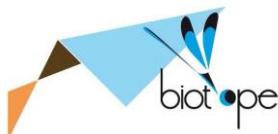


<b>SCPR / Approfondissement des connaissances sur les cétacés dans le cadre du projet de carrière de Bois-Blanc – Contextualisation acoustique et définition des risques acoustiques – BIOTOPE/ QUIET OCEANS</b> <b>Affaire suivie par Jean Sébastien Philippe, Manon CONDET</b> <b>T. : 02 62 46 67 75 / F. : 02 62 46 06 81</b>	Saint-André, le 29/11/2016
	Emetteur : BIOTOPE
	Destinataire : SCPR

<b>ETUDE</b> : APPROFONDISSEMENT DES CONNAISSANCES SUR LES CETACES DANS LE CADRE DU PROJET DE CARRIERE DE BOIS BLANC : Contextualisation acoustique et définition des risques acoustiques
<b>OBJET</b> : ETAT D'AVANCEMENT AU 10/02/2017
<b>RÉFÉRENCE</b> : NT_2017001_BIO_AVANCEMENT_SCPR_RAVTROU_20170210_VA_JSP.DOCX

## Table des matières

I.	Contexte et objet de l'étude .....	3
II.	Présentation des méthodologies simplifiées .....	4
II.1	Approfondissement des connaissances sur les cétacés (approche bibliographique – GLOBICE).....	4
II.2	Expertise complémentaire pour l'acquisition de données visuelles des cétacés (par survol aérien)5	
II.3	Etat des lieux acoustique de la zone d'étude .....	6
II.3.1	Bibliographie.....	6
II.3.2	Acquisition de la donnée acoustique .....	6
II.3.3	Analyse et interprétation des données bioacoustiques.....	9
II.3.4	Analyse pour l'état de référence acoustique du milieu physique.....	12
II.4	Modélisation des risques et plan de gestion des risques biologiques .....	12
II.5	Définition d'un plan de gestion des risques biologiques.....	16
III.	Calendrier prévisionnel de réalisation .....	17
IV.	Avancement de l'étude et 1ers résultats .....	18
IV.1	Étude bibliographique relatif à la fréquentation des cétacés dans la zone du projet .....	18
IV.2	Expertise visuelle des cétacés par survol aérien .....	30
IV.3	Expertise acoustique .....	31
IV.3.1	Enregistrement in situ.....	31

IV.3.2	Etat de référence et modélisation acoustique .....	32
IV.3.3	Etat de référence biologique .....	32

# I. Contexte et objet de l'étude

---

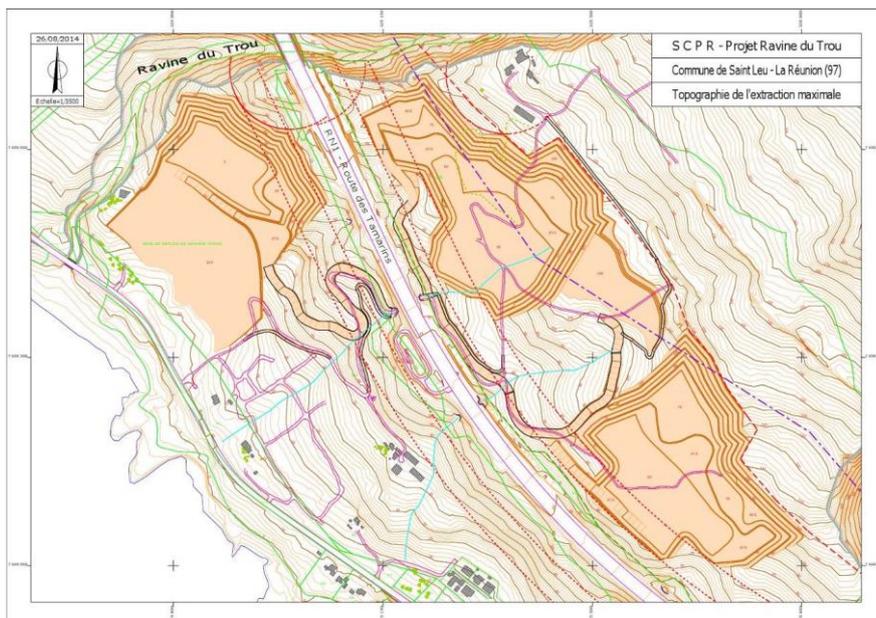
Dans le cadre de l'exploitation d'une carrière de roches massives à La Réunion (carrière de Bois blanc à St Leu), SCPR a engagé étude d'approfondissement sur les cétacés dans la zone d'influence du projet.

Dans ce cadre, le groupement BIOTOPE – QUIET OCEANS ont été retenus pour réaliser cette étude, en lien notamment avec l'étude acoustique préliminaire réalisée au niveau de la carrière de Koungou à Mayotte.

Cette étude va principalement concerner la contextualisation acoustique de la zone d'étude en lien avec ce projet. Cela repose sur l'approfondissement à la fois des enjeux et de la portée des aléas issus de la gêne acoustique d'un tir de mines dans une roche massive située à terre. L'évaluation pilote, déjà réalisée à Mayotte, a montré que le bruit impulsionnel issu d'un tir pouvait présenter un niveau de bruit suffisant pour créer un risque de gêne comportementale sur les cétacés. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer ce risque, in-situ, dans le milieu marin réunionnais face à la zone d'exploitation de la carrière de Bois-Blanc, de façon à pouvoir le confirmer. En effet, selon le contexte géologique de la zone, l'altitude et la position du site, la topographie du site, la propagation des sons est modifiée. L'étude, prévue pour être réalisée préalablement aux travaux et à l'exploitation de la carrière, doit ainsi permettre un approfondissement des connaissances acoustiques et biologiques portant sur les cétacés fréquentant la zone. Dans un second temps, en cas de risque pressenti, il s'agira de réaliser une modélisation physique de manière à dimensionner le risque au plus proche de la réalité afin de proposer des solutions permettant son évitement voire sa réduction.

Cette étude se décline en différentes phases :

- 1/ ETAT DES LIEUX :
  - A/ Contextualisation acoustique du milieu ambiant de la zone d'influence du projet
  - B/ Étude bibliographique des cétacés
  - C/ Expertise visuelle aérienne des cétacés
- 2/ DEFINITION DES INCIDENCES :
  - Définition des risques acoustiques sur la carrière de Bois-Blanc, in situ à la Réunion
- 3/ DEFINITION D'UN PLAN DE GESTION DES RISQUES BIOLOGIQUES



*Plan de la carrière de Bois blanc (Commune de Saint Leu – La Réunion) (Source SCPR)*

## II. Présentation des méthodologies simplifiées

### II.1 Approfondissement des connaissances sur les cétacés (approche bibliographique - GLOBICE)

Une actualisation des connaissances est réalisée sous la forme d'une extraction bibliographique des données acquises par GLOBICE, et concernant les cétacés côtiers entre 2008 et 2014.

Cela concerne les espèces les plus observées (grand dauphin de l'indo-pacifique, grand dauphin commun, dauphin long bec, baleine à bosse), selon une formalisation des données suivante :

- Une cartographie présentant les observations superposées à l'effort de prospection par maille de 500 mètres de côtés,
- Une cartographie présentant la fréquence d'observation par maille de 500 mètres de côtés.

Pour les espèces observées uniquement de manière ponctuelle, une cartographie présentant les observations superposées à l'effort de prospection par maille est proposée.

## II.2 Expertise complémentaire pour l'acquisition de données visuelles des cétacés (par survol aérien)

---

L'acquisition complémentaire de données visuelles sur les cétacés s'effectuera par un expert, à bord d'un moyen nautique permettant une vue dégagée du plan d'eau. Ce suivi concernera la côte entre 0 et 3 milles nautiques des côtes.

Par souci de continuité, les suivis suivront un tracé prédéfini balayant la zone d'étude. Ils s'effectueront pendant 2 heures, à une vitesse de 120 ou 140km/h, entre 1200 et 1500 pieds d'altitude. Ils seront planifiés uniquement dans de bonnes conditions météo maximisant les chances d'apercevoir les cétacés.

La totalité de la donnée issue du survol de prospection (routes, observations, conditions météo, présence de navire) est bancarisée et associée à une information SIG, de telle sorte de la rendre rigoureuse et exploitable pour une éventuelle analyse scientifique.

Chaque observation réalisée permet l'identification de l'animal (à minima au niveau du genre) et sera associée à une photographie et à une description de la formation, de l'activité et de la structure des groupes (présence de juvéniles par exemple).

La donnée est synthétisée après chaque survol sous la forme d'une « fiche de bord » incluant la carte du vol et des observations effectuées, les différents paramètres de vols, une photographie et les principales données liées à l'observation.

BIOTOPE est en charge d'effectuer ces suivis aériens, en lien notamment avec sa grande expérience de ce type d'expertise, avec plus d'une centaine d'heure de vols, garantissant la bonne réalisation du suivi.



*Suivi aérien au large de la Nouvelle Route du Littoral (Biotope, 2015-2016)*

## II.3 Etat des lieux acoustique de la zone d'étude

---

### II.3.1 Bibliographie

Préalablement à l'expertise acoustique, différentes données devront être récoltées comme :

- La nature du fond,
- La bathymétrie,
- Le substrat géologique terrestre et marin.

### II.3.2 Acquisition de la donnée acoustique

Cette expertise acoustique va se faire par l'intermédiaire d'un **hydrophone autonome immergé** au droit de la zone visée pour l'exploitation de la carrière de Bois blanc à St Leu.

Durant **une durée de 5 mois, ce dispositif sous-marin enregistre de jour comme de nuit les signaux acoustiques physiques (bruit naturel de fond, navires, houles, etc..) ainsi que les signaux biologiques (sifflements, clics, mugissements, chants des cétacés), ce qui permet de caractériser la zone sur le plan acoustique.** Cette période significative a été choisie pour intégrer notamment la **présence des Baleines à bosse** à La Réunion, et donc d'inclure dans les détections bioacoustiques l'ensemble des espèces potentiellement présentes dans la zone.

Ce **dispositif est fixé au droit de la zone potentielle d'exploitation**, dans une bathymétrie de 30m de fond. L'équipe d'expert va étudier la topographie et l'hydrodynamisme de la zone, de façon à positionner l'hydrophone sur le point le plus stratégique et de répondre au mieux aux objectifs de cet état des lieux acoustique tout en prenant compte des contraintes liées au milieu naturel.

Le plan de déploiement doit **permettre de dresser l'état acoustique de référence pour dans un second temps réaliser le diagnostic acoustique.**

#### ★ **LOGISTIQUE ET MAINTENANCE DU MATERIEL**

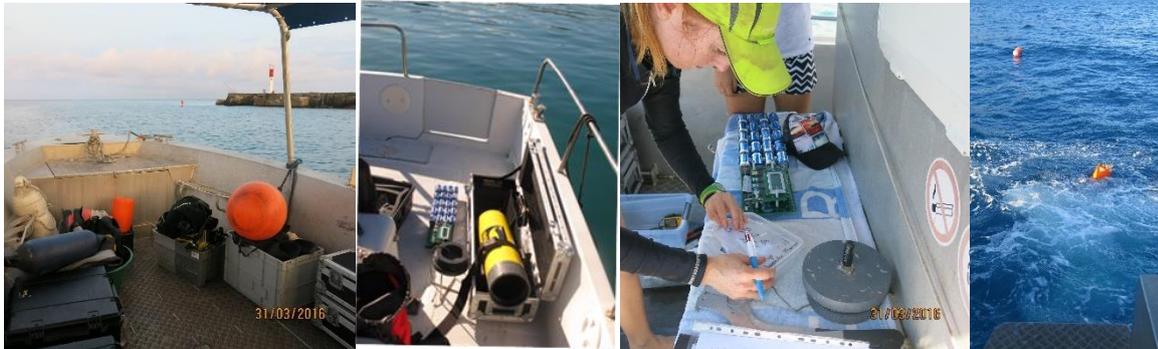
##### ❖ **Déploiement et maintenance**

- Zone de déploiement

La nature des fonds sur le site de déploiement de la zone d'étude permet de définir la solution à adopter en termes d'ancrage et/ou de lestage. Le système a été ancré sur un fond meuble, permettant un corps mort et un système d'ancrage avec visse à sable, de façon à minimiser les risques de perte de matériel. Le point d'ancrage est fixé à -30m de fond, sur une zone à faible pente. L'hydrophone est positionné dans la colonne d'eau de manière à limiter les bruits parasites de surface.

- Equipe de déploiement

Le dispositif est déployé par BIOTOPE, et accompagné par un prestataire professionnel certifié pour les opérations maritimes et subaquatiques. Ce prestataire dispose des moyens matériels et humains indispensables à la réalisation de ce type d'opération en conformité avec la réglementation en vigueur. Biotope accompagne le prestataire à bord du bateau comme sous l'eau pour assurer le contrôle qualité et la logistique.



- Planning des interventions

L'acquisition des données est étalé sur 5 mois, prévoyant un minimum de 4 opérations en mer prévues selon une fréquence de 45 jours.

- 1 opération d'installation du dispositif et d'immersion de l'hydrophone
- 2 opérations de maintenance, permettant de réapprovisionner l'hydrophone en énergie et en volume de stockage de la donnée.
- 1 opération de relève du dispositif et de l'hydrophone clôturant la collecte de la donnée.

La première opération est planifiée pour le mois de juin 2016.

★ **DESCRIPTION DU MATERIEL : Dispositif d'enregistrement sous-marin permanent**

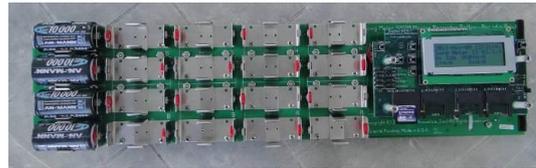
❖ ***Un système acoustique, robuste, fiable et autonome***

Les hydrophones sélectionnés sont protégés par des boîtiers autonomes SM3M fabriqués par Wildlife Acoustics Inc. Entreprise renommée dans la bioacoustique terrestre, Wildlife Acoustics a notamment conçu et réalisé l'hydrophone HTI-96-MIN qui équipe les boîtiers Aural et qui est largement utilisé par de nombreuses études à travers le monde.

Ce même type d'hydrophone est utilisé dans cette étude. Les boîtiers SM3M ont été conçus de manière à résister à des profondeurs de 200m lors d'une pose fixe lesté et immergés. Ces boîtiers dont la flottabilité est positive présentent l'avantage de se positionner favorablement à l'enregistrement. Ils sont créés dans l'objectif d'atteindre une très grande autonomie énergétique. Ils peuvent fonctionner de sur une durée de plus de 4 mois selon le programme d'enregistrement configuré.

Dans le cadre de cette étude, l'enregistreur sera programmé pour enregistrer 128Go de fichiers son

compressé.



Boitier SM2M et détail d'un hydrophone (Wildlife Acoustic)

### ❖ Hydrophone et Sensibilité et bande passante de détection

Le modèle de microphone (HTI-96-MIN) qui équipe les SM3M possède une gamme de fréquences comprise entre 2 Hz et 24 kHz, permettant d'identifier la majorité des espèces de cétacés présentes dans la zone. En particulier, cette gamme de fréquence englobe la gamme d'émission des vocalises des rorquals (30 Hz à 8 kHz) ainsi que la gamme d'émission des sifflements sociaux des Grands dauphins de l'Indo-Pacifique (800 Hz à 24 kHz). Seuls quelques clics de très haute fréquence associés à certaines espèces ne sont pas détectables. Cependant, la grande majorité des espèces émettent de nombreux types de vocalises, incluant des sons détectables à hautes fréquence tels que des mugissements, claps, bourdonnements, sifflements divers, cris...

