

MASTER EN SCIENCES – TECHNOLOGIES – SANTÉ

MENTION BIODIVERSITÉ, ÉCOLOGIE, ÉVOLUTION

Statuts de résidence et mouvements inter-îles des Dauphins tachetés pantropicaux - *Stenella attenuata* - entre la Martinique et la Guadeloupe

Baptiste COURTIN



Responsable de stage : Benjamin de MONTGOLFIER

Co-encadrants : BOUVERET Laurent, SAFI Morjane

Mémoire soutenu le 11 mars 2020

RESUMÉ

Sur les 24 espèces protégées au sein du sanctuaire Agoa. Le dauphin tacheté pantropical *Stenella attenuata* est l'espèce la plus fréquemment observée le long des côtes-sous-le-vent de Guadeloupe et de Martinique. Dans le but d'observer les déplacements entre les deux îles des individus de cette espèce, nous avons procédé à un suivi de population sur les années 2018 et 2019 en utilisant la technique de photo-identification, uniquement sur les animaux fortement marqués. Un total de 57524 photos ont été collectés, soit 35 303 pour la Guadeloupe et 22 221 photos pour la Martinique.

L'analyse de ces photos a permis l'élaboration d'un catalogue par l'identification de 150 individus très marqués, dont 81 en Guadeloupe et 71 en Martinique. En Guadeloupe, 42% de ces individus ont été observés au moins 2 fois sur la période étudiée, en Martinique 44% ont été observés au moins 2 fois sur la période étudiée.

Lors de cette étude et pendant cette période, aucun individu n'a été observé à la fois en Martinique et en Guadeloupe. Un suivi sur une plus longue période se basant sur le catalogue d'individus très marqués permettrait probablement d'observer un déplacement entre ces deux îles.

REMERCIEMENTS



Je tiens à remercier le responsable de ce stage Benjamin de Montgolfier et ma co-encadrante Morjane Safi de m'avoir donné la chance d'étudier un sujet aussi passionnant. Mais également pour leur temps précieux, leur travail de relecture, leur expertise, leur accueil en Martinique et les connaissances qu'ils m'ont transmis sur l'étude des cétacés, des tortues marines ainsi que du fonctionnement d'un bureau d'études.

Je tiens également à remercier le co-encadrant de ce stage, Laurent Bouveret pour m'avoir donné la chance d'étudier ce sujet, mais également pour son temps précieux, son travail de relecture, sa bonne humeur, son accueil, le partage de ses connaissances et de sa passion sur l'étude des mammifères marins.

Je remercie Cédric Millon (Cétacés Caraïbes) et Stéphane Pécora (Dauphins-émotion Madi'sea) pour leur accueil, leurs connaissances, leur passion et les émotions partagées lors des sorties en mer.

Je remercie encore Cédric Millon, Claire Freriks (Guadeloupe Evasion Découverte) et les autres membres du réseau OMMAG pour m'avoir permis d'utiliser leurs photos et sans qui cette étude n'aurait pas pu avoir lieu.

Je remercie également Nelly Pélisson pour sa bonne humeur et ses encouragements. Je remercie également les membres de son association Mon école ma baleine, les enseignants et les élèves de la classe de CE1 de l'école du Morne-Vert et de l'AME du collège St Dominique au Moule pour leur créativité à trouver des noms pour les dauphins.

Merci à Aurore Feunteun, pour ses conseils et son accueil.

Enfin je tiens à remercier Gladys Loranger et les membres du jury, pour m'avoir permis d'effectuer cette étude puis de la soutenir.

TABLE DES MATIERES

RESUMÉ	
REMERCIEMENTS.....	
LISTE DES ILLUSTRATIONS.....	
I. INTRODUCTION.....	1
II. MATERIELS ET METHODES.....	3
1. La zone d'étude.....	3
2. La photo-identification.....	3
3. Analyse des résultats.....	7
III. RESULTATS.....	8
1. Utilisation du logiciel I3S.....	8
2. Effort d'observation.....	8
3. Elaboration du catalogue et suivi de la population de <i>Stenella attenuata</i>	10
4. Déplacement inter-îles entre la Guadeloupe et la Martinique	11
IV. DISCUSSION.....	12
1. Utilisation du logiciel I3S.....	12
2. Effort d'observation.....	13
3. Elaboration du catalogue et suivi de la population de <i>Stenella attenuata</i>	13
4. Déplacement inter-îles entre la Guadeloupe et la Martinique	15
CONCLUSION.....	16
BIBLIOGRAPHIE.....	17
ANNEXES.....	19

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures :

Figure 1 : Aire marine protégée du sanctuaire Agoa	3
Figure 2 : 2a : Photo brute triée. 2b : Photo traitée finale avec individu identifié.....	6
Figure 3 : Bandeau d'identification de l'individu.....	6
Figure 4 : Nombre total de photos en fonction du mois de l'année 2018 et 2019.....	9
Figure 5 : Nombre d'individus identifiés en fonction du nombre de photos exploitables.....	9
Figure 6 : Indice de présence de l'espèce <i>Stenella attenuata</i> sur la côte-sous-le-vent de Guadeloupe en 2018 et 2019.....	11
Figure 7 : Indice de présence de l'espèce <i>Stenella attenuata</i> sur la côte-sous-le-vent de Martinique en 2018 et 2019	11

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Synthèse du nombre de photos pour la Guadeloupe.....	8
Tableau 2 : Synthèse du nombre de photos pour la Martinique	8

I. INTRODUCTION

Les mammifères marins sont répartis tout autour du globe, du pôle Nord aux côtes de l'Antarctique. (Shirihai et Jarett 2007). L'infra-ordre des cétacés comprend à l'heure actuelle 86 espèces (Perrin 2020). Il est divisé en deux micro-ordres : les Odontocètes (cétacés à dents) et les Mysticètes (cétacés à fanons) (Perrin 2020; Jefferson 2015).

Les cétacés sont communément considérés comme les mammifères qui ont le plus évolué génétiquement. Descendants tous d'un ancêtre commun terrestre qui serait retourné à la mer, ils se sont largement adaptés à la vie aquatique (Jefferson 2015). Ce mode de vie, les éloignant géographiquement des lieux à forte activité humaine, n'empêche toutefois pas l'homme de causer une forte pression sur leurs populations. Chez les delphinidés, la menace actuelle réside dans les blessures et les morts causées par certaines méthodes de pêche non sélectives (Shirihai et Jarett 2007).

Le genre *Stenella* (Gray, 1866) est commun dans les eaux tropicales, subtropicales et tempérées du monde entier. En conséquence de ces vastes aires de répartition, ils sont souvent considérés comme des « espèces parapluies », c'est-à-dire que les efforts de conservation mis en place pour eux seront bénéfiques pour beaucoup d'autres espèces partageant le même habitat (Barragán-Barrera et al. 2019). Le dauphin tacheté pantropical *Stenella attenuata* (Gray, 1846), comme son nom l'indique, est réparti dans tous les océans du monde entre les 40°N et les 40°S. On le retrouve également dans le Golfe Persique et la Mer Rouge. Il est l'une des espèces de cétacés les plus communes dans l'océan Atlantique (Jefferson 2015). Les individus de cette espèce forment généralement des groupes de moins de 100 individus pour les populations côtières qui dans certaines régions vont migrer vers le large de manière saisonnière (Shirihai et Jarett 2007). Ce sont des nageurs rapides enclins à l'acrobatie. On peut souvent les observer sauter hors de l'eau. Ils se rapprochent souvent des bateaux pour nager à leur étrave si ces derniers naviguent lentement (Jefferson 2015).

