VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2016 - Thèse n° 078

PREMIERE ETUDE DES POPULATIONS DE BALEINES A BOSSE DE LA REGION NORD-OUEST DE MADAGASCAR

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 4 novembre 2016
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

DURET Mylène
Née le 1er février 1989
à *Roanne (42)*

VETAGRO SUP
CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2016 - Thèse n° 078

PREMIERE ETUDE DES POPULATIONS DE BALEINES A BOSSE DE LA REGION NORD-OUEST DE MADAGASCAR

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 4 novembre 2016
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

DURET Mylène
Née le 1er février 1989
à *Roanne (42)*

LISTE DES ENSEIGNANTS DU CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Mise à jour le 09 juin 2015

Civilité	Nom	Prénom	Unités pédagogiques	Grade
M.	ALOGNINOUWA	Théodore	UP Pathologie du bétail	Professeur
M.	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	UP Gestion des élevages	Maître de conférences
Mme	ARCANGIOLI	Marie-Anne	UP Pathologie du bétail	Maître de conférences
M.	ARTOIS	Marc	UP Santé Publique et Vétérinaire	Professeur
M.	BARTHELEMY	Anthony	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Maître de conférences Contractuel
Mme	BECKER	Claire	UP Pathologie du bétail	Maître de conférences
Mme	BELLUCO	Sara	UP Pathologie morphologique et clinique des animaux de compagnie	Maître de conférences
Mme	BENAMOU-SMITH	Agnès	UP Equine	Maître de conférences
M.	BENOIT	Etienne	UP Biologie fonctionnelle	Professeur
M.	BERNY	Philippe	UP Biologie fonctionnelle	Professeur
Mme	BERTHELET	Marie-Anne	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Maître de conférences
Mme	BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	UP Biologie fonctionnelle	Professeur
Mme	BOULOCHER	Caroline	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Maître de conférences
M.	BOURDOISEAU	Gilles	UP Santé Publique et Vétérinaire	Professeur
M.	BOURGOIN	Gilles	UP Santé Publique et Vétérinaire	Maître de conférences
M.	BRUYERE	Pierre	UP Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Maître de conférences
M.	BUFF	Samuel	UP Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Maître de conférences
M.	BURONFOSSE	Thierry	UP Biologie fonctionnelle	Professeur
M.	CACHON	Thibaut	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Maître de conférences
M.	CADORE	Jean-Luc	UP Pathologie médicale des animaux de compagnie	Professeur
Mme	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	UP Santé Publique et Vétérinaire	Maître de conférences
M.	CAROZZO	Claude	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Maître de conférences
M.	CHABANNE	Luc	UP Pathologie médicale des animaux de compagnie	Professeur
Mme	CHALVET-MONFRAY	Karine	UP Biologie fonctionnelle	Professeur
M.	COMMUN	Loic	UP Gestion des élevages	Maître de conférences
Mme	DE BOYER DES ROCHES	Alice	UP Gestion des élevages	Maître de conférences
Mme	DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	UP Biologie fonctionnelle	Professeur
M.	DEMONT	Pierre	UP Santé Publique et Vétérinaire	Professeur
Mme	DESJARDINS PESSON	Isabelle	UP Equine	Maître de conférences Contractuel
Mme	DJELOUADJI	Zorée	UP Santé Publique et Vétérinaire	Maître de conférences
Mme	ESCRIOU	Catherine	UP Pathologie médicale des animaux de compagnie	Maître de conférences
M.	FAU	Didier	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Professeur
Mme	FOURNEL	Corinne	UP Pathologie morphologique et clinique des animaux de compagnie	Professeur
M.	FREYBURGER	Ludovic	UP Santé Publique et Vétérinaire	Maître de conférences
M.	FRIKHA	Mohamed-Ridha	UP Pathologie du bétail	Maître de conférences
Mme	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	UP Santé Publique et Vétérinaire	Professeur
M.	GONTHIER	Alain	UP Santé Publique et Vétérinaire	Maître de conférences
Mme	GRAIN	Françoise	UP Gestion des élevages	Professeur
M.	GRANCHER	Denis	UP Gestion des élevages	Maître de conférences
Mme	GREZEL	Delphine	UP Santé Publique et Vétérinaire	Maître de conférences
M.	GUERIN	Pierre	UP Biotechnologies et pathologie de la reproduction	Professeur
Mme	HUGONNARD	Marine	UP Pathologie médicale des animaux de compagnie	Maître de conférences
M.	JUNOT	Stéphane	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Maître de conférences
M.	KECK	Gérard	UP Biologie fonctionnelle	Professeur
M.	KODJO	Angeli	UP Santé Publique et Vétérinaire	Professeur
Mme	LAABERKI	Maria-Halima	UP Santé Publique et Vétérinaire	Maître de conférences
M.	LACHERETZ	Antoine	UP Santé Publique et Vétérinaire	Professeur
Mme	LAMBERT	Véronique	UP Gestion des élevages	Maître de conférences
Mme	LATTARD	Virginie	UP Biologie fonctionnelle	Maître de conférences
Mme	LE GRAND	Dominique	UP Pathologie du bétail	Professeur
Mme	LEBLOND	Agnès	UP Santé Publique et Vétérinaire	Professeur
Mme	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	UP Equine	Maître de conférences
M.	LEPAGE	Olivier	UP Equine	Professeur
Mme	LOUZIER	Vanessa	UP Biologie fonctionnelle	Maître de conférences
M.	MARCHAL	Thierry	UP Pathologie morphologique et clinique des animaux de compagnie	Professeur
M.	MOUNIER	Luc	UP Gestion des élevages	Maître de conférences
M.	PEPIN	Michel	UP Santé Publique et Vétérinaire	Professeur
M.	PIN	Didier	UP Pathologie morphologique et clinique des animaux de compagnie	Maître de conférences
Mme	PONCE	Frédérique	UP Pathologie médicale des animaux de compagnie	Maître de conférences
Mme	PORTIER	Karine	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Maître de conférences
Mme	POUZOT-NEVORET	Céline	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Maître de conférences
Mme	PROUILLAC	Caroline	UP Biologie fonctionnelle	Maître de conférences
Mme	REMY	Denise	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Professeur
Mme	RENE MARTELLET	Magalie	UP Santé Publique et Vétérinaire	Maître de conférences stagiaire
M.	ROGER	Thierry	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Professeur
M.	SABATIER	Philippe	UP Biologie fonctionnelle	Professeur
M.	SAWAYA	Serge	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Maître de conférences
M.	SCHRAMME	Serge	UP Equine	Professeur associé
Mme	SEGARD	Emilie	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Maître de conférences Contractuel
Mme	SERGENTET	Delphine	UP Santé Publique et Vétérinaire	Maître de conférences
Mme	SONET	Juliette	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Maître de conférences Contractuel
M.	THIEBAULT	Jean-Jacques	UP Biologie fonctionnelle	Maître de conférences
M.	TORTEREAU	Antonin	UP Pathologie morphologique et clinique des animaux de compagnie	Maître de conférences stagiaire
M.	VIGUIER	Eric	UP Anatomie Chirurgie (ACSAI)	Professeur
Mme	VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	UP Pathologie morphologique et clinique des animaux de compagnie	Maître de conférences Contractuel
M.	ZENNER	Lionel	UP Santé Publique et Vétérinaire	Professeur

Remerciements

A Madame le Professeur Elvire SERVIEN,

De la faculté de Médecine de Lyon,

Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse.

Hommage respectueux.

A Monsieur le Professeur Philippe BERNY,

De VetAgro Sup campus vétérinaire de Lyon,

Pour avoir accepté de me soutenir dans ce projet,

Pour vos précieux conseils et votre disponibilité,

Sincère et profonde reconnaissance.

A Monsieur le Professeur Michel PEPIN,

De VetAgro Sup campus vétérinaire de Lyon,

Pour avoir accepté d'être membre de ce jury de thèse,

Sincère reconnaissance.

A l'association Cétamada,

Je pense sincèrement à toute votre équipe en ces moments si difficiles.

Et en particulier à Anjara SALOMA,

Qui m'a offert l'opportunité de réaliser une superbe étude,

Qui m'a fait découvrir son magnifique pays.

A l'hôtel Antsanitia Resort,

A tous son personnel qui m'a si bien accueillie et m'a permis de m'initier à la culture malgache.

A la société Antsapêche,

A Vincent et Dominique

Qui m'ont permis de réaliser des sorties en mer,

Qui m'ont fait partager leur amour pour l'océan et toute la faune qui y vit.

A toutes ces baleines à bosse que j'ai pu rencontrer,

Merci de m'avoir procuré tant de bonheur rien qu'à vous observer.

Misaotra.

Table des matières

Table des figures 9

Table des tableaux 11

Liste des acronymes 13

Introduction.. 15

Partie 1 : Présentation de la baleine à bosse *Megaptera novaeangliae*

I.La baleine à bosse, *Megaptera novaeangliae* 17

A. Classification 17

1.Taxonomie 17

2.Phylogénie 18

B. Caractéristiques anatomiques et physiologiques 21

1.Morphologie 21

2.Particularités 25

C. Alimentation 29

D. Reproduction 30

E. Communication 33

1.Le chant 33

2.Le comportement 34

II.Deux hémisphères, deux populations 35

A. Evolution de la population et statut actuel 35

B. Répartition géographique 36

C. Migration 38

D. Orientation 39

E. Organisation sociale et habitat 39

F. Menaces 40

1.Impact anthropogénique 40

2.Menaces biologiques 42

3.Menaces potentielles 44

G. Mesures mises en place pour la sauvegarde 45

III.Zoom sur les baleines à bosse de l'hémisphère sud 45

A. Les différents stocks de l'hémisphère sud 45

B. Les différentes sous-populations du stock C 49

1.La sous-population C1 51

2.La sous-population C2 52

3.La sous-population C3 53

4.La sous-population C4 54

Partie 2 : Recensement de la population C dans la zone Nord-Ouest de Madagascar

I.Présentation du projet 57

A. L'association Cétamada 57

B. La zone d'étude : Majunga 58

C. Les objectifs de l'étude 59

II.Matériels et méthodes 60

A. Description 60

B. Outils 60

III.Résultats..... 63

A. Données récoltées du 16 juillet au 10 août 2014 63

B. Photo-identification année 2013 70

IV.Discussion 71

A. Synthèse 71

1.Campagne 2014 71

2.Comparaison entre les années 2013, 2014 et 2015 73

3.Comparaison des différentes zones de Madagascar 73

B. Autres méthodes pour l'identification, importance de la génétique 74

C. Lien avec la zone C2 78

Conclusion..... 83

Bibliographie..... 85

Table des figures

Figure 1 : Arbre phylogénétique des cetartiodactyles. On remarque la parenté des cétacés avec les hippopotames (modifié à partir de Montgelard et al., 1997) 17
Figure 2 : Les différents genres de cétacés selon leur sous-ordre (Morello, n.d.) 18
Figure 3 : *Pakicetus inachus* (wikipedia, 2015) 19
Figure 4 : *Ambulocetus natans* (De Muizon, 2009) 19
Figure 5 : Dorudon (Drinnon, 2013) 20
Figure 6 : Anatomie de la tête d'un dauphin afin de localiser le melon (Brunet et Bablon, 2007) 20
Figure 7 : Morphologie de la baleine à bosse (Cétamada, 2004) 22
Figure 8 : Différenciation mâle (à gauche) et femelle (à droite), (modifiée à partir de Cétamada, 2004) 24
Figure 9 : Le comportement latéralisé a été démontré grâce aux ECG. Des enregistrements sur des dauphins ont été réalisés sur les deux hémisphères (1-droit, 2-gauche) et sur les deux hypothalamus (3-droit, 4-gauche). Lorsque l'animal est en veille (A), on remarque qu'alternativement une partie du cerveau est au repos, à gauche (B) et à droite (C), (Lyamin et al., 2008) 27
Figure 10 : Les différents procédés afin de maintenir la température corporelle et cérébrale, (modifié à partir de Lyamin et al., 2008) 28
Figure 11 : Krill Euphausia superba, (site internet conseils-experts-sante.fr) 30
Figure 12 : Frappé de pectorale (à gauche) et saut (à droite) d'une baleine à bosse (Source personnelle) 34
Figure 13: Répartition mondiale des baleines à bosse (Rollin et Debus, 1992) 37
Figure 14 : Présence de Coronula sur la tête d'une baleine à bosse (Cétamada, 2014) 42
Figure 15 : Squalelet féroce (wikipédia) 43
Figure 16 : Répartition de la population de l'hémisphère Sud. En rose, les zones d'alimentation (modifié à partir de Findlay et al., 2009) 46
Figure 17 : Distribution des zones d'alimentation. Les cercles de la périphérie au centre représentent le modèle NAIVE et trois variantes du modèle Core (1, 2 et 3). Les lignes sont les hypothétiques limites des aires (Loo et al., 2008) 47
Figure 18 : Répartition des aires d'alimentation selon les modèles CORE et FRINGE (Findlay et al., 2009) 47
Figure 19 : Répartition des différentes sous-populations de la zone C (Cerchio et al., 2013) 49
Figure 20 : Géographie de la côte est de l'Afrique du Sud (Findlay et al., 2011) 51
Figure 21 : Géographie de la zone de l'archipel des Comores (Kiszka et al., 2010) 52
Figure 22 : Carte de Madagascar (Cerchio et al., 2009) 53

Figure 23 : Géographie de l'île de La Réunion (Riou, 2009) 54
Figure 24 : Répartition du type de population fréquentant La Réunion suivant le mois (Dulau-drouot et al., 2012) 55
Figure 25 : Méthode d'approche des baleines (Cétamada, 2004) 58
Figure 26 : Carte de Madagascar (modifiée à partir de Cétamada, 2004) 59
Figure 27 : Bathymétrie de la zone de Majunga (http://tatsimo.blogspot.fr) 59
Figure 28 : Echelle du beaufort (Cétamada, 2013) 61
Figure 29 : Grille de notation pour classer les caudales selon la part de noir et blanc (à gauche) 62
Figure 30 : Nombre d'heures en mer et nombre d'observations selon le type de sortie. 63
Figure 31 : Nombre total d'individus rencontré selon le type de groupe. 64
Figure 32 : Nombre d'observations selon le moment de la journée et le type de groupe. 65
Figure 33 : Répartition du nombre d'observations en fonction du mois et du type de groupe. 65
Figure 34 : Nombre d'observations selon le type d'individu et la semaine. 66
Figure 35 : Cartographie des points GPS selon le type d'individus (réalisée à partir de Google Maps). 67
Figure 36 : A gauche cartographie indiquant les zones de rencontres (cercle rouge) avec l'individu (1 = 1ère rencontre, 2 = 2ème rencontre), à droite Photographie de sa dorsale (type 3) avec sa robe caractéristique et de sa caudale (type 1); (Source personnelle) 68
Figure 37 : A gauche cartographie indiquant les zones de rencontre (cercle jaune) avec l'individu (1 = 1ère rencontre, 2= 2ème rencontre), à droite Photographie de sa dorsale (type 5) et de sa caudale (type 3); (Source personnelle) 68
Figure 38 : Souffle permettant le repérage des baleines à bosse (source personnelle) 69
Figure 39 : Crevette prélevée lors d'une sortie 69
Figure 40 : Nombre total d'individus rencontré selon le type de groupe. 70
Figure 41 : Répartition des observations selon le type de groupe et le mois. 71
Figure 42 : Autre classement pour les nageoires caudales (Cétamada) 75
Figure 43 : Equipe de Cétamada lors de prélevement de tissu cutané. 76
Figure 44 : Pose d'une balise Argos (Cétamada, 2014) 77
Figure 45 : Pose d'un hydrophone qui réalise des enregistrements 24h/24 (Site internet Cétamada) ... 78
Figure 46 : Trajet de Mongomé (à gauche) et de Leïa (à droite), (Kohl, 2013) 79
Figure 47 : Parcours de Sea Blue (étoile = zone de déploiement de la balise, losange = fin de l'enregistrement), (Kohl, 2013) 80

Table des tableaux

Tableau 1 : Comparaison mysticètes et odontocètes (source personnelle) 21
Tableau 2 : Taille des individus en fonction de l'âge, selon le rapport scientifique sur les expéditions baleinières de 1949 et 1950 autour de Madagascar (Angot, 1951)..... 21
Tableau 3 : Estimation de la taille des différentes populations (CBI) 36
Tableau 4 : Répartition des aires de reproduction (Source personnelle) 46
Tableau 5 : Répartition des différents stocks d'alimentation en lien avec la figure 17. N = Nombre d'individus (Loo et al., 2008) 47
Tableau 6 : Echelle de l'état du ciel (Saloma, 2013) 61
Tableau 7: Données concernant les différents sorties. 64
Tableau 8 : Nombre d'observation selon le nombre d'individus et le type de groupe. 65
Tableau 9 : Résultats concernant les observations en 2013, 2014 et 2015 au niveau du canal Sainte-Marie. 73

Liste des acronymes

ADN : Acide DésoxyRibonucléique

CBI (IWC) : Commission Baleinière Internationale (International Whaling Commission)

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane

HWWC : Humpback Wales World Congres (Congrès international des baleines à bosse)

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PCB : Polychlorobiphényles

Introduction

Depuis de nombreuses années, l'Homme épuise les ressources mises à disposition par la nature. Les baleines à bosse n'ont pas été épargnées. Elles ont été chassées en priorité pour leur graisse. Cette dernière permet de produire de l'huile en grande quantité qui est ensuite utilisée pour tout type de produits (margarine, rouge à lèvre, vernis, colle, antibiotiques,…). Les fanons eux permettaient de fabriquer les baleines de soutien-gorge.

Les battues étaient d'abord organisées sur des petites embarcations puis suite au développement industriel du XIXème siècle, de vrais navires baleiniers ont vu le jour. Cette tuerie à grande échelle à conduit à une diminution massive du stock de baleine à bosse.

C'est seulement à l'aube de leur extinction que l'Homme a réagi. Des organismes de protections, telle que la Commission Baleinière Internationale, ont mis en place des sanctuaires. Ainsi une réglementation a été établie concernant la chasse à la baleine. Grâce à ces mesures, la plupart de ces mégaptères ne sont aujourd'hui plus en danger.

Ces géants des mers sont des êtres exceptionnels. Ils réalisent la plus longue migration du règne animal. Afin de faire naître leur petit dans des eaux chaudes, ils sont capables de parcourir plus de 8000 km en 6 mois. En plus de veiller sur leurs semblables, ces individus luttent pour protéger différents animaux marins contre les attaques d'orques. En intervenant lors des phases de prédation, ils montrent aussi aux orques leur force et les dissuadent de s'attaquer à leur progéniture. Cette relation avec les orques est particulière : compagnon de route parfois et prédateur dans d'autres circonstances. Ces comportements ne sont pas encore totalement compris mais de par l'étude globale des cétacés nous savons qu'il existe des interactions intra et interspécifiques.

Afin de dénombrer la population et de mieux connaitre la physiologie et les raisons des migrations, de nombreuses études ont été réalisées. L'essor du « whale-watching » a permis le développement de l'écotourisme. Cette forme de financement pour la recherche est beaucoup plus rentable que les études réalisées par le Japon nécessitant la mise à mort de l'individu.

La CBI a défini 7 aires de reproduction dans l'hémisphère Sud. L'Océan Indien accueille les baleines à bosse du stock C.

A Madagascar, l'association Cétamada œuvre pour la protection de la faune marine et notamment des baleines à bosse. Ils jouent aussi un rôle important pour le développement économique et culturel de l'île Sainte-Marie. Les études sur les cétacés sont essentiellement réalisées dans cette zone. La commission scientifique essaie cependant de développer l'activité sur la grande île de Madagascar.

Comme c'est le cas pour Majunga. Depuis 2013, une entente est faite entre Cétamada, l'hôtel Antsanitia Resort (accueil des écovolontaires scientifiques) et la société Antsapêche (sortie en mer).
De nombreuses études ont déjà été réalisées pour comprendre les migrations de l'hémisphère Nord mais encore trop peu de données sont synthétisées pour l'hémisphère Sud. C'est pour cette raison que l'association a créé en 2014 le premier congrès international des baleines à bosse (HWWC) afin de regrouper et de partager les données scientifiques. Cétamada souhaite approfondir les connaissances sur les baleines à bosse afin de protéger au mieux ces mammifères marins.

Lors de la saison 2014, une étude permettant la collecte de données a été mise en place pendant quatre semaines à Majunga. Le premier recensement a ainsi été fait au niveau de cette zone. Le but de l'étude est de déterminer si une population est présente, le type de population et son rôle.

De cette étude est née cette réflexion. Dans une première partie, l'espèce *Megaptera novaeangliae* sera décrite à travers sa place dans le règne animal et son évolution morphologique lui permettant de devenir un incroyable mammifère marin. La synthèse des études déjà réalisées permettront de découvrir sa physiologie et son mode de vie. Un point sur le statut actuel des deux hémisphères sera fait avant de réaliser un focus sur l'hémisphère Sud et notamment sur le stock C. Puis dans une seconde partie, nous présenterons la première étude au niveau de la zone de Majunga.

Partie 1 : Présentation de la baleine à bosse *Megaptera novaeangliae*

I. La baleine à bosse, *Megaptera novaeangliae*

A. Classification

1. Taxonomie

La baleine à bosse ou *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781), est un **mammifère**. En effet, elle possède un squelette, régule sa température et respire avec des poumons. A la naissance, le baleineau est complètement formé et sa mère l'allaite. Ses **nageoires pectorales sont très longues** d'où son nom de *Megaptera* (en grec, « *Mega* » = grande et « *ptera*» = aile). *Novaeangliae* signifie **Nouvelle-Angleterre**, zone où elle a été nommée pour la première fois.

L'histoire évolutive des cétacés (Montgelard et al., 1997) a permis d'établir un nouveau **super-ordre** (selon CBI), celui des **cetartiodactyles** *(*Figure 1*),* dont la principale particularité est de posséder un nombre pair de doigts. On retrouve l'ordre des **cétacés** du grec *Ketos* (gros poisson ou baleine).

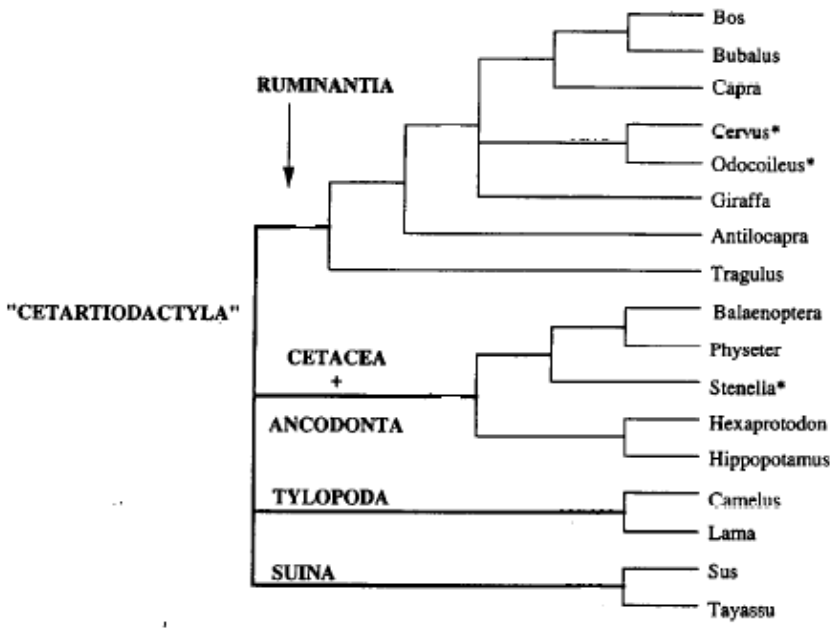

Figure 1 : Arbre phylogénétique des cetartiodactyles. On remarque la parenté des cétacés avec les hippopotames (modifié à partir de Montgelard et al., 1997)

Deux sous ordres existent, les odontocètes du grecs *odous* (dent), qui n'ont qu'un seul évent et ont des dents et les mysticètes du grecs *mustax* (moustache) possédant deux évents et des fanons au niveau de la mâchoire supérieure. Les baleines sont donc des mysticètes *(*Figure 2*)*.

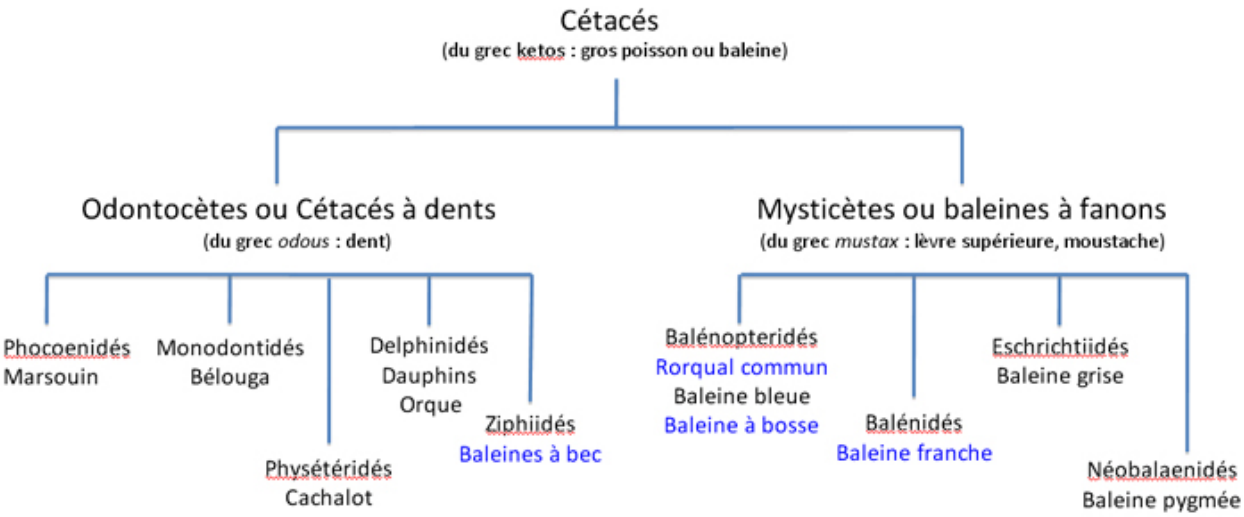

Figure 2 : Les différents genres de cétacés selon leur sous-ordre (Morello, n.d.)

La baleine à bosse appartient à la **famill**e des **Balenopteridés** au même titre que les rorquals (Morello, n.d.).

2. Phylogénie

Le squelette de la baleine ne trompe pas concernant sa ressemblance avec les mammifères terrestres. Ses membres, bien que transformés en palettes natatoires, sont constitués d'un humérus, d'un radius, d'un carpe et de quatre doigts. En 1991, c'est à l'aide de la **phylogénie moléculaire**, lors de comparaison de la séquence d'ADN mitochondriale du **gène du cytochrome b** des cétacés que l'on a pu démontrer la **parenté avec les artiodactyles** (De Muizon, 2009). C'est après que la paléontologie a montré que l'astragale ou le talus, os du tarse, formé d'une double poulie caractéristique des artiodactyles était aussi présent chez les cétacés.

Pour comprendre cette évolution, il faut retourner 50 millions d'années en arrière (Colombani and Kleiner, 2009). C'est à cette époque que vivait le ***Pakicetus inachus*** *(*Figure 3*)*, ancêtre commun des cétacés. Cet animal aux mœurs semi-aquatique était doté d'une particularité au niveau de l'oreille interne avec un épaississement (pachy-ostéosclérose) des os. Cela lui permettait, comme la baleine, d'avoir une bonne perception des sons dans l'eau, en particulier une bonne audition unidirectionnelle. De plus, les os de ses membres étaient épaissis et denses, ce coureur pouvait sans problème vivre dans un environnement de fleuves et d'estuaires où son alimentation était à base d'amphibiens et de poissons. Sa tête allongée et ses orbites orientées vers le haut lui conféraient une vision binoculaire dorsale.

