MISSION MARINE CONVERSATIONS

Signaux de communication des cétacés du Gouf de Capbreton : une étude transdisciplinaire

Institute of Language, Communication and the Brain

Mission

ETUDE TRANSDISCIPLINAIRE DES CETACES DU GOUF DE CAPBRETON

Fabienne Delfour
Chercheuse en Cétologie – Chargée de cours
Ecole Vétérinaire de Toulouse - ILCB
fabienne_delfour@yahoo.com

Marie Montant
Enseignante-chercheuse en Neurosciences Cognitives
Aix Marseille Université - CNRS – ILCB
Marie.Montant@univ-amu.fr

RESUME

L'étude des systèmes de communication des cétacés demeure un grand défi en raison des difficultés d'observation, en surface à partir de bateaux, du comportement de ces mammifères marins. Si les vocalisations des cétacés ont fait l'objet de nombreuses études depuis les travaux pionniers de Roger Payne (Payne and McVay, 1973), les comportements et le contexte social associés à ces vocalisations sont difficiles d'accès pour un observateur humain, ce qui complique considérablement l'analyse de la signification et des règles d'organisation (« syntaxique ») de ces vocalisations. Au sein de l'Institute of Language Communication and the Brain (https://www.ilcb.fr/), nous avons constitué une équipe pluridisciplinaire d'expertes et experts des systèmes de communication humain et non-humain regroupant les outils théoriques et méthodologiques de l'éthologie, l'intelligence artificielle, la modélisation computationnelle, la linguistique, la bioacoustique et la psychologie comparée. L'expertise croisée des membres de cette équipe-projet CETACEANS, couplée à l'utilisation de nouveaux dispositifs d'enregistrements acoustiques et vidéo, devrait nous permettre progresser nettement dans la compréhension des systèmes de communication des cétacés. En diffusant nos résultats parmi les membres de la communauté scientifique ainsi qu'auprès de la société civile, cette mission nous permettra de mieux faire connaître l'univers cognitif et social des cétacés, et ce faisant, de participer au renforcement de leur protection.

CONTEXTE

Les mammifères marins ont développé plusieurs adaptations pour vivre en milieu aquatique et notamment pour communiquer. Ils utilisent différents canaux : des signaux chimiques, comportementaux ou sonores (Dudzinski, 1998). Les cétacés pouvant être éloignés sur de longues distances, ils se servent principalement de la communication acoustique pour partager des informations. Le son se propageant cinq fois plus rapidement dans l'eau que dans l'air, cela en fait un moyen efficace de communication sous l'eau.

Les Odontocètes produisent trois types de vocalisations classées en deux catégories : les sons à amplitude modulée (AM) et les sons à fréquences modulée (FM). Dans la seconde catégorie se trouvent les sifflements. Ces sons sont des signaux continus à bande étroite avec souvent la présence d'harmoniques. Par exemple chez les dauphins, leurs fréquences sont comprises entre 800 Hz et 28.5 kHz, et ils durent entre 100 ms et 4 secondes (Herzing, 2000 ; Janik, 2009). Ils produisent par ailleurs un sifflement distinct propre à chaque individu, appelé signature sifflée (Caldwell & Caldwell, 1965), émise dans des situations de stress (Esch et al., 2009), pouvant être un appel de contact ou de cohésion entre les mères et leur petit ou entre les membres d'un même groupe (Janik & Slater, 1998 ; Smolker et al., 1993). Parmi les AM, on trouve les clics qui correspondent à des sons pulsés utilisés dans l'écholocalisation pour naviguer, se repérer dans l'espace et analyser l'environnement. Ces signaux de durée brève (40 à 70µs) produisent un contenu fréquentiel large-bande pouvant atteindre 130kHz (Au, 1993). Les sons pulsés en rafale sont émis dans des contextes sociaux lors des agressions et/ou lors de phases d'excitations (Janik, 2000) et lors de comportements coopératifs (Eskelinen et al., 2016).

