Contribution au recensement des cétacés dans l'archipel de Guadeloupe

Nadège Gandilhon

▶ **To cite this version:**

Nadège Gandilhon. Contribution au recensement des cétacés dans l'archipel de Guadeloupe. Océanographie. Université des Antilles (UA) - Site de Guadeloupe, FRA, 2012. Français. NNT : . tel-03910549

HAL Id: tel-03910549
https://hal.science/tel-03910549

Submitted on 22 Dec 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ DES ANTILLES ET DE LA GUYANE

Faculté des Sciences Exactes et Naturelles

THÈSE

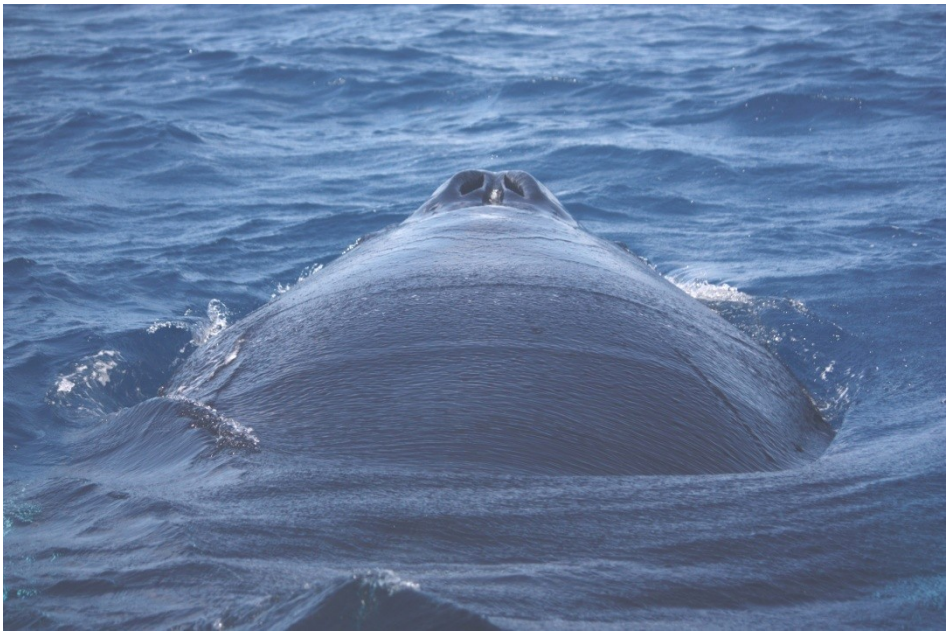
Présentée par

Nadège GANDILHON

en vue de l'obtention du grade de

DOCTEUR EN OCÉANOLOGIE

CONTRIBUTION AU RECENSEMENT DES CÉTACÉS DANS L'ARCHIPEL DE GUADELOUPE



Soutenue le 6 juillet 2012 devant le jury composé de :

M.	Olivier ADAM	co-directeur de thèse
M.	Claude BOUCHON	examinateur
M.	Phillip CLAPHAM	examinateur
M.	Christophe GUINET	rapporteur
M.	Max LOUIS	co-directeur de thèse
M.	Gille NOLIBÉ	examinateur
M.	Jean-Paul ROBIN	rapporteur

UNIVERSITE DES ANTILLES ET DE LA GUYANE

Faculté de sciences exactes et naturelles

École doctorale pluridisciplinaire :
Santé, Environnement et Sociétés dans les Amériques

Thèse pour le doctorat en Océanologie

GANDILHON Nadège

Contribution au recensement des cétacés dans l'archipel de Guadeloupe

Sous la direction de : Max LOUIS et Olivier ADAM

Soutenue le 06 Juillet 2012 à Pointe-à-Pitre

N° : 2012AGUY0520

Devant le Jury :

Claude BOUCHON, Professeur, Université des Antilles et de la Guyane, Laboratoire DYNECAR, Président

Christophe GUINET, Directeur de recherche CNRS, Centre d'Etudes Biologiques de Chizé, Rapporteur

Jean-Paul ROBIN, Professeur, Université de Caen, Biologie des Mollusques Marins et des Ecosystèmes Associés, Rapporteur

Philipp CLAPHAM, Senior Researcher, Alaska Fisheries Science Center, US National Marine Mammals Laboratory, Examinateur

Gilles NOLIBÉ, Docteur d'État, Directeur, CeSigma, Examinateur

Olivier ADAM, Professeur, Université Paris Sud Orsay, Centre de Neurosciences Paris Sud, Directeur thèse

Max LOUIS, Université des Antilles et de la Guyane, Laboratoire DYNECAR, Directeur thèse

Ce manuscrit doit être cité comme suit :

Gandilhon, N (2012). Contribution au recensement des cétacés dans l'archipel de Guadeloupe. Thèse de Doctorat, Université des Antilles et de la Guyane, Guadeloupe, 335 pp + annexes (83 p).

REMERCIEMENTS

C'est avec beaucoup d'émotion que je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué à ce travail de recherche, de près ou de loin.
Mes remerciements les plus sincères sont pour Olivier Adam et Max Louis, qui en acceptant de diriger mes travaux, m'ont permis de réaliser cette thèse, dans les meilleures conditions. J'espère avoir été digne de la confiance qu'ils m'ont accordée durant ces 3 années et quelques mois. Je tiens à leur transmettre ma profonde gratitude pour leur soutien indéfectible dans toutes les étapes de cette aventure. Merci à Max pour sa disponibilité, sa sagesse et sa patience, et pour avoir notamment supporté la relecture méticuleuse de ce manuscrit, en m'aidant à clairifier ma pensée. Merci à Olivier de m'avoir donné la chance et la force de faire cette thèse. Il m'a communiqué son enthousiasme scientifique et m'a accompagnée dans tous les projets, tout en me laissant une grande autonomie dans leur réalisation. C'est un honneur d'avoir pu travailler avec vous, et je vous remercie de m'avoir tant appris et de m'avoir guidée.

Je tiens également à remercier les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail et de m'avoir permis de l'améliorer grâce à leurs remarques.

Je tiens à remercier ensuite Claude et Yolande Bouchon qui m'ont accueilli dans le laboratoire DYNECAR. Leur porte a toujours été ouverte et ils n'ont pas compté leur temps pour m'aider dans mes travaux, notamment pour les analyses canoniques. De même, j'exprime toute ma gratitude à Philipp Clapham, qui m'a permis de rejoindre durant le mois septembre 2009 le laboratoire américain des mammifères marins à Seattle. J'ai pu, grâce à lui, échanger avec de nombreux spécialistes, dont Amy Kennedy, que je remercie pour sa contribution au programme sur les baleines à bosse. Merci également à Oswaldo Vasquez, qui a fait plusieurs fois le voyage de République dominicaine pour les prélèvements génétiques. Je suis également reconnaissante aux autres chercheurs de Biologie marine de l'université des Antilles et de la Guyane, tels que Dominique Monti, Soazig Lemoine, Silvina Meyer, Olivier Gros et Maguy Dulorme pour m'avoir régulièrement encouragée et conseillée sur des points particuliers. Merci également à Sylvie Gustave Dit Duflo de m'avoir permis d'enseigner en physiologie humaine à l'Université. Au quotidien, je remercie chaleureusement mes amis et collègues, doctorants de Biologie marine. Maïtena Jean, Gaëlle Ramdine, Amandine Vaslet, Charlotte Dromard, Léa Urvoix, Audrey Boc, Félix Bompy, Pédro Portillo, Jean-Marie Vollant et Nathalie Elisabeth. Merci à vous pour les bons moments partagés. Merci également à Sébastien Cordonnier pour le soin qu'il a apporté en veillant sur le matériel d'études.

J'adresse maintenant une profonde gratitude à tous ceux sans lesquels ce travail n'aurait pas pu exister, en commençant par les équipes de l'association Breach, grâce à lesquelles, de nombreuses données ont été collectées, dans la rigueur et la bonne humeur. Quand j'ai fondé cette association il y a bientôt 10 ans pour soutenir la recherche scientifique, j'ignorais qu'un jour, c'est elle qui le ferait pour moi.

Je tiens tout particulièrement à remercier : Stéphane Poupin, Cécile Lallemand, Sandra Pédurthe, Sophie Bédel, Daniel Bergeault, Colette Chaney, Gaëlle Ramdine, Christian Dehaene, Marion Fourquez, Valérie Veyrine, Alain Tounissont, Dominique Simoncini, Yolande Parmentier**,** Félix Bompy, Lydie Largitte, Marion Patin et Nathalie Serrand. Merci d'avoir supporté mes exigences scientifiques.
Tout mon respect va également à Caroline et Georges Azzinari ainsi que toute l'équipe de Breach Méditérannée pour l'amitié et la confiance qu'ils m'ont témoignée tout au long de cette thèse.
C'est également avec beaucoup d'émotion que je remercie Lesley Sutty d'ECCEA pour l'affection qu'elle m'a portée, à tout moment de cette aventure. Vous tous, vous êtes engagés à mes côtés avec sérieux et rigueur dans ce programme de recherches, en acceptant son cadre strict et ses finalités. Ce fut également une aventure humaine riche et parfois éprouvante. Cette thèse, je la partage avec vous.

Ce travail a été complété par les travaux de deux stages que j'ai encadrés : Cédric Millon et Emmanuelle Aliotti. Qu'ils soient remerciés pour leur bon travail.

Je transmets toute ma reconnaissance à l'ensemble des autres volontaires, étudiants, gestionnaires de milieux naturels, enseignants, gardes de réserve, naturalistes, d'avoir accepté de consacrer de leur temps pour scruter la mer, ainsi que tous les skippers ayant tenu les transects. Merci à tous pour avoir supporté la fatigue de ces longues journées passées sur l'eau sans jamais perdre de vue les objectifs. Par ailleurs, je souhaite remercier tout particulièrement les nombreuses personnes ayant contribué à documenter cette étude (par ordre alphabétique) : Jean-Vincent Bertaud, Laurent Bouveret, Laurence Brizard, Jordane Chazal, Martial Cabours, Cédric Carpentier, Marion Diard, Mélanie Dumoulin, Claude Froidefond, Jacky Froidefond, Gaël Hubert, Fabrice Garret, Mar Garzon, Philippe Godoc, Alain Goyeau, Gabrielle Gries, Xavier Kieser, Alice Leblond, Claude Lefebvre, Thierry Lepeintre, Anthony Levêque, Hervé Magnin, Loïc Mauléon, Marine Meunier, Nelly Pélisson , Bruno Proulx et François Steers.

Je salue tous les naturalistes, plongeurs, skipper, pêcheurs et autres acteurs de la mer de différentes structures (le comité régional des pêches, l'association OMMAG, l'association Stenella, le Parc National de Guadeloupe, le laboratoire de Biologie marine ou encore la Réserve de Petite Terre) qui ont accepté de me transmettre des informations. J'en profite également pour remercier tout autant les gardes des différentes réserves pour leur appui local.

Parmi les spécialistes venus d'autres régions pour prêter main forte durant les programmes de recherche, je remercie Frank Dhermain, Lyne Morissette, Joël Detcheverry, Maria Cruz Valsero, Jaime Bolanos, Stéphane Jérémie ainsi que Denis Ody et Aurélie Tasciotti. Ce travail aurait incomplet sans le soutien spontané de deux opérateurs tourisques d'observation des cétacés qui m'ont permis d'aller sur l'eau et qui m'ont confié une partie de leurs données. C'est ainsi que je remercie chaleureusement Jean-Pierre Concaud de Guadeloupe Evasion Découverte ainsi qu'Olivier et Christina Shotte des Heures Saines, Manuela Voisine, et tous les membres de leurs équipes. Merci de m'avoir épaulée.

Cette thèse est également le fruit de collaborations techniques et industrielles telles que celles avec Paul Gervain de PLK Marine, Gilles Nolibé de CeSigma et Nicolas Diaz du Comité Régional des Pêches. La réalisation d'une première version du système acoustique n'aurait pas été concevable sans leur aide, leur soutien matériel et leur expertise. Je demeure consciente des investissements accomplis et vous en suis extrèmement reconnaissante ainsi qu'à vos équipes.

Aucun programme n'aurait pu être mené à bien sans l'aide de différents financeurs. Merci à l'ensemble des bailleurs, qui ont apporté leur soutien financier ou matériel pour des projets spécifiques : le Comité Régional des Pêches, la Fondation Maud Fontenoy, le WWF France, EDF Guadeloupe, Air France, Le Ministère de l'Outremer, le Ministère de l'Enseignement et de la Recherche, ATEMAR et le US National Marine Mammals Laboratory. Encore merci pour votre aide et vos encouragements.
Je tiens à ajouter l'ensemble des acteurs économiques ou institutionnels ayant facilité certaines modalités pratiques, dont la Marina de Bas du Fort, la Marina de Saint-François, la préfecture de Guadeloupe, la direction générale des douanes, la gendarmerie de Saint-François et le Marlin club. Deux autres organismes ont été la charnière matérielle de ce projet de thèse et ont soutenu sa réussite.

J'adresse tout d'abord mes remerciements au Port autonome de la Guadeloupe : à Mr Martens, à Mme Saint-Charles et à tout le comité de direction, ainsi que l'ensemble du personnel pour m'avoir fait confiance et avoir permis que ce projet se concrétise. Je tiens tout particulièrement à transmettre à Sita Narayanan, qui a été mon interlocutrice privilégiée durant ces 3 années, ma très profonde gratitude. Merci pour ton écoute permanente, ton professionalisme et ta disponibilité.

La DEAL de Guadeloupe (Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du logement) a soutenu l'essentiel des programmes de cette thèse depuis 2007. Je remercie Dominique Deviers et Louis Redaud d'avoir cru en mon projet. Plus particulièrement, c'est à Franck Mazéas en premier lieu, puis sa collaboratrice, Mélina Laurent, que je présente mes très sincères remerciements. Vous m'avez transmis des suggestions toujours avisées et avez reconnu mon travail en me réitérant votre soutien au fil des années. Vous vous êtes impliqués dans ces projets, en participant à certaines opérations de terrain. Merci également les photos et l'ensemble des informations que vous avez mises à ma disposition. Merci encore pour votre patience et votre engagement dans la conservation des cétacés.

J'aurais eu du mal à terminer ce travail sans le soutien de mes amis qui de près, ou de loin, n'ont jamais cessé de m'encourager : Jacques, Christine, Gildas, Daniel, Coco, Valérie, Lydie, Cécile, Caroline et Georges, Stéphane, Cathie, Sonia, Anne-Lise, Christophe, Jean-Claude et Béatrice, Laurent et Sylvie, Catherine et Van, Karine, Laurence et Nicolas, Nadia, Marie-José et Jean-François. A tous, merci de votre amitié car je sais que mon absence a été longue.

Merci à mes 5 frères et sœurs, à leurs conjoints et à mes 11 neveux et nièces d'avoir maintenu afffectueusement la pression avec la question récurrente de la date de ma soutenance. Cela m'a aidé à ne pas me dérouter de mon objectif. Merci à Christine, Claire, Denis de m'avoir entouré d'attentions régulières. Merci à à mon père et Mei de m'avoir accueillie et choyée après mon opération. Merci à toute ma famille pour sa solidarité dans l'épreuve que nous avons traversée. C'est grâce aux fondements que celle qui fut ma mère m'a donnés, que j'ai pu achever ce travail. Je lui dois tant.
Tendres mercis Etienne, car si je sais combien il a été difficile d'accepter ma passion pour les cétacés, c'est toi qui a permis que cette thèse puisse exister. Je te dois beaucoup.
Mes remerciements s'adressent enfin à celle qui a presque grandi en même temps que mon projet scientifique. Merci pour tes beaux dessins de baleines. T'avoir à mes côtés et m'occuper de toi ont été ma plus grande source d'énergie. Un seul de tes sourires m'a fait oublier ma fatigue et ta petite main est toujours restée dans la mienne. J'ai essayé de rester la meilleure des mamans dans cette période un peu particulière. Ma petite Romane, cette thèse est pour toi. Je te dois tout.

RÉSUMÉ

L'objectif de ce travail est d'effectuer le recensement spatial et temporel, des cétacés évoluant dans l'archipel marin côtier de Guadeloupe sur 5278,69 km². Il s'agit en premier lieu de proposer, sur une échelle régionale, les descripteurs biologiques des populations composant le peuplement : la richesse spécifique, la composition faunistique, la taille moyenne des groupes, le taux de juvéniles, les catégories trophiques, le statut de résidence ainsi que les indices d'abondance, les densités et abondances relatives et une estimation de stock. Deuxièmement, l'analyse des caractéristiques de la répartition spatiale des groupes observés en Guadeloupe, vise à présenter les habitats prioritaires pour ces mammifères marins, à partir des indices de rencontre et de diversité par sites, des variables influentes sur leur distribution ainsi que certains déplacements à l'intérieur ou à l'extérieur de la zone d'étude.

Sept jeux de données (2007 à 2011) ont été exploités sous unités d'effort horaire ou kilométrique, à partir des méthodes de transects maritimes, de recherches focales, mais également par la collecte de données historiques (2000 à 2006) et opportunistes. Pour compléter l'étude, un prototype semi-permanent de suivi par acoustique passive a été déployé en-côte-sous-le-vent. Grâce à 325 relevés, 518 observations visuelles et 202 acoustiques ont permis de recenser 4 familles, 14 genres et 17 espèces représentant un effectif total cumulé de près de 5924 cétacés contactés dans les limites de 15 milles nautiques des côtes. Parmi les deux sous-ordres composant le clade des *Cetartiodactyla*, *Odontoceti* présente une dominance taxonomique dans l'archipel avec 16 espèces représentées, dont pour la famille des dauphins (*Delphinidæ*), 33% des espèces actuellement connues dans le monde. Six espèces plus rares ont été décrites, dont l'orque (*Orcinus orca*), le cachalot nain (*Kogia sima*) ou la baleine à bec de Gervais (*Mesoplodon europeaus*). Grâce au traitement de plusieurs descripteurs synthétiques (taux d'occurrence, de présence, de dominance et de fréquence relative), le peuplement a été examiné pour proposer six catégories résidentielles : espèces résidentes, semi-résidentes, temporaires ou occasionnelles et rares. En outre, une classification en groupes trophiques théoriques indique que les espèces teutophages, présentant des petites tailles de groupes, sont les plus rencontrées en côte-sous-le-vent. Classés dans ce rang, près de 37 cachalots (*Physeter macrocephalus*), % CV 92,89 IC95% [18,91 – 52,45] sont présents tout au long de l'année, avec des taux de juvéniles inters saisonniers stables, mais une densité relative plus élevée en saison humide. Les carnivores sont les plus abondants, avec une dominance nette de S*tenella attenuata* dans l'archipel. La densité relative pour cette espèce résidente permanente est de 0,052 individus.km², % CV 90,16 représentant, selon différents modèles, une population de 270 à 300 dauphins tachetés pantropicaux, qui pour la majorité, sont observés en-côte-sous-le-vent.

Certaines populations semblent être composées de plusieurs unités distinctes territorialement, comme 83 à 103 grands dauphins, *Tursiops truncatus* (dont 61 identifiés) ou le sténo (*Steno bredanensis*). Parmi ces dauphins, certains individus résidents occuperaient de façon permanente des sites spécifiques, avec un niveau de fidélité suggéré à plus de dix ans pour une des plus anciennes ré-observation individuelle. Parmi les cétacés à fanons (*Mysticeti*), la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) migre vers les eaux côtières de la Guadeloupe de décembre à fin mai pour des fonctions de reproduction et de mise bas.

Cette espèce semi-résidente temporairement est la plus rencontrée dans l'archipel, avec des densités relatives au km² plus significatives en façade côtière atlantique et au Sud de l'archipel. Grâce à un suivi individuel par télémétrie, il a pu être prouvé qu'au moins un individu de cette espèce pouvaient séjourner plus de huit jours consécutifs dans l'archipel.

En 2010, une baleine à bosse de la baie du Moule à été suivie durant plus de 6300 kilomètres jusqu'au Sud de l'Islande, vers les Iles Féroé et d'autres baleines ont été examinées dans leur comportement migratoire au départ de la Guadeloupe. Ce lien avec le stock de l'Atlantique Nord-est a par ailleurs été confirmé avec la ré-observation en avril 2011 dans le Canal des Saintes d'un individu identifié pour la première fois en Islande, en 1992. Une estimation dynamique du stock propose que 442 baleines à bosse % CV 19,29, IC 95% [302-645] aient évolué dans l'archipel côtier entre les saisons sèches 2008 à 2011. Pour Avril, mois considéré durant les périodes historiques de chasse en Guadeloupe comme la période de pic de présence pour cette espèce, 449 baleines, % CV 21,95, IC 95% [292-691] sont estimées.

Au niveau temporel, les variations inter saisonnières indiquent que la richesse spécifique est plus élevée en saison sèche qu'en saison humide.

L'analyse de la répartition spatiale indique une dichotomie marquée dans la distribution des cétacés en zone côtière, avec une sectorisation est-ouest. Pour les facteurs du milieu considérés, l'occupation des sites parait essentiellement influencée par la bathymétrie, la latitude et les distances à la côte ainsi que l'isobathe 200 pour les informations principales et selon les espèces. Les stations de la côte-sous-le-vent et du nord de la Caraïbe contiennent les abondances les plus importantes ainsi qu'une richesse spécifique élevée, tandis que celles à l'Est ou au Sud présentent des diversités non négligeables composées de plus petites populations. Deux niveaux d'habitats marins selon des strates bathymétriques, une zone de continuum et quatre niches écologiques, sont proposés au Sud, en côte-sous-le-vent, au Nord et en façade atlantique. A partir de l'examen de quinze stations réparties tout autour de l'archipel de Guadeloupe, ces résultats préliminaires permettent de suggérer plusieurs motivations fonctionnelles pouvant expliquer en partie, la présence des cétacés en Guadeloupe.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS 4
RÉSUMÉ 7
SOMMAIRE 9
INTRODUCTION 1
I. LA FAUNE SAUVAGE ÉTUDIÉE 1
1. LES MAMMIFÈRES MARINS 1
1.1. Les cétacés 1
1.2. Les siréniens 2
1.3. Les pinnipèdes 3
2. INTÉRÊT ACTUEL POUR LES CÉTACÉS 3
2.1. Le développement de l'observation touristique 3
2.2. La mutualisation des recherches scientifiques 5
3. PRÉSERVATION DE CETTE BIODIVERSITÉ 6
3.1. Bref historique de la chasse 6
3.2. Les mesures de conservation 6
II. LA DIMENSION DE L'ÉTUDE 7
1. ÉTAT DE L'ART SUR LES CÉTACÉS DE GUADELOUPE 7
1.1. Les espèces observées à partir de navires 8
1.2. Les espèces observées à partir d'un aéronef 9
1.3. Les espèces connues dans les rapports de chasse 10
1.4. Synthèse de la diversité en Guadeloupe 11
2. PRÉSENTATION DU TRAVAIL DE THÈSE 13
2.1. Les problématiques sur le peuplement 13
2.2. Les objectifs de l'étude 14
CHAPITRE I. CADRE DE L'ÉTUDE 17
I. LES POPULATIONS ETUDIÉES 17
1. ÉLÉMENTS DE BIOLOGIE ET DE PHYSIOLOGIE 17
1.1. Adaptation au milieu marin 17
1.2. Caractéristiques trophiques 19
1.2.1. Modes d'alimentation des odontocètes 19
1.2.2. Modes d'alimentation des mysticètes 20
1.2.3. Les stratégies alimentaires 20
1.3. Éléments du cycle de vie 20
1.3.1. Reproduction 20
1.3.2. Survie et mortalité 21
1.3.2.1. Causes de mortalité d'origine humaine 21
1.3.2.2. Prédation naturelle et parasitisme 21

1.4. Emissions sonores 22
1.4.1. Généralités 22
1.4.2. Echolocation 23
1.4.3. Génération de sons chez les mysticètes 24
1.4.4. Nuisances sonores 24
2. CRITÈRES VISUELS D'IDENTIFICATION DES ESPÈCES RECENSÉES 25
2.1. Clefs d'identification interspécifique 26
2.2. Clefs d'identification intraspécifique 27
2.3. Clefs d'identification individuelle 28
3. CÉTACÉS DES PETITES ANTILLES 29
3.1. Les espèces des Petites Antilles françaises 29
3.1.1. Martinique 29
3.2. Les espèces des îles des eaux adjacentes à la Guadeloupe 29
3.2.1. Antigua 29
3.2.2. Ile de La Dominique 29
3.2.3. Montserrat 30
3.3. Les espèces des autres îles de la Caraïbe 30
3.3.1. Antilles néerlandaises et autres îles 30
3.4. Mouvements inter-îles en Caraïbe 30
II. LE MILIEU ÉTUDIÉ 32
1. CADRE GÉOGRAPHIQUE DE L'ÉTUDE 32
1.1. Les Petites Antilles 32
1.2. Les Petites Antilles françaises 33
1.3. L'archipel de Guadeloupe 35
2. PARAMÈTRES PHYSIQUES ET OCÉANOGRAPHIQUES EN GUADELOUPE 36
2.1. Les facteurs climatiques 36
2.1.1. Généralités sur le climat tropical 36
2.1.2. La pluviométrie 36
2.1.3. Les vents 36
2.1.4. Effets des facteurs climatiques sur la saisonnalité 36
2.2. Les paramètres océanographiques en Guadeloupe 37
2.2.1. La marée et la houle 37
2.2.2. La circulation hydrologique et la courantologie 37
2.2.3. La température de surface de l'eau et la salinité 38
2.3. Caractéristiques de l'écosystème marin de l'archipel de Guadeloupe 38
2.3.1. Nature et structure des fonds marins 39
2.3.2. Faunistique et floristique côtières 39
2.3.3. Productivité et équilibre des écosystèmes 41
3. FACTEURS EXAMINÉS DANS CETTE ÉTUDE 42
3.1. Facteurs environnementaux et océanographiques retenus dans l'étude 42
3.1.1. La longitude et la latitude 42
3.1.2. La distance à la côte et aux isobathes 200m et 1000m 42
3.1.3. La bathymétrie 43

