PRESSIONS ET IMPACTS

MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

PRESSIONS ET IMPACTS

MÉDITERRANÉE OCCIDENTALE

JUIN 2012

PRESSIONS CHIMIQUES ET IMPACTS ASSOCIÉS

Enrichissement en nutriments et en matière organique

Impact global des apports en nutriments et en matière organique : eutrophisation

Jérôme Baudrier (Ifremer, Nantes),
Sophie Beauvais,
Aurélie Blanck,
Jerôme Paillet (AAMP, Brest),
Patrick Camus (Ifremer, La Trinité).

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
Agence des aires marines protégées
Ifremer

Pour pouvoir recenser les phénomènes d'eutrophisation marine côtière et proposer des méthodes tant de surveillance que de réduction de ces phénomènes, il convient tout d'abord de bien définir le terme eutrophisation lui-même.

Au lieu de la définition étymologique *stricto sensu* de progression de l'enrichissement d'un milieu, on retiendra plutôt la notion *d'état enrichi à un point tel qu'il en résulte des nuisances pour l'écosystème, et donc pour l'homme* [1].

Cette définition opérationnelle privilégie donc les conséquences néfastes de l'enrichissement, c'est-à-dire la production d'une biomasse algale excessive, voire déséquilibrée au point de vue biodiversité, et l'hypoxie plus ou moins sévère qui résulte de la dégradation de cet excès de matière organique.

Les manifestations de l'eutrophisation marine côtière peuvent classiquement prendre deux grands types d'apparence, selon que les algues proliférantes sont planctoniques ou macrophytiques ; les deux formes se rencontrent en France (figure 1) [2].

Figure 1 : Aspects visuels de l'eutrophisation, marée rouge (phytoplancton ; à gauche) et marée verte (macro-algues ; à droite) (Sources : Ifremer, 2011).

Les mécanismes qui conduisent à l'eutrophisation, tant macroalgale que phytoplanctonique, sont :

- **un confinement de la masse d'eau ;**
- **un bon éclairement de la suspension algale ;**
- **des apports de nutriments terrigènes en excès par rapport à la capacité d'évacuation ou de dilution du site (voir les contributions thématiques « Analyse des sources directes et chroniques en nutriments, matières en suspension et en matière organique vers le milieu aquatique », « Apports fluviaux en nutriments et en matière organique » et « Retombées atmosphériques en nutriments »).**

L'eutrophisation est déclenchée par la conjonction de ces trois facteurs.

1. BLOOMS PHYTOPLANCTONIQUES[1]

Dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE, 2000/60/CE), parmi les paramètres biologiques participant à l'évaluation des masses d'eau côtières, l'élément de qualité « phytoplancton » est défini[2].

L'indice pour le phytoplancton est une combinaison de plusieurs paramètres dont la chlorophylle *a* (indicateur de biomasse) et les blooms (indicateur d'abondance).

Le métrique pour la biomasse est le percentile 90 des valeurs de concentration en chlorophylle *a* mesurées mensuellement entre mars et octobre [3]. L'indice d'abondance est basé sur la fréquence des blooms. Un bloom est défini comme une concentration supérieure à 100 000 ou 250 000 cellules par litre[3], pour un taxon donné dans un échantillon [3]. La fréquence mesurée des blooms est ensuite comparée à la fréquence jugée naturelle pour la région, égale ici à deux mois de blooms sur les douze mois d'une année – un bloom au printemps et un autre en automne.

Les résultats des évaluations réalisées pour ces deux paramètres à partir des données Quadrige[2] sur la période 2005-2010 pour les masses d'eau côtières sont visualisables figure 2 et figure 3.

