

La Réponse de La Baleine à Bosse

projet porté par Aline Pénitot

Demande de dérogation

Le projet Art-Science « La Réponse de la Baleine à Bosse » vise à diffuser, via un haut-parleur étanche immergé en dessous d'un bateau, des sons musicaux en présence de baleines à bosse. L'enregistrement simultané des sons sous-marins permettra une écoute en direct dans le but de proposer un échange construit avec ces cétacés. En cela, il ne s'agit pas d'une performance musicale telle que Opus Whale Song (2009) ou d'autres diffusions de ce type, mais d'une proposition proche de celle de David Rothenberg (2014).

Pendant les saisons de reproduction, les baleines à bosse mâles émettent une diversité de vocalisations plus ou moins complexes, organisées dans le temps sous forme de phrases et de sous-phrases, et répétées plusieurs fois (Payne and McVay, 1971). Ces leitmotifs, qui peuvent durer entre 15 et 25 min, peuvent être émis par un ou plusieurs mâles dans une même zone. Ils ont été comparés aux chants d'autres espèces, notamment les oiseaux chanteurs, et d'ailleurs, les premières descriptions publiées dans les revues scientifiques font état d'une « qualité musicale » (Schreiber, 1952). Les baleines à bosse ont été entendues et enregistrées dans toutes les aires de reproduction, et cela à partir du milieu des années 60 (Schevill, 1964 ; Kibblewhite et al., 1967 ; Tavalga, 1968 ; Cummings et Philippi, 1970). Dans leur article publié dans Science, Payne et Mc Vay précisent le vocabulaire pour décrire ces chants, notamment en introduisant le concept d'unité sonore (Payne and McVay, 1971). A partir des années 80, plusieurs publications indiquent que ces chants sont partagés au cours d'une saison. D'une année à l'autre, il a été noté des évolutions avec l'apparition ou la disparition d'unités sonores. Ces évolutions peuvent être lentes (évolution culturelle) ou rapides (révolution culturelle). D'autre part, les chants sont régionaux, au sens où la comparaison de chants enregistrées dans différents océans, montrent des dissemblances et ce même à l'échelle d'un océan (par exemple, Darling *et al.*, 2019). Parce que ces chants sont principalement émis dans les zones de reproduction, les hypothèses avancées étaient soit pour attirer les femelles (Winn and Winn, 1978 ; Herman and Tavalga, 1980 ; Tyack, 1981 ; Medrano *et al.* (1994) rapportent que des femelles ont été vues joindre des chanteurs), soit de jouer un rôle dans les interactions mâle-mâle (Darling, 1983 ; Darling *et al.*, 2006 ; Cholewiak, 2008). Darling et Bérubé (2001) ont observé qu'un mâle arrêta son chant lorsqu'il était rejoint par un autre. Il pourrait y avoir l'établissement d'une compétition voire d'une hiérarchie (Darling, 1983 ; Darling et Bérubé, 2001).

Afin de limiter les impacts potentiels sur les cétacés, le projet respectera le protocole suivant :

1. Manœuvres du bateau à moteur

Ce projet se déroulera de jour, lorsque les conditions météorologiques seront favorables (beau temps, vent < 5 Beaufort, houle < 2m). Un maximum de 8 sorties par saison est prévu pour les années 2021 et 22.

Nous utiliserons une embarcation motorisée, de type bateau hors-bord, coque dur, 7,5m, 12 places. Au moins un *observateur expert*¹ des cétacés sera présent à bord du bateau pour identifier les cétacés.

a. Effort de recherche

Pour localiser les cétacés, l'effort de recherche se fera sous la forme de transects de ligne, dans la zone nord-ouest de l'île au départ du Port, et d'une façon plus générale entre St Paul et St Denis, proche des côtes (<10 nm). Le bateau évoluera à une vitesse inférieure à 10 nœuds.

