

**Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM)
Définition du Bon Etat Ecologique (BEE)**

Descripteur 11a : l'introduction d'énergie, y compris de sources sonores sous-marines, s'effectue à des niveaux qui ne nuisent pas au milieu marin

Chef de file : Yann Stéphan, SHOM

Rapport final

Version 2.0 du 23/01/2012

A/Ont contribué à ce rapport :

1 Liminaire : rappel du contexte et plan du rapport

Ce rapport constitue le rapport final de la définition du bon état écologique relative au descripteur 11 ("introduction d'énergie, y compris sonore"). Il s'appuie principalement sur les éléments suivants :

- les travaux européens conduits par le sous-groupe technique "Underwater Noise" (SGTUN)¹,
- l'évaluation initiale des pressions et des impacts générés par les perturbations sonores anthropiques conduite au SHOM sous coordination de l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP).

Pour des raisons de maturité technique, le descripteur 11 a été scindé en deux : les développements relatifs à l'introduction d'énergie sonore (D11a) et les développements relatifs aux autres sources d'énergie (D11b). **Les travaux relatifs à ces autres formes d'énergie ne sont pas considérés dans ce document.**

Le rapport est organisé en trois parties. La première partie décrit les caractéristiques du BEE et précise la méthodologie employée pour la définition et l'évaluation de ces caractéristiques. La deuxième partie décrit un ensemble de travaux à réaliser pour la surveillance du BEE et améliorer sa caractérisation. La dernière partie reprend les principales conclusions.

2 Définition du bon état écologique (BEE)

2.1 Méthodologie de travail

Le descripteur 11 a fait l'objet d'un groupe de travail européen (Tasker et al., 2010) dont les travaux ont conduit à l'identification des deux critères ("sons impulsifs", et "sons continus") et deux indicateurs retenus par la décision (CE, 2010a):

- l'indicateur 11a.1.1 : *Proportion, répartition sur une année calendaire, dans des zones d'une surface déterminée, et répartition spatiale des jours où les sources sonores anthropiques dépassent des niveaux susceptibles d'avoir une incidence significative sur les animaux marins, mesurés sous la forme de niveaux d'exposition au bruit (en dB re $1\mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$) ou de niveaux de pression acoustique de crête (en dB re $1\mu\text{Pa peak}$) à un mètre, sur la bande de fréquences de 10 Hz à 10 kHz ;*

- l'indicateur 11a.2.1 : *Tendances concernant le niveau sonore ambiant dans les bandes de tiers d'octave 63 et 125 Hz (fréquence centrale) [re $1\mu\text{Pa RMS}$; niveau sonore moyen dans ces bandes d'octaves sur une année], mesuré par des stations d'observations et/ou au moyen de modèles, le cas échéant;*

Ces indicateurs ont servi de base à deux types de travaux qui ont permis de juger de leur pertinence et de la faisabilité pratique de leur construction. Il s'agit d'une part des travaux menés dans le cadre du SGTUN (CE, 2010b) et des travaux d'évaluation initiale de la pression et des impacts par sous-région marine (SHOM, 2011).

2.2 Caractéristiques du BEE

Rappels des pressions et impacts

Les perturbations sonores peuvent être classées en deux grandes catégories. La première catégorie concernent les émissions acoustiques de forte intensité (sonars, explosions, ...). Ces perturbations mettent en jeu de fortes puissances pour des durées limitées dans le temps. La seconde catégorie concerne les émissions continues (bruit du trafic maritime, rayonnement acoustique d'ouvrages,...). Ces dernières ont des niveaux généralement plus faibles que les premières mais sont durables voire permanentes.

Les fortes puissances introduites par la première catégorie ont les effets les mieux connus et les plus exposés médiatiquement. Ils sont en effet sources de nuisance pour beaucoup d'espèces (mammifères

¹ Cette version du rapport reprend les éléments de travail du groupe européen à la date du 30 novembre. Il est donc susceptible d'évoluer après parution des conclusions définitives du groupe, attendues pour le 31 décembre.

marins, poissons à vessies natatoires,...), ces nuisances pouvant être comportementales (stress, fuite, évitement, panique) ou physiologiques (perte de sensibilité auditive temporaire ou permanente, trauma, embolies,...). En particulier, les impacts de ces émissions à forte puissance peuvent être une cause de surmortalité directe (dommages physiologiques léthaux) ou indirecte (troubles du comportement ou dommages physiologiques entraînant à terme la mort de l'animal, notamment par échouage). Les exemples les plus connus sont les échouages de baleines à bec sous l'effet des ondes sonars ou la mortalités des poissons sous l'effet d'explosions (par exemple par la pêche "à la dynamite"). Ces impacts peuvent être également être nocifs pour le comportement de la faune (peur, dérangement dans des activités -chasse, reproduction,...).

Les impacts des perturbations sonores introduites dans le milieu par la seconde catégorie sont encore très mal connus en raison de la difficulté d'observer et corrélérer sur le long terme le comportement des espèces et les perturbations sonores d'origine anthropique. Les principaux enjeux avancés par la communauté scientifique sont d'une part la crainte d'altération des capacités de détection et communications des grands cétacés sous l'effet de l'augmentation du bruit dans les très basses fréquences (typiquement autour de la centaine de Hertz) et d'autre part la modification du comportement des espèces dans les zones trop exposées (désertion).