De même, les espèces côtières recensées dans la zone d'étude entre 0 et 3km des côtes jusqu'à 2016, sont le Grand dauphin commun (*Tursiops truncatus*), le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique (*Tursiops aduncus*), le Dauphin long-bec (*Stenella longirostris*) et la Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) ; toutes émettent des signaux détectables dans la bande d'enregistrement de l'hydrophone.

Cétacés	Plage de fréquence (Hz)																	
	2	10	100	800	500	1 000	4 000	10 000	20 000	30 000	40 000	60 000	80 000	100 000	110 000	130 000	500 000	
Grand dauphin clics**																		
Grand dauphin sifflements**																		
Dauphin de risso (clics et sifflement et autres vocalises)* et **																		
Dauphin bleu et blanc (sifflements)**																		
Cachalots (clics)**																		
Globicéphale (sifflements)**																		
Fausse orque (sifflement et autres vocalises)***																		
Péponocéphale (tout types de vocalises)****																		
cachalot pygmé (clics uniquement)**																		
<b>Hydrophones SM2M</b>																		

\* d'après l'étude de Corkeron, P.J. et van Parijs, S.M. (2001) Vocalizations of eastern Australian Risso's dolphins, *Grampus griseus*

\*\* Référence le GREC

\*\*\* d'après Weir et al (2013) False killer whale (*Pseudorca crassidens*) sightings in continental shelf habitat off Gabon and Cote d'Ivoire (Africa) and ADW (site web) from university of Michigan

\*\*\*\* d'après les études de Watkins et al, 1997 et Frankel et Yin 2010

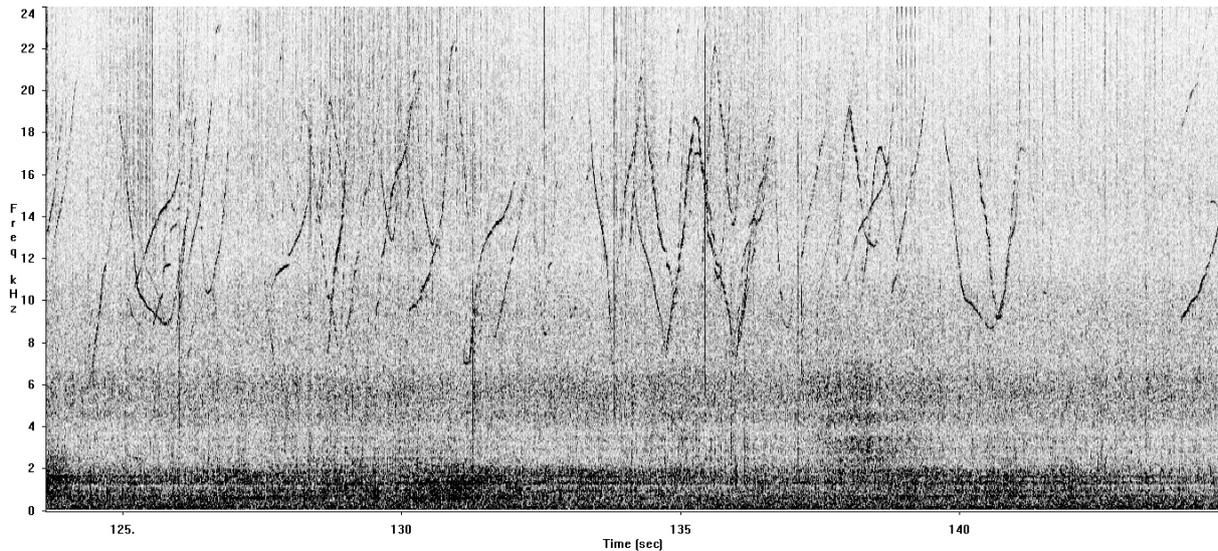
Au cours de précédentes études, les hydrophones (de types SM2M et SM3M) ont déjà prouvé leur efficacité en permettant une caractérisation acoustique du milieu, et détectant diverses espèces, telles que les baleines à bosse, les dauphins côtiers (*Tursiops*, *Stenella...*), les globicéphales, les dauphins d'Electre et notamment des espèces utilisant parfois la gamme des très hautes fréquences (clics) comme le Grand dauphin commun et le Dauphin long bec.

### II.3.3 Analyse et interprétation des données bioacoustiques

#### ★ **Introduction à la bioacoustique**

L'identification des cétacés à partir des données acoustiques est réalisée en recherchant les caractéristiques typiques des sons émis par les espèces étudiées. Cette analyse peut être effectuée à partir des cris sociaux à basse et moyenne fréquence. Pour les espèces de petite taille, telles que les petits delphinidés (Grand dauphin de l'Indo Pacifique, Dauphin long bec), les vocalises se situent majoritairement dans une bande passante à moyenne fréquence. Les plus grands cétacés (ex. Globicéphales...) tendent à émettre dans des fréquences plus basses. Quant aux mysticètes, les mugissements et chants remplissent les bandes de très basses fréquence (la baleine à bosse émet essentiellement entre 2 et 2000 Hz). **L'identification des espèces (ou groupe) est ensuite permise par des analyses précises de la forme de ces vocalises. Plusieurs paramètres sont extraits d'un son. L'analyse discriminante de ces paramètres permet alors d'y associer une espèce avec forte probabilité. Pour cette étude, il est réalisé une analyse des sifflements des cétacés, pour détecter et classifier les espèces rencontrées et détectées dans le rayon de détection de l'hydrophone.** Il est ainsi possible de calculer au travers des modèles de classifications, des indices tels que, le nombre de passages, le pourcentage de présence par jour et la durée de présence sur le suivi, la fréquence de détection journalière et tous autres indices permettant de renforcer la connaissance sur l'utilisation de la zone par les cétacés. Cet objectif cible 2 genres et 1 espèce : le genre *Tursiops* (majoritairement le Grand dauphin de l'Indo-Pacifique), le genre *Stenella* (majoritairement le long bec), et la Baleine à bosse. D'autres espèces pourront être détectées selon le niveau de qualité sonore acquis.

La figure suivante illustre les différences entre clics et sifflements sur un spectrogramme (ex. grands dauphins), qui permet de visualiser les sons en fonction de la fréquence (en ordonnée) au cours du temps (en abscisse).



*Grands dauphins enregistrés par les SM2M à la Réunion (Biotope, 2014)*

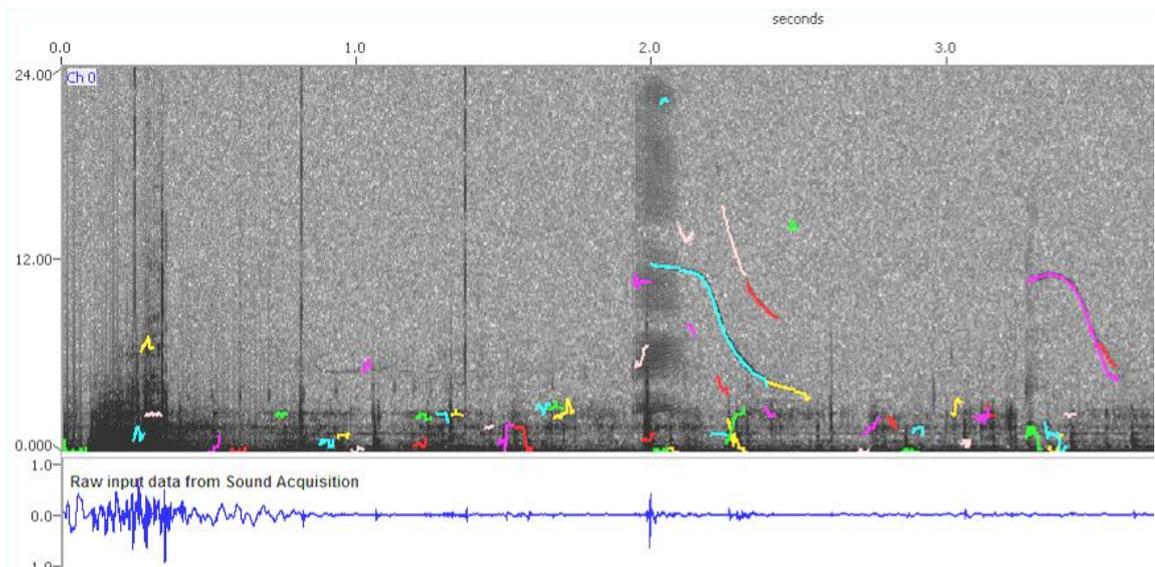
#### ❖ **Méthode et protocole de traitement**

Le traitement bioacoustique sera réalisé **via par le logiciel PAM-Guard** développé par le laboratoire Sea Mammal Research Unit de l'université de Saint-Andrews en Ecosse et embarqué dans la bouée. PAMGuard a été développé pour fournir une infrastructure logicielle universelle pour la détection, classification et localisation des vocalises de mammifères marins. PAMGuard est le logiciel qui a servi aux études d'impacts de la Nouvelle Route du Littoral et sur l'étude de la Nouvelle Entrée Ouest de Saint Denis. Son utilisation permet de garantir une continuité dans les résultats bioacoustiques. Le principe de fonctionnement de PAMGuard consiste à détecter les cris enregistrés in situ en filtrant le bruit ambiant et à les comparer ensuite avec une banque de sons de référence.



**Les analyses des sons sur plusieurs heures sont réalisées via des détecteurs et classificateurs automatisés, permettant une rigueur soutenue de traitement.** Les détecteurs et les classificateurs sont spécifiques au type de son à détecter (clics, mugissements, sifflements) et sont paramétrés en fonction des conditions ambiantes d'environnement.

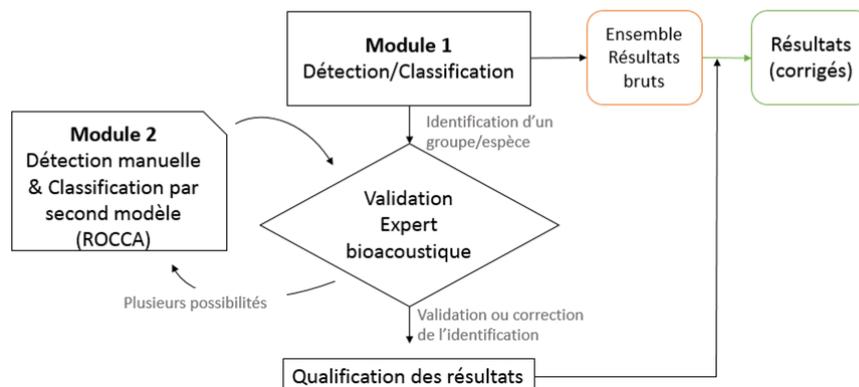
L'expérience acquise à La Réunion permet de profiter d'échantillons de sons locaux et de paramétrages éprouvés, ce qui garantit une efficacité optimale pour la détection et la classification des espèces réunionnaises.



*Exemple de sifflements détectés automatiquement par notre détecteur lors de précédentes études effectuées à La Réunion*

Afin de systématiquement évaluer la précision de ses modèles de classification, il est procédé à une phase de vérification des résultats de classification, assurant ainsi la qualité de son travail.

Cette vérification s’effectuera manuellement par un expert en bioacoustique. En cas de doute avéré, un classificateur manuel basé sur un second modèle de classification est appliqué : le module ROCCA (cf. figure ci-dessous).



*Illustration de notre procédé qualité par grande étape de traitement du signal bioacoustique*

### II.3.4 Analyse pour l'état de référence acoustique du milieu physique

Quiet-Oceans réalise, sur la base de l'acquisition des données acoustiques enregistrées par le SM3M, **l'état initial d'acoustique du milieu marin ambiant**. Cet état décrit la variabilité des sons présents dans la colonne d'eau et caractérise leurs puissances, leur portée, leurs fréquences et leur durée. Les puissances de bruit moyennes et maximums, les intervalles de fréquence utilisés par ceux-ci seront détaillés à la suite de la mesure. Par exemple, les épisodes de houles australes important et les bruits de déferlement seront associés à un intervalle de fréquence principale et à une puissance d'émission maximale ou moyennée sur une durée définie.

Pour ce faire Quiet-Oceans fait appel à une analyse automatisée qui permet le lissage de ses calculs sur une longue période.

**L'état de référence acoustique est essentiel à l'estimation des risques. Il est combiné au bilan de connaissance des enjeux (fréquentation des espèces de cétacés) établi parallèlement, afin d'établir et de hiérarchiser les potentiels risques.**

## II.4 Modélisation des risques et plan de gestion des risques biologiques

Cette modélisation est réalisée par QUIET OCEANS avec l'appui de BIOTOPE.

### MODELISATION ACOUSTIQUE DES RISQUES

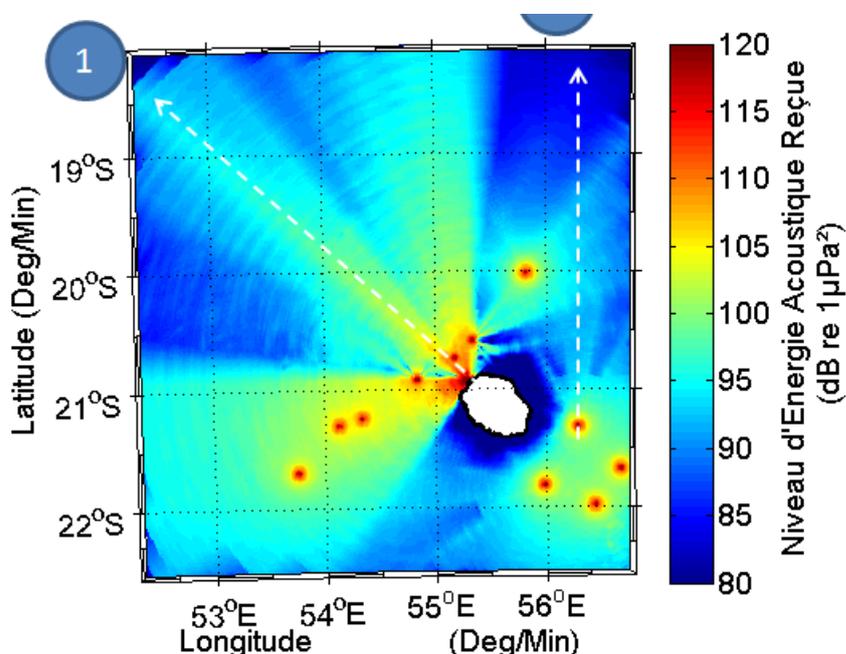
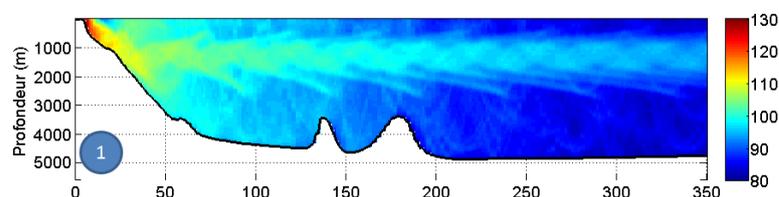
La méthodologie proposée prend en compte les données disponibles (environnement, activités humaines et biologiques) et se base sur une série de mesures acoustiques in-situ pour calibrer les cartes d'émergence sonore, les courbes statistiques, et les cartes de risques par espèces.