¹ Sous le terme d'*observateur expert*, nous désignons une ou un expert en cétacé et qui a une expérience significative pour réaliser des observations visuelles type MMO et acoustiques type PAM. Nous souhaiterions solliciter votre institution pour nous proposer une ou un expert, qui sera accueilli sur notre bateau. Si cela n'est pas possible, nous pourrions soumettre, pour information de votre instance, le nom d'une ou 2 personnes qui seraient à bord du bateau pour assurer ce rôle.

b. Approche et observation

Lorsqu'une baleine à bosse est repérée en surface, l'approche respectera les arrêtés ministériels du 1er juillet 2011, l'arrêté préfectoral de la Réunion du 20 juillet 2020 et la charte d'approche et d'observation responsable des mammifères marins et des tortues à la Réunion (<http://www.reunion.developpement-durable.gouv.fr/la-charte-d-approche-et-d-observation-responsables-r227.html>). Le bateau se rapprochera à une vitesse réduite (< 3 nœuds), et sans changement de régime moteur, pour se positionner à une distance entre 700m et 300m de l'individu, sous l'autorité du responsable du bateau qui assure la sécurité de l'équipage tout en tenant compte du respect des cétacés. L'embarcation sera placée du même côté que les bateaux déjà présents sur zone, s'il y en a. Aucune manœuvre inappropriée ou soudaine du bateau ne sera réalisée. Aucun sondeur ne sera utilisé. L'approche ne se fera pas par l'arrière pour ne pas être perçu comme un poursuivant. Le bateau ne coupera à aucun moment la trajectoire de la baleine, si celle-ci est en déplacement. Aucune manœuvre n'aura pour objectif de séparer les individus si plusieurs cétacés sont présents à proximité. Le responsable du bateau et les membres de l'équipage garderont une vigilance accrue pendant cette phase de positionnement. Aucun cétacé ne sera poursuivi ou harcelé. Tout signe d'inconfort manifeste (e.g. changement de direction, arrêt des activités en cours, accélération des fréquences respiratoires, frappe en surface) sera pris en compte et l'arrêt de l'approche sera prononcé.

c. Observation

Ce projet ne nécessite aucune approche à une distance inférieure à 300m des cétacés, aucune mise à l'eau de nageurs et de plongeurs, aucune mise à l'eau de robots autonomes ou commandés depuis le bateau, aucun contact physique avec les cétacés, aucune biopsie (il n'y aura aucun prélèvement de peau, de lard, de graisse ou de muscle), aucun déploiement d'instrument électronique ou de tout autre matériel sur le corps des cétacés (aucune balise ne sera fixée de façon permanente ou temporaire sur les cétacés). Il n'y aura aucune poursuite intentionnelle ; les cétacés seront libres de leurs mouvements, et pourront s'éloigner du bateau à leur gré. Dans ce cas, les cétacés ne seront pas suivis.

La phase de diffusion des sons musicaux et d'observation pourront alors commencer. Après s'être assuré qu'aucun autre bateau d'observation ne soit en attente, cette phase n'excédera pas 45 min. Toutefois, le responsable du bateau pourra décider des s'éloigner des cétacés en cas de perturbations, de problèmes ou de dangers avérés.

Une fois le bateau en position avec moteur éteint, l'*observateur expert* sera chargé de commencer les observations visuelles et acoustiques attentives de la ou des baleines à bosse. Une demande de dérogation spécifique sera demandée. Ces observations auront pour but notamment de préciser le nombre des cétacés et de témoigner du comportement des animaux ; la prise de photos de surface contribuera à l'effort d'une identification individuelle (aucune photo sous-marine n'est nécessaire pour ce projet), et des enregistrements acoustiques. Pendant 15 min, cet observateur notera collectera des indicateurs identifiés dans la littérature scientifique comme marqueurs d'inconfort et d'autres plus généraux afin de décrire les comportements: la durée des apnées, le nombre de respirations, l'estimation des distances du ou des individus au bateau, s'ils sont en position statique ou en déplacement, la production de frappes de nageoires, de sauts, de spyhopping, les intensités acoustiques et les bandes passantes estimées des émissions sonores du ou des cétacés, et des sons anthropogéniques potentiellement sur zone ou à proximité. Si au cours de cette période des signes manifestes d'inconfort sont émis, l'arrêt de la session sera prononcée et une nouvelle phase de recherche de cétacés débutera en accord avec l'observateur expert.

