

Diversité des baleines à bosse de Madagascar : importance de la fidélité aux habitats et du comportement migratoire à la lumière du changement global de l'Océan mondial

Direction de thèse

Prof Jean-Luc JUNG, Muséum National d'Histoire Naturelle - UMR 705 ISYEB – Taxonomie et génétique moléculaire, mammifère marins

Prof Olivier ADAM, Institut Jean le Rond D'Alembert, Sorbonne Université – Bioacoustique, mammifères marins

Contexte

Les cétacés sont des espèces emblématiques de l'Océan mondial. Prédateurs supérieurs à longue durée de vie, ils y jouent des rôles essentiels dans le bon fonctionnement des écosystèmes marins (Monreal *et al.* 2025), sont de précieux indicateurs de leur santé (Roman *et al.* 2014 ; Nelms *et al.* 2021 ; Cheeseman *et al.* 2024), et sont considérées comme des espèces parapluies particulièrement pertinentes (Savoca *et al.* 2024). Travailler à la conservation des cétacés répond donc à des enjeux écologiques, économiques et culturels majeurs. Par ailleurs, et c'est une compréhension encore récente, sauvegarder les cétacés, préserver leur diversité, et maintenir leur abondance dans l'Océan mondial, constituent des solutions fondées sur la nature pour atténuer les effets du changement global. En favorisant la captation du carbone (Pershing *et al.* 2010), et en stimulant le flux d'éléments minéraux - à la fois verticalement, vers la surface, et horizontalement sur de longues distances pour les espèces migratrices - les cétacés contribuent grandement à la croissance du phytoplancton (Roman *et al.* 2014). Celui-ci, en tant que producteur primaire à la base de la chaîne trophique et producteur d'oxygène, favorise à nouveau la capture du carbone, créant un cercle vertueux que l'on sait maintenant être essentiel à l'équilibre des écosystèmes marins (Monreal *et al.* 2025).

Il est aujourd'hui crucial de renforcer nos connaissances des cétacés, leur biologie, leurs comportements, leurs préférences et usages des habitats, leurs cultures. Seule une compréhension approfondie de ces aspects permet de mieux les protéger face au changement global ainsi que face aux activités humaines localisées, et en retour leur permet d'atténuer les bouleversements affectant l'océan mondial. Néanmoins l'intensification des activités humaines telles que le trafic maritime, la pêche intensive, les modifications d'habitat entraînant pollution chimique et sonore, dérangement, collisions, enchevêtrement et captures accidentelles dans des engins de pêche ou encore pertes d'habitats, exercent des pressions toujours plus importantes sur les cétacés, même dans les régions les plus reculées (par exemple, Bettridge *et al.* 2015 ; Desforges *et al.* 2018 ; Villagra *et al.* 2021 ; Jung & Madon 2021). Les espèces migratrices, dont le cycle de vie requiert des zones géographiques étendues et dispersées, sont particulièrement concernées.

Les baleines à bosse, espèce migratrice cosmopolite, aux comportements complexes et à la diversité génétique marquée

La baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*), espèce emblématique de répartition mondiale, illustre parfaitement ces enjeux. Présente dans tous les bassins océaniques et visitant de nombreux littoraux, cette dernière a une grande importance écologique, culturelle et spirituelle à travers le globe. Le genre *Megaptera*, décrit par John Edward (1846), comporte une seule et unique espèce contemporaine, *M.novaeangliae* (Borowski, 1781). À l'échelle mondiale, on distingue trois sous-espèces de baleines à bosse dans les trois grands bassins océaniques : les baleines à bosse du Pacifique Nord, celles de l'Atlantique Nord et celles de l'Hémisphère Sud (Bettridge *et al.* 2015). Ces trois sous-espèces, bien que suivant des trajectoires évolutives peut-être divergentes, maintiennent des échanges limités entre elles (Engel *et al.* 2008 ; Jung 2017) à la différence certainement d'autres grandes baleines comme celles du genre *Eubalaena* comprenant trois espèces distinctes réparties dans les trois bassins océaniques (Rosenbaum *et al.* 2000).