Les ondes acoustiques dans l'eau se propagent très rapidement et sur des distances qui peuvent être importantes. La distribution du niveau de bruit dans la colonne d'eau est principalement fonction des sources en présence, des conditions de bathymétrie, des conditions de température et de salinité, de la nature du fond, de l'état de mer. L'estimation des champs sonores ne peut se faire raisonnablement que par simulation numérique impliquant l'usage de modèles prenant en compte ces paramètres.

Quiet-Oceans propose une modélisation par équations paraboliques pour les très basses fréquences et par rayons à distribution énergétique Gaussienne pour les fréquences plus élevées, qui traduit fidèlement la distribution géométrique du bruit dans la colonne d'eau, tout en offrant des performances de calcul intéressantes pour une analyse statistique. Les profils de célérité du son dans l'eau sont proportionnels à la température de l'eau, la salinité et la pression (ou profondeur). Le principal effet de ces non-homogénéités dans les distributions de vitesse du son est de courber les rayons de propagation et de créer des

canaux de propagation. Ces phénomènes complexes sont toutefois prédictibles par simulation numérique.

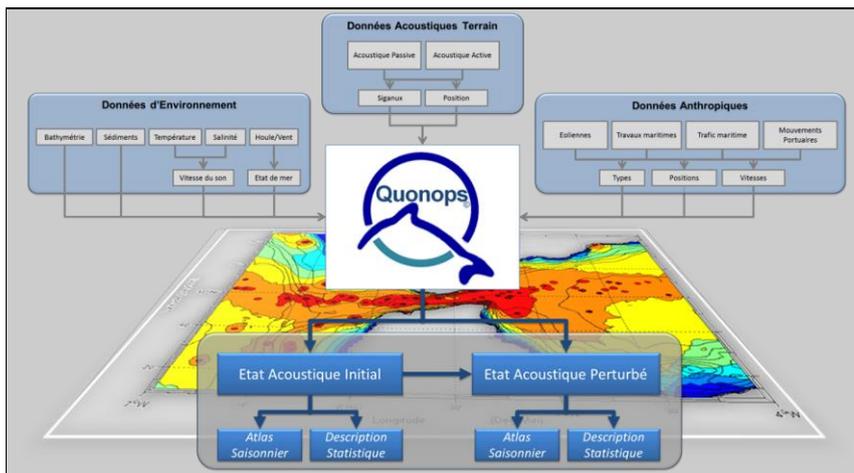
La modélisation de la propagation du son se fera à 2,5D, c'est-à-dire que l'effet tridimensionnel est obtenu par une succession de modélisations dans des plans verticaux interpolés de façon cylindrique.



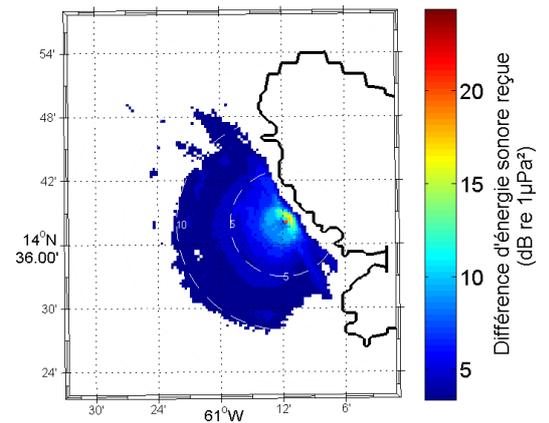
*Illustration de la complexité de la propagation acoustique à La Réunion : la figure du haut illustre la propagation dans le plan vertical (profondeur vs distance) typique d'un environnement tropical par grands fonds ; la figure du bas représente la résultante du champ sonore généré à 64Hz par le trafic maritime aux abords de l'île de la Réunion, tel que simulé par Quonops®, système de prévision acoustique de Quiet-Oceans.*

### ★ Plateforme technologique utilisée

Quiet-Oceans développe Quonops®, un système opérationnel de surveillance et de prédiction du bruit naturel et anthropique en mer (Folegot 2010a) (Folegot 2011). A l'instar des systèmes de prévision météorologique, cette plateforme puissante et brevetée produit une estimation de la distribution spatio-temporelle des niveaux de bruit générés par l'ensemble des activités humaines en mer. Elle permet de qualifier l'émergence ou empreinte sonore du projet au-dessus du bruit existant, et de quantifier le volume d'eau dans lequel les bruits du projet sont perceptibles par les espèces en présence.



description schématique de la plateforme opérationnelle de prévision des bruits anthropiques. Quiet-Oceans.

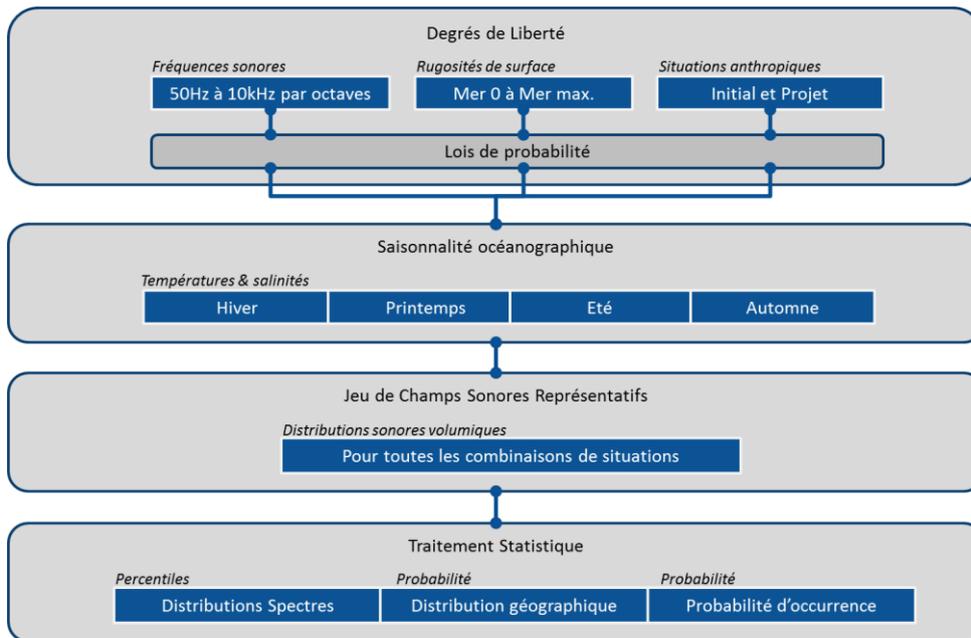


Exemple d'empreinte sonore. Source :

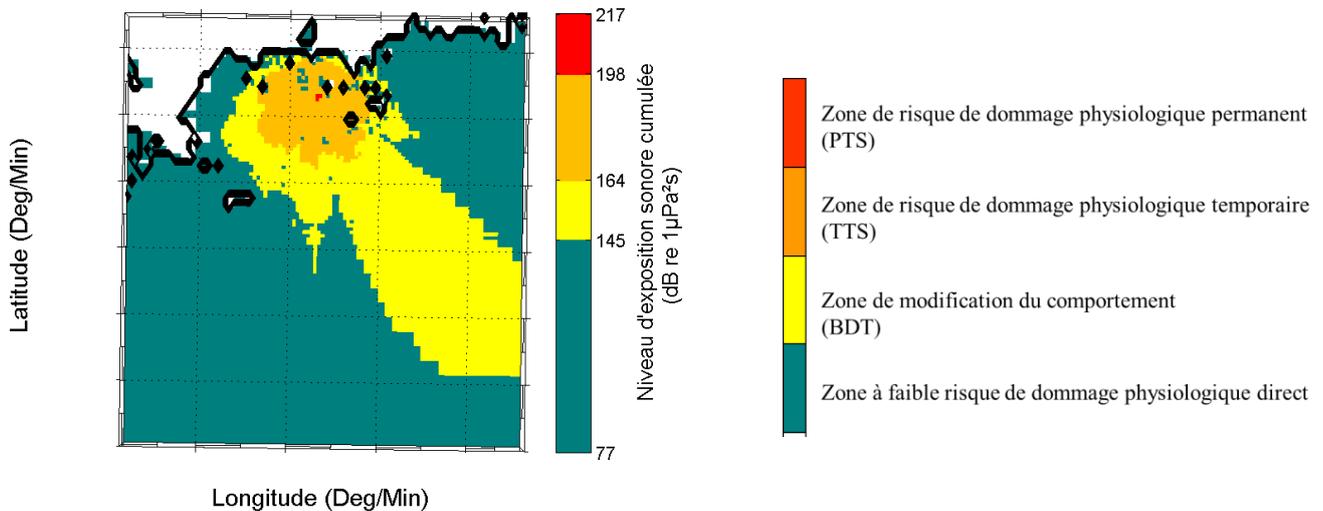
### ★ Approche statistique

La nature stochastique du bruit ambiant est liée au fait que les sources de bruit anthropique et, dans une bien moindre mesure, les conditions environnementales, sont difficilement prédictibles en détail. En effet, il est particulièrement difficile de prévoir quand le prochain navire de pêche passera à un endroit donné. Les effets du bruit sur les espèces est tout autant de nature stochastique puisqu'on ne peut raisonnablement lui adjoindre qu'une estimation statistique du risque qu'il fait encourir. Aussi, afin de palier à cette caractéristique fondamentale, l'approche proposée repose sur une caractérisation statistique du bruit et des risques associés.

En pratique, les atlas sonores produits par Quonops© sont réalisés selon toutes les combinaisons d'un ensemble de situations environnementales et de situations anthropiques représentatives du site d'étude (voir la représentation schématique ci-dessous). Une approche par la méthode de Monte-Carlo permet ensuite de déterminer les statistiques des champs sonores saisonnières, et de décrire l'état sonore de la zone d'étude en termes de probabilité de niveau acoustique et de distribution spatiale. Le paramètre « situation anthropique » reflète des situations « instantanées » de distributions spatiales des sources anthropiques des activités existantes (pour l'état initial) ou du Projet (pour l'empreinte sonore du projet).



Approche statistique par méthode de Monté-Carlo pour la caractérisation sonore sous-marine.



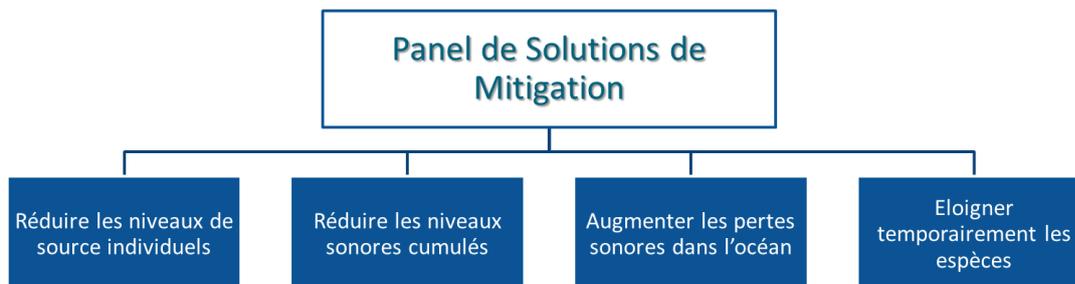
Exemple de carte d'évaluation des risques de nuisance sonore en Eté vis-à-vis du Marsouin Commun (cétacé « hautes fréquences ») et liés à une opération de construction. La couleur verte indique la zone à risque faible ou nul, la zone jaune indique la zone pour laquelle il y a un risque de modification du comportement (fuite), en orange la zone à forte probabilité de dommages physiques temporaire, et en rouge la zone à forte probabilité de dommage physique permanents. Source : Quiet-Oceans – cas fictif.

## II.5 Définition d'un plan de gestion des risques biologiques

**Lorsque les niveaux de risques sonores l'exigent, une méthodologie ERC (évitement, réduction, compensation) est mise en œuvre afin de définir les solutions de gestion les plus pertinentes et les plus adaptées.**

La réduction et l'évitement des risques peuvent se réaliser selon quatre leviers principaux (schéma ci-dessous) :

- mettre en place des mesures de réduction des niveaux de source de bruit individuels ;
- mettre en place des mesures de réduction des niveaux sonores cumulés ;
- mettre en place des systèmes qui entravent la propagation du bruit dans l'océan ;
- mettre en place des mesures qui permettent d'éloigner temporairement les espèces des zones de risque.



*Panel de solutions de réduction des risques sonores vis-à-vis des mammifères marins.*

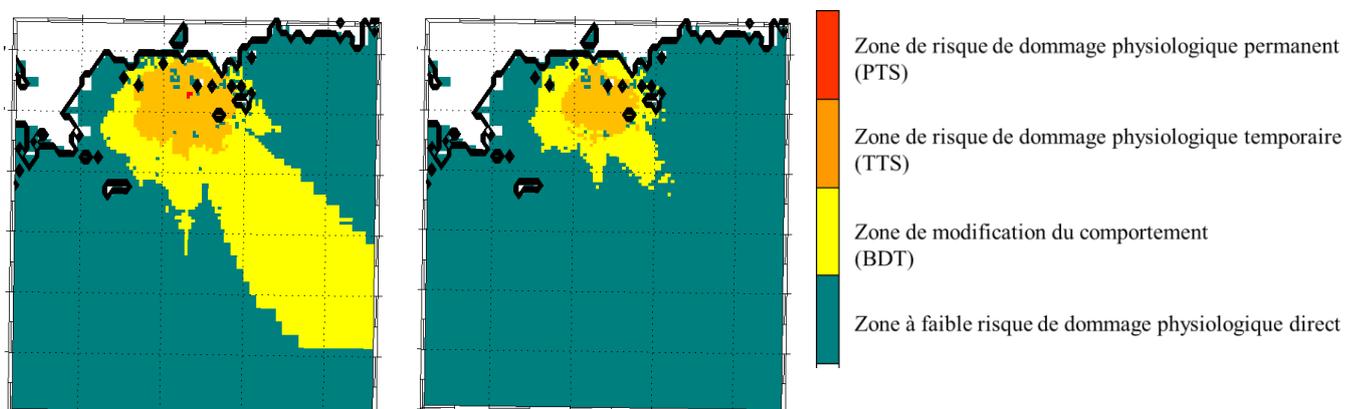
Les résultats attendus concernant la gestion des risques sont les suivants :

- Des recommandations opérationnelles en cohérence avec les risques spécifiques du site, du projet et des bruits associés sont formulées ;
- Des mesures de réduction sont proposées, leur faisabilité et leur compatibilité avec le projet est évaluée ;
- Les gains des mesures de réduction proposées sont quantifiés ;
- Un plan de suivi terrain est défini en cohérence avec les enjeux environnementaux et les enjeux techniques et financiers du projet, pour les phases de construction et pour l'exploitation du parc ;
- Le plan de suivi et de gestion est budgétisé.

### ❖ **Quantification de l'efficacité des mesures de réduction**

Le décret n°2011-2019 du 29.12.2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements impose que les gains potentiels des solutions pour éviter, réduire ou (lorsque cela est possible) compenser l'impact environnemental soit évalués.

