



# DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION DE PERTURBATION INTENTIONNELLE DE SPECIMENS D'ESPECES ANIMALES PROTEGEES

PERIODE 2025-2027



MARS 2025

**Porteurs de projet :**

- Dr. Aurélie Célérier & Dr. Bertrand Bouchard, Université de Montpellier et Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive du CNRS
- Dr. Angelo Torrente, Institut de Génomique Fonctionnelle du CNRS

## SOMMAIRE

<b>1. Contexte de l'étude</b> .....	3
<b>2. Objectifs</b> .....	4
<b>3. Partenaires du projet</b> .....	4
<b>4. Déploiement des balises non-invasives</b> .....	5
Techniques de déploiement .....	5
Mesures de sécurité .....	5
Analyses des données .....	6
<b>5. Analyse du souffle</b> .....	6
Mesures de sécurité .....	6
Analyses des données .....	6
<b>6. Perturbations et Intégration des indicateurs de stress</b> .....	6
<b>7. Plan de gestion des données</b> .....	7
<b>8. Demande de dérogation</b> .....	8
<b>9. Références bibliographiques</b> .....	9

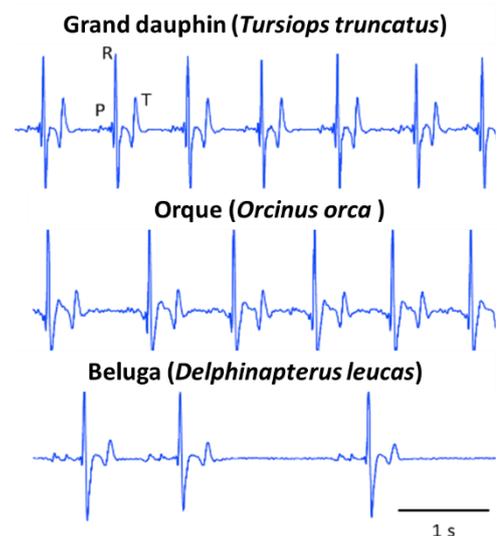
## 1. Contexte de l'étude

Les activités humaines en mer, notamment le trafic maritime (cargos, ferries) et le tourisme d'observation des cétacés (whale-watching), exercent une pression croissante sur les populations de grands cétacés en Méditerranée. Ces pressions peuvent avoir des impacts significatifs sur leur comportement et leur physiologie, et donc sur leur santé et leur survie (Pace et al. 2015 ; Nisi et al. 2024). Face à cette problématique, des mesures de mitigation sont à l'étude, comme le projet LIFE SEADETECT ([www.life-seadetect.eu](http://www.life-seadetect.eu)) qui vise à limiter les collisions directes avec les navires. Toutefois, les réponses physiologiques et comportementales des cétacés face aux perturbations anthropiques sont encore mal comprises. Afin de mieux protéger ces espèces emblématiques, il est donc également nécessaire de développer des indicateurs fiables permettant d'évaluer le stress des animaux et ainsi de proposer des mesures de gestion adaptées.

Notre équipe d'Ecologie Comportementale du CEFÉ-CNRS (Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive) a mis en place depuis 2015 plusieurs études sur la réponse comportementale des cétacés à différents stimuli environnementaux (notamment chimiques : i.e. olfactifs et gustatifs) autant en Mer Méditerranée qu'en régions tropicales et polaires (Bouchard et al. 2019, Bouchard et al. 2022).

Depuis 2022, grâce à une collaboration avec Angelo Torrente de l'IGF-CNRS (Institut de Génétique Fonctionnelle), nous avons développé un capteur électrocardiogramme (ECG) étanche adapté aux cétacés permettant d'enregistrer l'activité cardiaque, un indicateur physiologique fiable de l'état de santé et de la réponse nerveuse au stress (stress aigu) des animaux (Fig.1 ; Torrente et al. 2024). Ce capteur est aujourd'hui pleinement fonctionnel chez les petits cétacés et les orques en conditions contrôlées (Pezzino et al. 2024). Il est en cours d'optimisation pour son adaptation aux grands cétacés (rorqual commun, baleine à bosse, cachalot) et son intégration dans une balise télémétrique multi-capteurs (CATS) fixée par ventouse sur la peau des animaux, grâce à des campagnes de tests dans l'Océan Indien et Pacifique (Fig. 2).

Enfin, grâce à une collaboration avec l'équipe du New England Aquarium, nous avons également mis en place la mesure du cortisol dans l'air exhalé (souffle) des cétacés, qui reflète la réponse hormonale au stress (stress chronique) (Burgess et al. 2018). Ces avancées nous ont amené à développer une méthode innovante de mesure du stress chez les cétacés, intégrant à la fois sa composante comportementale (par la balise télémétrique), nerveuse (par évaluation de la modulation autonome sur la fréquence cardiaque) et hormonale (par le dosage du cortisol). Cette approche multiparamétrique permettrait ainsi d'estimer de façon objective l'impact des activités humaines sur la physiologie, la santé et le comportement des cétacés.



