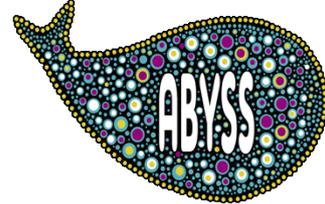


ABYSS  
CETOCEAN  
DOSSIER AU TITRE DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT – LIVRE IV  
DEMANDE DE DEROGATION ESPECES PROTEGEES

---

Association ABYSS  
1 rue du quai Berthier  
97420 Le Port  
fondationabyss@gmail.com  
Tel : 0693991208



REGION REUNION / EUROPE / ETAT



## Sommaire

PREAMBULE.....	2
1. LE DEMANDEUR.....	2
1.1. PRESENTATION DU DEMANDEUR .....	2
1.2. LES INTERVENANTS AU PROJET .....	3
1.2.1. Le financeur .....	3
1.2.2. Le porteur de projet .....	4
1.2.3. L'équipe bateau.....	4
1.3. LES MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR INTEGRER LES ENJEUX LIES AU ESPECES PROTEGEES....	6
1.3.1. Organismes spécialisés participant au projet.....	6
1.3.2. Etudes spécifiques et expertises .....	6
2. LES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU PROJET .....	6
2.1. LE PROJET .....	6
2.1.1. Situation .....	6
2.1.2. Objectifs de l'action BEC.....	8
2.1.3. Caractéristiques techniques de l'action BEC .....	11
2.1.4. Protocole .....	12
2.1.4. Calendrier .....	15
2.1.5. Contexte réglementaire .....	15
3. OBJET DE LA DEMANDE DE DEROGATION .....	16
3.1. ZONE GEOGRAPHIQUE .....	16
3.2. IMPACT SUR LES ESPECES CONCERNEES.....	17
3.3.1. Impact acoustique .....	17
3.3.2. Impact de la présence humaine à l'eau.....	17
3.3.3. Impact des prélèvements sur les dauphins .....	17
3.3.4. Impact sur l'environnement.....	17
3.3.5. Impact sur les ressources alimentaires des espèces protégées.....	18
3.3.6. Impact sur la reproduction des espèces protégées .....	18
3.3.7. Synthèse des impacts et mesures sur les espèces protégées .....	19
3.3. PIECES DU DOSSIER DE DEMANDE DE DEROGATION.....	20
4. CONCLUSION SUR LE MAINTIEN DE L'ETAT DE CONSERVATION DES ESPECES PROTEGEES.....	20
5. BIBLIOGRAPHIE.....	20

## PREAMBULE

Le projet BEC s'inscrit dans un projet nommé CET'OCEAN qui mobilise des approches pluridisciplinaires et contribue à renforcer les liens et synergies entre acteurs scientifiques, professionnels, gestionnaires et décideurs pour optimiser la préservation et la valorisation de la biodiversité marine.

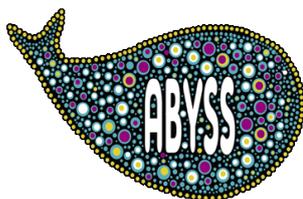
CET'OCEAN a pour objectif de s'appuyer sur des outils existants (structures ou matériels), et de mettre en œuvre des dispositifs novateurs d'acquisition de données qui encouragent les processus collaboratifs entre les organismes de recherche partenaires, les entreprises spécialisées mobilisées, et le tissu associatif auquel est rattaché ABYSS.

En termes de résultats, les différentes études comprises dans le projet CET'OCEAN visent à préciser l'état de santé des populations de cétacés, à identifier et analyser les possibles facteurs expliquant leur distribution spatiale, leurs comportements intra et interspécifiques, au moyen d'études étho-acoustiques, éco toxicologiques et satellitaires.

**Le présent dossier est une demande de dérogation pour perturbation intentionnelle d'espèces protégées, déposée par la DEAL de la Réunion dans le cadre de l'action BEC du projet CETOCEAN.**

## 1. LE DEMANDEUR

### 1.1. PRESENTATION DU DEMANDEUR



#### ASSOCIATION ABYSS

Fondée en 2009, Abyss est une association de loi 1901 à but non lucratif basée à la Réunion. Elle est dédiée à l'observation, l'étude et la protection des mammifères marins et de leur milieu. Elle regroupe aujourd'hui une soixantaine d'adhérents et emploie 2 salariés assurant la coordination et la gestion des projets scientifiques. Cf [www.fondationabyss.com](http://www.fondationabyss.com)

Abyss dispose de son propre bateau basé au Port, et de ses propres équipements de collecte de données.

Les principaux objectifs de l'association sont :

- L'observation et l'étude des cétacés de l'Océan Indien ;

- Le développement de programmes scientifiques et éco-volontaires ;
- La mise en œuvre d'actions de préservation et de protection des espèces de cétacés menacés ;
- La sensibilisation (lien vers rubriques « sensibilisation ») de la population sur la préservation du sanctuaire de l'Océan Indien.

Le périmètre des actions d'Abyss couvre la Réunion mais s'élargit aux autres pays de l'Océan Indien comme Madagascar, les Comores et les Seychelles. Compte tenu notamment des phénomènes de migration de certaines espèces, la question de la préservation des cétacés ne peut en effet être pertinente qu'à une échelle plus étendue.

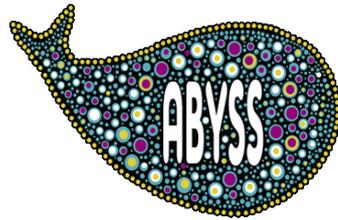
Abyss est affiliée à la Fédération Française d'Étude et des Sports Sous-Marins. La collecte des données est réalisée, dans le respect de la charte d'approche.

## 1.2. LES INTERVENANTS AU PROJET

### 1.2.1. Le financeur



### 1.2.2. Le porteur de projet



#### ASSOCIATION ABYSS

Les personnes responsables de ce projet au sein d'ABYSS sont :

- **Bertrand DENIS**, pour la coordination du projet.
- **Fabienne DELFOUR**, Dr ès Ethologie cognitive, HDR, chercheur associé au Laboratoire d'Ethologie Expérimentale et Comparée, Université Sorbonne Paris Nord et conceptrice de projets scientifiques (niveau 1). Spécialiste en éthologie, cognition et bien-être des cétacés. [https://www.researchgate.net/profile/Fabienne\\_Delfour](https://www.researchgate.net/profile/Fabienne_Delfour)

### 1.2.3. L'équipe bateau

Les personnes suivantes seront amenées à être présentes sur le bateau et/ou à effectuer la collecte des données à bord du bateau et dans l'eau. Attention cette liste peut être soumise à des changements dus aux restrictions imposées par la pandémie.

- **Bertrand DENIS** : coordinateur du projet, assure le bon déroulement de l'ensemble des projets.  
CV : Expert écologue, 20 ans d'expérience, diplômé de l'école des métiers de l'environnement, il pilote notamment les programmes de recherche européens sur l'amélioration des connaissances des cétacés, depuis 2012. Il est également guide de Randonnée aquatique, skipper spécialisé dans l'approche des cétacés et plongeur professionnel Classe 1B.
- **Fabienne DELFOUR** : éthologue référente à l'action BEC, assure le bon déroulement de l'action BEC.  
CV : Dr ès Ethologie cognitive, HDR, chercheur associé au Laboratoire d'Ethologie Expérimentale et Comparée, Université Sorbonne Paris Nord et conceptrice de projets scientifiques (niveau 1). Spécialiste en éthologie, cognition et bien-être des cétacés. [https://www.researchgate.net/profile/Fabienne\\_Delfour](https://www.researchgate.net/profile/Fabienne_Delfour)
- **Beverley ECALLE** : éthologue et chargée de mission scientifique pour l'association ABYSS. Membre du binôme effectuant les mises à l'eau pour la récolte des données.  
CV : Diplômée d'une Master en éthologie (université de Paris 13). Expérience dans l'observation et l'approche des cétacés en milieu naturel de 1 an avec l'association ABYSS. <http://www.linkedin.com/in/beverley-ecalle>

- **Marion OVIZE** : Ecologue marine, membre du binôme effectuant les mises à l'eau pour la récolte des données.  
CV : Certification professionnelle de Marine Mammal Observer & Passive Acoustic Monitoring (MMO/PAM), master professionnel en ingénierie environnementale et master recherche en écologie marine et dulçaquicole. Gérante du bureau d'études "Pilathétis" spécialisé en expertises naturalistes et cartographie d'aide à la décision. <https://www.linkedin.com/in/marion-ovize-416ab41b/>
- **Olivier BORLET** : skipper.  
CV : Scaphandrier classe 1A, scaphandrier classe 2B, BEESAN, BEES 1 plongée, Moniteur fédéral FFESSM 2<sup>ème</sup> degré, instructeur PADI, Diplôme de capitaine 200, Permis de conduire les Moteurs Marins, Certificat Restreint d'opérateur, Moniteur nitrox et diplôme d'animateur en biologie marine (FFESSM).
- **Yann RICHARD** : skipper.  
CV : Diplôme d'état de moniteur d'activités de plongée subaquatique, permis côtier.
- **Eric HOARAU** : skipper.  
CV : Scaphandrier Professionnel (classe 2 A), Moniteur fédéral 1<sup>er</sup> degré de plongée sous-marine, Monitorat fédéral 2<sup>ème</sup> degré d'apnée, Permis mer hauturier, Brevet professionnel aquacole ; Certificat d'aptitude à l'hyperbarie classe 1 Mention B, Plongeur Nitrox et recycleur, Maitrise management du sport, Biomarine logistique.
- **Xavier MANTECA VILANOVA**: Zoo Animal Welfare Education Centre (ZAWEC). Department of animal and Food Science. School of Veterinary Science. Universitat Autònoma de Barcelona. Analyse des échantillons récoltés.  
CV: Xavier Manteca obtained his BVSc and his PhD at the Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) and his MSc on Applied animal Behaviour and Animal Welfare at the University of Edinburgh (Scotland). Currently, he is a professor at the Department of animal and food Science of the School of Veterinary Science at the UAB, where he teaches animal behaviour and animal welfare. [https://www.researchgate.net/profile/Xavier\\_Manteca](https://www.researchgate.net/profile/Xavier_Manteca)
- **Oriol TALLO PARRA**: Zoo Animal Welfare Education Centre (ZAWEC). Department of animal and Food Science. School of Veterinary Science. Universitat Autònoma de Barcelona. Analyse des échantillons récoltés.  
CV: Oriol Talló Parra obtained his BVs at the Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) where he also obtained his MSC in Research u animal and food Science (animal science speciality) and his PhD on animal welfare, as a post-doctoral researcher on animal welfare and behaviour at the School of Veterinary Science at UAB. [https://www.researchgate.net/profile/Oriol\\_Tallo-Parra](https://www.researchgate.net/profile/Oriol_Tallo-Parra)
- **Clara AGUSTI PUJOL** : Zoo Animal Welfare Education Centre (ZAWEC). Department of animal and Food Science. School of Veterinary Science. Universitat Autònoma de Barcelona. Analyse des échantillons récoltés.  
CV: Clara Agusti Pujol obtained his BVSc at the Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) where she also currently taken an MSc in animal Welfare. Moreover, she is a PhD student (directed by Prof; Manteca and DR Tallo-Parra) with a thesis focused on cetacean skin cortisol analysis.

