Évaluation de l'atteinte du bon état écologique des Habitats pélagiques au titre du descripteur 1

Document de référence :

CNRS – LOG - ULCO Ifremer (LER – LB)	Duflos, M., Wacquet, G., Aubert, A., Rombouts, I., Mialet, B., Devreker, D., Lefebvre, A., Artigas, L.F., 2018. Évaluation de l'état écologique des habitats pélagiques en France métropolitaine. Rapport scientifique pour l'évaluation 2018 au titre du descripteur 1 de la DCSMM. 333 p.

Messages clés de l'évaluation

- L'évaluation de l'atteinte du bon état écologique pour la composante « Habitats pélagiques » du descripteur 1 repose uniquement sur le suivi **des communautés phytoplanctoniques,** aucune donnée exploitable n'étant disponible pour le zooplancton. Deux typologies d'habitats pélagiques ont été définies de part et d'autre de la limite de 1 mille nautique (M) : les types de masses d'eau côtières DCE (< 1 M) et les paysages marins (> 1 M).
- Trois indicateurs développés dans le cadre de la Convention des Mers Régionales OSPAR sont en cours d'adaptation afin de les rendre opérationnels dans les eaux françaises sur un grand nombre de stations côtières et également sur des données du large (paysages marins). Ils couvrent des aspects complémentaires de la dynamique des communautés planctoniques (changements des groupes fonctionnels – PH1 ; biomasse/abondance – PH2 ; changements de diversité et de structure – PH3).
- En l'absence de valeurs seuils et, en raison d'un manque de données (en particulier pour les zones au large et pour le zooplancton), **l'atteinte ou non du BEE** vis-à-vis de chacun de ces indicateurs **n'a pu être évaluée pour les habitats pélagiques pour la façade MEMN.**
- L'indicateur PH1 relatif aux **changements des groupes fonctionnels** est en cours de développement pour les eaux françaises. Son script nécessite notamment d'être transcrit dans un langage open source.
- Les adaptations réalisées pour l'indicateur PH2 ont permis de décrire des tendances d'évolution des anomalies de **biomasse phytoplanctonique** (approchée par les concentrations chlorophylliennes) pour les deux typologies d'habitats pélagiques.
- Les développements réalisés pour l'indicateur PH3 ont permis de décrire les valeurs des indices de diversité les plus pertinents et de rendre compte ainsi de **changements dans la diversité et la structure des communautés**, à l'échelle mensuelle et annuelle. Des épisodes marquants ont ainsi été mis en évidence dans divers types de masses d'eau côtières considérés, pouvant parfois caractériser des épisodes de bloom phytoplanctoniques (dont des proliférations d'espèces potentiellement nuisibles/toxiques), en lien ou non avec des perturbations anthropiques. Un premier essai d'établissement de valeurs de référence a été possible pour le calcul d'Ecological Quality Ratios (EQRs) à comparer avec une grille de lecture qui devra être affinée et testée au cours du prochain cycle DCSMM.
- L'analyse des pressions, ainsi que la prise en compte des paramètres environnementaux associés, serait nécessaire pour venir en appui à l'interprétation de tous ces résultats.

1 Présentation de la composante « Habitats pélagiques » du descripteur 1

Le descripteur 1 est défini ainsi : « ***La diversité biologique est conservée. La qualité des habitats et leur nombre, ainsi que la distribution et l'abondance des espèces sont adaptées aux conditions physiographiques, géographiques et climatiques existantes.*** » (directive 2008/56/CE).

D'après la décision 2017/848/UE, l'atteinte du bon état écologique (BEE) au titre de la composante « Habitats pélagiques » du descripteur 1 est définie en fonction d'un seul **critère primaire (D1C6)** (Tableau 1).

Les **grands types d'habitats pélagiques** et les **seuils BEE** à considérer dans le cadre de l'évaluation du critère D1C6 doivent faire l'objet d'une **coopération au niveau régional ou sous-régional.** De plus, les valeurs des seuils BEE doivent être cohérentes avec celles définies au titre de trois autres descripteurs : D2 (espèces non indigènes), D5 (eutrophisation) et D8 (contaminants).

Tableau 1 : Critères et normes méthodologiques pour l'évaluation du bon état écologique des habitats pélagiques au titre du D1 dans la décision révisée (2017/848/UE)

Critères	Eléments constitutifs des critères	Normes méthodologiques
D1C6 (primaire) **:** **Les caractéristiques du type d'habitat**, notamment sa structure biotique et abiotique et ses fonctions (par exemple composition en espèces caractéristique et abondance relative de celles-ci, absence d'espèces particulièrement sensibles ou fragiles ou d'espèces assurant une fonction clé, structure par taille des espèces), **ne subissent pas d'effets néfastes** dus à des pressions anthropiques Les États membres coopèrent au niveau régional ou sous-régional en vue d'établir des valeurs seuils en ce qui concerne l'état de chaque type d'habitat, en veillant à ce que celles-ci soient compatibles avec les valeurs correspondantes fixées au titre des descripteurs 2, 5 et 8.	Grands types d'habitats pélagiques (eaux à salinité variable[1], eaux des zones côtières, eaux du plateau continental et haute mer), s'ils sont présents dans la région ou la sous-région, et autres types d'habitats supplémentaires choisis par les États membres *via* la coopération au niveau régional ou sous-régional.	***Echelle d'évaluation*** *:* Subdivision de région ou de sous-région telles qu'utilisée pour les évaluations des grands types d'habitats benthiques, de manière à refléter les différences biogéographiques dans la composition en espèces du type d'habitat. ***Application des critères*** *:* Le degré de réalisation du bon état écologique est exprimé de la manière suivante pour chaque zone évaluée : - Estimation de la proportion et de la mesure dans lesquelles chaque type d'habitat évalué a atteint la valeur seuil fixée; - Liste des grands types d'habitats dans la zone d'évaluation qui n'ont pas été évalués.

[1] Ce critère est appliqué dans le cas où les eaux d'estuaires s'étendent au-delà des eaux qualifiées d'« eaux de transition » dans la directive 2000/60/CE.

2 Méthode d'évaluation

2.1 Unités Marines de Rapportage (UMR)

Pour la façade maritime Manche Est - Mer du Nord (MEMN), les résultats de l'évaluation des habitats pélagiques sont présentés pour la partie française de la sous-région marine Manche - Mer du Nord (SRM MMN).

Deux Unités Marines de Rapportage (UMR) sont définies de part et d'autre de la limite de 1 mille nautique (1 M) (Tableau 4) :

- une UMR correspondant à la zone côtière (« UMR Côte »), elle-même subdivisée en unités géographiques d'évaluation (UGE) correspondant à des stations côtières ;
- une UMR eaux territoriales/large (« UMR Large ») pour laquelle les unités géographiques d'évaluation correspondent aux emprises surfaciques des paysages marins.

2.2 Types d'habitats pélagiques considérés :

La typologie des habitats pélagiques considérés dans la bande côtière (< 1 M) repose sur les types de masses d'eau côtières, définis dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE ; Circulaire DCE n° 2005-11) (Tableau 2 ; Figure 1).

