

Evaluation de l'atteinte du bon état écologique au titre du descripteur 11 – Bruit sous-marin

Messages-clés

L'évaluation du Descripteur 11 « Bruit sous-marin » (D11) réalisée, pour la période **2016-2021**, à l'échelle de la **Sous-Région Marine Méditerranée Occidentale** (SRM MO) 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 MO 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, **131 jours d'émissions impulsives potentiellement gênantes** (tous niveaux acoustiques confondus), **comportant 80 jours d'émissions impulsives potentiellement létales** (niveau acoustique fort et très fort) **ont été recensés**. Ces émissions ont impacté en moyenne 2 % de la superficie de la SRM MO. Elles sont principalement localisées à la côte, en rade de Hyères et en rade de Toulon 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 des rails de navigation principaux et secondaires**. Sur la période 2015-2021, les **niveaux maximaux de bruit ambiant semblent avoir augmenté sur 2 % de la surface de la SRM MO et semblent stables sur 98 % 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 26,2 ou 43 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.

1. Introduction

Le milieu marin est un environnement complexe qui possède des caractéristiques physiques et chimiques permettant au son de se propager plus rapidement que dans l'air et sur de plus longues distances (jusqu'à des centaines de kilomètres aux basses fréquences). Au cours du XX^{ème} siècle une augmentation du niveau de bruit de fond (bruit continu) en lien avec l'augmentation du trafic maritime a été observée. Ce bruit de fond se situe dans la même gamme de fréquences que celle des vocalises de certaines espèces marines, notamment les mammifères marins, induisant un **masquage** de leur communication. Or, la communication par vocalise est essentielle à la bonne réalisation de certaines fonctions vitales des mammifères marins telles que, par exemple, la communication entre individus, le repérage, la prédation et le soin des jeunes (Erbe *et al.*, 2018). Ainsi, le masquage peut induire des perturbations comportementales d'ordre vital, notamment le succès reproducteur et la cohésion sociale, pouvant à terme porter atteinte à la santé d'une population par une baisse de la démographie et de la survie des jeunes (Gallagher *et al.*, 2021 ; Mortensen *et al.*, 2021).

D'autre part, le milieu marin est également exposé à des signaux acoustiques dits « impulsifs » qui correspondent à des signaux de courte durée mais de forte intensité et dont l'usage s'est répandu en mer depuis la seconde moitié du XX^{ème} siècle. Une exposition à ces signaux peut provoquer des traumatismes physiologiques sur les espèces animales (perte d'audition temporaire ou permanente, embolie, accident de décompression, *etc.*) ou causer des comportements dangereux (fuite, échouage de masse, *etc.*) pouvant entraîner des **risques de surmortalité** (Fernández *et al.*, 2005). Des **dérangements acoustiques** peuvent également être provoqués par ces signaux (Bejder *et al.*, 2006, Stockin *et al.*, 2008) causant des changements de comportement de groupe et perturbant le cycle vital (interruption des phases de repos, de socialisation, de chasse, *etc.*). Enfin, des risques d'évitement voire de désertion d'habitats, de zones écologiques fonctionnelles ou encore la modification des routes migratoires peuvent impacter jusqu'à la population (Castellote *et al.*, 2012).

Une description détaillée des secteurs d'activités responsables de bruits sous-marin est disponible dans les fiches activités listées dans la section Analyse Economique et Sociale (AES) au chapitre 7. « Pour en savoir plus... ».

2. Présentation de l'évaluation du descripteur

Le Descripteur 11 (D11) est défini comme « **l'introduction d'énergie, y compris de sources sonores sous-marines, s'effectue à des niveaux qui ne nuisent pas au milieu marin** » (directive 2008/56/CE).

D'après la décision 2017/848/UE, l'atteinte du Bon Etat Ecologique (BEE) au titre du D11 est définie selon **deux critères** (Tableau 1) caractérisant les niveaux de pression exercés par les **sons impulsifs** de courte durée (D11C1) et par les **sons continus** (D11C2).

L'établissement des valeurs **seuils BEE** à considérer dans le cadre de l'évaluation de ces critères doit faire l'objet d'une **coopération au niveau régional ou sous-régional**.

Les normes méthodologiques générales sont détaillées dans la décision 2017/848/UE et les spécificités nationales dans l'arrêté relatif à la définition du BEE des eaux marines et aux normes méthodologiques d'évaluation (JORF, 2023).

Pour des informations plus détaillées concernant l'évaluation, se référer au rapport scientifique (Ceyrac *et al.*, 2022) ainsi qu'aux fiches indicateurs BEE (voir chapitre 7. « Pour en savoir plus... »).

A noter également qu'une partie des représentations graphiques présentées dans ce document provient de Ceyrac *et al.* (2022).

Tableau 1: Critères et éléments constitutifs associés pour l'évaluation du bon état écologique du descripteur 11 (décision 2017/848/UE).

Critères	Éléments constitutifs des critères
D11C1 (primaire) : La répartition spatiale, l'étendue temporelle et les niveaux des sources de sons impulsifs anthropiques ne dépassent pas les niveaux nuisibles aux populations d'animaux marins. [...]	Bruit impulsif anthropique dans l'eau
D11C2 (primaire) : La répartition spatiale, l'étendue temporelle et le niveau des sons continus anthropiques ne dépassent pas les niveaux nuisibles aux populations d'animaux marins. [...]	Bruit continu anthropique à basse fréquence dans l'eau

3. Méthode d'évaluation

3.1. Echelles spatiales (zones de rapportage ; zones d'évaluation)

Pour la façade maritime Méditerranée (MED), l'évaluation du D11 est réalisée pour une seule Unité Marine de Rapportage (UMR) : la partie française de la Sous-Région Marine Méditerranée Occidentale (SRM MO).

Par ailleurs l'évaluation de chacun des deux critères repose sur des unités géographiques différentes :

- le critère D11C1 est évalué sur la base de mailles géographiques de 15 minutes d'arc de côté (environ 28 km) ;
- le critère D11C2 est évalué sur la base de mailles géographiques de 10 minutes d'arc de côté (environ 19 km). Ce choix représente un compromis en termes de résolution, pour tenir compte à la fois des zones de fort trafic et de faible trafic.

3.2. Méthode de suivi/surveillance

Le Programme de Surveillance (PdS) « Bruit sous-marin » a pour objectif d'acquérir des données nécessaires à la surveillance de l'état sonore des eaux métropolitaines (distribution spatiale et temporelle des principales pressions sonores anthropiques ainsi que leur intensité) et à l'évaluation des impacts du bruit d'origine anthropique sur la faune sous-marine. Il repose ainsi sur une stratégie en trois axes :

- collecter des données d'activités génératrices de bruit (continu et impulsif) afin de modéliser le bruit sous-marin en termes de distribution spatiale et temporelle en tenant compte des niveaux de bruit ;
- mesurer le bruit sous-marin *in situ* ;
- quantifier les perturbations sonores et étudier leurs effets sur les espèces sensibles.

Le PdS « Bruit sous-marin » repose sur deux dispositifs de surveillance opérationnels¹ à l'échelle de la façade maritime MED listés dans le Tableau 2.

¹ **Dispositif opérationnel** : un dispositif est considéré comme opérationnel lorsque la méthode d'échantillonnage est stabilisée (i.e. couverture spatio-temporelle, protocole d'échantillonnage, bancarisation...) et que les données collectées ont renseigné, et/ou pourront renseigner, un indicateur d'ores et déjà opérationnel du bon état écologique ou des objectifs environnementaux.