3.1.4. La température de surface et la salinité ... *43*
3.1.5. La courantologie ... *43*

CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES ... **44**

I. CONTEXTE MÉTHODOLOGIQUE ... 44

1. PRÉSENTATION DE L'AIRE ÉTUDIÉE ... **44**

1.1. Les composantes spatiales ... 44

1.1.1. La dynamique spatial de l'environnement côtier ... *45*
1.1.2. La distribution et la diversité côtières des cétacés ... *45*
1.1.3. L'opérationnalité dans le milieu côtier ... *45*

1.2. Détermination de la zone d'étude ... 47

1.2.1. Le découpage des secteurs et stations ... *47*
1.2.2. Modifications interannuelles des secteurs et stations ... *48*
1.2.3. Les caractéristiques de l'aire à étudier ... *49*

2. ÉLABORATION DU PROGRAMME DE TRAVAIL ... **50**

2.1. Les composantes temporelles ... 50

2.1.1. Echantillonnages en saison sèche ... *50*
2.1.2. Echantillonnages en saison humide ... *50*

2.2. Conception des plans d'échantillonnage ... 51

2.2.1. Répartition des efforts prévisionnels ... *51*
2.2.2. Construction des transects maritimes ... *53*
2.2.2.1. Définition des longueurs de lignes ... *53*
2.2.2.2. Placement des bandes ... *54*
2.2.2.3. Placement des lignes ... *55*

II. TECHNIQUES ET MÉTHODES D'INVESTIGATION ... 58

1. LES OBSERVATIONS VISUELLES ... **58**

1.1. Les transects maritimes ... 59

1.1.1. Méthode du transect de bande (TB) ... *60*
1.1.2. Technique du transect de ligne (TL) et méthode du « Distance Sampling » ... *61*
1.1.2.1. Cadre conceptuel du Distance Sampling ... *62*
1.1.2.2. Mise en œuvre opérationnelle des transects de ligne ... *63*
1.1.3. Les recherches visuelles complémentaires ... *64*

1.2. Les méthodes focales ... 64

1.2.1. Suivis et recherches de populations sur des secteurs cibles (OR) ... *64*
1.2.2. Les sorties d'observation touristique (OT) ... *65*
1.2.3. Les observations d'opportunité (OO) ... *66*

1.3. La télémétrie (*T*) ... 67

1.3.1. Justification du suivi par balises Argos ... *67*
1.3.2. Protocole d'application en mer ... *68*
1.3.3. Intérêts de la télémétrie ... *68*

2. LES OBSERVATIONS ACOUSTIQUES ... **69**

2.2. Observations instantanées (*LT, OR*) ... 69

2.3. Observations semi-permanentes (*GUA*) ... 70

2.3.1. Conception d'une sono-bouée semi-permanente ... *71*

2.3.2. Construction du prototype acoustique 72
2.3.2.1. Module 1 : La partie émergée 72
2.3.2.2. Module 2 : Le système acoustique 73
III. LES RELEVÉS EN MER 77
1. DONNÉES COLLECTÉES (*TB/TL*) 77
1.1. Couverture spatiale (*TB/TL*) 77
1.2. Matériel technique utilisé (*TB/TL*) 80
1.3. Relevés effectués (*TB/TL*) 81
2. TECHNIQUES ET DONNÉES COLLECTÉES (*OR, T, RB ET GUA*) 81
2.1. Relevés effectués (*OR*) 81
2.2. Relevés effectués (*RB*) 82
2.3. Relevés effectués *(T)* 83
2.4. Relevés par l'acoustique passive (*GUA, TL, OR*) 86
2.5. Relevés par les autres efforts visuels (*OT et OO*) 86
2.5.1. Les relevés touristiques 86
2.5.2. Les relevés opportunistes 87
3. SYNTHÈSE DES RELEVÉS DE L'ÉTUDE 87
IV. LE TRAITEMENT DES DONNÉES 91
1. CALCULS DES DESCRIPTEURS SYNTHÉTIQUES 91
1.1. L'occurrence : indice de fréquentation 91
1.2. Présence 91
1.3. Fréquence d'observation 91
1.4. Dominance relative 91
2. TRAITEMENTS DES DONNÉES D'ABONDANCE ET DE DISTRIBUTON 92
2.1. Estimateur de l'indice de rencontre horaire 92
2.2. Estimateur du taux de rencontre visuel kilométrique 92
2.3. Densité et abondance relative 92
2.3.1. Estimateur dun indice relatif simple par unité d'effort 92
2.3.2. Estimation de densité par le transect de bande 93
2.3.3. Estimation de la densité et de l'abondance par le transect de ligne 94
2.4. Cartographie (*Dis*) 99
2.5. Traitements acoustiques 100
3. ANALYSES D'INDICES DE DIVERSITÉ 101
4. ANALYSES FACTORIELLES 101
4.1. Mesures des facteurs de l'environnement 101
4.1.1. Facteurs limitant les conditions d'étude en mer 101
4.1.1.1. Échelle de Beaufort 101
4.1.1.2. Échelle de Douglas 102
4.1.1.3. Phénomènes climatiques particuliers 102
4.1.2. Mesure des facteurs océanographiques 102
4.1.2.1. Coordonnées géographiques, bathymétrie et distances 103
4.1.2.2. Mesures des températures des eaux (SST) et la salinité (psu) 103
4.1.2.3. Données de courantologie 104

4.2. Analyses multivariées 107
4.2.1. Analyse en composante principale (ACP) 107
4.2.2. Analyse canonique des correspondances 107
4.2.3. Analyses des données par télémétrie 108
4.3. Logiciel de traitements statistiques 108

CHAPITRE III. STRUCTURE DU PEUPLEMENT DES CÉTACÉS DE GUADELOUPE 107

I. PRÉSENTATION DES OBSERVATIONS 108

1. OBSERVATIONS DE CÉTACÉS PAR MÉTHODE 108
1.1. Observations par transect (*TB/TL*) 108
1.2. Observations focalisées géographiquement 110
1.2.1. Observations par la méthode OR 110
1.2.2. Observations par la télémétrie T 111
1.2.3. Observations par la Route des Baleines RB 112
1.2.4. Observations du tourisme baleinier OT 114
1.2.5. Observations des plateformes d'opportunité OO 115
1.2.6. Observations par acoustique passive GUA 115
1.3. Caractéristiques des suivis visuels et acoustiques 115
1.3.1. Répartition saisonnière des observations visuelles et acoustiques 115
1.3.2. Répartition des observations par secteurs géographiques 117
1.3.3. Synthèse des observations visuelles et acoustiques utilisées pour le présent travail 118

II. CARACTÉRISTIQUES DES POPULATIONS 119

1. LA RICHESSE SPÉCIFIQUE 119
1.1. Caractéristiques de la richesse spécifique 121
2. LA COMPOSITION FAUNISTIQUE 125
2.1. Structure générale de l'ensemble du peuplement 125
2.1.1. Répartition saisonnière des observations de cétacés 127
2.1.2. Répartition spatiale des observations de cétacés 131
2.2. Structure des populations 132
2.2.1. Les delphinidés, Delphinidæ, Gray (1821) 132
2.2.2. Les baleines a bec, Ziphiidae, Gray (1850) 136
2.2.3. Les cachalots, Physeteridæ, Gray (1821) 139
2.2.3.1. Les petits cachalots, genre Kogia, Gray (1846) 139
2.2.3.2. Le cachalot, genre Physeter, Linnaeus (1758) 141
2.2.4. Les baleines, Balaenopteridae, Gray (1864) 142
2.2.5. Les cétacés non identifiés 143
3. LES EFFECTIFS 144
3.1. Effectifs et taille moyenne des groupes observés 144
3.1.1. Sur l'ensemble du peuplement 144
3.1.2. Par familles de cétacés 145
3.1.3. Par espèce de cétacés 146
3.1.3.1. Le dauphin tacheté pantropical (Stenella attenuata) 146
3.1.3.2. Le grand dauphin (Tursiops truncatus) 147
3.1.3.3. Le sténo (Steno bredanensis) 148

3.1.3.4. Le dauphin de Fraser (Lagenodelphis hosei) 148
3.1.3.5. Le globicéphale tropical (Globicephala macrorhynchus) 149
3.1.3.6. L'orque pygmée (Feresa attenuata) 149
3.1.3.7. Le dauphin tacheté de l'Altlantique (Stenella frontalis) 150
3.1.3.8. Le pseudorque (Pseudorca crassidens) 150
3.1.3.9. Le dauphin à long bec (Stenella longirostris) 151
3.1.4.0. Le Péponocéphale (Peponocephala electra) 151
3.1.4.1. Le dauphin de Clymène (Stenella clymene) 151
3.1.4.2. Le cachalot nain (Kogia sima) 152
3.1.4.3. Le cachalot (Physeter macrocephalus) 152
3.1.4.4. Les baleines à bec de Cuvier et de Gervais (Ziphiidae) 153
4. STRUCTURE TROPHIQUE 154
4.1. Présentation des régimes alimentaires principaux 154
4.1.1. Classement des proies types 154
4.1.2. Catégories trophiques 155
4.2. Proposition d'une guilde trophique pour les cétacés de Guadeloupe 156
4.2.1. Associations « espèces-catégories trophiques » 156
4.2.2. Associations « effectifs-catégories trophiques » 158
III. EXAMEN D'UN STATUT REGIONAL 159
1. PRÉSENCE TEMPORELLE DES ESPÈCES 160
1.1. Classement des espèces par leur taux de présence 161
1.1.1. Taux de présence temporelle 161
1.1.2. Ajustement par le taux d'occurrence temporelle 164
1.1.2.1. Occurrences intersaisonnières des espèces résidentes 166
1.1.2.2. Occurrences intersaisonnières des espèces résidentes 168
1.1.2.3. Occurrences intersaisonnières des espèces temporaires ou occasionnelles 170
1.1.2.4. Occurrences intersaisonnières des espèces occasionnelles à rares 171
2. PRÉSENTATION DES STATUTS RÉGIONAUX 173
2.1. Espèces résidentes en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe 173
2.2. Espèces semi-résidentes en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe 174
2.3. Espèces temporaires en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe 175
2.4. Espèces occasionnelles à rares en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe 177
2.5. Espèces rares en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe 178
CHAPITRE IV ABONDANCE ET DISTRIBUTION DES POPULATIONS DE CÉTACÉS 172
I. ABONDANCE DES POPULATIONS DE CÉTACÉS 172
1. INDICES D'ABONDANCE RELATIVE 173
1.1. Indice d'abondance relative des espèces, groupes régionaux et juvéniles 176
1.1.1. Indices d'abondance relative pour les espèces Résidentes Permanentes (RP) 176
1.1.2. Indices d'abondance relative pour les espèces Résidentes Régulières (RR) 179
1.1.3. Indices d'abondance relative des espèces Semi-Résidentes à Temporaires (SR/T) .. 181
1.1.4. Indices d'abondance relative des espèces Temporaires ou Occasionnelles (OT) 183
1.1.5. Indices d'abondance relative des espèces occasionnelles à rares (OR) 186
1.2. Indice d'abondance relative par catégorie trophique 189

1.2.1. Piscivore, planctonophage (PPI) 189
1.2.2. Carnivores 1 (C1) 189
1.2.3. Carnivores 2 (C2) 190
1.2.4. Carnivores 3 (C3) 192
1.2.5. Teutophage (T) 193
1.3. Aperçu des effectifs de juvéniles 195
2. DENSITÉ RELATIVE NON CORRIGÉE 202
2.1. Densité relative temporelle non corrigée 209
2.1.1. Grand dauphin (Tursiops truncatus) 209
2.1.2. Dauphin tacheté pantropical (Stenella attenuata) 213
2.1.3. Cachalot (Physeter macrocephalus) 214
2.1.4. Baleine à bosse (Megaptera novaeangliae) 217
2.2. Densité relative spatiale non corrigée 221
2.2.1. Densité relative sectorielle de deux espèces de delphinidés 221
2.2.2. Densité relative sectorielle de deux grands cétacés 222
3. ABONDANCE RELATIVE ET ESTIMATION DE STOCKS 225
3.1. Estimations non corrigées de la largeur de détection effective 225
3.1.1. Abondance relative pour T.truncatus 225
3.1.1.1. Abondance relative par la densité non corrigée 225
1.1.1.2. Abondance relative par le nombre d'individus identifiés 226
1.1.1.3. Abondance relative par la densité de Kernel 227
1.1.2. Abondance relative pour S.attenuata 229
1.1.2.1. Abondance relative par la densité non corrigée 229
1.1.2.2. Abondance relative par la courbe de survie 230
1.1.2.3. Abondance relative par la densité de Kernel 231
1.1.2.4. Abondance relative par Log-effectifs 231
1.1.3. Abondance relative pour P.macrocephalus 232
1.1.3.1. Abondance relative par la densité non corrigée 232
1.1.3.2. Abondance relative par le nombre d'individus identifiés 233
1.1.3.3. Abondance relative par la courbe de survie 233
1.1.3.4. Abondance relative par les Log séries 234
1.1.4. Abondances relative non corrigée pour M. novaeangliae 234
3.2. Estimations corrigées de la largeur de détection effective 235
3.2.1. Design 1 : densités saisonnières de baleines à bosse 236
3.2.1.1. Ajustement de la fonction de détection 236
3.2.2. Design 2 : densités spatiales de baleines à bosse 238
3.2.2.1. Ajustement de la fonction de détection 238
3.2.3. Design 3 : densités et stocks statique et dynamique de baleines à bosse en Avril ... 239
3.2.3.1. Ajustement de la fonction de détection 239
3.2.4. Design 4 : densité et stock statique de baleines à bosse dans l'archipel côtier de Guadeloupe 242
3.2.5. Design 5 : estimation du stock dynamique de baleines à bosse dans l'archipel côtier de Guadeloupe (2008-2011) 243

II. DISTRIBUTION DES CÉTACÉS EN GUADELOUPE 245

1. ANALYSES DES SITES DE L'ARCHIPEL MARIN CÔTIER DE GUADELOUPE 245

1.1. Analyse de la diversité dans les secteurs et stations côtiers de Guadeloupe 246

1.1.1. Richesse spécifique et diversité sectorielle 247

1.1.2. Richesse et biodiversité régionale et inter-sectorielle 254

2. ANALYSE DE LA DISTRIBUTION DU PEUPLEMENT DE CÉTACÉS EN GUADELOUPE 255

2.1 Profil de distribution du peuplement 255

2.1.1. Répartition du peuplement à partir des coordonnées sexagésimales 255

2.1.2. Répartition du peuplement par rangs bathymétriques 257

2.1.3. Répartition du peuplement selon la distance à la côte 258

2.1.4. Répartition du peuplement selon la distance à l'isobathe 200 258

2.1.5. Répartition du peuplement selon la distance à l'isobathe 1000 259

2.2. Profil descriptif de la répartition des odontocètes 259

2.3. Profil descriptif de la répartition des mysticètes 261

3. CATÉGORISATION DES MILIEUX ET DES FACTEURS DE LA DISTRIBUTION DES CÉTACÉS 263

3.1. Analyse des stations 263

3.2. Analyse des facteurs de distribution 265

3.2.1. Analyse canonique de correspondances 266

3.2.2. Analyses factorielles en composantes principales 266

3.2.2.1. ACP sur le peuplement 266

3.2.2.2. ACP Physeter macrocephalus 267

3.2.2.3. ACP Stenella attenuata 268

3.2.2.4. ACP Steno bredanensis 268

3.2.2.5. ACP Tursiops truncatus 269

3.2.2.6. ACP autres espèces 269

3.2.2.7. ACP Megaptera novaeangliae 270

4. HABITATS ET NICHES ÉCOLOGIQUES 271

4.1. Les habitats des odontocètes 271

4.1.1. Analyse des habitats de T. Truncatus 273

4.1.2. Analyse des habitats de S. attenuata et P. macrocephalus 274

4.1.3. Analyse des habitats de M. novaeangliae et mouvements 274

4.2. Tendances sur les habitats 279

CHAPITRE V DISCUSSION 282

I. DISCUSSION SUR LE CHAPITRE I : HABITATS, DIVERSITÉ ET RICHESSE 283

II. DISCUSION SUR LE CHAPITRE II: MÉTHODES ET TECHNIQUES 285

III. DISCUSSION SUR LE CHAPITRE III : PEUPLEMENT ET STRUCTURE TROPHIQUE 291

IV. DISCUSSION SUR LE CHAPITRE IV : ABONDANCE ET DISTRIBUTION 293

CONCLUSION 300

BIBLIOGRAPHIE 305

SOMMAIRE DES ANNEXES 337

INTRODUCTION

Steno bredanensis, La Désirade, le 8 mai 2010 – Campagne de télémétrie, N. Gandilhon.

INTRODUCTION

I. LA FAUNE SAUVAGE ÉTUDIÉE

La compréhension des phénomènes d'adaptation et d'évolution des populations au cours du temps est un enjeu important en écologie. L'objet de ce travail concerne les cétacés. De nos jours, ils évoluent dans un milieu aquatique grâce à des adaptations anatomiques et physiologiques nécessaires à leur existence dans des milieux écologiques variés. Sur le plan taxonomique, tous les mammifères sont des animaux appartenant à l'embranchement des chordés (Chordata) et du sous-embranchement des vertébrés (Vertebrata). Parmi eux, les ongulés, mammifères placentaires, sont distingués par le nombre de doigts (pair ou impair). Montgelard *et al.* (1997) montrent à partir d'analyses de séquences mitochondriales, que les cétacés sont étroitement apparentés aux artiodactyles, ongulés à doigts pairs (2 ou 4). A partir d'analyses génétiques et de découvertes de squelettes archaïques, Geisler *et al.* (2005) suggèrent que les cétacés sont liés aux hippopotamidés et aux autres artiodactyles. A partir des relations de parenté entre les espèces, plusieurs études moléculaires modifient depuis la classification linnéenne. Toutefois, de nombreux chercheurs prennent encore appui sur un référentiel classique, comme les travaux de Rice (1998). Plus récemment, ceux de Wilson et Reeder (2005) ou ceux de Perrin (2009), proposent de nouveaux alignements de cette nomenclature à partir de l'approche cladistique (Hennig, 1950), tout en maintenant l'usage de la classification traditionnelle pour deux raisons principales. D'une part, il est nécessaire de pouvoir baser les recherches naturalistes à partir de références stables. Or, la phylogénie des cétacés est encore fréquemment amendée. D'autre part, parce que les marqueurs génétiques pour renseigner la distinction des sous-espèces ne sont pas toujours efficaces.

1. Les mammifères marins

La classe des mammifères (Mammalia, Linnaeus, 1758) compte 5339 espèces vivantes (Wilson et Reeder, 2005). Trois pour cent dépendent des milieux d'eau douce et 2 % des écosystèmes marins (Hofmann *et al.,* 2011). Parmi les mammifères aquatiques ou semi-aquatiques, une revue établie par le Committee on Taxonomy (2011) recense près de 133 espèces de mammifères marins, dont 5 considérées éteintes. Les taxons sont répartis parmi les cétacés, les siréniens, les pinnipèdes et les carnivores marins.

Ainsi, le terme «mammifères marins» n'implique pas une relation taxonomique entre les espèces, mais agrège dans cette catégorie les mammifères dont le cycle biologique est, pour tout ou partie, dépendant du milieu marin (et parfois d'eau douce). Cette association au milieu peut concerner les fonctions d'alimentation et de reproduction ou la totalité du cycle de vie, comme c'est le cas pour les cétacés, tous aujourd'hui inféodés au milieu aquatique, c'est-à-dire les mers et océans, les lacs ou les rivières.

1.1. Les cétacés

La classification traditionnelle divise l'ordre des cétacés (Cetacea) en deux sous-ordres : les cétacés à dents, Odontoceti, Flower (1867), et les cétacés à fanons, Mysticeti, Flower (1864). L'approche phylogénétique regroupe les cétacés et les artiodactyles dans le clade Cetartiodactyla *(*Montgelard *et al., op. cit*.). Actuellement, l'origine monophylétique des cétacés est largement répandue.

Ainsi, Dalebout *et al*. (2002) décrivent une nouvelle espèce de *Mesoplodon sp.*, la baleine à bec de Perrin, *Mesoplodon perrini,* initialement identifiée en baleine à bec d'Hector, *Mesoplodon hectori (*Gray, 1871) ou en *Ziphius cavirostris,* G. Cuvier (1823), pour un juvénile. Ce paradigme fait débat selon les espèces, comme le suggèrent Reeves *et al.* (2004) en indiquant que certains delphinidés sont paraphylétiques.

87 espèces de cétacés sont répertoriées actuellement (Perrin, 2009) et 85 selon Wilson et Reeder (2005). Il faut souligner que les inventaires taxonomiques peuvent varier quelque peu pour deux raisons. La première est liée aux débats sur de nouvelles espèces ou sous-espèces, telles que le dauphin Burrunan, *Tursiops australis,* décrit par Charlton-Robb *et al.* en 2011, actuellement sujet à controverse pour sa validité au rang d'espèce (Perrin, 2011). A l'inverse, Caballero *et al.* (2007) montrent que la sotalie[1], *Sotalia guianensis* (Van Beneden, 1864) est bien une espèce distincte du tuxuci, *Sotalia fluviatilis* (Gervais & Deville *in* Gervais, 1853). Cette dernière espèce est particulièrement observée le long du littoral océanique en Guyane française (Catzeflis et Gandilhon, 2011, sous presse). Le deuxième point concerne le statut d'espèces considérées fonctionnellement éteintes, telles que le dauphin dulçaquicole endémique au fleuve Yang-Tsé-Kiang. Il s'agit du Baiji, *Lipotes vexillifer*, Miller (1918), évalué en danger critique d'extinction par Smith *et al.* (2008) dans la liste rouge de l'Union Internationale de la Conservation de la Nature (UICN, www.iucnredlist.org).

Perrin (*op. cit*.), décrit 4 familles, 6 genres et 14 espèces de mysticètes et 10 familles et 72 espèces vivantes pour les cétacés à dents. Hormis quelques suggestions issues de récents travaux en génétique, la classification de Perrin (*op. cit.*), diffère peu de celle proposée par Rice (1998). Il en est de même pour les révisions proposées par Wilson et Reeder (2005), recommandées par la 17e conférence de la C.M.S (Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage). Cette dernière nomenclature a servi de référence taxonomique pour cette étude. Cela implique que le cachalot est présenté dans ce travail comme *Physeter macrocephalus*, Linnaeus (1758) et il inclut *Physeter catodon*, Linnaeus (1758). Pour le genre *Kogia* (Gray, 1821), les deux espèces de cachalots nains, *Kogia breviceps* (Blainville, 1838) et *Kogia sima* (Owen, 1866), sont rattachées à la famille Physeteridae (Gray, 1821) et non à la famille Kogiidae (Gill, 1871).

1.2. Les siréniens

Les siréniens (ordre : Sirenia) comptent 2 familles, 2 genres et 4 espèces (Reynolds et Odell, 1991) : le lamantin d'Amérique du Nord, *Trichechus manatus,* Linnaeus (1758); le lamantin d'Amérique du Sud, *Trichechus inunguis (*Natterer, 1883); le lamantin d'Afrique, *Trichechus senegalensis,* Link (1795); et le dugong, *Dugong dugon (*Müller, 1776*),* dernière espèce vivante des Dugongidae selon Domning (1996). Cette dernière famille incluait auparavant la rhytine de Steller, *Hydrodamalis gigas* (Zimmerman, 1780), également surnommée « la vache des mers », qui peuplait les eaux arctiques et qui a été chassée jusqu'à son extinction avérée en 1768 (Anderson, 1995).

[1] Les traductions taxonomiques en français ont été fournies par le gouvernement français au secrétariat de la CBI (Commission Baleinière Internationale). L'anglais étant la langue officielle de la CBI, les noms vernaculaires utilisés dans ce travail sont basés sur les noms scientifiques et communs avalisés par la CBI au moment de la rédaction du document. Traduction à la date du 21/10/2008.

1.3. Les pinnipèdes

Les pinnipèdes (ordre : Carnivora) sont répartis selon Bonner (1990) en trois familles : Otariidae, Phocidae, Odobenidae qui regroupent actuellement (**"**Committee on Taxonomy**"**, *op. cit*.) près de 34 espèces vivantes ou supposées l'être.

La première famille inclut 8 genres (*Eumetopias*, *Arctophoca*, *Neophoca*, *Otaria*, *Phocarctos*, *Callorhinus*, *Zalophus* et *Arctocephalus*) et 14 espèces (lions de mer, phoques et otaries à fourrure) dont l'une est probablement éteinte chez *Zalophus*. Ainsi, l'extinction du lion de mer japonais, *Zalophus japonicus* (Peters, 1866) est actuellement supposée (Auriolles et Trillmich, 2008). La seconde famille, Phocidae (Gray, 1821), comprend de 9 à 10 genres selon la classification retenue, incluant 19 espèces dont 2 d'éléphants de mer, une de léopard des mers et 16 espèces de phoques. Le phoque moine de la Caraïbe, *Monachus tropicalis* (Gray, 1850) a été récemment classé par Kovacs *et al*. (2008) en espèce éteinte dans la liste rouge de l'UICN, La troisième famille, Odobenidae, comprend un seul genre et une seule espèce : le morse, *Odobenus rosmarus (*Linnaeus, 1758*).* Il est possible de trouver actuellement ces familles classées dans le sous ordre des *Caniformia* selon une classification phylogénétique récente (Hidgon *et al*., 2007), *Pinnipedia* prenant alors le rang de superfamille au sein d'un sous-ordre, celui accordé au taxon.

