

**Opération long bec**  
**Approfondissement des**  
**connaissances sur la**  
**population de**  
**Dauphin long bec de La**  
**Réunion**  
**Rapport final 2021-2022 (Action 1)**

# Sommaire

<b>I. COLLECTE DE DONNEES.....</b>	<b>3</b>
<b>I.1. Méthodologie.....</b>	<b>3</b>
I.1.1. Prospection en mer.....	3
I.1.2. Prospection aérienne.....	4
<b>I.2. Effort de prospection.....</b>	<b>5</b>
I.2.1. Effort de prospection maritime .....	5
I.2.2. Effort de prospection aérienne.....	8
<b>II. ACQUISITION ET ANALYSE DES DONNEES DE DISTRIBUTION DES DAUPHINS LONG BEC EN VUE D'IDENTIFIER LES HABITATS D'ALIMENTATION (ACTIVITE 1.2) 10</b>	
<b>II.1. Méthodologie.....</b>	<b>10</b>
II.1.1. Acquisition des données de distribution .....	10
II.1.2. Analyse des données de distribution.....	12
<b>II.2. Distribution du dauphin long bec au cours de la journée et identification de l'habitat d'alimentation....</b>	<b>13</b>
II.2.1. Distribution circadienne du dauphin long bec.....	16
II.2.2. Utilisation des habitats et identification des habitats d'alimentation.....	31
<b>III. ACQUISITION ET ANALYSE DES DONNEES DE PHOTO-IDENTIFICATION EN VUE D'ESTIMER L'ABONDANCE DE LA POPULATION DE DAUPHIN LONG BEC DE LA REUNION .....</b>	<b>36</b>
<b>III.1. Méthodologie.....</b>	<b>36</b>
III.1.1. Acquisition des données de photo-identification en mer .....	36
III.1.2. Analyse des données de photo-identification .....	36
<b>III.2. Photo-identification et estimation d'abondance du dauphin long bec .....</b>	<b>46</b>
III.2.1. Photo-identification du dauphin long bec .....	46
III.2.2. Estimation de l'abondance de la population de dauphin long bec.....	48
<b>IV. DISCUSSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>52</b>
<b>V. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>55</b>

Ce présent rapport décrit la mise en œuvre et les résultats de l'action 1 (« Approfondissement des connaissances sur la population de Dauphin long bec de La Réunion ») du programme Opération Long-bec 2021-2022 visant l'« Amélioration des connaissances sur les dauphins long bec de La Réunion et évaluation de l'impact de l'activité d'observation » mené conjointement par GLOBICE et CEDTM et financé par la DEAL-Reunion. L'action 1 comprend deux activités distinctes, présentées dans ce rapport :

- Activité 1.1 : Affiner l'estimation d'abondance de la population de Dauphin long bec ;
- Activité 1.2 : Identifier les habitats d'alimentation du Dauphin long bec.

Le protocole de prospection (maritime et aérien) ainsi que l'effort de prospection réalisé dans le cadre de ce programme sont présentés dans un premier temps. Les méthodologies de collecte de données et d'analyse, ainsi que les résultats scientifiques obtenus pour chacune des activités précédemment citées sont ensuite décrites et discutés.

## **I. Collecte de données**

### **I.1. Méthodologie**

#### **I.1.1. Prospection en mer**

Dans le cadre du programme Opération long bec (2021-2022), l'acquisition des données en mer s'est faite selon deux méthodes, impliquant deux types de prospections côtières :

- Sorties « suivi focal » : Sorties à la journée sans transect prédéfini au départ de Saint Gilles, afin d'observer les dauphins long bec dès le matin, et suivre, dans la mesure du possible leur déplacement tout au long de la journée, tout en caractérisant leur activité ;
- Transects linéaires : Sorties l'après-midi selon des transects prédéfinis, au départ de Saint Gilles, afin de prospecter de manière homogène l'habitat potentiellement utilisé par les dauphins long bec l'après-midi (sur la base des données historiques), *i.e.*, la zone située entre l'isobathe des 200m et des 500m – « transect A » ou « transect B » - Figure 1).

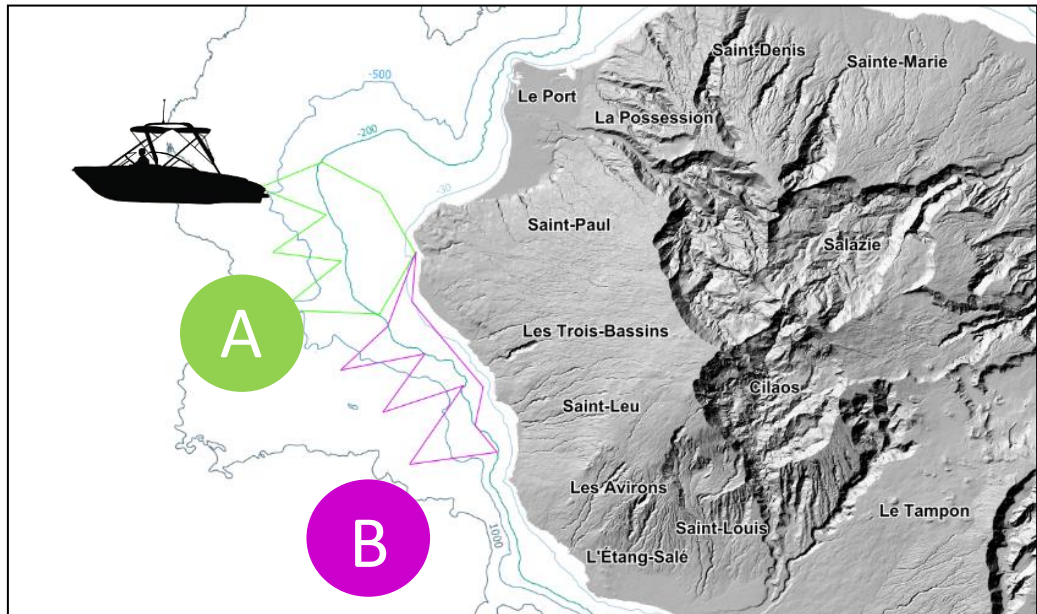


Figure 1. Carte des transects prédéfinis (A et B) suivis lors des sorties réalisées l'après-midi au départ du port de Saint Gilles.

### I.1.2. Prospection aérienne

Des survols ULM l'après-midi ont été prévus, à partir de l'aérodrome de PierreFonds, selon une trajectoire définie (Figure 2) afin de prospector l'habitat préférentiel post méridien pressenti pour le dauphin long bec.

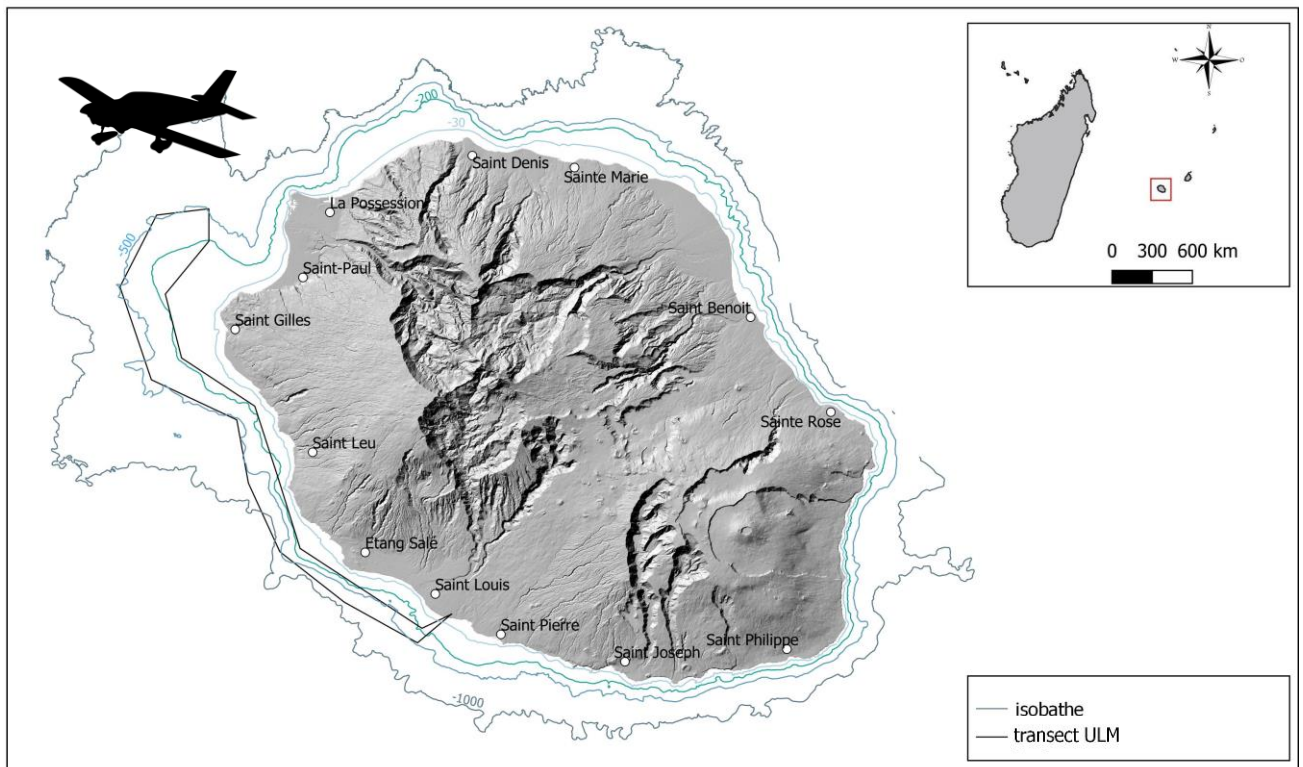


Figure 2. Carte de la trajectoire théorique à suivre lors des survols ULM réalisés l'après-midi.

## **I.2. Effort de prospection**

### **I.2.1. Effort de prospection maritime**

En 2021-2022, lors du programme Opération long bec, 22 sorties maritimes ont pu être réalisées, totalisant 1033 km et 120,6 heures passées en mer, réparties en :

- 10 sorties transect (3 sorties transect A et 7 sorties transect B), couvrant 459 km pour 46,4 heures passées en mer,
- 12 sorties « suivi focal », couvrant 574 km pour plus de 74,2 heures passées en mer (Figures 3 et 4, Tableau 1).

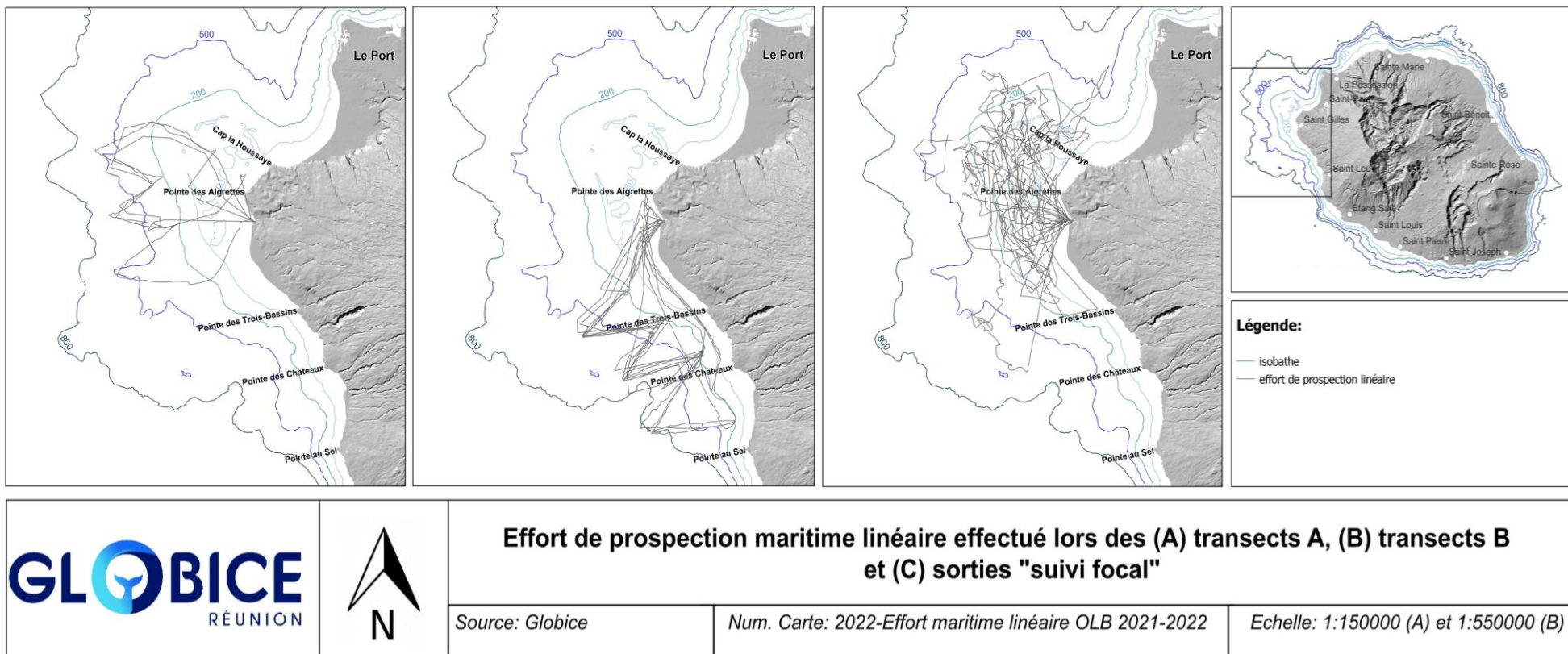


Figure 3. Effort de prospection maritime linéaire effectué lors des (A) transects A, (B) transects B et (C) sorties « suivi focal »

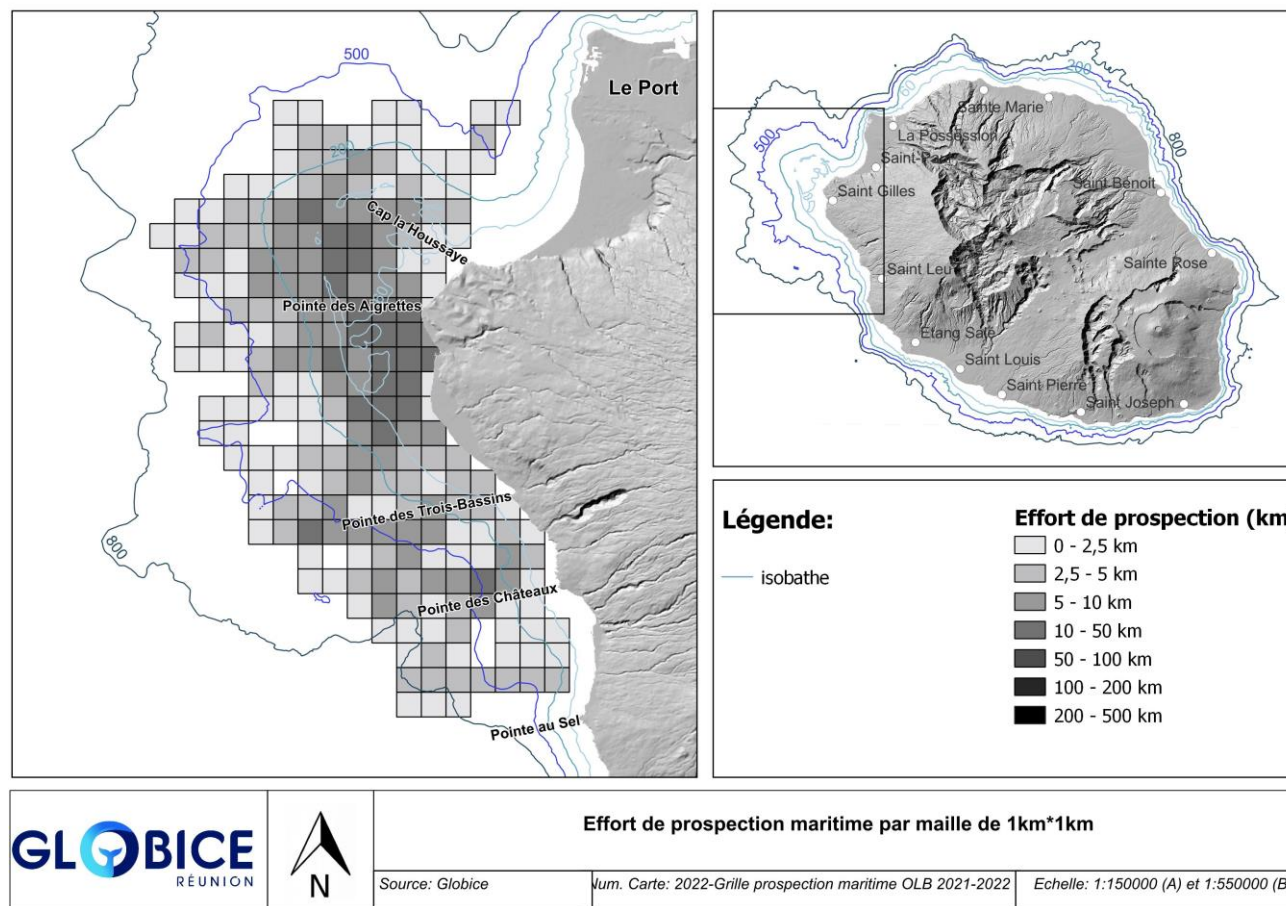


Figure 4. Répartition de l'effort de prospection maritime mené au cours du programme Opération long bec en 2021-2022 (grille de maille de 1km\*1km)

## 1.2.2. Effort de prospection aérienne

Suite à un problème de matériel (non remplacement des canots de survie permettant le survol au large), seuls des survols en zone côtière ont pu être effectués.

En 2021, 14 survols en ULM ont été effectués. A ces 14 survols, s'ajoutent 2 survols qui avaient été effectués en amont, fin 2020, afin de calibrer la prise de données en vol et d'adapter le protocole. Ces **16** survols ont totalisé 2131 km pour 14,8 heures de vol (Figures 5 et 6 ; Tableau 1). Notons qu'aucun survol n'a été effectué en 2022.

