

PRE

SIONS

ET

IM

PACTS

MERS CELTIQUES

PRESSIONS ET IMPACTS

MERS CELTIQUES

JUIN 2012

PRESSIONS PHYSIQUES ET IMPACTS ASSOCIÉS

Autres perturbations physiques

Perturbations sonores sous-marines d'origine anthropique

Yann Stéphan,
Jean-Michel Boutonnier,
Christine Pistre (SHOM, Brest).



L'évaluation initiale des perturbations sonores d'origine anthropique a été conduite en cinq étapes :

- recensement des sources de bruits non naturels et des bases de données associées disponibles pour les eaux françaises ;**
- analyse bibliographique des impacts écologiques connus ;**
- classification des impacts potentiels afin de hiérarchiser la recherche de données et l'exploitation des informations ;**
- définition d'une série d'indicateurs adaptés aux données disponibles et aux impacts *a priori* ;**
- construction et analyse des indicateurs.**

Les développements complets de cette synthèse sont disponibles auprès du SHOM et de l'AAMP [1].

1. ACTIVITÉS ANTHROPIQUES GÉNÉRATRICES DE BRUITS SOUS-MARINS

1.1. SOURCES DE PERTURBATIONS SONORES ANTHROPIQUES

Le milieu aquatique a la propriété de très bien propager les ondes sonores. Les principales sources de bruits provoqués par des activités humaines en milieu marin sont :

- le trafic maritime, qui génère par rayonnement sonore des navires un bruit de fond permanent dans l'océan ; l'évaluation a porté principalement sur la pression exercée par le trafic de marchandises, le trafic de passagers et l'activité de pêche ;
- les émissions *sonar*, qui utilisent des signaux sonores pour détecter ou positionner des objets, étudier les fonds marins et le volume océanique ou encore pour transmettre des données ; l'évaluation a porté principalement sur la pression exercée par les émissions des systèmes acoustiques de fréquence inférieure ou égale à 10 kHz utilisés lors des campagnes de prospection pétrolière et gazière ou lors de campagnes de recherches et d'expérimentations scientifiques ; l'utilisation des *sonars* de Défense n'a pas été prise en compte ;
- les travaux et ouvrages en mer, qui génèrent tout au long de leur cycle de vie une grande diversité de bruits, notamment des explosions sous-marines ou encore du pilonnage ; l'évaluation a porté principalement sur la pression exercée par les forages et l'extraction de granulats marins.

1.2. DONNÉES DISPONIBLES

S'il existe d'assez nombreuses sources d'informations sur le trafic maritime et les activités humaines en mer, il n'existe pas de base de données de référence permettant d'avoir une évaluation exhaustive des pressions correspondantes sur l'environnement. Le bilan dressé dans cette note s'appuie principalement sur les sources de données suivantes :

- les statistiques de trafic maritime établies par le Lloyd's (référence prise à l'année 2003) ;
- les rapports d'activités de surveillance maritime du CROSS Corsen pour les années récentes¹ ;
- le bilan des activités de pêche (statistiques SIH²) ;
- le recensement des liaisons ferries (Brittany Ferries³ et sites internet des compagnies) ;
- les statistiques du BEPH sur la prospection pétrolière et gazière⁴,
- les données relatives aux concessions de granulats marins issues du MEDDE ;
- les demandes de travaux scientifiques et rapports d'expérimentation disponibles au SHOM et à l'Ifremer⁵.

2. ANALYSE DES PRESSIONS ANTHROPIQUES ET DE LEUR ÉVOLUTION RÉCENTE

2.1. TRAFIC MARITIME

Le trafic maritime a fortement augmenté au XX^e siècle, en particulier depuis 1945. La flotte marchande mondiale est passée d'environ 30 000 navires dans les années 1950 à près de 95 000 de nos jours, selon le Lloyd's. De l'augmentation du trafic résulte une augmentation du bruit généré par les navires et donc globalement du bruit ambiant océanique. Le chiffre le plus couramment avancé dans la communauté scientifique est une augmentation de 3 dB par décennie [2] [3]. Dans des zones où le trafic maritime est bien établi et stabilisé depuis plusieurs décennies – axes marchands historiques et rails de trafic –, ce chiffre est surévalué. À l'inverse, il peut être sous-évalué dans des zones où les activités économiques émergent – nouveaux marchés, pays en voie de développement, nouveaux ports, etc.