d. Eloignement

Pour quitter la zone, le bateau repartira au ralenti, à une vitesse de 3 nœuds, jusqu'au cercle des 500m, puis accélérera progressivement jusqu'à son allure normale. Au cours de l'éloignement, le responsable du bateau ainsi que son équipage maintiendront une vigilance accrue.

2. Diffusion des sons sous l'eau

Avant de commencer le projet proprement dit, nous nous inspirerons d'une procédure type ramp-up, en émettant une séquence continue composée d'une succession de 3 sons artificiels (sinusoïdes de 100 Hz, 250 Hz, et 400 Hz) d'une durée totale de 1 min, diffusée à 3 intensités acoustiques croissantes (100 dB, 120 dB et 140 dB re $1\mu\text{Pa}^2$ s à 1m) à 1 minute d'intervalle. Pendant ces 5 minutes, l'*observateur expert* continuera à renseigner les indicateurs mentionnés précédemment, afin de constater d'éventuelles réactions comportementales du ou des cétacés, notamment si l'un ou plusieurs quittent la zone. Dans ce cas, le bateau ne le ou les poursuivra pas.

Si ces derniers sont toujours sur zone, une pause de 5 min dans la diffusion de sons dans l'eau sera observée. L'*observateur expert* continuera ses observations et consignera les différents indicateurs.

Puis des sons musicaux relevant du projet seront émis à partir d'un haut-parleur étanche immergé à 3m de profondeur sous le bateau. Ces sons synthétiques auront une fréquence fondamentale entre 30 Hz et 1 kHz, avec une intensité sonore inférieure à 150 dB re $1\mu\text{Pa}^2$ s à 1m. La durée de la performance musicale sera inférieure à 30 min.

Durant la totalité de ces émissions sonores, l'*observateur expert* poursuivra les observations visuelles et acoustiques. Si des signes particuliers de la part des cétacés se distinguent, c'est-à-dire qu'un changement évident se produit par rapport à la phase d'observation préalable décrite précédemment, il en avertira directement la porteuse du projet, et la diffusion des sons dans l'eau sera immédiatement arrêtée.

Une phase de 5 min sera alors dédiée à l'observation du ou des cétacés, le temps de remonter le matériel sur le bateau, et ensuite, la procédure d'éloignement débutera.

3. Analyse des observations réalisées

Cette dernière partie vise à faire le bilan de l'ensemble du projet, d'une part pour étudier la partie artistique du projet, et notamment l'analyse des interactions éventuelles des cétacés à la diffusion des sons musicaux, et d'autre part, d'un point de vue scientifique pour évaluer les réactions comportementales potentielles du ou des cétacés.

Cette étape est particulièrement importante, et pourra conduire à une réévaluation du projet, avant d'envisager de poursuivre les sorties.

4. Seuils auditifs des baleines à bosse

Ce projet nécessite la diffusion d'une performance musicale sous l'eau à proximité de baleines à bosse. L'intensité acoustique a été choisie pour respecter 2 critères importants : la valeur est inférieure 1) au seuil de perte auditive totale et temporaire chez les mysticètes et 2) aux intensités acoustiques vocales des baleines à bosse.

