

**ANNEXE 1**

**ESPECES MIGRATRICES ET POLLUTION MARINE :  
UN BREF APERÇU DES PROBLEMES**

Mark P. Simmonds et Laetitia Nunny

*Clause de non-responsabilité : Ce document, rédigé à l'origine en anglais, a été traduit automatiquement à l'aide d'un outil en ligne. Se référer au contenu original en anglais comme source principale d'information. Le Secrétariat a utilisé l'outil en ligne gratuit pour traduire certaines annexes qui contiennent du texte pour information et non pour adoption. Cela a permis de réaliser des économies sur le budget de traduction. Nous invitons les Parties à nous faire part de leurs commentaires sur cette approche.*



## Contenu

Résumé .....	3
1. Contexte .....	3
2. Introduction .....	4
3. Travaux réalisés à ce jour par CMS .....	6
3.1 Aperçu.....	6
3.2 Types de pollution marine avec les axes de travail/actions existants de la CMS .....	10
3.2.1 Nuisances sonores .....	11
3.2.2 Pollution lumineuse .....	11
4. Débris marins - pollution plastique .....	13
5. Polluants chimiques .....	16
6. Éléments nutritifs .....	17
7. Sédiments.....	19
8. Événements transitoires de pollution à grande échelle.....	19
9. Produits pharmaceutiques.....	21
10. Ruissellement d'eau douce .....	21
11. Déchets nucléaires.....	22
12. Questions émergentes .....	22
13. Travaux d'autres organismes internationaux sur la pollution marine.....	23
13.1 Débris marins .....	23
13.2. Polluants persistants .....	23
14 Conclusions .....	24
15 Recommandations .....	25
16 Références.....	26

## Résumé

Le présent document fournit une brève introduction à la variété des types de pollution marine affectant la faune marine, avec une référence particulière aux débris marins, aux polluants organiques persistants et aux nutriments.

Cet examen a été demandé par la 5<sup>ème</sup> réunion du Comité de session de la CMS et le document est destiné à aider à identifier les travaux futurs potentiels sur la pollution par la Convention. Il comprend un bref examen des principales sources de pollution, des travaux menés à ce jour par la CMS et du rôle d'autres organismes internationaux qui cherchent à gérer directement la pollution, et de la manière dont la CMS pourrait les compléter efficacement.

Il a notamment été recommandé que le Conseil scientifique organise un atelier pendant la période intersessions pour examiner plus avant les effets de la pollution, parrainer un examen approfondi de la question dans la mesure où elle affecte les espèces migratrices marines et chercher à identifier les points chauds où la pollution et les impacts cumulatifs peuvent être ou particulièrement préoccupants.

## 1. Contexte

La pollution, le changement climatique et la perte de biodiversité représentent trois crises planétaires auxquelles la société est confrontée et qui nécessitent une action internationale urgente (PNUE, 2021). De ces trois, la menace de la pollution a, sans doute, le profil le plus bas, peut-être parce que bon nombre des impacts des polluants chimiques se produisent hors de vue et, par conséquent, loin du cœur. Cependant, son effet sur la santé et, par extension, la conservation de la faune marine) ne doit pas être sous-estimé (Simmonds, 2017).

Le développement et l'utilisation de produits pétrochimiques et d'autres produits chimiques synthétiques sont largement reconnus comme responsables des problèmes de pollution les plus graves d'aujourd'hui (Simmonds, 2017). Alors que l'utilisation intensive de ces produits chimiques a permis le développement économique, la large reconnaissance de la pollution en tant que sous-produit profondément préoccupant est relativement récente. Les premiers signes de problèmes sont apparus lorsqu'il est devenu évident que des espèces non ciblées étaient tuées par des pesticides. Le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), par exemple, qui a été développé pour aider à contrôler les maladies transmises par les insectes pendant la Seconde Guerre mondiale, s'est ensuite accumulé dans les tissus adipeux des animaux et ses résidus ont été trouvés dans leur lait. Des composés similaires et d'autres hydrocarbures chlorés en particulier, avaient des propriétés similaires et ont rapidement été liés au déclin des oiseaux. Les préoccupations concernant d'autres espèces ont suivi et, parmi les développements les plus récents, il y a eu la reconnaissance du fait que certaines populations de prédateurs marins au sommet des chaînes alimentaires marines pourraient être menacées d'extinction en raison de leurs niveaux de pollution. Il s'agit du niveau de préoccupation le plus aigu pour les espèces marines, mais il existe également des problèmes liés aux charges de pollution chronique qui, bien qu'elles n'entraînent pas la mort immédiate des individus, peuvent rendre les animaux plus vulnérables aux maladies, compromettre leur santé et peut-être faciliter les épizooties, ainsi que supprimer leur reproduction.

D'autres générations de produits chimiques ont été développées pour une gamme d'utilisations et des préoccupations concernant les effets de certains d'entre eux sont apparues là où ils ont pénétré dans l'environnement plus large. Un exemple récent serait les substances alkylées perfluorées et polyfluorées (PFAS), comprenant plus de 4 700 produits chimiques, qui constituent un groupe de produits chimiques artificiels largement utilisés qui s'accumulent au fil du temps dans l'environnement (AEE, 2023).

L'histoire des plastiques est assez similaire en ce sens que leur utilité incontestable a été récemment minée par la pollution maintenant connue pour être associée à leur rejet dans l'environnement au sens large. Ce problème est également quelque peu différent de celui présenté par la pollution chimique en ce sens qu'il est souvent très visible, ce qui conduit à des appels à l'action de la part du public et à des réponses de la part des décideurs.

Dans le programme de travail : Questions relatives à la conservation des espèces aquatiques ([UNEP/CMS/ScC-SC5/Outcome 1.2](#)) adopté à la 5e réunion du Comité de session du Conseil scientifique de la CMS (SCC-SC5) en 2021, un document a été demandé détaillant les informations générales appropriées et comprenant des projets de décision pour la poursuite des travaux axés sur les débris marins (y compris les dispositifs de concentration des poissons, les DCP), les preuves des effets des polluants organiques persistants sur les espèces migratrices marines, et la pollution par les nutriments. Ce document est produit en réponse à cette question couvrant les types de pollution identifiés dans la demande du Conseil scientifique ainsi que d'autres catégories en prévision d'une discussion plus large sur les domaines sur lesquels la CMS pourrait se concentrer au mieux et sur la manière la plus efficace de traiter ces questions. La question des DCP est traitée dans le document UNEP/CMS/COP14/Inf.27.1.2.

## 2. Introduction

Les océans sont des puits pour de nombreux types de pollution, y compris les déchets chimiques, les plastiques, les composés pharmaceutiques, les sédiments altérés par l'homme et le ruissellement des nutriments (Willis et al., 2021). Certains polluants provoquent une toxicité chronique et une perturbation endocrinienne chez la faune aquatique (Zandaryaa et Frank-Kamenetsky, 2021). D'autres, lorsque les expositions sont suffisamment élevées, peuvent avoir des effets aigus, y compris la mortalité, par exemple en cas de déversement majeur d'hydrocarbures. Le tableau 1 récapitule les principales sources de pollution du milieu marin.

**Tableau 1 : Principales sources de pollution marine (adapté de Willis et al., 2021)**

Type de polluant	Source de polluants		
	Industrie terrestre	Basé sur les municipalités	Industrie maritime
Sédiment	Sédiments provenant de l'exploitation minière, agricole ou forestière	Sédiments provenant de l'aménagement côtier	Perturbations des sédiments (p. ex. dragage et aquaculture)
Nutriment	Éléments nutritifs (p. ex. azote, phosphore, fer) provenant de l'agriculture, de la foresterie et de l'élevage	Éléments nutritifs (p. ex. azote et phosphore) provenant des eaux usées et des eaux pluviales	Augmentation des nutriments (p. ex. azote et phosphore) provenant de l'aquaculture
Matière plastique	Plastiques provenant de l'emballage et du transport des produits	Les plastiques provenant des eaux pluviales urbaines et les déchets se sont échappés des systèmes de gestion des déchets	Engins de pêche abandonnés, perdus ou rejetés par les navires. Plastiques provenant de l'aquaculture, du transport maritime et des structures offshore
Produits pharmaceutiques	Produits pharmaceutiques utilisés dans l'agriculture animale	Produits pharmaceutiques dans les eaux usées des ordures ménagères et des installations médicales	Produits pharmaceutiques (p. ex. antibiotiques et médicaments)

Type de polluant	Source de polluants		
	Industrie terrestre	Basé sur les municipalités	Industrie maritime
			antiparasitaires) issus de l'aquaculture
Produits chimiques	POP, métaux lourds et pesticides provenant de l'agriculture, de l'exploitation minière, des eaux usées industrielles et du ruissellement	Produits pétroliers et ménagers provenant des eaux usées et des exutoires d'eaux pluviales	Pétrole et produits chimiques provenant du transport maritime et des structures offshore
Son			Bruit moteur, dispositifs sismiques et dispositifs de propagation du son
Lumière		Lumière du développement côtier	Lumière provenant des structures offshore et du transport maritime
Eau		Augmentation des apports d'eau douce / eau chauffée (p. ex. glace de mer fondue, changements dans les courants océaniques)	
Déchets nucléaires	Déchets nucléaires des centrales		

Van Dam et coll. (2011) ont identifié une différence entre les événements de pollution à court terme et les événements de pollution récurrents. Les événements à court terme ont un « impact direct et grave sur plusieurs niveaux trophiques du système », y compris, par exemple, les marées noires, qui peuvent avoir un impact localisé, tandis que les événements de pollution récurrents peuvent avoir des effets plus subtils, par exemple les effluents de traitement des eaux usées ou le ruissellement d'herbicides provenant des terres.

Certaines espèces migratrices peuvent être particulièrement vulnérables à certains types de pollution en fonction de la façon dont elles sont exposées à la pollution et cela peut être lié au lieu, à la période de l'année, à leur migration ou non et au comportement qu'elles adoptent lorsqu'elles sont exposées. Par exemple, un animal filtreur peut être plus vulnérable à l'ingestion de débris marins dans ses aires d'alimentation saisonnières.

Les espèces sauvages migratrices et autres espèces marines à grande échelle peuvent être polluées sur leurs routes migratoires et/ou dans les aires de reproduction et d'alimentation. « Protecting Blue Corridors, Challenges and Solutions for Migratory Whales Navigating International and National Seas », un rapport récent du WWF et de nombreux collaborateurs, illustre bien cette question (voir Johnson et al., 2022). Il examine les traces satellitaires de plus de 1 000 baleines migratrices dans le monde et décrit comment les baleines sont confrontées à des menaces multiples et croissantes dans leurs habitats océaniques critiques – zones où elles se nourrissent, s'accouplent, mettent bas et allaitent leurs petits – et le long de leurs routes migratoires, ou « corridors bleus ». Les études de cas du rapport mettent en évidence les points chauds et les risques auxquels les baleines naviguent lors de leurs migrations, dont certains peuvent parcourir des milliers de kilomètres chaque année.

Une autre étude récente qui pourrait aider les considérations de la CMS sur ce sujet a proposé que quatre-vingt-dix-neuf espèces de mammifères marins sont menacées par la pollution, avec des points chauds de pollution situés le long des côtes des pays industrialisés, en Afrique

du Nord-Ouest et aux Philippines, et a fourni une carte de ces menaces (Avila et al., 2018; Graphique 1). Cependant, les auteurs ont également averti que « les cartes des risques basées sur l'habitat principal pourraient être trompeuses et simplistes ». Les cartes de l'habitat central de l'espèce ne montrent pas la répartition réelle de l'espèce au cours des étapes cruciales de la vie et des voies de migration transitoires entre les aires de répartition estivales et hivernales.