Hormis ces signaux acoustiques, qui servent à communiquer à distance, longue ou courte, les Odontocètes utilisent également des signaux de communication rapprochée, visuels (postures, déplacements), tactiles (contacts, frottement, coups) et olfactifs lors de leurs interaction sociales (Bouchard et al., 2022 ; Dudzinski & Ribic, 2017 ; Paulos et al. 2008). Or, la plupart de ces signaux sont invisibles depuis le pont d'un bateau.

La MISSION MARINE-CONVERSATIONS consistera à réaliser sur une période d'un an une base de données d'enregistrements acoustique et vidéo la plus exhaustive possible des signaux communications des cétacés du Gouf de Capbreton, et plus particulièrement des Odontocètes. Ces enregistrements seront analysés à l'aide des outils et méthodes de l'éthologie, de la psychologie cognitive (dont computationnelle) et de l'intelligence artificielle (IA), dans le but de mieux comprendre d'une part la structure des séquences de signaux émis (leurs règles d'organisation) et d'autre part interpréter quand cela se peut la fonction de ces séquences (analyse fonctionnelle). Cet axe de recherche s'inscrit dans le cadre théorique développé par Levinson (2019), selon lequel les systèmes de communication complexes (langage humain inclus) peuvent être considérés comme des « exsudats » des interactions sociales entre individus. Autrement dit, les propriétés de ces systèmes de communication sont le reflet d'une complexité interactionnelle préexistante. Comprendre la

complexité des systèmes de communication implique donc d'étudier le contexte social et environnemental dans lesquels les signaux de communication sont émis, ainsi que l'organisation de ces interactions sociales. Pour mener à bien de projet, nous prévoyons de coupler des enregistrements vidéos aux enregistrements acoustiques, ce qui nous permettra d'avoir une vue d'ensemble des signaux visuels, tactiles, acoustiques, voire olfactifs émis pendant les interactions de communication.

Les mesures comportementales aériennes et sous-marines se focaliseront sur le nombre d'occurrences et le type d'interactions sociales, le niveau d'activité, l'aspect externe du corps (pour l'identification des individus) ; les mesures acoustiques des vocalises seront recontextualisées, c'est-à-dire associées au contexte social d'émission (Herzing, 1996).
La présence récurrente d'un grand nombre d'espèces de cétacés dans la zone du Gouf de Capbreton, odontocètes surtout, dont beaucoup sont peu connues sur le plan comportemental, renforce le bienfondé et le poids de cette mission. Les études contemporaines de conservation sont unanimes : plus on dispose d'informations sur la vie sociale et la communication des animaux que l'on souhaite protéger, plus on augmente nos chances de mettre en place des programmes de conservation respectueux, pertinents, efficaces et pérennes (Snijders et al., 2017).

OBJECTIF

L'objectif du projet MARINE-CONVERSATIONS est de collecter:

- des données permettant l'identification des individus (e.g. taille, sexe, marques corporelles, décolorations, amputations, malformations)
- des données sous-marines sur les comportements solitaires et sociaux des individus de chaque espèce et simultanément les données acoustiques associées à ces comportements, en utilisant une méthodologie récente et non-intrusive
- des données aériennes (à l'aide d'un drone) sur l'organisation spatiale des individus, leurs déplacements et leurs interactions (e.g. contacts, frottements, coups de caudale)

ZONE GEOGRAPHIQUE

Le choix du Gouf de Capbreton comme lieu pour la collecte de données est motivé par la présence récurrente d'un grand nombre d'espèces de cétacés dont beaucoup sont peu étudiées, et la relative proximité du site par rapport à la côte ce qui facilite les sorties en mer. Notre effort de recherche se fera dans la zone ABC délimitée dans la Figure 1. Le bateau sera au port de Bayonne, avec un départ tôt matin (7h) et un retour en début d'après-midi (vers 14h).