L'audition des cétacés a été étudiée, notamment à partir d'études anatomiques. Comme pour les mammifères terrestres, les conduits auditifs, les osselets, la cochlée, le nerf auditif sont présents. La membrane basilaire est plus épaisse chez les odontocètes leur permettant d'être sensibles aux très hautes fréquences, tandis que chez les grandes baleines, cette membrane est fine et large, plus sensible aux basses fréquences (Ketten, 2000). Leur sensibilité auditive a été principalement évaluée de 2 façons différentes : à partir de potentiels comportements et à partir de potentiels évoqués auditifs (PEA). Ces PEA, qui nécessitent une instrumentation des individus, ont été réalisés sur une 10e d'odontocètes. Ils ont montré une sensibilité à quelques 40-50 dB re $1\mu\text{Pa}$ à 1m pour des bandes fréquentielles allant d'une 10e de Hz à 100 kHz.

En ce qui concerne les baleines à bosse, pour les seuils correspondant aux pertes auditives permanentes et temporaires, nous nous sommes référés à ceux publiés dans Finneran et al., (2007), Finneran (2015) et NMFS (2018), confirmés dans Southall *et al.* 2019 et repris dans l'arrêté du 9 septembre 2019 relatif à la définition du bon état écologique des eaux marines et aux normes

méthodologiques d'évaluation. Pour les baleines à bosse, ces seuils sont respectivement 199 dB_{weightedSEL} re 1μPa²s à 1m et 179 dB_{weightedSEL} re 1μPa²s à 1m (la faculté auditive est alors retrouvée totalement 1h après l'arrêt de l'exposition aux sons).

Les émissions sonores des baleines à bosse se composent des chants émis par les mâles et de sons sociaux. Lorsque les mâles chantent, les différentes unités sonores sont émises entre 151 and 173 dB re 1 μPa à 1m RMS (Au et al. 2006). Les sons sociaux sont de plus faibles intensités, comprises entre 138 et 142 dB re 1 μPa re 1m RMS (Videsen et al., 2017).

De plus, le bruit de mer est généralement considéré proche de 100 dB re 1 μPa re 1m RMS.

A la suite des sorties en mer, un rapport écrit présentera un bilan de ce projet. Seront consignés les personnes à bord, les jours, les heures, les points GPS, le nombre de baleines à proximité, les observations visuelles et acoustiques.

5. Expériences de playback sur les baleines à bosse

En particulier, pour mieux comprendre le rôle des chants, plusieurs playbacks ont été réalisés sur les baleines à bosse. Etant donné que ces expérimentations sont faites dans le milieu naturel, elles doivent être extrêmement bien préparées, suivant un protocole strict, si l'on veut pouvoir faire des hypothèses à partir des résultats obtenus.

Dans son article de 1983, Peter Tyack a montré que lors de la diffusion des chants, certaines femelles restaient sur la zone, sans venir au haut-parleur, et que d'autres avaient tendance à quitter la zone. Mobley *et al.* (1988) ont fait 143 playbacks : 21,6% des baleines se sont approchées de son bateau lors de la diffusion de sons liés à une activité alimentaire, 8,3% lors de sons sociaux, 3,4% lors de chants, et 4,1% lors de sons synthétiques. Aucune approche n'a été faite lorsqu'il n'y a eu aucune diffusion de sons. Ils concluent en disant que les chants ne servent pas à attirer les femelles, mais doivent avoir un rôle pour le choix des femelles. Ce résultat est encore avec ce qu'a trouvé Curé *et al.* (2019). Ils ont diffusé des sons sociaux correspondant à des phases d'alimentation à des baleines à distance du bateau, qu'ils avaient préalablement équipées de balises DTag. Les résultats ont montré que les baleines venaient au bateau, confirmant que ces émissions sonores étaient perçues comme étant contextualisées à une séance d'alimentation.

Darling *et al.* (2012) ont montré que les chanteurs avaient tendance à approcher le bateau équipé du haut-parleur lorsque le chant diffusé était très proche du leur, et à s'en éloigner lorsque le chant était différent du leur.