Morphologiquement, il s'agit de dauphins à bec étroit de taille moyenne (1,6-2,6m) et plutôt fins (Shirihai et Jarett 2007). Ils sont reconnaissables par leur cape sombre parsemée de taches blanches qui augmentent en taille et en nombre avec l'âge. Ces taches sont présentes également sur leurs lèvres qui deviennent rapidement en grande partie blanches. Leur dorsale est la plus fine de tous les dauphins, elle est falciforme et pointue. Ils se nourrissent principalement de petits poissons pélagiques, de céphalopodes et de crustacés. (Shirihai et Jarett 2007)

Ils sont résidents des eaux de Martinique et de Guadeloupe et au centre d'une activité commerciale d'excursion (le *whale-watching*) (de Montgolfier, communication personnelle). Ils sont également l'une des 24 espèces protégées au sein du sanctuaire Agoa, une aire marine protégée de plus de 140 000 km² qui englobe l'intégralité de la zone économique exclusive des Antilles françaises (« Plan de Gestion du Sanctuaire AGOA » 2012). Leur distribution spatiale et leurs préférences écologiques sont toutefois peu connues dans les zones côtières du bassin caribéen (Barragán-Barrera et al. 2019). Il est en effet difficile de suivre des espèces marines (Jefferson 2015). Pour combler ce manque de connaissances et ainsi permettre une meilleure protection de cette espèce, plusieurs techniques qui se différencient par leur facilité et leur coût de mise en place et leur potentiel intrusif existent : le suivi aérien, les tags satellites ou multi-capteurs, l'acoustique passive et la photo-identification (Nowacek et al. 2016). Cette dernière présentant un bon équilibre coût-simplicité est peu intrusive et a montré qu'elle permettait de déterminer les déplacements et migrations à court terme de petits cétacés comme les dauphins (Würsig et Jefferson 1990).

C'est en comparant les photos d'individus marqués de cette espèce, qu'il a été observé qu'un individu baptisé Victoire, s'était déplacé entre la Martinique et la Guadeloupe. Cela a alors soulevé certaines hypothèses quand à une utilisation possible de plusieurs habitats par une espèce considérée comme résidente. Les déplacements pourraient être effectués uniquement par certains individus ou groupes, et ce de façon périodique ou ponctuelle.

L'objectif de cette étude est donc d'effectuer un suivi spatio-temporel de la population de *Stenella attenuata* au large de la Guadeloupe et de la Martinique entre 2018 et 2019 par la méthode de photo-identification, en se concentrant sur les individus très marqués, afin de déterminer si des déplacements d'individus sont observés entre les deux îles.

II. MATERIELS ET METHODES

1. LA ZONE D'ETUDE

Cette étude a été réalisée en Guadeloupe et en Martinique, deux îles des Antilles françaises. Leurs territoires maritimes respectifs, ainsi que ceux de Saint-Barthélemy et Saint-Martin, constituent le sanctuaire mammifères marins Agoa (Figure 1). Les observations de dauphins tachetés pantropicaux ont été faites dans leur totalité en côte sous-le-vent des îles de Guadeloupe et de Martinique (en rouge sur la Figure 1). Plus précisément entre les latitudes 16°23'N et 15°58'N et les longitudes 061°63'O et 061°48'O pour la Guadeloupe et entre les latitudes 14°28'N et 14°44'N et les longitudes 061°05'O et 061°17'O. Ces zones présentent des conditions privilégiées pour accueillir cette espèce : un plateau continental tombant à 1000 m proche de la côte et une mer relativement peu agitée protégée des vents et des courants forts par l'île.

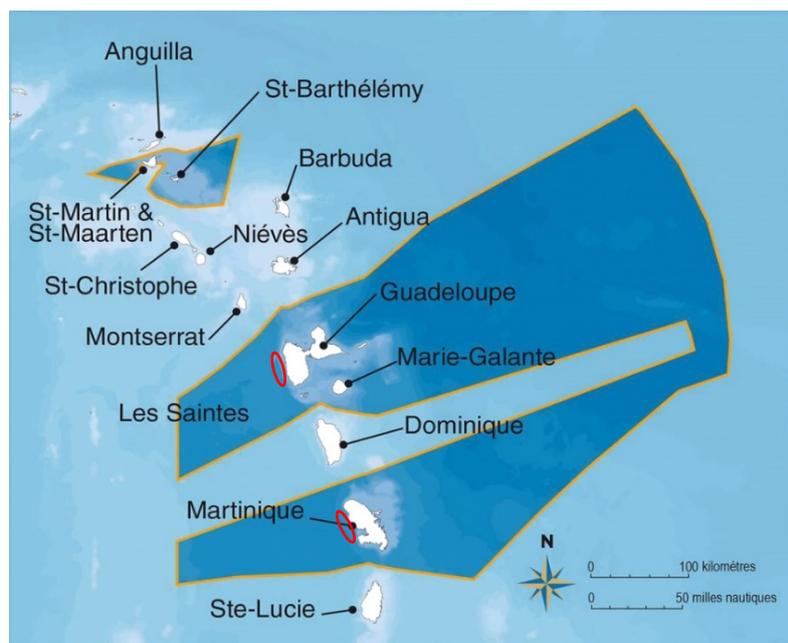


Figure 1 : Aire marine protégée du sanctuaire Agoa.
Les zones d'étude de ce rapport sont entourées en rouge.
Source : <http://www.aire-marines.fr>

2. LA PHOTO-IDENTIFICATION

Pour des raisons d'organisation, l'étude s'est focalisée sur les observations réalisées en 2018 et 2019. Pour la Guadeloupe, les photos traitées ont été en partie collectées auprès d'opérateurs professionnels étant quasi quotidiennement en contact avec les cétacés et signataires de la Charte d'approche des cétacés du sanctuaire Agoa. Elles ont été prises avec des appareils photo

Nikon D500, Nikon D7200, tous deux munis d'un objectif Tamron 70-200 mm ainsi qu'avec un Nikon D3200 muni d'un objectif Nikon 18-200 mm et d'un Nikon D5300 muni d'un objectif Nikon 18-300 mm. L'autre partie correspond aux remontées collectées par l'OMMAG auprès de particuliers ou d'excursionnistes du réseau dont les appareils utilisés ne sont pas connus. De telles méthodes de science participative se sont montrées avantageuses dans la recherche et l'étude des cétacés, permettant la collecte de données sur une large période spatio-temporelle (Alessi, Bruccoleri, et Cafaro 2019). Pour la Martinique, les photos ont été prises par le bureau d'études Aquasearch avec un appareil photo Nikon D7100 et un objectif Nikon 70-300 mm.

Les images brutes ont ensuite été passées à un premier tri afin de ne garder seulement les images exploitables (photos avec au moins un individu de *Stenella attenuata* en bonne résolution). Le second tri correspond aux photos présentant des individus « très marqués » (possédant une marque assez visible pour être différenciés à l'œil nu à une distance relativement proche du bateau).

Les individus ainsi extraits, s'ils ne sont pas déjà identifiés, sont comparés au catalogue établi au fur et à mesure de l'avancement du traitement des données. Pour effectuer cette comparaison deux techniques ont été testées :

2.1. *La technique manuelle à l'œil nu*

Elle consiste à projeter la photo du nouvel individu à identifier sur un écran et à faire défiler les photos du catalogue une à une sur un autre écran. L'observateur doit alors se focaliser sur les marques distinctives que porte l'animal (désignées par des flèches pour le catalogue).

2.2. *La technique assistée par un logiciel*

Il existe plusieurs logiciels dédiés à la technique de photo-identification. Ils utilisent pour la plupart un algorithme qui traduit les coordonnées graphiques d'une photo et les comparent avec une base de données préétablie manuellement. On peut citer I3S Contour, mis en place pour analyser le contour de caudale de certains grands cétacés (comme le cachalot *Physeter macrocephalus* (Gray, 1868) et la baleine à bosse *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781)) et le contour de dorsale de certains dauphins (comme le grand dauphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821)) (« I3s – Reijns » 2020), mais aussi I3S Pattern, qui permet d'analyser les motifs d'écaille de tortues marines et qui est peut également être utilisé pour les marques de dorsale de *Tursiops truncatus* (de Montgolfier, communication personnelle). Il existe

également le logiciel Darwin qui a été testé et dont le manque de stabilité logicielle ne permet pas pour le moment de donner de résultats probants (de Montgolfier, communication personnelle).