- **Emmanuel Antorgiorgi** : Duocéan, Moniteur de plongée, gérant et créateur du concept de l'approche passive des cétacés. <https://www.linkedin.com/in/emmanuel-antorgiorgi-7b3b111a6/>

Le bateau de l'association ABYSS (Longimanus) sera utilisé pour les diverses sorties en mer liées à cette action ainsi que Bateau Péi dans le cadre des sorties réalisées avec l'équipe Duocéan.

### **1.3. LES MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR INTEGRER LES ENJEUX LIES AU ESPECES PROTEGEES**

#### **1.3.1. Organismes spécialisés participant au projet**

Le projet fait intervenir les partenaires suivants :

- Animaux et Compagnies, Paris, Fabienne DELFOUR, France  
Collecte de données physiologiques et éthologique. Encadrement en éthologie et sur le bien-être des cétacés.
- ZAWEC (Zoo Animal Welfare Education Center), Xavier MANTECA, Oriol TALLO PARRA, Espagne.  
Collecte et analyse des échantillons recueillis.
- Association ABYSS : ile de la Réunion, recueil des données en mer

#### **1.3.2. Etudes spécifiques et expertises**

L'élaboration du projet a fait appel aux expertises suivantes :

- Ethologie : analyse du comportement des cétacés (Fabienne Delfour, Beverley Ecalle)
- Biologie : Analyse des glucocorticoïdes fécaux et cutanés (ZAWEC)
- Acoustique : Analyse acoustique de l'impact de l'approche en bateau (Yann Doh)

## **2. LES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU PROJET**

### **2.1. LE PROJET**

#### **2.1.1. Situation**

La présence des cétacés dans l'Océan Indien représente un enjeu environnemental fort. En effet, sur les 21 espèces recensées, 3 des 4 espèces de dauphins les plus fréquemment observées sur la bande côtière des eaux réunionnaises présentent de sérieuses lacunes en termes de connaissances, empêchant l'évaluation de leur statut de conservation et le développement d'actions de protection efficaces. A cette dimension écologique s'ajoute une problématique d'ordre économique, puisque les delphinidés et les baleines à bosse, par leur fréquentation des eaux côtières, sont directement concernés par les perturbations d'origine

anthropique issues des activités économiques sur la bordure littorale (aménagement du territoire, développement touristique au travers notamment des activités nautiques). En conséquence d'un déficit d'image touristique attrayante du fait de la crise requin, d'un marché mondial du whale watching en forte expansion, d'aménagements littoraux au potentiel d'impact non négligeable sur la biodiversité marine, de la présence toute l'année de cétacés, l'enjeu écologique présent à la Réunion devient économique, et également un facteur de pression sur ces populations de mammifères marins. Il est donc urgent d'acquérir de données nécessaires pour améliorer les connaissances écologiques et éthologiques des espèces considérées, et d'autre part pour évaluer les effets des différentes activités humaines susceptibles de les impacter, Dr Delfour a initié ce projet BEC qui est porté par l'association ABYSS au sein de son projet CETOCEAN.

L'action BEC s'inscrit dans le projet de recherche appliquée CETOCEAN dont la finalité est de préciser l'état de santé des populations de cétacés, de mettre en évidence des facteurs de causalité potentiels pouvant éclairer sur les raisons de leur distribution spatiale, de leurs comportements intra et interspécifiques, au moyen d'études intégrées et complémentaires écho-acoustiques, écotoxicologiques et satellitaires. Le projet CETOCEAN se décline selon les 4 actions suivantes :

- 1) Projet CETOSCOPE : Pérennisation de l'acquisition de données écho-acoustiques à l'aide du dispositif Cetoscope caméra 360 doté de 4 hydrophones ;
- 2) Projet BEC : Evaluation du bien être des cétacés, objet de la présente demande ;
- 3) Projet THETYS : Faisabilité d'un suivi satellitaire par télédétection des populations de baleines à bosse et de leurs conditions d'environnement ;
- 4) Projet BioEparDev : Inventaire et caractérisation biologique des épaves flottantes ;

L'action BEC du projet CETOCEAN s'effectuera sur la période 2021/2023, au travers d'actions de recherche mobilisant des méthodes d'investigation communément admises et maîtrisées combinées à des méthodes de prélèvement de fèces, de peau et squame en vue d'évaluer le bien-être des cétacés en milieu naturel.

La présente demande de dérogation concerne uniquement l'action BEC dans la mesure où le protocole de prélèvement présenté ci-après peut constituer une perturbation intentionnelle pour les 3 espèces de dauphins concernés, au vu du rapprochement nécessaire pour récolter les échantillons de squames et fèces.

### 2.1.2. Objectifs de l'action BEC

Ce projet s'inscrit dans une étude plus vaste qui vise d'une part à collecter des données éthologiques sur plusieurs espèces de cétacés et de les corrélérer à des critères objectifs de bien-être sur des animaux *in situ* soumis à diverses pressions anthropiques. La multiplicité des espèces de cétacés présentes à La Réunion renforce le bienfondé et le poids de cette étude. Ces animaux montrent une variabilité dans leurs habitats, leurs habitudes alimentaires, leur organisation sociale ainsi que dans leurs traditions culturelles, il sera particulièrement intéressant d'analyser et de discuter ces facteurs sous le prisme actuel d'une approche holistique de l'évaluation du bien-être chez les animaux (Clegg et Delfour, 2018 ; Miller et al., 2018). Les espèces de cétacés présentes à La Réunion ont un statut IUCN différent ([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)) (Tableau 1).

**Tableau 1 : liste des espèces et statut des dauphins présents à la Réunion et étudiés pendant dans ce projet.**

Espèce	Statut
Grand dauphin ( <i>Tursiops truncatus</i> )	Préoccupation mineure (LC)
Grand dauphin de l'indo-Pacifique ( <i>Tursiops aduncus</i> )	Quasi menacé (NT)
Dauphin long bec ( <i>Stenella longirostris</i> )	Préoccupation mineure (LC)

Cependant l'utilisation de méthodes exclusivement non-intrusives n'aura qu'un faible impact sur les populations et la standardisation des approches permettra l'établissement de comparaisons interspécifiques qui renforcera le poids des résultats et des conclusions à en tirer. Par ailleurs, les pressions des activités humaines, en particulier sur les populations résidentes de dauphins, sont variables d'un endroit à un autre (Currey et al., 2009). Une étude de 2018 révèle le besoin fondamental d'études sur le bien-être des animaux en milieu naturel soumis à des pressions anthropiques diverses, variées et grandissantes (e.g. bruits anthropogéniques, pollution (chimique, micro et macro-débris plastiques), trafic maritime et interactions avec activités de whale-watching, prises accidentelles, etc.) (de Vere et al., 2018). Une récente étude portant sur le chlordécone retrouvé dans les tissus de certains cétacés présents en Guadeloupe souligne l'urgence à évaluer l'état de santé des populations de mammifères marins (Méndez-Fernandez et al., 2018). Les recherches actuelles du Dr Delfour portent sur l'établissement d'indicateurs objectifs de bien-être (Clegg et al., 2018 ; Clegg & Delfour, 2018a ; Clegg & Delfour, 2018b, Clegg et al., 2017a ; Clegg et al., 2017b ; Clegg et al., 2019 ; Delfour et al., 2020). Comme dans le travail de Méndez-Fernandez et al. (2018), il est important dans ce projet d'étudier une diversité d'espèces avec des écologies différentes, des occupations spatiales variables, des cognitions et des comportements dissemblables afin de pouvoir évaluer l'incidence de l'anthropisation en fonction de ces disparités. Le modèle actuel de mesure du bien-être animal prône une approche holistique et vante le mérite du modèle

de Webster (Clegg et Delfour, 2018 ; Webster, 2008), nous envisageons donc dans le long terme de collecter des données sur le comportement, la cognition, l'acoustique et la physiologie. En suivant les préconisations de Miller et al. (2018) et Clegg et Delfour (2018), les mesures comportementales aériennes et sous-marines se focaliseront notamment sur l'occurrence et le type d'interactions sociales, le niveau d'activité, l'aspect externe du corps et les mesures acoustiques des types de vocalises seront recontextualisées (Au, 1993 ; King et al., 2013 ; Rendell et Whitehead, 2004 ; Silva et al., 2017 ; Wildermuth et al., 2013 ; Zimmer et al., 2005). Nous souhaitons donc mener nos observations sur les espèces de cétacés présentes à La Réunion, telles que le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), le dauphin de l'indo-pacifique (*Tursiops aduncus*) et le dauphin à long bec (*Stenella longirostris*) afin de constituer une base de données qui sera utilisée pour alimenter les propres travaux de recherche des scientifiques du projet, et dont une partie sera mise à la disposition d'autres groupes de recherche au travers de collaborations scientifiques. Enfin, les mesures physiologiques comprendront notamment les fréquences respiratoires (Broom and Johnson 1993 ; Lopez et al. 2000 ; Southall et al. 2007), la collecte des fèces et de peau/squame des animaux. De nombreuses études sur la conservation de la faune ont pour but de comprendre le rôle du stress sur la santé et le bien-être des animaux (Romano et al. 2010). De manière générale, le stress implique l'incapacité de faire face à des changements survenant dans l'environnement et peut engendrer une sensibilité accrue aux maladies par immunosuppression, des effets délétères sur la santé (ostéoporose, baisse de la masse musculaire, augmentation de l'adiposité viscérale) et une réduction de la fertilité (Dobson et Smith 1995 ; Ferin 1999 ; Kirby 1990,). Les cétacés doivent faire face à de nombreux défis environnementaux, parfois d'origine anthropique (Fair et Becker 2000 ; de Vere et al., 2018 ; Méndes-Fernandez et al., 2018 ; Parsons et al., 2015), il y a donc un intérêt croissant pour développer très rapidement des outils permettant d'évaluer l'état physiologique des populations sauvages et de mesurer l'impact possible de facteurs engendrant un stress. Les analyses des hormones jouent un rôle clé dans les études portant sur la manière dont les animaux font face aux changements environnementaux. En effet l'activation de l'axe hypothalamo-hypophysaire-surrénalien est l'une des nombreuses réponses physiologiques internes et externes aux stimuli environnementaux susceptibles de défier l'homéostasie de l'animal (Mormede et al. 2007, Cook 2012). Les glucocorticoïdes (GC) ont été largement utilisés comme indicateurs de stress chez de nombreuses espèces. Étant donné que la poursuite, la capture et la manipulation des animaux sauvages entraînent une augmentation immédiate de leurs taux sériques de GC, des méthodes non invasives ont été développées pour évaluer le stress sans interférence causée par la collecte des échantillons. En effet, les hormones et leurs métabolites peuvent être excrétés dans divers fluides corporels dans lesquels ils peuvent être mesurés. La mesure de métabolites de corticoïdes fécaux peut donc être un biomarqueur pertinent d'une activité cortico-surrénalienne à long terme (Biancani et al., 2017). Par ailleurs, des études très récentes suggèrent que la peau de cétacé pourrait constituer une matrice intégrative pour

