

PETROD Lana

4 Avril – 20 Mai 2016

Mémoire de 1<sup>ère</sup> année de Master Biologie Intégrative  
Parcours : Ecologie Comportementale

**ADAPTATION DE LA MÉTHODE DE SEXAGE  
DES GRANDS DAUPHINS DU GOLFE NORMAND-BRETON  
À LA POPULATION DE L'ARCHIPEL GUADELOUPÉEN**



*Maître de stage : François Gally*

Groupe d'Etude des Cétacés du Cotentin

Place des Justes

50130 Cherbourg-Octeville

*En collaboration avec Laurent Bouveret de  
l'OMMAG*



## Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier mon maître de stage, François Gally, qui m'a donnée l'opportunité de réaliser ce stage au sein du GECC et qui m'a permis de découvrir l'étude des grands dauphins, un sujet très intéressant. Merci de m'avoir guidée tout au long de ce projet et de m'avoir fait confiance.

Je remercie également Laurent Bouveret de l'association OMMAG, qui a collaboré à cette étude et qui a pris le temps de répondre à mes interrogations.

Je souhaite remercier Louiselle Gally – de Riedmatten pour sa disponibilité et ses précieux conseils qui m'ont aidée tout au long de la rédaction de ce rapport.

Merci à Cyrielle Zanuttini pour son accueil et sa bonne humeur ainsi qu'à mes colocataires, Najlae Demami, pour les quelques semaines passées ensemble, et Candice Michelot pour avoir partagé mon quotidien durant les deux mois de ce stage et rendu cette expérience encore plus agréable.

## **Avant-propos : Présentation des structures**

### **Groupe d'Étude des Cétacés du Cotentin (GECC)**

Le GECC est une association loi 1901, créée en 1997, qui a pour vocation d'étudier et de préserver les mammifères marins en mer de la Manche. Depuis 2007, l'association se spécialise dans l'étude des grands dauphins du golfe normand-breton, vraisemblablement une des plus grandes populations sédentaires d'Europe. Le GECC effectue des observations en mer régulières afin d'identifier et de suivre les individus de cette population. Une base de données en ligne sauvegarde les informations récoltées, permet leur tri et comporte un volet dédié à la photo-identification. Grâce à ces données, il est possible de calculer les paramètres démographiques de la population et de déterminer sa structure sociale.

Le GECC initie également des études scientifiques, en collaboration avec des laboratoires de recherche et des universités.

Enfin, par son action pédagogique et la vulgarisation des résultats obtenus, l'association contribue à sensibiliser le grand public à la présence et à la protection des cétacés en France.

### **Observatoire des Mammifères Marins de l'Archipel Guadeloupéen (OMMAG)**

L'OMMAG est une association loi 1901, qui repose sur un réseau d'observateurs (plongeurs, scientifiques, plaisanciers, etc.) susceptibles de noter la présence de cétacés au sein de l'archipel guadeloupéen. En 2013, plus de 180 observateurs faisaient partie de ce réseau.

L'association collecte les données recueillies et les analyse afin d'identifier les individus et d'étudier l'abondance et la distribution des espèces de cétacés présentes dans l'archipel, notamment le grand dauphin, la baleine à bosse, le grand cachalot et le sténo rostré.

Les données sont mises à la disposition de la communauté scientifique. En 2013, un stage de Master 2 a été réalisé sur la structure et la répartition des grands dauphins de l'archipel guadeloupéen (Penel, 2013).

## Table des matières

1.	Introduction .....	1
1.1.	Contexte général de l'étude .....	1
1.1.1.	Présentation de l'espèce <i>Tursiops truncatus</i> .....	1
1.1.2.	Intérêt scientifique pour les grands dauphins .....	1
1.2.	Détermination du sexe chez le grand dauphin .....	2
1.3.	Objectif du stage .....	3
2.	Matériels et Méthodes .....	4
2.1.	Population de grands dauphins de l'archipel guadeloupéen .....	4
2.1.1.	Zone d'étude .....	4
2.1.2.	Caractéristiques de la population guadeloupéenne .....	4
2.2.	Jeu de données .....	5
2.2.1.	Collecte des données .....	5
2.2.2.	Composition du jeu de données .....	5
2.2.3.	Photo-identification .....	5
2.2.4.	Catalogue .....	6
2.2.5.	Echantillon utilisé pour l'application de la méthode de sexage .....	6
2.3.	Méthode de sexage développée par le GECC .....	6
2.3.1.	Indicateurs .....	6
2.3.2.	Combinaison des indicateurs .....	7
2.3.3.	Matrices de confusion .....	7
2.3.4.	Application de la méthode du GECC à la population guadeloupéenne .....	7
2.4.	Logiciels utilisés .....	7
3.	Résultats .....	8
3.1.	Distribution des observations de grands dauphins guadeloupéens .....	8
3.2.	Association réelle .....	8
3.3.	Indice du niveau de marquage de l'aile dorsal .....	8
3.4.	Pourcentage d'association partielle .....	8
3.5.	Matrices de confusion .....	9
4.	Discussion .....	9
4.1.	Adaptation de la méthode de sexage à la population guadeloupéenne .....	9
4.2.	Sexage des grands dauphins guadeloupéens .....	11
	Bibliographie .....	12
	Table des annexes .....	13

## Table des figures

Figure 1 : Carte de l'archipel guadeloupéen .....	4
Figure 2 : Numérotation de plusieurs ailerons sur une même photographie.....	5
Figure 3 : Angle de prise de vue de l'aileron (en degré).....	5
Figure 4 : Niveau de marquage de l'aileron dorsal .....	5
Figure 5 : Carte de répartition des observations des différents groupes de grands dauphins dans l'archipel guadeloupéen de 2005 à 2016 .....	8
Figure 6 : Distribution de l'indice du niveau de marquage en fonction du sexe chez les grands dauphins guadeloupéens de tout âge (avec détails des paramètres).....	9
Figure 7 : Distribution de l'indice du niveau de marquage en fonction du sexe chez les grands dauphins guadeloupéens adultes et sub-adultes (avec détails des paramètres).....	9
Figure 8 : Distribution de l'indice du niveau de marquage en fonction du sexe chez le grand dauphin guadeloupéen adulte (avec détails des paramètres).....	9
Figure 9 : Distribution du pourcentage d'association partielle en fonction du sexe chez les grands dauphins guadeloupéens de tout âge (avec détails des paramètres) .....	10
Figure 10 : Distribution du pourcentage d'association partielle en fonction du sexe chez les grands dauphins guadeloupéens adultes et sub-adultes (avec détails des paramètres) .....	10
Figure 11 : Distribution du pourcentage d'association partielle en fonction du sexe chez le grand dauphin guadeloupéen adulte (avec détails des paramètres).....	10

## Table des tableaux

Tableau I : Description des classes d'âge chez le grand dauphin. ....	1
Tableau II : Description des caractéristiques des niveaux d'encoches et de griffures .....	7
Tableau III: Principe de la matrice de confusion .....	7
Tableau IV : Détails des paramètres calculés à partir de la matrice de confusion.....	7
Tableau V : Résultats de la méthode de sexage élaborée par le GECC et non modifiée sur les grands dauphins adultes sexés de la population guadeloupéenne .....	11
Tableau VI : Résultats de la méthode de sexage élaborée par le GECC et adaptée aux grands dauphins adultes sexés de la population guadeloupéenne.....	11

## Abréviations utilisées

- Com.pers. = Communication personnelle
- Classes d'âge : ad. = adulte ; s-ad. = sub-adulte ; ju. = juvénile ; n-n. = nouveau-né
- Signes :  $\leq$  = inférieur ou égal ;  $\geq$  = supérieur ou égal

<i>Classe d'âge</i>	<i>Age concerné</i>	<i>Description</i>
<b><i>Nouveau-né</i></b>	De la naissance jusqu'à 10 semaines.	Le corps du nouveau-né est très pâle (Wilson <i>et al.</i> , 1999) et marqué par des plis et des lignes fœtales (Mann & Smuts, 1999). L'aileton dorsal n'a ni encoche, ni griffure (McBride & Kritzler, 1951). La proximité entre le nouveau-né et la mère est très importante et comprend de nombreux contacts corporels (Mann & Smuts, 1999).
<b><i>Juvenile</i></b>	De 10 semaines à 4 ans.	Les juvéniles vivent associés à leur mère et aux autres jeunes du groupe (Stanton <i>et al.</i> , 2011). Ils sont moins grands et plus pâles que les sub-adultes et les adultes (Wilson <i>et al.</i> , 1999).
<b><i>Sub-adultes</i></b>	De 4 à 14 ans.	A partir de la séparation avec la mère, les grands dauphins sont considérés comme sub-adultes (Stanton <i>et al.</i> , 2011). Dans cette classe d'âge, les individus sont encore sexuellement immatures (Gibson & Mann, 2008a), même si leur taille se rapproche de celle des adultes. La couleur des sub-adultes est plus pâle que celle des adultes (Wilson <i>et al.</i> , 1999). L'aileton dorsal n'est pas encore marqué ou l'est moins que celui des adultes. Les sub-adultes s'associent entre eux, mais il n'y a pas d'association régulière avec des nouveau-nés (Felix, 1997).
<b><i>Adultes</i></b>	A partir de la maturité sexuelle.	Les grands dauphins adultes sont sexuellement matures, les femelles atteignant leur maturité sexuelle entre 9 et 11 ans, deux à trois ans avant les mâles (Cockcroft & Ross, 1989). Ils vivent entre 40 et 50 ans (Wells & Scott, 1990). Leur corps est de couleur gris foncé (Wilson <i>et al.</i> , 1999) et leur aileton dorsal est marqué par des griffures ou/et des encoches (Felix, 1997).

**Tableau I : Description des classes d'âge chez le grand dauphin**

# 1. Introduction

## 1.1. Contexte général de l'étude

Les océans et les mers du globe comprennent une centaine d'espèces de mammifères marins, dont 90 espèces de l'infra-ordre des cétacés (Committee on Taxonomy, 2015). Parmi celles-ci figurent le grand dauphin, *Tursiops truncatus*, qui appartient à la famille des delphinidés.

### 1.1.1. Présentation de l'espèce *Tursiops truncatus*

Cette espèce cosmopolite est présente dans les eaux tempérées et tropicales (Shirihai & Jarett, 2007) (*Annexe 1*). Les grands dauphins évoluent principalement le long des côtes et parfois en pleine mer. Il existe un écotype côtier et un écotype pélagique (Wells & Scott, 1999).

Morphologiquement, le grand dauphin est facilement reconnaissable par son corps élancé et robuste, un aileron dorsal médian et falciforme et une démarcation franche entre le melon et le rostre court (*Annexe 2*). Le corps est généralement gris foncé et plus clair des flancs vers le ventre (Wells & Scott, 1999). Il existe des variations morphologiques dues à la localisation géographique des individus (Mead & Potter, 1990 ; Read *et al.*, 1993). Le morphotype pélagique est plus grand et sombre que le grand dauphin côtier, avec des nageoires et un rostre plus court (Shirihai & Jarett, 2007). Il reste tout de même difficile de différencier visuellement ces écotypes quand les individus ne sont que partiellement visibles.

Quatre classes d'âge sont définies chez le grand dauphin : les n-n., les ju., les s-ad. et les ad. (Mann & Smuts, 1999). Chaque classe correspond à une période précise de la vie de l'individu avec des caractéristiques physiques et comportementales particulières (*Tableau 1*). La structure sociale des grands dauphins côtiers est de type fission-fusion (Connor *et al.*, 2000) . Les associations entre individus sont dépendantes de l'âge et du sexe. Plusieurs auteurs, tels Connor *et al.* (1992a, 1992b) et Gibson & Mann (2008b), attestent que les mâles ad. s'associent entre eux, tandis que les femelles ad. vivent entre elles et avec les n-n. et les ju.