La pression due au trafic maritime est forte en raison de la présence du dispositif de séparation de trafic (DST) d'Ouessant, parmi les plus fréquentés au monde. La cartographie du bruit ambiant de trafic modélisé à 63 et 125 Hertz – ces fréquences, préconisées par l'indicateur 11.2.1 de la Décision sur le BEE, sont considérées comme les plus représentatives des bruits purement anthropiques [4] – est présentée en figure 1. Obtenue à partir des densités de trafic maritime de l'année 2003 du Lloyd's, cette modélisation (cf. Annexe et [5]) montre des niveaux de bruit élevés dus à la densité de trafic importante dans le DST. Ces niveaux décroissent en s'éloignant du rail vers l'ouest de la zone.

1 Rapports d'activité du CROSS Corsen, DGITM, disponibles sur <http://www.developpement-durable.gouv.fr>

2 <http://www.ifremer.fr/sih>

3 Horaires 2010-2011 des navires de la compagnie Brittany Ferries, Edition du 18 juillet 2011, V3.34.

4 Bilans annuels du bureau exploration-production des hydrocarbures (BEPH), disponibles sur <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Les-publications-et-les.html>

5 <http://www.ifremer.fr/sismer>

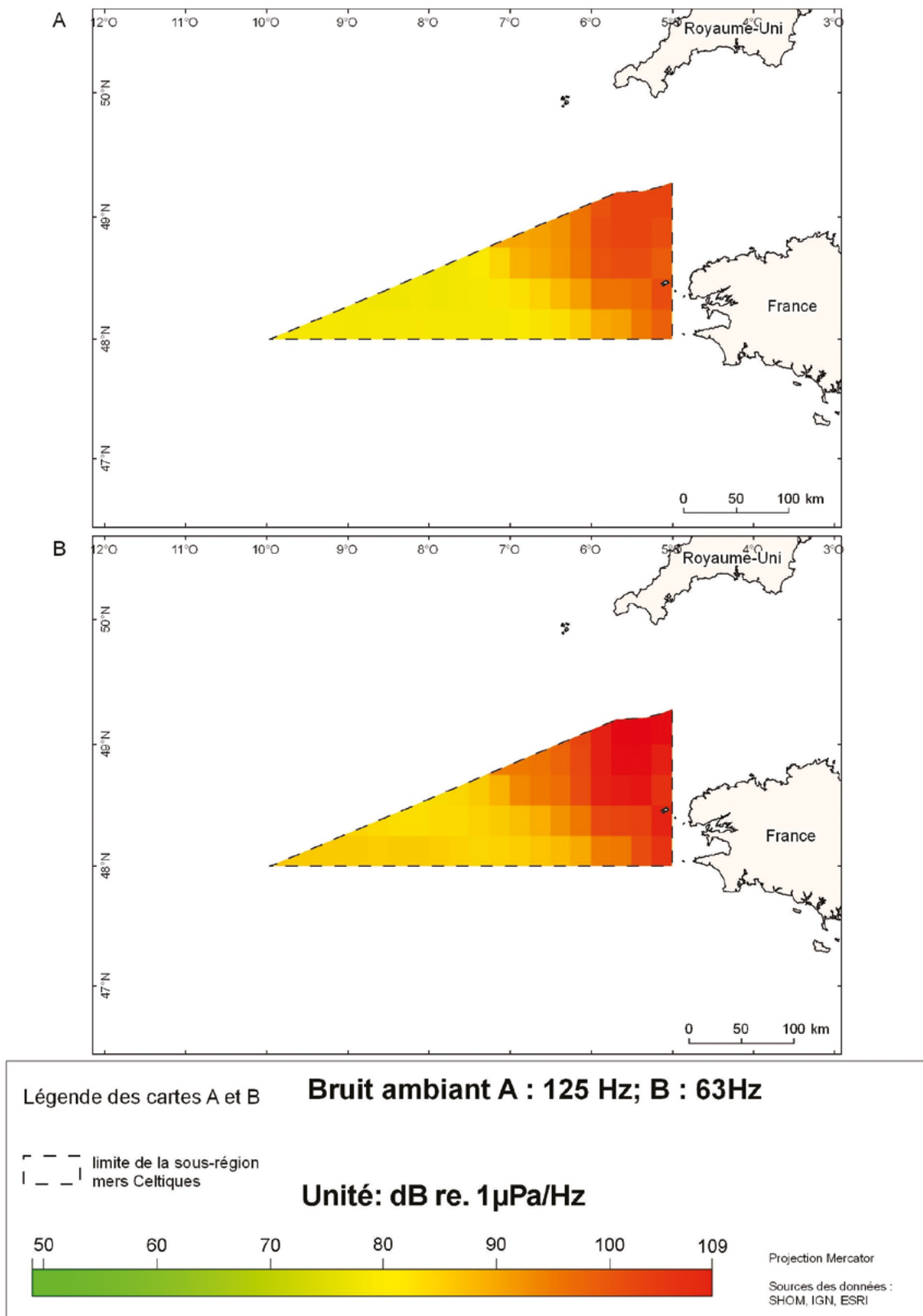


Figure 1 : Cartographie du bruit ambiant de trafic modélisé à 125 Hz (A) et 63 Hz (B).
 Les zones non renseignées sont les zones à hauteurs d'eau inférieures à 20 mètres,
 pour lesquelles le bruit ambiant n'est pas calculé (Sources SHOM).

Malgré un ralentissement marqué du trafic en 2009, dû au ralentissement des activités économiques, on peut considérer que la pression du trafic marchand est restée stable au cours des dernières années. En effet, l'évolution du trafic observé depuis 2003 par le CROSS Corsen (figure 2) montre que le nombre annuel moyen de navires dans le DST est de 53 000 et que la variabilité interannuelle du nombre de navires est au maximum de $\pm 4\%$. Ces fluctuations entraînent des variations interannuelles du niveau prédit de bruit généré par le trafic inférieures au décibel ; on peut ainsi considérer cette pression comme stable.

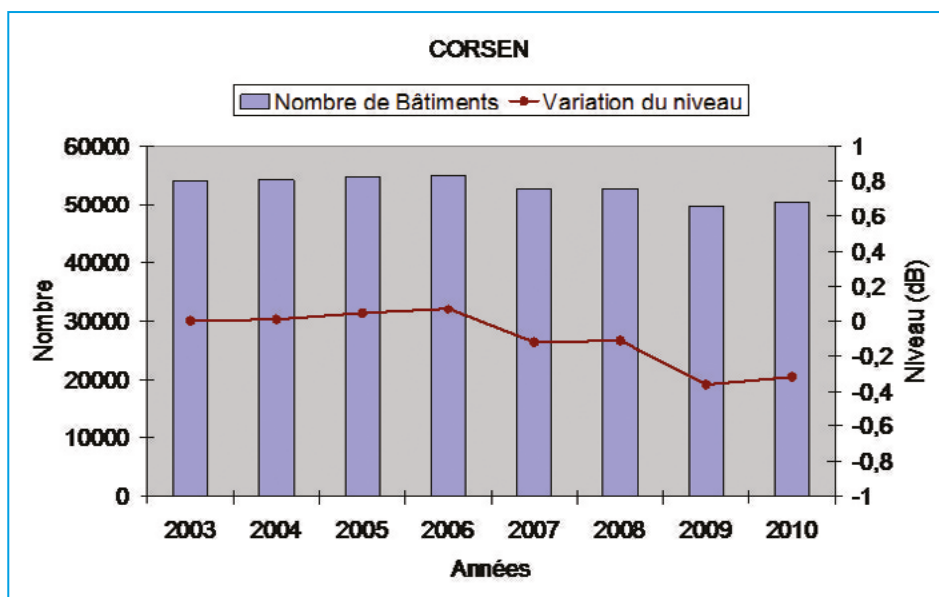


Figure 2 : Évolution du trafic maritime observé par le CROSS Corsen (Sources : DGITM, 2011).

