

**DEMANDE D'AUTORISATION POUR LA CAPTURE ET  
LA MANIPULATION DE SPECIMENS D'ESPECES  
ANIMALES PROTEGEES**

*Projet « Indian Ocean sea Turtles »*

*La Réunion*

---

**A LA DEMANDE DE :**  
IFREMER - Délégation Océan Indien

Mars 2020

**IFREMER**  
**Délégation Océan Indien**  
9 rue Jean Bertho, BP 60, 97822 LE PORT Cedex  
[delegation.reunion@ifremer.fr](mailto:delegation.reunion@ifremer.fr)  
Tél : 02.62.42.03.40

Responsable scientifique du projet :

**Sylvain BONHOMMEAU**  
[Sylvain.bonhommeau@ifremer.fr](mailto:Sylvain.bonhommeau@ifremer.fr)  
Tél : 02.62.55.47.23

Dossier suivi par :

**Anne-Laure CLEMENT**  
[Anne.laure.clement@ifremer.fr](mailto:Anne.laure.clement@ifremer.fr)  
Tél : 02.62.55.47.26

## Sommaire

1. Contexte.....	5
3. Présentation du projet.....	7
4. Finalité de l'opération .....	9
5. Spécimens concernés par l'opération .....	12
6. Période de la demande.....	15
7. Secteur géographique de la demande .....	16
8. Liste des personnels .....	17
9. Protocole.....	18
9.1 Capture en mer et maintien des tortues.....	19
9.2 Mesures biométriques .....	21
9.3 Photo-identification .....	22
9.4 Pose de la balise.....	22
9.5 Relâcher.....	23
11. Retours d'expérience du projet pilote « pIOT ».....	24
12. Modalité de compte rendu de l'opération .....	26

## Résumé de la demande

### Espèces et nombre d'individus concernés

**30 tortues vertes (*Chelonia mydas*) et/ou tortues imbriquées (*Eretmochelys imbricata*) juvéniles et/ou adultes** seront capturées temporairement le temps i) d'effectuer des tests en bassin et en milieu naturel puis ii) de procéder au déploiement des balises finalisées sur le site d'étude, avant d'être relâchées sur le lieu de capture.

### Périodes

La demande porte sur la période d'opération allant du **18 mai 2020 au 30 Septembre 2021**.

### Lieux

Le site identifié pour la réalisation des tests en milieu naturel puis pour le déploiement final des équipements à La Réunion correspond à la **bande littorale** de la commune de **Saint-Paul (du Cap La Houssaye à La Saline)**.

## 1. Contexte

Les océans mondiaux sont affectés par les activités humaines auxquelles s'ajoutent les fortes pressions liées au changement climatique (Hoegh-Guldberg & Bruno 2010, Halpern et al. 2012). La biodiversité et les habitats des écosystèmes côtiers ont diminué de 30 à 60% (Harley *et al.* 2006, Hoegh-Guldberg *et al.* 2007). Les pollutions des écosystèmes marins sont de plus en plus importantes, en lien avec la croissance démographique près des côtes avec 8 personnes sur 10 qui habitent à moins de 100 km de la côte en 2012 (Islam & Tanaka 2004). L'augmentation de la population humaine (9,5 milliards d'habitants prévus pour 2050) et des pressions anthropiques et climatiques sur les écosystèmes marins posent la question de la durabilité de l'exploitation et de la conservation de ces écosystèmes marins.

Dans ce contexte, la capacité d'observation de la biodiversité marine occupe une place centrale, afin d'apporter un soutien aux politiques publiques et envisager la mise en valeur durable des ressources marines, tout en assurant la viabilité écologique et socio-économique des services associés. En effet, afin de comprendre les comportements individuels et collectifs, d'appréhender les adaptations des ressources marines face au changement global et arriver à une compréhension intégrée des processus régissant les écosystèmes marins, l'observation doit relever des défis scientifiques et technologiques importants.

Notre connaissance de la biodiversité, de la biologie et de l'écologie marine a fortement progressé, mais elle reste aujourd'hui très parcellaire à cause de la complexité de l'observation directe du milieu marin (milieu extrême, systèmes de communication inopérants dans l'eau, profondeur et pression nécessitant des développements technologiques onéreux et contraignants, corrosion importante, etc.). Enfin, les échelles d'observation des espèces marines et de leur migration sont potentiellement énormes, e.g. la tortue verte (*Chelonia mydas*) qui effectue des migrations transocéaniques de plus de 4 000 km dans l'océan Indien (Hays *et al.* 2014).

Les moyens d'observation de la biodiversité marine actuels se sont orientés vers des échantillonnages ponctuels (campagnes scientifiques), et l'utilisation des données de pêches (échantillonnages et programmes d'observations). Cependant, ils présentent un biais d'observation important : l'animal n'est observé que s'il est capturé, et même souvent mort. Cela pose le problème de la capacité de capturer ce que l'on veut/peut observer, et met en lumière des problèmes éthiques.

Une alternative est apparue au début des années 1990 avec le développement des premières balises électroniques qui ont pu être placées sur les animaux et ont enregistré des informations sur leur environnement, permettant ainsi la reconstruction de leur mouvement et migration. Toutefois, ces balises sont très chères (>4 000€) ce qui limite le nombre de déploiement et ainsi la robustesse statistique des analyses. Elles sont également encombrantes, ont très peu évoluées et les capteurs embarqués ne peuvent pas être modifiés.

Au niveau mondial, les tortues marines sont des espèces en danger et sont à ce titre inscrites à l'Annexe I de la Convention de Washington (CITES) et sur la liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature).

Le sud-ouest de l'océan Indien abrite 5 des 7 espèces de tortues marines (la tortue verte *Chelonia mydas*, la tortue imbriquée *Eretmochelys imbricata*, la tortue olivâtre *Lepidochelys olivacea*, la tortue caouanne *Caretta caretta* et la tortue Luth *Dermochelys coriacea*) et représente une région majeure, au niveau mondial, pour la reproduction et l'alimentation de ces 5 espèces.

## 2. Présentation du demandeur

L'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, environ 1500 salariés, budget annuel de 211 M€, 25 implantations en métropole et outre-mer en France) est l'unique organisme de recherche français focalisant ses activités sur les sciences marines et les activités maritimes.