2. Intérêt actuel pour les cétacés

Parmi les mammifères marins, les cétacés font particulièrement l'objet d'une attention accrue ces dernières années pour des raisons à la fois d'intérêts économiques et écologiques.

2.1. Le développement de l'observation touristique

Selon un rapport de Hoyt (2001) pour l'International Fund for Animal Welfare (IFAW, http://www.ifaw.org/fr), l'observation des cétacés (toutes espèces confondues) dans leur milieu naturel (depuis une base marine, terrestre ou aérienne) est une activité majeure déjà en 1998 pour 492 organisations déclarées dans le monde. L'observation touristique a généré au niveau mondial en 1998, environ 299,5 millions de dollars US en revenus directs (exemple : tickets vendus) et un milliard en revenus indirects par la restauration ou le logement. Le nombre total de touristes ayant pratiqué l'observation des cétacés tend vers neuf millions d'individus en 1998.

Pour les Petites Antilles françaises, l'auteur évalue un développement de cette activité dès 1994, avec deux opérateurs en Guadeloupe et un à St Barthélémy. Le nombre estimé de visiteurs pour les deux îles précitées avoisinerait ainsi 400 personnes en 1998 représentant des recettes directes (basées soit sur le prix de vente de tickets pour un tour d'observation en mer, soit sur des tarifs forfaitaires) de l'ordre de 12 000 dollars US et de 23 000 dollars US en revenus indirects. Ces montants ont été calculés à partir des réponses à des questionnaires transmis aux opérateurs concernés. Une analyse économique postérieure (O'Connor *et al.,* 2009), soutenue par l'IFAW en 2008, a été publiée à la 61e réunion annuelle de la Commission Baleinière Internationale (CBI, http://iwcoffice.org/) qui s'est tenue à Madère, au Portugal, en juin 2009. Cette étude est réalisée par des économistes australiens sous forme de formulaires d'enquête[2] auprès d'opérateurs recensés dans le monde entier.

[2] 16 questions ont été posées dans chaque questionnaire. Ce dernier est disponible pour consultation aux pages 294 et 295 du rapport. Source : http://www.ifaw.org/sites/default/files/whale_watching_worldwide.pdf.

Les résultats indiquent que plus de 13 millions de personnes ont participé à l'observation des baleines en 2008 dans 119 pays du monde, générant des revenus totaux (directs et indirects) de près de 2,1 milliards de dollars US.

Ce rapport (*Ibid.*, p. 236) souligne une augmentation remarquable de cette activité en Amérique centrale et dans les Caraïbes, avec un taux de croissance annuel estimé à +12,8% par an pour l'ensemble de ces régions. Plus spécifiquement, l'observation touristique en Guadeloupe présente une croissance annuelle de 24,7% en 2008, avec des revenus directs estimés à 283 000 dollars US générés par près de 3 000 observateurs, soit un prix moyen de la sortie d'observation estimé à 96 dollars par personne (environ 72 euros). En Martinique, cette activité est évaluée pour deux opérateurs identifiés, à 191 000 dollars US de recettes dépensées par environ 2 800 touristes. L'activité d'observation des cétacés en Guadeloupe est localisée en côte-sous-le-vent de l'archipel, et génère alors deux emplois (*Ibid.*, p. 253). Il est précisé qu'elle concerne les espèces suivantes : le dauphin tacheté pantropical, *Stenella attenuata (*Gray 1846) ; le cachalot, *P. macrocephalus* ; l'orque pygmée, *Feresa attenuata,* Gray (1874) ; la baleine à bosse, *Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781) et le globicéphale tropical, *Globicephala macrorhynchus*, Gray, 1846.

Par ailleurs, ce phénomène nommé «écotourisme[3]», apparaît fondé sur des motivations « de développement durable » visant à soutenir la préservation des cétacés vivants dans le temps. De plus, ce développement économique est présenté comme une alternative de revenus face à la chasse, notamment celle prétendue scientifique, encore pratiquée, sous quotas, par certains pays dans le monde. A titre d'illustration dans les Antilles, on peut citer la Dominique, territoire insulaire indépendant voisin de la Guadeloupe (à environ 19 kilomètres au plus près des côtes) qui a récemment modifié sa position, historiquement favorable à la chasse à la baleine. Ainsi, son gouvernement s'est abstenu à la 60e conférence de la CBI à Santiago du Chili en 2008, en indiquant ouvertement une orientation vers la promotion de programmes éco touristiques durables autour des cétacés.

L'observation des baleines et dauphins est depuis 1993 intégrée aux lignes directrices, voire aux réglementations (Carlson, 2009), de la CBI. De ce fait, sa commission scientifique examine annuellement la gestion du développement durable de cette activité d'un point de vue écologique, tout en répondant, dans la mesure du possible, aux attentes économiques. Un rapport récent non publié (Cuzange, 2011) caractérise et cartographie les activités humaines ayant un impact potentiel ou avéré sur les cétacés. L'auteur indique qu'actuellement en Guadeloupe, deux structures privées et une association sont spécialisées dans l'observation des cétacés en côte-sous-le-vent. Il ajoute qu'une nouvelle association pourrait proposer cette activité prochainement en côte-au-vent. Ainsi, dans les années à venir, cette activité pourrait rassembler huit opérateurs dans l'archipel de Guadeloupe. Les revenus suggérés dans cette enquête atteindraient annuellement pour l'archipel 180 000 euros générés à partir de 4 000 éco touristes (calculs non détaillés). Récemment, un syndicat des opérateurs touristiques pour l'observation des cétacés a été localement créé en Guadeloupe (Arion Caraïbes), en complément à l'association CARIBwhale (http://www.caribwhale.org), créée à l'initiative de l'IFAW en l'an 2000.

[3] La première définition indique : « L'écotourisme est un voyage responsable dans des environnements naturels où les ressources et le bien-être des populations sont préservés » (TIES, The International Ecotourism Society, www.ecotourism.org, 1990)

Le but de ces organismes est de promouvoir une observation éco-responsable des cétacés au niveau caribéen. La prévalence du développement de cette activité est très bien illustrée ailleurs dans le monde. Par exemple, la ville de Tadoussac au Québec a basé son essor économique sur l'engouement grandissant du grand public pour les cétacés.

Ainsi, la municipalité (http://www.tadoussac.com) a acquis une réputation internationale avec des arguments touristiques tels que la présence d'espèce emblématique, comme la baleine bleue, *Balaenoptera musculus* (Linnaeus, 1758).

2.2. La mutualisation des recherches scientifiques

L'évaluation des populations de cétacés est actuellement une priorité dans plusieurs programmes scientifiques car de nombreuses questions restent encore sans réponse sur ces populations. En outre, les résultats des recherches peuvent se décliner dans le cadre de programmes de gestion et de conservation. C'est pourquoi le suivi scientifique des cétacés est encouragé pour évaluer des statuts d'abondance, de distribution ainsi que les tendances de croissance ou de déclin de certaines espèces ou populations. Le programme international YoNAH (Years of the North Atlantic Humpback, visualisable en résumé sur www.coa.edu/yonah.htm) illustre la mutualisation de recherches d'envergure. Il prévoit, dans un unique projet (de 1992 jusqu'à fin 1993), la collaboration de plusieurs experts originaires de sept nations différentes, réunis pour évaluer le stock de baleines à bosse de l'Atlantique Nord. Le recours à différentes méthodes (analyses génétiques, reconnaissance individuelle par photographie) ont ainsi permis de synthétiser des résultats majeurs sur cette espèce, que ce soit sur leur zone de reproduction ou de nourrissage. Par ailleurs, les bases de données scientifiques contribuent à l'établissement de politiques de gestion. Il est important de souligner qu'il est possible d'observer au sein d'une même espèce, des états de conservation très différents. En effet, les populations ne sont pas étudiées avec la même précision, ce qui implique que leur statut n'est pas toujours établi (Charassin et Ridoux, 2010). Au delà des études sur la biologie et l'écologie des espèces, les travaux scientifiques s'orientent également sur les menaces et pressions en relation avec la perte de cette biodiversité.

A une échelle contemporaine, l'exemple de *L. vexillifer*, illustre l'irréversibilité vers l'extinction, malgré des plans de sauvetage considérés tardifs, par manque d'information sur cette population endémique de dauphins d'eau douce. Les spécialistes s'accordent pour suggérer que cette espèce est actuellement non fonctionnelle car son renouvellement in situ semble impossible de part la rareté des individus. En effet, aucun spécimen de *L. vexillifer* n'a pu être observé lors d'une campagne scientifique dédiée (Turvey *et al.,* 2007). Ce programme s'est déroulé durant six semaines, avec 1669 km parcourus par deux bateaux, en novembre et décembre 2006. Les auteurs précisent qu'il s'agit de la première extinction présumée de cétacés uniquement due à l'activité humaine. Dans ce cas précis, diverses causes sont évoquées, comme la pollution, les collisions et les captures accidentelles.

Enfin, il n'est pas toujours possible d'évaluer le niveau de résilience de populations ayant subi des pertes au niveau du peuplement. De ce fait, la capacité de récupération, de résistance, le seuil de précarité ou le niveau d'isolement après un traumatisme ou une perturbation (Holling, 1973) restent encore à renseigner pour certaines espèces ayant fait l'objet de prélèvement massif durant la chasse commerciale. C'est ainsi le cas du cachalot, *P. macrocephalus*, dont le statut est proposé comme « vulnérable» par Taylor *et al*. (2008) dans la liste rouge UICN.

Cette mesure de précaution est basée en partie sur les travaux de Whitehead (2002) qui modélise différentes probabilités pour cette espèce, reprises dans les proportions suivantes : en voie de disparition (6%), vulnérable (40%) et quasi-menacée (54%).

3. Préservation de cette biodiversité

De multiples dispositions actuelles pour la conservation des cétacés ont été érigées pour principalement interdire ou contrôler les pratiques létales sur ces mammifères.

3.1. Bref historique de la chasse

Cinq niveaux de prélèvement sont proposés par Charassin et Ridoux (*op. cit*.), à l'exclusion des captures accidentelles. Les catégories recensées sont : i) commerciales, ii) aborigènes de subsistance, iii) de chasses présumées scientifiques sous permis spécial, iv) de chasses des pays tiers et v) de chasses illégales. Certaines sont considérées comme les causes principales de pertes historiques de mammifères marins, avec des conséquences jugées très préoccupantes pour certaines populations. On distingue chronologiquement deux grandes périodes de chasse qui se sont, ensuite, superposées.

La première concerne la chasse dite traditionnelle, déployée largement aux Antilles et dans les îles du Cap Vert. Cette pratique a été documentée à partir de journaux de bord de bateaux pratiquant la pêche à la baleine dès 1660. La seconde période correspond à l'avènement d'une chasse dite industrielle au 19ème siècle. Le déploiement de flottes dédiées et équipées de navires baleiniers provenant au départ d'Europe et de Russie, puis du Japon dès 1900, ont permis de capturer diverses espèces. Les rorquals furent prélevés massivement sur leurs aires d'alimentation, comme en témoignent certains rapports des prises norvégiennes annuelles (Tønnessen et Johnsen, 1982). Dans l'analyse de cette période de chasse, Clapham et Baker (2002) suggèrent que ces pratiques intensives ont probablement amené certaines populations de cétacés au bord de l'extinction.

3.2. Les mesures de conservation

La Convention internationale pour la réglementation de la chasse à la baleine est signée le 2 décembre 1946 par une quinzaine de nations. Elle a pour objectif de permettre la régulation durable de 10 espèces de mysticètes et 2 espèces d'odontocètes avec un développement contrôlé de l'industrie baleinière. La CBI est l'organisme créé en 1948 pour permettre l'application de cette convention. C'est en 1986, que le moratoire d'interdiction de la chasse à la baleine sera appliqué. Toujours en vigueur aujourd'hui, il dépend pour son maintien de la majorité des trois quarts des membres de la CBI.

La Caraïbe est devenue un enjeu pour la protection des mammifères marins entre les pays favorables à la reprise de la chasse baleinière et les tenants du statu quo. Des journaux de bord d'anciens baleiniers, indiquent que la partie Sud des Antilles ont été historiquement d'importantes zones de chasse (Townsend, 1935, Mitchell et Reeves, 1983, Price 1985, Ward, 1999 et Reeves *et al.*, 2001). Dans les Petites Antilles françaises, la préservation et la gestion de biotopes et d'espèces marines remarquables s'inscrivent aujourd'hui dans la démarche de la stratégie française pour la biodiversité. Cet engagement de la France, a été ratifié dans la convention pour la diversité biologique (traité international adopté lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992). Cet accord visait à stopper d'ici fin 2010, la perte actuellement enregistrée de l'ensemble des espèces de la planète.

En octobre 2010, cette démarche est concrétisée par la déclaration[4] du sanctuaire des mammifères marins AGOA dans la Zone Economique Exclusive des Antilles françaises (138 000km²), incluant les eaux de Guadeloupe, de la Martinique, de Saint-Martin et de Saint Barthélémy.

Il a été récemment jumelé avec le sanctuaire américain Stellwagen (http://stellwagen.noaa.gov/) selon un accord de « sanctuaires sœurs », préconisé par les Nations Unies dans son Programme de l'Environnement (PNUE, http://www.unep.org/french/). Ce mécanisme permet ainsi de maintenir la protection des espèces qui traversent les frontières internationales grâce à des connexions entre les aires marines concernées, des zones d'alimentation à celles de reproduction. Les organismes tels que l'Agence française des Aires marines protégées (AAMP), le Parc National de la Guadeloupe (PNG), les Directions régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DEAL ou DREAL) de Guadeloupe et de Martinique, mais également d'autres acteurs régionaux (le Conseil régional de la Guadeloupe), caribéens ou internationaux (ECCEA[5], CAR-SPAW[6], PNUE), déploient actuellement une grande attention à la connaissance des cétacés et des milieux dans lesquels ils évoluent. Le dernier plan d'action pour la conservation des mammifères marins (MMAP) dans la Région des Caraïbes (UNEP (DEPI)/CAR WG.31/4. Rev.1) souligne la nécessité d'un déploiement plus large de dispositifs pour la conservation de cette faune sauvage.

II. LA DIMENSION DE L'ÉTUDE

Afin de clarifier les problématiques auxquelles ce travail de thèse se propose de répondre, il est utile de donner une dimension à ce travail à l'échelle de l'archipel de la Guadeloupe à partir de deux volets. Le premier propose un état des lieux des connaissances sur les cétacés avant début 2009, période à laquelle cette étude a débuté. Il décrit d'une part les observations réalisées en mer, à partir de navires ou par avion et d'autre part, les connaissances issues de données de chasse historiques dans l'archipel. Puis, une synthèse de la diversité établit un point de départ pour cette étude. Le second volet présente les différentes interrogations soulevées, ainsi que les objectifs fixés dans le présent travail.

1. État de l'art sur les cétacés de Guadeloupe

La connaissance acquise sur certaines espèces des cétacés se base souvent sur un matériel d'échouages. Le bilan pour la Guadeloupe fait apparaître 14 espèces échouées une fois au moins entre 1998 et 2006, sur les terres insulaires de l'archipel (fiche de la synthèse atelier scientifique du projet de sanctuaire des Petites Antilles françaises, DIREN Martinique, 2008). La liste des espèces concernées inclut pour les petits delphinidés : le dauphin tacheté pantropical, *S. attenuata* ; l'orque pygmée, *F. attenuata* ; le grand dauphin ; *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) ; le sténo, *Steno bredanensis* (G. Cuvier in Lesson, 1828) ; le dauphin à long bec, *Stenella longirostris* (Gray, 1828) et le péponocéphale, *Peponocephala electra* (Gray, 1846). Le globicéphale tropical, *G. macrorhynchus* et le pseudorque, *Pseudorca crassidens* (Owen, 1846) représentent les grands delphinidés.

[4] Déclaration du 5 octobre 2010 à Montego Bay en Jamaïque, durant la réunion des parties sur la Convention de la mer régionale des Caraïbes.

[5] Eastern Caribbean Coalition for Environmental Awareness, http:// www.eccea.org.

[6] Centre d'activités régional pour les espèces et les espaces spécialement protégés de la Caraïbe, http://www.car-spaw-rac.org.

Pour les mysticètes, la baleine à bosse, *M. novaeangliae*, est enregistrée ainsi que le cachalot, *P. Macrocephalus* et le cachalot nain, *K. sima,* pour les Physétéridés. Enfin, les baleines à bec représentent près de 24% des échouages (Evasion tropicale, 2006), avec des espèces telles que la baleine à bec de Gervais, *Mesoplodon europeaus* (Gervais, 1855) et la baleine à bec de Cuvier, *Ziphius cavirostris,* G. Cuvier, 1823.

Deux spécimens de la baleine à bec de Blainville, *Mesoplodon densirostris* (Blainville, 1817) sont également mentionnés. Par ailleurs, la plupart de ces espèces ont été observées vivantes en Guadeloupe, à partir d'embarcations ou par avion.

1.1. Les espèces observées à partir de navires

Watkins *et al.* (1985) observent le dauphin de Clymène, *Stenella clymene* (Gray, 1850), en mars 1984 au cours d'une navigation entre la Guadeloupe et la Martinique. En janvier et mars de l'an 2000, Boisseau *et al.* (2000) prospectent la Guadeloupe, en sa côte-sous-le-vent (Guadeloupe Ouest) et le canal des Saintes (Guadeloupe Sud), dédiant 112 heures d'efforts de recherche visuelle et 333 stations d'écoutes acoustiques. Sur 24 groupes de dephinidés observés dans ces secteurs, 5 espèces sont caractérisées. Il s'agit du dauphin tacheté pantropical, *S. attenuata* ; du globicéphale tropical, *G. macrorhynchus* ; de l'orque pygmée, *F. attenuata* ; du grand dauphin, *T. truncatus* et du sténo, *S. bredanensis*. La baleine à bosse, *M. novaeangliae* et le cachalot, *P. macrocephalus*, sont mentionnés également. Au cours du printemps 2000, des ressemblances sont signalées par Boisseau *et al*. (*op. cit.*) entre des cachalots à la fois en Guadeloupe et en Dominique.

Du 9 février au 3 avril 2000, Swartz *et al*. (2001, 2003) mènent une enquête visuelle et acoustique sur les baleines à bosse dans les parties Sud et Est de la Mer des Caraïbes, sur le navire *Gordon Günter* de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). L'objectif de cette étude est de proposer des résultats d'abondance sur les baleines à bosse, en utilisant la technique des transects de ligne. Dans leur travail, le 19 février 2000 est dédié à la prospection de la Guadeloupe, avec 6,9 heures d'observations et 126,5 kilomètres parcourus. Lors de cet échantillonnage, 7 détections acoustiques positives sont acquises sur *M. novaeangliae* à l'aide d'hydrophones directionnels (DIFAR).

Gero *et al.* (2007) ont étudié les comportements des cachalots dans les petites Antilles. Ils ont mis en évidence la fidélité des cachalots aux zones étudiées et leurs mouvements inter-îles. De la Guadeloupe à Grenade, les auteurs agrègent le travail d'identification réalisé sur différentes zones par Gordon *et al.,* (1998) pour 99 individus, Evans (13 identifications), Carlson (6 identifications), ainsi que pour la Guadeloupe, l'association Evasion tropicale qui contribue à hauteur de 54 identifications collectées entre les années 2000 à 2003. Cette base de données est ensuite complétée par les chercheurs eux-mêmes, par 271 identifications supplémentaires, différenciées spatialement entre ces iles. Ils croisent ensuite les individus capturés pour effectuer un rapprochement des identités. Un des résultats met tout d'abord en évidence l'identification individuelle de 194 cachalots entre la Dominique, la Guadeloupe, Grenade, Sainte Lucie et la Martinique. Parmi eux, 145 (95% CI=94-219) individus utilisaient régulièrement les eaux des Petites Antilles en 1995, avec des populations lentement croissantes. Environ 30% de ces individus furent identifiés sur au moins plus d'une année et au total entre 1995 et 2006. Le résultat final est que certains groupes sociaux pourraient utiliser les Petites Antilles au moins pendant 11 ans. Concernant plus particulièrement la Guadeloupe, 96% des 27 recaptures confirmées se firent entre la Guadeloupe et l'île de la Dominique, zone où fut porté l'effort de recherches maximal.

Par ailleurs, 65 cachalots sont identifiés en 2005 en Guadeloupe ainsi que 25 individus de plus, uniquement pour ceux effectuant des mouvements entre la Dominique et la Guadeloupe.

Des associations sont également actives en Guadeloupe. L'association Evasion Tropicale (AET, http://www.evasiontropicale.org/) mène depuis plusieurs années des observations principalement visuelles sur quelques populations de cétacés prioritairement en côte sous le vent.

Selon une information diffusée sur l'ancien site internet du Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) : « … la baleine à bosse, le cachalot ou certains delphinidés, comme le grand dauphin, le dauphin tacheté pantropical fréquentent occasionnellement ou de façon plus permanente l'archipel guadeloupéen, et le globicéphale tropical serait régulièrement signalé au large des côtes de la Guadeloupe » (MEEDDAT, http://www.ecologie.gouv.fr/Etat-des-milieux-en-Guadeloupe.html, 2004).

Avec l'association BREACH (http://www.breach.fr/), j'ai initié en 2007, une étude de recensement des cétacés en Guadeloupe par la technique des transects maritimes. J'ai rédigé un programme et un protocole d'observation, qui sont d'ailleurs repris dans cette thèse. L'objectif est d'évaluer l'abondance et la distribution des cétacés dans l'archipel de Guadeloupe. Par conséquent, ce travail prévoit la prospection non seulement de la côte-sous-le-vent, mais aussi des zones Atlantiques côtières, du Sud ainsi qu'une partie du Nord de l'archipel, historiquement non étudiées en Guadeloupe. Ce programme a obtenu le soutien de la DEAL de Guadeloupe et du MEDDTL, sous forme de convention. En février 2007, 8 espèces de cétacés sont discriminées en côte-sous-le-vent ou sur la côte atlantique (Gandilhon et Girou, 2007). Il s'agit de *M. novaeangliae, P. macrocephalus, T. truncatus, K. sima, S. attenuata, F. attenuata*, *S. longirostris* et du dauphin tacheté de l'Atlantique, *Stenella frontalis* (G. Cuvier, 1829). Parmi la famille des baleines à bec, la baleine à bec de Cuvier, *Z. cavirostris,* est présumée reconnue. Deux spécimens du genre *Mesoplodon sp.* sont également observés, mais l'espèce n'est pas identifiée avec certitude. Cette étude est réitérée l'année suivante sur l'ensemble de l'archipel marin côtier de Guadeloupe, jusqu'à peu près 12 milles nautiques des côtes. L'occurrence d'autres taxons est confirmée fin mai 2008 (Gandilhon *et al*., 2009). Ainsi, le pseudorque, *P. crassidens*, la baleine à bec de Gervais, *M. europeaus* et le sténo, *S. bredanensis* sont reconnus et la baleine à bec de Blainville, *M. densirostris* (Blainville, 1817) est classée vraisemblablement vue.

Par ailleurs, deux autres espèces et une probable sont renseignées grâce à un partenariat entre l'association BREACH et l'opérateur touristique Guadeloupe Evasion Découverte (GED). Ainsi, entre 2006 et 2008, le globicéphale tropical, *G. macrorhynchus* et l'orque, *Orcinus orca* (Linnaeus, 1758) sont ajoutés à cet inventaire à partir d'informations transmises par un réseau d'observateurs (OMMAG, Observatoire des mammifères marins de l'archipel de Guadeloupe). Le rorqual tropical, *Balaenoptera edeni*, Anderson, 1879, reste classé probable. Ce concept que j'ai instauré en mai 2008 avec le soutien des DEALs Guadeloupe et Martinique, est devenu fin 2010, une association à part entière.

1.2. Les espèces observées à partir d'un aéronef

La présence des baleines à bec est confortée dans les résultats d'une étude menée à partir d'un aéronef en février 2008 (Van Canneyt *et al*., 2009). Cette campagne, appelée EXOCET, est destinée à évaluer l'abondance et la distribution des cétacés dans la Zone Economique Exclusive des Antilles françaises, par observations aériennes le long de transects de ligne. Elle est mise en œuvre par le Centre de Recherche sur les Mammifères Marins (CRMM, Université de la Rochelle).

La Guadeloupe a été survolée sur trois blocs géographiques distincts : « D » échantillonné avec 1 481 kilomètres jusqu'à environ 100 milles nautiques de la Mer des Caraïbes et du Nord; « E » avec 1 316 kilomètres parcourus en façade atlantique dans les eaux côtières jusqu'à près de 75 milles nautiques au large; puis « F » avec 1 601 kilomètres couvrant la zone Atlantique hauturière, jusqu'à environ 200 milles nautiques pour la partie des eaux territoriales françaises guadeloupéennes.

Les résultats[7] de cette enquête enregistrent 36 observations de cétacés pour l'archipel de Guadeloupe sur 62 réalisées sur l'ensemble de la ZEE. Cette étude révèle l'occurrence du petit rorqual, *Balaenoptera acutorostrata,* Lacépède, 1804, à partir de 3 observations réalisées en zone côtière Nord et Nord-ouest. Par ailleurs, elle confirme la présence de *B. edeni* avec une observation à environ 200 000 nautiques au Nord-est de la Guadeloupe et d'*O. orca* avec 3 observations en façade atlantique. Puis, d'autres taxons déjà recensés en Guadeloupe, sont documentés. Il s'agit de *M. novaeangliae, P. macrocephalus*, *T. truncatus*, *P. crassidens* et *G. macrorhynchus.* Les espèces discrètes ou morphologiquement proches, voire jumelles ou cryptiques, ont été classées par les auteurs avec leur genre ou leur famille de rattachement, car elles sont difficiles à discriminer. Cela concerne *Stenella spp*. ainsi qu'une baleine à bec, rattachée à sa famille, Ziphiidae. Ce mode d'ajustement taxonomique est utilisé également dans ce travail de thèse. Enfin, lors de ce survol, des spécimens du genre *Kogia spp.* sont mentionnés en eaux hauturières.

