



FICHE

11

Messages clés de l'évaluation du milieu marin de la façade MEMN

1. Qu'est-ce que l'évaluation du bon état écologique ?

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM), chaque Etat membre adopte, à son échelle, une définition du bon état écologique. Le bon état écologique correspond à un bon fonctionnement des écosystèmes (au niveau biologique, physique chimique et sanitaire) permettant un usage durable du milieu marin. Une évaluation de l'état écologique des eaux marines et de l'impact environnemental des activités humaines sur ces dernières est alors réalisée. Elle s'appuie sur 11 « descripteurs thématiques » qui correspondent à différentes composantes de l'environnement permettant de définir l'état du milieu marin. Pour évaluer l'atteinte du bon état écologique au titre des 11 descripteurs, les Etats membres s'appuient sur les normes méthodologiques définies par la Commission européenne et précisées par les experts au regard de la meilleure connaissance disponible. Sur cette base, des travaux d'évaluation sont réalisés par des organismes scientifiques (Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, Muséum national d'Histoire naturelle, Cedre, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Université Pierre et Marie Curie, Université de La Rochelle, Université de Liège, service hydrographique et océanographique de la Marine, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail).

L'évaluation du bon état écologique est réalisée au début de chaque cycle de mise en œuvre de la DCSMM, soit tous les six ans.

Les descripteurs qualitatifs servant à définir le bon état écologique, tels que définis dans la directive cadre stratégie pour le milieu marin, sont les suivants :

D1 « Biodiversité » : 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.

Ce descripteur est décliné suivant plusieurs groupes d'espèces :

- **Les habitats benthiques** : plus communément appelés « fonds marins », ils se définissent par les espèces qui les composent, ainsi que par leurs fonctionnalités pour les espèces : nourricerie, frayère, zone d'alimentation, de reproduction ou de repos.
- **Les habitats pélagiques** : Le domaine pélagique correspond à la zone libre de la colonne d'eau (hors côtes et fond). Il est habité par le pelagos, c'est-à-dire l'ensemble des organismes, animaux et végétaux, qui vivent en pleine mer, sans contact avec le fond marin (par opposition aux espèces benthiques) ou le rivage.
- **Les mammifères marins** (phoques, baleines, dauphin, marsouins, etc.)
- **Les oiseaux marins** (limicoles, puffins, mouettes, goélands, cormorans, etc.)
- **Les poissons et céphalopodes** : les céphalopodes sont animaux invertébrés, dont les tentacules à ventouses sont reliés à leur tête (seiche, calmar, poulpe, etc.).
- **Les tortues marines** (luth, caouanne, etc.).

D2 « Espèces non indigènes » : Les espèces non indigènes introduites par le biais des activités humaines sont à des niveaux qui ne perturbent pas les écosystèmes.

On désigne par le terme Espèce Non Indigène (ENI) toute espèce animale ou végétale dont la présence hors de son aire de répartition naturelle est avérée. Ces espèces représentent une menace majeure pour la biodiversité marine.

D3 « Espèces commerciales » : Les populations de tous les poissons et crustacés exploités à des fins commerciales se situent dans les limites de sécurité biologique, en présentant une répartition de la population par âge et par taille qui témoigne de la bonne santé du stock.

Les principales espèces (ou groupe d'espèces) commerciales sont la coquille Saint-Jacques, le merlu, les baudroies, la sole, les dorades, le maquereau, la sardine, l'anchois, les céphalopodes (seiches et calmars) et les thonidés (germon, thon rouge, thons tropicaux).

D4 « Réseaux trophiques » : Tous les éléments constituant le réseau trophique marin, dans la mesure où ils sont connus, sont présents en abondance et diversité normales et à des niveaux pouvant garantir l'abondance des espèces à long terme et le maintien total de leurs capacités reproductives.

Un réseau trophique se définit comme l'ensemble des relations alimentaires entre espèces au sein d'un écosystème, par lesquelles l'énergie et la matière circulent. Dans le milieu marin, les relations trophiques prennent la forme d'un réseau, souvent d'une très grande complexité faute de méthode d'évaluation stabilisée, l'état des réseaux trophique n'a pu être évalué lors du présent cycle de mise en oeuvre de la DCSMM.

D5 « Eutrophisation » : L'eutrophisation d'origine humaine, en particulier pour ce qui est de ses effets néfastes, tels que l'appauvrissement de la biodiversité, la dégradation des écosystèmes, la prolifération d'algues toxiques et la désoxygénation des eaux de fond, est réduite au minimum.

L'eutrophisation marine est un déséquilibre du milieu provoqué par des apports excessifs de nutriments, notamment l'azote et le phosphore. Elle est caractérisée par un développement important des végétaux, qui provoque des dysfonctionnements au sein de l'écosystème.

D6 « Intégrité des fonds marins » : Le niveau d'intégrité des fonds marins garantit que la structure et les fonctions des écosystèmes sont préservées et que les écosystèmes benthiques, en particulier, ne sont pas perturbés.

D7 « Changements hydrographiques » : Une modification permanente des conditions hydrographiques ne nuit pas aux écosystèmes marins.

Dans les eaux marines, les conditions hydrographiques sont multiples : les vagues, la marée, les courants, la bathymétrie, la nature des fonds, la turbidité, la température et la salinité. Essentielles, elles représentent les facteurs non-vivants d'un écosystème (dits abiotiques) et interagissent avec les facteurs vivants.

D8 « Contaminants » : Le niveau de concentration des contaminants ne provoque pas d'effets dus à la pollution.

L'évolution exponentielle de la production chimique industrielle et des pratiques agricoles, ainsi que l'augmentation des rejets pharmaceutiques et domestiques accentuent le phénomène de la contamination chimique. Les contaminants chimiques atteignent le milieu marin en transitant par les voies fluviales, les vents, les pluies ou en étant directement rejetés dans les océans.

D9 « Questions sanitaires » : Les quantités de contaminants présents dans les poissons et autres fruits de mer destinés à la consommation humaine ne dépassent pas les seuils fixés par la législation communautaire ou autres normes applicables.

D10 « Déchets marins » : Les propriétés et les quantités de déchets marins ne provoquent pas de dommages au milieu côtier et marin.

D11 « Bruit sous-marin » : L'introduction d'énergie, y compris de sources sonores sous-marines, s'effectue à des niveaux qui ne nuisent pas au milieu marin.

Autres précisions de vocabulaires sur les messages clés :

- **Sous-région marine** : échelle d'évaluation définie sur la base de caractéristiques hydrologiques, océanographiques et biogéographiques.
- **Critères** : caractéristiques techniques liées aux descripteurs. Ils prennent la forme suivante dans les conclusions des évaluations « D(n° du descripteur)C(n° du critère) ».

Par exemple, le D1C1 est défini par « Le taux de mortalité par espèce dû aux captures accidentelles est inférieur au niveau susceptible de constituer une menace pour l'espèce, de sorte que la viabilité à long terme de celle-ci est assurée. »

- **Indicateur** : une variable ou une combinaison de variables pouvant être mesurées, calculées ou modélisées en vue de renseigner un critère et de quantifier les améliorations ou dégradations de l'état écologique
- **Valeur seuil** ou « seuil » : une valeur, une fourchette de valeurs ou une gamme de valeurs permettant d'évaluer le niveau de qualité atteint pour un critère ou un indicateur donné, contribuant ainsi à l'évaluation du degré de réalisation du bon état écologique

Les principaux enseignements des évaluations sont résumés ci-dessous.

2. Principales conclusions des évaluations

D1 – Habitats benthiques

L'évaluation de la composante « Habitats benthiques » au titre des descripteurs 1 et 6 est réalisée, pour la période 2016-2021. Les Grands Types d'Habitats (GTH) présents ainsi que les Autres Types d'Habitats (ATH habitats particuliers) pertinents à l'échelle de la Sous-Région Marine Manche - Mer du Nord (SRM MMN) sont évalués.

L'état de chaque GTH et ATH est évalué grâce à la combinaison du dire d'experts et des résultats d'indicateurs relatifs à l'étendue des effets néfastes liés aux pressions anthropiques sur l'état du type d'habitat, notamment l'altération de sa structure biotique et abiotique et de ses fonctions (D6C5). L'étendue de la perte du type d'habitat résultant de pressions anthropiques (D6C4) n'a pas pu être renseignée de manière spécifique dans le cadre de cette évaluation.

Ainsi pour la SRM MMN, cinq GTH sur les 17 présents dans la SRM et deux ATH ont été évalués : les « Herbiers de phanérogames : *Zostera noltei* et *Zostera marina* » et les « Récifs à *Sabellaria alveolata* » (hermelle). Le GTH « Roches et récifs biogènes infralittoraux » est en bon état. Les autres GTH et ATH sont dans un état inconnu.

Habitats Benthiques - Sous-Région Marine Manche - Mer du Nord (SRM MMN)	
Grands types d'habitats benthiques (GTH)	
<i>D'autres GTH sont présents à l'échelle de la SRM MMN mais ne bénéficient pas d'évaluation. Ils ne sont pas présentés ici.</i>	
●	Roches et récifs biogènes infralittoraux
●	Sédiments intertidaux
●	Sables infralittoraux
●	Vases infralittorales
●	Sédiments hétérogènes infralittoraux
Autres types d'habitats benthiques	
●	Herbiers de phanérogames : <i>Zostera noltei</i> et <i>Zostera marina</i>
●	Récifs à <i>Sabellaria alveolata</i>
●	Bon état
●	Etat inconnu

Bien que l'état des ATH soit considéré comme inconnu, cette évaluation permet de mettre en avant les connaissances sur ces habitats à forts enjeux de conservation (analyse non menée lors du cycle 2).