### 1.1.2. Intérêt scientifique pour les grands dauphins

Les mammifères marins, et particulièrement le grand dauphin, ont un rôle indispensable dans le maintien de la biodiversité des écosystèmes marins grâce à leur fonction de prédateur supérieur (Katona & Whitehead, 1988). Il apparaît également que la distribution des mammifères marins recoupe souvent les zones à fort impact anthropique (Kaschner *et al.*, 2011). Ces derniers sont menacés par la pêche, le trafic maritime, la pollution sonore, aux impacts souvent cumulatifs (Cuzange, 2011). C'est pourquoi le grand dauphin fait l'objet d'une attention particulière : l'espèce est placée en « préoccupation mineure » sur la liste rouge de l'UICN (Hammond *et al.*, 2012) et classée en annexe II de la CITES (2013).

Dans ce contexte, il est indispensable d'établir des plans de gestion pour les grands dauphins afin d'assurer leur protection et celle de leur habitat. Or, pour déterminer des mesures de gestion nécessaires pour une espèce, il convient de connaître ses paramètres démographiques et sa structure sociale (Sutherland, 1998).

La structure sociale peut subir des modifications du fait des changements environnementaux, tels que les impacts anthropiques (Chilvers & Corkeron, 2001). L'organisation sociale est également directement liée au sexe des individus de la population. Le sexage permet donc d'étudier les liens entre mâles et femelles et de s'interroger sur l'influence du sexe sur la structure sociale de la population et sur la survie des individus (Gally, 2013).

## **1.2. Détermination du sexe chez le grand dauphin**

Pour de nombreux cétacés, le sexe se détermine par l'observation du dimorphisme sexuel, défini par les différences morphologiques plus ou moins marquées entre les mâles et les femelles au sein de l'espèce. Chez le grand dauphin, les mâles sont plus grands et plus robustes (Siciliano *et al.*, 2007), avec une nageoire dorsale plus large que celle des femelles (Tolley *et al.*, 1995). Les contours des ailerons mâles présentent des encoches et des griffures en plus grande quantité, couvrant plus de 10% de sa surface (Rowe & Dawson, 2009). En revanche, les femelles ont plus de lésions cutanées sur leur dorsale (Rowe & Dawson, 2009 ; Wilson *et al.*, 1997). Enfin, au niveau de la zone génitale, l'écart entre les fentes uro-génitale et anale est significativement plus grand chez les mâles (Tolley *et al.*, 1995 ; Diaz Lopez & Shirai, 2008). Deux fentes mammaires sont également caractéristiques des femelles (*Annexe 3*). En dépit de ces différences, le dimorphisme sexuel reste peu visible à l'œil nu. En conséquence, le sexe reste chez le grand dauphin une donnée difficile à déterminer sur le terrain.

Quatre méthodes sont utilisées pour sexer les cétacés : le sexage moléculaire, l'inspection des parties génitales, l'association mère-jeune et l'observation d'un éventuel dimorphisme sexuel. Le sexage moléculaire est une méthode invasive qui s'effectue à partir de biopsies, à savoir des prélèvements de peau et de lard sur le dos du dauphin (Krutzen *et al.*, 2002). Le sexage moléculaire implique un dérangement non négligeable pour les animaux et reste difficile à mettre en place sur une population entière pour des questions de coût et de temps.

L'inspection des parties génitales se fait par observation en surface ou sous-marine (Mann *et al.*, 2000). Cette méthode aléatoire requiert un effort particulier sur le terrain et sur le long terme, afin de recueillir suffisamment d'observations pour couvrir la population (Rowe & Dawson, 2009). Elle peut également entraîner un dérangement pour les animaux, comme, par exemple, les observations sous-marines effectuées par des plongeurs.

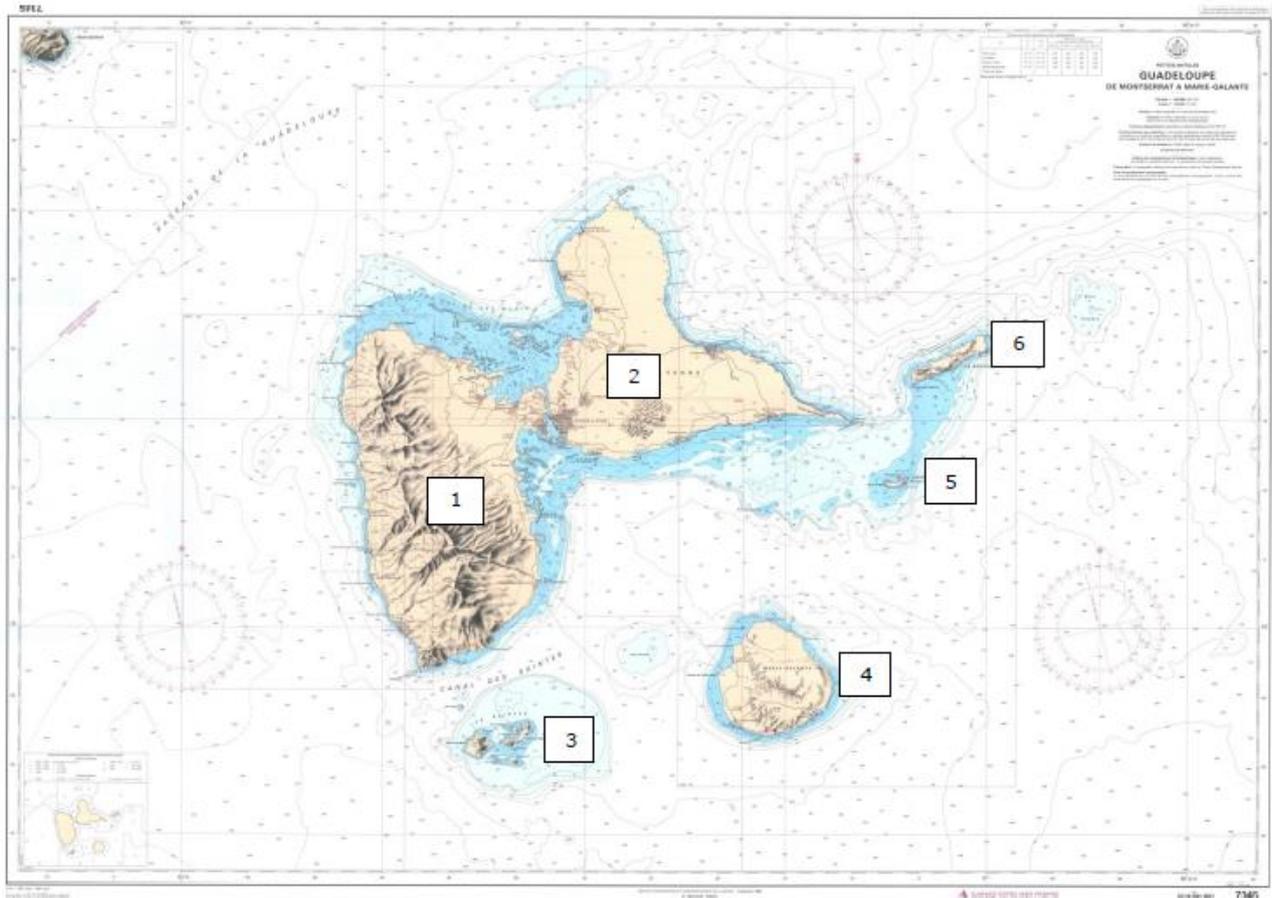
L'association mère-jeune se base sur l'observation des photographies d'un individu associé à un jeune (Mann *et al.*, 2000). Cette méthode simple et efficace ne permet toutefois d'identifier que les femelles.

Si l'observation visuelle du dimorphisme sexuel n'est pas satisfaisante pour sexer les grands dauphins, l'aileton semble cependant présenter le dimorphisme le plus évident à l'œil nu. Cette méthode se base sur l'observation d'encoches (Tolley *et al.*, 1995), de griffures (Scott *et al.*, 2005) et d'éventuelles lésions épidermiques (Wilson *et al.*, 1997) sur toute la surface de l'aileton. Il est aussi possible de mesurer la taille de dorsale, plus importante chez les mâles (Tolley *et al.*, 1995), mais cette procédure nécessite d'équiper les appareils de prise de vue de lasers (Iwata & Ukai, 2002). En utilisant la taille de l'aileton, sa surface et ses marques, Rowe & Dawson (2009) ont pu sexer correctement 93% d'une population de Nouvelle-Zélande. Cette méthode ne peut toutefois pas s'appliquer à toutes les populations. Ainsi, à Sarasota, en Floride, les niveaux de marquage des nageoires dorsales se sont révélés trop variables pour déterminer le sexe des individus (Tolley *et al.*, 1995). Le marquage de l'aileton reste donc une donnée utile mais qu'il convient de prendre avec précaution.

Afin de simplifier le sexage des grands dauphins, une méthode non invasive, peu coûteuse et adaptée à la population étudiée a été mise en place par le GECC, en collaboration avec Pascal Monestiez de l'INRA. La méthode a été initialement développée sur les grands dauphins du golfe normand-breton. Elle se base sur les marques de l'aileton dorsal et les associations entre individus et jeunes. L'idée est d'utiliser les photographies prises en mer sans occasionner de sorties spécialement dédiées au sexage, afin de ne pas alourdir le travail de terrain, ni de provoquer un dérangement supplémentaire pour les animaux (Gally, 2013).

### **1.3. Objectif du stage**

En Guadeloupe, les grands dauphins sont directement exposés aux menaces des activités humaines, parce qu'ils sont côtiers et sédentaires (Bejder *et al.*, 2006). Cette situation a conduit à la création, en 2012, d'un sanctuaire pour les mammifères marins aux Antilles françaises, baptisé Agoa (*Annexe 4*). Ce dernier a pour objectif de garantir la conservation des mammifères marins et de leur habitat (Cuzange, 2011). Dans ce contexte, connaître le sexe des grands dauphins guadeloupéens est une donnée essentielle pour améliorer la gestion de la population. Ce travail de master 1 vise à déterminer si le sexage des grands dauphins guadeloupéens est possible par l'application directe de la méthode de sexage développée par le GECC sur les grands dauphins du golfe normand-breton. Du fait des différences morphologiques et sociales entre les populations du globe, des adaptations pourraient être nécessaires.



**Figure 1 : Carte de l'archipel guadeloupéen**

**Légende :**

Vignettes nominatives ajoutées :

- |                  |                          |                  |
|------------------|--------------------------|------------------|
| 1) Basse-Terre.  | 3) Archipel des Saintes. | 5) Petite Terre. |
| 2) Grande-Terre. | 4) Marie-Galante.        | 6) La Désirade.  |

Les surfaces bleues délimitent les isobathes 20m et 200m.

Échelle 1:149 000

*Crédit : Carte marine 7345 ©SHOM (1994). Système géodésique IGN 1951-52.*

*Légendée par N. Gandilhon ( 2012)*

Pour répondre à cette question, la méthode de sexage a été testée sur 27 individus de la population guadeloupéenne déjà sexés par l'OMMAG au moyen de l'observation sous-marine (inspection des parties génitales, érection et allaitement), afin de définir son taux de succès et de l'adapter si besoin est.

## **2. Matériels et Méthodes**

Avant d'aborder le jeu de données et d'expliquer la méthode de sexage utilisée, il est nécessaire de définir l'habitat et les particularités de la population des grands dauphins guadeloupéens.

