

THIBAUT T.<sup>1\*</sup>, BLANFUNE A.<sup>1</sup>, BOUDOURESQUE C.F.<sup>1</sup>, PERSONNIC S.<sup>1</sup>, RUITTON S.<sup>1</sup>, BALLESTEROS E.<sup>2</sup>, BELLAN-SANTINI D.<sup>3</sup>, BIANCHI C.N.<sup>4</sup>, BUSSOTTI S.<sup>5</sup>, CEBRIAN E.<sup>2</sup>, CHEMINÉE A.<sup>1,6</sup>, CULIOLI J.M.<sup>7</sup>, DERRIEN-COURTEL S.<sup>8</sup>, GUIDETTI P.<sup>5</sup>, HARMELIN-VIVIEN M.<sup>1</sup>, HEREU B.<sup>9</sup>, MORRI C.<sup>4</sup>, POGGIALE J.C.<sup>1</sup>, VERLAQUE M.<sup>1</sup>, 2017. - An ecosystem-based approach to assess the status of Mediterranean algae-dominated shallow rocky reefs. *Marine Pollution Bulletin*, 117 : 311-329.

<sup>1</sup>Aix-Marseille University, Mediterranean Institute of Oceanography (MIO), CNRS/INSU, IRD, UM 110, Campus universitaire de Luminy, case 901, 13288 Marseille cedex 09, France.

<sup>2</sup>Centre d'Estudis Avançats de Blanes - CSIC, 17300 Blanes, Spain.

<sup>3</sup>Aix-Marseille University, Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie (IMBE), UMR 7263, Station Marine d'Endoume, rue de la batterie des lions, 13007 Marseille, France.

<sup>4</sup>DiSTAV, Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita, Università di Genova, Corso Europa 26, 16132 Genova, Italy.

<sup>5</sup>Université Nice Sophia Antipolis, CNRS, FRE 3729 ECOMERS, Parc Valrose, 28 avenue Valrose, 06108 Nice cedex 02, France.

<sup>6</sup>Université de Perpignan, CNRS, Via Domitia, Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens, UMR 5110, 66860 Perpignan cedex 9, France.

<sup>7</sup>Office de l'Environnement de la Corse, Riserva Naturali di i Bucchi di Bunifaziu, Rundinara, 20169 Bonifacio, Corsica, France.

<sup>8</sup>Muséum National d'Histoire Naturelle, Station Marine de Concarneau, 29900 Concarneau, France.

<sup>9</sup>Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona, Diagonal 643, 08028 Barcelona, Spain.

\*Corresponding author: thiery.thibaut@mio.osupytheas.fr

**Abstract.** A conceptual model was constructed for the functioning of the algae-dominated rocky reef ecosystem of the Mediterranean Sea. The Ecosystem-Based Quality Index (reef-EBQI) is based upon this model. This index meets the objectives of the EU Marine Strategy Framework Directive. It is based upon (i) the weighting of each compartment, according to its importance in the functioning of the ecosystem; (ii) biological parameters assessing the state of each compartment; (iii) the aggregation of these parameters, assessing the quality of the ecosystem functioning, for each site; (iv) and a Confidence Index measuring the reliability of the index, for each site. The reef-EBQI was used at 40 sites in the northwestern Mediterranean. It constitutes an efficient tool, because it is based upon a wide set of functional compartments, rather than upon just a few species; it is easy and inexpensive to implement, robust and not redundant with regard to already existing indices.

**Keywords:** Photophilic algae, Marine Strategy Framework Directive (MSFD), Biological indicator, Mediterranean Sea.

**Résumé** <sup>1</sup>. Une approche basée sur l'écosystème, pour évaluer l'état des peuplements des substrats durs peu profonds, dominés par des macroalgues, en Méditerranée.

Un modèle conceptuel a été construit, pour décrire le fonctionnement de l'écosystème des substrats durs peu profonds (de 1 à 10 m de profondeur), dominés par des macroalgues, dans le Nord de la Méditerranée occidentale. Un indice de qualité de l'écosystème (*Ecosystem-Based Quality Index*, reef-EBQI), basé sur ce modèle conceptuel, est proposé. Cet indice répond aux objectifs de la Directive Européenne DCSMM (Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin). Le reef-EBQI est basé sur 10 des compartiments fonctionnels identifiés : (i) les macroalgues, (ii) les mangeurs de détritus, (iii) les filtreurs et suspensivores, (iv) les oursins

---

<sup>1</sup> Cette traduction en français du résumé anglais et des mots-clés ne figure pas dans l'article original. Elle est due à Charles-F. Boudouresque, qui a ajouté un certain nombre de précisions, concernant la méthodologie et l'Aire Marine Adjacente (AMA) du Parc national de Port-Cros, à destination des lecteurs qui n'ont pas accès au texte original. Ils peuvent demander au premier auteur (*corresponding author*) de leur adresser le pdf. intégral de l'article.

herbivores, (v) les invertébrés mangeurs d'invertébrés, (vi) les téléostéens herbivores, (vii) les téléostéens mangeurs d'invertébrés et omnivores, (viii) les téléostéens piscivores, (ix) les téléostéens planctonophages et (x) les oiseaux marins (balbuzard et cormorans). Un 'poids' (de 1 à 15) est attribué à chaque compartiment, en fonction de son rôle dans le fonctionnement de l'écosystème. Pour mesurer la qualité de chaque compartiment, des espèces indicatrices, faciles à observer et à quantifier, ont été choisies ; cette qualité est notée de 0 à 4 ; souvent, la qualité maximale correspond à des abondances intermédiaires, par exemple pour les oursins herbivores, pour lesquels l'absence aussi bien que la prolifération ne correspondent pas à un bon état du compartiment et donc de l'écosystème. Le reef-EBQI est noté de 0 à 10, et cet intervalle est divisé en 5 pour s'aligner sur les 5 classes d'état écologique de la DCSMM (très bon, bon, moyen, médiocre et mauvais). Le reef-EBQI a été calculé dans 40 sites des Baléares, de Catalogne espagnole et française, de Provence, de Côte d'Azur, de Ligurie, de Corse et de Sardaigne. Un indice de confiance, basé sur la fiabilité et l'ancienneté des données utilisées, est affecté à chaque valeur du reef-EBQI. Sans surprise, les sites situés dans le cœur de parc de l'archipel de Port-Cros (Parc national de Port-Cros) obtiennent un EBQI très bon à bon. Il est intéressant de remarquer que deux modes de gestion différents, (i) la présence de zones où la pêche artisanale est prohibée (NTZ, *No-Take Zones*), comme à Scandola (Corse) et aux îles Medes (Catalogne), et (ii) l'absence de NTZ mais une gestion de la pêche artisanale au travers d'une charte contraignante, l'interdiction de la pêche de loisir et un zonage complexe (MUM, *Multi-Use-Management*), aboutissent à des EBQI similaires. Au total, le reef-EBQI constitue un outil de gestion efficace, robuste, peu coûteux, facile à mettre en place et non-redondant avec les indices existants. En effet, les indices existants, basés sur une espèce ou sur un seul compartiment fonctionnel, renseignent sur la qualité de l'eau, ou sur la santé de quelques espèces, mais pas sur l'état de l'écosystème, ce qui n'est d'ailleurs pas leur objectif.

**Mots-clés : Algues photophiles, Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM), Indicateur biologique, Méditerranée.**