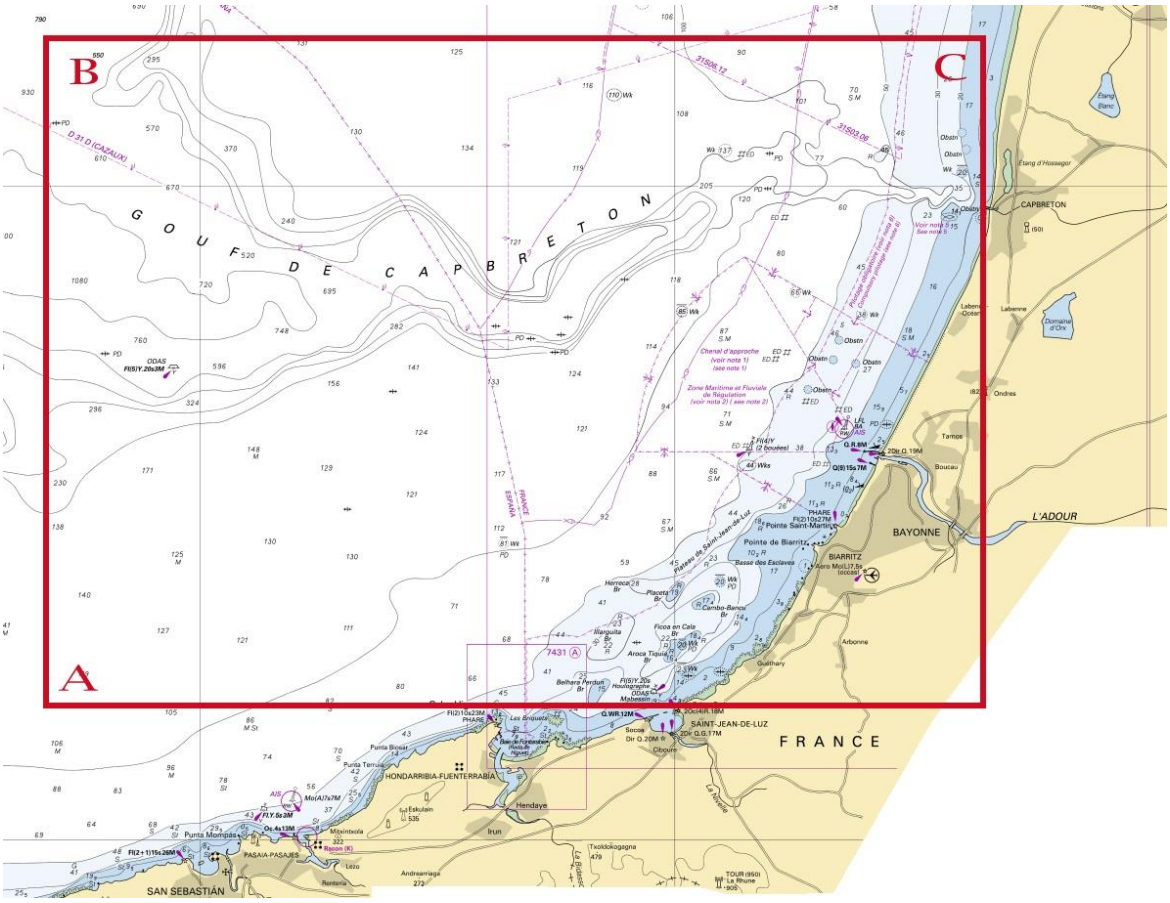


Figure 1 : Délimitation de la zone d'exploration et d'observation

CALENDRIER

Nous prévoyons de réaliser une mission par mois de janvier à décembre 2024 inclus.

Chaque mission d'environ une semaine comprendra un maximum de 5 sorties en mer. Le nombre de sorties dépendra des conditions météo. La première mission se fera en janvier 2024, la date exacte n'est pas encore arrêtée.

METHODOLOGIE

La méthodologie utilisée combine une approche de surface, aérienne et sous-marine (faible profondeur) en vue de récolter des données comportementales et bioacoustiques.

Lors de périodes propices, ces cétacés tolèrent la présence de nageurs et de nageuses en palmes, masques et tubas, il est donc possible d'envisager des observations longues, d'une durée continue maximale de 45min, reconductibles. Si les cétacés étudiés lors d'une observation restent passifs, plusieurs sessions de collecte de données, espacées pourront être réalisées sur les mêmes individus. Une attention particulière sera portée aux manifestations d'inconfort des animaux, lesquelles engendreront l'arrêt immédiat de l'observation sous-marine et de la prise de vue aérienne.