### **2.1. Population de grands dauphins de l'archipel guadeloupéen**

#### **2.1.1. Zone d'étude**

La zone d'étude recouvre l'aire de distribution du grand dauphin dans les eaux côtières de la Guadeloupe, qui s'étend sur 5278 km<sup>2</sup> (Gandilhon, 2012). Elle englobe l'archipel guadeloupéen, à savoir une série d'îles de près de 1700 km<sup>2</sup>, bordée par la mer des Caraïbes et l'océan Atlantique (*Figure 1*). Le « whale watching », qui se définit comme l'observation de cétacés dans leur milieu naturel (IWC, 1994), s'est développé de façon modérée dans l'archipel, mais risque de s'intensifier ces prochaines années. Les observations opportunistes sont importantes entre Saint-François et Petite-Terre et portent principalement sur un groupe de grands dauphins qui fréquentent régulièrement la zone (Cuzange, 2011). Les îles de Petite-Terre abritent une réserve naturelle nationale. Elles sont fréquentées par de nombreux touristes, mais le trafic entre la réserve et l'archipel guadeloupéen est limité.

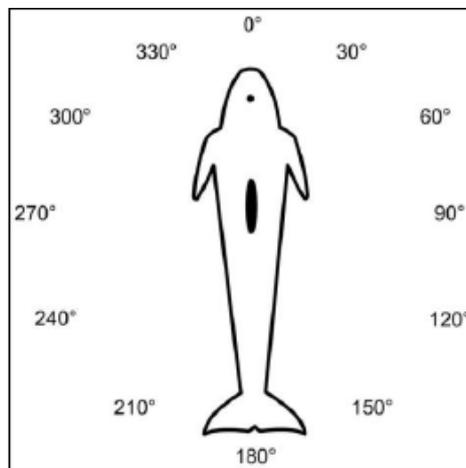
#### **2.1.2. Caractéristiques de la population guadeloupéenne**

D'après les travaux de Nadège Gandilhon (2012), le grand dauphin est l'espèce de delphinidés la plus observée en Guadeloupe, après le dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*). Cette espèce résidente est présente autour de l'île toute l'année. Pour la période 2007-2011, l'effectif estimé de la population est de 133,5 individus (IC 95% : 124-143) (Gandilhon, 2012). En 2013, 143 individus ont été identifiés avec un taux de recapture de 29% (Penel, 2013).

Les morphotypes côtiers et pélagiques sont présents en Guadeloupe. Toutefois, cette population présente un cas particulier : le morphotype côtier est composé de deux groupes différents, les grands dauphins « gris », avec un corps de couleur grise reconnaissable, et les grands dauphins « dos blancs », avec des décolorations blanches entre la dorsale et la caudale. Les premiers, très étudié par l'OMMAG, sont fidèles au site de Petite-Terre. Les seconds sont, en revanche, présents plus ponctuellement dans le reste de l'archipel. Les interactions entre ces deux groupes semblent limitées (com.pers. L.Bouveret).



**Figure 2 : Numérotation de plusieurs ailerons sur une même photographie**  
*Crédit : F. Gally (Diplôme de l'EPHE, 2013)*



**Figure 3 : Angle de prise de vue de l'aileron (en degré)**  
*Crédit : F. Gally (Diplôme de l'EPHE, 2013)*

<i>Niveau de marquage</i>	<i>M1</i>	<i>M2</i>	<i>M3</i>	<i>M4</i>
<i>Définition</i>	Dorsale sans encoche, lisse.	Dorsale avec petites encoches.	Dorsale avec encoches de taille moyenne.	Dorsale avec grands encoches.
<i>Illustration</i>				

**Figure 4 : Niveau de marquage de l'aileron dorsal**  
*Crédit : OMMAG*

## 2.2. Jeu de données

### 2.2.1. Collecte des données

Le suivi de la population des grands dauphins guadeloupéens a été réalisé par photographies à partir de bateau et par prises de vue sous-marines. Les associations OMMAG et BREACH, ainsi que de nombreux observateurs opportunistes (sorties touristiques, whale watching, club de plongée, sanctuaire Agoa, etc.), ont mis à disposition leurs données. Aucun protocole de terrain n'a été appliqué pour réaliser les photographies dans la zone d'étude : les sorties en mer dédiées à l'observation de la population ont été effectuées dans les zones où la présence de grands dauphins était avérée. Dans le cadre de cette étude, une carte de la distribution des observations dans les eaux guadeloupéennes a été établie.

### 2.2.2. Composition du jeu de données

Le jeu de données initial était composé des 998 photographies de grands dauphins guadeloupéens identifiés, réalisées dans la période 2009 à 2013 (Penel, 2013). Dans le cadre de ce stage de master 1, ce jeu de données a été mis à jour afin de : compléter les informations disponibles sur chacun des individus de la population, mettre à jour les niveaux de marquage des dorsales et disposer de nouvelles photographies contenant plusieurs grands dauphins pour étudier les associations entre individus. Au final, 302 photographies ont été ajoutées pour aboutir à un jeu de données final comprenant un total de 1300 photographies couvrant la période du 15-01-2005 au 01-05-2016. Les grands dauphins présents sur ces 302 photos ont été identifiés grâce à la photo-identification.

### 2.2.3. Photo-identification

Cette méthode consiste à identifier les animaux par les marques visibles sur leurs ailerons. La forme générale de la dorsale, ainsi que les encoches, griffures et pigmentation, permettent de différencier les individus les uns des autres (Würsig & Jefferson, 1990).

Pour chaque observation en mer, les photographies sont triées par date de prise de vue, station, position GPS, photographe et/ou organisme, numéro de la photo, nombre d'individus présents, nombre d'ailerons visibles, numéro de l'aileron identifié, classe d'âge de l'individu, remarques diverses et associations possibles. Ensuite, chaque aileron présent sur une photographie reçoit un angle de prise de vue, un niveau de marquage et un nom/numéro d'identification. Si plusieurs ailerons sont présents sur la même photographie (*Figure 2*), l'aileron au premier plan est noté n°1 et ainsi de suite en s'éloignant de l'objectif. Si les ailerons sont dans le même plan, la numération s'effectue de gauche à droite. L'angle de prise de vue permet de savoir quel côté de l'aileron est photographié, les deux côtés pouvant présenter des marques différentes (*Figure 3*).

#### 2.2.4. Catalogue

Le catalogue recense tous les ailerons de grands dauphins rencontrés dans la zone d'étude, triés par niveau de marquage de la nageoire dorsale (*Figure 4*). Il ne représente cependant pas l'état actuel de la population, en raison de la présence vraisemblable d'individus morts et de doublons. Chaque aileron nouvellement photographié est comparé au catalogue. S'il y est déjà présent, il reçoit le même nom, sinon il se voit attribué un nouveau nom.

#### 2.2.5. Echantillon utilisé pour l'application de la méthode de sexage

Sur les 1300 photographies étudiées, 150 grands dauphins différents ont été identifiés, dont 27 individus sexés par images sous-marines. La méthode de sexage développée par le GECC ne pouvant être testée que sur des individus dont le sexe est déjà connu, ces 27 grands dauphins ont été utilisés pour déterminer l'efficacité de la méthode sur la population guadeloupéenne. Ils appartiennent à 89 % au groupe des grands dauphins « gris » et à 11% aux « dos blancs ».

### 2.3. Méthode de sexage développée par le GECC

Cette méthode, basée sur l'analyse de photographies d'ailerons, repose sur 3 indicateurs: le pourcentage d'association partielle entre individus et ju., l'indice du niveau de marquage de la dorsale et l'association réelle entre mère et n-n. Elle suppose l'existence d'un dimorphisme sexuel au niveau de l'aileron et d'associations entre mère et jeunes.

#### 2.3.1. Indicateurs

Un indicateur est une caractéristique de l'individu déterminée par son aspect physique ou son comportement. Les indicateurs définissent un sexe « prédit » confronté au sexe « vrai » de l'individu, déterminé par sexage moléculaire pour la population du golfe normand-breton et par images sous-marines pour la population guadeloupéenne.

##### - Association réelle avec nouveau-né

Basé sur la proximité mère – n-n., cet indicateur ne permet de sexer que les femelles ad. Les individus sont « associés » quand ils nagent dans la même direction en se touchant ou séparés de moins d'une demi-longueur de dauphin. Si un individu est associé à un n-n. sur deux photos ne se suivant pas, alors il est identifié comme femelle. Cependant, les associations mère – ju. sont écartées car les ju. peuvent s'associer temporairement à d'autres individus (Stanton *et al.*, 2011).

##### - Indice du niveau de marquage de l'aileron dorsal

Cet indice se base sur la quantité d'encoches et de griffures présentes sur l'aileron dorsal. Quatre niveaux ont été définis en fonction de l'importance des marques (*Tableau II*). Chaque aileron reçoit une note pour les deux critères et la moyenne constitue l'indice du niveau de marquage.

**Tableau II : Description des caractéristiques des niveaux d'encoches et de griffures**

	<i>Niveau d'encoches</i>	<i>Niveau de griffures</i>
1	Pas d'encoches.	Moins de deux griffures.
2	Une ou deux encoches.	Quelques griffures bien visibles.
3	Quelques encoches bien visibles.	Beaucoup de griffures mais l'aileron n'a pas encore perdu sa pigmentation pour devenir blanc.
4	Beaucoup d'encoches.	Beaucoup de griffures, le haut de l'aileron a perdu sa pigmentation.

**Tableau III: Principe de la matrice de confusion** (« a » : individus classés mâle et qui le sont réellement ; « b » : individus classés mâle qui sont en réalité femelle ; « c » : individus classés femelle qui sont en réalité mâle ; « d » : individus classés femelle et qui le sont réellement.)

<i>Valeurs vraies</i> <i>Valeurs Prédites</i>	<i>Mâle</i>	<i>Femelle</i>	<i>Total</i>
<i>Mâle</i>	a	b	a + b
<i>Femelle</i>	c	d	c + d
<i>Total</i>	a + c	b + d	n = a + b + c + d

**Tableau IV : Détails des paramètres calculés à partir de la matrice de confusion**

<i>Paramètres</i>	<i>Terme statistique</i>	<i>Définition</i>	<i>Formule</i>
<b>Taux de succès</b>	Accuracy	Probabilité que la méthode utilisée détermine correctement le sexe des individus	$\theta = \frac{a + d}{n}$
<b>Taux de vrais mâles</b>	Specificity	Capacité de la méthode à classer les mâles	$Tvm = \frac{a}{a + c}$
<b>Taux de vraies femelles</b>	Sensibility	Capacité de la méthode à classer les femelles	$Tvf = \frac{d}{d + b}$
<b>Taux de succès corrigé</b>	Balanced accuracy	Moyenne du taux de vraies femelles et de vrais mâles, apporte une correction quand les effectifs des classes sont déséquilibrés	$Tsc = \frac{Tvm + Tvf}{2}$

- *Pourcentage d'association partielle*

Cet indicateur correspond au rapport du nombre de photos où l'individu apparaît avec un n-n. ou un ju. sur le nombre de photos où il est accompagné au minimum d'un autre dauphin. Afin d'améliorer l'exactitude des résultats, 3 conditions d'application sont imposées : l'individu doit être observé au moins 2 journées, sur au moins 2 années, et sur au moins 10 photographies en groupe.

### **2.3.2. Combinaison des indicateurs**

Lorsque les trois indicateurs sont combinés, le résultat dominant est choisi. Si deux indicateurs affirment qu'il s'agit d'un mâle et le troisième qu'il s'agit d'une femelle, la méthode prédit un mâle. Par ailleurs, l'individu est directement sexé s'il a une valeur extrême pour un indicateur. Par exemple, si l'animal est souvent associé à un n-n., il sera classé comme une femelle.