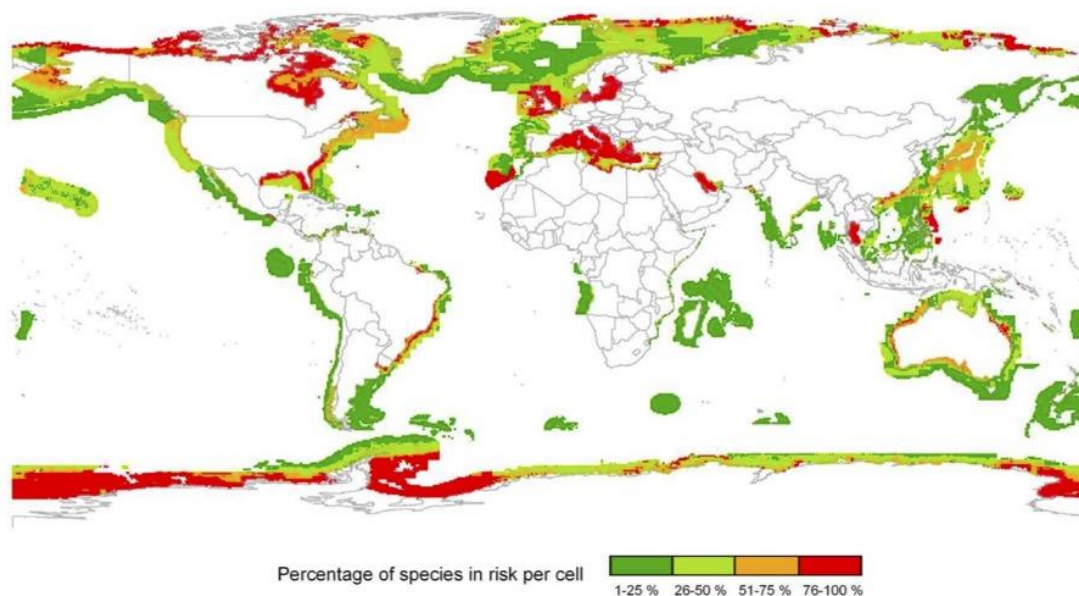


Figure 1 : Carte des risques cumulatifs montrant la proportion relative d'espèces de mammifères marins touchées par rapport au nombre total d'espèces de mammifères marins présentes par cellule pour la pollution (N espèces = 92). Les zones rouges représentent les zones à haut risque ou les points chauds. Source : Avila et coll. (2018)

### 3. Travaux réalisés à ce jour par CMS

#### 3.1 Aperçu

La CMS a adopté diverses résolutions relatives à la pollution marine, notamment en ce qui concerne la pollution lumineuse, la pollution sonore, les débris marins et la pollution par les hydrocarbures (voir tableau 2). Divers protocoles d'entente traitent également de la pollution dans leurs plans d'action (voir le tableau 3).

**Tableau 2: Résolutions de la CMS relatives à la pollution marine**

Résolution CMS		Adopté
<a href="#">13.5</a>	Directives sur la pollution lumineuse pour la faune	Gandhinagar, février 2020
<a href="#">12.20</a>	Gestion des débris marins	Manille, octobre 2017
<a href="#">12.14</a>	Effets néfastes du bruit anthropique sur les cétacés et autres espèces migratrices	Manille, octobre 2017
<a href="#">10.15 (Rév.COP12)</a>	Programme de travail mondial pour les cétacés	Manille, octobre 2017
<a href="#">7.3 (Rév.COP12)</a>	Pollution par les hydrocarbures et espèces migratrices	Manille, octobre 2017

**Tableau 3 : Protocoles d'entente de la CMS et plans d'action/plans de conservation associés qui font référence à la pollution marine**

Protocole d'entente	Plan d'action	Actions liées à la pollution
<a href="#">Concernant la conservation des lamantins et des petits cétacés d'Afrique de l'Ouest et de Macaronésie</a>	<a href="#">Plan d'action pour la conservation des petits cétacés d'Afrique de l'Ouest et de Macaronésie</a>	Réduction des menaces : 4.3: Promouvoir la réduction et l'élimination ultime de la pollution chimique ou des débris qui affectent les petits cétacés. 4.3: Promouvoir la réduction et l'élimination de la pollution acoustique. 4.7: Identifier et atténuer les autres menaces potentielles pour les petits cétacés, y compris les collisions avec les navires, l'empêchement dans les engins de pêche perdus et les maladies.
	<a href="#">Plan d'action pour la conservation du lamantin d'Afrique de l'Ouest</a>	3.2: Réhabilitation des habitats des lamantins d'Afrique de l'Ouest (Comprend une action: « Veiller à ce que les sites clés pour les lamantins soient protégés de la pollution. »)
<a href="#">sur la conservation des requins migrateurs</a>	Conservation Plan	9.4 Promouvoir la protection du milieu marin contre la pollution terrestre et maritime susceptible d'affecter négativement les populations de requins.
<a href="#">concernant les mesures de conservation des tortues marines de la côte atlantique de l'Afrique</a>	<a href="#">Plan de conservation et de gestion des tortues marines de la côte atlantique de l'Afrique</a>	2.1.7 Réduire la pollution dans les habitats côtiers des tortues marines grâce à l'élaboration d'une législation appropriée et de pratiques exemplaires en collaboration avec les secteurs sources
<a href="#">sur la conservation et la gestion des tortues marines et de leurs habitats de l'océan Indien et de l'Asie du Sud-Est</a>	Plan de conservation et de gestion	2.1 Établir les mesures nécessaires pour protéger et conserver les habitats des tortues marines f) Surveiller et promouvoir la protection de la qualité de l'eau contre la pollution terrestre et maritime, y compris les débris marins, qui peut nuire aux tortues marines
<a href="#">sur la conservation et la gestion des dugongs (<i>dugong</i>)</a>	<a href="#">Plan de conservation et de gestion du protocole d'entente sur la</a>	3.2 Établir les mesures nécessaires pour protéger et conserver les habitats des dugongs (comprend un exemple d'action spécifique qui pourrait être mise en œuvre :

Protocole d'entente	Plan d'action	Actions liées à la pollution
<a href="#">dugon) et de leurs habitats dans l'ensemble de leur aire de répartition</a>	<a href="#">conservation et la gestion des dugongs (<i>dugong dugon</i>) et de leurs habitats dans l'ensemble de leur aire de répartition</a>	« Surveiller et promouvoir la protection de la qualité de l'eau contre la pollution terrestre et maritime, y compris les débris marins, qui peut nuire aux dugongs et à leurs habitats »)
<a href="#">concernant des mesures de conservation pour les populations de phoques moines de Méditerranée (<i>Monachus monachus</i>) de l'Atlantique Est</a>	<a href="#">Plan d'action pour le rétablissement du phoque moine de Méditerranée dans l'Atlantique Est</a> (en espagnol)	5.2.2 Caracterización de la contaminación y parámetros físico químicos del agua (Traduction : Caractérisation de la contamination et des paramètres physico-chimiques de l'eau)
<a href="#">pour la conservation des cétacés et de leurs habitats dans la région des îles du Pacifique</a>	<a href="#">Programme régional des îles du Pacifique sur les espèces marines 2022-2026</a> . Plan d'action pour les baleines et les dauphins (pp.103-120)	Aucune mesure liée à la pollution n'est incluse dans ce plan, mais voir le plan d'action multi-espèces ci-dessous.
	Programme régional des îles du Pacifique sur les espèces marines 2022-2026. Plan d'action plurispécifique (pp.13-27)	<p>Thème 4 : Réduction de la menace</p> <p>Objectif 2 : Réduire l'impact de la pollution et du développement côtier et offshore sur les espèces et habitats marins</p> <p>4.2.1 Protéger la qualité de l'eau en faisant la promotion de pratiques durables d'utilisation des terres (p. ex. gestion de la crête au récif et communautaire) afin de protéger et de conserver les habitats des espèces marines côtières et les aires d'alimentation, comme les herbiers marins.</p> <p>4.2.2 Veiller à ce que les processus d'EIE pour le développement côtier tiennent compte et évitent, réduisent ou atténuent tout impact sur les espèces marines, leur habitat et leurs aires d'alimentation, en particulier les récifs coralliens et les herbiers marins, y compris les impacts du ruissellement.</p> <p>4.2.4 Veiller à la conformité aux règlements internationaux et nationaux sur les rejets de navires contenant des hydrocarbures et d'autres substances toxiques, y compris le plastique, et signaler les infractions.</p> <p>4.2.5 Mettre en œuvre le Plan d'action régional pour le Pacifique : Déchets marins 2018-2025 (Plan d'action pour les déchets marins dans le Pacifique) et le Plan d'action de l'Organisation maritime internationale pour lutter contre les déchets plastiques marins provenant des navires. Renforcer la collaboration entre les organismes gouvernementaux compétents. S'assurer qu'il existe des installations appropriées d'élimination des déchets dans les ports.</p>





Dans le cadre de l'actuel [Programme de travail mondial de la CMS pour les cétacés](#), la pollution et le bruit marin se voient accorder différents niveaux de priorité pour une action mondiale concertée dans différentes régions. Voir tableaux 4 et 5.

**Tableau 4 : Priorités de l'action mondiale concertée contre la pollution conformément au Programme de travail mondial pour les cétacés en vigueur**

Priorité élevée	Priorité moyenne	Priorité inférieure
Océan Atlantique du Nord-Est	Océan Atlantique Centre et Sud-Est (Afrique de l'Ouest)	Océan Atlantique Nord-Ouest (Amérique du Nord atlantique et Caraïbes)
Méditerranée et mer Noire	Océan Atlantique Sud-Ouest (Amérique latine atlantique),	Océan Pacifique Sud-Est (Pacifique Amérique latine)
Océan Pacifique Centre et Nord-Ouest (Asie de l'Est et du Sud-Est)	Océan Pacifique Centre et Nord-Est (Pacifique Amérique du Nord et Pacifique tropical oriental)	
Océan Indien (y compris la mer Rouge)	Région des îles du Pacifique.	
	Mers arctiques	
	Océan Antarctique	

**Tableau 5: Priorités de l'action mondiale concertée sur le bruit marin conformément au [Programme de travail mondial actuel pour les cétacés](#)**

Priorité élevée	Priorité moyenne	Priorité inférieure
Océan Atlantique du Nord-Est	Méditerranée et mer Noire	Mers des Caraïbes et Atlantique Nord-Ouest,
Océan Atlantique Nord-Ouest (Amérique du Nord atlantique et Caraïbes)	Océan Atlantique Centre et Sud-Est (Afrique de l'Ouest)	Océan Atlantique Sud-Ouest (Amérique latine atlantique),
Océan Pacifique Centre et Nord-Est (Pacifique Amérique du Nord et Pacifique tropical oriental)	Océan Pacifique Centre et Nord-Ouest (Asie de l'Est et du Sud-Est)	Océan Atlantique Sud-Ouest (Amérique latine atlantique) et
Mers arctiques		Océan Pacifique Sud-Est (Pacifique Amérique latine),
		Région des îles du Pacifique
		Océan Indien (y compris la mer Rouge)
		Océan Antarctique

### 3.2 Types de pollution marine avec les axes de travail/actions existants de la CMS

Certains types de pollution sont déjà traités par la CMS et ne sont que brièvement abordés ici pour être complets.

### 3.2.1 Nuisances sonores

La CMS a examiné la pollution sonore de manière assez détaillée, comme en témoignent les décisions prises lors des conférences des parties.

La Conférence des Parties à la CMS a adopté la [Résolution 12.14](#) *Effets néfastes du bruit anthropique sur les cétacés et autres espèces migratrices lors de la COP12, Manille, octobre 2017*. La résolution reconnaît « que le bruit marin anthropique, selon sa source et son intensité, est une forme de pollution, composée d'énergie, qui peut dégrader l'habitat et avoir des effets néfastes sur la vie marine, allant de la perturbation de la communication ou de la cohésion du groupe aux blessures et à la mortalité ».