Tableau 2 : Dispositifs de surveillance opérationnels du Programme de Surveillance « Bruit sous-marin » pour la façade maritime Méditerranée.

Nom du dispositif	Milieux	Descriptif
Lloyd's List Intelligence – données de trafic maritime (LLI)	Côte & large	Données collectées partout dans le monde et provenant de trois sources d'observation : <ul style="list-style-type: none"> des données d'AIS terrestres provenant d'un réseau de stations opéré par la Lloyd's ; des données d'AIS par satellite qui proviennent des opérateurs du marché (ORBCOM) ; des données déclaratives de mouvements des navires affiliés à la Lloyd's collectées par les agents portuaires de la compagnie. Source : Lloyd's List Intelligence
Registre des émissions impulsives (SIRENE)	Côte & large	Dispositif compilant les données d'émissions impulsives de niveau potentiellement gênant pour la faune sous-marine Source : Shom

En complément, d'autres dispositifs ont été mobilisés au cycle 3 comme par exemple les dispositifs MAMBO (Monitoring Acoustique et Mesures de Bruit sur Opportunités - SHOM), BOMBYX (BOuée Multimodale pour la Biodiversité et l'océanophYsique) ou le système de surveillance des navires de pêche– données VMS (DPMA/SIH). L'ensemble des jeux de données utilisés sont répertoriés dans le Tableau 3.

Une description détaillée des dispositifs est disponible dans l'[annexe 1 des DSF relative au PdS cycle 2 « Bruit sous-marin »](#).

3.3. Vision globale du processus d'évaluation

La détermination de l'atteinte du BEE au titre du D11 repose sur l'évaluation de deux critères (relatifs au bruit impulsif ou au bruit continu) considérés de manière individuelle (Figure 1). Aucune intégration des critères n'est requise selon la décision 2017/848/UE.

De plus, en l'absence de consensus au niveau européen ou régional pour la définition de valeurs seuils pour le bruit impulsif et continu, l'évaluation de chaque critère se limite au renseignement des indicateurs considérés séparément.

N.B. Une méthodologie pour l'évaluation de l'atteinte du BEE et pour la définition de valeurs seuils a été établie récemment au niveau européen par le groupe technique européen sur le bruit sous-marin - TG Noise et est aujourd'hui disponible pour les émissions impulsives (Sigray *et al.*, 2023) et pour le bruit continu (Borsani *et al.*, 2023) (voir § 4). Toutefois, ces avancées méthodologiques n'ont pas pu être intégrées à la présente évaluation compte tenu de leur adoption fin 2022.

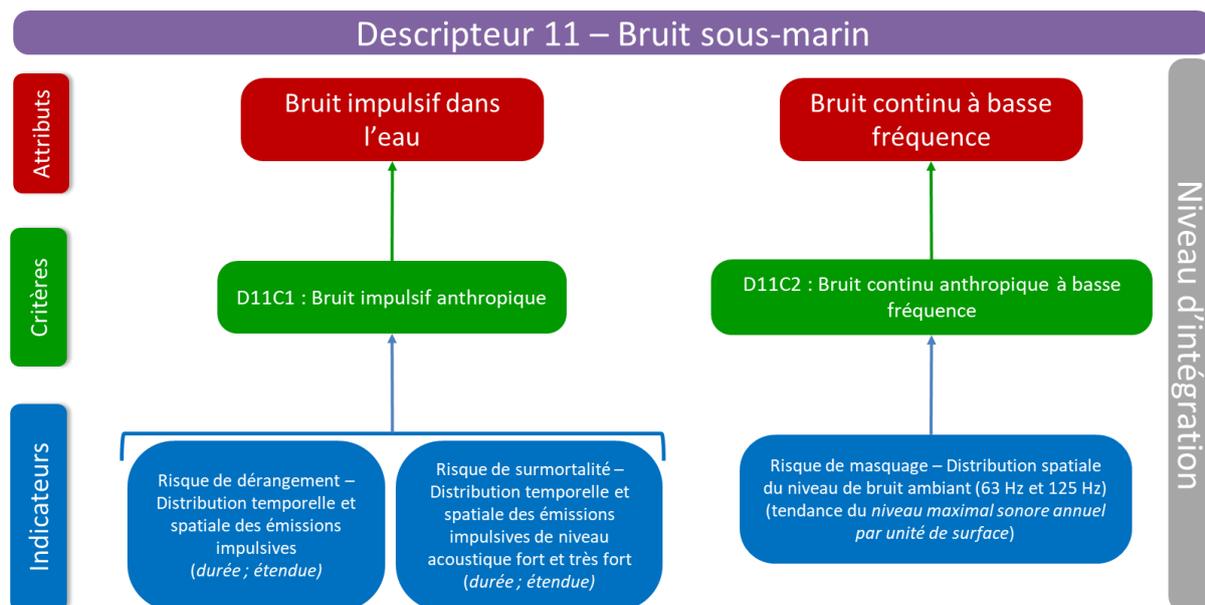


Figure 1 : Processus d'évaluation, pour la façade maritime Méditerranée, du descripteur 11 : niveaux d'évaluation et méthodes d'intégration (adapté de EC, 2022).

3.4. Evaluation des critères

3.4.1. D11C1 - Bruit impulsif anthropique

Le **critère D11C1** est renseigné par deux indicateurs : l'indicateur « Risque de dérangement - Distribution temporelle et spatiale des émissions impulsives » et l'indicateur « Risque de surmortalité - Distribution temporelle et spatiale des émissions impulsives de niveau acoustique fort et très fort ».

L'indicateur « **Risque de dérangement - Distribution temporelle et spatiale des émissions impulsives** » fait référence à la distribution temporelle et spatiale **des émissions impulsives potentiellement gênantes** (tous niveaux sonores confondus) pour la faune marine. La distribution temporelle est exprimée en nombre de jours d'occurrence de ces émissions impulsives par trimestre et la distribution spatiale en cumul de jours d'occurrence par trimestre par maille.

L'indicateur « **Risque de surmortalité - Distribution temporelle et spatiale des émissions impulsives de niveau acoustique fort et très fort** » fait lui référence à la distribution temporelle et spatiale **des émissions impulsives de niveau fort et très fort** (potentiellement létaux). La distribution temporelle est exprimée en nombre de jours d'occurrence de ces émissions impulsives par trimestre et la distribution spatiale du cumul de jours d'occurrence par trimestre par maille.

Les émissions impulsives retenues pour cette évaluation, leurs niveaux acoustiques (de très faibles à très forts) ainsi que les seuils correspondants suivent le périmètre de recensement des données recommandé par le groupe technique européen sur le bruit sous-marin - TG Noise (adapté de Dekeling *et al.*, 2014). Les émissions impulsives retenues correspondent ainsi aux explosions sous-marines, aux émissions dues au battage de pieux, aux émissions de canons à air et aux émissions acoustiques par des sources impulsives autres que les canons à air.

En l'absence de consensus européen pour les valeurs des seuils temporel et spatial à la date du rendu de cette évaluation, aucune conclusion au niveau des indicateurs et du critère D11C1 n'est rendue et l'état du critère sera donc considéré comme inconnu.