l'évaluation à long terme des glucocorticoïdes (Bechshoft et al., 2015 ; Godard-Codding et Fossi, 2018 ; Mercera et al., 2021 ; Tallo-Parra et al., 2015). Depuis le bateau, des échantillons de peau (peau morte) pourraient être prélevés par frottements avec un matériel stérile et/ou simplement par collecte de squames présents dans l'eau après passage des animaux, les concentrations de glucocorticoïdes (et/ou d'autres hormones) seront ainsi dosées. Le présent projet s'inscrit dans les études très actuelles de conservation de la faune sauvage et de la protection de la biodiversité car il participe à la mise au point et à la validation d'indicateurs potentiels de bien-être pour les cétacés. Le premier objectif est de collecter des informations sur le comportement des animaux observés. L'autre objectif du projet est d'évaluer le stress chronique des populations en combinant des données physiologiques, comportementales et cognitives, notamment en dosant des métabolites fécaux et cutanés des glucocorticoïdes chez ces animaux et en calculant leurs fréquences respiratoires. Pour cela, il est nécessaire de récolter des échantillons de fèces, après défécation spontanée et des échantillons de peau /squame. Les glucocorticoïdes sont considérés comme des hormones de stress et peuvent être mesurés dans différents tissus et fluides corporels : sang, tissu adipeux, salive, urine et fèces. Le prélèvement fécal est pratique car il s'agit d'une méthode non invasive ne nécessitant pas un contact direct avec l'animal. Il permet ainsi, après extraction des métabolites fécaux en laboratoire, de les doser. Pour cette étude, nous utiliserons une technique immuno-enzymatique (EIA) (Mercera, 2019 ; Mercera et al., 2021). Nous souhaitons collecter des fèces et des échantillons de peau/squame de manière opportuniste sur les espèces de cétacés rencontrées, afin de dresser un premier tableau de la situation et de constituer une banque de données dont les échantillons collectés pourront être mis à disposition de différents groupes de recherche. Afin de répondre à la demande de la communauté scientifique et à l'urgence écologique de la Planète, nous avons l'ambition de l'étendre à d'autres endroits du monde grâce à l'essor de nos collaborations scientifiques.

Les objectifs généraux de cette étude sont :

- Développer et tester la meilleure méthode de collecte de la peau et des matières fécales (grattées, non biopsiée) pour chaque espèce étudiée
- Pour étudier les facteurs de confusion potentiels affectant les concentrations d'hormones cutanées grattées (i.e. scraped skin hormone concentrations, SSHC), tels que les effets de localisation sur le corps du prélèvement cutané
- Valider une méthode d'extraction et de quantification d'hormones à partir de peau et de fèces chez ces espèces
- Évaluer la variabilité intra et interindividuelle des SSHC et FHC.
- Évaluer la variabilité intra et interspécifique des SSHC et FHC
- Mettre en place une banque de peau et de matières fécales pour de futures études et analyses

- Relier SSHC et FHC avec d'autres paramètres de bien-être (e.g. la santé) et de conservation en lien avec les contextes environnementaux

### **2.1.3. Caractéristiques techniques de l'action BEC**

La méthodologie utilisée combine une approche aérienne et sous-marine en vue de récolter des données éthologiques et physiologiques. Lors de périodes propices, ces cétacés tolèrent la présence de nageurs et il est donc possible d'envisager des observations longues, d'une durée continue maximale de 45min, en accord avec les principes d'approche des cétacés en vigueur à la Réunion. En fonction de la réaction du même groupe de cétacés, c'est-à-dire s'ils restent passifs, plusieurs sessions de collecte de données, espacées, pourront être réalisées. Une attention particulière sera portée aux manifestations d'inconfort des animaux qui engendrera l'arrêt immédiat de l'observation sous-marine et de la prise de vue aérienne. La collecte de données est cruciale pour ce projet de recherche. Ces observations se feront à partir de nageurs en surface, d'une part parce que nous ne souhaitons pas utiliser des bouteilles de plongée et d'autre part, parce que les cétacés consacrent une partie conséquente de leur budget temps à évoluer proches de la surface. Nous utiliserons une caméra Go-Pro pour enregistrer les comportements des animaux échantillonnés (fèces). Il est intéressant de noter que le même protocole d'extraction des stéroïdes que celui utilisé dans l'analyse des glucocorticoïdes permet d'évaluer les concentrations d'autres stéroïdes en modifiant simplement l'EIA utilisé. Ainsi, les échantillons fécaux et cutanés recueillis pourraient être utilisés pour des analyses de glucocorticoïdes mais également pour la détection d'autres hormones telles que les hormones thyroïdiennes (stress nutritionnel) ou la testostérone/progestérone (statut reproducteur), entre autres, permettant aux chercheurs d'obtenir des données physiologiques significatives et variées sur les individus étudiés si cela est souhaité. Les analyses des métabolites fécaux de glucocorticoïdes fourniraient une mesure intégrative validée de la réponse au stress à moyen et à long terme sur des individus sauvages, dans le but de détecter les relations entre l'état de stress et d'autres facteurs susceptibles d'affecter la survie de la population (tels que la santé ou la reproduction). Dans le cas d'échantillons cutanés, le présent projet participera à la validation de leurs concentrations en glucocorticoïdes en tant qu'indicateur de bien-être, en mettant en corrélation les concentrations de cortisol cutané avec d'autres indicateurs de bien-être (comportemental et endocrinien). Chez les dauphins entraînés, la collecte de la peau est facile et peu invasive. Elle se fait en frottant la peau avec une carte en plastique sans avoir besoin d'une forte pression et seulement une petite quantité d'échantillon (environ 50 mg de peau sèche) est nécessaire (Tallo-Parra, communication personnelle). Cependant, malgré la facilité de collecte et les avantages potentiels, une seule étude a analysé les concentrations de cortisol chez les dauphins sauvages et ces animaux étaient morts. Par conséquent, l'objectif principal en ce qui

concerne les analyses cutanées sera de développer et de tester des méthodes peu invasives pour l'échantillonnage cutané des dauphins sauvages. Le système d'échantillonnage consistera en une longue perche sur laquelle seront disposés des collecteurs de peau stériles (cf. plus bas). Les collecteurs de peau seront constitués de différents types de brosse/éponge douce avec la capacité de collecter de petites particules de la couche externe de la peau sans aucun dommage externe ni visible. Le processus de collecte consistera en un expérimentateur placé dans un bateau muni de ce dispositif. La quantité totale de peau collectée (mg de peau sèche), le degré de perte d'échantillon, les comportementales des dauphins seront évalués afin de décrire la méthode la meilleure et la moins invasive pour collecter de la peau chez les cétacés sauvages.

#### **2.1.4. Protocole**

La collecte de données pour le projet BEC nécessite la mise à l'eau de 2 nageurs, l'un pour filmer les animaux échantillonnés à l'aide d'une caméra Go-Pro et l'autre pour collecter les fèces et/ou peau/squame. Les personnes, équipées avec Palme-Masque-Tuba (PMT), resteront en surface sans rechercher l'interaction avec les cétacés. La collecte des fèces se fera par une seule personne immergée, elle-même équipée en PMT et ne recherchant pas d'interaction avec les cétacés. Les échantillons de peau morte présents dans l'eau seront collectés par la personne immergée en charge de collecter les fèces et/ou par une personne à bord du bateau utilisant un dispositif stérile pour frotter les animaux (Godard-Codding & Fossi, 2018). Cette mission respectera les préconisations d'Accobams, et notamment la résolution 4.18 ([www.accobams.org](http://www.accobams.org)). L'approche du bateau à moteur se fera en respectant la charte d'approche et d'observation des mammifères marins mise en place à La Réunion (<http://www.reunion.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/charteideal2017mep-bat.pdf>). Le bateau à moteur restera, moteur éteint, à distance (300m) des nageurs pendant la collecte des données. Le pilote sera aidé par un ou deux observateurs à bord pour assurer la sécurité des nageurs. Il pourra décider de faire route vers les nageurs en cas de problème et de danger avéré. Ce projet ne nécessite aucune émission sonore (pas de diffusion sonore par haut-parleur et les nageurs n'émettront aucun son), et aucun déploiement d'instruments électroniques sur le corps des dauphins et aucune poursuite intentionnelle (les dauphins sont libres de leurs mouvements, et peuvent apparaître et disparaître du champ visuel à leur gré). Les présences d'autres nageurs ou d'autres bateaux d'observation, même si elles ne sont pas souhaitées pour éviter tout dérangement additionnel des dauphins, ne sont pas un obstacle au déroulement de la mission. Notre consortium regroupe des chercheurs et des experts dirigeant des travaux de recherche sur la santé et le 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'ils étudient.