I3S Contour et I3S Pattern ont été comparés afin de déterminer lequel fonctionnerait le mieux dans le cadre de cette étude. I3S Pattern ne permettait pas de retrouver un même individu dans la base de données contrairement à I3S Contour. Il a donc été rapidement écarté. I3S Contour a donc été choisi pour la suite de l'étude. 23 individus qui présentaient de 1 à 5 photos sous différents angles ont été choisis pour tester ce logiciel.

Pour son utilisation, une base de données doit être préalablement construite. 37 individus du catalogue 2019 ont été utilisés pour ce test. Il est primordial d'utiliser des photos avec une bonne résolution et présentant un angle de vue proche de 90° à la dorsale.

On ajoute la photo puis ses métadonnées (quel côté de la dorsale est visible et le contour de quel bord va être défini) et on définit manuellement le contour. (Annexe 1), Il est possible de catégoriser et d'utiliser le bord de fuite ou le bord d'attaque, mais pas le contour de la dorsale entière (le logiciel ne reconnaît alors pas les individus). On répète ensuite la manipulation pour chaque individu, avec, si possible plusieurs angles de photos. Lorsque la base de données est construite, on peut passer à la recherche dans la base de données. On ouvre une nouvelle photo et le logiciel nous propose les photos dont les contours correspondent, accompagnées d'un score de correspondance (Annexe 2). L'observateur est ensuite libre de décider lui-même si les résultats correspondent aux mêmes individus, il peut s'aider pour cela des techniques manuelles décrites en 1.

Si l'individu n'est pas retrouvé dans le catalogue et donc considéré comme nouveau, il y est alors rajouté. La photo la plus pertinente (*i.e.* bon angle de vue, bonne résolution, bonne visibilité de la marque) est traitée sous Photoshop afin de la recadrer, d'étalonner ses niveaux de contrastes et de couleur et/ou d'améliorer sa netteté et d'ajouter des marqueurs indiquant précisément les signes distinctifs du dauphin (Figure 2).



Figure 2 : 2a : Photo brute triée. 2b : Photo traitée finale avec individu identifié.
Source : OMMAG © Julie MELLINGER

Enfin un bandeau noir est placé sous la photo afin d'étiqueter cet individu de la manière suivante (Figure 3).



- 1 : Initiales du nom scientifique de l'espèce et numéro de l'individu
- 2 : Nom attribué à l'individu
- 3 : Date de prise de la photo au format AAAA_MM_JJ
- 4 : Code du site de prise de vue de la photo. (CSLVG : Côte-sous-le-vent Guadeloupe)
- 5 : Organisme d'excursion ou de remontée de la photo
- 6 : Propriétaire de la photo

Figure 3 : Bandeau d'identification de l'individu

Sont ensuite consignées dans un dossier la photo originale utilisée pour l'identification ainsi que la photo finale du catalogue au format JPEG et PSD. Ces photos ainsi compilées forment un catalogue propre à chaque île. On peut donc déterminer en les comparant quels individus se déplacent entre les deux îles (on parle alors de match inter-île).

Parallèlement à l'élaboration de ce catalogue, une base de données contenant les métadonnées associées aux observations est construite et reprend, pour chaque observation d'un individu marqué et identifié, la date, l'heure et la saison de l'observation, les coordonnées GPS, la force du vent en beaufort, le nombre estimé, l'activité, la structure et le cap du groupe observé, le nom de l'observateur, le code et le nom de l'individu identifié, l'île (Martinique ou Guadeloupe) et enfin si c'est la 1^{ère} fois que l'individu est identifié sur l'île puis sur les deux îles. Ces variables

changeant rapidement, deux observations d'un même individu sont considérées comme différentes lorsqu'elles sont séparées de plus d'une heure. Grâce à ces données, il est possible de déterminer le lieu, la date et les paramètres de chaque observation d'un même individu ainsi que la fréquence à laquelle il a été observé. Ce qui nous permet de déterminer, ses déplacements intra-îles et possiblement inter-îles ainsi que les paramètres climatiques pouvant les justifier.

Une seconde base de données est construite en parallèle. Elle reprend le nombre de photos brutes, le nombre de photos exploitables (*i.e.* après tri), le nombre de photos traitées (*i.e.* présentant un individu marqué) et enfin le nombre d'individus identifiés par mois, par année et par île. Cela permet de déterminer l'effort d'échantillonnage et ainsi de calculer le nombre d'individus identifiés en fonction du nombre d'images triées et traitées.

Trois sorties en mer en Guadeloupe et une en Martinique ont eu lieu pendant la période d'étude. Elles ont permis de se familiariser avec l'espèce et la problématique ainsi que de s'entraîner à la prise de données et à l'identification directe des individus. Toutefois, les photos ayant été prises en 2020 lors de ces sorties ne seront pas utilisés dans ce rapport. Elles serviront au futur suivi par photo-identification de l'espèce.

3. ANALYSE DES RESULTATS

Un indice de présence a été calculé afin de corriger les variations de l'effort d'observation au cours de l'année et de permettre de comparer les résultats en fonction des mois et de la saison. Il prend en compte le nombre d'individus identifié et le nombre de photos exploitables de la période étudiée. Les graphiques ont été effectués sur Microsoft Excel[®] et les analyses statistiques ont été faites avec le logiciel R (R Development Core Team 2005).

III. RESULTATS

1. UTILISATION DU LOGICIEL I3S

23 individus possédant au moins 2 photos convenables (1 pour la recherche, 1 pour la base de données) ont permis de donner des résultats significatifs avec le logiciel. Une identification est définie comme réussie lorsqu'une photo du même individu est proposée dans les 10 premiers rangs. Sur les 23 photos testées, le logiciel a réussi 18 (soit 78%) identifications. Parmi elles, le logiciel a retourné le bon individu 13 fois en 1ère position, 2 fois en 2nde position et 3 fois après la 5ème position.

2. EFFORT D'OBSERVATION

57524 photos ont été collectées au total, soit 35 303 pour la Guadeloupe (Tableau 1) et 22 221 pour la Martinique (Tableau 2). Leur tri a permis d'extraire 24992 photos exploitables (soit 57% du volume total de photos). Au final, 2603 photos présentant un individu marqué ont permis 345 identifications.

Tableau 1 : Synthèse du nombre de photos pour la Guadeloupe ($R_{i/pe} = 100 \times \text{Identifications} / \text{photos exploitables}$)

Année	Photos brutes	Photos exploitables	Photos traitées	Identifications	$R_{i/pe}$
2018	7073	3911	153	54	1,38
2019	15148	6616	318	98	1,48
Total	22221	10527	471	152	1,44

Tableau 2 : Synthèse du nombre de photos pour la Martinique ($R_{i/pe} = 100 \times \text{Identifications} / \text{photos exploitables}$)

Année	Photos brutes	Photos exploitables	Photos traitées	Identifications	$R_{i/pe}$
2018	29482	11186	1931	95	0,85
2019	5821	3279	201	98	2,99
Total	35303	14465	2132	193	1,33

On constate que l'effort d'observation varie grandement entre les deux îles et entre les différents mois (Figure 4). Par exemple, 1200 photos ont été récupérées pour le seul mois de mai 2018 pour la Guadeloupe, ce qui est supérieur au nombre de photos des mois de Mars, Juin, Septembre, Octobre, Novembre et Décembre de la même année. Cette variation est également observable pour la Martinique, les 4036 photos collectées en 2018 représentent plus que la période juin à décembre de cette même année.

