PRESSIONS ET IMPACTS

MERS CELTIQUES

MERS CELTIQUES

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 : Les 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 dans les eaux françaises de la sous-région marine mers celtiques 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 sous-région marine, 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 ne sont disponibles que pour une petite partie de la sous-région marine des mers celtiques : il s'agit de la masse d'eau « Iroise Large » comprenant l'île d'Ouessant ; les résultats sont visualisables figures 2 et 3.

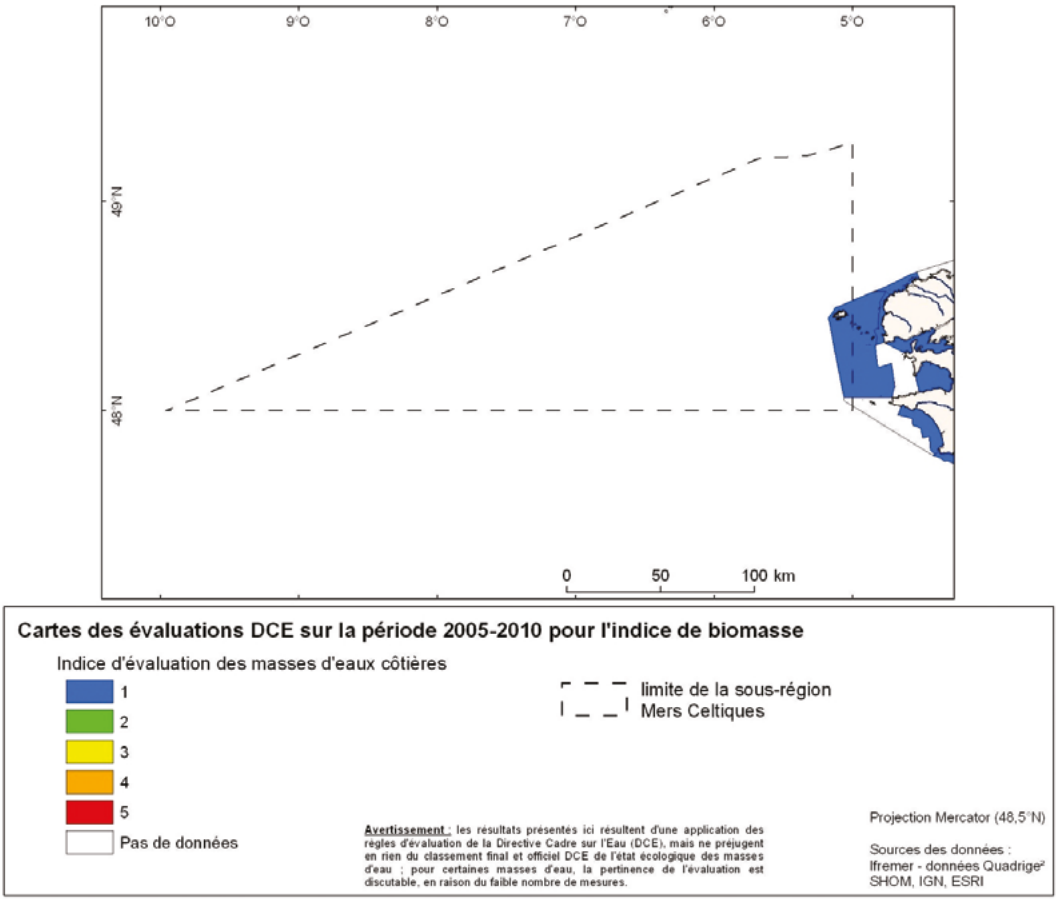


Figure 2 : Indice phytoplancton biomasse (les indices correspondent aux classes de qualité) – Carte des évaluations DCE sur la période 2005-2010. Les résultats présentés ici résultent d'une application des règles d'évaluation de la DCE mais ne préjugent en rien du classement final et officiel DCE de 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 « 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).