L'Ifremer est un EPIC (Établissement Public à Caractère Industriel et Commercial) placé sous la supervision conjointe du Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation et du Ministère de la Transition Écologique et solidaire.

L'Ifremer contribue, par ses travaux et expertises, à la connaissance des océans et de leurs ressources, à la surveillance du milieu marin et du littoral et au développement durable des activités maritimes. À ces fins, il conçoit et met en œuvre des outils d'observation, d'expérimentation et de surveillance, et gère des bases de données océanographiques.

La **Délégation Ifremer Océan Indien (DOI)** est basée au Port à La Réunion mais son aire de compétences couvre l'ensemble de l'océan Indien et plus particulièrement les zones économiques et exclusives (ZEE) et zones littorales de l'Etat français.

Elle est constituée d'une équipe de quinze personnes dont les domaines de compétences s'articulent essentiellement autour des thématiques **Halieutique et Environnement**, incluant la **Biodiversité marine**.

Ses activités visent à contribuer à une gestion durable des espaces maritimes et de leur patrimoine naturel tout en permettant un développement durable des activités ou usages qui en dépendent.

Elle travaille avec le soutien de l'ensemble des équipes Ifremer, en collaboration avec les acteurs locaux des territoires français de l'océan Indien ainsi que via des coopérations nationales et internationales (Afrique du Sud, Australie, Comores, Madagascar, Mozambique, Oman et Seychelles).

### 3. Présentation du projet

Le projet de recherche « **Indian Ocean sea Turtles** » (IOT) porté par la délégation océan Indien de l'Ifremer, s'inscrit dans le programme de coopération **INTERREG V Océan Indien 2014-2020** et bénéficie d'un cofinancement au travers du **FEDER**.

Il se concentre sur les tortues marines et en particulier les tortues vertes (*Chelonia mydas*) et imbriquées (*Eretmochelys imbricata*) pour démontrer la capacité d'utiliser de nouvelles technologies permettant de répondre à des questions scientifiques et de conservation.

Les tortues marines sont des reptiles dont la phase de reproduction se déroule en partie à terre, au niveau des plages, et en grande majorité sur des îles distribuées le long d'un gradient latitudinal important dans le sud-ouest de l'océan Indien. Ces espèces sont donc particulièrement sensibles aux changements globaux qui pourront affecter potentiellement le sexe ratio des populations (pour ces espèces, la température d'incubation des œufs influence le sexe), mais également l'accessibilité aux habitats de reproduction (augmentation du niveau des eaux, renforcement des événements climatiques exceptionnels impactant la qualité de l'habitat de reproduction, aménagement et fréquentation des littoraux...).

Depuis ces dernières années, les technologies ont très fortement évoluées à la fois en termes de diversité des capteurs disponibles, de leur taille et de leur consommation énergétique. Le développement d'une nouvelle génération de balises pour les animaux marins est ainsi possible avec une forte diminution du prix, de la taille des balises et

une amélioration substantielle de la quantité et du type de données scientifiques collectées.

En particulier, de nouveaux systèmes de transmissions de données ont émergé depuis 5 ans. Parmi ces technologies, les **systèmes LoRa** sont actuellement proposés pour transmettre les données des objets connectés dont le nombre est estimé à 8.4 milliards en 2017 et devrait atteindre plus de 20 milliards en 2020. Outre leur faible coût et consommation d'énergie, ces modules de transmission ont la capacité de **transmettre des données à 40 km dans les conditions idéales**. Ces modules de transmission LoRa peuvent aussi être utilisés pour **déterminer la position des objets** en utilisant un réseau de stations de réception qui triangulaire la position du signal émis par les objets. Le GPS est en effet difficile à mettre en œuvre dans le milieu aquatique. Ce système présente de nombreux avantages qui pourraient être inclus dans les balises pour animaux marins et ainsi apporter des évolutions majeures à ces équipements.

Le projet IOT propose **trois objectifs technologiques et scientifiques** :

- le développement de balises à faible coût (~ 100€ par balise) pour suivre les mouvements des tortues marines et déterminer les durées et saisons de fréquentation des habitats fonctionnels ;
- le déploiement de ces balises à l'échelle du bassin sud-ouest de l'Océan Indien pour créer le premier réseau de suivi des mouvements des tortues marines à l'échelle d'un bassin océanique,
- l'identification des types d'habitats (herbiers, coralliens, sableux, ...) à l'aide d'imageries aériennes et satellitaires et des positions obtenues par les balises.

Le projet s'appuie sur un réseau de scientifiques de la région et les déploiements du réseau se feront **à La Réunion, à Mayotte, sur une des îles Eparses et aux Seychelles**. Il s'agit d'une approche interdisciplinaire entre des biologistes et écologues, des micro-électroniciens, des chercheurs en télécommunications et réseaux informatiques et des gestionnaires.

Dans le cadre du Consortium de recherche « îles Eparses » 2017-2020, le projet « **pilot project for Indian Ocean sea Turtles** » (pIOT) mené par l'Ifremer, un premier prototype de stations de réception et de balises innovantes utilisant le système de transmission LoRa a été **développé et testé en 2019 en milieu naturel contraignant** sur un site test : l'île d'Europa (Eparses).

Fort des résultats ainsi obtenu dans le cadre du projet pIOT, les équipes de recherche de l'Ifremer et leurs partenaires travaillent à l'amélioration des équipements en vue du déploiement d'une nouvelle version de balises (figure 1) et de stations plus performantes qui sera déployée dans le cadre du projet IOT en 2020 et 2021.