2.2. ACTIVITÉS SONAR

Parce que les propriétés physiques des océans permettent aux ondes sonores de se propager, l'utilisation de sources acoustiques en vue d'étudier et d'exploiter le milieu marin s'est accrue depuis les années 1950. La pression exercée par les sources impulsives est difficile à évaluer à double titre : d'une part parce qu'il est difficile de garantir l'exhaustivité de la recherche d'informations en raison de l'extrême variété des sources, et d'autre part parce que la plupart des informations accessibles renseignent sur la susceptibilité d'émission sonore et non sur les émissions effectivement réalisées. Par ailleurs, les données relatives à la Défense ne sont pas disponibles. Dans ce contexte, l'effort de compilation des données a porté sur deux types d'activité :

- la prospection pétrolière et gazière, qui met en œuvre les équipements acoustiques potentiellement les plus gênants ;
- les expérimentations de recherche scientifique, dont les navires sont généralement équipés de sonars et sondeurs acoustiques.

La pression due aux émissions sonores inférieures ou égales à 10 kHz dans la sous-région marine mers celtiques est modérée et plutôt en recul depuis une vingtaine d'années. Cette conclusion s'appuie sur l'analyse de deux indicateurs :

- la cartographie du nombre de jours potentiels d'émissions sonores, représentée figure 3 ; cette cartographie donne le cumul sur les 7 dernières années des émissions sonores à moins de 10 kHz (c'est une adaptation de l'indicateur 11.1 de la Décision sur le BEE) ;
- l'évolution des activités de recherche pétrolière ; même si le caractère irrégulier et conjoncturel de ces activités rend difficile l'analyse de tendance, on observe cependant un assez net ralentissement des activités à partir des années 1980 tant sur le nombre et la superficie des permis accordés que sur la longueur des profils sismiques réalisés (figure 4). Cette tendance est confirmée par le faible nombre de forages au cours des dernières décennies.