Les impacts des perturbations sonores anthropiques s'exercent à différentes échelles spatiales et temporelles. Les impacts des émissions de fortes puissances sont plutôt locaux et à court terme. Ils sont ainsi grandement atténués dès que l'on s'éloigne de la source de bruit (ce qui conduit souvent à la définition de zone d'exclusion au delà de laquelle on considère que les niveaux sont sans impact ou à impact acceptable) et sont ponctuels (pas de rémanence temporelle). Il est toutefois important de considérer que la répétition et la systématisation de l'occurrence de ce genre de perturbations confinées à des zones restreintes sont susceptibles de générer des impacts également à moyen et long terme (évitement, désertion temporaire ou définitive). A l'opposé, les pressions exercées par le trafic maritime concernent des échelles spatiales moyennes ou grandes et agissent plutôt à moyen et long terme. Ceci est dû à la propagation lointaine des ondes sonores basses fréquences et à la structure quasi-permanente du trafic dans sa composante la plus bruyante (navires marchands de fort tonnage). Toutefois, des impacts locaux dus au trafic sont également possibles (tourisme pour l'observation de baleines, risques de masquage du bruit perçu à la remontée de grands plongeurs,...)

Enjeux retenus

Compte tenu des effets des perturbations sonores et de leurs caractéristiques, trois enjeux écologiques se dégagent pour le descripteur 11a:

- E1 : garantir que les capacités de détection et communication acoustique des grands cétacés ne soient pas altérées par les perturbations sonores anthropiques ;
- E2 : préserver les conditions de vie et notamment les fonctionnalités écologiques;
- E3 : limiter la surmortalité accidentelle à un taux sans effet significatif sur les espèces, ce taux devant prendre en compte les effets cumulatifs des autres pressions.

L'enjeu E1 fait l'objet d'un large consensus dans la communauté scientifique. Il repose sur une justification physique simple : l'augmentation du bruit de fond dans l'océan entraîne, par simple effet de rapport signal à bruit, une diminution des portées de communication des espèces, ce qui est de nature à avoir une incidence en particulier sur les comportements sociaux des grands cétacés². S'il est connu que les certaines espèces ont un pouvoir d'adaptation à cette modification de l'environnement sonore, les variabilités des pressions anthropiques s'exercent généralement à des échelles temporelles inférieures à l'adaptation des espèces. Cet enjeu doit donc prendre en compte non seulement le niveau des variations éventuelles de la pression sonore anthropique mais aussi le laps de temps sur lequel s'exercent ces variations.

² On considère principalement les grands cétacés, qui communiquent dans des gammes de fréquences basses alors que les petits cétacés comme les dauphins communiquent à des fréquences plus hautes (typ une dizaine de kHz)

L'enjeu E2 est lui aussi consensuel. Il met en exergue une limite de bon sens, c'est-à-dire que si des gênes occasionnelles sur des espèces ou des populations sont acceptables au sens de la DCSMM, de telle gêne deviennent problématiques dès lors qu'elles affectent durablement les conditions de vie des espèces, en particulier dans des zones fonctionnelles telles que les zones de reproduction ou d'alimentation. Il est à préciser que cet enjeu est considéré de manière plus générale dans les travaux du SGTUN, qui se réfère simplement à des désertions de zones sans plus de précision. Nous précisons ici le caractère sensible des zones à considérer car une désertion de zone peut être sans impact si cette zone ne présente pas d'intérêt particulier pour une espèce ou une population d'individu et que celles-ci peuvent trouver des conditions de vie identiques à proximité.

L'enjeu E3 traduit la préoccupation historique majeure des biologistes concernant les échouages massifs ou anormaux des cétacés sous l'effet des ondes sonars. Ce type de mortalité accidentelle résulte d'un impact local et ponctuel et des règles de prévention couramment appliquées par les utilisateurs d'équipements acoustiques tendent à minimiser les risques de surmortalité directe ou indirecte. Même si les accidents sont rares et que les taux de mortalité accidentelle resteront très faibles, ils peuvent néanmoins avoir des effets significatifs sur des espèces rares ou des espèces vivants en groupes d'individus peu nombreux³. D'autre part, cette surmortalité peut également se cumuler avec d'autres sources (déchets, collisions, captures accidentelles,...) et au final contribuer à une menace significative pour l'espèce. La seconde raison est que cette mortalité accidentelle, historiquement et symboliquement focalisée sur les mammifères marins, est une cause potentielle de nuisance durable sur d'autres espèces (poissons, tortues, céphalopodes, ...) même si les connaissances concernant ces aspects sont encore parcellaires.

Il est à noter qu'une solution élégante serait de définir l'enjeu de la surmortalité anthropique comme enjeu "chapeau" commun à plusieurs descripteur. Cela permettrait de raisonner sur le cumul des surmortalités, seule façon de pouvoir quantifier des objectifs environnementaux. En effet, il n'existe pas de critères objectifs pour limiter à tant de pour cent la surmortalité due à telle ou telle pressions mais seulement un seuil global fonction de la densité de population.

Pertinence des indicateurs au regard des enjeux

De manière générale, les indicateurs sont pertinents au regard des enjeux E1, E2 et E3. L'indicateur 11.1.1 (sources impulsives) concerne plus spécifiquement les enjeux 2 et 3. Pour sa part, l'indicateur 11.1.2 (bruit continu) concerne les enjeux 1 et 2. Néanmoins, ne s'agissant que d'indicateurs de pression, ils seront difficiles à traduire en terme d'objectifs environnementaux sans être complétés à moyen terme par des indicateurs d'impact (cf §2.2.2.2).