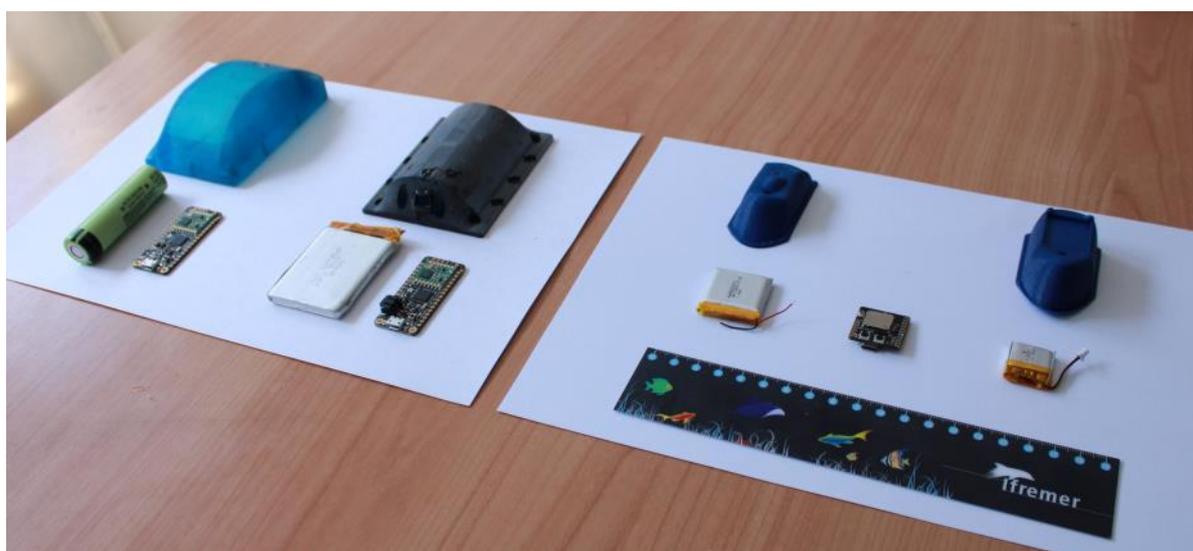


Figure 1 : Evolution des développements technologiques des balises innovantes © IFREMER

De gauche à droite : version 0, version 1 (déployée sur Europa), version 2.1 (sans panneau solaire), version 2.2 (avec panneau solaire)

## 4. Finalité de l'opération

Afin d'étudier les mouvements et migrations des espèces animales, trois grandes approches sont majoritairement utilisées : (1) les approches de **génétique moléculaire** qui permettent d'identifier des structures de populations puis les sites de reproduction d'origine des individus sur les sites d'alimentation (e.g. oiseaux marins : Haig et al. 1997; tortues marines : Bowen & Karl 2007) ; (2) les **approches par isotopes stables**, très utilisées sur les oiseaux marins (Rubenstein et al. 2002), qui permettent d'obtenir des informations sur l'aire d'alimentation d'origine des individus pendant la phase de reproduction (Hobson & Norris 2008) ; (3) et enfin la plus courante, l'approche par **marquage individuel**. Elle peut reposer sur la simple identification individuelle (e.g.

Troëng et al. 2005; Jean et al. 2010), le marquage acoustique (e.g. transmetteurs à hautes fréquences ; Bjorge et al. 2002), la géolocalisation basée sur les heures de lever et de coucher du soleil (Stutchbury et al. 2009; Egevang et al. 2010) ou encore la télémétrie satellitaire qui est maintenant très utilisée dans les études de migration de beaucoup d'espèces (Tomkiewicz et al. 2010).

Les chercheurs ont largement utilisé la télémétrie satellitaire pour étudier l'écologie spatiale des tortues marines (Godley et al. 2008) à différents stades de maturité (Shillinger et al. 2012) : migration vers les sites d'alimentation (e.g. tortue olivâtre : Seney et al. 2010) ou vers les sites de reproduction (e.g. tortue de Kemp: Shaver & Rubio 2008), domaines vitaux sur les zones d'alimentation (e.g. tortue imbriquée: Hazen et al. 2012), dérive et capacité de nage des juvéniles (e.g. tortue caouanne). Ces connaissances ont des implications fondamentales en termes de conservation. Récemment par exemple, une étude de suivi par satellite de 126 tortues Luth a permis de caractériser leurs déplacements à grande échelle dans l'océan Pacifique et d'identifier des habitats et des zones à haute fréquentation (Benson et al. 2011).

Le Sud-ouest de l'océan Indien (SOOI) concentre, essentiellement sur des îles isolées, des sites de ponte importants pour la tortue verte (*Chelonia mydas*): Europa (Le Gall 1988), Aldabra (Mortimer et al. 2011), Mayotte (Bourjea et al. 2007a), Tromelin (Le Gall 1988), Grande Glorieuse (Lauret-Stepler et al. 2007) ou encore Mohéli (Bourjea et al. In prep.). Les tortues vertes y pondent toute l'année, mais il existe une période de reproduction préférentielle, appelée pic de ponte, au cours de laquelle on observe un nombre plus important de pontes. Si pour un même site la période de ce pic est similaire chaque année, elle diffère toutefois entre les sites de ponte variant entre l'été et l'hiver austral (Dalleau et al. 2012). De plus, on distingue au sein de ces sites de ponte au moins deux stocks génétiques distincts (Bourjea et al. 2007b) bien que la région SOOI soit considérée comme une seule et même Unité de Gestion Régional (UGR ; Wallace et al. 2010). Ces sites de pontes restent relativement bien protégés des pressions anthropiques, et les effectifs des populations qui y nidifient sont pour la plupart en croissance (Bourjea et al. 2007a; Lauret-Stepler et al. 2007; Mortimer et al. 2011). En revanche, peu d'informations sont actuellement disponibles concernant les zones d'alimentation exploitées par les femelles nidifiant sur ces sites et par les juvéniles de ces espèces. Seule une étude a mis en évidence une importante capacité migratoire de cette espèce dans la région rejoignant essentiellement des sites d'alimentation autour de Madagascar (Le Gall & Hughes 1987).

Peu de connaissances sont ainsi actuellement disponibles sur l'origine de ces espèces de tortues, leur abondance, leur taux de croissance et sur leur dynamique spatio-

temporelle, que ce soit à fine échelle (dynamique locale journalière) ou à grande échelle (temps de résidence, migration). Ces tortues immatures, qui ont échappé aux dangers de la phase pélagique pour recruter des habitats de développement et d'alimentation de l'océan Indien, ne sont pas sexuellement matures et représentent un patrimoine très important de reproducteurs pour toute la région pour assurer le maintien de l'état de santé de ces espèces.

Ces espèces sont en effet sur la liste rouge des espèces en danger de l'IUCN. Les forts enjeux de conservation de ces espèces ont amené à un Plan National d'Action (PNA) en faveur des tortues marines du sud-ouest de l'océan Indien. Ce PNA validé par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) a permis d'établir les priorités de gestion et de recherche pour assurer la conservation de ces espèces sur la période 2015-2020.