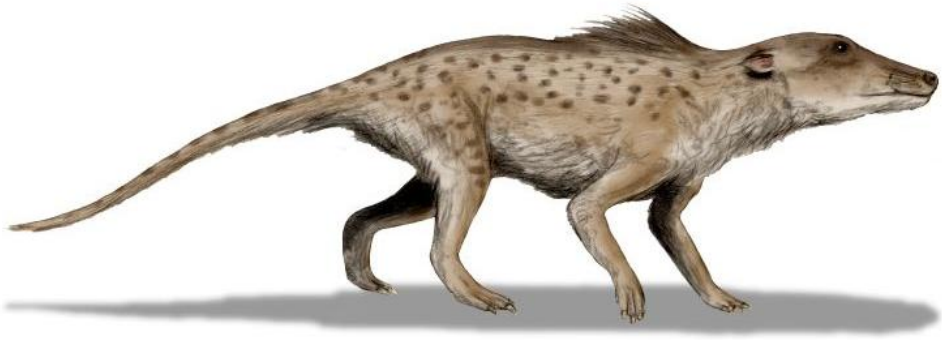

Figure 3 : *Pakicetus inachus* (wikipedia, 2015)

Deux millions d'années plus tard, apparu un cétacé marcheur qui pouvait nager, l'***Ambulocetus natans*** *(*Figure 4*)*. C'était un animal de grande taille capable de chasser dans les marécages et les rivières à l'aide de ses pattes palmées (ou aplaties dorsoventralement). Pour la nage, ses postérieurs servaient donc d'organes de propulsions en complément d'une queue puissante.

Figure 4 : *Ambulocetus natans* (De Muizon, 2009)

A l'éocène moyen (47 Ma), deux autres cétacés amphibies sont recensés, appartenant à la famille des Protocetidae. ***Rodhocetus*** et ***Artiocetus***, issus du Pakistan, sont eux aussi capables de se déplacer sur le sol tout en présentant un degré d'adaptation à la nage. Une caractéristique nouvelle apparaît, les narines ont migré en position légèrement plus dorso-caudale.

Une nouvelle étape libère complètement les cétacés du milieu terrestre. C'est à la fin de l'éocène (vers 40 Ma), qu'apparaissent des individus de grandes tailles vivant exclusivement dans un milieu aquatique. Le **Dorudon** (5 m de long) *(*Figure 5*),* le ***Cynthiacetus*** (10 m de long) et le ***Basilosaurus*** (15 m de long) sont caractérisés par l'atrophie des membres postérieurs et du bassin, des membres antérieurs qui deviennent des palettes natatoires avec un coude articulé et l'apparition d'une nageoire caudale assurant la propulsion. Cependant, les dents sont toujours individualisées en incisives, canines, prémolaires et molaires.

Figure 5 : Dorudon (Drinnon, 2013)

Un nouveau stade vient achever ces adaptations. Il aboutit à deux sous groupes de cétacés, les **mysticètes** et les **odontocètes**.

Les mysticètes continuent leur évolution. Dans l'éocène terminal d'Antarctique (34 Ma) *Llanocetus* était une baleine avec une dentition mixte, composée de fanons et de dents de taille réduite. D'autres baleines de ce type se sont succédées et il a fallu attendre l'oligocène supérieur (30 Ma) pour voir apparaître le premier individu constitué uniquement de fanons.

Concernant les odontocètes, la plus grande particularité réside dans l'acquisition d'un système de sonar très performant, l'écholocalisation. Grace à des sacs aériens, l'animal émet des sons ou des ultrasons qui sont réfléchis par les objets environnants puis captés par le corps gras mandibulaire qui transmet les informations au système nerveux central permettant ainsi de réaliser une cartographie de son environnement. Le melon (Figure 6), véritable lentille acoustique, situé sur le rostre marque profondément les os de ce dernier, et en fait un trait morphologique reconnaissable (Brunet and Bablon, 2007).

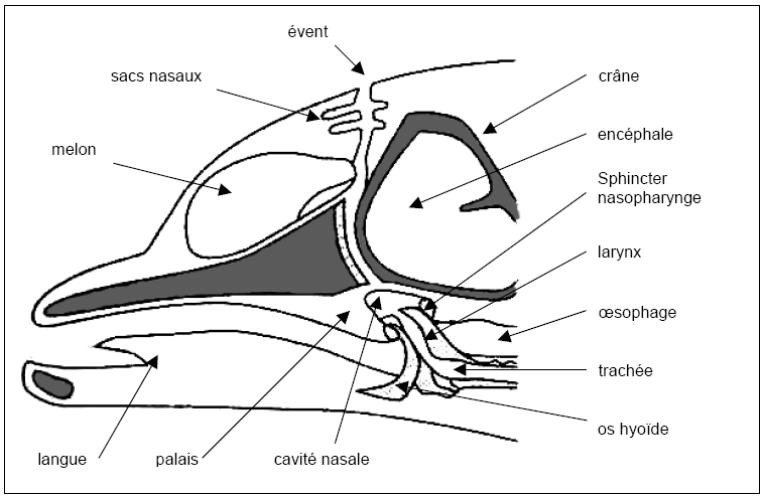

Figure 6 : Anatomie de la tête d'un dauphin afin de localiser le melon (Brunet et Bablon, 2007)

Il faudra tout de même quelques millions d'années pour voir apparaître les espèces actuelles ayant pour caractéristique commune, le télescopage des os crâniens. Les os rostraux sont étirés vers l'arrière

alors que l'occipital est amené vers l'avant excluant les os intermédiaires (frontaux et pariétaux) du sommet du crâne. Ainsi les narines reculent, ce qui permet un positionnement sur le sommet du crâne formant ainsi l'évent.

Le tableau suivant *(Tableau 1)* permet de faire un point sur les deux sous groupes de cétacés.

Tableau 1 : Comparaison mysticètes et odontocètes (source personnelle)

Mysticètes	Odontocètes
2 évents	1 évent simple
Ne possèdent pas de dents mais des fanons	Possèdent des dents
Vivent seules	Vivent en groupe
Migration	Ne migrent pas
	6ème sens : l'écholocation

B. Caractéristiques anatomiques et physiologiques

1. Morphologie

La baleine à bosse autrefois appelée *Jubarte* mesure en moyenne **14 mètres à l'âge adulte** *(*Tableau 2*)* pour un poids de **30 à 40 tonnes** (Wilson and Wilson, 2006). Les femelles font généralement 1 mètre à 1,5 mètres de plus que les mâles (Flemming and Jackson, 2011). A la naissance, le baleineau mesure entre **3,96 et 4,57 mètres** (Clapham et al., 1999) et pèse environ **700 kilogrammes**.

Tableau 2 : Taille des individus en fonction de l'âge, selon le rapport scientifique sur les expéditions baleinières de 1949 et 1950 autour de Madagascar (Angot, 1951)

Taille	Age
10 mètres	1 an
10 à 12,5 mètres	2 ans
12.5 à 13,7 mètres	3 ans
13,7 à 14,6 mètres	4 ans et plus

La **durée de vie** est de **40 à 50 ans** (Cétamada, 2014). Il est difficile d'évaluer l'âge d'une baleine à bosse. Pour l'instant la seule façon est de compter les stratifications présentes dans le conduit auditif, ce qui n'est réalisable que sur des animaux morts.

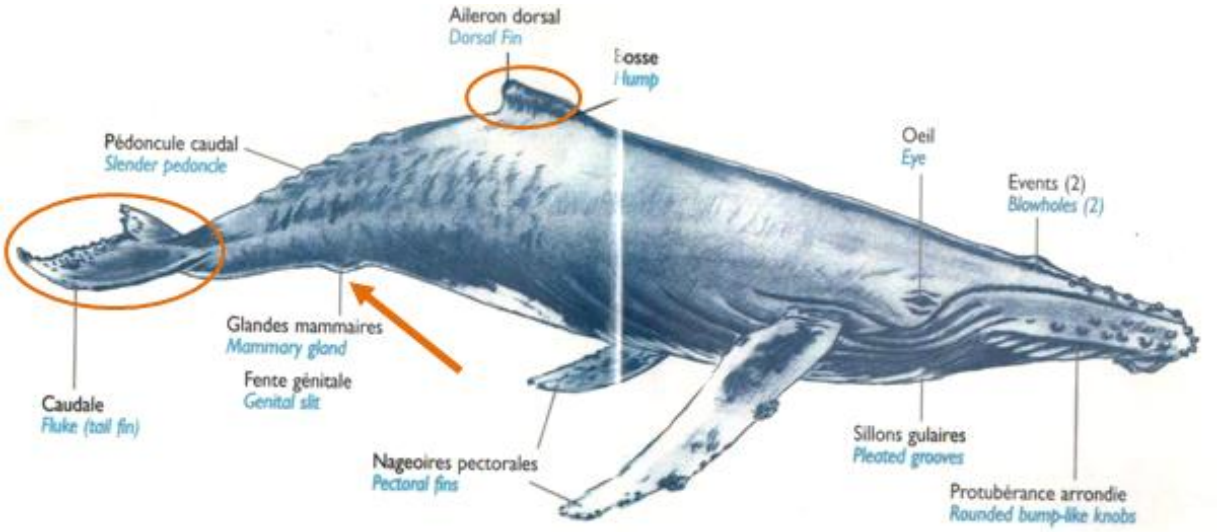

Figure 7 : Morphologie de la baleine à bosse (Cétamada, 2004)

Caractéristique de la baleine à bosse, (Figure 7):

- Le rostre

La tête de la baleine a une forme allongée suite au télescopage des os du crâne. Le rostre, noir, désignant le museau de la baleine est large, il est formé par les os maxillaires et mandibulaires (Camper, 1820). Sur sa face dorsale, trois rangées de **protubérances** sont visibles de chaque côté des évents. A la base de chaque tubercule, une relique de poil, une **vibrisse**, est visible, d'une taille variant de 0,5 cm à 3 cm, lui permettant d'appréhender son environnement (Brunet and Bablon, 2007; Cétamada, 2014).

- Les fanons

Les baleines à fanons développent des bourgeons dentaires durant la phase embryonnaire qui disparaissent avant la naissance. Les fanons se développent continuellement, et à l'âge adulte font environ **75 cm** (site internet Sea Shepherd). La baleine à bosse en possède **270 à 400**, de couleur foncé (Perrin et al., 2009). Ils sont à base de **kératine**, et sont à la fois flexibles et résistants. Ils se retrouvent uniquement sur la mâchoire supérieure, en suspension. Leur bord extérieur est lisse contrairement à leur bord intérieur qui présente des franges ou poils. Chaque fanon se chevauche pour créer une plaque en forme de tamis pour piéger les proies à l'intérieur

- Les évents

Chez les mysticètes, ils sont au nombre de **deux** contrairement aux odontocètes qui n'en possèdent qu'un seul (De Muizon and Liret, 2008). Cet organe est similaire aux narines des mammifères terrestres. Ils sont situés en face dorsale, au sommet du crâne, ainsi la baleine n'a pas besoin de sortir

entièrement sa tête de l'eau pour expirer. L'évent est naturellement fermé, c'est l'animal qui en commande l'ouverture en contractant ses muscles.

- Les yeux

Les yeux sont très petits, **12 cm de diamètre**, par rapport au reste du corps. Ils sont situés à l'arrière de la tête, à l'angle des mâchoires, la vision ne peut donc pas être binoculaire mais elle est de 180° (Brunet and Bablon, 2007). L'œil possède un globe oculaire avec une pupille pratiquement sphérique et des paupières. La rétine est constituée essentiellement de bâtonnets très sensibles à la lumière mais peu de cellules en cônes qui permettent de discerner les couleurs. Les cétacés sont certainement daltoniens. La glande lacrymale n'existe pas, mais une substance huileuse et épaisse est produite de façon continue afin de protéger les yeux contre le sel et d'autres produits toxiques.

- Les sillons gulaires

Ils sont situés sur la face ventrale, du rostre jusqu'au nombril soit environ **2/3 de la taille de la baleine** (Cétamada, 2004). C'est un système d'accordéon de couleur blanche. Ils servent lors de la phase de nourrissage et ils favorisent l'hydrodynamisme de la baleine. Les **femelles** en possèdent **20 à 24** contrairement aux **mâles** qui n'en possèdent que **14 à 20**.

- Les nageoires pectorales

Les nageoires pectorales sont de très grandes tailles, presque **1/3 de la taille du corps** (Perrin et al., 2009). Elles sont constituées d'un humérus, d'un radius, d'un carpe et de quatre doigts (Camper, 1820). De plus, le coude n'est plus articulé. Les os ont cependant raccourci pour former une palette natatoire utilisée dans la stabilité pour la nage, la thermorégulation et pour la communication (défense, accouplement) (De Muizon, 2009). En face dorsale, les ailes sont foncées alors qu'en face ventrales elles sont blanches.

- La nageoire dorsale et la bosse

La nageoire dorsale est constituée de tissus conjonctifs et de fibres (Cétamada, 2014). **Crânialement**, une **bosse** est visible, ce qui a donné le nom vulgaire de **baleine à bosse**. Cette bosse est mise en évidence lorsque la baleine sonde. La forme de la nageoire est particulière à chaque baleine, de plus cette zone présente souvent des marques ou des blessures, ce qui permet de l'utiliser en photo-identification.

- L'appareil génital

Les femelles portent un lobe (qui fait défaut chez les mâles) d'environ 15 centimètres de diamètre dans leur région génitale, c'est la fente génito-anale *(*Figure 8*)*. C'est à cet endroit que se trouve l'ouverture du vagin et de l'anus. De chaque côté, il y a un repli de peau qui renferme les mamelles (6 à 7 cm de longueur). Cela permet de distinguer les mâles des femelles si l'on peut voir le dessous de la baleine, car le pénis du mâle reste en revanche presque toujours caché dans la fente génitale située à mi-chemin du nombril et de la fente anale. Les organes reproducteurs sont internes ce qui augmente l'hydrodynamisme.

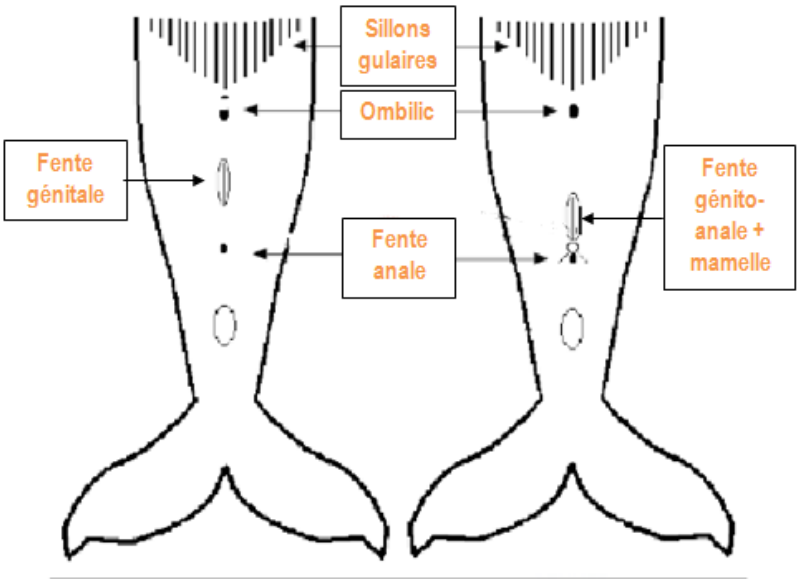

Figure 8 : Différenciation mâle (à gauche) et femelle (à droite), (modifiée à partir de Cétamada, 2004)

- La nageoire caudale

La nageoire caudale est entièrement dépourvue d'os et de muscles. Elle est constituée de tissus conjonctifs fibreux, de muscles et d'un ligament qui a pour origine le prolongement du coccyx. C'est un véritable **organe de propulsion** (Cétamada, 2014). La baleine à bosse peut atteindre 25 km/h pour une vitesse de croisière proche de 10 km/h. Elle est aplatie, de forme symétrique avec un sillon médian. Le bord extérieur est ondulé formant des petits lobes. Elle est foncée sur la face dorsale et **spécifique à chaque individu sur la face ventrale**. C'est donc cette face qui est utilisée en priorité pour la photo-identification.

2. Particularités

- La peau

Les **patrons** des baleines à bosse changent **selon l'hémisphère**, en effet, celui de l'hémisphère sud est plus blanc au niveau ventrale que celui du nord, mais tous ont une face dorsale foncée (Flemming and Jackson, 2011).

La **couche épidermique** atteint **5 à 7 millimètres d'épaisseur** en moyenne (Cétamada, 2014). Elle est lisse, et constituée de tissu conjonctif épidermique, dépourvue de poils et de glandes sébacées ce qui lui permet d'atteindre un pic de vitesse de nage de 25 km/h environ en cas de danger. Le derme est dense et fibreux, opaque et de couleur blanche.

La peau est très riche en **nocicepteurs**, ce qui lui confère une sensibilité accrue. Ces nocicepteurs diminuent au niveau du tissu adipeux.

Le **tissu adipeux** est **caractéristique des mammifères marins** (Cuvier, 1836). Le lard ne fait pas exactement partie de la peau mais cette graisse sous-cutanée diffère des tissus sous-cutanés des autres mammifères par sa structure dense et sa vascularisation permettant une isolation thermique efficace et adaptable. Elle est absente sur les membres et les appendices. Ce tissu n'est pas étroitement lié aux muscles. L'épaisseur est de **20 centimètres environ** et peut atteindre 50% du poids de l'animal à certaines périodes de leur vie (Rocca, 1993). C'est cette couche qui était une des raisons principales de la chasse de ces animaux car une fois fondue, de l'huile en grande quantité est obtenue.

Elle est aussi la cause de leur mort lorsqu'elles s'échouent. En effet cette isolation entraîne rapidement une hyperthermie et une déshydratation.

- La circulation sanguine (Brunet and Bablon, 2007)

Les cétacés possèdent un grand volume de sang, avec des globules rouges en plus grande quantité contenant plus d'hémoglobine que ceux des humains. Lors de l'immersion, le rythme cardiaque est réduit tout en assurant une perfusion importante des organes essentiels comme le cerveau et le cœur. La circulation sanguine joue un rôle important dans la **thermorégulation** à 37°C. Une différence notable est visible au niveau des réseaux artériels : il existe des « *retia mirabilia* », mot latin pour **« réseau admirable »**. Ce système d'échange thermique est surtout présent au niveau des extrémités (nageoires) et permet de **protéger les organes vitaux de la pression et de la déperdition de chaleur**. Ils sont formés d'artères entourées par plusieurs veines. La chaleur des artères part en périphérie et est captée par les veines. Ainsi, les vaisseaux arrivant aux extrémités sont refroidis et ceux qui retournent vers les organes sont réchauffés ce qui évite d'abaisser la température interne du corps.

De plus, ce réseau peut jouer le rôle inverse en dilatant l'artère centrale qui écrase les veines et donc ne permet plus d'échanges de chaleur et ainsi permet une déperdition vers l'extérieur. La nageoire caudale permet aussi de réguler la température corporelle, au besoin la baleine se met en position verticale et sort sa queue hors de l'eau ce qui l'expose aux rayons du soleil qui sont captés par le grand nombre de capillaires présent permettant ainsi de se réchauffer. Sans oublier que les cétacés sont munis d'une épaisse couche de graisse permettant une isolation maximale.

- Le système digestif (Brunet and Bablon, 2007)

La **langue** énorme et puissante pèse environ **deux tonnes**. Lors de la prise alimentaire, elle permet de faire sortir l'eau en se contractant. Puis, elle va se tendre pour avaler les proies piégées dans les fanons et diriger la nourriture vers l'œsophage.

L'œsophage est traversé par le larynx, les proies doivent donc passer d'un côté ou de l'autre.

L'**estomac** est composé de plusieurs poches comme celui des ruminants. Le **pré-estomac**, grand pour emmagasiner de nombreuses proies et très musculeux, permet le broyage des prises avalées. Puis la digestion chimique (via les sucs digestifs et l'acide chlorhydrique) s'effectue dans l'**estomac principal**. Ensuite, la nourriture arrive dans une troisième poche, de nouvelles enzymes agissent dans l'**estomac pylorique** afin de permettre l'assimilation dans l'intestin.

Afin d'éviter une consommation excédentaire de sels, la baleine ne boit pas mais s'hydrate via les chairs de ses proies et elle ne transpire pas. Les reins jouent un rôle majeur dans l'élimination des déchets. De l'eau douce est récupérée en concentrant fortement l'urine. Les fèces permettent une excrétion supplémentaire de sels.

- La respiration

Les poumons des cétacés sont proportionnellement plus petits que ceux des hommes (1% du poids du corps chez la baleine contre 7% chez l'homme) mais lorsque les animaux remontent à la surface le **renouvellement d'air se fait à 90%** (entre 500 à 7500 L d'air peuvent être inhalés) (De Muizon and Liret, 2008). De plus, pour améliorer la gestion de l'oxygène, les cétacés diminuent leur fréquence cardiaque et ont un grand volume circulatoire. Cela leur permet donc de passer jusqu'à 20 minutes sous l'eau. Les baleines sont repérées dans les océans grâce à leurs jets. A l'émersion, l'air expiré est mélangé à de la vapeur d'eau et à des gouttelettes de mucus provenant de son conduit nasal. Ce **jet** puissant peut atteindre **trois mètres** chez la baleine à bosse et présente une forme de V (Wilson and Wilson, 2006). Un système de valve est présent au niveau des évents : à l'expiration, la valve empêche l'air d'entrer dans la bouche alors qu'à l'inspiration elle empêche l'eau d'entrer dans la trachée. La cage

thoracique est souple (absence de sternum) ce qui permet de s'adapter à la pression lors de plongées profondes. (Rocca, 1993).

- Le squelette

Le squelette de la baleine à bosse constitue seulement **15% de son poids total** (50% chez les mammifères terrestres) (Rocca, 1993). La poussée d'Archimède supprime le besoin de posséder des os lourds. Les os sont donc constitués d'un réseau spongieux interne avec de nombreux espaces comblés par de la moelle adipeuse renfermant un tiers de l'huile du corps. C'est cette graisse qui permet la flottaison. Ce réseau est protégé par une coque calcique.

La baleine à bosse possède sept vertèbres cervicales soudées, quatorze dorsales, dix lombaires, et vingt-deux caudales soit **cinquante-trois vertèbres** au total (Camper, 1820). Il n'existe pas d'articulation entre l'atlas et l'axis chez toutes les baleines pour diminuer les mouvements de rotation permettant un meilleur maintien lors de nage rapide. Des processus supplémentaires sont présents au niveau des vertèbres caudales assurant une plus grande surface pour l'insertion des muscles de la queue. Struthers cite aussi un os vestigial non rattaché à la colonne vertébrale faisant référence aux membres postérieurs présent chez les ancêtres de la baleine (Struthers, 1889).

La nageoire pectorale est composée d'une scapula, d'un humérus, d'un ulna, d'un radius et de doigt (trois phalanges à l'index, sept aux majeurs et à l'annulaire et deux au petit doigt) (Van Beneden, 1887).

- Le sommeil (Lyamin et al., 2008)

Lors du **sommeil**, les cétacés ont **un comportement dit latéralisé**, seul **un hémisphère cérébral est en sommeil lent** *(*Figure 9*)*. Le sommeil des cétacés est donc adapté à l'environnement aquatique contrairement aux mammifères terrestres dont les deux hémisphères sont au repos simultanément. Ce comportement est présent dès la naissance. Selon les travaux de Mukhametov en 1973, la désynchronisation des hémisphères permet le maintien de la respiration, des fonctions sentinelles et peut-être un état de sommeil paradoxal.

.

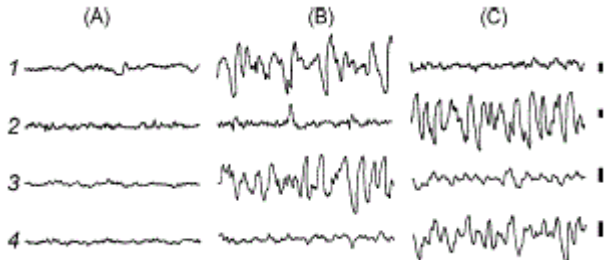

Figure 9 : Le comportement latéralisé a été démontré grâce aux ECG. Des enregistrements sur des dauphins ont été réalisés sur les deux hémisphères (1-droit, 2-gauche) et sur les deux hypothalamus (3-droit, 4-gauche). Lorsque l'animal est en veille (A), on remarque qu'alternativement une partie du cerveau est au repos, à gauche (B) et à droite (C), (Lyamin et al., 2008)

Lors du sommeil, les cétacés continuent à nager doucement ou se laissent flotter. Des dauphins et des orques en captivité ont aussi été observés au repos au fond de leur bassin. Ils ferment parfois un œil mais la **fermeture unilatérale des yeux** est indépendante du sommeil unilatéral. L'œil ouvert permettrait donc de rester dans un état de vigilance envers son environnement (prédateurs et maintien du contact visuel avec ses congénères).

Concernant les mouvements rapides des yeux visibles chez les mammifères terrestres, une seule étude a permis de mettre ces mouvements en évidence ce qui n'est pas suffisant pour dire qu'ils existent. Cependant, des trémulations musculaires sont présentes avant et après le sommeil paradoxal. **L'absence de mise en évidence de mouvements rapides des yeux** ne veut pas dire que ce comportement n'existe pas chez les cétacés, il est peut-être plus difficile à identifier.

Lors du sommeil, la **température interne doit être régulée** *(*Figure 10*)* du fait de la vie aquatique. Le sommeil lent unilatéral permet une thermorégulation. La température corporelle et la température cérébrale sont régulées de façon séparée mais la température corporelle a une influence sur la température cérébrale.

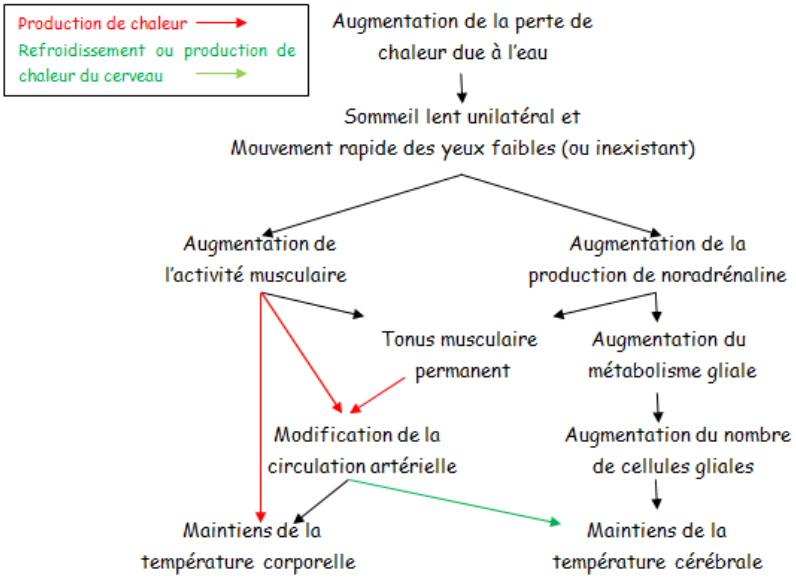

Figure 10 : Les différents procédés afin de maintenir la température corporelle et cérébrale, (modifié à partir de Lyamin et al., 2008)

- Les sens (Brunet and Bablon, 2007)

La **vision** : elle est **monoculaire** mais les mégaptères ont une **grande distance** de vision (environ 120 mètres).

Le **toucher** : les baleines sont dotées de poils sensoriels au niveau des tubercules du rostre. Ces **vibrisses** permettent entre autre de sentir des proies. D'autres nocicepteurs sont présents sur l'ensemble du corps.

L'**odorat** : même si l'odorat semble plus développé chez les mysticètes que chez les odontocètes, il reste **faible.**

Le **goût** : aucune donnée n'est disponible.

L'**ouïe** : les baleines à bosse communiquent par des **chants** (présence de l'écholocation uniquement pour les odontocètes).

En résumé :

- Anatomie adapté au déplacement dans l'eau : un corps fuselé et des parties saillantes (oreilles externes, poils et organes génitaux) qui ont disparu, une nageoire caudale permettant la propulsion, des os légers
- Thermorégulation : rapport surface / volume le plus faible possible pour diminuer les déperditions de chaleur, du lard pour permettre une isolation et un système de circulation qui permet les échanges de chaleur
- Adaptation à la plongée : bradycardie, afflux de sang vers les organes vitaux, renouvellement de l'air à 90%

C. Alimentation

Une baleine à bosse se nourrit de façon discontinue (Thivent, 2013). Un rapport datant de la période où les baleines étaient chassées (Angot, 1951) note que ces dernières sont plus maigres en fin de campagne, ce qui est en lien avec le jeûne réalisé dans les zones de reproduction. Dans ces zones, elles vivent donc de leurs réserves graisseuses.