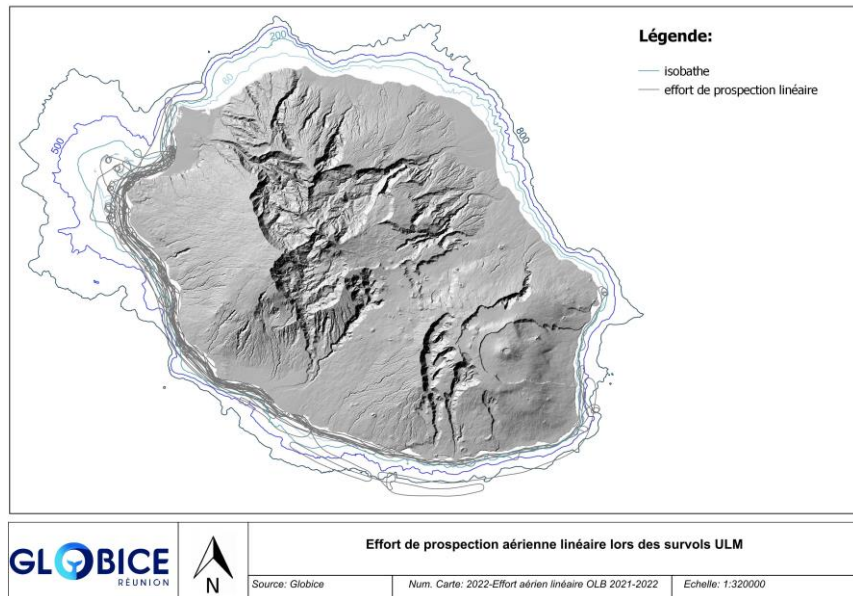


Figure 5. Effort de prospection aérien linéaire effectué lors des survols ULM

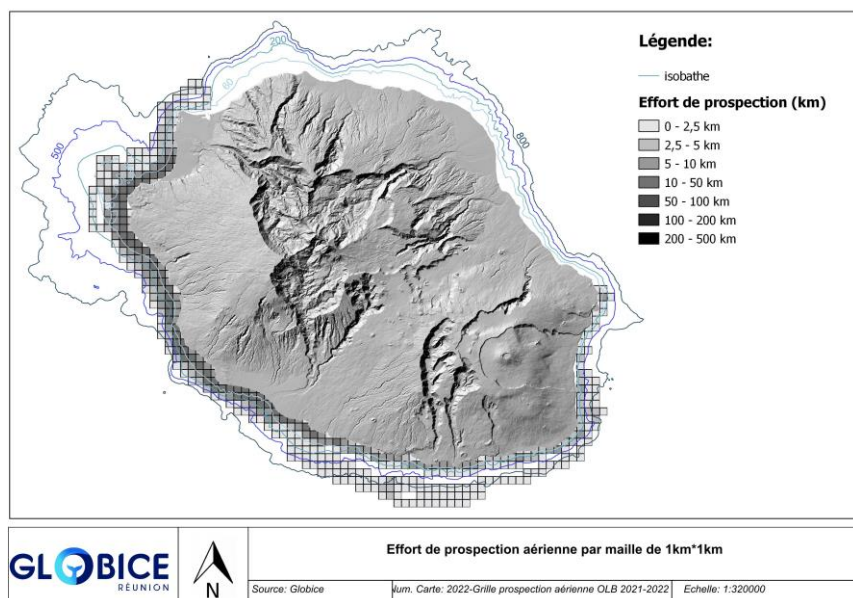


Figure 6. Répartition de l'effort de prospection aérien mené au cours du programme Opération long bec en 2021-2022 (grille de maille de 1km\*1km)



**Tableau 1. Détails des sorties en mer et des survols en ULM effectués lors du programme Opération Long Bec en 2021-2022**

Type de prospection	Type de sorties	Date	Heure de départ	Heure d'arrivée	Durée (en h)	Distance parcourue (en km)	Nombre d'observations de dauphins long bec
maritime	transect A	26/05/2021	12:01	17:26	5,4	39,0	3
		01/06/2021	12:43	17:30	4,8	36,5	0
		15/02/2022	12:10	16:42	4,5	50,8	0
		<b>TOTAL</b>	-	-	14,7	126,3	3
	transect B	05/07/2021	12:31	17:13	4,7	45,1	0
		09/09/2021	12:38	17:30	4,9	44,8	0
		03/01/2022	13:07	16:36	3,5	26,6	0
		12/01/2022	12:33	17:26	4,9	46,0	0
		09/02/2022	12:08	16:47	4,7	60,8	0
		09/03/2022	12:52	17:46	4,9	63,6	0
		25/05/2022	12:44	16:54	4,2	45,9	0
		<b>TOTAL</b>	-	-	31,7	332,9	0
	suivi focal	14/07/2021	07:12	14:32	7,3	60,4	3
		10/08/2021	08:23	15:57	7,6	51,7	1
		16/09/2021	07:24	16:21	9,0	43,5	1
		23/09/2021	10:34	15:13	4,7	32,1	1
		18/10/2021	10:15	14:27	4,2	47,9	0
		27/10/2021	10:20	15:00	4,7	27,9	1
		03/12/2021	09:10	15:19	6,2	55,7	1
		09/12/2021	10:11	16:42	6,5	41,1	1
		18/03/2022	10:22	16:24	6,0	48,2	1
29/03/2022		10:13	15:10	5,0	68,4	0	
09/05/2022		10:03	16:47	6,7	38,6	1	
20/05/2022		10:06	16:35	6,5	58,4	2	
<b>TOTAL</b>	-	-	74,2	573,7	13		
aérienne	16/10/2020	09:31	10:42	1,2	177,0	0	
	25/11/2020	08:09	09:12	1,1	146,5	1	
	03/02/2021	07:32	08:23	0,9	128,7	0	
	03/03/2021	09:23	09:54	0,5	116,1	1	
	15/04/2021	09:02	09:54	0,9	129,3	0	
	05/05/2021	08:37	09:22	0,8	101,3	0	
	28/05/2021	12:06	13:10	1,1	170,4	0	
	18/06/2021	09:45	10:37	0,9	129,4	1	
	30/06/2021	08:49	09:45	0,9	146,1	1	
	22/07/2021	08:48	09:31	0,7	187,2	0	
	03/08/2021	10:01	10:57	0,9	114,6	0	
	25/08/2021	08:07	09:23	1,3	NA	1	
	09/09/2021	08:21	09:26	1,1	173,1	0	
	22/09/2021	10:19	11:13	0,9	134,3	0	
	20/10/2021	09:44	10:47	1,05	154,9	0	
	09/12/2021	09:43	10:28	0,75	122,2	0	
	<b>TOTAL</b>	-	-	14,8	2131,3	5	

## II. Acquisition et analyse des données de distribution des dauphins long bec en vue d'identifier les habitats d'alimentation (Activité 1.2)

Ce paragraphe fait état de l'activité 2 de l'action 1 (« Identifier les habitats d'alimentation du Dauphin long bec »).

Cette activité a pour objectif la collecte et le traitement de données grâce à la prospection en mer (à la journée et l'après-midi) en vue d'évaluer la distribution et de caractériser l'habitat préférentiel du dauphin long bec l'après-midi, ainsi que de préciser l'utilisation de cet habitat. Les prospections aériennes, initialement prévues au large l'après-midi, sont également présentées, bien qu'elles n'aient finalement été effectuées uniquement le matin et en zone côtière.

### II.1. Méthodologie

#### II.1.1. Acquisition des données de distribution

##### II.1.1.1. Acquisition des données de distribution en mer

Les sorties en mer sont effectuées à bord d'un bateau rigide de 7 à 10 mètres, équipé d'un ou de deux moteurs, à une vitesse de 7-8 nœuds. Une prospection visuelle continue de la surface est assurée par les observateurs à l'avant et de chaque côté du bateau, dans le but de détecter la présence de cétacés. Une fiche standard de collecte de données est remplie lors de chaque sortie, afin de recueillir, de manière systématique, les données concernant l'effort de prospection et les données d'observation (Figure 7).



Figure 7 : Prise de données lors des sorties en mer

L'heure et la position GPS sont relevées régulièrement (toutes les 15 minutes) grâce à un GPS Garmin 72H le long du trajet, ainsi que les conditions d'observation. L'estimation de ce

paramètre est basée sur une échelle de 1 à 5. Cette échelle traduit la force du vent et la hauteur de houle qui peuvent gêner la détection des animaux :

- 1 : Nulle (ou vent > 4 Beaufort, vagues ou nuit) ;
- 2 : Mauvaise (vent >3 Beaufort) ;
- 3 : Moyenne (vent 2-3 Beaufort, avec quelques moutons ou houle) ;
- 4 : Bonne (vent  $\leq$ 2, mer belle, sans mouton) ;
- 5 : Excellente (mer lisse).

Ceci permet, lors de l'analyse, d'exclure l'effort de prospection réalisé dans de mauvaises conditions.

Lors de la détection d'un groupe de cétacés, celui-ci est approché, en respectant les règles d'approche, afin de recueillir les données suivantes :

- identification de l'espèce ;
- estimation de la taille du groupe ;
- composition du groupe (nombre d'adultes, de juvéniles, de nourrissons) ;
- réaction par rapport au bateau (approche, évitement, indifférence) ;
- activité du groupe.

Après la phase d'observation initiale (et de collecte de données de photo-identification – cf. III.1.), le groupe est suivi à distance, le plus longtemps possible, et des données relatives au comportement et à l'activité du groupe sont collectées en parallèle de la position du groupe (*i.e.*, suivis focaux).

Le GPS est configuré pour prendre la position du bateau en continu, ce qui permet d'obtenir le tracé de la trajectoire suivie, qui est ensuite exporté.

#### II.1.1.2. Acquisition des données de distribution lors des survols aériens

Les survols aériens sont effectués à bord de l'ULM d'AirAventure, basé à Pierrefonds (Figure 8). Un seul observateur est embarqué à bord lors de chaque survol.

Du fait de la vitesse et la nécessité de maintenir une veille attentive de la surface de la mer depuis l'ULM, seules les informations associées aux observations de cétacés ont été relevées (à savoir heure, position, taille estimée du groupe et activité), et ce, grâce à l'application ObsEnMer, disponible sur tablette. La trajectoire suivie est ensuite exportée.



Figure 8. ULM utilisé pour les survols

## II.1.2. Analyse des données de distribution

### II.1.2.1. Bancarisation des données de distribution

L'ensemble des données consignées sur les fiches standardisées a été saisi dans une base de données Access®, incluant les éléments suivants :

- Effort de prospection (durée de prospection, zone prospectée) ;
- Données relatives aux observations de cétacés (taille, composition et structure des groupes, présence de nouveau-nés, activité, etc...).

Avant l'exploitation des données, une vérification de la base de données est effectuée afin de supprimer les erreurs de saisie éventuelles.

### II.1.2.2. Sélection des données de distribution

Seuls les suivis focaux d'une durée suffisamment longue ( $\geq 3$  heures) pour permettre la description fine de l'évolution de la distribution au cours de la journée ont été sélectionnés.

### II.1.2.3. Variables environnementales

Pour chaque position des dauphins long bec relevée lors des suivis focaux, trois variables environnementales ont été calculées:

- La **bathymétrie** : la profondeur de chaque observation a été calculée à partir des données du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (S.H.O.M.).
- La **distance à la côte** : elle a été calculée en utilisant l'outil « distance calculator » du logiciel MapInfo, qui mesure automatiquement la distance la plus courte entre deux points.
- La **pente** du fonds sous-marin : elle a été estimée à partir du module Slope de GridAnalyser du logiciel MapInfo.

#### II.1.2.4. Cartographie

Les trajets suivis et chaque observation étant géo-référencés, ils ont été intégrés dans un Système d'Information Géographique (QGIS ©). La représentation de la distribution spatiale des observations du dauphin long bec s'est faite par la réalisation de cartographies.

L'analyse de l'effort de prospection a été effectuée en appliquant une grille de 1 km x 1 km et la distance parcourue dans chaque cellule de la grille a été calculée. Le nombre d'observations de dauphins long bec rapporté à l'effort de prospection (*i.e.*, la fréquence d'observation en nombre d'observations par kilomètre prospecté) a également été calculé pour chaque cellule et cartographié.

Le ou les habitats occupés par le dauphin long bec en fonction de la journée ont été représentés sous forme de Kernel de densité sous QGIS, avec un gradient colorimétrique permettant d'identifier les zones les plus fréquentées. Les contours à 25%, 50%, 75% et 90% ont été construits sous R puis exportés dans QGIS sous forme de shapefiles.

#### II.1.2.5. Analyse de l'activité et utilisation des habitats potentiels

Pour chaque suivi focal, la durée de chaque activité a été calculée et compilée pour tous les suivis focaux afin d'évaluer le budget d'activité au sein de chaque habitat/plage horaire.

Enfin, l'analyse des positions des groupes en activité de prédation a permis d'identifier les plages horaires et les potentielles zones d'alimentation.

## **II.2. Distribution du dauphin long bec au cours de la journée et identification de l'habitat d'alimentation**

Le projet Opération Long Bec (2021-2022) a permis l'observation de **16 groupes** de dauphins long bec lors des prospections maritimes et **5 groupes** lors des prospections aériennes. Le détail des observations est présenté Tableau 2.

Tableau 2. Détails des observations de dauphins long bec lors des prospections maritime et aérienne. On notera que l'activité ici correspond à l'activité relevée lors du premier contact avec le groupe.

Type de prospection	Date	Heure d'observation	Condition de visibilité	Longitude	Latitude	Nombre d'individus estimé	Nombre de juvéniles	Activité	Formation	Nombre bateaux	Réaction
maritime	26/05/2021	12:25	Moyenne	55,186576	-21,038107	60	2	Actif surface	Groupé	1	Indifférent
	26/05/2021	13:53	Moyenne	55,169774	-20,998687	90	2	Voyage	Dispersé	2	Indifférent
	26/05/2021	16:39	Moyenne	55,149456	-21,060931	40	2	Indéterminé	Sous-gp	0	Indifférent
	14/07/2021	08:45	Excellente	55,20729	-21,07424	135	5	Prédation	Sous-gp	7	Approche
	14/07/2021	09:18	Excellente	55,20087	-21,06098	135	5	Actif surface	Sous-gp	10	Approche
	14/07/2021	11:01	Bonne	55,21236	-21,09757	100	1	Prédation	Groupé	1	Indifférent
	10/08/2021	10:18	Bonne	55,196836	-21,076809	50	2-3	Voyage	Sous-gp	2	Indifférent
	16/09/2021	08:24	Bonne	55,21169	-20,98973	200		Actif surface	Sous-gp	NA	Approche
	23/09/2021	10:59	Excellente	55,190195	-21,032463	120	5	Prédation	Sous-gp	6	Indifférent
	27/10/2021	10:45	Bonne	55,190108	-21,0656	80		Actif surface	Dispersé	7	Approche
	03/12/2021	09:28	Bonne	55,194049	-21,063245	60	2	Voyage	Dispersé	3	Indifférent
	09/12/2021	10:38	Excellente	55,192074	-21,004916	100	4	Indéterminé	Sous-gp	3	Indifférent
	18/03/2022	10:49	Excellente	55,179004	-21,020332	100	4	Actif surface	Sous-gp	5	Indifférent
	09/05/2022	10:43	Excellente	55,188537	-21,005757	100	2	Actif surface	Dispersé	3	Indifférent
	20/05/2022	11:39	Bonne	55,18414	-21,06604	100		Voyage	Dispersé	3	Indifférent
20/05/2022	13:44	Bonne	55,19922	-21,01124	50		Voyage	Sous-gp	1	Indifférent	
aérienne	25/11/2020	08:54	Excellente	55,194429	-21,031934	10		Indéterminé	Groupé	1	Indifférent
	03/03/2021	09:24	NA	55,19539	-21,03444	90-100	NA	NA	Sous-gp	1	NA
	18/06/2021	10:03	Excellente	55,20072	-21,07404	100	NA	Voyage	Sous-gp	2	NA
	30/06/2021	09:31	Excellente	55,2194	-21,10057	15-30	NA	Voyage	Sous-gp	2	NA
	25/08/2021	09:09	Excellente	55,27305	-21,245	>100	NA	Prédation	Dispersé	1	NA

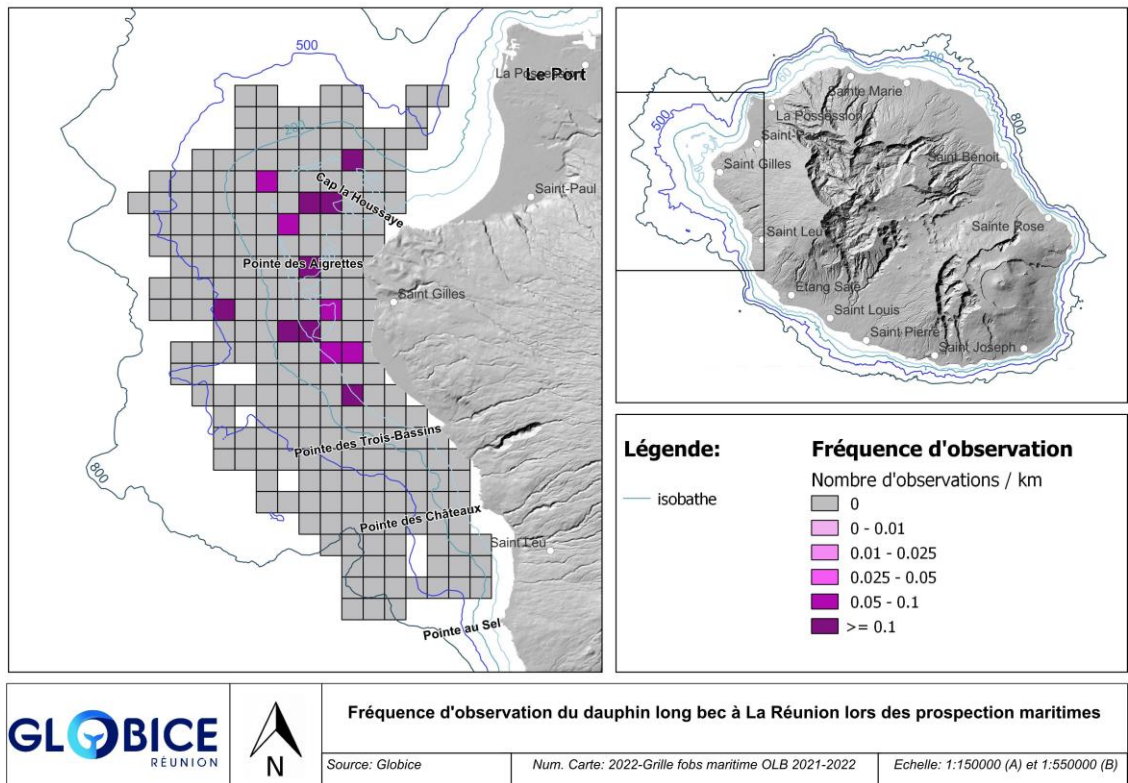


Figure 9. Fréquence d'observation (nombre d'observations/effort de prospection) du dauphin long bec dans les eaux réunionnaises lors des prospections maritimes

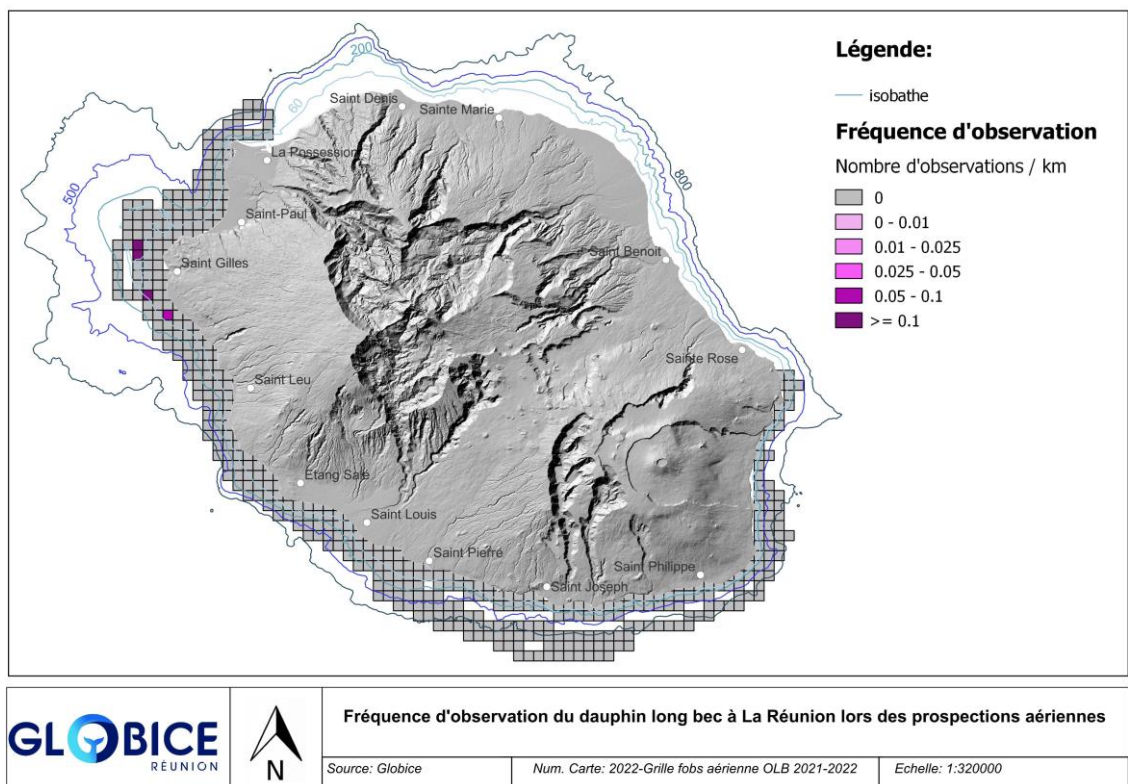


Figure 10. Fréquence d'observation (nombre d'observations/effort de prospection) du dauphin long bec dans les eaux réunionnaises lors des prospections aériennes

### II.2.1. Distribution circadienne du dauphin long bec

Sur les 12 sorties « suivi focal » réalisées dans le cadre de ce programme, dix ont permis l'observation d'au moins un groupe de dauphins long bec. Au total, 13 groupes de dauphins long bec ont pu être observés. Parmi ces observations, 7 suivis focaux présentaient une durée suffisamment longue ( $\geq 3$  heures) pour permettre la description fine de l'évolution de la distribution au cours de la journée (Tableau 3).