Parmi les priorités de recherche du PNA, la dynamique spatio-temporelle de l'utilisation des habitats fonctionnels (alimentation, repos, reproduction) des tortues marines a été identifiée comme une priorité de recherche essentielle. En effet, l'identification des habitats fonctionnels des tortues est nécessaire afin que les décideurs et gestionnaires d'aires marines protégées puissent prendre les mesures de gestions appropriées permettant de protéger et conserver ces habitats sensibles des tortues marines.

Les nouvelles balises du projet IOT permettront de suivre les mouvements à fines échelles des juvéniles de tortues vertes et imbriquées sur les différents habitats dans l'Ouest de l'océan Indien sans avoir recours au suivi satellite (onéreux et balises encombrantes) mais grâce à une nouvelle technologie, celle des objets connectés faisant appel aux systèmes de transmission LoRa. Les positions qui seront obtenues par ces balises et ainsi que celles de programmes de marquage précédents seront comparées aux typologies d'habitats identifiées par le traitement des données hyperspectrales, LIDAR ou satellite acquises dans ces régions.

Ce projet permettra ainsi d'aborder trois questions scientifiques cruciales pour l'identification des habitats sensibles des tortues immatures : (i) Quel est le temps de résidence des tortues immatures sur les différents types d'habitats ? (ii) Où sont localisés les habitats fonctionnels (alimentation, repos) des tortues marines immatures ? (iii) Est-ce que des dynamiques spatiales et temporelles peuvent être observées sur une année pour ces individus ?

Les hypothèses sont a priori que les tortues marines immatures utilisent des espaces très spécifiques et non de manière aléatoire et ainsi que certaines zones sont privilégiées pour des fonctions spécifiques. Il y aurait des habitats particulièrement sensibles dans l'Ouest de l'Océan Indien qui présentent des intérêts très forts en termes de conservation et de gestion. En effet, on peut supposer que les habitats très côtiers des tortues immatures sont particulièrement sensibles au changement climatique avec des impacts directs comme la température de l'eau et la montée des eaux, mais aussi indirect via la modification des habitats (e.g. le blanchissement des coraux).

Conformément le 4° de l'article L411-2 du Code de l'environnement, l'objectif du projet « IOT » est de contribuer à la **protection et à la conservation des tortues marines et de leurs habitats naturels**, grâce au développement d'une nouvelle génération d'outils de suivi, miniaturisés et adaptés aux questions des scientifiques et des gestionnaires d'espaces protégés.

## 5. Spécimens concernés par l'opération

Le projet IOT cible les **tortues vertes** (*Chelonia mydas*) et les **tortues imbriquées** (*Eretmochelys imbricata*).

La tortue marine est un modèle biologique qui remonte fréquemment à la surface afin de respirer. C'est durant cet intervalle de temps, que les informations collectées par la balise placée sur la carapace de la tortue, peuvent être transmises et la position GPS recueillie. Néanmoins, certaines remontées des tortues sont de l'ordre de la dizaine de millisecondes ce qui implique un temps de transmission des données très court. Les données sont envoyées aléatoirement par la balise et elle ne sait pas quelles données ont été transmises avec succès et elle doit ainsi émettre les données plusieurs fois pour s'en assurer.

Le développement de l'internet des objets connectés en pleine explosion, a permis le développement de nouveaux protocoles et modules de transfert des données. Des fréquences libres (868 MHz en Europe et 915MHz dans les pays anglo-saxons) sont ainsi utilisées pour transmettre de petits volumes d'informations. Toutefois, un temps d'occupation maximum du canal radio doit être respecté, ce qui signifie qu'un objet peut transmettre des données durant 36 secondes maximum par heure.

Ces systèmes présentent l'avantage d'être très économes en énergie, ce qui permet de transmettre des données pendant plusieurs années et la taille des batteries à embarquer est beaucoup plus faible. A titre de comparaison, ils **consommant 100 fois moins d'énergie qu'un modem de transmission pour satellites Argos.**

Ainsi le type de technologie développée par l'Ifremer et ses partenaires dans le cadre de ce projet a été spécifiquement adapté pour ce modèle biologique : la tortue marine. Par ailleurs, compte tenu des ambitions du projet, d'étudier la dynamique spatio-temporelle de l'utilisation des habitats fonctionnels des tortues marines dans l'océan Indien, seuls des animaux sauvages peuvent permettre de répondre à cette question.

Dans le cadre du projet IOT et conformément au **marché public attribué en 2019 par l'Ifremer à Kélonia- Réunion des Musées Régionaux**, une plateforme expérimentale comprenant des bassins avec des tortues marines est mise à disposition de l'Ifremer par Kélonia afin que des tests puissent être réalisés dans un environnement contrôlé. En parallèle d'autres tests sont menés par l'Ifremer pour tester là encore le matériel, en remplaçant cette fois la tortue par une planche télécommandée. Suite à cela, des tests en milieu naturel devront être réalisés sur des tortues marines pour permettre les derniers réglages et ajustements dans des conditions réelles avant le déploiement de la version finale des balises et des stations de réception sur les sites d'étude.

Les stations de réception seront disposées à terre et sur des bouées côtières. Compte tenu du fait que les stations ne peuvent recevoir des signaux au-delà de 10 km de distance, il a été choisi de **marquer prioritairement des individus juvéniles** qui restent davantage à la côte contrairement aux adultes qui peuvent effectuer des migrations importantes et donc se retrouver hors de portée des stations. Toutefois, certains individus adultes connus pour rester dans les eaux réunionnaises pourraient être marqués.

Le projet ne consiste pas en un marquage d'un grand nombre d'individus mais plutôt de pouvoir **développer, tester et valider une nouvelle technologie** moins chère, moins encombrante, moins énergétique et à durée de vie plus longue pouvant servir dans le futur à la communauté scientifique et aux gestionnaires d'espaces protégés. Le nombre de balises développées et donc de tortues marquées est également dépendant du budget du projet.

Le projet à La Réunion prévoit **deux phases de capture-marquage** des juvéniles ou adultes avec ces balises innovantes.