### **2.3.3. Matrices de confusion**

Afin de mesurer la qualité des résultats obtenus, les indicateurs sont testés par une matrice de confusion. Cette dernière compare le sexe vrai de l'individu à celui prédit par l'indicateur (*Tableau III*). Ces matrices permettent d'obtenir le taux de succès de la méthode, ainsi que les sources d'erreurs dans le sexage. A partir de la matrice, quatre paramètres sont calculés afin d'estimer la concordance entre les valeurs vraies et celles prédites (*Tableau IV*).

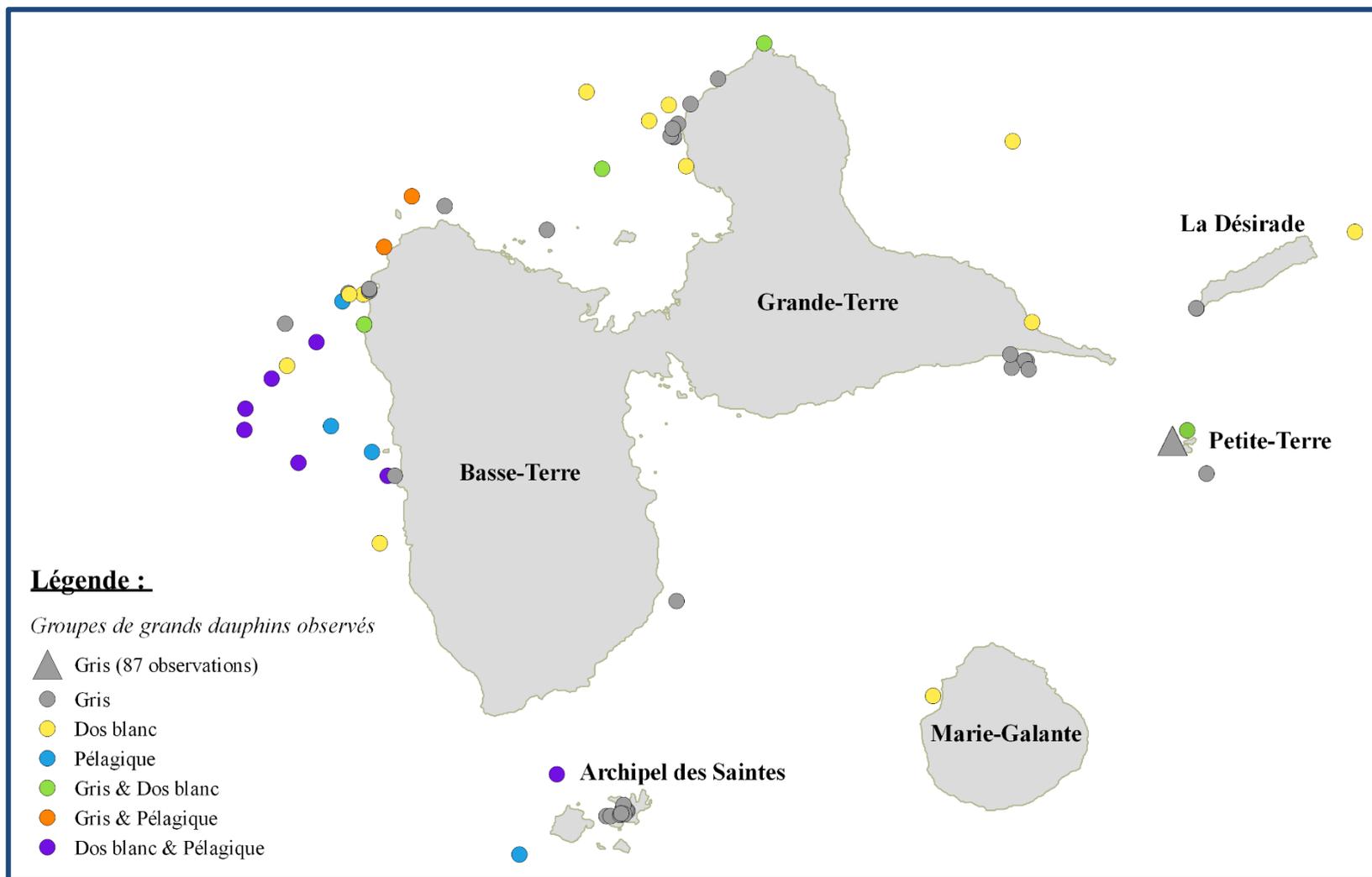
### **2.3.4. Application de la méthode du GECC à la population guadeloupéenne**

Pour valider l'utilisation de la méthode de sexage élaborée par le GECC, chaque indicateur est testé et son seuil redéfini si nécessaire. Dans ce but, des boîtes à moustaches ont été réalisées pour les indicateurs «pourcentage d'association partielle » et « indice du niveau de marquage ». Les paramètres de distribution (médiane et quartiles) des données mâles et femelles ont été comparés pour définir le seuil de ces indicateurs. Concernant l'association réelle, aucun ajustement n'a été nécessaire puisqu'il n'y a pas de seuil.

Pour étudier l'effet potentiel de l'âge des individus étudiés sur le succès des indicateurs, le jeu de données a été divisé en 3 échantillons différents. Le premier comprend tous les individus sexés, quelle que soit leur classe d'âge. Le deuxième jeu de données ne concerne que les ad. et s-ad. sexés. Enfin, le troisième jeu de données ne comprend que les ad. sexés.

## **2.4. Logiciels utilisés**

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel R (2015). La carte de distribution des groupes de grands dauphins guadeloupéens a été réalisée avec le logiciel QGIS (2016).



**Figure 5 : Carte de distribution des observations des différents groupes de grands dauphins dans l'archipel guadeloupéen du 15-01-2005 au 01-05-2016 (Echelle : 1:375 442)**

### 3. Résultats

#### 3.1. Distribution des observations de grands dauphins guadeloupéens

La *figure 5* correspond à la carte de distribution des observations des groupes de grands dauphins dans l'archipel guadeloupéen pour la période du 15-01-2005 au 01-05-2016. La population se divise entre trois groupes : les grands dauphins « gris », les grands dauphins « dos blancs » et les grands dauphins pélagiques. Les « gris » ont été observés majoritairement au niveau de Petite-Terre. Les « dos blanc » ont été vus tout autour de la Guadeloupe et 4 fois seulement avec les « gris ». Les pélagiques, seuls ou associés aux autres groupes, ont été plus rarement observés et uniquement sur la côte ouest de l'archipel.

Pour les 27 individus sexés étudiés, les différentes caractéristiques utilisées pour calculer les indicateurs sont listés dans l'*annexe 5*. Pour tester les indicateurs, le jeu de données a été divisé en 3 échantillons, en fonction de l'âge des individus sexés. Chaque échantillon a été sexé deux fois : tout d'abord par la méthode de sexage élaborée par le GECC, puis par cette même méthode avec correction des seuils des indicateurs en fonction des caractéristiques de la population guadeloupéenne.

#### 3.2. Association réelle

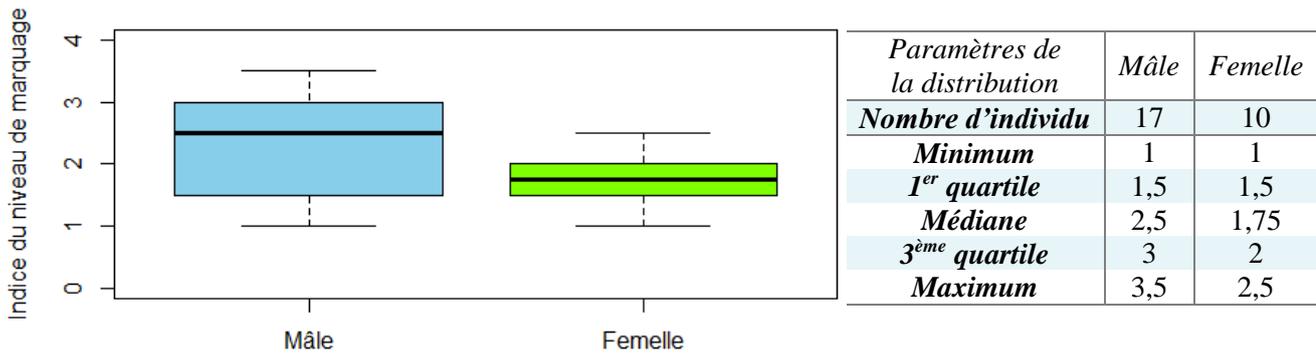
Sur 27 individus, 4 ont été vu associés à un nouveau-né sur deux photos ne se suivant pas (*Annexe 5*). Ces 4 animaux ont été identifiés comme femelles par images sous-marines. Cet indicateur a donc un taux de succès de sexage des femelles de 100%.

#### 3.3. Indice du niveau de marquage de l'aileron dorsal

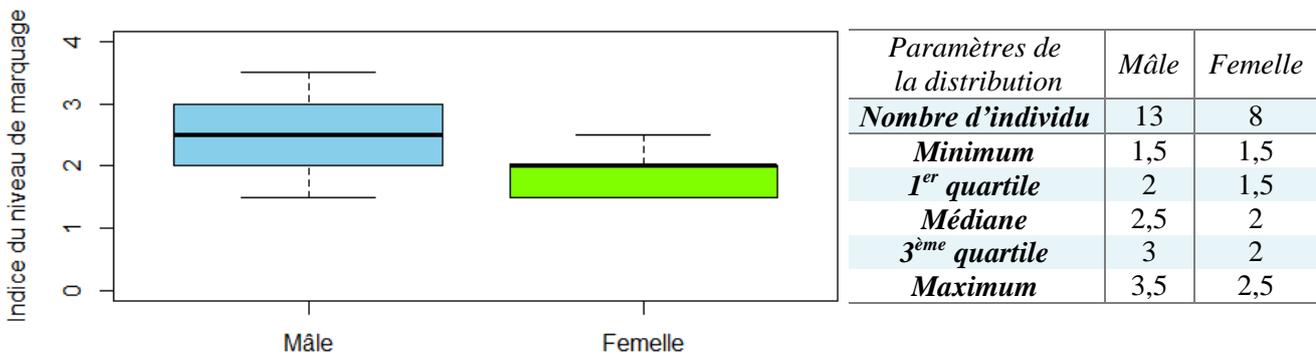
Sur la *figure 6*, 25% des femelles montrent un indice  $\geq$  à 2. La moitié des mâles présentent un indice  $\geq$  à 2,5. Sur la *figure 7*, l'indice maximal des femelles est de 2,5. La moitié des mâles ont un indice  $\geq$  à 2,5. Sur la *figure 8*, les femelles présentent un indice maximal de 2. Pour les mâles, 75% ont un indice  $\geq$  à 2,5. Pour les 3 échantillons, le seuil de distinction entre mâles et femelles guadeloupéens est donc placé à 2,5 : les individus présentant un indice  $\geq$  à cette valeur sont considérés comme étant des mâles.