Action #1 : Animation

Les partenaires du présent projet de recherche se prononceront sur la diffusion des connaissances acquises (choix du contenu à publier, choix des revues, des conférences, choix de l'ordre des autrices et auteurs).

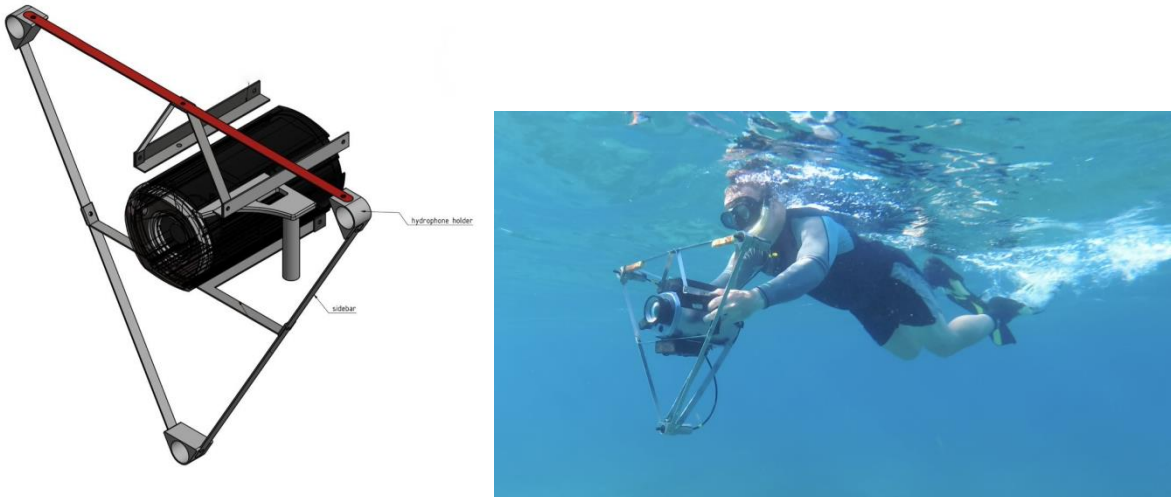
Enfin, l'équipe de ce projet attache une importance capitale à ce qu'aucun animal ne soit mal traité au cours de ce programme de recherche. Les porteuses de projet seront garantes du respect de l'application du protocole d'observation.

Action #2 : Collecte des données

La collecte de données est cruciale pour ce projet de recherche.

Les observations sous-marines seront réalisées par deux nageurs ou nageuses équipées de palmes, masques et tubas. L'utilisation de scaphandres autonomes ne sera pas nécessaire car les cétacés consacrent une partie conséquente de leur budget temps à évoluer proches de la surface ; de plus nous souhaitons être le moins intrusif possible.

Le système d'enregistrement sous-marin que nous utiliserons pour ce projet se compose d'un système d'acquisition de données hautes fréquences construit sur mesure avec 3 canaux audio et 1 caméra vidéo synchronisée dans un boîtier étanche (voir la Figure 2). Ce type de système, développé récemment par Fabienne Delfour et ses partenaires, permet de combiner son et image et ainsi d'identifier précisément les animaux émetteurs des messages vocaux par triangulation (Lopez-Marendula et al., 2019). Ceci est particulièrement important car les vocalises sont la principale méthode de communication de ces animaux, or jusqu'au développement de ce type de système, il n'était pas possible d'identifier, parmi les animaux présents, celui qui émettait les sons. En offrant des perspectives complètement nouvelles à l'étude de l'organisation sociale des cétacés et de leurs systèmes de communication, ce dispositif permettra d'ajouter une pièce fondamentale à la compréhension de ces mammifères marins.
Ce système d'enregistrement sera complété par une caméra GoPro manipulée par un second nageur, laquelle permettra d'avoir une vue d'ensemble des déplacements des individus et ainsi mieux comprendre le contexte des interactions sociales.



