linéaire côtier est colonisé par une alternance de *Cystoseira compressa*, de corallines articulées et de feutrage algal. Les enrochements le long de la promenade des anglais sont principalement couvert de feutrage algal. Puis après le port de Nice à la Réserve jusqu’au Cap de Nice, les corallines articulées sont entrecoupées par des populations d’*E. amentacea* en densité variable pour finir en ceinture dense au niveau de Cap de Nice.

Tableau 19. Comparaison des pourcentages de chaque communauté ou espèces des substrats rocheux des étages médio- et infralittoral supérieur lors des différentes campagnes CARLIT au cours du temps

FRDC09b – Port d’Antibes – Port de Commerce de Nice	2007	2012	2022
<i>Ericaria amentacea</i> (total)	4,60%	5,40%	8,90%
<i>Ericaria amentacea</i> 1	0,80%	1,60%	3,00%
<i>Ericaria amentacea</i> 2		1,30%	3,05%
<i>Ericaria amentacea</i> 3	3,80%	2,50%	2,85%
<i>Cystoseira compressa</i>	2,10%	0,20%	3,11%
Corallines articulées	85,20%	85,00%	67,42%
Feutrage algal	1,00%	0,50%	6,14%
Corallines encroûtantes		2,00%	5,88%
Moules		2,30%	0,49%
Ulvaes	1,60%	4,30%	7,40%
Cyanobactéries	5,50%	0,40%	0,66%

3.8. FRDC09c – Rade de Villefranche

La qualité écologique de la masse d'eau en 2022 est moyenne (EQR = 0,51).

La masse d'eau FRDC09d – Rade de Villefranche – commence à la pointe Madame et se termine à la pointe du Pilone après le Lido, a été évaluée en 2007, 2012 (Thibaut et al. 2010, Thibaut & Blanfuné, 2014) et réévaluée au printemps 2022. Son taux d'artificialisation est de 31% (Thibaut et al. 2010). Le statut écologique de la masse d'eau est moyen. Il n'a pas changé depuis 10 ans mais l'EQR a fortement augmenté au cours du temps (0.36 en 2007, 0.44 en 2012 et 0.51 en 2022) (**Tableau 20**).

Tableau 20. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors de des différentes évaluations au cours du temps

FRDC09c – Rade de Villefranche	Mission printemps 2007	Mission printemps 2012	Mission printemps 2022
EQR	0,36	0,44	0,51
Statut écologique	Médiocre	Moyen	Moyen

Cette forte augmentation de l'EQR est dû principalement à une très forte diminution des cyanobactéries qui ont été remplacées par des corallines articulées, du feutrage algal et des corallines encroûtantes (**Tableau 21**). Les populations d'*Ericaria amentacea* ont légèrement diminuées et sont présentes en densité moyenne. Le changement de communauté et donc, de niveau de sensibilité, a causé cette modification de la valeur de l'EQR. Ces modifications de communautés sont des changements naturels et normaux qui s'opèrent au cours du temps dans la succession écologique des substrats rocheux de l'étage médiolittoral et de l'horizon supérieur de l'étage infralittoral. Au cours du temps, les corallines et le feutrage algal (succession secondaire) ont colonisé les zones du littoral couvertes par des cyanobactéries (stade pionnier).

Tableau 21. Comparaison des pourcentages de chaque communauté ou espèces des substrats rocheux des étages médio- et infralittoral supérieur lors des différentes campagnes CARLIT au cours du temps

FRDC09d - Rade de Villefranche	2007	2012	2022
<i>Ericaria amentacea</i> (total)	15,60%	15,50%	12,64%
<i>Ericaria amentacea</i> 1	1,80%	3,20%	2,83%
<i>Ericaria amentacea</i> 2	13,10%	11,50%	8,31%
<i>Ericaria amentacea</i> 3	0,80%	0,80%	1,50%
<i>Cystoseira compressa</i>	9,60%	0,80%	
Corallines articulées	27,90%	27,50%	35,92%
Feutrage algal		10,70%	19,71%
Corallines encroûtantes		24,60%	29,53%
Ulvaes	2,90%	4,20%	0,40%
Cyanobactéries	43,90%	16,80%	1,80%

A cause de la forte pression anthropique présente dans la rade de Villefranche, les communautés de *Cystoseira sensu lato* des petits fonds ont disparu. Cette observation avait déjà été faite lors des relevés précédents en 2007 et 2012. De la pointe Madame à Rochambeau, on rencontre des populations de *Ericaria amentacea* peu denses sur les roches naturelles, puis elles sont remplacées par une alternance de corallines articulées et de feutrage algal. Du port de la Darse aux Marinières, le littoral est colonisé par des corallines articulées et des corallines encroûtantes. En Arrivant à la Pointe du Rube, les populations d'*E. amentacea* sont de nouveau présentes, principalement en patch. De la baie de l’Espalmador, en passant par passable jusqu’à la pointe Pilone, quelques individus d'*E. amentacea* sont présents au milieu de feutrage algal, de corallines encroûtantes et de corallines articulées.

3.9. FREC01c – Golfe de Saint-Florent

La qualité écologique de la masse d’eau en 2023 est bonne (EQR = 0,70).