#### 3.4. Pourcentage d'association partielle

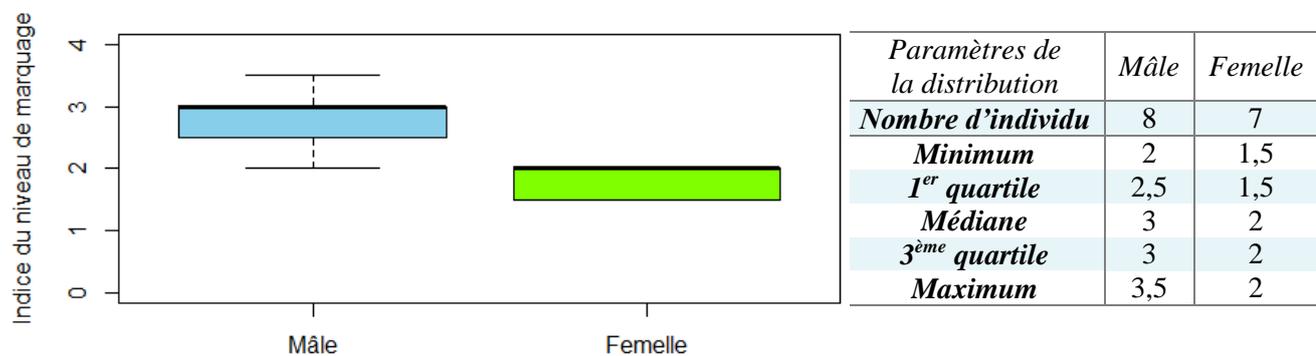
Seuls 21 individus ont rempli les conditions d'application de cet indicateur. La *figure 9* indique que les mâles présentent un pourcentage d'association maximal de 5,9%. Pour les femelles, 75% ont un pourcentage  $\geq$  à 5,95%. Sur la *figure 10*, 75% des mâles ont un pourcentage d'association  $\leq$  à 3,5%. Les femelles présentent à 75% un pourcentage  $\geq$  à 12,72%. Sur la *figure 11*, les mâles ont un pourcentage maximal de 5,6%.



**Figure 6 : Distribution de l'indice du niveau de marquage en fonction du sexe chez les grands dauphins guadeloupéens de tout âge (avec détails des paramètres), par application directe de la méthode de sexage développée par le GECC**



**Figure 7 : Distribution de l'indice du niveau de marquage en fonction du sexe chez les grands dauphins guadeloupéens adultes et sub-adultes (avec détails des paramètres), par application directe de la méthode de sexage développée par le GECC**



**Figure 8 : Distribution de l'indice du niveau de marquage en fonction du sexe chez le grand dauphin guadeloupéen adulte (avec détails des paramètres), par application directe de la méthode de sexage développée par le GECC**

Pour les femelles, 75% montrent un pourcentage  $\geq$  à 29,6%, hormis une valeur aberrante à 7,1%. Pour les trois échantillons de la population guadeloupéenne, le seuil de distinction entre mâle et femelle est fixé à 5%. Les individus présentant un indice  $\leq$  à ces valeurs sont considérés comme des mâles.

### 3.5. Matrices de confusion

Les matrices de confusion ont été réalisées pour tous les indicateurs et leur combinaison, avec l'application des seuils adaptés à la population du golfe normand-breton (*Tableau V*) et des seuils adaptés à la population guadeloupéenne (*Tableau VI*). La combinaison des indicateurs n'est pas toujours nécessaire pour le sexage : un indicateur avec une valeur extrême peut suffire. Si un individu est observé en association réelle avec un n-n. alors c'est une femelle. Les dauphins ad. et s-ad. sont classés directement comme mâles s'ils possèdent un pourcentage d'association partielle  $\leq$  à 4%. Un ad. est classé comme mâle si son indice de niveau de marquage est  $\geq$  à 2,5.

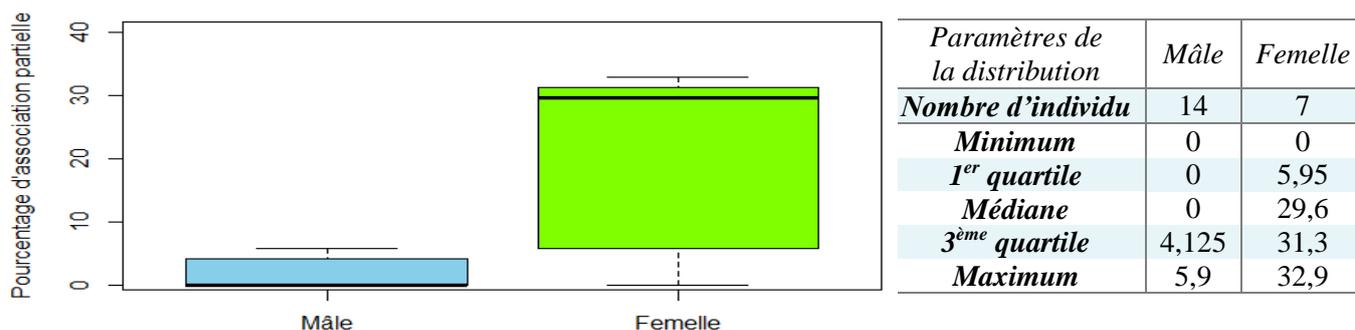
La combinaison des indicateurs de la méthode de sexage élaborée par le GECC sans adaptation (seuil d'indice du niveau de marquage à 2,5 et de pourcentage d'association partielle à 20%) fournit un taux de succès corrigé plus faible que celui obtenu après correction des seuils des indicateurs. Quels que soient les seuils, le taux de succès corrigé est le plus fort dans les échantillons composés d'ad. uniquement, puis diminue dans ceux constitués d'ad. et s-ad. Ce taux enfin est le plus faible dans les échantillons regroupant des individus de tout âge (ad., s-ad. et ju.). Après application de la méthode avec correction des seuils, l'échantillon constitué uniquement d'ad. est sexé sans erreur.

## 4. Discussion

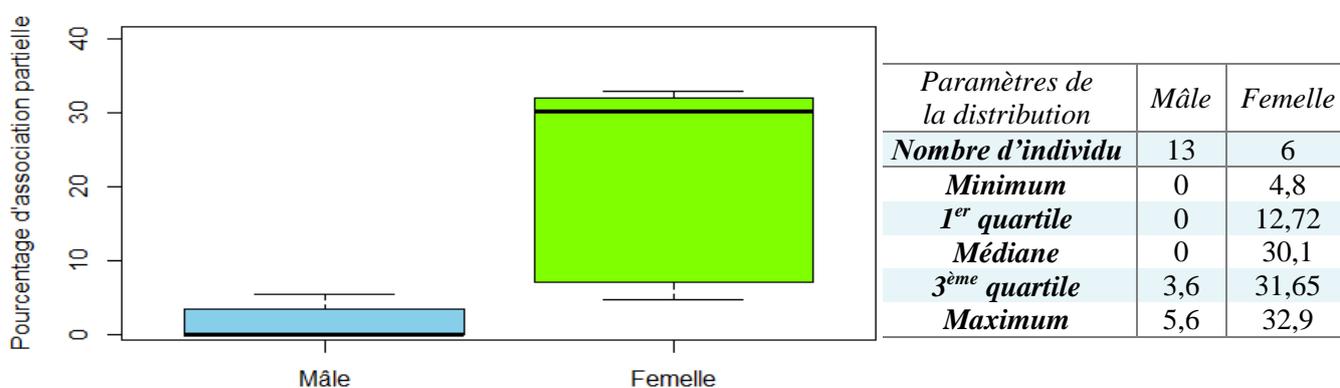
### 4.1. Adaptation de la méthode de sexage à la population guadeloupéenne

La méthode de sexage développée par le GECC et appliquée sans correction à la population guadeloupéenne (*Tableau V*) présente un taux de succès corrigé des indicateurs combinés supérieur à 75%, quel que soit l'échantillon étudié. La méthode est donc fonctionnelle sur la population guadeloupéenne, ce qui prouve que cette population répond aux hypothèses fixées dans la constitution de la méthode, à savoir l'existence d'un dimorphisme sexuel visible au niveau de la dorsale et une association préférentielle des femelles avec des jeunes individus.

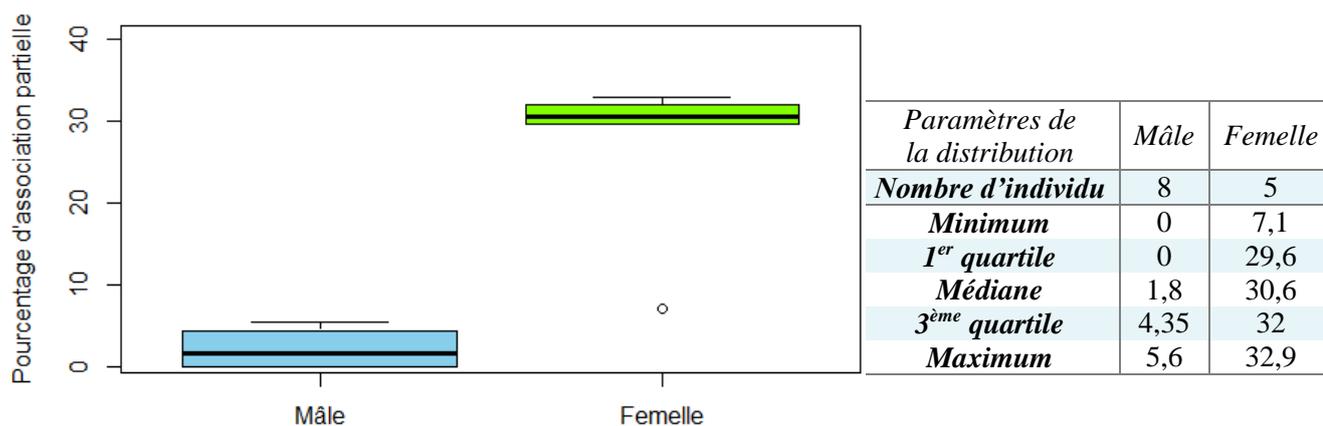
Néanmoins, comme le montrent les résultats de Broustal (2015), la méthode de sexage obtient des meilleurs résultats sur les grands dauphins du golfe normand-breton, avec un taux de succès corrigé pour la combinaison des indicateurs de 99% (*Annexe 6*).



**Figure 9 : Distribution du pourcentage d'association partielle en fonction du sexe chez les grands dauphins guadeloupéens de tout âge (avec détails des paramètres), par application directe de la méthode de sexage développée par le GECC**



**Figure 10 : Distribution du pourcentage d'association partielle en fonction du sexe chez les grands dauphins guadeloupéens adultes et sub-adultes (avec détails des paramètres), par application directe de la méthode de sexage développée par le GECC**



**Figure 11 : Distribution du pourcentage d'association partielle en fonction du sexe chez le grand dauphin guadeloupéen adulte (avec détails des paramètres), par application directe de la méthode de sexage développée par le GECC**

C'est pourquoi, afin d'améliorer l'efficacité de cette méthode sur la population guadeloupéenne, les seuils des indicateurs ont été corrigés selon les caractéristiques morphologiques et sociales des grands dauphins guadeloupéens (*Tableau VI*). Concernant, le seuil de l'indice de niveau de marquage, il n'a pas été modifié car le taux de marquage des ailerons ne diffère pas de façon importante entre les deux populations. Toutefois, les mâles guadeloupéens sexés présentent des taux d'association partielle deux fois plus bas que ceux du golfe normand-breton. Le seuil du pourcentage d'association partielle a donc été abaissé de 20% à 5% pour les grands dauphins guadeloupéens. Ces résultats confirment l'existence de variations comportementales et sociétales entre les populations de grands dauphins (Wells, 2003).

Après ajustement de la méthode, les taux de succès corrigés des indicateurs combinés sont supérieurs à ceux obtenus par la méthode non adaptée, quel que soit l'échantillon étudié. La méthode de sexage développée par le GECC est donc applicable telle quelle sur une autre population, mais elle s'avère plus efficace quand ses indicateurs sont adaptés à la population étudiée.