Dunlop *et al.* (2013) ont alors testé des sons sociaux, mélangés à des sons synthétiques et des silences. Les résultats semblent montrer que les baleines à bosse répondent par des modifications comportementales différentes, comme le changement de cap ou le temps des apnées. Les auteurs indiquent que la diversité de leurs résultats montre la complexité des réponses des cétacés aux stimuli acoustiques, dépendant notamment des individus, de la structure de leur groupe et du contexte environnemental.

Dans toutes ces expériences de playback, les auteurs n'ont pas mentionné de changements des productions vocales de ces baleines à bosse, ni par le rajout, ni par la disparition de tel ou tel type de vocalisations. Cela concerne également tous types de sons anthropiques, qu'ils soient caractérisés comme musicaux ou non : jusqu'à ce jour, aucun n'a fait disparaître les chants des baleines à bosse, ni ne les a modifiés en profondeur, partiellement ou complètement.

Ces différentes expériences contribuent directement à mieux comprendre les communications acoustiques des baleines à bosse. Elles s'inscrivent dans la suite des programmes d'enregistrement de leurs émissions sonores, en apportant des données essentielles à leur description et leur compréhension.

6. Impacts des sons anthropogéniques sur les baleines à bosse

Au cours des 30 dernières années, plusieurs observations ont été effectuées pour caractériser les effets que pourraient avoir les sons créés par les activités humaines sur la biodiversité marine, et en

particulier les cétacés. Ces activités bruyantes sont, par exemple, les sonars, les explosifs, les canons à air, le trafic maritime, les machines utilisées pour le dragage et le forage, les outils des pêches, incluant les répulseurs acoustiques. Pour les cétacés, les effets reportés dans les revues scientifiques sont l'augmentation du stress (Roland *et al.*, 2012), le changement de comportement lors des séances d'alimentation (Pirota *et al.*, 2012), l'éloignement de la source sonore (Castellote *et al.*, 2012 ; Curé *et al.*, 2016), la modification des caractéristiques acoustiques de leurs propres émissions sonores (augmentation ou diminution des intensités sonores, décalage de la bande passante)(Watkins, 1986 ; Lesage *et al.*, 1999 ; Doyle *et al.*, 2008 ; Heiler *et al.*, 2016)

Plus spécifiquement pour les baleines à bosse, on peut citer plusieurs gênes occasionnées par des activités humaines. Malme *et al.* (1985) observent que des baleines à bosse semblent moins réagir à une source sonore continue plutôt qu'à une apparition soudaine de bruit. Miller *et al.* (2000) ont noté qu'en pleine saison de reproduction, cinq mâles baleines à bosse ont stoppé leur chant lorsqu'ils ont été soumis à un sonar militaire LFA (estimation des intensités reçues par les baleines entre 120 et 150 dB re 1µPa rms). Cette observation a également été rapportée dans Fristrup *et al.* (2003). En 2016, Parks *et al.* (2016) notent un arrêt des émissions sonores lors de chasses par des baleines à bosse. Même constatation faite par Blair *et al.* (2016) à cause du trafic maritime. Sousa-Lima *et al.* (2008) notent que le trafic maritime a un effet sur les comportements vocaux des mâles chanteurs. En 2018, Tsujii *et al.* (2018) notent que peu de chanteurs se trouvent dans les 500 m autour du chenal de navigation. Ils notent que les baleines semblent préférer arrêter temporairement leurs chants plutôt que de modifier les caractéristiques acoustiques comme le décalage fréquentiel ou l'augmentation des intensités sonores.

Les travaux d'observation décrivant les réactions des cétacés aux activités humaines ont permis de mieux comprendre les niveaux d'impact et cela a permis de mieux les appréhender pour mettre en place des mesures de conservation adaptées. Les résultats de ce projet s'inscriront dans cette démarche.

les intensités des émissions sonores dans notre projet seront largement inférieures aux seuils préconisés par la communauté internationale, et très largement inférieures, en intensité et en durée, aux bruits générés par les activités humaines industrielles, incluant le trafic maritime, dragage, prospection, éoliennes, ports, sonars professionnels et militaires...