Zones à enjeux

Des zones à enjeux ont été définies lors de l'atelier de synthèse de l'évaluation initiale de septembre 2011 (MEDDTL, 2011). Le principe de définition de ces zones est de croiser les zones de fortes pressions anthropiques avec les zones de répartition des espèces sensibles, menacées ou patrimoniales (en l'état des connaissances, seules les mammifères marins ont été considérés lors de l'atelier). Pour le D11a, on a étendu la définition des zones à enjeux aux zones à pression forte ou à gradient de pression afin d'être plus cohérent vis-à-vis de l'indicateur 12.2.1 (tendances sur le bruit basses fréquences).

Il est à remarquer que l'approche de zone à enjeu ne fait pas consensus au sein du SGTUN, certains des experts préconisant de surveiller uniquement les impacts dans les zones à fortes ou faibles pressions indépendamment des zones de répartition des espèces (Thomsen et al., 2011) en raison, selon ces experts, de la mobilité naturelle des individus et la variabilité de la

³ C'est actuellement une hypothèse envisagée pour les baleines à bec en Méditerranée

distribution. Si le débat n'est pour l'instant pas tranché au sein du groupe, nous optons résolument pour une approche par zone écologiques fonctionnelles afin de tenir compte de zones connues pour leur populations sédentaires et de zone géographiques fixes naturellement propices à la fréquentation et la concentration des espèces (marges continentales en particulier).

Liens et cohérence avec autres descripteurs

Les travaux relatifs au descripteur 11 ont porté avant tout sur l'évaluation des pressions faute de connaissances scientifiques suffisantes et de données pertinentes sur les impacts. Pour cette raison, le descripteur a été traité indépendamment des autres descripteurs, notamment en n'incluant pas les effets cumulatifs.

Les résultats de l'évaluation initiale et les perspectives envisagés dans le cadre du programme de surveillance permettent à présent d'affiner les liens avec les autres descripteurs. En particulier, l'impact des pressions sonores anthropiques pourra bénéficier du programme d'observation des D1, D3, D4 et D10. Il sera nécessaire pour cela de recenser les espèces sensibles aux perturbations sonores et assurer la surveillance dans les zones à enjeux communes à ces descripteurs (en ajustant éventuellement le périmètre de ces zones).

Unités d'évaluation

Les espèces susceptibles d'être affectées par les émissions impulsives sont principalement les mammifères marins en particulier les Zyphidées (en premier lieu les baleines à bec, espèce majoritairement concernées par les échouages dits atypiques) et les delphinidés. Des effets sont également relatés dans la littérature sur les poissons (notamment les poissons à vessies natatoires), des tortues ou encore plus récemment des céphalopodes mais ces effets sont encore trop mal connus et documentés pour être intégrés à la définition, même qualitative, du BEE.

En l'état des connaissances, il est recommandé d'évaluer le BEE dans les eaux métropolitaines sur les espèces suivantes (liste non exhaustive à amender par sous-région marine);

- les grands cétacés (en particuliers les baleines à bec, le cachalot et le globicephale noir),
- les petits cétacés (en particulier le dauphin commun, le grand dauphin, le dauphin de Risso, le dauphin bleu et blanc et le marsouin)
- les pinnipèdes (en particulier le phoque gris et le phoque veau-marin).

En fonction de l'avancée des travaux de recherches et d'observation dans les années à venir, la liste des espèces pourra être étoffée.

Méthode d'évaluation

L'évaluation des indicateurs du descripteur 11a a fait l'objet de plusieurs précisions méthodologiques de la part du groupe de travail ou lors des travaux d'évaluation initiale. La méthode d'évaluation diffère suivant les indicateurs.

2.2.1.1 Cas des sons impulsifs

- *définition* et unité physique; l'indicateur propose de recenser les jours d'émissions sonores par des sources impulsives. Une définition quantifiée de la notion d'impulsion a été proposée par Southall (2007) dans le cadre de travaux d'impact des émissions sonores sur la faune. Cette définition n'a pas été retenue par le groupe de travail qui l'a jugée trop restrictive car excluant toute une gamme d'émission (typ. les émissions de quelques secondes trop longue pour être considérées comme impulsives et trop courtes pour être assimilées à un bruit continu). Le SGTUN a proposé une

définition plus générale que celle de Southall, plus pragmatique et plus intuitive⁴ (Ainslie, 2011) que l'on propose de retenir.