1.3. Les espèces connues dans les rapports de chasse

Les analyses des journaux de bord de baleiniers indiquent que la partie orientale et méridionale des Caraïbes ont été historiquement d'importantes zones de chasse (Townsend, 1935 ; Mitchell et Reeves, 1983). Reeves *et al.* (2001) analysent des rapports de chasse historique, indiquant une partie des captures réalisées au XIXème siècle et au début du XXème dans la partie sud-est des Caraïbes. Le matériel d'étude comprend des documents relatifs à 48 voyages menés par 29 baleiniers entre 1823 et 1889. Les prises réalisées sont hiérarchisées selon les zones avec : 319 prises notées pour Saint-Vincent et les Grenadines, 190 enregistrements pour la Guadeloupe et 74 pour la Martinique, la Dominique et Sainte-Lucie pour les zones nous intéressant en particulier. A partir des indicateurs des prélèvements effectués, les auteurs vont extrapoler une estimation de stocks historiques probables, selon un découpage arbitraire correspondant aux zones visiblement les plus exploitées.

L'archipel de Guadeloupe arriverait ainsi en seconde zone fortement chassée, avec une première estimation de stocks historique de baleines à bosse d'approximativement 532 (CV 0,36, 95% CI 260-1 088) individus. Selon la répartition temporelle des prises, les auteurs indiquent que les baleines à bosse étaient présentes en ces temps passés de janvier à juin, avec seulement deux prélèvements pour ce dernier mois. Aucun journal n'indique, dans cette étude, de chasse au mois de décembre. Considérant le même modèle d'extrapolation, ils indiquent que 325 baleines à bosse auraient pu être présentes en avril en Guadeloupe, induisant selon les notifications de captures, que ce mois pourrait être le pic de fréquentation pour l'archipel en Guadeloupe. Il est reporté dans ces travaux, que depuis 1820, la zone de Marie Galante, mais également celle autour de Basse Terre (haut lieu d'appontage des baleiniers), Les Saintes et l'est de Petite Terre, constituaient des zones majeures de captures pour la Guadeloupe.

[7] Tableau 5, page 17 du rapport final, janvier 2009.

En outre, ces données renseignent des lieux de prélèvements sur les cachalots autour de l'archipel. Cette exploitation commerciale aurait été stoppée en 1927.

1.4. Synthèse de la diversité en Guadeloupe

Concernant la diversité, la synthèse des connaissances avant 2009 établit les points suivants :

- le dauphin de Clymène est observé entre la Guadeloupe et la Martinique (Watkins *et al.,* 1985), ce qui lui confère un statut probable dans l'archipel ;
- le grand dauphin est reconnu en côte sous-le-vent (Boisseau *et al.,* 2000, Gandilhon *et al.,* 2009, Van Canneyt *et al.,* 2009) et en façade atlantique côtière (Gandilhon et Girou, 2007) et hauturière (Van Canneyt *et al.*, 2009) ;
- le dauphin tacheté pantropical, l'orque pygmée et le sténo sont recensés en côte-sous-le-vent de la Guadeloupe (Boisseau *et al.,* op. cit., Gandilhon et Girou, 2007, Gandilhon *et al.,* 2009) ;
- le globicéphale tropical et le pseudorque sont mentionnés à la fois en Mer des Caraïbes (Boisseau *et al.,* op. cit., Gandilhon et Girou, op. cit.) et sur la façade atlantique (Van Canneyt *et al.,* op. cit.) ;
- le petit rorqual est reporté au nord et nord-ouest de l'archipel marin côtier et le rorqual tropical à environ 200 milles nautiques à l'est de la Guadeloupe (Van Canneyt *et al.,* op. cit.) ;
- la baleine à bec de Gervais (Gandilhon *et al.,* 2009), le dauphin tacheté de l'Atlantique et le dauphin à long bec (Gandilhon et Girou, 2007) sont confirmés en côte-sous-le-vent et le cachalot nain, à l'est et au nord-est de l'archipel marin côtier (Gandilhon et Girou, *op.cit*.) ainsi qu'au large dans le secteur Atlantique pour le genre (Van Canneyt *et al., op. cit*.) ;
- le cachalot est répertorié à la fois à l'est des côtes de l'archipel, en Mer des Caraïbes (Boisseau *et al.,* 2000, Gandilhon et Girou, 2007, Gandilhon *et al.,* 2009, Van Canneyt *et al.,* 2009), mais aussi à l'ouest dans le secteur Atlantique (Van Canneyt *et al., op.cit*.) ;
- la baleine à bosse est vue en Mer des Caraïbes (Boisseau *et al.,* 2000, Gandilhon et Girou, op. cit., Gandilhon *et al.,* op. cit.), mais également sur la façade atlantique et au Sud (Swartz *et al.,* 2003, Gandilhon et Girou, op. cit., Van Canneyt *et al.,* op. cit.) ;
- l'orque est référencée dans les eaux hauturières du nord-est de la Guadeloupe (Van Canneyt *et al.,* op. cit.).

De plus, 14 espèces sont reportées dans les échouages.

Par ailleurs, une étude réalisée à partir de bibliographies et de témoignages, a agrégé pour la Région des Grandes Antilles (RGA), 34 espèces de mammifères marins (Ward et Moscrop, 1999). Dans cet inventaire, 31 espèces sont associées aux cétacés, 2 aux pinnipèdes et 1 aux siréniens. Ainsi, 7 espèces de mysticètes et 24 espèces d'odontocètes sont répertoriés comme observées ou présentes en théorie dans la Région des Grandes Antilles.

Pour ce qui concerne particulièrement le sud-est de la Caraïbe, les espèces sont évaluées à 26 taxons par Debrot *et al.* (1998) et actualisées à 28 espèces par Ward et Moscrop (2001).

L'inventaire de la diversité synthétisée précédemment pour la Guadeloupe est mis en regard de celle évoquée en Caraïbe de l'est (Tab.1).

Tableau 1. Espèces de cétacés observés, échoués ou à occurrence théorique dans l'archipel de Guadeloupe (début 2009).

Familles (1)	*Sp.*	Espèces répertoriées dans la région de la Grande Caraïbe (2) Nom vernaculaire (*Nom scientifique)*	Statut d'occurrence Est des Caraïbes (2)	Espèces observées en Guadeloupe (3) (4) (5) (6) (7)
Balaenopteridae	1	Rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*)	ø	ø
	2	Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*)	■	ø
	3	Rorqual boréal (*Balaenoptera borealis*)	■	ø
	4	Rorqual tropical (*Balaenoptera edeni*)	■	■
	5	Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*)	■	■#
	6	Petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*)	■	■
Balaenidae	7	Baleine franche noire (*Eubalaena glacialis)*	-	-
Physeteridae	8	Cachalot (*Physeter macrocephalus*)	■	■#
	9	Cachalot pygmée (*Kogia breviceps*)	■	❑
	10	Cachalot nain (*Kogia sima*)	■	■#
Ziphiidae	11	Baleine à bec de Cuvier *(Ziphius cavirostris)*	■	❑#
	12	Baleine à bec de Gervais *(Mesoplodon europeaus)*	■	■#
	13	Baleine à bec de Blainville *(Mesoplodon densirostris)*	ø	❑#
	14	Baleine à bec de True *(Mesoplodon mirus)*	ø	❑
	15	Baleine de Sowerby (*Mesoplodon bidens*)	-	-
Delphinidae	16	Orque (*Orcinus orca*)	■	■
	17	Orque pygmée (*Feresa attenuata*)	■	■#
	18	Pseudorque (*Pseudorca crassidens*)	■	■#
	19	Globicéphale tropical (*Globicephala macrorhynchus*)	■	■#
	20	Péponocéphale (*Peponocephala electra*)	■	#
	21	Dauphin de Fraser (*Lagenodelphis hosei*)	■	-
	22	Dauphin tacheté pantropical *(Stenella attenuata)*	■	■#
	23	Dauphin tacheté de l'Atlantique *(Stenella frontalis)*	■	■
	24	Dauphin à long bec (*Stenella longirostris*)	■	■#
	25	Dauphin de Clymène (*Stenella clymene*)	■	❑
	26	Dauphin commun (*Delphinus spp*.)	■	-
	27	Grand Dauphin (*Tursiops truncatus*)	■	■#
	28	Dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*)	■	-
	29	Dauphin de Risso (*Grampus griseus*)	■	-
	30	Sténo (*Steno bredanensis*)	■	■#
	31	Tuxuci (*Sotalia fluviatilis*)	-	-

LÉGENDE
L'espèce (*Sp.)* est : ø Présente en théorie ■ Vue # Echouée en Guadeloupe ❑ Supposée - Non documentée
Quand l'espèce est indiquée mais non documentée, cela signifie que le taxon est répertorié dans la région des Grandes Antilles.

(1) Classification Wilson et Reeder (2005) ;
(2) Sous région IV: Anguilla, Antigua et Barbuda, Barbade, Dominique, Grenade, Guadeloupe, Martinique, Montserrat, St. Martin, St. Lucie, St. Kitts et Nevis, St. Vincent et les Grenadines, Les îles Vierges américaines, Les îles Vierges anglaises (Ward *et al.,* 1999, 2001) ;
(3) Boisseau *et al.* (2001) ;
(4) Swartz *et al.* (2003) ;
(5) Données d'échouages fournies par la DEAL Guadeloupe de 1998 à octobre 2006 (Evasion Tropicale, 2006) ;
(6) Gandilhon et Girou, 2007, Gandilhon *et al.* (2009) ;
(7) Van Canneyt *et al.* (2009).

2. Présentation du travail de thèse

Eu égard aux informations disponibles et accessibles sur les espèces de cétacés observées avec certitude, la richesse spécifique est évaluée à 15 espèces *a minima*, à la période où ce travail de thèse débute. Toutefois, cette revue taxonomique amène plusieurs questions sur la situation actuelle du peuplement de cétacés dans l'archipel marin côtier de Guadeloupe.

2.1. Les problématiques sur le peuplement

Les interrogations soulevées à partir de cet état de l'art sont rassemblées sous les deux problématiques suivantes :

- la connaissance sur le peuplement de cétacés de Guadeloupe apparait éparse, à partir d'informations clairsemées dans le temps et dans l'espace ;
- peu d'indicateur ne renseigne la biologie ou l'écologie des populations composant ce peuplement.

Répondre à la première assertion peut être un exercice difficile pour au moins deux raisons majeures. Premièrement, consolider la connaissance sur le peuplement de cétacés, nécessite de choisir une échelle de temps et d'espace représentatives de l'ensemble des espèces. Or, une seule campagne de recensement ne peut pas porter ce double objectif. En effet, les données requises pour évaluer un peuplement doivent répondre à une double contrainte. D'une part, elles doivent être exhaustives en renseignant toutes les populations, y compris les espèces rares, mais également les milieux où elles évoluent. D'autre part, les informations collectées doivent être actualisables et comparables dans le temps afin que l'inventaire ne reste pas statique. Deuxièmement, étayer la connaissance des cétacés en Guadeloupe peut être facilité grâce à l'usage de différentes méthodes. Le corollaire implique de trouver des modèles ou des descripteurs synthétiques permettant de les synthétiser de façon complémentaire. La seconde allégation décrit trois obstacles principaux. Le premier concerne l'étude des caractéristiques principales de la biologie des cétacés. Cet examen peut s'orienter sur les espèces, les populations ou l'ensemble du peuplement. Les réponses à apporter peuvent concerner la diversité, ainsi que l'abondance et la distribution des espèces. Néanmoins, les limites techniques des moyens d'étude des cétacés sont un frein pour estimer ces caractéristiques.

En effet, la présence des animaux en surface est requise dans l'application de la plupart des méthodes. Paradoxalement, cela n'est pas principalement le cas pour des espèces de cétacés « grands plongeurs » qui passent la majorité de leur temps à évoluer en profondeur, comme les cachalots ou les baleines à bec. En outre, les mouvements saisonniers tels que les migrations ainsi que la rareté ou la présence erratique de certaines espèces, les comportements discrets ou furtifs, voire l'interaction négative avec les plateformes d'observations, vont compliquer encore cette tâche.

La seconde barrière est relative à l'appréciation du milieu et se scinde en deux points. D'une part, les espèces sont réparties de façon très hétérogène sur des habitats qui peuvent, par ailleurs, être modifiés au cours du temps. D'autre part, une seule étude a été réalisée en Guadeloupe pour évaluer le lien entre l'occurrence des cétacés et leur environnement. Il s'agit de prédictions de densités relatives basées sur 36 observations réalisées entre le 4 février et le 5 mars 2008 en Guadeloupe, toutes espèces confondues (Van Canneyt *et al.,* 2009). L'incidence directe est que l'aire d'étude doit être définie avec peu de connaissances préalables sur les autres periodes et les habitats régionaux des mammifères marins. Singulièrement, l'examen des milieux doit pourtant être représentatif de l'ensemble du peuplement.

Le troisième obstacle est issu de la complexité à proposer des indicateurs. A l'échelle d'un recensement sur une île, leur formulation présume que toutes les espèces peuvent être comparées. La difficulté de positionner les espèces entre elles, est accrue pour trois raisons. La première a été évoquée et elle rassemble l'examen synchronique de la diversité des espèces tout autant que la variété des milieux. La seconde raison est liée aux disparités éventuelles des caractères (abondance, fréquentation) des espèces. Cela suppose d'envisager le niveau de présence de chaque espèce et les motivations vitales susceptibles de favoriser leur occurrence. Bien évidemment, de nombreux travaux ont été menés en ce sens dans le monde. Cependant, ils ne sont peut-être pas tous juxtaposables à une biodiversité évoluant dans un milieu insulaire subtropical. La troisième raison est que la plupart des cétacés sont identifiables au niveau de l'individu. Par conséquent, les méthodes pour souligner les ressemblances ou les différences à l'intérieur d'un peuplement, composé de plusieurs populations contenant elles-mêmes des individus distincts, doivent rester cohérentes avec cette ambivalence.

2.2. Les objectifs de l'étude

Ce travail propose de contribuer au recensement des cétacés dans l'archipel de Guadeloupe. Notre approche consiste à étudier le peuplement de cétacés de Guadeloupe à partir d'efforts répliqués sur 5 années, dans un espace éco-régionalisé délimité à environ 15 milles nautiques des côtes. Il est proposé de répondre aux questions principales en lien avec les problématiques précédentes :

- Comment le peuplement de cétacés est-il structuré dans l'archipel marin côtier de Guadeloupe ?
- Comment la diversité est-elle répartie dans l'ensemble de l'archipel ?
- Quelles catégories régionales et trophiques peuvent-elles décrire les populations ? Existe-t-il des espèces résidentes et des espèces rares ?
- Quelle est l'abondance des populations ? Quels indicateurs peuvent permettre d'en effectuer le suivi ?
- Quels sont les liens entre les populations de cétacés et les variables du milieu ? Quelles sont les zones les plus fréquentées et sont-elles des habitats potentiels pour les cétacés dans l'archipel de Guadeloupe ?

Le chapitre premier s'attache à expliquer le cadre de l'étude sous deux angles. Le premier s'intéresse à l'objet de l'étude : les cétacés de Guadeloupe. Quelques éléments propres à cette faune sauvage, dans son évolution, sa biologie ou sa physiologie introduisent brièvement la première partie. Puis, les critères utilisés pour distinguer les espèces entre elles sont exposés. Les espèces et les familles sont ensuite décrites, en prenant appui sur certaines connaissances établies, principalement en Caraïbe ou dans le monde. Le second aspect présente le milieu étudié, en insistant sur les caractéristiques tropicales de l'archipel de Guadeloupe, ainsi que les variables qui ont été choisies pour examiner l'environnement des cétacés.

Le chapitre second présente comment le cadre spatio-temporel de l'étude a été défini. Il décrit plusieurs méthodes complémentaires utilisées pour renseigner les populations de cétacés ou certaines espèces en particulier. Les relevés issus de sept sources de données différentes sont explicités. Une seconde partie détaille les formules et modèles retenus pour les analyses de tout ou partie des relevés.

Le troisième chapitre est consacré à l'examen de la structure du peuplement de cétacés. En premier lieu, il inclut la présentation du contenu des relevés réalisés. En second lieu, il propose d'évaluer la richesse spécifique et de décrire la composition faunistique. Un troisième volet s'attache à donner une dimension interspécifique de la taille moyenne des groupes, synthétisée à partir de plusieurs sources de données. Une dernière section présente les descripteurs synthétiques de présence, d'occurrence et de structure trophique, permettant de catégoriser les populations sur une même échelle régionale.

Le quatrième chapitre investit une recherche pour évaluer l'abondance des populations, les taux de juvéniles, ainsi que les caractéristiques principales de leur répartition spatiale. Différents indicateurs et modèles proposent des résultats préliminaires sur les densités, l'abondance relative et l'estimation de stocks pour certaines populations. Ensuite, l'examen de 6 à 9 variables du milieu est effectué à un premier niveau descriptif sur le peuplement, puis sur certaines espèces. Les facteurs pouvant influencer la distribution des cétacés sont ensuite observés grâce à des analyses multi variées. Avec l'appui d'informations renseignant certains déplacements ou le suivi de certains individus, une suggestion est faite sur les habitats et niches écologiques pouvant être exploités par les cétacés dans l'archipel marin côtier de Guadeloupe.

Le dernier chapitre évoque les nombreux points ouverts à discussion tout au long cette étude.

CHAPITRE I

CADRE DE L'ÉTUDE

Physeter macrocephalus, 20 mars 2010, côte-sous-le-vent, recherches focales, N. Gandilhon.

CHAPITRE I
CADRE DE L'ÉTUDE

Le peuplement de cétacés a fait l'objet d'une étude sur les espèces le composant dans un milieu choisi : l'archipel côtier marin de Guadeloupe. La première partie de ce chapitre présente les caractéristiques des populations à étudier. Il s'agit de préciser les éléments de connaissance sur les cétacés sur lesquels ce travail s'appuie. La seconde partie décrit d'une part le contexte géographique et les caractéristiques de l'écosystème marin étudié et d'autre part, les variables du milieu retenues pour examen.

I. LES POPULATIONS ETUDIÉES

Cette partie a un double objectif. Premièrement, elle étaye quelques notions sur la biologie ou la physiologie des cétacés ainsi que les critères de reconnaissance des espèces. Dans cette étude, ces éléments justifient d'une part l'usage de certaines méthodes d'observation, et d'autre part servent de références théoriques à certains traitements. Deuxièmement, les populations étudiées sont situées dans un contexte caribéen.

1. Éléments de biologie et de physiologie

La compréhension des phénomènes d'adaptation des populations au cours du temps est un enjeu important en écologie. Au cours de l'évolution, les cétacés montrent des modifications anatomiques et physiologiques nécessaires à leur adaptation à des niches écologiques aquatiques variées. Par ailleurs, La morphologie actuelle des cétacés sert de guide dans les recherches visuelles et leurs capacités à émettre des sons, permet de les observer par des moyens acoustiques. De plus, l'exposé de fonctions vitales telles que la nutrition ou la reproduction permet de soutenir certaines interprétations dans les études de distribution ou d'abondance des espèces. Cette partie est clôturée par une description des familles de cétacés qui sont évaluées dans ce recensement.

1.1. Adaptation au milieu marin

Les « premiers cétacés » sont considérés comme des artiodactyles primitifs, ongulés à sabots. *Pakicetus attocki* est un carnivore qui aurait commencé à peupler des habitats marins il y a près de 55 millions d'années, aux abords de l'actuel Pakistan. C'est le plus ancien des archéocètes connus, considéré semi-aquatique (Bernard Faye, Muséum National d'Histoire Naturelle, MNHN). Un fossile d'Ambulocétidés est découvert en 1994, au Pakistan et nommé *Ambulocetus natans*, littéralement « qui marche et qui nage » (Thewissen *et al.,* 1994). Cet archéocète carnivore vivait il y a à 48 millions d'années et est décrit comme un ongulé euryhalin à la fois amphibien et terrestre. Thewissen précise qu'il n'a pas d'oreille externe. Une autre famille, Remingtonocetidae, comporte de plus petits archéocètes dont l'analyse isotopique des squelettes, indique qu'ils vivaient tous dans le milieu marin. Le *Basilosaurus* découvert en 1832, et initialement classé dans les reptiliens par Harlan, est rebaptisé par Owen en 1835 *Zeuglodon cetoides,* qui l'identifie comme un mammifère. Des découvertes ultérieures de fossiles, permettront de suggérer son lien avec les cétacés actuels vers 1845. Il est considéré avoir existé il y a environ 40 millions d'années. La dernière famille des Dorudontidés à laquelle les mysticètes et odontocètes actuels seraient affiliés, compte alors des espèces totalement inféodées au milieu aquatique il y a 38 millions d'années.

Ainsi, des adaptations anatomiques ont été constatées par les paléontologues à travers l'étude de trois grands types d'archéocètes identifiés comme ayant chronologiquement des liens de parentés avec les cétacés actuels. Il en ressort en résumé : une transformation des pattes avant en palettes natatoires, une atrophie des pattes arrière (vestiges pelviens), une transformation de la queue en une nageoire caudale, un arrondissement des vertèbres caudales et un raccourcissement des vertèbres cervicales, mais également une évolution importante au niveau du crâne. Les narines fusionnent en un seul évent chez les odontocètes. La structure de l'oreille est modifiée également au cours de l'évolution et déjà chez *Basilosaurus,* qui reçoit probablement les vibrations de la mâchoire inférieure. Pour les mysticètes, suggérés apparaître il y a environ 38 millions d'années, les dents sont remplacées par les fanons plus tard (estimation à 25 millions d'années selon des analyses moléculaires). Au fur et à mesure, les épaules disparaissent, la caudale se développe et le corps est plus hydrodynamique (sans parties saillantes) pour favoriser la nage. Le corps devient quasiment imberbe, sauf chez certains mysticètes conservant follicules pileux (Evans, 1987) ou chez les platanistes tels que *S. guianensis* (Mauck *et al.,* 2000). De nos jours, les mysticètes et odontocètes ont une forme générale légèrement pisciforme, leur permettant de progresser dans le milieu aquatique en minimisant les résistances dans l'eau, et ainsi optimiser les pertes énergétiques. Ce sont des mammifères de grande taille, dont le plus grand représentant est une espèce vivant actuellement. Il s'agit de la baleine bleue (*B. musculus*), d'environ 28 mètres et 197 tonnes (Bonner, 1980). Il existe un dimorphisme sexuel pour certaines espèces, comme les cachalots où le mâle est plus grand que la femelle.

La mobilité des cétacés en surface ou lors de plongées implique deux fonctions principales. La première concerne la locomotion qui a longtemps été associée à deux régions anatomiques : l'une au niveau de la caudale et du pédoncule caudal comme centre principal de propulsion, l'autre environ au tiers des vertèbres caudales. Des recherches très récentes indiquent que l'os hyoïde, situé au dessus du larynx, pourrait jouer un rôle dans la locomotion des cétacés, et de façon principale pour les mysticètes. La contraction des muscles élévateurs du larynx causerait une dépression de la tête, initiant ainsi le mouvement du corps vers la plongée (Redeinberg *et al.,* 2011). La seconde est relative à la respiration. En surface, les cétacés ouvrent dorsalement leur fosses nasales, appelées évents. On en compte un chez les odontocètes et deux chez les mysticètes. Les conduits naseaux chez le cachalot (*P. macrocephalus*) sont nettement asymétriques en raison de la présence du spermaceti, organe supposé de l'écholocation. Lors de la plongée, ces évents sont obturés musculairement et les deux poumons sont protégés par la cage thoracique qui est déformable pour mieux subir la pression. Les cétacés gèrent l'azote, ce qui leur permet de ne pas subir de phénomène de narcose (intoxication par l'azote). Il est établi que la respiration n'est pas automatique (ou réflexe) chez les cétacés. Reidenberg *et al.* (2008) indiquent que les voies respiratoires des cétacés ont été modifiées au niveau de l'évolution pour s'adapter au milieu aquatique. Les conduits naseaux des odontocètes débouchent sur des sacs nasaux et on a longtemps pensé que ce n'était pas le cas pour les mysticètes. Redeinberg *et al.* (*op. cit*.), ont récemment mis en évidence l'existence d'un grand sac chez les mysticètes vers la ligne médiane du larynx. Ainsi, selon ces observations, même si ces sacs aériens ne sont pas semblables aux sinus, ils pourraient servir à une fonction respiratoire analogue, à des émissions sonores, ou à d'autres fonctions comme la thermorégulation. Ce point paraît important pour des animaux qui doivent gérer leur respiration pendant de longues périodes tandis qu'ils sont à la recherche de nourriture.

1.2. Caractéristiques trophiques

La plupart des régimes alimentaires connus pour les cétacés ont été étudiés par l'analyse des restes identifiables (otolithes de poissons, becs de céphalopodes…) dans les contenus stomacaux d'espèces échouées. En suivant la catégorisation proposée par Gaskin (1982), la structure trophique des cétacés peut être présentée selon trois niveaux de régimes alimentaires : les ichtyophages ou piscivores (les proies sont des poissons) ; les teutophages (les proies sont des céphalopodes) et les carnivores généralistes (les proies massives peuvent être ingérées entièrement ou partiellement et elles peuvent consister en des requins, d'autres mammifères marins ou des oiseaux). Les odontocètes sont macrophages et les mysticètes microphages. Certains cétacés seraient ou auraient été nécrophages, voire charognards mobiles. Cela a été suggéré par Whitehead et Reeves (2005) pour *O. orca*, à l'époque de la disponibilité de nombreuses carcasses durant la période de la chasse baleinière. La prolifération de proies à cette époque, puis sa limitation, auraient pu influencer leurs déplacements et modifier leurs régimes alimentaires, avec l'idée de compenser alternativement l'abondance de cette nourriture avec d'autres alternatives. D'autres études indiquent que les orques ont un des régimes alimentaires le plus étendu avec des proies telles que les céphalopodes, les poissons, les pinnipèdes, d'autres mammifères marins ou les oiseaux (Guinet, 1992). L'exemple de l'attaque d'un baleineau de l'espèce *B. acutorostrata* par un groupe d'orques est documenté (Guinet *et al.,* 2000). Par conséquent, l'examen des régimes alimentaires des cétacés doivent être affiné d'une part selon la distribution de chaque espèce et d'autre part, selon l'accessibilité des proies. Le principe de Pielou (1969) indique que les ressources alimentaires peuvent être distribuées en « niches », définies comme des zones où la densité locale en proies peut être supérieure à la densité moyenne de l'environnement.