3.4.2. D11C2 - Bruit continu anthropique à basse fréquence

Le critère D11C2 est renseigné par l'indicateur « **Risque de masquage – Distribution spatiale du niveau de bruit ambiant (63 Hz et 125 Hz)** ». Cet indicateur fait référence au bruit continu anthropique à basse fréquence dans l'eau (notamment celui généré par le trafic maritime) qui peut couvrir les communications de la faune marine. Le calcul du niveau acoustique est effectué par intégration du niveau sur deux bandes de fréquences pour lesquelles il a été démontré que l'intensité du niveau sonore est la plus importante (Wenz, 1962) : la première centrée sur 63 Hz (de 56 Hz à 71 Hz, dite bande de tiers d'octave centrée sur 63 Hz) et la seconde sur une bande de fréquences centrée sur 125 Hz (de 112 Hz à 141 Hz, dite bande de tiers d'octave centrée sur 125 Hz).

La méthodologie de calcul de cet indicateur repose sur l'utilisation conjointe de données *in-situ* (mesures sur hydrophones) et de modèles numériques de bruit généré par le trafic maritime. Les niveaux acoustiques sont calculés par modélisation du bruit de trafic mensuel pour les mois sélectionnés comme représentatifs des quatre saisons (janvier, mai, août et novembre) et aux profondeurs suivantes : 5, 20, 30, 50, 80, 90, 150 et 300 m.

Pour chaque bande de fréquences (63 Hz et 125 Hz), la moyenne mensuelle par maille correspond à la moyenne mensuelle du niveau acoustique maximal dans la colonne d'eau (*i.e.* parmi les différentes profondeurs de calcul) par maille. Enfin, pour chaque année de la période d'évaluation, **la valeur retenue est le maximum annuel par maille parmi les moyennes mensuelles calculées**. La modélisation numérique est ensuite validée localement par comparaison avec des mesures *in-situ* recueillies par le dispositif MAMBO (Monitoring Acoustique et Mesures de Bruit sur Opportunités ; Kinda *et al.*, 2022). La tendance des niveaux maximaux de bruit ambiant annuel sur la période 2015-2021 (pour les bandes de fréquences centrées sur 63 Hz et 125 Hz) est déterminée par régression linéaire.

L'évaluation porte sur la combinaison des tendances sur la période 2015-2020 des niveaux maximaux annuels par maille pour les deux bandes de fréquences. Selon la méthode d'intégration « One-Out-All-Out » pour les paramètres, si une maille a une tendance positive ou négative pour l'une ou l'autre des bandes de fréquences, alors la tendance de la maille est considérée respectivement comme positive ou négative. Par ailleurs, la tendance est considérée comme stable si la valeur absolue de la tendance est inférieure à l'erreur standard du gradient de la tendance estimée lors de la régression linéaire.

En l'absence de consensus européen sur les valeurs seuils à la date du rendu de cette évaluation, aucune conclusion au niveau du critère D11C2 n'est rendue et l'état du critère sera donc considéré comme inconnu.

Le Tableau 3 présente les outils et la méthode d'évaluation des critères utilisés pour le D11 sur la façade maritime MED.

Tableau 3 : Outils d'évaluation du Bon Etat Ecologique (BEE) proposés pour l'évaluation du descripteur 11 pour la façade maritime Méditerranée. Pour plus d'informations, voir Fiches Indicateurs BEE (Tableau 5).

Unité marine de rapportage	Partie française de la Sous-Région Marine Méditerranée Occidentale (SRM MO) MWE-FR-MS-MO	
Attributs	Bruit impulsif dans l'eau	
Eléments considérés	Non pertinent	
Critères	D11C1 - Bruit impulsif anthropique	
Indicateurs associé	Risque de dérangement - Distribution temporelle et spatiale des émissions impulsives	Risque de surmortalité - Distribution temporelle et spatiale des émissions impulsives de niveau acoustique fort et très fort
Paramètres	<ul style="list-style-type: none"> Durée (nombre de jours/trimestre) Etendue (% de surface impactée) 	Pour chacune des bandes de fréquences : Tendence du niveau maximal sonore annuel par unité de surface (en dB re 1 μPa^2 * par an par unité de surface) * dB re 1 μPa^2 : unité de mesure du niveau de pression sonore, avec dB = décibel ; re 1 μPa = pression de référence pour le bruit sous-marin
Echelle géographique d'évaluation	SRM MO	
Unités géographiques d'évaluation	Mailles de 15 minutes d'arc de côté	
Métriques	1/ Recensement du nombre de jours d'émissions impulsives potentiellement gênantes par trimestre 2/ Distribution spatiale du cumul de jours par trimestre par maille	1/ Recensement du nombre de jours d'émission impulsive fortes et très fortes par trimestre 2/ Distribution spatiale du cumul de jours par trimestre par maille
		Pour chacune des bandes de fréquences : 1/ Par maille et par année : <ul style="list-style-type: none"> Calcul des niveaux acoustiques (en dB re 1 μPa^2* par unité de surface) par modélisation du bruit de trafic mensuel pour les mois de janvier, mai, août et novembre et pour les profondeurs de 5, 20, 30, 50, 80, 150 et 300 m Détermination de la valeur maximale du niveau acoustique moyen mensuel maximal dans la colonne d'eau (parmi les différentes profondeurs) 2/ Spatialisation des niveaux de bruit ambiant maximaux par an 3/ Détermination par régression linéaire de la tendance des niveaux maximaux de bruit ambiant annuel par maille sur la période 2015-2021 (pour les bandes de fréquences centrées sur 63 et 125 Hz)

Règle d'intégration paramètres / critère	Non pertinent	« One-Out-All-Out » sur l'évolution (stable, augmentation, diminution) du bruit ambiant pour les deux bandes de fréquences
Seuils fixés pour les indicateurs	Non défini <i>Eléments de cadrage pour la définition des seuils validés fin 2022</i>	Non défini <i>Eléments de cadrage pour la définition des seuils validés fin 2022</i>
Années considérées	2017-2021	2015-2021
Jeux de données / Réseaux surveillance	SIRENE : Registre des émissions impulsives	<p>Données de mesures in situ du bruit qui s'appuie notamment sur le Réseau MAMBO (Monitoring Acoustique et Mesures de Bruit sur Opportunités - SHOM) et BOMBYX (BOuée Multimodale pour la Biodiversité et l'océanophYsique)</p> <p>Lloyd's List Intelligence - données de trafic maritime : Répartition mondiale annuelle du trafic maritime déclarée par la Lloyd's Maritime Intelligence Unit (LMIU)</p> <p>Service d'analyse ENVironnementale par Système d'Identification Automatique - données AIS (ENVISIA)</p> <p>Système de surveillance des navires de pêche-données VMS</p>
Période d'évaluation		2016-2021

4. Présentation des travaux internationaux et communautaires de coopération

L'évaluation du D11 bénéficie des travaux menés par le Groupe Technique européen sur le bruit sous-marin ([TG Noise](#)) qui se concentre depuis 2017 sur les évaluations des impacts du bruit et l'élaboration de seuils en relation avec les indicateurs développés dans le cadre de la DCSMM. Ainsi, le TG Noise a proposé en novembre 2022 des seuils européens concernant le bruit impulsif et le bruit continu afin d'atteindre les objectifs par le « [Zero Pollution](#) » [Action Plan](#) (Sigray *et al.*, 2023 ; Borsani *et al.*, 2023).

En parallèle, le groupe de correspondance intersession sur le bruit (ICG Noise : Intersessional Correspondence groupe on Underwater Noise) de la Convention pour la Protection de l'Environnement Marin de l'Atlantique Nord-Est ([OSPAR](#)) a proposé deux indicateurs d'impact candidats. Cependant, la méthodologie développée pour le calcul de ces indicateurs ne fait pas consensus car elle n'a pas démontré un fort potentiel opérationnel pour l'établissement des valeurs seuils et n'inclut pas pour l'instant de justification biologique à ces indicateurs. Ces indicateurs sont en phase de test sur la région OSPAR II-Mer du Nord au sens large.