- *méthode d'évaluation* ; L'indicateur recense le nombre de jours où se produisent des émissions susceptibles d'avoir un impact *mesuré* en niveau absolu ou en durée d'exposition au son. Cette terminologie n'est pas réaliste car on imagine assez mal la possibilité de mesurer par des capteurs toutes les émissions sonores. Cet indicateur ne peut à notre sens que faire l'objet que d'une estimation basée sur les intentions d'émissions ou sur les rapports d'émissions. Ainsi, les travaux d'évaluation initiale se sont nourris des demandes de travaux et des rapports d'expérimentation et non de mesures réelles, qui sont inexistantes dans l'immense majorité des cas. La manière la plus réaliste de construire cet indicateur consiste à recenser les équipements acoustiques potentiellement gênants i.e. émettant à des signaux impulsifs au sens de la définition d'Ainslie à des niveaux supérieurs à un seuil dans la gamme 10-10 kHz (par exemple un sondeur de sédiment ou une source de tomographie). Une fois cette liste établie, on peut alors recenser les jours d'emploi par campagnes et dresser ainsi un bilan annuel. Cela a été l'approche retenue pour l'évaluation initiale Fr (le seuil arbitraire de 180 dB a été retenu). Les travaux du groupe européen proposent également cette méthodologie (André et al., 2011).
- *échelles pertinentes* ; l'estimation des échelles pertinentes pour cet indicateur reste un point dur méthodologique. Le groupe de travail européen n'a pas encore conclu sur les échelles spatiales d'intérêt sur les émissions sonores en raison principalement du manque de données scientifiques sur les impacts. Deux approches peuvent être avancées : une approche globale plutôt orientée par l'évaluation des pressions à l'échelle des sous-régions marines et une approche plus locale plutôt orientée vers l'évaluation des impacts aux échelles des habitats et zones de répartition. Cette dernière approche apparaît la plus cohérente au regard des enjeux E2 & E3 (nécessité d'une résolution spatiale adaptée aux dimensions des zones d'habitat des espèces) mais est plus difficile à mettre en oeuvre puisqu'elle exige une résolution suffisante sur les données de pressions. La position française retenue pour l'évaluation initiale a été un compromis entre la disponibilité des données de pressions et les dimensions caractéristiques minimales des zones fonctionnelles (zones d'habitat et de reproduction). Ce compromis a abouti à une caractérisation spatiale au quart de degré (SHOM, 2011), résolution compatible avec l'exercice de spatialisation des enjeux. Cependant, si l'on adopte une résolution spatiale relativement fine, il est nécessaire *a contrario* d'estimer dans chaque maille le cumul pluri-annuel des émissions sur des fenêtres glissantes couvrant une période dont la durée sera à définir en fonction des impacts écologiques attendus. En effet, les zones affectées par des émissions peuvent varier grandement d'une année à l'autre. Le cumul permettra cependant de mettre en évidence la cohérence spatiale dans le cas où l'on aurait des phases d'émissions successives dans des mailles proches les unes des autres (c'est notamment le cas en général pour les campagnes sismiques en exploration pétrolière).

2.2.1.2 Cas du son continu à basses fréquences

- *définition* et unité physique ; l'unité de perception sonore est le décibel dont on rappelle qu'il s'agit une unité relative (un doublement de la grandeur mesuré correspond à une augmentation de 3 dB. En première approximation, un doublement du trafic maritime sur une SRM en 10 ans correspondra ainsi à une tendance de 3

⁴ La définition proposée par le SGTUN est la suivante (traduit de Ainslie, 2011) : un son est considéré comme impulsif si sa durée est inférieure à 10 secondes et si sa cadence de répétition est supérieure à 4 fois sa durée.

dB / décade. L'indicateur propose de suivre les tendances du bruit à basse fréquence dans deux bandes de fréquences normalisées (bande dite de tiers d'octaves 63 et 125 Hertz). La tendance sera évaluée annuellement sur des niveaux sonores moyens mesurés sur des stations d'observation et/ou évalué au moyen de modèles. Cet indicateur ne pose pas de problème dans sa définition. La tendance est considérée comme la variation entre deux années consécutives.

- *méthodes d'évaluation* : l'indicateur ne fixe pas de règles d'évaluation sauf concernant la moyenne annuelle. C'est un des problèmes majeurs qui a été rencontré lors de l'évaluation initiale et qui est toujours en discussion au sein du groupe de travail. On peut distinguer trois approches techniques pour évaluer cet indicateur. La première consisterait à mesurer le bruit par des systèmes acoustiques mobiles, qui pourraient échantillonner l'espace et être susceptible d'estimer ce que perçoivent les espèces (approche orientée vers l'impact). La deuxième consisterait à placer des observatoires fixes qui mesureront en un nombre de points à définir les niveaux de bruits (approche orientée vers la pression). La troisième consisterait à établir des cartographies de bruit en combinant mesures et modélisation (approche mixte). Il paraît assez naturel de considérer que la troisième approche est la plus complète, même si elle apparaît techniquement plus difficile à mettre en oeuvre. En l'attente des conclusions du groupe de travail, on notera à ce stade que :

- tous les experts s'accordent à dire qu'il est nécessaire de disposer de séries temporelles de mesures de référence et recommandent la mise en place d'observatoires fixes pour évaluer cet indicateur,

- certains experts, dont les experts français, recommandent en complément de ces observatoires le recours à la modélisation ("sound mapping") du fait que l'observation ponctuelle ne pourra suffire à l'interprétation objective des tendances en raison de la variabilité spatiale des pressions anthropiques (création de routes, modification de dispositif de circulation maritime, apparition de nouveau chantier,...),

- il est nécessaire d'émettre un standard de mesures adapter aux objectifs de la DCSMM. Nous préconisons en ce sens l'utilisation de la méthode des percentiles à afin d'extraire de bien séparer les composantes continues des tendances et les variations aux échelles locales. Cette préconisation s'appuie sur les travaux du SHOM, de l'ENSTA et de la société Quiet-Oceans (Folégot et al., 2011) sur la mesure du bruit au voisinage du rail d'Ouessant, travaux qui ont été présentés et accueillis favorablement à la deuxième réunion du SGTUN.

- il n'existe pour l'instant pas dans les eaux françaises d'observatoire acoustique répondant au besoin de cet indicateur⁵. Pour l'évaluation initiale, le SHOM a construit cet indicateur par modélisation et confrontation à des données réelles éparses.

- *échelles pertinentes* ; tout comme l'indicateur 11.1.1, il nous paraît indispensable d'estimer cet indicateur à des échelles spatiales compatibles avec la notion de spatialisation des enjeux. Lors de l'évaluation initiale, la même résolution spatiale a été adoptée pour les deux indicateurs (0,25 degré).