7. Collecte de données

Un rapport sera écrit après chaque sortie et un rapport final sera communiqué à la Deal.

Au cours de ce projet, plusieurs données seront collectées. Avec l'effort de recherche, il sera possible de contribuer au recensement des baleines à bosse. Les photos des baleines en surface pourront servir à l'identification, et contribuer à la comparaison de photos avec d'autres pays de l'Océan Indien, dans le cadre du South Western Indian Ocean Whale Research Consortium. Les enregistrements acoustiques viendront incrémenter la base de données du projet Song. Enfin, ces données seront utiles pour mieux décrire les chants de ces baleines et mieux comprendre leurs significations.

Elles seront également archivées pour d'éventuelles études scientifiques à venir, portant par exemple sur l'évaluation du stress des cétacés, ou sur les comportements des cétacés soumis à d'autres types de sons musicaux. La connaissance du comportement des espèces dans leur milieu naturel est, en effet, un outil important pour leur conservation (Buchholz, 2007).

8. Personnes impliquées

- Aline Pénitot, Compositrice de musique électroacoustique, autrice de documentaires radiophonique, Direction artistique et coordination art-science. Master direction de projets culturels de Sciences-Politiques Grenoble (+5), Master en ingénierie de projets culturels, IUP de Dijon (+4) et diplôme d'études Musicales en composition électroacoustique au Conservatoire de Pantin, classe de Christine Groult.

- Olivier Adam est Professeur à Sorbonne Université. Spécialiste en bioacoustique, il effectue sa recherche, notamment, sur l'analyse des émissions sonores des cétacés. Il a décrit les chants des baleines à bosse, ainsi que leur générateur vocal. Il étudie actuellement les interactions mère-baleineau. Il a aussi été le conservateur de l'exposition Baleinopolis qui s'est tenue pendant l'année scolaire 2019-20 au Palais de la Porte Dorée à Paris.

- Fabienne Delfour, associée au Laboratoire d'Ethologie Expérimentale et Comparée de l'université de Paris, HDR et conceptrice niveau 2 en d'expérimentation animale. Ethologue, elle dirige des études sur la relation homme-animal et sur le bien-être animal