L'efficacité de certaines mesures de réduction peut être évaluée par modèle, et les gains potentiels des systèmes de réductions et stratégies de gestion quantifiées.



### III. Calendrier prévisionnel de réalisation

Le tableau ci-après présente le planning de cette étude :

	2016					2017			
	08	09	10	11	12	01	02	03	04
Approfondissement bibliographique de la répartition des cétacés dans la zone d'influence du projet (BDD GLOBICE)									
Mesures acoustiques in situ : préparation (AOT), relevages									
Expertise visuelle aérienne									
Traitement acoustique : modélisation du bruit / biocaoustique									
Définition des incidences Définition d'un plan de gestion des risques									

## IV. Avancement de l'étude et 1ers résultats

---

### IV.1 Étude bibliographique relatif à la fréquentation des cétacés dans la zone du projet

---

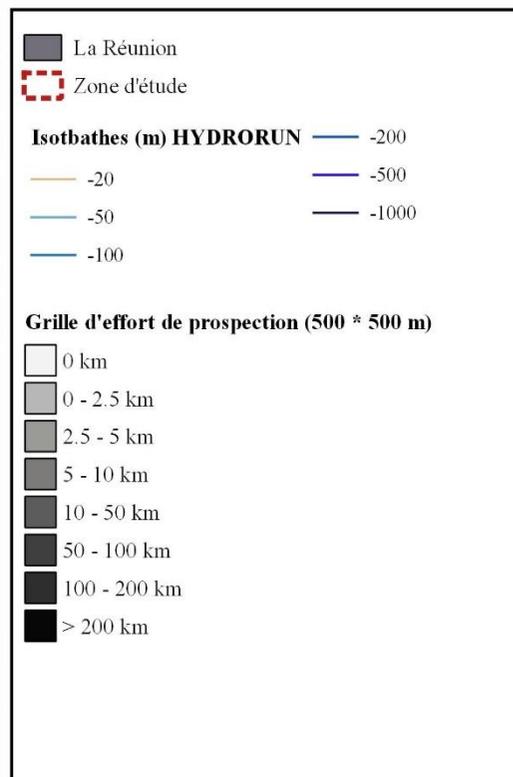
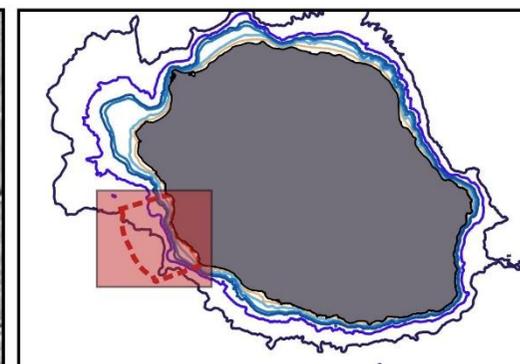
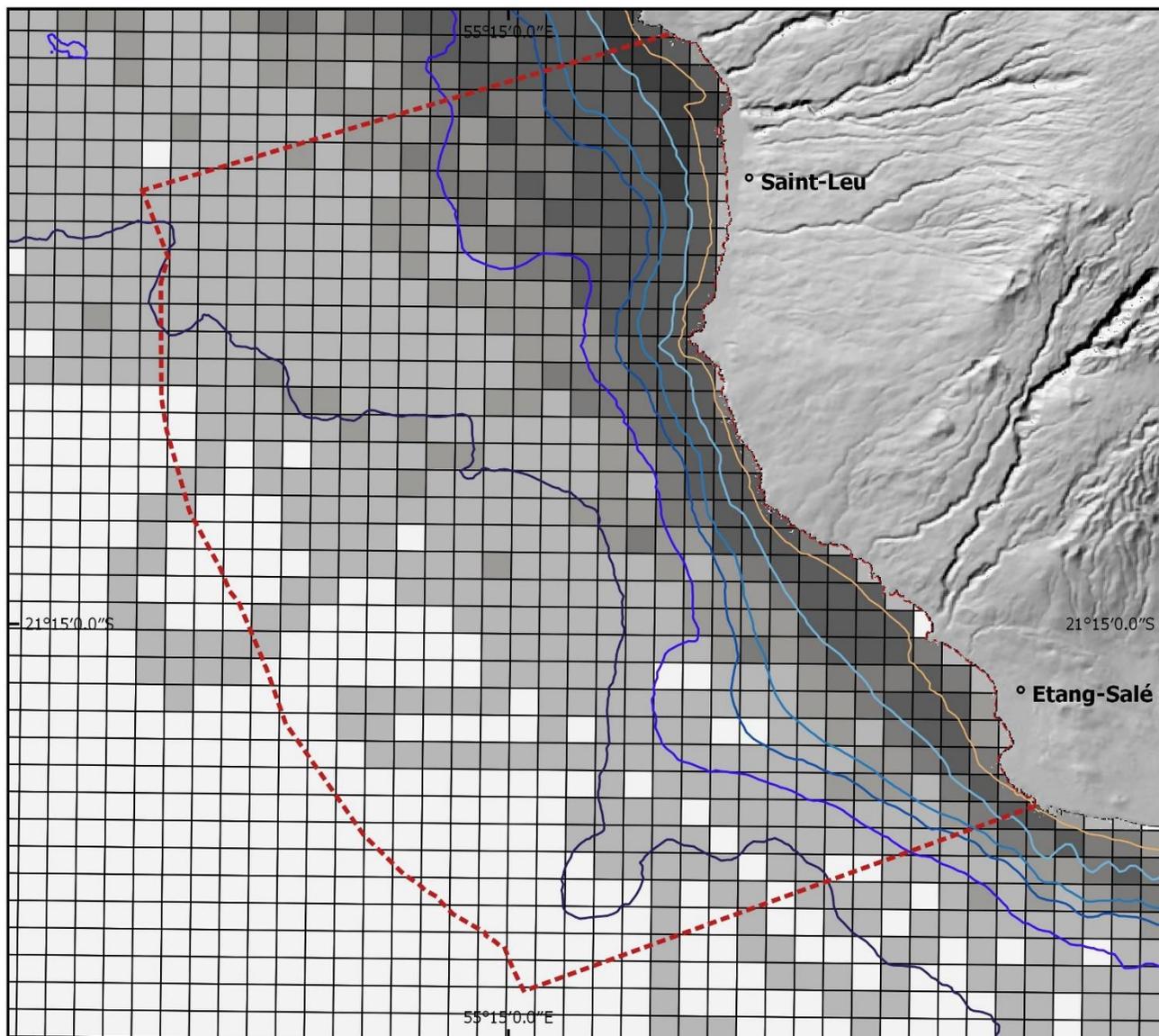
Cette étude bibliographique concerne donc les espèces suivantes :

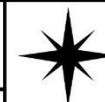
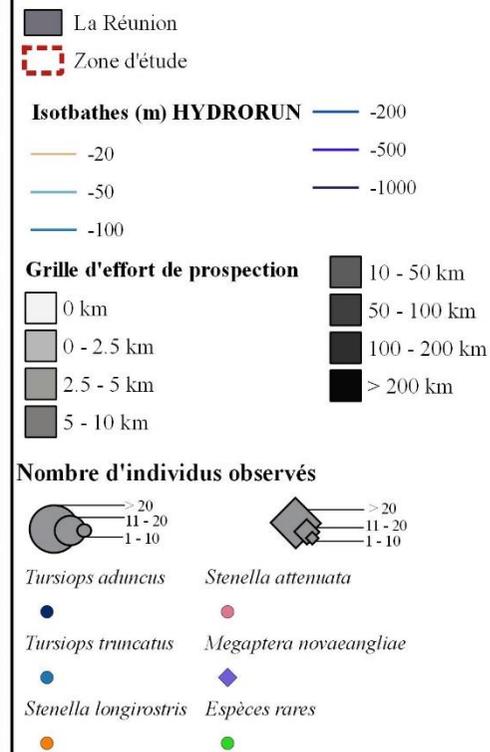
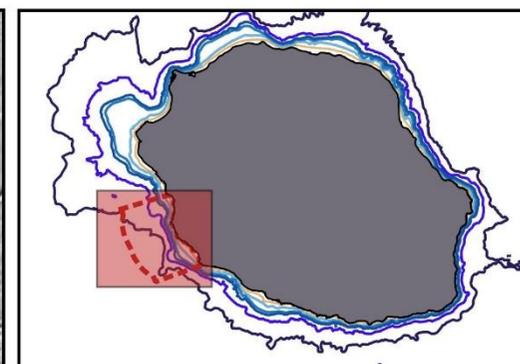
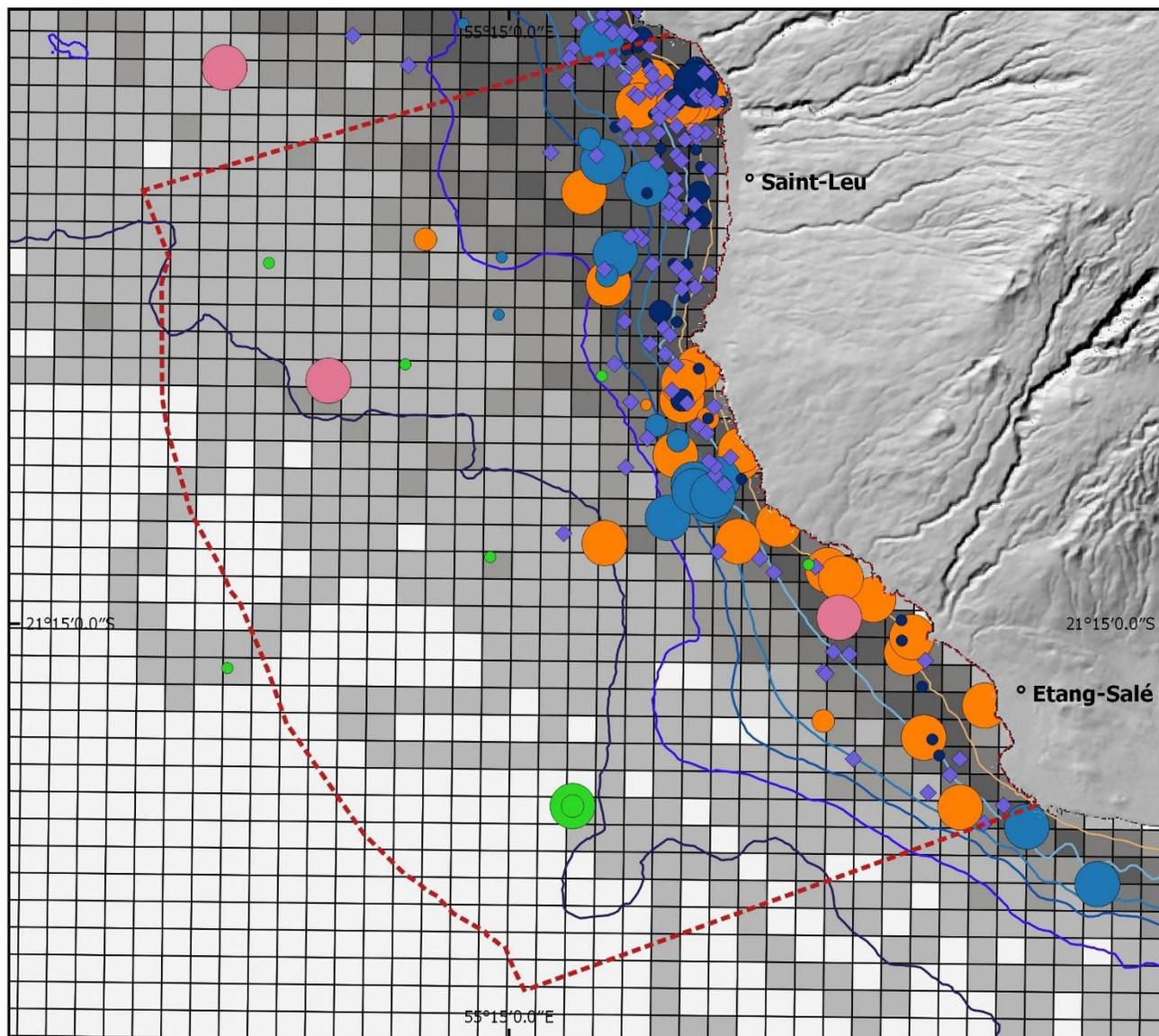
- Grand dauphin de l'indo-pacifique (*Tursiops aduncus*),
- Grand dauphin commun (*Tursiops truncatus*),
- Dauphin long bec (*Stenella longirostris*),
- Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*).

