

Note technique

Impact du airgun sur les mammifères marins et mesures d'évitement

1. Introduction

Les études géophysiques marines, essentielles pour comprendre la composition et la structure du sous-sol marin, emploient fréquemment des airguns comme source sismique. Ces outils génèrent des impulsions acoustiques sous-marines pour sonder la géologie sous-marine, permettant ainsi l'identification de structures géologiques et de ressources énergétiques. Cependant, l'usage de ces dispositifs suscite des préoccupations concernant leur impact potentiel sur la faune marine, et plus précisément sur les mammifères marins.

Le but de cette note technique est de décrire et d'analyser les risques associés à l'utilisation d'airguns lors de campagnes géophysiques marines, en mettant l'accent sur leurs effets sur les mammifères marins. Nous nous baserons principalement sur des études scientifiques, des manuels constructeurs et des calculs scientifiques, en anglais, dont les parties pertinentes seront traduites et comparées à notre propre matériel et méthodologie. Cette démarche nous permettra d'évaluer et de quantifier les risques, ainsi que de proposer des mesures d'atténuation et des recommandations pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement marin.

Les mammifères marins, par leur rôle écologique clé et leur sensibilité aux perturbations sonores, sont particulièrement vulnérables aux niveaux élevés de bruit sous-marin générés par les airguns. La présence de ces sons intenses peut entraîner des perturbations comportementales mineures, dans les cas les plus extrêmes, des dommages physiques permanents.

Dans ce contexte, cette note technique s'attachera à présenter une synthèse des données disponibles, à examiner les conséquences écologiques et à explorer les solutions et alternatives possibles pour concilier les impératifs de recherche géophysique et de protection environnementale. Les éléments analysés et les conclusions tirées seront essentiels pour éclairer les décisions et orienter les pratiques futures en matière d'études géophysiques marines, dans le respect de la vie marine et de l'écosystème global.

2. Seuil de bruit pouvant affecter les mammifères marins

2.1. Pression acoustique (Sound pressure level : SPL)

Selon l'ordre et l'espèce de mammifère marin en question, c'est-à-dire les cétacés (baleines/dauphins) ou les pinnipèdes (phoques) ; il existe une gamme de niveaux d'exposition sonore pouvant entraîner des dommages à l'ouïe. Le tableau 1 résume les niveaux sonores qui ont été montrés pour entraîner des déplacements temporaires du seuil auditif (TTS) (dommages temporaires à l'ouïe) ou des déplacements permanents du seuil auditif (PTS) (dommages permanents à l'ouïe) pour l'ouïe des mammifères marins (Southall, 2019).

Tableau 1: Valeurs de TTS et PTS chez les mammifères marins (Southall, 2019).

Gamme de SPL	Unités	Effet/Impact
218 - 232	dB re 1 μ Pa (SPL _{peak})	PTS seuil chez les pinnipèdes
212 - 226	dB re 1 μ Pa (SPL _{peak})	TTS seuil chez les pinnipèdes
202 - 230	dB re 1 μ Pa (SPL _{peak})	PTS seuil chez les cétacés
196 - 224	dB re 1 μ Pa (SPL _{peak})	TTS seuil chez les cétacés

Nous avons à notre disposition des données relatives à un airgun de plus petite taille ainsi qu'à un airgun de plus grande taille (Tableau 2). Il est important de préciser que notre airgun (60 cu.in. a une pression maximale de 1600 PSI) qui se situe entre ces deux extrêmes en termes de dimensions et de puissance.