Il existe différentes sources de pollution sonore dans le milieu marin. Le bruit ambiant et continu peut provenir de la circulation maritime et du forage dans les opérations pétrolières ou gazières ou la construction (Simmonds et coll., 2021). Le bruit intense et impulsif provient d'un certain nombre de sources, y compris les réseaux de canons sismiques utilisés dans l'exploration pétrolière et gazière, les sonars utilisés par l'armée, les navires de pêche et de recherche, le battage de pieux dans la construction de parcs éoliens offshore et les dispositifs de dissuasion acoustique utilisés, par exemple, pour dissuader les mammifères marins des sites de pêche et d'aquaculture. Certains bruits impulsifs peuvent devenir continus à distance et dans certaines conditions.

La pollution sonore marine peut avoir un impact négatif sur les cétacés en perturbant les comportements de communication, de reproduction et de recherche de nourriture, en induisant des réactions de stress chroniques, en causant une perte temporaire ou permanente de sensibilité auditive, en causant des blessures physiques et, dans certaines circonstances, en causant la mort (Simmonds et al., 2021). Les espèces de baleines à bec semblent particulièrement vulnérables à certaines nuisances sonores, comme les sonars actifs à moyenne fréquence (Simonis et al., 2020).

Dans les régions canadiennes du Pacifique, les points chauds du bruit des navires et des mammifères marins comprennent les eaux de la côte sud (détroits Juan de Fuca et Haro) et les points chauds secondaires situés sur les côtes centrale et nord (détroit de Johnstone et région autour de Prince Rupert) (Erbe et al., 2014).

Weilgart (2018) a constaté que les requins, les raies et les tortues étaient sous-représentés dans les études d'impact de la pollution sonore. On a constaté que les requins blancs (*Carcharodon carcharias*) présentent une réponse comportementale au son généré artificiellement (Chapuis et al., 2019). Des tortues caouannes (*Caretta caretta*) ont été observées en train de plonger lorsqu'elles ont été exposées à des tirs sismiques d'armes à air comprimé, ce qui pourrait être une réponse d'évitement (deRuiter et Doukara, 2012).

La pollution sonore peut avoir une incidence sur le développement, le comportement et la communication des poissons et augmenter le stress, ce qui peut, à son tour, entraîner une augmentation des parasites, des maladies et de la mortalité (Weilgart, 2018).

### 3.2.2 Pollution lumineuse

La pollution lumineuse est un domaine d'engagement actif de la Convention et seul un bref aperçu est inclus ici. Lors de sa 13<sup>ème</sup> réunion ordinaire (COP13, Gandhinagar, février 2020), la Conférence des Parties à la CMS a adopté [la Résolution 13.5](#) *Lignes directrices sur la pollution lumineuse pour les espèces sauvages*. La COP13 a noté que la lumière artificielle augmente considérablement à l'échelle mondiale et qu'elle est « connue pour nuire à de nombreuses espèces et communautés écologiques en perturbant les comportements

critiques dans la faune et les processus fonctionnels, en retardant le rétablissement des espèces menacées et en interférant avec la capacité d'une espèce migratrice à entreprendre des migrations sur de longues distances faisant partie intégrante de son cycle de vie, ou en influençant négativement les insectes en tant que proie principale de certaines espèces migratrices ».

La résolution 13.5 a également approuvé les [Lignes directrices sur la pollution lumineuse pour les espèces sauvages](#). Celles-ci fournissent des lignes directrices générales pour la gestion de la lumière artificielle pour toutes les espèces sauvages et des informations spécifiques pour certains groupes d'espèces sauvages, notamment les tortues marines, les oiseaux de mer et les oiseaux de rivage migrateurs. La résolution 13.5 recommande que les Parties, les non-Parties et les autres parties prenantes utilisent les lignes directrices pour limiter et atténuer les effets nocifs de la lumière artificielle sur les espèces migratrices. En vue de compléter ces lignes directrices, la COP13, par la décision 13.138, a demandé au Secrétariat, sous réserve de la disponibilité des ressources, de préparer des lignes directrices pour adoption par la COP14 sur la manière d'éviter et d'atténuer efficacement les effets négatifs indirects et directs de la pollution lumineuse pour les taxons qui ne sont pas encore visés par les lignes directrices approuvées par la Résolution 13.5, tenant également compte d'autres orientations existantes, le cas échéant.

Les effets de la pollution lumineuse sur les espèces marines ont été peu étudiés jusqu'à présent. Cependant, il est bien connu que les oiseaux marins qui migrent, se nourrissent ou retournent dans leurs colonies la nuit sont vulnérables aux effets de la pollution lumineuse qui peut entraîner une perturbation de leurs comportements clés et la mortalité, par exemple par l'échouement des oisillons (CMS, 2020). Les oiseaux de rivage migrateurs sont également touchés, en particulier lorsqu'ils se nourrissent. Le comportement de vol des oiseaux terrestres migrateurs la nuit peut être affecté par la lumière artificielle la nuit (Van Doren et al., 2017; Cabrera-Cruz et coll., 2021).

On sait depuis longtemps que les tortues qui éclosent de leurs œufs sur les plages peuvent être désorientées par des lumières artificielles et que leur capacité à trouver la mer peut être perturbée (Pendoley et Kamrowski, 2016). Des études récentes ont commencé à examiner comment les nouveau-nés sont touchés une fois qu'ils ont atteint l'eau. Une étude menée au Costa Rica a révélé que les tortues *olivâtres* (*Lepidochelys olivacea*) étaient toujours attirées par les lumières lorsqu'elles étaient dans l'océan (Cruz et al., 2018). Cela a des implications pour toute tentative d'atténuer l'impact négatif de la lumière artificielle dans l'habitat utilisé par les tortues. En Australie-Occidentale, une autre étude a révélé que les tortues à dos plat (*Natator depressus*) nageaient plus lentement lorsqu'il y avait de la lumière artificielle présente sur un bateau amarré en mer (Wilson et al., 2018). Les tortues passaient également plus de temps dans les eaux littorales lorsque la lumière était allumée et, selon le type de lumière, elles pouvaient être capturées par un « effet de piégeage », ce qui signifie qu'elles ne se dispersaient que lorsque la lumière était éteinte. Certaines données indiquent que la prédation des nouveau-nés dans l'eau augmente près des lumières artificielles (Wilson et coll., 2022).

Les poissons migrateurs peuvent également être touchés par la pollution lumineuse. L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*), *en danger critique d'extinction*, migre le long des rivières européennes, en traversant des zones éclairées par la lumière artificielle, avant de nager vers la mer des Sargasses où elle fraye (Pike et al., 2020). Lorsqu'on offre aux anguilles le choix entre des passages, elles préfèrent les voies de passage sombres aux routes éclairées, sont plus susceptibles de rejeter une route lorsqu'elles sont exposées à des niveaux élevés de lumière artificielle la nuit et de se déplacer plus rapidement en aval lorsqu'elles choisissent la route éclairée (Vowles et Kemp, 2021). Comme les anguilles migratrices peuvent avoir à traverser un certain nombre de zones avec de la lumière artificielle, cela pourrait perturber le moment de leur migration.

#### 4. Débris marins - pollution plastique

Lors de sa 12<sup>e</sup> réunion (COP12, octobre 2017), la Conférence des Parties à la CMS a adopté [la Résolution 12.20](#) *Gestion des débris marins*.

Plus de 8 millions de tonnes de plastiques pénètrent dans l'océan chaque année (Häder et al., 2020). Les sources de ce plastique comprennent les pêches, les sites de navigation et d'aquaculture, les canalisations d'eaux usées, les rivages et les rivières (PNUE, 2016). Entre 1,15 et 2,41 millions de tonnes de déchets plastiques proviennent des rivières, dont 67% du total mondial proviennent de seulement 20 rivières, dont la plupart se trouvent en Asie (Lebreton et al., 2017).

Les déchets plastiques s'accumulent dans les gyres océaniques et ces zones sont connues sous le nom de plaques de déchets (Leal Filho et al., 2021). Les débris dans les plaques de déchets sont répartis à la surface de l'eau et dans toute la colonne d'eau, de la surface au fond de l'océan<sup>1</sup>. La taille des débris varie des microplastiques aux grands filets de pêche et tout ce qui se trouve entre les deux. Le Great Pacific Garbage Patch est situé entre la Californie et Hawaï (Lebreton et al., 2018). Il couvre une superficie de 1,6 million de km<sup>2</sup> et est estimé à être composé d'au moins 79 000 tonnes de plastique océanique, les filets de pêche représentant au moins 46% des débris. Le South Pacific Garbage Patch couvre 2,6 millions de km<sup>2</sup> et est principalement constitué de microplastiques (Leal Filho et al., 2021). On estime que la plaque de déchets de l'Atlantique Nord couvre des centaines de kilomètres avec environ 200 000 débris par kilomètre carré (Leal Filho et al., 2021). Le champ de déchets de l'Atlantique Sud est relativement petit, couvrant 0,7 million de km<sup>2</sup>. D'autres relevés sont nécessaires pour déterminer la taille de la zone de déchets du sud de l'océan Indien et sa dynamique saisonnière, annuelle et à long terme (Connan et al., 2021). La mer Méditerranée est également reconnue comme une zone de pollution plastique intense, bien qu'elle ait tendance à ne pas s'accumuler en plaques (Baudena et al., 2022).

Outre les cinq gyres océaniques mentionnés ci-dessus, d'autres points chauds microplastiques comprennent le golfe du Mexique, la mer Méditerranée, le golfe du Bengale et le Triangle de corail (Germanov et al., 2018). Les microplastiques peuvent adsorber et transporter des polluants, y compris des composés pharmaceutiques (Santana-Viera et coll., 2021). Certains produits pharmaceutiques, comme l'antibiotique roxithromycine, se bioaccumulent davantage lorsqu'ils sont adsorbés sur des microplastiques que lorsqu'ils sont ingérés directement (Zhang et coll., 2019). Voir ci-dessous pour plus de détails concernant les polluants pharmaceutiques. Un certain nombre d'articles récents ont examiné les effets des débris marins sur les cétacés et il est clair qu'ils constituent une menace sérieuse pour les cétacés lorsqu'ils s'y empêtrent ou les ingèrent (par exemple, Baulch et Perry, 2014). Les blessures causées par l'enchevêtrement ou l'ingestion peuvent être aiguës ou chroniques, ce qui peut avoir des conséquences sur la santé et entraîner la mort. Les problèmes associés à l'ingestion de débris plastiques, par exemple, comprennent la famine et la rupture gastrique enregistrées chez un cachalot retrouvé échoué en Espagne en 2012 (de Stephanis et al., 2016). Les débris marins pourraient constituer une menace pour la conservation de certaines populations (Baulch et Perry, 2014; Einfeld-Pierantonio et coll., 2022).