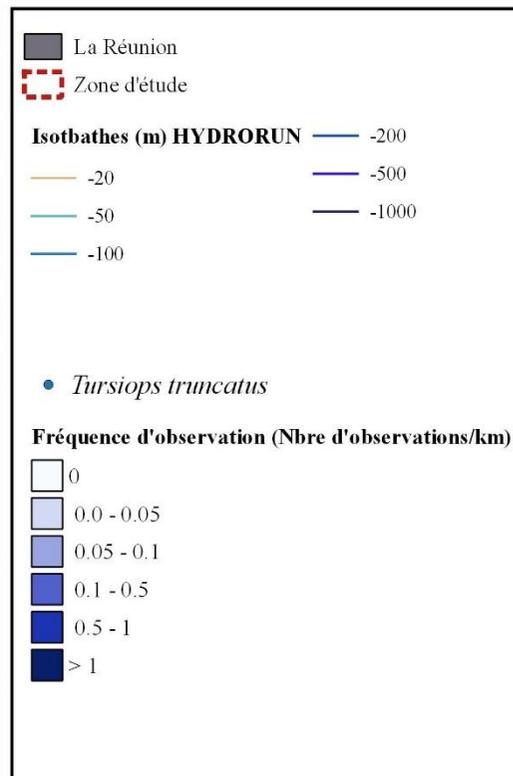
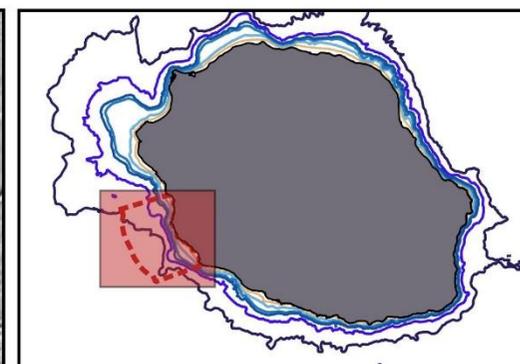
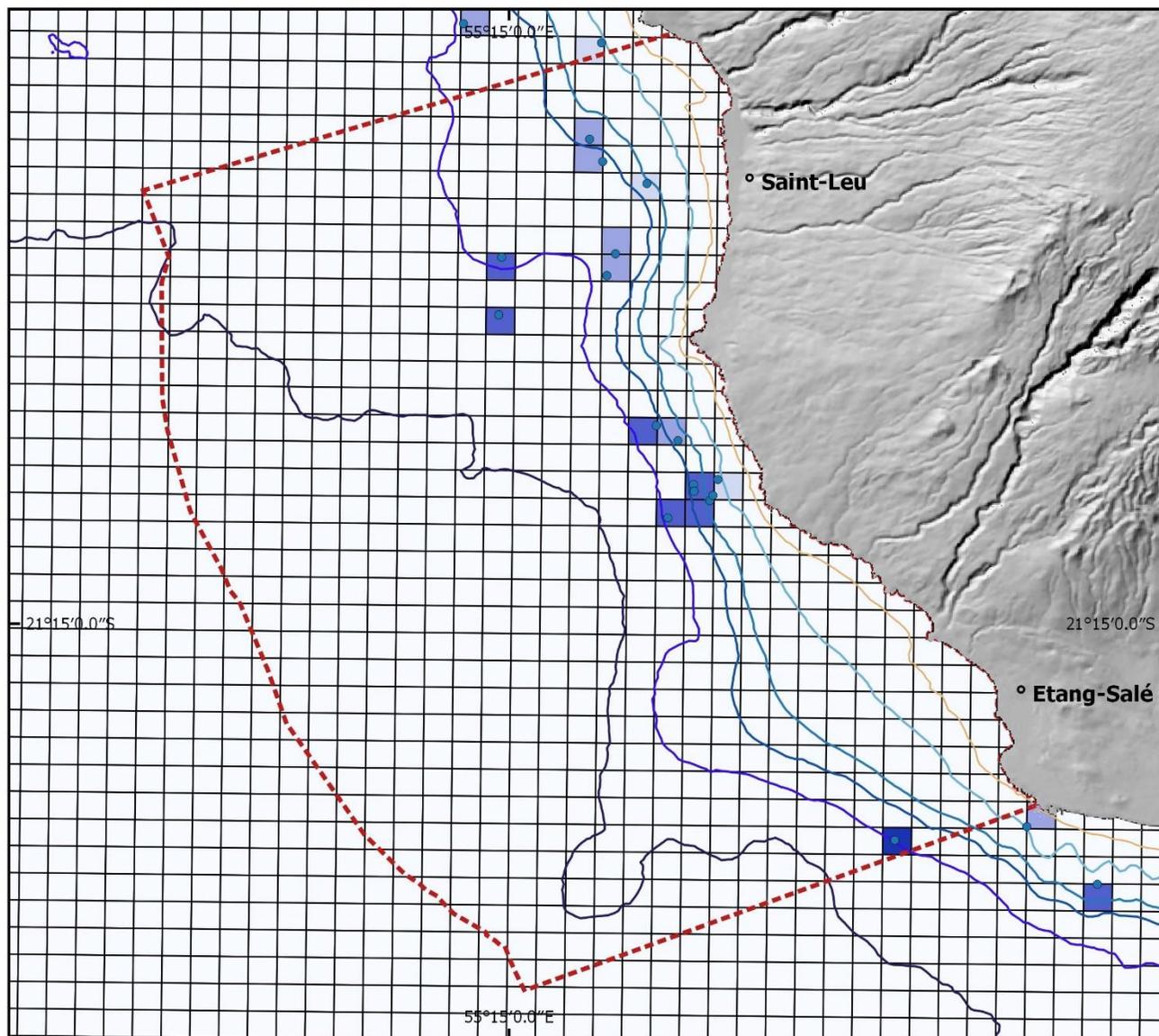
Il est à noter que d'autres espèces rares ont été considérées, à savoir

- *Stenella attenuata* (dauphin tacheté pantropical – 3 observations)
- *Lagenodelphis hosei* (dauphin de Fraser – 1 observation)
- *Peponocephala electra* (dauphin d'Electre – 1 observation)
- *Mesoplodon densirostris* (baleine à bec de Blainville – 2 observations)
- *Kogia sima* (cachalot nain – 1 observation)
- *Ziphius cavirostris* (baleine à bec de Cuvier – 1 observation)
- *Eubalaena australis* (baleine franche australe – 1 observation)

Les cartes suivantes présentent ces données d'observations entre 2008 et 2014, pour l'ensemble des espèces observées (un rapport a été produit, synthétisant l'ensemble des données collectées : GLOBICE, 2016).





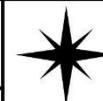


GRUPE LOCAL D'OBSERVATION ET D'IDENTIFICATION DES CÉTACÉS

### Fréquence d'observation du Grand Dauphin entre 2008 et 2014

Sources : GLOBICE ; HYDRORUN

Date : 7/12/2016

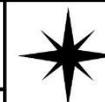
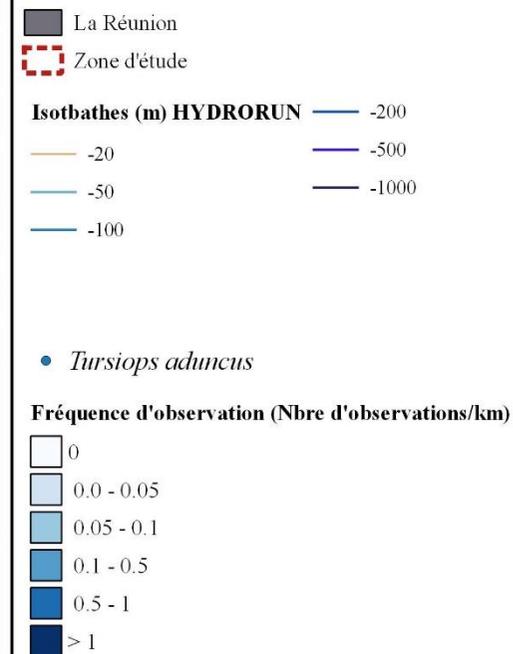
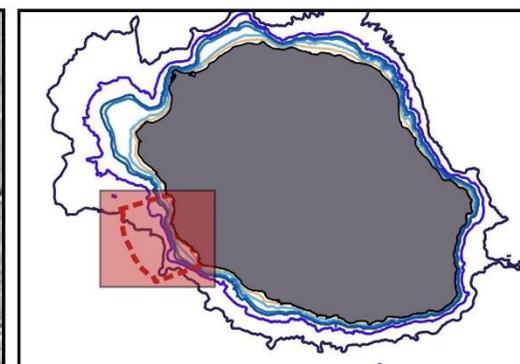
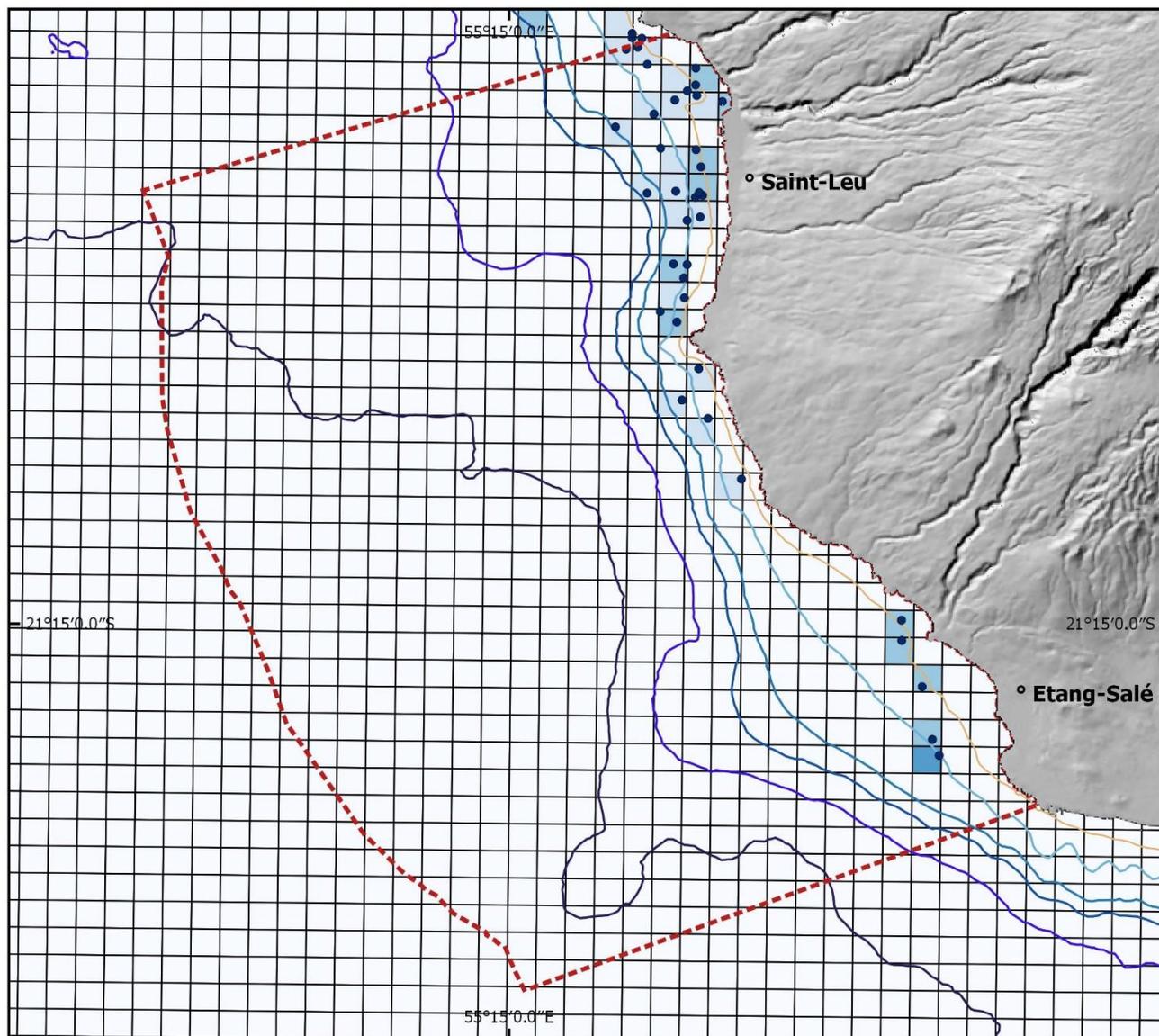


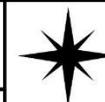
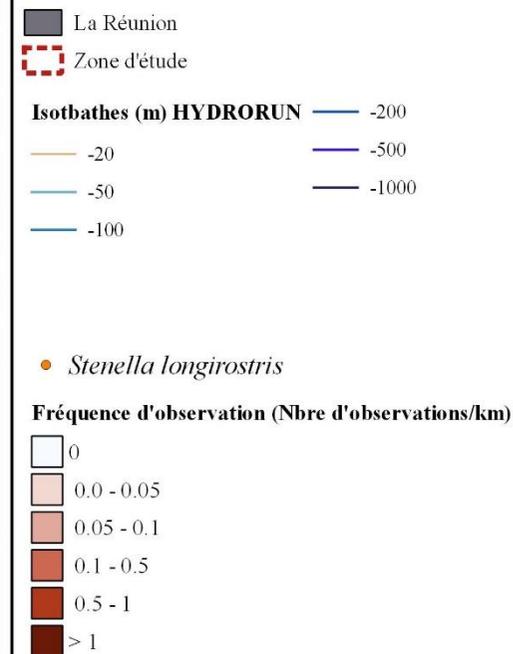
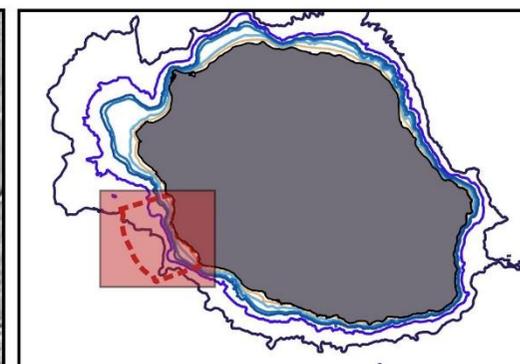
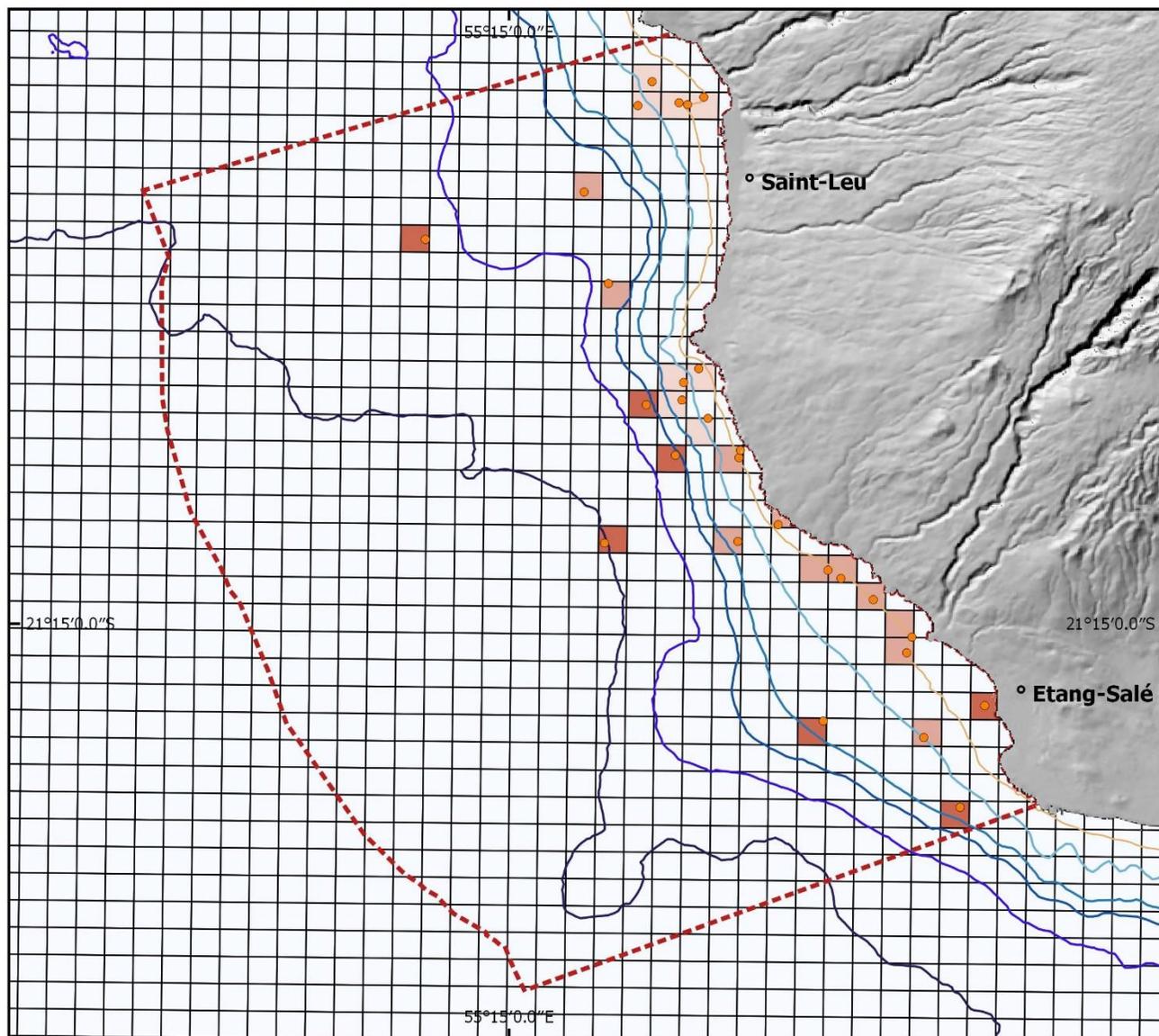
0 1 2 3 4 km