Tableau 2: Réduction de la pression acoustique (SPL) en fonction de la distance de la source

Distance de la source en m (airgun)	Pression acoustique (SPL) en dB			
	Volume de la chambre à air			
	45 cu.in.		75 cu.in.	
	2000 psi	3000 psi	2000 psi	3000 psi
1	224	226	226	228
10	204	206	206	208
100	184	186	186	188
200	178	180	180	182
300	174	176	176	178
400	171	174	174	176
500	170	172	172	174
600	168	170	170	172
700	167	169	169	171

Ces données nous indiquent donc que le seuil de déplacement temporaire du seuil auditif (TTS) pour les cétacés (dommages temporaires de l'audition) est compris entre 10 et 100m de distance de la source sismique (airgun) et que le seuil déplacement permanent du seuil auditif (PTS) (dommages permanents de l'audition) se situe entre 0 et 10m de distance de la source sismique (airgun). En effet le tableau 2 montre que le SPL de notre airgun est compris entre 184 et 186 dB à 100m de distance ce qui est inférieur au seuil de SPL de 196-224 (TTS) provoquant des dommages temporaires aux cétacés. Le SPL de notre airgun à 10m de distance (204-206 dB) atteint le seuil de dommage permanents (PTS) qui est de 202-230 pour les cétacés.

Ces données considèrent que les espèces affectées aient une ouïe pouvant capter les fréquences émises par la source sismique. En effet, l'audition des cétacés est très différente d'une espèce à l'autre et certaines espèces vont être beaucoup moins affectées par notre airgun que d'autres. Le paragraphe suivant présente les gammes de fréquences captées par différentes espèces de cétacés et les fréquences émises par notre airgun.

2.2. Gamme de fréquence de la source et gamme de fréquence captée par les mammifères marins

La source sismique que nous utilisons est un Sercel Airgun mini G.GUN avec une chambre à air de 60cu.in (60in³). La figure ci-dessous présente le spectre de fréquence de cette source sismique.

La sortie principale des canons à air a généralement le plus d'énergie dans la gamme de fréquence de 10 à 200 Hz, qui est la bande passante de fréquences présentant le plus d'intérêt en sismique. La profondeur du canon à air influence la fréquence du pic d'énergie. Comme on peut le voir sur la Figure 1, avec l'augmentation de la profondeur du canon à air, le pic d'énergie se produit à une fréquence plus élevée.

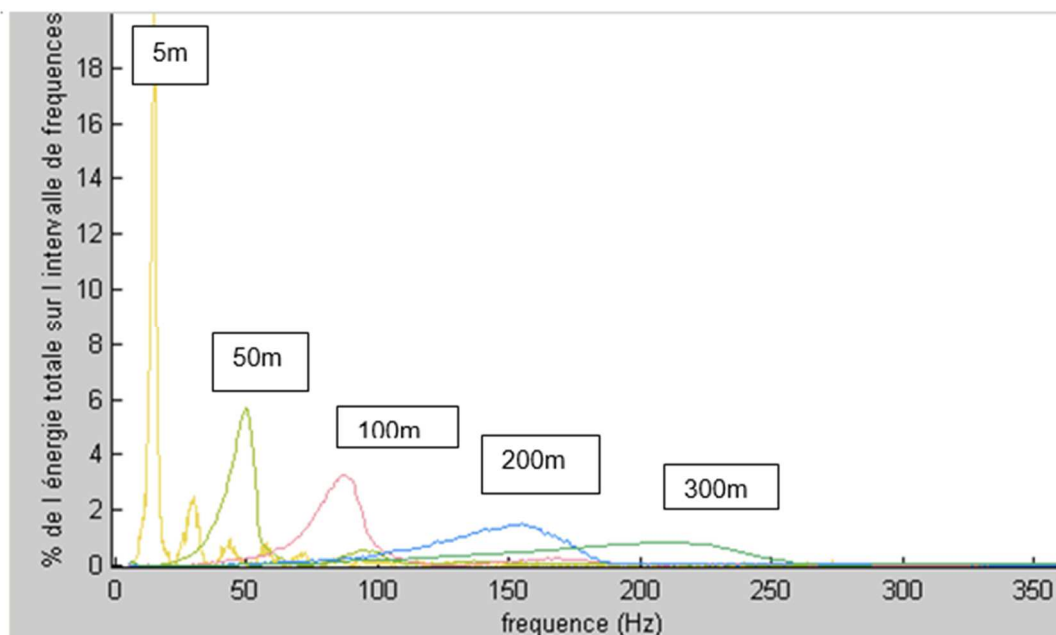


Figure 1: Impact de la profondeur de l'eau sur le spectre du canon à air

La Figure 2 présente la gamme de fréquences captée par différents mammifères marins