Pour les « Herbiers de phanérogames : *Zostera noltei* et *Zostera marina* » les évaluations disponibles (listes rouges régionales, Directive Cadre sur l'Eau et convention des mers régionales) montrent majoritairement un mauvais état de cet habitat. Toutefois, le manque de représentativité des données disponibles (couverture spatiale et temporelle, fonctionnalité écologique notamment) ne permet pas de statuer sur l'état de cet ATH pour la période 2015-2020. Cependant, de nombreuses pressions s'exerçant sur les herbiers, une vigilance doit être portée sur les quelques herbiers présents dans la SRM MMN. Des surfaces d'herbiers de *Z. noltei* non négligeables à l'échelle de la SRM sont présentes dans la Baie des Veys, précisément en Masse d'Eau de Transition au sens de la DCE (Auby et al., 2018) ; à ce titre, elles ne sont pas considérées dans la présente évaluation qui porte uniquement sur les Masses d'Eau Côtières au sens de la Directive Cadre sur l'Eau.

Concernant les « Récifs à *Sabellaria alveolata* », le récif de Champeaux est le seul récif d'hermelles suivi de manière pérenne au sein de la SRM. Sur la période d'évaluation, l'état du récif est en dégradation mais cette dégradation a toutefois ralenti et une amélioration a même été observée lors du suivi de l'hiver 2022.

Néanmoins le récif de Champeaux reste fragile et des risques à court terme persistent quant à la pérennité de la dynamique d'amélioration actuellement observée. Les dynamiques observées sur le récif de Champeaux semblent représentatives de la dégradation assez massive d'une partie d'habitat de cette SRM, notamment des récifs très côtiers, soumis à des afflux massifs et réguliers de pêcheurs à pied, à plusieurs dragages de chalutiers et à un ensablement constaté sur le terrain.

La méthodologie de l'évaluation ayant évolué entre les deux cycles, la comparaison avec les résultats de l'évaluation précédente est impossible.

D1 – Habitats pélagiques

L'atteinte du Bon Etat Ecologique (BEE) au titre de la composante « Habitats pélagiques » du descripteur 1 est définie selon un **seul critère**, le **D1C6** visant à évaluer l'étendue spatiale de chaque grand type d'habitat pélagique subissant des effets néfastes dus aux pressions anthropiques.

En l'absence de définition consensuelle de ces grands types d'habitats pélagiques et d'indicateurs opérationnels, tant au niveau national qu'europpéen, comme pour le cycle 2, aucune évaluation de la composante « Habitats pélagiques » n'a pu être menée pour la façade maritime Manche Est - Mer du Nord.

Toutefois, les travaux entrepris au niveau national ont permis des avancées majeures dans la stabilisation de méthodes d'évaluation. Les travaux nationaux ont contribué à l'opérationnalisation de l'indicateur OSPAR PH2-phytoplancton et ont œuvré à la définition de biorégions (= échelles spatiales basées sur la dynamique des communautés planctoniques) alimentant les futures échelles d'évaluation en Manche et Atlantique.

D1 – Mammifères marins

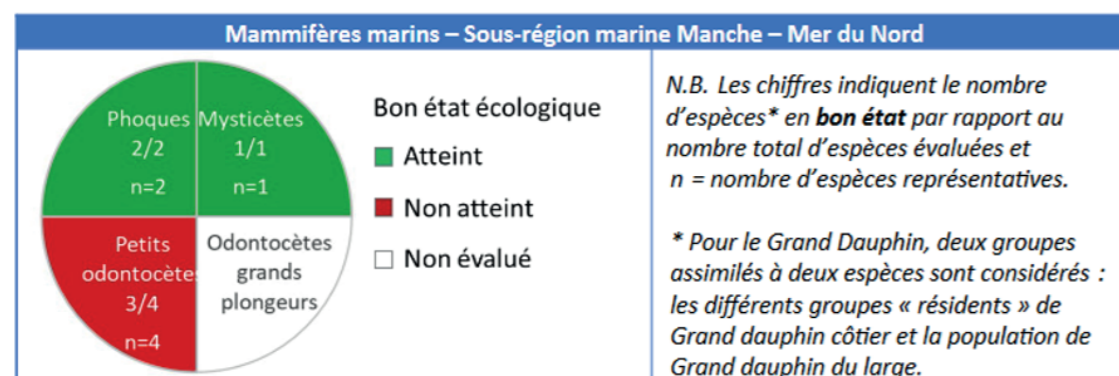
L'évaluation de la composante « Mammifères » au titre du descripteur 1 est réalisée, pour la période 2016-2021 au niveau de chaque groupe d'espèces à l'échelle de la Sous-Région Marine Manche – Mer du Nord (SRM MMN). Pour statuer sur l'atteinte du Bon Etat Ecologique (BEE) de chaque groupe d'espèces, des espèces représentatives ont été sélectionnées dans la SRM. Un groupe d'espèces atteint le BEE si toutes les espèces évaluées de ce groupe sont en bon état.

L'état des espèces de mammifères marins est évalué sur la base d'indicateurs relatifs au taux de mortalité par captures accidentelles (critère D1C1), à l'abondance (critère D1C2) et aux caractéristiques démographiques des populations (critère D1C3). Les critères relatifs à la distribution spatiale (D1C4) et à l'habitat (D1C5) des mammifères marins n'ont pas pu être renseignés dans le cadre de cette évaluation faute de méthode consensuelle et opérationnelle disponible.

Pour la SRM MMN, six espèces (en distinguant pour le Grand dauphin, les groupes « résidents » côtiers et la population du large) appartenant à trois groupes d'espèces (phoques, mysticètes et petits odontocètes) ont été évaluées, soit l'ensemble des espèces représentatives. Pour la plupart de ces espèces (excepté le Phoque gris et le Marsouin commun), les meilleures connaissances disponibles à date ne permettent d'évaluer que le critère relatif à l'abondance (D1C2). Les odontocètes grands plongeurs sont absents de la SRM.

Les groupes des phoques et des mysticètes atteignent les conditions du BEE.

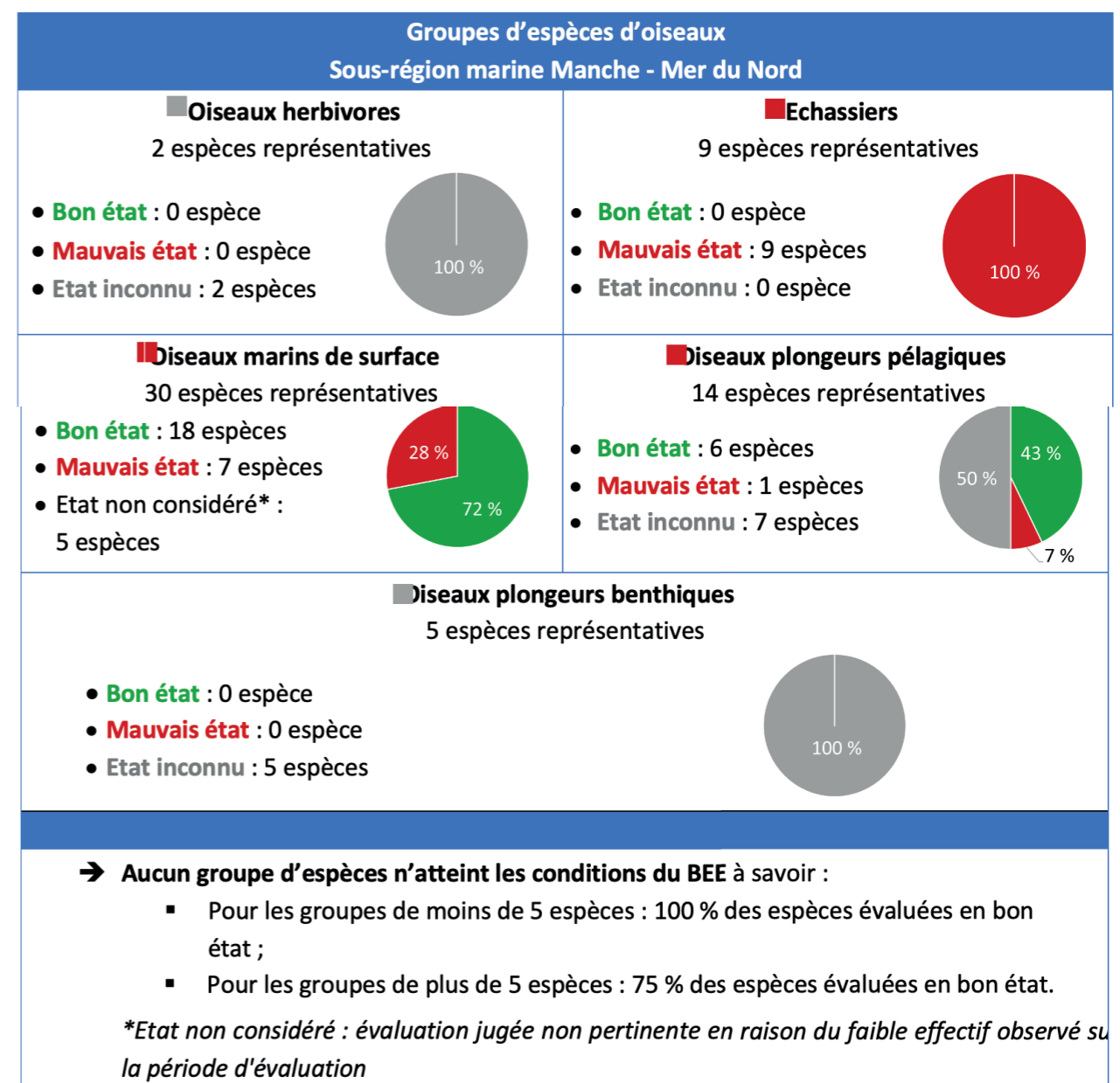
Le groupe des petits odontocètes n'atteint pas les conditions du BEE car le Marsouin commun est en mauvais état de par des niveaux de captures accidentelles trop importants. Toutefois, malgré ce taux de mortalité élevé, les indicateurs relatifs à l'abondance n'ont pas détecté de changements significatifs pour le Marsouin commun et l'intensité des pressions anthropiques estimée au travers des variations des événements de mortalité extrême apparaît stable.