La première phase correspond à la phase test. Pour cela :

- **5 tortues** de la plateforme expérimentale de Kélonia seront équipées de prototypes de balise au fil des évolutions des différentes versions ;
- **15 tortues** « sauvage » (tortues vertes et tortues imbriquées confondues) seront marquées avec des prototypes améliorés afin de tester les équipements en conditions réelles à La Réunion avant les déploiements finaux sur les différents sites d'étude de la région sud-ouest de l'océan Indien.

La deuxième phase consistera au déploiement des versions finales des équipements sur le site d'étude de la Réunion. Pour cela, **10 tortues juvéniles et/ou adultes**, des deux espèces confondues seront capturées, marquées avant d'être relâchées dans le milieu naturel sur le site de capture.

Nom commun	Nom scientifique	Stade du cycle de vie	Nb d'individus concernés	Manipulation
Tortue verte	<i>Chelonia mydas</i>	juvénile et/ou adulte	5	<u>Phase 1 : tests en bassin</u> Capture, pose de balise
Tortue imbriquée	<i>Eretmochelys imbricata</i>		15	<u>Phase 1 : tests en mer</u> Capture, pose de balise, relevé biométrique et photoID, relâché
			10	<u>Phase 2 : déploiement sur le site d'étude (La Réunion)</u> Capture, pose de balise, relevé biométrique et photoID, relâché

Ainsi dans le cadre du déploiement du projet IOT à La Réunion, **30 tortues vertes et/ou imbriquées juvéniles et/ou adultes** seront capturées temporairement le temps d'être marquées avant d'être relâchées (dans les bassins ou le milieu naturel).

Les captures qui seront réalisées dans le cadre de ce projet ne nuiront pas au maintien, dans un état de conservation favorable, les populations de tortues vertes (*Chelonia mydas*) et tortues imbriquées (*Eretmochelys imbricata*) dans leur aire de répartition naturelle, étant donné que chaque individu capturé et marqué sera relâché dans le milieu naturel sur le lieu de capture (hors tortues issues de la plateforme expérimentale de Kélonia qui seront relâchées dans les bassins).

Des marquages sont également menés par l'Ifremer sur des poissons, cependant le type de balise et le mode de transmission employés sont différents, compte tenu du fait que contrairement aux tortues marines, les poissons ne remontent pas en surface rendant la transmission des données en continu impossible et le système GPS est inopérant sous l'eau. Les informations collectées sur les poissons ne sont accessibles aux scientifiques qu'une fois la balise décrochée de l'animal et remontée en surface. C'est seulement à ce moment-là que les informations enregistrées durant plusieurs semaines par la balise peuvent être transmises pour analyse. C'est pourquoi les tortues marines ne peuvent pas être remplacées par des poissons (espèces non protégées) dans le cadre de ce projet.

## 6. Période de la demande

La période de marquage des tortues marines à La Réunion s'étendra du 18 mai 2020 au 30 Septembre 2021 (fin du projet IOT).

Nous prévoyons de réaliser la phase de test entre le 18 mai 2020 et le 31 octobre 2020, puis le déploiement final entre le 1<sup>er</sup> novembre 2020 et le 30 Septembre 2021.

La demande porte donc sur la période allant du **18 mai 2020 au 30 septembre 2021.**

## 7. Secteur géographique de la demande

Le site identifié pour la réalisation des tests en milieu naturel et pour le déploiement final s'étend du Cap La Houssaye à La Saline (figure 2), secteur où les tortues marines sont le plus souvent observées.



Figure 2 : Carte de localisation du site d'étude identifié à La Réunion : de Boucan Canot à la Passe de l'Ermitage

## 8. Liste des personnels

Le coordinateur du projet, Sylvain BONHOMMEAU, est chercheur en écologie marine à l'Ifremer. Il est titulaire du diplôme « Utilisation et Protection de l'Animal de Laboratoire, UPAL » et réalisation des procédures A/B/C/D.

Il a développé des approches inter-disciplinaires afin d'améliorer nos connaissances sur la biologie et l'écologie des espèces marines migratrices (anguille, grands pélagiques, tortues). Il est aussi responsable scientifique d'un projet de développement de balises pour les poissons (projet POPSTAR) et dispose ainsi d'une forte expérience dans les projets inter-disciplinaires qui incluent des développements technologiques. Il est auteur de 35 articles scientifiques de rang A. Il a co-encadré 4 doctorants, 3 post doctorants et 9 étudiants de master 2.

Les personnes qui seront en charge des captures et manipulations des tortues marines dans le cadre du projet IOT sont :

- **Sylvain BONHOMMEAU** : Chercheur en écologie marine, responsable du projet IOT, titulaire du diplôme « Utilisation et Protection de l'Animal de Laboratoire, UPAL », réalisation des procédures (A/B/C/D) ;
- **Hugues EVANO** : Technicien, titulaire du diplôme « Utilisation et Protection de l'Animal de Laboratoire, UPAL », réalisation des procédures (A/C/D). Participation à plusieurs missions ces trois dernières années au cours desquelles il a capturé une trentaine de tortues marines en employant la technique du « Rodeo Capture Technique » et une quinzaine en plongée bouteille.
- **Blandine BRISSET** : Technicienne, détentrice de l'habilitation à l'expérimentation animale – conception et réalisation de procédures expérimentales, attestation à la chirurgie expérimentale (poissons amphibiens).

Lors des missions de déploiement, d'autres agents de l'Ifremer et de Kélonia participeront aux opérations. Ci-dessous, la liste de l'ensemble des personnes identifiées pouvant intervenir lors des missions.