L'ensemble des populations de baleines à bosse connues à ce jour, à l'exception de la population menacée de la mer d'Arabie (Minton *et al.* 2008), effectue de longues migrations saisonnières (Braithwaite *et al.* 2015 ; Clapham 2018). En raison de ces migrations énergivores et de leur jeûne dans les zones de reproduction, les baleines à bosse se nourrissent intensivement durant l'été dans les eaux froides et riches des régions polaires et subpolaires. Elles passent ensuite l'hiver dans les zones de reproduction, à savoir les eaux chaudes des tropiques, où ont lieu les accouplements, les mises bas et l'allaitement des baleineaux (Clapham 2000 ; Ratsimbazafindranahaka *et al.* 2024). Les baleines à bosse sont donc connues pour parcourir de longues distances entre leurs zones d'alimentation et leurs zones de reproduction, certains individus parcourant jusqu'à 8 000 km (Stone 1990). Ces voies de migrations sont transmises par apprentissage intergénérationnel, de la mère au petit (Richard *et al.* 2018). Cet héritage culturel constitue l'un des cas rares et documentés de coévolution gène-culture dans le monde animal (Richard *et al.* 2018). Par ailleurs, chez cette espèce hautement communicante, chaque population développe un répertoire acoustique spécifique évoluant au fil du temps et pouvant également constituer un marqueur culturel par apprentissage vocal (Whiten *et al.* 2019 ; Garland et McGregor 2020). Même si la baleine à bosse est l'une des grandes baleines les plus observées et étudiées au monde (Clapham 2018), il y a encore de nombreuses questions quant aux degrés de fidélité des populations à leurs chemins migratoires ainsi qu'à leurs zones d'alimentation et de reproduction. Pour pouvoir répondre à ces questions fondamentales, l'utilisation des données issues de la pose de balises de type Argos (voir exemple <https://wwfwhales.org/news-stories/protecting-blue-corridors-report>), de la photo-identification (Cheeseman 2017), ou encore des approches d'écologie moléculaire (Jung 2017 ; Jung & Madon 2021) et de bioacoustique (Clark & Clapham 2004 ; Adam *et al.* 2013) représentent de nouvelles solutions complémentaires permettant une étude complète et approfondie des déplacements de ce cétacé. De plus, une thèse est actuellement en cours au sein de l'UMR ISYEB du Muséum National d'Histoire Naturelle, co-dirigé par Stefano Mona et Jean-Luc Jung (porteur du présent projet doctoral), qui vise à séquencer les génomes complets de plusieurs dizaines de baleines à bosse de trois bassins océaniques afin de réaliser des “*whole-genome analysis*”. Les résultats obtenus viendront en complément des approches évoquées.

À l'échelle mondiale, l'espèce est classée *Least concern*, dans la liste rouge IUCN des espèces menacées (Cook *et al.* 2018). Néanmoins à l'image de la population menacée de la mer d'Arabie (avec moins de 100 individus au nord de l'Océan Indien ; Minton *et al.* 2008 ; Bettridge *et al.* 2015) ou des baleines à bosse du territoire d'alimentation de Karaguinsky (Pacifique Nord ; Richard *et al.* 2018), il est primordial de tenir compte de la diversité locale et par conséquent de mettre en place des mesures de conservation à fine échelle. Des cas de famine ont aussi été observés ces dernières années aussi bien dans l'hémisphère Nord (Cheeseman *et al.* 2024) que dans l'hémisphère Sud (Pallin *et al.* 2023), expliqués par le réchauffement des eaux entraînant la raréfaction des proies ainsi qu'une diminution de leur valeur nutritive. L'*Endangered Species Act* a choisi d'identifier des segments de population distincts et d'évaluer les risques d'extinction pour chacune d'entre elles (Bettridge *et al.* 2015).

Ingénieur de son environnement et sentinelle écologique, l'importance des baleines à bosse justifie donc le maintien des unités populationnelles mondiales par des mesures de conservation. Pour que ces mesures soient efficaces, cela implique une compréhension approfondie de la diversité de ces populations, de leurs fidélités à leurs routes migratoires, mais aussi à leurs sites d'alimentation et de reproduction, ainsi que de leurs potentielles connexions.