2.2.2 Bon état écologique

2.2.2.1 Etat de l'art

En l'état actuel des connaissances bioacoustiques et en l'absence de données suffisantes sur l'impact des perturbations sonores, il est impossible de fixer un seuil de bon état écologique sur ces deux indicateurs. Les raisons diffèrent suivant les deux indicateurs :

⁵ Certains équipements permanents ("polygones") existent pour les besoins de la Défense mais l'accès aux données n'est pas libre.

- *Sources impulsives* ; Le but de l'indicateur est de pouvoir corréler des observations d'impact (ex : désertion d'une zone à une période donnée) avec la statistique d'émissions potentiellement gênantes dans cette zone. Pour l'instant, il n'est pas possible de quantifier ces corrélations en raison du manque d'observations et de connaissances scientifiques sur les impacts..
- *Son continu* ; il est envisageable de définir le BEE par une tendance cible à ne pas dépasser voir une diminution cible mais le seuil ne peut être trouvé que par des recherches plus approfondis sur la réponse des espèces sensibles afin de trouver les bons niveaux de ces seuils en fonction notamment des audiogrammes des espèces. Beaucoup de travaux sont en cours au sein de la communauté scientifique, laissant présager de la possibilité de définition du BEE d'ici quelques années.

2.2.2.2 Définition qualitative du bon état écologique

En l'état des connaissances scientifiques et des moyens d'observations des impacts des perturbations sonores anthropiques, il n'est pas possible de définir le bon état écologique relatif au D11a. Néanmoins, les travaux réalisés depuis plusieurs années dans la communauté internationale permettent de cerner les risques écologiques qu'engendrerait une trop forte pression anthropiques. Ces risques, qui ont inspiré les enjeux définis au §2.2, sont de trois ordres :

- le risque d'une altération des possibilités de communication à longue distance des grands cétacés,
- le risque de dérangement significatif dans des zones fonctionnelles (zone d'alimentation ou de reproduction),
- le risque d'une surmortalité directe ou indirecte due aux impacts physiologiques et comportementaux des perturbations sonores.

Il est proposé, afin de poser les bases de la caractérisation du BEE pour le descripteur 11 de formuler un bon état écologique qualitatif (BEEQ) sur la base des enjeux écologiques retenus :

- BEEQ_1 : les capacités de détection et communication acoustique des grands cétacés ne sont pas altérées par les perturbations sonores anthropiques ;
- BEEQ_2 : la fréquentation des zones fonctionnelles écologiques par les espèces sensibles aux perturbations sonores est préservée ;
- BEEQ_2 : la surmortalité accidentelle directe ou indirecte due au perturbations sonores anthropiques est marginale.

2.2.2.3 Evolutions possibles à court et moyen terme

Plusieurs pistes de réflexion existent pour établir des indicateurs d'impacts, au moins pour les mammifères marins.

Une première piste serait un comptage de la surmortalité éventuelle dû à des émissions sonores de forte puissance. On pourrait pour ce faire s'appuyer sur les réseaux observations des échouages en intégrant systématiquement les perturbations sonores dans le diagnostique de mortalité, par exemple en distinguant les cas suivants :

- cas 1 : cause inconnu (neutre pour l'indicateur)
-
- cas 2 : cause connue et perturbations sonores hors de cause
-
- cas 3 : cause inconnue mais perturbations sonores suspectées
-
- cas 4 : cause connue et perturbations sonores avérées.

L'indicateur pourrait être construit sur la base d'une analyse statistique des cas 2,3 et 4 soit en terme absolu fonction des espèces soit en termes relatifs par rapport aux autres causes de mortalités (prise en compte des effets cumulatifs). Un tel indicateur permettrait de répondre directement à l'enjeu E3.

Une deuxième piste serait de créer un autre indicateur d'impact à partir de l'indicateur 11a.1.1 en intégrant la notion de risque (piste évoquée de manière indépendante dans SHOM, 2011 et Dekeling *et al.*, 2011 et déjà abordée par certains auteurs -Gannier et Mifsud, 2011-). Il s'agirait d'établir une analyse de risque de nuisance à partir de la répartition calendaire et spatiale des émissions fortes puissances en prenant en compte les niveaux d'émissions, les caractéristiques de la propagation ou encore les seuils de gêne connus.

Enfin, une dernière piste serait d'évaluer à partir du D11a.1.1 un bilan acoustique des émissions sonores (par exemple en traduisant les émissions en niveau de bruit moyen sur une période donnée, approche par ailleurs expérimentée sur des levées géophysiques de courte durée, Gervaise *et al.*, 2010). Un tel indicateur permettrait en outre de prendre en compte les effets cumulatifs du bruit de trafic et des émissions sonores à très basses fréquences.

2.2.2.4 Agrégation des indicateurs

Compte tenu de leur faible nombre et de leur disparité, il n'est pas opportun d'agréger les indicateurs. Néanmoins, on notera qu'au titre de l'enjeu 2, les émissions impulsionnelles dans la gamme des très basses fréquences (cas de la recherche sismiques et des explosions) contribuent au bruit ambiant dans les tiers d'octaves imposé dans la directive. Il serait intéressant dans les travaux futurs de scinder l'indicateur D11a.1.1 en deux gammes de fréquences afin de pouvoir effectivement agréger la composante impulsive et la composante continue.