Prénom et nom	Organisme employeur	Qualifications
Sylvain BONHOMMEAU	IFREMER	Chercheur en écologie marine Diplôme « Utilisation et Protection de l'Animal de Laboratoire, UPAL » réalisation des procédures (A/B/C/D)
Pierre GOGENDEAU	IFREMER	Ingénieur en électronique et informatique industrielle <i>Mission pIOT Europa (avril 2019)</i>
Andréa GOHARZADEH	IFREMER	Ingénieur en automatique et en informatique industrielle
Julien FEZANDELLE	IFREMER	Ingénieur en électronique et télécommunication
Hugues EVANO	IFREMER	Technicien Diplôme « Utilisation et Protection de l'Animal de Laboratoire, UPAL » réalisation des procédures (A/C/D) <i>Mission pIOT Europa (avril 2019)</i>
Blandine BRISSET	IFREMER	Technicienne Habilitation à l'expérimentation animale – conception et réalisation de procédures expérimentales ; attestation à la chirurgie expérimentale (poissons amphibiens)
Magali DUVAL	IFREMER	Ingénieur de recherche "environnement littoral" Délégué Ifremer océan Indien
Anne-Laure CLEMENT	IFREMER	Ingénieur assistant management du projet IOT
Stéphane CICCIONE	Kélonia	Capacitaire centre de soins tortues marines
Claire JEAN	Kélonia	Chercheuse Habilitation à l'expérimentation animale pour les cadres biologiques et personnels concevant des procédures expérimentales et des projets ; « Spécificités de l'Utilisation d'Animaux de la Faune Sauvage Non Hébergée (FSNH) à des Fins Scientifiques » - Niveau 1 ; certificat à la réalisation de prélèvements sanguins sur les tortues imbriquées, caouannes, vertes et olivâtres

## 9. Protocole

Les protocoles suivent les recommandations des spécialistes en termes de standards de collecte et de manipulation des animaux. Chacune des manipulations sera encadrée par des personnes disposant des connaissances et de l'expérience nécessaires à leur bonne réalisation et titulaires des diplômes et ou formations requis (cf. tableau ci avant). Elles seront conformes aux règles d'éthique en matière d'usage d'animaux à des fins expérimentales. Une attention particulière sera portée au bien-être des animaux pendant toute la durée de l'application de ces procédures.

Le projet prévoit le respect des principes des 3R et du bien-être des animaux, l'application des protocoles expérimentaux validés, ainsi qu'une gravité de classe «légère» des procédures expérimentales, afin de réduire leur effet cumulatif.

Dans le cadre de ce projet, il n'est pas possible de remplacer les individus par d'autres supports expérimentaux. L'objectif même du projet est de réduire l'impact des activités de marquage en développant des balises plus petites et moins impactantes sur le comportement des animaux.

Le projet inclut aussi des développements afin de raffiner la méthode de marquage en diminuant par exemple les temps de contention.

## 9.1 Capture en mer et maintien des tortues

Les tortues seront tout d'abord capturées, en plongée. En effet, la capture des tortues à La Réunion est habituellement réalisée en plongée. La technique du « Rodeo Capture » depuis une embarcation motorisée est difficilement applicable à La Réunion, contrairement à d'autres sites comme les îles Eparses ou Mayotte.

La technique de capture en plongée consiste à repérer visuellement une tortue sous l'eau, la capturer puis de la remonter lentement à la surface. En surface, la technique de contention est appliquée en maintenant les nageoires antérieures (par un ou deux autres plongeurs si nécessaire, selon la taille de l'individu) afin de calmer l'animal. Ces derniers s'assurent que la respiration de la tortue ne soit pas gênée. Ensuite, l'animal est hissé sur le bateau et/ou déplacé sur la côté (plage ou beach-rock) afin d'être manipulé au sec et à l'ombre. Les captures peuvent également être réalisées en apnée (palmes-masque-tuba) mais le recours au scaphandre autonome est plus adapté à La Réunion.

Particularités des méthodes de capture : La méthode du « Rodeo Capture Technique » ne peut être mise en place que lorsque la visibilité depuis la surface (bateau) est bonne. En effet l'animal doit pouvoir être facilement repéré depuis le pont du bateau et se trouver dans des zones peu profondes pour faciliter sa capture et éviter qu'il s'échappe en profondeur. Cette technique permet une couverture plus importante des secteurs de prospection et d'optimiser le temps au regard des horaires de marées.

A l'inverse la méthode de la capture en plongée peut être déployée dans des conditions de visibilité plus faible et à des profondeurs plus importantes. L'animal

étant repéré directement dans l'eau, une visibilité suffisante pour l'approcher est nécessaire. Les plongeurs équipés de bouteilles de plongée peuvent prospecter des zones plus profondes. Toutefois, l'autonomie des plongeurs en bouteille est limitée dans le temps et l'aire de prospection plus faible qu'avec une embarcation motorisée.

Ces deux techniques peuvent être complémentaires en fonction des conditions le jour de la capture, n'étant pas à l'abri d'un changement des conditions (visibilité, marée, ...) au cours d'une journée. Cela est particulièrement le cas pour Mayotte. Toutefois, la technique de la capture des tortues à la nage (en bouteille ou en apnée) semble présenter moins de risque pour l'animal (moins de bruits que le moteur d'un bateau et moins de stress).

Suite à la capture l'animal est placé dans une **espace ouvert d'environ 1 m<sup>2</sup> protégé du soleil** (caisse en plastique, figure 3). Un **tissu opaque humide** est placé sur la tête de l'animal et sur une partie de la carapace pour protéger ses yeux du soleil et de la dessiccation, cela permet également de limiter le stress de l'animal au cours de la manipulation.

Il est examiné de près afin de relever des éventuelles déformations, blessures ou parasites.

Le maintien devra être **le plus court possible** selon les manipulations à réaliser afin de diminuer le stress de l'animal.



Figure 3 : Tortues vertes juvéniles placées dans des caisses lors de la mission sur Europa du projet « plot » pour prise des mesures biométriques et avant la pose d'une balise © IFREMER

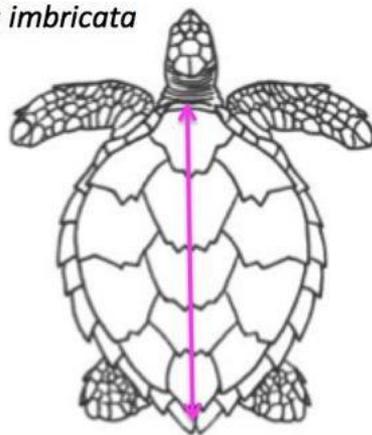
## 9.2 Mesures biométriques

Les mesures biométriques de chaque individu seront relevées.

La **longueur curviligne** de la carapace est mesurée ( $\pm 0,5\text{cm}$ ) à l'aide d'un mètre ruban souple (figure 3), et la longueur droite à l'aide d'un pied à coulisse. La mesure s'effectue le long de la ligne médiane de la carapace (écailles vertébrales) depuis l'écaille nucale (à la limite entre la carapace et la peau du cou) jusqu'à l'échancrure des écailles marginales supra-caudales (figure 4).