Néanmoins, que la méthode soit adaptée ou non, le taux de succès est différent en fonction des individus testés (*Tableaux V et VI*). Quand l'échantillon entièrement composé d'ad. est sexé par la méthode de sexage adaptée, le taux de succès corrigé de la combinaison des indicateurs est de 100%. Il diminue quand les s-ad. sont inclus dans l'échantillon et plus encore en présence des ju. Ces individus (s-ad. et ju.), parce qu'ils présentent un aileron moins marqué que les adultes (Felix, 1997), apportent de la confusion dans l'échantillon. Il est en effet possible de confondre un s-ad. mâle, avec une dorsale faiblement marquée, et une femelle ad., diminuant ainsi le taux de vraies femelles. De même, l'application aux ju du pourcentage d'association partielle et de l'association réelle est problématique. Les ju. vivant associés à leur mère ou aux autres jeunes du groupes (Stanton *et al.*, 2011), un mâle ju. peut être vu avec un autre jeune sans pour autant être une femelle. Quant aux s-ad., ils s'associent entre eux (Felix, 1997). Une femelle s-ad. peut ne jamais être vue avec un jeune et être classée par erreur comme un mâle. Il est donc préférable d'utiliser la méthode de sexage adaptée uniquement sur les grands dauphins guadeloupéens ad., afin de maximiser son succès. Dans ce cas, la méthode est parfaitement efficace quand les indicateurs sont combinés, car leur association permet de combler les erreurs des indicateurs pris individuellement. Toutefois, ce résultat sans erreur a été obtenu sur un échantillon de 15 individus et doit être pris avec précaution.

**Tableau V : Résultats de la méthode de sexage élaborée par le GECC et non modifiée sur les grands dauphins sexés de la population guadeloupéenne**

<i>Type d'échantillons</i>	<i>Indicateur (avec seuil)</i>	<i>Taux de succès</i>	<i>Taux de vrais males</i>	<i>Taux de vrais femelles</i>	<i>Taux de succès corrigé</i>
<i>Tous les individus sexés (17 mâles et 10 femelles)</i>	Association réelle	1,00	NA	1,00	1,00
	Indice du niveau de marquage (2,5)	0,67	0,53	0,90	0,71
	% d'association partielle (20%)	0,86	1,00	0,57	0,79
	<b>Combinaison</b>	<b>0,78</b>	<b>0,82</b>	<b>0,70</b>	<b>0,76</b>
<i>Adultes et sub-adultes uniquement (13 mâles et 8 femelles)</i>	Association réelle	1,00	NA	1,00	1,00
	Indice du niveau de marquage (2,5)	0,76	0,69	0,88	0,78
	% d'association partielle (20%)	0,84	1,00	0,50	0,75
	<b>Combinaison</b>	<b>0,90</b>	<b>1,00</b>	<b>0,75</b>	<b>0,88</b>
<i>Adultes uniquement (8 mâles et 7 femelles)</i>	Association réelle	1,00	NA	1,00	1,00
	Indice du niveau de marquage (2,5)	0,93	0,88	1,00	0,94
	% d'association partielle (20%)	0,92	1,00	0,80	0,90
	<b>Combinaison</b>	<b>0,93</b>	<b>1,00</b>	<b>0,86</b>	<b>0,93</b>

**Tableau VI : Résultats de la méthode de sexage élaborée par le GECC et adaptée aux grands dauphins sexés de la population guadeloupéenne**

<i>Type d'échantillons</i>	<i>Indicateurs (avec seuil)</i>	<i>Taux de succès</i>	<i>Taux de vrais males</i>	<i>Taux de vrais femelles</i>	<i>Taux de succès corrigé</i>
<i>Tous les individus sexés (17 mâles et 10 femelles)</i>	Association réelle	1,00	NA	1,00	1,00
	Indice du niveau de marquage (2,5)	0,67	0,53	0,90	0,71
	% d'association partielle (5%)	0,81	0,86	0,71	0,79
	<b>Combinaison</b>	<b>0,78</b>	<b>0,76</b>	<b>0,80</b>	<b>0,78</b>
<i>Adultes et sub-adultes uniquement (13 mâles et 8 femelles)</i>	Association réelle	1,00	NA	1,00	1,00
	Indice du niveau de marquage (2,5)	0,76	0,69	0,88	0,78
	% d'association partielle (5%)	0,89	1,00	0,67	0,83
	<b>Combinaison</b>	<b>0,95</b>	<b>1,00</b>	<b>0,88</b>	<b>0,94</b>
<i>Adultes uniquement (8 mâles et 7 femelles)</i>	Association réelle	1,00	NA	1,00	1,00
	Indice du niveau de marquage (2,5)	0,93	0,88	1,00	0,94
	% d'association partielle (5%)	0,92	1,00	0,80	0,90
	<b>Combinaison</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

## 4.2. Sexage des grands dauphins guadeloupéens

A ce stade, la méthode de sexage élaborée par le GECC n'a été adaptée qu'à un échantillon de 27 individus sexés issus à 89% du groupe de grands dauphins « gris » des îles de Petite-Terre et régulièrement suivis par l'OMMAG. Les 11% restant sont des grands dauphins appelés « dos blancs » qui semblent issus du même écotype côtier que les « gris ». L'ensemble de la population guadeloupéenne comprend 150 animaux identifiés, dont 67% n'ont été vus qu'une seule fois.

Au moment d'appliquer la méthode de sexage à toute la population, plusieurs difficultés surgissent. La première concerne le faible taux de recapture des individus qui ne pourront pas être sexés par tous les indicateurs. A titre d'exemple, un grand dauphin qui n'est observé qu'une seule fois ne pourra être sexé par le pourcentage d'association partielle. Par ailleurs, l'absence d'un suivi régulier des animaux pose également problème pour l'indice du niveau de marquage. Ainsi, un s-ad. mâle avec une dorsale faiblement marquée risque d'être sexé comme femelle si l'évolution de son aileron n'est pas suffisamment renseignée, car il peut y avoir apparition de nouvelles marques dues aux interactions sociales (Marley *et al.*, 2013) ou disparition de griffures (Corkeron *et al.*, 1987). Au final, le manque d'information peut biaiser la détermination du sexe dans l'ensemble de la population. Il est donc nécessaire d'effectuer un suivi régulier et organisé des dauphins guadeloupéens, afin d'optimiser le succès du sexage.

La seconde difficulté porte sur l'existence de deux morphotypes au sein de cette même population, côtier et pélagique. Des différences morphologiques et sociales entre ces morphotypes ont été clairement établies, notamment chez les grands dauphins de l'Atlantique Nord-Est. Les pélagiques présentent en effet un marquage plus important de l'aileron et une organisation sociale différente de celles des côtiers (Oudejans *et al.*, 2015). En conséquence, ces deux morphotypes doivent être considérés comme des communautés distinctes dans le cadre de la gestion et la conservation des grands dauphins. De plus, concernant le morphotype côtier, il n'existe, à l'heure actuelle, aucune information sur d'éventuelles différences morphologiques et comportementales entre les grands dauphins « gris » et les grands dauphins « dos blancs ».

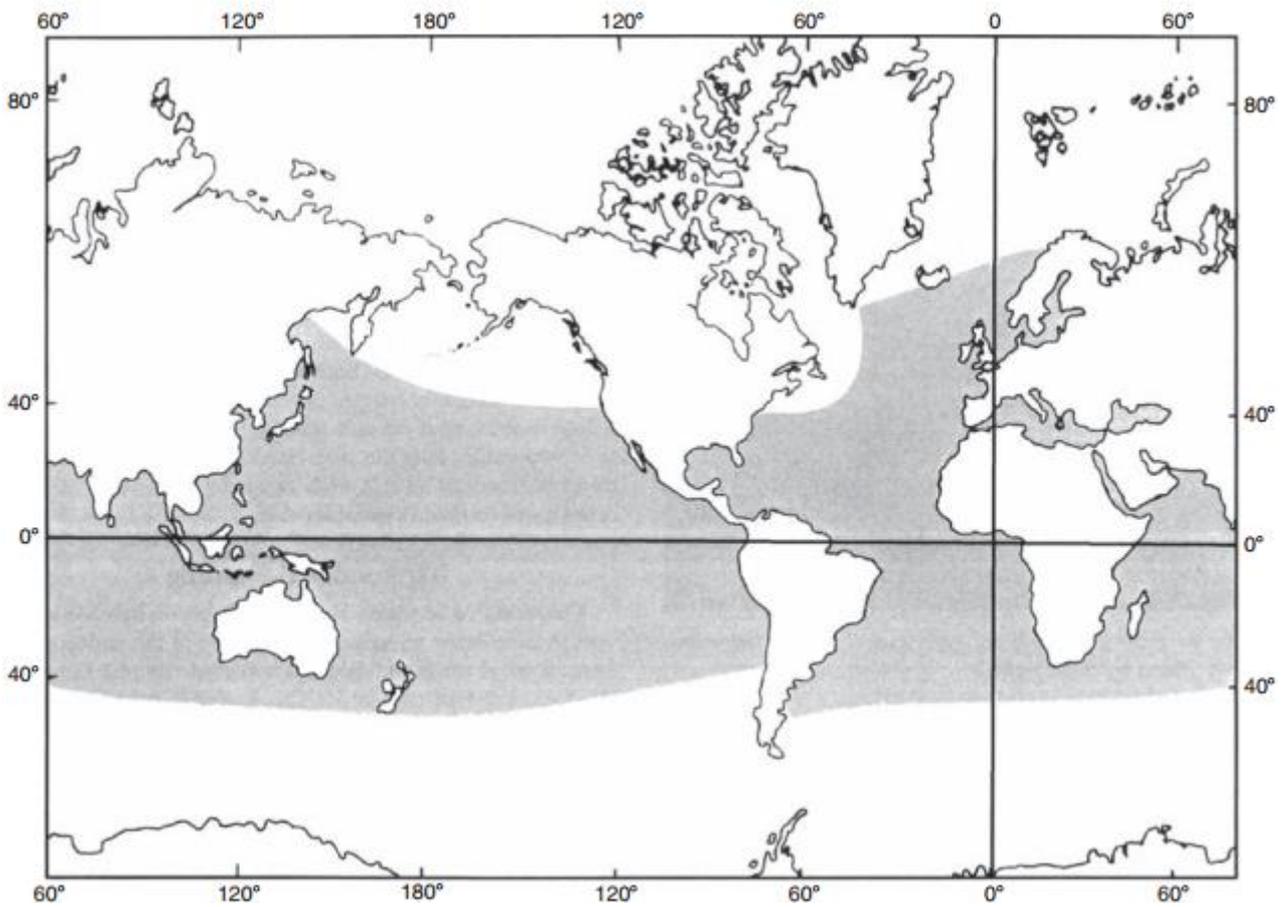
Cette situation complique l'application de la méthode de sexage à l'ensemble de la population car, pour déterminer le sexe des individus, il convient de savoir au préalable à quel morphotype ils appartiennent. Il faut ensuite évaluer si la méthode peut être appliquée à ces derniers ou si elle doit être adaptée à chacun des 3 groupes de grands dauphins guadeloupéens. Il serait alors intéressant de collecter à l'avenir plus de données sur les grands dauphins « dos blancs » et les grands dauphins pélagiques pour pouvoir les comparer avec les grands dauphins « gris ».