De plus, le projet Interreg VI France-Wallonie-Vlaanderen [JONAS](#) (Joint Framework for Ocean Noise in the Atlantic Seas), débuté en 2018 et terminé en 2022, avait pour objectif de supporter les actions des états membres de l'arc Atlantique afin de répondre aux exigences de la DCSMM pour l'évaluation du D11 ; en particulier sur le bruit continu (D11C2). Le projet JONAS s'intéresse aux risques des pressions acoustiques sur la biodiversité marine en améliorant la surveillance du bruit océanique et la prévision des risques. Ce travail a permis d'améliorer les méthodes de production des cartes, de réduire l'incertitude, de mettre en relation les modèles et connaissances biologiques et d'améliorer la visibilité du sujet auprès du grand public.

Enfin, le projet [QUIETSEAS](#) « Assistance à la coopération (sous) régionale pour la mise en œuvre pratique du second cycle de la DCSMM en fournissant des méthodes et des outils pour le D11 (Bruit sous-marin) » (2021-2023) regroupe dix partenaires européens (membres et non-membres de l'Union Européenne) ainsi que des membres du TG Noise et les autorités compétentes de Conventions de mers régionales OSPAR et [Barcelone](#) (Plan d'action pour la Méditerranée du Programme des Nations Unies pour l'environnement, [PNUE/PAM](#)). Ce projet vise à définir les spécificités régionales d'une approche basée sur le risque pour l'évaluation du bruit continu, de proposer des méthodologies en vue d'établir des valeurs seuils, de réaliser une évaluation préliminaire du BEE, de développer des outils opérationnels communs pour soutenir la prise de décision pour une gestion durable des zones marines sensibles et de fournir des recommandations et des mesures d'atténuation au niveau régional et sous-régional en Méditerranée.

5. Résultats

Les cartographies des résultats pour l'ensemble des années considérées dans l'évaluation sont disponibles dans les fiches indicateur BEE (Tableau 5).

5.1. D11C1 - Bruit impulsif anthropique

Sur la période 2017-2021, 131 jours d'émissions impulsives tous niveaux confondus (soit une moyenne de 26,2 jours d'émissions impulsives par an), dont 80 de niveau fort et très fort, ont été recensés impactant en moyenne 2 % de la superficie de la SRM MO. Le nombre de jours d'émissions impulsives tous niveaux confondus varie en fonction des trimestres (T) (de un jour d'émissions impulsives recensé pour le T2 de l'année 2019 et le T2 de l'année 2021 à 15 jours pour le T2 de l'année 2020) et des années [de 17 jours d'émissions impulsives recensés en 2019 à 44 en 2020 (Figure 2)].

Les émissions impulsives recensées sont majoritairement de niveaux acoustiques fort et très fort, avec des pics d'activité aux T1 et T2 de l'année 2017, au T4 de l'année 2019 et au T1 et T2 de l'année 2020 avec près de 30 jours d'émissions impulsives de niveaux fort et très fort recensés pour ces deux derniers (Figure 2). Ces émissions sont principalement localisées à la côte, en rade de Hyères et en rade de Toulon (Figure 3), et sont très majoritairement liées à des activités de déminage (explosions sous-marines). Les cartes de distribution spatiale par année des émissions impulsives tous niveaux confondus sont disponibles dans les fiches indicateurs BEE (Tableau 5).

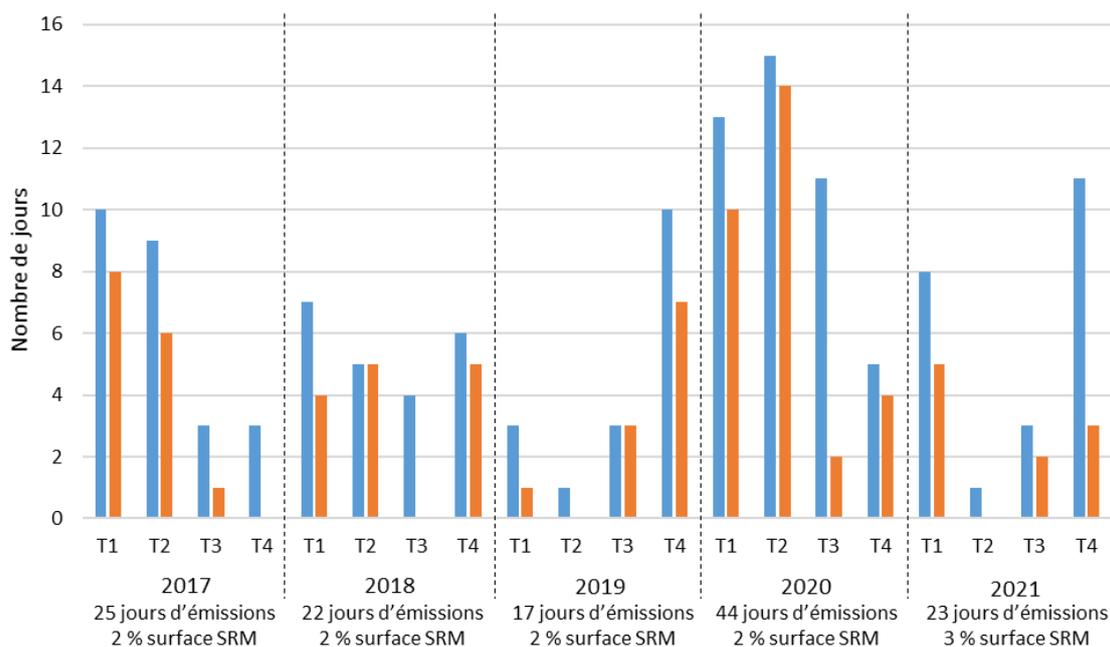


Figure 2 : Répartition des jours d'émissions impulsives par trimestre entre 2017 et 2021 pour la Sous-Région Marine Méditerranée Occidentale (SRM MO) : tous niveaux potentiellement gênants (bleu) ; niveaux fort et très fort (orange). Le cumul du nombre de jours d'émissions ainsi que le pourcentage de superficie de la SRM MO impacté par année sont également présentés.