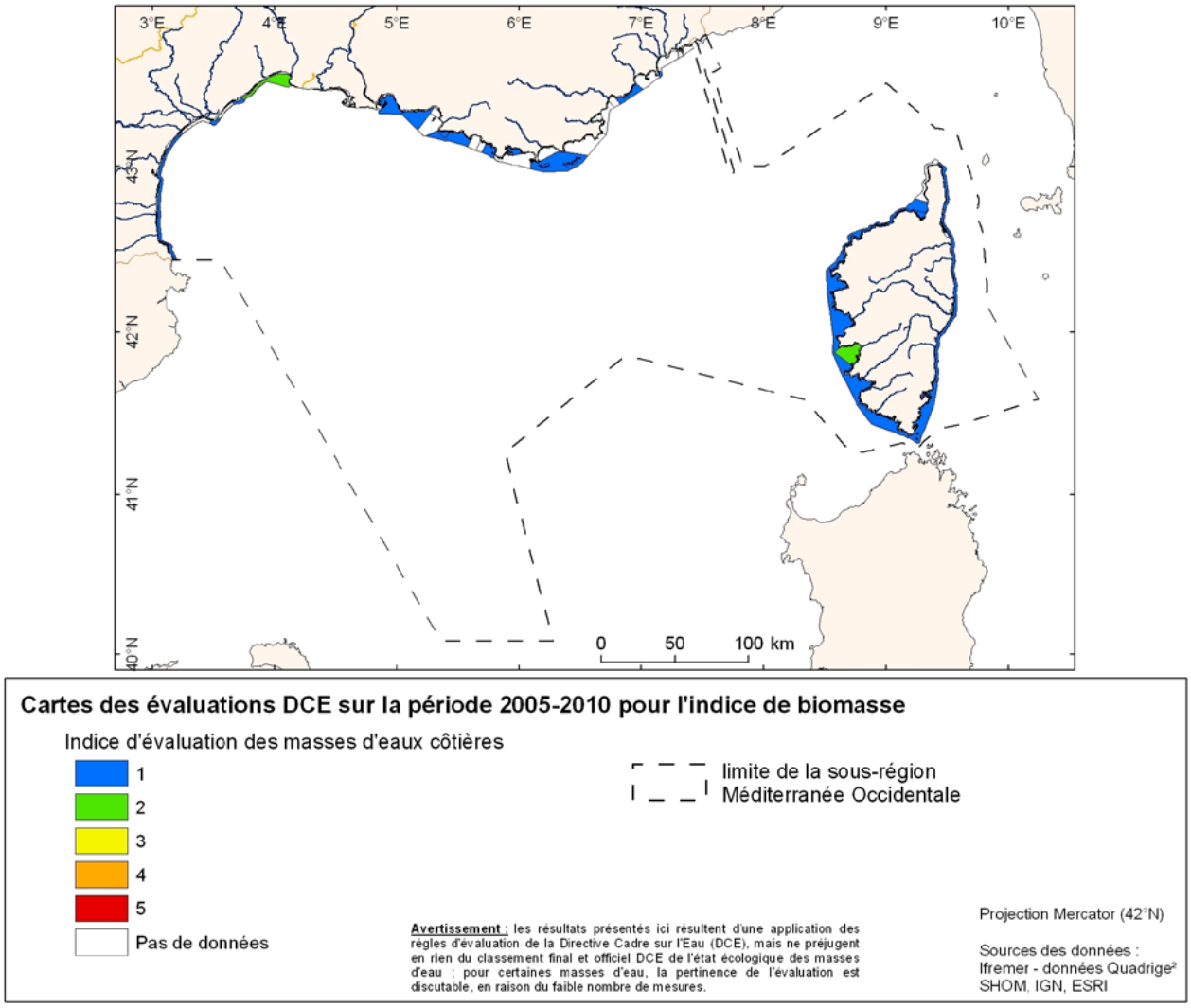

Figure 2 : Indice phytoplancton biomasse (les indices correspondent aux classes de qualité) – Carte des évaluations DCE sur la période 2005-2010. Les résultats présentés ici résultent d'une application des règles d'évaluation de la DCE mais ne préjugent en rien du classement final et officiel DCE de l'état écologique des masses d'eau (Sources : SHOM, IGN, ESRI, Ifremer-données Quadrige², données : 2005-2010).

1 Ce thème est également abordé dans la contribution thématique « communautés du phytoplancton » du volet « État écologique ».
2 Arrêté ministériel du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement.
3 Selon qu'il s'agit de grandes (> 20 µm) ou de petites cellules (entre 5 et 20 µm).