**Tableau 3. Détail des suivis focaux d'une durée supérieure ou égale à 3 heures.**

Date	Nombre d'observations de dauphins long bec	Heure de début	Heure de fin	Durée du suivi focal	Moment de la journée
10/08/2021	1	10 :18	15 :09	04 :51	Journée
16/09/2021	1	08 :25	15 :42	07 :17	Journée
23/09/2021	1	10 :59	14 :26	03 :27	Journée
03/12/2021	1	09 :29	14 :35	05 :06	Journée
09/12/2021	1	10 :38	16 :00	05 :22	Journée
18/03/2022	1	10 :49	14 :12	03 :23	Journée
09/05/2022	1	10 :43	16 :21	05 :38	Journée

#### II.2.1.1. Description fine des suivis focaux

##### Suivi focal du 10/08/2021 (Figure 11)

Le suivi focal a débuté à 10h18, au-dessus de fonds de 62m de profondeur, à une distance de 2,5 km des côtes. Le groupe de dauphins long bec s'éloigne progressivement de la côte jusqu'à 11h10 où il se trouve à 4,4 km des côtes. Il reste ensuite globalement à une distance constante des côtes (3,7 km des côtes en moyenne), entre 11h10 et 13h12.

En termes de profondeur, le groupe de long bec reste dans des eaux de profondeur globalement constante (67,0 mètres de profondeur en moyenne) entre 10h18 et 13h46.

A partir de 13h12, le groupe migre rapidement vers le large, passant d'une profondeur de 58,2 mètres et d'une distance à la côte de 3,2 km à 13h12 à une profondeur de 385,7 mètres et d'une distance à la côte de 8,4 km à 15h09, fin du suivi focal.

La cartographie des positions du groupe lors du suivi focal montre que le groupe se déplace globalement direction Nord, le long de l'isobathe des 60m, au large du port de Saint Gilles, puis atteint le « sec » en face de la Pointe des Aigrettes où il effectue une migration vers le



large. Il croise alors l'isobathe des 200 m puis prend une direction Ouest, évoluant dans des eaux entre 300 et 400 m de profondeur.

#### Suivi focal du 16/09/2021 (Figure 12)

Le suivi focal a débuté à 8h25 au-dessus de fonds de 62,5 mètres de profondeur, à une distance de 4,0 km des côtes. Le groupe de dauphins long bec évolue à une distance des côtes globalement constante de 3,6 km en moyenne entre 8h25 et 12h03. A partir de 12h03, le groupe s'éloigne rapidement des côtes, passant d'une distance à la côte de 3,6 km à 12h03 à 11,1 km à 14h25.

En termes de profondeur, le groupe de dauphins long bec évolue dans des eaux de profondeur constante (62,2 mètres de profondeur en moyenne) entre 8h25 et 12h47, puis migre rapidement au large passant d'une profondeur de 67,9 mètres à 12h47 à 574,7 mètres à 14h25.

A partir de 14h25, le groupe se rapproche des côtes, atteignant des eaux de 415,7 mètres de profondeur, à une distance de 9,2 km des côtes, à 15h42, heure de fin du suivi focal.

La cartographie des positions du groupe lors du suivi focal montre que le groupe se déplace direction Sud-Ouest puis Sud sur le « sec » depuis le Cap La Houssaye jusqu'au large du port de Saint Gilles, où il effectue un demi-tour. Le groupe se déplace ensuite direction Nord, toujours sur le « sec », puis prend la direction Ouest en migrant vers le large, en face de la Pointe des Aigrettes. Il croise alors l'isobathe des 200m, puis des 500m avant de faire demi-tour et de prendre direction Nord, dans des eaux entre 400 et 450 m de profondeur.

#### Suivi focal du 23/09/2021 (Figure 13)

Le suivi focal a débuté à 10h59 au-dessus de fonds de 63,8 mètres de profondeur, à une distance de 2,8 km des côtes. Le groupe de dauphins long bec évolue à une distance des côtes globalement constante de 2,9 km en moyenne entre 10h59 et 11h35, puis migre rapidement vers le large, passant de 3,0 km des côtes à 11h35 à 8,5 km des côtes à 13h11. Le groupe se rapproche ensuite des côtes pour atteindre des eaux distantes de 6,6 km des côtes à 14h26.

En termes de profondeur, la tendance est similaire, avec un groupe de dauphins long bec qui évolue dans des eaux de profondeur relativement constante (64,0 mètres en moyenne) entre 10h59 et 12h07, puis migre plus au large, passant d'une profondeur de 66,1 mètres à 12h07 à une profondeur de 336,0 mètres à 13h59. S'en suit un retour vers des eaux moins profondes (181,1 mètres de profondeur) à 14h26, heure de fin du suivi focal.

La cartographie des positions du groupe lors du suivi focal montre que le groupe évolue direction Sud-Ouest sur le « sec » au large de la Pointe des Aigrettes, puis effectue un demi-tour et se déplace vers le Nord, toujours au niveau du « sec ». S'en suit une migration vers le large en face du Cap Homard. Le groupe croise alors l'isobathe des 200m avant de changer de direction et de s'orienter Nord-Est, restant dans des eaux entre 300 et 350m de profondeur. Le groupe revient ensuite plus près des côtes, dans des eaux de moins de 200m de profondeur, au large du Cap La Houssaye.

### Suivi focal du 03/12/2021 (Figure 14)

Le suivi focal a débuté à 9h29 au-dessus de fonds de 58,7 mètres de profondeur, à une distance de 2,8 km des côtes. Le groupe de dauphins long bec évolue à une distance globalement constante, d'une moyenne de 3,0 km des côtes entre 9h29 et 10h11, puis migre rapidement vers le large, passant de 3,1 km à 6,3 km à 11h17. S'en suit un rapprochement des côtes jusqu'à 5,0 km à 12h36. Une seconde phase de migration vers le large est ensuite observée, puisque le groupe atteint 8,1 km des côtes à 13h21. Le groupe reste ensuite à une distance des côtes globalement constante (8,0 km) jusqu'à 14h35.

En termes de profondeur, le groupe de dauphins long bec évolue dans des eaux de profondeur constante (62,9 m en moyenne) jusqu'à 11h06, puis migre rapidement dans des eaux plus profondes, passant d'une profondeur de 72,0 m à 336,1m à 11h51. Le groupe reste ensuite à une profondeur globalement constante (326,9 m en moyenne) jusqu'à 12h19, avant de remigrer vers des eaux plus profondes, atteignant des eaux de 528,7 m de profondeur à 13h11. Le groupe reste ensuite dans des eaux de profondeur globalement constante (535,4 m en moyenne) jusqu'à 14h29, puis migre de nouveau vers des eaux plus profondes (640,3 m) à 14h35, heure de fin du suivi.

La cartographie des positions du groupe lors du suivi focal montre que le groupe se déplace le long de l'isobathe des 60m puis sur le « sec » direction Nord entre le port de Saint Gilles et la Pointe des Aigrettes où il entame une migration vers le large puis effectue un demi-tour, se déplaçant alors direction Sud. Le groupe croise alors l'isobathe des 200m, puis reste dans des eaux entre 300 et 350 m de profondeur avant de repartir au large direction Sud-Ouest au large de l'Ermitage. Le groupe dépasse alors l'isobathe des 500m et reste dans des eaux entre 500 et 550m de profondeur. Enfin le groupe repart direction Sud-Est vers des eaux plus profondes entre Trois Bassins et la Pointe des Châteaux.

### Suivi focal du 09/12/2021 (Figure 15)

Le suivi focal a débuté à 10h38, au-dessus de fonds de 64,0 m de profondeur, à 4,2 km des côtes.

L'évolution de la distance à la côte en fonction du temps montre un éloignement progressif de la côte de la part du groupe, qui atteint une distance de 6,8 km des côtes à 13h54. S'en suit un rapprochement des côtes (5,9 km) à 14h40, puis de nouveau un éloignement pour atteindre 7,3 km à 15h21. Le groupe de dauphins long bec reste ensuite à une distance globalement constante des côtes (7,1 km en moyenne) jusqu'à 16h00.

En termes de profondeur, le groupe de dauphins long bec évolue dans des eaux de profondeur constante (62,5 m en moyenne) entre 10h38 et 11h46, puis migre vers des eaux plus profondes, passant de 61,6m à 122,2 m de profondeur à 12h28. Le groupe reste ensuite dans des eaux de profondeur globalement constante (114,0 m en moyenne) jusqu'à 13h36, où le groupe regagne des eaux de plus faible profondeur (atteignant 66,0 m de profondeur à 14h28). Le groupe migre ensuite vers des eaux plus profondes, passant de 66,0 m à 351,3 m à 15h50, puis regagne des eaux de plus faible profondeur (315,2 m) à 16h00, heure de fin du suivi.

La cartographie des positions du groupe lors du suivi focal montre que le groupe se déplace sur le « sec » direction Nord jusqu'en face du Cap Homard, puis migre alors vers le large au large du Cap La Houssaye. Le groupe fait ensuite demi-tour au large du Cap La Houssaye, et

Association GLOBICE Réunion

☎ : 0692 65 14 71 ✉ : [globice@globice.org](mailto:globice@globice.org) site : [www.globice.org](http://www.globice.org)

✉ : 30 chemin Parc Cabris Grand Bois 97410 Saint Pierre

se déplace direction Sud-Ouest, dans des eaux entre 100 et 135 m de profondeur. Le groupe revient ensuite vers la côte, sur le « sec », jusqu'à la Pointe des Aigrettes où une nouvelle migration vers le large est observée. Le groupe dépasse alors l'isobathe des 200m pour se retrouver dans des eaux entre 300 et 350 m de profondeur.

#### Suivi focal du 18/03/2022 (Figure 16)

Le suivi focal a débuté à 10h49, au-dessus de fonds de 62,7 m de profondeur, à 4,3 km des côtes.

Le groupe de dauphins long bec migre vers le large, passant de 4,3 km à 6,9 km des côtes à 11h49, puis reste à une distance des côtes globalement constante (6,5 km en moyenne) jusqu'à 12h57. S'en suit une migration vers le large, le groupe passant d'une distance à la côte de 6,3 km à 9,8 km à 14h12.

En termes de profondeur, le groupe de dauphins long bec évolue dans des eaux de profondeur constante (64,2 m en moyenne) entre 10h49 et 11h22, puis migre vers des eaux plus profondes, passant de 63,6 m de profondeur à 147,0 m de profondeur à 11h49. Le groupe regagne ensuite des eaux moins profondes, atteignant 85,4 m à 12h01, puis reste dans des eaux de profondeur constante (76,6 m en moyenne) jusqu'à 12h57, où le groupe migre rapidement vers des eaux plus profondes, atteignant 421,3 m à 14h12, heure de fin du suivi.

La cartographie des positions du groupe lors du suivi focal montre que le groupe se déplace sur le « sec » direction Nord, entre la Pointe des Aigrettes et le Cap La Houssaye, puis migre vers le large en face du Cap La Houssaye, avant d'y faire demi-tour et revenir le long de l'isobathe des 60 m, direction Sud, jusqu'au large de la Pointe des Aigrettes. S'en suit une migration vers le large entre la Pointe des Aigrettes et le Cap La Houssaye ; le groupe traverse alors l'isobathe des 200 m et atteint des eaux entre 400 et 450 m de profondeur.

#### Suivi focal du 09/05/2022 (Figure 17)

Le suivi focal a débuté à 10h43, au-dessus de fonds de 65,1 m de profondeur, à 4,5 km des côtes.

L'évolution de la distance à la côte en fonction du temps montre que le groupe de dauphins long bec reste globalement à une distance constante de la côte (4,8 km en moyenne) jusqu'à 12h50, où le groupe migre plus au large, passant de 4,6 km à 7,5 km à 14h04. S'en suit un rapprochement des côtes (5,9 km) à 14h38, suivi d'une nouvelle migration vers le large, le groupe atteignant des eaux situées à 7,0 km des côtes à 15h22. De nouveau, un rapprochement des côtes est observé, pour atteindre 6,0 km à 16h21.

En termes de profondeur, le groupe de dauphins long bec évolue dans des eaux de profondeur constante (67,2 m de profondeur en moyenne) entre 10h43 et 12h57, puis migre vers des eaux plus profondes, passant de 65,8 m à 296,8 m à 14h14. S'en suit une migration vers des eaux de plus faible profondeur, atteignant 134,2 m à 14h38. Le groupe migre de nouveau vers des eaux plus profondes pour atteindre 413,7 m de profondeur à 16h21, heure de fin du suivi.

La cartographie des positions du groupe lors du suivi focal montre que le groupe se déplace tout d'abord sur le « sec » direction Nord, puis font demi-tour au large de Cap Homard et se

Association GLOBICE Réunion

☎ : 0692 65 14 71 ✉ : [globice@globice.org](mailto:globice@globice.org) site : [www.globice.org](http://www.globice.org)

✉ : 30 chemin Parc Cabris Grand Bois 97410 Saint Pierre

déplace direction Sud sur le « sec » entre Cap La Houssaye et la Pointe des Aigrettes, puis font de nouveau demi-tour en face de la Pointe des Aigrettes pour se déplacer parallèlement à l'isobathe des 60m, direction Nord. S'en suit une migration rapide vers le large en face de la Pointe des Aigrettes. Le groupe croise ensuite l'isobathe des 200m puis prend la direction du Sud pour finalement se rapprocher des côtes puis revenir dans des eaux plus profondes, entre 300m et 450m de profondeur au large du port de Saint Gilles.

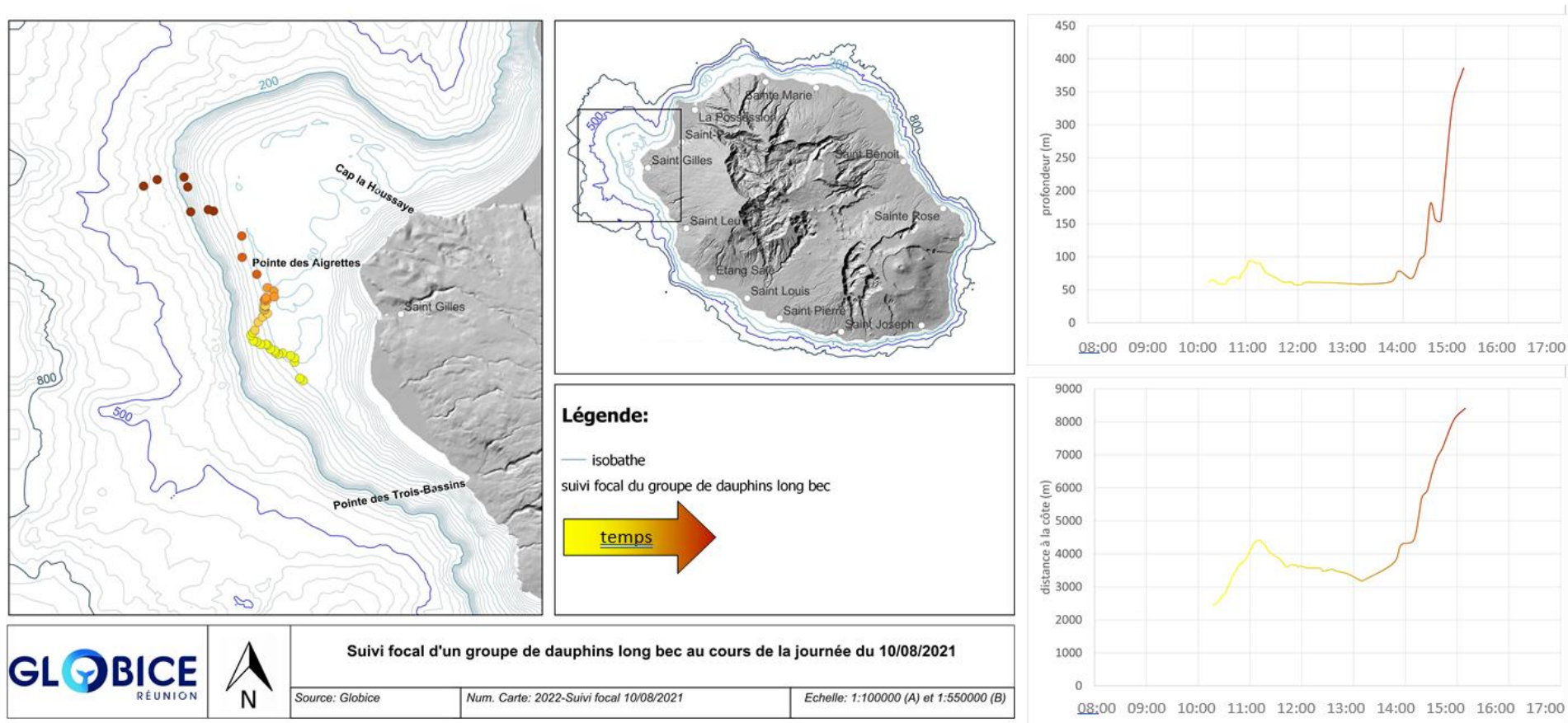


Figure 11. Distribution (A) et évolution de la profondeur (C) et de la distance à la côte (D) des positions des dauphins long bec au cours de la journée lors du suivi focal du 10/08/2021

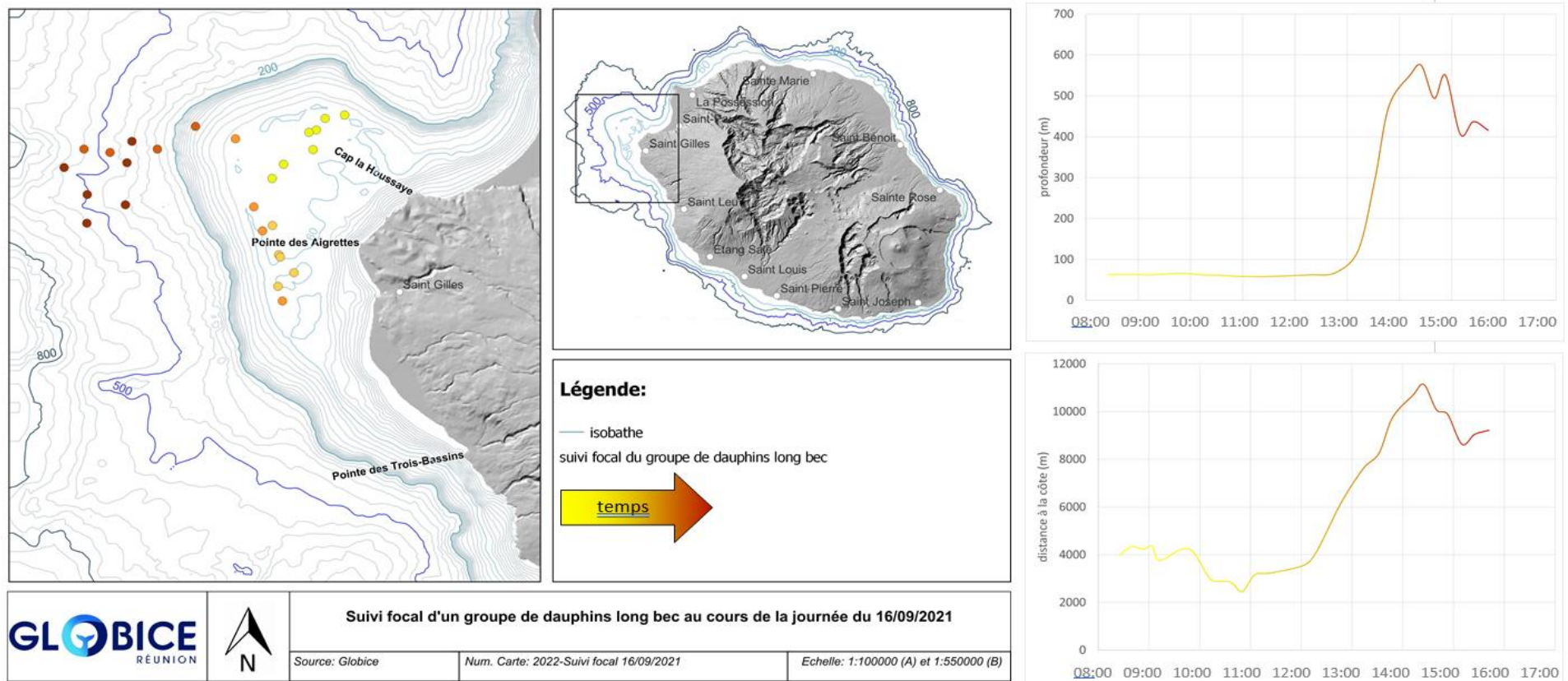


Figure 12. Distribution (A) et évolution de la profondeur (C) et de la distance à la côte (D) des positions des dauphins long bec au cours de la journée lors du suivi focal du 16/09/2021