Pour se nourrir, elles localisent leurs proies grâce à leur **bonne vision binoculaire** puis dans les eaux troubles, elles détectent le krill à proximité grâce à **leurs vibrisses** (Brunet and Bablon, 2007). Ces poils sensoriels présents au niveau des tubercules, sont reliés à un nerf permettent de sentir la présence d'objets proches et d'en déterminer la concentration.

Le plus souvent elle **chasse seule**, tôt le matin ou en fin d'après-midi. En frappant sa nageoire caudale, elle produit de l'écume, ce qui lui qui permet de concentrer le krill au centre d'un cercle. Lorsqu'elle est **en groupe**, la baleine peut aussi réaliser un filet de bulles (en soufflant continuellement de l'air sous l'eau) qui va emprisonner le krill. Les baleines pourront ensuite remonter la gueule ouverte et se nourrir. Elles avalent jusqu'à 6 m^3 d'eau (Rollin and Debus, 1992).

Les baleines à bosse de l'Antarctique ont pour **principale source d'alimentation** une petite crevette rose, le krill (***Euphausia superba,*** Figure 11*)*, contrairement aux baleines de l'hémisphère Nord qui se nourrissent de maquereaux, de merlans, d'éperlans, de morues ainsi que de krill. Les baleines à

bosse consomment **plus d'une tonne par jour** de cette espèce pélagique. Une relation a été observée entre la taille du krill supérieure à 30 mm et la densité de baleine à bosse, ce qui laisse supposer que ces baleines ne mangent que des proies ayant plus de 2 ans (Atkinson et al., 2008). Pendant l'hiver austral, les baleines ne se nourrissent généralement pas sauf de façon opportuniste.

Figure 11 : Krill Euphausia superba, (site internet conseils-experts-sante.fr)

Au niveau de l'Antarctique, la densité de krill diminue (Atkinson et al., 2008). La production de krill est dépendante de la chlorophylle a, le taux de croissance augmente si la concentration en chlorophylle a est faible. Le réchauffement climatique est mauvais pour la production de krill car la température de survie est de 8°C maximum. On remarque que la répartition n'est pas identique au niveau du cercle polaire (3/4 de la population est située entre 0 et 90° Ouest) mais il est difficile d'en comprendre la raison. Le krill vit dans une zone de compromis entre ressources alimentaires et prédation. Une plus grande quantité de krill sera disponible en janvier.

D. Reproduction

La reproduction au niveau des hémisphères ne se fait pas en même temps. Cette désynchronisation est expliquée par une **production saisonnière de spermatozoïdes** en lien avec la **période d'ovulation différente au nord et au sud**. Ainsi lorsque les baleines de l'hémisphère Sud sont en zone de reproduction, celles de l'hémisphère Nord sont en zone de nourrissage. Elément essentiel qui suggère que la rencontre entre les individus des hémisphères est peu envisageable. Tout de même, le flux génétique entre ces deux zones est estimé entre 1 et 2 femelles par génération (Flemming and Jackson, 2011).

Certaines femelles ont pu mettre bas pour la première fois à l'âge de 5-7 ans dans le golfe du Maine. Des mâles ont été observés avec des comportements sexuels à l'âge de 6-7 ans (Clapham, 1992). La **maturité sexuelle** des baleines à bosse serait donc à l'âge de **5-7 ans**. Cependant l'**âge le plus favorable** à la procréation est entre **9 et 14 ans** (Straley et al., 1994).

Pendant que certaines femelles mettent bas, d'autres assistent à la cour bruyante et acrobatique des mâles dominants. Le mâle s'accouple avec une femelle réceptive puis part à la conquête d'une nouvelle

femelle. Il n'y a pas de formation de couple. Une femelle peut s'accoupler plusieurs fois, à chaque fois se sera suite à une lutte entre les mâles pour déterminer le dominant. Le mâle qui transmettra la descendance sera celui avec qui elle s'accouple au bon moment du cycle œstral (Cerchio et al., 2005). Une étude a montré une corrélation positive entre la taille de la mère et le nombre d'escortes. Ainsi, plus la mère est longue plus elle a d'escortes donc les mâles s'accoupleront plus souvent avec ces femelles et le baleineau a plus de chance d'être protégé. Les femelles de grande taille ont donc un meilleur succès reproducteur. La taille du baleineau serait aussi en fonction de la mère (Pack et al., 2009).

L'accouplement n'a été que très peu observé, il y a une phase de compétition entre mâles puis le couple se livre à des jeux amoureux (caresses ou frappes à l'aide des pectorales, des frottements d'ombilic à ombilic).

La **gestation** dure environ **11 à 12 mois**, cette période est au final assez courte pour obtenir un baleineau de prêt de quatre mètres ce qui implique un taux de croissance fœtal exceptionnellement élevé. Selon Tomiline (1957), la croissance moyenne est de 17 à 35 cm par mois, avec une accélération en fin de gestation (environ 100kg par jour). La placentation est de type épithéliochorial, c'est-à-dire que l'épithélium de la paroi utérine est en contact avec celui du chorion du fœtus (Flemming and Jackson, 2011).
La mise-bas est faite dans les eaux chaudes durant la période hivernale. Le nouveau né sort par le train arrière puis remonte très vite à la surface pour prendre sa première respiration, guidée par sa mère. Ce passage est obligatoire car le stimulus d'ouverture des évents ne peut se faire qu'au contact de l'air et sans aide le baleineau coule (pas d'air dans les poumons) (Danel, 1994). Les premiers jours de vie, la nageoire dorsale est molle et elle va se durcir progressivement.

L'**allaitement** se fait **sous l'eau**, à proximité de la surface où mère et jeune peuvent respirer. De plus pour diminuer le temps passé sous l'eau, les cétacés possèdent des muscles expulsant activement le lait des glandes mammaires dans la cavité buccale. Quelques jours avant la parturition, le lait est clair et peu chargé en matière grasse mais lors de l'allaitement sa couleur devient plus blanc-jaunâtre et son aspect est plus onctueux signe d'une forte teneur en lipides (Angot, 1951). La tétée ne dure que quelques secondes (pour que le baleineau puisse remonter à la surface pour respirer) mais se répète 30 à 40 fois par 24h (Danel, 1994). La lactation est de **10,5 à 11 mois** même si le baleineau commence à manger de la nourriture dès l'âge de 6 mois.

Durant la lactation, la mère et le baleineau maintiennent une proximité (moins de 50m) qui diminue avec l'âge (rôle protecteur). Le nouveau-né remonte plus souvent à la surface que sa mère car il a une capacité de stockage de l'oxygène faible et son utilisation est plus rapide. De plus sa capacité anaérobique pour plonger se développe avec le temps. Comme pour tous les animaux le petit apprend par mimétisme (Szabo and Duffus, 2008).
Le baleineau est complètement sevré à la fin de sa première année (Flemming and Jackson, 2011). Dans la plupart des cas, le baleineau se sépare de sa mère à la fin de la saison de nourrissage mais parfois on rencontre des baleineaux de plus de un an avec leur mère dans les zones de reproduction (Baraff and Weinrich, 1993).

La baleine à bosse met bas en général **une fois tous les deux à trois ans** mais il a été rapporté qu'une ovulation post-partum (Chittleborough, 1965) est possible et donc que **l'intervalle de naissance** peut être réduit à un an (le plus souvent deux mises bas sur trois ans). Deux types de femelles sont donc présents à des fins de reproduction dans les eaux chaudes, des femelles seules avec un fort taux de fécondité et des femelles en post-partum avec une fertilité plus faible (Cerchio et al., 2013). Comme tout individu, la gestation démarrera préférentiellement si la future mère est en bon état général et a accès à assez de nourriture (Straley et al., 1994). Selon un rapport scientifique sur les expéditions baleinières, il est possible que les baleines à bosse soient gestantes de jumeaux (deux cas sur trente deux) (Angot, 1951).

Le sex-ratio est de 1 : 1 avec une mortalité plus élevée chez les femelles (cause non déterminée), ce qui implique que plus de mâles naissent chaque année. La survie chez les baleineaux de 6 mois et plus est estimée à 66% (Flemming and Jackson, 2011). Une étude dans le sud du Golf du Maine a montré que le sex-ratio dépendait de la condition physique de la mère qui est surtout impactée par l'allaitement. Une femelle ayant un intervalle de mise bas de 1 an est dite en « mauvaise » condition, si l'intervalle est de 2 ans elle est dite en « moyenne » condition et si l'intervalle est supérieur à 3 ans alors elle est en condition physique « supérieure ». Il est ainsi démontré que la production de mâles est supérieure chez les mères ayant un intervalle de mise bas de 3 ans ou plus (χ^2=8.05; df=1; p<0.01). Lorsque les mères ne sont pas dans de bonnes conditions, le sexe n'est pas pris en compte mais lorsqu'elles sont en bonnes conditions physiques, la production s'orientera plus vers un mâle. Le choix se fait sur la faculté de reproduction. En effet, même si les femelles demandent plus d'énergie pour être produites car plus grandes, les mâles à l'âge adulte montrent une plus grande inaptitude à se reproduire. Il faut donc avoir plus de mâles que de femelles pour être sûr d'accroître la population (Wiley and Clapham, 1993).

Les femelles passent plus de temps dans une même zone afin d'économiser de l'énergie qui sera utilisée à des fins de mise bas et de protection du jeune. Les mâles ont tendance à parcourir plus de kilomètres dans les zones de mises bas afin d'assurer le plus de rencontres possibles (Barendse et al., 2013).

E. Communication

Les baleines communiquent entre elles via différentes méthodes. Elles utilisent le chant mais aussi leur corps.

1. Le chant

Pour communiquer et situer leur position dans le milieu aquatique, les **mâles mâtures** peuvent utiliser le chant. Même si les baleines à bosse sont dépourvues d'oreille externe, leur oreille moyenne et interne sont très bien développées et adaptées à ce type de communication. Les baleines ne possèdent pas de cordes vocales donc la faculté à émettre des sons est encore hypothétique mais les mégaptères utiliseraient un sac laryngien qui leur permettrait lors de mouvements thoraciques d'émettre un chant (vibration avec les jeux d'air entrants et présents dans les poumons) (Cétamada, 2014). Le chant a été découvert par hasard en 1952 au cours d'un enregistrement sous-marin de l'US Navy au large des Bermudes.

Les baleines à bosse commencent à chanter avant et pendant la migration vers les zones tropicales puis pendant la période de reproduction (des portions de chant seraient audibles dans les zones d'alimentation). Cela permet de repousser les mâles en compétition (sélection intrasexuelle) et d'attirer les femelles qui peuvent s'accoupler (sélection intersexuelle) (Smith et al., 2008).

Chaque mâle a une **voix caractéristique** ce qui lui permet d'émettre un chant qui lui est propre, constitué de **notes répétitives et structurées selon des fréquences variables** (de 40Hz à 5KHz). On note tout de même que tous les mégaptères d'une même région en une même saison s'expriment de la même façon(Cerchio et al., 2001). Lorsqu'une baleine interrompt son chant, elle le reprend au point où elle l'a arrêté. Le chant est long, entre 5 et 30 minutes et audible jusqu'à 300 km.

Les chanteurs modifient leur chant pendant la saison de reproduction et non pas pendant la période de repos (zone d'alimentation). Cette modification semble refléter une popularité. En effet si un nouveau motif présente un fort succès alors il sera rapidement adopté par tous les chanteurs.

Le chant est un **dialecte caractéristique d'une zone** (Cerchio et al., 2001). En effet chaque population possède un type de motif particulier ce qui permet lors de l'analyse des chants d'identifier la zone géographique à laquelle appartient la baleine.

2. Le comportement (Cerchio et al., 2001)

Les baleines peuvent **vivre en groupe ou seules**. Le groupe est très structuré autour de la mère et du petit, mais la composition est transitoire. Lorsque les interactions au sein du groupe prennent fin, les baleines s'éloignent ou quittent le groupe définitivement.

La baleine peut exprimer différents sentiments selon la partie du corps utilisée et la façon. Elle peut se montrer agressive, avec une première phase de dissuasion. Elle va essayer de se montrer plus grosse qu'elle ne l'est en gonflant la gorge puis la bouche. Et si cette phase ne suffit pas, elle intimidera l'individu en frappant des coups de rostre et elle se montrera agressive ou refusera l'accouplement en réalisant des jets de caudale. Elle pourra aussi utiliser ses pectorales en les frappant contre la surface de l'eau lorsqu'elle voudra jouer *(*Figure 12*)*. Elle peut aussi se servir de ces dernières pour frotter un partenaire sexuel. La baleine peut aussi essayer de sonder son environnement en sortant sa tête à la verticale (périscope) ou alors en réalisant un saut *(*Figure 12*)*. Ce comportement spectaculaire de la baleine à bosse lui permet d'émerger les deux tiers de son corps voire plus et de pivoter dans l'air autour de son axe longitudinal puis elle retombe dans une véritable explosion d'eau. Son but est encore discuté, est-ce que ce saut lui serre uniquement à appréhender son environnement, ne lui permet-il pas d'impressionner ses rivales ou de séduire ses prétendantes, et enfin n'est-il pas nécessaire pour se débarrasser des parasites qui la démange ou pour étourdir ses proies ?

La baleine est très proche de son petit. Il nage à ses côtés le plus souvent situé au-dessus d'elle et en avant de la nageoire pectorale maternelle. Parfois il se laisse même porter et soulever hors de l'eau. La mère risque sa vie pour le protéger contre les attaques de requins ou d'orques. Lors d'attaques, le jeune se retrouve entre l'escorte et sa mère.

Lors de ses premières années, la baleine à bosse joue énormément avec ses congénères.

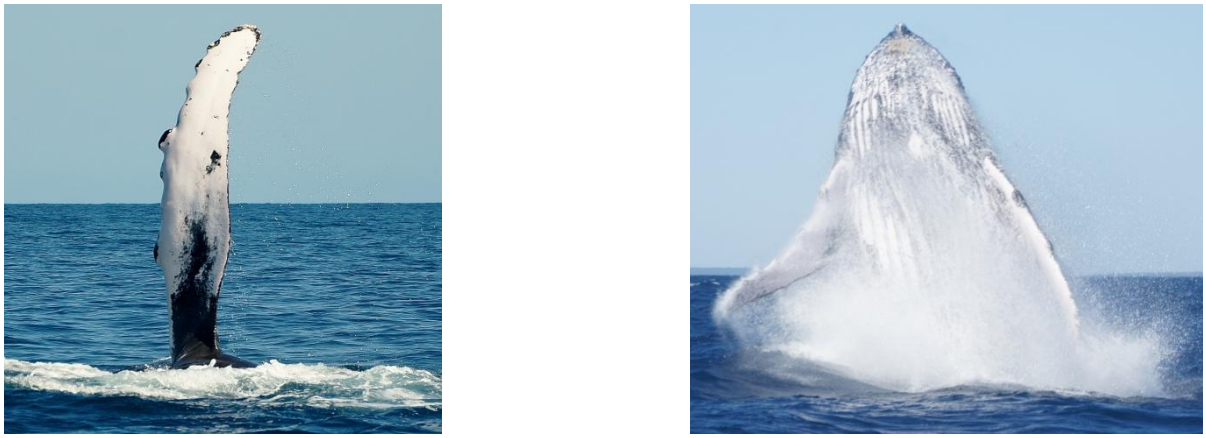

Figure 12 : Frappé de pectorale (à gauche) et saut (à droite) d'une baleine à bosse (Source personnelle)

Les sons ainsi produit par les nageoires ou les sauts sont aussi un mode de communication sociale utilisé par les baleines à bosse (Dunlop et al., 2008). Des études sont en cours depuis 2007.

Le **comportement de latéralisation** est étudié chez de nombreuses espèces (Clapham et al., 1995). Les publications concernent les primates non-humains mais aussi chez les oiseaux, les reptiles ou encore des mammifères comme les éléphants. On sait que 90% des hommes écrivent de leur main droite, une étude sur la baleine à bosse a montré que 80% d'entre elles possédaient des abrasions au niveau de la mâchoire uniquement du côté droit et 20% uniquement du côté gauche mais qu'aucune d'entre elles n'en présentait des deux côtés. Ces abrasions résulteraient d'une pêche trop près du fond de l'océan. Pour ce type de pêche, la baleine serait couchée sur son côté droit libérant ainsi son œil gauche. Chez les cétacés, la vision spatiale est contrôlée par l'hémisphère droit. En sachant que la transmission par le nerf optique est controlatérale, la baleine semblerait voir plus facilement à gauche. De plus, les marques restent toujours du même côté sur une baleine au fil du temps. Le comportement de latéralisation est ainsi supposé chez la baleine à bosse mais d'autres études, comme l'analyse du cerveau, permettraient d'en apprendre d'avantage sur ce dernier.

II. Deux hémisphères, deux populations

A. Evolution de la population et statut actuel

Dans les récits anciens, les baleines ont toujours été décrites comme des monstres agressifs, responsables des naufrages. Puis elles ont été perçues comme une source de nourriture importante. Les hommes n'ont jamais vraiment manifesté un intérêt pour ces géants des mers qu'après les avoir presque tous anéantis.

En 1937, la CBI a interdit la capture en Antarctique de baleines à bosse d'une taille inférieure à 11,5 m (Rollin and Debus, 1992). En 1939, la chasse dans l'hémisphère Sud était totalement interdite mais elle fut de nouveau autorisée en 1949 avec une mise en place de quotas. La protection totale des baleines à bosse de l'Atlantique Nord fut décrétée en 1956, celles de l'hémisphère Sud en 1963 et celles du Pacifique Nord en 1966.

Un **moratoire international** concernant les baleines a été établi en 1982 par la CBI qui a pris effet en **1986** (site internet CBI). Trois nations se démarquent concernant la chasse à la baleine. Tout d'abord l'**Islande** qui ne s'oppose pas au moratoire et qui obtient un permis de chasser à des fins scientifiques. Elle quitte cependant la commission baleinière internationale en 1992 avant de la réintégrer en 2003 avec une réserve sur le moratoire, ce qui lui permet de reprendre la chasse commerciale. En février 2016, l'Islande annonce qu'elle ne chassera pas de baleines, la commercialisation de la viande étant en plein déclin. Ensuite, la **Norvège** a suivi le moratoire jusqu'en 1993 puis a recommencé la chasse essentiellement envers la baleine de Minke. Enfin, le **Japon** a rejoint le moratoire en 1987 mais a réussi à détourner la pêche commerciale en pêche dite à but « scientifique ». De 1987 à 2004 et de 2005 à

2008, il existait un programme en Antarctique (Programme japonais de recherche sur les baleines avec un permis spécial en Antarctique, respectivement « JARPA I et II») ("Programme de recherche japonais sur les baleines," 2016). De 1994 à 1999 et de 2000 à aujourd'hui un autre programme de recherche est mise en place dans le nord de l'Océan Pacifique (respectivement « JARPN I et II »). En 2014, la Cour Internationale de Justice estime la pêche en Antarctique illégale et interdit le programme japonais. Au mépris du droit international, le Japon a de nouveau repris l'abattage illégal en mars 2016. Aujourd'hui la pêche à des fins commerciales ne réalise pas vraiment de bénéfices, les dernières nations devraient plutôt se tourner vers un tourisme baleinier en plein essor.
D'autres populations isolées telles les Inuits, procèdent à une chasse dite de « subsistance ».

En 1780, la population de baleines à bosse était évaluée à environ 250 000 individus. Le tableau suivant *(Tableau 3)* fait état des derniers recensements dans les différentes populations (données selon CBI, Calambokidis et al., 2004).

Tableau 3 : Estimation de la taille des différentes populations (CBI)

Zone géographique	Date	Taille de la population (nombre d'individus)
Atlantique Nord-Ouest	1992/93	11 600
Hémisphère Sud	1997/98	42 000
Pacifique Nord	2007	Au moins 10 000

Précédemment classées en vulnérables, les différentes études de ces 10 dernières années ont montré que les baleines à bosse avaient des effectifs en hausse. Selon différents scénarios prenant en compte la survie, l'âge de la première mise-bas et le taux de procréation, cette croissance pourrait aller de 7.3% à 8.6%/an (Zerbini et al., 2010). C'est ainsi que depuis 2008, elles sont classées dans la liste rouge de l'IUCN comme **« préoccupation mineure »** concernant l'état de menace (site de l'IUCN). Une distinction est faite pour la population de l'Océanie et du nord de l'Océan Indien qui sont toujours considérées comme « en voie de disparition » en raison d'un déclin dans un premier cas et d'une faible abondance initiale dans le second cas.

B. Répartition géographique

La répartition actuelle est assez bien connue. Il existe **quatre populations distinctes** situées dans l'**Atlantique Nord**, le **Pacifique Nord**, l'**hémisphère Sud** et en **mer rouge** (The IUCN Red List of Threatened Specie). Chaque population est dominée en termes de fréquence et de diversité génétique par une séquence d'ADN mitochondriale bien que certaines s'entrecroisent entre les bassins océaniques. Cela implique qu'à l'origine il existait des lignées distinctes. Des taux bas de migrations (identifiés via les ADN nucléaires et ADN mitochondriales) sont perceptibles ce qui implique que des

échanges entre les différentes populations sont occasionnels. Les *loci* nucléaires peuvent être utilisés pour affecter des individus aux bassins océaniques. Dans une étude de 2014 menée par Jackson, il est montré que le flux nucléaire est faible, ce qui laisse supposer que les populations dans les différents bassins ont une reproduction isolée issue des traditions maternelles (fidélité maternelle aux zones de reproduction). Ainsi, les sous-espèces océaniques suivantes sont proposées : *M. n. kuzira* (Gray, 1850) pour le Pacifique Nord, *M. n. novaeangliae* (Borowski, 1781) pour l'Atlantique du Nord et *M. n. australis* (Lesson, 1828) pour l'hémisphère Sud (Jackson et al., 2014).

On observe un temps de génération et un âge des groupes de baleines à bosse augmentés par rapport aux premières études, ce qui laisse supposer une perte de diversité génétique mais qui reste faible (Baker et al., 1993).

Dans l'**hémisphère Nord**, les baleines à bosse se **nourrissent** au niveau de l'Océan Arctique de **juin à septembre** et se **reproduisent** dans les eaux subtropicales et tropicales entre **janvier et mars** *(Figure 13)*.

Dans l'**hémisphère Sud**, le même phénomène se produit mais de façon inversée : elles se **nourrissent** en Antarctique entre les **mois de janvier et avril** (été dans cette partie du globe), et se **reproduisent** dans les eaux plus proches de l'équateur **entre les mois de juillet et octobre** (hiver dans cette partie du globe).

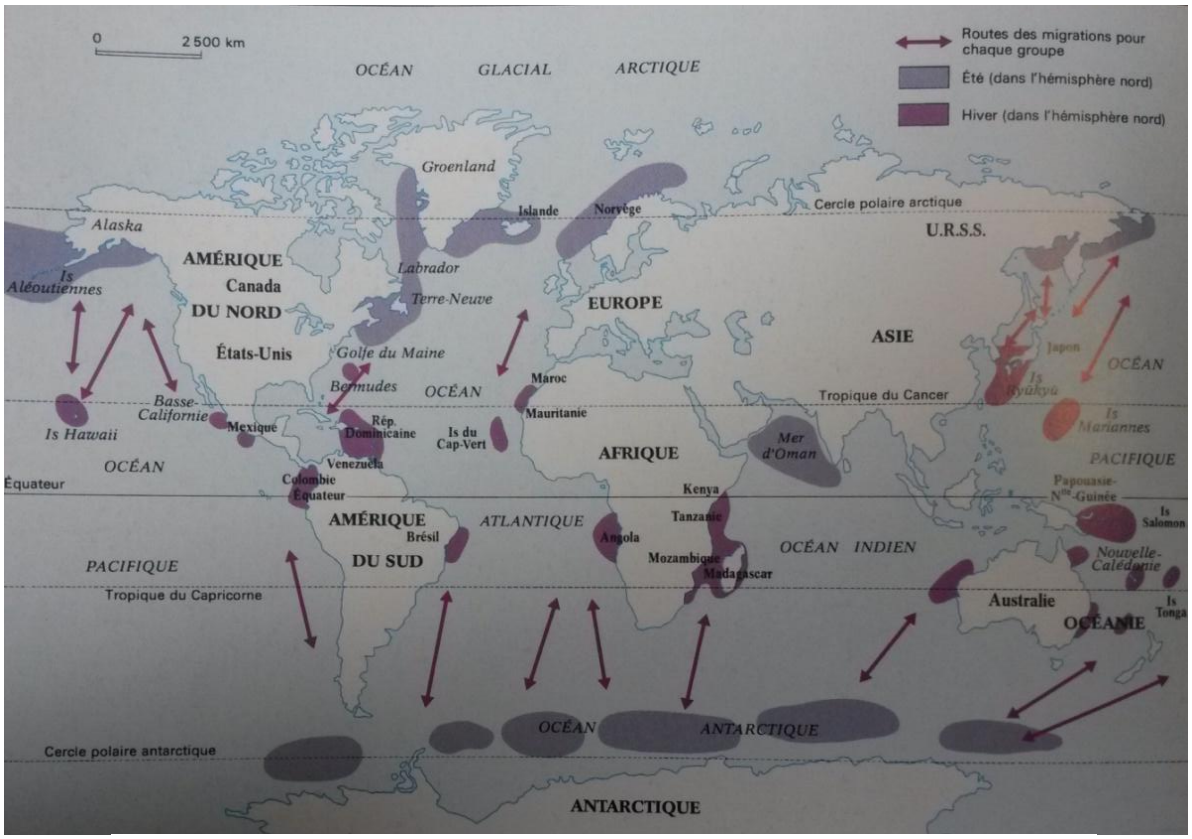

Figure 13: Répartition mondiale des baleines à bosse (Rollin et Debus, 1992)

C. Migration

La **migration** des baleines à bosse est la plus longue migration de mammifères car elles peuvent parcourir jusqu'à **8000 km**.

Cette migration a été décrite pour la première fois par Kellogg (1987), qui a décrit six stocks : deux pour chaque bassin océanique (atlantique, indien et pacifique).

Les baleines effectuent généralement leur migration seules (éventuellement à 2 ou 3) et se rassemblent à l'arrivée. La vitesse de migration varie de 103 km/jour à 172 km/jour et elles effectuent des pauses dans certains sites (Fossette et al., 2014). Les baleines de l'hémisphère Nord suivent une route nord-sud sans jamais rencontrer celle de l'hémisphère Sud. **Aucun des groupes ne dépasse l'équateur** et ces groupes migrent avec un **décalage de six mois** : quand les baleines de l'hémisphère Nord se reproduisent sur leurs terrains d'hiver au sud, c'est l'été dans l'hémisphère Sud et les baleines de cette zone sont en Antarctique en train de se nourrir. Le principal **but des migrations** est de satisfaire leurs **besoins alimentaires**. C'est dans les eaux polaires d'été qu'elles trouveront des concentrations importantes en plancton et donc en krill. Ensuite elles doivent assurer la pérennité de l'espèce en **s'accouplant** et en **mettant bas dans les eaux chaudes** afin d'assurer un milieu idéal lors des premiers mois de vie de leurs petits. Ce terrain est situé dans des eaux peu profondes, près des côtes avec une température de l'eau comprise entre 22 et 25°C. Cela impose cependant un jeûne quasi-total pendant 6 mois. La seule exception à la migration est la population sédentaire de la mer d'Oman qui se nourrit et se reproduit au même endroit toute l'année. (Rollin and Debus, 1992)

Notons cependant que le schéma migratoire des baleines à bosse pourrait être plus complexe que l'hypothèse nord-sud généralement avancée pour cette espèce. En effet, Stevick et al. (2010) ont, pour la première fois, mis en évidence une migration de 10 000 km concernant une femelle baleine à bosse entre l'Amérique du Sud et Madagascar. C'est ainsi que l'on remarque l'importance des études afin de préciser les chemins migratoires, comprendre les stratégies alimentaires de ces différentes sous-populations et caractériser leurs déplacements dans les zones de reproduction.