Le calcul du nombre d'échantillons est très approximatif car tributaire des rencontres opportunistes avec les animaux. Cependant un calcul a été produit par les chercheurs du ZAWEC :

- Nombre d'espèces étudiées : 3
- Nombre d'individus par espèce : minimum de 10
- Nombre d'échantillons de peau par individu : 2 à 4
- Nombre total d'échantillon de peau attendus : 60-120
- Nombre d'échantillons fécaux par individu : 1 à 2
- Nombre total d'échantillon fécaux attendus : 0-100

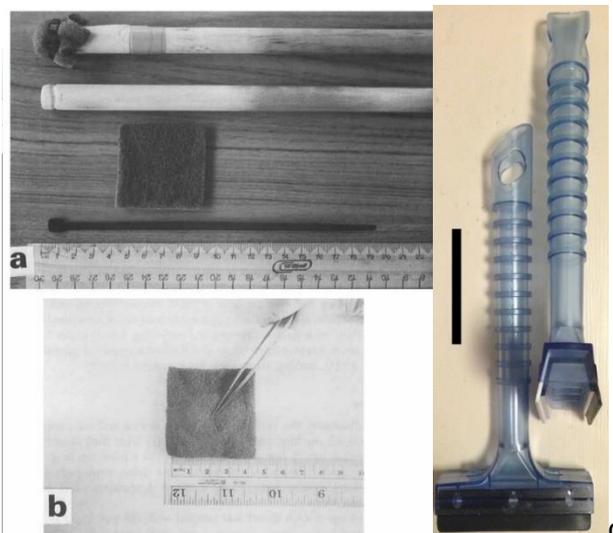
Récolte des échantillons :

Important : la collecte de peau et de fèces de cétacés peut varier en fonction de différents facteurs (incluant l'approche de l'animal et son comportement, opportunités de récoltes inattendues et autres) et des adaptations seront faites sur le terrain en fonction de ces facteurs.

Peau : Des échantillons de peau de cétacés à l'état sauvage ont déjà été prélevés de manière non invasive et sans manipulation directe de l'animal pour des analyses ADN et hormonales (Harlin et al., 1999 ; Bechshoft et al., 2015), à l'aide de tampons de cuisine (figures 1a et b) ou un grattoir caoutchouté (figure 1c), mais avec un succès mitigé. La figure 1a illustre le dispositif d'échantillonnage assemblé et ses composants lors de l'utilisation de grattoir de cuisine. Suivant la méthodologie d'Harlin et al. (1999), des chevilles en bois de 62 cm de long et 1 cm de diamètre ont été limées à une extrémité pour produire un bout arrondi. Une jante a été façonnée sur l'extrémité poncée en découpant une rainure peu profonde autour de l'extrémité de la cheville. De nouveaux tampons à récurer en nylon ont été découpés en carrés de 4 cm x 4 cm, emballés individuellement dans une feuille d'aluminium et stérilisés dans un autoclave. La pointe arrondie de chaque cheville a été recouverte d'un doigt coupé d'un gant en latex propre collé sur la cheville, pour protéger le bois de l'eau et de la contamination à la suite d'une utilisation répétée. Sur le revêtement en latex, un morceau carré de tampon de nettoyage stérile a été attaché avec une attache de câble en plastique et ensuite recouvert d'un doigt coupé dans un gant en latex pour éviter la contamination. Les chevilles ont été préparées avant chaque excursion en bateau et ont été facilement réinstallées sur le terrain pour un échantillonnage supplémentaire.

Comme mentionné précédemment, un grattoir à vitre caoutchouté, (figure 1c) est jugé plus efficace par rapport aux méthodes d'échantillonnage cutané non invasives selon Bechshoft et al. (2015). Les deux méthodes seront préparées et testées au cours des premiers

jours/tentatives d'échantillonnage afin de définir la meilleure méthodologie compte tenu des circonstances existantes.



**Figures 1a, 1b et 1c : photos des outils de prélèvement cutanées.**

Une fois que l'animal approche la surface de l'eau, les cellules épidermiques seront prélevées sur sa surface dorsale et latérale en réalisant un contact bref et délicat entre sa peau et le tampon stérile.

Pour les échantillons de peau, l'espèce, la zone et le côté de prélèvement sur le corps, la date et le temps seront enregistrés, ainsi que toute autres informations (telles que l'individu et le groupe, le sexe, l'âge / l'état de maturité, la santé, la zone maritime, entre autres).

Fèces : en suivant et en adaptant le protocole de Roland et al. (2005), après avoir observé la défécation, un « dipnet » à mailles de nylon de 300  $\mu\text{m}$  (Sea-Gear, Melbourne, FL) attaché à un crochet télescopique ou une petite boîte stérile seront utilisés pour ramasser autant de matières fécales que possible à la surface de l'eau. De nombreuses incertitudes sont liées au prélèvement fécal (si les individus défèquent pendant les périodes d'échantillonnage, le degré et la vitesse de dilution fécale et autres). Ainsi, cette méthodologie est susceptible de modifications importantes.

Pour les échantillons de matières fécales, les espèces, la date et l'heure seront enregistrées, ainsi que d'autres informations potentiellement collectables (telles que l'individu et le groupe, le sexe, l'âge / stade de maturité sexuelle, la santé, la zone maritime, entre autres).

L'approche des navires animaux / groupes se fera selon les lignes directrices établies, en garantissant aucune perturbation ou perturbation minimale de l'activité et du comportement de l'animal / du groupe.

Conditionnement et transport :

Peau : Après le prélèvement, les échantillons de peau seront congelés à -20 ° C dès que possible (bien qu'ils soient probablement stables à température ambiante pendant plusieurs minutes). Si les échantillons ne peuvent pas être congelés dans un délai de 15 minutes, ils seront réfrigérés (en utilisant une glacière et des packs de congélation) jusqu'à ce qu'ils soient congelés.

Fèces : Les matières fécales seront centrifugées dans un délai de 15 minutes et le surnageant sera éliminé par décantation. Le culot restant sera immédiatement congelé à -20 ° C après décantation. Si les échantillons ne peuvent pas être centrifugés et congelés dans un délai de 15 minutes, ils seront réfrigérés (en utilisant un refroidisseur et des packs de congélation) jusqu'à ce qu'ils soient centrifugés. Surtout, la réfrigération peut réduire l'activité bactérienne mais pas l'arrêter, de sorte que les échantillons réfrigérés seront traités dès que possible.

Le transport des échantillons vers le laboratoire se fera congelé (-20 ° C).

#### **2.1.4. Calendrier**

L'action est prévue pour une durée 24 mois, à partir de 2021 (accord de la demande de dérogation) jusqu'à la fin du projet soit 2023.

#### **2.1.5. Contexte réglementaire**

A la Réunion, il existe un arrêté préfectoral portant réglementation de l'approche et de l'observation des cétacés.

ABYSS a effectué une demande de dérogation et une instruction du Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN) et la DEAL afin de pouvoir approcher les dauphins à une distance de 30m et les baleines à bosse à une distance de 50m. Cette dérogation a été accordée le 16 décembre 2019.

L'arrêté a été modifié le 20 juillet 2020 avec principalement l'ajout de deux mesures :

- Mise en place d'une période de quiétude : Observation des cétacés autorisée uniquement de 9h00 à 18h00 et mise à l'eau autorisée de 9h00 à 16h00.
- Mise à l'eau ne peut être pratiquée qu'en présence d'un accompagnateur titulaire d'un brevet ou diplôme en cours de validité prouvant ses capacités d'encadrement d'activités subaquatiques.

La présente nouvelle demande de dérogation est effectuée dans le but d'obtenir les autorisations suivantes :

- Prélèvement de fèces dans l'eau par un nageur en présence des dauphins qui défèquent
- Prélèvement de squames/peau dans l'eau par un nageur en présence des dauphins
- Prélèvement de squames/peau à bord du bateau à l'aide d'une perche et d'un collecteur de peau stérile lorsque les dauphins sont à l'étrave
- L'autorisation de mise à l'eau pour ces prélèvements sur la période autorisée par l'arrêté soit 9h – 16h et également sur la période de 7h à 9h.
- L'autorisation de se rapprocher à moins de 15m des dauphins par un des deux nageurs pour la récolte de fèces, si cela est nécessaire. La récolte se fera à la suite du passage du groupe de dauphins lorsque cela sera possible.

### 3. OBJET DE LA DEMANDE DE DEROGATION

#### 3.1. ZONE GEOGRAPHIQUE

Dans le cadre de cette action, des prospections en mer seront réalisées sur la côte Ouest de l'île de la Réunion en partant du Port (Le Port 97420) et pourront s'étendre jusqu'au large de Saint Leu (97413), sur des profondeurs de 10m jusqu'à 600m en fonction du lieu d'observation des groupes de dauphins (Figure 2). Les mises à l'eau seront réalisées dans les zones ne présentant pas/peu de risque requin (pas de mise à l'eau proche des côtes).

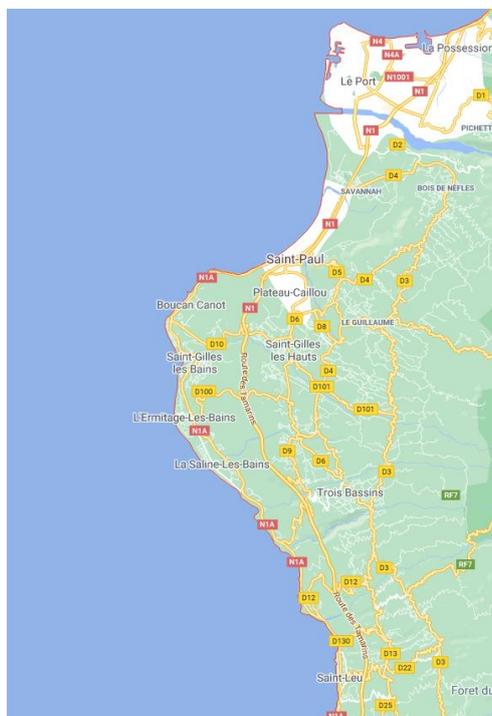


Figure 2 : zone géographique maritime concernée par l'étude.

## **3.2. IMPACT SUR LES ESPECES CONCERNEES**

Cette mission respectera les préconisations d'Accobams, et notamment la résolution 4.18 ([www.accobams.org](http://www.accobams.org)). L'approche du bateau à moteur se fera en respectant l'arrêté préfectoral en vigueur à la Réunion. Le bateau à moteur restera, moteur éteint, à distance (300m) des nageurs pendant la collecte des données. Le pilote sera aidé par un ou deux observateurs à bord pour assurer la sécurité des nageurs. Il pourra décider de faire route vers les nageurs en cas de problème et de danger avéré.

Ce projet ne nécessite aucune émission sonore (pas de diffusion sonore par haut-parleur et les nageurs n'émettront aucun son), et aucun déploiement d'instruments électroniques sur le corps des dauphins et aucune poursuite intentionnelle (les dauphins sont libres de leurs mouvements, et peuvent apparaître et disparaître du champ visuel à leur gré).