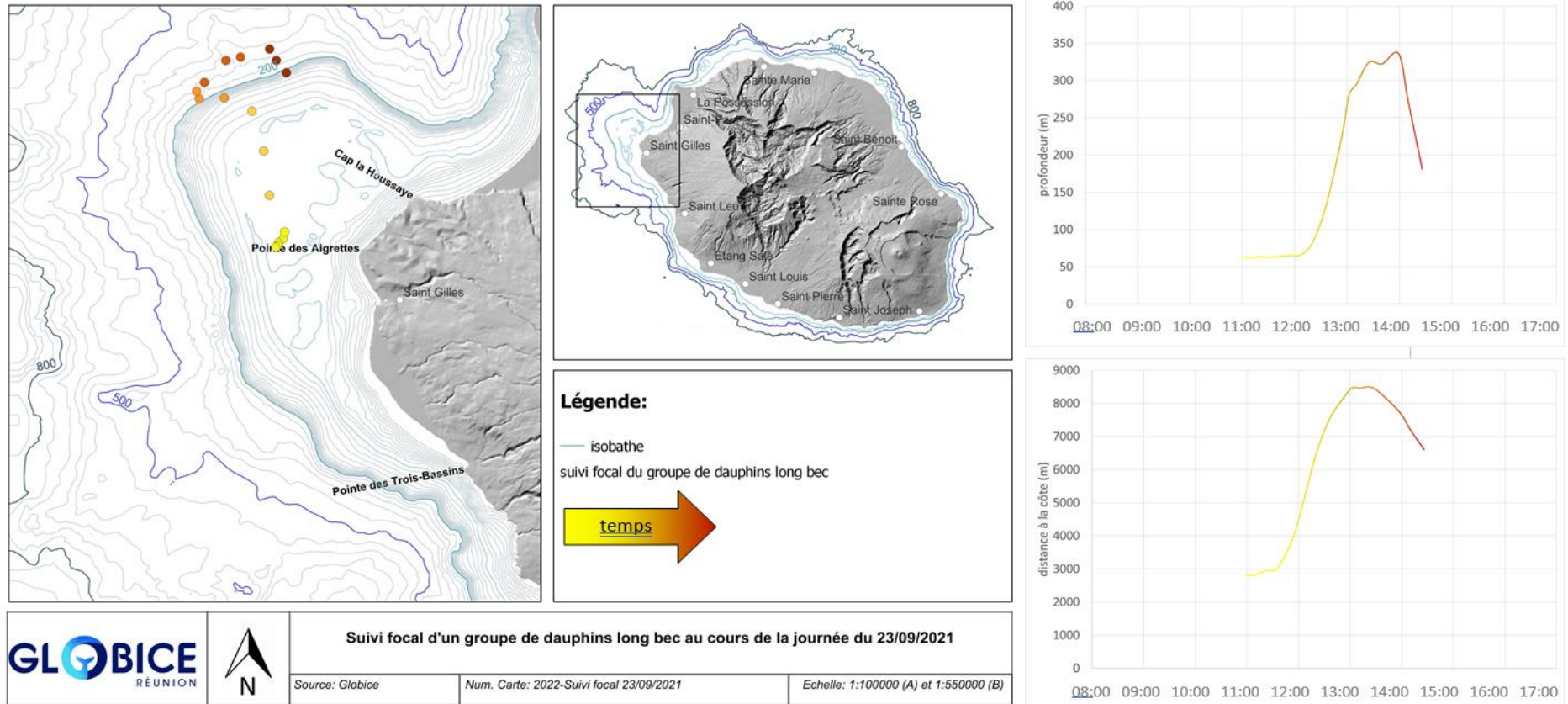


Figure 13. Distribution (A) et évolution de la profondeur (C) et de la distance à la côte (D) des positions des dauphins long bec au cours de la journée lors du suivi focal du 23/09/2021

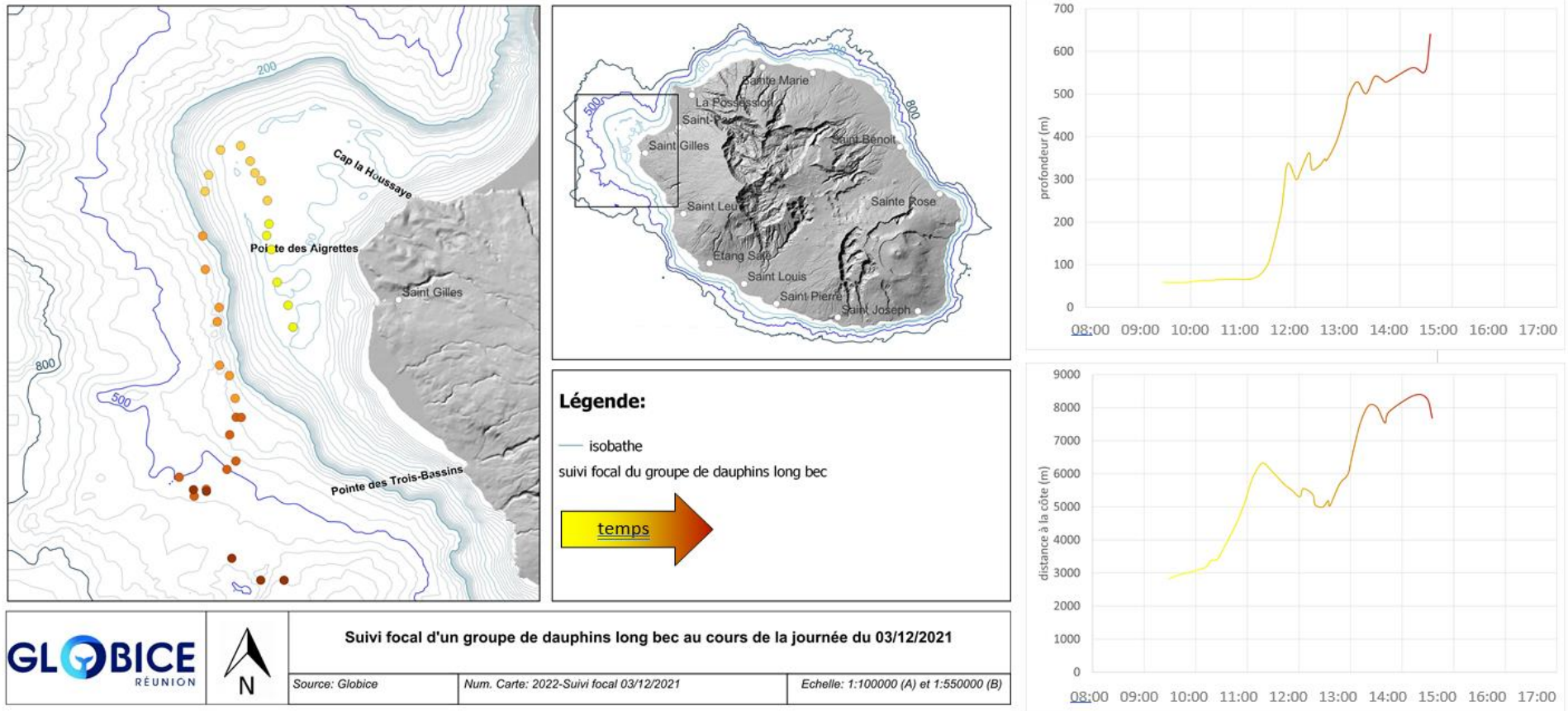


Figure 14. Distribution (A) et évolution de la profondeur (C) et de la distance à la côte (D) des positions des dauphins long bec au cours de la journée lors du suivi focal du 03/12/2021



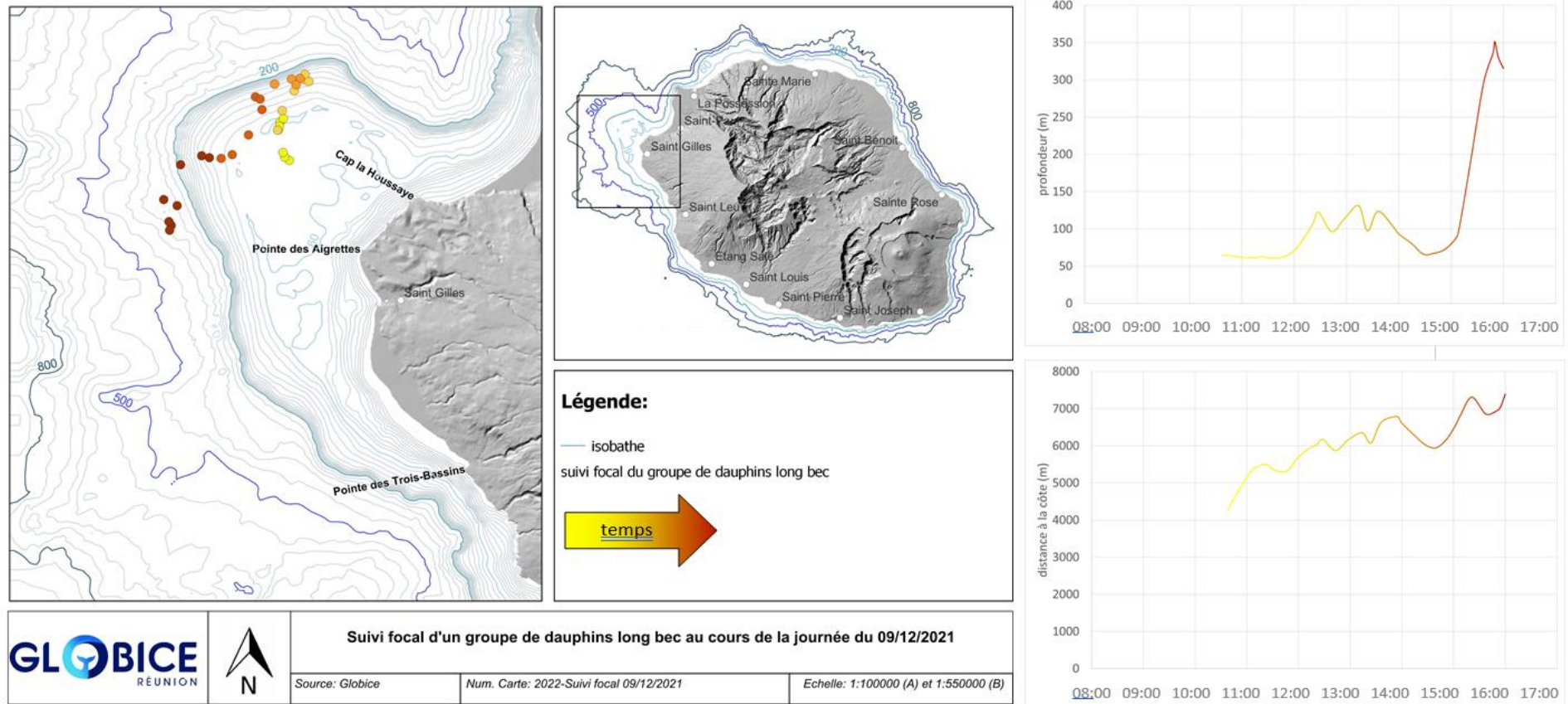


Figure 15. Distribution (A) et évolution de la profondeur (C) et de la distance à la côte (D) des positions des dauphins long bec au cours de la journée lors du suivi focal du 09/12/2021

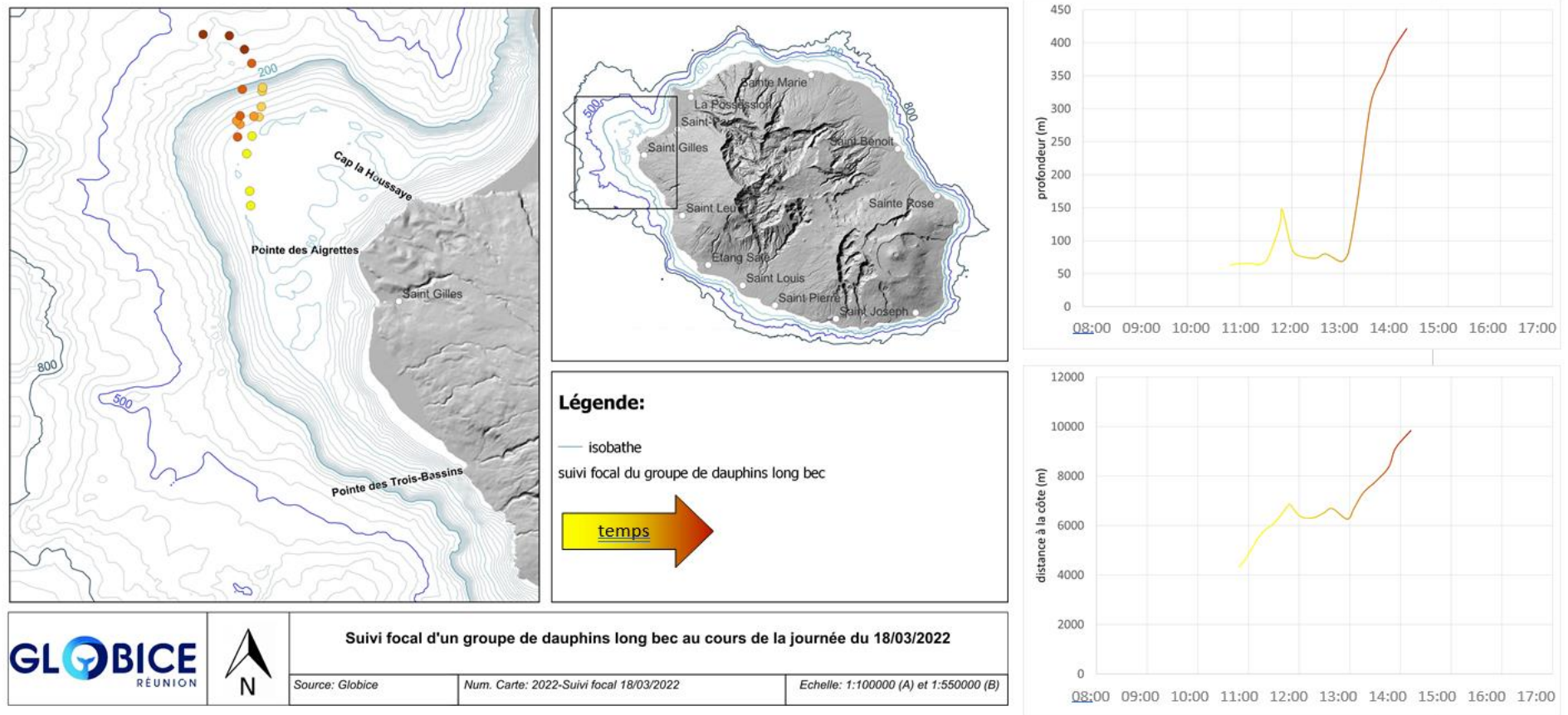


Figure 16. Distribution (A) et évolution de la profondeur (C) et de la distance à la côte (D) des positions des dauphins long bec au cours de la journée lors du suivi focal du 18/03/2022

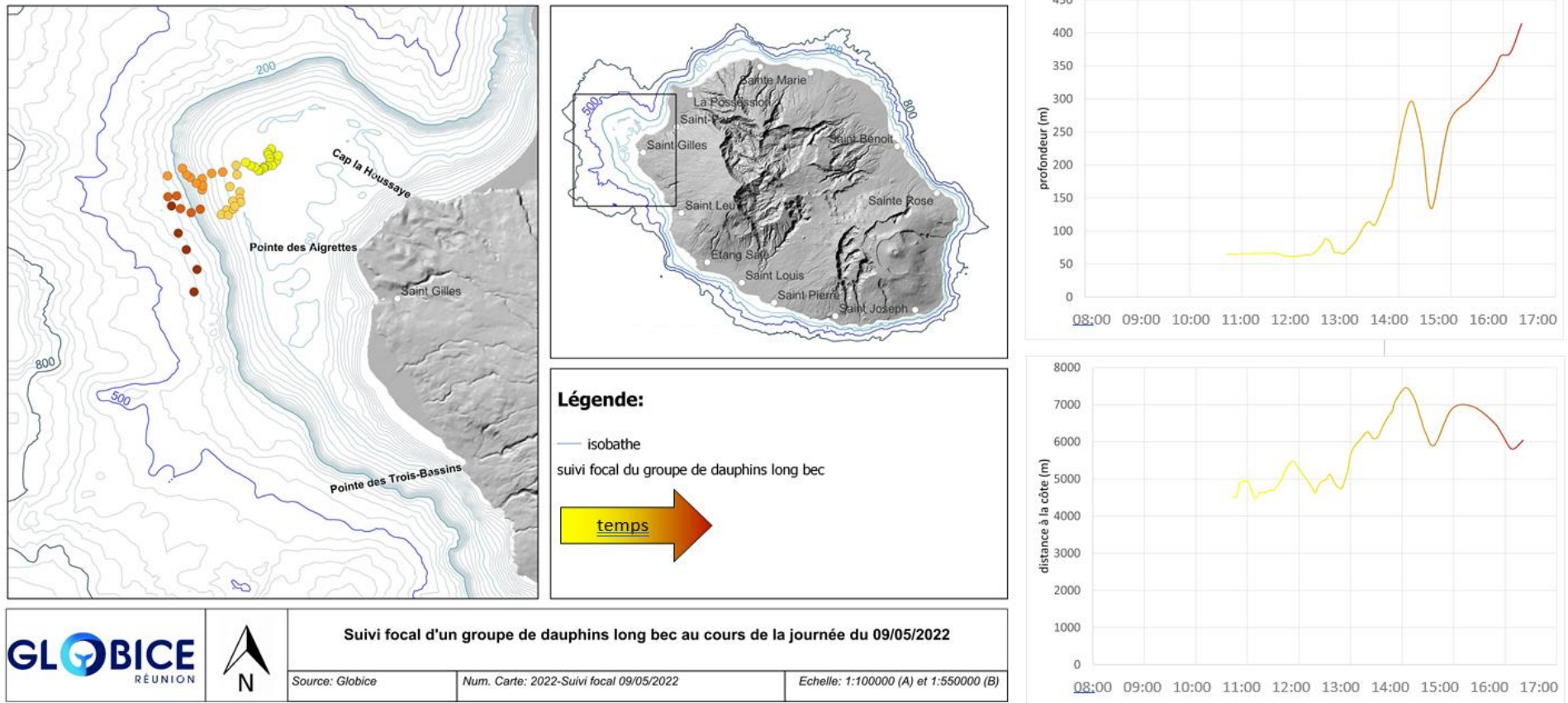


Figure 17. Distribution (A) et évolution de la profondeur (C) et de la distance à la côte (D) des positions des dauphins long bec au cours de la journée lors du suivi focal du 09/05/2022

### II.2.1.2. Tendence générale et identification de plages d'horaire d'occupation d'habitats distincts

La compilation des variables environnementales résultant de ces suivis focaux permet de mettre en évidence l'existence de deux habitats distincts en fonction des plages horaires de la journée (Figures 18 et 19) :

- Avant 11h30, les dauphins long bec occupent généralement le « sec » entre le port de Saint Gilles et le Cap La Houssaye, à une distance moyenne de  $3,9 \pm 1,1$  km des côtes et dans des eaux de  $65,6 \pm 8,2$  m de profondeur, au-dessus de substrats de  $0,9 \pm 1,1^\circ$  de pente,
- Après 14h30, l'espèce se retrouve davantage au large, entre Cap Homard et le port de Saint Gilles, à  $7,3 \pm 1,1$  km en moyenne des côtes, dans des eaux plus profondes ( $318,8 \pm 149,9$  m de profondeur en moyenne), au-dessus de substrats plus pentus, de  $5,2 \pm 2,5^\circ$  de pente en moyenne.