Selon Dawbin, la migration serait déclenchée par la diminution de la durée du jour (Dawbin, 1966). Les femelles en lactation sont plus sensibles que les femelles gestantes ce qui expliquerait une migration décalée entre les individus. Ce serait ensuite au tour des mâles immatures puis des mâles matures de prendre la direction des eaux chaudes. Puis il semblerait que les femelles gestantes migreraient vers le nord plus tard (afin de faire le plus de réserves possible pour effectuer le long voyage) et repartiraient vers le sud plus tôt que les femelles en lactation (Zerbini et al., 2006). De plus, le sex-ratio est faveur

des mâles donc toutes les femelles (non gestante ou n'allaitant pas) n'iraient pas en zone de reproduction (Flemming and Jackson, 2011).

D. Orientation

Pour effectuer leur migration, les baleines à bosse semblent emprunter une direction particulière. Les **mécanismes** utilisés pour réaliser ces longues distances restent **inconnus**. Leur route n'est pas guidée par les courants de surface, ni par la bathymétrie et ni par le temps. D'autres pistes ont donc été étudiées, des recherches auraient mis en avant deux moyens pour se déplacer, le premier à l'aide des champs magnétiques terrestres et le second grâce à la position du soleil. Cependant les deux types de repères pris séparément n'expliquent pas l'extrême précision de leur déplacement et l'ajustement continuel (environ 1°) (Horton et al., 2011).

E. Organisation sociale et habitat

L'identification de l'utilisation de l'habitat et de l'organisation sociale est un aspect important pour évaluer la distribution et les schémas comportementaux des baleines à bosse.

La baleine à bosse peut vivre **seule** (S) ou en groupe structuré.
Il existe 5 groupes : la **paire mère-baleineau** (M-B), **mère-baleineau-escorte** (M-B-E), les **paires** (P), les **groupes compétitifs** (GC), les **groupes non compétitifs** (GNC).
Le groupe compétitif a été décrit par Peter Tyack du Woods Hole Institute de Boston. L'animal noyau est une femelle souvent escortée de son petit, nageant à moins de 4 m d'elle. Le premier escorteur les suit à environ 5m d'elle. Les mouvements de la femelle et de l'escorteur (1er mâle) sont toujours coordonnés. Les autres baleines sont disposées à une distance comprise entre 5 et 15 m. Les seconds escorteurs sont des mâles, des adolescents ou des femelles sans petit. Un mâle concurrent ou challenger va essayer de prendre la place du 1er escorteur. Ils vont se battre et le vainqueur prendra la place de 1er escorteur. Ces **groupes structurés**, qui peuvent compter jusqu'à 15 individus sont **temporaires**, l'association entre la femelle et le 1er escorteur ne dure jamais plus de 3 jours. Le premier escorteur est un mâle qui se montre protecteur envers la femelle et agressif envers tout autre animal qui tente de l'approcher (Rollin and Debus, 1992).
Des groupes composés de deux mâles sont visibles. Cette coalition pourrait être utile lors de la reproduction. Ainsi les deux mâles coopéraient afin d'évincer les autres mâles et donc de pouvoir s'accoupler avec la femelle réceptive. L'association de femelles est rarement observée dans les zones

de reproduction, parfois possible lors de la migration mais plus fréquente dans les zones d'alimentation surtout lorsqu'elles sont gestantes (Pomilla and Rosenbaum, 2006).

L'étude de Findlay, a montré que pour la sous-population C1, certains paramètres météorologiques ont leur importance pour la présence des baleines à bosse (Findlay et al., 2011). Une différence significative a été montrée concernant le Beaufort (χ^2=10.4; df=4; p<0.035). Il en est de même pour la vitesse du vent (χ^2=29.6; df=6; p<0.00005), pour la salinité de la surface de la mer (χ^2=46.7; df=15; p<0.00004) et pour la vitesse du courant (χ^2=13.6; df=55; p<0.018). En effet, ces baleines ont été observées plus souvent avec un Beaufort entre 2 et 3, avec une vitesse de vent comprise entre 9 et 27 km/h, une salinité de surface de 34.8/34.9 ppt (il est possible que les baleines ne puissent tolérer une faible salinité), et elles n'utilisent ni les courants trop faibles (<1.8 km/h) ou trop forts (5.5 km/h). Les couples mères-baleineau ont une préférence pour des eaux peu profondes (<20 m) comparés aux autres groupes. Les groupes compétitifs sont plus souvent observés loin des rives (plus le groupe est grand plus il est loin) contrairement aux couples mères-baleineau avec ou sans escorte. On note aussi que les groupes (mère-baleineau avec ou sans escorte) s'éloignent de la côte à la tombée de la nuit puis reviennent le matin. Un pic d'activités, comportement aérien-parade nuptiale, est visible à midi et en milieu d'après-midi (Ersts and Rosenbaum, 2003).

En résumé :

- Les baleines à bosse se nourrissent pendant l'été dans les eaux polaires (zone de production primaire riches en krill).
- Elles se reproduisent et mettent bas en hiver dans les eaux chaudes et peu profondes des basses latitudes, des groupes peuvent être formés mais toujours de façon temporaire.
- Elles doivent donc parcourir 8000 km.
- Les baleines à bosse migrent généralement seules et plus ou moins tard dans la saison en fonction de leur stade physiologique et de leur sexe.

F. Menaces

1. Impact anthropogénique (Flemming and Jackson, 2011)

➢ Collision avec des navires

Les collisions sont le plus souvent non détectées ou non rapportées. Ces collisions provoquent des traumatismes et dans nombre des cas la mort des animaux. Les jeunes mâles semblent être les plus touchés. Le nombre de collisions semble avoir augmenté ces cinq dernières décennies, mettant en

cause le plus souvent les bateaux monocoques et ceux ayant une vitesse de 9 à 18 km/h (soit 5 à 10 nœuds).

- Pollution

L'océan, et surtout les régions de haute latitude, est un dépôt géant pour les polluants organiques halogénés qui persistent une longue période. D'autres polluants qui sont maintenant interdits ou en train de l'être (PCB, DDT), se sont bio-accumulés via la chaine alimentaire pour atteindre de fortes concentrations chez les prédateurs. Sans parler des pays qui utilisent des polluants sans règles, et qui contaminent les océans en étant transportés par les courants marins.

En ce qui concerne les baleines à bosse, de nombreuses études dans l'hémisphère nord, montrent que la concentration en DDT et en chlordane augmente avec l'âge. Les PCB sont transférés aux jeunes pendant la gestation et la lactation, c'est ainsi que les baleineaux sont contaminés à forte dose. Toutes ces substances neurotoxiques ont en plus un rôle sur la reproduction, le système immunitaire, la thyroïde, le foie et peuvent induire des tumeurs.

Le pétrole, quant à lui, peut-être inhalé, ce qui peut provoquer des lésions sur la peau ou au niveau des yeux et contaminer les proies.

De plus, la pollution, qu'elle provienne des industries ou des déchets ménagers, fait proliférer les algues. Certaines, comme les cyanobactéries, produisent des toxines qui peuvent être létales.

Les plastiques ont un impact sur les mammifères marins. Par exemple, sur les cachalots et les tortues marines qui confondent des sacs plastiques avec des méduses (sensation de satiété qui provoque une malnutrition ou corps étrangers provoquant la mort des individus), sur les dauphins, les marsouins et les lamantins qui peuvent se retrouver enchevêtrés et ainsi perdre un membre ou être asphyxiés.

- Nuisance sonore

Depuis 50 ans, le développement des flottes maritimes n'a fait que s'accroître, que ce soit pour la pêche, la recherche ou encore l'exploration de gaz, ce qui a en même temps augmenté le nombre de sonars (fréquence basse). Cela entraine des interférences négatives avec le comportement social des cétacés. L'exposition aux bruits a causé des fluctuations des hormones du stress, des changements de lieu de vie et surtout les perturbe pour leur orientation et donc change les trajets migratoires.

- Filets de pêche

Les baleines à bosse peuvent être blessées ou même trouver la mort à cause de la pêche et particulièrement des filets. On note que les juvéniles sont les plus touchés.

- Chasse à la baleine

La chasse à la baleine a commencé il y a plus de 5000 ans. Les baleines étaient des proies faciles du fait qu'elles se reproduisaient près des rivages. Au début de simples embarcations avec des harponneurs étaient employées puis au cours du XVIIIème siècle, la pêche s'est intensifiée. Des baleinières, bateaux rapides spécialisés dans la chasse à la baleine, étaient utilisées puis des usines de dépeçage flottantes ont vu le jour. En l'espace de 200 ans, 90% des baleines à bosse et des baleines bleues furent exterminées dans le monde (Rollin and Debus, 1992).

Le Japon, théoriquement à des fins de recherche, tue encore des baleines de nos jours. De nombreux pays pensent désormais que les baleines à bosse ne sont plus en danger et donc souhaitent réinstaurer un quota permettant la pêche et le commerce.

Le Groenland chasse toujours la baleine à bosse à des fins de subsistance alimentaire, un quota de 9 baleines pour 2010-2012 a été accordé par la commission baleinière internationale.

2. Menaces biologiques

- Parasites

Les **balanes** *(*Figure 14*),* appartenant au groupe des *Cirripèdes,* sont classées parmi les **ectoparasites**, les plus fréquents et les plus nombreux, en particulier *Coronula diadema* et *Coronula reginae* (bien qu'il n'y ait pas réellement de spoliation de l'hôte). Elles sont présentes au niveau des nageoires caudales et pectorales, de la tête et des protubérances, d'un diamètre d'environ 6 cm, elles se nourrissent en même temps que la baleine via la filtration du phytoplancton non ingéré par cette dernière. Elles se fixent directement sur la peau ou sur une autre balane dans les mers polaires et se détachent dans les eaux chaudes laissant un tissu blanc cicatriciel. Elles sont **spécifiques** de chaque baleine, et sont facilement repérables grâce à leur coque calcaire, blanche. C'est ainsi que les chasseurs pouvaient déterminer le type d'individu chassé (Rocca, 1993). Il est possible aussi d'observer des ***Conchoderma sp.*** qui n'existent qu'en présence de *Coronula*. Elles se fixent au niveau des parois extérieures de cette dernière (Angot, 1951).

Figure 14 : Présence de Coronula sur la tête d'une baleine à bosse (Cétamada, 2014)

Des **poux** appartenant à la famille des *Cyamidae*, **ectoparasites obligatoires des cétacés**, sont aussi présents. Le pou ***Cyamus boopis*** vit uniquement sur les baleines à bosse près de la base des balanes. Ce *Cyamidae*, qui se nourrit de la peau provoquant démangeaisons et irritations, mesure 2.5 cm et porte des griffes à l'extrémité de ses 10 pattes. Il pourrait dans certains cas contribuer à la mort de ces mammifères. Ce parasite spécifique constitue un « marqueur » qui permettrait de mieux comprendre certaines caractéristiques des cétacés, comme l'état de santé des stocks et les migrations. (Cot, 2002)

Le **nématode géant** *Crassicauda boopis*, est connu pour entraîner une réponse inflammatoire sévère (thrombose vasculaire et rupture rénale) (Flemming and Jackson, 2011). D'autres endoparasites sont présents (nématodes, trématodes).

- Prédateur

Le plus grand prédateur de la baleine à bosse est l'**orque**. Il semblerait que leur relation soit particulière. Des groupes d'orques ont déjà été vus avec des baleines sans qu'aucune prédation n'ait lieu et au contraire, des orques pouvaient traquer des baleines sur de longues distances afin de capturer l'individu le plus faible, dans la plupart des cas le baleineau. Cette relation semble s'apparenter à celle des lions et gnous en Afrique.

La baleine à bosse est aussi menacée par un petit requin (42 à 56cm), le **squalelet féroce** (*Isistius brasiliensis, Figure 15*). Cet ectoparasite facultatif possède de nombreuses dents, c'est ainsi qu'il s'accroche sur la baleine et arrache un lambeau de peau tel un emporte-pièce. L'accumulation des lésions peut affaiblir considérablement l'animal.

Figure 15 : Squalelet féroce (wikipédia)

- Virus et bactéries

Le parasitisme ou les blessures sont des portes d'entrées pour les virus et les bactéries.

Peu d'informations sont disponibles concernant les tumeurs.

Une étude sur les **échouages** a montré que les causes étaient essentiellement **pathologiques** : infections, œdème aigu du poumon par décompensation cardiaque, fort degré de parasitisme, intoxications ou **d'origine humaine** : captures accidentelles, filets dérivants.

3. Menaces potentielles

- Changement climatique

Le premier impact concerne l'**abondance et la distribution des proies** (Atkinson et al., 2008). La densité du krill en Antarctique diminue depuis les années 1970 à cause d'une réduction de glace l'hiver et de nourriture disponible pour ces derniers l'été. Une nouvelle répartition des zones de krill entraînerait des changements de zone d'alimentation et de routes migratoires.

De plus, la capture du dioxyde de carbone atmosphérique qui réagit avec les carbonates dissous pour former de l'acide carbonique diminue le pH. Avec une diminution du carbonate, la production du squelette calcaire de la faune marine est mise en danger et l'acidification des océans joue un rôle sur l'éclosion du krill.

Il existe un lien entre la population de krill et la glace. La fonte de cette dernière entraîne inéluctablement la diminution du krill. A des buts d'explorations pour obtenir du pétrole ou du gaz, les hommes vont jusque dans l'Antarctique entraînant un impact cette fois direct sur la dégradation de l'environnement. Non seulement ils ont un effet sur la nourriture mais aussi directement sur les baleines avec leurs bateaux et la pollution.

Les scientifiques pensent que le phénomène El-niño a aussi un impact sur les migrations mais pour l'instant aucune parution scientifique n'est disponible. Ce phénomène présent au niveau de l'Océan Pacifique est issu d'une anomalie entre le climat atmosphérique et océanique. Il est présent tous les 2 à 7 ans. Il pourrait être déclenché par le dipôle de l'Océan Indien, une anomalie de l'Océan Indien équivalente à El-niño (Izumo et al., 2010).

Il y a également la pêche intensive du Krill qui constitue une menace alarmante.

- Tourisme

L'observation des baleines a commencé en Nouvelle-Angleterre en 1975. En 2008, on recense cette pratique dans 119 pays. Il est difficile de démontré s'il existe un réel impact négatif sur le taux de mise-bas ou sur la survie des jeunes. L'influence maternelle concernant les zones utilisées, l'abondance de proies et l'augmentation de la population sont autant de facteurs qui sont à prendre en compte pour déterminer l'effet réel du tourisme. De plus, peu d'études sur le long terme sont disponibles pour analyser les conséquences dans le temps (Weinrich and Corbelli, 2009). Pour l'instant, le tourisme apporte de nombreuses contributions à la recherche et il est dans la plupart des cas soumis à une réglementation concernant l'approche des cétacés.

G. Mesures mises en place pour la sauvegarde

- Organismes de protection (Flemming and Jackson, 2011)

De nombreuses institutions ou ONG sont en place pour préserver les mammifères marins comme par exemple l'Organisation Maritime Internationale (IMO) qui développe un cadre pour réglementer la pêche, et a créé des zones de protection maritime réglementant l'impact au niveau de la pollution. L'Union Internationale pour la Protection de la Nature (IUCN) suscite le développement de lois, de politiques et de guides de bonnes pratiques. Une liste rouge a aussi été créée afin d'informer les gouvernements sur les priorités de protection tout en donnant des idées de conservation. La CBI s'occupe de la convention internationale pour la régulation de la pêche. Elle établit les zones sanctuaires et les permis de pêche à des fins scientifiques.

Dans les zones de forte concentration, les vitesses de navigation sont réglementées. La Commission Maritime Internationale (IMO) a écrit un guide pour réduire le risque de collision, en sachant que la meilleure solution est d'éviter les zones où les baleines sont présentes. Elle insiste aussi sur le fait de signaler tout animal suspect (blessé, échoué) à la commission internationale baleinière.

- Abord des animaux lors de sorties touristiques

Selon le nombre et le type d'individus, des distances et une vitesse de navigation sont imposées et sont propres aux réglementations de chaque pays.

III. Zoom sur les baleines à bosse de l'hémisphère sud

A. Les différents stocks de l'hémisphère sud

La distribution des baleines à bosse *(*Figure 16*)* dans les **zones d'alimentation** a été historiquement divisée en six secteurs longitudinaux entourant le Pôle Sud. Ces derniers sont en réajustement permanent afin d'être au plus proche de la réalité, c'est ainsi que la CBI a fractionné les **aires de I à VI** (avec la zone III découpée en IIIa et IIIb) en se basant sur la concentration de baleines (Flemming and Jackson, 2011).

La Commission Baleinière Internationale a aussi défini **sept aires de reproductions différentes de A à G** dans **l'hémisphère Sud** en lien avec les couloirs migratoires. On note qu'une **huitième zone (X)** a été décrite en 2007 par la CBI dans le nord de l'Océan Indien concernant la population de baleine à bosse de la **mer d'Oman** qui se reproduit et se nourrit au même endroit.

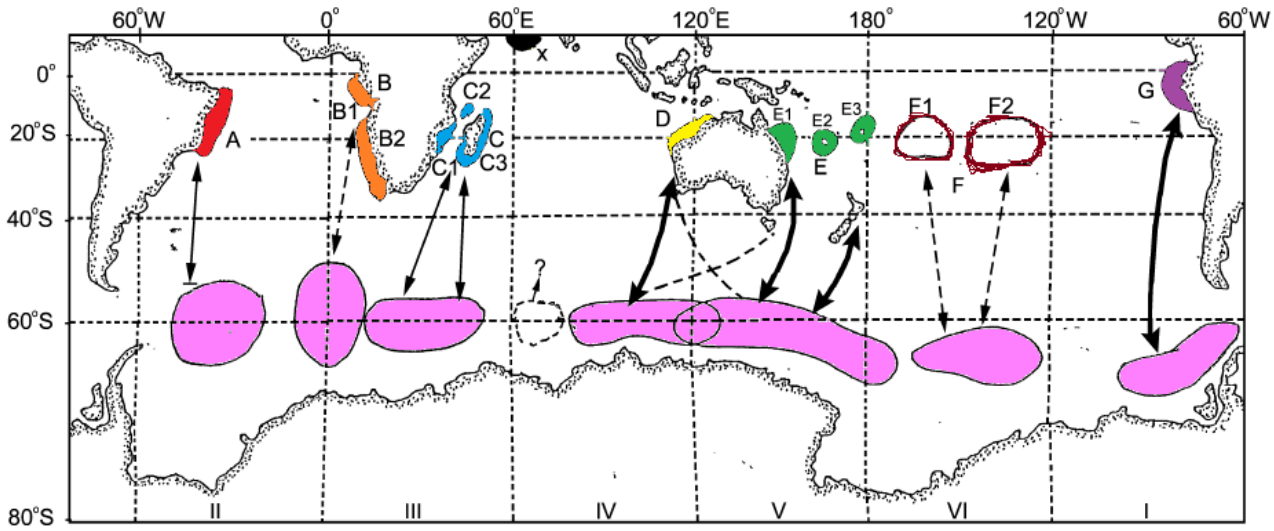

Figure 16 : Répartition de la population de l'hémisphère Sud. En rose, les zones d'alimentation (modifié à partir de Findlay et al., 2009)

Les différentes aires de reproductions sont réparties de la façon suivante *(Tableau 4)* :

Tableau 4 : Répartition des aires de reproduction (Source personnelle)

A : Brésil
B1 : Gabon
B2 : Angola
C1 : Mozambique
C2 : Comores
C3 : Madagascar
D : Ouest de l'Australie
E1 : Est de l'Australie
E2 : Tonga
E3 : Nouvelle-Zélande
F1 : Iles Cook
F2 : Polynésie française
G : Colombie

En 2005, de nouveaux travaux ont mis en évidence un découpage différent concernant les **zones d'alimentation**. Il reste cependant difficile de déterminer avec précision les véritables frontières. La CBI a proposé trois modèles différents qui sont tous recevables (Findlay et al., 2009; Loo et al., 2008). Le model **NAÏVE** propose des zones différentes juxtaposées alors que les modèles **CORE** et **FRINGE** proposent respectivement des aires propres à des stocks et des aires qui s'entrecroisent entre différents stocks comme le montrent les schémas suivants *(Figure 17, Tableau 5, Figure 18)*.

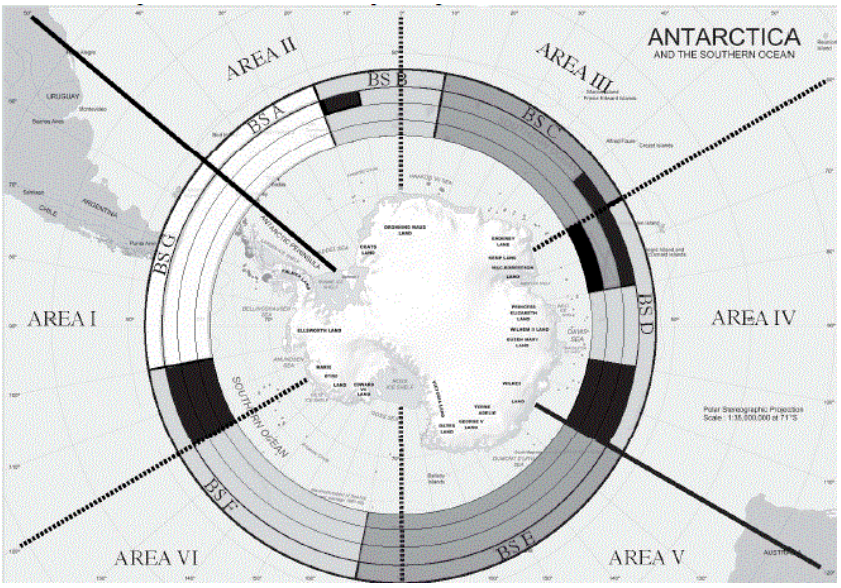

Figure 17 : Distribution des zones d'alimentation. Les cercles de la périphérie au centre représentent le modèle NAIVE et trois variantes du modèle Core (1, 2 et 3). Les lignes sont les hypothétiques limites des aires (Loo et al., 2008)

Le modèle Naïve découpe la circonférence du cercle polaire en différentes zones d'alimentation situées côte à côte contrairement au modèle Core qui lui admet que les zones d'alimentation ne sont pas toutes juxtaposées.

Tableau 5 : Répartition des différents stocks d'alimentation en lien avec la figure 17. N = Nombre d'individus (Loo et al., 2008)

Breeding Stock	Model Naïve	N	Core 1	N	Core 2	N	Core 3	N
A	50W – 20W	7	50W – 20W	7	50W – 20W	7	50W – 20W	7
B	20W – 10E	52	10W – 10E	45	20W – 10E	52	20W – 10E	52
C	10E – 60E	83	10E – 50E	68	10E – 80E	87	10E – 60E	83
D	60E – 120E	52	80E – 100E	32	80E – 100E	32	80E – 100E	32
E	120E – 170W	8	130E – 170W	7	130E – 170W	7	130E – 170W	7
F	170W – 100W	36	170W – 120W	20	170W – 120W	20	170W – 120W	20
G	100W – 50W	138	100W – 50W	138	100W – 50W	138	100W – 50W	138

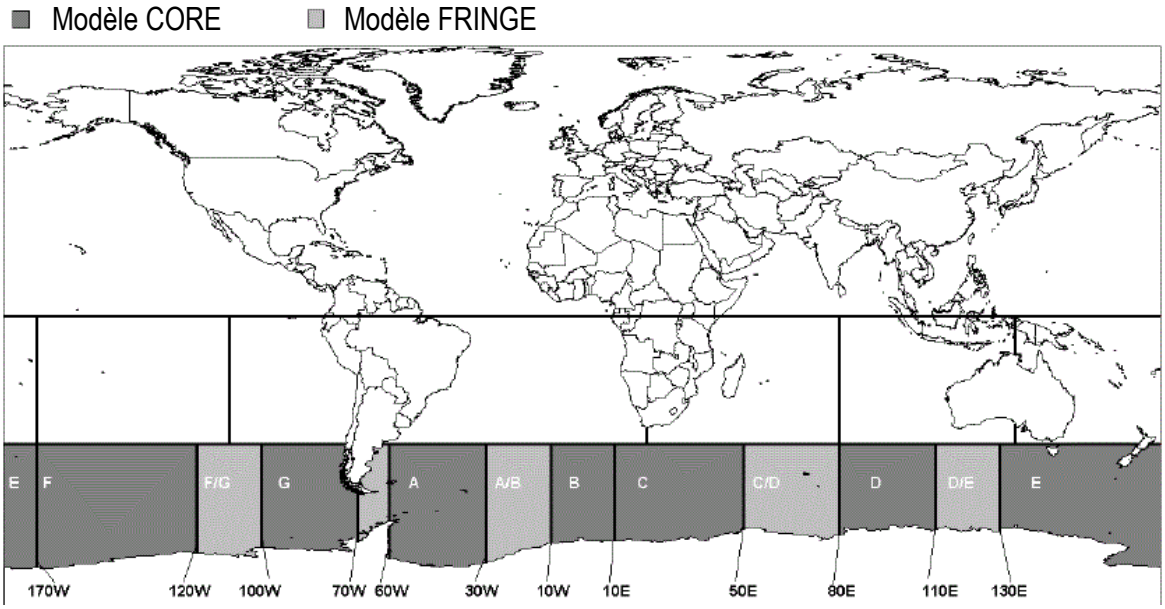

Figure 18 : Répartition des aires d'alimentation selon les modèles CORE et FRINGE (Findlay et al., 2009)

Les figures ci-dessus montrent bien la situation délicate pour déterminer précisément les aires. En effet, on remarque que pour les schémas précédents, les délimitations de la zone A et D diffèrent.

En ce qui concerne les échanges entre les zones d'alimentation et de reproduction, la zone G est génétiquement isolée de façon significative alors que qu'il existe un manque de différentiation génétique entre les zones d'alimentation B et C (Loo et al., 2008).

De nombreux tests génétiques (fréquences des haplotypes et informations moléculaires) ont présenté des résultats en accord avec les désignations de la CBI concernant les stocks A, B, C et X. Cela suggère une **transmission maternelle des routes migratoires et une fidélité des zones de reproduction sur du long terme pour les baleines à bosse de l'hémisphère Sud** (Rosenbaum et al., 2004, 2009). D'autres études (capture/recapture, études télémétriques par satellite et photo-identification, structure du chant) ont établi des connections (faibles) entre les stocks A et B, basées sur le mouvement d'individus (Zerbini et al., 2006) alors qu'aucune migration transocéanique n'a été mise en évidence pour ces deux populations opposées de l'Océan Atlantique. Concernant les mégaptères présents au niveau des côtes du **Brésil**, ces derniers montrent que la fréquence des haplotypes est significativement différente des autres populations de l'Atlantique Sud (Rosenbaum et al., 2004).
La différence de l'ADN mitochondrial entre le stock **B et C** est mise en évidence par des tests statistiques significativement différents. Malgré cela, il existe un **lien entre les lignées maternelles des différents groupes**. Ce lien peut être dû à un ancêtre commun ou à des migrations ponctuelles récentes entre les différents stocks (Rosenbaum et al., 2004). Compte tenu des taux de migrations estimés entre B2 et C1 (1 à 2 par an), et de la signification statistique plus élevée des distances haplotypiques par rapport aux distances moléculaires, l'hypothèse la plus probable serait l'existence de migrations inter-océan (Rosenbaum et al., 2009). Un individu a été observé en 2000 au niveau de la baie d'Antongil (C3) puis en 2002 au niveau du Gabon (B2). Même si ce mâle était immature à ce moment-là cela prouve qu'il existe bien un échange interocéanique (Pomilla and Rosenbaum, 2005). Une migration serait donc possible d'est en ouest (Océan Indien à Océan Atlantique) au niveau des zones d'alimentation.

La population de la **zone X** est située au niveau du Yémen, du sud de l'Oman, de l'Iran, du Pakistan et de l'Inde. Cette dernière adhère à un **cycle de reproduction plus proche de celui de l'hémisphère Nord**, avec un pic de mise bas de janvier à mai. La population serait estimée à 82 individus (95% CI=60-111) mais ce faible sondage pourrait être biaisé par une couverture spatiale et temporelle insuffisante. Même si cette population semble originaire de l'hémisphère Sud, elle ne présente aucune

ressemblance génétique (ADN mitochondrial ou microsatellites nucléaires) ce qui en fait une sous-population à part entière qui n'a aucun contact même avec les populations les plus proches (stock C) (Rosenbaum et al., 2009). L'**absence de migration** a été confirmée par une étude de photo-identification de caudales (68 pour la population d'Oman, 1041 pour Madagascar et 559 pour l'Afrique de l'Est) qui ne montre aucune recapture entre la population du stock X et du stock C (Minton et al., 2010).