Einfeld-Pierantonio et al. (2022) ont constaté que 67,8% des espèces de cétacés sont jusqu'à présent connues pour être affectées par les interactions avec les débris marins et que différentes stratégies de plongée et d'alimentation déterminent comment différentes espèces interagissent avec la pollution plastique. Toutes les espèces sont probablement touchées dans une certaine mesure, et une étude future de la littérature montrera des preuves d'espèces plus touchées. En 2019, l'atelier sur les débris marins organisé sous les auspices

<sup>1</sup> <https://marinedebris.noaa.gov/info/patch.html>

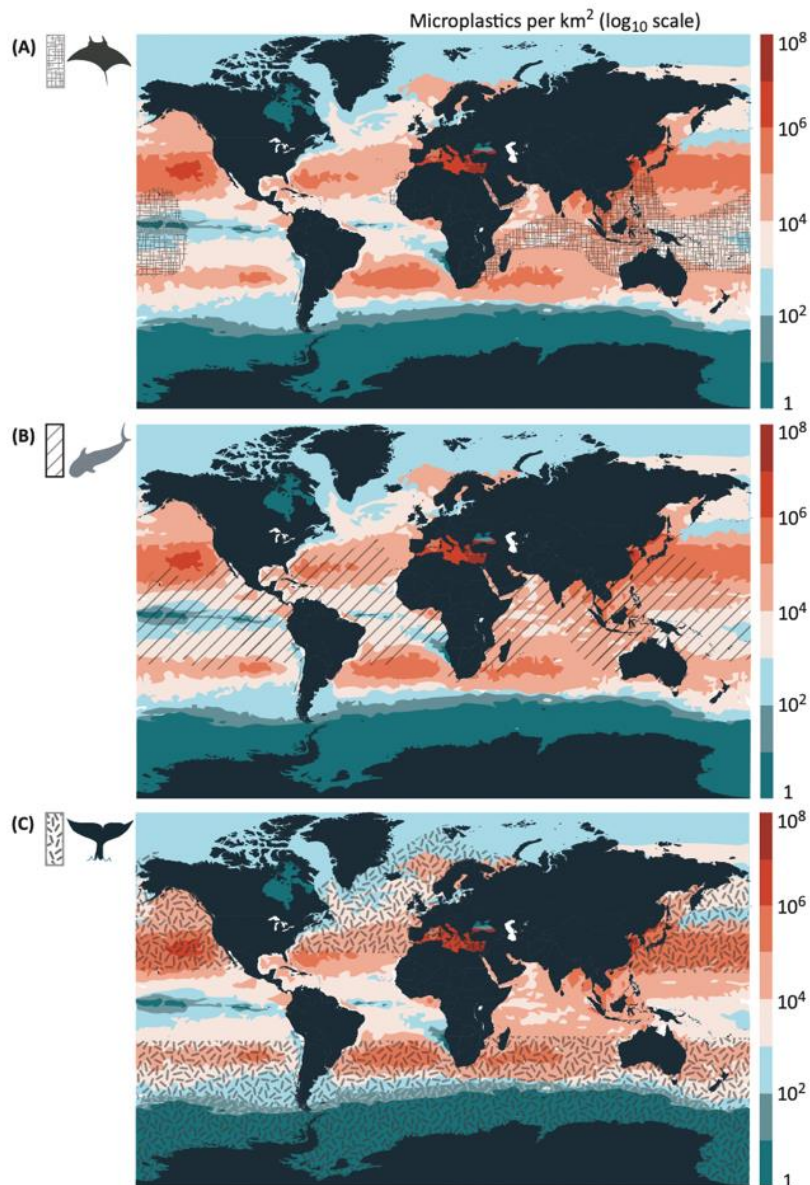
de la Commission baleinière internationale (CBI) a formulé un certain nombre de recommandations sur la manière d'étudier et d'évaluer les impacts de la pollution plastique sur les cétacés (CBI, 2020). Certaines de ces recommandations ont été approuvées dans la résolution adoptée lors de la 68e réunion de la Commission de la CBI en octobre 2022 (CBI, 2022) et qui a identifié les débris marins comme un domaine de travail prioritaire pour la CBI. L'atelier de 2019 a également noté que des problèmes de santé chroniques pourraient survenir si les plastiques persistaient dans le tractus gastro-intestinal, ce qui pourrait avoir un impact négatif sur la nutrition et la santé. De plus, les débris de plastique ingérés peuvent provoquer des changements inflammatoires et agir comme vecteur d'agents pathogènes ou de polluants.

Les débris marins ont également un impact sur de nombreux oiseaux. Un examen de 2 580 oiseaux de mer (de 13 espèces) de l'Atlantique Nord a révélé que les grands puffins (*Ardenna gravis*) avaient la plus forte prévalence de plastique ingéré et que 71 % d'entre eux avaient ingéré au moins un morceau de plastique (Provencher et al., 2014). Deux personnes avaient 36 morceaux de plastique dans leur tractus gastro-intestinal. Cinquante et un pour cent des fulmars boréaux (*Fulmarus glacialis*) avaient ingéré du plastique (les individus en avaient entre 0 et 7 pièces). Selon Provencher et al. (2014), plutôt que le nombre de morceaux de plastique, la masse de plastique peut être plus pertinente. La masse moyenne de plastique pour les grands puffins était de 0,11 g, soit 0,013 % de la masse corporelle. La stratégie de recherche de nourriture peut déterminer la quantité de plastique ingérée par les oiseaux de mer, car certaines espèces semblent être plus sensibles que d'autres.

Une pollution microplastique a été découverte sur les plages où nichent les tortues. Par exemple, sur les sites de nidification de la caouanne (*Caretta caretta*) et des tortues vertes (*Chelonia mydas*) à Chypre, certaines des pires pollutions jamais enregistrées ont été constatées sur certaines plages (Duncan et al., 2018). Comme les microplastiques ont des propriétés physiques différentes de celles des sédiments naturels, le succès de la nidification pourrait être affecté et les rapports de masculinité des tortues nouveau-nées pourraient être faussés. Duncan et al. (2018) ont recommandé que « des études soient clairement nécessaires pour évaluer l'impact de la présence de plastique dans la colonne de sable sur des paramètres critiques tels que la température et la perméabilité ».

Les tortues peuvent également ingérer des débris de plastique ou s'y empêtrer. Yaghmour et al. (2018), par exemple, ont constaté que 85,7 % des tortues vertes (*Chelonia mydas*) examinées avaient ingéré des débris marins. Des empêtrements dans des débris marins ont été signalés pour toutes les espèces de tortues marines, dans tous les bassins océaniques (Duncan et al., 2017). La plupart des empêtrements ont lieu dans des engins fantômes.

La mégafaune filtreuse (raies mobulides, requins filtreurs, baleines à fanons) est particulièrement exposée à des niveaux élevés d'ingestion de microplastiques en raison de la façon dont elle se nourrit, de ses proies cibles et parce que son habitat chevauche des points chauds de pollution microplastique (Germanov et al., 2018). Voir la figure 2. Dans les zones où les débris sont fortement accumulés, comme les plaques de déchets dans les gyres, le plastique peut constituer une grande partie de l'alimentation de certains organismes (Chen et coll., 2018).



Graphique 2. Les principaux points chauds microplastiques flottants chevauchent les aires de répartition de l'habitat de la mégafaune marine filtreuse. Les habitats de 3 espèces se chevauchent avec des régions où les niveaux de pollution microplastique sont élevés. (A) Raie manta de récif (*Mobula alfredi*) (B) Requin-baleine (*Rhincodon typus*) (C) Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*). Source : Germanov et al. (2018)

L'importance des microplastiques en termes d'effets connexes sur la santé est encore en cours d'évaluation, mais on sait depuis longtemps que certains polluants sont associés aux microdébris et que leur ingestion peut donc constituer une voie importante pour que ces plastiques pénètrent dans le corps des animaux. De même, les morceaux de plastique peuvent contenir des substances, par exemple des plastifiants, qui peuvent s'échapper du matériau une fois qu'il a été ingéré. Ce rôle des microdébris, en particulier dans le transfert de substances, est actuellement de plus en plus préoccupant (Eisfeld-Pierantonio et al., 2022; CBI, 2020). Les baleines à fanons, en raison des grandes quantités d'eau qu'elles filtrent, peuvent être particulièrement exposées au risque d'ingestion de petites particules de plastique de la même taille que leurs proies. Il peut également y avoir un chevauchement

entre les sites d'alimentation des baleines à fanons et les points chauds de débris marins, comme le montre la mer Méditerranée (Fossi et al., 2020).

## 5. Polluants chimiques

À la fin de la Seconde Guerre mondiale, une variété de nouveaux composés synthétiques étaient disponibles pour la lutte antiparasitaire et des entreprises privées ont été créées pour les fabriquer et les commercialiser, ce qui signifie qu'en 1950, 15 insecticides et fongicides étaient d'usage courant (Peterle, 1991). Des décennies plus tard, ce nombre a augmenté de plusieurs ordres de grandeur et aujourd'hui, on en sait beaucoup plus sur les conséquences environnementales de ces composés.

Les polluants organiques persistants (POP) constituent une menace importante pour la faune marine (Simmonds, 2017). Le DDT et les biphényles polychlorés (BPC) sont particulièrement préoccupants, car ils persistent dans l'environnement et s'accumulent chez les animaux marins au sommet du réseau trophique. Les POP perturbent le système endocrinien, ce qui a une incidence sur les fonctions hormonales, y compris la reproduction et le développement des poissons et d'autres espèces sauvages (Johnson et al., 2013). Les pesticides organochlorés perturbent également la reproduction chez les poissons. Les conséquences environnementales des BPC ont été bien décrites (Jepson et Law, 2016), bien que ce ne soit qu'au cours des dernières années qu'il soit devenu clair à quel point cette menace est importante pour les prédateurs supérieurs marins en particulier.

De nombreux composés se bioaccumulent et peuvent avoir des effets physiologiques, mais nous nous concentrerons ici sur les biphényles polychlorés, à la fois à titre d'exemple et parce qu'il existe des preuves de leur impact particulier sur les prédateurs supérieurs. Il existe maintenant une littérature considérable sur la contamination par les BPC. Les interdictions de ces composés signifient qu'ils sont maintenant en grande partie un problème hérité du passé, ce qui rend leur résolution d'autant plus difficile.

Stuart-Smith et Jepson (2017) ont fait remarquer que, bien que les concentrations de PCB pour la graisse des cétacés aient initialement diminué à la suite de l'interdiction de l'Union européenne (UE) de l'utilisation et de la fabrication de PCB au milieu des années 1980, « elles se sont depuis stabilisées dans la plupart des biotes européens (y compris les cétacés), les niveaux de PCB chez plusieurs espèces de dauphins dépassant nettement tous les seuils connus de toxicité des PCB chez les mammifères marins ». Par conséquent, Stuart-Smith et Jepson (2017) ont conclu que le déclin des populations de ces espèces est probablement le résultat d'un échec de la reproduction, entraîné par des concentrations élevées de BPC chez les femelles adultes. Dans les régions les plus industrialisées d'Europe, les quelques populations restantes d'épaulards côtiers (*Orcinus orca*) sont proches de l'extinction et les PCB sont généralement élevés en Europe. Les orques ont été décrites comme « parmi les espèces de mammifères les plus contaminées par les PCB au monde », reflétant leur longue vie, le fait qu'elles sont des prédateurs supérieurs et le mouvement extrêmement élevé des PCB à travers le lait des mères à leur progéniture.

Desforges et al. (2018) ont montré que les effets médiés par les BPC sur la reproduction et la fonction immunitaire menaçaient la viabilité à long terme de >50% des populations mondiales d'épaulards. Les populations d'épaulards situées à proximité des régions industrialisées et celles qui se nourrissent à des niveaux trophiques élevés, quel que soit leur emplacement, courent un risque élevé d'effondrement de la population.

D'autres prédateurs supérieurs marins, comme certaines espèces de requins, peuvent également présenter un risque important de BPC, bien qu'il n'y ait pas eu suffisamment de



recherches sur la plupart des espèces pour évaluer correctement cette situation (Stuart-Smith et Jepson, 2017).

La mer Méditerranée a été identifiée comme un point chaud de pollution marine en raison des niveaux élevés de PCB présents (Handoh et Kawai, 2014) et de nombreuses espèces de cétacés y sont fortement contaminées (Jepson et Law, 2016). Jepson et al. (2016) ont souligné que la Méditerranée occidentale et centrale et le sud-ouest de la péninsule ibérique, le golfe de Cadix et le détroit de Gibraltar en particulier étaient des « points chauds des PCB ». Parmi les autres régions où les niveaux de BPC sont élevés, mentionnons la mer du Nord, la mer Baltique, la côte atlantique de l'Amérique du Nord, la baie d'Hudson, la mer de Béring, l'Asie de l'Est et le bord eurasiatique de l'océan Arctique (Handoh et Kawai, 2014).