L'analyse statistique des variables environnementales caractérisant ces deux habitats (profondeur, distance à la côte et pente) montre que ces dernières sont significativement différentes (test de Mann-Whitney :  $U=34$ ,  $p<0,0001$  pour la profondeur ;  $U=12$ ,  $p<0,0001$  pour la distance à la côte et  $U=99$ ,  $p<0,0001$  pour la pente).

Les deux habitats (celui occupé par les dauphins long bec avant 11h30 - *i.e.*, habitat ante méridien et après 14h30 - *i.e.*, habitat post méridien) sont donc distincts et ne se chevauchent que sur une faible surface (Figure 19).

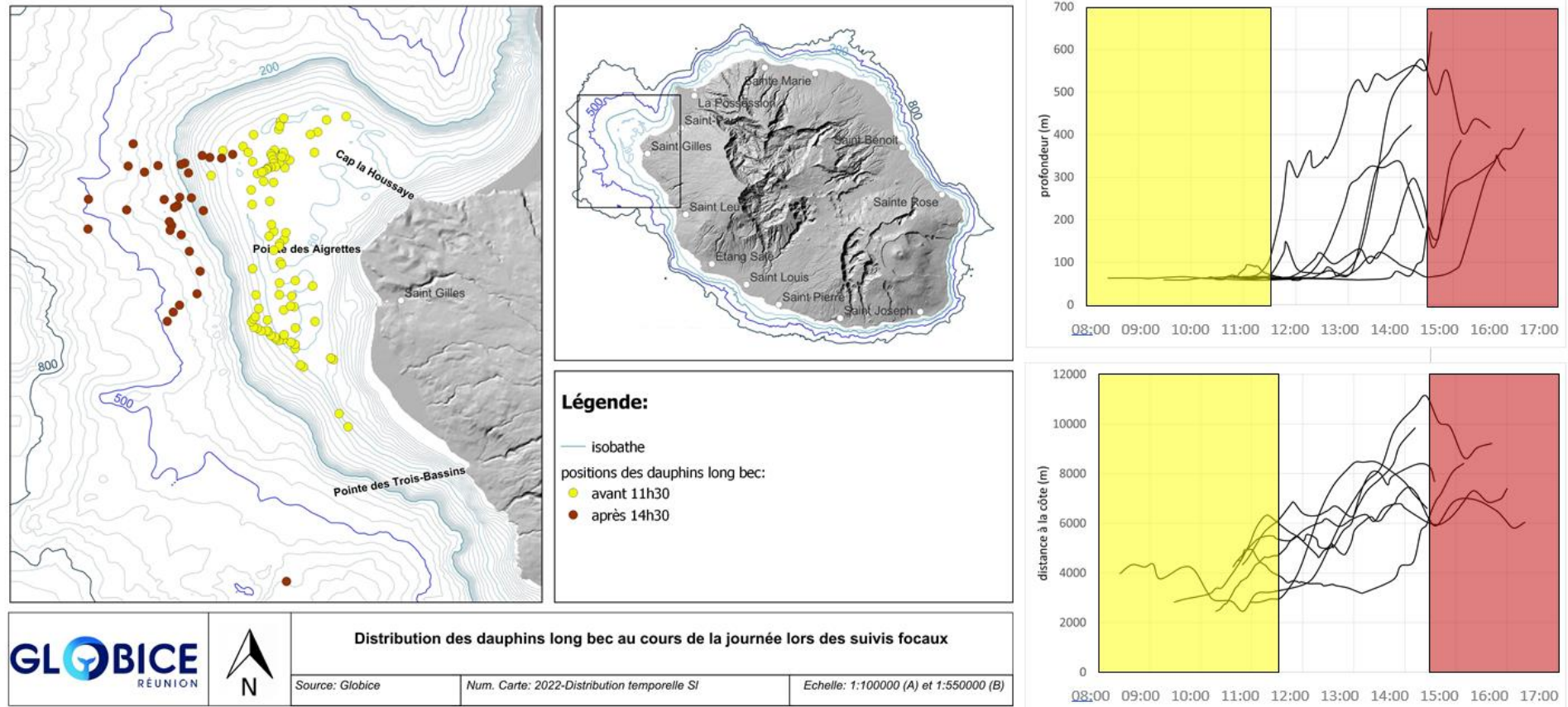


Figure 18. Identification de plages horaires d’occupation d’habitats différents à partir de l’évolution de la profondeur (C) et de la distance à la côte (D) des positions de dauphins long bec au cours de la journée (avant 11h30 en jaune et après 14h30 en rouge). La représentation des positions des dauphins montre qu’il s’agit d’habitats distincts.

2021-2022

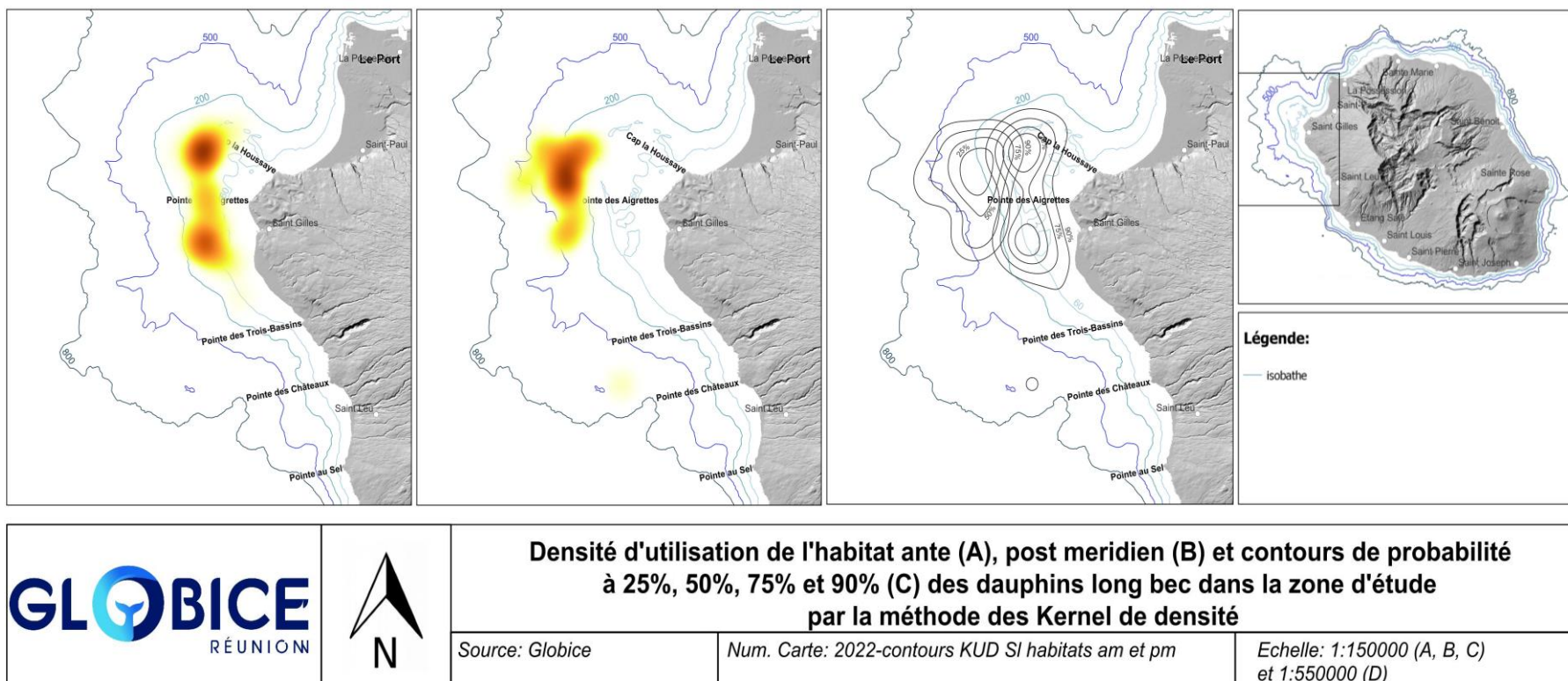


Figure 19. Densité d'utilisation de l'habitat ante (A), post méridien (B) et contours de probabilité à 25%, 50%, 75% et 90% des dauphins long bec dans la zone d'étude par la méthode des Kernel de densité

Association GLOBICE Réunion

☎: 0692 65 14 71    ✉: [globice@globice.org](mailto:globice@globice.org)    site : [www.globice.org](http://www.globice.org)

✉ : 30 chemin Parc Cabris Grand Bois 97410 Saint Pierre

## II.2.2. Utilisation des habitats et identification des habitats d'alimentation

### II.2.2.1. Budget d'activité et utilisation des habitats

L'analyse des activités observées montre une certaine disparité entre l'utilisation des deux habitats, avec (Figures 20 et 21):

- Une proportion importante d'activité de socialisation (44%) au sein de l'habitat ante méridien. Cet habitat est utilisé également pour le repos (25%). Des activités plus anecdotiques ont aussi été relevées au sein de cet habitat, telles que du voyage (9%), de la prédation (7%) et de la reproduction (6%) ;
- Une proportion importante d'activité de voyage (41%) au sein de l'habitat post méridien. Cet habitat est utilisé plus secondairement pour la socialisation (22%). Des activités plus anecdotiques ont aussi été relevées au sein de cet habitat, telles que de la prédation (7%) et de la reproduction (6%). On notera que l'activité de repos n'a jamais été observé au sein de cet habitat.

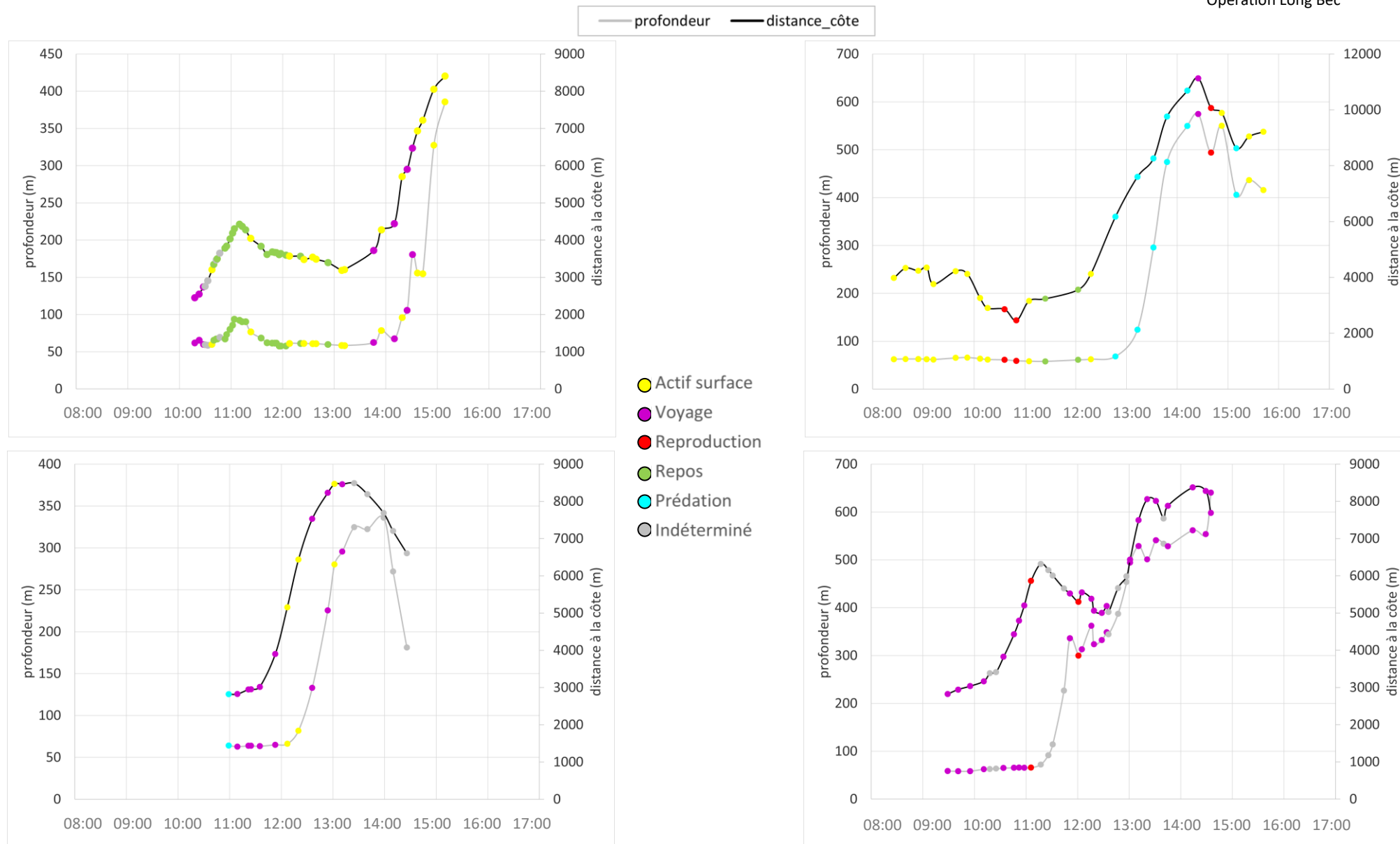
### II.2.2.2. Identification des habitats d'alimentation

L'analyse de l'activité de prédation sur l'ensemble des suivis focaux ne montre pas de tendance nette, avec une répartition de l'occurrence des activités de prédation observées aussi bien au sein de l'habitat ante méridien (avant 11h30) que lors de la migration vers le large (entre 11h30 et 14h30) ou qu'au sein de l'habitat post méridien (après 14h30) (Figures 20, 21 et 22) :

- Au sein de l'habitat ante méridien, les animaux en activité de prédation occupent des eaux de  $58,2 \pm 5,6$  m de profondeur en moyenne, à une distance moyenne de  $2,0 \pm 0,4$  km des côtes, sur des fonds de  $2,4 \pm 1,5^\circ$  de pente.
- Au sein de l'habitat post méridien, les animaux en activité de prédation occupent des eaux de  $280,6 \pm 173,0$  m de profondeur en moyenne, à une distance moyenne de  $7,8 \pm 1,2$  km des côtes, sur des fonds de  $3,3 \pm 1,7^\circ$  de pente.
- Entre ces deux habitats, des activités de prédation ont pu être observées, lors de la migration vers le large, dans des eaux de  $277,5 \pm 191,5$  m de profondeur en moyenne, à une distance moyenne de  $7,6 \pm 2,7$  km des côtes, au-dessus de fonds de  $5,2 \pm 2,5^\circ$  de pente.

La représentation cartographique sous forme de Kernel de densité confirme la présence de ces « spots » d'alimentation au sein des habitats ante et post méridiens et entre ces habitats (Figure 22).

Opération Long Bec

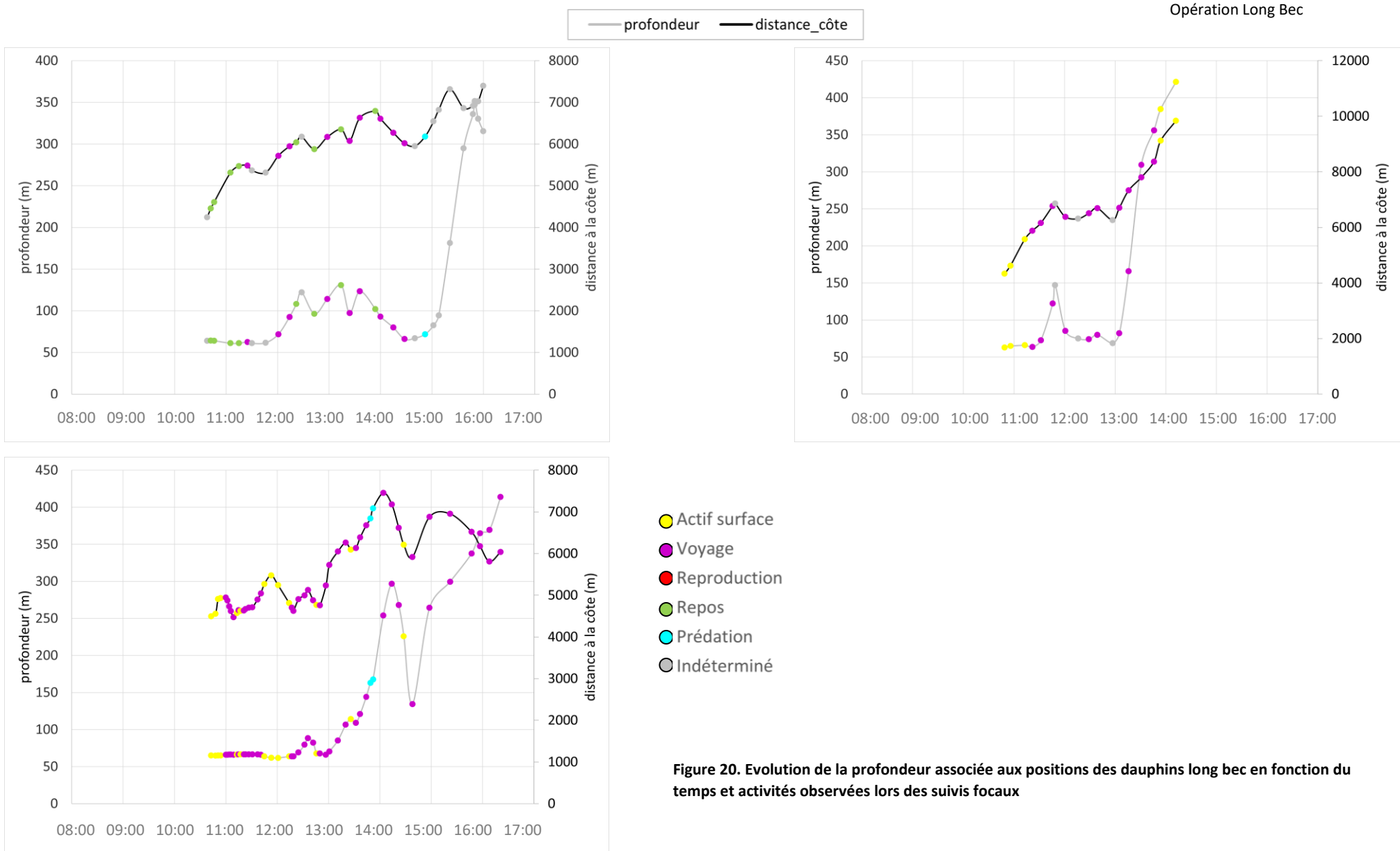


Association GLOBICE Réunion

☎ : 0692 65 14 71 ✉ : [globice@globice.org](mailto:globice@globice.org) site : [www.globice.org](http://www.globice.org)

✉ : 30 chemin Parc Cabris Grand Bois 97410 Saint Pierre





**Figure 20. Evolution de la profondeur associée aux positions des dauphins long bec en fonction du temps et activités observées lors des suivis focaux**