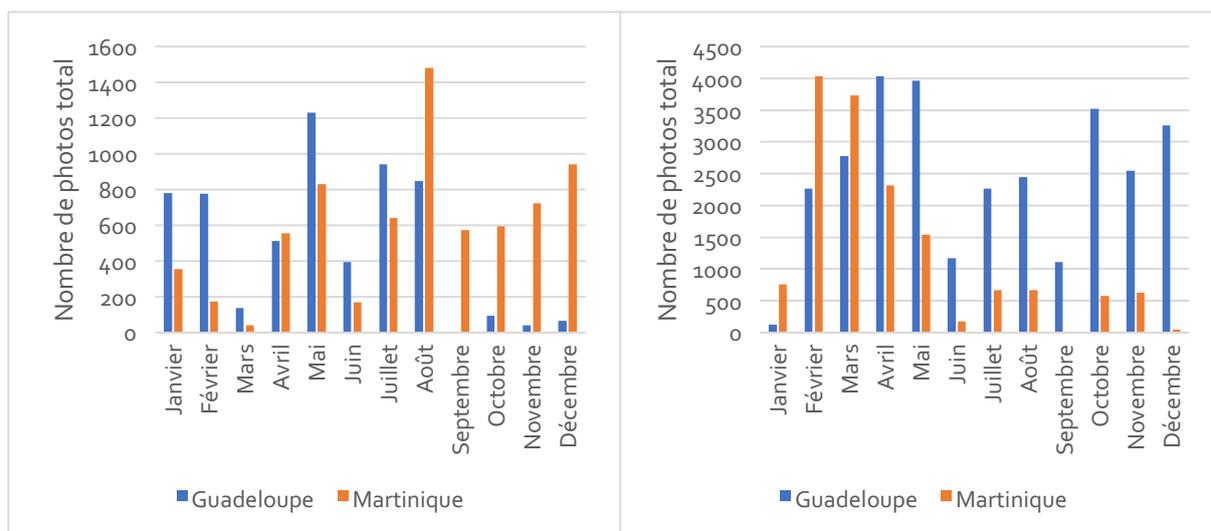


Figure 4 : Nombre total de photos en fonction du mois de l'année 2018 (4a : à gauche) et 2019 (4b : à droite)

Par ailleurs, le nombre d'individu identifié augmente avec le nombre de photos exploitables (Figure 5). L'application d'un modèle linéaire a permis de montrer que cette augmentation est constante avec un coefficient de $8,415e-3$ ($\pm 0,001489$, $t = 5,65$, $p\text{-value} = 9,65e-07$). Cette corrélation positive a été confirmée par un test de Spearman ($S = 4447,2$, $\rho = 0,759$, $p\text{-value} = 4,196e-10$).

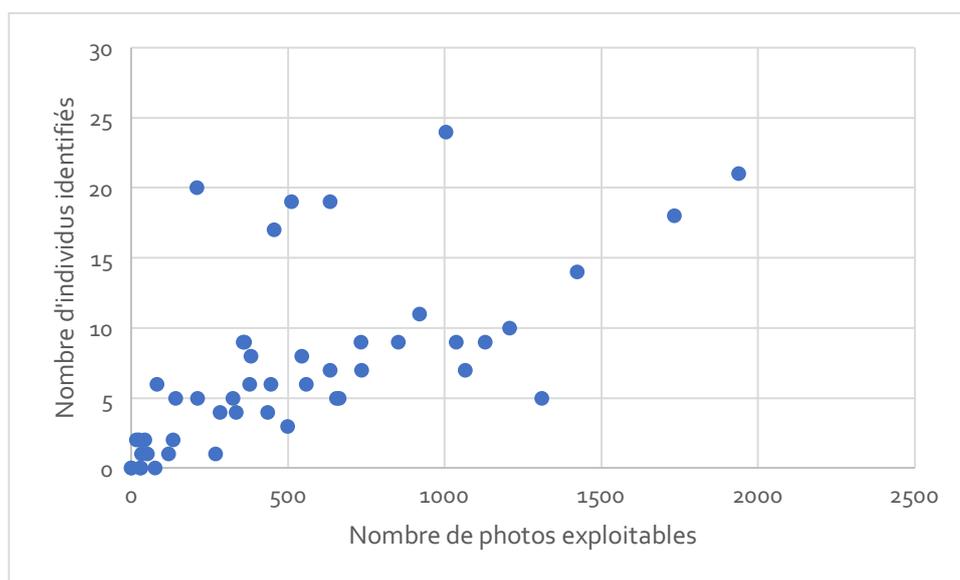


Figure 5 : Nombre d'individus identifiés en fonction du nombre de photos exploitables

Le rapport entre nombre d'individus identifiés et nombre de photos exploitables étant donc relativement constant, il est possible de calculer un indice de présence de l'espèce en prenant en compte le nombre de photos exploitables pour chaque mois afin de normaliser le nombre d'observations entre les différentes périodes.

3. ELABORATION DU CATALOGUE ET SUIVI DE LA POPULATION DE *STENELLA* *ATTENUATA*

Les 345 observations effectuées entre 2018 et 2019 sur les deux îles ont permis d'identifier 150 individus différents dont 126 nouveaux et 24 déjà connus. (Annexe 3).

En Guadeloupe, sur l'ensemble de la période, les 193 identifications correspondent à 80 individus différents. Le taux de ré-observation d'un même individu est de 2,41. Il atteint son maximum avec le dauphin SA150 « CLAIR » qui a été réobservé 11 fois pendant ces 2 années. 34 individus (42%) ont été observés au moins à 2 reprises. En Martinique, sur l'ensemble de la période, les 152 identifications correspondent à 70 individus différents. Le taux de ré-observation d'un même individu est de 2,17. Il atteint son maximum avec le dauphin SA155 « DIAMANT » qui a été réobservé 10 fois pendant ces 2 années. 31 individus (44%) ont été observés à au moins 2 reprises.

Des indices de présence calculés en fonction du mois pour la Guadeloupe et la Martinique ont été calculés (Figures 6 et 7). Pour la Guadeloupe en 2018, hormis les valeurs extrêmes de Mars expliquées par un très faible nombre de photos exploitables (25), on observe un pic de l'indice de présence en juin et en octobre. En 2019, hormis le fort indice de présence de janvier expliqué également par un faible nombre de photos exploitables (51), on observe une nouvelle fois un pic de présence en mai et en octobre. Pour la Martinique, en 2018, hormis les valeurs extrêmes de mars et septembre expliquées par le faible nombre de photos exploitables pour ces périodes (respectivement 16 et 75), on observe les pics de présence en janvier et en novembre. En 2019, hormis juin, septembre et décembre représentant un faible nombre de photos exploitables (respectivement 82, 0 et 28), on observe un pic de présence en avril et en août.

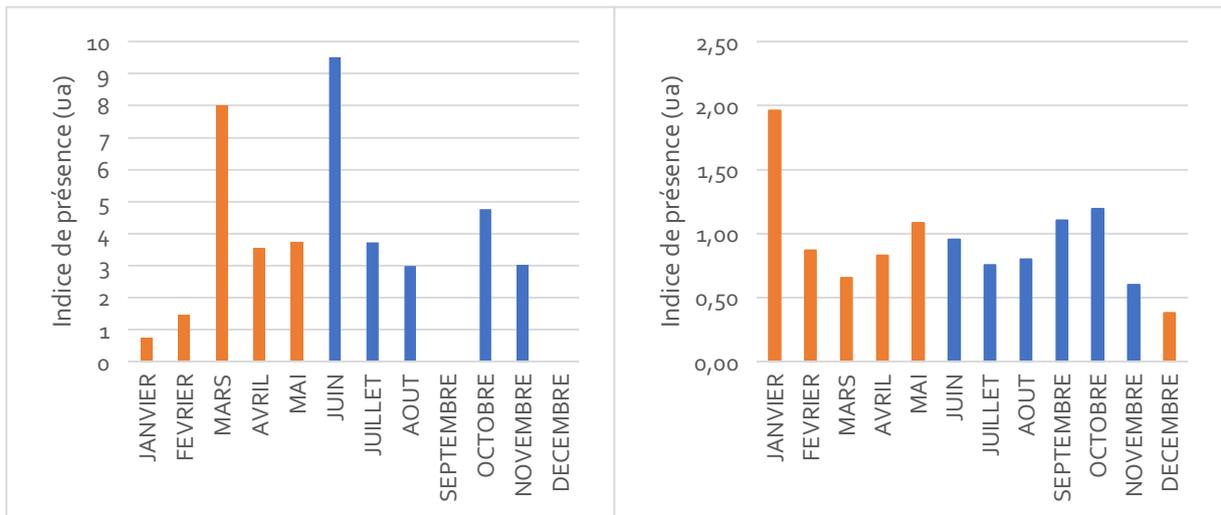


Figure 6 : Indice de présence de l'espèce *Stenella attenuata* sur la côte-sous-le-vent de Guadeloupe en 2018 (6a, à gauche) et 2019 (6b, à droite) (barre orange = saison sèche, barre bleue = saison humide)