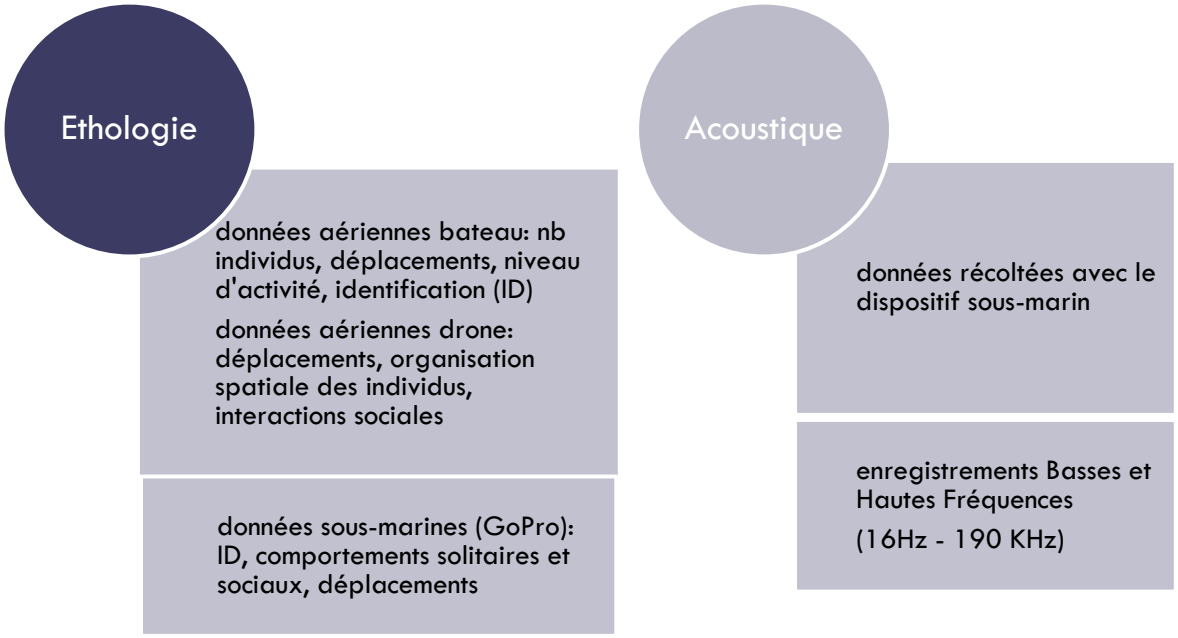
Figures 2. Schéma synthétique du dispositif d'enregistrement (gauche, 3 hydrophones reliés à une caméra centrale) et d'un nageur le manipulant (droite).

Collecte aérienne (drone) : Le choix du drone et du droniste n'est pas arrêté à ce jour. Nous concentrerons nos efforts de collecte dans la zone limitée en vert dans la figure 3 ci-dessous. Le drone volera à une altitude de 30m au-dessus du groupe de cétacés pour éviter toute perturbation (Aubin et al., 2023).

Figure 3 : Zone de survol de notre drone, délimitée en vert

L'ensemble des données ainsi recueillies seront analysées dans un second temps par l'équipe projet-CETACEANS de l'ILCB, dirigée par les co-porteuses de la présente demande.

Résumé des paramètres étudiés lors de la mission MARINE CONVERSATIONS



VALORISATION DU PROJET

- Présentation des résultats à des conférences nationales et internationales
- Participations à des événements grand public
- Rédaction d'un ou plusieurs article(s) scientifique(s) en fonction des résultats

EQUIPE SCIENTIFIQUE

Equipe scientifique *in situ* en 2024 par ordre alphabétique.

DELFOUR Fabienne, Dr ès Ethologie Cognitive et HDR, Enseignante vacataire à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse (ENVT) et conceptrice de projets scientifiques (niveau 1). Spécialiste en éthologie des cétacés, et en biologie marine, elle co-supervisera la mission avec Marie Montant. Elle participera aux observations durant les efforts de recherche et sera susceptible de s'immerger avec les cétacés pour collecter données éthologiques et acoustiques. Elle participera à l'analyse des données récoltées.