Tortue imbriquée

*Eretmochelys imbricata*



Tortue verte

*Chelonia mydas*

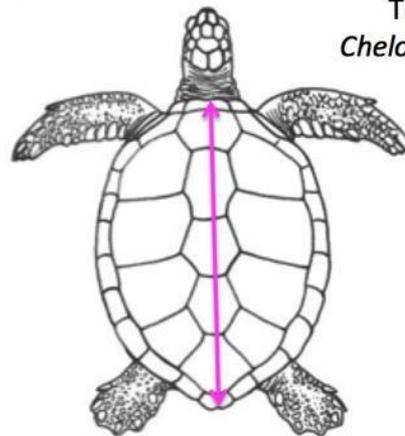


Figure 4 : Schéma de la mesure de la longueur curviligne de la carapace

© PNA tortues marines – Iles Eparses Françaises, CEDTM/KELONIA/IFREMER/AFB/TORSOOI-2017

Le **poids** des individus sera également relevé.

La pesée s'effectue à l'aide d'un harnais suspendu à un dynamomètre électronique et soulevé à bras d'hommes pour les juvéniles inférieurs à 50kg, à l'aide d'un trépied et palan pour les (sub-) adultes > 50kg. Le harnais est placé sous l'animal, les anses sont remontées derrière les nageoires antérieures et devant les nageoires postérieures.

### 9.3 Photo-identification

Des photographies seront réalisées à l'aide d'un appareil photo numérique pour l'identification des individus.

Chaque profil (gauche et droit) est photographié, pour cela le profil doit être entièrement visible et inclut les écailles tympaniques (à proximité du cou) (figure 5), la carapace, les signes particuliers et une vue combinée du profil gauche et de la bague si présente (numéro lisible sur la photo).



Figure 5 : Photo du profil gauche d'une tortue verte juvénile, pour photo-identification ©IFREMER

### 9.4 Pose de la balise

Pour la pose de la balise, la carapace de la tortue doit être préalablement poncée à l'aide de papier de verre, au niveau de la zone sur laquelle la balise sera fixée (cercle d'environ 30cm de diamètre au milieu de l'écaille située le plus haut de la carapace : 2<sup>ème</sup> écaille vertébrale). Cette étape permet de lisser la zone de fixation et d'éliminer le maximum d'impuretés entre les écailles. La zone est ensuite dégraissée avec de l'acétone.

Puis la fixation de la balise se fait avec de la résine époxy sans danger pour la tortue. Une couche d'époxy de 1 à 2cm d'épaisseur, de la taille de la balise, est déposée sur la

carapace dans la zone préparée à cet effet afin de constituer un socle. La balise est ensuite posée sur le socle et légèrement enfoncée. Un moule hydrodynamique est réalisé en remontant la résine sur les côtés à l'aide d'une spatule. Le surplus d'époxy est étalé sur la carapace autour de la balise (couche de quelques millimètres) (figure 6). Laisser sécher à l'abri de l'humidité (pluie, embruns, ...). En fonction du type de résine époxy utilisée, le temps de séchage peut varier, de quelques minutes à quelques heures.

La pose de la balise ne présente aucune douleur pour la tortue.

L'ensemble des informations recueillies au cours des manipulations est annoté dans un formulaire puis reporté dans la base de données TORSOOL.

La balise se détachera toute seule de la carapace au bout de quelques mois, lorsque la résine se décollera.

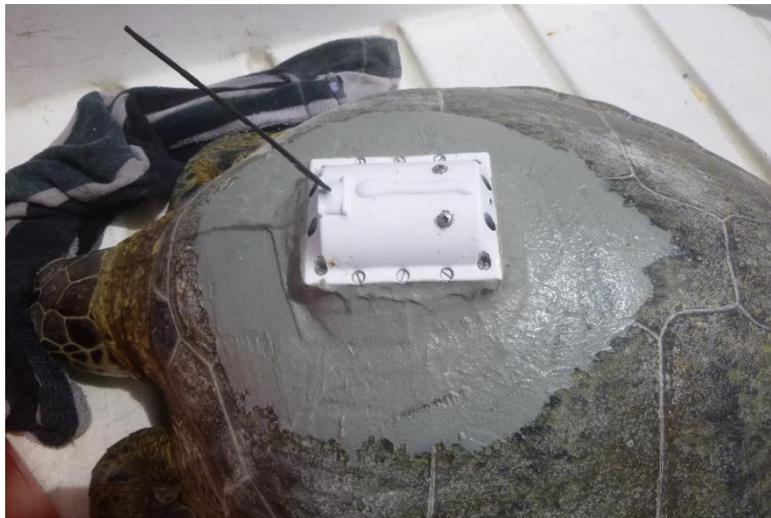


Figure 6 : Pose d'une balise sur la carapace d'une tortue verte ©IFREMER

## 9.5 Relâcher

Une fois les mesures et la pose de la balise terminées, la tortue est remise à l'eau sur le lieu de capture.

Néanmoins, avant réintroduction dans le milieu naturel, chaque tortue est visuellement examinée pour vérifier son état de santé. Une fois relâchée avec la plus grande précaution, elle est surveillée quelques instants afin de vérifier qu'elle nage correctement et est en capacité de retrouver son comportement naturel.

Les comportements particuliers (agitation, mutisme) sont annotés dans la table de données de terrain afin d'évaluer le pourcentage d'individus ayant eu des réactions particulières à la suite des manipulations.

## 10. Evaluations

Conformément à la réglementation française et européenne en vigueur, l'Ifremer a soumis une **demande d'autorisation pour l'utilisation des animaux à des fins scientifiques (UAFS) auprès du Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation**, dans le cadre du projet « IOT ».

Dans le cadre des missions que mène l'Ifremer sur le développement d'une nouvelle génération de balises pour le suivi des tortues marines, il a obtenu le **rattachement au CEDTM-Kélonia, établissement utilisateur** qui bénéficie d'un numéro d'agrément délivré par le Ministère et agréé comme centre de soins d'espèces non domestiques par la Préfecture de La Réunion.