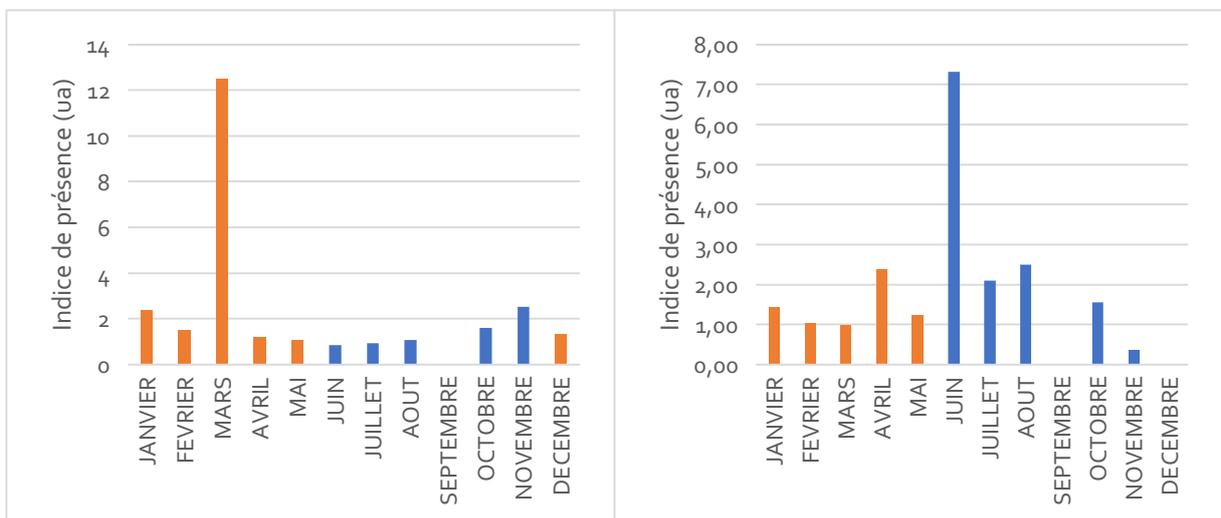


Figure 7 : Indice de présence de l'espèce *Stenella attenuata* sur la côte-sous-le-vent de Martinique en 2018 (7a, à gauche) et 2019 (7b, à droite) (barre orange = saison sèche, barre bleue = saison humide)

4. DEPLACEMENT INTER-ILES ENTRE LA GUADELOUPE ET LA MARTINIQUE

Pour la période 2018 – 2019, aucun des 81 individus identifiés en Guadeloupe n'a été observé en Martinique. Aucun des 71 individus identifiés en Martinique n'a été observé en Guadeloupe. Il n'y a donc pas eu d'observations d'un déplacement inter-îles avec les données analysées.

IV. DISCUSSION

Psarakos et al. (2003) ont étudié *Stenella attenuata* par photo-identification. Leur étude s'est concentrée sur les associations inter-espèces entre les dauphins tachetés pantropicaux et les dauphins à long bec *Stenella longirostris* (Gray, 1828) (Psarakos, Herzing, et Marten 2003). Il n'y a pas, à notre connaissance d'étude publiée dans la littérature sur l'utilisation de la photo-identification pour suivre les déplacements saisonniers de *Stenella attenuata*.

1. UTILISATION DU LOGICIEL I3S

Les résultats de correspondance (78% d'identification) sont relativement fiables pour les individus très marqués sur des photos avec une résolution convenable et pour des individus bien marqués avec une bonne résolution. Mais le logiciel atteint rapidement ses limites lorsque de basses résolutions ou des marques plus discrètes (même si très visibles à l'œil nu) sont utilisées. Il ne permet pas non plus de comparer d'autres marques comme les tâches ou les cicatrices. Il est donc plus pertinent de l'utiliser dans un cas où le nombre d'individus identifiés ou de photos à traiter serait très grand (*i.e.* plusieurs centaines d'individus et/ou plusieurs dizaines de milliers de photos à traiter), auquel cas l'identification manuelle serait longue et fastidieuse. Dans l'autre cas, la méthode manuelle est préférable car elle permettrait une plus grande fiabilité. Un autre problème qui se pose est le biais causé par la définition du contour, en effet cette définition peut beaucoup varier en fonction de l'expérimentateur, ce qui implique une moins bonne reconnaissance dans le cas où un observateur différent de celui qui a créé la base de données voulait utiliser le logiciel. Une solution à ce problème serait de mieux encadrer la définition de ce contour en lui donnant des repères de début et de fin de tracé clairs, précis et facilement identifiables.

De manière générale, la technique de photo-identification, grâce au perfectionnement grandissant des outils de prise de données (vidéos haute-résolution) et des logiciels de reconnaissance utilisant maintenant l'intelligence artificielle, deviendra certainement un outil de plus en plus privilégié dans l'étude de l'historique des individus et du système social des petits cétacés (Würsig et Jefferson 1990).

2. EFFORT D'OBSERVATION

L'utilisation de la photo-identification dans un cadre de science participative qui implique un changement fréquent d'observateur pose un certain nombre de biais à l'acquisition des résultats (De Vries et al. 2017).

Plus de la moitié (57%) des photos brutes étaient utilisables. Des études sur *Tursiops truncatus* (Defran, Shultz, et Weller 1990) et *Balaenoptera acutorostrata* (Lacépède, 1804) (Dorsey, et al. 1990) ont montré qu'un volume inférieur de photos sur une période plus longue permettait des résultats probants. Pour une meilleure analyse du suivi de la population, il aurait été judicieux de rendre l'effort d'observation plus constant au cours du temps et plus long entre les deux sites. Les données sont disponibles car l'OMMAG et Aquasearch possèdent des archives photographiques de *Stenella attenuata* remontant à plusieurs années. Elles n'ont pas pu être utilisées dans cette étude car le temps de travail que représente leur tri et leur analyse est beaucoup trop grand pour ce projet.

Plus le nombre de photos exploitables augmente et plus le nombre d'individus identifiés augmente, cela confirme que la technique de photo-identification fonctionne. Le modèle de régression linéaire et le test de corrélation de Spearman montrent que le rapport entre individu identifié et nombre de photos exploitables est relativement constant, malgré les disparités observées entre les résultats de Guadeloupe pour 2019 ($R_{i/pe} = 0,85$) et 2018 ($R_{i/pe} = 2,99$). On constate pour la Martinique, que ce rapport est quant à lui relativement stable entre les 2 années ($R_{i/pe} = 1,38$ pour 2018 et $R_{i/pe} = 1,48$ pour 2019). La fréquence, le volume de données et le protocole d'observation peut varier en fonction du type d'observateur (Tweddle et al. 2012).

3. ELABORATION DU CATALOGUE ET SUIVI DE LA POPULATION DE *STENELLA ATTENUATA*

L'élaboration de ce catalogue de 150 individus, le 1^{er} de *Stenella attenuata* pour les Antilles françaises, permettra à de futures études de photo-identifications d'étudier l'écologie et les déplacements de cette espèce (Annexe 4).