GULLSTRAND Julie, Dr ès Psychologie Cognitive, éthologue, responsable technique de la plateforme expérimentale de la station de primatologie de Rousset sur Arc (CNRS) et conceptrice de projets scientifiques (primates), membre du comité éthique recherche animale Marseille. Elle

participera aux observations durant les efforts de recherche sur le bateau. Elle participera à l'analyse des données récoltées.

HABIB-DASSETTO Lise, Doctorante en Psychologie Cognitive Comparée, Aix-Marseille Université, éthologue, spécialiste des systèmes de communication animaux non-humains et conceptrice de projets scientifiques (primates). Elle participera aux observations durant les efforts de recherche sur le bateau et sera susceptible de s'immerger avec les cétacés pour collecter données éthologiques et acoustiques. Elle participera à l'analyse des données récoltées.

MONTANT Marie Dr ès Neurosciences Cognitives et HDR, Maîtresse de Conférences, Aix-Marseille Université (AMU) et conceptrice de projets scientifiques (primates). Spécialiste en Psychologie Comparée du Langage et Neurosciences Cognitives, elle co-supervisera la mission avec Fabienne Delfour. Elle participera aux observations durant les efforts de recherche et sera susceptible de s'immerger avec les cétacés pour collecter données éthologiques et acoustiques. Elle participera à l'analyse des données récoltées.

Etudiant.e.s de l'ENVT & AMU

Des étudiant.e.s en fin de cycle seront susceptibles de participer aux efforts de collectes de données aériennes et sous-marines, ainsi qu'à leurs analyses a posteriori.

EQUIPE BATEAU

HARISTOY Lilian, photographe et vidéaste sous-marin (https://www.lilianharistoy.com/), pilote du navire HITZA HITZ (basé à Bayonne, certification hauturière), détenteur des permis mer côtier et hauturier.

Observateur/observatrice

Nous laissons à disposition des autorités compétentes une place sur le bateau pour venir suivre le déroulé de la mission.

Droniste

Afin de récolter les images à l'aide d'un drone, une personne qui reste à identifier à ce jour complètera l'équipe. Cette personne assurera la sécurité des personnes à l'eau depuis le bateau.

Action #3 : Valorisation

Les membres de ce projet attachent une importance particulière à la valorisation de leurs travaux, tant au niveau académique qu'envers le grand public.

Diffusion scientifique académique :

Nous envisageons de présenter les résultats de notre étude lors de colloques scientifiques nationaux et internationaux et nous rédigerons un ou plusieurs article(s) qui seront soumis à une revue scientifique à comité de lecture.

Vulgarisation scientifique : Lors de la tenue de la mission, les participants se tiendront à la disposition des autorités locales pour présenter au grand public une conférence visant à expliquer les objectifs de ce projet et les résultats attendus. Cette conférence pourrait se faire sur la Côte Basque dans un lieu qui reste à définir. Cette mission pourra également faire l'objet d'une communication lors d'événements particuliers (Fête de la Science, Semaine de la Mer, Visite d'Ecoles, Associations étudiantes vétérinaires). Nous réfléchissons par ailleurs à rapporter l'avancée du projet sur des réseaux sociaux (Facebook, Twitter, Instagram).

IMPACT SUR LES CETACES ET LEUR ENVIRONNEMENT

La collecte de données pour le projet MARINE CONVERSATIONS nécessite la mise à l'eau de 2 nageurs, l'un pour manier le dispositif d'enregistrement acoustique et visuel, l'autre personne munie d'une caméra GoPro filmera le contexte, elle assurera la sécurité de son binôme. Ces personnes, équipées de Palme-Masque-Tuba (PMT), resteront en surface sans rechercher l'interaction avec les cétacés. Elles respecteront le protocole de collecte placé en annexe.
Cette mission respectera les préconisations d'Accobams, et notamment la résolution 4.18 (www.accobams.org). L'approche du bateau à moteur se fera en respectant la charte Pelagos. Le bateau restera moteur éteint, à distance (300m) des nageurs pendant la collecte des données. Le pilote sera aidé par une ou deux observatrices/observateurs à bord pour assurer la sécurité des nageurs. Il pourra décider de faire route vers les nageurs en cas de problème ou de danger avéré.