Tableau 2 : Types de masses d'eau côtières (MEC) définis dans le cadre de la DCE présents dans l'UMR Côte SRM MMN.

N° du type de MEC	Typologie
C3	Côte vaseuse modérément exposée
C9	Côte à dominante sableuse macrotidale mélangée
C11	Côte principalement sableuse macrotidale
C17	Côte à grande zone intertidale et à mosaïque de substrat

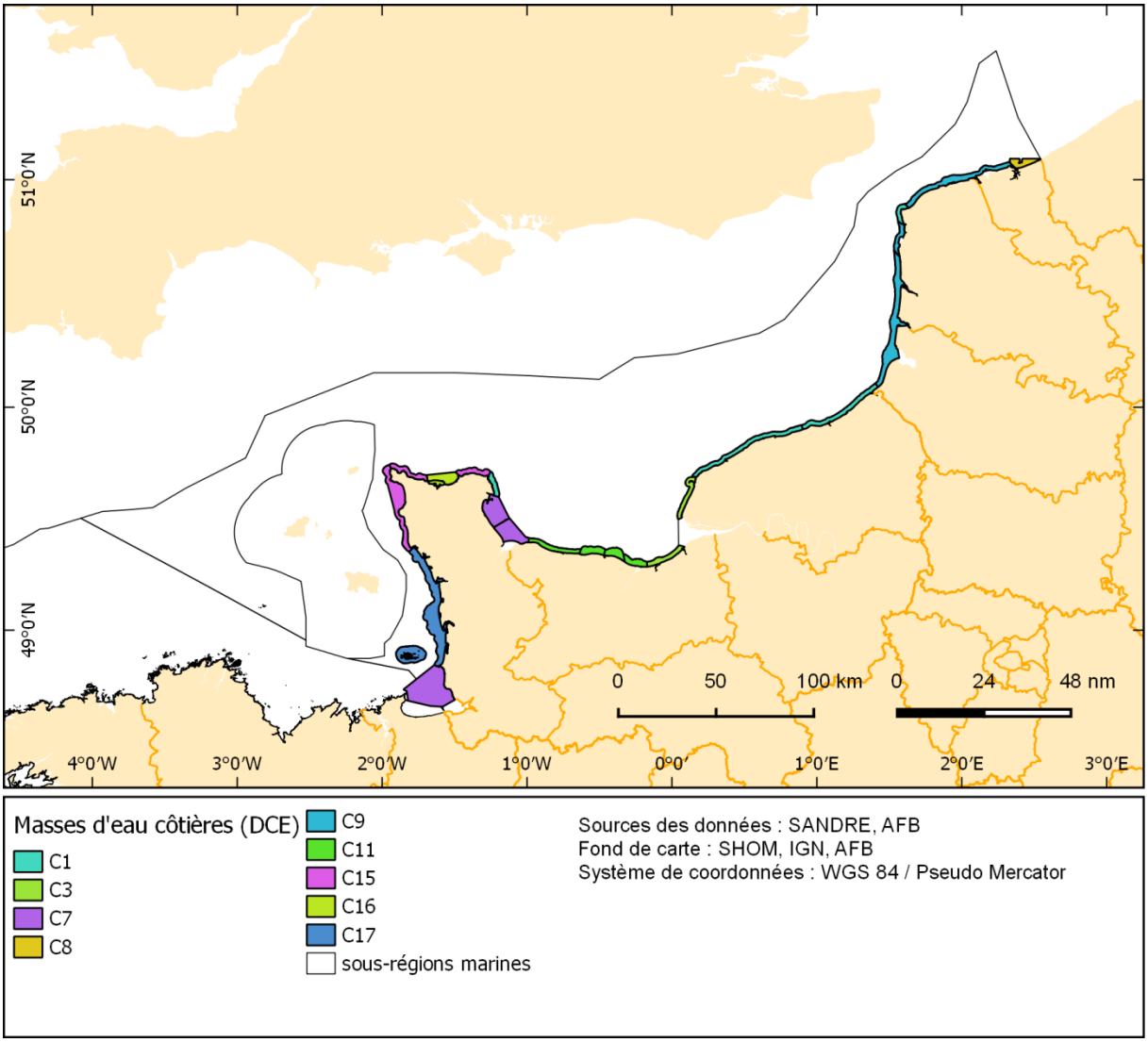

Figure 1 : Cartographie des types de masses d'eau côtières présents dans l'UMR Côte SRM MMN.

La typologie des habitats pélagiques considérés au-delà de la bande côtière (> 1 M) correspond aux paysages marins présentés dans le Tableau 3 et illustrés sur la Figure 2 pour l'UMR Large SRM MMN. Ces paysages marins ont été définis pour la façade atlantique d'une part et pour la façade méditerranéenne d'autre part, sur la base de caractéristiques physico-chimiques, notamment

hydrologiques et hydrographiques, au cours des travaux réalisés par le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) au titre du descripteur 7 (Changements Hydrographiques).

Tableau 3 : Paysages marins (PM) présents dans l'UMR Large SRM MMN.

N° du type de PM	Typologie
PM2	Zones côtières
PM3	Large « Mers Celtiques »
PM4	Panache
PM5	Zone Manche soumise à la marée
PM6	Zones fortement énergétiques
PM7	Zones énergétiques soumises à la marée
PM8	Estuaires