Desforges et al. (2016) ont conclu que « les mammifères marins du monde entier sont exposés aux niveaux les plus élevés de contaminants environnementaux de tous les animaux sauvages ». Les polluants organiques persistants et les métaux lourds (principalement les BPC et le mercure, Hg) suppriment la fonction immunitaire des mammifères marins et peuvent donc entraîner des éclosions de maladies infectieuses (Desforges et al., 2016). En effet, il est important d'examiner l'impact de la pollution sur les mammifères marins en examinant comment les polluants peuvent les empêcher de faire face aux stress d'autres facteurs environnementaux tels que les maladies (Reijnders et al., 2009).

Les poissons migrateurs comme le saumon, leur habitat et les réseaux trophiques sont exposés aux pesticides, mais il y a un manque d'information sur l'impact de ces pesticides sur les réseaux trophiques, par exemple (Macneale et al., 2010). « Les pesticides dégradent (produits de dégradation) et métabolisent... peut être plus toxique que le composé parent (par exemple, les insecticides organophosphorés)... [et]... le devenir, la persistance et la toxicité des ingrédients dits « inertes » dans les formulations de pesticides demeurent mal compris » (Macneale et coll., 2010). La pollution, en particulier les PCB et les dioxines, est l'une des raisons du déclin de la population de saumons de la Baltique (*Salmo salar* L.) (Kulmala et coll., 2013).

Un examen complet des problèmes de pollution liés aux métaux lourds devrait tenir compte d'une littérature très abondante, mais un exemple préoccupant est l'accumulation de telles substances dans les tissus des poissons, qui peut avoir des effets sur leur santé et celle de leurs prédateurs (voir, par exemple, Jezierska et Witeska, 2006). Il est bien établi que les poissons vivant dans les eaux polluées ont tendance à accumuler des métaux lourds dans leurs tissus et que l'accumulation de métaux dans divers organes des poissons peut provoquer des lésions structurelles et des perturbations fonctionnelles.

## 6. Éléments nutritifs

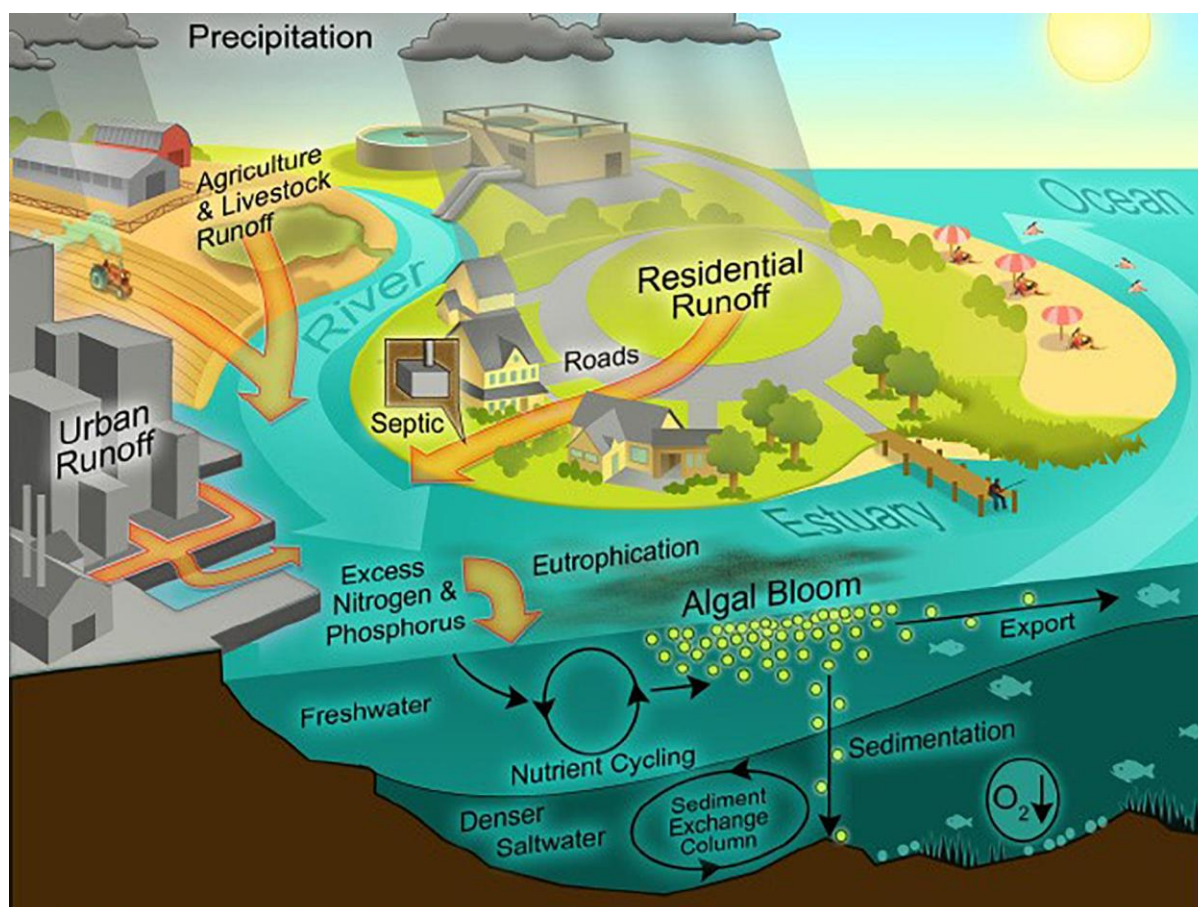
Un excès de nutriments peut avoir des effets dévastateurs sur les écosystèmes marins côtiers. L'augmentation de l'apport de nutriments dans les zones côtières provient principalement de sources agricoles, mais aussi des dépôts atmosphériques provenant de la combustion de combustibles fossiles (Howarth, 2008). Le processus qui en résulte, connu sous le nom d'« eutrophisation », conduit à l'hypoxie, à l'anoxie, à la dégradation de l'habitat, à la perte de biodiversité, aux changements dans les réseaux trophiques, à l'augmentation des proliférations d'algues nuisibles et aux « zones mortes ». Des mortalités d'herbiers marins, d'algues et de poissons peuvent en résulter.

Les proliférations d'algues améliorées peuvent affecter négativement d'autres espèces par le fait qu'elles bloquent la lumière sur les plantes sous-marines, ce qui rend leur croissance difficile, voire impossible (Smithsonian Environmental Research Center, 2023). Sans ces plantes, certains animaux, tels que les larves de crabes et les poissons, sont privés de

nourriture et d'habitat. Les « zones mortes » créées par les proliférations d'algues sont des zones d'hypoxie (très faible teneur en oxygène). Certaines zones à faible teneur en oxygène sont transitoires et ne durent que quelques heures pendant la nuit, car la photosynthèse des algues stimule l'oxygène pendant la journée, tandis que la respiration aspire l'oxygène la nuit en l'absence de photosynthèse. Les proliférations d'algues accrues rendent les oscillations jour-nuit, qui se produisent naturellement, beaucoup plus extrêmes. Les zones appauvries en oxygène peuvent durer des mois, des années ou plus.

Les rejets d'eaux usées peuvent également affecter les charges en éléments nutritifs. Wear et al. (2021) ont signalé que les points chauds de pollution par les eaux usées sont présents à l'échelle mondiale dans les systèmes terrestres, aquatiques et marins et que « les eaux usées non traitées et mal traitées augmentent les concentrations de nutriments, d'agents pathogènes, de perturbateurs endocriniens, de métaux lourds et de produits pharmaceutiques dans les écosystèmes naturels ». Les mêmes auteurs commentent également les impacts sur les récifs coralliens et les marais salants, habitats qui peuvent être importants pour les différents stades de vie des espèces migratrices.

L'eutrophisation côtière d'origine humaine a été décrite comme l'une des plus grandes menaces pour la santé des écosystèmes estuariens et marins côtiers à l'échelle mondiale (Malone et Newton, 2020). L'azote est généralement considéré comme la principale cause d'eutrophisation dans la plupart des écosystèmes côtiers, bien que cela ne signifie pas que le phosphore ne joue pas également un rôle. Dans la seconde moitié du XXe siècle, l'offre mondiale d'azote inorganique dissous a doublé du fait des activités humaines et les apports anthropiques (160 Tg N an<sup>-1</sup>) dépassent désormais toute fixation naturelle de l'azote dans les océans (140 Tg N an<sup>-1</sup>). La figure 3 présente un schéma des voies d'entrée et des conséquences des nutriments.



Graphique 3. Voies d'enrichissement en nutriments et conséquences (Source : Malone et Newton, 2020).

## 7. Sédiments

L'augmentation des matières terrigènes<sup>2</sup> sous forme de particules (organiques et inorganiques) et de matières organiques dissoutes « affecte les propriétés physiques de la colonne d'eau, améliorant la turbidité et réduisant la pénétration du rayonnement solaire disponible pour la photosynthèse ... ils modifient également les propriétés chimiques du plan d'eau » (Häder et al., 2020). Ces augmentations peuvent être causées par des facteurs tels que les activités minières et les épisodes de pluie extrême. Van Dam et coll. (2011) ont noté que « l'association des polluants avec les matières particulaires peut accroître la persistance dans l'environnement. En raison de la sorption rapide de nombreux contaminants dans les sédiments, il n'est pas surprenant que les plus grands réservoirs de facteurs de stress chimiques se trouvent dans les estuaires, les terres humides ou les centres urbains avoisinants. Néanmoins, les sédiments en suspension transportés dans les panaches de mousson ont le potentiel de contaminer des sites plus au large ».

Des charges sédimentaires élevées peuvent avoir des effets physiologiques et comportementaux sur les poissons (Kjelland et al., 2015). L'augmentation de la concentration et du temps d'exposition aux sédiments en suspension augmente la gravité de la réaction des poissons, bien que différentes espèces aient des niveaux de tolérance différents (Wenger et al., 2017). Les poissons peuvent éviter les eaux troubles et leur alimentation et leurs choix d'habitat peuvent être influencés par la présence de sédiments en suspension. Les changements physiologiques comprennent des dommages aux branchies qui « altèrent la capacité respiratoire, l'excrétion azotée et l'échange d'ions » (Wenger et coll., 2017). Les sédiments contaminés ont un impact encore plus important sur les poissons (Wenger et al., 2017).

## 8. Événements transitoires de pollution à grande échelle

Les oiseaux migrateurs sont menacés par des événements de pollution à court terme, par exemple le fou de Bassan (*Morus bassanus*) est un migrateur de longue distance qui a été touché par l'explosion de Deepwater Horizon dans le golfe du Mexique (Montevecchi et al., 2012) Voir l'encadré de l'étude de cas ci-dessous.

La pollution par les hydrocarbures est l'une des causes reconnues de mortalité des manchots migrateurs de Magellan (*Spheniscus magellanicus*) (Stokes et al., 2014). Ces oiseaux migrent des aires de reproduction du sud de l'Argentine vers le nord vers les aires d'hivernage du nord de l'Argentine, de l'Uruguay et du sud du Brésil en suivant un corridor situé à moins de 250 km de la côte. Une migration moyenne aller simple est de 2 000 km, certains manchots parcourant plus de 3 000 km.