La masse d’eau FRDEC01c – Golfe de Saint-Florent – limitée à l’ouest par la Punta di Curza et au nord-est à Viscinosa à la Punta di Farignole, a été évaluée en 2009 et en 2012 (Thibaut et al. 2010, Thibaut & Blanfuné, 2014) et réévaluée au printemps 2023. Un tiers du littoral du Golfe de Saint-Florent est composé de plages regroupées principalement aux alentours de Saint-Florent sur la face Est et au niveau du fond du golfe. Son taux d’artificialisation est de 5% (Thibaut et al. 2010). Le statut écologique de la masse d’eau est actuellement bon. Il n’a pas changé depuis 11 ans avec un EQR stable au cours du temps depuis les deux dernières évaluations (0.57 en 2009, 0.72 en 2012 et 0.70 en 2023) (**Tableau 22**).

Tableau 22. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors de des différentes évaluations au cours du temps

FREC01c – Golfe de Saint-Florent	Mission printemps 2009	Mission printemps 2012	Mission printemps 2023
EQR	0,57	0,72	0,70
Statut écologique	Moyen	Bon	Bon

La forte augmentation de l’EQR et le basculement de l’état écologique de Moyen à Bon lors des évaluations de 2009 et 2012 est dû au changement de communautés naturel dans les successions écologiques en milieux rocheux (**Tableau 23**). Depuis 11 ans, l’EQR est stable au sein de cette masse d’eau malgré la légère baisse des populations d'*Ericaria amentacea* ; cette baisse concerne les individus isolés c’est-à-dire les populations présentes en faible densité. Nous avons observé cette diminution de la catégorie 1 d'*Ericaria amentacea* lors des relevés de terrain ; les populations avaient été détruites car exposées hors de l'eau trop longtemps lors des phénomènes de basses eaux (*minvas*) de 2022.

Tableau 23. Comparaison des pourcentages de chaque communauté ou espèces des substrats rocheux des étages médio- et infralittoral supérieur lors des différentes campagnes CARLIT au cours du temps

FREC01c – Golfe de Saint-Florent	2009	2012	2023
<i>Ericaria amentacea</i> (total)	44,02%	38,06%	33%
<i>Ericaria amentacea</i> 1	16,25%	8,07%	2,44%
<i>Ericaria amentacea</i> 2	23,45%	18,19%	18,45%
<i>Ericaria amentacea</i> 3	4,31%	11,81%	11,74%
<i>Gongolaria barbata</i>			0,10%
<i>Ericaria brachycarpa</i>		4,98%	1,81%
<i>Ericaria crinita</i>		0,14%	0,80%
<i>Cystoseira compressa</i>	2,61%	1,65%	
Corallines articulées	5,06%	3,42%	21,79%
Feutrage algal	10,93%	30,73%	34,70%
Corallines encroûtantes	16,67%	8,59%	7,86%
Ulvaes	20,71%	5,17%	0,09%
Cyanobactéries		1,10%	0,23%

Ericaria amentacea colonise le substrat rocheux en moyenne et forte densité de la Punta di Curza à Punta di Cepo. Ces populations sont entrecoupées de feutrage algal et de corallines articulées par endroit comme par exemple au niveau de Marina di Peraldu et à Puntalle. La Punta di Cepo est colonisée par des populations denses d'*Ericaria amentacea* à son extrémité, pour ensuite laisser place à du feutrage algal qui devient majoritaire jusqu'au port de Saint-Florent. *Ericaria brachycarpa* est présente le long du côté Est de la baie de Saint-Florent entre Punta di Grotella et l'anse de Fornali. Un individu de *Gongolaria barbata* a été recensé vers la plage de l'anse de Fornali. *Ericaria crinita* est présente aussi bien sur la côte Est que sur la côte ouest de la baie de Saint-Florent. La population de *Cystoseira compressa* au niveau de la pointe de l'anse de Fornali n'a pas été recensé lors de nos relevés de 2023. La digue sud du port de Saint-Florent est colonisée par du feutrage algal et des corallines encroûtantes à son extrémité, alors que la digue nord est colonisée par des corallines encroûtantes et des corallines articulées. Ensuite, les roches naturelles sont couvertes d'une alternance de feutrage algal, de corallines articulées et quelques ulvaes. *Ericaria amentacea* est présente à densité plus ou moins importante au niveau de la Punta Vecchiaia, la Punta si Saeta et Viscinosa. Les populations sont entrecoupées, ici et là, par la présence de corallines articulées et du feutrage algal. La baie de Saint-Florent est une baie assez fermée avec plusieurs arrivées d'eau douces dont l'embouchure principale au niveau du village de Saint-Florent ce qui n'est pas favorable à l'installation d'*E. amentacea* sur les rochers naturels du fond de la baie. Par contre, dans les zones les plus exposées au large, l'espèce est bien présente en moyenne et forte densité. Nous notons également une diminution des ulvaes au sein de cette masse d'eau lors de ce dernier relevé.

3.10. FREC03b – Golfe de Porto-Vecchio

La qualité écologique de la masse d'eau en 2023 est moyenne (EQR = 0,51).