On observe des taux de réobservations similaires entre les deux îles. 2,41 pour la Guadeloupe et 2,17 pour la Martinique. Ces taux sont supérieurs comparés à d'autres espèces. Il est par exemple de 1,8 chez une population de *Phocoenoides dalli* (Andrews, 1911) de Puget Sound, Washington (Miller 1990). Le nombre de réobservations maximum est également stable entre

les deux îles (10 pour la Guadeloupe et 11 pour la Martinique). On peut donc suggérer que la technique est fonctionnelle et peut permettre un suivi de la population de *Stenella attenuata*.

Les taux de réobservations de 42% pour la Guadeloupe et 44% pour la Martinique sur 2 ans sont légèrement inférieurs mais similaires à d'autres études ayant effectué un suivi de cétacés par photo-identification. 56,4% chez *Balaenoptera acutorostrata* (Dorsey, et al. 1990), 41% et 59% chez *Phocoenoides dalli* (Miller 1990). Sur les côtes californiennes, chez *Tursiops truncatus*, un taux de réobservations de 58% a été corrélé à une forte fidélité au site. Après l'occurrence d'El Niño, ce taux a chuté à 35% et ne montrait plus de corrélation avec une forte fidélité au site. (Hansen et Defran 1990). Chez cette espèce, on constate donc que les variations saisonnières jouent un rôle important dans la fidélité au site et donc dans les migrations des populations. Les taux de réobservations calculés dans cette étude peuvent suggérer que les populations de *Stenella attenuata* des deux îles présentent une fidélité au site relativement forte, ce qui est en accord avec leurs statuts de résidence respectifs.

Toutefois, le genre *Stenella* montre, malgré ses grandes capacités de dispersion, des changements de distribution significatifs en fonction des saisons (Barragán-Barrera et al. 2019). Un des objectifs de cette étude était de déterminer si ces variations étaient vérifiées sur les côtes des Antilles françaises. On peut donc supposer qu'il y a un effet de saisonnalité sur la distribution de *Stenella attenuata* sur la côte-sous-le-vent en Guadeloupe. Des variations saisonnières des indices de présence ont bien été observés en 2018 et en 2019 sur les deux îles. Si les variations observées se vérifient d'une année à l'autre en Guadeloupe, ce n'est pas le cas pour la Martinique. On constate donc bien un effet de saisonnalité sur la distribution de *Stenella attenuata*. Il est possible que les paramètres entraînant ces mouvements n'aient pas été constants d'une année à l'autre, ce qui expliquerait que les variations d'indice de présence n'aient pas été constants. Ces différences de distribution d'une année à l'autre ont également été observées par Acevedo et Burkhart (1997) dans une étude menée au Golfo Dulce, au Costa Rica (Acevedo et Burkhart 1997).

Ces résultats doivent être toutefois nuancés par les grandes variations de l'effort d'observation qui peut faire varier les valeurs de l'indice de présence.

4. DEPLACEMENT INTER-ILES ENTRE LA GUADELOUPE ET LA MARTINIQUE

Aucun individu n'a été observé en Guadeloupe et en Martinique au cours de la période d'étude. Cependant, l'individu baptisé Victoire, identifiée en 2013, a été observé le 12/01/2013 en Martinique puis le 29/06/2013 en Guadeloupe (de Montgolfier, Millon, communication personnelle). Toutefois, il a été montré, par la même technique que ces mêmes déplacements ont été effectués par les grands dauphins *Tursiops truncatus* (de Montgolfier, communication personnelle), les globicéphales tropicaux *Globicephala macrorhynchus* (Gray, 1846) (De Vries et al. 2017) et les cachalots *Physeter macrocephalus* (Gero et al. 2007; De Vries et al. 2017). Ces études ayant porté respectivement sur 10 ans et 5 ans, il est donc probable que de tels mouvements soient observés chez *Stenella attenuata* en élargissant la période de suivi.

En considérant les déplacements saisonniers entre les côtes et le large des îles connus pour cette espèce (Shirihai et Jarett 2007). Une hypothèse raisonnable serait que les variations saisonnières de présence soient expliquées par des migrations de la population vers le large et non par un déplacement inter-îles. Acevedo et Burkhart (1997) ont constaté une variation saisonnière de la distance à la côte chez *Stenella attenuata*. Ce déplacement a été corrélé à un évitement d'une population de *Tursiops truncatus* également résidente de la zone d'étude (Acevedo et Burkhart 1997). Toutefois, une étude menée sur le même site par Cuberlo et Pardo en 2007 n'a pas permis de vérifier ces déplacements (Cubero-Pardo 2007). Le manque de connaissances sur les paramètres régissant la distribution de *Stenella attenuata* ne permet pas à l'heure actuelle de confirmer les raisons de telles variations.

En considérant que plus les individus sont âgés, et donc plus ils ont de chance d'être marqués (Würsig et Jefferson 1990), on peut supposer que la majorité des individus qui ont été identifiés dans cette étude sont relativement âgés. Par ailleurs, notre étude s'est concentrée sur les individus fortement marqués, dont les marques sont reconnaissables à l'œil nu. L'analyse des photos a montré que de nombreux individus portaient également des marques plus discrètes.

Cette étude étant le premier suivi de population de *Stenella attenuata* par photo-identification, elle a également comme objectif d'être la base de futures recherches s'appuyant sur le catalogue mis en place pour la Martinique et la Guadeloupe. Une piste intéressante serait de comparer ces individus avec ceux de l'île de Dominique, comme cela a été fait pour les *Physeter macrocephalus* (Gero et al. 2007). Cette île située entre la Guadeloupe et la Martinique un passage obligatoire pour les déplacements entre ces dernières.

CONCLUSION

L'utilisation de la photo-identification afin d'étudier les déplacements inter-îles de cette espèce n'a pas permis d'observer d'individus à la fois en Guadeloupe et en Martinique lors des années 2018 et 2019. Des projets similaires sur le globicéphale tropical *Globicephala macrorhynchus* et le cachalot *Physeter macrocephalus*, dont les statuts de résidence sont moins marqués que chez *Stenella attenuata*, ont permis de montrer des migrations d'individus entre les deux îles. Il est donc probable que la mise en place d'études similaires se basant sur ce rapport et son catalogue d'individus marqués sur une période plus longue permette d'observer de tels déplacements.