Lorsque les oiseaux reçoivent de l'huile sur leurs plumes, ils peuvent mourir d'hypothermie, car les plumes ne sont plus imperméables ou isolantes (Henkel et coll., 2012). Ils peuvent également souffrir de déshydratation, de famine, d'arthrite, de problèmes gastro-intestinaux, d'infections, de pneumonies, d'impaction cloacale et d'irritation oculaire. Les oiseaux peuvent ingérer de l'huile lorsqu'ils tentent de se préparer les plumes, mais, dans le cas des oiseaux de rivage, l'ingestion d'huile se produit également lorsque les oiseaux se nourrissent dans des

<sup>2</sup> Les matériaux terrigènes désignent les sédiments, y compris les débris rocheux, les grains minéraux et les particules d'argile.

zones contaminées. L'huile ingérée peut avoir des effets toxiques sur les reins, le foie et le tractus gastro-intestinal. Les effets potentiels d'un déversement d'hydrocarbures sur les oiseaux de rivage migrateurs sont illustrés à la figure 4.

La migration est exigeante sur les plans énergétique et physiologique et les effets subtils du pétrole peuvent avoir de graves conséquences qui entraînent des effets au niveau de la population (Henkel et al., 2012). La migration fournit également un mécanisme par lequel les effets du déversement peuvent être transportés vers des écosystèmes très éloignés de ceux qui se trouvent à proximité immédiate de la contamination.

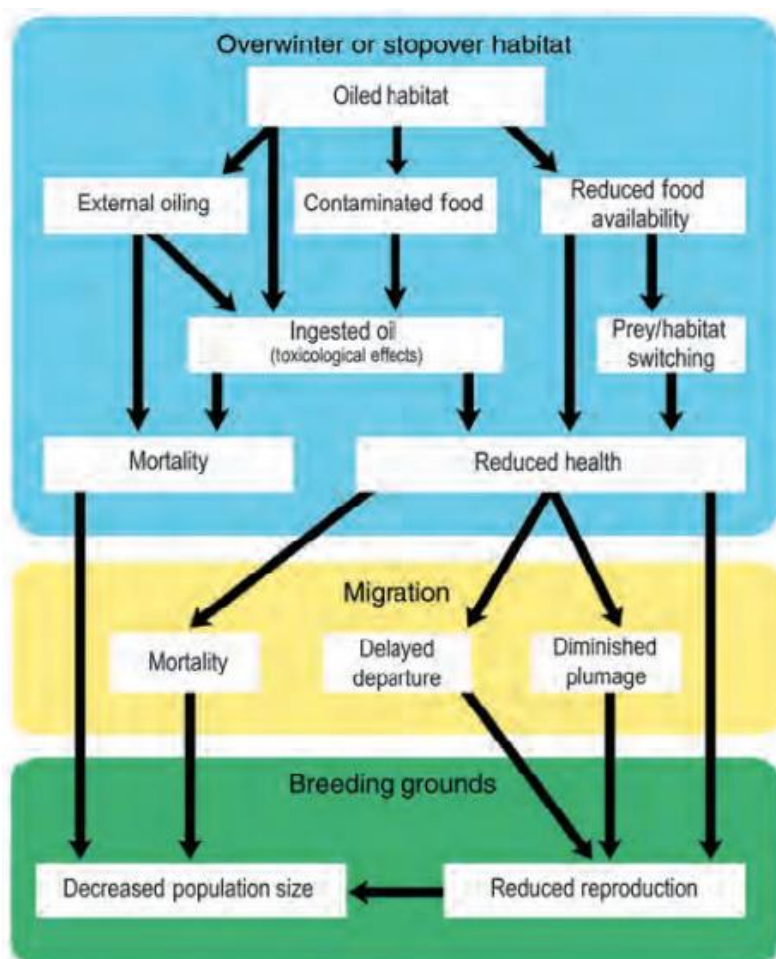


Figure 4 : Voies de contamination par les hydrocarbures et effets de rémanence potentiels à chaque étape du cycle annuel (habitat d'hivernage ou de halte, migration et reproduction) des oiseaux de rivage migrants. Source : Henkel et coll. (2012)

### Étude de cas : Deepwater Horizon

En avril 2010, il y a eu une explosion sur l'unité de forage Deepwater Horizon qui a entraîné le rejet d'au moins 5 millions de barils de pétrole et d'au moins 250 000 tonnes métriques de gaz naturel dans le golfe du Mexique (Joye, 2015). La libération a duré 87 jours. Des dispersants chimiques ont été appliqués à la surface de la mer et sous l'eau à la tête de puits de rejet afin d'augmenter la dissolution du pétrole dans les eaux extracôtières et de réduire son arrivée sur les rivages. Cependant, les dispersants utilisés étaient très toxiques et la combinaison du dispersant avec du pétrole brut a augmenté la toxicité du pétrole pour le microzooplancton (Almeda et coll., 2014). Selon Joye (2015), « l'infusion d'hydrocarbures... a affecté négativement plusieurs niveaux du réseau trophique du golfe, du plancton microscopique à la base aux poissons pélagiques et aux prédateurs supérieurs, tels que les dauphins.

Des effets biologiques ont été constatés chez les requins exposés aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) à la suite du déversement de pétrole de Deepwater Horizon (Walker, 2011). Henkel et al. (2012) ont estimé que « jusqu'à 86 000 oiseaux de rivage étaient potentiellement affectés par des traces ou un léger huilage de leurs plumes ». Les oiseaux de rivage auraient également ingéré des boules de goudron de pétrole pendant leur quête de nourriture.

D'autres événements transitoires mais à grande échelle pourraient inclure d'autres déversements de produits chimiques provenant de pipelines et de navires ou la perte de plastiques, comme le déversement exceptionnel de granulés de plastique qui s'est produit au Sri Lanka en mai 2021 (voir, par exemple, de Vos et al., 2022).

## 9. Produits pharmaceutiques

Les produits pharmaceutiques et de soins personnels sont de plus en plus présents dans l'environnement, y compris dans les tissus des poissons (Ramirez et coll., 2009). Les sources de produits pharmaceutiques qui pénètrent dans le milieu marin comprennent les eaux usées, l'aquaculture, l'élevage, les cultures horticoles et l'élimination des déchets (Gaw et al., 2014). « Une fois rejetés dans les milieux aquatiques, les produits pharmaceutiques et leurs métabolites peuvent subir une transformation biotique et abiotique (dégradation) et s'absorber sur les matières particulaires en suspension (MPS) et les sédiments et, dans certains cas, s'accumuler dans les tissus des organismes aquatiques » (Gaw et coll., 2014). Les processus par lesquels cela se produit peuvent différer entre les environnements d'eau douce et d'eau salée (Gaw et al., 2014).

Des composés pharmaceutiques ont été trouvés dans les zones côtières du monde entier (Fabbri et Franzellitti, 2016). Les zones à population dense et aux activités industrielles et agricoles intensives peuvent être considérées comme des points chauds.

Un grand nombre de produits pharmaceutiques pénètrent dans l'environnement marin de la mer Baltique, principalement ceux issus de groupes thérapeutiques d'anti-inflammatoires et d'analgésiques, d'agents cardiovasculaires et d'agents du système nerveux central (Zandaryaa et Frank-Kamenetsky, 2021). En Méditerranée, 13 produits pharmaceutiques ont été mis en évidence comme étant préoccupants, dont 8 antibiotiques, 3 analgésiques/anti-inflammatoires, le métoprolol et 17  $\lambda$ -éthinylestrodiol (Desbiolles et al., 2018).

## 10. Ruissellement d'eau douce

L'augmentation du ruissellement d'eau douce dans les zones côtières, par exemple dans le nord de la mer Baltique, pourrait avoir un impact sur la répartition des espèces (Vuorinen et al., 2015). « Dans la mer Baltique, la fraîcheur de l'eau a provoqué des changements qualitatifs et quantitatifs dans la faune piscicole », selon Vuorinen et al. (2015).

Une exposition prolongée à l'eau douce ou une faible salinité peuvent avoir de graves conséquences sur la santé de certains cétacés marins. Par exemple, des grands dauphins communs (*Tursiops truncatus*) ont été enregistrés avec des lésions cutanées, un œdème cornéen et des anomalies électrolytiques après exposition à de l'eau à faible salinité (Deming et al., 2020). Quarante-huit pour cent des dauphins exposés à une faible salinité lors de l'ouragan Harvey, qui a frappé le sud-est des États-Unis en 2017, ont été enregistrés comme ayant au moins une lésion cutanée, 65% de ces dauphins présentant des lésions d'étendue moyenne ou élevée (Fazioli et Mintzer, 2020). Dans les scénarios où il y a un changement aigu de salinité, les dauphins peuvent subir des coûts énergétiques en raison d'une réduction des proies disponibles et d'une dépense énergétique accrue. Cela peut être dû aux effets sur la flottabilité et à la réduction de l'efficacité de la recherche de nourriture (Booth et Thomas, 2021). Bien que les dauphins puissent tolérer une certaine exposition à une faible salinité, les animaux en mauvaise santé, ou qui sont très jeunes ou très vieux, peuvent mourir d'exposition. Une fois que la barrière cutanée d'un animal a été considérablement dégradée en raison d'une exposition prolongée, il existe un risque accru d'infection, de « décompensation des systèmes surrénalien et rénal en plus d'autres maladies chroniques, et de malnutrition subséquente » (Booth et Thomas, 2021).

## 11. Déchets nucléaires

Des matières faiblement radioactives sont parfois délibérément éliminées dans le milieu marin (Kolar et Gugleta, 2019). Par exemple, des déchets radioactifs de faible activité <sup>14</sup>C sont déversés dans la mer d'Irlande à partir de l'installation de Sellafield Ltd. au Royaume-Uni et des activités enrichies de <sup>14</sup>C ont été trouvées dans tous les échantillons de mammifères marins de la côte ouest des îles britanniques (Tierney et al., 2017).

Kolar et Gugleta (2019) ont constaté que « l'accumulation de radionucléides peut entraîner non seulement une augmentation des taux de mortalité et de morbidité [pour les poissons marins et d'eau douce], mais aussi des changements dans les schémas de reproduction et de développement ainsi que des modifications de la constitution génétique ». Les schémas migratoires de certaines espèces de poissons signifient que des traces de rayonnement peuvent finir par être introduites dans les réseaux trophiques dans des zones où il n'y en avait pas auparavant.

En plus de l'élimination délibérée de matières radioactives dans l'environnement marin, il arrive parfois que des rejets accidentels aient lieu, ce qui peut avoir des impacts plus extrêmes sur la faune. Après l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi au Japon en 2011, les niveaux de radiocésium (<sup>134</sup>Cs et <sup>137</sup>Cs) chez le thon rouge du Pacifique (*Thunnus orientalis*) étaient 10 fois plus élevés qu'avant l'accident (Madigan et al., 2012). Le thon a également transporté les radionucléides dérivés de Fukushima du Japon vers la Californie.

## 12. Questions émergentes

Comme décrit ci-dessus, il est raisonnable de supposer que de nouvelles menaces apparaîtront dans le contexte des produits chimiques fabriqués par l'homme qui pénètrent dans l'environnement, ce qui signifie que la vigilance est nécessaire pour tenter d'identifier ces menaces émergentes.

De nouvelles sources de pollution peuvent également émerger liées au nombre croissant d'activités industrielles se déplaçant dans les océans. L'un d'eux est l'exploitation minière en haute mer. Des préoccupations ont récemment été soulevées à ce sujet en tant que source de bruit, et potentiellement d'autres sources de pollution, (par exemple, Thompson et al., 2023). L'exploitation minière en eau profonde fait l'objet d'un document distinct mais, en bref, il s'agit de l'exploitation de certains minéraux dans les grands fonds. La zone de Clarion-Clipperton (ZCC) dans le Pacifique Nord, par exemple, a été soulignée comme présentant un intérêt particulier pour les sociétés minières qui cherchent à exploiter des nodules polymétalliques. Celle-ci a une profondeur moyenne de 5 500 m et une superficie d'environ 11 650 000 km<sup>2</sup>. Si elle est autorisée, l'exploitation minière à l'échelle commerciale peut fonctionner 24 heures sur 24, à des profondeurs variables. Les sons produits par les opérations minières, y compris par les véhicules télécommandés sur le fond marin, chevauchent les fréquences auxquelles les cétacés communiquent, ce qui peut provoquer un masquage auditif et un changement de comportement chez les mammifères marins.