Références

- Arrêté du 9 septembre 2019 relatif à la définition du bon état écologique des eaux marines et aux normes méthodologiques d'évaluation, Legifrance
- Au, W., Pack, A., Lammers, M., Herman, L., Deakos, M., and Andrews, K. (2006). Acoustic properties of humpback whale song. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 120.
- Blair, H. B., Merchant, N. D., Friedlaender, A. S., Wiley, D. N., Parks, S. E. (2016). Evidence for ship noise impacts on humpback whale foraging behaviour. *Biol Lett.*, 12(8): 20160005
10.1098/rsbl.2016.0005
- Buchholz, R. (2007). Behavioural biology: an effective and relevant conservation tool. *Trends in ecology & evolution*, 22(8), 401-7.
- Castellote, M., Clark, C. W., and Lammers, M. O. (2012). Acoustic and behavioural changes by fin whales (*Balaenoptera physalus*) in response to shipping and airgun noise. *Biol Conserv*, 147(1): 115–122.
- Cholewiak, D. (2008). Evaluating the role of song in the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) breeding system with respect to intra-sexual interactions. Ph.D. thesis, Cornell University, Ithaca, NY. 159 pp.
- Cummings, W. C., and Philippi, L. A. (1970). Whale phonations in repetitive stanzas. Technical Publication 196, Naval Undersea Research and Development Center, San Diego, CA.
- Curé C, Isojunno S, Visser F *et al.* (2016) Biological significance of sperm whale responses to sonar: comparison with anti-predator responses. *Endanger Species Res* 31:89–102.
- Darling, J. (1983). Migrations, abundance and behavior of “Hawaiian” humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). Ph.D. thesis, University of California, Santa Cruz, CA. 147 pp
- Darling, J. D., and Bérubé, M. (2001). Interactions of singing humpback whales with other males. *Marine Mammal Science*, 17:570-584.
- Darling, J. D., Nicklin, M. E., and Nicklin, C. P. (2006). Humpback whale songs: Do they organize males during the breeding season? *Behaviour* 143:1051–1101.
- Darling, J. D, Jones, M. E., and Nicklin, C. P. (2012). Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) singers in Hawaii are attracted to playback of similar song, *J. Acoust. Soc. Am.* 132(5): 2955-2958
- Darling, J. D., Acebes, J. M. V., Frey, O., Urbán, R. J., and Yamaguchi, M. (2019). Convergence and divergence of songs suggests ongoing, but annually variable, mixing of humpback whale populations throughout the North Pacific, *Scientific Reports*, 9:7002
- Doyle L. R., McCowan, B., Hanser, S. F., Chyba, C., Bucci, T., and Blue, J. E. (2008). Applicability of information theory to the quantification of responses to anthropogenic noise by southeast Alaskan humpback whales. *Entropy*, 10(2): 33–46.
- Dunlop, R. A., Noad, M. J., Cato, D. H., Kniest, E., Miller, P. J. O., Smith, J. N., and Stokes, M. D. (2013). Multivariate analysis of behavioural response experiments in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*), *Journal of Experimental Biology*, 216:759-770
- Finneran, J. J. (2015). Noise-induced hearing loss in marine mammals: a review of temporary threshold shift studies from 1996 to 2015. *J. Acoust. Soc. Am.* 138(3), 1702-1726
- Finneran, J. J., Schlundt, C. E., Branstetter, B., and Dear, R. L. (2007). Assessing temporary threshold shift in a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) using multiple simultaneous auditory evoked potentials. *J. Acoust. Soc. Am.* 122, 1249–1264.
- Fristrup, K. M., Hatch, L. T., and Clark, C. W. (2003). Variation in humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) song length in relation to low-frequency sound broadcasts, *Journal of the Acoustical Society of America*, 113: 3411–3424.