**Figure 1 :** Exemples d'enregistrements ECG de 3 espèces de cétacés réalisés à l'Océanografic de Valencia (Torrente et al. 2024).

## 2. Objectifs

L'objectif principal est d'évaluer les effets de perturbations anthropiques sur les grands cétacés en Méditerranée française par la mesure d'indicateurs physiologiques et comportementaux de stress. Les espèces ciblées sont le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), le grand cachalot (*Physeter macrocephalus*) et le globicéphale noir (*Globicephala melas*), qui sont les trois grands cétacés les plus présents en Méditerranée française. Ces trois espèces emblématiques sont classées « En Danger » sur la liste rouge des espèces menacées par l'IUCN et sont particulièrement impactées par le trafic maritime, notamment par les collisions avec les navires de commerce (Nisi et al. 2024). Etudier la façon dont ils répondent aux perturbations induites par ces activités apparaît donc comme une priorité pour élaborer des mesures de conservation appropriées.

Trois indicateurs de stress seront mesurés afin d'évaluer les réactions des cétacés face aux perturbations (présence de navires) :

- Les déplacements 3D à fine échelle, par des balises non-invasives CATS fixées sur l'animal par des ventouses
- L'activité cardiaque, par un capteur d'ECG intégré aux balises CATS
- Les hormones de stress présentes dans l'air exhalé (souffle) par analyse chimique des prélèvements.

Ce projet est validé par le comité éthique du CNRS et est soutenu par l'Université de Montpellier dans le cadre de son [programme d'excellence « I-SITE »](#), ainsi que par la [Flotte Océanographique Française](#) via son appel à projets scientifiques 2025. Il a également été présenté à différents acteurs associatifs et institutionnels, ainsi qu'aux opérateurs bénéficiant de la marque « [High Quality Whale Watching](#) » lors des Rencontres Humains-Cétacés 2024 organisée par [l'association MIRACETI](#). Certains de ces opérateurs se sont d'ailleurs portés volontaires pour collaborer à ce projet.

## 3. Partenaires du projet



- **Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive du CNRS (porteur du projet)** : Mise au point des indicateurs physiologiques (réponse hormonale) et comportementaux de réponse au stress chez les grands cétacés, implémentation de protocoles d'étude de l'impact des perturbation anthropiques (activités maritimes), et élaboration de recommandations pour minimiser ces impacts.



- **Institut de Génétique Fonctionnelle du CNRS (co-porteur du projet)**: Mise au point des indicateurs physiologiques liée à la fréquence cardiaque, grâce au développement d'un capteur d'ECG pour les cétacés, intégrable dans les balises télémétriques.



- **WWF France** : Partenaire pour la logistique avec mise à disposition d'un navire de recherche (Blue Panda), et une longue expérience dans le déploiement des balises, la photo-identification des individus et l'élaboration des recommandations de mesures de conservation.

#### 4. Déploiement des balises non-invasives

Les balises CATS ([Customized Animal Tracking Solutions](#)) sont des dispositifs multi-capteurs permettant de collecter des données précises sur les déplacements, le comportement et les conditions environnementales autour des cétacés (Fig. 2). Elles permettront d'enregistrer :

- La trajectométrie en 3D des animaux (GPS, accéléromètre, magnétomètre) ainsi que leur fréquence respiratoire (souffles en surface)
- L'environnement visuel des animaux par une caméra embarquée
- L'activité cardiaque via un capteur additionnel d'électrocardiogramme (ECG), développé par notre équipe et intégré dans les ventouses de la balise CATS.



**Figure 2** : Balise CATS-CAM, intégrant le capteur ECG dans sa ventouse, en place sur le dos d'une baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) lors d'une expérience préliminaire de validation du dispositif en milieu naturel en août 2024 dans l'Océan Indien (Madagascar).

##### Techniques de déploiement

Les balises seront déployées sur le dos ou le flanc des animaux par du personnel expérimenté grâce à une perche télescopique. Si les conditions de mer et le comportement des animaux le permettent, d'autres techniques de déploiement à distance pourront être testées, notamment la technique de pose par projecteur pneumatique utilisé pour déployer les balises Argos.

La durée de déploiement de la balise sur un animal sera programmée, par un système de relargage automatique, entre 2 et 12 heures maximum.

##### Mesures de sécurité

- Les déploiements sont réalisés uniquement par des opérateurs expérimentés afin de garantir la sécurité des animaux et du personnel.
- Les déploiements ne sont effectués que lorsque les conditions météorologiques sont favorables et que les animaux ne manifestent pas de signes évidents de perturbation ou d'évitement du bateau.
- La durée totale d'une tentative de déploiement ne dépasse pas une heure.