Objectifs scientifiques

Selon les zones géographiques étudiées, les comportements des baleines à bosse en matière de fidélité migratoire semblent varier, sans que cela ne soit encore ni clairement mis en évidence, ni bien compris (Jung 2017). Ces variations influencent quasi certainement la diversité génétique des sous-espèces, par des phénomènes d'isolation par la distance en parallèle de phénomènes de co-évolutions gènes-culture, non liées à la distance géographique. Notre hypothèse est que la nature physique des zones d'alimentation a une grande influence sur la force de la fidélité migratoire : des zones plutôt côtières, comme dans l'hémisphère Nord, peuvent être géographiquement stables au fil des années, et permettre l'installation de fidélités fortes, transgénérationnelles. À l'opposé, des zones d'alimentation localisées en limite de banquise de l'hémisphère Sud, beaucoup plus variables au cours des années, pourraient ne pas permettre l'établissement d'une fidélité géographique aussi précise.

À l'appui de ces hypothèses, des études menées par le porteur du projet ont démontré une fidélité géographique d'une précision remarquable pour des sites d'alimentation dans le Pacifique Nord (Richard *et al.* 2018). Cette fidélité, correspondant à une connaissance culturelle propre à certains individus de l'espèce, est transmise de manière intergénérationnelle et se reflète dans des différences génétiques corrélées aux sites d'alimentation. Cela constitue l'un des cas rares et documentés de co-évolution gène-culture dans le monde animal (Richard *et al.* 2018). De manière contrastée, une analyse préliminaire menée sur les baleines à bosse de Madagascar semble démontrer, en matière de diversité génétique, une isolation par la distance à l'échelle de l'hémisphère Sud (Jung 2017). Mais, même à grande distance géographique, ces différences génétiques apparaissent moindres que celles associées à la fidélité pour des sites d'alimentation géographiquement voisins dans l'hémisphère Nord (Jung 2017).

Ce projet de Thèse a pour objectif de mettre en évidence et de mieux comprendre les différences de comportement des baleines à bosse en matière de fidélité migratoire selon les bassins océaniques, d'évaluer l'influence de ces différences sur la diversité génétique observée de l'espèce, de chercher à faire un lien avec les cultures vocales des différentes populations de baleines à bosse, et d'apporter des informations

importantes en matière de diversité des trajectoires évolutives des trois sous-espèces de baleines à bosse dans un contexte de changement global.

La thèse se déroulera en trois grandes étapes :

- *Fidélité individuelle, transgénérationnelle et populationnelle des baleines à bosse de la zone de reproduction de Madagascar, variation au fil du temps*

Une analyse génétique approfondie de la collection de biopsies de baleines à bosse de Madagascar sera effectuée. Cette collection est basée sur une collaboration de très longue date entre l'association malgache Cétamada et les deux encadrants de la thèse. Des échantillons sont collectés annuellement depuis 2012 selon le même protocole, et cette collection est maintenant l'une des plus importantes au monde concernant les mammifères marins. Elle est constituée de plus de six cents échantillons de baleines à bosse, collectés régulièrement dans une zone géographique restreinte (le canal de l'Île Sainte-Marie). La diversité génétique des baleines à bosse de la zone, les liens familiaux, les recaptures d'individus et gamétiques pourront être évaluées sur une période de presque quinze années. Les analyses génétiques incluront l'analyse du génome mitochondrial afin d'obtenir des informations sur l'hérédité maternelle ainsi que l'analyse de polymorphismes de microsatellites, marqueurs nucléaires. Ces approches d'écologie moléculaire permettront d'évaluer le brassage génétique lié à la reproduction et d'estimer les échanges entre populations. Des analyses de diversité génétique des génomes mitochondriaux et nucléaires permettront d'étudier les différences génétiques entre les groupes et leur fidélité à leur habitat. Les différences génétiques au niveau de l'ADN mitochondrial seront évaluées avec toutes les données disponibles dans la Genbank, permettant une exploitation comparative des résultats à l'échelle de l'hémisphère Sud (Jung 2017). Des comparaisons particulièrement pertinentes avec d'autres régions de reproduction et d'alimentation, des différents bassins océaniques, seront effectuées dans le but d'identifier d'autres populations aux trajectoires évolutives divergentes. Une attention particulière sera portée à la population ne migrant plus en mer d'Arabie (les projets en matière d'environnement marin de Sorbonne Université Abou Dabi permettront d'établir des collaborations spécifiques dans ce but). Ces résultats auront aussi vocation à être corrélés à l'analyse des données de "whole genome analysis" de la thèse en cours au sein de l'UMR ISYEB.