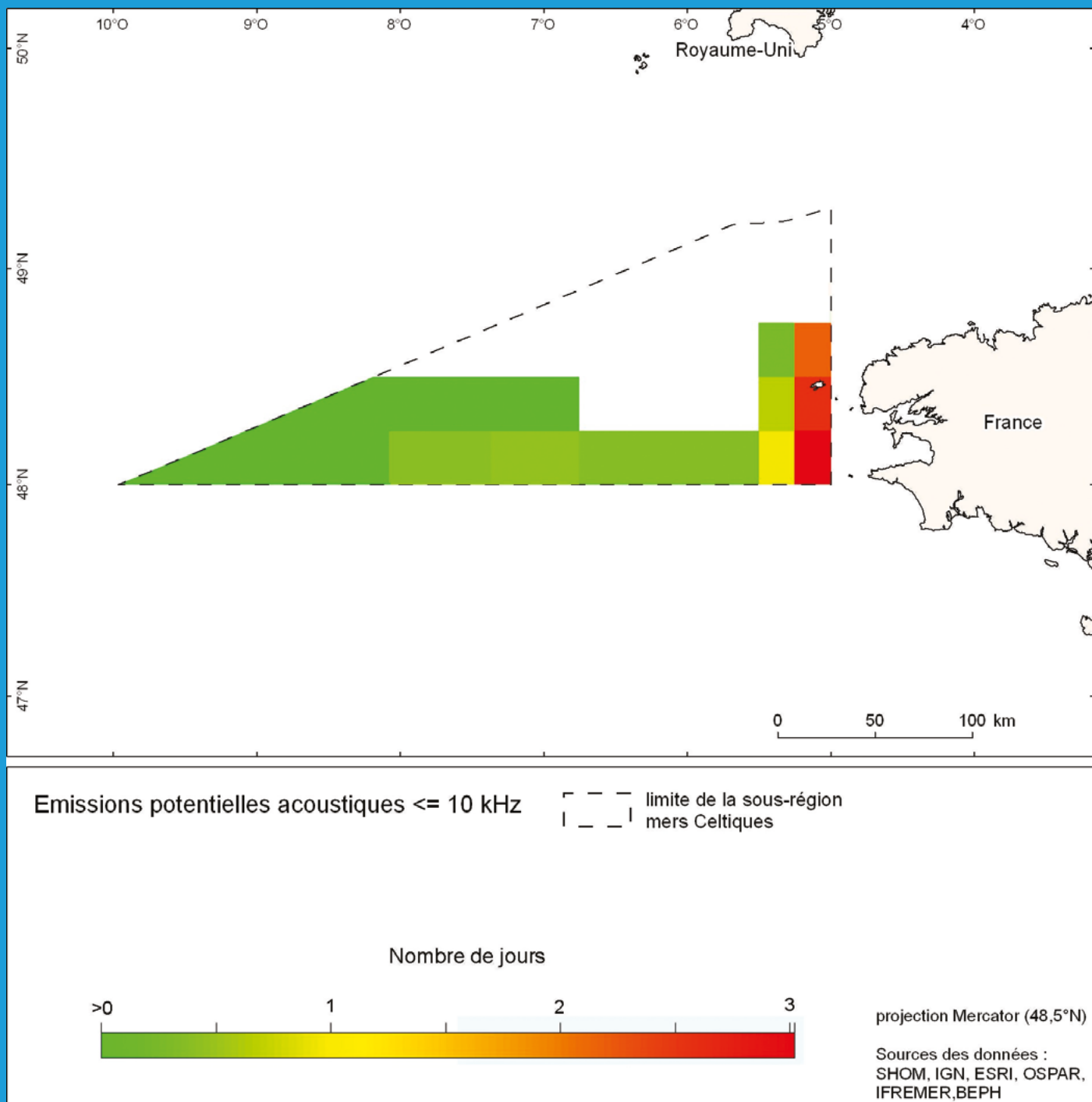


Figure 3 : Cartographie des émissions impulsionnelles. En raison du manque d'information synthétique, la cartographie présentée se base sur les grandes zones d'expérimentation recensées. Les mailles « blanches » correspondent aux zones sur lesquelles aucune émission impulsionnelle n'a été recensée (Sources : SHOM, 2012).

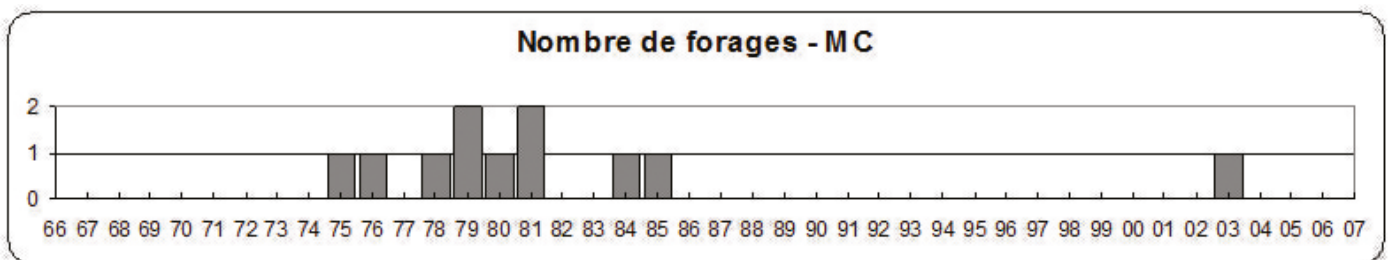
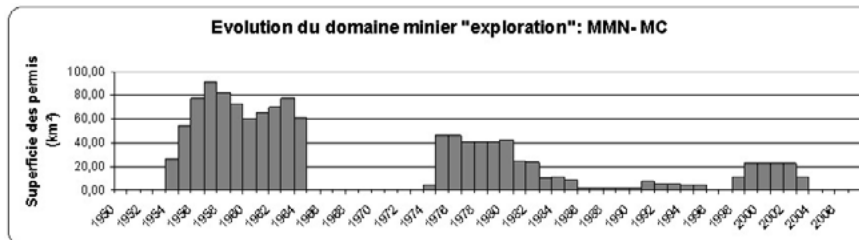
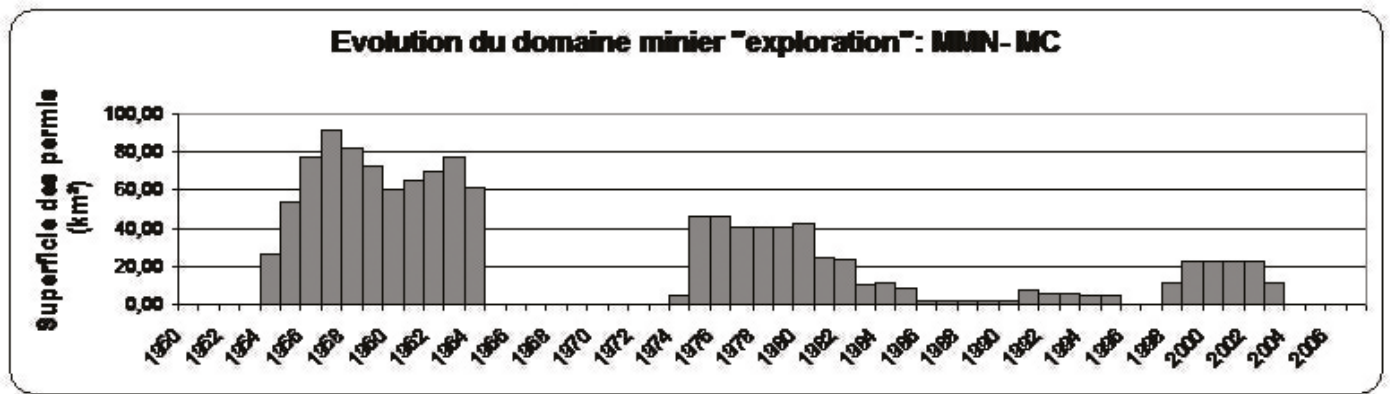