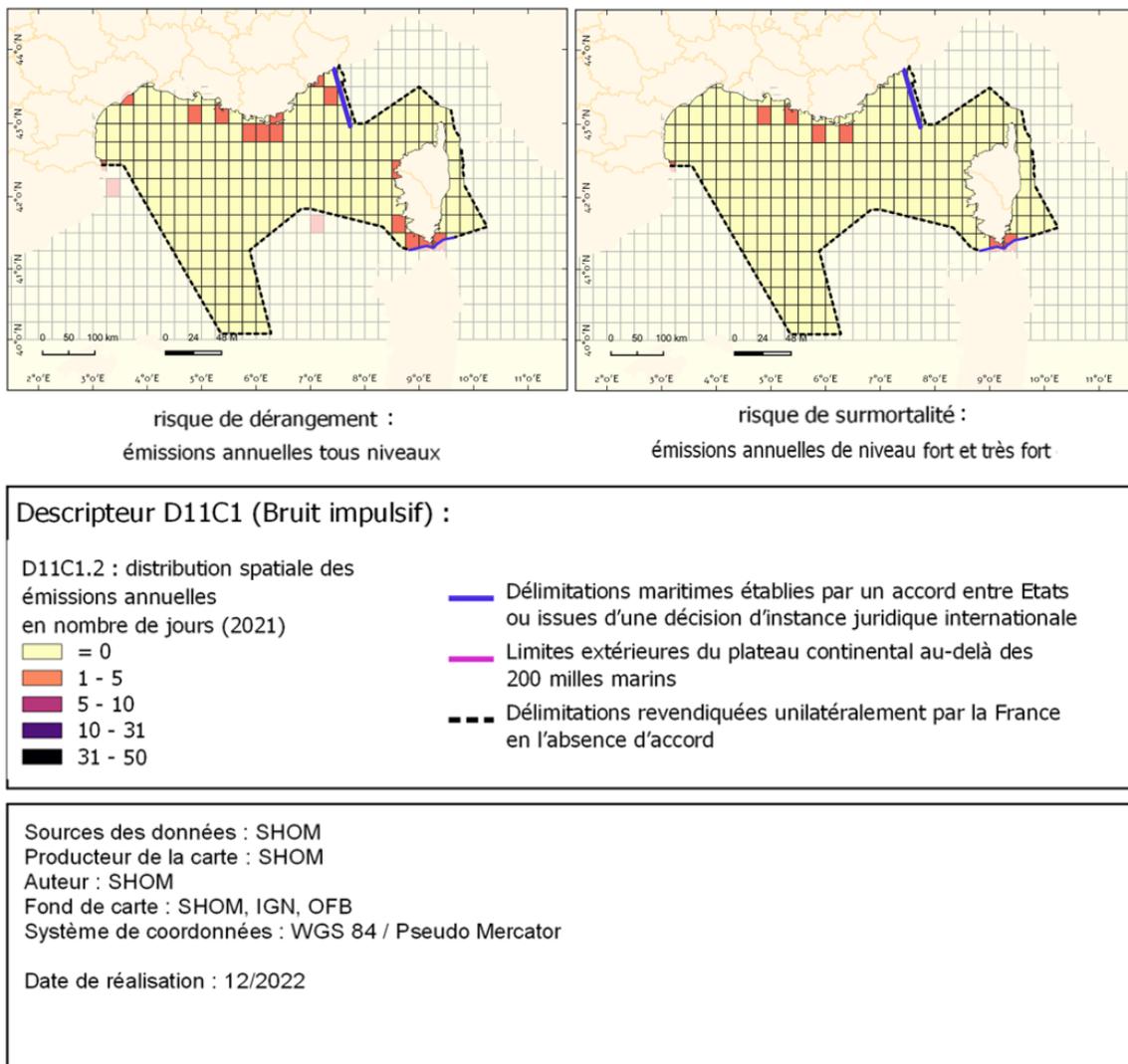


Figure 3 : Distribution spatiale et temporelle, pour l'année 2021, des émissions impulsives potentiellement gênantes (gauche) et potentiellement létales (droite) dans la sous-région marine Méditerranée Occidentale. [Cliquez pour accéder à la cartographie dynamique des résultats.](#)

En l'absence de valeur seuil, aucune conclusion n'est rendue au niveau des indicateurs et du critère D11C1. L'état du critère D11C1 est donc considéré comme **inconnu**.

5.2. D11C2 - Bruit continu anthropique à basse fréquence

Sur l'ensemble de la période considérée (2015-2021), la SRM MO enregistre des niveaux maximaux annuels majoritairement supérieurs à 90 dB re 1 μPa^2 sur le plateau et supérieurs à 100 dB re 1 μPa^2 dans les grands fonds pour la bande de fréquences centrée sur 63 Hz. Les niveaux maximaux annuels sont légèrement inférieurs pour la bande de fréquences centrée sur 125 Hz (entre 80 et 90 dB re 1 μPa^2 respectivement sur le plateau et dans les grands fonds). Les niveaux les plus hauts s'observent à proximité des rails de navigation principaux et secondaires. La zone côtière est plus épargnée avec des niveaux inférieurs à 90 dB re 1 μPa^2 pour la bande de fréquences centrée sur 63 Hz et inférieurs à 80 dB re 1 μPa^2 pour la bande de fréquences centrée sur 125 Hz.

Les résultats de la modélisation du bruit sous-marin issu du trafic maritime sont présentés à titre illustratif pour les bandes de tiers d'octave centrées sur 63 Hz et 125 Hz (Figure 4) **pour l'année 2021** (dernière année d'évaluation). Les valeurs présentées sont les maximums annuels et ne tiennent pas compte de l'écart-type des niveaux de bruit mensuels en sortie du modèle (4 dB re 1 μPa^2). Les niveaux sonores sont compris entre 50 et 120 dB re 1 μPa^2 pour les deux bandes de fréquences.

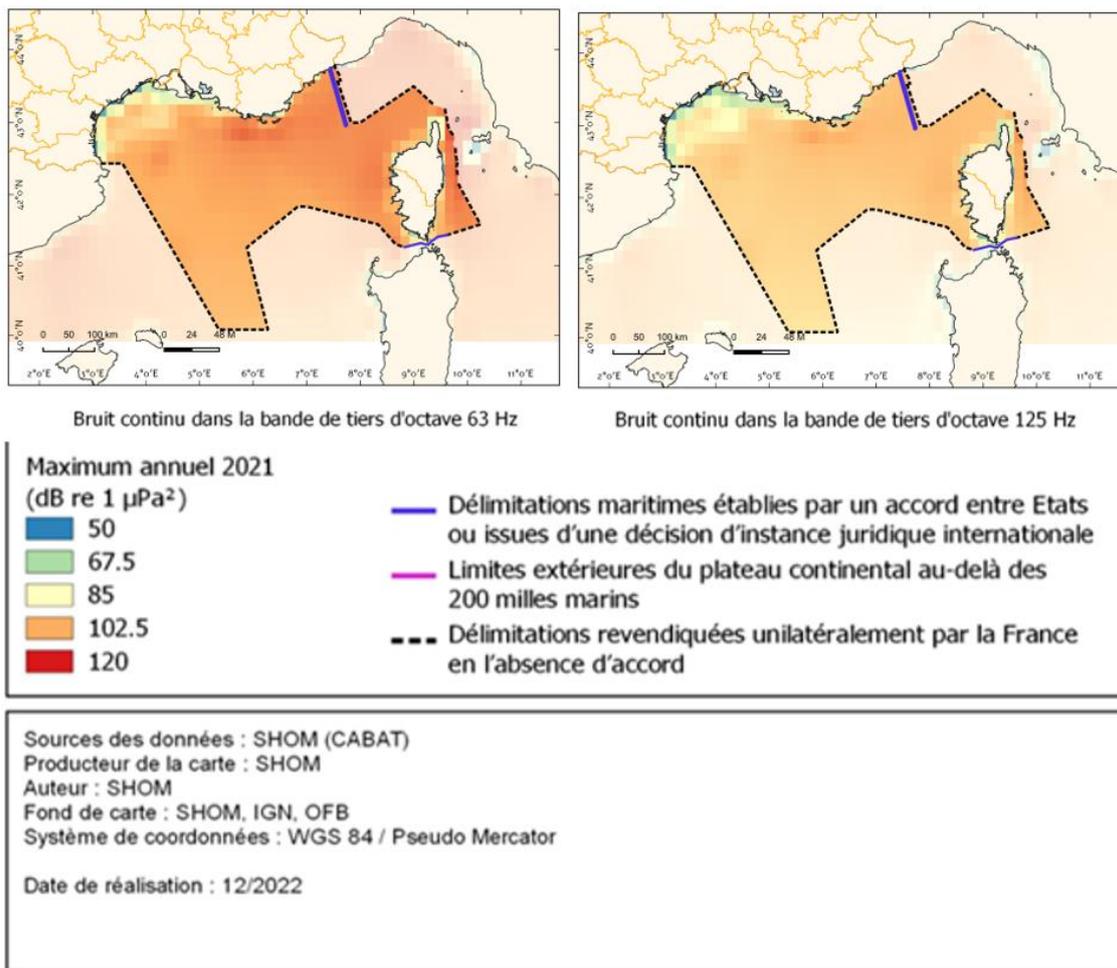


Figure 4 : Maximum annuel du bruit continu dans la bande de fréquences (dites bandes de tiers d'octave) 63 Hz (gauche) et 125 Hz (droite) pour l'année 2021 (dB re 1 μPa^2) dans la sous-région marine Méditerranée Occidentale. [Cliquez pour accéder à la cartographie dynamique des résultats.](#)