1.2.1. Modes d'alimentation des odontocètes

D'un point de vue anatomique, le rostre, représenté par le museau ou le bec, est formé de la mandibule et de l'os maxillaire. Il est développé chez les baleines à bec avec l'os du vomer très allongé. Chez les odontocètes, homodontes, les dents sont généralement incrustées dans les maxillaires et les mandibules, sauf pour les Physétéridés et presque tous les Ziphiidés (dents uniquement sur les mandibules et pour les baleines à bec, uniquement deux sont exprimées chez le mâle). Bien que les odontocètes possèdent des dents, ils avalent sans mâcher, par succion ou aspiration avec la langue et l'appareil hyoïdien. Ils peuvent saisir, découper leurs proies, voire les mordre, comme certaines marques laissées par les orques comme sur les caudales de baleines à bosse. Une forme de tête émoussée et la largeur des mâchoires faciliteraient une ouverture plus circulaire de la bouche afin d'améliorer le débit d'eau pour l'alimentation d'aspiration Werth (2006). L'auteur indique que ces critères sont retrouvés chez tous les odontoncètes sauf chez les dauphins d'eau douce (Platanistidae). Etonnamment, il est indiqué que le nombre de dents exposées pour saisir les proies est moins important chez les globicéphales à cause d'un profil crânien abrupt. Lors de l'aspiration des proies, le larynx terminé en coude, bloquerait l'entrée d'eau. Ainsi, selon Johnston et Berta (2011), certains odontocètes possèdent des caractéristiques uniques de leur appareil buccal impliqué dans l'alimentation d'aspiration. Les baleines à bec possèdent deux sillons sur leur gorge qui faciliteraient l'élasticité durant l'ingestion des céphalopodes par succion. De nombreux odontocètes sont limivores et fouillent leurs proies à même le sol, voire dans la vase, puis aspirent ensuite les proies dénichées.

1.2.2. Modes d'alimentation des mysticètes

Les mysticètes, pourvus uniquement de fanons, utilisent des systèmes différents de nutrition. Ils consomment non seulement des crustacés planctoniques tels que des euphausiacés ou des copépodes, mais également des poissons supposés relativement petits comme le capelan. Ils ne sont donc pas uniquement planctonophages. Le principe général de leur mode d'alimentation consiste à filtrer l'eau, puis retenir les particules alimentaires grâce à leurs fanons au moment de l'expulsion de l'eau à travers ces derniers. L'application en mer se fait différemment selon les espèces et le milieu. Quelques mysticètes, engouffrent leurs proies en remontant vers la surface, d'autres écrèment les prises en surface, en se déplaçant gueule ouverte. Certains mysticètes possèdent des vibrisses qui pourraient avoir comme usage une évaluation des masses de proies alimentaires (Fontaine, 2005). Des recherches récentes soulignent que de rares mysticètes comme la baleine grise, *Eschrichtius robustus* (Lilljeborg, 1861), pourraient, comme certains odontocètes, utiliser l'aspiration pour se nourrir Johnston et Berta (*op. cit*.).

1.2.3. Les stratégies alimentaires

Plusieurs tactiques comportementales de chasse permettant d'optimiser la capture des proies ont été documentées dans la littérature et sont très diverses selon les espèces. Aussi, les stratégies alimentaires ne sont pas détaillées compte tenu de la profondeur du sujet. Certains cétacés rabattent leur proie vers les hauts fonds, d'autres s'alimentent de façon opportuniste autour des engins de pêche. La déprédation correspond au prélèvement par les cétacés de poissons déjà pêchés par les instruments de pêche. Elle est d'ailleurs rapportée en particulier pour certaines espèces, comme les orques, les pseudorques, les cachalots, les grands dauphins (Guinet *et al.,* 2007 ; Thode *et al.,* 2007 ; Ramos-Cartelle et Meruto, 2008 ; Powell, 2009). Certains comportements de déprédation ont été associés chez *P. macrocephalus* à d'éventuels indices acoustiques générés par les engins de pêche (Thode *et al., op. cit.*). Il est difficile de connaître l'indice de capture de proies pour des animaux se nourrissant sous l'eau. Mori & Boyd (2004) ont utilisé certaines phases de plongée de deux phoques à fourrure pour pouvoir suggérer des périodes d'alimentation, indiquant que les individus montraient une augmentation du temps de résidence dans les zones les plus riches en ressources.

1.3. Éléments du cycle de vie

1.3.1. Reproduction

La maturité sexuelle est atteinte avant la fin de la croissance physique, c'est-à-dire quand l'ossification est réalisée. De manière très globale, les odontocètes atteignent une maturité sexuelle à un âge aussi variable qu'il y a d'espèces. Le record est attribué au cachalot, dont la puberté est évaluée en moyenne à 21 ans. La puberté des mysticètes est estimée à une moyenne de 6 ans. Pour les globicéphales, les temps correspondants sont 6 à 7 ans chez les femelles et 12 ans chez les mâles. Clapham et Palsboll (1997) ont indiqué que les femelles de baleines à bosse avaient de multiples paternités. Ce résultat fut renforcé récemment par des analyses génétiques de Cerchio *et al.* (2005). Cela montre un système de reproduction de promiscuité entre plusieurs individus. Ce modèle serait non égalitaire, où certains mâles auraient un succès reproductif plus grand que d'autres. Dans l'échantillon analysé, la plupart des mâles ne se virent attribuer aucune paternité sur les 5 ans d'étude et 2 ou 3 mâles identifiés obtinrent chacun 3 paternités.

Les périodes de fécondité sont saisonnières et variables d'une espèce à l'autre. Pour la baleine à bosse, il s'agit de la période hivernale dans l'hémisphère Nord. Le globicéphale tropical s'accouple généralement en hiver et le grand dauphin au printemps. L'accouplement lui-même peut se faire verticalement ou horizontalement, sur une durée brève, après en général, une parade nuptiale qui peut durer plusieurs jours. La plupart des cétacés semblent polygames. Les mâles mégaptères peuvent rivaliser, voire s'affronter pour obtenir les faveurs de la femelle, composant ainsi des groupes sociaux, appelés groupes actifs. Ces unités reproductrices intégrent plusieurs niveaux d'escorte pour les mâles autour d'une seule femelle, et parfois son petit, comme décrit par Spitz *et al.,* (2002). Les durées moyennes de gestation chez la plupart des cétacés sont estimées entre 10 à 12 mois et jusqu'à parfois 16 mois pour le cachalot. Elles varient en fonction de la taille de la mère ainsi que le degré de maturité du petit à la naissance (Fontaine, 2005). Les femelles sont fécondées en moyenne tous les deux à trois ans et sont unipares, sauf cas très rare. Lors de la parturition chez les odontocètes ou les mysticètes, le petit se présente par la région caudale.

1.3.2. Survie et mortalité

La longévité des cétacés peut varier entre approximativement 35 ans pour les petits delphinidés à plus de 100 ans pour certaines baleines (Fontaine, 2005).

1.3.2.1. Causes de mortalité d'origine humaine

Outre la destruction volontaire réalisée par l'homme, d'autres facteurs peuvent engendrer ou accélérer la mortalité. En premier lieu, il est important de noter que les cétacés meurent « naturellement ». Dans certaines zones, la densité du trafic maritime est importante rendant les collisions entre bateaux et, principalement, les grands cétacés relativement fréquentes. C'est le cas en Méditerranée occidentale (Mayol, 2008). On rapporte deux types d'interaction entre les cétacés et l'industrie de la pêche : la déprédation et les prises accidentelles. Ce phénomène est rencontré sur tous les océans et à tous les endroits où cohabitent pêcheurs et cétacés. La mort directe par pollutions aux hydrocarbures et chimiques est parfois encore assez mal établie. Il s'agit dans cette section d'indiquer prioritairement les causes mortelles, soit la gravité des pathologies dont ces pollutions sont à l'origine, sachant que tous les odontocètes ou mysticètes sont largement pollués (PCB, métaux lourds, biocides et organochlorés) selon des concentrations qui ont été, dans plusieurs études, mises en évidence (Dhermain *et al.,* 2011). De plus, la mort par ingestion de corps étrangers est possible. La bactériologie serait impliquée dans environ 25% des cas de mortalité des cétacés en milieu naturel et les virus ont généré, dans certains cas de pandémie, de nombreux décès chez les cétacés. Ainsi, on peut évoquer le morbillivirus (équivalent de la rougeole chez l'humain), ayant décimé de nombreux dauphins bleus et blancs, *Stenella coeruleoalba* (Meyen, 1833), en Méditerranée (Dhermain, *op. cit.*).

1.3.2.2. Prédation naturelle et parasitisme

La pression de prédation a été préconisée comme un facteur important de la dynamique des populations de cétacés de dauphins (Norris & Dohl, 1980a ; Deecke *et al.,* 2002). Les témoignages de prédateurs naturels sur les cétacés sont rares. En outre, lors de l'observation, la prédation n'est pas toujours avérée. En effet, il peut s'agir de situations de compétition alimentaire ou de kleptoparasistisme, visant à faire régurgiter les proies (Dhermain, 2004). Le cas d'une attaque sur un dauphin tacheté pantropical juvénile, *S. attenuata*, par requin tigre, *Galeocerdo cuvier*, a été rapporté (Maldini, 2003).

Quelques attaques de pseudorques, *P. crassidens*, ont été documentées telles que sur un baleineau, *M. noaveangliae,* ou sur un cachalot (Palacios et Mate, 1996), sans preuve cependant d'un comportement de prédation. Plusieurs attaques d'orques sur les mysticètes ont été reportées telles que sur les baleines à bosse, (Whitehead et Glass, 1985) ou le petit rorqual (Guinet *et al.,* 2000 ; Mizrock et Rice, 2006).

Concernant les parasites, les cétacés servent d'hôte à un grand nombre d'espèces. Il y a des catégories non parasitaires, qui vont juste utiliser l'animal comme support (exemple, les diatomées, *Cocconeis cetiola*), algue unicellulaire brune, pour les végétaux. Des animaux non nuisibles, comme par exemple, les balanes, les anatifs ou encore les rémoras (*Echeneis sp.)* peuvent être trouvés parfois en grande quantité, sur le corps principalement des grandes baleines, bien qu'en Guadeloupe nous ayons documenté principalement des cas de grands dauphins transportant de grands rémoras (un tiers du corps environ).

Les parasites à proprement parlé peuvent être gênant pour les cétacés de part leur nombre. C'est le cas de certains ectoparasites, fixés à l'extérieur, comme de petits crustacés, dits « poux de baleines »), les crustacés amphipodes ou les cyamidés, très invasifs. Parfois ils peuvent tuer leur hôte, notamment pour les endoparasites, situés à l'intérieur de l'animal. Il peut s'agir de nématodes ou de trématodes, vers de forme différente, qui peuvent coloniser de nombreux organes et impacter dans quelques cas certaines fonctions vitales.

1.4. Emissions sonores

1.4.1. Généralités

Physiologiquement, l'ouïe est le sens le plus développé chez les cétacés. Anatomiquement, l'oreille est composée : 1/ d'une oreille interne, contenue dans l'os tympanique et 2/ d'une oreille moyenne, contenue dans l'os pétro tympanique. Chez les cétacés, ces deux os sont séparés du crâne. L'oreille externe est réduite à un conduit non fonctionnel. Le nerf auditif est très développé chez les cétacés. Les cétacés sont des animaux vocaux possédant différents types de sons suivant les espèces. On note une grande variabilité entre les espèces mais également pour différents individus au sein d'une même espèce. Ainsi, le répertoire sonore des espèces de cétacés peut varier, de sons répétitifs tels que des clics monotones du cachalot, *P. macrocephalus,* les cris bi-modaux des baleines bleues, (Samaran *et al.,* 2008) à des appels de communication plus complexes, comme ceux du grand dauphin, *T. truncatus*, des orques, *O. orca* ou des baleines à bosse, *M. novaeangliae*. Les émissions sonores peuvent être des sifflements, des mugissements, des vocalises, des clics, des buzz… Ces sons pourraient jouer un rôle crucial dans la communication entre les cétacés dans différents domaines : la cohésion du groupe, la recherche de nourriture et la stratégie alimentaire, les relations entre la mère et le juvénile, la reconnaissance individuelle, la socialisation, la recherche d'un partenaire, la délimitation de territoires, l'établissement de hiérarchie, la détection de prédateurs et de dangers ainsi que l'orientation (Frankel, 1998).

Leurs intensités acoustiques peuvent atteindre plus de 200 dB re 1µPa à 1m. Les sons émis peuvent être à bande étroite (sifflements) ou à large bande (clics). Cette diversité de sons rend difficile l'utilisation d'une seule chaîne d'acquisition pour l'enregistrement de plusieurs espèces.

Pour certaines espèces, comme la baleine bleue, *B. musculus*, l'utilisation d'un hydrophone de bande passante [5 ; 100Hz] et d'une chaîne d'acquisition utilisant une fréquence d'échantillonnage de 250 Hz peut suffire. Ce ne sera pas le cas si l'on souhaite enregistrer d'autres cétacés, comme les cachalots ou de petits odontocètes. La gamme de fréquences et les niveaux des sources de sons émis par certains cétacés sont indiqués dans le (Tab.2).

Tableau 2. Exemple de sons émis par des cétacés (*=crête à crête).

	Intensité (dB re 1µPa à 1m)	Bande fréquentielle (kHz)
Clics de cachalot	163-223	[0.100 – 30]
Burst de dauphin à long bec	108-115	-
Sifflements de grand dauphin	125-173	[0.8 – 24]
Clics de grand dauphin	212-228	[110 – 130]
Dauphin de Risso	120	65
Gémissement de rorqual commun	155-186	[0.03 – 0.75]
Gémissement de rorqual bleu	155 – 188	-
Chant de baleine à bosse	144 – 174	[0.03 – 8]
Claque de baleine à bosse	183 – 192	[0.03 – 8]
Globicéphale	180	[0.5 – 20]
Crevettes claquantes	183 – 189 (cc)	-

LÉGENDE : *Comparaison avec les crevettes claquantes. dB re 1µPa à 1m : intensité sonore en décibels d'une source placée à 1m de distance de l'hydrophone. kHz : unité de mesure de fréquence de l'onde (Hz), exprimée ici en kilohertz.

Il est important de rappeler 3 notions importantes (Chapman et Ellis, 1998, Adam, 2007). Premièrement, les décibels sont une unité relative. La référence p_0 doit être rappelée dans :

$$L_{dB} = 20 \log\left(\frac{p}{p_0}\right)$$

Où p_0 est la pression acoustique maximale à la source. Elle est mesurée en µPa.

Deuxièmement, il faut distinguer les niveaux d'émission et de réception. C'est pourquoi la puissance sonore en acoustique sous-marine est estimée à partir d'une source placée à un mètre de l'hydrophone. De plus, il convient d'éviter d'extrapoler les impressions auditives humaines dans le milieu aérien au milieu marin. Deux remarques forcent également à considérer la position de l'hydrophone et la géométrie du réseau, lorsque l'on souhaite utiliser plusieurs hydrophones pour observer conjointement une zone maritime. La première est que l'atténuation des ondes acoustiques (de fréquences inférieures à 500kHz) est proportionnelle à la fréquence au carré (Thorp *et al.*, 1967). La seconde est que certains sons de cétacés sont hautement directifs.

1.4.2. Echolocation

L'écholocation est plutôt connue chez les odontocètes, bien que des clics, pouvant y être associés, aient été montrés pour la première fois sur deux baleines à bosse, à partir d'enregistrements faits par des balises acoustiques posées par ventouse (DTAG) par Stimpert *et al.* (2007).

L'écholocation permet d'explorer leur environnement à partir de l'analyse des échos revenant des sons émis. Chez les odontocètes, l'écholocalisation est relativement bien décrite, avec l'émission des clics créés par une membrane située près de l'évent. L'appareil focalisateur est le melon chez les delphinidés (front proéminent graisseux) et le spermaceti chez les Physétéridés.

Le principe est que les sons parcourent le milieu aquatique et sont renvoyés sous forme d'échos par les objets qu'ils rencontrent (proies, prédateurs, relief). En analysant les échos qui leur reviennent par une réception qui se fait au niveau osseux (mandibules dont les têtes sont en contact avec les bulles tympanique de l'os pétrotympanique), le cortex auditif des odontocètes crée une image acoustique de l'objet rencontré. Ces échos (temps d'arrivée et déformation de l'onde) rendent compte de la silhouette de l'objet et potentiellement de sa structure interne. De nombreux experts ont travaillé sur l'écholocation (Laplanche *et al*., 2005, Adam *et al.,* 2005).

1.4.3. Génération de sons chez les mysticètes

Plusieurs travaux sont menés sur la compréhension de la génération de sons pour les mysticètes. La génération des vocalises chez les mysticètes est soumise à controverse depuis une décennie, entre ceux qui pensent que ces sons sont d'origine vocale et les autres (Tyack *et al*., 2010). Concernant les chants des baleines à bosse mâles, *M. novaeangliae,* plusieurs interprétations et hypothèses ont été suggérées par les auteurs.

Dans l'archipel d'Hawaii, Spitz *et al.* (2002) ont hiérarchisé les mâles en plusieurs niveaux d'escorte, c'est-à-dire des individus accompagnant la femelle en période de reproduction. Ils proposent ainsi de différencier la première escorte, la seconde escorte et l'escorte isolée avec un groupe de femelle et juvénile. Une de leurs conclusions est que l'activité du chant du mâle est une activité solitaire qui ne déboucherait pas nécessairement sur un contact physique avec d'autres mâles ou d'autres femelles.

Magnusson et Kasuya (1997) ont développé un modèle probabiliste sur les stratégies d'accouplement des mâles. Ils suggèrent que les mâles suivent une stratégie individuelle qui les avantagent et dont le chant servirait à attirer un nombre important de femelles durant la période de reproduction. Les observations courantes (90% des cas) suggèrent que le chant de mâle est une fonction intersexuelle à vocation d'attraction. D'autres hypothèses se fondent sur l'assertion que les femelles fertiles sont assez limitées en nombre pour tous les mâles, avec un déséquilibre du sex-ratio (Smith *et al.,* 1999). Une option propose que le chant établisse ou indique une position dominante parmi une hiérarchie de mâles (Darling and Bérubé, 2001). Il est également suggéré que le chant des baleines à bosse indiquerait une stratégie de coopération pour la reproduction par une association « mâle-mâle » (Au *et al.,* 2000).

1.4.4. Nuisances sonores

Au-delà des sons naturels de l'environnement, il faut rajouter ceux issus des activités humaines. On peut citer le trafic maritime qui touche des zones précises dans les océans (Mer du Nord avec 20% du trafic mondial, le détroit de Gibraltar etc.). Ces bruits propagés par les moteurs des bateaux via leur coque ont des effets sur les cétacés constatés à plusieurs reprises et plusieurs modifications comportementales ont été observées en présence de ces sons. On peut illustrer cela, avec les bélugas, *Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776), qui semblent ajuster leurs clics d'écholocation à des fréquences plus hautes (Au *et al*., 1985 ; Lesage *et al*., 1999).

Durant ces dernières années, l'attention a été focalisée sur les sonars militaires et en particulier les sonars actifs à basses fréquences (low frequency active sonars, LFAS) utilisés pour la détection de sous-marins. Les baleines à bosse, *M. novaeangliae* rallongeraient le cycle de leurs chants (Miller *et al*., 2000 ; Fristrup *et al*., 2003).

De plus, il a été rapporté que plusieurs campagnes militaires de l'OTAN ont été suivies d'échouages massifs (Grèce, 1996 ; Bahamas, 2000 ; Canaries, 2002). En Grèce, aucune expertise du système auditif des Baleines à bec de Cuvier échouées n'a été effectuée (D'Amico, 1998) mais le lien avec l'utilisation de sonars LFAS a été fortement suspecté (Frantzis, 1998). En revanche, après la campagne militaire de l'OTAN aux Canaries, Jepson *et al*. (2003) ont analysé les baleines à bec échouées. Ils ont révélé la présence de bulles de gaz et d'hémorragies au niveau de l'oreille interne ainsi que des oedèmes au niveau du 8e nerf crânien montrant ainsi une détérioration du système auditif. L'utilisation d'autres types de sonars militaires a eu également des effets sur certains cétacés. Rendell *et al*. (1999) rapportent que des globicéphales noirs, *Globicephala melas* (Traill, 1809), ont changé le type de leurs vocalisations en présence d'émissions de tels instruments sonores.

La prospection pétrolière et plus largement la sismologie marine est basée sur l'utilisation de canon à air. L'onde acoustique générée est directive, dirigée vers le fond marin pour aller en partie pénétrer les sédiments. En se réfléchissant sur les différentes couches, elle traduit ainsi la présence possible de gaz ou de pétrole. Ce type de matériel crée des sons de type impulsionnel, répétitif et de forte intensité (235 dB re 1µPa à 1m). Même si les scientifiques utilisent souvent le conditionnel dans leurs conclusions, des effets sur les cétacés ont été observés.

Ainsi, Malme *et al*. (1983 ; 1984 - *in* Richardson *et al*., 1995) constatent que des baleines grises ont une stratégie d'évitement dès que la zone marine présente un bruit supérieur à 130 dB re 1µPa. On relève d'autres changements comportementaux chez les grandes baleines telles que les baleines boréales *(in* Richardson *et al*., 1995) ou chez certains odontocètes, comme les dauphins communs, *Delphinus delphis* (Goold, 1996), les grands dauphins, *T. truncatus*, (Evans *et al*., 1993), les cachalots, *P. macrocephalus* (Mate *et al*., 1994). Enfin, les sons générés lors du battage de pieux ont été peu étudiés sur leurs effets dans l'environnement des cétacés.

2. Critères visuels d'identification des espèces recensées

L'identification des cétacés peut être réalisée selon des critères morphologiques (taille, forme ou volume). Elle peut être également anatomique (structure et organisation des organes), tissulaire et moléculaire. L'approche anatomique peut concerner l'étude de spécificités osseuses telles que le crâne ou la forme de l'os central du rostre chez les odontocètes. Par ailleurs, l'odontologie permet également de déterminer les espèces parmi les odontocètes car le nombre de dents, leur forme ainsi que leur position sur la mandibule sont caractéristiques. Actuellement, la biologie moléculaire, comme les analyses des séquences d'ADN, semble largement privilégiée pour des raisons de fiabilité et de facilité de normalisation. Ces différents caractères apportent des informations diverses et souvent complémentaires. Vivants, les mammifères sont reconnaissables dans leur milieu grâce à des clefs d'identification s'appuyant sur leur morphologie. Il s'agit dans cette section de préciser les critères visuels utilisés pour la discrimination des espèces recensées en mer.

2.1. Clefs d'identification interspécifique

Classiquement, la morphologie générale est le premier élément facilitant l'identification de l'espèce, ou *a minima*, du genre ou de la famille. Ainsi, les cétacés sont distinguables par leur taille ainsi que leur souffle en surface (à l'oblique gauche pour le cachalot, en forme de buisson pour la baleine à bosse). D'autres singularités peuvent être utilisées telles que la longueur des nageoires pectorales chez le mégaptère, les crêtes rostrales (ou carènes) chez le rorqual tropical, la forme de la tête chez le cachalot, l'allure de flottaison du cachalot nain, ainsi que la forme de la nageoire caudale pour la plupart d'entre eux. De manière générale, certaines clefs sont ainsi plus particulièrement utiles pour la reconnaissance des espèces en mer. Pour les espèces recensées dans cette étude, les critères de reconnaissance ont été ordonnés de la façon suivante (du plus visible au moins visible) :

- la taille et le profil corporel dans l'eau : partie visible, ligne de flottaison, type et célérité de nage mais également comportements et activités ;
- la nageoire dorsale : hauteur et largeur à la base, aspect droit ou falciforme, forme de l'apex et des bords de chute et d'attaque, placement au niveau du corps ;
- la nageoire caudale : forme et taille, ligne médiane, pigmentation et crénelure ;
- la forme du rostre : proéminence ou absence, longueur, présence de démarcation avec le melon, prognathisme éventuel ;
- les livrées : coloration générale du dos et des flancs, présence de cape ou de plastron, réseau de flammes ou de tâches, présence de diatomées ;
- la nature et le type le de certaines émissions sonores ;
- l'allure de la tête : arrondie, en pente, pointue, carrée, présence de bosse frontale.

Quatre autres catégories d'informations peuvent être précieuses dans l'exercice de reconnaissance des espèces. La première concerne la composition sociale du groupe, la présence de juvéniles (immatures) ainsi que le niveau de grégarisme ou d'isolement des individus. La seconde se base sur la proximité des animaux et leur réaction à la plateforme. La troisième concerne les activités en surface telles que la socialisation, le repos, le nourrissage ou les déplacements. La quatrième se base sur les comportements observés, tels que l'espionnage (tête dressée hors de l'eau), les sauts, les frappes de nageoires (caudales ou pectorales).

Certains cétacés sont particulièrement difficiles à discriminer et peuvent être confondus en mer.