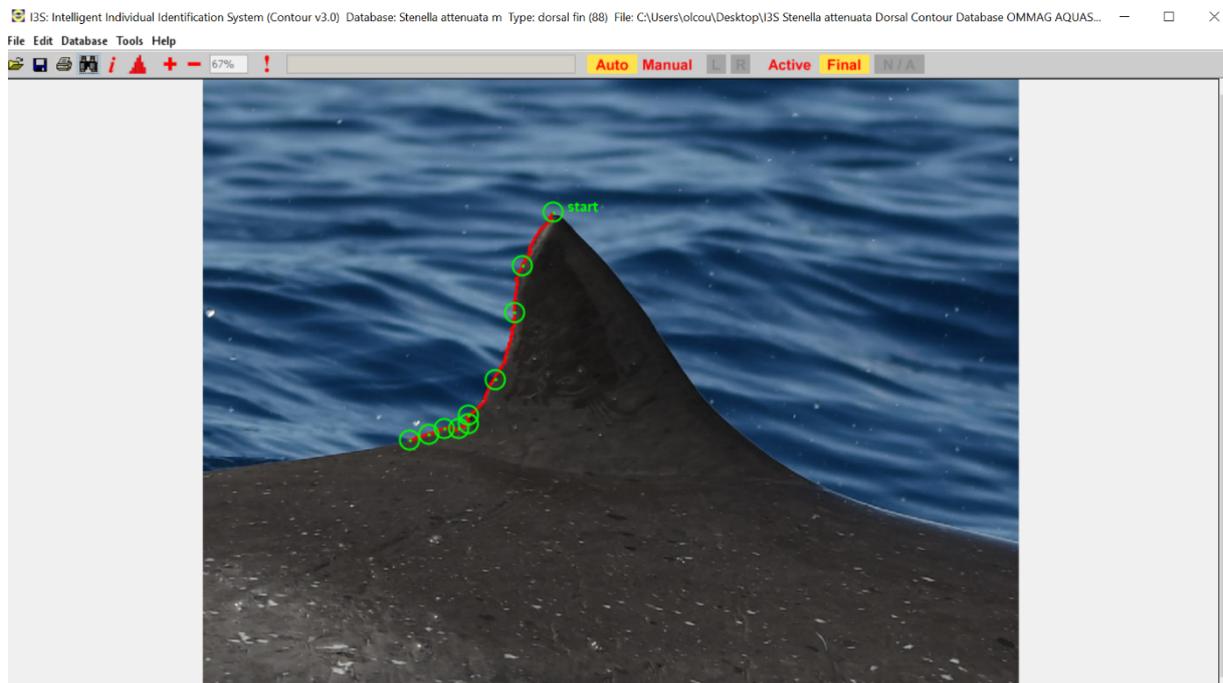
BIBLIOGRAPHIE

- Acevedo, Alejandro, et Stephanie Burkhart. 1997. « Seasonal Distribution of Bottlenose (Tursiops Truncatus) and Pan-Tropical Spotted (Stenella Attenuata) Dolphins (Cetacea: Delphinidae) in Golfo Dulce, Costa Rica », 11.
- Alessi, Jessica, Fabrizio Bruccoleri, et Valentina Cafaro. 2019. « How Citizens Can Encourage Scientific Research: The Case Study of Bottlenose Dolphins Monitoring ». *Ocean & Coastal Management* 167 (janvier): 9- 19. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.09.018>.
- Barragán-Barrera, Dalia C., Karina Bohrer do Amaral, Paula Alejandra Chávez-Carreño, Nohelia Fariás-Curtidor, Rocío Lancheros-Neva, Natalia Botero-Acosta, Paula Bueno, et al. 2019. « Ecological Niche Modeling of Three Species of Stenella Dolphins in the Caribbean Basin, With Application to the Seaflower Biosphere Reserve ». *Frontiers in Marine Science* 6 (février): 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00010>.
- Cubero-Pardo, Priscilla. 2007. « Environmental Factors Governing the Distribution of the Bottlenose (Tursiops Truncatus) and the Spotted Dolphin (Stenella Attenuata) in Golfo Dulce, South Pacific, off Costa Rica ». *Investigaciones Marinas* 35 (2). <https://doi.org/10.4067/S0717-71782007000200002>.
- De Vries, L, Benjamin de Montgolfier, Laurent Bouveret, L Morissette, F Fefevre, Noémie, Cédric Millon, et E Feunteun. 2017. « First Characterization of Cetacean's Movement in the Eastern Caribbean: Application to Sperm Whale, Short-Finned Pilot Whale and Bottlenose Dolphin ».
- Defran, R.H., Gina M. Shultz, et David W. Weller. 1990. « A Technique for the Photographic Identification and Cataloging of Dorsal Fins of the Bottlenose Dolphin (Tursiops Truncatus) ». International Whale Commission.
- Dorsey, E. M., S. J. Stern, A. R. Hoelzel, et J. Jacobsen. 1990. « Minke Whale (Balaenoptera Acutorostrata) from the West Coast of North America : Individual Recognition and Small-Scale Site Fidelity ». International Whale Commission.
- Gero, Shane, Jonathan Gordon, Carole Carlson, Peter Evans, et Hal Whitehead. 2007. « Population estimate and inter-island movement of sperm whales, *Physeter macrocephalus*, in the Eastern Caribbean Sea ». *Journal of cetacean research and management*, 2007, 9 édition.
- Hansen, Larry J., et R.H. Defran. 1990. « A Comparison of Photo-Identification Studies of California Coastal Bottlenose Dolphins ». International Whale Commission.
- « I3s – Reijns ». 2020. 2020. <https://reijns.com/i3s/>.
- Jefferson, Thomas A. 2015. *Marine Mammals of the World: A Comprehensive Guide to Their Identification / Thomas A. Jefferson, Marc A. Webber, Robert L. Pitman ; Illustrations by Uko Gorter*. Second edition. Amsterdam Paris [etc: Elsevier.

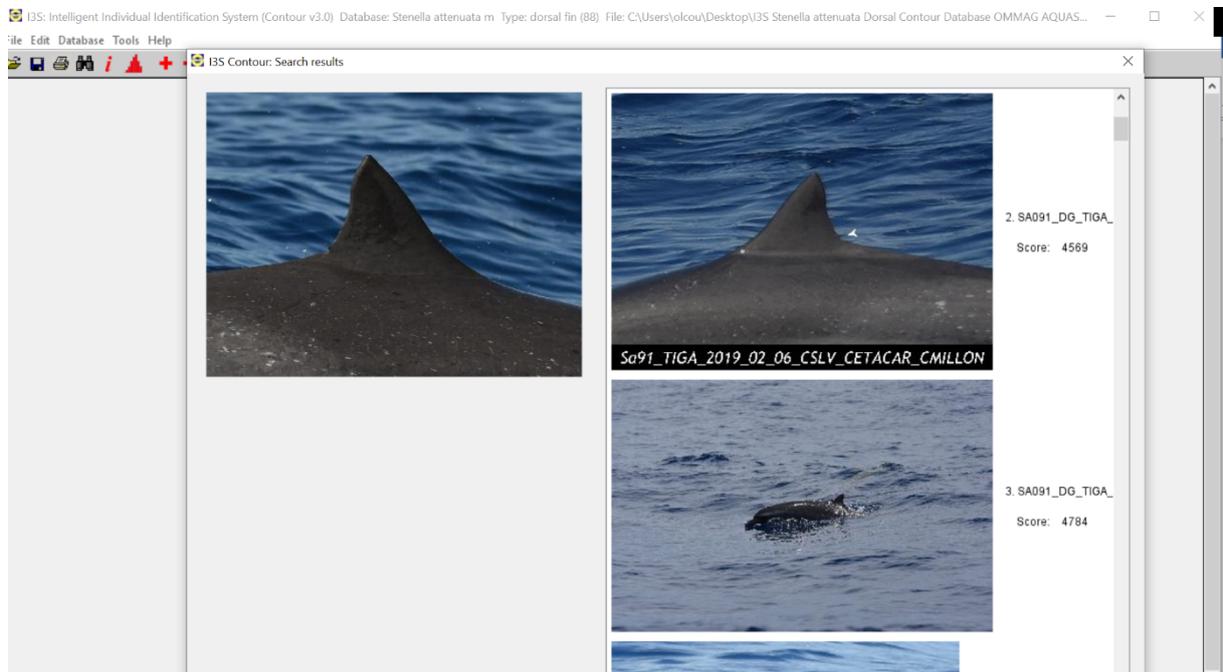
- Miller, Elizabeth J. 1990. « Photo-Identification Techniques Applied to Dall's Porpoise (*Phocoenoides Dalli*) in Puget Sound, Washington ». International Whale Commission.
- Nowacek, Douglas P., Fredrik Christiansen, Lars Bejder, Jeremy A. Goldbogen, et Ari S. Friedlaender. 2016. « Studying Cetacean Behaviour: New Technological Approaches and Conservation Applications ». *Animal Behaviour* 120 (octobre): 235- 44. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.07.019>.
- Perrin, William F. 2020. « World Cetacea Database ». 2020. <http://www.marinespecies.org/cetacea/>.
- « Plan de Gestion du Sanctuaire AGOA ». 2012.
- Psarakos, Suchi, Denise L. Herzing, et Ken Marten. 2003. « Mixed-Species Associations between Pantropical Spotted Dolphins (*Stenella Attenuata*) and Hawaiian Spinner Dolphins (*Stenella Longirostris*) off Oahu, Hawaii ». *Aquatic Mammals* 29 (3): 390- 95. <https://doi.org/10.1578/01675420360736578>.
- R Development Core Team. 2005. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>.
- Shirihai, Hadoram, et Brett Jarrett. 2007. *Guide des mammifères marins du monde*. Paris. Les guides du naturaliste. Paris: Delachaux et Niestlé.
- Tweddle, J. C., L. D. Robinson, M. J. O. Pocock, et H. E. Roy. 2012. *Guide to Citizen Science: Developing, Implementing and Evaluating Citizen Science to Study Biodiversity and the Environment in the UK*. Wallingford: NERC/Centre for Ecology & Hydrology. <http://www.ukEOF.org.uk/documents/guide-to-citizen-science.pdf>.
- Würsig, Bernd, et Thomas A Jefferson. 1990. « Methods of Photo-Identification for Small Cetaceans ». Individual Recognition of Cetaceans: Use of Photo-Identification and Other Techniques to Estimate Population Parameters. International Whale Commission.