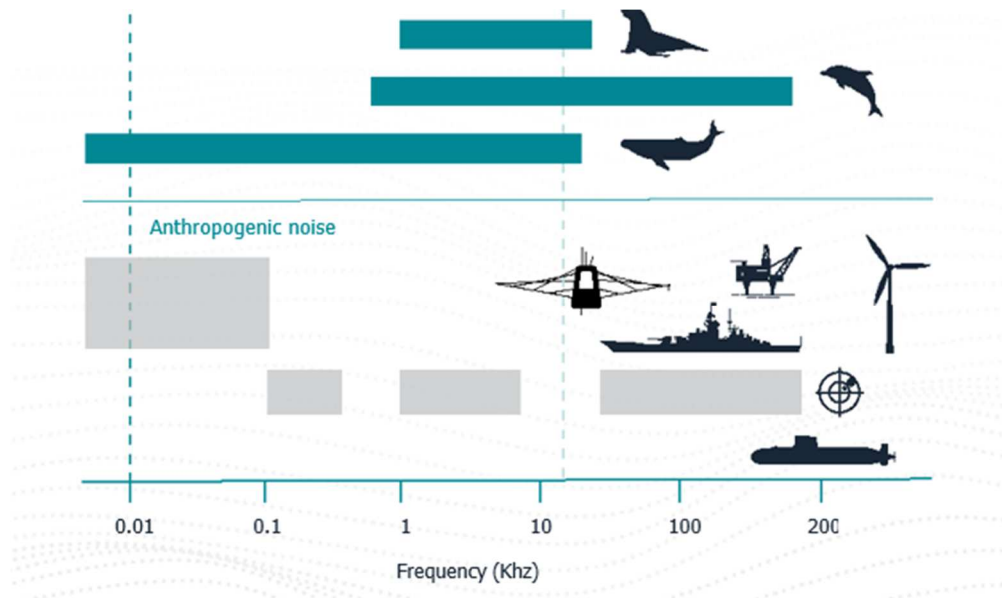


Figure 2: Gamme de fréquence auditive captée par les mammifères marins (Slabbekoorn, 2010)

La Figure 3 présente les audiogrammes de différents cétacés d'après le document « Préconisations pour limiter les impacts des émissions acoustiques en mer d'origine

anthropique sur la faune marine » du Ministère de la transition écologique et solidaire de Juin 2020.