Les résultats pour l'indice de biomasse (figure 2) montrent sur l'ensemble du littoral une qualité globalement bonne – indice 1 ou 2 –, indiquant une teneur en chlorophylle *a* raisonnable au regard des caractéristiques physico-chimiques naturelles.

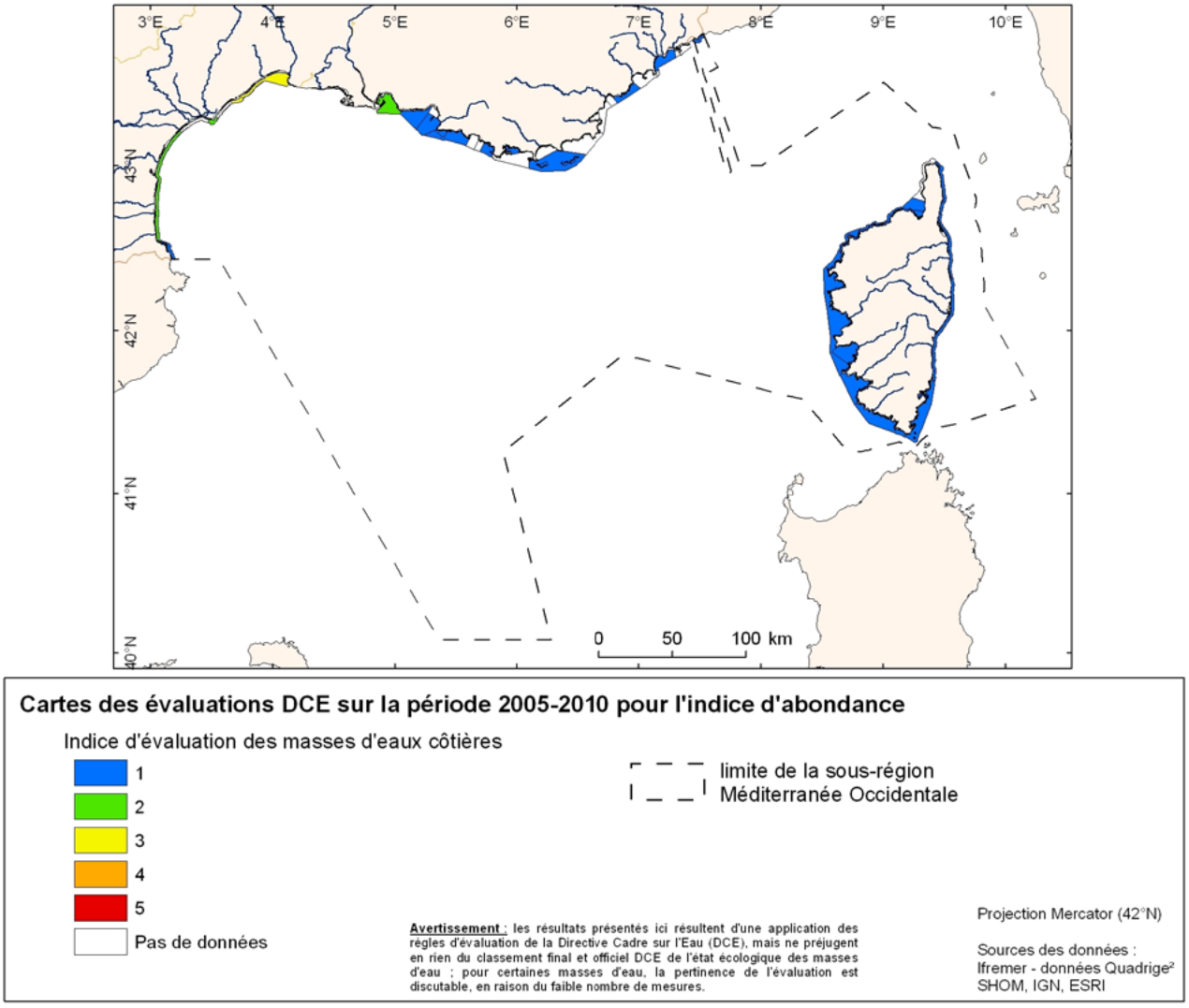

Figure 3 : Indice phytoplancton abondance (les indices correspondent aux classes de qualité) – Carte des évaluations DCE sur la période 2005-2010. Les résultats présentés ici résultent d'une application des règles d'évaluation de la DCE mais ne préjugent en rien du classement final et officiel DCE de l'état écologique des masses d'eau (Sources : SHOM, IGN, ESRI, Ifremer-données Quadrige², données : 2005-2010).