2.2.3 Objectifs environnementaux

S'il n'est pas encore possible de caractériser le bon état écologique en matière de perturbations sonores, il paraît néanmoins possible de définir des objectifs environnementaux intermédiaires sur la base d'un principe de précaution raisonné :

- les résultats de l'évaluation initiale n'ont pas montré dans les eaux françaises d'impact avéré ou de risque suffisamment fort et quantifié justifiant des actions correctives sur les pressions ;
- les connaissances scientifiques et les exemples d'impact avéré dans d'autres régions du monde confirment la nécessité de surveiller et maîtriser les effets des perturbations sonores non seulement sur les mammifères marins mais également sur l'ensemble des espèces sensibles (poissons, tortues, céphalopodes). A ce titre, on peut envisager des mesures préventives ;

- les leviers pour contrôler la pression sonore (réduction du bruit et/ou des émissions sonores) fonctionnent en grande majorité sur le long terme (technologie de construction des navires, réglementation des voies maritimes, chantiers de longue durée -éoliennes off shore, plateformes -) et peuvent avoir des implications logistiques et économiques importantes.

- les seuils des objectifs doivent tenir compte de l'ensemble des gains environnementaux. L'augmentation de certaines pressions anthropiques peut en effet être encouragée au titre du développement durable. Il convient de s'assurer que d'éventuelles contraintes mises sur ces développements au titre d'un descripteur n'est pas contre-productif au bilan global. Concernant le D11, cette question se pose par exemple pour le développement des chantiers EMR, qui généreront indubitablement une augmentation des perturbations sonores ou à un degré moindre le développement des autoroutes de la mer, qui augmenteront le trafic maritime. Il sera nécessaire de trouver les bons compromis en permettant une augmentation de pression en maîtrisant son impact.

Sans préjuger des résultats du travail de définition des objectifs environnementaux qui aura lieu au niveau des sous-régions, des exemples d'objectifs envisageables sont donnés en Tableau 1. Ces objectifs pourront être déclinés et précisés par sous-région marine (SRM) en fonction des résultats de l'évaluation initiale. Ces précisions pourront concerner d'une part la spatialisation (approche globale et/ou approche par zone à enjeu) et d'autre part la quantification des tendances cibles (en fonction de tendances de pressions observées et prévues à l'échelle des sous-régions).

Enjeux	Objectifs	Unité - Cible	Indicateur	Statut	Type
E1, E2	Limiter l'augmentation du bruit continu (O1)	à préciser par SRM (ex : $< N_{\text{SRM}}$ dB/décade/(maille))	D11a.11.2	intermédiaire	pression
E2, E3	Limiter les tendances des émissions impulsives (O2)	à préciser par SRM (ex $< T_{\text{MAXSRM}}\% / 5$ an)	D11a.11.1	intermédiaire	pression
E3	Maintenir le taux de sur mortalité dues aux émissions impulsives à un niveau non significatif	à préciser par SRM (ex N /an/espèces)	non défini	définitif	impact

Tableau 1 : exemple d'objectifs environnementaux envisageables pour le descripteur 11a à l'échelle des SRM.

3 Travaux futurs à envisager

3.1 Travaux méthodologiques

@1 : prolonger le mandat du SGT "Underwater Noise" (2012)

Il est primordial de poursuivre les réflexions méthodologiques comme cela a été fait en 2011. Si la réflexion au niveau européen apporte une certaine cohérence d'ensemble, on pourra lui opposer également une sous-représentation de la diversité des points de vue au niveau des sous-régions. En phase de convergence vers la définition du BEE, il est nécessaire de mieux prendre en compte les spécificités de chaque état membre et des sous-régions marines propres à ces états. Il faut pour cela associer de manière formelle les chefs de file (ou assimilé des différents pays) représentés à la suite des réflexions méthodologiques.

Le groupe pourra avoir deux mandats principaux : préciser la méthodologie de construction des indicateurs de pressions et définir de nouveaux indicateurs d'impact sur la base des réflexions initiées en 2011 (extension de la gamme de fréquence, approche par niveau reçu, ...).

3.2 Définition et mise en place du programme de surveillance

Le retour d'expérience de l'évaluation initiale permet de définir des travaux à mener à court et moyen terme afin d'assurer la surveillance des tendances des pressions sonores et à terme garantir le BEE.

@2 organiser la collecte et la mise à disposition des données (2012 à 2013)

Il est nécessaire de mettre en place la coordination, la centralisation et la diffusion des données nécessaires à la construction des indicateurs. Le constat dressé lors de l'évaluation initiale est de deux ordres : (1) concernant les bruits impulsifs, de nombreuses sources de données existent mais ces sources sont disparates et difficilement accessibles, (2) concernant le son continue, il n'existe pas d'observatoires mais des données d'observation, d'expérimentation et de recherche dont on pourrait tirer parti existent dans de nombreux organismes et laboratoires.

Les données nécessaires sont en particulier :

- les données de trafic maritime (statistiques globales ou locales, observations -AIS, VMS,...-,...),
- les informations relatives à l'utilisation d'équipements acoustiques ou plus généralement à la génération d'émissions impulsives (rapport de campagnes, autorisations et déclaration de travaux, plans d'émission,...). Il serait d'ailleurs souhaitable de définir un protocole de recueil de ces données, par exemple sous la forme de fiches d'intention d'émission ou de fiches d'émissions effectives à remplir par les utilisateurs en amont ou en aval des opérations à la mer.
- les mesures acoustiques d'opportunité, sous réserve que les protocoles d'acquisition de ces dernières permette leur exploitation (gammes de fréquences, renseignement des métadonnées, traitement des signaux ad hoc,...)