L'état des différentes espèces évaluées n'évolue pas par rapport à l'évaluation menée au cycle 2 avec uniquement le Marsouin commun en mauvais état pour la SRM MMN.

D1 – Oiseaux marins

L'évaluation de la composante « Oiseaux » au titre du descripteur 1 est réalisée, pour la période 2016-2021, au niveau de chaque groupe d'espèces à l'échelle de la Sous-Région Marine Manche – Mer du Nord (SRM MMN). Pour statuer sur l'atteinte du Bon Etat Ecologique (BEE) de chaque groupe d'espèces, des espèces représentatives ont été sélectionnées dans la SRM et l'état de chacune de ces espèces est évalué avant intégration au niveau du groupe d'espèces. Les populations nicheuses (reproductrices) et non-nicheuses (non reproductrices) d'une même espèce sont évaluées de manière indépendante. Ainsi 60 espèces sont évaluées. L'état des espèces d'oiseaux est évalué sur la base d'indicateurs relatifs à l'abondance (critère D1C2) et, pour les espèces nicheuses, d'un indicateur relatif aux caractéristiques démographiques des populations (critère D1C3 ; productivité de la reproduction). Faute de données et de méthode consensuelle, les critères relatifs au taux de mortalité par captures accidentelles (D1C1), à la distribution spatiale (D1C4) et à l'habitat des oiseaux marins (D1C5) n'ont pas pu être renseignés dans le cadre de cette évaluation. Toutefois, pour le D1C4, une analyse qualitative des données disponibles a été effectuée afin de renseigner des changements de distribution des espèces ou d'aire de répartition et ainsi servir de signaux d'alerte.

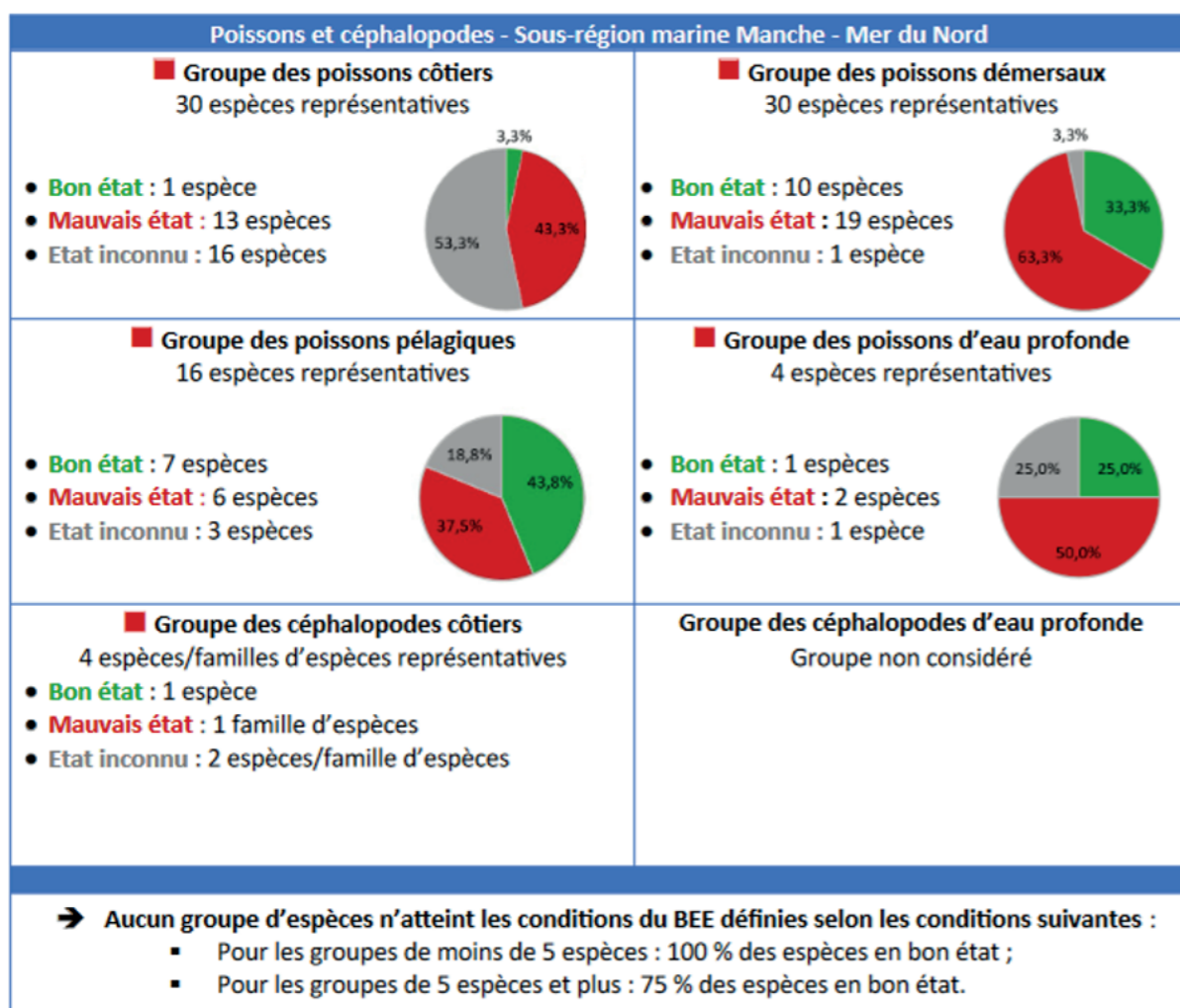


Lors du cycle 2, seules les espèces nicheuses avaient été évaluées et uniquement sur la base du critère D1C2. Aucune évaluation n'avait été produite pour les autres critères par manque de données. Par comparaison avec l'évaluation cycle 2, un maintien du bon état des populations nicheuses pour les « oiseaux marins de surface » et une amélioration de l'état pour les « oiseaux plongeurs pélagiques » nicheurs sont observés. Cependant, cette comparaison au sens strict est à considérer avec précaution compte tenu des modifications d'aspects méthodologiques de calcul des indicateurs et des modalités d'évaluation des espèces dans chaque groupe. De plus, les avancées méthodologiques ainsi que la mise en place de nouveaux suivis pour le cycle 3 ont permis l'évaluation de 29 espèces supplémentaires non nicheuses qui sont pour 15 d'entre elles en mauvais état.

D1 – Poissons et céphalopodes

L'évaluation des composantes « Poissons » et « Céphalopodes » au titre du descripteur 1 est réalisée, pour la période 2016-2021, au niveau de chaque groupe d'espèces à l'échelle de la Sous-Région Marine Manche - Mer du Nord (SRM MMN). Pour statuer sur l'atteinte du Bon Etat Ecologique (BEE) de chaque groupe d'espèces, des espèces représentatives ont été sélectionnées dans la SRM et l'état de chacune de ces espèces est évalué, avant intégration au niveau du groupe d'espèces. Pour la SRM MMN, 61 espèces/familles sur les 84 espèces/familles de poissons et céphalopodes identifiées comme représentatives de la SRM ont été évaluées avec un état bon ou mauvais pour ce cycle, contre 26 au cycle 2.

L'état des espèces est évalué sur la base d'indicateurs relatifs à l'abondance (D1C2), aux caractéristiques démographiques (D1C3) et à la distribution spatiale (D1C4) des poissons et céphalopodes. Faute de données et de méthode consensuelle, les critères relatifs au taux de mortalité par captures accidentelles (D1C1) et à l'habitat des poissons et céphalopodes (D1C5) n'ont pas pu être renseignés dans le cadre de cette évaluation.



Compte tenu des modifications de méthodologie importantes tant au niveau des espèces évaluées dans chaque groupe, que des modalités de calcul des indicateurs ou encore des règles de priorisation entre évaluations qualitatives et quantitatives, aucune comparaison avec les résultats du cycle 2 à l'échelle des groupes d'espèces n'a été possible.