Figure 4 : Évolution des activités de prospections pétrolières et gazières : en haut, évolution annuelle de la superficie des permis accordés (cumul des sous-régions Manche-mer du Nord MMN et mers celtiques MC) ; au centre, évolution annuelle de la longueur totale des relevés sismiques ; en bas, évolution annuelle du nombre de forages (Sources : BEPH, 2012).

2.3. TRAVAUX EN MER

La sous-région marine mers celtiques est une zone qui comporte peu de travaux en mer, en raison d'une part du caractère infructueux de la recherche pétrolière et gazière dans la zone et d'autre part de la présence du dispositif de séparation du trafic (DST) qui conditionne la circulation maritime dans sa partie orientale.

3. IMPACTS DUS AUX PERTURBATIONS SONORES

Le principal impact connu des perturbations sonores sous-marines d'origine anthropique est l'impact sur les cétacés, mis en avant depuis la fin des années 1990 et la corrélation établie entre des échouages anormaux de cétacés – en grande majorité des baleines à bec de Cuvier – et des opérations navales utilisant massivement des sonars de haute intensité sonore (sonars de détection sous-marine pour la majorité des cas et quelques cas dus aux équipements de sismique [6]).

L'impact sur les poissons des pétardements, des activités littorales liées aux aménagements publics ou des sonars est difficilement quantifiable. On peut citer l'influence dommageable des bruits impulsifs de forte intensité – explosions, émissions sonar – sur les poissons à vessie natatoire. Enfin, une étude récente fait mention de l'impact possible des pressions acoustiques basse fréquence sur les céphalopodes [7].

Pour une revue générale des impacts connus ou possibles des perturbations sonores dans le milieu marin, voir OSPAR [8] [9].

Les impacts des perturbations sonores sur les cétacés peuvent être classés en deux grandes catégories : les nuisances comportementales – adaptation du comportement, abandon d’activités en cours, fuite ou évitement, etc. –, et les nuisances physiologiques – pertes temporaire ou définitive d’audition, hémorragies, etc. La suspicion de nuisance est d’autant plus forte pour les espèces qui communiquent ou écho-localisent dans la même gamme de fréquence que les perturbations anthropiques. Établir de façon certaine un lien de cause à effet entre les émissions sonores et le comportement des cétacés est une tâche très délicate, nécessitant la mise en place de procédures de surveillance et d’action concertées, par exemple l’analyse en temps quasi-réel d’un échouage et l’autopsie rapide d’un mammifère échoué. L’établissement de la corrélation entre l’évolution du bruit permanent dû au trafic et la dynamique des populations de mammifères marins ou de poissons est encore plus complexe, du fait de la difficulté d’observation, aussi bien du bruit que des populations, aux échelles spatio-temporelles adaptées : ce sont en effet des phénomènes à variations très lentes sur des zones très vastes. Enfin, concernant les travaux offshore et les exploitations industrielles, il est à souligner que le bilan acoustique des perturbations doit prendre en compte toutes les perturbations induites sur tout le cycle de vie de l’ouvrage : études de site, trafic lié, entretien, bruit continu en exploitation opérationnelle, déconstruction.