## Bibliographie

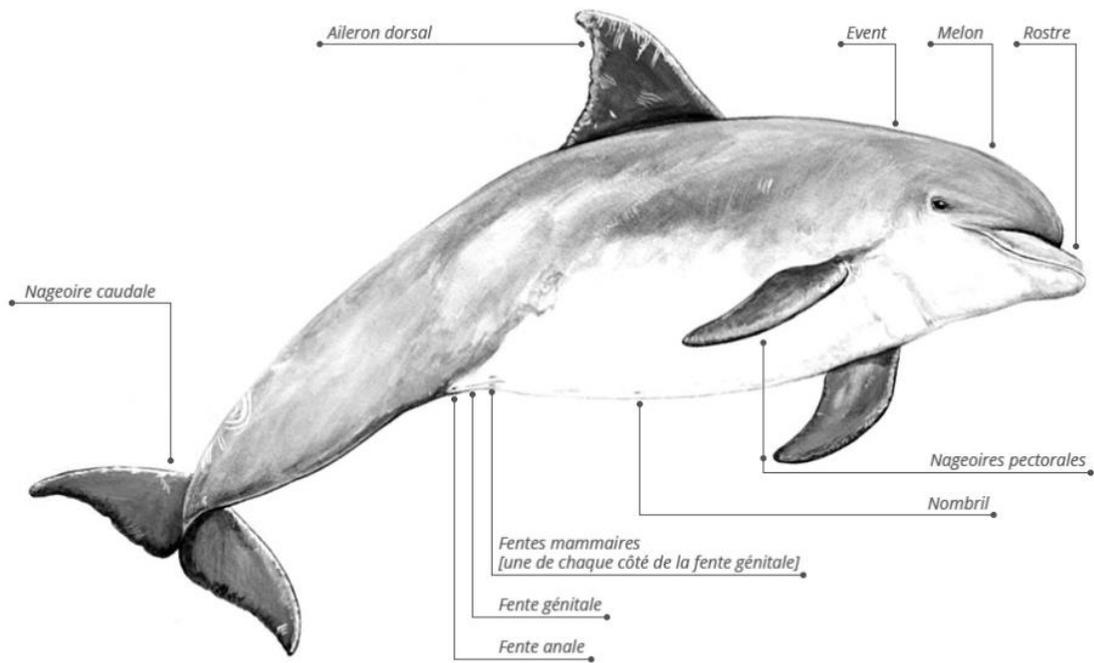
- BEJDER L., SAMUELS A., WHITEHEAD H. & GALES N., 2006. Interpreting short-term behavioural responses to disturbance within a longitudinal perspective. *Animal Behaviour*, 72 : 1149-1158.
- BROUSTAL F., 2015. Comment sexer les grands dauphins ? Validation et variations de la condition d'application d'une méthode de sexage pour les grands dauphins de la mer de la Manche. Rapport de stage de Master 1, UPMC Sorbonne Universités.
- CHILVERS B.L. & CORKERON P.J., 2001. Trawling and bottlenose dolphins' social structure. *Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 268 (1479) : 1901-1905.
- CITES : Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction, 2013. [www.cites.org/fra/app/appendices.php](http://www.cites.org/fra/app/appendices.php)
- COCKCROFT V. G. & ROSS G. J. B., 1989. Observations on the early development of a captive bottlenose dolphin calf. In « The bottlenose dolphin ». S. Leatherwood, and R.R. Reeves, eds. Academic Press, San Diego, CA, 461-478.
- COMMITTEE ON TAXONOMY, 2015. List of marine mammal species and subspecies. Society for Marine Mammalogy, [www.marinemammalscience.org](http://www.marinemammalscience.org), consulted on 27/04/2016.
- CONNOR R. C., SMOLKER R. A & RICHARDS A. F., 1992a. Two levels of alliance formation among male bottlenose dolphins (*Tursiops sp.*). *Proceedings of the National Academy Sciences*, 89 : 987-990.
- CONNOR R. C., SMOLKER R. A & RICHARDS A. F., 1992b. Dolphin alliances and coalitions. In « Coalitions and competition in animals and humans ». Harcourt A.H. & De Wall F.B.M., eds. Oxford Univ. Press, New York and Oxford, 415-442.
- CONNOR, R. C., WELLS, R., MANN, J. & READ, A., 2000. The bottlenose dolphin : social relationships in a fission-fusion society. In « Cetacean Societies : Field Studies of Dolphins and Whales » (Mann J., Connor R. C., Tyack P. L., Witehead H., eds. University of Chicago Press, Chicago, 91-126.
- CORKERON P.J., MORRIS R.J. & BRYDEN M.M., 1987. A note on healing of large wounds in bottlenose dolphins, *Aquatic Mammals*, 13.3 : 96-98.
- CUZANGE P.A., 2011. Les pressions anthropiques s'exerçant dans le sanctuaire pour les mammifères marins aux Antilles françaises (Agoa). Université des Antilles et de la Guyane.
- DIAZ LOPEZ B. & SHIRAI J. A. B., 2008. Marine aquaculture and bottlenose dolphins social structure. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62 : 887-894.
- FELIX F., 1997. Organization and social structure of the coastal bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* in the Gulf de Guayaquil, Ecuador. *Aquatic Mammals*, 23(1) : 1-16.
- GALLY F., 2013. Les grands dauphins sédentaires *Tursiops truncatus* du golfe normand-breton : distribution, estimation et structure sociale de la population entre 2009 et 2013. Diplôme de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes.
- GANDILHON N., 2012. Contribution au recensement des cétacés dans l'archipel de Guadeloupe. Thèse de Doctorat, Université des Antilles et de la Guyane, Guadeloupe, 335 pp + annexes (83 p).
- GIBSON Q. A. & MANN J., 2008a. Early social development in wild bottlenose dolphins: Sex differences, individual variation and maternal influence. *Animal Behaviour*, 76 : 375-387.
- GIBSON Q. A. & MANN J., 2008b. The size, composition and function of wild bottlenose dolphin (*Tursiops sp.*) mother-calf groups in Shark Bay, Australia. *Animal Behaviour*, 76: 389-405.
- HAMMOND P.S., BEARZI G., BJORGE A., FORNEY K.A., KARKZMARSKI L., KASUYA T., PERRIN W.F., SCOTT M.D., WANG J.Y., WELLS R.S. & WILSON B. 2012. *Tursiops truncatus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012 : e.T22563A17347397.
- IWATA H. & UKAI Y., 2002. A computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. *Journal of Heredity*, 93 : 384-385.
- IWC "International Whaling Commission", 1994, "Chairman's report of the forty-fifth annual meeting. Appendix 9. IWC resolution on whalewatching" ; Reports of the International Whaling Commission, vol. 44 : 33-34
- KASCHNER K., TITTENSOR D. P., READY J.; GERRODETTE T. & WORM B., 2011. Current and Future Patterns of Global Marine Mammal Biodiversity. *PLoS ONE* 6 (5) : e19653.
- KATONA S. & WHITEHEAD H., 1988. Are cetacea ecologically important ? *Oceanography and Marine Biology* 26 : 553-568.
- KRUTZEN M., BARRE L. M., MOLLER M. L., HEITHAUS M. R. & SHERWIN W. B., 2002. A biopsy system of small cetaceans : Darting success and wound healing in *Tursiops spp.* *Marine Mammal Science*, 18 : 863-878.
- MANN J. & SMUTS B., 1999. Behavioral development in wild bottlenose dolphin newborns (*Tursiops sp.*). *Behaviour*, 136: 529-566.
- MANN J., CONNOR R. C., BARRE L. M. & HEITHAUS M. R., 2000. Female reproductive success in bottlenose dolphins (*Tursiops sp.*) : life history, habitat, provisioning, and group-size effects. *Behavioral Ecology*, 11(2) : 210-219.
- MARLEY S.A., CHENEY B. & THOMPSON P.M., 2013. Using Tooth Rakes to Monitor Population and Sex Differences in Aggressive Behaviour in Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*). *Aquatic Mammals*, 39(2) : 107-115.
- MCBRIDE A. F. & KRITZLER H., 1951. Observations on pregnancy, parturition, and postnatal behavior in the bottlenose dolphin. *Journal of Mammalogy*, 32(3) : 251-266.
- MEAD J. G. & POTTER C. W., 1990. Natural history of bottlenose dolphins along the central Atlantic coast of the United States. In "The Bottlenose Dolphin". S. Leatherwood and R. R. Reeves, eds. Academic Press, San Diego, 165 - 195.
- OUDEJANS M. G., VISSER F., ENGLUND A., ROGAN E. & INGRAM S.N., 2015. Evidence for Distinct Coastal and Offshore Communities of Bottlenose Dolphins in the North East Atlantic. *PLoS ONE* 10, no. 4 (avr 2015): e0122668. doi:10.1371/journal.pone.0122668.
- PENEL M., 2013. Structure et répartition des populations de grands dauphins de l'archipel guadeloupéen. Mémoire de stage de Master 2, Université des Antilles et de la Guyane, Guadeloupe.
- QGIS Development Team, 2016. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- READ A.J., WELLS R. S., HOHN A. H. and SCOTT M.D., 1993. Patterns of growth in wild bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Journal of Zoology* (London), 231 : 107 - 123
- ROWE L. E. & DAWSON S. M., 2009. Determining the sex of bottlenose dolphins from Doubtful Sound using dorsal fin photographs. *Marine Mammal Science*, 25 : 19-34.
- SCOTT E. M., MANN J., WATSON-CAPPS J. J., SARGEANT B. L. & CONNOR R. C., 2005. Aggression in bottlenose dolphins : Evidence for sexual coercion, male-male competition, and female tolerance through analysis of tooth-rake marks and behaviour. *Behaviour*, 142 : 21-44.
- SHIRIHAI H. & JARETT B., 2007. Guide des mammifères marins du monde. Delachaux et Niestlé: 155-159
- SICILIANO S., RAMOS R., DI BENEDETTO A., SANTOS M., FRAGOSO A., BRITO Jr. J., AZEVEDO A., VICENTE A., ZAMPIROLI E., ALVARENGA F., BARBOSA L. & LIMA, N., 2007. Age and growth of some delphinids in south-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.*, 87: 293-303.
- STANTON M. A., GIBSON Q. A. & MANN J., 2011. When mum's away: a study of mother and calf ego networks during separations in wild bottlenose dolphins (*Tursiops sp.*). *Animal Behaviour*, 82: 405-412.
- SUTHERLAND W.J., 1998. The importance of behavioural studies in conservation biology. *Animal Behaviour*, 56: 801-809.
- TOLLEY K. A., READ A. J., WELLS R. S., URIAN K. W., SCOTT M. D., IRVINE A. B. & HOHN A. A., 1995. Sexual dimorphism in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from Sarasota, Florida. *Journal of Mammalogy* 76 : 1190-1198.
- WELLS R. S., 2003. Dolphin social complexity: Lessons from long-term study and life history . In " Animal Social Complexity: Intelligence, Culture, and Individualized Societies". DE WAAL F. B. M. & TYACK P. L., eds. Harvard University Press , Cambridge, pp. 32 - 56.
- WELLS R. S. & SCOTT M. D., 1990. Estimating bottlenose dolphin population parameters from individual identification and capture-release techniques. *Science*, 4(2) : 154-162.
- WELLS R. S. & SCOTT M. D., 1999. Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). In: S. H. Ridgway and R. Harrison (eds), *Handbook of marine mammals, Vol. 6: The second book of dolphins and the porpoises*, pp. 137-182. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- WILSON B., HAMMOND P. S. & THOMPSON P. M., 1999. Estimating size and assessing trends in a coastal bottlenose dolphin population. *Ecological Applications*, 9(1) : 288-300.
- WILSON B., THOMPSON P. M. & HAMMOND P. S., 1997. Skin lesions and physical deformities in bottlenose dolphins in the Moray Firth : Population prevalence and age-sex differences. *Ambio*, 26 : 243-247.
- WÜRSIG B. & JEFFERSON T. A., 1990. Methods of photo-identification for small cetaceans. Hammond P.S., Mizroch S.A., and Donovan G.P. (eds). Report of the International Whaling Commission, Special Issue, 12 : 43-52.