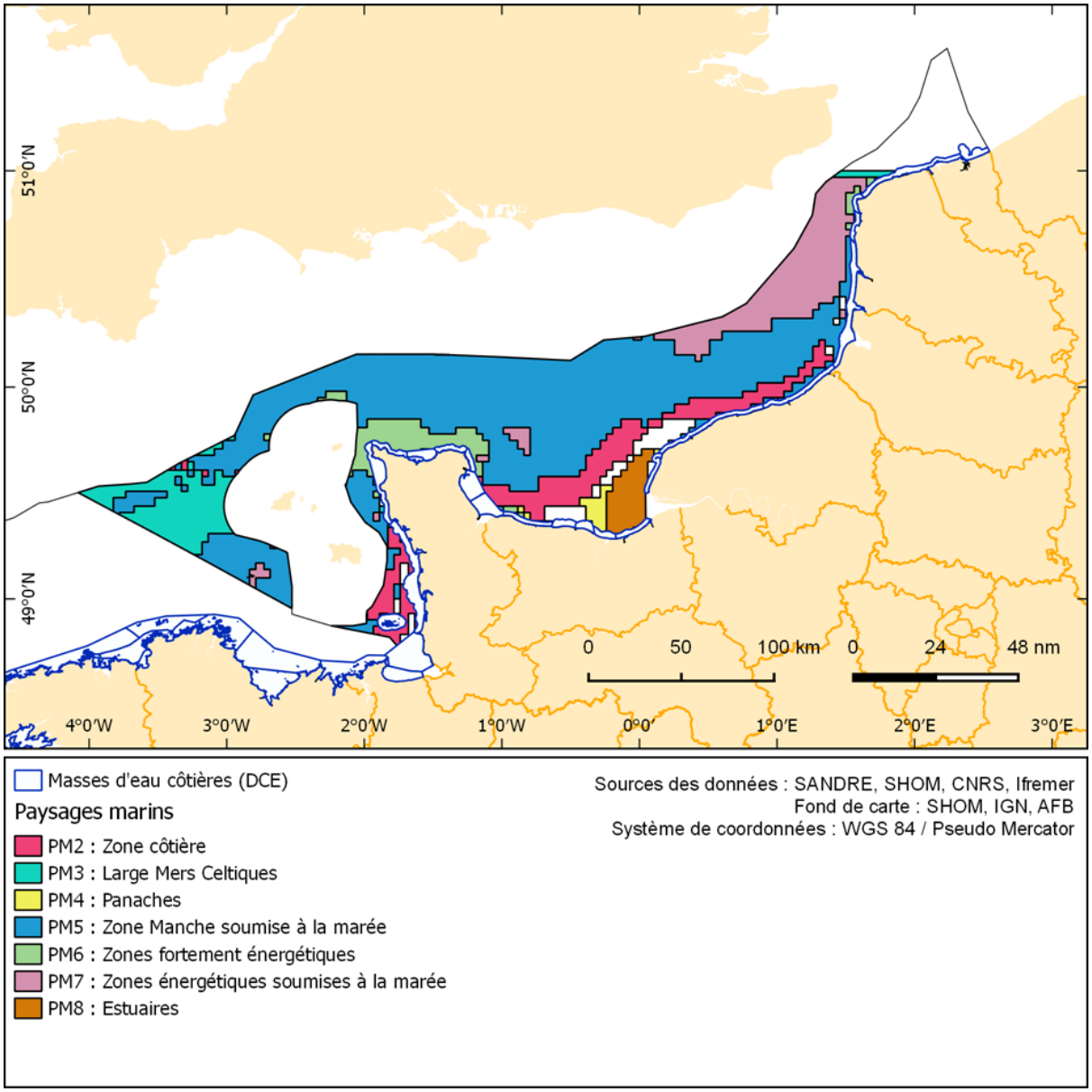

Figure 2 : Carte des paysages marins pour l'UMR Large SRM MMN.

2.3 Méthode d'évaluation du critère D1C6

Le Tableau 4 présente les outils identifiés pour évaluer le BEE au regard de la composante « Habitats pélagiques » du descripteur 1 pour la façade maritime MEMN. Il détaille pour chaque indicateur : les éléments considérés, les UMR et UGE définies, la métrique et sa méthode de calcul, l'unité de mesure, les jeux de données disponibles et la période temporelle considérée.

L'évaluation de la composante « Habitats pélagiques » repose exclusivement sur l'étude des **communautés planctoniques**. En effet, dans le milieu marin, le plancton représente le premier maillon de la chaîne trophique et répond rapidement aux changements environnementaux. Il constitue donc une composante-clé pour renseigner l'état des habitats pélagiques.

La présente évaluation repose uniquement sur le suivi des **communautés phytoplanctoniques.** En effet, pour le zooplancton, aucune donnée n'est disponible en zone côtière et les séries de données acquises au large provenant du programme de surveillance CPR comportent trop d'interruptions pour être exploitées. Cette évaluation est basée sur l'utilisation de 3 indicateurs développés dans le cadre de la Convention des Mers régionales OSPAR, en particulier au sein du projet EcApRHA (Applying an Ecosystem Approach to (sub) Regional Habitat Assessment, 2015-2017 ; *cf*. 2.55). Ces indicateurs couvrent des aspects complémentaires de la dynamique des communautés planctoniques (groupes fonctionnels – PH1 ; biomasse/abondance – PH2 ; diversité et structure des communautés – PH3). Cependant, **en l'absence de valeurs seuils et en raison d'un manque de données (en particulier pour les zones au large et pour le zooplancton), aucun de ces indicateurs n'a permis d'évaluer l'atteinte ou non du BEE des habitats pélagiques.**

L'indicateur **PH1** relatif au **changement des groupes fonctionnels du plancton** a été accepté en tant qu'indicateur commun OSPAR dans les régions II, III et IV. Cependant, cet indicateur, opérationnel dans les eaux britanniques, est en cours de développement pour les eaux françaises. L'indicateur PH1 repose sur la détermination d'un indice planctonique (Plankton Index – PI, Tett *et al.*, 2013) afin de décrire la différence entre les dynamiques d'assemblage (au niveau des paires de groupes fonctionnels planctoniques[1]) d'une période donnée par rapport à une situation de référence. Des écarts importants mettent en évidence des évènements inhabituels qui peuvent être liés à des changements environnementaux (changements globaux ou pressions anthropiques), et avoir des répercussions sur le fonctionnement de l'écosystème considéré. Les valeurs du PI sont comprises entre 0 (changement total) et 1 (pas de changement).

Par ailleurs, un indicateur relatif à la **biomasse phytoplanctonique et à l'abondance du zooplancton** a été adapté de l'indicateur commun **PH2** OSPAR, utilisé pour l'Evaluation Intermédiaire OSPAR 2017 (IA OSPAR 2017). Pour la présente évaluation, le cycle saisonnier de cet indicateur a été calculé sur une période de référence définie par défaut comme étant antérieure à la période d'évaluation et non plus sur l'ensemble de la série temporelle. De plus, il a été décidé de s'intéresser aux tendances présentées par les anomalies[2] de biomasse (sommes cumulées et tests de Spearman) sur la période

[1] Groupe fonctionnel : ensemble d'espèces aux caractéristiques morphologiques, écologiques et physiologiques similaires, établi en principe indépendamment de l'origine taxonomique des espèces (Reynolds *et al.* 2002). Six paires de groupes fonctionnels ont été sélectionnées : diatomées et dinoflagellés ; phytoplancton de grande taille et de plus petite taille ; diatomées et dinoflagellés auto- et mixotrophes ; diatomées pélagiques et tychopélagiques ; diatomées potentiellement nuisibles/toxiques versus diatomées et dinoflagellés potentiellement nuisibles/toxiques versus dinoflagellés.

[2] Une anomalie de biomasse/abondance correspond à un écart par rapport aux valeurs calculées pour le cycle saisonnier de référence.

d'évaluation plutôt qu'à l'ampleur de ces anomalies. La concentration en chlorophylle-*a* est utilisée comme proxy de la biomasse phytoplanctonique, et l'abondance des copépodes (taxon zooplanctonique le plus abondant et le plus omniprésent en milieu marin) comme proxy de l'abondance totale du zooplancton.