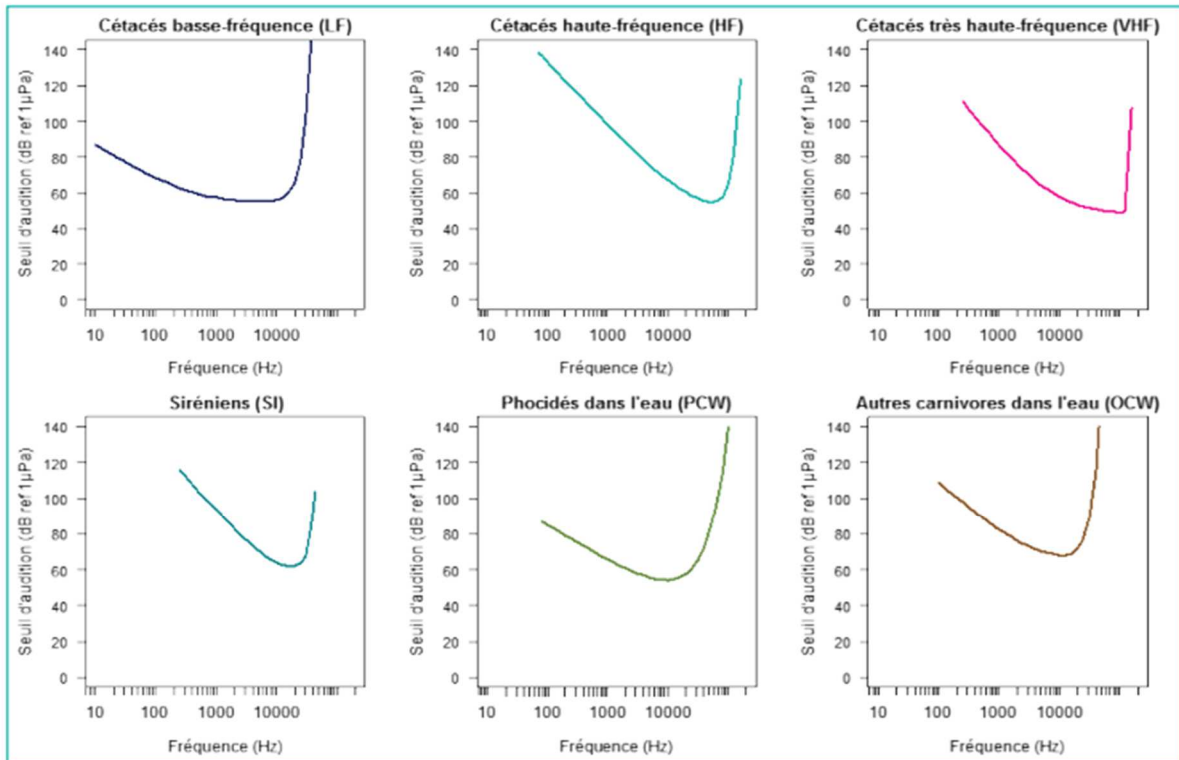


Figure 3: Audiogrammes médians pour les Cétacés basse fréquence, les Cétacés haute fréquence, les Cétacés très haute fréquence, les Siréniens, les Pinnipèdes dans l'eau et les autres Carnivores dans l'eau.

- **Les Cétacés très haute fréquence :** ce groupe inclut les marsouins, quelques petits Delphinidés, la plupart des dauphins d'eau douce et les cachalots nains et pygmées (Kogiidés). Ils sont moins impactés par le Airgun car leur audiogramme présente une gamme de fréquence perçue différente de celle du Airgun qui est majoritairement comprise entre 10 et 200Hz.
- **Les Cétacés haute fréquence :** ce groupe contient la plupart des Delphinidés (dauphins, orques et globicéphales), les baleines à bec (Ziphiidés), le béluga et le narval (Monodontidés) et le cachalot.
- **Les Cétacés basse fréquence :** ce groupe inclut l'ensemble des mysticètes (baleines à fanons). Il est sujet à caution car les espèces de ce groupe n'ont jamais fait l'objet d'évaluation directe de leur capacité auditive.

Ces audiogrammes montrent que les Cétacés basse fréquence vont être plus affectés par notre airgun que les cétacés haute fréquence. Les cétacés très haute fréquence comme les marsouins et certains petits delphinidés vont être encore moins affectés par notre airgun car il émet des basses fréquences que l'ouïe de ces espèces ne captent principalement pas.

3. Mesures d'évitement et d'atténuation

Démarrage en douceur

L'objectif d'un démarrage en douceur est de réduire l'exposition sonore pour tout mammifère marin ou faune non observés à proximité de la source sismique, et cela peut être réalisé de deux manières :

- Montée progressive (Ramp up) : plutôt que de déclencher la source sismique à pleine puissance d'étude, le tir commence à un niveau inférieur et est progressivement augmenté sur une période de temps. Cela sert d'avertissement à toute vie marine dans la zone et offre l'opportunité de s'éloigner à une distance sûre/confortable.
- Limite du Niveau d'Exposition Sonore (SEL) : Une autre méthode de départ en douceur consiste à limiter les niveaux d'exposition sonore au début des opérations. Lorsque cette méthodologie est utilisée, les niveaux de puissance de la source restent constants, mais le temps entre chaque tir varie. Par exemple, en commençant avec une grande période de temps entre chaque tir (4s) et en augmentant progressivement jusqu'à l'intervalle de tir désiré (0,5s). De cette manière, le niveau d'exposition sonore (SEL) est réduit évitant le PTS et permettant à la vie marine de s'éloigner à une distance sûre. Cette méthode n'est pas adaptée à notre acquisition car nous n'effectuons pas de tir en continu, seulement des tirs localisés.