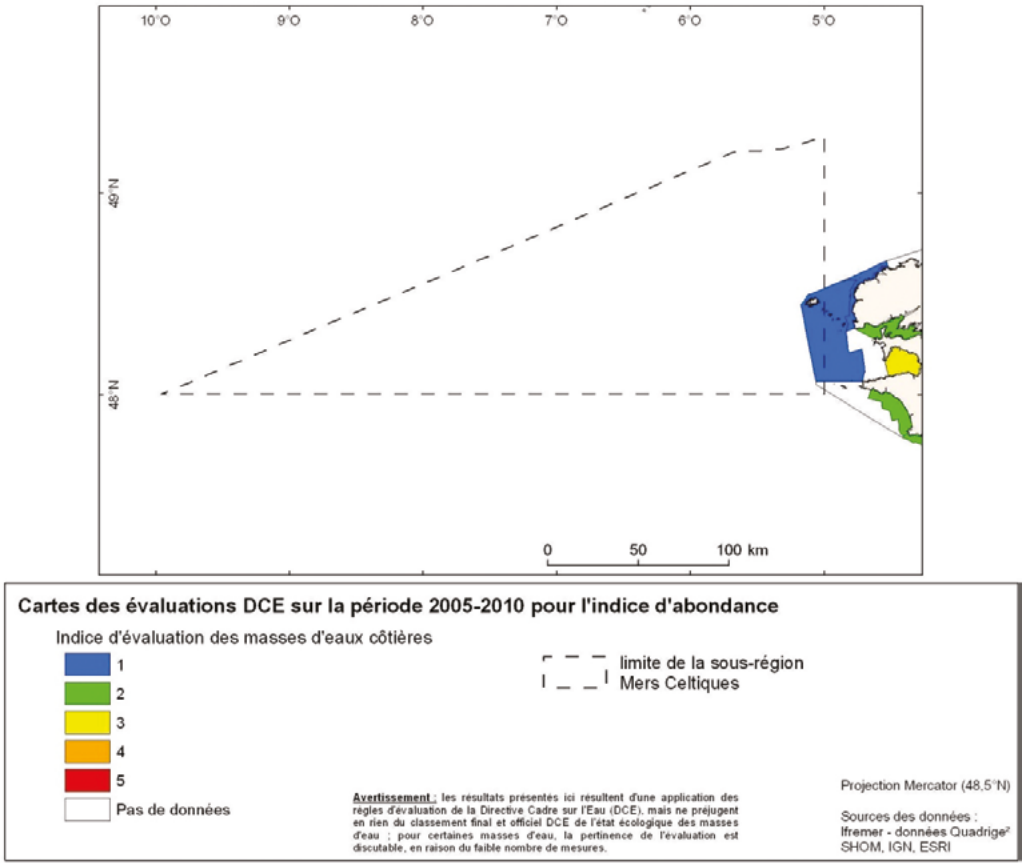


Figure 3 : Indice phytoplancton abondance (les indices correspondent aux classes de qualité) – Carte des évaluations DCE sur la période 2005-2010. Les résultats présentés ici résultent d'une application des règles d'évaluation de la DCE mais ne préjugent en rien du classement final et officiel DCE de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

La qualité évaluée à très bonne (indice 1) de cette masse d'eau indique que la teneur en chlorophylle *a* et la fréquence des blooms correspondent aux conditions naturelles attendues au regard des caractéristiques physico-chimiques. En fait, un seul bloom a été observé sur la période : il s'agit d'un bloom de *Pseudo-nitzschia* (genre dont un certain nombre d'espèces sont connues pour être toxiques).

Concernant les zones plus au large (voir la contribution « Répartition spatio-temporelle de la chlorophylle » du volet « État écologique »), les données satellite MODIS aussi bien que les données de mesure *in situ* montrent que le niveau de chlorophylle *a* atteint sur la sous-région marine est relativement faible et loin d'atteindre des niveaux élevés selon le critère d'eutrophisation de la DCE.

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, et s'il touche les côtes du Cotentin ou encore des Charentes, la Bretagne est la région la plus touchée.

En plus d'un impact écologique (écotoxicité, perte de la 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) a publié ses recommandations en juillet 2011[4].

Le CEVA (Centre d'Étude et de Valorisation des Algues) est, depuis 2002, en charge, du suivi des marées vertes. Cependant, le littoral ouessantin n'a pas fait l'objet de suivi des blooms de macroalgues.

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

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 les 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. La faune benthique est plus affectée que la faune pélagique.

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).

Dans la sous-région marine des mers celtiques, aucune masse d'eau n'a fait l'objet de suivi de la teneur en oxygène, dans le cadre du programme de surveillance mis en place pour la DCE. La concentration en oxygène dissous sur l'ensemble de la sous-région marine (données SOMLIT, ICES, SDN, QUADRIGE[2]) est présentée dans la contribution « Répartition spatio-temporelle de l'oxygène » du volet « État écologique ».

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 ainsi être 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. Les métriques de cet élément de qualité, permettant de définir l'état écologique, sont le niveau de diversité et d'abondance des taxa et l'ensemble des taxa sensibles aux perturbations.