D1 – Tortues marines

L'évaluation de la composante « Reptiles » au titre du descripteur 1 est réalisée, pour la période 2016-2021 au niveau du groupe d'espèces « Tortues » à l'échelle de la Sous-Région Marine Manche-Mer du Nord (SRM MMN). Pour la SRM MMN, quatre espèces : la Tortue caouanne, la Tortue de Kemp, la Tortue Luth et la Tortue verte sont à considérer et le groupe d'espèces « Tortues » atteint le Bon Etat Ecologique (BEE) si toutes les espèces évaluées sont en bon état.

L'évaluation de l'état des espèces de tortue marine doit être menée sur la base de cinq critères relatifs au taux de mortalité par captures accidentelles (critère D1C1), à l'abondance (critère D1C2), aux caractéristiques démographiques des populations (critère D1C3), à la distribution spatiale (critère D1C4) et à l'habitat (critère D1C5) des tortues marines. Toutefois aucun de ces critères n'a pas pu être renseigné dans le cadre de cette évaluation faute de données et/ou méthode consensuelle et opérationnelle disponibles.

Ainsi, l'état de chacune des espèces est considéré comme inconnu. Par conséquent, à l'échelle de la SRM MMN, l'atteinte du BEE par le groupe des tortues est inconnue.

Aucune évaluation de l'état global des espèces n'a été produite pour le cycle 2.

D2 – Espèces non indigènes

L'évaluation du Descripteur 2 « Espèces non indigènes » (D2) réalisée, pour la période 2015-2020, à l'échelle de la Sous-Région Marine Manche - Mer du Nord (SRM MMN) est renseignée par un unique critère, le D2C1, permettant d'évaluer les tendances de nouvelles introductions d'espèces non indigènes (ENI).

En effet, en l'absence de méthodes consensuelles, deux autres critères, portant sur l'abondance et la répartition des ENI établies (D2C2) et sur les effets néfastes dus à la présence d'ENI (D2C3) n'ont pas été évalués.

Ainsi, le Bon Etat Ecologique (BEE) est atteint pour les ENI nouvellement introduites si leur nombre a significativement diminué sur deux cycles consécutifs d'évaluation.

L'indicateur national « Tendance de nouvelles introductions d'ENI », permettant d'évaluer le D2C1, est basé sur la même méthodologie que l'indicateur « Tendance des nouveaux signalements d'ENI introduites par les activités humaines » développé par la Convention OSPAR.

Entre 2018 et 2020 (années considérées pour l'évaluation cycle 3), 13 nouvelles ENI (cinq annélides, quatre arthropodes, deux mollusques, une algue rouge et une algue verte) ont été observées et/ou signalées en SRM MMN. Cinq de ces 13 espèces constituent de nouveaux signalements à l'échelle nationale. Enfin, la majorité de ces nouvelles ENI (12 sur 13) ont été recensées sur les côtes normandes.

Lors de l'évaluation cycle 2, huit nouvelles ENI avaient été recensées en SRM MMN, sur la période 2012-2017, soit une moyenne de 1,3 ENI par an (0 à 2 nouvelles ENI par année) contre 4,3 ENI par an (1 à 6 nouvelles ENI par année) pour le cycle 3. Cependant, aucune tendance significative sur deux cycles consécutifs n'a pu être mise en évidence pour le nombre d'ENI nouvellement introduites : l'atteinte du BEE est donc inconnue.

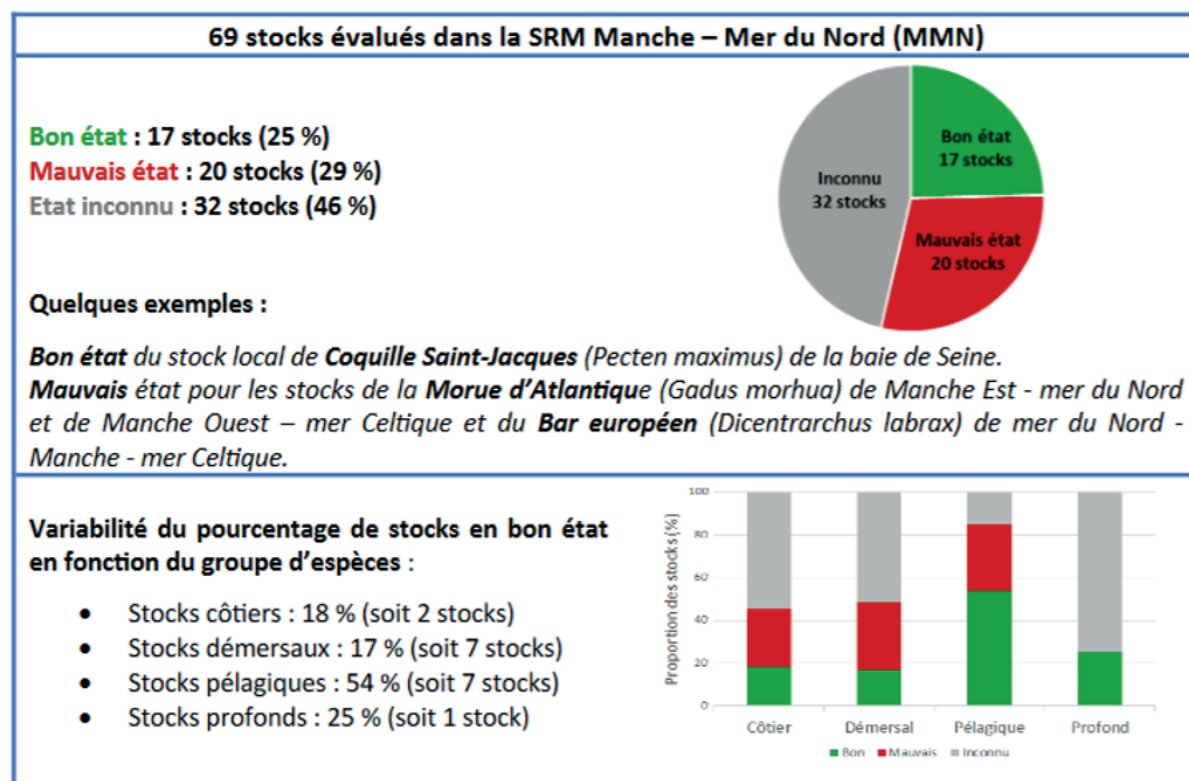
L'absence de recul et le peu de données acquises sur la période ne permettent pas une analyse complète, ni d'établir des évolutions temporelles pour les critères D2C2 et D2C3. Cependant, cette évaluation a permis de mettre en lumière des points à développer à la fois en termes de surveillance (notamment au niveau des vecteurs de déplacement et des zones les plus à risque d'introduction comme les zones portuaires) mais aussi en termes de développement d'indicateurs pour ces critères.

D3 – Espèces commerciales

L'évaluation du descripteur 3 est réalisée pour la période 2016-2021 au niveau de chaque stock¹ d'espèces commerciales sans agrégation des résultats à l'échelle de la Sous-Région Marine (SRM).

Cette évaluation se base, pour chaque stock, sur la mortalité par pêche (D3C1) et la biomasse du stock reproducteur (D3C2), à la condition que des points de référence qui définissent l'état du stock et son exploitation soient calculables. En revanche, le critère de répartition par âge et par taille (D3C3) n'est pas évalué.

L'atteinte du Bon Etat Ecologique (BEE) se base sur le principe de **rendement maximal durable**² développé dans le cadre de la politique commune de la pêche qui a pour objectif principal d'assurer la pérennité des pêcheries et de garantir des revenus et des emplois stables aux pêcheurs.



La comparaison des évaluations cycle 2 et cycle 3 est difficile à réaliser car :

- la liste des stocks ayant bénéficié d'une évaluation diffère avec une augmentation du nombre de stocks évalués : **26 stocks évalués au cycle 2 contre 69 stocks au cycle 3** ;
- la méthode d'évaluation du BEE a évolué entre les deux cycles.

Toutefois, pour les 26 stocks évalués pour la SRM MMN au cycle 2 et au cycle 3, **l'état s'est :**

- amélioré pour quatre stocks** : **Lançon** - stock du Dogger Bank, centre et Sud de la mer du Nord , **maquereau commun** - stock Atlantique Nord-Est et eaux adjacentes, **Thon germon** - stock Atlantique Nord, **Merlan** - stock mer du Nord et Manche Est ;
- dégradé pour cinq stocks** : **Merlan** - stock Sud des mers celtiques et Manche est, **Merlu européen** - stock Nord, **Plie d'Europe** - stock Manche Ouest, **Lieu noir** - stock mer du Nord et Ouest-Ecosse, **Sole commune** - mer du Nord.

Le résultat des évaluations du BEE décrit donc **l'état moyen des stocks sur la période du cycle 3** et peut ainsi **différer des résultats des évaluations annuelles** menées dans le cadre de la gestion des pêches.

D5 – Eutrophisation

L'évaluation du Descripteur 5 « Eutrophisation » (D5) est renseignée par **huit critères relatifs** à la concentration en **nutriments** (D5C1), en **chlorophylle-a** (D5C2) et en **oxygène dissous** (D5C5), à la **transparence** de la colonne d'eau (D5C4), aux **macroalgues opportunistes** (D5C6), aux **communautés de macrophytes** (D5C7) et à la **macrofaune benthique** (D5C8). Le critère relatif aux occurrences d'algues toxiques (D5C3) n'est pas évalué car le lien entre l'eutrophisation et son incidence sur les proliférations d'algues nuisibles n'a pas été clairement établi pour les eaux marines françaises.