Il s'agit de :

- *S. frontalis* et *S. attenuata* : les subadultes, rarement tachetés, se ressemblent ;
- *P. electra* et *F. attenuata* : la forme particulière de la tête (arrondie ou pentue) les distinguent, mais si elle n'est pas visible, la coloration de la cape, le grégarisme et le comportement sont primordiaux pour distinguer ces deux espèces ;
- *K. sima* et *K. breviceps* : quasiment jumelles en mer. La ligne de flottaison, le profil bossu du cachalot pygmée, la forme de la tête et surtout la dorsale, plus saillante et accentuée chez le cachalot nain permettent en général de les distinguer, souvent ultérieurement à partir de clichés photographiques ;

- *G. melas et G. macrorhynchus* : quasiment jumelles en mer. Les nageoires pectorales très coudées chez le globicéphale noir sont de longueur différente. La taille des adultes (variant de 4 à 7 mètres) et les connaissances sur la distribution de l'espèce permettent de les différencier ;
- *Ziphiidae* : Les baleines à bec posent très souvent des problèmes d'identification en mer, mais même à terre avec parfois de nombreuses photographies, essentiellement pour le genre *Mesoplodon spp.* En dehors de dents extérieures visibles chez le mâle mature, les discriminations au niveau de l'espèce peuvent être très ambigües, sauf pour la baleine à bec de Blainville qui possède un front assez plat et une mâchoire inférieure très arquée, et parfois la baleine à bec de Gervais dans des conditions météorologiques optimales. *Ziphius cavirostris,* unique représentant de ce genre, a pour sa part, une tête très caractéristique sans démarcation (en forme de tête d'oie et aux colorations marquées), souvent visible en mer, ce qui facilite généralement sa détermination.

2.2. Clefs d'identification intraspécifique

Malgré les règles communes, certains individus peuvent présenter de fortes variations à l'intérieur d'une même espèce, comme la forme de la nageoire dorsale chez le rorqual tropical (Shirihai et Jarrett, 2006). Ces variations sont également notées en acoustique, que ce soit entre les espèces ou à l'intérieur d'une même espèce. Généralement, elles sont notées à partir de divergences morphologiques, de différences d'habitats préférentiels, de variations de régimes alimentaires (Mead et Potter, 1990) et *à priori,* ne sont pas issues de métissage, comme les cétacés hybrides. En général, certaines espèces de cétacés sont reconnues géographiquement sympatriques, c'est-à-dire que les individus ne s'hybrident pas sur des aires de répartition pouvant être communes ou adjacentes à celles d'autres espèces. Elles peuvent néanmoins présenter morphologiquement des formes distinctes au sein d'une même espèce, initialement considérée monotypique.

C'est la raison pour laquelle il est suggéré que certaines espèces de cétacés présentent des formes dites écotypes. Ces dernières peuvent être allopatriques et ainsi être isolées géographiquement, donc isolées au niveau reproducteur, alors qu'elles appartiennent à la même espèce. Parfois, elles sont parapatriques, cumulant une sympatrie géographique et une allopatrie écologique, ce qui implique qu'elles peuvent échanger des flux génétiques. Ces considérations sont très importantes pour deux raisons.

En premier lieu, parce que la présence territoriale de ces variétés, bien que délicate à prouver sur la base de critères morphologiques, peut mettre en évidence des hypothèses sur le rôle que jouent ces écotypes dans l'écosystème étudié. En second lieu, cela ouvre des perspectives de travail pour différencier génétiquement ces formes.

Ainsi, Natoli *et al.* (2004) suggèrent que l'écotype peut être considéré comme une unité taxonomique différente. C'est ainsi que LeDuc *et al.* (2007) tentent de vérifier si les trois écotypes de *O. orca* peuvent être considérés génétiquement comme des espèces distinctes. Leur travail, consiste à analyser la "région de contrôle ADN mitonchondrial", provenant de différents écotypes d'orques. La comparaison des molécules d'ADNm est faite entre la région Antarctique, mais également à partir d'échantillons d'orques du nord du Pacifique et d'autres régions du monde.

La conclusion de cette étude montre une faible variation mitochondriale pour cette espèce (+1.2% pour les divergences maximales entre toutes les séquences). Dans ce travail, les auteurs s'interrogent sur les similitudes mitochondriales en regard des différences morphologiques externes importantes pour des écotypes considérés isolés au niveau des échanges génétiques. Un second exemple (Caballero *et al.,* 2011) est rapporté pour l'espèce *T. truncatus*. L'analyse de 158 séquences d'ADN mitochondrial et par ailleurs, l'usage de marqueurs microsatellites nucléaires, sont réalisés sur 6 populations différentes de grands dauphins des Caraïbes (Honduras, Colombie, Porto Rico, Bahamas, Cuba et Mexico). Les résultats démontrent l'existence d'au moins deux écotypes de grands dauphins dans ces régions. Le premier concerne une forme côtière de *T. truncatus*, très abondante dans tous les pays échantillonnés, sauf le Honduras, ce que les auteurs expliquent de part un petit échantillon disponible pour cette région. Le second décrit autre forme dite « commune » (au sens mondialement répartie), ainsi présente en Caraïbes. Il est précisé que les haplotypes de ce dernier écotype, sont identiques à ceux décrits aux Azores et en Méditerranée.

2.3. Clefs d'identification individuelle

Le suivi des espèces par leur fidélité à des sites (Rossi-Santos *et al.,* 2007), leur espérance de vie et leur cycle de reproduction, tout autant que l'estimation de la taille des populations par photo-identification et ré observation (Hammond, 1986), nécessitent de pouvoir identifier et reconnaître les individus au sein de ces espèces. En outre, l'interprétation des interactions intra spécifiques (Grellier *et al.,* 2003), se base sur l'étude comportementale des individus composant une population. Les modèles existants proposent d'identifier visuellement (manuellement ou par des logiciels réalisant des comparaisons automatiques des images), les individus à partir de marques ou spécificités qu'ils possèdent sur des parties de leur anatomie, à condition que ces marques soient pérennes, comme c'est le cas pour une grande partie des cétacés. Ceci dit, cela exclut certaines marques liées souvent à une activité de socialisation ou liés à l'environnement, c'est-à-dire de manière générale, toutes les cicatrices superficielles et l'essentiel des parasites. Par ailleurs, les morsures de squalelets, *Isistius spp.*, semblent pouvoir faire l'objet d'identification, à conditions que leur répartition sur l'individu concerné, soit suivie dans le temps.

Ainsi, plusieurs marques naturelles, normalisées dans la communauté scientifique, peuvent être utilisées. Ce sont les patrons de coloration spécifique de la selle chez *O. orca,* les caractéristiques de la nageoire dorsale (bord d'attaque, bord de fuite, largeur, hauteur, entailles, encoches, lambeaux de peau) pour le grand dauphin (Würsig et Wûrsig, 1977), ainsi que certaines cicatrices accumulées dans les interactions avec les autres cétacés, les prédateurs et l'environnement. Les mêmes critères peuvent être utilisés pour les cachalots nains et les baleines à bec. Traditionnellement, la nageoire caudale (forme, symétrie, sillon médian et crénelure) est utilisée comme clef d'identification individuelle pour le cachalot. Pour les baleines à bosse, l'identification est réalisée en premier selon la pigmentation des lobes de la caudale, et est classée selon ce critère, comme décrit dans Rosenbaum *et al.,* (1995).

La dentelure et la forme de la nageoire caudale ne sont utilisées qu'en seconde lecture. Les faces droites et gauches de la nageoire dorsale complètent ensuite la fiche identitaire de l'animal. D'autres caractères plus marginaux (atrophie, malformation congénitale, prognathisme, etc.) peuvent compléter le suivi individuel de quelques individus, au moins à une échelle régionale.

Soulignons que l'identification peut se faire via des analyses génétiques et que la méthode d'identification par des marques identitaires nécessiterait, en acoustique, la reconnaissance d'une signature individuelle, ce qui, à ce jour, reste un sujet scientifique ouvert.

3. Cétacés des Petites Antilles

Cette partie dresse un inventaire des espèces observées dans certains secteurs de la Caraïbe. Il s'agit des Petites Antilles françaises (à l'exclusion de la Guadeloupe), des îles des eaux adjacentes à l'archipel de Guadeloupe et plus généralement des autres îles des Petites Antilles. Le but est de situer le cadre de cette étude dans un contexte caribéen.

3.1. Les espèces des Petites Antilles françaises

Pour cette catégorie d'îles, seule les observations réalisées en Martinique sont indiquées, selon les sources disponibles.

3.1.1. Martinique

Les baleines à bosse sont observées en Martinique (Mullin et Roden, 2000, Jérémie *et al.,* 2005, Van Canneyt *et al.*, 2009). L'orque, *O. orca,* est signalée au large de la Martinique (Ward et *al.,* 2001). Boisseau *et al.,* (2000) mentionne le dauphin à long bec, *S. longirostris.* Un rapport fait état de 6 espèces d'autres petits delphinidés dont 1 échouée (Jérémie *et al.*, 2005). Il s'agit du dauphin de Risso, *Grampus griseus* (G. Cuvier, 1812) ; du dauphin de Fraser, *Lagenodelphis hosei*, Fraser (1956) ; du dauphin tacheté pantropical, *S. attenuata ;* du péponocéphale, *P. electra ;* du grand dauphin, *T. truncatus* et du sténo, *S. bredanensis* (échoué). De plus, parmi les grands delphinidés, les auteurs recensent le globicéphale tropical, *G. macrorhynchus* et le pseudorque, *P. crassidens,* puis chez les physétéridés, le cachalot, *P. macrocephalus* et le cachalot nain, *K. sima*. Dans leur étude, la baleine à bec de Cuvier, *Z. cavirostris*, est observée et celle de Gervais*, M. europeaus,* échouée. Le dauphin de Clymène est jugé probablement vu.

Par ailleurs, lors du survol aérien EXOCET, la présence du petit rorqual, *B. acutorostrata,* est mentionnée en Martinique (Van Canneyt *et al.*, 2009).

3.2. Les espèces des îles des eaux adjacentes à la Guadeloupe

3.2.1. Antigua

Rodin et Mullin (2000) indiquent la présence du dauphin tacheté de l'Atlantique, *S. frontalis*, au Nord-est d'Antigua.

3.2.2. Ile de La Dominique

L'orque, *O. orca* et le cachalot nain, *K. sima,* sont signalés à la Dominique (Evans, 1997). Avec 74 jours d'efforts, Gero *et al.* (2006) confirme la présence en côte-sous-le vent, de 9 espèces de delphinidés sur un total de 84 groupes observés toutes familles confondues. Il s'agit du sténo, *S. bredanensis* ; de l'orque pygmée, *F. attenuata* ; du grand dauphin, *T. truncatus* ; du globicéphale tropical, *G. macrorhynchus ;* du dauphin tacheté pantropical, *S. attenuata ;* du péponocéphale, *P.electra ;* du dauphin tacheté de l'Atlantique, *S. frontalis* ; du dauphin bleu et blanc, *S. coeruleoalba* et du dauphin de Fraser, *L. hosei*.

Le cachalot a été particulièrement étudié à la Dominique (Gordon *et al.,* 1998 ; Gero *et al.*, 2006, 2007). En outre, la baleine à bec de Cuvier, *Z. cavirostris*, est identifiée en côte-sous-le-vent de cette île (Boisseau *et al.,* 2000 ; Gero *et al.,* 2006).

3.2.3. Montserrat

Plus récemment, Weir *et al.* (2011) inventorient les cétacés autour de Montserrat en décembre 2007 et mai 2010. 168 heures furent consacrées à l'observation visuelle des espèces incluant 79% de temps combiné avec les tirs sismiques. Parmi les petits delphinidés, le dauphin tacheté pantropical, *S. attenuata* et le dauphin de Fraser, *L. hosei,* sont signalés. Par ailleurs, une observation opportuniste est enregistrée pour l'orque pygmée, *F. attenuata*. Les auteurs précisent que le cachalot, *P. macrocephalus,* est détecté par acoustique.

3.3. Les espèces des autres îles de la Caraïbe

3.3.1. Antilles néerlandaises et autres îles

Debrot *et al.* (2011) s'intéressent au recensement de la biodiversité les cétacés de la ZEE des Antilles néerlandaises qui inclut la partie hollandaise de Saint-Martin. Entre 1998 et 2006, ils recensent 19 espèces de cétacés (vues ou échouées) dont 8 taxons dans le secteur de la côte-au-vent (Saba, Saint-Eustache et Saint Martin pour la partie hollandaise). Sur 82 observations dans ce secteur géographique en particulier, 45% concernent la baleine à bosse pour cette zone de 22 000 km². Pour la partie sud de Saint-Martin, le grand dauphin, *T. truncatus* et le dauphin à long bec, *S. longirostris*, sont comptabilisés de façon certaine et 12 espèces de delphinidés sont notés probablement présents. Parmi les espèces échouées, le cachalot nain, *K. sima* et la baleine à bec de Cuvier, *Z. cavirostris* sont reconnues. Les baleines les plus rencontrées dans les Antilles néerlandaises, sont des mysticètes principalement de l'espèce *B. edeni* (Debrot *et al.*, 2011). Ces rencontres sont évaluées à 10% du total des observations (197 toutes espèces de cétacés confondus depuis 1998) ou des échouages (6 échouages de grandes baleines dont *B. edeni*).

D'autres lieux ont été associés à des occurrences de cétacés. Le cachalot pygmée, *K. breviceps,* est signalé à Grenade par Boisseau *et al.* (2000), *S. attenuata* et S. *coerueoalba* le sont dans le sud-ouest de la Caraïbe (Jefferson *et al.*, 1994) et Swartz *et al.* (2001) indiquent que le petit rorqual, *B. acutorostrata,* est la 2e espèce enregistrée acoustiquement dans une étude menée à Porto Rico.

3.4. Mouvements inter-îles en Caraïbe

Par ailleurs, certaines recherches renseignent des observations d'espèces sur plusieurs îles caribéennes, à partir de synthèse d'échouages, de données historiques de chasse ou d'analyse de mouvements, comme indiqué dans l'état de l'art en Guadeloupe. Au niveau caribéen, les baleines à bec sont particulièrement représentées dans une synthèse des échouages (de 1965 à 1993) réalisée autour d'Anegada, des Îles Caïmans, de Cuba, de la République Dominicaine, de la Jamaïque, des Antilles néerlandaises, de Porto Rico, de Trinité et Tobago et des Îles Vierges américaines (Rosario-Delestre *et al.,* 1999). Il est indiqué 8 échouages pour la baleine à bec de Blainville, *M. densirostris et* 14 échouages pour la baleine à bec de Gervais, *M. europeaus.*

Le cachalot est la 2ème espèce la plus rencontrée dans le nord-est de la Caraïbe (Mullin et Roden, 2000).

Par ailleurs de longs déplacements entre des îles non voisines (entre la Dominique et Sainte Lucie) sont indiqués par la ré observation entre 1995 et 2005, de 2 individus (Gero *et al.,* 2007). Ainsi, le plus long déplacement enregistré dans cette étude par recapture d'une mère et juvénile, est estimé à environ 460 km pour, ce qui est intéressant en comparaison des capacités moyennes pour les mères et jeunes, c'est-à-dire estimées entre 1 000 à 1 500 km (Whitehead, 2003).

Concernant les mysticètes, le rorqual boréal, *B. borealis*, Anderson (1879), la baleine bleue, *B. musculus et* le rorqual commun, *B. physalus,* ont été observés dans la région des Grandes Antilles selon Ward *et al.* (2001). L'analyse de journaux de bord de baleiniers en Caraïbe, sur une période de 1823 à 1889, souligne que la description faite par certains chasseurs des nageoires dorsales, pourrait suggérer qu'il s'agissait d'espèces telles que le rorqual commun, le rorqual boréal ou le rorqual tropical Reeves *et al.* (2001). Les populations de baleines à bosse ont également fait l'objet de nombreux programmes de recherche dans la Caraïbe. La population de l'Atlantique Nord migrerait depuis les côtes nord-est américaines et canadiennes, l'Islande et le Groenland où elles s'alimentent principalement l'été, vers la zone des Caraïbes où elles viennent se reproduire en hiver (Mitchell, 1983 ; Clapham et Mead 1999 ; Smith *et al*., 1999 ; Swartz *et al.,* 2001).

Les baleines à bosse sont ainsi observées dans l'ensemble de la chaîne des Antilles, de Puerto Rico au Vénézuela (Winn *et al*., 1975 ; Mattila et Clapham, 1989) pour des comportements reproductifs et de parturition. Ces populations ont 2 principales aires de reproduction et de mise bas dans les Caraïbes : le bassin caribéen ouest et la zone caribéenne nord atlantique. Les plus grandes concentrations pour cette espèce sont situées dans les secteurs de Silver Bank, Navidad Bank et Samana, au nord de la République Dominicaine et dans la partie nord de la chaîne antillaise (Balcomb et Nichols, 1982 ; Clapham et Mead, 1999 ; Smith *et al.,* 1999). Donc, les Petites Antilles et le sud-est caribéen seraient dans une moindre mesure une aire de migration de ces populations de l'Atlantique Nord en hiver boréal selon Winn *et al*., (1975). Les nombreuses observations notées depuis quelques dizaines d'années dans le Sud-est du bassin caribéen amènent Reeves *et al.,* (2001) à suggérer un changement actuel des zones de fréquentation des habitats des baleines à bosse en hiver boréal.

Toutes ces espèces de mysticètes migrent de façon généralement saisonnière, sauf le rorqual tropical qui se déplace sur de moins grandes distances, principalement entre des latitudes situées au 40 degrés nord et sud. Le caractère généralement hauturier de ces animaux, la mobilité de la plupart de ces espèces et leur distribution peuvent expliquer le peu de connaissances actuelles sur leur niveau de fréquentation dans les Petites Antilles.

Cette revue non exhaustive des espèces observées dans les autres endroits de la Caraïbe est une base de connaissances utiles pour positionner le cadre de ce travail pour deux raisons principales. La première est que l'inventaire des espèces donne pour chaque territoire une indication générale des niveaux de richesse spécifique et de ce fait, une base préliminaire de comparaison inter-îles. La seconde suggère que la compréhension des mouvements des cétacés à l'échelle de la Caraïbe peut permettre d'apprécier différemment la variation de la distribution d'espèces étudiées à l'échelle d'une seule île. Par analogie, cela permet de proposer un statut régional pour ces espèces, à partir du milieu étudié.

II. LE MILIEU ÉTUDIÉ

La zone Caraïbe a été classée dans un des 25 "hot spots" mondiaux de la biodiversité terrestre et marine. Cette qualification implique plusieurs caractères attribués à la biodiversité, comme un endémisme élevé (incluant la rareté des espèces), ainsi que la fragilité due à la perte d'habitat pour les zones terrestres (Myers *et al.*, 2000). Pour la biodiversité marine, Robert *et al.* (2002) qualifient la notion de "hot spot" avec des mesures quantitatives du degré d'endémisme relatif à plusieurs taxons ainsi que les menaces pour la région. Ainsi, le "hot spot" caribéen représente 2,9% des espèces endémiques mondiales pour les vertébrés uniquement, avec moins de 0,5% de la surface mondiale totale considérée, évaluée à 4 millions de kilomètres carrés d'océan (http://www.biodiversityhotspots.org).

Parmi les îles des Caraïbes classées comme dans ce "hot spot", on trouve principalement trois grands groupes d'îles entre le nord et l'Amérique du Sud : les Antilles du Nord (Bahamas et les îles Turques-et-Caïques), les Petites Antilles, et les Grandes Antilles (Porto Rico, la Jamaïque, Cuba, et Hispaniola, qui comprend la République Dominicaine et Haïti). L'archipel de Guadeloupe est inscrit dans ce profil d'écosystème. Cette seconde partie en présente à la fois les caractéristiques physiques, mais également biotiques et abiotiques. Les facteurs qui ont été choisis pour ce travail sur les cétacés de l'archipel marin côtier de Guadeloupe sont également examinés.

1. Cadre géographique de l'étude

1.1. Les Petites Antilles

Les Petites Antilles qui se composent d'une chaîne de 24 îles situées sur un arc d'environ 1 260 km entre Porto Rico et la côte du Venezuela, séparant géographiquement pour la majorité, la mer des Caraïbes et l'océan Atlantique. Elles et sont politiquement scindées en 12 juridictions différentes. Ces différentes îles sont historiquement réparties en « îles-du-vent » et îles « sous-le-vent ». Cette distinction, selon la dénomination française, vient du fait que les « îles-du-vent » sont orientées sur un axe principal nord-sud et elles reçoivent directement les vents alizés, comme les Petites Antilles françaises. Les îles « sous-le-vent » sont situées d'est en ouest et protégées des vents alizés par les îles précédentes (Fig.1).

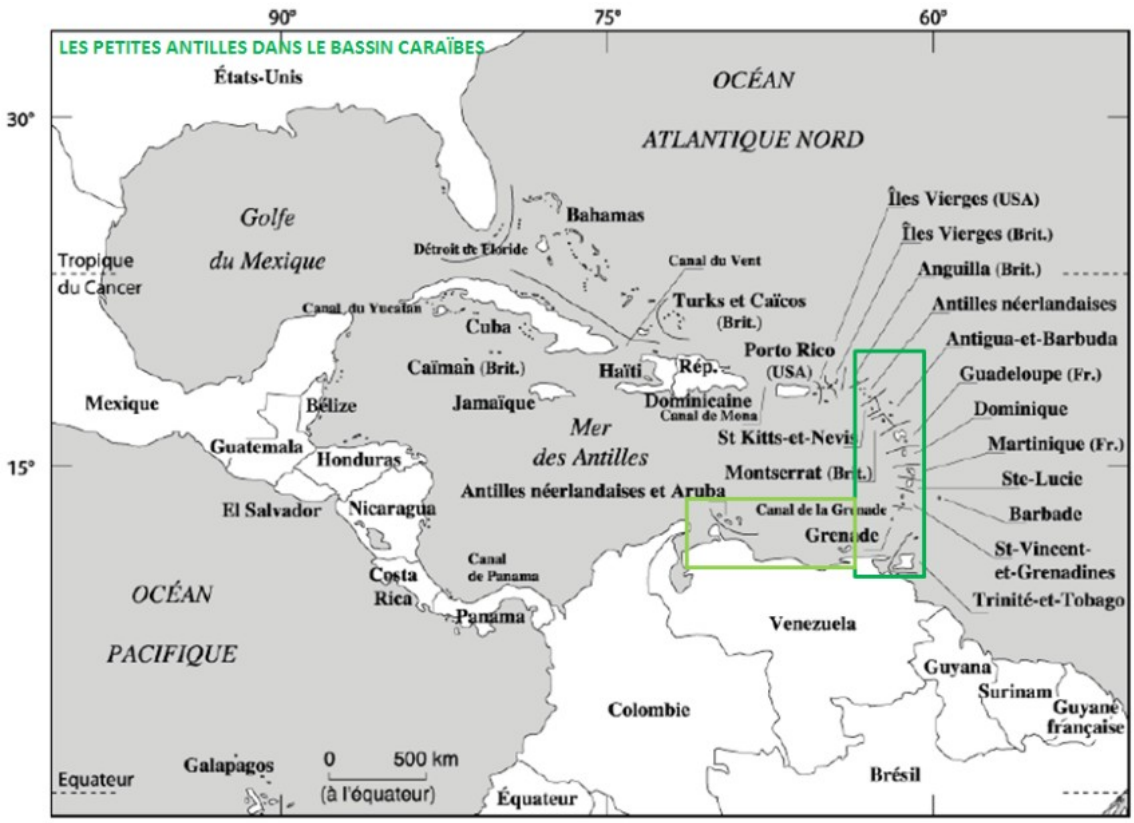


Figure 1. Les Petites Antilles dans le bassin des Caraïbes

LÉGENDE
Crédit source carte : F. Taglioni ; Réalisation : F. Bonnaud, Paris-Sorbonne (1998).
Adaptation avec zones colorées : Îles-du-vent des Petites Antilles. Îles-sous-le-vent des Petites Antilles.
Remarque : la Mer des Antilles est le second nom donné à la Mer des Caraïbes.

1.2. Les Petites Antilles françaises

Les Petites Antilles françaises comprennent administrativement, les îles de la Martinique, de Saint Barthélémy, de la partie française de Saint Martin ainsi que l'archipel de la Guadeloupe (Fig.2-a). Ces îles possèdent des caractéristiques géologiques contrastées. On trouve des zones calcaires, avec des reliefs peu marqués, à Saint-Martin et en Grande-Terre, à La Désirade, sur l'îlet de Petite-Terre ainsi que Marie-Galante pour l'archipel de Guadeloupe. Par contraste, un relief volcanique caractérise la Martinique, ainsi que pour la Guadeloupe, les secteurs de la Basse-Terre et de l'archipel des Saintes. La Zone Économique Exclusive (ZEE) des eaux territoriales françaises comprend deux zones de haute mer à l'est de la Guadeloupe et de la Martinique et partout ailleurs, elle est limitée par les ZEE des pays voisins. Selon la définition du SHOM[8] : « la Z.E.E est située au-delà de la mer territoriale et adjacente[9] à celle-ci. Elle ne s'étend pas au-delà de 200 milles nautiques des lignes de base à partir desquelles est mesurée la largeur de la mer territoriale. Cette dernière est définie selon ses eaux intérieures, à une zone de mer dont la largeur de mer territoriale ne dépasse pas 12 milles nautiques, mesurés à partir des lignes de base[10], sous réserve d'accords avec les États voisins dont les côtes sont distantes de moins de 24 milles. Le sanctuaire des mammifères marins AGOA (près de 143 000 km²) est exactement équivalent à la ZEE des eaux territoriales des Antilles françaises et il inclut les eaux archipélagiques de Guadeloupe (Fig.2a-b).

[8] http://www.shom.fr/fr_page/fr_shom/delimitations_maritimes.htm.
[9] Ou mer contigüe.
[10] Moyenne des eaux à marée basse.