## Analyses des données

- **Données télémétriques** : les jeux de données enregistrés par les balises CATS seront analysés par l'équipe d'Ecologie Comportementale du CEFE en collaboration avec Simon Benhamou de l'équipe MAD (Mouvement, Abondance et Distribution).
- **Données ECG** : les données de l'activité cardiaque seront traitées par l'équipe d'Angelo Torrente de l'IGF/CNRS.

## 5. Analyse du souffle

Les prélèvements d'échantillons de d'air exhalé (souffle) se feront sans contact physique avec l'animal, à l'aide d'un drone équipé d'un récipient de collecte spécifique. Cette technique, bien établie et déjà utilisée par plusieurs équipes pour suivre l'état de santé de nombreuses espèces de cétacés, permet le prélèvement à distance sans générer de stress pour les animaux (Atkinson et al. 2021 ; Centelleghé et al. 2020 ; O'Mahony et al. 2024).

### Mesures de sécurité

- Les prélèvements sont réalisés uniquement par des opérateurs de drone certifiés et expérimentés dans ce type de prélèvements, afin de garantir la sécurité des animaux et du personnel.
- Les prélèvements ne sont effectués que lorsque les conditions météorologiques sont favorables
- Le drone ne s'approchera du souffle qu'à une distance strictement nécessaire à la collecte du souffle (> 3 mètres)
- Chaque drone est équipé d'un système de retour automatique au point de départ, d'un dispositif de géolocalisation en temps réel et d'un dispositif de récupération en mer (flotteur)

## Analyses des données

Les gouttelettes d'expectorât présentes dans les échantillons de souffle sont extraites dans l'alcool, puis conservées à -20°C. Ces échantillons seront ensuite analysés par des techniques ELISA ou par LC-MS au CEFE/CNRS ou dans les laboratoires partenaires (IGF/CNRS ou Université de Bourgogne) selon des protocoles de référence (Burgess et al. 2018).

## 6. Perturbations et Intégration des indicateurs de stress

L'approche d'un navire constitue un stimulus sonore et visuel potentiellement stressant pour les cétacés. Afin d'évaluer l'impact de ce type de perturbation, nous proposons 3 scénarios :

- Des approches expérimentales contrôlées, utilisant le bateau de recherche comme perturbateur anthropique
- Des approches concertées et coordonnées avec les opérateurs de whale watching volontaires

- Des approches opportunistes liées à la présence de navires de commerce ou des ferries sur la zone d'étude

Pour les approches expérimentales, une procédure standardisée sera appliquée une fois les animaux équipés de balises.

- **Phase de référence** : Avant la pose de la balise, un premier prélèvement de souffle sera effectué, reflétant la concentration basale d'hormones de stress. Après la pose de la balise, une période initiale de non-dérangement d'une durée d'environ une heure sera respectée. Pendant cette phase, le bateau de recherche se maintiendra à plus de 300 mètres de distance, moteur au ralenti, afin de garder les animaux en vue tout en minimisant son impact sonore. Cette phase permettra d'enregistrer les paramètres ECG et comportementaux de référence en conditions de non-dérangement.
- **Phase d'approche contrôlée** : Le navire de recherche effectuera ensuite une approche progressive, parallèle aux animaux et à une vitesse inférieure à 10 nœuds, à une distance minimum de 30 m. Cette manœuvre visera à simuler une interaction typique avec un navire (type whale-watching ou navire de commerce). Les indicateurs de stress (trajectoire 3D, fréquence cardiaque, hormones) seront enregistrés au cours de cette phase, ainsi que tous les paramètres de l'approche tels que la distance, vitesse, durée, etc.
- **Phase de récupération post-approche** : Après l'approche, une nouvelle phase de non-dérangement d'une heure sera observée dans les mêmes conditions que la phase initiale. Elle permettra d'évaluer la vitesse de retour aux valeurs basales des différents paramètres mesurés.

Les valeurs obtenues dans les trois phases seront comparées pour quantifier l'effet de l'approche et la durée nécessaire à la récupération des animaux.

Concernant les interactions avec le trafic maritime existant, les côtes varoises comptent un grand nombre d'opérateurs de whale-watching. Certains d'entre eux sont volontaires pour participer à ce projet. Ainsi, nous pourrions coordonner leurs approches d'observation touristique avec nos expériences afin que des cétacés déjà équipés de balises soient approchés. Dans ce cas, les paramètres d'approche (distance, vitesse, angle, durée, type de navire, etc.) seront relevés de la même manière que lors des approches expérimentales, afin d'évaluer leur impact sur les indicateurs de stress.