Surveillance Acoustique Passive (PAMS) Pour les opérations de nuit ou par mauvaise visibilité, il est souvent nécessaire d'utiliser des systèmes PAM. Les systèmes PAM utilisent des hydrophones sous-marins pour écouter les appels distinctifs faits par les cétacés. Certains systèmes modernes peuvent même classifier les espèces et positionner l'emplacement de toutes vocalisations détectées.

Fermetures Temporelles/Zonales Dans les cas où les mesures ci-dessus ne sont pas jugées suffisantes ou où les habitats sont particulièrement sensibles, les organismes gouvernementaux peuvent et mettent effectivement fin complètement aux opérations de sondage. Cela est souvent le cas à des moments spécifiques de l'année, lorsque la faune marine est susceptible de se reproduire, de migrer ou pendant d'importantes fenêtres saisonnières d'alimentation.

Nous préconisons la méthode d'un démarrage en douceur avec montée progressive.

4. Préconisation de L'Ifremer

L'Ifremer, dans son rapport de 2019 « Protocole de protection de la faune marine lors des campagnes sismiques », classe en deux catégories les sources sismiques de type Airgun :

« Nous retenons donc de classer les sources sismiques en deux catégories :

Classe 1 : sources dont le volume total est supérieur à 500 in³, pour lesquelles le protocole de mitigation des émissions sera appliqué,

Classe 2 : sources dont le volume total est inférieur à 500 in³, pour lesquelles aucun protocole de mitigation des émissions ne sera appliqué, sauf demande ou réglementation spécifique de l'Etat riverain

A titre de comparaison, la Nouvelle-Zélande applique son protocole "standard" (MMOs, PAM, pre-watch, ramp-up, ...) pour des sources sismiques dont le volume total est supérieur à 427 in³, valeur-charnière très comparable à celle retenue par l'Ifremer. »

Nous utilisons une source sismique de 60in³ qui fait donc partie de la classe 2.

Bibliographie

A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish [Journal] / auth. Slabbekoorn H. Niels Bouton, Ilse van Opzeeland, Aukje Coers, Carel ten Cate, Arthur N. Popper,. - [s.l.] : Trends in Ecology & Evolution, 2010. - Issue 7, : Vols. Volume 25,.

Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects [Journal] / auth. Southall Brandon L., James J. Finneran, Colleen Reichmuth, Paul E. Nachtigall, Darlene R. Ketten, Ann E. Bowles, William T. Ellison, Douglas P. Nowacek, and Peter L. Tyack. - [s.l.] : Aquatic Mammals, 2019. - 2 : Vol. 45.

JNCC guidelines for minimising the risk of injury [Online] / auth. JNCC, Joint Nature Conservation Committee // jncc.gov.uk. - September 2020.

High Resolution Seismic Sources: Environmental Considerations and Protection of Marine Wildlife / Michael Calvert (Technical Support Document). AAE Technologies. - 2021, April

Préconisations pour limiter les impacts des émissions acoustiques en mer d'origine anthropique sur la faune marine / Persohn, C., Helloco, L., Baudinière, E., & Martinez, L. - Ministère de la Transition Écologique et Solidaire - Nereis Environnement & Cohabys - 2020, Juin

Protocole de protection de la faune marine lors des campagnes sismiques / Ducatel, C., Le Gall, Y., & Lurton, X. – Ifremer - 2019.