Par ailleurs, la répartition spatiale à l'échelle de la SRM MO de l'évolution des niveaux maximums annuels de bruit dans les deux bandes de fréquences (63 Hz et 125 Hz) sur la période 2015-2021 paraît relativement similaire (Figure 5).

En combinant les résultats obtenus pour chacune des bandes de fréquences, il apparaît que le niveau maximal de bruit ambiant augmente sur 2% de la superficie de la SRM MO (entre 0,5 et 1 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2/\text{an}$) et est stable sur 98% de la superficie de la SRM MO (Figure 6). Quelques zones de diminution du niveau de bruit ambiant sont toutefois à noter à l'ouest du Golfe du Lion et à l'est de la SRM. Bien que les tendances estimées pour le bruit de trafic entre 2015 et 2021 soient majoritairement stables, une augmentation générale des niveaux est observée pour les deux bandes de fréquences centrées sur 63 Hz et 125 Hz. A noter que les incertitudes sur les tendances sont plus importantes en dehors des rails de trafic, probablement en raison de la variation de l'intensité de pêche.

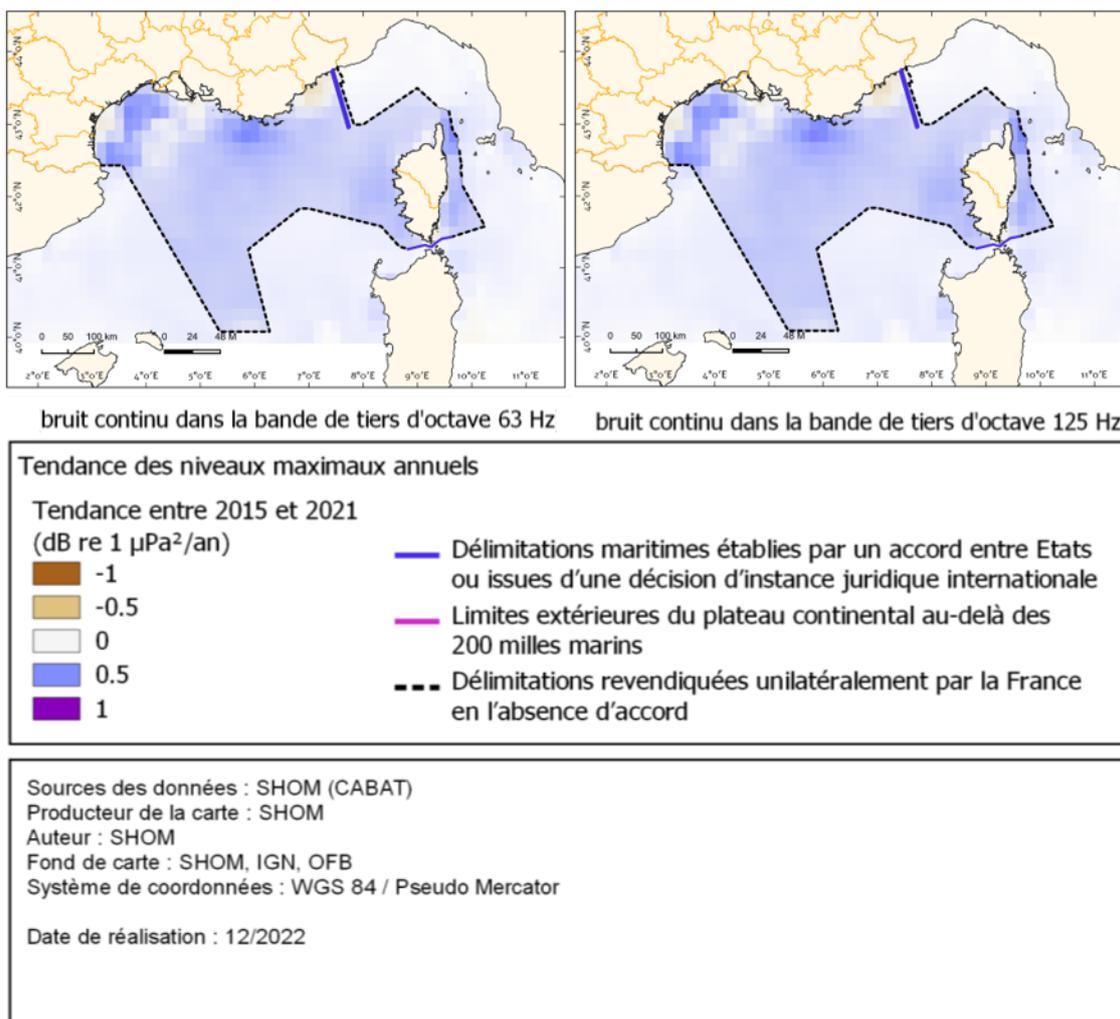


Figure 5 : Tendance, entre 2015 et 2021, des niveaux maximaux annuels [(bruit continu dans les bandes de fréquences (dites de tiers d'octave) 63 Hz (gauche) et 125 Hz (droite)] pour la sous-région marine Méditerranée Occidentale. [Cliquez pour accéder à la cartographie dynamique des résultats.](#)

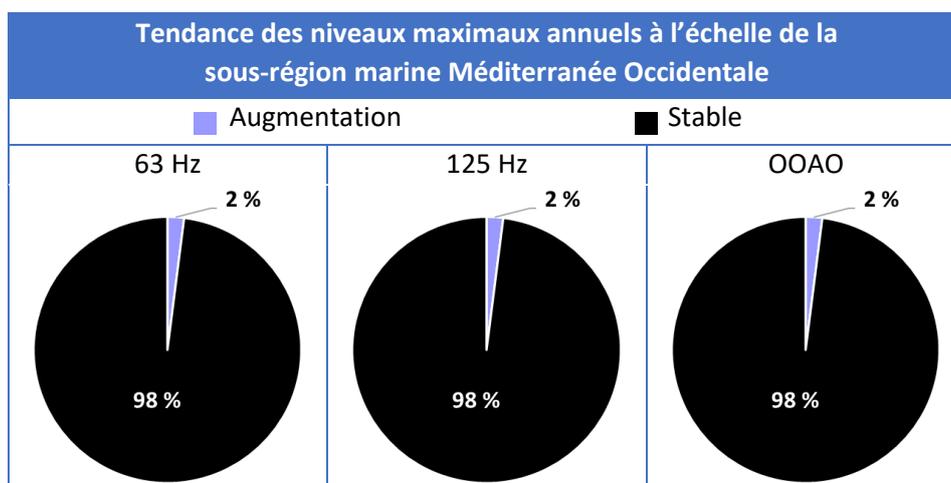


Figure 6 : Superficie (en %) de la sous-région marine Méditerranée Occidentale pour laquelle les niveaux sonores maximaux annuels augmentent (violet) ou restent stables (gris). A gauche : dans la bande de fréquences centrée sur 63 Hz ; au milieu dans la bande de fréquences centrée sur 125 Hz ; à droite après application de la méthode d'intégration « One-Out-All-Out » (OOAO) des paramètres pour le critère D11C2.