### **13. Travaux d'autres organismes internationaux sur la pollution marine**

#### **13.1 Débris marins**

À ce jour, la Commission baleinière internationale (CBI) a organisé trois ateliers internationaux sur les cétacés et les déchets marins (CBI., 2020). L'atelier le plus récent a examiné les données les plus récentes sur les interactions avec les cétacés et identifié les meilleures pratiques pour la pathologie macroscopique, y compris pour les micro-déchets. Sur la base de son examen des sources publiées et non publiées, l'atelier a convenu que « l'ampleur de l'augmentation réelle et prévue des plastiques » était « alarmante », notant que les cétacés peuvent être tués par ingestion en raison de l'impaction/occlusion gastrique et de la perforation ou à la suite des lésions associées.

L'atelier IWC 2019 s'est également penché sur l'enchevêtrement, notant que ~640 000 tonnes d'engins de pêche abandonnés, perdus ou rejetés (ALDFG) arrivent chaque année dans les océans. Parmi ses recommandations, l'atelier a souligné l'importance des études à long terme et la nécessité d'uniformiser les études post mortem. À l'heure actuelle, la méthode la plus universellement utilisée pour examiner les effets et la présence chez les cétacés est l'examen pendant la nécropsie du tractus gastro-intestinal des individus échoués. Cela peut démontrer le type d'exposition de l'espèce, mais il a des limites en termes d'identification de tous les effets nocifs sur l'individu et au niveau de la population. Les problèmes liés à cette approche sont les suivants :

- i) peu de corps sont récupérés;
- ii) parmi ceux-ci, encore moins sont en assez bon état pour être examinés; et
- iii) un taux de signalement apparemment faible.

Il convient également de noter que les chefs d'État, les ministres de l'environnement et d'autres représentants des États membres de l'ONU ont approuvé une résolution historique lors de l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement (ANUE-5) le 2 mars 2022 à Nairobi pour mettre fin à la pollution plastique et forger un accord international juridiquement contraignant d'ici 2024. Le nouvel instrument juridiquement contraignant porte sur le cycle de vie complet du plastique, y compris sa production, sa conception et son élimination.

#### **13.2. Polluants persistants**

Les accords relatifs aux produits chimiques dangereux comprennent la Convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable

à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet d'un commerce international, la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP) et la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL). et la Convention de Minamata sur le mercure. En outre, la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination se concentre spécifiquement sur les questions liées aux déchets.

## **14. Conclusions**

Comme décrit ici, les environnements marins et, par conséquent, la faune marine migratrice peuvent être affectés par une gamme de différents types de pollution. Ces dernières années, la question de la pollution plastique a pris une place importante et une action internationale suit maintenant pour la contrôler. D'autres formes de pollution sont beaucoup moins bien comprises par le public et les décideurs.

La base de données probantes sur les impacts des polluants semble également très variable en termes de conclusions sur leur importance pour la faune marine migratrice, bien que ce rapport ne constitue qu'un examen initial et que des recherches supplémentaires seraient appropriées. Les polluants organiques persistants, tels qu'illustrés par (mais sans s'y limiter) les BPC, sont bien établis comme une menace importante pour certains prédateurs marins supérieurs. Les effets chroniques des polluants sur la santé, y compris la reproduction (et donc la capacité des populations à se maintenir et/ou à se rétablir), sont moins bien décrits et rarement inclus dans les plans de conservation. De même, une analyse permettant de déterminer les points chauds où la pollution est connue ou susceptible d'être importante aiderait à concentrer les efforts de la CMS et de ses Parties.

Bien entendu, la pollution sous toutes ses formes n'agit pas isolément des autres facteurs de stress environnementaux. L'augmentation des précipitations induite par le changement climatique, par exemple, peut entraîner une augmentation de l'inondation d'eau douce des habitats côtiers avec des apports accrus de sédiments et de nutriments. En outre, lorsque, par exemple, des décharges côtières sont inondées (peut-être aussi en raison de l'élévation du niveau de la mer), la pollution peut augmenter dans les eaux adjacentes. La nature interdépendante et potentiellement cumulative des facteurs de stress affectant la faune marine doit être reconnue.



## 15. Recommandations

La CMS étant une convention soucieuse de la diversité biologique, son rôle principal dans la lutte contre la pollution marine sera de compléter les actions menées par d'autres organismes internationaux qui traitent directement de la réduction à la source ou du contrôle direct des rejets de pollution.

La réponse de la CMS et de ses Parties aux problèmes de pollution marine affectant la faune marine migratrice pourrait être globalement triple:

1. Prendre des mesures pour intégrer la lutte contre la menace de pollution dans les plans de conservation des taxons concernés, et dans la pratique, cela pourrait signifier trois choses distinctes:
  - premièrement, la prise en compte des menaces induites par la pollution pour la survie, la santé et le bien-être des taxons concernés, y compris les effets sur la reproduction (qui devraient clairement être pris en compte dans l'évaluation de la capacité des populations et des espèces à se maintenir ou à se rétablir);
  - deuxièmement, contribuer à la description et à la diffusion des menaces que représente la pollution pour les populations, les espèces et leurs habitats touchés (améliorant ainsi les connaissances et les actions appropriées pour lutter contre la pollution et l'atténuer, y compris à la source); et
  - troisièmement, développer des actions scientifiques pour faire face aux menaces de pollution pesant sur les espèces migratrices et leurs habitats, en tenant compte des aires d'alimentation, de reproduction et de migration.
2. En cas de menace chronique de pollution, par exemple due à des polluants hérités, encourager des mesures appropriées pour atténuer cette menace, en reconnaissant sa nature souvent transfrontalière et donc la nécessité d'une collaboration étroite entre les États membres et avec d'autres organismes internationaux; et
3. En cas de problème de pollution aigu, tel qu'un déversement de produits chimiques, de granulés de pétrole ou de plastique, encourager une action d'urgence rapide et appropriée pour y remédier.

Le Conseil scientifique devrait maintenant examiner la meilleure façon de hiérarchiser ses travaux sur la pollution et les actions suivantes sont recommandées:

- Je. Organiser un atelier intersessions d'experts chargés d'évaluer plus avant les menaces que représentent toutes les formes de pollution pour les espèces marines migratrices et d'aider à identifier les points chauds de l'impact de la pollution, y compris les impacts cumulatifs;
- li. À l'appui de ce qui précède et avant l'atelier, parrainer la production d'un examen approfondi de ce sujet;
- lii. Chercher à identifier les localités où la pollution marine et les espèces marines migratrices se croisent de manière significative et faire des recommandations en fonction de cela pour les actions futures; et
- iv. Rechercher une coopération et une coordination renforcées avec d'autres institutions des Nations Unies et des AME, y compris les organismes qui seront créés sous la juridiction de l'Accord sur la biodiversité au-delà de la juridiction nationale (BBNJ) et du nouveau traité international sur les plastiques lorsqu'ils entreront en vigueur.

## 16. Références

- Almeda, R., Hyatt, C. and Buskey, E.J. (2014) Toxicity of dispersant Corexit 9500A and crude oil to marine microzooplankton. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 106: 76-85.
- Avila, I.C., Kaschner, K. and Dormann, C.F. (2018) Current global risks to marine mammals: Taking stock of the threats. *Biological Conservation* 221: 44-58.
- Baudena, A., Ser-Giacomi, E., Jalón-Rojas, I., et al. (2022) The streaming of plastic in the Mediterranean Sea. *Nature Communications* 13: 2981.
- Baulch, S. and Perry, C. (2014) Evaluating the impacts of marine debris on cetaceans. *Marine Pollution Bulletin* 80(1-2): 210-221.
- Booth, C. and Thomas, L. (2021) An Expert Elicitation of the Effects of Low Salinity Water Exposure on Bottlenose Dolphins. *Oceans* 2: 179–192.
- Cabrera-Cruz, S.A., Larkin, R.P., Gimpel, M.E., et al. (2021) Potential Effect of Low-Rise, Downcast Artificial Lights on Nocturnally Migrating Land Birds. *Integrative and Comparative Biology* 61(3): 1216-1236.
- Chapuis, L., Collin, S.P., Yopak, K.E., et al. (2019) The effect of underwater sounds on shark behaviour. *Scientific Reports* 9: 6924.
- Chen, Q., Reisser, J., Cunsolo, S., et al. (2018) Pollutants in plastics within the North Pacific Subtropical Gyre. *Environmental Science & Technology* 52: 446-456.
- CMS (2020) Light Pollution Guidelines. Annex to Resolution 13.5. Available at: [https://www.cms.int/sites/default/files/document/cms\\_cop13\\_res.13.5\\_annex\\_e.pdf](https://www.cms.int/sites/default/files/document/cms_cop13_res.13.5_annex_e.pdf)
- Connan, M., Perold, V., Dilley, B.J., et al. (2021) The Indian Ocean ‘garbage patch’: Empirical evidence from floating macro-litter. *Marine Pollution Bulletin* 169: 112559.
- Cruz, L.M., Shillinger, G.L., Robinson, N.L., et al. (2018) Effect of light intensity and wavelength on the in-water orientation of olive ridley turtle hatchlings. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 505: 52-56.
- Deming, A.C., Wingers, N.L., Moore, D.P., et al. (2020) Health Impacts and Recovery From Prolonged Freshwater Exposure in a Common Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*). *Frontiers in Veterinary Science* 7:235.
- DeRuiter, S.L. and Doukara, K.L. (2012) Loggerhead turtles dive in response to airgun sound exposure. *Endangered Species Research* 16: 55-63.
- Desbiolles, F., Malleret, L., Tiliacos, C., et al. (2018) Occurrence and ecotoxicological assessment of pharmaceuticals: Is there a risk for the Mediterranean aquatic environment? *Science of the Total Environment* 639: 1334-1348.
- Desforges, J.-P., W., Sonne, C., Levin, M., et al. (2016) Immunotoxic effects of environmental pollutants in marine mammals. *Environment International* 86: 126-139.
- Desforges, J.-P. et al. (2018) Predicting global killer whale population collapse from PCB pollution. *Science* 361,1373-1376.
- De Stephanis, R., Giménez, J., Carpinelli, E., et al. (2013) As main meal for sperm whales: Plastics debris. *Marine Pollution Bulletin* 69(1-2): 206-214.
- De Vos, A., Aluwihare, L., Youngs, S., et al. (2022) The M/V X-Press Pearl Nurdle Spill: Contamination of Burnt Plastic and Unburnt Nurdles along Sri Lanka’s Beaches. *ACS Environmental Au* 2(2): 128-135.
- Duncan, E.M., Botterell, Z.L.R., Broderick, A.C., et al. (2017) A global review of marine turtle entanglement in anthropogenic debris: a baseline for further action. *Endangered Species Research* 34: 431-448.