- *Revue systématique de la littérature, état des lieux des connaissances actuelles sur les fidélités migratoires des baleines à bosse des trois bassins océaniques, mise en évidence des différences.* Beaucoup d'études sont menées dans l'Océan mondial concernant les baleines à bosse. Mais il n'y a pas eu pour l'instant d'analyse comparative globale, et les données migratoires obtenues par photo-identification ou pose de balises argos, par approches génétiques ou encore par comparaisons des cultures vocales ne sont pas analysées de manière intégrative. Le deuxième volet de cette thèse consistera donc en une revue systématique de la littérature (RSL), réalisée selon les règles communément admises pour des RSL (voir par exemple Affatati *et al.* 2023). Cette partie de la Thèse permettra de faire le bilan des connaissances actuelles concernant l'espèce dans chaque bassin océanique, de comparer les trajectoires migratoires, d'analyser au regard des connaissances actuelles les fidélités pour les zones de reproduction et d'alimentation, et de mettre en évidence leurs différences selon les bassins océaniques. Elle permettra d'émettre des hypothèses sur les corrélations entre ces différences et les natures physiques des zones d'alimentation ; principalement côtière dans l'hémisphère Nord et en limite de banquises dans l'hémisphère Sud. Enfin, les baleines à bosse seront décrites dans leur entièreté, les différentes données obtenues par

photo-identification (identification individuelle), photogrammétrie (estimation de la masse corporelle), approche moléculaire ou encore bioacoustique y seront traitées de manière intégrative. Les données d'interaction avec les Éoliennes et de toxicité des plastiques pour les baleines à bosse, bien que encore rares dans les deux cas, feront partie intégrante de la RSL.

- *Recherche de corrélations avec les différentes cultures vocales des populations de baleines à bosse*

Les baleines à bosse sont acoustiquement actives dans l'ensemble de leur aire de répartition, produisant une variété de sons sociaux dans divers contextes (Stimpert *et al.* 2011 ; Adam *et al.* 2013 ; Ratsimbazafindranahaka *et al.* 2024 ; Doh *et al.* 2025). Chaque population développe un répertoire acoustique spécifique, évoluant au fil du temps et pouvant constituer un marqueur culturel (Whiten *et al.* 2019 ; Garland et McGregor 2020). Des études sur la transmission culturelle des chants dans le temps et l'espace, démontrent l'existence d'apprentissage vocal (Noad *et al.* 2000 ; Janik *et al.* 2021). D'une part, la structure des chants change rapidement au sein des populations (Payne 1983 ; Mercado 2022). D'autre part, les chants produits par des populations proches évoluent selon les mêmes trajectoires, suggérant une propagation d'une population à l'autre (Garland *et al.* 2013, Rekdahl *et al.* 2018). En revanche, les populations sans liens culturels développent des chants distincts (Winn *et al.* 1981). L'étude de ces signaux acoustiques peut ainsi permettre, en complément des approches moléculaires, d'identifier des populations, des connexions potentielles entre ces populations mais aussi des fidélités marquées de ces populations aux sites d'alimentation et de reproduction. Le troisième volet de cette thèse, qui se basera également sur les résultats des deux premiers volets, consistera en une recherche de corrélations entre les différentes cultures vocales observées chez les populations de baleines à bosse et les trajectoires évolutives divergentes retrouvées dans les deux précédents volets du projet. Une collecte d'enregistrements sera mise en place afin d'analyser les vocalises et signaux acoustiques. Cette analyse acoustique portera sur plusieurs paramètres ; la structure des chants et signaux acoustiques, leur évolution temporelle et géographique ainsi que les variations et connexions inter-populationnelles. La collecte d'enregistrement de chants sur plusieurs saisons de reproduction et de signaux acoustiques sur plusieurs saisons d'alimentation, à travers les différents bassins océaniques, permettra d'étudier la transmission culturelle ainsi que l'influence potentielle des variations de fidélité aux habitats sur ces communications.

L'ensemble des collectes et analyses réalisées pendant la thèse seront couplées à la revue systématique de la littérature, produite dans le volet deux du projet. Les données obtenues seront publiées sous forme de science ouverte, et selon des protocoles FAIR. L'intégration de l'approche moléculaire et de l'acoustique offrira un projet multidisciplinaire pour mieux comprendre la trajectoire évolutive des baleines à bosse et affiner les stratégies de conservation de cette espèce emblématique.