Enfin, l'indicateur **PH3** relatif aux **changements dans la biodiversité planctonique,** qui a été utilisé lors de l'IA OSPAR 2017 pour les communautés phytoplanctoniques, se base sur une sélection d'indices pertinents pour décrire la structure et la diversité des communautés phytoplanctoniques et leurs variations au cours du temps. Son application aux communautés zooplanctoniques est en cours de développement. Pour les communautés phytoplanctoniques, l'indice de richesse de Menhinick[3] (Menhinick, 1964) et l'indice de dominance d'Hulburt[4] (ou (100 – Hulburt) ; Hulburt, 1963) ont été retenus pour caractériser la diversité phytoplanctonique (au niveau du genre) à l'échelle locale (dite « diversité alpha »). La variation de composition au niveau du genre phytoplanctonique entre sites ou entre évènements temporels (dite « diversité beta ») a également été considérée *via* le calcul de la Contribution Locale à la Diversité Beta (LCBD ; Legendre et De Cáceres, 2013) complété par le calcul des « Important Value index » (IVI ; Curtis and McIntosh, 1950 ; Mukherjee *et al.*, 2010) afin d'identifier les espèces les plus abondantes dans les structures atypiques des communautés phytoplanctoniques. Pour cette évaluation, une méthode d'intégration de ces différents indices, basée sur les travaux de Facca *et al.* (2014), a été proposée pour obtenir un indicateur intégré PH3. Cette méthode repose sur la définition, pour chaque indice, d'une valeur annuelle d'EQR (Ecological Quality Ratio) comprise entre 0 et 1, définie par rapport à une valeur de référence par type de masse d'eau choisie par défaut (valeurs les plus élevées des indices Menhinick et 100-Hulburt, et valeurs les plus faibles des LCBD). Les EQR ont ensuite été comparés à une grille de lecture composée de 5 classes égales en faisant l'hypothèse qu'un EQR égal à 1 reflète des conditions similaires à celles définies par défaut comme conditions de référence pour les communautés phytoplanctoniques (Figure 3). L'intégration finale des trois indices au niveau de l'indicateur PH3 a été obtenue en calculant la moyenne de leurs EQR annuels. Pour cette évaluation, en absence de valeurs seuils, l'atteinte ou non du BEE vis-à-vis de cet indicateur n'a pas pu être évaluée : les valeurs de référence choisies pour les trois indices ainsi que la grille de lecture seront affinées lors du prochain cycle DCSMM, notamment par traitements statistiques, en vue de la définition de valeurs seuils BEE.

Très éloigné des conditions de référence	Assez éloigné	Intermédiaire	Assez proche	Très proche des conditions de référence
EQR = 0 - 0,2 Richesse faible ; Dominance forte ; Structure atypique.	0,21 ≤ EQR ≤ 0,4	0,41 ≤ EQR ≤ 0,6	0,61 ≤ EQR ≤ 0,8	0,81 ≤ EQR ≤ 1 Richesse forte ; Dominance faible ; Structure proche de la structure de référence

Figure 3 : Grille de lecture des valeurs des EQR (Ecological Quality Ratio) caractéristiques des changements dans la biodiversité phytoplanctonique. Un EQR égal à 1 reflète des conditions similaires à celles définies par défaut comme conditions de référence pour les communautés phytoplanctoniques en termes de richesse, dominance et structure.

[3] L'indice de Menhinick renseigne sur la diversité des communautés phytoplanctoniques en termes de nombre d'espèces différentes identifiées dans un échantillon en tenant compte de l'abondance totale de toutes les espèces de l'échantillon.

[4] L'indice d'Hulburt correspond à la fraction d'individus qui appartiennent aux deux espèces les plus abondantes de la communauté ; la valeur (100 – Hulburt) est communément utilisée et désigne la fraction d'individus qui appartiennent aux espèces rares de la communauté.

L'évaluation du descripteur 1- Habitats pélagiques pour le phytoplancton en zone côtière est majoritairement issue de données *in-situ* collectées (à une fréquence mensuelle ou bimensuelle) grâce à des réseaux de surveillance pérennes, notamment REPHY ou SRN. En revanche, l'évaluation des zones au large ne bénéficie pas de la même couverture que la bande côtière en termes de fréquence et de couverture spatiale de réseau de surveillance. Ainsi, l'évaluation 2018 de ces zones repose sur l'analyse de produits issus des images satellites (MODIS) et de la modélisation.

Tableau 4 : Outils d'évaluation de l'atteinte du BEE pour le critère D1C6 au titre du descripteur 1, pour la composante « Habitats pélagiques » identifiés pour l'évaluation DCSMM 2018. Sur fond bleu sont représentés les indicateurs/métriques utilisés pour cette évaluation et sur fond rouge ceux qui sont en développement. Des informations supplémentaires sont disponibles via les liens hypertextes (également cités en fin de document).

Critère	**D1C6** **Les caractéristiques du type d'habitat ne subissent pas d'effets néfastes dus à des pressions anthropiques** ***Primaire***				
Indicateurs associés	PH1 – OSPAR Changements des groupes fonctionnels du plancton	PH2 OSPAR (adaptation) Biomasse phytoplanctonique *(PH2 PHYTO - OSPAR)*	 Abondance du zooplancton (*PH2 ZOO - OSPAR)*	PH3 OSPAR (adaptation) Changements dans la biodiversité du phytoplancton *(PH3 PHYTO - OSPAR)*	 Changements dans la biodiversité du zooplancton *(PH3 ZOO - OSPAR)*
Éléments considérés par l'indicateur	Côte : Types de Masses d'Eau Côtières DCE (MEC DCE) Large : Paysages marins	Côte : Types MEC DCE Large : Paysages marins		Côte : Types MEC DCE	
Unités marines de rapportage		Côte : SRM MMN Large : SRM MMN		Côte : SRM MMN	
Echelle géographique d'évaluation		Côte : stations côtières Large : Emprise surfacique de chaque paysage marin		Stations côtières	
Métrique et méthode de calcul de l'indicateur	Pour chaque paire de groupes fonctionnels : 1/ Projection graphique de l'abondance au cours des cycles saisonniers d'un groupe fonctionnel en fonction de l'abondance de l'autre groupe fonctionnel pour la période d'évaluation et pour une période de référence. 2 / Détermination graphique des Plankton Index (PI ; Tett *et al.* 2008) : écarts entre ces deux projections graphiques Les valeurs des PI sont comprises entre 0 (changement total) et 1 (pas de changement).	1 / Régularisation (*via* la fonction « regul » - Logiciel R « Pastecs ») des données de concentrations en chlorophylle-*a* et d'abondance des copépodes par station (moyenne mensuelle - Côte) ou par groupe de paysage marin (P90 - Large) 2 / Normalisation des données (transformation log(x+1)) 3 / Dé-saisonnalisation des séries de données et détermination des anomalies par rapport au cycle saisonnier calculé pour la période de référence définie par défaut comme la période précédant la période d'évaluation. 4/ Calcul des sommes cumulées des anomalies mensuelles 5/ Etude des tendances des sommes cumulées sur la période évaluée (Test de Spearman)		1 / Calcul d'indices de diversité alpha (Menhinik, Hulburt) et beta (LCBD, IVI) à partir des abondances mensuelles déterminées au niveau du genre du phytoplancton. 2 / Définition d'un EQR annuel pour les indices (Menhinik, (100 - Hulburt) et LCBD) 3 / Calcul de PH3 intégré annuel à partir de la moyenne des EQR annuel de chaque indice 4 / Calcul de PH3 intégré pour la période évaluée à partir de la moyenne des « PH3 intégrés annuels »	1 / Calcul d'indices de diversité alpha[1] (Gini, Piélou, Margalef et Menhinik) et beta (LCBD, IVI) à partir des abondances de zooplancton (abondances mensuelles). 2 / Définition d'un EQR annuel pour les indices 3 / Calcul de PH3 annuel à partir de la moyenne des EQR annuel de chaque indice 4 / Calcul de PH3 pour la période évaluée à partir de la moyenne des PH3 annuels