### **3.3.1. Impact acoustique**

L'impact de l'approche en bateau peut présenter un impact sur les cétacés. En effet, le bruit du moteur peut occasionner une gêne. Cependant le moteur sera éteint lors des manipulations en mer afin de diminuer la gêne occasionnée. De plus, notre chercheur référent en acoustique, Yann Doh, a réalisé une étude afin de l'évaluer (cf. annexe).

### **3.3.2. Impact de la présence humaine à l'eau**

La présence de nageurs peut également impacter les groupes de cétacés. Cependant, le protocole nécessite la présence de seulement deux personnes à l'eau contre 10 autorisées par l'arrêté préfectoral en vigueur. Ceci permet de minimiser les risques de perturbations mais d'assurer à la fois à l'eau une vigilance requise. Aucune poursuite ne sera réalisée sur les groupes de dauphins et le prélèvement de fèces ou de squames à l'eau sera effectué après le passage du groupe de cétacés.

### **3.3.3. Impact des prélèvements sur les dauphins**

Les méthodes utilisées dans cette étude ont été choisies car elles sont moins impactantes que d'autres méthodes couramment utilisées. En effet, les prélèvements de fèces et de squames à l'eau ne présentent pas d'impact direct sur les dauphins si ce n'est la présence des nageurs à l'eau et le bruit moteur à l'approche du bateau. Concernant le prélèvement de peau sur le corps des dauphins, cette méthode est beaucoup moins impactante que les prélèvements par biopsie réalisée sur les animaux vivants.

### **3.3.4. Impact sur l'environnement**

Aucun impact sur l'environnement ne sera engendré lors de cette action ainsi qu'aucune détérioration de l'habitat.

### **3.3.5. Impact sur les ressources alimentaires des espèces protégées**

Aucun impact ne sera généré sur les ressources alimentaires de ces espèces protégées, les mises à l'eau ne seront pas effectuées sur des dauphins ayant un comportement de chasse et nourrissage.

### **3.3.6. Impact sur la reproduction des espèces protégées**

Aucun impact ne sera généré sur les comportements de reproduction de ces espèces protégées. En effet, les mises à l'eau seront effectuées sur des groupes de dauphins « calmes » comme suggéré par l'arrêté.

### 3.3.7. Synthèse des impacts et mesures sur les espèces protégées

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Etat de conservation	Impact brut de l'action	Mesures de réduction	Impact après mesures	Mesures de compensation et suivi	Impact résiduel
Grand dauphin	<i>Tursiops truncatus</i>	Espèce en préoccupation mineure	Faible lors des prélèvements dans l'eau, plus élevé sur les prélèvements directs de peau	Utilisation des méthodes les moins invasives	Aucun	Amélioration des connaissances sur l'état de bien-être des dauphins en milieu naturel soumis à diverses pressions anthropiques.  Meilleure conservation par la prise de mesures adéquates.	Aucun
Grand dauphin de l'Indo-Pacifique	<i>Tursiops aduncus</i>	Espèce quasi menacée	Faible lors des prélèvements dans l'eau, plus élevé sur les prélèvements directs de peau		Aucun		Aucun
Dauphin à long bec	<i>Stenella longirostris</i>	Espèce en préoccupation mineure	Faible lors des prélèvements dans l'eau, plus élevé sur les prélèvements directs de peau		Aucun		Aucun

### 3.3. PIECES DU DOSSIER DE DEMANDE DE DEROGATION

Le dossier de demande de dérogation est composé des pièces suivantes :

- Le présent rapport ;
- Le document CERFA ;
- Une déclaration de manifestation nautique
- Le protocole expérimental (en anglais ZAWEC)
- Etude d'impact acoustique (Yann Doh)

## 4. CONCLUSION SUR LE MAINTIEN DE L'ETAT DE CONSERVATION DES ESPECES PROTEGEES

Dauphin de l'indo-pacifique (*Tursiops aduncus*) : ce projet n'entraînera pas de conséquences dommageables sur l'état de conservation du grand dauphin de l'indo-Pacifique ni à l'échelle locale de la Réunion. Aucune modification de l'environnement ne sera engendrée.

Grand dauphin (*Tursiops truncatus*) : ce projet n'entraînera pas de conséquences dommageables sur l'état de conservation du grand dauphin ni à l'échelle locale de la Réunion. Aucune modification de l'environnement ne sera engendrée.

Dauphin long bec (*Stenella longirostris*) : ce projet n'entraînera pas de conséquences dommageables sur l'état de conservation des dauphins à long bec ni à l'échelle locale de la Réunion. Aucune modification de l'environnement ne sera engendrée.

## 5. BIBLIOGRAPHIE

Au, W.W.L. (1993). The Sonar of Dolphins. New York: Springer-Verlag. 277 pp.

Bechshoft, T., Wright, A. J., Weisser, J. J., Teilmann, J., Dietz, R., Hansen, M., ... & Styrihave, B. (2015). Developing a new research tool for use in free-ranging cetaceans: recovering cortisol from harbour porpoise skin. Conservation physiology, 3(1).

Biancani, B., Dalt, L. D., Gallina, G., Capolongo, F., & Gabai, G. (2017). Fecal cortisol radioimmunoassay to monitor adrenal gland activity in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) under human care. Marine Mammal Science.

Boisseau, O., Leaper, R., Moscrop, A., & Embankment, A. (2006). Observations of small cetaceans in the Eastern Caribbean. Paper SC/58/SM24 presented to the IWC Scientific Committee, St. Kitts & Nevis.[Available from IWC Secretariat, Cambridge, UK].

Broom, D. M., and Johnson, K. G. 1993. Stress and animal welfare. London, Melbourne, Chapman and Hall.

Caldwell, M. C., D. K. Caldwell and P. L. Tyack. (1990). Review of the signature whistle hypothesis for the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. in S. Leatherwood and R. R. Reeves, eds. The Bottlenose Dolphin. Academic Press, New York. Pages 199-234

Carbajal, A., Tallo-Parra, O., Monclús, L., Vinyoles, D., Solé, M., Lacorte, S., & López-Bejar, M. (2019). Variation in scale cortisol concentrations of a wild freshwater fish: habitat quality or seasonal influences?. *General and comparative endocrinology*, 275, 44-50.

Carbajal, A., Reyes-López, F. E., Tallo-Parra, O., Lopez-Bejar, M., & Tort, L. (2019). Comparative assessment of cortisol in plasma, skin mucus and scales as a measure of the hypothalamic-pituitary-interrenal axis activity in fish. *Aquaculture*, 506, 410-416.

Clegg, I. L., & Delfour, F. (2018). Can We Assess Marine Mammal Welfare in Captivity and in the Wild? Considering the Example of Bottlenose Dolphins. *Aquatic Mammals*, 44(2).

Clegg, I. L. K., Rödel, H. G., Boivin, X., & Delfour, F. (2018). Looking forward to interacting with familiar humans: dolphins' anticipatory behaviour indicates their motivation to participate in specific events. *Applied Animal Behaviour Science*.

Clegg ILK & Delfour F, (2018)a. Can we assess marine mammal welfare in captivity and in the wild? Considering the example of bottlenose dolphins. *Aquatic Mammals*, Special issue "WELFARE, 44.

Clegg, I. L. K., & Delfour, F. (2018)b. Cognitive judgement bias is associated with frequency of anticipatory behaviour before training sessions in bottlenose dolphins. *Zoo Biology*, 37(2), 67-73.

Clegg, I. L. K., Rödel, H. G., Cellier, M., Vink, D., Michaud, I., Mercera, B., Böye, M., Hausberger, M., Lemasson, A. & Delfour, F. (2017). Schedule of human-controlled periods structures bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) behavior in their free-time. *Journal of Comparative Psychology*. 131(3), 214-224.

Clegg, I. L. K., van Elk, C. E., & Delfour, F. (2017)a. Applying welfare science to bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Animal Welfare*, 26, 165-176.

Clegg, I. L. K., Rödel, H. G. & Delfour, F. (2017)b. Bottlenose dolphins engaging in more social affiliative behaviour judge ambiguous cues more optimistically. *Behavioural Brain Research*, 322, 115-122.

Clegg, I.L., Rödel, H.G., Mercera, B., vanderHeul, S., Schrijvers, T., deLaender, P., ... & Delfour, F. (2019). Dolphins' willingness to participate (WtP) in positive reinforcement training as a potential

welfare indicator ,where WtP predicts early changes in health status .Frontiers in Psychology,10,2112.

Cook, N. J. 2012. Review: Minimally invasive sampling media and the measurement of corticosteroids as biomarkers of stress in animals. Canadian Journal of Animal Science 92:227–259.

Currey R J C, Dawson SM., Slooten E. (2009). An approach for regional threat assessment under IUCN Red List criteria that is robust to uncertainty: The Fiordland bottlenose dolphins are critically endangered, Biological Conservation, 142, p 1570-1579

Delfour, F., Monreal-Pawlowsky, T., Vaicekauskaite, R., Pilenga, C., Garcia-Parraga, D., Rödel, H. G., ... & Mercera, B. (2020). Dolphin Welfare Assessment under Professional Care: 'Willingness to Participate', an Indicator Significantly Associated with Six Potential 'Alerting Factors'. *Journal of Zoological and Botanical Gardens*, 1(1), 42-60.

De Vere, A. J., Lilley, M. K., & Frick, E. E. (2018). Anthropogenic Impacts on the Welfare of Wild Marine Mammals. *Aquatic Mammals*, 44(2).

Dobson, H., and R. F. Smith. 1995. Stress and reproduction in farm animals. *Journal of Reproduction and Fertility Supplement* 49:451–461.

Fair, P. A., and P. R. Becker. 2000. Review of stress in marine mammals. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery* 7:335–354.

Ferin, M. 1999. Stress and the reproductive cycle. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 84:1768–1774.

Gandilhon, N. (2012). Contribution au recensement des cétacés dans l'archipel de Guadeloupe. Rapport de thèse, Université des Antilles.

Gardela, J., Carbajal, A., Tallo-Parra, O., Olvera-Maneu, S., Álvarez-Rodríguez, M., Jose-Cunilleras, E., & López-Béjar, M. (2020). Temporary Relocation during Rest Periods: Relocation Stress and Other Factors Influence Hair Cortisol Concentrations in Horses. *Animals*, 10(4), 642.

Godard-Codding, C. A., & Fossi, M. C. (2018). Field Sampling Techniques and Ecotoxicologic Biomarkers in Cetaceans. In *Marine Mammal Ecotoxicology* (pp. 237-259). Academic Press.