Faisabilité du projet

Le projet de thèse s'appuiera sur les collaborations déjà mises en place par la direction de recherche, pour la logistique et le matériel. Le protocole de collecte de biopsies reproductible (utilisé par Cetamada), ainsi que leurs analyses par approche moléculaire ont déjà été validées (Jung ; Richard *et al.* 2018). L'approche d'acoustique passive est approuvée et largement utilisée (Adam *et al.* 2013). Les laboratoires partenaires du projet possèdent les compétences requises en outils moléculaires, bioacoustiques et bioinformatiques essentielles à la production et à l'analyse des résultats. Jean-Luc Jung est familiarisé avec les revues systématiques de littérature, et l'aide des documentalistes du CNRS sera demandée pour initier cette partie.

Adéquation avec les axes fédérateurs de l'institut de l'Océan

Ce projet doctoral est un projet très pluridisciplinaire, basé sur des approches de génétique, d'acoustique, de suivis de terrain et d'éthologie, de sciences de la donnée, sciences participatives. Il regroupe des chercheurs de deux laboratoires de l'institut de l'Océan : l'ISYEB (MNHN, CNRS, Sorbonne Université, EPHE et Université des Antilles) et l'Institut Jean le Rond D'Alembert (Sorbonne Université, CNRS) aux compétences complémentaires et expérimentés en matière de suivis de terrain : approches d'écologie moléculaire et liens avec les structurations sociales (JL. Jung) ; acoustique passive et approche comportementale (O.Adam). Il bénéficie de plus de collaborations sur le terrain, notamment à Madagascar avec l'association Cétamada.

Le projet s'inscrit dans un axe **Changement global, risques et adaptations**. Il permettra d'approfondir notre compréhension des impacts de ces changements sur la trajectoire évolutive des baleines à bosse, leur comportement migratoire et leur fidélité à leurs habitats. L'influence du changement global est par exemple directe sur la répartition du krill en limite de banquise dans l'hémisphère Sud ainsi que sur l'abondance des poissons fourrage dans l'hémisphère Nord, et donc sur les zones d'alimentation des baleines à bosse (Pallin *et al.* 2023 ; Cheeseman *et al.* 2024). La préservation de ces grandes baleines représente une solution naturelle pour atténuer le changement global, en favorisant la captation du carbone et en stimulant la croissance phytoplanctonique, essentielle à l'équilibre des écosystèmes marins et à la production d'oxygène atmosphérique. Ce projet rassemble des chercheurs aux compétences variées, dont l'objectif scientifique est d'étudier les changements des écosystèmes marins, où les cétacés occupent une place clé, dans le double contexte du changement global et de l'érosion de la biodiversité.

En fonction de ses résultats, ce projet concernera aussi (et une attention particulière sera portée au développement de ces aspects pendant la Thèse) :

- **L'axe pollution par les plastiques** : les grands cétacés sont particulièrement concernés par la pollution plastique, sous forme de macro- et de microplastiques (Jung 2024) Cette pollution est présente jusque dans les aires de reproduction des baleines à bosse, comme à Madagascar (voir par exemple <http://www.nocomment.mg/index.php/aina-ramanampamonjy-cetamada-80-des-dechets-marins-sont-dorigine-terrestre>), et peut toucher différemment des populations distinctes, caractérisées pendant cette thèse. Les connaissances actuelles concernant l'impact des plastiques sur les baleines à bosse seront incluses dans la revue systématique de littérature (Axe 2 de la Thèse).
- **L'éolien en mer**. Lors de sa présentation aux journées de l'éolien en mer de l'institut de l'Océan en 2023, le porteur du projet avait mis en évidence que des changements d'aires de migration des baleines à bosse allaient très certainement les amener à interagir dans le futur proche avec les éoliennes en Europe, interactions non prises en compte actuellement (Jung & Thiriet, 2023).

De plus, ce projet permettra de créer des liens **avec l'institut de l'Océan de SUAD**, par l'intégration de l'étude des baleines de la mer d'Arabie dans le projet.

Références

- Adam, O., Cazau, D., Gandilhon, N., Fabre, B., Laitman, J. T., & Reidenberg, J. S. (2013). New acoustic model for humpback whale sound production. *Applied Acoustics*, 74(10), 1182-1190.
- Affatati, A., & Camerlenghi, A. (2023). Effects of marine seismic surveys on free-ranging fauna: a systematic literature review. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1222523.
- Bettridge, S. O. M., Baker, C. S., Barlow, J., Clapham, P., Ford, M. J., Gouveia, D., ... & Wade, P. R. (2015). Status review of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) under the Endangered Species Act.