Critères	D1C6 *Primaire*				
Indicateurs associés	PH1 – OSPAR	PH2 OSPAR (adaptation)		PH3 OSPAR (adaptation)	
	Changements des groupes fonctionnels du plancton	Biomasse phytoplanctonique *(PH2 PHYTO OSPAR)*	Abondance du zooplancton *(PH2 ZOO OSPAR)*	Changements dans la biodiversité du phytoplancton *(PH3 PHYTO OSPAR)*	Changements dans la biodiversité du zooplancton *(PH3 ZOO OSPAR)*
Unité de mesure		µg/L	nombre d'individus / m^3	sans unité	
Années considérées		Côte : 1992-2016 Large : 1998 - 2016		1992-2016	
Jeux de données		Côte : Données stations côtières Réseaux (REPHY[2] + SRN[3]) Large : images satellite journalières (MODIS) traitées avec l'algorithme OC5Me ;		Côte : Données stations côtières Réseau REPHY[2] et SRN[3]	
Seuil BEE	Pas de seuil BEE	Pas de seuil BEE	Pas de seuil BEE	Pas de seuil BEE	Pas de seuil BEE

[1] L'indice de Gini est un indice de dominance correspondant à la probabilité que deux individus aléatoirement choisis dans une communauté soient de différentes espèces (Gini, 1912) ; L'indice de Piélou est un Indice d'équité qui permet de voir si la communauté peut-être hautement dominée par certaines espèces (notamment par des espèces opportunistes qui sont souvent très abondantes dans les communautés) (Piélou, 1969, 1975) ; L'indice de Margalef est un indice de biodiversité (Margalef 1951, 1958).

[2] REPHY : Réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines

[3] SRN : Suivi Régional des Nutriments

[4] SOMLIT : Service d'Observation en Milieu LITtoral

2.4 Méthode d'évaluation du descripteur

La Figure 4 présente de manière synthétique la méthode d'évaluation utilisée pour l'évaluation 2018. L'atteinte du BEE pour la composante « Habitats pélagiques » du descripteur 1 –est basée sur l'évaluation, pour chaque habitat pélagique, du critère D1C6 renseigné par deux indicateurs (PH2 et PH3) caractérisant les communautés planctoniques. Le lien entre les habitats pélagiques considérés pour l'évaluation 2018 (masses d'eau côtières DCE et paysages marins) et les quatre grands types d'habitats pélagiques définis dans la décision 2017/848/UE (eaux à salinité variable, eaux des zones côtières, eaux du plateau continental et haute mer) n'est pour le moment pas défini.

De plus, en l'absence de valeurs seuils, l'atteinte du BEE n'a pu être évaluée pour aucun indicateur. Par ailleurs, l'état d'avancement des développements de ces indicateurs n'a pas permis de définir, pour un même type d'habitat pélagique, de méthode d'intégration au niveau du critère.

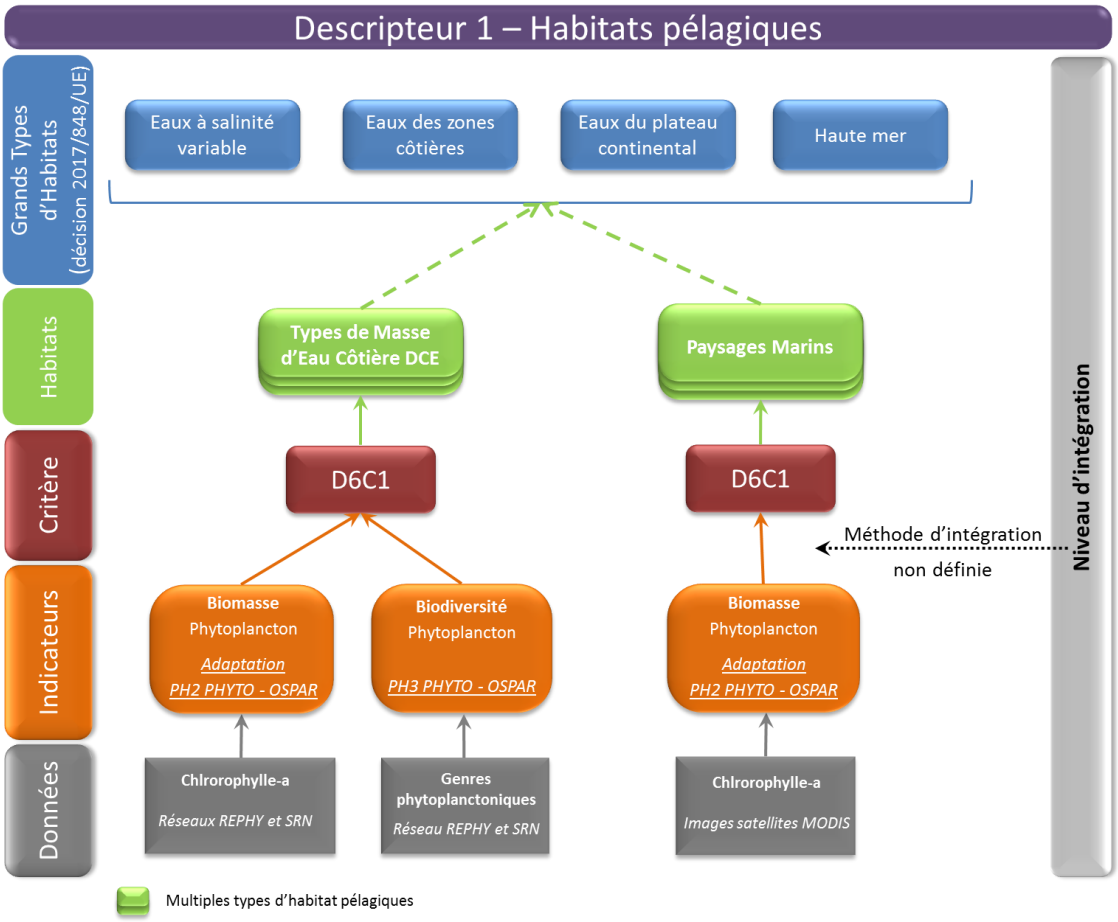

Figure 4 : Schéma décrivant la méthode d'évaluation 2018 pour la composante « Habitats pélagiques » du Descripteur 1

2.5 Travaux internationaux et communautaires de coopération

Les travaux réalisés dans le cadre de l'IA OSPAR 2017 ont permis le développement des méthodologies de calcul des indicateurs retenus au titre du D1C6 pour l'évaluation DCSMM 2018. Les trois types d'indicateurs choisis ont été développés dans le cadre de la convention OSPAR par le groupe de travail ICG-COBAM (Intersessional Correspondence Group on Coordination of Biodiversity