La masse d'eau FREC03b – Golfe de Porto-Vecchio - commence à la Marina Vizza et se termine à la Punta San Ciprianu. Elle a été évaluée en 2009 et en 2012 (Thibaut et al. 2010, Thibaut & Blanfuné, 2014) et réévaluée au printemps 2023. Elle est incluse dans la zone Natura 2000 FR 9402010 - Baie de Stagnolu - Golfe du Sogno - Golfe de Porto-Vecchio. Son taux d'artificialisation est de 11% (Thibaut et al. 2010). Le statut écologique de la masse d'eau est actuellement moyen. Il n'a pas changé depuis 14 ans avec un EQR stable au cours du temps lors des deux premières évaluations et qui a augmenté en 2023 (0,45 en 2009, 0,45 en 2012 et 0,51 en 2022) (**Tableau 24**).

Tableau 24. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors de des différentes évaluations au cours du temps

FREC03b – Golfe de Porto-Vecchio	Mission printemps 2009	Mission printemps 2012	Mission printemps 2023
EQR	0,45	0,45	0,51
Statut écologique	Moyen	Moyen	Moyen

L'augmentation de l'EQR est dû au changement de communautés naturel dans les successions écologiques en milieux rocheux avec une diminution des corallines articulées et encroûtantes qui ont été remplacées par du feutrage algal (**Tableau 25**). Ces dernières ayant un niveau de sensibilité plus forte, causent cette augmentation de l'EQR mais n'a aucun impact sur la qualité écologique de la masse d'eau qui reste à une valeur moyenne.

Tableau 25. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors de des différentes évaluations au cours du temps

FREC03b – Golfe de Porto-Vecchio	2009	2012	2023
<i>Ericaria amentacea</i> (total)			0,6%
<i>Ericaria amentacea</i> 1			0,6%
<i>Ericaria amentacea</i> 2			
<i>Ericaria amentacea</i> 3			
<i>Cystoseira compressa</i>	11,22%	1,00%	
Corallines articulées	27,81%	31%	
Feutrage algal	15,25%	28%	69,3%
Corallines encroûtantes	26,33%	24%	11,0%
Ulvaes	4,20%	2%	4,2%
Cyanobactéries	15,20%	14%	14,9%

De la Marina di Vizza au port de Porto-Vecchio, les roches sont principalement colonisées par du feutrage algal. Les digues du port sont colonisées par des cyanobactéries et les îlots devant le port par des ulvales. Le fond du golfe est très sédimentaire et les communautés algales sont peu développées ; on y trouve quelques rochers couverts de feutrage algal. Ensuite le linéaire rocheux est colonisé principalement par du feutrage algal et par endroit par des corallines encroûtantes. La population de *Cystoseira compressa* présente vers la Punta San Ciprianu n’a pas été recensée lors du relevé de 2023. Par contre, pour la première depuis 14 ans, des individus d’*Ericaria amentacea* ont été recensés à la limite de la masse d’eau au niveau de la Punta San Ciprianu.

3.11. FREC03f – Goulet de Bonifacio

La qualité écologique de la masse d’eau en 2023 est moyenne (EQR = 0,57).

La masse d’eau FREC03f – Goulet de Bonifacio – est limitée à l’Est par la forteresse à la Punta di Timon et à l’Ouest par le phare de la Madonetta. Ce goulet extrêmement encaissé est la plus petite des zones DCE. Son linéaire est inférieur à trois kilomètres si on exclut les installations portuaires occupant environ un tiers de la zone dans le fond du goulet. Par conséquent, le taux d’artificialisation du linéaire rocheux étudié de cette masse d’eau est nul (Thibaut *et al.* 2010). Cette masse d’eau a été évaluée en 2009 et 2012 (Thibaut et al. 2010, Thibaut & Blanfuné, 2014) et réévaluée au printemps 2023. Depuis 14 ans, son EQR et son statut écologique moyen sont stables au cours du temps (0,58 en 2009, 0,58 en 2012 et 0,57 en 2022) (**Tableau 26**).

Tableau 26. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors de des différentes évaluations au cours du temps

FREC03f – Goulet de Bonifacio	Mission printemps 2009	Mission printemps 2012	Mission printemps 2023
EQR	0,58	0,58	0,57
Statut écologique	Moyen	Moyen	Moyen

Malgré la diminution des populations d’*Ericaria amentacea* (peut-être dû au phénomène de basses eaux de 2022), l’EQR est resté stable (**Tableau 27**). Les corallines encroûtantes et les cyanobactéries présentes en 2012 ont été remplacés par du feutrage algal et des corallines articulées. Ces modifications de communautés sont des changements naturels et normaux qui s’opèrent au cours du temps dans la succession écologique des substrats rocheux de l’étage médiolittoral et de l’horizon supérieur de l’étage infralittoral. Au cours du temps, les corallines et le feutrage algal (succession secondaire) ont colonisé les zones du littoral couvertes par des cyanobactéries (stade pionnier).