L'eutrophisation d'origine anthropique a été évaluée pour la période 2015-2020 à l'échelle de la **zone côtière** (sous-divisée en masses d'eau côtières) et de la **zone large** (sous-divisée en paysages marins) au sein de la Sous-Région Marine Manche - Mer du Nord (SRM MMN).

Le **Bon Etat Ecologique (BEE)** n'est pas atteint à l'échelle de la **zone côtière** : cependant **73,2 %** de la surface évaluée est bon état (le seuil d'atteinte du BEE est fixé à 85 %). **Au large**, le BEE est atteint : les six paysages marins sont en bon état.

L'eutrophisation reste un enjeu majeur pour la SRM MMN. Ici, les manifestations de cette eutrophisation sont diverses : **excès d'azote**, biomasse de **phytoplancton élevée**, **échouages massifs d'algues vertes**. Le flux de la Seine joue un rôle majeur dans ces phénomènes, mais les apports d'autres fleuves à l'impact plus local ne sont pas négligeables (comme l'Orne ou la Somme par exemple).

Cette évaluation est le fruit d'une volonté d'**harmonisation inter-directives à la côte (DCE/DCSMM)** pour les éléments communs ; elle est par ailleurs fortement alignée avec la **convention des mers régionales OSPAR**.

Plusieurs **évolutions méthodologiques** (notamment l'introduction de paysages marin comme unité d'évaluation pour la zone large) rendent difficile la comparaison des résultats des cycles 2 et 3.

A la côte, le nombre de masses d'eau pour lesquelles le **critère D5C2** (chlorophylle-a) est en mauvais état diminue, illustrant un phénomène documenté de réduction de la production de biomasse. L'état des **critères D5C4, D5C5 et D5C6** semble stable et celui du critère **D5C7** semble s'être amélioré suite à la consolidation de l'évaluation par le dire d'experts qui a permis de statuer sur le lien entre les résultats de l'évaluation et le phénomène d'eutrophisation. Par ailleurs, l'utilisation du seuil révisé pour l'azote, moins contraignant pour le **critère D5C1**, se traduit par une diminution « artificielle » du nombre de masses d'eau pour lesquelles le critère D5C1 est en mauvais état. Le **critère D5C8** n'ayant pas été évalué au cycle 2, aucune comparaison n'est possible.

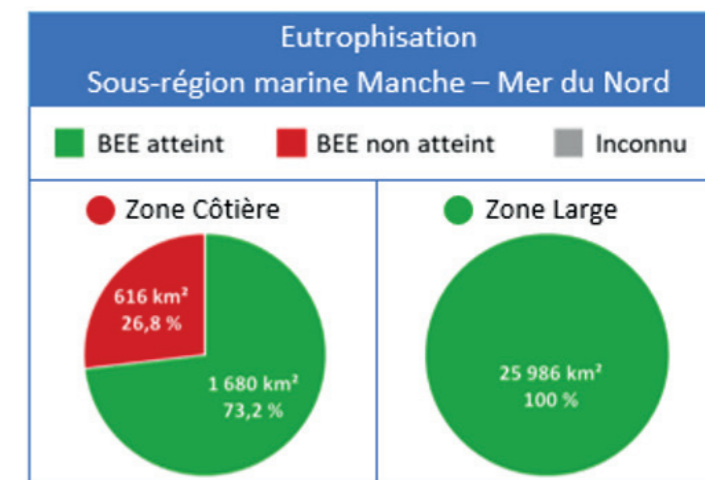
Dans la **zone large**, le changement d'échelle d'évaluation rend la comparaison difficile. Notons cependant que malgré un bon état écologique atteint pour l'ensemble des paysages marins, par des principes de pondérations, deux zones apparaissent malgré tout en mauvais état vis-à-vis des nutriments et de la chlorophylle-a au niveau du panache de la Seine et en face de la baie du Mont st Michel.

D6 – Intégrité des fonds marins

L'évaluation du Descripteur 6 « Intégrité des fonds marins » (D6) réalisée, pour la période **2015-2020**, à l'échelle de la **Sous-Région Marine Manche - Mer du Nord (SRM MMN)** est renseignée par trois critères permettant d'évaluer :

- l'étendue spatiale et la répartition des pertes physiques des fonds marins naturels (D6C1) ;
- l'étendue spatiale et la répartition des perturbations physiques des fonds marins naturels (D6C2) ;
- l'étendue spatiale de chaque grand type d'habitat benthique subissant des effets néfastes dus aux perturbations physiques potentielles (D6C3).

Les pertes et perturbations physiques potentielles sont évaluées à partir de données relatives aux activités **anthropiques** susceptibles de générer ces pressions : ouvrages côtiers, extraction de matériaux (granulats), dragage et immersion de matériaux de dragage, rechargement de plage, mouillage, aquaculture et pêche au fond (pêche professionnelle aux arts traïnants de fond). D'autres activités susceptibles de générer ces pressions n'ont pas été considérées dans cette évaluation : les infrastructures au large (encore relativement peu présentes dans les eaux françaises), les câbles et conduites sous-marines ainsi que la pêche à pied de loisir.



Les **pertes physiques** des fonds marins, **avérées** (pour les ouvrages côtiers) et **potentielles** (pour les autres activités), représentent une superficie de **265,7 km²** (soit **0,94 % de la SRM MMN**) dont **60,5 km²** dans la **zone côtière** (soit **2,7 % de l'emprise des masses d'eau côtières**). Les **principales activités** responsables des pertes physiques potentielles sont l'**extraction de granulats** (153,1 km², dont 137,6 km² de concession en cours) et l'**immersion de matériaux de dragage** (65,7 km²), représentant respectivement 58 % et 25 % des pertes physiques dans la SRM.

Les **perturbations physiques potentielles** des fonds marins représentent une superficie de **20 010 km²**, soit environ **71 % de la SRM MMN**. Ces perturbations potentielles sont principalement **dues à l'activité de pêche au fond** (à hauteur de 95 %).

L'évaluation des **17 grands types d'habitats benthiques présents dans la SRM MMN et soumis à risque d'effets néfastes dus aux perturbations physiques potentielles** repose ainsi uniquement sur les risques induits par la **pêche au fond**. Pour chaque grand type d'habitat benthique (hors les deux grands types d'habitats situés en zone intertidale), un niveau de risque est évalué en croisant les données d'**abrasion superficielle induite par cette activité** avec celles relatives à la **sensibilité de cet habitat à cette pression**.

A l'échelle de la SRM MMN, **15 grands types d'habitats benthiques sont considérés comme « soumis à risque d'effets néfastes »** face aux perturbations physiques potentielles sur environ 83 % de l'ensemble de leur étendue naturelle (avec un risque fort sur 55 % de cette étendue). De plus, selon le grand type d'habitat benthique considéré, le risque de subir des effets néfastes est de niveau fort sur 5 à 99 % de l'étendue naturelle du grand type d'habitat. Les zones les plus à risques se situent en baie de Seine et au large de la baie de Somme.

Du fait de l'**évolution du cadre méthodologique et de l'amélioration de certains jeux de données**, aucune **comparaison directe** des résultats de cette évaluation avec ceux du cycle précédent n'est possible.

Ainsi, pour l'évaluation des pertes physiques, les jeux de données sources relatifs aux ouvrages côtiers et aux activités de dragage ont été affinés et complétés afin d'améliorer leur représentativité pour ce cycle d'évaluation. De même, pour l'évaluation des perturbations physiques potentielles, un changement dans la méthode d'évaluation (en particulier une amélioration de la précision spatiale des données liées à l'abrasion) a conduit à une diminution importante de la surface de perturbations physiques potentielles liée à la pêche au fond. De plus, une autre **évolution majeure** entre les deux cycles concerne la **prise en compte de la sensibilité des habitats benthiques aux pressions** pour l'évaluation des risques d'effets néfastes. Ceci, couplé au changement de méthode d'évaluation des perturbations physiques potentielles, conduit à une **estimation plus réaliste des risques d'effets néfastes liés à la pêche au fond sur les grands types d'habitats benthiques**.

D7 – changements hydrographiques

L'évaluation du descripteur 7 « Changements hydrographiques » (D7) est renseignée par deux critères :

- le **D7C1** qui porte sur la détermination de la **modification permanente des conditions hydrographiques sur les fonds marins et dans la colonne d'eau** (associée à un indice d'exposition) ;
- le **D7C2** qui porte sur la détermination de l'**impact de cette modification sur les habitats benthiques (hors zone intertidale)** : surface de l'habitat subissant des effets néfastes (et niveau de risque associé).

Les modifications de **sept conditions hydrographiques** ont été considérées : les modifications de la nature du fond ainsi que des régimes de courants, de marée, des vagues, de température, de salinité et de turbidité. Ces changements hydrographiques ont été évalués pour la **période 2015-2020** à l'échelle de la **zone côtière** et du **plateau continental** au sein de la Sous-Région Marine Manche - Mer du Nord (SRM MMN).