ANNEXES

Annexe 1 : Logiciel I3S Contour, définition du contour



Annexe 2 : Logiciel I3S Contour, recherche dans la base de données



Annexe 3 : Extrait de la base de données des observations d'individus marqués :

Date	Heure observat	GPS N	GPS W	Pondre estim	Vent	Activite	Structure	Cap	Observateur	Individu mar	Nom individu	1ere obs	MOIS	ANNEE	SAISON	ILE	MATCH INTE	Commentair
06/06/2018	09:36	16,184	-61,534	300	NA			Statique	CFRERIKS	SA004	BUZZ	N	JUIN	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	groupe Milky
02/06/2018	09:39	16,170	-61,530	300	NA			Statique	CFRERIKS	SA026	EYES	N	JUIN	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	avec un bebe
13/06/2018	09:45	16,154	-61,531	300	NA			Statique	CFRERIKS	SA026	EYES	N	JUIN	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	avec bébé, gr
18/07/2018	10:20	16,136	-61,510	200	NA			N	CFRERIKS	SA026	EYES	N	JUILLET	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	Dauphin croc
01/08/2018	09:44	16,167	-61,504	300	NA				CFRERIKS	SA026	EYES	N	AOUT	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	peut-être ave
16/06/2018	09:36	16,176	-61,507	300	NA				CFRERIKS	SA028	GEORGE	N	JUIN	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	
23/05/2018	09:36	16,165	-61,515	300	NA	Chasse		Statique	CFRERIKS	SA032	JOKER	N	MAI	2018	SECHE	GUADELOUP	N	groupe Milky
16/06/2018	09:40	16,176	-61,507	300	NA				CFRERIKS	SA032	JOKER	N	JUIN	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	
18/07/2018	10:18	16,136	-61,510	200	NA			N	CFRERIKS	SA032	JOKER	N	JUILLET	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	
01/08/2018	09:43	16,167	-61,504	300	NA				CFRERIKS	SA032	JOKER	N	AOUT	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	
11/08/2018	09:50	16,159	-61,526	300	NA				CFRERIKS	SA032	JOKER	N	AOUT	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	Obs Clair
16/02/2019	09:04	16,186	-61,524	NA	NA				LBOUVERET	SA032	JOKER	N	FEVRIER	2019	SECHE	GUADELOUP	N	
06/03/2019	10:15	16,267	-61,858	200	3-5	Alimentation	Sous groupe	N	CMILLON	SA032	JOKER	N	MARS	2019	SECHE	GUADELOUP	N	
12/05/2019	08:42	16,113	-61,860	200	1-3	Alimentation	Sous groupe	S	CMILLON	SA032	JOKER	N	MAI	2019	SECHE	GUADELOUP	N	
24/11/2019	09:53	16,118	-62,016	200	1-3	Alimentation	Sous groupe	N	CMILLON	SA032	JOKER	N	MAI	2019	SECHE	GUADELOUP	N	
17/03/2018	11:29	16,072	-61,557	300	NA				CFRERIKS	SA034	LOUIS	N	MARS	2018	SECHE	GUADELOUP	N	
10/01/2018	11:29	16,076	-61,567	300	2-4	Chasse			CMILLON	SA035	LUCAS	N	JANVIER	2018	SECHE	GUADELOUP	N	
23/10/2019	10:30	16,166	-61,952	300	0	Alimentation	Compact	NE	CMILLON	SA035	LUCAS	N	JANVIER	2019	HUMIDE	GUADELOUP	N	
27/02/2018	11:09	16,093	-61,523	200	NA				CFRERIKS	SA039	MILKYWAY	N	FEVRIER	2018	SECHE	GUADELOUP	N	
24/11/2018	11:41	16,064	-62,010	400	NA	Chasse		N	CFRERIKS	SA039	MILKYWAY	N	NOVEMBRE	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	Obs Willy
30/05/2019	11:05	16,083	-61,886	100	1-3	Deplacemen	Compact	S	CMILLON	SA039	MILKYWAY	N	MAI	2019	SECHE	GUADELOUP	N	
07/07/2019	09:27	16,085	-61,939	300	1-3	Deplacemen	Disperse	300	CMILLON	SA039	MILKYWAY	N	MAI	2019	HUMIDE	GUADELOUP	N	
07/08/2019	10:59	16,140	-61,948	300	1-3	Alimentation	Disperse	0	CMILLON	SA039	MILKYWAY	N	MAI	2019	HUMIDE	GUADELOUP	N	
16/12/2019	09:27	16,063	-61,873	100	1-3	Alimentation	Sous groupe	W	CMILLON	SA039	MILKYWAY	N	DECEMBRE	2019	SECHE	GUADELOUP	N	
04/08/2018	09:49	16,163	-61,503	300	NA	Deplacement		N	CFRERIKS	SA048	SCIE	Y	AOUT	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	
16/05/2018	12:12	16,162	-61,512	300	NA				CFRERIKS	SA053	TWOSTEP	N	MAI	2018	SECHE	GUADELOUP	N	
04/08/2018	10:02	16,163	-61,503	300	NA	Deplacement		N	CFRERIKS	SA053	TWOSTEP	N	AOUT	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	
13/05/2019	10:28	16,087	-61,911	50	1-3	Alimentation	Sous groupe	SW	CMILLON	SA054	VICTOIRE	N	MAI	2019	SECHE	GUADELOUP	N	
31/05/2018	11:25	16,154	-61,504	300	1-3			Statique	CFRERIKS	SA055	WILLY	N	MAI	2018	SECHE	GUADELOUP	N	Mer belle, gr
19/06/2018	10:15	16,186	-61,519	300	NA		Disperse	SW	CFRERIKS	SA055	WILLY	N	JUIN	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	avec Arnold
18/07/2018	10:23	16,136	-61,510	200	NA			N	CFRERIKS	SA055	WILLY	N	JUILLET	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	avec Arnold
24/07/2018	09:18	16,180	-61,523	250	NA	Deplacement		N	CFRERIKS	SA055	WILLY	N	JUILLET	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	
11/08/2018	09:42	16,159	-61,526	300	NA				CFRERIKS	SA055	WILLY	N	AOUT	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	avec Arnold,
18/08/2018	09:28	16,160	-61,510	300	NA				CFRERIKS	SA055	WILLY	N	AOUT	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	avec Arnold
27/10/2018	10:10	16,163	-61,553	300	NA				CFRERIKS	SA055	WILLY	N	OCTOBRE	2018	HUMIDE	GUADELOUP	N	Avec Arnold

Annexe 4 : Extrait du catalogue de photo-identification pour la Guadeloupe (A.2.) et la Martinique (B.2.)

A.2. Dorsale très abimée



B.2. Dorsale très abimée