En amont, depuis plusieurs années, les exploitants civils et militaires de sources acoustiques appliquent des règles de vigilance pour minimiser le risque d’impacts sur les mammifères marins. Ces règles se fondent sur la prise en compte des populations de cétacés dans la planification des opérations, une veille attentive sur zone, des montées graduelles des émissions pour permettre l’évitement de la zone par les mammifères et enfin des restrictions d’émission (arrêt ou diminution des puissances sonores) en cas de présence avérée.

En aval, il n’a pas encore été mis en place de surveillance systématique dédiée de l’impact des ondes sonores. Des actions sont préconisées en ce sens dans le cadre d’accords internationaux comme ASCOBANS pour les petits cétacés, la sous-région marine mers celtiques faisant partie de la zone d’extension du traité.

Il est impossible en l’état des connaissances scientifiques actuelles d’appréhender précisément l’impact des pressions sonores anthropiques sur les individus et les espèces. En particulier, la sous-région est une zone à forte activité océanographique et biologique (front d’Ouessant notamment) et est une zone de transition entre la Manche et l’ouvert du golfe de Gascogne. La composition et le comportement des populations de mammifères marins dans cette zone sont encore relativement méconnus.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Stéphan Y., Pistre C. et Boutonnier J.-M., 2012. Bilan des activités anthropiques génératrices de bruit et de leur récente évolution en France métropolitaine, rapport 32 SHOM/DOPS/HOM/CFUD/NP, SHOM, 90 pages.
- [2] Andrew R.K., Howe B.M., Mercer J.A., 2002. Ocean ambient sound : comparing the 1960s with the 1990s for a receiver off the California coast, *Acoustics Research Letters Online*, 3, 65–70.
- [3] McDonald M.A., Hildebrand J.A., Wiggins S.M., 2006. Increases in deep ocean ambient noise in the Northeast Pacific west of San Nicolas Island, California. *Journal Acoustical Society of America*, 120, pp. 711–718.
- [4] 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, 64 pages.
- [5] Sarzeaud O., 2011. Rapport d'étude et manuel utilisateur CABAT 2.0 (Évolution du logiciel de modélisation du bruit ambiant de trafic CABAT), marché SHOM n°10PA0033.
- [6] Lurton X., Antoine L., 2007. Analyse des risques pour les mammifères marins liés à l'emploi des méthodes acoustiques en océanographie, rapport DOP/CB/NSE/AS/07-07, Ifremer.
- [7] André M. *et al.*, 2011. Low-frequency sounds induce acoustic trauma in cephalopods, *Frontiers in Ecology and the Environment*, November, Vol. 9, No. 9 : 489-493.
- [8] OSPAR, 2009a. Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment, OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic. Biodiversity and Ecosystems Series, Publication Number 441/2009, 134 pages.
- [9] OSPAR, 2009b. Assessment of the environmental impact of underwater noise. OSPAR Commission, Biodiversity and Ecosystems Series.

4. ANNEXE : MÉTHODOLOGIE POUR LE CALCUL DU BRUIT AMBIANT DÛ AU TRAFIC MARITIME

A. PRINCIPE GÉNÉRAL

Le bruit ambiant de trafic est la résultante de la génération et de la propagation des bruits rayonnés par les navires. Il est admis que ce bruit est dominant dans les très basses fréquences (de quelques dizaines à quelques centaines de Hertz). À ces fréquences, les sons peuvent se propager sur des distances importantes : plusieurs dizaines, voire centaines de kilomètres. La caractérisation du bruit ambiant de trafic dans toute sa dynamique spatiale et temporelle peut être obtenue à l'aide de la modélisation numérique. Pour cela, deux approches sont possibles : modéliser le bruit rayonné et propagé à partir d'une description statistique du trafic maritime (obtenue *via* des bases de données statistiques de trafic) ou modéliser le bruit rayonné et propagé à partir d'une observation de la situation maritime, par exemple par un système de positionnement et d'identification de navire de type AIS (Automatic Identification System). La première approche est bien adaptée aux analyses et études statistiques à des échelles globales. La seconde est plus adaptée pour la surveillance en temps réel sur des couvertures réduites, même si l'on peut anticiper que le développement des systèmes de surveillance maritime devrait permettre à moyen terme d'étendre la couverture de ce genre de modèle de manière drastique.