Sur la base de l'analyse de données relatives aux activités anthropiques pouvant être à l'origine des modifications permanentes des conditions hydrographiques, d'**importantes variations de l'exposition aux changements hydrographiques** ont été mises en évidence au sein de la SRM MMN :

- la **surface de la SRM exposée aux changements hydrographiques varie de 0,2 % à 99,5 %** respectivement pour la modification du régime de marée et celle de la nature du fond ;

- la **zone côtière est la zone la plus exposée** aux changements hydrographiques considérés, en termes d'exposition et de diversité de conditions hydrographiques modifiées ;
- les modifications de la **turbidité** et de la **nature du fond** concernent **les plus grandes étendues d'exposition potentielle** (respectivement **99 %** et **99,5% de la SRM MMN**, avec cependant un **indice d'exposition de niveau faible**).

A l'échelle de la SRM MMN, les **15 grands types d'habitats benthiques évalués (sur les 17 présents) sont considérés « à risque » face aux changements hydrographiques sur 100 % de leur surface** excepté les « sédiments hétérogènes infralittoraux » (0,2 km²) pour lesquels le niveau de risque est inconnu. De plus, pour 12 des grands types d'habitats benthiques présents (représentant **92,4 %** de la superficie évaluée de la SRM) le **risque de subir des effets néfastes est d'un niveau moyen à fort**, conséquence d'une exposition cumulée aux changements hydrographiques.

Du fait de l'**évolution du cadre méthodologique** entre le **cycle 2** et le **cycle 3**, la **comparaison** directe des résultats de cette évaluation avec ceux du cycle précédent n'est **pas pertinente**. Ainsi, afin de s'affranchir de cette évolution du cadre méthodologique, une seconde version de l'évaluation se basant sur les données d'activités considérées au cycle 2 et le cadre méthodologique du cycle 3 a été générée. Les résultats de cette seconde évaluation montrent qu'à l'échelle de la SRM MMN, **les surfaces subissant au moins une pression hydrographique semblent stables entre les deux cycles** à l'exception de celles exposées à des modifications de **nature du fond qui augmentent fortement**. De même, **les surfaces des grands types d'habitats benthiques** considérées à risque restent **stables** mais voient leur **niveau de risque** passer d'un niveau **moyen à fort**.

Par ailleurs, l'incomplétude et les incertitudes liées aux données mobilisées, ainsi que l'utilisation du dire d'experts tout au long du processus, conduisent à une **propagation importante de l'incertitude**. **Les résultats sont donc à prendre avec précaution**.

D8 – Contaminants

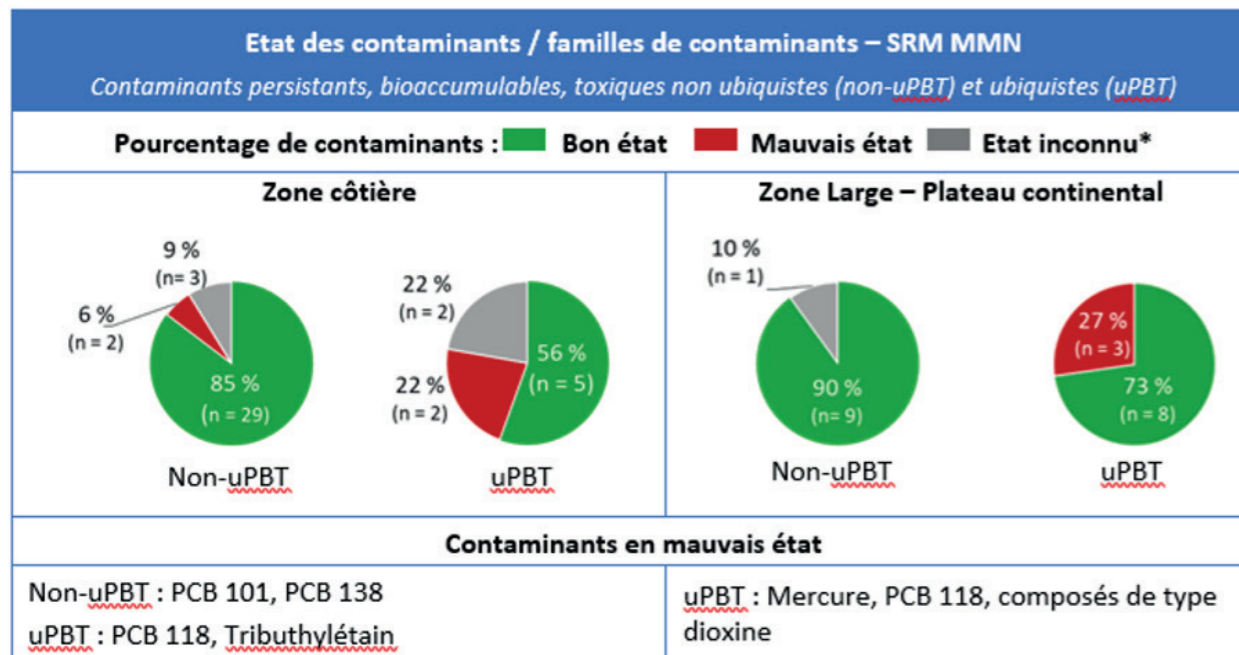
L'atteinte du Bon Etat Ecologique (BEE) au titre du Descripteur 8 (D8) est évaluée selon quatre critères considérés de manière individuelle : **deux critères (D8C1 et D8C2)** relatifs à la **contamination chronique et ses effets sur les espèces et les habitats** et **deux critères (D8C3 et D8C4)** respectivement relatifs aux **épisodes de pollution aiguë et à leur impact sur les espèces et les habitats**.

Pour la Sous-Région Marine Manche - Mer du Nord (SRM MMN), l'évaluation du critère **D8C1** a été réalisée pour la période **2015-2020** pour un ensemble de contaminants (métaux, pesticides, hydrocarbures, substances à usage industriel) répartis en deux groupes : les contaminants persistants, bioaccumulables, toxiques non ubiquistes (non-uPBT) et ubiquistes (uPBT). Cette évaluation a par ailleurs été menée à l'échelle :

- de la zone côtière : évaluation menée pour 43 contaminants à partir des niveaux de contamination déterminés chez les mollusques bivalves ;
- du plateau continental : évaluation menée au large pour 21 contaminants à partir des niveaux de contamination déterminés chez quatre espèces de poissons (Maquereau, Merlan, Petite roussette et Plie commune).

A la côte, la grande majorité des contaminants, faiblement présents, atteint le bon état (BE). Pour autant, dans une large partie de la Manche Orientale, les PCB n'atteignent pas le BE, avec un gradient depuis les embouchures de la Seine et de l'Orne pour le congénère **PCB 118**. Par ailleurs, autour des principaux ports que sont Cherbourg, le Havre, Calais ou Dunkerque, le **tributhylétain (TBT)** dépasse le seuil du BE. Si des rejets existent encore, ces contaminants historiques ont fait l'objet d'interdiction ou de restriction, et les séries temporelles assez longues attestent d'une diminution.

Au large, l'évaluation du critère **D8C1** a mis en évidence des dépassements des valeurs seuils chez les poissons pour trois des 21 contaminants considérés : le **mercure**, un congénère de **polychlorobiphényle (PCB 118)** et les **composés de type dioxine**.



* Etat inconnu : évaluation impossible (nombre insuffisant de données ; absence de seuil environnemental)

L'évaluation du **critère D8C2** repose sur l'indicateur commun OSPAR « Etat et tendance de l'Imposex chez les gastéropodes marins » relatif aux effets biologiques associés au tributylétain (TBT) chez un gastéropode : la Nucelle. Cette évaluation a permis d'illustrer le caractère très localisé de la contamination par le TBT et donc, de l'impact de cette substance sur les gastéropodes. Ainsi, malgré des dépassements de la valeur seuil sur deux stations situées à la sortie de l'estuaire de la Seine, **l'état du critère D8C2 est considéré comme bon** pour la Nucelle à l'échelle de la SRM MMN pour la période 2015-2020.

En l'absence de valeur seuil et de méthode consensuelle d'évaluation, **l'état du critère D8C3** relatif aux épisodes significatifs de pollution aigüe **est considéré comme inconnu pour la période 2016-2021**.