- Heiler, J., Elwen S. H., Kriesell, H. J., and Gridley, T. (2016). Changes in bottlenose dolphin whistle parameters related to vessel presence, surface behaviour and group composition. *Anim Behav.*, 117: 167–177
- Herman, L. M., and Tavolga, W. N. (1980). The communication systems of cetaceans. pp. 149–209 in L. M. Herman, ed. *Cetacean behavior: Mechanisms and function*. John Wiley and Sons, New York, NY.
- Ketten, D. R. (2000). Cetacean ears. In *Hearing by whales and dolphins*, Ed. by W. W. L. Au, A. N. Popper and R. R. Fay. Springer, New York, pp. 43–108
- Kibblewhite, A. C., Denham, R. N., and Barnes, D. J. (1967). Unusual low-frequency signals observed in New Zealand waters, *Journal of the Acoustical Society of America*, 41:644–655
- Lesage, V., Barrette, C., Kingsley, M., and Sjare, B. (1999). The effect of vessel noise on the vocal behavior of belugas in the St. Lawrence River estuary, Canada. *Mar Mamm Sci.*, 15(1): 65–84.
- Malme, C. I., Miles, P. R., Tyack, P., Clark, C. W. and Bird, J. E. (1985). Investigation of the potential effects of underwater noise from petroleum industry activities on feeding humpback whale behavior, BBN Laboratories Inc., Cambridge, MA for U.S. Minerals Management Service, Anchorage, Alaska, BBN Report 5851, NTIS PB86-218385.
- Medrano, L., Salinas, I., Salas, P., Ladrón de Guevara, P., Aguayo, A., Jacobsen, J., and Baker C. S. (1994). Sex identification of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, on the wintering grounds of the Mexican Pacific Ocean. *Canadian Journal of Zoology*, 72:1771-1774.
- Miller, P. J., Biassoni, N., Samuels, A., and Tyack, P. L. (2000). Whale songs lengthen in response to sonar, *Nature* 405:903.
- Mobley J. R., Herman, L. M., and Frankel, A. S. (1988). Responses of wintering humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to playback recordings of winter and summer vocalisations and of synthetic sound. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 23:211-223.
- National Marine Fisheries Service (2018). Revision to: Technical guidance for assessing the effects of anthropogenic sound on marine mammal hearing (Version 2.0): Underwater thresholds for onset of permanent and temporary threshold shifts. U.S. Department of Commerce, NOAA, NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR-59, 167 p.
- Optus Whale Song (2009). <https://www.youtube.com/watch?v=TiPSqABkvF4>
- Parks, S. E., Cusano, D. A., Bocconcelli, A., Friedlaender, A. S. and Wiley, D. N. (2016). Noise impacts on social sound production by foraging humpback whales. *Proc Meet Acoust.*, 27(1): 010009.
- Pirotta, E., Milor, R., Quick, N., Moretti, D., Di Marzio, N., Tyack, P., *et al.* (2012). Vessel noise affects beaked whale behavior: results of a dedicated acoustic response study. *PLoS ONE*. 7(8): e42535 10.1371/journal.pone.0042535
- Rolland, R. M., Parks, S. E., Hunt, K. E., Castellote, M., Corkeron, P. J., Nowacek, D. P., *et al.* (2012). Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Proc R Soc Lond B Biol Sci.*, 279 (1737): 2363–2368.
- Rothenberg, D. (2014). <https://www.youtube.com/watch?v=807LSbW28Po>
- Schevill, W. E. (1964). Underwater sounds of cetaceans, pp. 307–316 in W. N. Tavolga, ed. *Marine bio-acoustics*. Pergamon, Oxford, U.K
- Schreiber, O. W. (1952). Some sounds from marine life in the Hawaiian area (Abstract), *Journal of the Acoustical Society of America*, 24:116
- Southall, B. L., Finneran, J. J., Reichmuth, C., Nachtigall, P. E., Ketten, D. R., Bowles, A. E, Ellison, W. T., Nowacek, D. P., and Tyack, P. L. (2019). Marine mammal noise exposure criteria: updated scientific recommendations for residual hearing effects, *Aquatic Mammals* 2019, 45(2), 125-232
- Sousa-Lima, R.S., and Clark, C.W. (2008). Modeling the effect of boat traffic on the fluctuation of humpback whale singing activity in the Abrolhos National Marine Park, Brazil. *Can Acoust.*, 36(1): 174–181.
- Tavolga, W. N. (1968). Marine animal data atlas. Naval Training Device Center, Technical Report: Navtradevcen, 1212-2., pp. 170–185
- Tsujii, K., Akamatsu, T., Okamoto, R., Mori, K., Mitani, Y., and Umeda, N. (2018). Change in singing behavior of humpback whales caused by shipping noise. *PloS one*, 13(10), e0204112.
- Tyack, P. (1981). Interactions between singing Hawaiian humpback whales and conspecifics nearby. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 8:105–116.

- Tyack, P. (1983). Differential responses of humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, to playback of song or social sounds. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 13:49-55.
- Videsen, S. K. A., Bejder, L., Johnson, M., and Madsen, P. T. (2017). High suckling rates and acoustic crypsis of humpback whale neonates maximise potential for mother–calf energy transfer, *Functional Ecology*, 31(8): 1561-1573
- Watkins, W. A. (1986). Whale reactions to human activities in Cape Cod waters. *Mar Mamm Sci.*, 2(4): 251–262
- Winn, H. E., and Winn, L. K. (1978). The song of the humpback whale (*Megaptera novaengliae*) in the West Indies, *Marine Biology*, 47:97–114