Tableau 27. Comparaison des EQRs et des statuts écologiques obtenus lors de des différentes évaluations au cours du temps

FREC03f – Goulet de Bonifacio	2009	2012	2023
<i>Ericaria amentacea</i> (total)	29,8%	29,5%	12,3%
<i>Ericaria amentacea</i> 1	13,5%	8,0%	0,5%
<i>Ericaria amentacea</i> 2	9,6%	16,7%	9,0%
<i>Ericaria amentacea</i> 3	6,7%	4,8%	2,7%
<i>Cystoseira compressa</i>	1,0%		
Corallines articulées	61,4%	45,7%	52,3%
Feutrage algal			26,4%
Corallines encroûtantes		16,0%	
Ulvaes	7,8%	6,0%	9,0%
Cyanobactéries		2,7%	

D'une façon globale, les populations d'*Ericaria amentacea* sont situées à l'entrée du goulet qui est ouverte au large aussi bien au niveau du phare de la Madonetta qu'à la pointe Punta di Timon. Puis ces communautés ayant un fort niveau de sensibilité face aux perturbations disparaissent à mesure que l'on s'approche du fond du goulet et laissent place principalement aux corallines articulées entre la Punta du Timon et le fond du goulet alors que de l'autre côté, une alternance de corallines articulées, de feutrage algale et d'ulvaes est présente.

4. Discussion & Conclusion

D'une manière générale, les masses d'eaux évaluées sont restées stables au cours du temps (**Tableau 28**) même si les EQRs peuvent varier dans un sens ou dans l'autre, il n'entraîne pas de changement d'état écologique de la masse d'eau. Les modifications de la valeur de l'EQR sont le résultat de modifications de communautés qui sont des changements naturels et normaux dans la succession écologique des substrats rocheux de l'étage médiolittoral et de l'horizon supérieur de l'étage infralittoral, résultant de la dynamique naturelle des communautés rocheuses notamment avec les espèces à croissance rapide comme *Corallina caespitosa*, les espèces du feutrage algal et *Cystoseira compressa*. Nous notons tout de même une forte augmentation d'EQR entraînant une amélioration de la qualité écologique pour 3 masses d'eau : FRDC01 (Frontière espagnole – Racou plage), FRDC02c (Cap d'Agde) et FRDC09d (Rade de Villefranche) temps (**Tableau 28**).

Tableau 28. Evolution au cours du temps des EQRs et des états écologiques

Masse d'eau	Date	EQR	Etat écologique			Tendance
FRDC01 - Frontière espagnole - Racou plage	2007/2012 /2022	0.47/0.56/0.85	Moyen	Moyen	Très bon	↗↗↗
FRDC02c - Cap d'Agde	2007/2012 /2022	0.32/0.43/0.54	Médiocre	Moyen	Moyen	↗↗
FRDC04 - Golfe de Fos	2007/2012 /2022	0.46/0.45/0.50	Moyen	Moyen	Moyen	↗
FRDC06a - Petite Rade de Marseille	2007/2012 /2022	0.40/0.43/0.46	Moyen	Moyen	Moyen	=
FRDC07c - Bec de l'Aigle - Pointe Fauconnière	2008/2017 /2022	0.61/0.62/0.65	Bon	Bon	Bon	=
FRDC08c - Fréjus – Saint-Raphaël - Ouest de Sainte-Maxime	2008/2012 /2022	0.55/0.55/0.56	Moyen	Moyen	Moyen	=
FRDC09b - Port d'Antibes - Port de commerce de Nice	2007/2012 /2022	0.49/0.49/0.50	Moyen	Moyen	Moyen	=
FRDC09d - Rade de Villefranche	2007/2012 /2022	0.36/0.44/0.51	Médiocre	Moyen	Moyen	↗
FREC01c - Golfe de Saint-Florent	2009/2012 /2023	0.57/0.72/0.70	Moyen	Bon	Bon	=
FREC03b - Golfe de Porto-Vecchio	2009/2012 /2023	0.45/0.45/0.51	Moyen	Moyen	Moyen	=
FREC03f - Goulet de Bonifacio	2009/2012 /2023	0.58/0.58/0.57	Moyen	Moyen	Moyen	=

Pour la masse d'eau de la Rade de Villefranche (FRDC09d), les populations d'*Ericaria amentacea* sont restées stable depuis 10 ans, la forte augmentation de l'EQR est dû au fait que les corallines et le feutrage algal (succession secondaire) ont colonisé les zones du littoral couvertes par des cyanobactéries (stade pionnier). Ce phénomène est naturel et normal au cours du temps.

Pour FRDC01 et FRDC02c, les tempêtes et les vagues de chaleur ont permis de libérer de l'espace sur le substrat en décrochant les populations de moules et installation ou la densification des populations de *Cystoseira* sensu lato, *E. mediterranea* sur la côte des Albères et *C. compressa* sur la masse d'eau d'Agde. Blanfuné et al. (2019a) ont montré ce phénomène de libération du substrat pour expliquer les variations de populations d'*E. mediterranea*/moules/corallines encroûtantes entre 1990 et 2012 sur la côte des Albères.

Les transplantions d'*E. mediterranea* et d'*E. crinita* en 2019 (Blanfuné et al., 2019b) à Agde ont permis la réinstallation de ces deux espèces. Ce résultat est très intéressant car ces populations transplantées vont pouvoir se développer en profitant par exemples lors d'épisodes exceptionnels de tempêtes de coloniser le substrat qui sera devenue disponible (Blanfuné & Thibaut 2022).