B. Les différentes sous-populations du stock C

Afin de différencier les populations, Best et al. (1998) ont réalisé différentes études à bord de bateau, à l'aide d'études acoustiques et de survols aériens. On note qu'aucun test génétique n'a été réalisé. **Trois sous-populations** ont été proposées en prenant en compte les différentes routes migratoires reliées à des zones géographiques spécifiques. La sous-population **C1** le long de la **côte est de l'Afrique jusqu'au Mozambique**, la sous-population **C2** présente au niveau des **îles du canal du Mozambique** et **C3** au niveau des **côtes de Madagascar**.

La **possibilité** d'une quatrième zone **C4**, au niveau des **îles Mascareignes** (Réunion, Maurice et Rodrigues) a été proposée en 2011 par la Commission Baleinière Internationale (IWC, 2011b) mais à cause d'informations en quantité limitée, cette dernière n'a pas retenu cette zone au niveau du stock C (IWC, 2011a). Cependant de nombreuses études (Dulau-Drouot et al., 2011; Flemming and Jackson, 2011), ont révélé la présence de baleines à bosse en continu sur plusieurs années (2004-2010) dans cette zone. C'est pour cette raison que les articles présentent maintenant la zone C découpée en 4 sous-populations *(Figure 19)*.

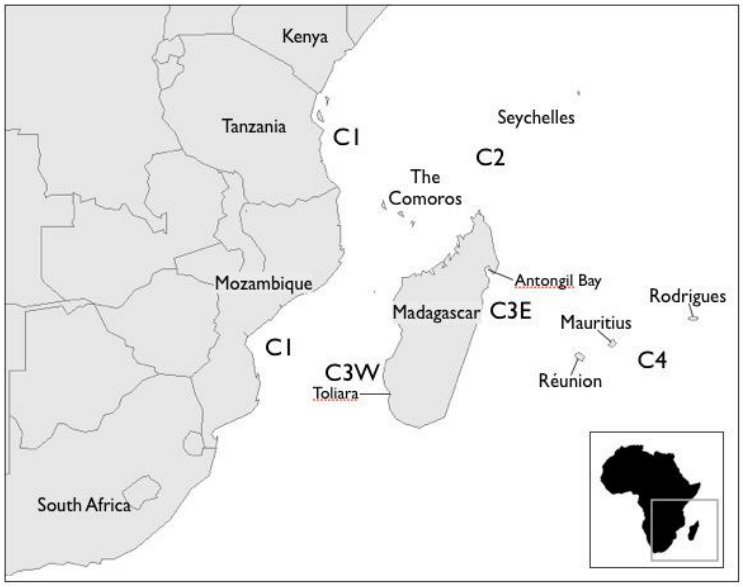

Figure 19 : Répartition des différentes sous-populations de la zone C (Cerchio et al., 2013)

D'autres études ont été faites par la suite utilisant la génétique. Il existe un **flux génétique entre les sous populations** (Rosenbaum et al., 2009) ce qui suggère une fidélité non-exclusive des sites. L'indépendance démographique pourrait être liée à un degré d'échange contemporain et à une part élevée d'ancêtres communs.

Les analyses génétiques montrent des **différences significatives entre les populations C1 et C3** (ADN mitochondrial et microsatellites) mais **pas de différences significatives entre C2 et C3** (Pomilla and Rosenbaum, 2006).

Une étude menée entre 1995 et 2004 montre que neuf baleines à bosse ont utilisé à la fois la zone C1 (le long du Mozambique) et C3 au cours de ces années (Ersts et al., 2011). Six d'entre elles étaient des mâles. Une autre étude entre 2000 et 2006 a montré une seule capture et recapture dans une zone C différente (C1 et C3) (Cerchio et al., 2008). Il existe donc bien des **échanges**, cependant il est **difficile de les quantifier** car si la zone C3 est assez bien étudiée au niveau de la baie d'Antongil, la zone C1 n'est que très peu étudiée. Les échanges entre la zone **C1 et C3** seraient estimés à **2%**. Il existerait entre 5 à 19% d'individus qualifiés de « visiteurs », c'est-à-dire qu'ils migreraient dans une autre région une seule année (Johnston and Butterworth, 2008).

Une étude, à l'aide de balises satellitaires, a montré qu'à la fin de saison de reproduction cinq baleines taguées dans la zone C2 (Mayotte ou Mohéli) ont été suivies jusque dans la zone C3 (Fossette et al., 2014). Une a été suivie sur la côte Nord-Ouest de Madagascar vers Majunga où la présence de baleines n'est pas encore déterminée, puis est repartie vers Mayotte. Une autre a été dans la même zone puis s'est dirigée vers la côte Est, une troisième a longé une partie de la côte Est. Deux sont passées au sud de Majunga pour ensuite se rendre vers Tuléar au sud-est de Madagascar et une d'entre elle a continué sa route dans la zone d'alimentation qui chevauche les stocks B et C.

Ces échanges étaient auparavant inconnus, ce qui remet en question la notion de sous-population. On note tout de même que certaines sont restées proches de Mayotte et que le canal du Mozambique longe la côte Est de Madagascar donc certaines pouvaient aussi prendre simplement la direction du Sud.

Il existe des **échanges** entre les zones **C3 et C4** (Dulau-Drouot et al., 2011). A travers la photo-identification des caudales, trois baleines ont pu être recensées sur la côte Est de Madagascar ainsi que sur les côtes réunionnaises à des années différentes. Ces échanges sont facilités par l'absence de barrière géographique entre ces deux îles. A chaque fois les observations initiales se font à Madagascar puis à La Réunion.

La population de baleine à bosse est distribuée de façon hétérogène au niveau du sud-ouest de l'Océan Indien. Les sous-populations C1 et C3 sont distinctes mais il existe des liens encore mal définis

avec les autres sous-populations. Les couloirs migratoires empruntés ne sont pas encore identifiés précisément. Les **échanges entre les zones** ainsi que les **incertitudes sur les routes empruntées** ont des **conséquences sur les études** : état réel de la population (surestimation des effectifs réels), délimitation de l'habitat et protection de la population.

1. La sous-population C1

La sous-population C1 est présente sur la **côte est de l'Afrique du Sud jusqu'au Mozambique** *(*Figure 20*)*. D'après une étude réalisée en 2003, la zone s'étend de Cabo Inhaca / Xai Xai (26°00'S, 33°05'E) jusqu'au Nord du Mozambique (14°26'S, 40°53'E). Une plus grande densité de baleine à bosse est visible de Cabo Inhaca jusqu'à Ponta Zavora (0.78024), de Ponta Zavora à Cabo Bazaruto (0.55619) et de l'île « ilha Epidendron » à 14°20.5'S (0.55407). Peu d'observations sont faites autour de Sofala Bank, ce qui peut être expliqué par les troubles (turbidité modifiée par l'entrée des eaux des rivières)engendrés par de nombreux estuaires (Findlay et al., 2011).

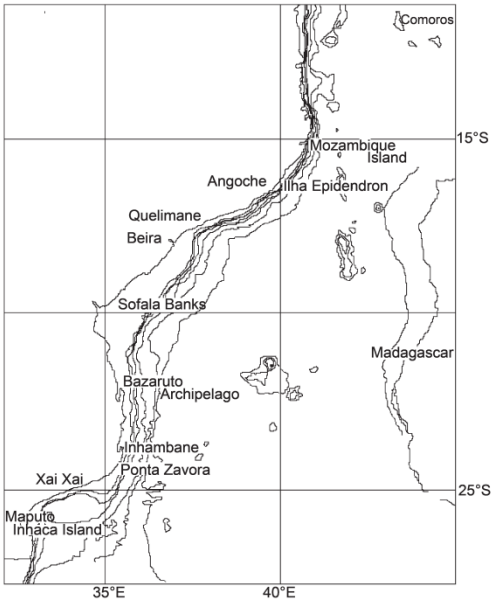

Figure 20 : Géographie de la côte est de l'Afrique du Sud (Findlay et al., 2011)

Les baleines à bosse sont visibles début juillet et de mi-septembre à mi-octobre. Une grande proportion de paires mère-baleineau est observée donc cette zone semble être propice à la mise bas (Findlay et al., 2011).

La sous-population pourrait aussi se subdiviser en 2 zones géographiques : C1S (plus au sud) comprenant le sud du Mozambique et C1N (plus au nord) comprenant le Kenya et la Somalie. D'après une étude télémétrique, l'hypothèse d'avoir des routes migratoires pour ces deux zones est évoquée. La première passant par le canal du Mozambique et la deuxième passant par l'est de Madagascar.

Ainsi, on pourrait expliquer les échanges d'individus (entre C3 et C1N) et le fait que les analyses génétiques soit complètement différentes (entre C3 et C1S) (Cerchio et al., 2013).

En **2003**, la population est estimée à **6700 individus** (intervalle de confiance entre 5300 et 8700 individus) avec une croissance annuelle de 2% le plus souvent mais qui peut être comprise entre 1.8 et 3% (Johnston and Butterworth, 2008).

2. La sous-population C2

La sous-population C2 va préférentiellement emprunter le **canal du Mozambique** pour passer l'hiver dans les eaux chaudes des **archipels des Comores** *(*Figure 21*)*. Les baleines seront visibles dès juillet jusqu'à octobre. Peu de données sont disponibles sur cette zone d'hivernage. L'archipel des Comores est un assemblage d'îles volcaniques océaniques, de rives et de récifs au nord du Canal du Mozambique. Les baleines trouvent donc refuge après une longue migration dans ces eaux peu profondes qui en font des zones propices à la mise-bas. La fréquentation des côtes de Mayotte et du complexe Geyser-Zélée est aussi possible mais semblerait limitée compte-tenu des bruits et des perturbations engendrées par les activités humaines (Cerchio et al., 2013).

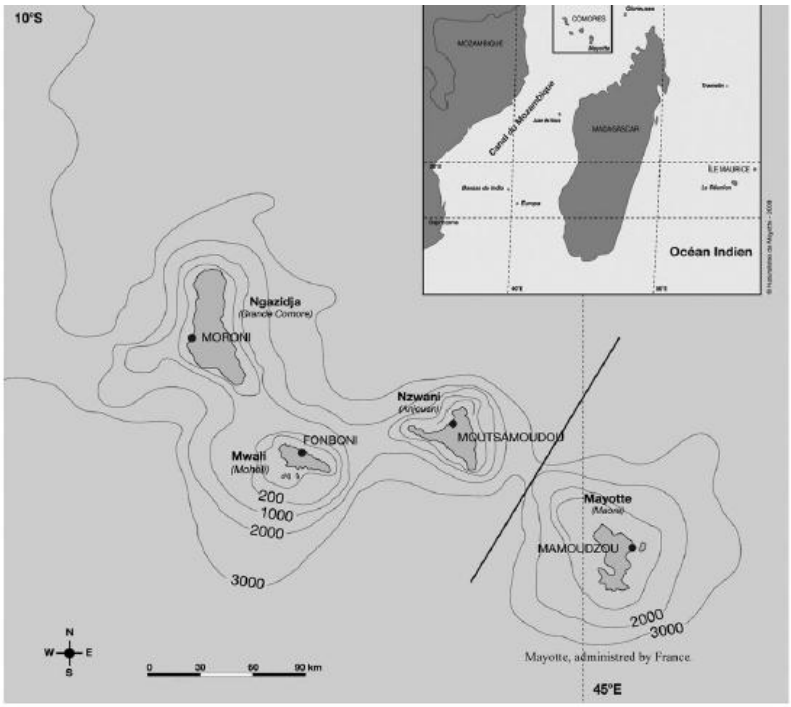

Figure 21 : Géographie de la zone de l'archipel des Comores (Kiszka et al., 2010)

Différents groupes sont visibles mais des **paires mère-baleineau sont les plus observées** (49%) ce qui fait de Mayotte une zone propice à la **mise-bas**. Des groupes en compétition et des comportements de parade nuptiale ont aussi été observés, ce qui prouve que ce lieu est en plus une aire de reproduction (Kiszka et al., 2010).

La sous-population semble composée de moins d'individus qu'au niveau des sous-populations C1 et C3. De plus, les baleines à bosse sont surtout visibles en fin de saison (Cerchio et al., 2013).

3. La sous-population C3

La sous-population C3 s'étend du **sud-ouest** longeant la **côte est jusqu'à la baie d'Antongil en passant par le canal Sainte-Marie** *(*Figure 22*).*

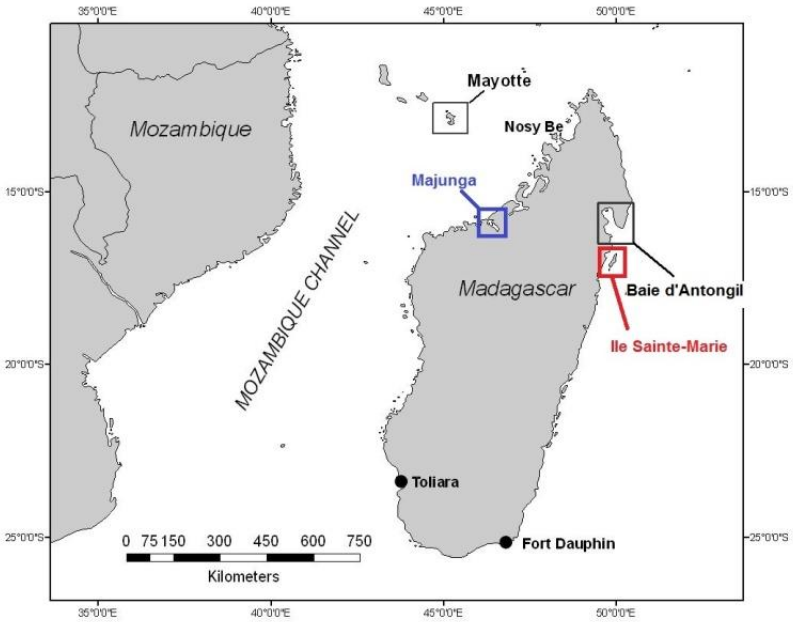

Figure 22 : Carte de Madagascar (Cerchio et al., 2009)

La plupart des études ont été réalisées dans les eaux semi-protégées de la baie d'Antongil. Cette baie étroite et peu profonde orientée nord-ouest-sud-est, s'avance de 60 km dans les terres pour une largeur de 30 km. La profondeur moyenne de l'océan au niveau de la baie est de 41.5 m avec 44% des eaux ayant une profondeur inférieure à 40 m. Au nord de la baie (Nosy Mangabe), la profondeur varie entre 10 et 40 m, c'est la zone de la baie où l'observation des baleines est la plus fréquente. La présence de **paires mère-baleineau** confirme que cette zone est une zone de **mise bas** (Pomilla and Rosenbaum, 2006). Au niveau de la baie d'Antongil, on estime la population de baleine à bosse entre **7406 et 8325** individus selon une étude photographique et génotypique menée de 2000 à 2006 (Cerchio et al., 2009). L'analyse de cette étude montre une croissance estimée à 8% (Johnston and Butterworth, 2008). Cependant, ce recensement ne couvre pas la totalité de la zone C3. De l'île Sainte Marie à Fort Dauphin sur la côte est et de Tuléar à Nosy Be, autant de zones qui ne sont que très peu étudiées, la sous-population C3 est donc sous-estimée (Cerchio et al., 2014).

L'île Sainte Marie (nord-est de Madagascar) mesure 60 km de long pour 7 km de large. Cette île principale a une superficie de 160 km². Au sud de cette dernière se trouve une petite île, l'île aux nattes qui a une superficie de 10 km². La profondeur actuelle des côtes qui entourent l'île ne dépasse pas les 60 m (Toavinalisoa, 2013).

4. La sous-population C4

La Réunion est une petite île (72 km de long et 207 km de côtes) dans l'Océan Indien (55°32' Est et 21° 17' Sud) à 700 km à l'est de Madagascar et à 250 km à l'ouest de l'île Maurice (Riou, 2009). La profondeur océanique est faible (environ 200 m) le long de la côte (3km) mais cette dernière chute rapidement pour attendre 3000 m. Cette île volcanique est bordée par 25 km de récifs coralliens dans l'ouest et le sud-ouest de l'île (liseré gris autour de l'île, Figure 23).

Figure 23 : Géographie de l'île de La Réunion (Riou, 2009)

Depuis 2004, des études concernant les cétacés ont été entreprises sur les côtes réunionnaises et des baleines à bosse ont été observées (Dulau-Drouot et al., 2012). Les mégaptères sont présents de **juin à octobre avec un pic de juillet à septembre**. Entre 2004 et 2010, 720 baleines à bosse ont été observées dont 5 individus observés deux années de suite. Le catalogue de la Réunion compte en 2010, 322 individus répertoriés par la nageoire caudale. Le nombre d'individus n'a cessé d'augmenter au fil de ces 6 années d'études, ce qui incite à penser que la **population de baleines à bosse est récente et augmente dans cette zone**. Est-ce que cela est dû à une augmentation générale de la population dans la zone C et donc d'une saturation des aires de reproduction ? Les baleines chercheraient donc un nouveau site, retourneraient vers un ancien site ou les changements climatiques entraineraient de nouvelles routes migratoires.

Les groupes sont composés de 1 à 8 individus avec une moyenne de 2.2 individus (Dulau-Drouot et al., 2012). Des baleineaux été présents dans 33% des observations avec une augmentation au fil des mois chaque année (plus de baleineaux présents en octobre). Au début de la saison (juin), les individus seuls sont les plus rencontrés. Des groupes compétitifs sont aussi visibles ce qui fait de la Réunion une zone de choix pour la reproduction *(*Figure 24*)*.

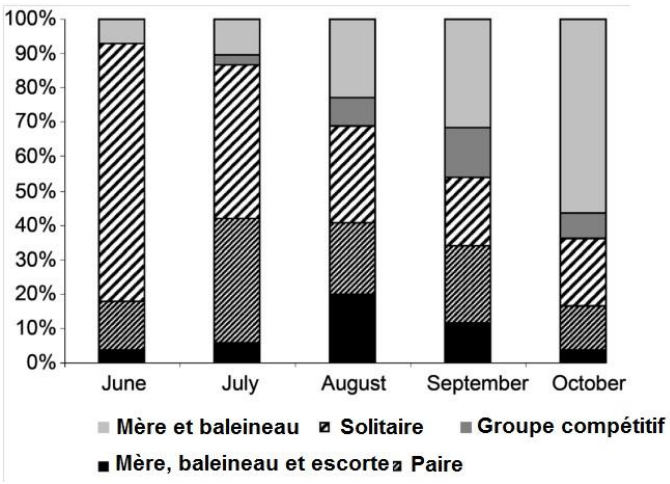

Figure 24 : Répartition du type de population fréquentant La Réunion suivant le mois (Dulau-drouot et al., 2012)

Les baleines identifiées lors des mois de septembre et octobre sont souvent recapturées dans ce même mois. Le délai entre deux captures peut même aller jusqu'à 64 jours. Les baleines seraient donc assez fidèles à ce site avec une part plus importante pour le couple **mère-baleineau** et en fin de saison. Au début de saison, la Réunion pourrait être une zone de passage vers l'île Maurice ou les Seychelles.

Partie 2 : Recensement de la population C dans la zone Nord-Ouest de Madagascar

I. Présentation du projet

A. L'association Cétamada

Cétamada est une **association de droit malgache** pour la conservation des mammifères marins et de leur habitat, à but non lucratif fondée en mai 2009. Son siège social est à Sainte Marie.

L'association œuvre dans de nombreux projets. Tout d'abord, elle apporte son soutien à la population locale. Elle organise des **ateliers pédagogiques et éducatifs** afin de sensibiliser les habitants à la protection de leur environnement. A travers des ateliers artisanaux elle contribue au **développement communautaire**. De plus, elle a développé l'**écotourisme**, via les sorties en mer, qui a deux objectifs : accroître le tourisme sur l'île Sainte Marie (intérêt économique) et sensibiliser les touristes à la protection des mammifères marins. Ces sorties permettent aussi de collecter des données (position, nombre et type d'individus, photo-identification) sur les baleines à bosse qui serviront à des buts de **recherche scientifique**.

La majeure partie des recherches sont réalisées au niveau du Canal Sainte Marie. Au niveau de cette zone, des recherches sont réalisées avec l'aide d'autres organismes afin de collecter un large éventail d'informations : **génétiques** (prélèvement de peau et de lard), **acoustiques** (pose d'hydrophones) et **spatiales** (pose de balises satellitaires). D'autres zones commencent à être étudiées comme Tuléar (Salary et Ifaty), Diego Suarez, Nosy Be ou encore Majunga.

Dans le cadre d'un programme de science participative, Cétamada est la première association à but non lucratif de l'Océan Indien à avoir mis en ligne une base de données permettant l'échange et la mise en commun des données collectées sur les cétacés de cette région (www.cetanet.org).

L'association a mis en place un code de conduite concernant l'approche des cétacés en mer (Cétamada, 2004). Plus précisément pour les baleines, il y a une **zone de sécurité à 800 m** autour de l'animal où la vitesse du bateau doit décroître. A 300 m (zone d'approche) de l'animal, la vitesse doit être constante. Selon le groupe, les distances d'observations varient *(*Figure 25*).* Pour **une ou deux baleines adultes**, l'approche à **100 m** est autorisée. Pour une paire **mère-baleineau** ou si le groupe est composé de **3 individus ou plus**, cette distance est alors de **200 m**. Deux zones sont **interdites** à l'**avant** (embarcations avec hélice qui sont potentiellement dangereuses) et à l'**arrière** de l'animal (les baleines ne peuvent pas tourner la tête donc la présence du bateau sans le voir les inciterait à changer

de cap et serait source de stress). La navigation doit toujours se faire de façon parallèle à la baleine, au même niveau ou au ¾ arrière afin de ne pas imposer de cap à l'animal. La durée d'observation d'un groupe est d'une heure maximum (30 minutes pour un groupe avec baleineau) et pas plus de 3 bateaux doivent être présents.

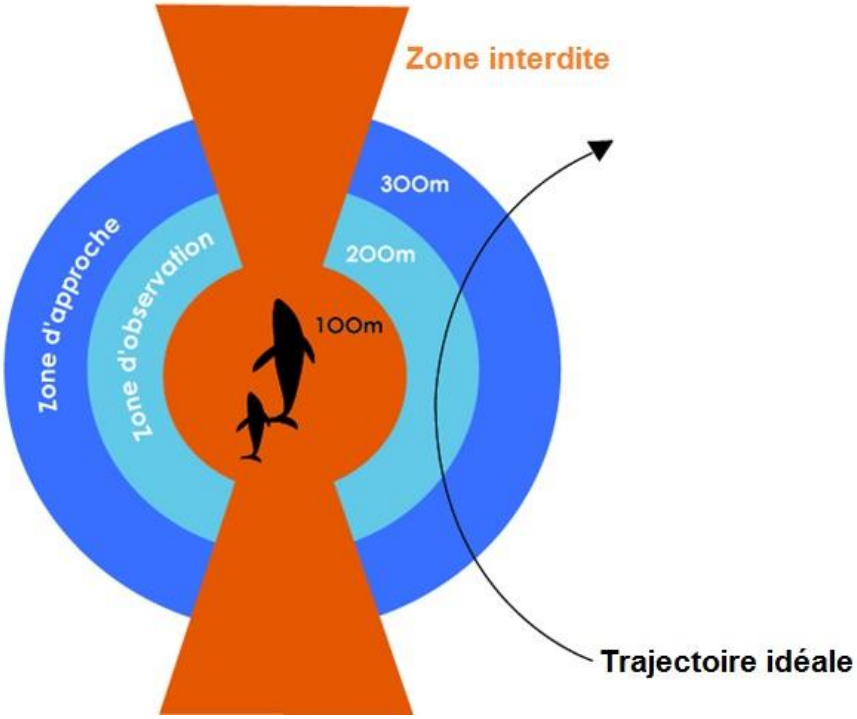

Figure 25 : Méthode d'approche des baleines (Cétamada, 2004)

B. La zone d'étude : Majunga

Madagascar fut scindée de l'Afrique il y a 120 millions d'années (Cétamada, 2013, site internet wikipédia). Cette île montagneuse se situe dans l'Océan Indien à l'Est de l'Afrique, séparée de 400 km par le canal du Mozambique (1619 km de long). Les Comores sont au nord de l'île (300 km), les Seychelles au nord-est (930 km) et l'île de la Réunion à l'est (800 km). Madagascar possède 4 828 km de côtes pour une superficie de 587 040 km².

Majunga (Mahajanga en malgache) est située au **Nord-Ouest de Madagascar** à la latitude 15° 43' 00" S et à la longitude 046° 19' 00" E. Majunga est la capitale de la région de Boeny. C'est une ville portuaire au niveau du **canal du Mozambique**, à l'embouchure du fleuve Betsiboka et à 550 km au nord-ouest d'Antananarivo *(Figure 26)* (site internet wikipédia).

La côte nord-ouest est caractérisée par un climat avec de faibles amplitudes thermiques. Toute l'année, le climat est chaud et humide malgré une saison sèche longue (d'avril à octobre) avec peu de précipitations (Rafalimanana and Caverivière, 2013).

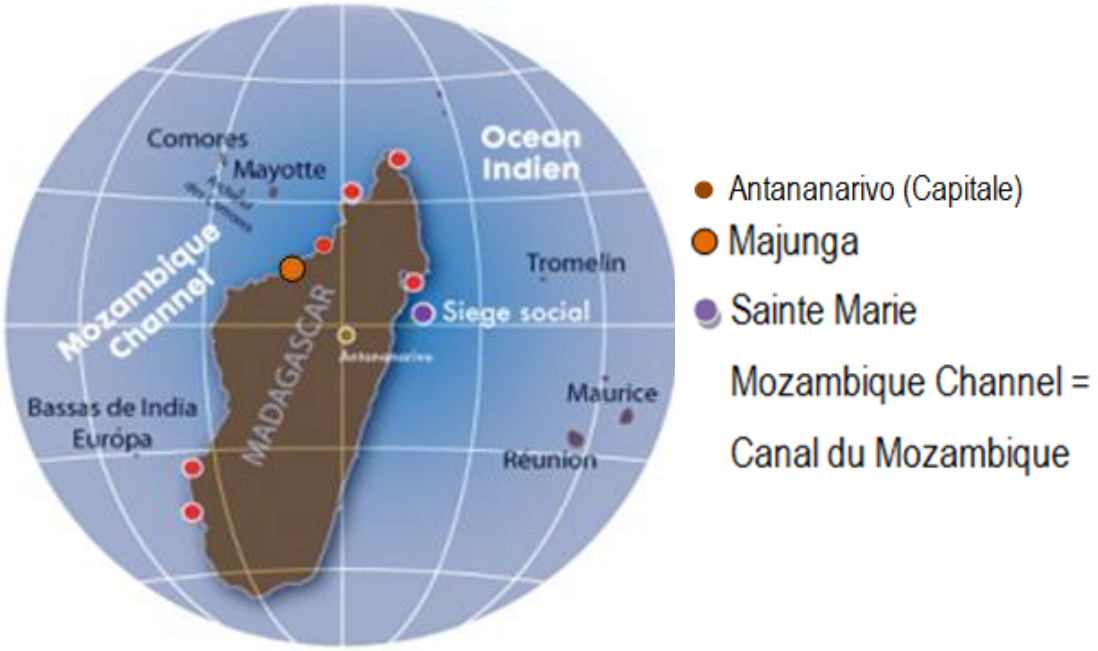

Figure 26 : Carte de Madagascar (modifiée à partir de Cétamada, 2004)

Une plage longe le centre de Majunga jusqu'à Antsanitia (zone de départ des observations). Une mangrove formée par la rivière Morira se jette dans l'Océan Indien à cet endroit. La bathymétrie varie fortement à ce niveau. Il existe des **plateaux entre 20 et 60 mètres de profondeur** et des **grands tombants** qui font chuter la profondeur **à plus de 300 mètres** (zone grise, *Figure 27)*

Figure 27 : Bathymétrie de la zone de Majunga (http://tatsimo.blogspot.fr)

C. Les objectifs de l'étude

Depuis de nombreuses années, les pêcheurs de Majunga se retrouvent face à des baleines à bosse. Cependant aucune étude n'a encore été faite pour comprendre la présence de ces dernières dans cette

zone. Majunga n'est pas cité en tant que site d'observation des baleines à bosse. On sait qu'il existe 3 routes migratoires vers et à partir des aires de reproduction hivernale dans le sud-ouest de l'Océan Indien mais cela n'interdit pas les mouvements de baleine à bosse entre ces couloirs (Best et al., 1998). Ce travail a de ce fait pour objectif de réaliser **la première étude** au niveau de Majunga afin de savoir si cette zone est un **couloir migratoire** emprunté lors de la migration ou une **zone** à proprement dit de **mise bas et de reproduction**. Ce travail fait partie d'une première description de la population et d'estimation de l'abondance.