Assessment and Monitoring) en particulier au sein du projet EcApRHA (Applying an Ecosystem Approach to (sub) Regional Habitat Assessment, 2015-2017). Ce projet a également permis de tester ces indicateurs sur des jeux de données européens à partir de données stationnelles et des données enregistrées en continu par le programme de surveillance CPR- SAFHOS. En revanche, aucune coopération régionale n'a été établie pour le moment en Méditerranée, mais des discussions avec des experts italiens et espagnols ont été initiées, et se poursuivront, comme pour les autres façades, au sein de groupes de travail internationaux [ICG COBAM ; WGBIODIV (Working Group on Biodiversity Science) et WGPME (Working Group on Phytoplankton and Microbial Ecology) du Conseil International pour l'exploration de la Mer (CIEM) ; WG Trends PO (Working Group on climate change and global Trends of Phytoplankton in the Ocean) de la Commission Océanographique Internationale (COI-UNESCO)], au sein des conventions de mers régionales correspondantes (Convention de Barcelone), ainsi qu'au sein de réseaux d'observatoires côtiers européens comme le projet JERICO-Next et l'European Marine Board (EuroMarine).

3 Résultats de l'évaluation pour la Sous-Région Marine Manche– Mer du Nord (SRM MMN)

3.1 Biomasse phytoplanctonique (PH2-PHYTO)

La Figure 5 présente, à titre d'illustration, la courbe des sommes cumulées des anomalies mensuelles des concentrations en chlorophylle-*a* pour la station côtière point 1 de Boulogne.

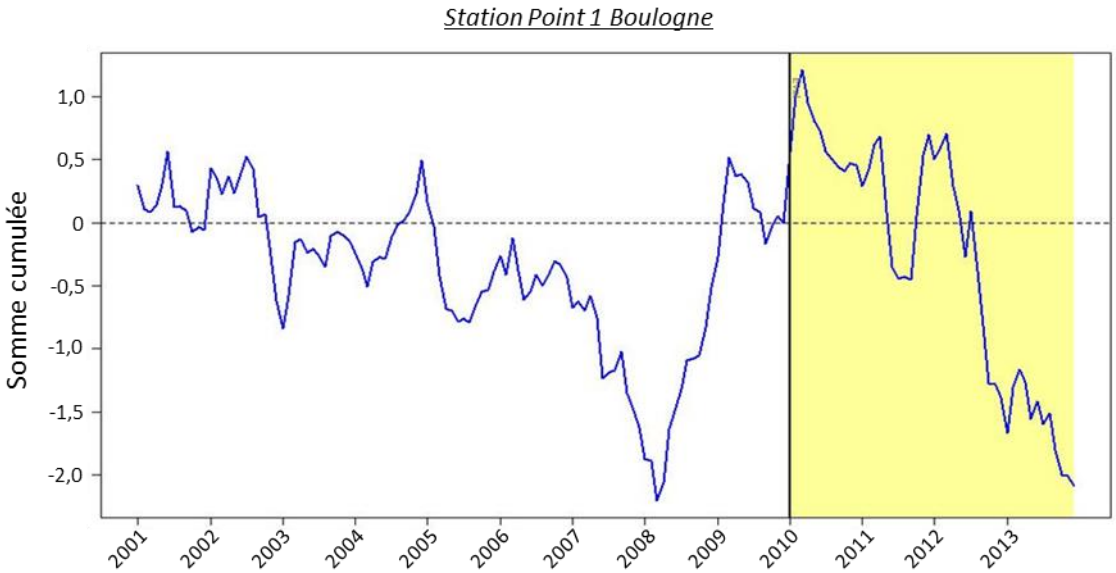

Figure 5 : Exemple de résultats obtenus pour l'indicateur PH2-PHYTO : sommes cumulées des anomalies mensuelles des concentrations en chlorophylle-a pour la station Point 1 Boulogne. La période d'évaluation (2010-2016) est représentée en jaune et la période de référence (sur laquelle le cycle saisonnier de référence a été calculé) en blanc.

Le Tableau 5 présente, pour chaque station suivie dans les différents types de masses d'eau côtières DCE présents dans l'UMR Côte SRM MMN, l'étude des tendances des anomalies mensuelles (sommes cumulées et tests de Spearman) de la **biomasse phytoplanctonique côtière** (estimée à partir des concentrations en chlorophylle-*a*) sur la période d'évaluation.

Au cours de la période d'évaluation les courbes des sommes cumulées présentent des pentes négatives sur toutes les stations, excepté à la station Point 1 de Dunkerque (pente positive) et à Denneville (pas de tendance). Les anomalies sont donc principalement négatives, indiquant que la biomasse phytoplanctonique côtière tend à être inférieure entre 2010 et 2016 à celle du cycle saisonnier de référence calculé à partir des données antérieures à 2010.

Même si les tendances observées sont relativement homogènes, les périodes de changement (ruptures de pentes) peuvent être décalées dans le temps entre les différentes stations.

Tableau 5 : Etude sur la période d'évaluation (2010-2016) des tendances (test Spearman ; p < 0,05) des sommes cumulées des anomalies mensuelles des concentrations en chlorophylle-a issues des séries phytoplanctoniques côtières, pour les différents types de masses d'eau côtières DCE (MEC DCE) présents dans l'UMR Côte SRM MMN.

Somme cumulée des anomalies mensuelles des séries phytoplanctoniques côtières UMR Côte SRM MMN		
Type MEC DCE	**Station**	**Tendance significative (2010-2016) par rapport au cycle saisonnier de référence**
C3	Antifer ponton pétrolier	Concentrations inférieures
	Cabourg	Concentrations inférieures
C9	At so	Concentrations inférieures
	Mimer	Concentrations inférieures
	Point 1 Boulogne	Concentrations inférieures
	Point 1 Dunkerque	**Concentrations supérieures**
C11	Ouistreham 1 mille	Concentrations inférieures
C17	Denneville	Pas de tendance
	Donville	Concentrations inférieures
	Pirou Bergerie Sud	Concentrations inférieures

Le Tableau 6 présente, pour chaque paysage marin présent dans l'UMR Large SRM MMN, l'étude des tendances des anomalies mensuelles (sommes cumulées et tests de Spearman) de la **biomasse phytoplanctonique du large** (estimée à partir de la concentration en chlorophylle-*a*) sur la période d'évaluation.

Tableau 6 : Etude sur la période d'évaluation (2010-2016) des tendances (test Spearman ; p < 0,05) des sommes cumulées des anomalies mensuelles des concentrations en chlorophylle-a issues des séries phytoplanctoniques du large, pour les différents paysages marins (PM) présents dans l'UMR Large SRM MMN.

Somme cumulée des anomalies mensuelles des séries phytoplanctoniques du large UMR Large SRM MMN	
Paysages marins	**Tendance significative (2010-2016) par rapport au cycle saisonnier de référence**
PM-2	Concentrations inférieures
PM-3	**Concentrations supérieures**
PM-4	Concentrations inférieures
PM-5	Concentrations inférieures
PM-6	Concentrations inférieures
PM-7	**Concentrations supérieures**
PM-8	Concentrations inférieures

Au cours de la période d'évaluation, les courbes des sommes cumulées présentent des pentes négatives pour tous les paysages marins, excepté pour les paysages PM-3 et PM-7 qui présentent une pente significativement positive. Les anomalies négatives indiquent que la biomasse phytoplanctonique du large tend à être inférieure entre 2010 et 2016 à celle du cycle saisonnier de référence calculé à partir des données antérieures à 2010 (et inversement pour PM-3 et PM-7).