Enfin nous pouvons noter que la diminution des populations d'*E. amentacea* observée en Corse (FREC01c – Golfe de Saint-Florent et FREC03f – Goulet de Bonifacio) pourrait-être attribuée à la longue période de sèche du printemps 2022 (marée très basse pendant une longue période dû à des événement météorologique comme une vague de chaleur, *minva*). Le niveau de la mer étant restée

très bas sur une longue période, les communautés vivant dans cette zone si particulière de balancement des vagues ont peut-être affectées. Des mortalités massives, dues à une période sèche, de *Cystoseira sensu lato* de l'horizon haut de l'infralittoral ont déjà été observées en Catalogne (Rodriguez-Prieto, 1992).

5. Références bibliographiques

- Arévalo R., Pinedo S., Ballesteros E. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine pollution bulletin*, 55(1-6), 104-113.
- Ar Gall E., Le Duff M., 2014. Development of a quality index to evaluate the structure of macroalgal communities. *Estuarine Coastal and Shelf Science*. 139, 99-109.
- Ar Gall E., Le Duff M., Sauriau P.G., De Casamajor M.N., Gevaert F., Poisson E., Hacquebart P., Joncourt Y., Barillé A.L., Buchet R., Bréret M., Miossec L. 2016. Implementation of a new index to assess intertidal seaweed communities as bioindicators for the European Water Framework Directive. *Ecological Indicators*. 60, 162-173
- Asnaghi V., Chiantore M., Bertolotto R.M., Parravicini V., Cattaneo-Vietti R., Gaino F., Moretto P., Privitera D., Mangialajo L., 2009. Implementation of the European Water Framework Directive: Natural variability associated with the CARLIT method on the rocky shores of the Ligurian Sea (Italy). *Marine Ecology*. 30 (4), 505-513.
- Azzopardi, M. et Schembri, P.J., 2009. Assessment of the ecological status of Maltese coastal waters using the Ecological Evaluation Index (EEI). In : Marine biology in time and space, Abstracts from the 44th European Marine Biology Symposium. Frid, C.L.J. *et al.* (éds), University of Liverpool : 148.
- Badreddine, A., Abboud-Abi Saab, M., Gianni, F., Ballesteros, E., Mangialajo, L. 2018. First assessment of the ecological status in the Levant Basin: Application of the CARLIT index along the Lebanese coastline. *Ecological indicators*. 85, 37-47.
- Bahbah, L., Bensari, B., Chabane, K., Torras, X., Ballesteros, E., Seridi, H. 2020. Cartography of littoral rocky-shore communities to assess the ecological status of water bodies through the application of CARLIT method in Algeria (South-Western Mediterranean Sea). *Marine Pollution Bulletin*. 157, 111356.
- Ballesteros E., Torras X., Pinedo S., Garcia M., Mangialajo L., de Torres M., 2007. A new methodology based on littoral community cartography for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*. 55, 172-180.
- Belhaouari, B., Zoubeyda, B. 2019. Study of the macroalgae and application of ecological evaluation index (EEI-c) in the coastal waters of Algeria. *International Journal of Aquatic Biology*. 7(5), 254-259.
- Bellissimo, G., Sirchia, B., Ruvolo, V. 2020. Assessment of the ecological status of Sicilian coastal waters according to a macroalgae based index (CARLIT). In *Proceedings of the 8th International Symposium "Monitoring of Mediterranean coastal areas: Problems and measurement techniques"*, Livorno, Italy (pp. 16-18).

- Bermejo R., Vergara J.J., Hernández I., 2012. Application and reassessment of the reduced species list index for macroalgae to assess the ecological status under the Water Framework Directive in the Atlantic coast of Southern Spain. *Ecological Indicators*. 12 (1), 46-57.
- Bermejo R., de la Fuente G., Vergara J.J., Hernández I., 2013a. Application of the CARLIT index along a biogeographical gradient in the Alboran Sea (European Coast). *Marine Pollution Bulletin*. 72 (1), 107-118.
- Bermejo R., Mangialajo L., Vergara J.J., Hernández I., 2013b. Comparison of two indices based on macrophyte assemblages to assess the ecological status of coastal waters in the transition between the Atlantic and Mediterranean eco-regions. *Journal of Applied Phycology*. 26 (4), 1899-1909.
- Bermejo R., Mangialajo L., Vergara J.J., Hernández I. 2014. Comparison of two indices based on macrophyte assemblages to assess the ecological status of coastal waters in the transition between the Atlantic and Mediterranean eco-regions. *Journal of applied phycology*. 26(4), 1899-1909.
- Blanfuné A., Boudouresque C.F., Verlaque M., Beqiraj S., Kashta L., Nasto I., Ruci S., Thibaut T., 2016a. Response of rocky shore communities to anthropogenic pressures in Albania (Mediterranean Sea): ecological status assessment through the CARLIT method. *Marine Pollution Bulletin*. 109, 409-418.
- Blanfuné A., Boudouresque C.F., Verlaque M., Thibaut T., 2016b. The fate of *Cystoseira crinita*, a forest-forming Fucale (Phaeophyceae, Stramenopiles), in France (North Western Mediterranean Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 181, 196-208.
- Blanfuné A., Thibaut T., Boudouresque C.F., Mačić V., Markovic L., Palomba L., Verlaque M., Boissery P., 2017a. The CARLIT method for the assessment of the ecological quality of European Mediterranean waters: relevance, robustness and possible improvements. *Ecological Indicators*. 72, 249-259.
- Blanfuné A., Thibaut T., Palomba L. 2017b. Préfiguration du réseau macroalgues – Bassin Rhône Méditerranée Corse – Application de la directive Cadre Eau – Rapport d'état écologique des masses d'eau – Littoral rocheux méditerranéen français – Deuxième phase de réévaluation. Contrat Agence de l'eau RMC – ProtisValor : 53 pp. + Atlas cartographique.
- Blanfuné A., Castel J., & Thibaut T. 2017c. Préfiguration du réseau macroalgues – Bassin Rhône Méditerranée Corse – Application de la directive Cadre Eau – Rapport d'état écologique des masses d'eau – Littoral rocheux méditerranéen français – Deuxième phase de réévaluation. Contrat Agence de l'eau RMC – ProtisValor : 28 pp. + Atlas cartographique.
- Blanfuné A., Boudouresque C.F., Verlaque M., Thibaut T. 2019a. The ups and downs of a canopy-forming seaweed over a span of more than one century. *Scientific Reports*. 9(5250) DOI: 10.1038/s41598-019-41676-2.
- Blanfuné A., Boudouresque C.F., Lefort T., Reynes L., Thierry Thibaut T. 2019b. Restauration de macroalgues *Cystoseira sensu lato* au sein de l'aire marine protégée de la côte Agathoise. Contrat Aire Marine Protégée de la côte Agathoise (Agde, Occitanie, France) – GIS Posidonie, Marseille. 16 pp.
- Blanfuné A. & Thibaut T. 2022. Caractérisation de l'état de conservation des communautés végétales marines du Cap d'Agde et de Brescou en juillet 2022 & Préconisation en cas de pollution marine. Contrat GIS Posidonie – Aire Marine Protégée de la côte agathoise, Marseille. 50 pp. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7248913>