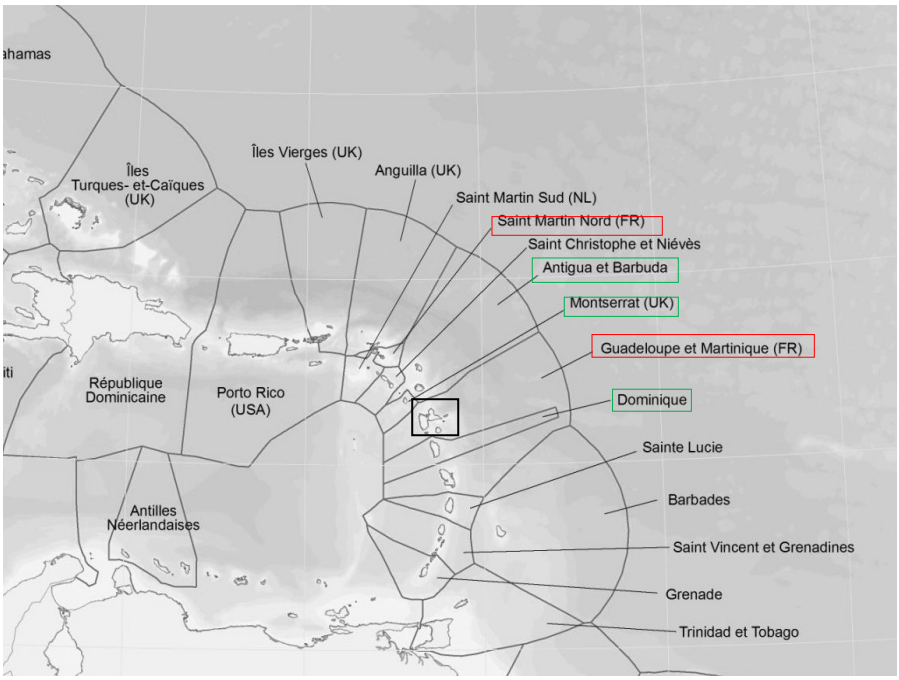


Figure 2-a. Carte des Grandes Antilles

LÉGENDE
- ❑ Îles des Petites Antilles françaises
- ❑ Îles des eaux adjacentes à la Guadeloupe
- ❑ Archipel de Guadeloupe

Crédit carte : AAMP

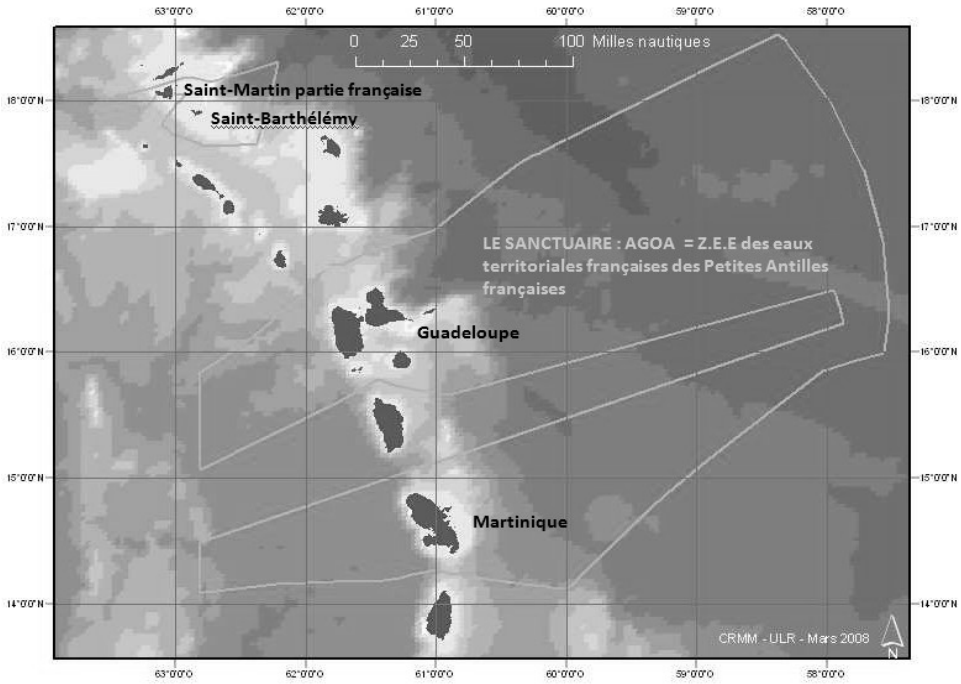


Figure 2-b. Limites du sanctuaire AGOA et de la ZEE

LÉGENDE

Les limites de la ZEE (lignes blanches) ont été fixées par un décret du 29 juin 1971

Crédit carte : CRMM/2009.

1.3. L'archipel de Guadeloupe

L'archipel de Guadeloupe (1709 km²) est située par 16° de latitude nord entre le tropique du Cancer et l'Équateur sur 61° de longitude ouest (Chaperon *et al.,* 1983). Elle est composée d'une série de plusieurs îles dont les deux principales, sont séparées par un bras de mer « La Rivière salée »: A l'Ouest, la Basse-Terre (950 km²) est une partie volcanique avec comme point culminant le massif de la Soufrière qui est un volcan actif (1 467m). A l'Est, la Grande-Terre (570 km²), qui est la plus ancienne des deux îles, s'étend sur un vaste plateau à une altitude maximum de 135m.

De plus, l'archipel de Guadeloupe (Fig.3) inclut géographiquement trois îles principales voisines (Lassere, 1978). Il s'agit de l'archipel des Saintes (14 km²), des îlets de Petite Terre (0,8 km²), de La Désirade (25 km²) et de Marie-Galante (150 km²). L'axe le plus large en Guadeloupe (d'est en ouest) est de près de 70 km. Enfin, de part un contexte de frontière de plaques tectoniques, la totalité de l'Archipel guadeloupéen est classée en zone pouvant être soumise à certains risques naturels, comme une sismicité forte, le volcanisme, ainsi que certains mouvements de terrain (Bureau de Recherches Géologiques et Minières, (BRGM, http://www.brgm.fr)).

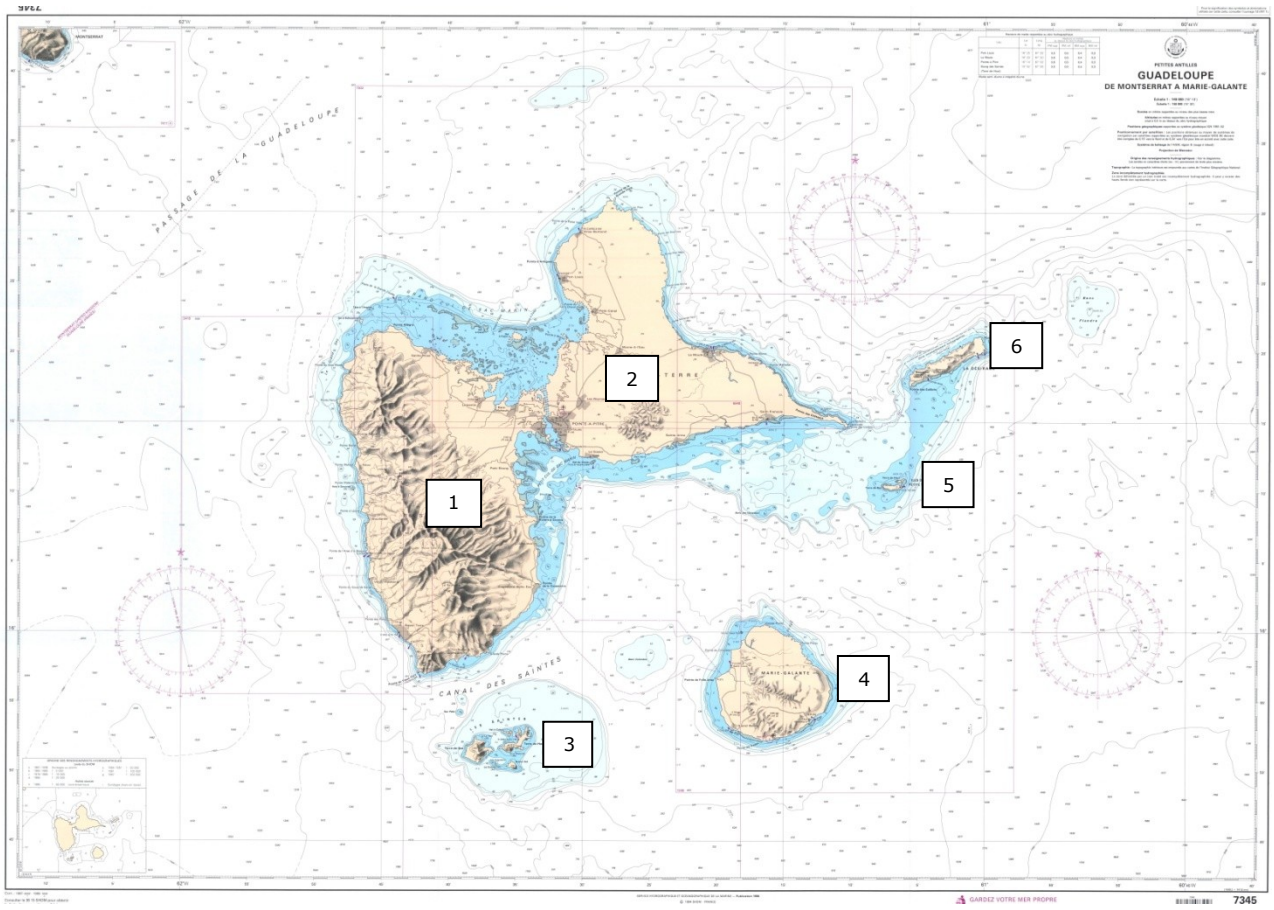


Figure 3. L'archipel de Guadeloupe

LÉGENDE
Vignettes nominatives ajoutées : 1) Basse-Terre. 2) Grande-Terre. 3) Archipel des Saintes. 4) Marie-Galante. 5) Les îlets de Petite Terre. 6) La Désirade. Les surfaces bleues délimitent les isobathes 20m et 200m.
Crédit carte : Carte marine 7345 ©SHOM (1994). Système géodésique IGN 1951-52. Projection de Mercator. Échelle 1 : 149 000 (16°13').

2. Paramètres physiques et océanographiques en Guadeloupe

Selon la classification de Köppen (1918), les climats peuvent être catégorisés selon plusieurs critères comme les précipitations, les températures et le climat général. Rubel et Kottek l'actualisent en 2010. Selon leur classification, la Guadeloupe présente un climat tropical « Aw », la première lettre signifiant un climat équatorial avec niveau d'humidité élevé et la seconde, la présence d'une saison sèche en hiver.

2.1. Les facteurs climatiques

2.1.1. Généralités sur le climat tropical

Un climat tropical océanique caractérise la Guadeloupe avec une humidité relative de l'air dépassant le plus souvent 80%, une température élevée stable avec une moyenne annuelle de 27°C (Bertran *et al.,* 2004) et une forte insolation (Bonhomme *et al.,* 1973). Globalement, les variations de températures durant les saisons ou intersaisons présentent peu de différences par rapport à un climat tempéré. Ainsi, Météo France (1971 à 2000), indique des minima et maxima pour la saison sèche respectivement, de 20°C (février) à 31,5°C (juin), et pour la saison humide, une variation de 22°C (novembre) pour la valeur moyenne la plus basse à 32°C (août) pour la valeur moyenne la plus élevée.

2.1.2. La pluviométrie

Un climat tropical est déterminé également par les précipitations. Elles varient en fonction de la morphologie des îles ainsi que les saisons. Le profil orographique et les différenciations morphologiques de la Basse Terre et de la Grande Terre, les placent en 2 hydro-régions de premier niveau (Wasson *et al.,* 2004) se répercutant sur les régimes pluviométriques tant saisonniers qu'inter annuels (Rossignol *et al.,* 1987).

2.1.3. Les vents

L'alizé est un vent des régions intertropicales (zone dite de Hadley entre l'équateur et 30 degrés nord et sud) soufflant d'est en ouest et plus précisément, du nord-est au sud-ouest de façon régulière. En Guadeloupe, selon Météo France, le flux d'alizés s'installe en général à la fin de l'année et sur le premier trimestre de l'année et se renforce ensuite. Cependant, cela peut varier d'une année à l'autre et par exemple en 2008 et 2010, l'alizé a été assez soutenu dès le mois de décembre. Le littoral de la Mer des Caraïbes est plus protégé des précipitations, et à moindre échelle des alizés soufflant d'est en ouest dans les régions intertropicales, du niveau de la mer à en moyenne 2000m d'altitude. Les dépressions tropicales en Guadeloupe, se forment à partir de vents modérés et de masses pluvieuses, vers le large du Cap-Vert, dès que la température de l'Atlantique dépasse en moyenne 27°C. Selon Météo France et Sxm Cyclone[11] (la tempête tropicale, puis la formation cyclonique, démarrent dès que les vents oscillent entre 63km/h et 117km/h. Au-delà de 118km/h, dans la classification météorologique, il s'agit d'un ouragan.

2.1.4. Effets des facteurs climatiques sur la saisonnalité

Deux saisons sont décrites en Guadeloupe. La saison sèche va de janvier à juin et la saison humide, de juillet à décembre. Plus finement, Météo France[12] distingue deux périodes. La première est celle de « Carême », se situant de février à avril et la seconde, est la saison d'hivernage, de juillet à octobre.

[11] http://www.sxmcyclone.com/.
[12] http://www.meteo.gp/Climat et http://www.meteo.fr/temps/domtom/antilles.

Entre ces deux périodes, les intersaisons sont plus ou moins marquées par des évènements climatiques, ce qui peut expliquer en partie les variabilités temporelles et spatiales de la pluviométrie dans l'archipel. En résumé, la période sèche, incluant la saison carême, est anticyclonique, soumise à la prévalence des Alizés, généralement peu pluvieuse et assez ensoleillée. A l'inverse, la saison humide, comprenant la saison d'hivernage, est humide avec des averses souvent intenses. Compte tenu de la remontée de l'anticyclone des Açores vers le nord et du rapprochement vers les Antilles de la Zone Intertropicale de Convergence (ZIC) les changements saisonniers tropicaux et les précipitations sont influencés.

A partir des informations de la NASA (http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD), on peut résumer ce phénomène en une formation nuageuse entourant la terre près de l'équateur, où les alizés des hémisphères nord et sud se rejoignent. Ainsi des déplacements d'air sont générés vers les zones de pression plus basse, où l'humidité se libère à travers des orages.

2.2. Les paramètres océanographiques en Guadeloupe

2.2.1. La marée et la houle

En termes d'hydrodynamisme, les eaux de surface se caractérisent par une circulation complexe, du fait de l'existence de deux grandes baies, au sud et au nord de l'île. Près du fond, un effet de marée bien marqué est souligné par des courants rotatifs à semi-rotatifs (Pujos *et al.,* 1992). Le marnage dépasse rarement 1 mètre autour des 2 îles, et l'onde de marée, mesurée actuellement par des marégraphes fixes et mobiles (campagne SHOM, Service Hydrographique et Océanographique et le PAB, Port autonome de Bordeaux, 2004) s'avère inégale en Guadeloupe, avec 2 pleines mers et 2 basses mers par jour (Pujos *et al., op. cit*.). Des variations de houle remarquables en saison cyclonique (de 6m à 9m) contrastent avec une amplitude moyenne en Guadeloupe (de 0,25 à 1,25m dans 75% des cas) qui s'accroît près des côtes atlantiques et dans les zones « au vent », ainsi que dans les zones inter-iles. Le niveau de la mer est plus haut (de 30 à 40 cm) en façade atlantique par rapport à la côte caribéenne (SHOM, 1973).

2.2.2. La circulation hydrologique et la courantologie

Les vents transfèrent à l'océan la moitié de leur énergie par frottement ; ils induisent les courants océaniques de surface, qui transfèrent la chaleur à l'atmosphère sous d'autres latitudes. Le couplage est permanent (Kennish, 1989). En courantologie, selon le programme de suivi des eaux littorales, la zone antillaise est un point de convergence de deux des courants les plus importants de la zone atlantique : le courant équatorial nord, compris entre 25°N/10°N en été et 25°N/5°N en hiver et le courant équatorial sud, le plus étendu (entre 20°S et 3°N), renforcé durant la saison des alizés (Dossier S.I.E.E. A. CT, DIREN Guadeloupe, 2002). Ainsi, le premier se prolonge par le courant des Antilles, qui lui-même ensuite contribue avec le courant de Floride au Gulf Stream dont une partie continue vers l'est : c'est la dérive nord atlantique. Les courants de surface sont induits principalement par la circulation atmosphérique et donc l'alizé en particulier pour la zone étudiée.

Dans les régions tropicales nord et sud, les alizés génèrent des cellules de courants circulaires anticycloniques qui convergent vers l'équateur. Les phénomènes El Niño et inversement la Niña sont des anomalies cycliques caractérisées par le réchauffement des eaux superficielles de la mer (El Niño) ou son refroidissement (La Niña).

Ces phénomènes sont issus d'oscillations thermiques entre le centre de l'Océan Pacifique jusqu'aux côtes du Pérou et de l'Equateur à l'est. En 1997 et 1998, El Niño a été intense et a eu certaines répercussions en Guadeloupe par un affaiblissement des alizés entrainant une sècheresse relativement plus importante, enregistrée par Météo France ainsi qu'une activité cyclonique moins active. A l'inverse, La Niña génère une humidité relative ainsi qu'une pluviométrie élevée avec une activité cyclonique intense, comme cela fut le cas en 1998 en Guadeloupe. Ce phénomène modifie également la thermocline, zone de transition entre les eaux profondes et superficielles. Concernant la thermocline, zone de transition thermique entre les eaux superficielles et les eaux profondes, nous n'avons pas trouvé d'informations documentées pour la Guadeloupe.

2.2.3. La température de surface de l'eau et la salinité

Les statistiques données par Belkin *et al.* (2009) pour l'écosystème caribéen marin indiquent des tendances d'évolution des températures de surface, en 3 grandes phases de variation durant les 50 dernières années :

- refroidissement jusqu'à 1974 ;
- une phase froide, avec deux phases importantes de refroidissement des eaux de surface entre 1974 à 1976 pour la première, puis 1984 à 1986 pour la seconde, interrompue par une période de température chaude record (28,2°C en 1969), confinée à la Mer des Caraïbes ;
- enfin, un réchauffement depuis 1986 supérieur à 0,6°C, avec une zone de transition marquée en 1985.

Il est établi une limite de salinité, halocline, à une centaine de mètres de profondeur, sachant que, par différence de densité, l'eau moins salée reste en surface. Les variations de la salinité de surface en moyenne mensuelle sur un carré de 1° de longitude par 1° de latitude centré sur la Guadeloupe entre 1970 et 2002 sont relativement représentatives de l'évolution régionale en Mer des Caraïbes (Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique, ONERC/IRD, http://onerc.org/indicateur/graph/1609). La courbe d'évolution présentée par cet observatoire, indique une nette tendance à la salinisation des eaux de surface de l'ordre de +0.18 psu par période de 50 ans. Plus en détail, le minimum de salinité noté en 32 ans avoisine 34,40 grammes par litre d'eau de mer en 1997 et le maximum 35,90 grammes par litre en 1971, 1972 et 1993. La salinité moyenne en Guadeloupe est de l'ordre de 35,20 grammes par litre, avec des variations néanmoins importante selon le milieu humide (mangrove, rivage, milieu côtier). Concrètement, cela signifie une concentration de sels ici en parties par mille (‰), soit dans le cas moyen, 964,8 g d'eau pure et 35,2 g de sels.

2.3. Caractéristiques de l'écosystème marin de l'archipel de Guadeloupe

L'archipel de Guadeloupe présente des écosystèmes remarquables, dont le milieu marin. Gaston et Williams (1996) indiquent que de manière générale, les écosystèmes tropicaux chauds sont plus riches en groupes taxonomiques (familles, genres, espèces) que les écosystèmes tempérés froids à des latitudes élevées. Cela peut s'expliquer en partie par le fait que les milieux tropicaux favorisent les conditions du développement de la production primaire (végétaux chlorophylliens) et de ce fait, la croissance et la reproduction des consommateurs jusqu'au dernier niveau trophique.

2.3.1. Nature et structure des fonds marins

La variété topographique et une large gamme de substrats au sein de la zone d'étude lui permettent le soutien du développement de certaines communautés écologiques. La superficie des fonds marins en Guadeloupe est quasiment équivalente à sa surface territoriale, c'est-à-dire 1 780 km^2 (Augris *et al*., 2003). Les fonds marins des plateaux insulaires (fonds de 0 à 100m) de l'archipel de la Guadeloupe et de la Martinique ont fait l'objet d'une reconnaissance géologique détaillée, à l'aide de techniques comme l'imagerie du sonar à balayage latéral, l'analyse d'échantillons de sédiment et les prises de vue sous-marines. Les cartes des deux îles, initialement produites à l'échelle 1/25000, ont été regroupées en un document unique à l'échelle 1/100000 (Augris *et al.,* 1992, 2000, 2003). Ces fonds marins sont principalement constitués de récifs coralliens dispersés, de sédiments meubles (vases, sables…).

Ils sont caractérisés par une différence marquée entre l'est et l'ouest des 2 îles la composant. Côté Mer des Caraïbes, les fonds sont volcaniques à la périphérie de Basse-Terre. Le relief des fonds marins de cette zone correspondant à la partie maritime de la Basse-Terre à l'ouest, correspond à une géologie tectonique avec un tombant régulier important (sans plateau ou canyon nettement délimité). A l'inverse, sur la façade atlantique, le plateau est présent du Petit-cul-de-sac marin jusqu'au sud de Marie-Galante, sans tombant. La superficie des fonds marins compris entre 0 et 100 m est d'environ 1 600 km2 pour la Guadeloupe. Le plateau insulaire se présente comme un vaste ensemble à dominante corallienne, limité vers le large par un escarpement important dont le dénivelé atteint parfois plusieurs centaines de mètres (Augris *et al*., 1992). Selon les auteurs, ces vastes régions sous-marines peu profondes s'étendent jusqu'à environ 10 milles nautiques des côtes « au vent ».

Cet environnement bénéficie en saison cyclonique d'apports sédimentaires importants (Augris *et al*., 1992) grâce à l'action de vents intenses sur les masses d'eau avec un brassage allant jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 50 à 60 m. A l'inverse, pendant la période de l'alizé, les sédiments sont moins mobiles, sauf aux abords des récifs coralliens, des baies et des zones situées entre le rivage et les récifs. Les pentes abruptes du plancher océanique, comme ceux associés au plateau continental offrent ainsi des possibilités de remontées en surface d'eaux riches en éléments nutritifs par l'action des courants en eau profonde.

2.3.2. Faunistique et floristique côtières

La Basse-Terre est caractérisée sur son versant atlantique par des franges d'origine corallienne. La côte caraïbe de la Basse Terre possède des fonds rocheux supportant des formations coralliennes dont la biodiversité est la plus élevée de l'île. Le côté méridional de Grande Terre présente une ligne discontinue de récifs frangeants peu développés. Les côtes nord-est et nord-ouest sont essentiellement constituées par des falaises et dépourvues de récif, sauf sur quelques zones. Les autres petites îles ou ilets de l'Archipel sont majoritairement bordés de récifs frangeants et de formations coralliennes sur fonds rocheux. Les formations coralliennes sont disposées en crêtes, barres, massifs ou platiers (Augris *et al.,* 1992). L'environnement côtier des l'îlet de Petite-Terre est décrit par Bouchon *et al.* (1995) et de nombreux rapports ont été rédigés par Bouchon et Louis entre 1987 et 1997 sur les spécificités biologiques et écologiques de certaines îles (Saint Martin, Marie-Galante). 52 espèces de coraux ont été recensées dans l'archipel Guadeloupéen (Bouchon et Laborel, 1990).

Plusieurs contraintes, d'origine naturelle ou anthropique, ont contribué à la dégradation de certaines communautés de l'Archipel comme les récifs coralliens (Bouchon, 1995, 1997). Il s'agit de l'augmentation de la fréquence des cyclones, la prolifération des algues due à l'eutrophisation du milieu côtier, la surexploitation de certaines ressources halieutiques, l'érosion des habitats ainsi que le réchauffement climatique. La dégradation de ces récifs coralliens a commencé dans les années 1950 (Bouchon et Laborel, 1990) et aujourd'hui, le pourcentage de tissus nécrosés sur les colonies de corail varie entre 11 et 56% selon les sites (Bouchon *et al*., 2008a). Par ailleurs, des communautés d'algues ont supplanté les communautés coralliennes avec une dominante de macro algues brunes telles que les sargasses (Bouchon *et al.,* 2008b).