Les résultats pour l'indice d'abondance (figure 3) montrent que toutes les eaux côtières à l'est du golfe de Fos (Marseille) ainsi que celles de Corse sont de très bonne qualité – indice 1 – indiquant que la fréquence des blooms ne dépasse jamais le niveau naturel attendu pour cet écosystème. Sur le littoral du Languedoc-Roussillon, le bilan est plus mitigé, avec une seule masse d'eau de très bonne qualité, la côte rocheuse de Banyuls-sur-Mer, et deux masses d'eau en état moyen – indice 3 –, sur le littoral allant de Sète à la pointe de l'Espiguette : pour ces dernières, la fréquence des blooms dépasse donc le niveau raisonnable au regard des caractéristiques physico-chimiques naturelles, indiquant un dysfonctionnement, en particulier sur la côte proche de l'étang de Thau.

Concernant les zones plus au large[4], une zone riche en chlorophylle *a* s'étendant de Fos jusqu'à Banyuls-sur-Mer a également été identifiée[5]. Elle correspond à la zone du golfe du Lion et du plateau continental, sous influence des apports du Rhône avec des eaux relativement riches en matière en suspension, et avec une activité chlorophyllienne importante toute l'année du fait de la richesse relative en éléments nutritifs.

4 Voir la contribution thématique « Répartition spatio-temporelle de la chlorophylle » du volet « État Ecologique ».
5 À partir de données satellite MODIS et de données *in situ* (percentile 90 2003-2009).

2. MACROALGUES PROBLÉMATIQUES : ULVES (*ULVA SP.*)

Chaque année depuis plus de 30 ans, des segments du littoral français sont touchés par des échouages massifs d'algues vertes, principalement de type *Ulva*. Ce phénomène, appelé « marée verte », initialement limité, a pris de l'ampleur. En plus d'un impact écologique – écotoxicité, perte de biodiversité etc. –, les conséquences sanitaires sont importantes.

Pour tenter d'endiguer ce phénomène, le gouvernement a élaboré un plan de lutte contre les algues vertes en février 2010. L'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a publié ses recommandations en juillet 2011[6].

Le littoral méditerranéen n'est pas affecté par les problèmes d'échouages de macroalgues.

3. DEGRÉ DE DÉFICIT EN OXYGÈNE

Les phénomènes anoxiques en zone côtière sont généralement observés en période estivale, à marée basse et en période de mortes-eaux, c'est-à-dire lorsque la température de l'eau est élevée et qu'il y a une stratification verticale de la colonne d'eau, et après une efflorescence phytoplanctonique ou macrophytique, quand la biomasse se décompose. L'épuisement en oxygène dissous est aggravé au fond de la colonne d'eau, c'est-à-dire dans la zone d'accumulation de détritus organiques en décomposition ainsi que dans les zones à faible renouvellement des eaux telles que lagunes et baies à faible courant résiduel. On estime généralement à 5 $mg{\cdot}l^{-1}$ la teneur en oxygène dissous en dessous de laquelle débute la souffrance de l'écosystème, et à 2 $mg{\cdot}l^{-1}$ celle qui marque l'entrée dans le domaine de l'hypoxie grave pouvant entraîner des mortalités d'invertébrés marins, voire de poissons.