- Buia M.C., Porzio L., Paolo Patti F., 2007. The application of the “Carlit method” to assess the ecological status of coastal waters in the gulf of Naples. *Proceedings of the 3rd Mediterranean symposium on marine vegetation*, Marseille : 27-29.
- Cavallo M., Torras X., Mascaró O., Ballesteros E. 2016. Effect of temporal and spatial variability on the classification of the Ecological Quality Status using the CARLIT Index. *Marine Pollution Bulletin*. 102(1), 122-127.
- Chabane, K., Bahbah, L., Seridi, H. 2018. Ecological Quality Status of the Algiers coastal waters by using macroalgae assemblages as bioindicators (Algeria, Mediterranean Sea). *Mediterranean Marine Science*. 19(2), 305-315.
- Curiel, D., Falace, A., Bandelj, V., Rismondo, A. 2012. Applicability and intercalibration of macrophyte quality indices to characterise the ecological status of Mediterranean transitional waters: the case of the Venice lagoon. *Marine Ecology*. 33(4), 437-459.
- D'Archino, R., & Piazzini, L. (2021). Macroalgal assemblages as indicators of the ecological status of marine coastal systems: A review. *Ecological indicators*, 129, 107835
- DCE, 2000/60/EC. Council Directive 2000/60/EC of the European parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities. L 327, 22/12/2000, 1-72.
- De La Fuente, G., Chiantore, M., Gaiino, F., Asnaghi, V. 2018. Ecological status improvement over a decade along the Ligurian coast according to a macroalgae based index (CARLIT). *Plos one*. 13(12), e0206826.
- Díez I., Bustamante M., Santolaria A., Tajadura J., Muguerza N., Borja A., Muxika I., Saiz-Salinas J.I., Gorostiaga, J.M., 2012. Development of a tool for assessing the ecological quality status of intertidal coastal rocky assemblages, within Atlantic Iberian coasts. *Ecological Indicators*. 12 (1), 58-71.
- Ferrigno F., Boi S., Cinti M., Paliaga B., Guala I., 2014. Spatial and temporal distribution of shallow algal communities in the marine protected area of Capo Carbonara (Sardinia). *Biologia Marina Mediterranea*. 21 (1), 257-258.
- García-Sánchez M., Pérez-Ruzafa I.M., Marcos C., Pérez-Ruzafa A. 2012. Suitability of benthic macrophyte indices (EEI, E-MaQI and BENTHOS) for detecting anthropogenic pressures in a Mediterranean coastal lagoon (Mar Menor, Spain). *Ecological Indicators*. 19, 48-60.
- Gogo S. 2015. Evaluation of ecological quality of Albanian rocky shore waters using macroalgae as bioindicators. *Applied Technologies and Innovations*. 11(1), 9-15.
- Guinda X., Juanes J.A., Puente A., Revilla J.A., 2008. Comparison of two methods for quality assessment of macroalgae assemblages, under different pollution types. *Ecological Indicators*. 8 (5): 743-753.
- Guinda X., Juanes J.A., Puente A., 2014a. The Quality of Rocky Bottoms index (CFR): A validated method for the assessment of macroalgae according to the European Water Framework Directive. *Marine Environmental Research*. 102, 3-10.
- Guinda X., Gracia A., Puente A., Juanes J.A., Rzhannov Y., Mayer L., 2014b. Application of landscape mosaics for the assessment of subtidal macroalgae communities using the CFR index. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 106, 207-215.
- Ifremer, 2015.
http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce/la_dce_par_bassin,
 accessed 6 May 2016.
- Iveša L., Lyons D.M., Devescovi M., 2009. Assessment of the ecological status of north-eastern Adriatic coastal waters (Istria, Croatia) using macroalgal assemblages for the European