En l'absence de valeur seuil, aucune conclusion n'est rendue au niveau **de l'indicateur et du critère D11C2**. L'état du critère D11C2 est donc considéré comme **inconnu**.

5.3. Confiance dans l'évaluation

Concernant le **D11C1**, les données reposent sur les déclarations d'intention d'émissions et sur le recensement des émissions effectivement réalisées. Seules les émissions dont la date et la position sont connues et avérées sont retenues. Ainsi, les données utilisées pour le D11C1 sont considérées comme **fiables**. Il existe cependant des incertitudes liées aux émissions non confirmées ou non rapportées, notamment dans le cadre d'émissions par des structures commerciales privées.

La confiance en l'évaluation du **D11C2** est essentiellement basée sur la fiabilité des données de surveillance du trafic maritime. Ces données sont considérées comme **fiables** et permettent une couverture spatiale et temporelle importante (Tableau 4). Par ailleurs l'utilisation de données in-situ acquises en mer par le réseau d'observation MAMBO ou la BOuée Multimodale pour la Biodiversité et l'océanophYsique (BOMBYX) permettent d'évaluer et de calibrer le modèle du bruit de trafic utilisé pour l'évaluation du D11C2.

Tableau 4 : Récapitulatif du niveau de confiance dans les données et la méthode de calcul de l'indicateur pour les critères D11C1 et D11C2.

Critères	Niveau de confiance	
	Données	Méthode de calcul de l'indicateur
D11C1	Bon	Bon
D11C2	Bon	Bon

6. Bilan de l'évaluation et comparaison avec l'évaluation BEE DCSMM cycle 2

En l'absence de consensus sur les seuils des critères et indicateurs, l'atteinte ou non du BEE au titre du D11 n'a pas pu être déterminée. Néanmoins, une évaluation reposant sur des indicateurs caractérisant trois types de risque pour les mammifères marins a pu être menée : la gêne acoustique (risque de dérangement) analysée via le nombre de jours d'émissions impulsives, la surmortalité par exposition acoustique (risque léthal) analysée via le nombre de jours d'émissions impulsives fortes et très fortes et le masquage des communications des mysticètes (risque de masquage) analysé via la détermination du niveau acoustique maximal, à deux fréquences (63 Hz et 125 Hz), dans la colonne d'eau par maille.

Les résultats du D11C1 ne montrent pas d'évolution significative du nombre de jours d'émissions impulsives au cours du cycle 3 (en moyenne 26,2 jours d'émissions impulsives par année), ni d'évolution significative depuis le cycle 2 pour lequel 43 jours d'émissions impulsives avaient été recensées en 2016 (seule année évaluée au cycle 2).

De même, aucune évolution significative n'est observée pour le D11C2 sur la période 2015-2021. La comparaison avec le cycle 2 n'est pas pertinente puisque la méthodologie a évolué, 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) permettant une évaluation plus précise, ainsi que la mise en place d'un réseau de surveillance *in-situ* au cycle 3 permettant la comparaison et la validation des résultats issus de la modélisation.

En l'absence de valeurs seuils **l'état des critères D11C1 et D11C2 est inconnu**.

Enfin, en parallèle de cette évaluation, une étude sur la sensibilité de l'évaluation des risques en fonction de valeurs seuils fixées et des incertitudes liées aux données et modèles a été menée. Cette étude, qui a également pris en compte la complexité des impacts potentiels sur les espèces et habitats marins, a permis de consolider les connaissances déjà acquises sur le bruit sous-marin et d'apporter

un soutien important au développement des seuils de niveaux sonores pour les deux critères, dont l'évaluation sera ainsi quantitative pour le prochain cycle d'évaluation de la DCSMM.

Les coûts liés à l'introduction de bruit sous-marin sont analysés dans le volet AES (voir chapitre 7. « Pour en savoir plus... ») et les objectifs environnementaux définis au titre de ce descripteur sont listés dans le chapitre 7.

7. Pour en savoir plus...

L'ensemble des informations relatives à la mise en œuvre de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin est disponible sur : <https://dcsmm.milieufrance.fr/>

- *Fiches Indicateurs BEE du descripteur 11*

Tableau 5 : Fiches Indicateurs BEE permettant l'évaluation des différents critères du descripteur 11.

Critères	Indicateurs	Intitulé Fiche Indicateur et lien URL
D11C1	Risque de dérangement - Distribution temporelle et spatiale des émissions impulsives	Risque de dérangement - Distribution temporelle et spatiale des émissions impulsives - Région marine Méditerranée + URL FI BEE D11C1.1
	Risque de surmortalité - Distribution temporelle et spatiale des émissions impulsives d'un niveau acoustique fort et très fort	Risque de surmortalité - Distribution temporelle et spatiale des émissions impulsives de niveau acoustique fort et très fort - Région marine Méditerranée + URL FI BEE D11C1.2
D11C2	Risque de masquage - Distribution spatiale du niveau de bruit ambiant (63 Hz et 125 Hz)	Risque de masquage - Distribution spatiale du niveau de bruit ambiant (63 Hz et 125 Hz) - Région marine Méditerranée + URL FI BEE D11C2

- *Analyse Economique et Sociale (AES)*
 - Fiches activités AES

Pour en savoir plus sur les principaux secteurs d'activités responsables de bruit sous-marin :

- Fiche activité « Aquaculture »
- Fiche activité « Artificialisation du littoral »
- Fiche activité « Câbles sous-marins »
- Fiche activité « Défense et intervention publique en mer »
- Fiche activité « EMR »
- Fiche activité « Extractions de matériaux »
- Fiche activité « Industries »
- Fiche activité « Navigation de plaisance et sports nautiques »
- Fiche activité « Parapétrolier et paragazier »
- Fiche activité « Recherche publique »
- Fiche activité « Transports maritimes et ports »
- Fiche activité « Travaux publics maritimes »

- Fiches coûts de la dégradation AES

Pour en savoir plus sur les coûts liés au bruit sous-marin :

- Fiche « Coûts liés à l'introduction d'énergie dans le milieu et à des modifications du régime hydrologique »

- *Fiches OE*

A compléter par équipe OE

- *Sources de données*

Données de mesures in situ du bruit : <https://dcsmm.milieumarinfrance.fr/Acces-aux-donnees-cartographiques/Catalogue#/metadata/4915154e-c87c-45bf-b101-74b785262eef>

Lloyd's List Intelligence - données de trafic maritime : <https://dcsmm.milieumarinfrance.fr/Acces-aux-donnees-cartographiques/Catalogue#/metadata/ef184034-24e6-4106-902f-4a1310ddd1bd>

Service d'analyse ENVironnementale par Système d'Identification Automatique - données AIS (ENVISIA) : <https://dcsmm.milieumarinfrance.fr/Acces-aux-donnees-cartographiques/Catalogue#/metadata/6fcf5072-104f-435c-9fbe-ca01372228ba>

SIRENE : Registre des émissions impulsives : <https://dcsmm.milieumarinfrance.fr/Acces-aux-donnees-cartographiques/Catalogue#/metadata/5041d5cb-00aa-416c-99f6-eca187693672>