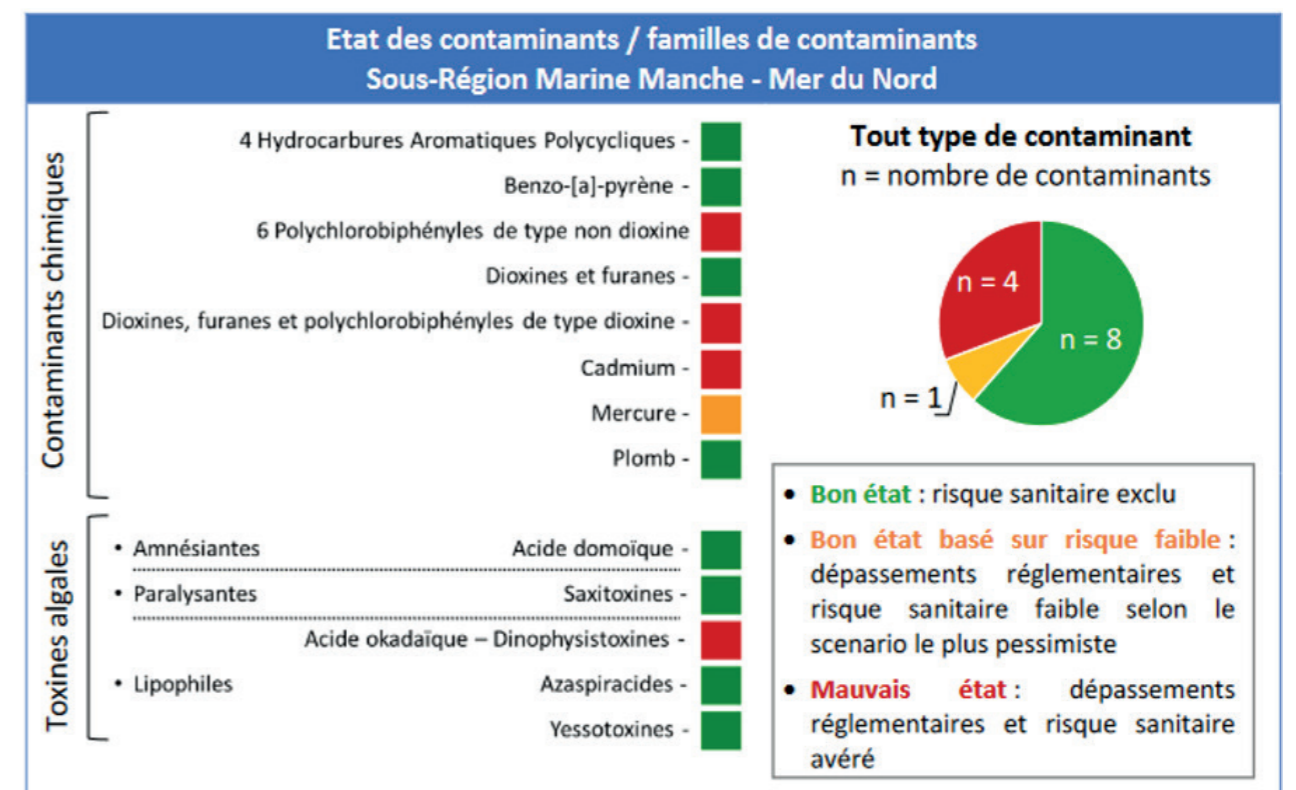
A l'échelle de la SRM MMN, sur la période 2015-2020, la proportion de Guillemot de Troil impactés par des hydrocarbures (9,8 % soit 15 individus sur 153 échoués) étant tout juste inférieure au seuil fixé à 10 %, le **critère D8C4** relatif aux effets des épisodes de pollution aigüe est considéré comme en **bon état pour le Guillemot de Troil**.

Au cycle d'évaluation précédent, aucune conclusion sur l'état des critères n'avait pu être donnée pour diverses raisons : absence de règle d'intégration (D8C1, D8C2), absence de méthode consensuelle (D8C3) et forte variabilité du nombre d'oiseaux échoués combinée à l'impact d'évènements climatiques exceptionnels au cours de la période évaluée (D8C4). Par ailleurs, la **comparaison** des résultats à une échelle plus fine avec ceux de l'**évaluation cycle 2** est **limitée** en raison des **importantes évolutions méthodologiques** entre les deux cycles.

D9 – Questions sanitaires

L'atteinte du **Bon Etat Ecologique (BEE)** au titre du descripteur 9 (D9) est évaluée au niveau européen selon un seul critère (D9C1) dont l'état est renseigné par les **concentrations observées pour 13 contaminants** (8 contaminants chimiques et 5 toxines algales ; substances chimiques considérées individuellement ou familles/groupes de substances) dans les poissons et autres fruits de mer destinés à la consommation humaine. En fonction des contaminants, de **1 à 6 groupes d'espèces** (poissons prédateurs, poissons les plus consommés, mollusques les plus consommés, crustacés les plus consommés, céphalopodes les plus consommés et/ou anguilles) sont considérés pour cette évaluation.

L'évaluation du critère D9C1 repose sur la **détermination d'un risque sanitaire lié à l'exposition des consommateurs**, ceci pour chaque couple contaminant/groupe d'espèces consommées.



Pour la Sous-Région Marine Manche - Mer du Nord (SRM MMN), les résultats de l'évaluation sur la **période 2015-2020** montrent qu'aucun risque sanitaire n'est avéré pour 8 contaminants/familles de contaminants, qui sont donc considérés comme « atteignant le bon état ». Toutefois un **risque sanitaire pour les consommateurs est avéré pour** :

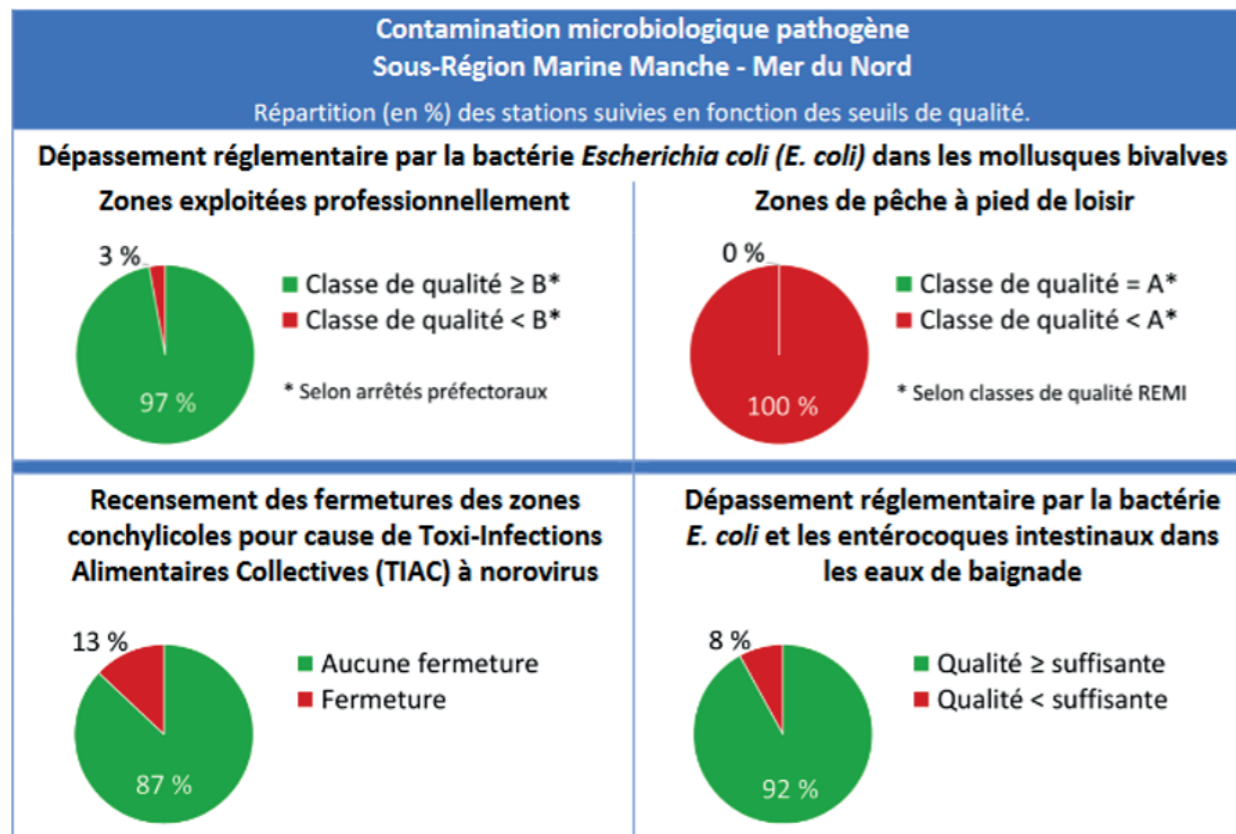
- les **polychlorobiphényles de type non-dioxine** pour le groupe des poissons les plus consommés ;
- la **somme des dioxines, furanes et PCB de type dioxine** pour les groupes d'espèces des mollusques et des poissons les plus consommés ;
- le **cadmium** pour les groupes d'espèces des crustacés les plus consommés et des poissons prédateurs ;
- un groupe de toxines algales : **les dérivés de l'acide okadaïque et les dinophysistoxines** pour les espèces de moules et la Coquille Saint-Jacques.

Quant au **mercure**, des dépassements réglementaires sont identifiés pour ce contaminant mais la modélisation de l'exposition permet de conclure à un **risque sanitaire faible pour les consommateurs selon le scénario le plus pessimiste** : son statut est donc considéré comme « atteignant le bon état sur la base d'un risque faible ».

La **comparaison avec l'évaluation cycle 2** est relativement **limitée en raison des importantes évolutions méthodologiques** entre les deux cycles. Cependant, de manière globale, le pourcentage de dépassements réglementaires évolue comme suit :

- pour les contaminants chimiques : une **augmentation** pour les contaminants métalliques (cadmium et mercure)
- pour les toxines algales : une **diminution** chez les mollusques les plus consommés.

En France, un critère « national » relatif à la **contamination microbiologique pathogène** a été retenu afin de compléter l'évaluation du D9. L'évaluation de ce critère (D9C2) porte sur le suivi de 4 indicateurs basés sur les concentrations de la **bactérie Escherichia coli** (E. coli) observées dans les **mollusques bivalves exploités professionnellement** (moules et huîtres) et dans les sites de **pêche à pied de loisir** (moules et palourdes), les fermetures des zones conchylicoles pour cause de **Toxi-Infections Alimentaires Collectives** norovirus et le suivi des **sites de baignade**. En l'absence de méthode d'intégration et de seuil consensuel, l'évaluation de chaque indicateur est menée de façon indépendante, à l'échelle des stations et pour la période **2015-2020**.