II. Matériels et méthodes

A. Description

Les données ont été collectées avec l'aide de la société **Antsapêche**. Les sorties en mer ont été possibles via les **sorties pêches**, les **sorties baleines** ou les **transferts vers Terre-Blanche**. Dans le cas des sorties baleines, un briefing était réalisé avant chaque sortie pour sensibiliser les touristes à la protection des mammifères marins. La récolte de données est donc dépendante de l'activité de la société et de la météorologie. Pour les sorties pêches ou les transferts vers Terre-Blanche, toutes les observations ont été faites de façon opportunistes.

Les sorties se sont faites à bord du **« Ny Nofy »** (le rêve en malgache), d'une longueur de 9.74 m. La période d'étude n'est pas fixe mais dépendante de l'arrivée et du départ des baleines dans cette zone.

B. Outils

Pour chaque sortie, les heures de départ et de retour sont précisées. Pendant les observations, différents paramètres sont également relevés :

- La position GPS : équipement disponible à bord du bateau
- Heure de début et de fin de contact
- Le groupe (G1 pour le 1er groupe de baleine, nom de l'espèce si autre cétacé par exemple dauphins)
- Le nombre et le type d'individus (si 2 individus : paire d'adulte ou couple mère-baleineau, groupe compétitif,…)
- Les observations importantes, concernent surtout la façon dont le groupe a été repéré
- Le ciel : l'observateur doit regarder en haut à la verticale et noter l'état du ciel selon l'échelle suivante *(Tableau 6)*.Cette échelle est utilisée dans l'aéronautique.

Tableau 6 : Echelle de l'état du ciel (Saloma, 2013)

Echelle	Significations
Ciel 0/8	Aucun nuage
Ciel 2/8	Ciel rempli de nuage au 1/3
Ciel 4/8	Ciel à moitié nuageux
Ciel 6/8	Ciel rempli de nuage au 3/4
Ciel 8/8	Ciel totalement couvert

- La température de l'eau : équipement disponible à bord du bateau
- La mer : l'évaluation se fait à l'aide l'échelle du beaufort qui permet de déterminer la vitesse moyenne du vent et qui reflète l'état de la mer *(*Figure 28*)*. Généralement les sorties en mer se font jusqu'au beaufort 5.

Force	Appelation	Vitesse du vent		Etat de la mer	Effets à terme
		Nœuds	km/s		
0	Calme	1	1	Mer d'huile, miroir	La fumée monte droit
1	Très légère brise	1 à 3	1 à 5	Mer ridée	La fumée indique la direction du vent
2	Légère brise	4 à 6	6 à 11	Vaguielettes	On sent le vent au visage
3	Petite brise	7 à 10	12 à 19	Petits "moutons"	Les drapeaux flottent
4	brise	11 à 16	20 à 28	Nombreux "moutons"	Le sable s'envole
5	Bonne brise	17 à 21	29 à 38	Vagues, embruns	Les branches des pins s'agitent
6	Vent frais	22 à 27	39 à 49	Lames, crêtes d'étume étendues	Les fils éléctriques sifflent
7	Grand frais	28 à 33	50 à 61	Lames	
8	Coup de vent	34 à 40	62 à 74	Les crêtes de vagues partent en tourbillons d'écumes	On ne marche plus contre le vent
9	Fort coup de vent	41 à 47	75 à 88		
10	Tempête	48 à 55	89 à 102	Les embruns obscurissent la vue, on ne voit plus rien	Les enfants de moins de 12 ans volent
11	Violente tempête	56 à 63	103 à 117		
12	Ouragan	64 et plus	118 et plus		

Figure 28 : Echelle du beaufort (Cétamada, 2013)

Les baleines à bosse sont repérées soit par leur souffle puissant (3 m de hauteur) qui est facilement visible soit lorsqu'elles réalisent un comportement tel qu'un saut, une frappe de nageoire pectorale ou caudale.

Lorsqu'une observation de baleine à bosse commence, il faut déterminer le nombre d'individus présents et les noter via des lettres. Si c'est une paire mère-baleineau alors la mère sera l'individu A et le baleineau B puis les escortes C, … Il faut ensuite noter les signes distinctifs sur le corps ainsi que le type de caudale et de dorsale à l'aide de la grille suivante *(*Figure 29*)*.

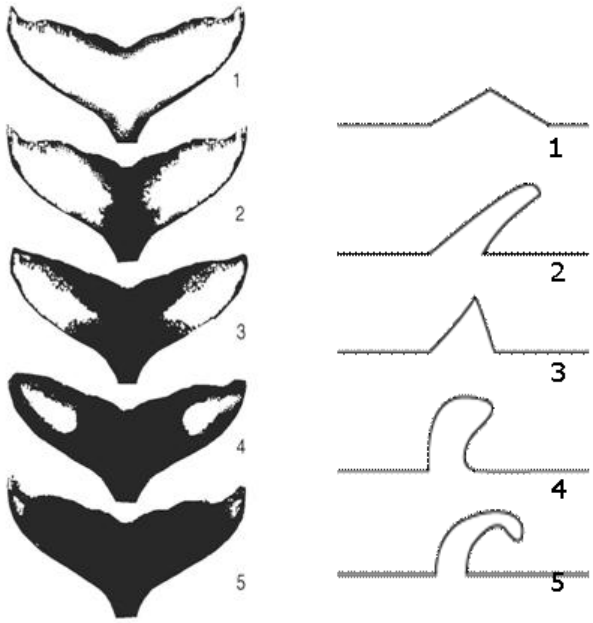

Figure 29 : Grille de notation pour classer les caudales selon la part de noir et blanc (à gauche) et les dorsales selon leur forme (à droite), (Cétamada, 2013)

Pour l'individu ayant une caudale de type 2, il faudra noter C2. Cela est une aide pour la photo-identification. En effet, en complément de ces notations des photographies sont réalisées. La caudale doit être prise au niveau de sa face ventrale et avec l'angle le plus réduit pour pouvoir analyser entièrement cette partie. Dans un deuxième temps sa dorsale peut être photographiée du côté gauche en première intention.

Les photographies réalisées sont placées dans un fichier en lien avec les observations. Tout individu rencontré doit être noté mais seules les photographies utilisables (bon angle, bonne luminosité) appartenant à un individu de façon certaines sont répertoriées. Toutes ces données sont ensuite ajoutées à « **cétanet** ». Lors de l'identification de groupe, la classification des caudales et des dorsales permet de relier chaque photographie à un individu. Cela est important lorsque le groupe est composé de plusieurs individus car la prise de clichés doit être rapide et le nombre de prises de vue fait dans la journée peut être conséquent.

La **photo-identification** permet de créer une **base de données** qui est réutilisée chaque jour et chaque saison.

Lors des sauts, des squames se détachent de la peau et ils flottent pendant quelques secondes sur l'eau. Dès lors qu'il est possible, après le saut, le bateau doit se diriger vers la zone pour ramasser les débris (à l'aide d'une épuisette) puis ils seront conservés dans de l'éthanol 96%.

De plus, tous les comportements des individus rencontrés sont notés.

III. Résultats

A. Données récoltées du 16 juillet au 10 août 2014

Au cours de cette partie de campagne, j'ai pu récolter des données, les traiter et les analyser.

Les sorties en mer se déroulaient dans 3 situations différentes : pour des sorties pêches (baleines observées de façon opportuniste), pour des sorties baleines (les baleines étaient recherchées) ou alors lors de transfert de vacanciers jusqu'à un lieu plus au nord (Terre-Blanche) accessible uniquement en bateau (baleines observées de façon opportuniste).

Un total de **19 sorties** en mer a été réalisé. Les sorties en mer n'étaient possibles que si l'état de l'océan le permettait ainsi que si des touristes étaient présents. Au cours de 14 d'entre elles, soit **73% des sorties**, des **observations de baleines à bosse** ont été réalisées (50% avec observation d'1 seul groupe, 50% avec observation de 2 groupes différents). Le **beaufort** était toujours entre **1 et 3**.

Au cours de **112h de bateau**, **21 observations** ont été possibles. Les **sorties baleines** ont permis de faire le plus d'observations *(Figure 30).*

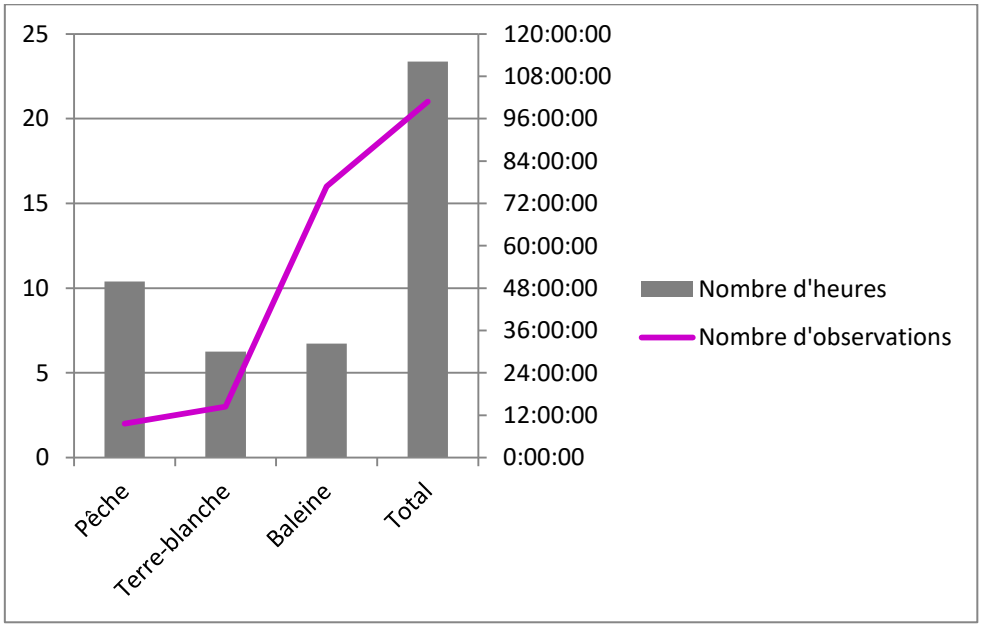

Figure 30 : Nombre d'heures en mer et nombre d'observations selon le type de sortie.

Les sorties pêches ont permis de passer beaucoup de temps en mer mais peu d'observations de baleines à bosse ont été réalisées contrairement aux sorties baleines *(Tableau 7)*.

Tableau 7: Données concernant les différents sorties.

Type de sortie	Nombre d'heures	Nombre d'observations	Nombre d'individus	Taux moyen d'observation (observation/h)
Pêche	49:51:00	2	4	0,04
Terre-blanche	30:00:00	3	11	0,1
Baleine	32:16:00	16	39	0,5
Total	112:07:00	21	54	0.18

Les sorties en mer ont permis de rencontrer **54 individus** mais seulement **49 baleines** à bosse ont été **identifiées à partir de la photo-identification** de la nageoire dorsale uniquement (25), de la nageoire caudale uniquement (3) ou des deux nageoires (21). Pour 3 individus aucun renseignement hormis le type de groupe n'a pu être enregistré (groupe compétitif de surface avec 5 individus). Et deux baleines à bosse ont été observées 2 fois.

Tous les types de groupes ont été rencontrés : groupe compétitif de surface (GSC), groupe non compétitif (GNC), mère-baleineau (MB), mère-baleineau-escorte(s) (MBE), paire (PA) et solitaire (S) (Figure 31). **Trois baleineaux** ont été observés dont un très jeune car sa nageoire dorsale était encore repliée au ¾. Seulement 5 individus ont été observés seuls. Les individus rencontrés étaient donc souvent en groupe (2 ou plus).

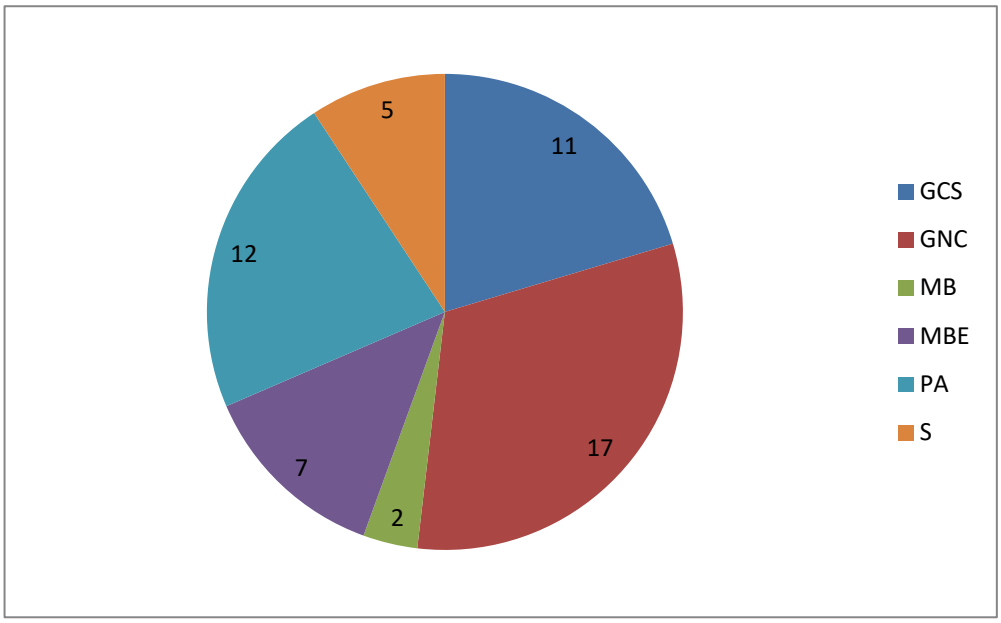

Figure 31 : Nombre total d'individus rencontré selon le type de groupe.

Les 54 individus ont été observés en 21 observations (Tableau 8). Les groupes (GCS et GNC) étaient composés de 3 à 6 individus et dans 23% des rencontres, les individus évoluaient seuls.

Tableau 8 : Nombre d'observation selon le nombre d'individus et le type de groupe.

Nombre d'individus	1	2	3	4	5	6	Nombre total d'observations
GCS			2		1		**3**
GNC			2		1	1	**4**
MB		1					**1**
MBE			1	1			**2**
PA		6					**6**
S	5						**5**

Le nombre d'observations matinales (11) est identique au nombre d'observations l'après-midi (10) *(*Figure 32*)*. Cependant, les groupes compétitifs ont été plus souvent observés l'après-midi alors que les paires ou les solitaires ont plus souvent été observés le matin.

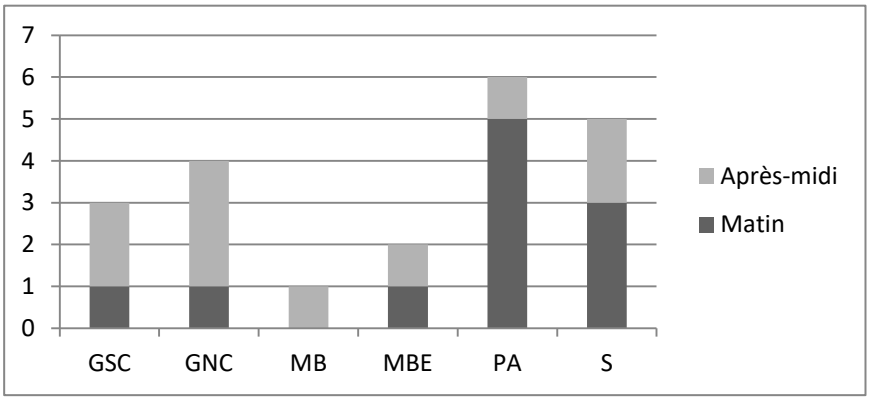

Figure 32 : Nombre d'observations selon le moment de la journée et le type de groupe.

Le nombre d'observations est pratiquement similaire entre les deux dernières semaines de juillet (9) et les deux premières d'août (12). On remarque que les paires ont été observées uniquement au mois d'août *(Figure 33).*

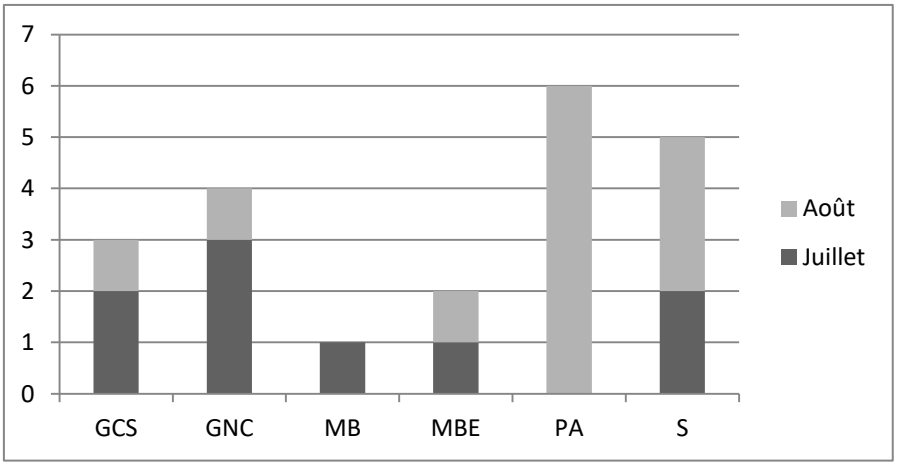

Figure 33 : Répartition du nombre d'observations en fonction du mois et du type de groupe.

Au fil des 4 semaines, le nombre de sortie a augmenté. On remarque alors que le nombre de groupes observé a augmenté aussi *(*Figure 34*)*.

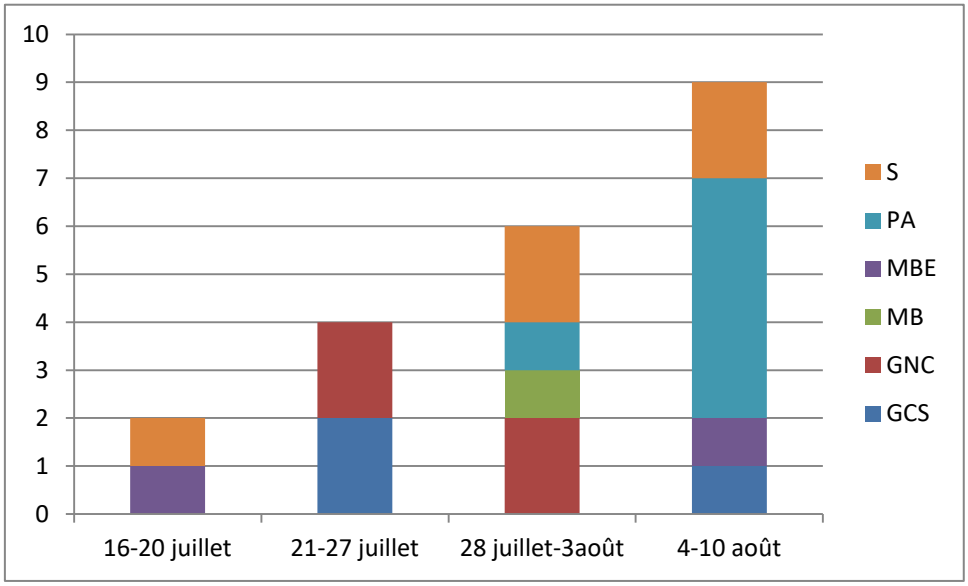

Figure 34 : Nombre d'observations selon le type d'individu et la semaine.

A chaque début d'observation, le **point GPS du bateau** était relevé. Ainsi, une légère différence existe avec la réelle position des baleines à bosse. Deux groupes (MB et MBE) ont été rencontrés plus au nord, lors des sorties pour acheminer des touristes vers Terre-Blanche. La mère et son baleineau se trouvaient proche de la côte. Les autres types de groupes ont été rencontrés aussi bien proche de la côte qu'à 10, 20 ou 30 km de la côte *(Figure 35)*. A moins de 20 m de profondeur, il y a surtout les mères-baleineaux, entre 30 et 40 m les chanteurs alors que les groupes actifs sont le plus souvent entre 30 et 150 m de profondeur. Les chanteurs sont souvent dans les passes ou dans un endroit où il y a un grand plateau entre 60 et 80 m situé non loin des grands tombants qui descendent à 300 m.

Figure 35 : Cartographie des points GPS selon le type d'individus (réalisée à partir de Google Maps)

Après chaque sortie, les individus sont **identifiés et classés** *(*Figure 29*)* selon leur **type de nageoire caudale** en priorité puis nageoire dorsale dans le cas échéant. On note aussi tout élément caractéristique (traces au niveau des nageoires, robe particulière…). Ainsi une base de données est créée. Cela permet entre autre de faire des **comparaisons entre les sorties** d'une **même saison** et entre les **différentes saisons**.

Le premier individu a été vu initialement le 27 juillet 2014 à 16h18. Il faisait partie d'un groupe compétitif de surface composé de 3 individus. Il a été revu le 3 août 2014 à 10h43. Il était seul. Lors des deux observations, sa position GPS était assez proche *(*Figure 36*)*. Sa robe présente une tâche de blanc assez étendue et caractéristiqu

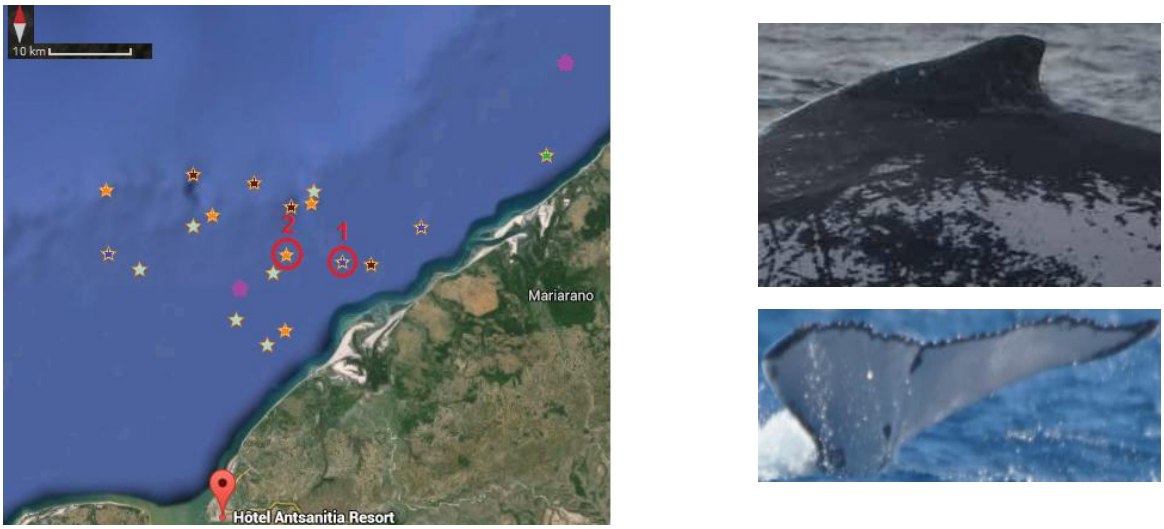

Figure 36 : A gauche cartographie indiquant les zones de rencontres (cercle rouge) avec l'individu (1 = 1ère rencontre, 2 = 2ème rencontre), à droite Photographie de sa dorsale (type 3) avec sa robe caractéristique et de sa caudale (type 1); (Source personnelle)

Le deuxième individu a été vu pour la première fois le 2 août 2014 à 9h57. Il était accompagné d'un autre adulte. Puis il a été revu le jour suivant (3 août 20014) à 9h11. A ce moment-là, il faisait partie d'un groupe non compétitif de surface composé de 5 individus. En une journée, il s'est déplacé d'environ 10 km *(*Figure 37*)*. Cet individu a aussi des marques caractéristiques sur sa robe. Des griffures sont visibles.

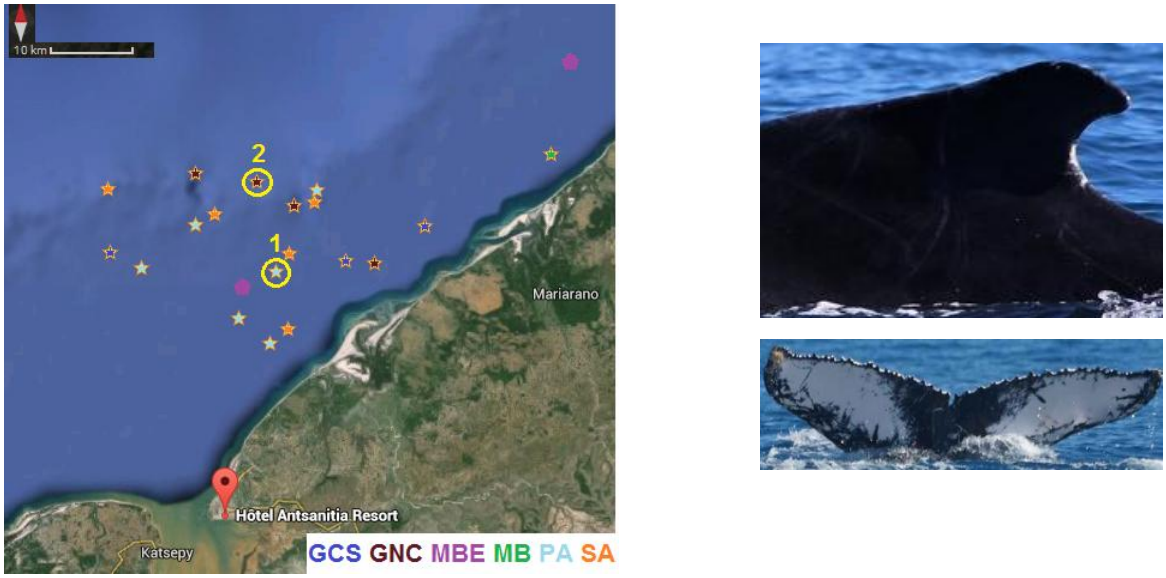

Figure 37 : A gauche cartographie indiquant les zones de rencontre (cercle jaune) avec l'individu (1 = 1ère rencontre, 2= 2ème rencontre), à droite Photographie de sa dorsale (type 5) et de sa caudale (type 3); (Source personnelle)

Lors des sorties différents comportements ont été perceptibles. Ces derniers permettent au début de repérer les animaux puis ils sont recensés aussi pendant la phase d'observation afin de les étudier. Des souffles *(Figure 38)*, des frappes de nageoires pectorales, de nageoires caudales et des sauts ont pu être contemplés.

Figure 38 : Souffle permettant le repérage des baleines à bosse (source personnelle)

Certains individus sont restés proches du bateau. Ils sondaient le fond (11 m de profondeur, nappe marron qui ressortait), ils réalisaient des roulades sur eux-mêmes en sortant leurs nageoires pectorales. Deux observations se sont déroulées avec la présence de **dauphins**. Au cours d'une rencontre baleines – dauphins, les baleines étaient très calmes jusqu'à l'arrivée de ces derniers puis elles sont devenues plus actives, se sont mises à faire des frappes de caudales. Des tâches marron en surfaces sont apparues. Nous avons collecté de l'eau mais aucune conclusion n'a pu être proposée.
Une partie des chants est audible directement par l'homme. Lors de certaines sorties, des plongées étaient effectuées afin de déterminer si des chants étaient présents. Des **chants ont été perceptibles** 2 plongées sur 3 réalisées.