- EEA (European Environment Agency) (2023) Emerging chemical risks in Europe – PFAS. Available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/emerging-chemical-risks-in-europe> Last accessed 23 May 2023.
- Eisfeld-Piernantonio, S.M., Pierantonio, N. and Simmonds, M.P. (2022) The impact of marine debris on cetaceans with consideration of plastics generated by the COVID-19 pandemic. *Environmental Pollution* 300: 118967.
- Erbe, C., Williams, R., Sandilands, D., et al. (2014) Identifying Modeled Ship Noise Hotspots for Marine Mammals of Canada's Pacific Region. *PLoS ONE* 9(11): e114362.
- Fabbri, E. and Franzellitti, S. (2016) Human pharmaceuticals in the marine environment: focus on exposure and biological effects in animal species. *Environmental Toxicology and Chemistry* 35(4): 799-812.
- Fazioli, K. and Mintzer, V. (2020) Short-term Effects of Hurricane Harvey on Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in Upper Galveston Bay, TX. *Estuaries and Coasts* 43: 1013–1031.
- Fossi, M. C., Bains M., Simmonds, M.P. (2020) Cetaceans as Ocean Health Indicators of Marine Litter Impact at Global Scale. *Frontiers in Environmental Science* 8: 586627.
- Gaw, S., Thomas, K.V. and Hutchinson, T.H. (2014) Sources, inputs and trends of pharmaceuticals in the marine and coastal environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 269: 20130572.
- Germanov, E.S., Marshall, A.D., Bejder, L., et al. (2018) Microplastics: No small problem for filter-feeding megafauna. *Trends in Ecology & Evolution* 33(4): 227-232.
- Gibbs, S.E., Salgado Kent, C.P., Slat, B., et al. (2019) Cetacean sightings within the Great Pacific Garbage Patch. *Marine Biodiversity* 49: 2021-2027.
- Häder, D.-P., Banaszak, A.T., Villafañe, V.E., et al. (2020) Anthropogenic pollution of aquatic ecosystems: Emerging problems with global implications. *Science of the Total Environment* 713: 136586.
- Handoh, I.C. and Kawai, T. (2014) Modelling exposure of oceanic higher trophic-level consumers to polychlorinated biphenyls: Pollution 'hotspots' in relation to mass mortality events of marine mammals. *Marine Pollution Bulletin* 85: 824-830.
- Henkel, J.R., Sigel, B.J. and Taylor, C.M. (2012) Large-Scale Impacts of the *Deepwater Horizon* Oil Spill: Can Local Disturbance Affect Distant Ecosystems through Migratory Shorebirds? *BioScience* 62(7): 676-685.
- Howarth (2008) Coastal nitrogen pollution: A review of sources and trends globally and regionally. *Harmful Algae* 8(1): 14-20.
- IWC (2020) Report of the IWC Workshop on Marine Debris: the Way Forward, 3 - 5 December 2019, La Garriga, Catalonia, Spain (Workshop Report No. SC/68B/REP/ 03). International Whaling Commission, La Garriga, Catalonia, Spain.
- IWC (2022) Draft Resolution on Marine Plastic Pollution. IWC/68/8.1/01/REV2/EN
- Jepson, P.D. and Law, R.J. (2016) Persistent pollutants, persistent threats. *Science* 352(6292): 1388-1389.
- Jepson, P.D., Deaville, R., Barber, J.L., et al. (2016) PCB pollution continues to impact populations of orcas and other dolphins in European waters. *Scientific Reports* 6: 18573.
- Jeziarska, B. and Witeska, M. (2006) The metal uptake and accumulation in fish living in polluted waters. In: I. Twardowska et al. (eds.) *Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation* 3-23.
- Johnson, C.M., Reisinger, R.R., Palacios, D.M., et al. (2022) Protecting Blue Corridors – Challenges and solutions for migratory whales navigating national and international seas. Available at: <https://zenodo.org/record/6196131>
- Johnson, L.L., Anulacion, B.F., Arkoosh, M.R., et al. (2013) Effects of legacy Persistent Organic Pollutants (POPs) in fish – Current and future challenges. *Fish Physiology* 33: 53-140.
- Joye, S. (2015) Deepwater Horizon, 5 years on. *Science* 349(6248): 592-593.

- Kjelland, M.E., Woodley, C.M., Swannack, T.M., et al. (2015) A review of the potential effects of suspended sediment on fishes: potential dredging-related physiological, behavioral, and transgenerational implications. *Environment Systems and Decisions* 35: 334-350.
- Kolar, M.V. and Gugleta, M. (2019) The consequences of disposal and leakage of radioactive materials on various species of marine and freshwater fish. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 7(6): 185-189.
- Kulmala, S., Haapasaari, P., Karjalainen, T.P., et al. (2013) TEEB Nordic case: Ecosystem services provided by the Baltic salmon- a regional perspective to the socio-economic benefits associated with a keystone species. In: Kettunen *et al.* Socio-economic importance of ecosystem services in the Nordic Countries – Scoping assessment in the context of The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- Leal Filho, W., Hunt, J. and Kovaleva, M. (2021) Garbage Patches and their Environmental Implications in a Plastisphere. *Journal of Marine Science and Engineering* 9:1289.
- Lebreton, L.C.M., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., et al. (2017) River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications* 8: 15611.
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., et al. (2018) Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports* 8: 4666.
- Li, W.C., Tse, H.F. and Fok, L. (2016) Plastic waste in the marine environment: a review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment* 566-567: 333-349.
- Macneale, K.H., Kiffney, P.M. and Scholz, N.L. (2010) Pesticides, aquatic food webs, and the conservation of Pacific salmon. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8(9): 475-482.
- Madigan, D.J., Baumann, Z. and Fisher, N.S. (2012) Pacific bluefin tuna transport Fukushima-derived radionuclides from Japan to California. *PNAS* 109(24): 9483-9486.
- Malone, T.C. and Newton, A. (2020) The Globalization of Cultural Eutrophication in the Coastal Ocean: Causes and Consequences. *Frontiers in Marine Science* 7: 670
- Montevecchi, W., Fifield, D., Burke, C., et al. (2011) Tracking long-distance migration to assess marine pollution impact. *Biology Letters* 8: 218-221.
- Pendoley, K. and Kamrowski, R.L. (2016) Sea-finding in marine turtle hatchlings: What is an appropriate exclusion zone to limit disruptive impacts of industrial light at night? *Journal for Nature Conservation* 30: 1-11.
- Peterle, T.J. (1991) *Wildlife Toxicology*. Van Nostrand Reinhold, New York, New York 10003.
- Pike, C., Crook, V. and Gollock, M. (2020) *Anguilla anguilla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T60344A152845178
- Provencher, J.F., Bond, A.L., Hedd, A., et al. (2014) Prevalence of marine debris in marine birds from the North Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 84: 411-417.
- Ramirez, A.J., Brain, R.A., Usenko, S., et al. (2009) Occurrence of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Fish: Results of a National Pilot Study in the United States. *Environmental Toxicology and Chemistry* 28(12): 2587-2597.
- Reijnders, P.J.H., Aguilar, A. and Borrell, A. (2009) Pollution and Marine Mammals. In: Perrin, W.F., Würsig, B. and Thewissen, J.G.M. (eds.) *Encyclopedia of Marine Mammals (Second Edition)*. Academic Press. pp 890-898.
- Santana-Viera, S., Montesdeoca-Esponda, S., Torres-Padrón, M.E., et al. (2021) An assessment of the concentration of pharmaceuticals adsorbed on microplastics. *Chemosphere* 266: 129007.

- Schwacke, L.H., Smith, C.R., Townsend, F.I., et al. (2014) Health of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Barataria Bay, Louisiana, following the *Deepwater Horizon* oil spill. *Environmental Science & Technology* 48: 93-103.
- Simmonds, M.P. (2017) Of poisons and plastics: an overview of the latest pollution issues affecting marine mammals. In: Butterworth, A. (ed.) *Marine Mammal Welfare, Animal Welfare* 17. Doi: 10.1007/978-3-319-46994-2\_3
- Simmonds, M.P., Entrup, N. and Weilgart, L. (2021) The threat posed by ocean noise pollution to Europe's cetaceans. In: OceanCare. *Under Pressure: the need to protect whales and dolphins in European waters*. An OceanCare report.
- Simonis, A.E., Brownell Jr., R.L., Thayre, B.J., et al. (2020) Co-occurrence of beaked whale strandings and naval sonar in the Mariana Islands, Western Pacific. *Proceedings of the Royal Society B*. 287: 20200070.
- Smithsonian Environmental Research Center (2023) Nutrient pollution. Available at: <https://serc.si.edu/research/research-topics/environmental-pollution/nutrient-pollution> Last accessed 25 May 2023
- Stokes, D.L., Boersma, P.D., Lopez de Casenave, J., et al. (2014) Conservation of migratory Magellanic penguins requires marine zoning. *Biological Conservation* 170: 151-161.
- Stuart-Smith, S.J. and Jepson, P.D. (2017) Persistent threats need persistent counteraction: Responding to PCB pollution in marine mammals. *Marine Policy* 84: 69 -75.
- Thompson, K.F., Miller, K.A., Wacker, J., et al. (2023) Urgent assessment needed to evaluate potential impacts on cetaceans from deep seabed mining. *Frontiers in Marine Science* 10:1095930.
- Tierney, K.M., Muir, G.K.P., Cook, G.T., et al. (2017) Nuclear reprocessing-related radiocarbon (<sup>14</sup>C) uptake into UK marine mammals. *Marine Pollution Bulletin* 124: 43-50.
- UNEP (2016) Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. United Nations Environment Programme, Nairobi. Available at: <https://plasticoceans.org/wp-content/uploads/2017/11/UNEP-research.pdf>
- UNEP (2021) United Nations Environment Programme. Making peace with nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies. <https://www.unep.org/resources/making-peace-nature>
- Van Doren, B.M., Horton, K.G., Dokter, A.M., et al. (2017) High-intensity urban light installation dramatically alters nocturnal bird migration. *PNAS* 114(42): 11175-11180.
- Vowles, A.S. and Kemp, P.S. (2021) Artificial light at night (ALAN) affects the downstream movement behaviour of the critically endangered European eel, *Anguilla anguilla*. *Environmental Pollution* 274: 116585.
- Walker, C. J. (2011) Assessing the effects of pollutant exposure on sharks: a biomarker approach. *University of North Florida Graduate Theses and Dissertations* 141. Available at: <https://digitalcommons.unf.edu/etd/141>
- Wear, S.L., Acuña, V., McDonald, R., et al. (2021) Sewage pollution, declining ecosystem health, and cross-sector collaboration. *Biological Conservation* 255: 109010.
- Weilgart, L. (2018) The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates. Report for OceanCare, Switzerland. 34pp.
- Wenger, A.S., Harvey, E., Wilson, S., et al. (2017) A critical analysis of the direct effects of dredging on fish. *Fish and Fisheries* 18: 967-985.
- Willis, K.A., Serra-Gonçalves, C., Richardson, K., et al., (2021) Cleaner seas: reducing marine pollution. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 32: 145-160.
- Wilson, P., Thums, M., Pattiaratchi, C., et al. (2018) Artificial light disrupts the nearshore dispersal of neonate flatback turtles *Natator depressus*. *Marine Ecology Progress Series* 600: 179-192.

Wilson, P., Pendoley, K., Whiting, S., et al. (2022) Response of turtle hatchlings to light emitting diodes at sea. *Marine & Freshwater Research* 73(5): 687-700.

Yaghmour, F., Al Bousi, M., Whittington-Jones, B., et al. (2018) Marine debris ingestion of green sea turtles, *Chelonia mydas*, (Linnaeus, 1758) from the eastern coast of the United Arab Emirates. *Marine Pollution Bulletin* 135: 55-61.

Zandaryaa, S. and Frank-Kamenetsky, D. (2021) A source-to-sea approach to emerging pollutants in freshwater and oceans: pharmaceuticals in the Baltic Sea region. *Water International* 46(2): 195-210.

Zhang, S., Ding, J., Mamitiana Razanajatoco, R., et al. (2019) Interactive effects of polystyrene microplastics and roxithromycin on bioaccumulation and biochemical status in the freshwater fish red tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Science of the Total Environment* 648: 1431-1439.