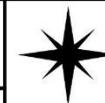
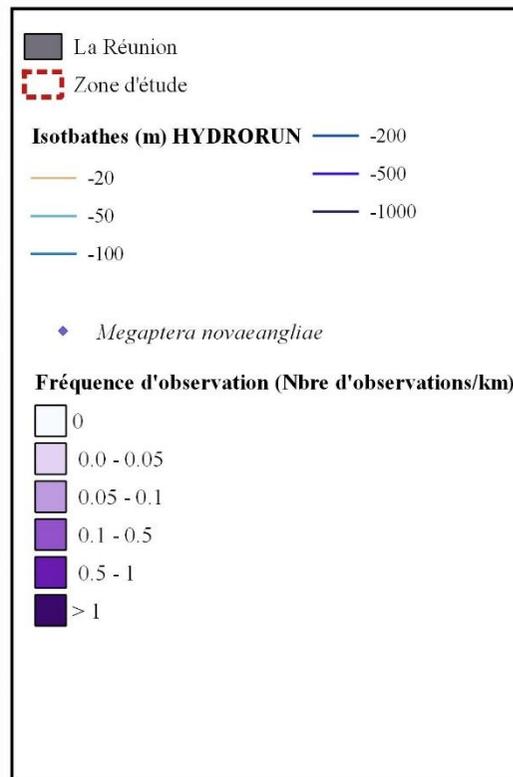
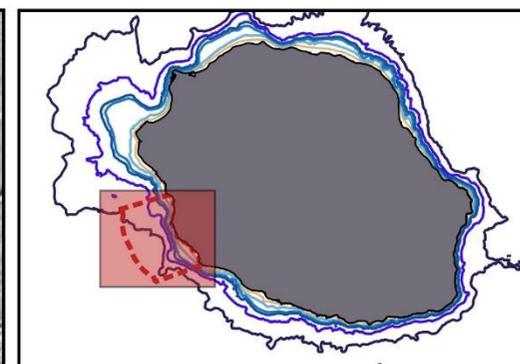
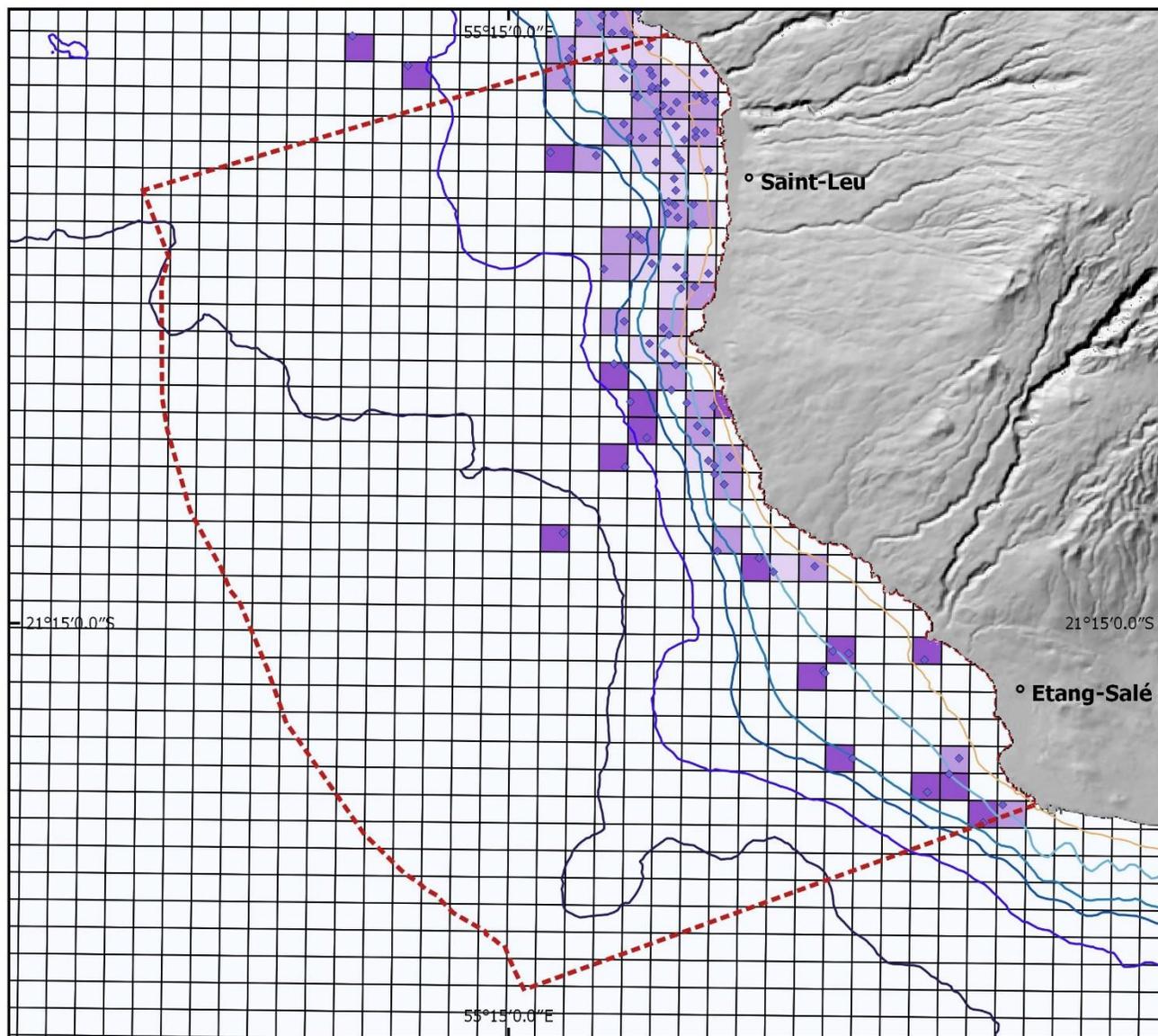


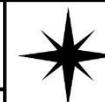
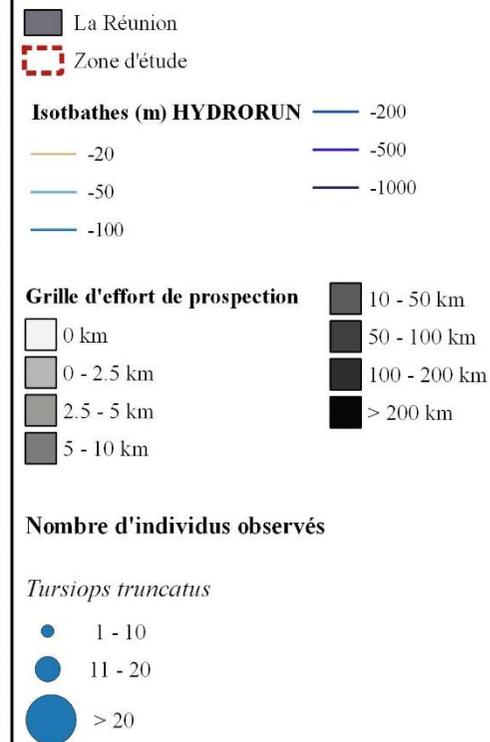
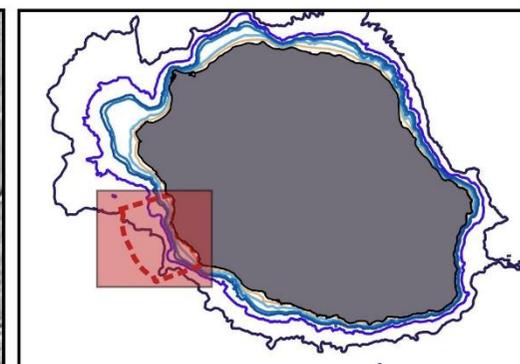
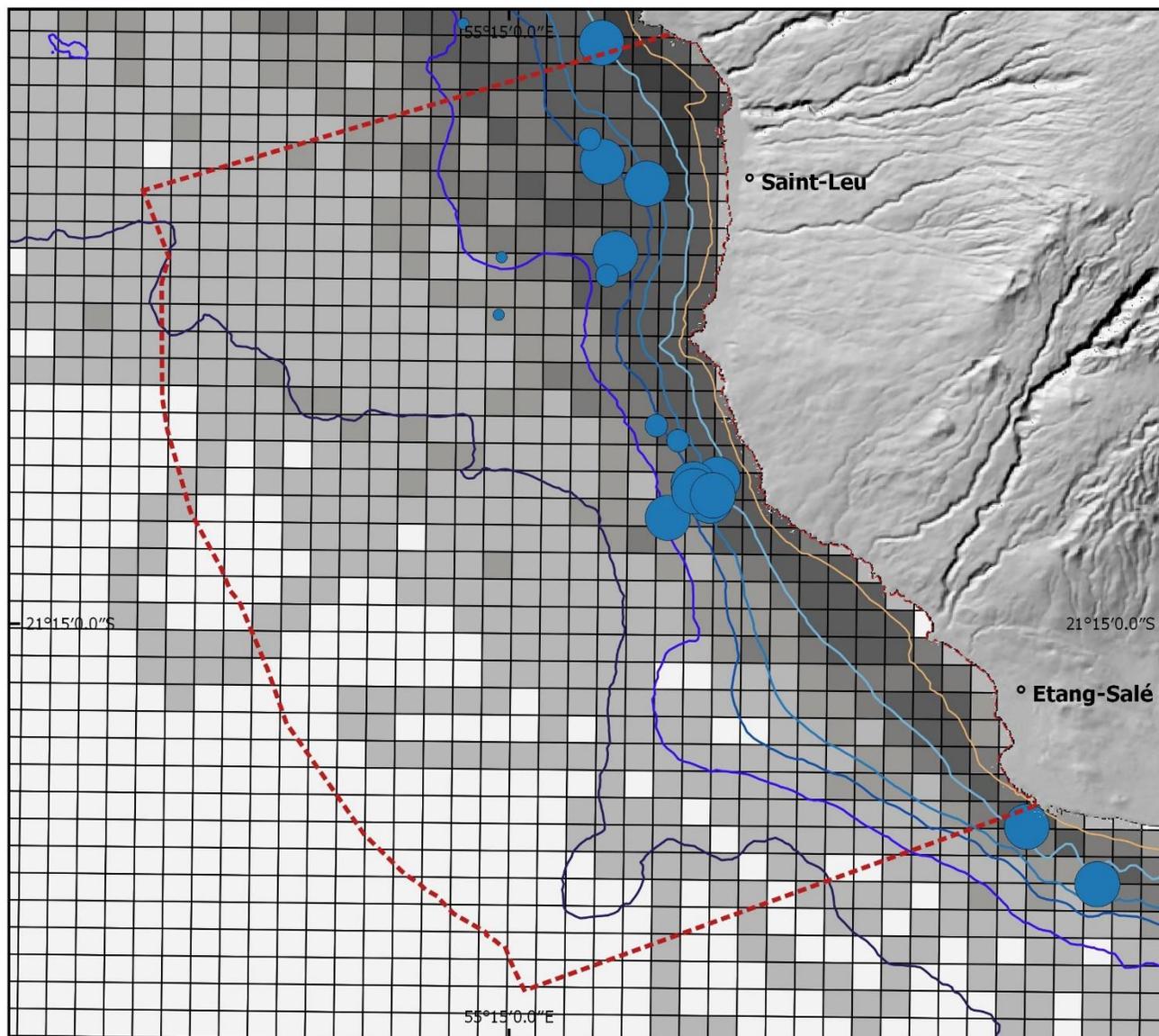
Echelle : 1:79 999

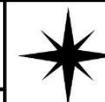
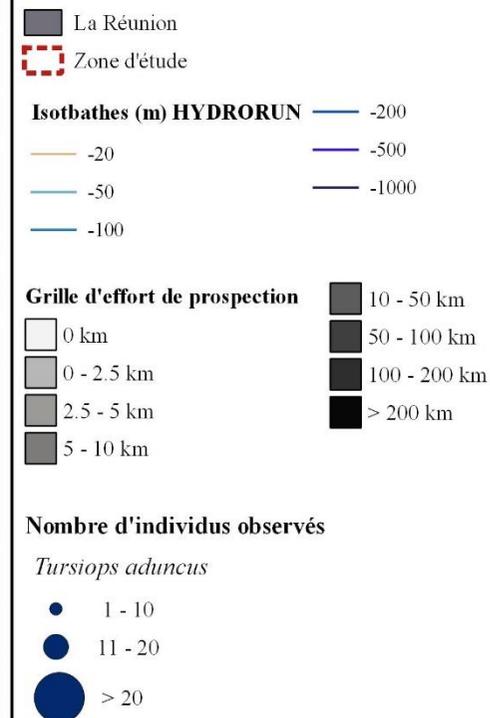
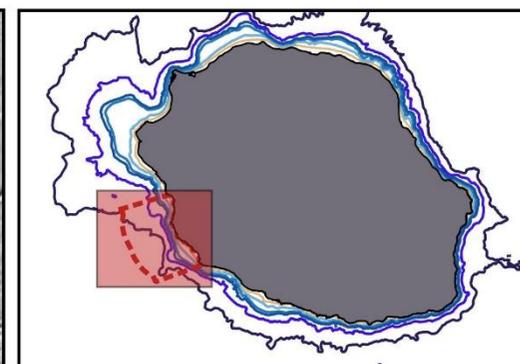
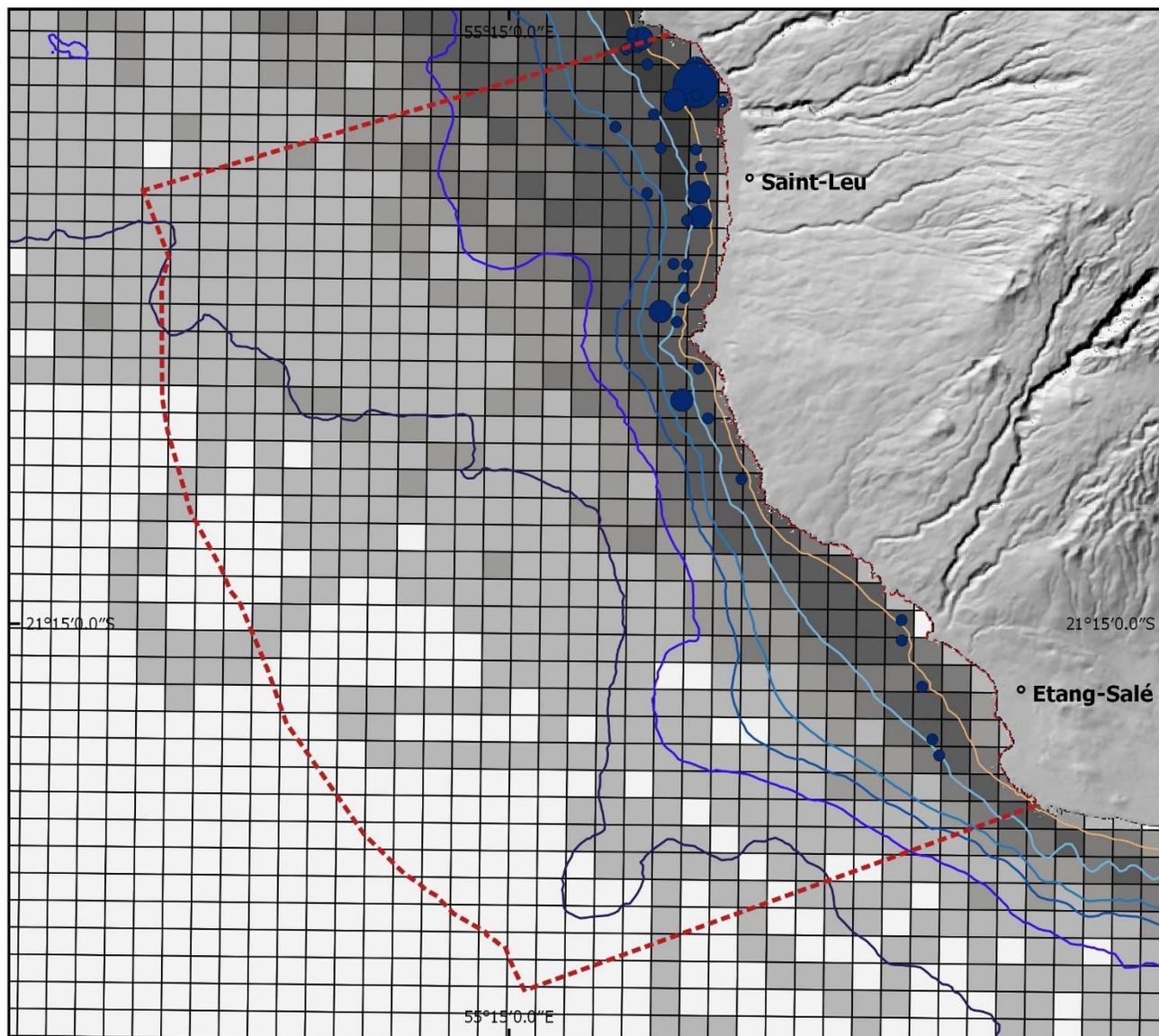