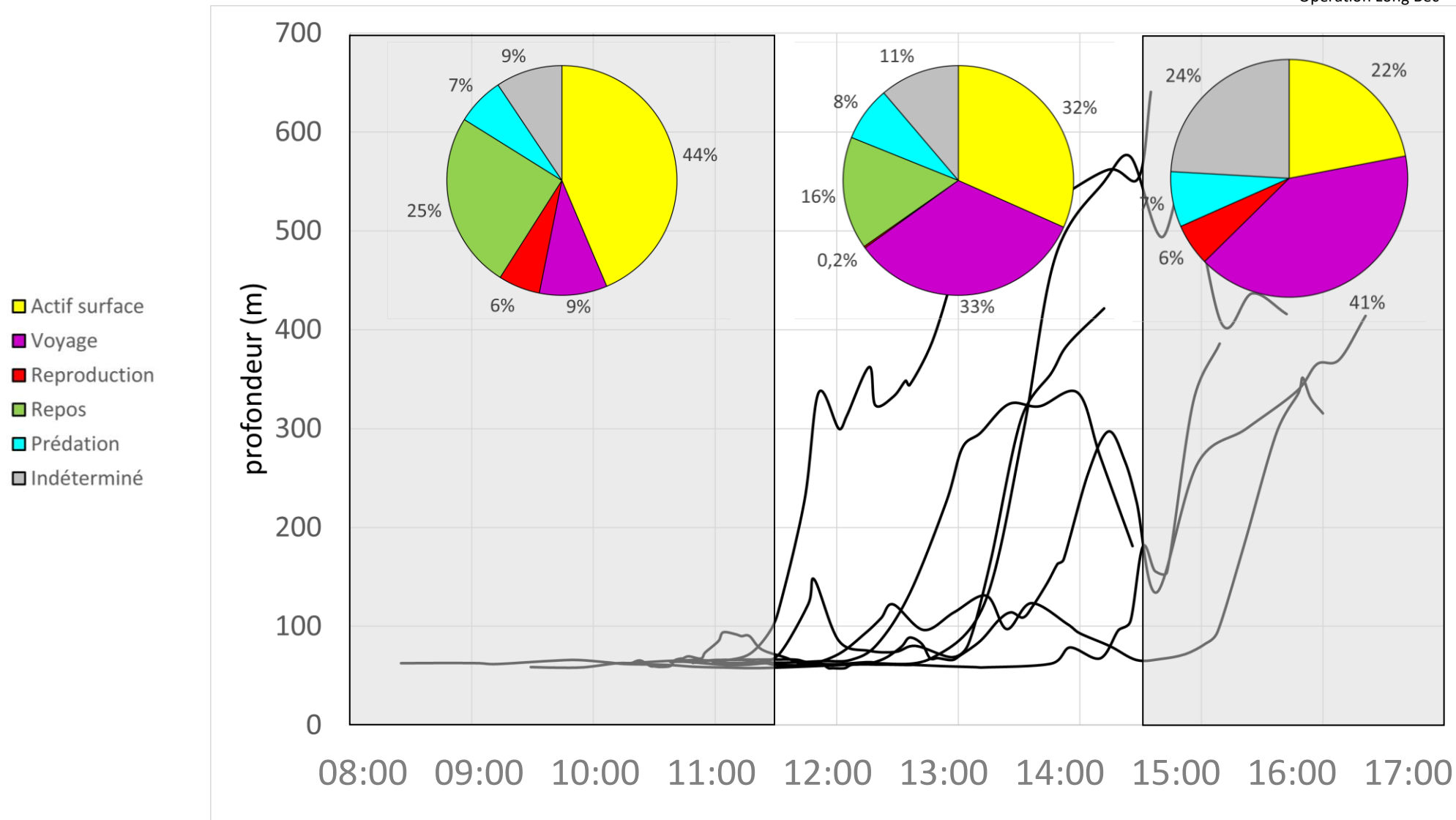


Figure 21. Budget d'activité au sein des habitats ante méridien (avant 11h30), post méridien (après 14h30) et lors de la migration vers le large (entre 11h30 et 14h30)

Association GLOBICE Réunion

☎ : 0692 65 14 71 ✉ : [globice@globice.org](mailto:globice@globice.org) site : [www.globice.org](http://www.globice.org)

✉ : 30 chemin Parc Cabris Grand Bois 97410 Saint Pierre

2021-2022

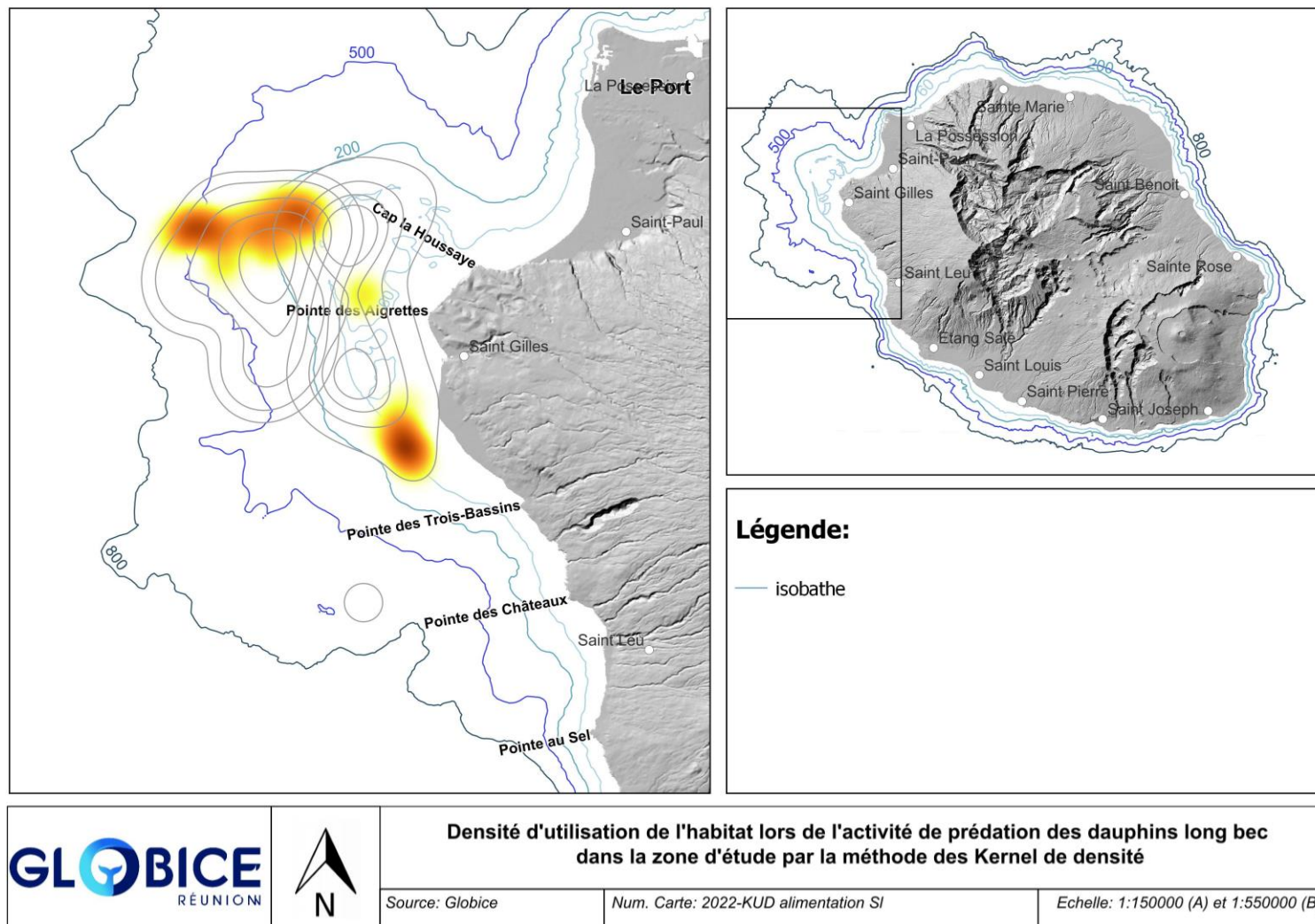


Figure 22. Densité d'utilisation de l'habitat lors de l'activité de prédation des dauphins long bec dans la zone d'étude par la méthode des Kernel de densité. Pour mémoire, les contours de probabilité à 25%, 50%, 75% et 95% des habitats ante et post méridiens ont été ajoutés.

Association GLOBICE Réunion

☎ : 0692 65 14 71 ✉ : [globice@globice.org](mailto:globice@globice.org) site : [www.globice.org](http://www.globice.org)

✉ : 30 chemin Parc Cabris Grand Bois 97410 Saint Pierre

### III. Acquisition et analyse des données de photo-identification en vue d'estimer l'abondance de la population de dauphin long bec de La Réunion

Ce paragraphe fait état de l'activité 1 de l'action 1 («\_Affiner l'estimation d'abondance de la population de Dauphin long bec »).

Cette activité a pour objectif l'analyse des données de photo-identification en vue d'estimer l'abondance et les paramètres démographiques de la population de dauphin long à La Réunion.

#### III.1. Méthodologie

##### III.1.1. Acquisition des données de photo-identification en mer

Lors de l'observation de dauphin long bec, la méthode de photo-identification est appliquée. Elle repose sur la prise de photographies de certaines parties du corps de l'animal comportant des marques naturelles et pérennes permettant l'identification individuelle. Les appareils photographiques correspondent à des appareils numériques CANON équipés de téléobjectifs 75-300 mm.

Les marques présentes sur la nageoire dorsale sont utilisées. Les photographies sont prises en plaçant le bateau parallèlement à l'animal afin d'obtenir une vue de profil de l'aileron (Figure 23).

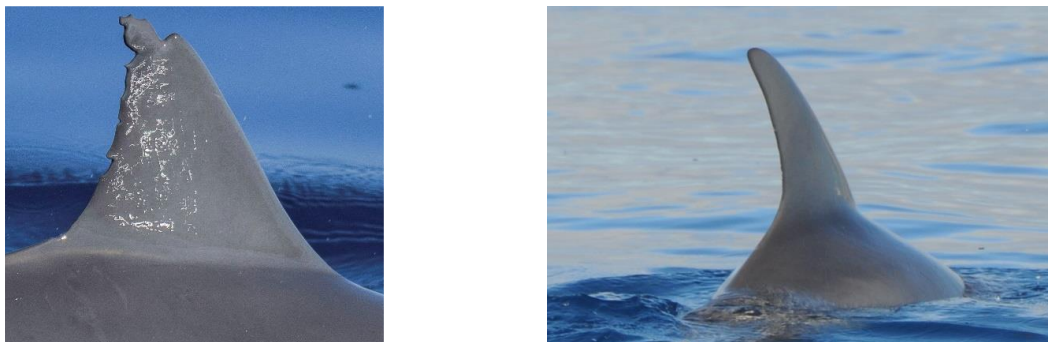


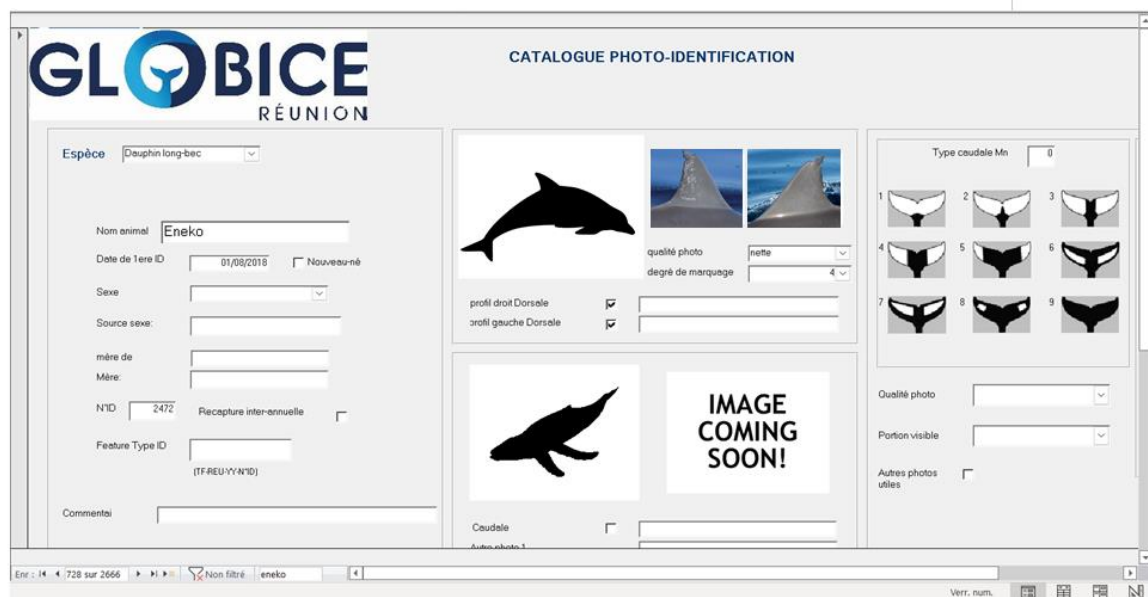
Figure 23 : Exemple de photographie permettant l'identification individuelle des dauphins long bec d'après les marques de leur l'aileron dorsal (à gauche). A droite, exemple de photographie non utilisable pour la photo-identification

L'analyse ultérieure des clichés permet d'identifier les individus d'après les marques distinctives et pérennes (encoches, cicatrices, pigmentation). Elle nécessite donc la prise de clichés de qualité, en haute définition, permettant de distinguer chaque détail. Dans la mesure du possible, la majorité des individus formant le groupe sont photographiés. En cas de grands groupes, comme c'est généralement le cas chez cette espèce, l'échantillonnage photographique du groupe sera fait de manière aléatoire.

##### III.1.2. Analyse des données de photo-identification

### III.1.2.1. Bancarisation des données de photo-identification

Après chaque sortie en mer, les photographies sont triées par observation et chaque cliché est comparé aux autres photographies prises lors de l'observation afin d'identifier les différents individus au sein du groupe. Les individus identifiés sont ensuite comparés au catalogue de photo-identification du dauphin long bec afin de déterminer s'il s'agit d'un nouvel animal (à rentrer dans le catalogue) ou d'une "re-capture", c'est à dire d'un animal déjà identifié lors de précédentes sorties. Les meilleurs clichés de chaque individu sont retenus et constituent le catalogue de photo-identification (Figure 24).



**Figure 24 : Exemple de dauphin long bec identifié à partir de sa nageoire dorsale dans le catalogue de photo-identification Globice**

La qualité de la photographie servant de référence à l'identification de l'animal est définie, de manière subjective, en utilisant un indice de 1 à 3 :

- 1 : Floue (photographie non exploitable, non incluse dans le catalogue) ;
- 2 : Moyenne (photographie permettant de visualiser quelques détails permettant l'identification) ;
- 3 : Nette (photographie permettant l'identification de l'animal de manière certaine).

Chaque individu du catalogue de photo-identification se voit attribuer un degré de marquage allant de 1 à 3, avec 1 : individu peu marqué et 3 : individu très marqué (Figure 25).



Figure 25. Degré de marquage des dauphins long bec photo-identifiés sur une échelle de 1 à 3 : a) peu marqué (degré de marquage = 1), b) moyennement marqué (degré de marquage = 2) et c) très marqué (degré de marquage = 3).

### III.1.2.2. Estimation d'abondance

L'abondance des dauphins long bec a été estimée à partir des données de photo-identification.

- **Période et zone d'étude**

Les données collectées au cours de ce projet ont été combinées aux données disponibles dans la base de données Globice (période d'étude 2013-2021) afin d'obtenir les estimations d'abondance les plus robustes possible et d'évaluer son évolution dans le temps. On notera que l'analyse des données de photo-identification de 2022 n'a pu être finalisée du fait des délais trop courts, et que ces données n'ont donc pas été incluses dans l'estimation d'abondance.

Du fait d'un effort de prospection largement concentré sur la partie ouest de l'île depuis 2013 (météorologie plus clémente et disponibilité des bateaux), la zone d'étude pour l'estimation d'abondance du dauphin long bec a été choisie de telle sorte que l'effort de prospection y soit relativement constant d'une année sur l'autre. La zone d'étude a ainsi été définie comme la zone allant de Saint Denis (Nord) à Saint Joseph (Sud) et limitée à 3 miles nautiques au large (Figure 26).

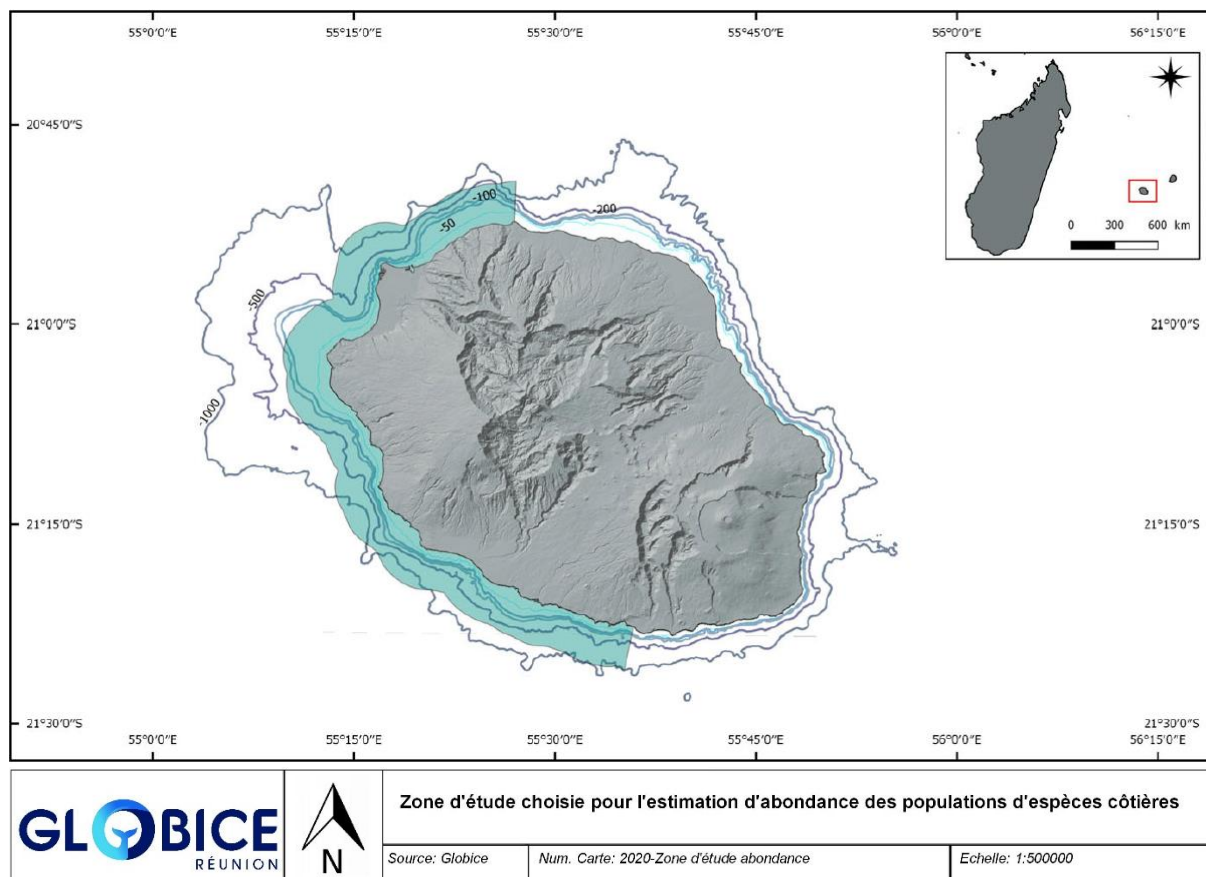


Figure 26. Zone d'étude choisie en vue d'estimer l'abondance du dauphin long bec sur la période 2013-2021.