Le bilan d'oxygène figure parmi les éléments de qualité physico-chimiques retenus pour la classification de l'état écologique des masses d'eaux littorales, dans le cadre de la DCE (2000/60/CE). La métrique retenue est le percentile 10. Elle se calcule sur des données mensuelles, acquises en été, de juin à septembre, et pendant six ans, au fond et en sub-surface de la colonne d'eau. Les méthodes de prélèvement et d'analyse sont détaillées dans Daniel (2007) [4] et Aminot et Kerouel (2004) [5]. Comme la concentration en oxygène dissous est le seul paramètre utilisé, cet indice est également l'indicateur pour l'élément de qualité (Tableau 1). La valeur de référence (= valeur de très bon état) pour le bilan d'oxygène est 8,33 $mg{\cdot}l^{-1}$.

Les données sont extraites de la base Quadrige[2] en date du 2 mai 2011.

Percentile 10 oxygène dissous	> 5 $mg{\cdot}l^{-1}$	3-5 $mg{\cdot}l^{-1}$	2-3 $mg{\cdot}l^{-1}$	1-2 $mg{\cdot}l^{-1}$	< 1 $mg{\cdot}l^{-1}$
Classe (État écologique)	1-Très bon	2-Bon	3-Moyen	4-Médiocre	5-Mauvais

Tableau 1 : Grille de qualité pour l'indicateur « Oxygène dissous » (Sources : Daniel et Soudant 2009 (6), Évaluation DCE avril 2009).

Sur 6 masses d'eau suivies dans le cadre du Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS), 5 sont considérées comme étant de très bonne qualité, une est qualifiée de « bonne qualité », il s'agit du cap d'Antibes (figure 3). Les masses d'eau corses n'ont pas fait l'objet d'analyses de leur teneur en oxygène. La sous-région marine ne présente pas de zones anoxiques ou déficientes en oxygène, au vu des résultats de l'évaluation DCE sur la période 2005-2010.