Ce projet ne nécessite aucune émission sonore (pas de diffusion sonore par haut-parleur et les nageurs n'émettront aucun son), aucune biopsie (il n'y aura aucun prélèvement sur les animaux), aucun déploiement d'instruments électroniques sur le corps des cétacés et aucune poursuite intentionnelle (les cétacés seront libres de leurs mouvements, et pourront apparaître et disparaître du champ d'observation à leur gré).

La présence d'autres nageurs ou nageuses ou d'autres bateaux d'observation, même si elle n'est pas souhaitée pour éviter toute perturbation additionnelle et le rajout de bruits dans les enregistrements, n'est pas un obstacle au déroulement de la mission.

Notre équipe comporte des expertes de la santé et du bien-être des animaux, ces personnes sont donc très concernées et très soucieuses des méthodes employées, des dispositifs déployés et souhaitent s'assurer que leurs travaux aient un impact minime sur les animaux qu'elles étudient.

COPORTEUSES DU PROJET

Fabienne Delfour, Dr ès Ethologie Cognitive, HDR et enseignante vacataire à l'Ecole Vétérinaire de Toulouse et membre de l'Institute of Language Communication and the Brain (ILCB). Elle est conceptrice (Niveau 1) de projets scientifiques utilisant des animaux: « Expérimentation animale, éthique et bientraitance ». Elle est experte du CNR BEA – faune sauvage (Centre National de Référence sur le Bien-Etre Animal). Elle est membre du Comité Bien-Etre de l'European Association for Aquatic Mammals et est l'une des signataires à l'origine de la demande de création d'un Secrétariat d'Etat à la Condition Animale. Elle a participé aux tables rondes organisées par le Ministre de la Transition Ecologique et Solidaire sur le bien-être animal.

Publications récentes (sélection)

Carzon, P., Clua, É., Dudzinski, K. M., & **Delfour, F**. (2023). Deleterious behaviors and risks related to close interactions between humans and free-ranging dolphins: A review. Biological Conservation, 279, 109948.

Delfour, F., Renoue, M., Carlier, P. (2021). L'embarras du poulpe – L'émotion comme mode d'être au monde. E. Baratay (dir.). L'animal désanthropisé. Paris, Editions de la Sorbonne.

Quintana Martin-Montalvo, B., Hoarau L., Deffes, O., Delaspre, S., **Delfour, F**., Landes A-E. (2021). Dolphin-watching and compliances to guidelines affect spinner dolphins' (*Stenella longirostris*) behaviours in Reunion Island. Animals, 11, 2674.

López-Marulanda J., Adam O., Blanchard T., Vallée M., Cazau D., **Delfour F**. (2017). First results of an underwater 360° HD audio-video device for etho-acoustical studies on bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). Aquatic Mammals. 43(2), 162-176.

Marie Montant, Dr ès Neurosciences Cognitives, HDR et Maîtresse de Conférences à Aix Marseille Université, chercheuse au sein de l'Equipe Psychologie Cognitive Comparée. Elle est conceptrice de projets scientifiques utilisant des primates. Elle est membre actif de l'Institute of Language Communication and the Brain (ILCB), porteuse de l'équipe-projet CETACEANS au sein de cet institut.

Publications récentes (sélection)

Habib-Dasssetto, L. Lemasson, A., Portes, C., & **Montant, M.** (2023). Discontinuist and continuist approaches of language evolution... and beyond. Revue de Primatologie (in press).

Montant, M. (2022). La décentralisation cognitive. Giuseppe di Liberti & Pierre Léger (Eds) La cognition Incarnée ; Editions Mimésis, Collection Art, esthétique, Philosophie, n°19.

Grasso, C., Ziegler, J., Coull, J., & **Montant, M**. (2022). Space-time congruency effects using eye movements during processing past- and future related words. Experimental Psychology.

Grasso, C., Ziegler, J., Coull, J., & **Montant, M**. (2022). Embodied time: effect of reading expertise on the spatial representation of past and future. PLos ONE, 17.

Grasso, C., Ziegler, J., Mirault, J., Coull, J., & **Montant, M**. (2021). As time goes by: space-time compatibility effects in word recognition. Journal of experimental Psychology: Learning, memory and Cognition, 10.