Harlin, A.D., Wursig, B., Baker, C.S., Markowitz, T.M., 1999. Skin swabbing for genetic analysis: application to dusky dolphins (*lagenorhynchus obscurus*). *Mar. Mammal Sci.* 15, 409–425. doi:10.1111/j.1748-7692.1999.tb00810.x

Kirby, V. L. 1990. Endocrinology of marine mammals: Marine mammal behavioural diagnosis. L. A. Dierauf and F. M. D. Gulland, eds. CRC handbook of marine mammal medicine. 1st edition. CRC Press, Boca Raton, FL.

King, S. L., & Janik, V. M. (2013). Bottlenose dolphins can use learned vocal labels to address each other. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(32), 13216-13221.

King, S. L., Sayigh, L. S., Wells, R. S., Fellner, W., and Janick, V. M. (2013). Vocal copying of individually distinctive signature whistles in bottle- nose dolphins. *Proc R Soc Lond B* 280,201300.

López, D. B., Mussi, B., Miragliuolo, A., Chiota, D., and Valerio, L. 2000. Respiration patterns of fin whales off Ischia, Archipelago Campano, Mediterranean Sea. *European research on cetaceans*. 14: 125-129.

Méndez-Fernandez, P., Kiszka, J. J., Heithaus, M. R., Beal, A., Vandersarren, G., Caurant, F., ... & Montone, R. C. (2018). From banana fields to the deep blue: Assessment of chlordecone contamination of oceanic cetaceans in the eastern Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, 137, 56-60.

Mercera, K. (2019). Le dosage du cortisol fécal: faisabilité, intérêts et limites dans l'étude du bien-être du grand dauphin (*Tursiops truncatus*). Thèse soutenue le 24/01/2019, ENVA, Maisons Alfort.

Mercera, K, Pilot-Storck, F, Mercera, B, Gilbert, C, & Delfour, F. (2021) Exploration of fecal glucocorticoid metabolites in the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) under human care by enzyme immunoassay. *J. Aquat. Mam.* (accepté).

Miller, D. S., Anthony, R., & Golab, G. (2018). Assessing Aquatic Mammal Welfare While Assessing Differing Values and Imperfect Tradeoffs. *Aquatic Mammals*, 44(2), 116-141.

Monclús, L., Tallo-Parra, O., Carbajal, A., Quevedo, M. A., & Lopez-Bejar, M. (2020). Feather corticosterone in Northern Bald Ibis *Geronticus eremita*: a stable matrix over time able to predict reproductive success. *Journal of Ornithology*, 1-11.

Mormede, P., S. Andanson, B. Aup\_erin, et al. 2007. Exploration of the hypothalamic–pituitary–adrenal function as a tool to evaluate animal welfare. *Physiology & Behavior* 92:317–339.

Parsons, E. C. M., Baulch, S., Bechshoft, T., Bellazzi, G., ..., Hoffmann-Kuhnt, M ... & Livermore, S. (2015). Key research questions of global importance for cetacean conservation. *Endangered Species Research*, 27(2), 113-118.

Rendell, L., & Whitehead, H. (2004). Do sperm whales share coda vocalizations? Insights into coda usage from acoustic size measurement. *Animal Behaviour*, 67(5), 865-874.

Rinaldi, C., Rinaldi, R., & Sahagian, P. (2006). Report of surveys conducted on small cetaceans off Guadeloupe 1998 to 2005. Working document SC/58/SM17 presented to the IWC Scientific Committee. St. Kitts and Nevis.[Available from IWC Secretariat, Cambridge, UK].

Rolland, R.M., Hunt, K.E., Kraus, S.D., Wasser, S.K., 2005. Assessing reproductive status of right whales (*Eubalaena glacialis*) using fecal hormone metabolites. *Gen. Comp. Endocrinol.* 142, 308–317. doi:10.1016/j.ygcen.2005.02.002

Romano, M. C., Rodas, A. Z., Valdez, R. A., Hernández, S. E., Galindo, F., Canales, D., & Brousset, D. M. (2010). Stress in wildlife species: noninvasive monitoring of glucocorticoids. *Neuroimmunomodulation*, 17(3), 209-212.

Silva, T. L., Aran Mooney, T., Sayigh, L. S., Baird, R. W., & Tyack, P. L. (2017). Successful suction-cup tagging of a small delphinid species, *Stenella attenuata*: Insights into whistle characteristics. *Marine Mammal Science*, 33(2), 653-668.

Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Greene, Jr C. R., and Richardson, W. J. 2007. Structure of the noise exposure criteria. *Aqu. Mamm.* 33(4): 427.

Webster, J. (2008). *Animal Welfare: limping towards eden: A practical approach to redressing the problem of our dominion over the animals.* John Wiley & Sons.

Wildermuth, R. P., Anadón, J. D., and Gerber, L. R. (2013), Monitoring behavior: assessing population status with rapid behavioral assessment. *Conservation Letters*, 6: 86–97.

Yoshida, H., Compton, J., Punnett, S., Lovell, T., Draper, K., Franklin, G., ... & Kato, H. (2010). Cetacean sightings in the eastern Caribbean and adjacent waters, spring 2004. *Aquatic Mammals*, 36(2), 154.

Zimmer, W. M. X., Tyack, P. L., Johnson, M. P., and Madsen, P. T. (2005). Three-dimensional beam pattern of regular sperm whale clicks confirms bent-horn hypothesis, *J. Acoust. Soc. Am.*, 117(3): 1473-1485

# ANNEXE

## Estimation de l'Impact acoustique du navire d'investigation scientifique

*(Yann Doh)*

➤	Table des matières	
1.	<a href="#">Introduction</a>	26
2.	<a href="#">Source de bruit</a>	26
3.	<a href="#">Méthode</a>	27
4.	<a href="#">Résultats</a>	27
4.1	<a href="#">Paramètres d'entrée</a>	27
4.2	<a href="#">Résultats des simulations</a>	29
5.	<a href="#">Discussion/Conclusion</a>	32
6.	<a href="#">Bibliographie</a>	33

### 1. Introduction

L'utilisation du bateau de recherche génère du bruit qui se propage dans le milieu marin. L'objectif de cette étude est de caractériser les niveaux sonores attendus et d'évaluer les distances de propagation. Les résultats des estimations sont obtenus par simulation acoustique décrite dans les sections suivantes.

### 2. Source de bruit

Le bruit généré par ce type d'activité est complexe à modéliser car il résulte de plusieurs sources émettant simultanément : moteur de bateau, pompes, bruit généré par le flux. En l'absence de données acoustiques précises sur le navire, la présente étude repose sur les données d'intensité à la source et relatives au contenu spectral extrait de Veirs et al 2016 (Fig. 1). Nous considérerons que les caractéristiques sont similaires à celles d'un navire de type recherche ou plaisance. Pour la simulation, les valeurs retenues correspondent aux scénarii les plus bruyant. Nous estimons donc les niveaux les plus élevés.

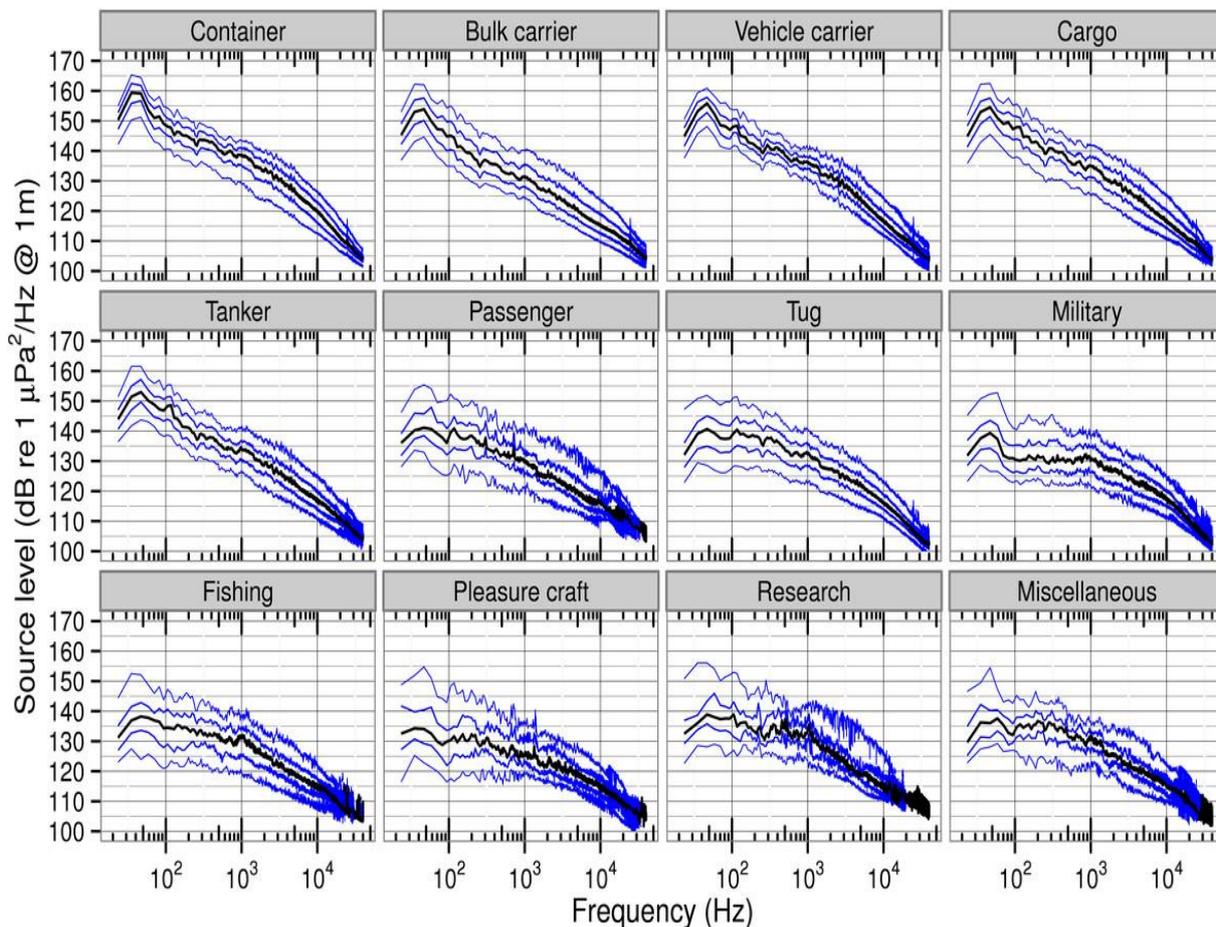


Figure 1 : Contenu spectral et Intensité à la source pour différent type de bateaux.