- **Estimation d'abondance par la méthode de capture-recapture**

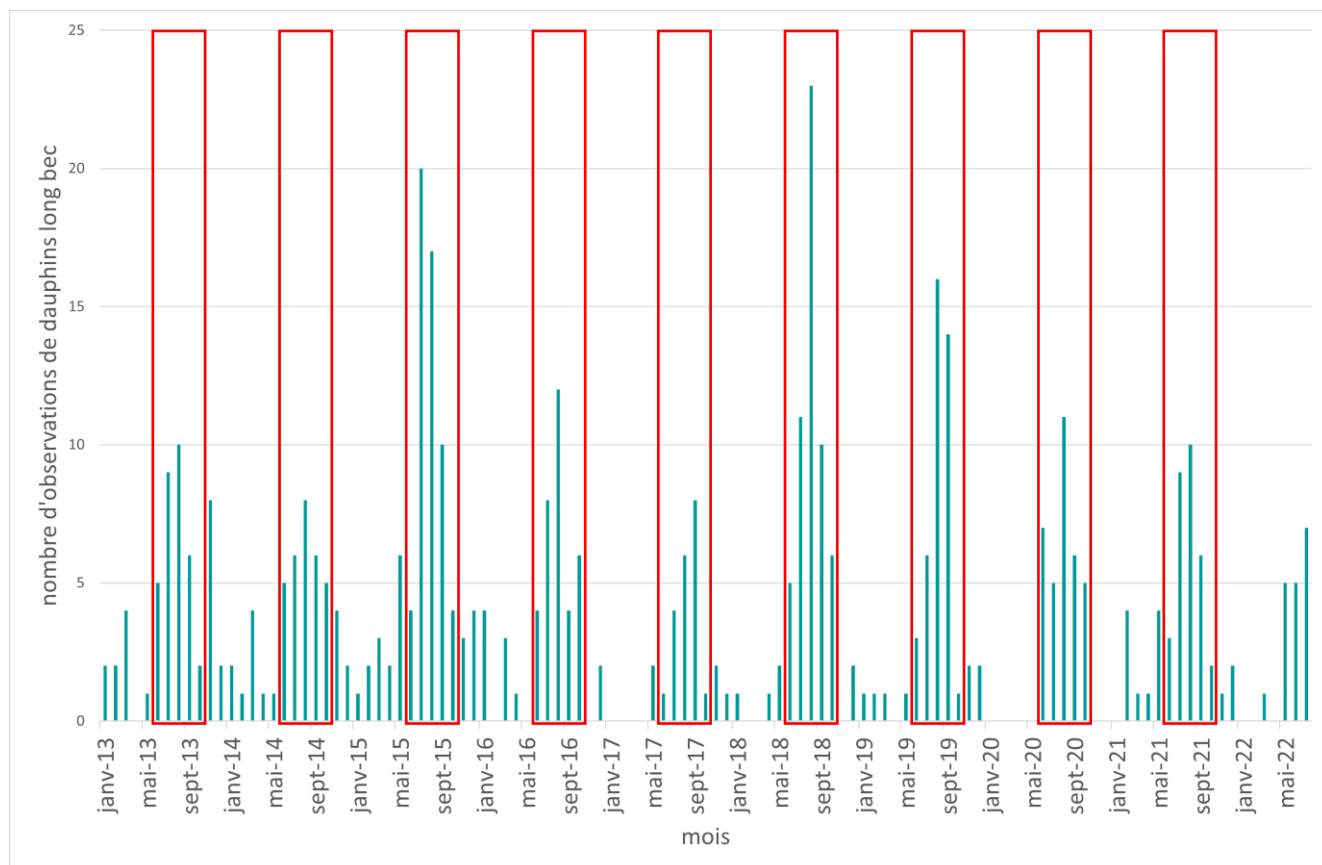
Les estimations d'abondance ont été réalisées en appliquant les modèles de capture-recapture, à l'aide du logiciel MARK 7.2 (White et Burnham, 1999). Une capture est définie comme une photographie de la nageoire dorsale d'un individu. A partir des données de photo-identification disponibles dans la zone et la période d'étude, l'historique de capture de chaque individu suffisamment marqué (degré de marquage supérieur ou égal à 2) a été réalisé par occasion d'échantillonnage (année ou mois) sous forme d'une matrice binaire de présence (1)/absence (0) des individus.

- Hypothèses et sélection des types de modèle

Pour l'ensemble des tests statistiques, le niveau de significativité a été fixé à 0,01.

Le caractère « ouvert » ou « fermé » de la population de dauphin long bec a été testé de manière statistique grâce au logiciel CloseTest (Stanley et Burnham, 1999). En prenant l'année comme occasion d'échantillonnage, le test a montré que la population de dauphins long bec était une population ouverte, c'est-à-dire que le départ ou l'arrivée d'individus (via la mortalité, natalité, et/ou migration) n'était pas négligeable sur la période d'échantillonnage choisie ( $\chi^2=128,7$ ; ddl=14;  $p<1.10^{-5}$ ).

Du fait d'un effort de prospection plus important pendant l'hiver austral (*i.e.*, juin-octobre, saison de présence des baleines à bosse), et par conséquent d'une concentration des observations de dauphins long bec pendant cette période (Figure 27), les tests ont également été effectués en prenant en compte uniquement la période de juin à octobre comme occasion d'échantillonnage secondaire. Ces tests ont montré que la population de dauphin long bec pouvait être considérée comme « fermée » au sein de chaque occasion d'échantillonnage secondaire (Tableau 4).



**Figure 27. Distribution des observations de dauphins long bec en fonction du mois sur la période 2013-2022.** Les cadres rouges correspondent aux mois de juin-octobre de chaque année



Tableau 4. Test du logiciel CloseTest au sein de chaque occasion d'échantillonnage secondaire

Occasion d'échantillonnage secondaire	Résultat du CloseTest
Juin-octobre 2013	$\chi^2=8,7$ , degré de liberté=4, $p=0,07$
Juin-octobre 2014	$\chi^2=4,9$ , degré de liberté=4, $p=0,29$
Juin-octobre 2015	$\chi^2=6,6$ , degré de liberté=5, $p=0,25$
Juin-octobre 2016	$\chi^2=2,8$ , degré de liberté=5, $p=0,73$
Juin-octobre 2017	$\chi^2=2,5$ , degré de liberté=2, $p=0,29$
Juin-octobre 2018	$\chi^2=0,95$ , degré de liberté=4, $p=0,92$
Juin-octobre 2019	$\chi^2=2,3$ , degré de liberté=2, $p=0,31$
Juin-octobre 2020	$\chi^2=4,1$ , degré de liberté=4, $p=0,39$
Juin-octobre 2021	$\chi^2=10,1$ , degré de liberté=3, $p=0,02$

Du fait d'une population « fermée » au sein d'une occasion d'échantillonnage secondaire (*i.e.*, juin-octobre de chaque année), et « ouverte » d'une occasion primaire à l'autre (*i.e.*, d'une année à l'autre), le modèle du Robust Design fut utilisé (Figure 28).

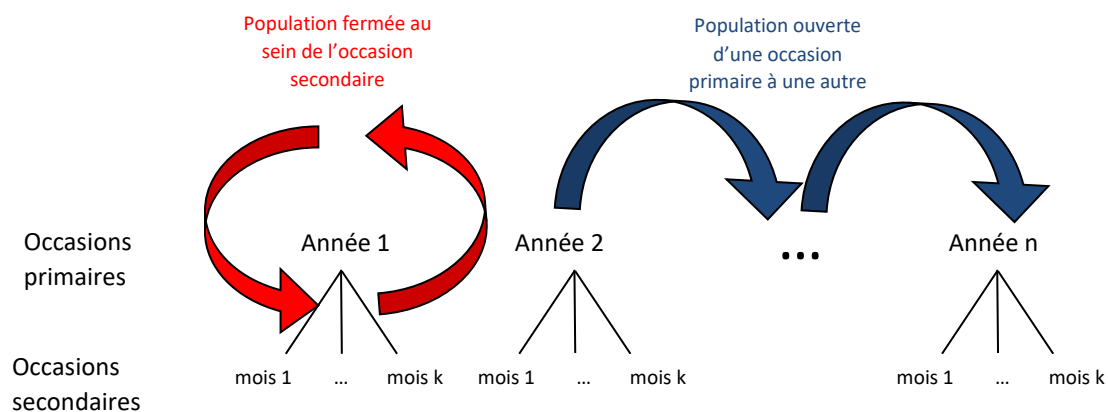


Figure 28. Principe du modèle Robust Design appliqué aux dauphins long bec

Ce modèle permet d'estimer divers paramètres :

- Le taux de survie annuel  $\phi$  ;
- Les probabilités de capture et de recapture ( $p$  et  $c$ , respectivement) ;
- L'abondance de la population marquée  $N_d$ ;
- Les paramètres d'émigration temporaires: probabilité qu'un individu soit en dehors de la zone d'étude à une occasion  $t+1$ , sachant qu'il était présent ( $\gamma''$ ) ou absent ( $\gamma'$ ) à l'occasion précédente  $t$ .

Chaque modèle testé correspond à une combinaison des paramètres précédents qui sont soit constants (notés (.)), soit varient avec le temps (au sein (notés (t)) ou entre (notés (T)) les occasions primaires).

- Test des hypothèses inhérentes aux modèles

L'utilisation de modèles de capture-recapture nécessite la validation de plusieurs hypothèses dont l'invalidation peut entraîner un biais dans les estimations d'abondance des populations (Williams et al., 1993; Wilson et al., 1999)

Le Tableau 5 ci-après liste les hypothèses inhérentes au modèle Robust Design. Des tests statistiques supplémentaires via le logiciel U-CARE 2.3.2 ont permis de tester la qualité des données et de leur ajustement aux différents modèles. En particulier, les tests pour la *transience* (test 3.SR - présence d'émigration permanente) et la *trap-dependence* (test 2.CT - présence d'un effet attractif ou répulsif du bateau) ont été réalisés (Choquet et al., 2009).

**Tableau 3. Exploration des diverses hypothèses inhérentes au modèle Robust Design et sélection des données en vue de l'estimation d'abondance du dauphin long bec (vert: hypothèse validée; rouge: hypothèse invalidée)**

Hypothèses à valider	Robust Design
1) Absence de perte de marques et reconnaissance aisée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation de photos de bonne qualité</li> <li>- Analyse à partir d'individus marqués (degré de marquage 2 et 3)</li> </ul>
2) Taux de survie constant selon les individus	Test 3 dans U-Care
	$\chi^2=21,0$ , $df=30$ , $p>0,89$
3) Pas de réponse comportementale au bateau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La photo-identification est une méthode non invasive</li> </ul>
	Test 2.CT dans U-Care
	$Z=-3,1$ $df=37$ , $p=0,002$ (effet attractif du bateau)
4) Probabilité de capture homogène entre les individus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Individus photographiés de manière aléatoire lors des observations</li> <li>- Test 2 dans U-Care <math>\chi^2=75,6</math>, <math>df=75</math>, <math>p&gt;0,46</math></li> </ul>
5) Echantillonnage instantané	Occasions d'échantillonnage secondaires restreintes (juin-octobre)
6) Zone d'étude constante entre les occasions d'échantillonnages	Zone d'étude restreinte à l'Ouest de l'île sur la période d'étude
7) Tous les individus de la population utilisent au moins à une occasion la zone d'étude	Tous les individus observés en dehors de la zone d'étude ont été capturés au moins une fois dans la zone d'étude

- Sélection des modèles et estimation des paramètres

Afin d'évaluer la fiabilité des données et la nécessité d'ajuster les valeurs estimées par le(s) modèle(s), un indice, le facteur de dispersion  $\hat{c}$ , a été calculé (Williams et al., 2002). Il est défini comme suit:

$$\hat{c} = \frac{\chi^2}{df}$$

avec  $\chi^2$ , issu du test global (Test 2 et 3) du logiciel U-CARE et  $df$ , degré de liberté (degree of freedom en anglais).

Selon la valeur calculée pour  $\hat{c}$ , deux cas de figures existent:

- $\hat{c} < 1$  – Les données sont fiables et les valeurs estimées par le(s) modèle(s) ne nécessitent pas un ajustement *a posteriori*. Le ou les modèles les plus pertinents correspondent à ceux qui ont le AIC (Akaike Information Criterion) ou AICc (ajusté pour

les faibles échantillons) le plus bas. Les modèles montrant un AIC/AICc de moins de 2 unités par rapport au modèle de plus faible AIC/AICc seront de même sélectionnés comme décrivant convenablement les données.

- $\hat{c} > 1$  – Les données ne sont pas assez fiables, et les valeurs estimées par le(s) modèle(s) nécessitent un ajustement ultérieur. Le ou les modèles les plus pertinents correspondent à ceux qui ont le QAIC (Quasi Akaike Information Criterion) ou QAICc (ajusté pour les faibles échantillons) le plus bas. Les modèles montrant un QAIC/QAICc de moins de 2 unités par rapport au modèle de plus faible QAIC/QAICc seront de même sélectionnés comme décrivant convenablement les données.

- Proportion des individus marqués dans la population et calcul de la taille de la population

Les valeurs d'abondance estimées  $N_d$  fournies par les modèles ne prennent en compte que les individus marqués. La taille de la population totale,  $N_{total}$ , incluant individus marqués ou non, est donc estimée en prenant en compte la proportion  $\theta$  d'individus marqués dans la population:

$$N_{total} = \frac{N_d}{\theta}$$

avec  $N_d$ , abondance estimée de la population marquée;  $N_{total}$ , nombre total des individus (marqués ou non) dans la zone d'étude et  $\theta$ , proportion d'individus marqués dans la population.

La proportion d'individus marqués dans la population,  $\theta$ , a été calculée par la méthode photographique. Les photos brutes, non recadrées, ont été utilisées pour les années 2010, 2011, 2012, 2018 et 2019 (seules années où un panel suffisant de photographies brutes était disponible). Pour chacune de ces photos, le nombre d'individus marqués (*i.e.*, dont le degré de marquage est supérieur ou égal à 2) a été comptabilisé, ainsi que le nombre total d'individus. Theta correspond à la moyenne des proportions calculées sur l'ensemble des années.

La variance de l'abondance totale a été calculée selon la formule suivante (issue de la méthode Delta - Wilson et al., 1999) :

$$SE(\hat{N}_{total}) = \sqrt{\hat{N}_{total}^2 \left( \frac{SE(\hat{N}_d)^2}{\hat{N}_d^2} + \frac{1 - \hat{\theta}}{n\hat{\theta}} \right)}$$

avec  $n$ , taille de l'échantillon (nombre de photos) ayant permis le calcul de  $\theta$ .

L'intervalle de confiance à 95% a été calculé pour l'abondance totale en supposant une approximation de type log-normale (Burnham et al., 1987) :

$$C = \exp\left(1,96 \sqrt{\ln\left(1 + \left(\frac{SE(\hat{N}_{total})}{\hat{N}_{total}}\right)^2\right)}\right)$$

Ainsi, l'intervalle de confiance à 95% de l'abondance totale de la population est de :

$$\frac{\hat{N}_{total}}{C} - \hat{N}_{total} \cdot C$$

## III.2. Photo-identification et estimation d'abondance du dauphin long bec

En 2021, le projet Opération Long Bec a permis l'observation de 12 groupes de dauphins long bec dans les eaux côtières de La Réunion. A ces observations s'ajoutent 28 observations réalisées au cours des différents programmes de Globice, totalisant 40 observations.

### III.2.1. Photo-identification du dauphin long bec

#### III.2.1.1. Taux d'identification

Sur les 40 observations de dauphins long bec réalisées en 2021, 32 (soit 80%) ont permis l'acquisition de photographies de qualité permettant l'identification d'au moins une partie des individus.

Ce taux est très convenable pour une espèce difficile à photo-identifier car évoluant dans de larges groupes et dont les individus sont globalement peu marqués. Un tel taux démontre un effort de photo-identification conséquent. La part d'observations n'ayant pas permis la prise de photo-identification (20 %) peut s'expliquer de deux façons :

- des conditions d'observation (mauvaises conditions rendant l'approche des animaux et la prise de clichés plus difficile),
- un comportement parfois furtif des animaux en surface.

En 2021, sur les 32 observations pour lesquelles des données de photo-identification ont pu être récoltées, 209 nageoires dorsales de dauphins ont été photographiées et ont permis une identification individuelle.

#### III.2.1.2. Nouveaux individus identifiés

L'analyse des photographies des dorsales des individus observés en 2021 nous a permis de compléter le catalogue de photo-identification concernant cette espèce à La Réunion. **Soixante-huit individus différents** ont pu être identifiés sur la zone d'étude, dont **26 nouveaux** individus. Les meilleurs clichés de ces 26 individus ont été intégrés au catalogue de photo-identification de l'espèce (Figure 29).

Avec ces 26 nouveaux individus, **le catalogue compte aujourd'hui 158 individus différents**, recensés depuis 2013. Il est à rappeler que seuls les individus présentant des marques distinctes sur l'aileron dorsal, et pour lesquelles il existe une photographie de l'aileron de bonne qualité, sont inclus dans le catalogue.



Figure 29. Photo-identification des dauphins long bec les plus marqués nouvellement identifiés en 2021 à La Réunion

### III.2.1.3. Courbe de découverte

Les données historiques de Globice ont été utilisées pour calculer le nombre cumulé de nouveaux individus identifiés depuis 2013 (Figure 30). Depuis 2013, le nombre de nouvelles identifications augmente de façon progressive et la courbe du nombre cumulé de nouvelles identifications tend à s'aplanir avec le temps jusqu'à mi-2018. La présence de trois phases d'augmentation importante du nombre d'individus nouvellement identifiés mi-2018, mi-2019 et mi-2020 s'explique par un effort de prospection davantage ciblé sur l'habitat préférentiel du dauphin long bec, ainsi qu'un effort de photo-identification plus important pour cette espèce pendant le programme EtCetRA 2018-2019 et Opération Long Bec (2021-2022).

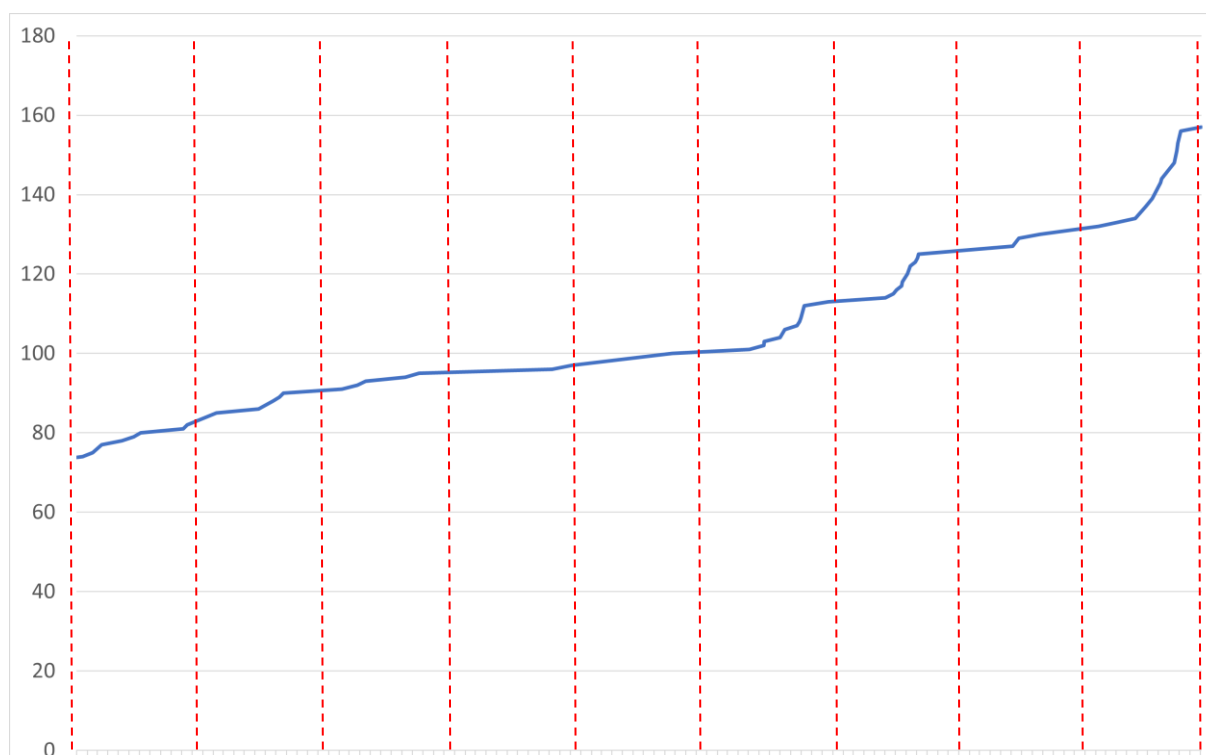


Figure 30. Nombre cumulé de dauphins long bec photo-identifiés pour la période 2013-2021

## III.2.2. Estimation de l'abondance de la population de dauphin long bec

### III.2.2.1. Modèles d'estimation d'abondance de la population

Sur les 105 modèles de Robust Design définis par le logiciel Mark, celui décrivant au mieux les données correspond au modèle  $\{\phi(\cdot), \gamma''(\cdot), \gamma'(\cdot), p(t, T), c(t, T)\}$ , dans lequel le taux de survie  $\phi$  et le taux d'émigration temporaire  $\gamma''$  sont constants, le taux d'émigration temporaire  $\gamma'$  varie en fonction des occasions d'échantillonnage primaires et les probabilités de capture  $p$  et de recapture  $c$  des individus varient selon les occasions primaires et secondaires (Tableau 6).