6 http://www.anses.fr/Documents/AIR2010sa0175Ra.pdf

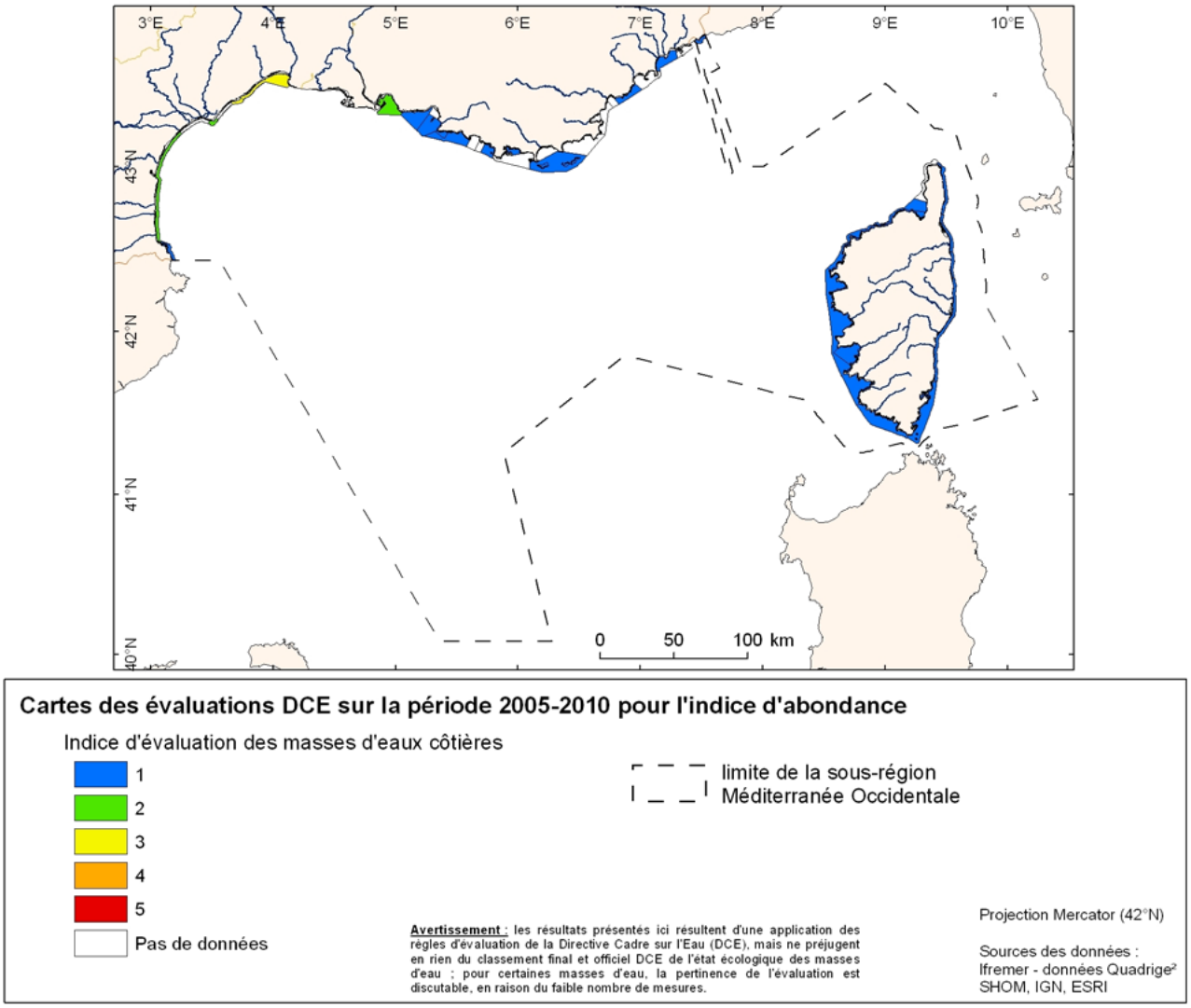

Figure 4 : Élément de qualité oxygène dans la sous-région Méditerranée occidentale sur la période 2005-2010. Les indices correspondent aux classes de qualité (Source : Evaluation DCE). Les résultats présentés ici résultent d'une application des règles d'évaluation de la DCE mais ne préjugent en rien du classement final et officiel DCE de l'état écologique des masses d'eau (Sources : SHOM, IGN, ESRI, Ifremer-données Quadrige², données : 2005-2010).

4. LES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES

Les macroinvertébrés benthiques constituent d'excellents intégrateurs et indicateurs de l'état général du milieu et peuvent permettre notamment, grâce à certains organismes sensibles, d'identifier et de quantifier les pressions d'origine anthropique qui s'exercent sur ces masses d'eau. Ils peuvent être ainsi de bons témoins de l'enrichissement du milieu en matières organiques. Dans le cadre de la DCE, parmi les paramètres biologiques participant à l'évaluation des masses d'eau côtières, l'élément de qualité « invertébrés benthiques » est défini. Toutefois, le classement des masses d'eau côtières de Méditerranée ne fait pas encore l'objet, pour cet élément de qualité, de règles d'évaluation DCE selon l'arrêté du 25 janvier 2010.

Plusieurs stations ont été échantillonnées au sein de chaque masse d'eau côtière, lors de la campagne 2009. L'indicateur retenu à l'heure actuelle pour la qualification des masses d'eau côtières est l'indicateur AMBI. Il repose sur la reconnaissance dans le peuplement de cinq groupes écologiques de polluosensibilités différentes, comme proposé par Hily (1984) [7]. Cet indice est basé sur la pondération de chaque groupe écologique par une constante qui représente le niveau de perturbation auquel les espèces sont associées.

La grille de lecture de l'indicateur AMBI adoptée pour la sous-région marine est présentée dans le tableau 2.

Classes	(0-0,2)	)0,2-0,45)	)0,45-0,55)	)0,45-0,55)	)0,55-1)
État écologique	Très mauvais	Mauvais	Moyen	Bon	Très bon

Tableau 2 : Grille de qualité pour l'indicateur « invertébrés benthiques »
adoptée pour la sous-région marine Méditerranée occidentale.