En l'absence de valeurs seuils définies pour l'indicateur PH2-PHYTO, l'atteinte ou non du BEE vis-à-vis de la biomasse phytoplanctonique n'a pas pu être évaluée pour les grands types d'habitats pélagiques dans la SRM MMN.

3.2 Changements dans la biodiversité planctonique (PH3)

Pour les stations présentes dans l'UMR Côte SRM MMN, l'analyse des indices choisis pour décrire la structure et la diversité des communautés phytoplanctoniques et leurs variations au cours du temps confirme que les épisodes à faible richesse sont associés à de fortes dominances. Par ailleurs, ces épisodes sont également caractérisés par une forte valeur de l'indice LCBD, caractéristique d'une structure atypique des communautés qui pourrait s'expliquer par l'impact d'une ou plusieurs pressions anthropiques.

Les épisodes marquants ainsi mis en évidence diffèrent selon les types de masses d'eau considérés mais correspondent en général à des efflorescences de taxons communs de diatomées : genres *Chaetoceros, Guinardia, Phaeocystis, Dactyliosolen, Thalassiosira, Skeletonema,* ou encore Rhizosolenia, qui dominent sur l'ensemble du littoral français.

Pour l'UMR Côte SRM MMN, l'indicateur intégré PH3 montre qu'au cours de la période d'évaluation, l'année 2012 est l'année pour laquelle les conditions sont les plus proches de celles choisies comme référence (par défaut) en termes de richesse, de dominance et de structure des communautés phytoplanctoniques (Tableau 7). Cette observation en 2012 concerne 5 stations sur les 7 stations étudiées, les stations Antifer ponton pétrolier (MEC de type C3) et Donville (C17) présentant, quant à elles, des conditions plus proches des conditions de référence respectivement en 2014 et 2016. A l'échelle de la période d'évaluation, les niveaux de condition rencontrés dans les 3 types de masses d'eau étudiés (C3, C9 et C17) sont tous considérés comme «intermédiaires » par rapport aux conditions de référence provisoirement définies pour cette évaluation.

En l'absence de valeurs seuils définies pour l'indicateur PH3-PHYTO, l'atteinte ou non du BEE vis-à-vis des changements dans la biodiversité planctonique n'a pas pu être évaluée pour les grands types d'habitats pélagiques dans l'UMR Côte SRM MMN.

Tableau 7 : Valeurs annuelles des Ecological quality ratios (EQR) pour les trois indices de biodiversité planctonique (Menhinick, 100-Hulburt et LCBD), et intégration proposée pour l'indicateur PH3, pour les communautés phytoplanctoniques des masses d'eau côtières (MEC) de l'UMR Côte SRM MMN. Le niveau de condition des communautés phytoplanctoniques est précisé sur fond de couleur selon la grille suivante :

Très éloigné des conditions de référence	Assez éloigné	Intermédiaire	Assez proche	Très proche des conditions de référence

Typologie des MEC	Stations	Année considérée	EQR annuels pour les indices			Indicateur PH3 intégré	
			Menhinick	100-Hulburt	LCBD	Moyenne des EQR annuels	Moyenne 2010-2016
C3	Antifer ponton pétrolier	2010	0,68	0,48	0,13	0,43	0,58
		2011	0,78	0,77	0,22	0,59	
		2012	0,79	0,77	0,35	0,64	
		2013	0,69	0,64	0,19	0,50	
		2014	0,74	0,87	1,00	0,87	
		2015	0,83	0,98	0,03	0,61	
		2016	0,63	0,60	0,02	0,42	
C3	Cabourg	2010	0,57	0,60	0,11	0,42	0,44
		2011	0,51	0,54	0,13	0,39	
		2012	0,51	0,87	0,15	0,51	
		2013	0,64	0,67	0,07	0,46	
		2014	0,57	0,59	0,08	0,41	
		2015	0,55	0,58	0,16	0,43	
		2016	0,60	0,66	0,06	0,44	

Typologie des MEC	Stations	Année considérée	EQR annuels pour les indices			Indicateur PH3 intégré	
			Menhinick	100-Hulburt	LCBD	Moyenne des EQR annuels	Moyenne 2010-2016
C9	At so	2010	0,40	0,43	0,14	0,32	0,48
		2011	0,49	0,59	0,32	0,47	
		2012	0,63	0,55	0,49	0,56	
		2013	0,47	0,68	0,48	0,54	
		2014	0,44	0,57	0,42	0,48	
		2015	0,44	0,63	0,57	0,55	
		2016	0,48	0,54	0,39	0,47	
	Mimer	2010	0,41	0,54	0,11	0,35	0,46
		2011	0,41	0,58	0,12	0,37	
		2012	0,49	0,67	0,51	0,56	
		2013	0,49	0,74	0,35	0,53	
		2014	0,44	0,75	0,12	0,44	
		2015	0,45	0,66	0,51	0,54	
		2016	0,42	0,50	0,45	0,45	
	Point 1 Boulogne	2010	0,42	0,72	0,19	0,44	0,51
		2011	0,47	0,69	0,33	0,50	
		2012	0,73	0,74	0,52	0,66	
		2013	0,53	0,72	0,39	0,55	
		2014	0,58	0,65	0,62	0,62	
		2015	0,52	0,53	0,23	0,43	
		2016	0,36	0,46	0,28	0,37	
	Point 1 Dunkerque	2010	0,44	0,65	0,20	0,43	0,57
		2011	0,60	0,78	0,26	0,55	
		2012	0,58	0,71	0,85	0,72	
		2013	0,59	0,89	0,48	0,65	
		2014	0,52	0,74	0,36	0,54	
		2015	0,75	0,65	0,33	0,58	
		2016	0,42	0,69	0,48	0,53	
C17	Donville	2010	0,69	0,85	0,03	0,53	0,59
		2011	0,78	0,90	0,10	0,59	
		2012	0,58	0,62	0,08	0,43	
		2013	0,66	0,87	0,33	0,62	
		2014	0,71	0,80	0,14	0,55	
		2015	0,58	0,55	0,06	0,40	
		2016	1,00	0,96	1,00	0,99	

4 Bilan de l'évaluation de la composante « Habitats pélagiques » au titre du descripteur 1 et comparaison avec l'évaluation initiale de 2012

L'évaluation du BEE pour la composante « Habitats pélagiques » du descripteur 1 repose uniquement sur le suivi des communautés phytoplanctoniques, aucune donnée exploitable n'étant disponible pour le zooplancton. Elle est basée sur l'utilisation de 3 indicateurs développés dans le cadre de la Convention des Mers régionales OSPAR, qui couvrent des aspects complémentaires de la dynamique

des communautés planctoniques (groupes fonctionnels – PH1 ; biomasse/abondance – PH2 ; diversité et structure – PH3). Cette évaluation a nécessité d'importants remaniements des scripts de ces indicateurs afin de les adapter au calcul sur un grand nombre de stations côtières et également sur des données du large (paysages marins).