- Borowski, G. H. (1781). Gemeinnützige [sic] Naturschichte des Tierreichs. *GL Lange, Berlin and Stralsund*, 2(1), 21.
- Braithwaite, J. E., Meeuwig, J. J., & Hipsey, M. R. (2015). Optimal migration energetics of humpback whales and the implications of disturbance. *Conservation Physiology*, 3(1), cov001.
- Cheeseman, T., Johnson, T., Southerland, K., & Muldavin, N. (2017). Happywhale: Globalizing marine mammal photo identification via a citizen science web platform. *Happywhale, Santa Cruz, CA, USA, Rep. SC/67b/PH*, 2.
- Clark, C. W., & Clapham, P. J. (2004). Acoustic monitoring on a humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) feeding ground shows continual singing into late spring. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271(1543), 1051-1057.
- Clapham, P. J. (2000) In *Cetacean Societies* (eds J. Mann, R.C. Connor, P.L. Tyack, & H. Whitehead) 173-196. *University of Chicago Press*.
- Clapham, P. J. (2018). Humpback whale: *Megaptera novaeangliae*. In *Encyclopedia of marine mammals* (pp. 489-492). Academic Press.
- Cooke J.G., 2018. *Megaptera novaeangliae*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T13006A50362794.
- Desforges, J. P., Hall, A., McConnell, B., Rosing-Asvid, A., Barber, J. L., Brownlow, A., ... & Dietz, R. (2018). Predicting global killer whale population collapse from PCB pollution. *Science*, 361(6409), 1373-1376.
- Doh, Y., Cazau, D., Lamaj, G., Mercado, E., Reidenberg, J. S., Jacobsen, J. K., ... & Adam, O. (2025). Study of Non-Linearities in Humpback Whale Song Units. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(2), 215.
- Engel, M. H., Fagundes, N. J., Rosenbaum, H. C., Leslie, M. S., Ott, P. H., Schmitt, R., ... & Bonatto, S. L. (2008). Mitochondrial DNA diversity of the Southwestern Atlantic humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) breeding area off Brazil, and the potential connections to Antarctic feeding areas. *Conservation Genetics*, 9, 1253-1262.
- Garland, E. C., Gedamke, J., Rekdahl, M. L., Noad, M. J., Garrigue, C., & Gales, N. (2013). Humpback whale song on the Southern Ocean feeding grounds: implications for cultural transmission. *PloS one*, 8(11), e79422.
- Garland, E. C., & McGregor, P. K. (2020). Cultural transmission, evolution, and revolution in vocal displays: insights from bird and whale song. *Frontiers in psychology*, 11, 544929
- Janik, V. M., & Knörnschild, M. (2021). Vocal production learning in mammals revisited. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 376(1836), 20200244.
- Jung J-L, Approches moléculaires pour l'étude de la biodiversité des mammifères marins, Habilitation à Diriger les Recherches, Université de Bretagne Occidentale, novembre 2017
- Jung, J-L & Madon B. (2021). « Protection des mammifères marins face aux activités humaines et nouvelles connaissances issues des études de l'ADN ». In Actes du colloque “ Le transport maritime et la protection de la biodiversité ”, Brest, 12 et 13 décembre 2019. Nicolas Boillet & Betty Queffelec Eds, Edition Pedone, Paris France. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03358250>.
- Jung J-L & Thiriet P (2023). Champs éoliens et faune mobile (sous-)marine : effets attendus ou possibles, et protocoles d'évaluations. Présentation orale. *Rencontre de l'éolien en mer de l'institut de l'Océan de l'Alliance Sorbonne Université*. Paris, le 5 juin 2023
- Jung J.-L. (2024) Les mammifères marins et les plastiques : de l'enchevêtrement à l'ingestion. Fiche 16. In « *Le plastique : un poison si pratique* » Alliance Sorbonne Université, C. Praszuck Editeur, P. 30 doi: 10.5281/zenodo.10959051
- Mercado III, E. (2022). The humpback's new songs: Diverse and convergent evidence against vocal culture via copying in humpback whales. *Animal Behavior and Cognition*, 9(2), 196-206.
- Minton, G., Collins, T., Pomilla, C., Findlay, K. P., Rosenbaum, H., Baldwin, R., & Brownell Jr, R. L. (2008). *Megaptera novaeangliae* (Arabian Sea subpopulation). *The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T132835A3464679*.
- Monreal, P. J., Savoca, M. S., Babcock-Adams, L., Moore, L. E., Ruacho, A., Hull, D., ... & Bundy, R. M. (2025). Organic ligands in whale excrement support iron availability and reduce copper toxicity to the surface ocean. *Communications Earth & Environment*, 6(1), 20.
- Nelms, S., Alfaro-Shigueto, J., & Arnould, J. (2021). Marine mammal conservation : over the horizon. *Endanger Species Res* 44 : 291–325.