La figure 5 indique les résultats pour chacune des masses d'eau côtières de la sous-région marine. Trois masses d'eau sont dans un état moyen : Monte-Carlo – frontière italienne, golfe de Porto-Vecchio et goulet de Bonifacio en Corse. Toutes les autres masses d'eau sont dans des états bon ou très bon. Pour la masse d'eau Monte-Carlo – frontière italienne, si la valeur finale de l'AMBI caractérisant cette masse d'eau correspond à un état moyen, elle est néanmoins proche de la limite entre état moyen et bon état. L'interprétation de ce résultat devra se faire à la lumière des niveaux de confiance et de précision en cours de définition.

De façon générale, cet indicateur ne semble pas refléter de problème d'enrichissement en matières organiques pour les différentes masses d'eau côtières de la Méditerranée, hormis en Corse dans le golfe de Porto-Vecchio et dans le goulet de Bonifacio. La configuration physique de ces deux masses d'eau en Corse fait qu'elles fonctionnent en réceptacle « semi-fermé ». Le rejet de la station d'épuration de Bonifacio et le ruissellement pluvial général sont sans doute à l'origine de cet état du milieu. Pour le golfe de Porto-Vecchio, l'état moyen du milieu au regard de la macrofaune benthique est probablement lié au mauvais état du cours d'eau Stabbiocio, arrivant en fond de golfe.