Aucun échantillon de peau n'a pu être prélevé. Cependant, lors de la sortie du 31 juillet 2014, nous avons recueilli une petite crevette *(Figure 39)* ressemblant à du krill.

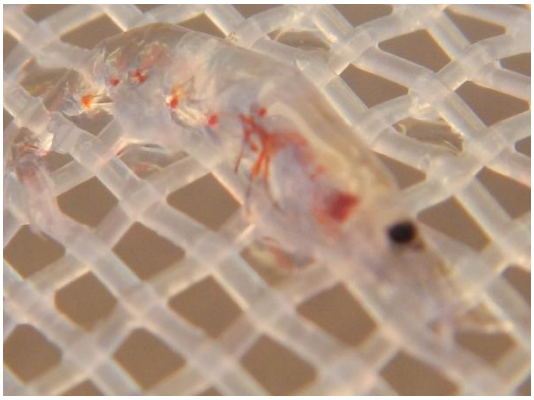

Figure 39 : Crevette prélevée lors d'une sortie.

B. Photo-identification année 2013

Concernant la **saison 2013**, **aucune donnée n'a été enregistrée** dans la base de données « cetanet ». Des photographies ont été réalisées mais sans aucune annotation (jour, heure, groupe). Les photographies ont donc été triées selon la date et l'heure associées dans les propriétés. Toutes les données suivantes ne sont donc que des suppositions.

Concernant les **nageoires caudales**, **13 photo-identifications** ont été faites. Une des baleines à bosse a été prise le 14 septembre 2013 à 9h56 et 11h10 (selon les propriétés des photographies), mais on ne peut savoir si cela faisait partie de la même observation. Si on croise les photographies de 2013 avec celle de 2014, un lien pourrait être établi entre deux nageoires caudales mais la qualité des photographies ne permet pas de l'affirmer totalement.

Concernant les **nageoires dorsales**, **15 sorties** ont été recensées. Au cours d'une sortie, deux observations ont été supposées. En regroupant les photographies des nageoires dorsales gauche et droite, j'ai pu identifier **36 individus** minimum du **30 juillet au 27 novembre 2013**. Le nombre de photo-identification est uniquement de 34 car 2 baleineaux ont été observés dans les eaux chaudes (pas de photo-identification disponible). Concernant les groupes, 6 individus solitaires ont été observés, entre 2 et 5 paires (pour 3 groupes, on note un minimum de 2 individus mais lorsque l'on essaie d'assembler les nageoires droites et gauches, les regroupements ne sont pas toujours évidents ce qui laisse un doute), 1 paire mère-baleineau, 1 groupe mère-baleineau et 2 escortes, 3 groupes dont 1 où la présence d'un baleineau peut être supposé *(Figure 40)*.

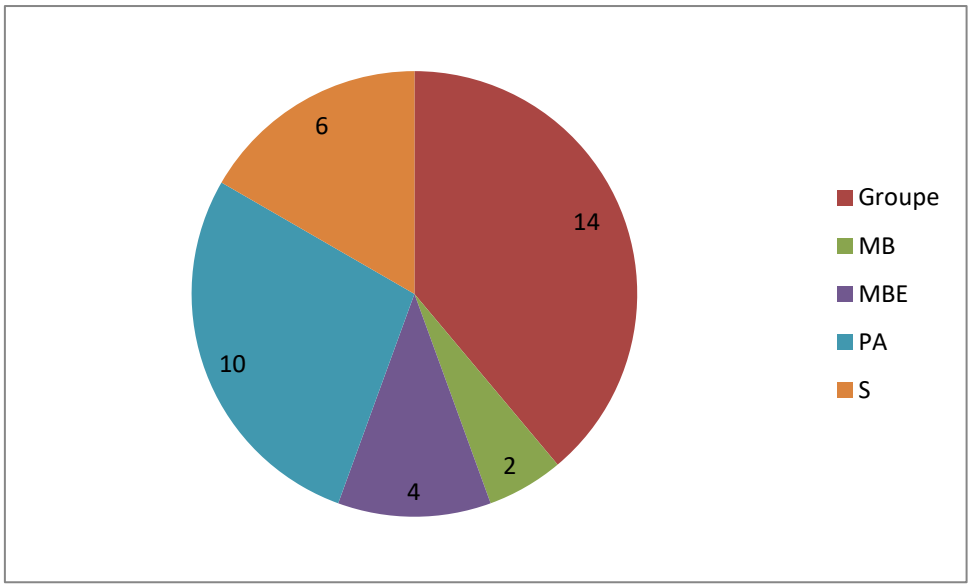

Figure 40 : Nombre total d'individus rencontré selon le type de groupe.

Les observations sont peu fréquentes au mois de juillet et novembre et on observe un **pic en septembre** *(Figure 41)*. Devant le peu de données, aucun lien ne peut être établi entre le type de groupe et le mois.

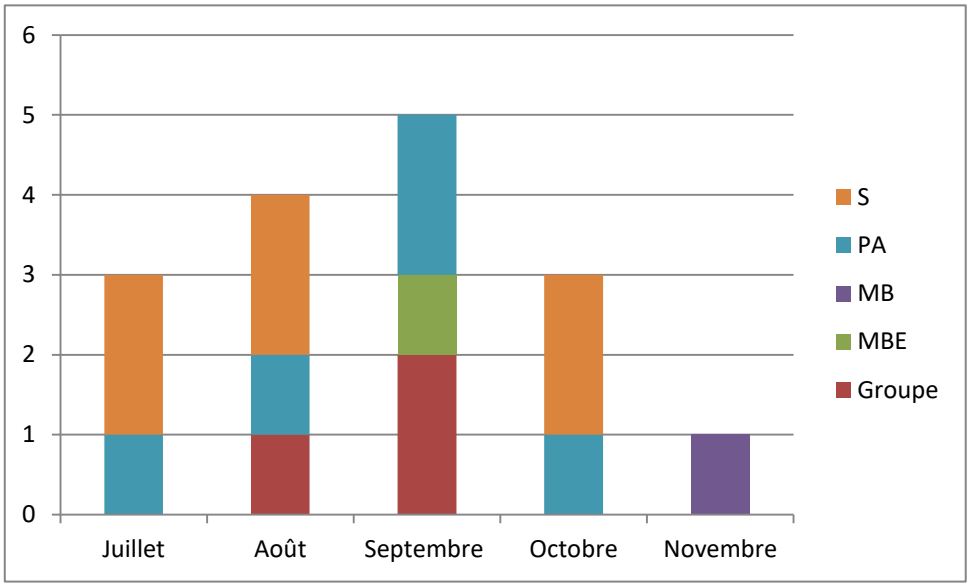

Figure 41 : Répartition des observations selon le type de groupe et le mois.

IV. Discussion

A. Synthèse

1. Campagne 2014

Le **premier recensement** de la population de la zone de Majunga (Nord-Ouest de Madagascar) a permis de recenser **49 individus** (campagne du 16 juillet au 10 août 2014). C'est la première fois dans cette zone qu'il existe une réelle étude. De nombreux individus sont photographiés chaque année mais la création d'une base de données n'avait jamais encore été réalisée. Cependant, ce recensement est trop faible pour permettre de réaliser une réelle étude statistique. Les interprétations faites ne sont que des hypothèses et demanderaient à être vérifiées.

Le **nombre d'individus** dans cette zone est **sous-estimé**. La **période d'étude** ne regroupe pas toute la saison et n'est **pas la plus favorable** car contrairement à Sainte-Marie, les baleines à bosse fréquentent la zone Nord-Ouest préférentiellement entre août et octobre.

Le taux moyen d'observation des baleines à bosse est faible à Majunga (0.18). Peu d'observations ont été faites au cours des sorties pêches ou des transferts alors que ces activités génèrent beaucoup de temps en mer. Cela s'explique par le fait que les personnes à bord n'étaient pas présentes pour la recherche de baleines. Cependant le périmètre d'exploration est plus grand grâce à ce type de sortie. Si

on s'intéresse uniquement aux sorties baleines, on remarque que ce taux moyen d'observation est plus élevé (0.5).

Tous les types de groupes sont présents dans la zone de Majunga. Ainsi cette zone est propice autant à la **mise bas** (observation d'un individu avec la nageoire dorsale encore repliée) qu'à la **reproduction** (présence de chants).

Le nombre d'observations en juillet et en août diffère peu mais si on sépare en fonction des semaines on remarque qu'il y a quand même une augmentation des observations entre mi-juillet et mi-août.

La plupart des groupes (sauf 2) ont été observés dans un périmètre d'environ 110 km. Toutes les observations se sont faites au nord de l'hôtel Antsanitia Resort. Six groupes ont été observés proches des côtes, là où la profondeur de l'océan est plus faible.

Les photo-identifications ont permis de créer une première base de données. Certaines photographies ne sont cependant pas exploitables totalement (flou, mauvaise position par rapport à la baleine). **Deux individus** ont tout de même **été repérés 2 fois** au cours de la campagne. A chaque fois le type de groupe était différent entre les deux rencontres. Un individu a été observé 7 jours après la première photo-identification. Cela implique que Majunga est une zone où les baleines à bosse peuvent rester. Le deuxième individu observé 2 fois a parcouru une dizaine de kilomètres en une journée et a changé totalement de groupe (l'individu qui était avec lui lors de la première rencontre ne faisait pas partie du groupe non compétitif). En effet, la constitution d'un groupe est éphémère chez les baleines à bosse en réponse à une organisation sociale (chasse, reproduction, mise bas).

Des **comportements** surprenants ont été observés. Tout d'abord, lorsque les individus ont sondé le fond et l'on remué entraînant une nappe marron. Etait-ce pour se frotter au sol afin de se débarrasser de parasites ? Ce comportement a déjà été observé au niveau du Golf du Maine (Zielinski, 2013). Dans la situation décrite, les baleines à bosse se sont frottées au sol afin de se nourrir. Une autre tâche marron a été observée mais sans que les individus ne touchent le fond, était-ce de la défécation ? De plus, lorsqu'ils ont changé de comportement suite à l'arrivée des dauphins, était-ce un comportement de jeu, que signifiaient réellement les jets de caudales ? Aucun de ces comportements n'a été décrit dans la bibliographie que j'ai pu constituer. Les groupes actifs ont été observés lors de **présence de dauphins** ou dans une zone riche en espadons et thons jaunes. On peut là aussi se poser la question si la présence d'individus actifs tels que les dauphins ou des poissons stimule les baleines à bosse (comportement de jeu ou sexuel).

L'échantillon prélevé d'une **crevette**, suite à un saut d'une baleine à bosse, ressemble fortement à du krill. Si l'identification est bonne cela implique la formulation de deux hypothèses. La première est la présence de krill au niveau de la zone de Majunga, même en faible quantité, signifie que les baleines à bosse peuvent se nourrir même dans cette zone. La seconde hypothèse, le krill provient de

l'Antarctique et il a été transporté puis rejeté par les baleines (question de la zone de « stockage » pendant la migration). Des baleines d'Omura *(Balaenoptera omurai)* ont été observées sur la côte Nord-Ouest (Nosy Be) (Cerchio et al., 2015). Or ces baleines ne migrent pas et se nourrissent entre autre de zooplancton et d'*Euphausia*, ce qui serait en faveur de la première hypothèse.

2. Comparaison entre les années 2013, 2014 et 2015

Les **efforts d'observation** sont **croissants**, surtout depuis 2014 en lien avec l'**essor de l'écotourisme**. Il est donc difficile de comparer réellement les saisons 2013 et 2014 de ce point de vue mais aussi du fait de l'absence de données regroupées dans une base en 2013. On peut tout de même remarquer que tous les groupes sont aussi présents en 2013. La présence des baleines à bosse dans cette zone est assez longue contrairement à la côte est (juin à septembre). Majunga peut donc être à la fois une zone de reproduction/mise bas et une zone de passage. Aucun individu ne semble avoir été vu en 2013 et en 2014 mais le nombre de photo-identifications étant faible et pas toujours de bonne qualité cela engendre un biais concernant les résultats.

3. Comparaison des différentes zones de Madagascar

- Au sud

Au sud de Madagascar, des études sont aussi menées. A **Tuléar**, 50 sorties baleines ont été réalisées en 2014 et en 2015. En **2015**, **160 baleines** à bosse ont été observées (120 en juillet et 40 en août) mais peu de baleineaux les accompagnaient. Aucune indication n'est donnée concernant le nombre d'heures passées en mer. Il est donc difficile de déterminer si la population du Sud est plus importante que celle du Nord-Ouest mais on peut le supposer en première intention. Cependant cette population pourrait être surestimée du fait que la zone pourrait aussi être une route migratoire.

- A l'est

Au niveau du canal Sainte-Marie, les études réalisées en **3 ans** dénombrent plus de **9600 individus** observés *(Tableau 9)*.

Tableau 9 : Résultats concernant les observations en 2013, 2014 et 2015 au niveau du canal Sainte-Marie.

Année	2013	2014	2015
Nombre d'individus	3705	3201	2702
Nombre d'observations	1400	1109	634
Nombre de baleineaux	567	477	62
Taux d'observation (baleines à bosse / h)	3.2 (sorties touristiques et scientifiques)	1.3 (sorties scientifiques)	

En **2015**, le **nombre d'individus** observé est **moins élevé** que les années précédentes (cetanet). On note aussi que le nombre d'observations est faible. En 2015, les baleines étaient essentiellement en groupe et peu de baleineaux étaient présents. On ne dispose pas de données sur le taux d'observations, paramètre essentiel pour pouvoir conclure sur une éventuelle fluctuation de la population mais l'équipe scientifique de Cétamada a émis l'hypothèse d'une influence météorologique en évoquant principalement le phénomène El-niño.

On remarque que les **sorties touristiques sont essentielles** pour observer un plus grand nombre d'individus (rapport 2013 et 2014).

Le canal Sainte-Marie apparaît comme une zone évidente de reproduction. Les observations sont plus faciles du fait d'une faible superficie contrairement au canal du Mozambique qui est très large. Il est difficile alors de savoir réellement si la fréquentation est plus forte à Sainte-Marie. A cet endroit, les paramètres environnementaux semblent tout de même préférables pour la mise-bas (mer plus calme, eau peu profonde et moins de passages de bateaux).

B. Autres méthodes pour l'identification, importance de la génétique

La **photo-identification** est une très bonne méthode pour **estimer une population**, **identifier un individu** et le **suivre dans le temps et l'espace**. Cependant, il existe un biais concernant le dénombrement. Si une baleine ne plonge pas de la meilleure des façons (face interne de la caudale non visible entièrement ou non droite par rapport au photographe ou dans une zone d'éclairage trop lumineuse ou trop obscure) elle ne pourra être identifiée alors qu'elle existe et qu'elle peut-être recapturée (photographiée une seconde fois) (Cerchio et al., 2014). Lors de l'interprétation de capture-recapture, il faut être très prudent concernant les couleurs, les traces de morsures ou griffures qui peuvent disparaître ou apparaître. L'identification de juvéniles reste aussi difficile car de nombreuses modifications ont lieu durant sa croissance (le patron se stabilise vers l'âge de 2 ans). La photo-identification sera d'autant plus fiable si l'on peut avoir une identification de la nageoire caudale associée à la nageoire dorsale.

Il est très **difficile** de réaliser à l'œil un véritable **matching** entre deux photo-identifications. D'une part cela nécessite une très bonne qualité de photo et d'autre part le classement de la nageoire reste opérateur dépendant. Pour parer ce défaut il existe des logiciels qui comparent les différentes photographies. Si une comparaison est faite à l'œil alors il faut comparer toutes les photographies d'un même classement et celle d'avant et d'après. Pour les nageoires dorsales, une autre grille peut aussi être utilisée avec une notation plus large de 1 à 9 ce qui peut faciliter les comparaisons *(Figure 42).*

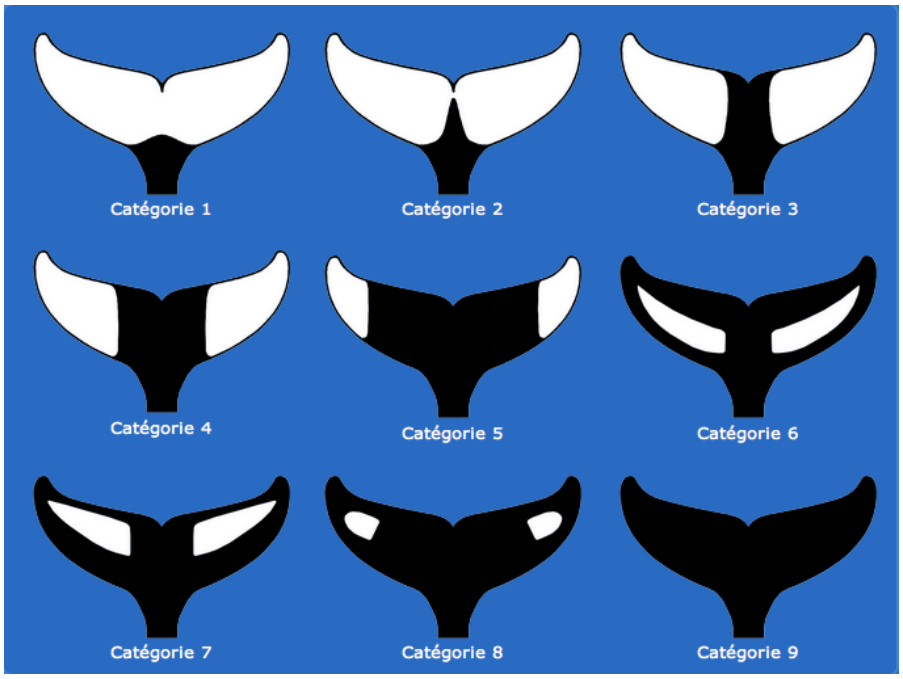

Figure 42 : Autre classement pour les nageoires caudales (Cétamada)

La photo-identification est cependant un moyen peu coûteux pour obtenir des informations sur une population. Son importance est majorée si on l'associe à d'autres méthodes comme l'analyse génétique.

D'autres méthodes existent pour recenser une population.

- Le survol aérien

Pour le recensement de la faune marine et donc des baleines à bosse, des **survols aériens** peuvent être réalisés (Van Canneyt et al., 2010). L'avantage principal est de couvrir une **vaste zone en peu de temps** et avec un **coût plus faible** qu'une campagne sur un bateau. Cela permet d'obtenir une image à un moment donné de la distribution et de la densité de la population. De plus, cette méthode est facilement reproductible. La vitesse de l'avion et l'altitude impliquent un temps d'observation court ce qui entraîne un biais au niveau du comptage des individus composant un groupe et au niveau de la détection de la faune marine. **L'abondance relative** est alors **sous-estimée**. Une autre limite importante, ce type de repérage ne permet pas d'identifier précisément un individu comme c'est le cas avec de la photo-identification ou génétiquement.

- De la peau à la génétique

Depuis quelques années, des **analyses du tissu cutané** sont effectuées pour obtenir une base de **données génétiques** sur les baleines à bosse.

Les fragments de peau sont récupérés grâce à une **biopsie** (carotte) réalisée à l'aide d'une arbalète et d'une flèche à embout spécial munie d'un flotteur *(Figure 43)*. La zone ciblée est située sous la nageoire dorsale. Cette technique semble peu douloureuse, elle apporte des informations essentielles à l'étude des baleines à bosse.

Figure 43 : Equipe de Cétamada lors de prélevement de tissu cutané.
Source : Site Cétamada.

Les échantillons peuvent aussi provenir de la **peau morte** se détachant après un saut, qui remonte à la surface et qui sera récupérée à l'aide d'une épuisette. Il est tout de même assez rare de pouvoir collecter de la peau morte (nécessite une présence rapide sur les lieux du saut qui n'est pas toujours évidente du fait des distances d'observations et d'une vitesse de navigation assez faible).

Pour des analyses génétiques, les prélèvements sont conservés dans 95% d'éthanol ou dans une solution de dimethyl sulfoxide saturée à 20% de sel puis stockés à - 20°C. L'ADN génomique est extrait de la couche épidermique en utilisant la digestion de la protéinase K via des kits prêts à l'emploi. Puis une réaction en chaîne par polymérase est mise en place (Rosenbaum et al., 2009). Pour pouvoir analyser et interpréter les données collectées, différents marqueurs sont utilisés. **L'ADN mitochondrial**, transmis uniquement **par la mère**, et les **microsatellites**, transmis par les **2 parents** sont étudiés et sont **d'intérêt complémentaire** (Mendez, 2013).

Cette méthode, en lien avec la photo-identification, présente de nombreux avantages. Si ces deux techniques sont utilisées, on arrive non seulement à sexer l'individu, ce qui permet de comprendre un peu plus sa position dans le groupe mais on peut aussi caractériser la **structure de la population** et les **interactions sociales** (liens familiaux). Cela peut se faire à l'échelle de la population locale, des sous-stocks et des stocks voisins. On crée ainsi une **base de données plus complète** permettant de croiser les différentes études réalisées sur différents sites.

Cependant il existerait plus de biais lors d'un dénombrement de population avec la méthode génétique : **erreur génotypique** (due aux méthodes et aux taux de mutations des marqueurs) entrainant des faux négatifs dans la capture-recapture ou dans les liens de parenté (Cerchio et al., 2014). Dans ce même article il est émis l'hypothèse qu'une baleine qui a déjà été biopsiée se méfiera plus et donc sera plus difficile à biopsier de nouveau. Ce dernier biais peut être nuancé car lors d'une campagne d'échantillonnage de juin à septembre 2012 au niveau du canal Sainte-Marie, 5 individus ont été biopsiés 2 fois (Mendez, 2013).

- Le suivi par télémétrie

Les baleines à bosse peuvent aussi être **étudiées** de façon **dynamique**. Des balises (de type Argos) sont **implantées dans la couche graisseuse** (sur son flanc droit ou gauche légèrement en avant de l'aileron dorsal et à moins de 2 m de la ligne médiane du corps) des baleines permettant une **localisation par satellite** (transmission à chaque fois que la baleine fait surface) *(Figure 44)*.

Figure 44 : Pose d'une balise Argos (Cétamada, 2014)

Différentes données sont exploitées, les différentes **positions GPS**, le nombre de jours d'émissions, le **nombre de kilomètres parcourus**, la **vitesse moyenne**. Il est difficile de déterminer si une douleur peut être imputée au déploiement de la balise en elle-même. Lors d'une étude en 2011 et 2012, à Majorque, sur 11 balises déployées, seul un groupe de 4 individus a montré des signes d'agressivité. Cependant ces signes peuvent aussi être dus au bruit du zodiac (Kohl, 2013). Une autre étude ne note pas de changement de comportement lors de l'implantation mis à part une légère augmentation de vitesse pendant 30 minutes (Fossette et al., 2014).

Cette **méthode invasive** est cependant nécessaire pour **connaître les routes migratoires** entre les aires de reproduction et d'alimentation mais aussi les mouvements intra-aires de reproduction (Kohl, 2013). Le seul inconvénient concerne la balise. Les émissions ne sont pas souvent de longue durée

(entre 1 et 200 jours). Cela est dû à une mauvaise implantation de la balise, à une trop grande activité des baleines à bosse ce qui décroche la balise ou alors tout simplement à un défaut technique.
En 2013, a eu lieu la première étude de suivi par télémétrie des baleines à bosse dans l'Océan Indien.

- L'analyse des chants

L'enregistrement des chants des mâles permet de **détecter leur présence** et de les **localiser.** Les hydrophones sont déposés entre 18 et 30 m de profondeur *(Figure 45)*.

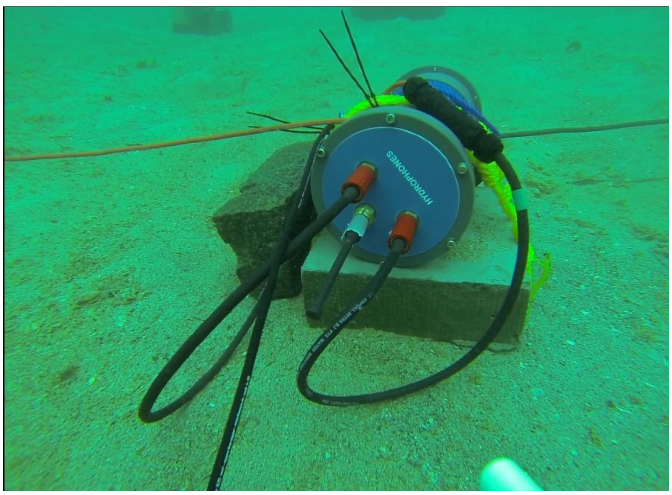

Figure 45 : Pose d'un hydrophone qui réalise des enregistrements 24h/24
(Site internet Cétamada)

Cela ne permet pas de recenser la population. Les écoutes permettent tout de même **d'identifier différents individus** et selon les mélodies il serait possible de déterminer leur provenance (l'appartenance à un stock ou à une sous-population).

C. Lien avec la zone C2

Les différentes zones du stock C ont été constituées d'après des études réalisées historiquement mais **aucun test génétique n'a été effectué pour confirmer l'existence de ces sous-populations**. Le développement de l'identification individuelle, du suivi par télémétrie/satellite et les méthodes génétiques sont désormais des moyens supplémentaires pour définir les structures des populations et tester la validité des limites biologiques et écologiques utilisées par la CBI (Rosenbaum et al., 2009).
Il semblerait qu'il existe un **flux génétique**. Sur la côte ouest de l'Afrique du Sud, le taux de recapture est élevé, ce qui montre **une fidélité au site**. De plus, deux baleineaux ont été vus les années suivantes avec d'autres femelles et on retrouve des structures similaires dans le génotype de différentes baleines (relations mère-petit) d'une même zone ce qui incite à penser que la transmission des routes migratoires via la mère existe réellement quel que soit le stock (Barendse et al., 2013). Ce flux pourrait alors provenir des mâles si on prend en compte le faible nombre d'haplotypes partagés entre les mâles et les femelles lors d'une étude dans la zone C3. Ainsi, on peut supposer que les mâles

se rendent par la suite sur des sites de reproduction distincts de celui de leur naissance (Mendez, 2013). Cependant dans une étude de Garrigue, au niveau de l'Océanie, les mouvements de baleines à bosse entre des régions proches ont concerné 8 individus dont 2 étaient des femelles (Garrigue et al., 2011).

L'étude des sous-populations est loin d'être terminée. En effet, jusqu'à présent aucune étude ne parlait de la population de baleines à bosse sur la côte **Nord-Ouest de Madagascar**. On sait maintenant que des **baleines sont présentes** sur cette zone mais reste à déterminer la raison de leur présence. En 2011 et 2012, une étude localise une baleine à bosse (femelle) pendant 3 jours au niveau de Majunga et de la baie de Moramba après avoir été à Mayotte et à Mohéli (Fossette et al., 2014). Cette même étude en lien avec une thèse (Kohl, 2013) montre une baleine à bosse (femelle) partant de Mayotte qui rejoint la baie de Majunga pour ensuite longer le nord de Madagascar et redescendre vers la baie d'Antongil *(Figure 46)*.

Figure 46 : Trajet de Mongomé (à gauche) et de Leïa (à droite), (Kohl, 2013)

Certaines baleines restent uniquement dans la zone C2. On remarque que lorsque les baleines à bosse repartent de la zone C2 vers les zones d'alimentation, elles ne passent pas par Majunga mais commencent à longer Madagascar plus au Sud *(*Figure 47*)*.