- Union Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 19 (1), 14-23.
- Javel F., Thibaut T., Grondin J., Blanfuné A., Delaye M., Belmont C., Bizzozero L., 2015. Programme GIREL, projet CYSTORE : Valorisation écologique d'infrastructures maritimes par transplantation d'algues du genre *Cystoseira*, bilan final et perspectives. Convention Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse – Safege (réf. 2014096 et 20140975), convention GPM - Safege (réf. C1202413). Safege publ., 71 p. + annexe.
- Juanes J.A., Guinda X., Puente, A., Revilla, J.A., 2008. Macroalgae, a suitable indicator of the ecological status of coastal rocky communities in the NE Atlantic. *Ecological Indicators*. 8 (4), 351-359.
- Lasinio G.J., Tullio M.A., Ventura D., Ardizzone G., Abdelahad N. 2017. Statistical analysis of the distribution of infralittoral *Cystoseira* populations on pristine coasts of four Tyrrhenian islands: Proposed adjustment to the CARLIT index. *Ecological Indicators*. 73, 293-301.
- Mangialajo L., Cattaneo-Vietti R., Chiantore M., Meinesz A., De Vaugelas J., Barberis G., 2003. Superficial algae as environmental quality indicators : application of a G.I.S. to the Portofino Promontory Park. *Biologia Marina Mediterranea*. 10 (2), 574-576.
- Mangialajo L., Ruggieri N., Asnaghi V., Chiantore M., Povero P., Cattaneo-Vietti R., 2007. Ecological status in the Ligurian Sea: The effect of coastline urbanisation and the importance of proper reference sites. *Marine Pollution Bulletin*. 55 (1), 30-41.
- Neto J.M., Gaspar R., Pereira L., Marques J.C., 2012. Marine Macroalgae Assessment Tool (MarMAT) for intertidal rocky shores. Quality assessment under the scope of the European Water Framework Directive. *Ecological Indicators*. 19, 39-47.
- Nikolić V., Žuljević A., Mangialajo L., Antolić B., Kuspilić G., Ballesteros E., 2013. Cartography of littoral rocky-shore communities (CARLIT) as a tool for ecological quality assessment of coastal waters in the Eastern Adriatic Sea. *Ecological Indicators*. 34, 87-93.
- Omrane A., Guellouiz S., Zarrouk A., Romdhane M.S., 2010. Assessment of the ecological status of the galite island coastal waters (northern of tunisia) using the "CARLIT" method. Proceedings of the 4th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Yasmine-Hammamet, 2-4 December 2010) : 204-206.
- Orfanidis S., Panayotidis P., Stamatis N., 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: a marine benthic macrophyte-based model. *Mediterranean Marine Science*. 2, 45-65.
- Orfanidis S., Panayotidis P., Stamatis N., 2003. An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecological Indicators*. 3, 27-33.
- Orfanidis S., Panayotidis P., Ugland K.I., 2011. Ecological Evaluation Index continuous formula (EEI-c) application: a step forward functional groups, the formula and reference condition values. *Mediterranean Marine Science*. 12 (1), 199-231.
- Orlando-Bonaca M., Lipej L., Orfanidis S., 2008. Benthic macrophytes as a tool for delineating, monitoring and assessing ecological status : the case of Slovenian coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*. 56 (4), 666-676.
- Panayotidis P., Feretopoulou J., Montesanto B., 1999. Benthic vegetation as an ecological quality descriptor in an Eastern Mediterranean coastal area. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 48 (2), 205-214.
- Panayotidis P., Montesanto B., Orfanidis S., 2004. Use of low-budget monitoring of macroalgae to implement the European Water Framework Directive. *Journal of Applied Phycology*. 16, 49-59.