Ces indicateurs ont permis ainsi de décrire, à la fois pour les masses d'eau côtières DCE et les paysages marins, des tendances d'évolution des anomalies de **biomasse phytoplanctonique** (indicateur **PH2-PHYTO**) approchées par les concentrations chlorophylliennes analysées à partir d'échantillons de matières en suspension en stations côtières et calculées à partir des données d'images satellites au large dans la SRM MMN. Au cours de la période d'évaluation (2010-2016), ces tendances sont principalement négatives à la fois à la côte et au large. La biomasse phytoplanctonique tend donc à être inférieure à celle prédite par le cycle saisonnier de référence, excepté pour les stations Point 1 de Dunkerque (concentration supérieure) et Denneville (pas de tendance) ainsi que pour deux paysages marins PM-3 et PM-7 (concentration supérieure). L'analyse des pressions, ainsi que la prise en compte des paramètres environnementaux associés, serait nécessaire pour venir en appui à l'interprétation de ces résultats.

Concernant l'indicateur **PH3**, combinant des indices de **diversité planctonique,** il a été possible de rendre compte ainsi de changements dans la diversité et la structure des communautés, à l'échelle mensuelle. Des épisodes marquants ont ainsi été mis en évidence dans divers types de masses d'eau considérés, pouvant parfois caractériser des épisodes de bloom phytoplanctonique (dont des proliférations d'espèces potentiellement nuisibles/toxiques), en lien ou non avec des perturbations anthropiques. Un premier essai d'établissement de valeurs de référence a été possible pour le calcul d'Ecological Quality Ratios (EQRs) annuels à comparer avec une grille de lecture qui devra être affinée et testée au cours du prochain cycle DCSMM. L'atteinte ou non du BEE vis-à-vis des changements dans la biodiversité planctonique n'a pu être évaluée pour la façade MEMN.

L'indicateur **PH1**, relatif aux modifications de la dynamique comparée de groupes fonctionnels (PI index), est en cours de développement**.** L'atteinte ou non du BEE vis-à-vis de cet indicateur n'a pu être évaluée pour les grands types d'habitats pour la façade MEMN.

Cette évaluation n'a pu être comparée à l'évaluation initiale réalisée en 2012 car cette dernière ne comportait pas d'éléments de tendance ni d'éléments définissant des situations de référence. L'évaluation 2018 a ainsi permis un certain nombre d'avancées :

- une définition des paysages marins commune à différents descripteurs DCSMM est en cours de finalisation et devrait aboutir au cours du second cycle DCSMM si un effort de recherche et de concertation y est consacré.
- des travaux de développement des indicateurs Habitats Pélagiques ont été amorcés dans le cadre de coopérations nationales et internationales. En raison de leur niveau de développement et de l'absence de seuils fixés, ils ne permettent pas encore de fournir une évaluation quantitative de l'atteinte du BEE mais ils pourront traiter les zones de la côte et du large.

Références Bibliographiques

Circulaire DCE n° 2005-11 du 29 avril 2005 relative à la typologie nationale des eaux de surface (cours d'eau, plans d'eau, eau de transition et eaux côtières) en application de la directive 2000/60/DCE du 23 octobre 2000 du Parlement et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, BO MEDD n° 13 du 15 juillet 2005

Curtis J. T., McIntosh R. P., 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. Ecology 31, 434–455. https://doi.org/10.2307/1931497

Directive 2008/56/CE du parlement européen et du conseil du 17 juin 2008 établissant un cadre d'action communautaire dans le domaine de la politique pour le milieu marin (directive-cadre « stratégie pour le milieu marin »). JO L 164 du 25.6.2008, p.19.

Décision (UE) 2017/848 de la commission du 17 mai 2017 établissant des critères et des normes méthodologiques applicables au bon état écologique des eaux marines ainsi que des spécifications et des méthodes normalisées de surveillance et d'évaluation, et abrogeant la directive 2010/477/UE. JO L 125 du 18.5.2017, p.32.

Gini, C., 1912. "Variabilità e mutabilità", Memori di metodologia statistica, Vol. 1, Variabilità e Concentrazione. Libreria Eredi Virgilio Veschi, Rome. 211–382.

Hulburt, E., 1963. The diversity of phytoplanktonic populations in oceanic, coastal, and estuarine regions. Journal of Marine Research, 21, 81–93.

Legendre, P., De Cáceres, M., 2013. Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. Ecology Letters 16, 951–963. Menhinick E. F., 1964. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. Ecology, 45, 859–861.

Margalef, R., 1958. Information theory in biology. General Systems Yearbook 3, 36–71.

Margalef, R., 1978. Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. Oceanologica acta 1, 493–509.

Mukherjee, B., Nivedita, M., Mukherjee, D., 2010. Plankton diversity and dynamics in a polluted eutrophic lake, Ranchi. Journal of Environmental Biology, 31, 827–839.

Pielou, E.C., 1969. An introduction to mathematical ecology. New York, USA, Wiley-Inter-science.

Pielou, E., 1975. Ecological Diversity, Wiley & Sons. ed. New York.

Reynolds, C.S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L., Melo, S., 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. Journal of Plankton Research, 24, 417–428. https://doi.org/10.1093/plankt/24.5.417

Tett, P., Gowen, R.J., Painting, S.J., Elliott, M., Forster, R., Mills, D.K., Bresnan, E., Capuzzo, E., Fernandes, T.F., Foden, J., 2013. Framework for understanding marine ecosystem health. Marine Ecology Progress Series 494, 1–27. https://doi.org/10.3354/meps10539

Pour en savoir plus…

Indicateurs

PH1 : https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/biodiversity-status/habitats/changes-phytoplankton-and-zooplankton-communities/

PH2 : https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/biodiversity-status/habitats/plankton-biomass/

PH3 : https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/biodiversity-status/habitats/pilot-assessment-changes-plankton/

Données sources

REPHY : http://envlit.ifremer.fr/surveillance/phytoplancton_phycotoxines

SRN : https://wwz.ifremer.fr/manchemerdunord/Environnement/LER-Boulogne-sur-Mer/Surveillance-et-Observation/Suivi-Regional-des-Nutriments

CPR : : http://sextant.ifremer.fr/record/f57734b4-0485-4571-8ae1-5bc1e2a7c327/

MODIS/Télédétection : https://lpdaac.usgs.gov/data_access/usgs_earthexplorer
http://wwz.ifremer.fr/dyneco/Lab.-Pelagos/Thematiques/Teledetection

Jeux de données

REPHY + SRN : http://sextant.ifremer.fr/record/c5dd9e6f-b45f-4cd6-984d-95d13c8d1f1f/

Travaux internationaux et communautaires de coopération

Projet EcApRHA : https://www.ospar.org/work-areas/bdc/ecaprha

Projet JERICO NEXT : http://www.jerico-ri.eu/

European Marine Board : http://www.marineboard.eu/