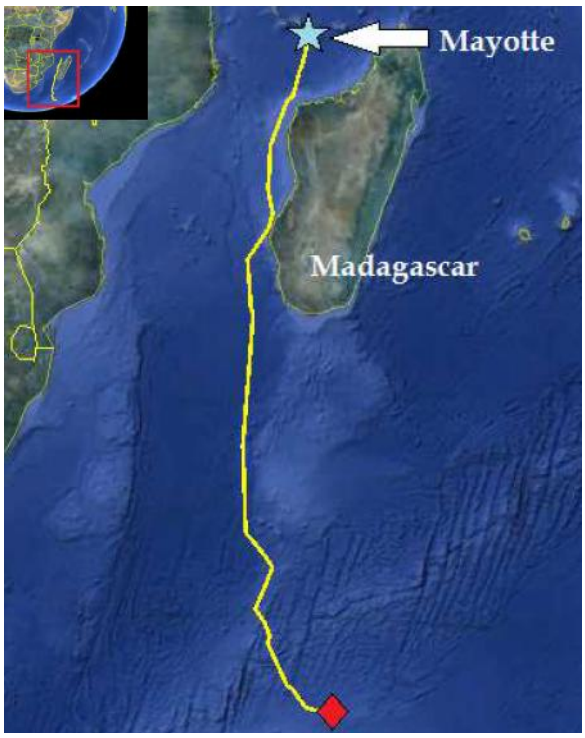

Figure 47 : Parcours de Sea Blue (étoile = zone de déploiement de la balise, losange = fin de l'enregistrement), (Kohl, 2013)

Ainsi on sait que lors de leur séjour dans les eaux chaudes, certaines baleines s'arrêtent au niveau de Majunga. Est-ce simplement une **zone de passage** ou un **lieu de résidence** ? Aucune étude de suivi télémétrique n'a débuté de Majunga. Pour pouvoir répondre à cette question, il serait intéressant d'avoir un suivi des baleines à partir de ce point géographique et à partir de leur départ de l'Antarctique vers l'Océan Indien.

La ségrégation précise entre les sous-populations n'existe donc pas. Il existe des **échanges** entre C2 et C3. Ainsi, 9 individus ont été repérés à Mayotte et au niveau de la baie d'Antongil à des périodes parfois éloignées (par exemple, l'une d'entre elle a été observée en 1998 à Mayotte et en 2005 au niveau de la baie d'Antongil) (Ersts et al., 2011). Il existe aussi des échanges entre C3 et C4. 3 individus ont été dans un premier temps observés au niveau de la baie d'Antongil (2000 à 2002) puis 7 à 8 ans plus tard à La Réunion (Dulau-Drouot et al., 2011). Il existe aussi des échanges entre C3 à l'est et à l'ouest. Une étude montre qu'il existe plus d'échange entre C1 Nord et C3 à l'est qu'entre C3 est et ouest (Cerchio et al., 2013).

L'avancé des moyens techniques, apporte de nouvelles informations sur les stocks. Certaines sous-populations pourraient être **divisées en 2** via leur **trajet migratoire**. Par exemple le stock C1 avec la zone C1S qui migrerait via le canal du Mozambique et la zone C1N via Madagascar (en lien avec les échanges possibles). De même, des sous-populations pourraient provenir de **2 aires d'alimentation distinctes**. Une étude sur les haplotypes des individus au niveau du canal de Sainte-Marie montre qu'il

existe deux haplotypes mitochondriaux différents au sein de cette zone de reproduction. Il serait possible que les 2 haplogroupes étudiés à Madagascar correspondent à 2 groupes d'individus fréquentant 2 sites d'alimentation différents et qui se regroupent sur le même site de reproduction (Mendez, 2013). Ces 2 halogroupes ne se reproduiraient pas entre eux.

Il existe une transmission maternelle des routes migratoires, malgré tout certains individus changent de destination finale. Ainsi cela crée une diversité génétique entre les sous-populations mais aussi entre les stocks.

CONCLUSION

Au fil du temps, les cétacés sont passés de mammifères terrestres à des géants des mers. Les baleines à bosse sont particulières avec leurs grandes nageoires pectorales, leur capacité à chanter et sont si impressionnantes lorsqu'elles jaillissent de l'eau.

Même si les baleines à bosse sont les plus étudiées des baleines, il reste encore beaucoup de recherches à faire pour mieux connaître les populations et comprendre les relations entre les zones d'alimentation et les zones de reproduction de l'Hémisphère Sud. Au niveau de l'ouest de l'Océan Indien, les baleines à bosses réalisent une migration annuelle entre les zones d'alimentation distribuées dans les hautes latitudes circumpolaires pendant l'été austral jusqu'aux zones de reproduction sur les côtes du Mozambique, de Madagascar et les iles de Mayotte ou de la réunion pendant l'hiver austral. Ces zones des basses latitudes font partie de la zone d'alimentation C.

Il est important de réaliser des études chaque année afin de déterminer la fidélité à un site *via* une ou plusieurs méthodes de recensement (photo-identification, identification génomique ou suivi télémétrique). Le degré de cette fidélité au site reflète la structure de la vie sociale des baleines, leur adaptation écologique et environnementale ainsi qu'une éventuelle consanguinité.

L'association Cétamada met tout en œuvre pour comprendre l'activité des baleines à bosse autour de Madagascar. Grâce au développement de l'écotourisme, non seulement de plus en plus de données peuvent être récoltées mais en plus c'est tout une communauté (population de l'île Sainte Marie) qui bénéficie des retombées économiques du tourisme. L'association sensibilise les populations locales et les touristes à l'importance de protéger notre environnement terrestre et maritime. Cétamada a agrandi sa zone d'étude à toute l'île Malgache. Ainsi en 2014 la première étude des populations du Nord-Ouest a pu être mise en place. Après avoir fait le bilan avec les premières informations récoltées en 2013, on remarque qu'une population est bien présente. Cette étude a permis d'avoir de définir les groupes de baleines à bosse présents dans cette partie du canal du Mozambique. Tous les groupes d'individus (solitaire, paires, couple mère-baleineau seul ou avec une ou plusieurs escortes, groupes compétitifs et non compétitifs) ont été observés. Des baleineaux et des chants ont aussi pu être notés, permettant d'émettre l'hypothèse d'une zone propice aux mises bas et à la reproduction.
Les recherches permettent de surveiller l'évolution de la taille des populations. Maintenant, il reste difficile de savoir quel est le lien entre le Nord-Ouest de Madagascar et les autres sous-populations du stock C. La population de Majunga est-elle une zone à part entière (zone C5) ou n'est-elle que passagère ?
Il n'est pas facile de répondre à cette interrogation notamment du fait que la notion de sous-population peut aussi être remise en questions lorsque l'on effectue des études télémétriques montrant des échanges de baleines entre différentes zones. Les routes migratoires ne sont que très peu comprises. Ce manque de connaissance concernant les relations des zones de reproduction est critique pour déterminer l'effectif (et donc les réelles mesures de conservation à mettre en place) ainsi que les stratégies à adopter pour la conservation.
Afin d'améliorer les recherches, il serait intéressant de collecter chaque année des photo-identifications au niveau des différentes sous populations et de les mettre en commun. De plus, le suivi par télémétrie est réellement un enjeu majeur de l'avenir pour comprendre enfin les routes migratoires.

Tous les acteurs de protection des baleines à bosse doivent s'unir pour déterminer au plus vite l'effectif réel des baleines à bosse pour pouvoir prévenir et réagir à un nouvel impact humain négatif sur les populations. Même si cette fois il sera indirect, cet impact peut avoir des effets néfastes notables aussi bien sur la quantité de leur alimentation ou que sur la qualité de leurs migrations. Ces dernières pourront être perturbées par les pollutions marines mais aussi par des phénomènes environnementaux imputables à la mauvaise utilisation de notre Terre.

Thèse de Mme DURET Mylène

Le Professeur responsable
VetAgro Sup campus vétérinaire

Le Directeur général
VetAgro Sup

Le Président de la thèse

Vu et permis d'imprimer

Lyon, le 3 OCT. 2018

Pour Le Président de l'Université,
Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales
Professeur Pierre COCHAT

Bibliographie

Angot, M., 1951. Rapport scientifique sur les expéditions baleinières autour de Madagascar (saisons 1949 et 1950). Mém. Inst. Sci. MadagascarSérie Biol. Anim. 6, 439–486.

Atkinson, A., Siegel, V., Pakhomov, E.A., 2008. Oceanic circumpolar habitats of Antartctic krill. Mar. Ecol. Prog. Ser. 362, 1–23.

Baker, C.S., Perry, A., Bannister, J.L., Weinrich, M.T., Abernethy, R.B., Calambokidis, J., Lien, J., Lambertsen, R.H., Ramírez, J.U., Vasquez, O., 1993. Abundant mitochondrial DNA variation and world-wide population structure in humpback whales. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 90, 8239–8243.

Baraff, L., Weinrich, M.T., 1993. Separation of Humpback Whale Mothers and Calves on a Feeding Ground in Early Autumn. Mar. Mammal Sci. 9, 431–434.

Barendse, J., Best, P.B., Carvalho, I., Pomilla, C., 2013. Mother Knows Best: Occurrence and Associations of Resighted Humpback Whales Suggest Maternally Derived Fidelity to a Southern Hemisphere Coastal Feeding Ground. PLoS ONE 8, 14.

Best, P.B., Findlay, K.P., Sekiguchi, K., 1998. Winter distribution and possible migration routes of humpback whales Megaptera novaeangliae in the southwest Indian Ocean. Mar. Ecol. Prog. Ser. 162, 287–299.

Brunet, M., Bablon, N., 2007. Les mammifères marins - Partie 2. ASERBiologieMamMarins. 13.

Calambokidis, J., Steiger, G.H., Ellifrit, D.K., Troutman, B.L., Bowlby, C.E., 2004. Distribution and abundance of humpback whales (Megaptera novaeangliae) and other marine mammals off the northern Washington coast. Fish. Bull. 102, 563–580.

Camper, P., 1820. Observations anatomiques sur la structure interieure et le squelette de plusieurs especes de Cetaces, publ. par Adrien-Gilles Camper. - Paris, Gabriel Dufour 1820. Gabriel Dufour.

Cerchio, S., Andrianantenaina, B., Lindsay, A., Rekdahl, M., Andrianarivelo, N., Rasoloarijao, T., 2015. Omura's whales (Balaenoptera omurai) off northwest Madagascar: ecology, behaviour and conservation needs. R. Soc. Open Sci. 2, 150301, 19.

Cerchio, S., Ersts, P.J., Pomilla, C., 2014. Revised estimation of abundance for breeding stock C3 of humpback whales, assessed through photographic and genotypic mark-recapture data from Antongil Bay, Madagascar, 2000-2006. Int. Whal. Comm. Sci. Rep. SC/60/SH32, 20.

Cerchio, S., Ersts, P.J., Pomilla, C., 2009. Updated estimates of abundance for humpback whale breeding stock C3 off Madagascar, 2000-2006. Int. Whal. Comm. Sci. Rep. SC/61/SH7, 23.

Cerchio, S., Findlay, K.P., Ersts, P.J., 2008. Initial assessment of exchange between breeding stocks C1 and C3 of humpback whales in the western Indian Ocean using photographic markrecapture data, 2000-2006. Int. Whal. Comm. Sci. Rep. SC/60/SH33, 15.

Cerchio, S., Jacobsen, J.K., Cholewiak, D.M., Falcone, E.A., Merriwether, D.A., 2005. Paternity in humpback whales, Megaptera novaeangliae: assessing polygyny and skew in male reproductive success. Anim. Behav. 70, 267–277.

Cerchio, S., Jacobsen, J.K., Norris, T.F., 2001. Temporal and geographical variation in songs of humpback whales, Megaptera novaeangliae: synchronous change in Hawaiian and Mexican breeding assemblages. Anim. Behav. 62, 313–329.

Cerchio, S., Trudelle, L., Zerbini, A.N., Geyer, Y., Mayer, F.X., 2013. Satellite tagging of humpback whales off Madagascar reveals long range movements of individuals in the Southwest Indian Ocean during the breeding season. Int. Whal. Comm. Sci. Rep. SC/65a/SH22, 19.

Cétamada, 2014. Morphologie et anatomie de la baleine à bosse. Présentation power point pour la formation des éco-volontaires. 37 vues.

Cétamada, 2013. Carnet de route des éco volontaires scientifiques. Document de formation des éco-volontaires. 57.

Cétamada, 2004. Les Cétacés… Des ancêtres à nos jours, une extraordinaire aventure. Présentation power point pour le public. 58 vues.

Chittleborough, R., 1965. Dynamics of two populations of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae* (Borowski). Mar. Freshw. Res. 16, 33.

Clapham, P.J., 1992. Age at attainment of sexual maturity in humpback whales, Megaptera novaeangliae. Can. J. Zool. 70, 1470–1472.

Clapham, P.J., LEIMKUHLER, E., GRAY, B.K., MATTILA, D.K., 1995. Do humpback whales exhibit lateralized behaviour? Anim. Behav. 50, 73–82.

Clapham, P.J., Wetmore, S.E., Smith, T.D., Mead, J.G., 1999. Length at birth and at indépendence in humpback whale. J. Cetacean Res. Manag. 1, 141–146.

Colombani, H., Kleiner, V., 2009. Baleine : phylogénie et classifications [en ligne]. Disponible sur http://videotheque.cnrs.fr/visio=2244 (accessed 7.7.15).[Consulté le 7 juillet 2015]

Cot, S., 2002. Les parasites des cétacés et les intéractions durables qu'ils entretiennent avec leurs hôtes. Thèse de docteur vétérinaire, école nationale vétérinaire d'Alfort, 95.

Cuvier, F.G., 1836. De l'histoire naturelle des Cétacés. Roret. 528.

Danel, E., 1994. Etude bibliographique de la reproduction des mysticètes - Conséquences. Thèse de docteur vétérinaire, école nationale vétérinaire d'Alfort, 65.

Dawbin, W.H., 1966. The seasonal migratory cycle of humpback whales, in: Whales, Dolphins and Porpoises., Berkeley and Los Angeles. University of California Press, pp. 145–170.

De Muizon, C., 2009. L'origine et l'histoire évolutive des Cétacés. Comptes Rendus Palevol, Histoire évolutive de la Vie/Evolutionary history of Life 8, 295–309.

De Muizon, C., Liret, C., 2008. Incroyables cétacés ! 96.

Drinnon, 2013. Hagen Carcass Is a Dorudon? [en ligne] Frontiers of zoology blogspot. Disponible sur http://frontiersofzoology.blogspot.fr/2013/09/hagen-carcass-is-dorudon.html. [Consulté le 17 septembre 2016]

Dulau-Drouot, V., Cerchio, S., JOUANNET, V., Ersts, P.J., 2011. Preliminary comparison of humpback whale photographic identifications indicates connectivity between Reunion(BS C4) and Madagascar (BS C3). Int. Whal. Comm. Sci. Rep. SC/63/SH28, 9.

Dulau-Drouot, V., Fayan, J., Mouysset, L., Boucaud, V., 2012. Occurence and residency patterns of humpback whales off Réunion Island during 2004–10. J. Cetacean Res. Manag. 12, 255–263.

Dunlop, R.A., Cato, D.H., Noad, M.J., 2008. Non-song acoustic communication in migrating humpback whales (Megaptera novaeangliae). Mar. Mammal Sci. 24, 613–629.

Ersts, P.J., Pomilla, C., Kiszka, J., Cerchio, S., Rosenbaum, H.C., Vély, M., Razafindrakoto, Y., Loo, J.A., Leslie, M.S., Avolio, M., 2011. Observations of individual humpback whales utilising multiple migratory destinations in the south-western Indian Ocean. Afr. J. Mar. Sci. 33, 333–338.

Ersts, P.J., Rosenbaum, H.C., 2003. Habitat preference reflects social organization of humpback whales (Megaptera novaeangliae) on a wintering ground. J. Zool. 260, 337–345.

Findlay, K.P., Benister, Cerchio, S., Jackson, Rosenbaum, 2009. Allocations of catches of humpback whales (1904 – 1973) for the iwc comprehensive assessment of southern hemisphere humpback whales. Int. Whal. Comm. Sci. Rep. SC/61/SH31, 33.

Findlay, Meyer, Elwen, Johnson, J.H., 2011. Distribution and abundance of humpback whales, Megaptera novaengliae, off the coast of Mozambique, 2003. J. Cetacean Res. Manag. 3, 163–174.

Flemming, A., Jackson, J., 2011. Global review of humpack whales (Megaptera novaeangliae). National Oceanic and Atmospheric Administration, 209.

Fossette, S., Heide-Jørgensen, M.-P., Jensen, M.V., Kiszka, J., Bérubé, M., Bertrand, N., Vély, M., 2014. Humpback whale (Megaptera novaeangliae) post breeding dispersal and southward migration in the western Indian Ocean. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., Charismatic marine mega-fauna 450, 6–14.

Garrigue, C., Constantine, R., Poole, M., Clapham, P.J., 2011. Movement of individual humpback whales between wintering grounds of Oceania (South Pacific), 1999 to 2004. J. Cetacean Res. Manag. 3, 275–281.

Horton, T.W., Holdaway, R.N., Zerbini, A.N., Hauser, N., Garrigue, C., Andriolo, A., Clapham, P.J., 2011. Straight as an arrow: humpback whales swim constant course tracks during long-distance migration. Biol. Lett. 7, 674–679.

International Whaling Commission, 2011b. Report of the Workshop on the Comprehensive Assessment of Southern Hemisphere humpback whales, 4–7 April 2006 (The journal of cetacean research and management), Special issue 3. 203-26.

International Whaling Commission, 2011a. Report of the Scientific Committee. Annex H. Report of the Sub-Committee on Other Southern Hemisphere Whale Stocks. (The journal of cetacean research and management), Suppl. 12. 5-50.

Izumo, T., Vialard, J., Lengaigne, M., de Boyer Montegut, C., Behera, S.K., Luo, J.-J., Cravatte, S., Masson, S., Yamagata, T., 2010. Influence of the state of the Indian Ocean Dipole on the following year's El Niño. Nat. Geosci. 3, 168–172.

Jackson, J.A., Steel, D.J., Beerli, P., Congdon, B.C., Olavarria, C., Leslie, M.S., Pomilla, C., Rosenbaum, H., Baker, C.S., 2014. Global diversity and oceanic divergence of humpback whales (Megaptera novaeangliae). Proc. R. Soc. B Biol. Sci. 281, 20133222–20133222.

Johnston, S.J., Butterworth, D.S., 2008. Capture-recapture analyses of humpback population sizes and increase rates: breeding stocks C1-C3. Int. Whal. Comm. Sci. Rep. 27.

Kiszka, J., Vely, M., Breysse, O., 2010. Preliminary account of cetacean diversity and humpback whale (Megaptera novaeangliae) group characteristics around the Union of the Comoros (Mozambique Channel). mammalia vol. 74 issue 1, 51-56.

Kohl, C., 2013. Les baleines à bosse de l'océan indien occidental : suivi par télémétrie satelittaire. Thèse de doctorat vétérinaire. Lyon : Université Claude Bernard, 104.

La Baleine À Bosse - Sea Shepherd FR [en ligne], disponible sur http://www.seashepherd.fr/divine-wind/humpback-whale.html (accessed 11.17.15). [Consulté le 17 novembre 2015]

Loo, J.A., Mendez, L., Pomilla, C., Leslie, M.S., Best, P.B., Collins, T., Engel, M.H., Ersts, P.J., Findlay, K.P., 2008. Update on the evaluation of genetic structure on the feeding grounds and their connectivity to Breeding Regions. Int. Whal. Comm. Sci. Rep. 11.

Lyamin, O.I., Manger, P.R., Ridgway, S.H., Mukhametov, L.M., Siegel, J.M., 2008. Cetacean sleep: An unusual form of mammalian sleep. Neurosci. Biobehav. Rev., Special section: The European Workshop in Imagery and Cognition: Neurocognition and Visual Imagery 32, 1451–1484.

Madagascar, 2016 [en ligne]. Wikipédia. Disponible sur https://fr.wikipedia.org/wiki/Madagascar. [Consulté le 17 septembre 2016].

Mahajanga, 2016 [en ligne]. Wikipédia. Disponible sur https://fr.wikipedia.org/wiki/Mahajanga. [Consulté le 17 septembre 2016].

Megaptera novaeangliae. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. [en ligne], n.d. . IUCN. Disponible sur http://www.iucnredlist.org/details/13006/0 [Consulté le 8 juillet 2015]

Mendez, L., 2013. Analyse génétique des baleines à bosse (Megaptera novaeangliae) de Madagascar (Master 2). Laboratoire BioGeMME. 37.

Minton, G., Cerchio, S., Collins, T., Ersts, P.J., Findlay, K.P., Pomilla, C., Bennet, D., Meÿer, M.A., Razafindrakoto, Y., Kotze, P.G.H., Oosthuizen, W.H., Leslie, M.S., Andrianarivelo, N., Baldwin, R., Ponnampalam, L., Rosenbaum, H.C., 2010. A note on the comparison of humpback whale tail fluke catalogues from the Sultanate of Oman with Madagascar and the East African mainland. J. Cetacean Res. Manag. 11, 65–68.

Montgelard, C., Catzeflis, F.M., Douzery, E., 1997. Phylogenetic relationships of artiodactyls and cetaceans as deduced from the comparison of cytochrome b and 12S rRNA mitochondrial sequences. Mol. Biol. Evol. 14, 550–559.

Morello, D., n.d. Quand la génétique se mêle de la baleine [en ligne]. Mus. Toulouse. Disponible sur *www.museum.toulouse.fr/-/quand-la-genetique-se-mele-de-la-balein.* Consulté le 17 janvier 2015.

Pack, A.A., Herman, L.M., Spitz, S.S., Hakala, S., Deakos, M.H., Herman, E.Y.K., 2009. Male humpback whales in the Hawaiian breeding grounds preferentially associate with larger females. Anim. Behav. 77, 653–662.

Pakicetus, 2015. [en ligne] Wikipédia. Disponible sur https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Pakicetus&oldid=120859759. [Consulté le 10 juin 2016].

Perrin, W.F., Wursig, B., Thewissen, J.G.M. “Hans,” 2009. Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press. 1355.

Pomilla, C., Rosenbaum, H.C., 2006. Estimates of relatedness in groups of humpback whales (Megaptera novaeangliae) on two wintering grounds of the Southern Hemisphere. Mol. Ecol. 15, 2541–2555.

Pomilla, C., Rosenbaum, H.C., 2005. Against the current: an inter-oceanic whale migration event. Biol. Lett. 1, 476–479.

Programme de recherche japonais sur les baleines, 2016. Wikipédia. [En ligne] Disponible sur https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Programme_de_recherche_japonais_sur_les_baleines&oldid=130051131. [Consulté le 27 septembre 2016]

Rafalimanana, T., Caverivière, A., 2013. Les crevette côtières de Madagascar. Présentation du milieu et des espèces.IRD éditions. 374.

Riou, A., 2009. Analyse de la structure des populations d'Epinephelus merra (poisson Serranidae)à partir de signatures chimiques des otolithes, a sein de la Réserve Naturelle Marine de La Réunion. (Master II Sciences de la Mer et du Littoral, mention Expertise et Gestion de l'Environnement Littoral). Institut Universitaire Européen de la Mer (France). 93.

Rocca, V., 1993. Contribution à l'étude de la baleine à bosse Megaptera Novaeangliae. Thèse de doctorat vétérinaire école nationale vétérinaire de Toulouse. 81.

Rollin, S., Debus, S., 1992. Les migrations, Les animaux sauvages. Société des Périodiques Larousse, Paris.

Rosenbaum, H., Pomilla, C., Leslie, M.S., Best, P.B., 2004. Mitochondrial DNA diversity and population structure of humpback whales from their wintering areas in the indian and south atlantic oceans (a,b,c and x). Int. Whal. Comm. Sci. Rep. SC//SH3, 10.

Rosenbaum, H.C., Pomilla, C., Mendez, M., Leslie, M.S., Best, P.B., Findlay, K.P., Minton, G., Ersts, P.J., Collins, T., Engel, M.H., Bonatto, S.L., Kotze, D.P.G.H., Meÿer, M., Barendse, J., Thornton, M., Razafindrakoto, Y., Ngouessono, S., Vely, M., Kiszka, J., 2009. Population Structure of Humpback Whales from Their Breeding Grounds in the South Atlantic and Indian Oceans. PLoS ONE 4, 11.

Saloma, A., 2013. Analyse des observations de la population C3 de baleines à bosse (Megaptera novaeangliae) dans le canal de Sainte Marie (Nord - Est de Madagascar) (Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Approfondies). 70.

Smith, J.N., Goldizen, A.W., Dunlop, R.A., Noad, M.J., 2008. Songs of male humpback whales, Megaptera novaeangliae, are involved in intersexual interactions. Anim. Behav. 76, 467–477.

Squalelet féroce, 2010. [en ligne] Wikipédia. Disponible sur https://fr.wikipedia.org/wiki/Squalelet_féroce. [Consulté le 17 septembre 2016].

Straley, J.M., Gabriele, C.M., Baker, C.S., 1994. Annual Reproduction by Individually Identified Humpback Whales (megaptera Novaeangliae)in Alaskan Waters. Mar. Mammal Sci. 10, 87–92.

Struthers, J., 1889. Memoir on the anatomy of the humpback whale, Megaptera Longimana. Edinburgh, Maclachlan and Stewart. 218.

Szabo, A., Duffus, D., 2008. Mother–offspring association in the humpback whale, Megaptera novaeangliae: following behaviour in an aquatic mammal. Anim. Behav. 75, 1085–1092.

Thivent, V., 2013. Les fanons de baleine, filtres dynamiques [en ligne]. Monde Sci. Techno. Disponible sur http://www.lemonde.fr/sciences/article/2013/03/21/les-fanons-de-baleine-filtres-dynamiques_1852157_1650684.html (accessed 4.13.16).

Van Canneyt, O., Dorémus, G., Laran, S., Ridoux, V., Watremez, P., 2010. Distribution et abondance de la mégafaune marine dans le sud-ouest de l'océan Indien tropical (Campagne REMMOA - Océan indien). 74.

Weinrich, M., Corbelli, C., 2009. Does whale watching in Southern New England impact humpback whale (Megaptera novaeangliae) calf production or calf survival? Biol. Conserv. 142, 2931–2940.

Wiley, D.N., Clapham, P.J., 1993. Does maternal condition affect the sex ratio of offspring in humpback whales? Anim. Behav. 46, 321–324.

Wilson, B., Wilson, A., 2006. The complete whale-watching handbook, Voyageur Press. ed. 288.

Zerbini, A.N., Clapham, P.J., Wade, P.R., 2010. Assessing plausible rates of population growth in humpback whales from life-history data. Mar. Biol. 157, 1225–1236.

Zerbini, Andriolo, Jorgensen, Pizzorno, 2006. Satellite-monitored movements of humpback whales Megaptera novaeangliae in the Southwest Atlantic Ocean. Mar. Ecol. Prog. Ser. 313, 292–304.

Zielinski, S., 2013. The bottom feeding behavior of humpback whales [en ligne]. Sci. News. Disponible sur https://www.sciencenews.org/blog/wild-things/bottom-feeding-behavior-humpback-whales?mode=topic&context=116 (accessed 10.19.16) [Consulté le 17 septembre 2016].

DURET Mylène

Première étude des populations de baleines à bosse dans le Nord-Ouest de Madagascar

Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : Lyon, le 4 novembre 2016

RESUME : L'intérêt porté aux baleines à bosse est dû en partie à leur migration. En effet, chaque année elles parcourent de grandes distances afin de faire naître leur petit dans les eaux chaudes et repartent ensuite vers les cercles polaires afin de se nourrir. Les études sont surtout réalisées dans l'hémisphère Nord. Concernant l'hémisphère Sud, des zones de reproduction ont été décrites à partir de la pêche et des quelques données disponibles. Il existe 7 stocks distincts. Les populations du stock C sont divisées en 4 : la côte Est de l'Afrique jusqu'au Mozambique, l'archipel des Comores, les côtes Sud et Est de Madagascar et les îles Mascareignes. Les baleines migrant à Madagascar sont décrites essentiellement sur la côte Est. C'est pour cette raison que l'association Cétamada a décidé de réaliser la première collecte de données sur la côte Nord-Ouest au niveau de Majunga en 2014. Des baleines sont présentes de juillet à fin novembre avec un pic en août et septembre. Des photo-identifications ont été réalisées entre mi-juillet et mi-août. Des individus seuls, des paires, des groupes mais aussi des baleineaux ont été observés dans une zone restreinte. Ces données sont en accord avec des précédentes recherches. Ainsi la répartition du stock C pourrait être remise en cause.

MOTS CLES :

- Baleines
- Cétacés
- Indien, Océan
- Madagascar
- Recensement

JURY :

Président : Madame le Professeur SERVIEN Elvire

1er Assesseur : Monsieur le Professeur BERNY Philippe
2ème Assesseur : Monsieur le Professeur PEPIN Michel

DATE DE SOUTENANCE : 4 novembre 2016

ADRESSE DE L'AUTEUR :

1035, route de Roanne

42720 POUILLY SOUS CHARLIEU