Lors de la campagne 2007, une station[5] a été échantillonnée au sein de la masse d'eau côtière « Iroise Large » selon le protocole d'échantillonnage développé dans le cadre de la DCE [4] [5].

L'indicateur retenu pour la qualification des masses d'eau côtières est le M-AMBI [4] [5]. Il repose sur :

- l'indicateur AMBI lui-même, basé sur la reconnaissance dans le peuplement de cinq groupes écologiques de polluosensibilités différentes, comme proposé par Hily (1984) [6]. 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 richesse spécifique, ou nombre d'espèces présentant au moins un individu pour la station ;
- l'indice de diversité de Shannon-Weaver.

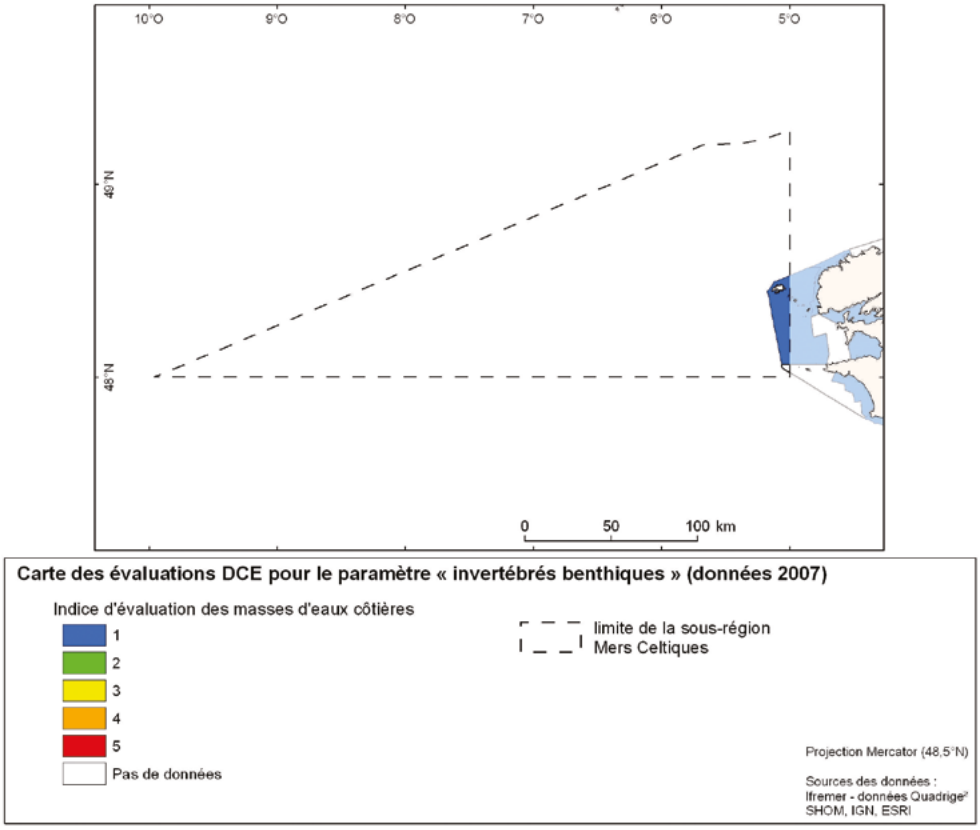
La grille de lecture du M-AMBI [4] est présentée dans le tableau 1.

Classes	(0 - 0,2)	)0,2 - 0,39)	)0,39 - 0,53)	)0,53 - 0,77)	)0,77-1)
État écologique	Très mauvais	Mauvais	Moyen	Bon	Très bon

Tableau 1 : Grille de qualité pour l'indicateur « invertébrés benthiques » adoptée pour la sous-région marine mers celtiques (Sources : Desroy *et al.*, 2009).

5 Station située en domaine subtidal, elle est de type hydrosédimentaire « sables plus ou moins envasés subtidaux». La carte est disponible à l'adresse suivante : http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/atlas_DCE/upload/doc/FRGC18_inverterbres_Atlas_DCE_2010.pdf

La figure 4 indique les résultats pour la masse d'eau côtière « Iroise Large » Elle est en très bon état. L'indicateur M-AMBI ne reflète donc pas de problème d'enrichissement en matière organique pour la masse d'eau côtière « Iroise Large ».



Figrue 4 : Indice macro-invertébrés benthiques – Carte des évaluations DCE (Sources : SHOM, IGN, ESRI, Ifremer données Quadrige², données 2007).