- Noad, M. J., Cato, D. H., Bryden, M. M., Jenner, M. N., & Jenner, K. C. S. (2000). Cultural revolution in whale songs. *Nature*, 408(6812), 537-537.
- Payne, K. (1983). Progressive changes in the songs of humpback whales *Megaptera novaeangliae*: a detailed analysis of two seasons in Hawaii. *Communication and behavior of whales*, 9-57.
- Pallin, L. J., Kellar, N. M., Steel, D., Botero-Acosta, N., Baker, C. S., Conroy, J. A., ... & Friedlaender, A. S. (2023). A surplus no more? Variation in krill availability impacts reproductive rates of Antarctic baleen whales. *Global change biology*, 29(8), 2108-2121.
- Pershing, A. J., Christensen, L. B., Record, N. R., Sherwood, G. D., & Stetson, P. B. (2010). The impact of whaling on the ocean carbon cycle: why bigger was better. *PLoS one*, 5(8), e12444.
- Ratsimbazafindranahaka, M. N., Huetz, C., Saloma, A., Andrianarimisa, A., Adam, O., & Charrier, I. (2024). Behavioural context of call production in humpback whale calves: identification of potential begging calls in a mysticetes species. *Proceedings B*, 291(2037), 20242048.
- Rekdahl, M. L., Garland, E. C., Carvajal, G. A., King, C. D., Collins, T., Razafindrakoto, Y., & Rosenbaum, H. (2018). Culturally transmitted song exchange between humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the southeast Atlantic and southwest Indian Ocean basins. *Royal Society open science*, 5(11), 172305.
- Richard, G., Titova, O. V., Fedutin, I. D., Steel, D., Meschersky, I. G., Hautin, M., ... & Jung, J. L. (2018). Cultural transmission of fine-scale fidelity to feeding sites may shape humpback whale genetic diversity in Russian Pacific waters. *Journal of Heredity*, 109(7), 724-734.
- Roman, J., Estes, J. A., Morissette, L., Smith, C., Costa, D., McCarthy, J., ... & Smetacek, V. (2014). Whales as marine ecosystem engineers. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(7), 377-385.
- Whiten, A. (2019). Cultural evolution in animals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 50(1), 27-48.
- Rosenbaum, H. C., Brownell Jr, R. L., Brown, M. W., Schaeff, C., Portway, V., White, B. N., ... & DeSalle, R. (2000). World-wide genetic differentiation of *Eubalaena*: questioning the number of right whale species. *Molecular Ecology*, 9(11), 1793-1802.
- Savoca, M. S., Kumar, M., Sylvester, Z., Czapanskiy, M. F., Meyer, B., Goldbogen, J. A., & Brooks, C. M. (2024). Whale recovery and the emerging human-wildlife conflict over Antarctic krill. *Nature Communications*, 15(1), 7708.
- Stimpert, A. K., Au, W. W., Parks, S. E., Hurst, T., & Wiley, D. N. (2011). Common humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) sound types for passive acoustic monitoring. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 129(1), 476-482.
- Stone, G., FLOREZ-GONZALEZ, L. I. L. I. A. N., & KATONA, S. (1990). Whale migration record. *Nature*, 346(6286), 705-705.
- Villagra, D., García-Cegarra, A., Gallardo, D. I., & Pacheco, A. S. (2021). Energetic effects of whale-watching boats on humpback whales on a breeding ground. *Frontiers in Marine Science*, 7, 600508.
- Whiten, A. (2019). Cultural evolution in animals. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 50(1), 27-48.
- Winn, H. E., Thompson, T. J., Cummings, W. C., Hain, J., Hudnall, J., Hays, H., & Steiner, W. W. (1981). Song of the humpback whale—population comparisons. *Behavioral ecology and sociobiology*, 8, 41-46.