## **Table des annexes**

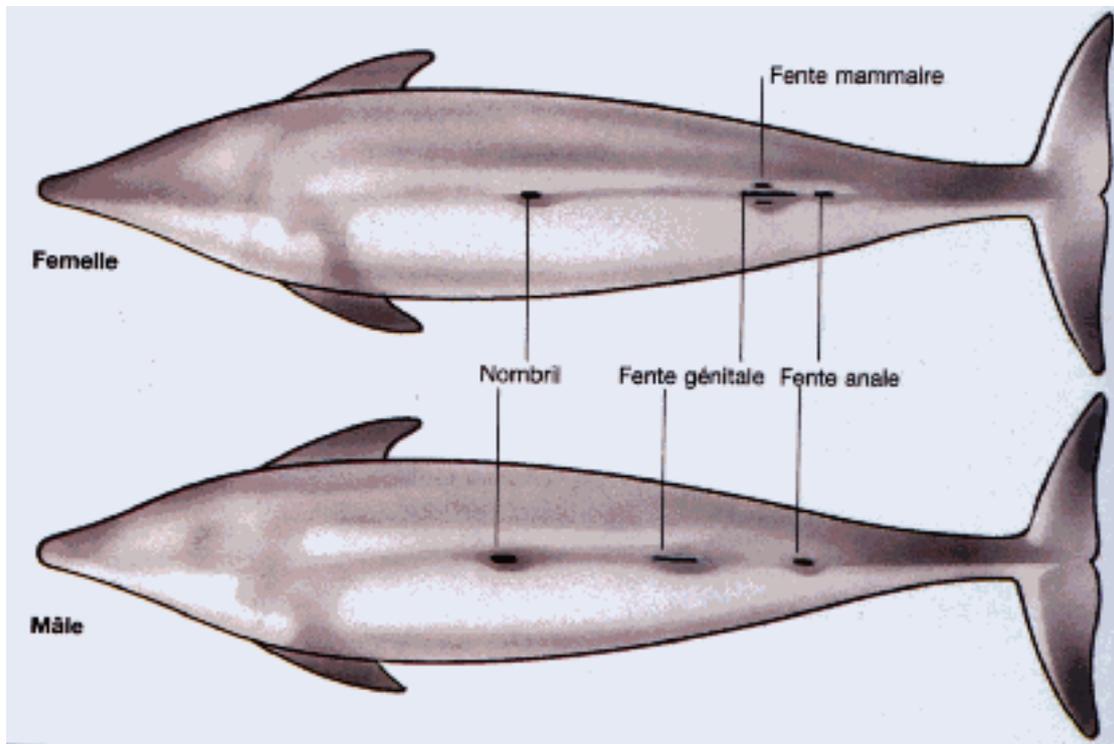
Annexe 1 : Carte de la zone de distribution du grand dauphin .....	14
Annexe 2 : Description morphologique d'une femelle grand dauphin .....	15
Annexe 3 : Dimorphisme sexuel au niveau des parties génitales du grand dauphin .....	15
Annexe 4 : Carte du sanctuaire AGOA (2014) .....	16
Annexe 5 : Détails de l'échantillon d'individus sexés de la population de grands dauphins guadeloupéens. ....	17
Annexe 6 : Résultats de la méthode de sexage élaborée par le GECC sur les grands dauphins sexés de la population du golfe normand-breton (Broustal, 2015) .....	18
Annexe 7 : Distribution du pourcentage d'association partielle en fonction du sexe des grands dauphins sexés du golfe normand-breton (Broustal, 2015).....	18



**Annexe 1 : Carte de la zone de distribution du grand dauphin**  
*Crédit : Wells & Scott (1999)*



**Annexe 2 : Description morphologique d'une femelle grand dauphin**  
*Crédit : Chloé Yzoard (gecc-normandie.org)*



**Annexe 3 : Dimorphisme sexuel au niveau des parties génitales du grand dauphin**  
*Crédit : échodudauphin.com*



**Annexe 5 : Détails de l'échantillon d'individus sexés de la population de grands dauphins guadeloupéens.**

<i>Individu</i>	<i>Sexe vrai</i>	<i>Classe d'âge</i>	<i>Association réelle</i>	<i>Photo de groupe</i>	<i>Photo avec nouveau-né</i>	<i>Association partielle</i>	<i>Indice du niveau de marquage</i>
<i>antenne</i>	M	A	0	13	0	0,0%	2
<i>camus</i>	M	SA	0	18	0	0,0%	1.5
<i>carpat</i>	M	SA	0	14	0	0,0%	1.5
<i>cassiopée</i>	F	A	0	3	1	/	1.5
<i>chinois</i>	M	A	0	48	0	0,0%	3
<i>doliprane</i>	F	J	0	13	0	0,0%	1
<i>éclair</i>	M	J	0	7	0	/	2
<i>galoche</i>	F	A	1	54	16	29,6%	1.5
<i>gueule cassée</i>	M	A	0	13	0	0,0%	3
<i>hydric</i>	F	A	0	14	1	7,1%	2
<i>jojo</i>	F	SA	0	21	1	4,8%	2.5
<i>lancelot</i>	M	A	0	54	0	0,0%	3
<i>lassie</i>	M	A	0	55	2	3,6%	3.5
<i>madonne</i>	F	A	0	2	1	/	2
<i>nelson</i>	M	A	0	22	1	4,5%	2.5
<i>papillon</i>	M	A	0	23	1	4,3%	3
<i>pastille</i>	F	J	0	2	1	/	1.5
<i>pso</i>	M	J	0	2	1	/	1.5
<i>queue échanquée</i>	F	A	1	79	26	32,9%	2
<i>rocio</i>	M	SA	0	31	0	0,0%	3
<i>santos</i>	M	J	0	17	1	5,9%	1
<i>saturnin</i>	M	SA	0	16	0	0,0%	2.5
<i>tache noire</i>	F	A	1	49	15	30,6%	1.5
<i>vangogh</i>	M	A	0	54	3	5,6%	2.5
<i>villon</i>	F	A	1	25	8	32,0%	2
<i>zig zag</i>	M	SA	0	15	0	0,0%	1.5
<i>zou</i>	M	J	0	2	0	/	1

**Légende :**

*Sexe* : M = Mâle ; F = Femelle

*Classe d'âge* : J = Juvénile ; SA = Sub-adulte ; A = Adulte

*Association réelle* : 0 = Pas d'association observé ; 1 = Association avec un nouveau-né sur deux photos ne se suivant pas

*Pourcentage d'association partielle* : Nombre de photo où l'individu est observé avec un nouveau-né sur le nombre de photos où l'individu est observé avec 1 ou + grands dauphins

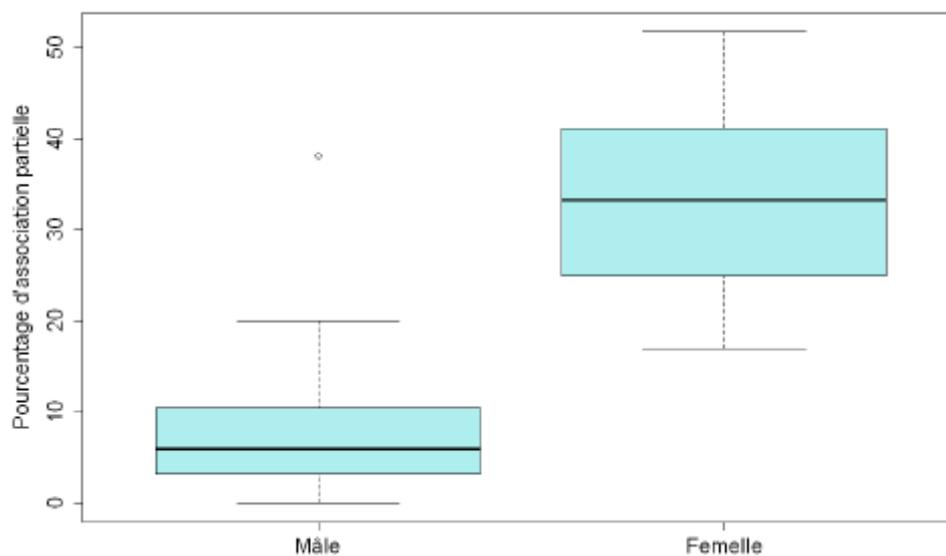
*Indice du niveau de marquage* : Moyenne du niveau d'encoche et du niveau de griffure sur l'aile d'un grand dauphin

**Annexe 6 : Résultats de la méthode de sexage élaborée par le GECC sur les grands dauphins sexés de la population du golfe normand-breton (Broustal, 2015)**

<i>Indicateurs (avec seuil)</i>	<i>Taux de succès</i>	<i>Taux de vrais mâles</i>	<i>Taux de vraies femelles</i>	<i>Taux de succès corrigé</i>
<i>Association réelle</i>	1	NA	1	(1)
<i>Indice du niveau de marquage (2,5)</i>	0,714	0,689	0,813	0,751
<i>Pourcentage d'association partielle (20%)</i>	0,944	0,966	0,846	0,906
<i>Combinaison</i>	0,986	0,982	1	0,991

Détails de la population: 77 individus identifiés entre 2004 et 2014 et sexés par le GECC

- Sexe : 61 mâles et 16 femelles
- Classe d'âge : 62 adultes et 15 sub-adultes



**Annexe 7 : Distribution du pourcentage d'association partielle en fonction du sexe des grands dauphins sexés du golfe normand-breton (Broustal, 2015)**

## Résumé

Le grand dauphin, *Tursiops truncatus*, est un prédateur supérieur qui joue un rôle important dans l'équilibre des écosystèmes marins. Afin de déterminer les plans de gestion pour cette espèce, il est essentiel de définir les paramètres démographiques et la structure sociale pour chaque population. Ces données sont liées au sexe des individus, difficile à déterminer sur le terrain. C'est pourquoi une méthode de sexage a été élaborée par le GECC sur la population du golfe normand-breton. Reposant sur l'étude de photographies d'ailerons de grands dauphins, cette méthode est basée sur l'existence d'un dimorphisme sexuel au niveau de la nageoire dorsale et sur les associations entre femelles et jeunes.

Cette méthode a été testée et appliquée avec succès à la population de grands dauphins guadeloupéens. Par la suite, pour plus de précisions, les seuils des indicateurs de la méthode de sexage ont été redéfinis en fonction des caractéristiques morphologiques et sociales de la population de l'archipel guadeloupéen. Ainsi, la méthode de sexage est plus efficace quand elle est adaptée à la population étudiée.

*Mots clés* : Caraïbes, Guadeloupe, grand dauphin, *Tursiops truncatus*, détermination du sexe, photo-identification, dimorphisme sexuel, structure sociale

## Abstract

The bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, is a top-predator which plays an important role in the balance of marine ecosystems. To determine the management plans for this species, it is essential to define the demographic parameters and the social structure for each population. These data are linked to the sex of the individuals, hard to determine on the ground. That is why a sexing method has been developed by GECC for the population of the Norman-Breton gulf. Resting on the study of bottlenose dolphin fins photographs, this method is based on the existence of sexual dimorphism at the dorsal fin and on the associations between females and youth.

This method has been tested and applied with success on the guadeloupean bottlenose dolphins. Thereafter, for more accuracy, the indicator thresholds has been redefined according to the morphological and social characteristics of the guadeloupean population. Thereby, the sexing method is most effective when it is adapted to the studied population.

*Keywords* : Caribbean, Guadeloupe, bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, sex determination, photo-identification, sexual dimorphism, social structure