- Patrício J., Neto J.M., Teixeira H., Marques J.C., 2007. Opportunistic macroalgae metrics for transitional waters. Testing tools to assess ecological quality status in Portugal. *Marine Pollution Bulletin*. 54 (12), 1887-1896.
- Pinedo S., Ballesteros E. 2019. The role of competitor, stress-tolerant and opportunist species in the development of indexes based on rocky shore assemblages for the assessment of ecological status. *Ecological Indicators*. 107, 105556.
- Pinedo S., García M., Satta M.P., De Torres M., Ballesteros E. 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality: a case study in the Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*. 55(1-6), 126-135.
- Rodriguez-Prieto C., 1992. Estudi de l'estructura, la dinamica i la fenologia de la comunitat de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau: la importancia de les minves d'hivern. Mem. Doct. Ciènces, Inst. Ecol. aquat. Univ. autonoma Barcelona/ 187 pp.
- Scanlan C.M., Foden J., Wells E., Best, M.A., 2007. The monitoring of opportunistic macroalgal blooms for the water framework directive. *Marine Pollution Bulletin*. 55 (1), 162-171.
- Sfriso A., Facca C., 2011. Macrophytes in the anthropic constructions of the Venice littorals and their ecological assessment by an integration of the 'CARLIT' index. *Ecological Indicators*. 11 (3), 772-781.
- Sfriso A., Facca C., Ghetti P.F., 2009. Validation of the Macrophyte Quality Index (MaQI) set up to assess the ecological status of Italian marine transitional environments. *Hydrobiologia*. 617 (1), 117-141.
- Sfriso, A., Facca, C., Bonometto, A., Boscolo, R. 2014. Compliance of the macrophyte quality index (MaQI) with the WFD (2000/60/EC) and ecological status assessment in transitional areas: The Venice lagoon as study case. *Ecological indicators*. 46, 536-547.
- Sfriso, A., Facca, C., Bon, D., Buosi, A. 2016. Macrophytes and ecological status assessment in the Po delta transitional systems, Adriatic Sea (Italy). Application of Macrophyte Quality Index (MaQI). *Acta Adriatica: International Journal of Marine Sciences*. 57(2), 209-225.
- Simboura N., Panayotidis P., Papathanassiou E., 2005. A synthesis of the biological quality elements for the implementation of the European Water Framework Directive in the Mediterranean ecoregion : the case of Saronikos Gulf. *Ecological Indicators*. 5 (3), 253-266.
- Taşkın, E., Tan, İ., Minareci, E., Minareci, O., Çakır, M., Polat-Beken, Ç. 2020. Ecological quality status of the Turkish coastal waters by using marine macrophytes (macroalgae and angiosperms). *Ecological Indicators*. 112, 106107.
- Thibaut T., 2011. Ecological status of the rocky coast of Malta. Mission PIM Mai 2008 - Note Naturaliste. <http://www.initiative-pim.org>, consulté le 02 décembre 2016.
- Thibaut T., Blanfuné A., 2014. *Préfiguration du réseau macroalgues - Bassin Rhône Méditerranée Corse - Application de la directive Cadre Eau - Rapport d'état écologique des masses d'eau - Littoral rocheux méditerranéen français - Réévaluation de 12 masses d'eau*. Contrat Agence de l'eau RMC – UNS, Nice. 36pp + Atlas cartographique. www.medtrix.fr. Consulté le 02 décembre 2016.
- Thibaut T., Markovic L., 2009. *Préfiguration du réseau macroalgues - Bassin Rhône Méditerranée Corse - Application de la Directive Cadre Eau - 2000/60/CE - Masses d'eau littorales de la côte continentale française - Rapport d'état écologique des masses d'eau. Ensemble du Littoral rocheux continental français de Méditerranée*. Contrat Agence de l'Eau RMC – Unsa, Nice. 31 pp + Atlas cartographique. www.medtrix.fr. Consulté le 02 décembre 2016.
- Thibaut T., Mannoni P.A., Markovic L., Geoffroy K., Cottalorda J.M., 2008. *Préfiguration du réseau macroalgues - Bassin Rhône Méditerranée Corse - Application de la Directive*

- Cadre Eau - 2000/60/CE - Mission mai - juin 2007- Rapport d'état écologique des masses d'eau*. Contrat Agence de l'Eau RMC – Unsa, Nice. 19 pp + Atlas cartographique. www.medtrix.fr. Consulté le 02 décembre 2016.
- Thibaut T., Markovic L., Blanfuné A., 2010. *Préfiguration du réseau macroalgues - Bassin Rhône Méditerranée Corse - Application de la directive Cadre Eau - Rapport d'état écologique des masses d'eau. Littoral rocheux de la Corse*. Contrat Agence de l'Eau RMC – Unsa, Nice. 24 pp + Atlas cartographique. www.medtrix.fr. Consulté le 02 décembre 2016.
- Thibaut T., Markovic L., Blanfuné A., 2011. *Préfiguration du réseau macroalgues - Bassin Rhône Méditerranée Corse - Application de la directive Cadre Eau - Rapport d'état écologique des masses d'eau. Littoral rocheux de la Corse*. Contrat Agence de l'Eau RMC – UNS, Nice. 22 pp + Atlas cartographique. www.medtrix.fr. Consulté le 02 décembre 2016.
- Thibaut T., Blanfuné A., Markovic L., Verlaque M., Boudouresque C. F., Perret-Boudouresque M., Macic V., Bottin, L., 2014. Unexpected abundance and long-term relative stability of the brown alga *Cystoseira amentacea*, hitherto regarded as a threatened species, in the north-western Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*. 89 (1-2), 305-323.
- Thibaut T., Blanfuné A., Markovic L., Boudouresque C. F., Verlaque M., 2015. Decline and local extinction of Fucales in French Riviera: the harbinger of future extinctions? *Mediterranean Marine Science*. 16 (1), 206-224.
- Wallens F.M., Neto A.I., Patarra R.F., Prestes A.C., Álvaro N.V., Rodrigues A.S., Wilkinson M. 2013. Indices to monitor coastal ecological quality of rocky shores based on seaweed communities: simplification for wide geographical use. *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 13(1), 15-25.
- Wells E., Wilkinson M., Wood P., Scanlan C., 2007. The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*. 55 (1), 151-161.

6. Remerciements

Nous tenons particulièrement à remercier Pierre Boissery et l'Agence de l'Eau Rhône – Méditerranée & Corse pour nous avoir encore une fois fait confiance sur ce projet. Un énorme merci à Eric Pironneau pour son aide très précieuse et sans qui ce travail n'aurait pu se faire dans d'aussi bonnes conditions.