Quelle que soit l'approche retenue, la qualité de la modélisation numérique du bruit ambiant de trafic reposera sur la prise en compte de deux caractéristiques majeures :

- le bruit introduit dans le milieu marin par les navires : chaque navire possède sa propre signature acoustique, qui dépend de ses caractéristiques intrinsèques (dimensions, technologie de propulsion et de construction, état d'entretien, etc.) et de sa navigation (vitesse, chargement, etc.). La quantité d'énergie sonore introduite dans le milieu par rayonnement acoustique dépend de la densité du trafic maritime (plus le trafic est dense, plus le bruit introduit est élevé) et de la catégorie des navires (un super tanker a des niveaux de bruit rayonné plus forts qu'un chalutier) ;
- la propagation des bruits rayonnés : l'environnement géophysique (profils de célérité, bathymétrie, sédimentologie et météorologie) joue un rôle important dans la propagation des bruits sous-marins. Ainsi, un même navire sera audible plus ou moins loin suivant que le milieu est favorable à la propagation (existence de chenaux sonores, fonds sableux, etc.) ou défavorable (forte houle, fonds vaseux, etc.).

B. PRINCIPE DE MODÉLISATION RETENU POUR L'ÉVALUATION INITIALE

Les cartographies de bruit ambiant à 63 et 125 Hz élaborées pour l'évaluation initiale ont été réalisées au SHOM par le modèle CABAT v2.0 (CALcul du Bruit Ambiant de Trafic).

La modélisation repose sur les étapes suivantes :

- cartographie du trafic statistique : à partir des données sources, comme par exemple les statistiques de trafic du Lloyd's, on calcule les statistiques de densité des navires dans des mailles de résolution paramétrable. Pour l'évaluation initiale, une maille élémentaire de 0.25° a été choisie. À chaque navire est associée une catégorie de 1 à 6 (des plus bruyants au moins bruyants). On dispose ainsi en entrée du modèle d'une densité de trafic par catégorie dans chaque maille élémentaire ;
- détermination du bruit rayonné dans une maille élémentaire : pour chaque maille du modèle, on assigne à chaque catégorie de navire un gabarit de bruit rayonné (ce gabarit est issu de la littérature - modèle de RANDI⁶), ce qui permet d'avoir pour chaque navire un niveau de bruit rayonné pour la fréquence considérée. Le bruit total introduit dans la maille est obtenu par sommation des bruits rayonnés par chaque catégorie après pondération par leur densité. Enfin, on calcule le bruit rayonné dans la maille par intégration spatiale du bruit propagé au sein de la maille. Le modèle de propagation utilisé est issu des modèles RAM et RAMS⁷ ;
- calcul du niveau total : le bruit de trafic dans chaque maille est la somme de son bruit propre et des contributions des autres mailles, c'est-à-dire le bruit rayonné de ces mailles auquel on soustrait les pertes de propagation (pertes qui vont dépendre de la distance entre les mailles et de l'environnement géophysique).

⁶ Wagstaff R., 1973. RANDI : Research ambient noise directionality model, Naval Undersea Center TP-345, 86 p.

⁷ Collins M.D., 1993. A split-step Padé solution for the parabolic equation method, J. Acoust. Soc. Am., 93, 1736-1742.

C. APPLICATION DE LA MODÉLISATION POUR L'ÉVALUATION INITIALE

Les paramètres d'entrée de calcul du modèle CABAT pour l'évaluation initiale sont les suivants :

- densités de trafic des navires marchands, de transports de passagers et de pêche à 0,25° ;
- données d'environnement géophysique issues des bases de données du SHOM (climatologies hydrologique et météorologique, modèle numérique de terrain à 5', nature des fonds à 1').

Les cartographies en sortie à 63Hz et 125 Hz sont obtenues à la résolution spatiale de 0,25° après moyenne annuelle des niveaux obtenus pour 12 mois et moyennes verticales à trois immersions de réception.