Tableau 6. Liste des modèles proposés via le Robust Design par valeurs croissantes d'Akaike Information Criteria (AICc).  
Notons que seuls les 15 premiers modèles sont affichés.

Modèles	AICc	$\Delta$ AICc	Coefficient de pondération de AICc	Nb de paramètres
{ $\Phi(\cdot)$ , $\gamma''(\cdot)$ , $\gamma'(\cdot)$ , $p(t, T)$ , $c(t, T)$ }	1644,9	0,0	0,7	82
{ $\Phi(\cdot)$ , $\gamma''(\cdot)$ , $\gamma'(\cdot)$ , $p(t, T)$ , $c(t, T)$ }	1648,9	4,0	0,1	81
{ $\Phi(\cdot)$ , $\gamma''(T)$ , $\gamma'(T)$ , $p(t, T)$ , $c(t, T)$ }	1649,8	4,9	0,1	86
{ $\Phi(\cdot)$ , $\gamma''(T)$ , $\gamma'(\cdot)$ , $p(t, T)$ , $c(t, T)$ }	1650,4	5,5	0,0	86
{ $\Phi(T)$ , $\gamma''(\cdot)$ , $\gamma'(T)$ , $p(t, T)$ , $c(t, T)$ }	1651,0	6,1	0,0	88
{ $\Phi(\cdot)$ , $\gamma''(\cdot)$ , $\gamma'(T)$ , $p(T)$ , $c(t, T)$ }	1651,4	6,5	0,0	49
{ $\Phi(T)$ , $\gamma''(T)$ , $\gamma'(T)$ , $p(t, T)$ , $c(t, T)$ }	1653,5	8,7	0,0	91
{ $\Phi(T)$ , $\gamma''(T)$ , $\gamma'(T)$ , $p(T)$ , $c(t, T)$ }	1655,4	10,5	0,0	57
{ $\Phi(\cdot)$ , $\gamma''(T)$ , $\gamma'(T)$ , $p(T)$ , $c(t, T)$ }	1656,1	11,3	0,0	55
{ $\Phi(\cdot)$ , $\gamma''(\cdot)$ , $\gamma'(\cdot)$ , $p(T)$ , $c(t, T)$ }	1656,7	11,8	0,0	48
{ $\Phi(T)$ , $\gamma''(\cdot)$ , $\gamma'(T)$ , $p(T)$ , $c(t, T)$ }	1658,1	13,2	0,0	56
{ $\Phi(T)$ , $\gamma''(T)$ , $\gamma'(\cdot)$ , $p(t, T)$ , $c(t, T)$ }	1661,0	16,1	0,0	91
{ $\Phi(\cdot)$ , $\gamma''(T)$ , $\gamma'(\cdot)$ , $p(T)$ , $c(t, T)$ }	1662,2	17,3	0,0	54
{ $\Phi(T)$ , $\gamma''(\cdot)$ , $\gamma'(\cdot)$ , $p(T)$ , $c(t, T)$ }	1662,4	17,5	0,0	55
{ $\Phi(T)$ , $\gamma''(T)$ , $\gamma'(\cdot)$ , $p(T)$ , $c(t, T)$ }	1673,2	28,3	0,0	60

### III.2.2.2. Paramètres estimés

Le meilleur modèle fournit:

- Une probabilité de capture ( $p$ ) variant de  $0,00 \pm 0,00$  (en septembre 2016 et octobre 2017, 2018 et 2021) à  $1,00 \pm 0,00$  (en septembre 2015, 2019 et 2020);
- Une probabilité de recapture ( $c$ ) variant de  $0,00 \pm 0,00$  (en juillet 2018 et 2021 et octobre 2017, 2019 et 2021) à  $1,00 \pm 0,00$  (en juillet 2014);
- Un taux de survie ( $\phi$ ) constant de  $0,95 \pm 0,10$ ;
- Un paramètre d'émigration temporaire  $\gamma''$  constant de  $0,11 \pm 0,10$  ;
- Un paramètre d'émigration temporaire  $\gamma'$  variant de  $0,68 \pm 0,54$  (en 2021) à  $1,00 \pm 0,00$  (en 2015, 2017, 2018 et 2019).

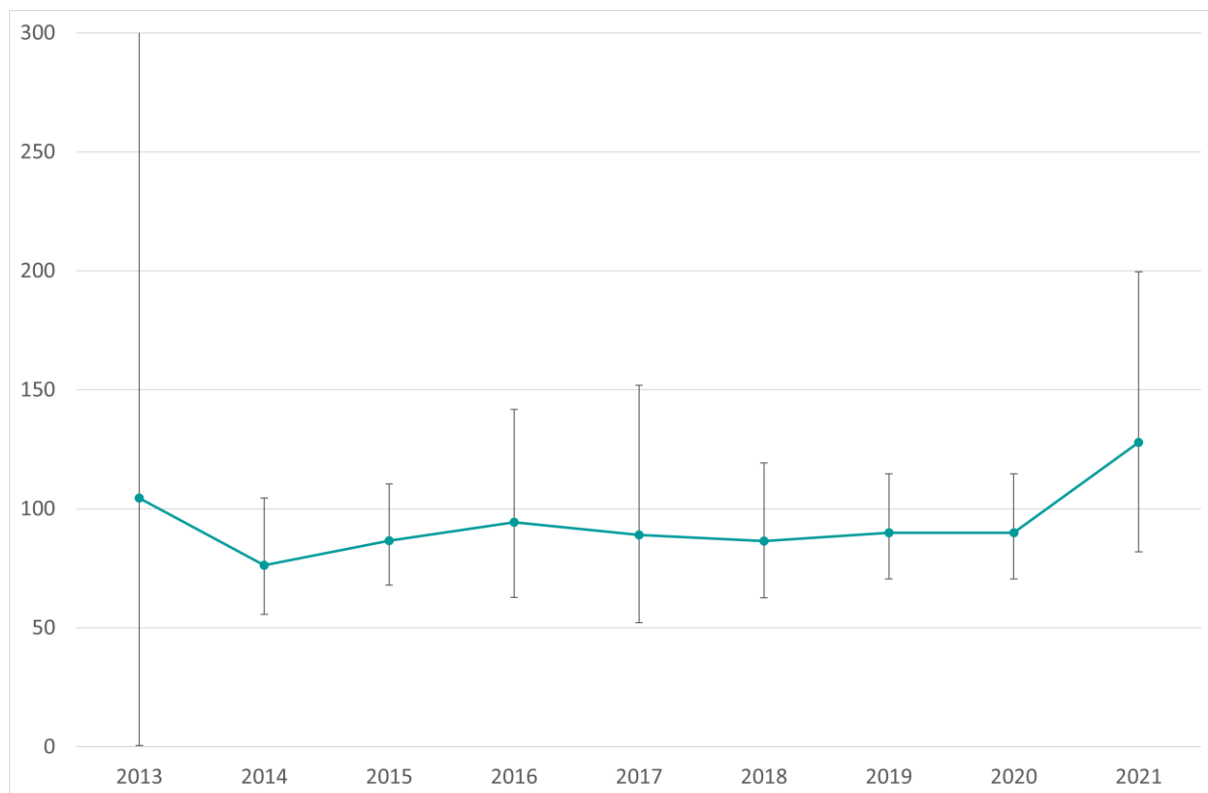
Selon le modèle, la taille de la population marquée de dauphins long bec dans la zone d'étude pendant la période 2013-2021, Nd, varie en fonction de l'année (occasion primaire), avec un minimum de  $22,9 \pm 2,4$  individus estimé en 2014 et un maximum de  $38,4 \pm 7,4$  individus estimé en 2021 (Tableau 7).

### III.2.2.3. Proportion de la population marquée et calcul de l'abondance totale

La proportion moyenne d'individus marqués dans la population pendant la période 2013-2021, calculée par la méthode photographique, est de 30,0% ( $\pm 21,6\%$ ). L'estimation de l'abondance totale de la population de dauphins long bec par année dans la zone d'étude,  $N_{total}$ , varie de  $76,2 \pm 12,3$  individus (95% IC : 56 – 105) en 2014 à  $127,8 \pm 29,4$  individus (95% IC : 82 – 200) en 2021 (Tableau 7, Figure 31). Ces variations sont probablement liées aux écarts d'effort d'échantillonnage (probabilité de capture variable).

**Tableau 7. Abondance de la population de dauphins long bec marquée et totale par occasion primaire (année) sur la période 2013-2021**

Année	Nd	SE(Nd)	proportion d'individus marqués ( $\theta \pm SD$ )	$N_{total}$	SE( $N_{total}$ )	95% IC $N_{total}$
2013	31	1413,8	0,30 $\pm$ 21,6	104	4708,4	1 – 23346
2014	23	2,4		76	12,3	56 – 105
2015	26	0,0		87	10,8	68 – 110
2016	28	4,8		94	19,8	63 – 142
2017	27	6,6		89	24,7	52 – 152
2018	26	2,8		86	14,3	63 – 119
2019	27	0,0		90	11,2	71 – 115
2020	27	0,0		90	11,2	71 – 115
2021	38	7,4		128	29,4	82 - 200



**Figure 31. Abondance totale de la population de dauphins long bec par occasion primaire (année).** Les barres verticales correspondent à l'intervalle de confiance à 95%.

La valeur de l'abondance de la population en 2013 n'est que peu fiable, au vu de la largeur de l'intervalle de confiance, ce qui pourrait être lié au démarrage du suivi.

La courbe de l'abondance de la population totale de dauphins long bec montre que les effectifs, stables pour la période 2014-2020, semblent augmenter en 2021. Néanmoins, la comparaison de cette tendance avec une tendance théorique constante sur la période 2013-2021 montre que cette augmentation n'est pas significative (test  $\chi^2 = 73,6$  ; ddl = 7 ;  $p > 0,5$ ).

## IV. Discussion et perspectives

Cette étude est la première étude visant à déterminer le rythme circadien du dauphin long bec et à identifier l'habitat d'alimentation de cette espèce au sein des eaux réunionnaises.

### Evolution de l'occupation de l'habitat au cours de la journée

L'analyse fine de la distribution des dauphins long bec au cours des suivis focaux a permis de mettre en évidence la présence de deux habitats distincts au cours de la journée, à savoir :

- l'habitat ante méridien, occupé par les dauphins avant 11h30, correspondant au « sec » entre le port de Saint Gilles et le Cap La Houssaye et caractérisé par des eaux de  $65,6 \pm 8,2$  m de profondeur, au-dessus de substrats de  $0,9 \pm 1,1^\circ$  de pente et à une distance moyenne de  $3,9 \pm 1,1$  km des côtes ;
- l'habitat post méridien, occupé par les dauphins après 14h30, plus au large, entre Cap Homard et le port de Saint Gilles et caractérisé par des eaux de  $318,8 \pm 149,9$  m de profondeur en moyenne, au-dessus de substrats de  $5,2 \pm 2,5^\circ$  de pente en moyenne et à une distance de  $7,3 \pm 1,1$  km en moyenne des côtes.

Entre 11h30 et 14h30, les dauphins long bec passent de l'habitat ante méridien à post méridien en migrant rapidement vers le large.

La caractérisation de l'habitat ante méridien, seul habitat jusqu'alors décrit dans la littérature, est cohérente avec l'étude de Condet et Dulau (2016) qui a mis en évidence la présence d'un habitat préférentiel (du matin) réduit à une zone restreinte devant Saint Gilles, définie par une profondeur moyenne de 60,4 m (SE=0,1), une distance à la côte de 2,7 km (SE=30,4) et une pente moyenne de  $0,38^\circ$  (SE=0,02). L'étude confirme un rythme circadien marqué, décrit pour cette espèce, avec un déplacement des zones côtières vers le large l'après-midi pour potentiellement rejoindre les zones d'alimentation.

### Utilisation des habitats ante et post méridiens

L'analyse du budget d'activité au sein de chaque habitat montre que l'habitat ante méridien est utilisé pour la socialisation et plus secondairement pour le repos, alors que l'habitat post méridien est utilisé pour le voyage, et pour la socialisation dans une moindre mesure.

L'activité de prédation a été observée de manière similaire, mais non majoritaire, aussi bien au sein de l'habitat ante méridien, que post méridien et entre les deux habitats, lors de la migration vers le large entre 11h30 et 14h30. Les suivis focaux n'ont pas permis de suivre les dauphins à partir de 17h00 ; il n'a donc pas été possible de caractériser l'activité en fin d'après-midi/début de soirée. Il est probable que la prédation ait lieu essentiellement durant cette période, et pendant la nuit, comme cela a été décrit à Hawaii (Norris et al., 1994 ; Tyne et al., 2014).

A Hawaii, les dauphins long bec entreprennent de même une migration vers le large au cours de la journée à partir de leur habitat de repos et de socialisation du matin (Norris et al., 1994 ; Tyne et al., 2014). Néanmoins, ils migrent seulement en fin d'après-midi vers le large pour atteindre leur habitat d'alimentation où ils se nourrissent durant la nuit.

L'observation de l'activité de prédation au sein des habitats ante et post méridiens, ainsi que lors de la migration vers le large entre 11h30 et 14h30 semble montrer des « zones » d'alimentation diverses sur d'une grande diversité de proies, ce qui confirme le caractère opportuniste du dauphin long bec. Si la prédation se répartit sur l'ensemble de la journée (et de la nuit), et est non restreinte à une zone précise, il pourrait être considéré comme un opportuniste strict. En revanche, le dauphin long bec pourrait également se nourrir pendant la nuit dans des zones précises, ciblant des proies spécifiques, en plus de l'activité de prédation opportuniste étalée sur la journée, qui ne représenterait alors qu'une partie de son régime alimentaire.

Le régime alimentaire du dauphin long bec à La Réunion n'est pas connu. En effet, la détermination du régime alimentaire des cétacés peut se faire de différentes manières, via l'analyse des contenus stomacaux, l'observation d'activité de prédation *in situ* avec identification des proies, analyses d'isotopes stables, d'acides gras...Néanmoins à La Réunion, les rares dauphins long bec échoués présentaient un estomac vide et l'observation des proies lors des activités de prédation sont très rares et pas toujours représentative du régime alimentaire.

Jusqu'alors, les analyses des isotopes stables et des contaminants à partir de biopsies de peau et de lard de dauphin long bec semblaient indiquer que l'habitat d'alimentation de l'espèce se situait au large et était distinct de celui du grand dauphin de l'Indo-Pacifique, qui se nourrit en zone côtière (Dirtu et al., 2016).

L'observation d'activité de prédation au sein de l'habitat ante méridien, qui se superpose à l'habitat préférentiel du grand dauphin de l'Indo-Pacifique, suggère que les deux espèces se nourrissent potentiellement dans les mêmes zones côtières, voire sur les mêmes proies. Ce résultat est cohérent avec l'étude de Chandelier et al. (2022) qui a mis en évidence l'existence d'une superposition entre les niches isotopiques du dauphin long bec et du grand dauphin de l'Indo-Pacifique dans les eaux réunionnaises, et donc possiblement entre les zones d'alimentation des deux espèces. De plus, la comparaison entre la niche isotopique du dauphin long bec et celles du dauphin tacheté et du grand dauphin commun, espèces connues pour se nourrir au large, confirme que le dauphin long bec se nourrit davantage à la côte. Il semble donc peu probable que l'espèce rejoigne les eaux hauturières pour se nourrir la nuit.

Des modélisations (*i.e.*, mixing model) existent pour déterminer le régime alimentaire d'une espèce à partir des analyses isotopiques de certains tissus (notamment peau et lard) en fonction des valeurs isotopiques des proies potentiellement consommées par l'espèce. Néanmoins pour être fiable, il faut avoir une idée de la nature des proies consommées par l'espèce. L'appréhension, dans notre étude, de zones potentielles d'alimentation, pourrait

permettre d'affiner la liste des proies possiblement consommées par le dauphin long bec, et donc de faire tourner le modèle en vue d'évaluer son régime alimentaire.

### Abondance du dauphin long bec et paramètres démographiques

L'estimation de l'abondance de la population de dauphins long bec de La Réunion varie de  $76,2 \pm 12,3$  individus (IC 95% : 56 – 105) en 2014 à  $127,8 \pm 29,4$  individus (IC 95% : 82 – 200) en 2021. Néanmoins, ces différences interannuelles ne sont pas significatives et témoignent d'une variabilité d'échantillonnage. La population de dauphins long bec semble donc être stable entre 2013 et 2021.

Cette population s'est révélée être fermée au sein d'une occasion d'échantillonnage secondaire (*i.e.*, juin-octobre de chaque année), et « ouverte » d'une occasion primaire à l'autre (*i.e.*, d'une année à l'autre). Les paramètres d'émigration temporaire, non nuls, témoignent de la présence d'émigration en dehors de la zone d'étude.

En particulier, la comparaison du catalogue de photo-identification de La Réunion avec celui de l'île Maurice (Mauritius Marine Conservation Society - MMCS) a permis de mettre en évidence la présence de **8 recaptures** photographiques (*i.e.*, huit individus présents dans chacun des catalogues), d'où la présence de mouvements entre les deux îles.

L'analyse de la fidélité au site et de la structure sociale des dauphins long bec dans les eaux réunionnaises permettrait de déterminer le niveau de résidence de la population à l'île de La Réunion et d'estimer si cette population appartient à une seule et même communauté. Selon les résultats, il pourrait être judicieux d'estimer l'abondance de la population à l'échelle des Mascareignes.

## V. Bibliographie

- Burnham, K. P., D. R. Anderson, G.C. White, C. Brownie, et K.H. Pollock. (1987). *Design and Analysis Methods for Fish Survival Experiments Based on Release-Recapture*. American Fisheries Society Monograph No. 5. Bethesda, Maryland, USA. 437 pp.
- Chandelier, G., Kiszka, J., Dulau-Drouot, V., Jean, C., Poirout, T., Estrade, V., Barret, M., Fayan, J., et Jaquemet, S. (2022). Isotopic niche partitioning of co-occurring large marine vertebrates around an Indian Ocean tropical oceanic island. *Marine Environnemental Research*.
- Choquet, R. *et al.* (2009). U-CARE 2.3 user's manual. CEFE, UMR 5175, Montpellier.
- Condet, M. et Dulau-Drouot, V. (2016). Habitat selection of two island-associated dolphin species from the south-west Indian Ocean. *Continental Shelf Research* **125**: 18-27.
- Dirtu, A.C., Malarvannan, G., Das, K., Dulau-Drouot, V., Kiszka, J., Lepoint, G., Mongin, P., Covaci, A. (2016). Contrasted accumulation patterns of persistent organic pollutants and mercury in sympatric tropical dolphins from the south-western Indian Ocean. *Environmental Research* **146**: 263-273.
- Norris, K.S., Wursig, B., Wells, R.S. *et al.* (1994). *The Hawaiian Spinner Dolphin*. University of California Press, Berkeley, CA.
- Stanley, T. R. et Burnham, K. P. (1999). A goodness-of-fit test for capture-recapture model Mt closure. *Biometrics* **55**, 366-375.
- Tyne, J.A. (2014). A scientific foundation for informed management decisions: Quantifying the abundance, important habitat and cumulative exposure of the Hawaii Island spinner dolphin (*Stenella longirostris*) stock to human activities, thèse de doctorat, Université de Murdock, 180 pp.
- White, G., & Burnham, K. P. (1999). Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* **46** (Supp.), S120-S138.
- Williams, J. A., Dawson, S. M., & Slooten, E. (1993). The abundance and distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Doubtful Sound, New Zealand. *Canadian Journal of Zoology* **71**, 2080-2088.
- Williams, BK., J.D. Nichols, & Conroy, M. J. (2002). *Analysis and management of animal populations: modeling, estimation, and decision making*. Academic Press, New York.
- Wilson, B., Hammond, P. S., & Thompson, P. M. (1999). Estimating size and assessing status of a coastal bottlenose dolphin population: Seasonal distribution and stratified movement patterns in the Moray Firth, Scotland. *Ecological Applications* **9**, 288-300.