Enfin, le passage opportuniste à proximité d'animaux balisés par des navires de commerce ou des ferries sera également considéré comme un stimulus potentiellement stressant. Les caractéristiques de ces passages seront enregistrées à l'aide des données AIS issues des bases de données de trafic maritime, permettant ainsi de croiser ces informations avec les réponses comportementales et physiologiques observées.

## 7. Plan de gestion des données

Les données générées par cette recherche seront gérées conformément aux principes de données FAIR (*Findability, Accessibility, Interoperability & Reuse*), garantissant que les données sont bien documentées, accessibles et réutilisables par la communauté scientifique

au sens large. Nous utiliserons le système institutionnel de gestion des données du CNRS «OPIDoR» (Optimisation de la Publication et de l'Interopérabilité des Données de Recherche) préconisé par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. OPIDoR fournit un cadre fiable pour le stockage, le catalogage et le partage des données, garantissant le respect des normes internationales en matière de gestion des données de recherche. Les jeux de données seront inclus dans les articles scientifiques publiés dans des revues en libre accès, et seront partagés sous une licence CC-BY pour garantir leur accessibilité.

Les données d'observations et de photo-identifications de cétacés seront partagées avec l'association MIRACETI, qui centralise ce type de données sur la Méditerranée française.

## 8. Demande de dérogation

Nous sollicitons une dérogation pour la pose de balises non invasives, le prélèvement de souffles et la réalisation de photos d'identification sur les espèces suivantes :

- *Balaenoptera physalus* (rorqual commun)
- *Physeter macrocephalus* (cachalot)
- *Globicephala melas* (glocicéphale noir)

**Zone géographique concernée :** Les missions de recherche auront lieu dans les eaux territoriales de méditerranée nord-ouest ainsi que dans la ZEE de la France en Méditerranée. Aucune zone cœur de parc national ou RNN n'est concernée.

Les personnes concernées par la demande d'autorisation de pose de balise et de prélèvements de souffle sur les espèces sus-citées sont :

- Aurélie Célérier - CEFE/CNRS, Docteur en Neurosciences : Encadrement de l'étude et analyses comportementales
- Angelo Torrente - IGF/CNRS, Docteur en Physiologie cardiaque : Encadrement de l'étude, mise au point de l'ECG et analyses de l'activité cardiaque.
- Bertrand Bouchard - CEFE/CNRS, Vétérinaire et Docteur en Ecologie Comportementale : Encadrement de l'étude, déploiement de balises, prélèvements et analyses hormonales, analyses comportementales.
- Simon Benhamou - CEFE/CNRS, Vétérinaire et Docteur en Ecologie du mouvement : Analyses trajectométriques.
- Samuel Perret – CEFE/CNRS, Assistant ingénieur pour les programmes à long terme. Aide technique pour le déploiement des balises et les observations comportementales.
- Denis Ody - WWF France, Docteur en océanologie. Déploiement de balise, analyses trajectométriques et comportementales, photo-identification.
- Sébastien Personnic –consultant du WWF France, Docteur en océanologie. Déploiement de balise, observations comportementales, photo-identification.

## 9. Références bibliographiques

- Atkinson, Shannon, et al. "Genetic, endocrine, and microbiological assessments of blue, humpback and killer whale health using unoccupied aerial systems." *Wildlife Society Bulletin* 45.4 (2021): 654-669.
- Bouchard, Bertrand, et al. "Behavioural responses of humpback whales to food-related chemical stimuli." *PloS one* 14.2 (2019): e0212515.
- Bouchard, Bertrand, et al. "A field study of chemical senses in bottlenose dolphins and pilot whales." *The Anatomical Record* 305.3 (2022): 668-679.
- Burgess, Elizabeth A., et al. "Quantifying hormones in exhaled breath for physiological assessment of large whales at sea." *Scientific Reports* 8.1 (2018): 10031.
- Centelleghé, Cinzia, et al. "The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) to sample the blow microbiome of small cetaceans." *PLoS One* 15.7 (2020): e0235537
- Nisi, Anna C., et al. "Ship collision risk threatens whales across the world's oceans." *Science* 386.6724 (2024): 870-875.
- O'Mahony, Éadin N., et al. "Collecting baleen whale blow samples by drone: A minimally intrusive tool for conservation genetics." *Molecular Ecology Resources* 24.8 (2024): e13957.
- Pace, Daniela Silvia, R. Tizzi, and B. Mussi. "Cetaceans value and conservation in the Mediterranean Sea." *Journal of Biodiversity & Endangered Species* (2015): 1-24.
- Pezzino, Pablo, et al. "Physiological and behavioural responses of bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* to gustatory, olfactory and trigeminal chemical stimuli." *35th ECS Conference*. 2024.
- Torrente, Angelo, et al. "Food stimulation in Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) activates the autonomic nervous system, causing heart rate reduction." *35th ECS Conference*. 2024.