@3 mettre en place des observatoires acoustiques (2012 à 2015)

Le principal manque identifié pour l'indicateur D11a.2.1 est le manque de données de référence dans les eaux françaises. Il est indispensable de développer des observatoires acoustiques afin de combler ce manque. La quantité et la position de ces observatoires seront à spécifier en fonction des objectifs environnementaux retenus par chaque sous-région. Une possibilité de minimisation des efforts et des coûts est de définir ces observatoires en relation avec les besoins d'observation des autres descripteurs (recherche de multi-disciplinarité) afin notamment de mutualiser les infrastructures.

La notion d'observatoires repose intuitivement sur la mise en place de stations de mesures de référence permanente. Devant le manque de données exploitables pour la DCSMM, manque dont on imagine mal qu'il puisse être comblé à court ou moyen terme, il est proposé d'étendre la notion d'observatoire acoustique à la notion de réseau d'observation. Ce réseau aurait trois composantes :

- la mise en place de stations fixes de mesures permanentes (@3.1),

- l'exploitation de mesures d'opportunités (bouées, stations temporaires,...), de durées limitées dans le temps et mobiles spatialement, mais dont le cumul permettrait d'échantillonner a minima les zones à enjeu et plus généralement l'ensemble des sous régions (@3.2),

- la mise en place d'une capacité de modélisation de l'état sonore de l'océan (@3.3) basée sur le bruit de trafic et la modélisation de la propagation des sons impulsifs. En particulier, des modèles de zoom sur les zones à enjeux pourraient être rapidement développés. Dans un premier temps, les performances de cette capacité pourront être estimées par confrontation avec les données réelles. Dans un second temps, les modèles pourraient, à l'instar des modèles de prévisions océanographiques et météorologiques, assimiler les données réelles.

@4 Etudier la faisabilité d'une surveillance de la surmortalité dues aux perturbations sonores

La recherche de liens de cause à effets entre les perturbations sonores et les échouages pourrait être mise en place d'une part dans les autopsies par la recherche spécifique de traumatismes connus causés par des ondes acoustiques et d'autre part par l'analyse des concomitances entre échouages et activités acoustiques. Actuellement, aucune de ces solutions n'est mise en oeuvre de manière systématique probablement par manque de moyens d'une part et par manque d'informations accessibles sur les prévisions d'activités acoustiques entrant dans le périmètre de la DCSMM.

3.3 Calendrier

La Figure 1 présente sommairement le calendrier envisageable pour conduire les actions exposées précédemment. Ces actions pourraient être regroupées dans une phase de démonstration visant à montrer leur capacité à répondre aux besoins DCSMM pour la prochaine évaluation (2016). La possibilité de définition du BEE pour le descripteur 11a à cette échéance reste subordonnée à la conduite d'actions de recherche d'ici là. Cet aspect recherche, notamment la définition des besoins, sera traité en début d'année 2012.

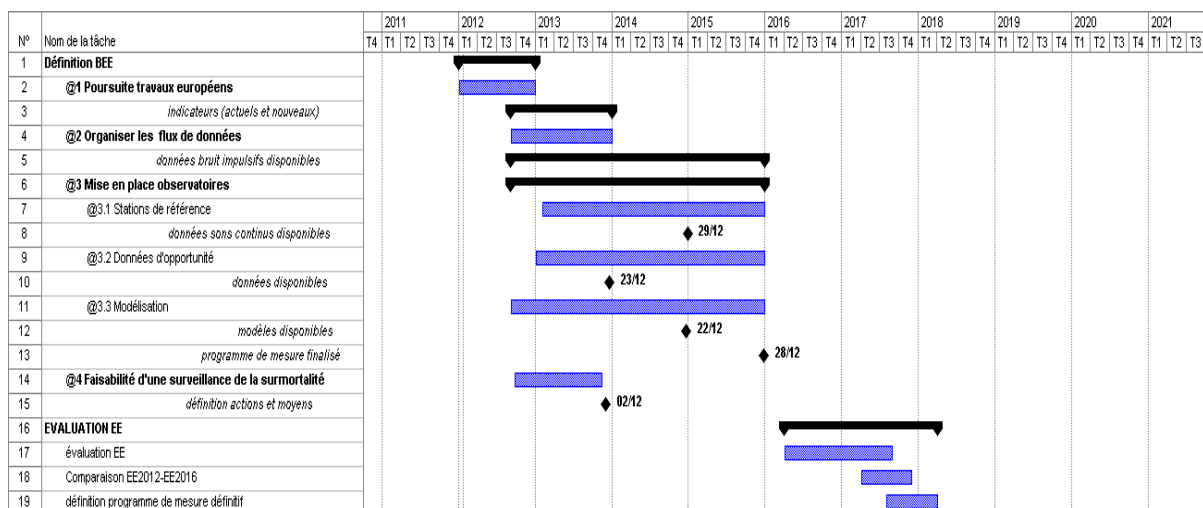


Figure 1 : calendrier des actions à mener.

4

Synthèse et perspectives

Le descripteur 11a est un descripteur sur lequel on ne peut en l'état des données et connaissances scientifiques définir le BEE. L'évaluation initiale n'a pas révélé dans les eaux françaises de nuisances significatives. Néanmoins, l'augmentation prévisible de certaines pressions anthropiques (notamment trafic maritime et chantiers) pourraient entraîner un impact nuisible aux espèces marines sensibles à l'acoustique (mammifères marins en particulier). Pour cette raison, ce descripteur nécessite une surveillance assortie éventuellement d'objectifs de maîtrise des tendances en pressions.