Pour la SRM MMN, **97 %** des stations situées en **zone d'exploitation conchylicole professionnelle** et **92 des lieux de baignade** sont **en bon état** au regard de la contamination microbiologique [respectivement par *E. coli* (selon les arrêtés préfectoraux) et par *E. coli* et les entérocoques intestinaux (selon les suivis de la Direction Générale de la Santé)] et des seuils choisis. Cependant, **13 % des stations** situées en zone conchylicole ont été **touchées par un épisode de TIAC à norovirus** sur la période 2015-2020 sites de pêche à pied de loisir, limité au seul littoral normand, révèle une situation microbiologique très dégradée qui justifie l'intérêt de la surveillance de ces zones pour la protection de la santé des consommateurs. Pour l'évaluation de chacun de ces indicateurs, seule la moins bonne classe de qualité obtenue sur la période 2015-2020 est retenue. Des actions, dont les effets ne sont pas visibles au travers des résultats de cette évaluation, ont toutefois été entreprises pour améliorer la qualité microbiologique.

D10 – Déchets marins

L'évaluation du descripteur 10 « **Déchets marins** » repose sur l'évaluation de l'**abondance** des déchets (de taille supérieure à 5 mm) et micro-déchets (de taille inférieure à 5 mm) dans l'environnement marin (critères D10C1 et D10C2) ainsi que de leurs **impacts** sur les organismes marins tels que les oiseaux, mammifères, reptiles, poissons ou invertébrés (critères D10C3 et D10C4).

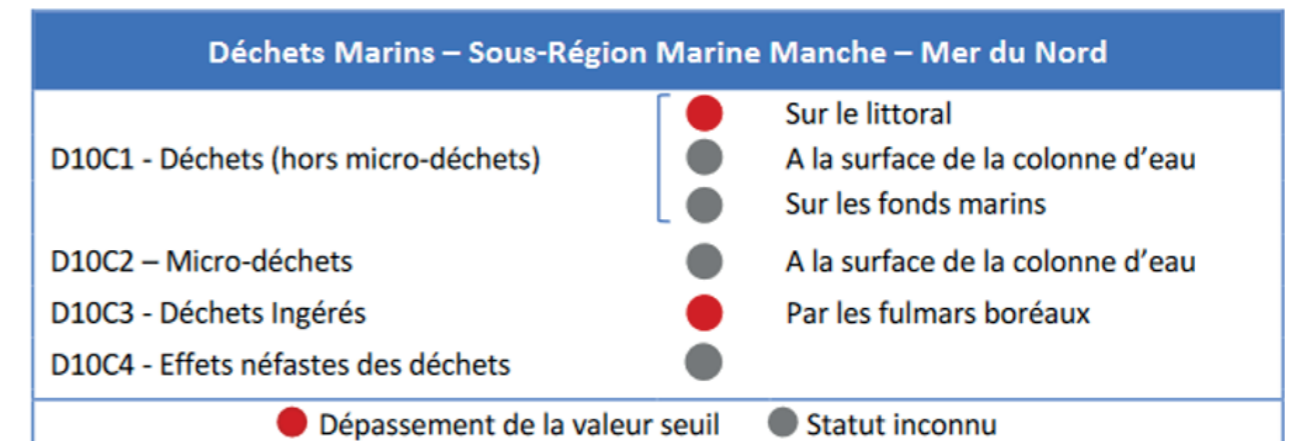
L'évaluation a été réalisée pour la période **2015-2020** à l'échelle de la **Sous-Région Marine Manche - Mer du Nord** (SRM MMN). En l'absence de méthode consensuelle, le critère D10C4 relatif aux effets néfastes des déchets marins n'a pas pu être évalué pour ce cycle et l'évaluation de chaque critère se limite au renseignement des indicateurs considérés de manière individuelle.

Le suivi des **déchets** sur cinq sites répartis sur le **littoral** a mis en évidence une importante pollution avec une quantité de déchets (valeur médiane sur l'ensemble des suivis menés de 2018 à 2020) plus de **30 fois supérieure à la valeur seuil** fixée à 20 déchets recueillis sur un linéaire de 100 m de plage englobant la totalité de la largeur de l'estran. Le paramètre renseignant l'indicateur « Déchets sur le littoral » n'est donc pas atteint.

L'évaluation des indicateurs relatifs aux **déchets sur les fonds marins** et aux **déchets / micro-déchets flottants** (à la surface de la colonne d'eau) est basée sur une analyse de tendance de l'abondance de ces déchets. Aucune tendance significative n'a été mise en évidence pour l'abondance de ces déchets marins et **aucune conclusion** ne peut donc être donnée pour ces indicateurs.

Les déchets **majoritairement** retrouvés dans l'environnement marin sont les **déchets plastiques** (pour plus de 79 %). Les déchets issus des engins de pêche représentent 9 % des déchets observés à la surface de l'eau et 14 % de ceux retrouvés sur le littoral et sur les fonds marins. Quant aux plastiques à usage unique, ils représentent environ 12 % des déchets retrouvés sur le littoral et sur les fonds marins.

L'évaluation de l'indicateur relatif aux **déchets ingérés** menée sur 28 fulmars boréaux échoués montre que 19 individus (68 %) présentent plus de 0,1 g de déchets plastiques dans l'estomac. La **valeur seuil** fixée à 10 % d'individus impactés est donc **dépassée** pour l'indicateur « **Déchets ingérés par les oiseaux** » à l'échelle de la **SRM MMN**. Ces résultats sont à prendre avec précaution au regard de la faible taille des échantillons disponibles (moins de 10 individus par année) mais sont cohérents avec les résultats de l'évaluation de l'indicateur « **Particules plastiques dans les estomacs de fulmars en Mer du Nord** » menée récemment dans le cadre de la Convention de Mer Régionale OSPAR.



La méthodologie de l'évaluation ayant évolué entre les deux cycles, la comparaison avec les résultats de l'évaluation précédente est impossible. Pour les déchets ingérés par les oiseaux, un taux d'individus impactés largement supérieur au seuil a cependant été observé pour les deux cycles.

D11 – Bruit sous-marin

L'évaluation du Descripteur 11 « **Bruit sous-marin** » (D11) réalisée, pour la période **2016-2021**, à l'échelle de la **Sous-Région Marine Manche - Mer du Nord** (SRM MMN) est renseignée par deux critères évaluant le **bruit impulsif** d'origine anthropique (**D11C1**) et le **bruit continu** d'origine anthropique à basse fréquence (**D11C2**) dans le milieu marin.

En l'**absence d'un consensus au niveau européen** sur la définition de seuils quantitatifs au moment de l'évaluation, l'**atteinte ou non du Bon Etat Ecologique (BEE) au titre du D11 n'a pas pu être conclue**. Toutefois, une évaluation est proposée pour les deux critères. Elle repose sur un **recensement des différentes catégories de bruit** et leurs **niveaux acoustiques**, leur **spatialisation** et leur **distribution** et **évolution temporelle** au cours du cycle d'évaluation à l'échelle de la SRM MMN et sur trois indicateurs caractérisant trois types de risque pour les mammifères marins :

- le dérangement généré par le bruit impulsif anthropique (D11C1) ;
- la surmortalité générée par une exposition à des niveaux de bruit impulsif anthropique fort à très fort (D11C1) ;
- le masquage des communications généré par le bruit continu anthropique à basse fréquence (D11C2) correspondant au suivi du bruit du trafic maritime.

Ainsi, sur la période d'évaluation, **170 jours d'émissions impulsives potentiellement gênantes** (tous niveaux acoustiques confondus), **comprenant 160 jours d'émissions impulsives potentiellement létales** (niveau acoustique fort et très fort) **ont été recensés**. Ces émissions ont impacté en moyenne 8 % de la superficie de la SRM MMN. Elles sont principalement localisées à la côte en baie de Seine, baie de Somme et sur la pointe du Cotentin et sont très majoritairement liées à des activités de déminage (explosions sous-marines). Toutefois, **aucune tendance significative** n'a été observée en termes de distribution temporelle ou spatiale, et en l'absence de valeur seuil, l'état du critère D11C1 est inconnu.

Quant au risque de masquage des communications, **les niveaux sonores les plus élevés de bruit continu (D11C2) se situent le long du rail de navigation de la Manche.** Sur la période 2015-2021, **les niveaux maximaux de bruit ambiant semblent avoir augmenté sur 28 % de la surface de la SRM MMN et semblent stables sur 72 % de cette surface.** En l'absence de valeur seuil, l'état du critère D11C2 est inconnu.

Entre le cycle 2 et le cycle 3, aucune évolution significative du bruit impulsif n'est observée avec un nombre moyen annuel de jours d'émissions impulsives égal à 34 ou 37 jours, respectivement pour le cycle 3 et le cycle 2. Par ailleurs, **la comparaison avec le cycle 2 n'est pas pertinente pour l'évaluation du bruit continu** en raison d'importantes évolutions méthodologiques en lien notamment avec l'affinage des mailles (15 minutes d'arc de côté au cycle 2 contre 10 minutes d'arc de côté au cycle 3) qui a permis une évaluation plus précise, et la mise en place d'un réseau de surveillance in situ au cycle 3 qui a permis la comparaison et la validation des résultats issus des modèles.