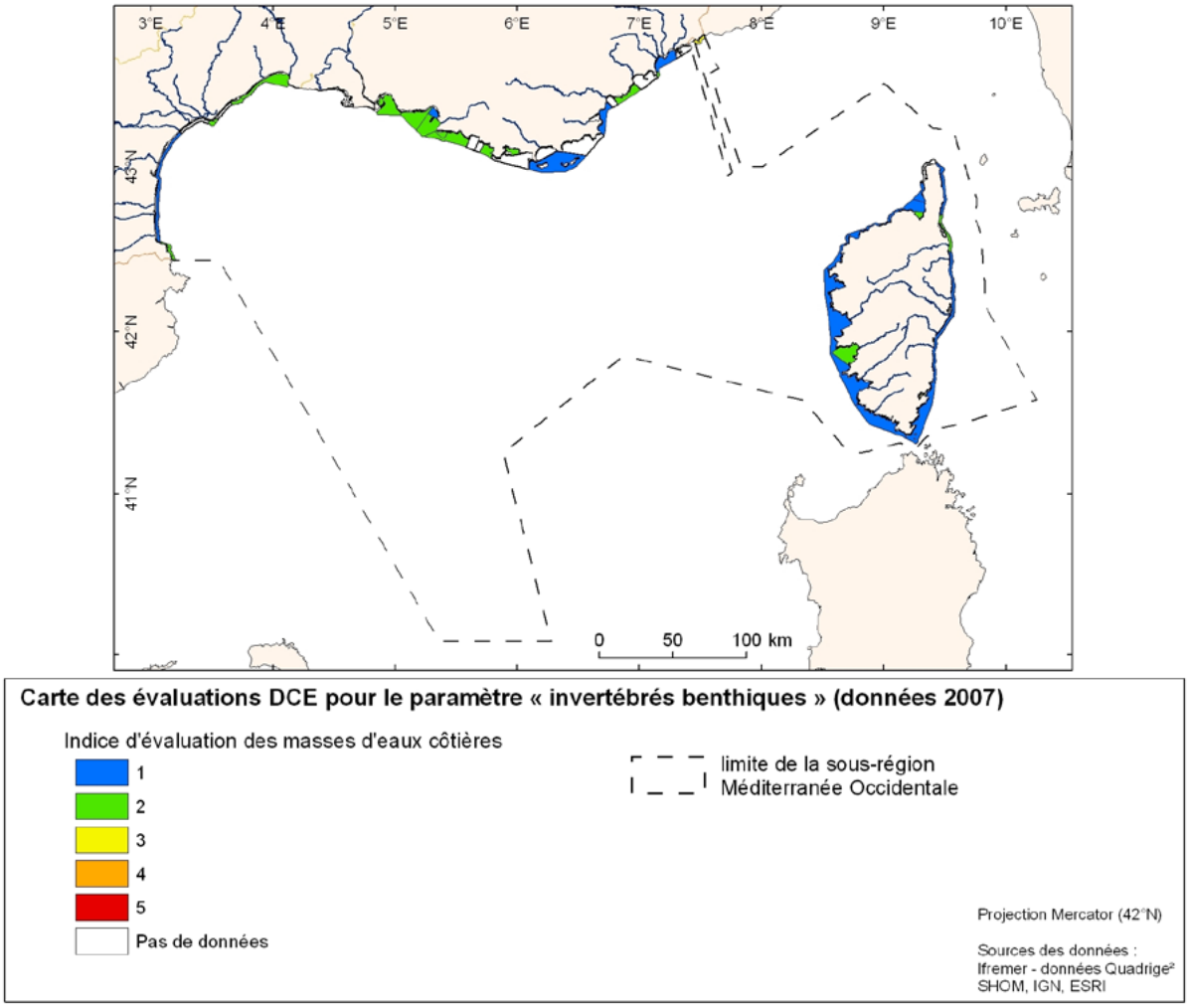

Figure 5 : Indice macro-invertébrés benthiques – Carte des évaluations DCE
(Sources : SHOM, IGN, ESRI, Ifremer-données Quadrige², données : 2007).

5. BILAN DE L'EUTROPHISATION

Il n'y a pas, en Méditerranée occidentale, d'évaluation intégrée et normalisée sur la question de l'eutrophisation, comme c'est le cas en Atlantique nord-est avec la procédure commune de la convention OSPAR. Ceci peut s'expliquer notamment par le fait que la Méditerranée, mer globalement oligotrophe (pauvre en éléments nutritifs), ne souffre pas vraiment d'eutrophisation. L'évaluation de l'état écologique des masses d'eau pour la DCE, décrite aux paragraphes précédents, donne cependant une vision assez complète du sujet. Elle montre principalement que la zone côtière du Languedoc-Roussillon, exposée au panache du Rhône et au débouché de nombreuses lagunes, est relativement plus affectée que le reste des côtes françaises de la sous-région marine.

En deçà du trait de côte, l'eutrophisation touche, de façon nettement plus sensible, le complexe lagunaire du Languedoc-Roussillon, constitué d'eaux saumâtres ; ces zones, ne faisant pas partie des eaux marines au sens de la DCSMM et étant considérées par la DCE, ne sont pas traitées ici, mais elles font l'objet d'un suivi scientifique dédié : le Réseau de Suivi Lagunaire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Ferreira J.G., Andersen J.H., Borja A., Bricker S.B., Camp J., Da Silva M.C., Garcés E., Heiskanen A.-S., Humborg C., Ignatiades L., Lancelot C., Menesguen A., Tett P., Hoepffner N., 2011. Overview of eutrophication indicators to assess environemental status within the European Marine Strategy Framework Directive. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 93: 117-131.

[2] Menesguen A., 2001. L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. Ifremer DEL/EC/01.02 - Rapport pour la Commission Européenne – DG.ENV.B1. janvier 2001, 59 pages.

[3] Soudant D. et Belin C., 2010. Évaluation DCE janvier 2010. Élément de qualité : phytoplancton. 01 2010 - R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/10-03/DS. 6 tomes, 572 p. http://wwz.ifremer.fr/envlit/documents/publications, rubrique Directive Cadre sur l'Eau (les 6 tomes). http://wwz.ifremer.fr/envlit/content/download/65766/466454/version/1/file/Phytoplancton_Jan_10_R_INT_DIR_DYNECO_VIGIES_10_03_DS.pdf (document principal).

[4] Daniel A., 2007. Consignes pour le prélèvement d'échantillons d'eau en vue de mesures hydrologiques. Document Ifremer / SE3L / DYNECO (février 2007).

[5] Aminot A. et Kerouel R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Ed. Ifremer, 336p.

[6] Daniel A. et Soudant D., 2009. Évaluation DCE avril 2009 : Élément de qualité : bilan d'oxygène, Document Ifremer / DYNECO (avril 2009), 74p.

[7] Hily C., 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest. Thèse de Doctorat d'État ès Sciences, Université de Bretagne Occidentale, Brest : pp. Vol. 1 : 359 & Vol. 352 : 337.