Les indicateurs relatifs aux critères de ce descripteur sont pertinents et réalistes mais ils nécessitent d'être complétés par d'autres indicateurs pour définir le BEE. Certaines pistes sont en cours d'analyse au niveau national et au niveau européen.

A court terme, il est primordial de poursuivre les réflexions méthodologiques sur la définition du BEE pour le D11 et de mettre en place les outils de recueil de données adaptés à la construction des indicateurs actuels et futurs.

Les développements relatifs au programme de mesures de ce descripteur pourront bénéficier largement de rapprochements et collaborations avec le développement d'observatoires pluri disciplinaires, des programmes de surveillance des espèces marines en lien avec les autres descripteurs et enfin des progrès en cours en prévision météo-océanographique et en surveillance maritime.

Enfin, en matière de réduction du bruit continu (indicateur 11.2.1), on notera la suite donnée au Grenelle de l'environnement par la mise en place récente du Conseil d'Orientation de la Recherche et de l'Innovation pour la Construction et les Activités Navales (CORICAN), qui pourrait soutenir des actions en matière de protection des mammifères marins en favorisant notamment la diminution du bruit rayonné par les bâtiments, levier indispensable à long terme pour diminuer la pollution sonore due au trafic maritime.

Références

Ainslie, M. (2011) "What is impulsive sound", document de travail du sous-groupe technique Underwater Noise, version du 10 octobre 2011, communiqué par Cédric Gervaise et Thomas Folégot.

André, M., Gervaise, C. et Folégot, T. "Review of existing knowledge on noise monitoring methods and other noise issues", document de travail SGTUN, version du 10 octobre 2011, communiqué par Cédric Gervaise et Thomas Folégot.

CE (2010a) Décision relative aux critères et aux normes méthodologiques concernant le bon état écologique des eaux marines, *Journal Officiel de la Communauté Européenne*, 2010/477/UE.

CE (2010b) Terms of reference of the technical subgroup on Underwater noise and other forms of energy, document de travail, version du 5 novembre.

Dekeling, D, Tasker, M, de Vrees, L., Ainslie, M., Andersson, M., André, M., Dalen, J., Folegot, T., Leaper, R, Meacle, M, Pajala, J, Robinson, S., Sigray, P., Thomsen, F., van der Graaf, S., Werner, S. Young, J. (2011) compte-rendu de la réunion du sous-groupe Underwater Noise, 6-7 octobre (communiqué par Cédric Gervaise et Thomas Folégot).

DGALN (2011) Guide méthodologique pour la définition des objectifs environnementaux et des indicateurs associés au niveau des sous-régions marines, document de travail, nov

Folégot T., Clorenec, D., Gervaise, C., Stéphan, Y. (2011) "Towards an Operational Anthropogenic Ocean Noise Prediction System", *Ambient Noise in Northern European Waters International Conference*, Southampton.

Gannier, A & Mifsund, L. (2011) "From experimental data to a scale of sound induced effects expressed in terms of perceived levels". 4th Conference on the Effects of Sound in the Ocean on Marine Mammals (ESOMM).

Gervaise, C., Di Iorio, L., Kinda, B., Stéphan, Y., Josso, Y. (2010) "Monitoring acoustique passif des campagnes d'océanographie acoustique en présence de mammifères marins : exemple de la campagne ERATO-09", *Annales hydrographiques*, n° 776, 6.1-6.11.

MEDDTL (2011) Bilan de l'atelier de synthèse de l'évaluation initiale, 13-15 sept., Paris.

SHOM (2011) *Évaluation des perturbations sonores sous-marine dans les eaux marines sous juridiction française*, rapport de convention n° 72/2010 & AAMP/10/78.

Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, J. J., Greene Jr., C. R., Kastak, D., Ketten, D. J., Miller, H., Nachtigall, P. E., Richardson, W. J., Thomas, J. A., & Tyack, P. L. (2007) "Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations", *Aquatic Mammals*, **33** (4), pp. 411-521.

Tasker, M.L., Amundin, M., André, M., Hawkins, A., Lang, W., Merck, T., Scholik-Schlomer A., Teilmann, J., Thomsen, F., Werner. S., Zakharia, M. (2010) *Underwater noise and other forms of energy*, Task Group 11 report, Marine Strategy Framework Directive, DOI 10.2788/87079.

Thomsen, F, André, M., Gervaise, C., Andersson, M, Folégot, T., Robinson, S., Brensing, K., Pajala J, (2011) "Monitoring scheme for low frequency continuous sounds and technical specifications of monitoring equipment", version du 10 octobre 2011, communiqué par Cédric Gervaise et Thomas Folégot.

Glossaire

AAMP	:	A gence des A ires M arines P rotégées
BEE (Q)	:	B on É tat É cologique (Q ualitatif)
CABAT	:	C Alcul du B ruit A mbiant de T rafic
DCSMM	:	D irective C adre S tratégie pour le M ilieu M arin
EMR	:	E nergies M arines R enouvelables
MEDDTL	:	M inistère de l' E cologie, du D éveloppement D urable, des T ransports et du L ogement
SGTUN	:	S ous- G roupe T echnique U nderwater N oise
SRM	:	S ous- R égion M arine
SHOM	:	S ervice H ydrographique et O céanographique de la M arine