5. BILAN DE L'EUTROPHISATION, PROCÉDURE OSPAR

5.1. MISE EN ŒUVRE DE LA PROCÉDURE COMMUNE D'ÉVALUATION OSPAR

La procédure commune de détermination de l'état d'eutrophisation des zones marines de la convention OSPAR [7] a pour but de caractériser ces zones en les classant en « zones à problème », en « zones à problème potentiel », et en « zones sans problème » d'eutrophisation. L'intention de cette procédure est de permettre de comparer l'état d'eutrophisation des régions, en se fondant sur des critères communs.

La procédure commune a été appliquée par la France, pour ses eaux sous juridiction de la zone OSPAR, une première fois en 2002 [8], puis une seconde en 2007. Le présent paragraphe récapitule les résultats obtenus en 2007 et décrits en détail dans le rapport [9]. Par rapport à la procédure de 2002, le découpage en zones a été redéfini en 2007, pour tenir compte de la mise en œuvre de la DCE : les zones de 2007 sont ainsi, d'une part, des regroupements de « masses d'eau côtières » définies pour la DCE, et d'autre part la zone s'étendant au large de celles-ci jusqu'à une limite approximative des eaux territoriales (12 milles).

La première phase de la procédure commune a consisté en une *procédure de tri*, destinée à définir les zones clairement sans problème d'eutrophisation, et celles qui sont probablement des zones sans problème d'eutrophisation, mais sur lesquelles on n'est pas suffisamment renseigné pour pouvoir appliquer la procédure exhaustive. Une fois cette procédure de tri effectuée, toutes les zones qui n'ont pas été identifiées comme zone sans problème d'eutrophisation font l'objet de la *procédure exhaustive*.

La *procédure exhaustive* consiste en l'examen, pour chaque zone, d'une série de critères relatifs aux facteurs causaux, aux effets directs, et aux effets indirects, de l'eutrophisation. Cet examen se base, autant que possible, sur une analyse normalisée des données ; à défaut de données suffisantes, les critères sont examinés « à dire d'expert ». Le classement final des zones résulte d'une combinaison des notes (+ ou -) attribuées aux différents critères. Le tableau 2 ci-dessous récapitule les critères utilisés par la France. Pour plus de détail, voir Ifremer (2008) [9].

Critère (signification)	Définition
NI (nutrient input)	Apports fluviaux et rejets directs de N total et de P total – analyse des tendances.
Ca (Chlorophylle *a*)	Valeur du percentile 90 de la teneur en Chlorophylle *a*.
Ps (Phytoplancton species)	Efflorescence d'espèces phytoplanctoniques indicatrices.
Mp (Macrophytes)	Efflorescences de macrophytes, y compris macroalgues : permanence du phénomène (ulves) et importance de la gêne occasionnée.
O_2 (Oxygène)	Valeur du percentile 10 de la teneur en oxygène dissous.
At (algues toxiques)	Épisodes de contamination de coquillages par des toxines algales (ASP, PSP, DSP) – durée des contaminations.

Tableau 2 : Critères de classement des zones.

5.2. RÉSULTAT DE L'ÉVALUATION

La figure 5 récapitule les résultats de l'évaluation des eaux des mers celtiques par la procédure commune OSPAR (résultats repris dans le « bilan de santé OSPAR 2010 ») :