REFERENCES

Aubin JA, Mikus M, Michaud R, et al. (2023) Fly with care: Belugas show evasive responses to low altitude drone flights. *Marine Mammal Science*. Epub ahead of print 17 January 2023.

Bouchard, B., Barnagaud, J.-Y., Verborgh, P., Gauffier, P., Campagna, S., & Célérier, A. (2022). A field study of chemical senses in bottlenose dolphins and pilot whales. The Anatomical Record, 305(3), 668–679. https://doi.org/10.1002/ar.24703

Caldwell, M. C., & Caldwell, D. K. (1965). Individualized whistle contours in bottle-nosed dolphins (Tursiops truncatus). *Nature*, *207*(4995), 434-435.

Dudzinski, K. M. (1998). Contact behavior and signal exchange in Atlantic spotted dolphins (Stenella fimntalis). *Aquatic Mammals*, *24*, 129-142.

Dudzinski, K. M., & Ribic, C. A. (2017). Pectoral fin contact as a mechanism for social bonding among dolphins. *Animal Behavior and Cognition, 4*(1), 30–48. https://doi.org/10.12966/abc.03.02.2017

Esch, H. C., Sayigh, L. S., & Wells, R. S. (2009). Quantifying parameters of bottlenose dolphin signature whistles. *Marine Mammal Science*, *25*(4), 976-986.

Eskelinen, H. C., Winship, K. A., Jones, B. L., Ames, A. E., & Kuczaj II, S. A. (2016). Acoustic behavior associated with cooperative task success in bottlenose dolphins (Tursiops truncatus). *Animal cognition*, *19*(4), 789-797.

Herzing, D. L. (1996). Vocalizations and associated underwater behavior of free-ranging Atlantic spotted dolphins, Stenella frontalis and bottlenose dolphins, Tursiops truncatus. Aquatic Mammals, 22, 61-80.

Herzing, D. L. (2000). Acoustics and social behavior of wild dolphins: implications for a sound society. In *Hearing by whales and dolphins* (pp. 225-272). Springer, New York, NY.

Janik, V. M. (2000). Food–related bray calls in wild bottlenose dolphins (Tursiops truncatus). *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *267*(1446), 923-927.

Janik, V. M. (2009). Acoustic communication in delphinids. *Advances in the Study of Behavior*, *40*, 123-157.

Janik, V. M., & Slater, P. J. (1998). Context-specific use suggests that bottlenose dolphin signature whistles are cohesion calls. *Animal behaviour*, *56*(4), 829-838.

Levinson, S. C. (2019). Interactional foundations of language: The interaction engine hypothesis. In P. Hagoort, C. F. Beckmann, S. E. Fisher, P. Hagoort, E. Kidd, S. C. Levinson, J. M. McQueen, A. S. Meyer, D. Poeppel, C. F. Rowland, C. Scharff, C. ten Cate (Eds.) & I. Toni, W. Zuidema, *Human language: From genes and brains to behavior* (pp. 189–200). The MIT Press.

López-Marulanda J., Adam O., Blanchard T., Vallée M., Cazau D., Delfour F. (2017). First results of an underwater 360° HD audio-video device for etho-acoustical studies on bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). Aquatic Mammals. 43(2), 162-176.

Payne, R.S. and S. McVay. Songs of humpback whales.1973 *Science*, 173: 585-597.

Paulos, R., D., . Dudzinski, K., M., & Kuczaj, S., A. (2008). The role of touch in select social interactions of Atlantic spotted dolphin (Stenella frontalis) and Indo-Pacific bottlenose dolphin (Tursiops aduncus). J Ethol ; 26:153–164 DOI 10.1007/s10164-007-0047-y

Smolker, R. A., Mann, J., & Smuts, B. B. (1993). Use of signature whistles during separations and reunions by wild bottlenose dolphin mothers and infants. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, *33*(6), 393-402.

Snijders, T., Steglich, C., & Schweinberger, M. (2017). Modeling the coevolution of networks and behavior. In Longitudinal models in the behavioral and related sciences (pp. 41-71).