- SL= 150 dB @ 100 Hz
- SL= 145 dB @ 200 Hz
- SL= 140 dB @ 300 Hz
- SL= 135 dB @ 500 Hz

### 3. Méthode

Les simulations sont réalisées avec le modèle RAMSGeo proposé dans la Toolbox AcTUP v2.2L, développé, sous Matlab, par le Centre for Marine Science and Technology (CMST). Ce modèle, écrit par Mike Collins du Laboratoire de Recherche Naval Américain, est présenté comme adapté aux fonds marins qu'il est possible de décrire par des substrats à caractère élastique, c'est-à-dire de type boueux. RAMSGeo reprend les mêmes notations définies dans RAMGeo, spécifiques pour l'étude de propagation dans des substrats liquides, ainsi que les mêmes entrées-sorties (fig. 2).

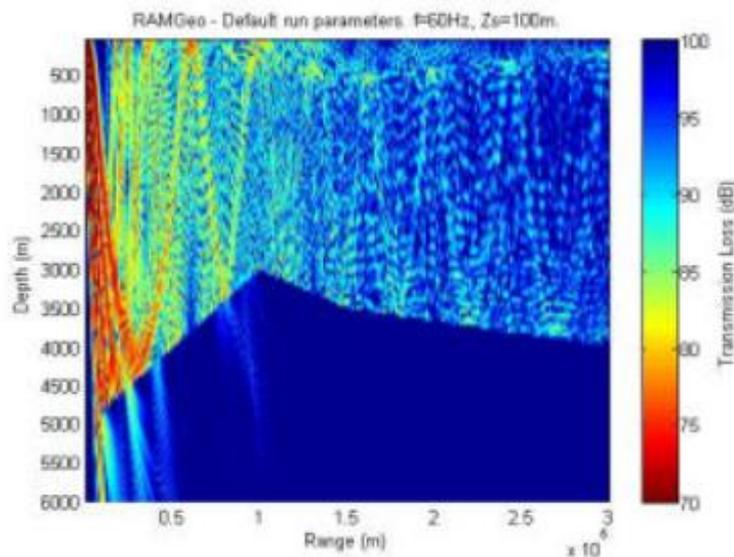


Figure 2 : illustration de RAMGeo (extrait de Duncan and Maggi, 2009).

Pour simuler les pertes acoustiques dues à la propagation de l'onde sonore tout autour de la source, il est nécessaire de préciser à ce modèle mathématique : la profondeur de la source, la fréquence du son émis, la bathymétrie à la résolution souhaitée. Le calcul mathématique consiste à estimer les pertes de propagation dans la colonne d'eau. On précise alors la distance et la profondeur à laquelle se trouverait un récepteur virtuel, et on obtient alors une cartographie acoustique de la zone, c'est-à-dire une représentation 2D dans le plan longitude, latitude par interpolation numérique. Il faut noter que ce type de simulation ne prend pas en compte les effets tridimensionnels de la propagation acoustique (interférences et diffraction dans le plan horizontal).

### 4. Résultats

#### 4.1 Paramètres d'entrée

➤ **Modélisation de la source acoustique**

La source acoustique est considérée comme une source ponctuelle, placée à 1 m sous la surface de l'eau. Au regard des spectres de ce type de bruit, l'essentiel de l'énergie du signal est véhiculé entre des fréquences de 0 à 500 Hz. Cet intervalle sera balayé par des tirs de fréquence : 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz et 500 Hz.

➤ **Profil de bathymétrie**

Les zones prospectées pour rechercher les mammifères marins dans le contexte des études d'ABYSS sont dites de « sec » et se terminant vers la cote par un platier avec des profondeurs < 20 m. Le profil de bathymétrie est généralement de type petits fond avec des profondeurs inférieures à 60 m et présente peu de variations. Le profil retenu pour les simulations est présenté en Fig. 3.

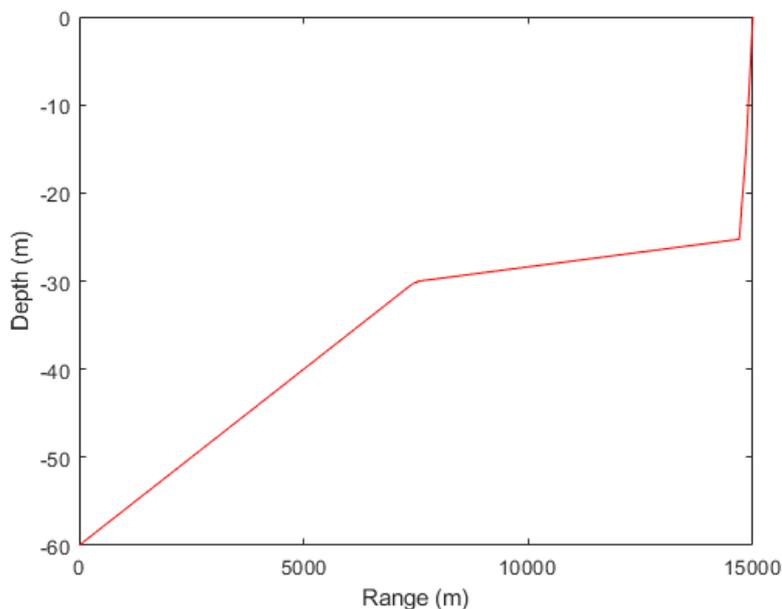


Figure 3 : Profil de bathymétrie typique.

➤ **Profil de célérité**

La vitesse de déplacement dans l'eau dépend de plusieurs critères dont la température à toutes les profondeurs. Nous n'avons pas été amenés à faire des mesures de ces températures dans la zone d'intérêt, mais du fait de la faible bathymétrie, nous avons fait l'hypothèse raisonnable que cette dernière variait très peu (< 4°) voire était constante notamment en surface et subsurface (< 10m). De même pour la salinité, nous avons opté pour une valeur constante dans le chenal. En conséquence, dans notre étude, la célérité dépendra principalement de la pression (profondeur) et de la température. Le profil retenu est présenté en Fig. 4. Du fait d'une variation linéaire du profil de célérité, aucun chenal acoustique ne sera présent dans cette zone géographique. L'ensemble de l'onde acoustique ira donc se réfléchir à la surface et sur le fond marin.

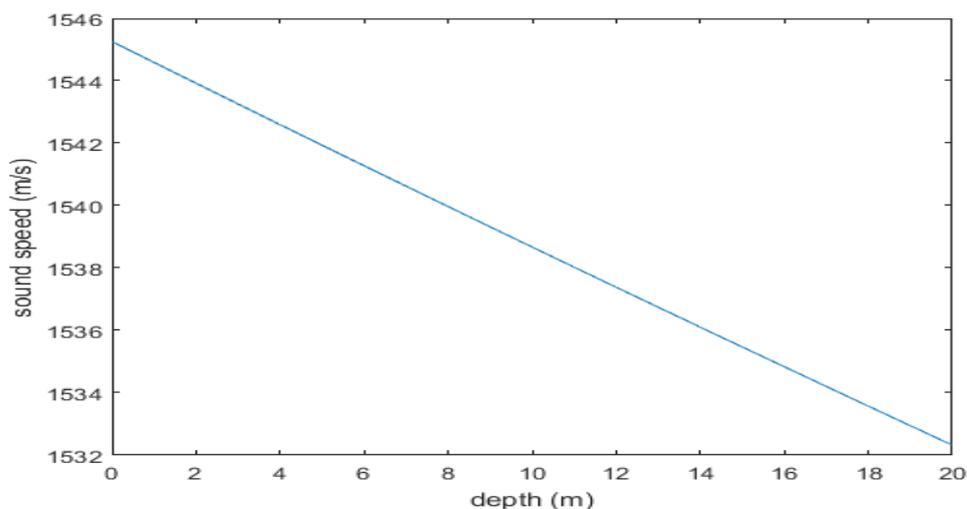


Figure 4 : Profil de célérité typique eau de surface en zone tropicale.

➤ **Caractéristiques du fond marin**

Le substrat joue un rôle essentiel dans la propagation des ondes sonores du fait qu'il intervient dans les réflexions et l'absorption à sa surface. Un coefficient permet d'estimer le taux d'absorption du substrat, et donc de la proportion d'énergie entre la partie qui est transmise au sol et celle qui est renvoyée vers la surface. Dans cette étude, le substrat est généralement un mélange de sable et roche. La Table 1 illustre les valeurs caractéristiques.

Type de fond marin	Atténuation en compression (dB/longueur d'onde)	Vitesse onde compressive (m/s)	Densité (kg/m <sup>3</sup> )
Sable	1	1700	1500
Roche/agrégat	0.1	2300	2300

Table 1 : valeurs des paramètres du substrat.

4.2 Résultats des simulations

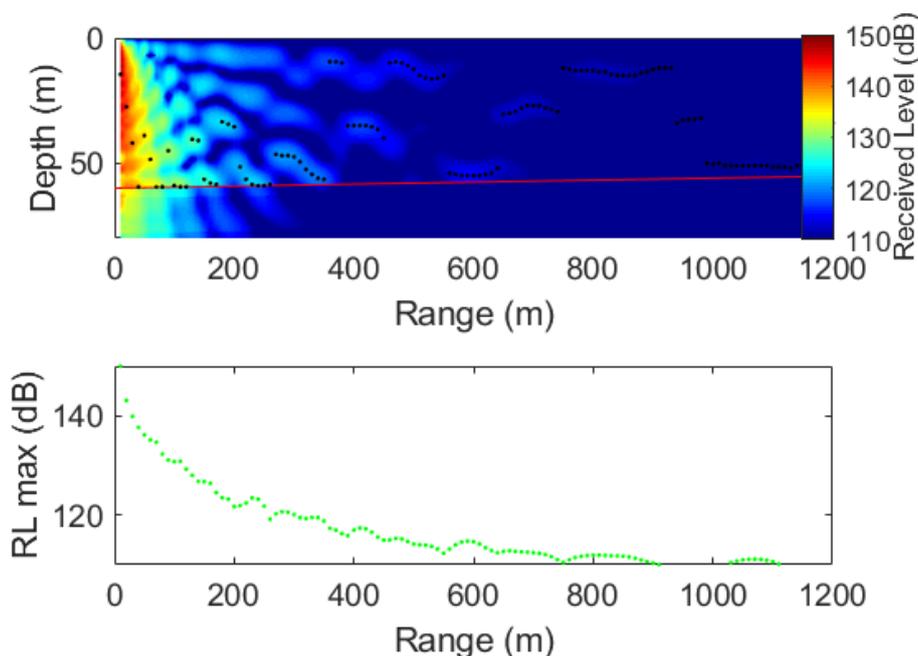
Dans cette section sont présentés les estimations du Received Level (RL), c'est-à-dire les niveaux en dB attendus dans un plan (xz) avec x la distance horizontale et z la profondeur. Ils prennent en compte le niveau à la source (SL) et sont déduits des pertes par transmission TL par la relation  $RL=SL-TL$ . Le niveau de bruit ambiant sous-marin est estimé à 110 dB, ce qui correspond à une situation moyenne de l'état de la mer (vitesse du vent = 10 kts).