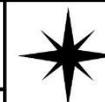
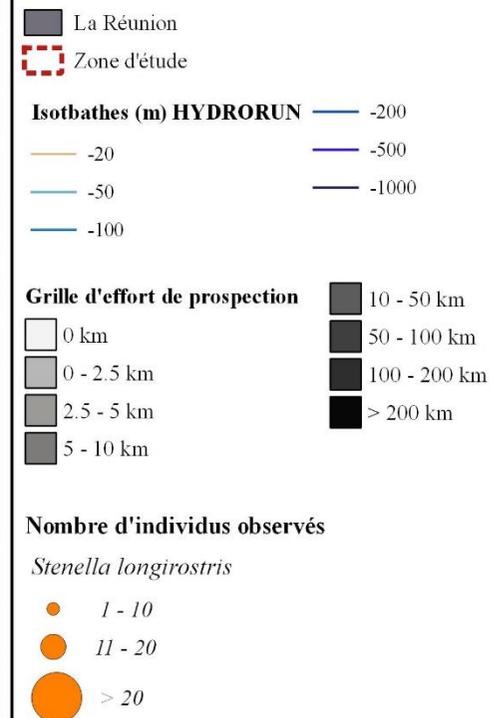
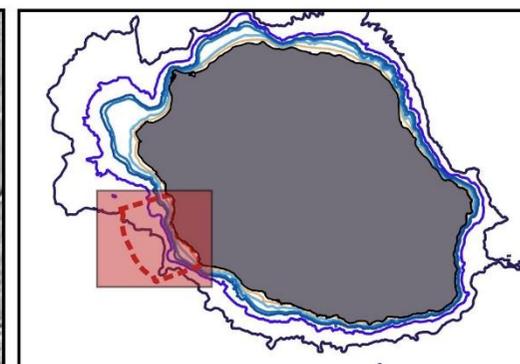
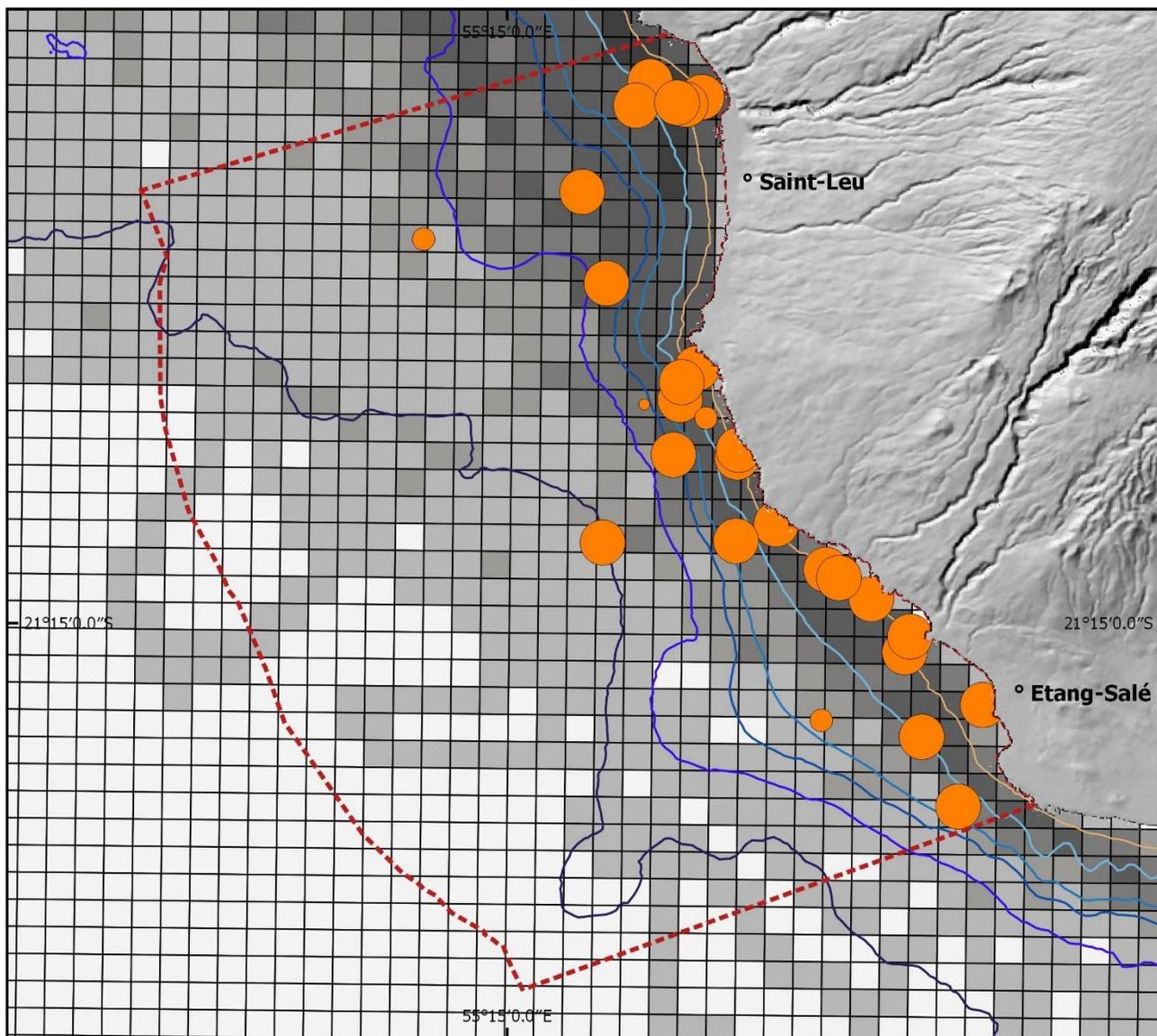


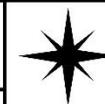
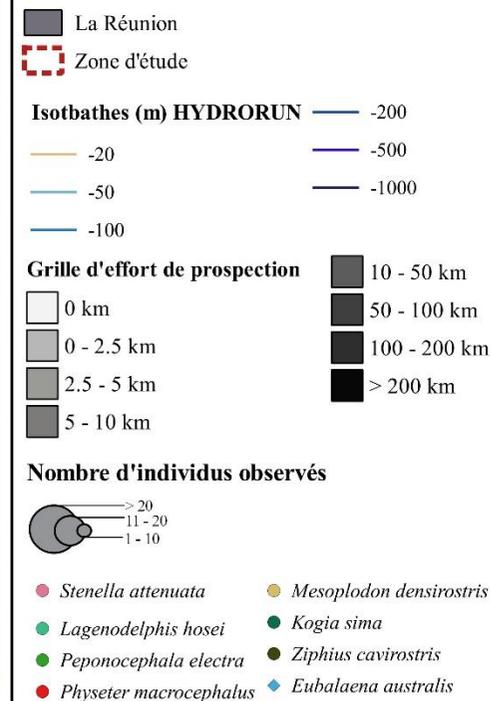
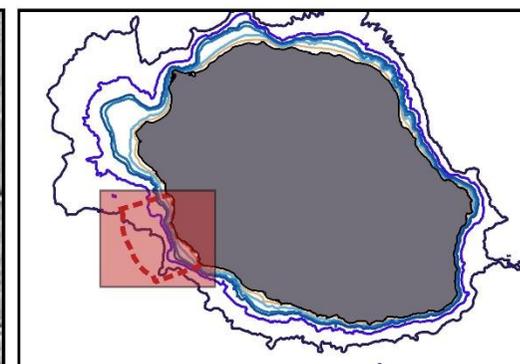
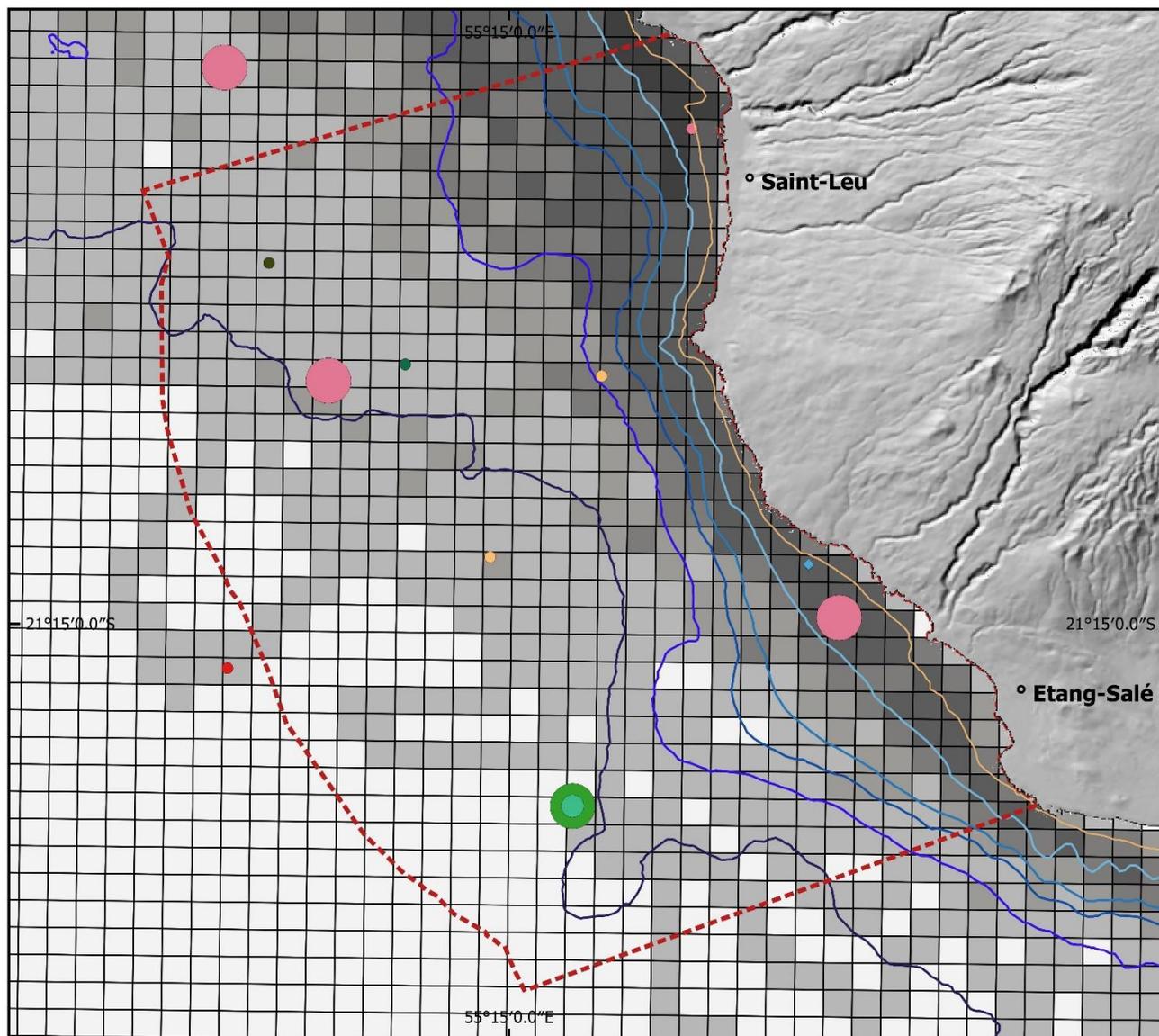