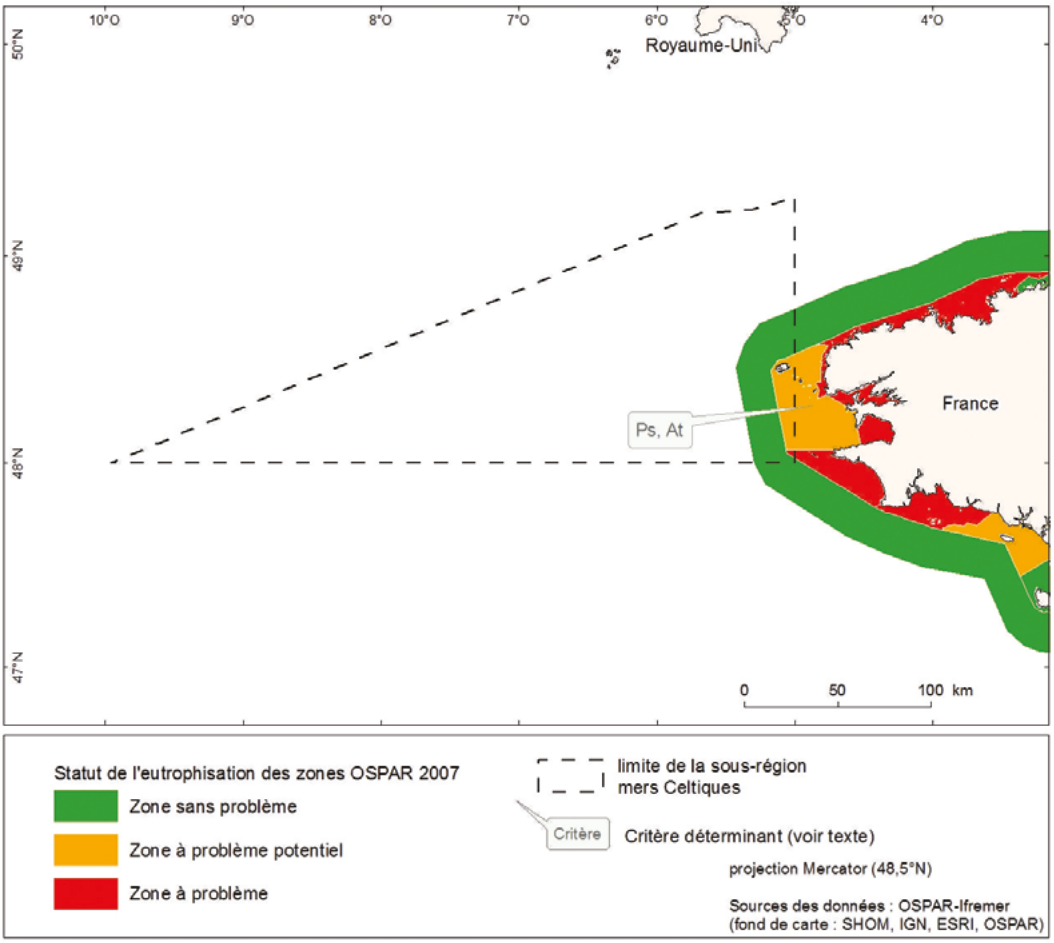


Figure 5 : Résultat du classement des zones OSPAR de la sous-région marine mers celtiques par la mise en œuvre de la procédure commune d'évaluation de l'eutrophisation, en 2007 (Sources : OSPAR, Ifremer, 2010).

La sous-région marine des mers celtiques ne comporte d'eaux évaluées par la procédure commune que dans son coin sud-est, à savoir les eaux territoriales situées à l'ouest du Finistère. Le site « Iroise » a été classé en zone à problème potentiel, en raison de la présence d'espèces phytoplanctoniques indicatrices et de phycotoxines. Toutefois, les données à l'origine de ces classements proviennent de la partie orientale du site, localisée dans la sous-région marine Manche-mer du Nord. La zone située au large de la limite d'extension des masses d'eau DCE est considérée comme sans problème. Au bilan, on peut considérer que l'eutrophisation ne constitue pas un problème majeur pour cette sous-région marine.

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] Desroy N., Soudant D., Dewarumez J.A., Meirland A., Jourde J., Hacquebart P., Olivier F., Nebout T., Gentil F., Hily C., Le Mao P., 2009. Contrôle de surveillance benthique de la DCE : état écologique des masses d'eau. – année 2007 – façade Manche ; avril 2000.

[5] Desroy N., Soudant D., Auby I., Barillé A.L., Blanchet H., Gentil F., Hily C., Oger-Jeanneret H., Sauriau P.G., 2010. Contrôle de surveillance benthique de la DCE : état écologique des masses d'eau – année 2007 – façade Atlantique.

[6] 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.

[7] OSPAR, 2005. Procédure Commune de Détermination de l'Etat d'Eutrophisation de la Zone Maritime d'OSPAR. Numéro de référence : 2005-3 : http://www.ospar.org/v_measures/browse.asp?menu=30260303030125_000002_000000

[8] Ifremer, 2002. Rapport de synthèse : Application de la procédure commune OSPAR en France. Procédure exhaustive de détermination de l'état d'eutrophisation des zones maritimes OSPAR : http://envlit.ifremer.fr/content/download/40941/321748/version/1/file/synthese_procedure_exhaustive_rapport_V2.pdf

[9] Ifremer, 2008. Rapport de synthèse : Application de la procédure commune de détermination de l'état d'eutrophisation des zones maritimes OSPAR en France. Révision 2007 de la procédure OSPAR.