Par ailleurs, Kélonia apporte un appui technique au projet, en mettant à disposition une plateforme expérimentale qui comprend des bassins avec des tortues marines et des zones de déploiement pour les stations de réception dans l'objectif de tester les futurs équipements et prototypes avant les déploiements en conditions réelles sur les sites d'étude.

## 11. Retours d'expérience du projet pilote « pIOT »

Le projet pIOT « **pilot project for Indian Ocean sea Turtles** » porté par la délégation Océan Indien de l'Ifremer, dans le cadre du Consortium de recherche pluridisciplinaire « îles Eparses 2017-2020 » avait pour objectif de développer et tester en milieu naturel

contraignant (température, isolement, ensoleillement, etc.) et à l'échelle d'un site, **l'île d'Europa**, le **premier prototype** de stations de réception et de balises innovantes. 5 stations de réceptions ont ainsi été installées sur l'île et 8 tortues vertes juvéniles ont été marquées avec les premières versions des balises nouvelle génération.

Ces premiers tests en condition réelles ont permis de confirmer et valider plusieurs développements technologiques (matériel électronique, algorithmes et codes informatiques) ainsi que le bon fonctionnement des stations de réception. Quelques dysfonctionnements sont toutefois advenus, notamment sur le déclenchement de la transmission de la balise lors du surfacage de la tortue.

Fort des résultats du projet pilote,», l'Ifremer travaille à l'amélioration des prochains équipements qui seront déployés dans le cadre du projet IOT (figure 7).

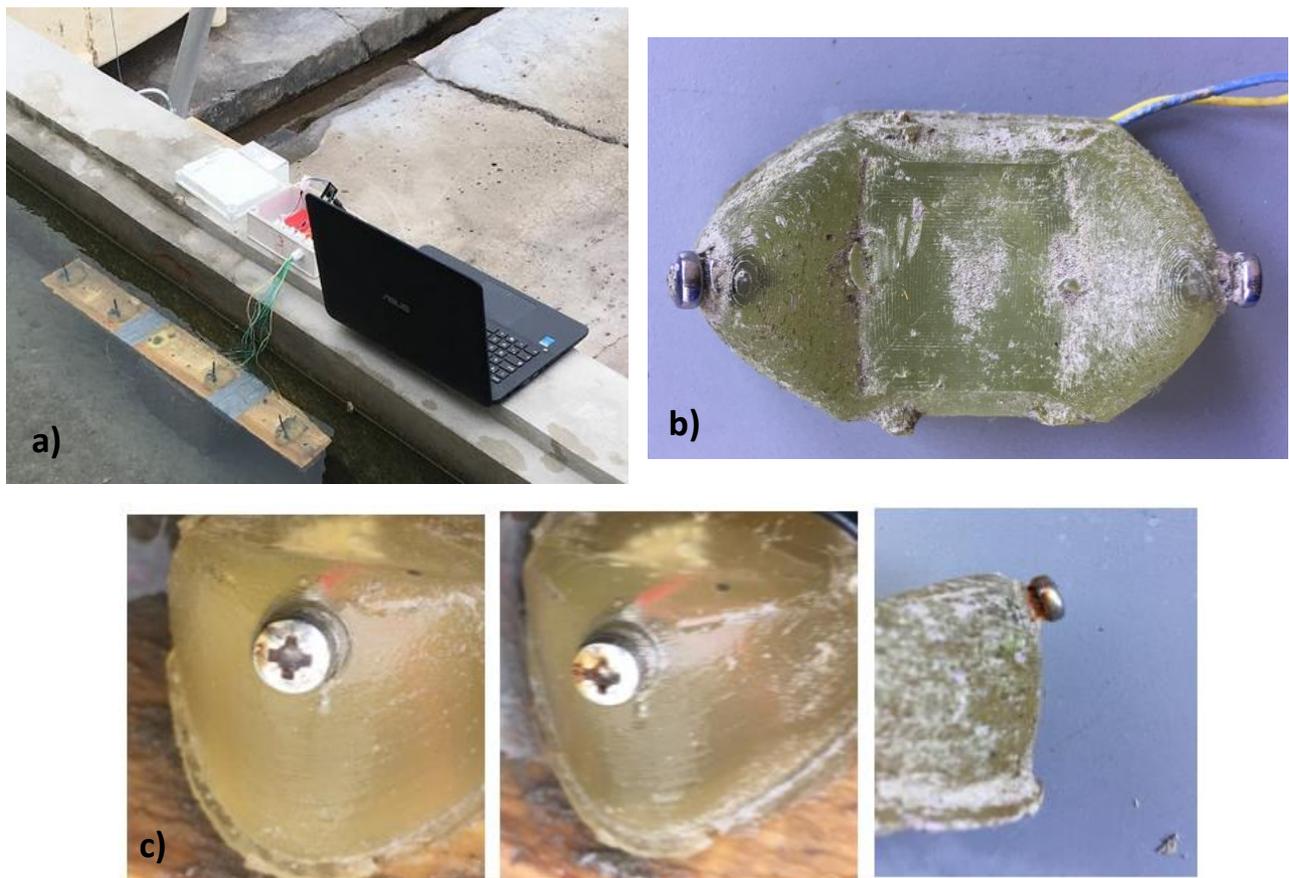


Figure 7 : Tests en bassin © Ifremer

- a) Installation du test du capteur de surface dans un couloir d'eau de mer à Kélonia et relevé quotidien des paramètres
- b) Couche de dépôt à la surface de la balise
- c) Evolution de la corrosion sur les électrodes de la balise

## 12. Modalité de compte rendu de l'opération

Après chaque campagne ou mission, un rapport de campagne est réalisé par l'Ifremer. Ainsi suite à chaque mission du projet IOT sur le territoire réunionnais, l'Ifremer transmettra le rapport à la DEAL Réunion afin de rendre compte du déroulé des missions et du respect des préconisations de l'autorisation qui pourront être émises.

Le projet IOT prévoit également la rédaction de rapports annuels d'avancement et d'un rapport final. Ces documents pourront être remis à la DEAL Réunion si celle-ci en fait la demande.

Une communication auprès du grand public et de la communauté scientifique est également réalisée par l'Ifremer sur le projet, au travers de différents supports (newsletter, site internet, conférence, animation auprès des scolaires et lors d'évènements, congrès scientifiques régionaux et internationaux, articles scientifiques, etc.).