Les points noirs représentent le point dans l'espace où le champ acoustique est le plus énergétique pour chaque trame de distance. La courbe verte donne le niveau maximum au point le plus énergétique.

Les types de seuils importants d'impact acoustique sur les cétacés :

- Seuil 1 : >180 dB. Risques de dommages physiques sur les cétacés (Jochens *et al.*, 2006 ; Richardson *et al.*, 1999). Noter que ce seuil n'est jamais atteint dans cette étude compte tenu des niveaux à la source engagés (< 180 dB).
- Seuil 2 : > 160 dB bruit impulsif, > 120 dB bruit continu. Risques de dérangement (MPO, 2007).
- Seuil 3 : < 90 - 110 dB. Niveau acoustique toléré, état du bruit de mer de référence (Doh *et al.*, 2015).

**@ 100 Hz**



*Figure 5 : simulation pour à 100 Hz.*

- A 100 Hz, la distance de propagation est de l'ordre de 800 m. Le seuil de perturbation (RL>120dB) s'étend jusqu'à 250 m. Les niveaux le plus élevés sont attendus en profondeur sur une distance de 100 m. Zones d'ombre marquée à partir de 150 m, très hétérogènes à partir de 400 m.

@ 200 Hz

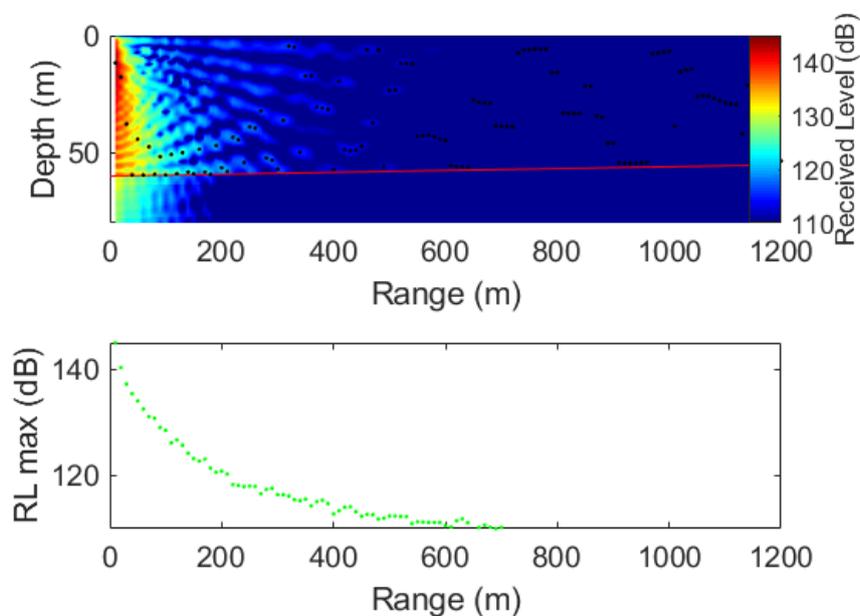


Figure 6 : simulation pour à 200 Hz.

- A 200 Hz, la distance de propagation est de l'ordre de 700 m. Le seuil de perturbation (RL>120dB) s'étend jusqu'à 200 m. Les niveaux le plus élevés sont attendus en profondeur sur une distance de 75 m. Zones d'ombre marquée à partir de 100 m, très hétérogènes à partir de 300 m.

@ 300 Hz

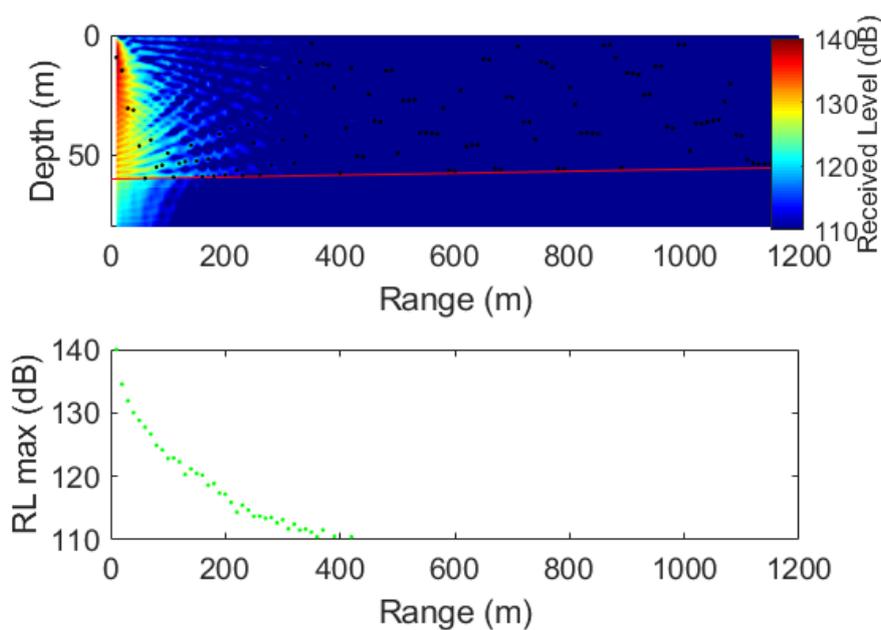


Figure 7 : simulation pour à 300 Hz.

- A 300 Hz, la distance de propagation est de l'ordre de 400 m. Le seuil de perturbation (RL>120dB) s'étend jusqu'à 150 m. Les niveaux le plus élevés sont attendus en profondeur sur une distance de 50 m. Zones d'ombre marquée à partir de 75 m, très hétérogènes à partir de 175 m.

@ 500 Hz

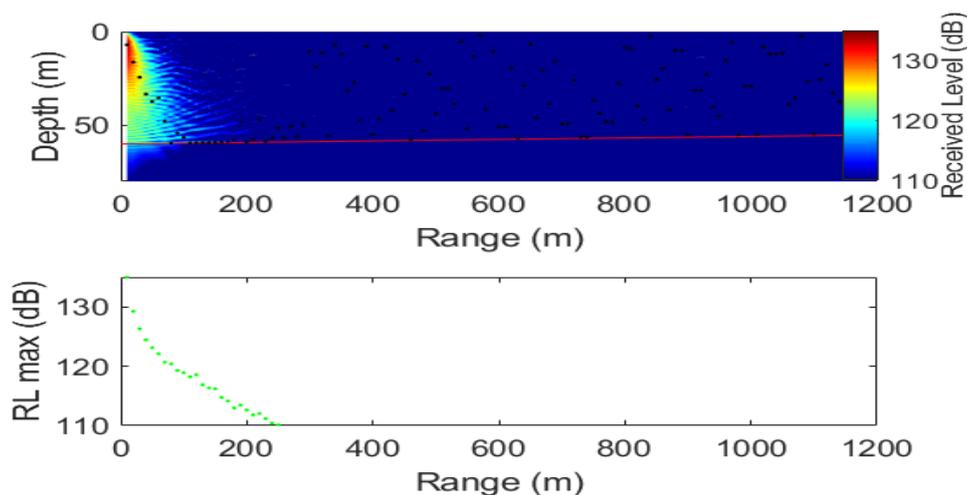


Figure 8 : simulation pour à 500 Hz.

- A 500 Hz, la distance de propagation est de l'ordre de 200 m. Le seuil de perturbation (RL>120dB) s'étend jusqu'à 100 m. Les niveaux le plus élevés sont attendus en profondeur sur une distance de 25 m. Zones d'ombre marquée à partir de 75 m, très hétérogènes à partir de 100 m.

## 5. Discussion/Conclusion

- Récapitulatif

Fréquence du test	Distance seuil de perturbation (m)	Distance propagation maximale (m)
@ 100 Hz	250	800
@ 200 Hz	200	700
@ 300 Hz	150	400
@ 500 Hz	100	200

Table 2 : Récapitulatifs des résultats.

- Absence de perturbation de type risque physique
- Risque de dérangement sur une distance max de 250 m.  
**Mesure Atténuation/compensatoire** : Noter que les valeurs du RL estimées par les simulations sont les valeurs les plus élevées correspondant au navire en fonctionnement de

croisière. Les valeurs attendues sont donc inférieures en cas d'approche douce et de débrayage du moteur.

- Distance de propagation maximale : 800 m  
**Mesure Atténuation/compensatoire** : approche douce à partir d'une distance d'observation de 1000 m.
- Possibilité d'affiner les résultats par des mesures in situ (niveau de bruit ambiant, enregistrement du niveau à la source, ...)

## 6. Bibliographie

- Doh, Y., Nolibé, G., Gandilhon, N., and Adam O. (2015). Analyses de bruit dans le cadre du projet de dragage du Port Autonome de Guadeloupe, rapport de l'association Gualiba, 10p.
- Duncan, A. J., and Maggi, A. L. (2009). AcTUP v2.2<sup>le</sup>, Acoustic toolbox, installation and user guide, CMST, University of Technology Curtin, Australia
- Jochens, A., Biggs, D., Engelhaupt, D., Gordon, J., Jaquet, N., Johnson, M., Leben, R., Mate, B., Miller, P., Ortega Ortiz, J., Thode, A., Tyack, P., Wormuth, J., and Würsig, B. (2006). Sperm whale seismic study in the Gulf of Mexico. Summary Report, 2002-2004. OCS Study MMS 2006-034. MMS, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, Louisiane. 345 p.
- Ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO) (2007). Impacts de la construction d'un port méthanier à Gros-Cacouna sur les mammifères marins. Secrétariat canadien de consultation scientifique. Document de recherche. 2007/010
- Richardson, W. J., Miller, G. W., and Greene, C. R. JR. (1999). Displacement of migrating bowhead whales by sounds from seismic surveys in shallow waters of the Beaufort Sea. Journal of the Acoustical Society of America, 106(4): 2281.
- Veirs S, Veirs V, Wood JD. (2016) Ship noise extends to frequencies used for echolocation by endangered killer whales. PeerJ 4:e1657