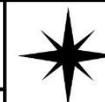
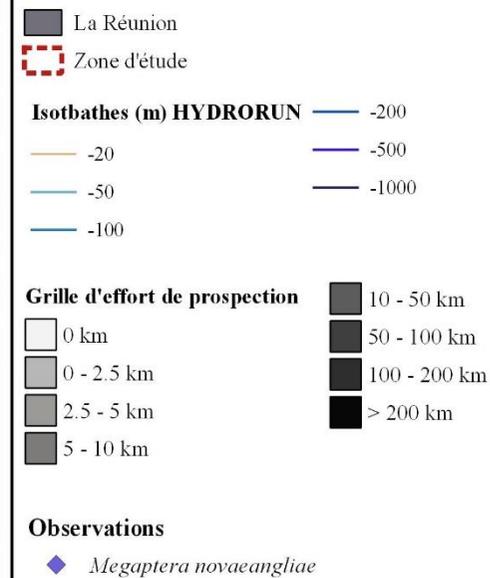
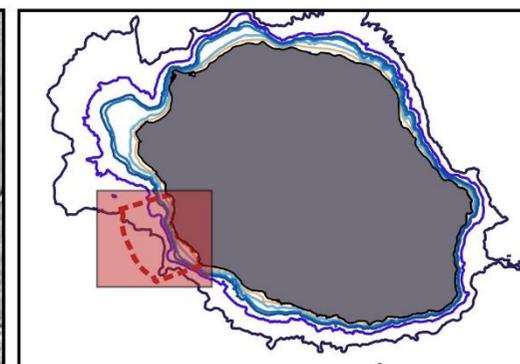
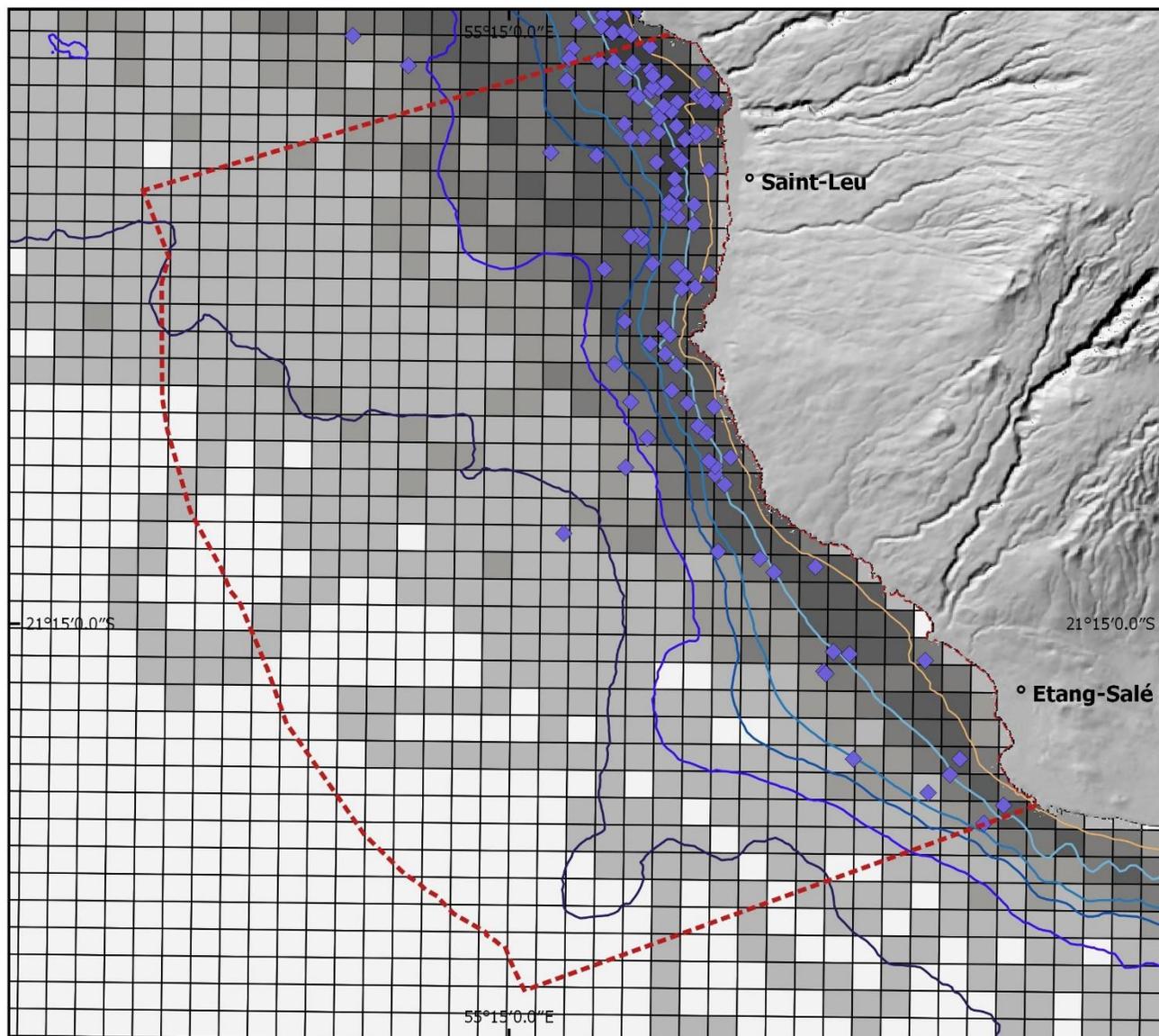












## IV.2 Expertise visuelle des cétacés par survol aérien

---

Au total, 5 suivis aériens ont été réalisés entre septembre 2016 et février 2017, permettant notamment de couvrir la présence de la Baleine à bosse.

Au total, lors de ces expertises, 3 espèces de cétacés ont été identifiées :

- Grand dauphin de l'indo-pacifique (*Tursiops aduncus*) : 1 observation avec 6 individus le 29/09/2016 + 1 observation avec 6 individus le 15/11/2016 ;
- Dauphin d'Electre (*Peponocephala electra*) : 1 observation avec environ 260 individus (dont au moins 10 juvéniles) le 15/11/2016 ;
- Baleine à bec de Blainville (*Mesoplodon densirostris*) : 1 observation avec 1 individu le 03/11/2016.



*Baleine à bec de Blainville (à gauche) et Dauphin d'Electre (à droite) (Biotope, 2016)*

Lors des 5 suivis réalisés, de nombreuses tortues marines ont été observées.

## IV.3 Expertise acoustique

### IV.3.1 Enregistrement in situ

#### Demande d'Autorisation d'Occupation Temporaire du DPM

Les différentes procédures réglementaires ont été engagées durant les mois de juillet et août 2016, avec une demande d'autorisation d'occupation temporaire du domaine public maritime. L'intitulé de la demande concerne : « Installation d'un corps mort avec hydrophone pour une étude scientifique des mammifères marins ».

**Cette autorisation a été octroyée le 19 août 2016 sous la référence 2016 – 170,** permettant une occupation du DPM jusqu'au 31/12/2016. Une demande de prolongement a été demandée, permettant d'acquérir des données jusqu'à 31 mars 2016.

#### Installation, relevage et évènements divers

Le tableau suivant présente les différentes opérations relatives à l'installation du matériel acoustique et ses relevages. Il est également indiqué les évènements exceptionnels ou incidents constatés.

Nature de l'opération	Date	Évènement particulier
Installation : corps mort et hydrophone	09/09/2016	/
Relevage n°1 hydrophone (collecte données acoustiques)	05/10/2016 + 07/10/2016	Collecte des données acoustiques Entretien du matériel (problème d'enregistrements des données)
Relevage n°2 hydrophone (collecte données acoustiques)	25/10/2016	
Relevage n°3 hydrophone (collecte données acoustiques)	09/12/2016	
Relevage n°4 hydrophone (évènement exceptionnel)	05/02/2017	Tempête CARLOS Attente de bonnes conditions météorologiques pour remise à l'eau
Désinstallation de l'ensemble du dispositif	Fin février 2017	Date limite AOT : 01/03/2017

### IV.3.2 Etat de référence et modélisation acoustique

Cette partie est en cours de réalisation, car les données acoustiques sont en cours d'acquisition.

Le modèle numérique est en cours de réalisation. Pour l'évaluation des risques, les hypothèses majorantes seront prises en compte, à savoir :

- La même configuration de tir de mine que la carrière de Koungou (Mayotte),
- La prise en compte de la localisation la plus pénalisante pour l'emplacement des explosifs, au plus près du trait de côte, dans l'emprise de la carrière [21°14'18.51S / 55°18'42.52E].

### IV.3.3 Etat de référence biologique

A l'instar de l'état acoustique du milieu physique, les traitements bioacoustiques sont en cours de réalisation. L'ensemble des données seront traités à la fin du 1<sup>er</sup> trimestre 2017, permettant de dresser un état des lieux des espèces et de l'activité des cétacés dans la zone d'étude.

Un 1<sup>er</sup> travail a été réalisé sur la 1<sup>ère</sup> campagne, ces résultats sont présentés à titre informatif. Ils sont à consolider avec les résultats des campagnes suivantes.

#### Présentation des résultats de la campagne 1

##### IDENTIFICATION DE LA CAMPAGNE

Nom de la campagne	Campagne 1
Date début d'enregistrement	Le 07/10/2016 à 3:33 (UTC 00)
Date de fin d'enregistrement	Le 25/10/2016 à 2 :42 (UTC : 00)
Référents	BIOTOPE / JS PHILIPPE & M. CONDET
Logistique technique et maritime	Société TSMOI

##### PARAMETRES DE SUIVI

Période d'enregistrements	18 jours
Cycle	80% (10min on / 3 min off)
Durée d'enregistrement	344 heures
Bande de fréquence d'échantillonnage	0-24 kHz
Nom de l'hydrophone	SM3M_01

## QUALITE DE LA DETECTION/CLASSIFICATION

Code modèle classificateur	DA2CORE_1 (créé le 08/11/2016)
Précision du modèle à la détection des cétacés <sup>1</sup>	81%
Contrôle qualité (nombre d'échantillons -sons- vérifiés visuellement)	40 (400 minutes)

## BILAN DU SUIVI ACCOUSTIQUE SUR LA 1<sup>ere</sup> CAMPAGNE

### MYSTICÈTES

Pour les baleines et rorquals, aucune détection de mugissement n'a été détectée sur la période de temps analysée (nombreux sons émis par la faune ichthyologique, mais sans détection de mugissements de cétacés). Sur cette base, en considérant la période d'échantillonnage, il apparaît que la baleine à bosse (*Megaptera Novaeangliae*) n'était plus présente dans la zone d'échantillonnage à partir du 7 octobre 2016. Aucune émission de son n'a été détectée dans un périmètre estimé à 10 km autour de l'hydrophone<sup>2</sup>. Rappelons que l'ensemble des individus de baleines à bosse n'émettent pas de sons en continu, seul les mâles sont connus pour « chanter » en période de reproduction.

Pour information, la présence des baleines à bosse a été limitée durant l'hiver 2016, avec seulement 25 individus recensés dans les eaux côtières de La Réunion, principalement sur la période de juillet-août ((Globice, 2016).

### ODONTOCÈTES

Au cours de cette période d'enregistrement, il a été mis en évidence la présence de delphinidés (dauphins), avec la détection de 9 séquences<sup>3</sup>. Durant cette période, ces dauphins ont été détectés durant 33 % de la durée journalière (6 jours sur 18 étudiés), avec une fréquence journalière variant entre 0 et 3 séquences de détection par jour.

Les analyses acoustiques montrent que 2 espèces (à minima) correspondent à ces détections, à savoir :

- le genre *Tursiops*, pour 7 détections (2 espèces possibles : *T. aduncus* ou *T. truncatus*),
- le genre *Stenella*, pour 2 détections (2 espèces possibles : *S. longirostris* ou *S. attenuata*).

(1 détection montre une forte intensité de sifflement enregistrée le 23/10/2016, pouvant correspondre à un groupe importants d'individus, cohérent avec la structure du genre *Stenella* à La Réunion).

Pour les 9 séquences enregistrées, les signaux correspondent à des sifflements (dans 7 séquences) et des clics (dans 8 séquences). De plus, des signaux typiques montreraient une activité de chasse (« *buzz de chasse* »). Ces premiers résultats semblent indiquer que

<sup>1</sup> En lien une analyse des vrais positifs.

<sup>2</sup> La portée de détection est donnée à titre indicative sur la base d'autres études réalisées à La Réunion (Biotope & Quiet Oceans, 2016)

<sup>3</sup> Séquence : série de détections consécutives dans le temps.

SCPR / Approfondissement des connaissances sur les cétacés dans le cadre du projet de carrière de Bois-Blanc – Contextualisation acoustique et définition des risques acoustiques – ETAT D'AVANCEMENT  
BIOTOPE, Février, 2017

ce type d'activité serait davantage nocturne (début et fin de nuit / à confirmer sur les campagnes à venir).

De manière plus générale, les détections mettent également en évidence une présence plutôt homogène dans le temps : la zone d'étude est fréquentée la nuit (5 séquences entre 19h et 5h) et le jour (1 séquence le matin et 3 séquences l'après-midi). La zone d'étude serait donc incluse dans le domaine vital de delphinidés, constituant une zone de transit et d'alimentation.

Le tableau ci-après donne les résultats d'analyse propres à la première campagne d'enregistrement.

Tableau 1 : Résultats d'analyse de la campagne 1- 07/10/2016 au 25/10/2016. Les heures correspondent à une heure locale (UTC +04).

Date	Heure début	Heure fin	Durée en minutes	Clics		Sifflements		
				Clics	Niveau d'intensité des clics	Sifflements	Séries automatisées	Intensité des séries
le 09/10/2016	03:33	/		X	2			
le 10/10/2016	04:17	04:45	28,00	X	4			
le 10/10/2016	08:39	10:26	107,00	X	2	X	4	0,04
le 10/10/2016	21:00	21:47	47,00	X	1	X		
le 16/10/2016	16:09			X	4	X		
le 18/10/2016	21:00	21:03	3,00	X	4	X	4	1,33
le 21/10/2016	23:55	00:06	11,00			X	2	0,18
le 23/10/2016	15:03	15:48	45,00	X	3	X	36	0,80
le 23/10 a 14h	18:04	18:22	18,00	X	1	X	8	0,44

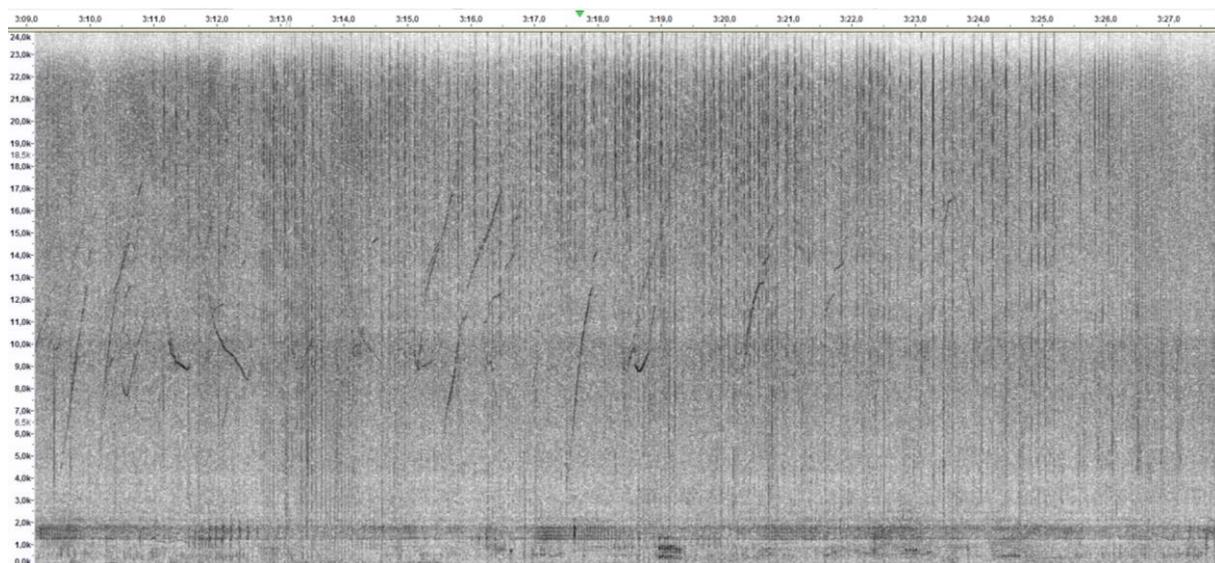


Figure 1 : Signaux de type Sifflement et Clics, enregistrés le 23/11/2016 par l'hydrophone SM3M\_01 (Biotope, 2016)

## PLANNING ET ORGANISATION À VENIR

Dans le cadre de l'étude en cours, différentes campagnes sont prévues et s'étalent jusqu'en mars 2017, permettant de couvrir 5 mois d'un cycle biologique pour les cétacés. L'analyse acoustique approfondie permettra de définir :

- L'état acoustique du milieu physique de la zone d'étude,
- Les espèces et leur niveau de fréquentation dans la zone d'étude,
- Une évaluation des risques acoustiques liés à l'exploitation de la carrière pour les cétacés.

2016				2017		
<i>Septembre</i>	<i>Octobre</i>	<i>Novembre</i>	<i>Décembre</i>	<i>Janvier</i>	<i>Février</i>	<i>Mars</i>
<i>Campagne 1</i>		<i>Campagne 2</i>	<i>Campagne 3</i>		<i>Campagne 4</i>	

**L'ensemble de ces résultats ne sont donnés qu'à titre indicatif, ils doivent être consolidés avec les campagnes et analyses à venir.**