Système de surveillance des navires de pêche-données VMS : <https://dcsmm.milieumarinfrance.fr/Acces-aux-donnees-cartographiques/Catalogue#/metadata/dc69435b-3258-4b5a-a68d-034e83a5493a>

- *Liens cités dans le document*

Annexe 1 des DSF relative au PdS cycle 2 « Bruit sous-marin » :

https://dcsmm.milieumarinfrance.fr/content/download/7817/file/DSF-Annexe%20PdS_D11.pdf

Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (OSPAR) :

<https://www.ospar.org/convention>

Convention de Barcelone :

- <https://www.unep.org/unepmap/fr/who-we-are>
- <https://www.unep.org/unepmap/fr/who-we-are/barcelona-convention-and-protocols>

Projet Joint Framework for Ocean Noise in the Atlantic seas - JONAS : <https://light.ccdr-n.pt/index.php?data=799baeb12ce0dca7529c3f877c52022e23a2b657e890ef2fea50f6894ec8c7d438cddb7ffe72e9551143b0ef9e200b7>

Projet QUIETSEAS : <https://quietseas.eu/>

TG Noise : https://environment.ec.europa.eu/news/zero-pollution-and-biodiversity-first-ever-eu-wide-limits-underwater-noise-2022-11-29_en

« Zero pollution » Action Plan : https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_fr

- *Documents de référence*

Bejder, L., Samuels, A., Whitehead, H., and Gales, N. 2006. Interpreting short-term behavioural responses to disturbance within a longitudinal perspective, *Animal Behaviour*, 72, 1149-1158.

Borsani, J.F., Andersson M., André M., Azzellino A., Bou M., Castellote M., Ceyrac L., Dellong D., Folegot T., Hedgeland D., Juretzek C., Klauson A., Leaper R., Le Courtois F., Liebschner A., Maglio A., Mueller A., Norro A., Novellino A., Outinen O., Popit A., Prospathopoulos A., Sigray P., Thomsen F., Tougaard J., Vukadin P., and Weilgart L. 2023. Setting EU Threshold Values for continuous underwater sound, Technical Group on Underwater Noise (TG NOISE), MSFD Common Implementation Strategy, Edited by Jean-Noël Druon, Georg Hanke and Maud Casier, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:[10.2760/690123](https://doi.org/10.2760/690123), [JRC133476](https://doi.org/10.2760/690123)

Castellote, M., Clark, C. W. & Lammers, M. O. 2012. Acoustic and behavioural changes by fin whales (*Balaenoptera physalus*) in response to shipping and airgun noise. *Biological Conservation* 147 (1), 115-122.

Ceyrac L., Ollivier B., Dellong D., Kinda B. 2022. Evaluation du descripteur D11 – Bruit sous-marin en France métropolitaine. Rapport scientifique pour l'évaluation cycle 3 au titre de la DCSMM. N° 7 SHOM/DOPS/STM/ASM/NP. https://www.shom.fr/fr/doc_D11_eval_2024

Décision 2017/848/UE de la Commission du 17 mai 2017 établissant des critères et des normes méthodologiques applicables au bon état écologique des eaux marines ainsi que des spécifications et des méthodes normalisées de surveillance et d'évaluation, et abrogeant la directive 2010/477/UE (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE.). OJ L. Vol. 125. <http://data.europa.eu/eli/dec/2017/848/oj/fra>

Dekeling, R.P.A., Tasker, M.L., Van der Graaf, A.J., Ainslie, M.A., Andersson, M.H., André, M., Borsani, J.F., Brensing, K., Castellote, M., Cronin, D., Dalen, J., Folegot, T., Leaper, R., Pajala, J., Redman, P., Robinson, S.P., Sigray, P., Sutton, G., Thomsen, F., Werner, S., Wittekind, D., Young, J.V. 2014. Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part II: Monitoring Guidance Specifications, JRC Scientific and Policy Report EUR 26555 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, p.49.

Directive 2008/56/CE du Parlement Européen et du Conseil du 17 juin 2008 établissant un cadre d'action communautaire dans le domaine de la politique pour le milieu marin (directive-cadre stratégie pour le milieu marin).

Erbe C., Dunlop R., Dolman S. 2018. Effects of noise on marine mammals. In *Effects of anthropogenic noise on animals* (pp. 277-309). Springer, New York, NY.

European Commission. 2022. MSFD CIS Guidance Document No. 19, Article 8 MSDF, May 2022.

Fernández A., Edwards J. F., Rodriguez F., De Los Monteros A. E., Herraes P., Castro P., *et al.* 2005. "Gas and fat embolic syndrome" involving a mass stranding of beaked whales (family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. *Veterinary Pathology*, 42(4), 446-457.

Gallagher C. A., Grimm V., Kyhn L. A., Kinze C. C. Nabe-Nielsen J. 2021. Movement and seasonal energetics mediate vulnerability to disturbance in marine mammal populations. *The American Naturalist*, 197(3), 296-311.

JORF. 2023. **Arrêté du DEB à compléter 2023** relatif à la définition du bon état écologique des eaux marines et aux normes méthodologiques d'évaluation.

Kinda B., Ollivier B., Le Courtois F., Ceyrac L., Pihan-Le Bars H., Dellong D., James R. 2022. DCSMM - Bilan des actions financées du programme de surveillance 9 Bruit sous-marin : no 8 Shom/DOPS/STM/ASM/NP du 8 avril 2022

Mortensen L. O., Chudzinska M. E., Slabbekoorn H. Thomsen F. 2021. Agent-based models to investigate sound impact on marine animals: bridging the gap between effects on individual behaviour and population level consequences. *Oikos*, 130(7), 1074-1086.

Sigray P., Andersson M., André M., Azzellino A., Borsani J.F., Bou M., Castellote M., Ceyrac L., Dellong D., Folegot T., Hedgeland D., Juretzek C., Klauson A., Leaper R., Le Courtois F., Liebschner A., Maglio A., Mueller A, Norro A., Novellino A., Outinen O., Popit A., Prospathopoulos A., Thomsen F., Tougaard J., Vukadin P., Weilgart L. 2023. Setting EU Threshold Values for impulsive underwater sound, Technical Group on Underwater Noise (TG NOISE), MSFD Common Implementation Strategy, Edited by Jean-Noël Druon, Georg Hanke and Maud Casier, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi: [10.2760/60215_JRC133477](https://doi.org/10.2760/60215_JRC133477).

Stockin, K. A., Lusseau, D., Binedell, V., Wiseman, N., and Orams, M. B. 2008. Tourism affects the behavioural budget of the common dolphin *Delphinus* sp. in the Hauraki Gulf, New Zealand. *Marine Ecology Progress Series*, 355, 287-295.

Wenz G.M. 1962. Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Sources, *The Journal of the Acoustical Society of America*; 34 :12 p1936-1956. DOI : [10.1121/1.1909155](https://doi.org/10.1121/1.1909155).

- *Evaluations précédentes*

- Evaluation initiale BEE cycle 1 : aucun document disponible
- Evaluation initiale BEE cycle 2 :
 - Synthèse :
https://dcsmm.milieumarinfrance.fr/content/download/5952/file/Synth%C3%A8se%20Evaluation%20DCSMM%20D11%20-%20MED_VF%2020190712.pdf
 - Rapport scientifique :
https://dcsmm.milieumarinfrance.fr/content/download/6052/file/Rapport_Evaluation_DCSMM_2018_D11_Shom.pdf