En plus des coraux, la biodiversité marine de Guadeloupe, dans son ensemble, est remarquable et très documentée pour les autres écosystèmes et les espèces inféodées, telles que :

- Les algues (Renoux-Meunier, 1977 ; Garrigue, 1985) ;
- Les herbiers de phanérogames marines : *Thalassia testudinum,* entre 0 et 10 à 15m, et *Syringodlum* filiforme au-delà (Bouchon *et al*., 2002) ;
- Les mangroves avec la dynamique de communautés de poissons (Louis, 1983) ;
- Les spongiaires : 73 espèces d'éponges dénombrées sur les îles de Saint-Barthélemy et Saint-Martin à l'occasion de la mission ECORECIF ;
- Les gorgones : 66 espèces ont été observées en Guadeloupe (Philippot, 1987) ;
- Les mollusques terrestres et dulçaquicoles: d'après Pointier *et al.,* (1990), environ 570 espèces ont été recensées dans l'archipel Guadeloupéen ;
- Les crustacés : un premier inventaire non exhaustif effectué par Bourgeois-Lebel (1982) fait état d'une soixantaine d'espèces de crustacés. Par ailleurs, cinq espèces de langoustes sont signalées dans les Antilles (Farrugio, 1975) ;
- Les poissons : environ 300 espèces de poissons fréquentent les côtes de la Guadeloupe (Louis, 1983 ; Baelde, 1986 ; Aliaume, 1990 ; Bouchon-Navaro, 1997). Les peuplements de poissons des récifs coralliens présentent une biodiversité élevée, plus importante sur les pentes externes récifales (environ 250 espèces) que sur les platiers (environ 100 espèces). Une étude réalisée par Bouchon-Navaro *et al.* (2005) a déterminé les facteurs principaux influençant les habitats des poissons récifaux sur plusieurs îles des Petites Antilles. Cette étude a été poursuivie en Guadeloupe par Kopp *et al.* (2007) sur le niveau et la nature de consommation d'algues par certaines communautés herbivores inféodées ;
- Les reptiles : d'après Fretey (1990), cinq espèces de tortues marines existent dans la Caraïbe. Il s'agit de *Dermochelys coriacea* (tortue luth), *Eretmochelys imbricata* (tortue imbriquée), *Chelonia mydas* (tortue verte), *Caretta caretta* (tortue caouanne) et *Lepidochelys olivacea* (tortue olivâtre). Trois espèces fréquentent les côtes de la Guadeloupe : la tortue imbriquée, la tortue verte et la tortue luth.

Aucun inventaire sur les céphalopodes (et en particulier dibranchiaux) ne semble avoir été documenté en Guadeloupe.

2.3.3. Productivité et équilibre des écosystèmes

Dans la région antillaise, les pêcheries artisanales reposent essentiellement sur deux grands types de ressources : les espèces démersales du plateau insulaire (espèces dites "récifales" car inféodées aux récifs ou aux biotopes associés) et les espèces pélagiques hauturières. Ces ressources halieutiques sont largement stimulées par la productivité importante d'écosystèmes côtiers. En effet, les panaches d'écosystèmes sont caractérisés en zone côtière Guadeloupe par des formations coralliennes, des mangroves et des herbiers de phanérogames marines qui sont parmi les écosystèmes les plus productifs au monde (Lewis, 1977). Ainsi, en termes de biotopes régionaux, les herbiers de phanérogames et les mangroves sont des zones d'alevinage importantes pour de nombreux peuplements de poissons et d'invertébrés (Bouchon-Navarro, 1997), qui rejoindront ensuite les récifs coralliens.

Des cartographies par télédétection des écosystèmes marins côtiers de la Guadeloupe (Grand Cul-de-sac marin, côte sud-est de la Basse Terre) ont été réalisées (Chauvaud et Bouchon, 1997), permettant de générer des documents faisant référence sur l'état actuel de ces biocénoses. La Figure 4 illustre la répartition de ces écosystèmes à l'intérieur de l'isobathe 200 (Bouchon *et al.*, 2002).

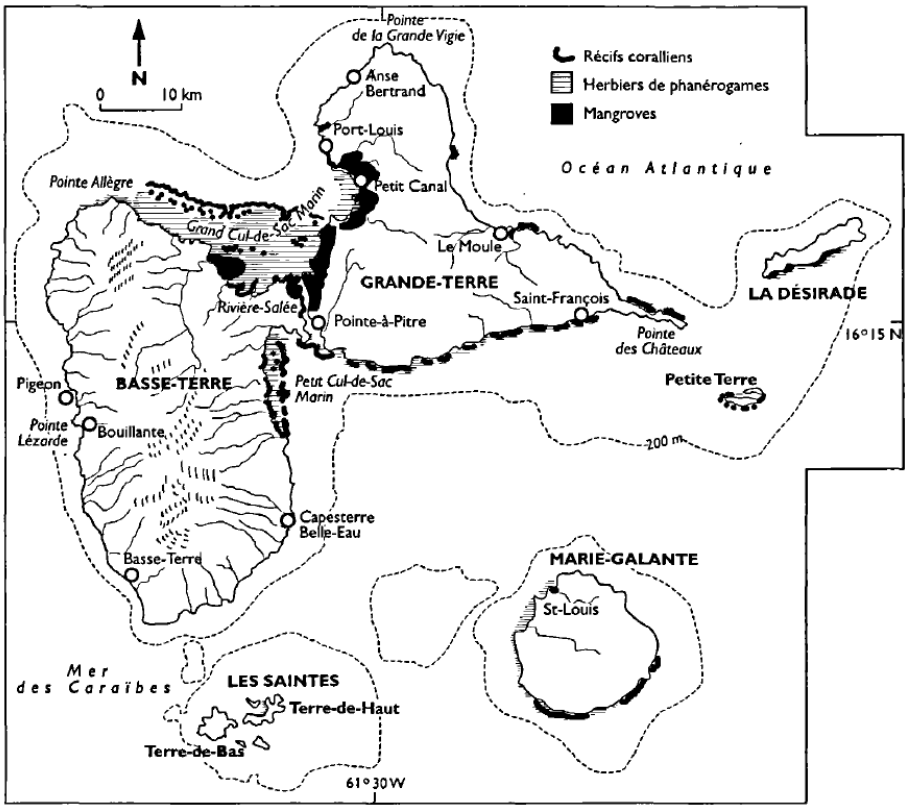


Figure 4. Les écosystèmes marins côtiers de l'archipel de Guadeloupe (Bouchon *et al.,* 1997).

Les forêts de mangrove productives sont trouvées dans des plaines inondables du littoral, sur les bancs de sable vaseux au large des côtes, et dans d'autres zones protégées. Les herbiers sont très souvent adjacents aux mangroves alors que les récifs coralliens et les mangroves sont eux rarement contigus pour des raisons de stress (Ogden et Gladfelter, 1986). C'est le cas du Petit-cul-de sac marin et du Grand-cul-de-sac marin.

3. Facteurs examinés dans cette étude

La géographie physique prend son importance quand on considère la distribution des cétacés, mais également leur abondance. Pourquoi les cétacés qui sont des animaux mobiles se concentrent-ils, sur une zone, voire une niche (Rice, 1998 ; Wiens et Graham, 2005) ? Quels sont les liens qui les lient à ces environnements et quels sont les facteurs qui affectent leur distribution ? Certains facteurs de la géographie physique d'un milieu semblent concernés prioritairement. Il peut s'agir de la température de surface (Kaschner *et al.,* 2006) couplée à la salinité (Tynan *et al.,* 2005), de la bathymétrie (Baumgartner *et al.,* 2001 ; Macleod *et al.,* 2004), de la nature des fonds marins (MacLeod *et al*., *op. cit.*) et d'autres facteurs océanographiques, tels que la courantologie (Thorne-Miller, 1999).

Le but de cette partie est d'indiquer les facteurs du milieu qui ont été retenus pour examen. Par ailleurs, d'autres facteurs océanographiques ont été évalués, car ils peuvent influencer quantitativement ou qualitativement les relevés. Il s'agit de la houle, du vent et de phénomènes climatiques particuliers.

3.1. Facteurs environnementaux et océanographiques retenus dans l'étude

Les facteurs considérés pour l'ensemble du peuplement sont : la latitude et la longitude (en valeurs décimales), la bathymétrie (en mètres), la distance en km aux principaux isobathes, c'est-à-dire « à la côte », « à l'isobathe 200m » pour la fin du plateau continental et « à l'isobathe 1 000m » pour le début du talus continental. De plus, la température de l'eau en surface (SST, en degré Celsius), la salinité (psu, practical salinity unit) et les données calculées de courantologie (vitesse en $m.s^{-1}$) ont été analysées uniquement pour la population de baleines à bosse.

3.1.1. La longitude et la latitude

Les coordonnées géographiques des observations ont été utilisées, d'une part parce qu'elles informent sur la répartition spatiale des cétacés et d'autre part, parce qu'elles conditionnent la mesure exacte de toutes les autres variables du milieu associées aux géo référencement des espèces.

3.1.2. La distance à la côte et aux isobathes 200m et 1000m

La distance à la côte est un élément important à considérer pour deux raisons. D'une part, ce gradient peut permettre de mettre en évidence des dynamiques côtières, voire de suggérer des usages de zones très littorales ou au contraire, fluctuant de la côté vers le large. Cela a été montré pour des populations de delphinidés au Brésil (Rossi-Santo *et al.,* 2006). D'autre part, ces informations permettent d'apprécier les raisons de cet usage, comme la nutrition pouvant expliquer la localisation côtière de nombreuses espèces de cétacés (Stevick *et al.* in Hoelzel, 2002). Parfois la distance à la côte, selon l'orographie, traduit des affinités bathymétriques, comme Zerbini *et al.* (2006a) le montrent sur des suivis de mouvements par télémétrie au Brésil. Il indique ainsi que les individus, sauf un, ont été généralement limité à la plate-forme continentale, au sein de l'isobathe de 200m. La présence d'espèces, considérées relativement homogènes, peut être déterminée par la prédominance d'un petit nombre d'écosystèmes ou d'une suite distincte de caractéristiques océanographiques, comme les proxys bathymétriques. Le proxy 200m isobathe est un proxy largement utilisé pour indiquer le bord du plateau car il correspond souvent à un écotone ou transition entre 2 écosystèmes, de façon marqué (Briggs, 1974). Un autre écotone suggéré pour les cétacés est l'isobathe 1000m, la zone entre 200m et 1000m pouvant être considérée comme le talus, compris dans la pente oscillant entre l'iso-200m et des profondeurs de 2000m.

3.1.3. La bathymétrie

Par ailleurs, la distribution de certains cétacés a été largement associée à des caractéristiques bathymétriques, comme dans le Golfe du Mexique (Baumgartner *et al.,* 1997, 2001). Les auteurs établissent une échelle d'équivalence, soulignant les pentes et les talus, correspondant à :

- plateau continental (0-199m) ;
- rupture du plateau (env. 200 m) ;
- talus supérieur (201-1000 m) ;
- la pente continentale (201-2000 m) ;
- la pente faible (1001-2000 m) ;
- eaux profondes (sup. à 2000m).

La profondeur peut être un facteur important pour comprendre la distribution des cétacés, avec une adaptation variable selon les espèces à l'alimentation à différentes profondeurs comme indiqué par Reeves *et al.* (2002), pour le cachalot. Ces cloisonnements ont été montré ailleurs pour les petits delphinidés avec parfois une prépondérance de ce facteur significative entre les espèces.

3.1.4. La température de surface et la salinité

Concernant la température des eaux de surface, il est noté que les eaux chaudes pourraient favoriser la croissance et la survie du baleineau, *M. novaeangliae*, (Norris, 1967), voire son futur succès reproducteur (Clapham, 2001), ce qui du même fait pourrait expliquer le cycle migratoire.

Ces arguments sont largement soutenus par d'autres auteurs, comme Rasmussen *et al.* (2007) qui considère que la température dans les aires de reproduction peut constituer sans doute un élément majeur explicatif de la migration des baleines à bosse. Les auteurs ont noté que les températures moyennes mondiales sur ces aires de reproduction se situaient de 20 à 30°C; quelle que soit la latitude. Les températures de surface relevées selon nos observations, hors pluie refroidissante, oscillent entre 24° et 28°C.

3.1.5. La courantologie

Les mouvements de certains courants dus à l'action du vent, comme l'upwelling côtier, peuvent expliquer, voire prédire, la présence ou le regroupement de certains cétacés, de part l'amélioration de leurs ressources alimentaires, telles que la concentration des formes planctoniques (Tynan *et al.,* 2004 ; Walker, 2005). Dans tous ces cas, les facteurs influençant la distribution sont eux-mêmes impliqués dans la variabilité d'autres.

CHAPITRE II

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le Bel Espoir, 9 avril 2011, la route des baleines, N.Gandilhon.

CHAPITRE II
MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le recensement des cétacés est basé principalement sur des observations issues d'échantillonnages aléatoires des populations. Les méthodes décrites dans cette partie visent à obtenir des mesures objectives sur les différentes populations de cétacés en Guadeloupe. Il s'agit ensuite d'utiliser des modèles permettant de caractériser la diversité, l'occurrence, ou l'abondance des populations de cétacés de l'archipel marin côtier de Guadeloupe. Cela inclut également l'étude des guildes trophiques et de la distribution des espèces. Cependant, le choix des méthodes et techniques peut s'avérer un exercice ardu pour trois raisons. La première, parce que, l'étude scientifique des cétacés est disparate suivant les espèces, principalement parce que ces animaux passent la plupart de leur temps sous l'eau, parfois à de très grandes profondeurs. La seconde car les cétacés utilisent des espaces d'étendues variables, selon l'adéquation des sites à leurs besoins vitaux, mais également selon le niveau de compétition interspécifiques et les contraintes environnementales (Campan & Scapini, 2002). Ainsi, certaines espèces peuvent occuper quelques dizaines de km² pour de petits groupes côtiers résidents, à de grands espaces ouverts pour de grands groupes grégaires plutôt océaniques (Gowans *et al.*, 2007). La troisième est liée au fait que les espèces fréquentent l'archipel selon des schémas temporels différents selon leur cycle biologique. Afin d'intégrer l'hétérogénéité de ces processus avec des mesures représentatives de toutes les populations évoluant dans l'archipel marin côtier, ce travail est basé sur la mise en œuvre de différents modes opératoires, c'est-à-dire les techniques et moyens. Le but recherché est d'utiliser des méthodes complémentaires, afin de multiplier les observations de cétacés et la réplication des efforts de recherche. La variabilité due aux échelles, l'indépendance des échantillonnages et l'effet du temps sur ces mesures sont pris en considération, ainsi que les degrés d'incertitudes des estimations et la précision des inférences qui sont déduites.

Ce chapitre se décompose en trois parties. La première s'intéresse à définir l'aire étudiée à partir de deux modalités : l'échelle spatiotemporelle qui a été retenue, puis le découpage de l'aire d'étude. La seconde expose l'ensemble des méthodes et techniques qui ont été déployées. La troisième s'intéresse plus précisément aux méthodologies utilisées pour les traitements de données, ainsi que les modes de calcul.

I. CONTEXTE MÉTHODOLOGIQUE

1. Présentation de l'aire étudiée

1.1. Les composantes spatiales

Les données collectées par trois méthodes différentes sont affectées à l'intérieur d'une zone d'étude, définie initialement dès 2007. L'objectif est de choisir une zone suffisamment représentative, *a priori*, de la distribution de toutes les espèces de cétacés. La zone d'étude a été définie selon trois composantes au niveau spatial : la dynamique générale du milieu et sa représentativité pour la zone côtière, la diversité et la distribution des cétacés telles que connues en 2007 et l'opérationnalité, soit la prise en compte de la faisabilité des objectifs fixés en mer.

Pour déterminer au départ l'intérêt d'un travail en zone côtière, l'objectif a été de vérifier le postulat que le milieu marin côtier est suffisamment représentatif de la plupart des éléments biologiques et écologiques considérés comme pertinents dans la littérature sur les cétacés. Cela a été envisagé à partir de 3 composantes spatiales.

1.1.1. La dynamique spatial de l'environnement côtier

Le premier examen a consisté à vérifier que le choix d'une étude en zone côtière peut porter des proies potentielles au moins pour les espèces censées se nourrir dans les eaux tropicales. Il a été estimé que la zone côtière de Guadeloupe présente, comme en Martinique, un profil de productivité favorable au développement biotique. Il est en effet essentiel aux transitions trophiques pouvant générer des activités de nourrissage des cétacés. Puis, les facteurs climatiques, océanographiques et géographiques ont été rangés selon trois niveaux de variabilité à l'intérieur de l'échelle spatiale à définir afin de vérifier si ces derniers sont pertinents en zone côtière. Aussi, les éléments du milieu côtiers ont été considérés en trois catégories : ceux pouvant être considérés dans un continuum écologique, ceux variant spatialement selon la saison, donc de type bimodal et ceux enfin très sensibles, et donc très hétérogènes, à toute variabilité spatiale. Pour la notion de continuum écologique, quelques facteurs n'ont pas de très forte variabilité au niveau spatial. Le marnage, la salinité et la température ont été estimés être des facteurs assez stables dans l'archipel côtier Cela peut être tout à fait nuancé sur les échelles temporelles. Par ailleurs, l'hétérogénéité des milieux a été jugée bien représentée en zone côtière de Guadeloupe. En effet, trois écosystèmes y sont représentés, la nature des fonds marins est diversifiée, et les zones côtières incluent les étages bathymétriques les lieux de ruptures potentiels. Il est considèré dans cette étude que l'espace côtier inclut ce caractère hétérogène, voire discontinu selon les espaces. Concernant la variabilité de type bimodale, elle a été jugée représentée en zone côtière par la variation des facteurs du milieu selon les saisons, comme les vents avec la présence de l'alizé en saison sèche ou des averses plus importantes en saison humide.

1.1.2. La distribution et la diversité côtières des cétacés

Pour apprécier l'intérêt de travailler en zone côtière à partir de 2007, les informations disponibles dans la littérature sur la diversité et la distribution des cétacés en Guadeloupe et les secteurs géographiques où ils ont été observés ont été utilisées. A cette fin, les distances à la côte ont été mesurées pour chaque observation indiquée dans Boisseau *et al.* (2000) et Swartz *et al.* (2003) à partir des cartes produites dans leurs articles. Les mesures ont été réalisées par report sur une carte IT CMAP1993, de projection Mercator [WGS84], haute résolution 1 : 500, avec le logiciel Max Sea (version 12.1.3.2, © Informatique & Mer, 1989-2011). Ainsi, il a été noté que les espèces indiquées dans leurs études, étaient observées en espace côtier.

1.1.3. L'opérationnalité dans le milieu côtier

Il s'agit de vérifier les adéquations entre les contraintes liées aux études en mer, et la possibilité concrète de tendre vers une couverture spatiale représentative du milieu choisi avec de plus, des efforts standardisés. Le milieu côtier présente de solides avantages pour ces trois notions. Sur la représentativité, l'archipel côtier propose la possibilité physique de dessiner un échantillonnage cible, supérieur au total à 30 % de la zone maritime côtière considérée.

Sur les aspects de concrétisation de l'effort, la zone côtière permet géographiquement d'intégrer des plans d'échantillonnage relativement standardisés pour une estimation impartiale (Hedley et Buckland, 2004), avec des distances à parcourir comparables unitairement (longueur de ligne) tout autour de l'archipel. Concernant les contraintes *in situ*, le sens de la houle et au vent sont considérés en espace côtier car ils optimisent par ailleurs les ressources (économie de gasoil) et facilite l'ajustement prospectif en cas de mauvais temps.

La vérification de ces 3 composantes, à partir de la littérature, est résumée selon les postulats, constats ou possibilités retenus dans le choix d'une l'échelle côtière pour cette étude (Fig.5).

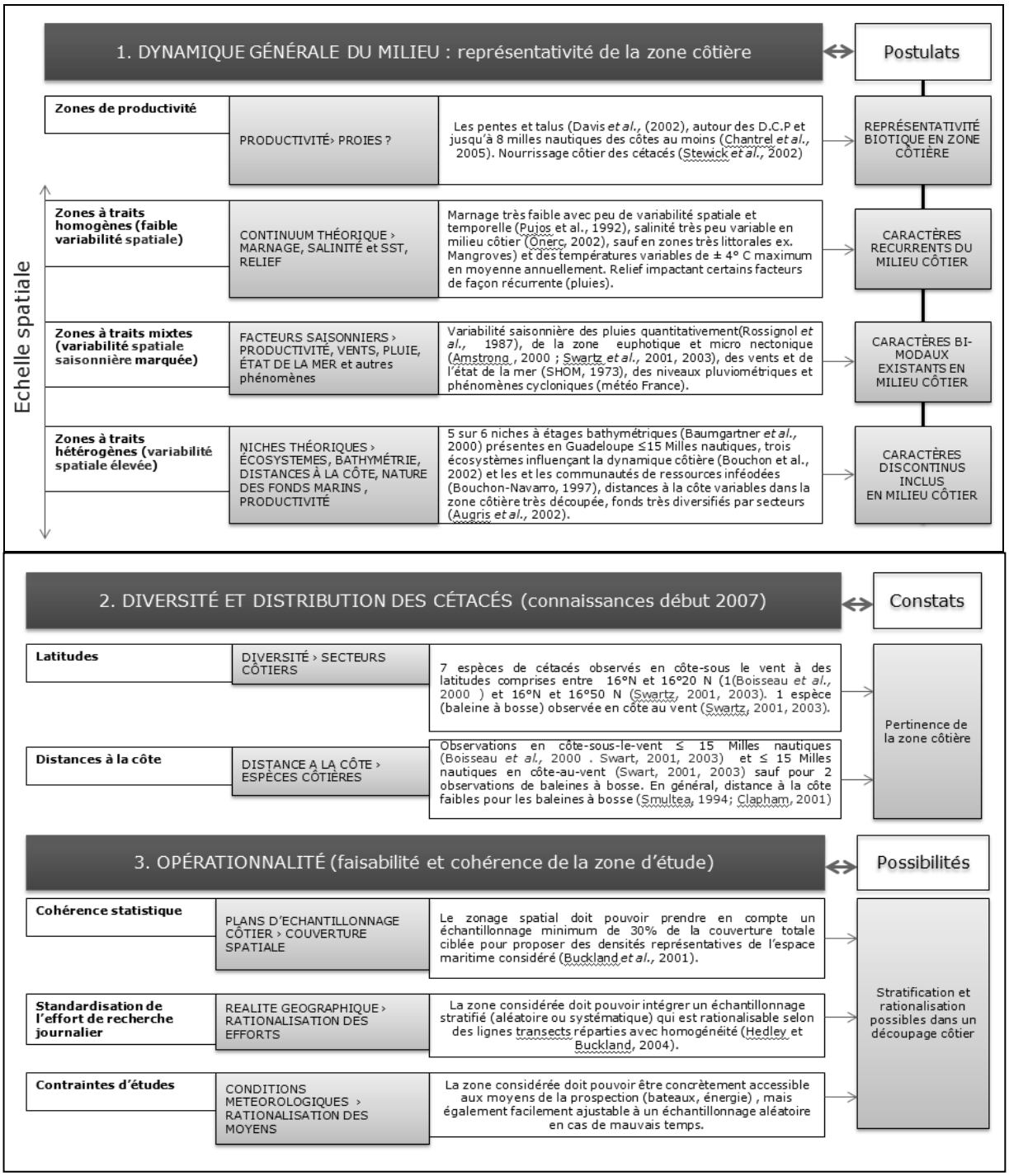


Figure 5. Etapes de l'examen des 3 composantes spatiales de la zone d'étude côtière.

Ainsi, la dynamique spatiale de la zone côtière suggère de définir une aire d'étude suffisamment cohérente géographiquement pour intégrer d'une part l'essentiel des variétés de l'environnement et d'autre part, le plus grand nombre d'espèces susceptibles d'y évoluer.

1.2. Détermination de la zone d'étude

1.2.1. Le découpage des secteurs et stations

D'un point de vue opérationnel, l'usage de distances comme unités d'effort de recherches pour l'échantillonnage d'une zone, peut-être optimisé selon un découpage, appelé « design » qui suit un certain nombre de préconisations telles que décrites par Buckland *et al.,* (2001), Hadley et Buckland (2004) et Dawson *et al.,* (2008). Ces approches peuvent être appliquées sur terre, en mer ou dans l'air.

Un découpage de la zone d'étude côtière a été effectué pour trois raisons : faciliter le choix d'un positionnement des lignes, homogénéiser les efforts sur la totalité de l'archipel et créer une stratification des échantillonnages Toute la région de Guadeloupe a ainsi été divisée en quatre secteurs correspondant à des blocs géographiques (Fig.6). Leur placement a été effectué à partir de positions géographiques de référence comme : Port Louis (16°24,66'N/61°31,84'W) pour le secteur nord, Saint François (16°13,70'N/61°16,24'W) pour la côte-au-vent côte, la Pointe de Vieux Fort (15°56,87'N /61°42,45W) pour le sud, et la Pointe Ferry (16°16,22'N /61°48,56'W) pour la côte-sous-le-vent.

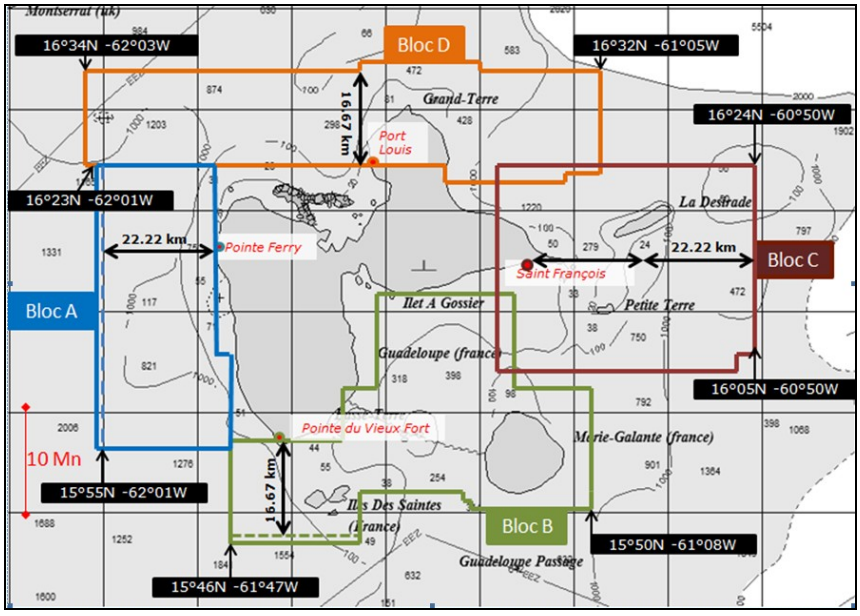


Figure 6. Dessin des 4 secteurs (ou blocs) de la zone d'étude

LÉGENDE
Report des zones à partir de la source Max Sea, version 10.1.3.2. Source carte : C-MAP 3165 INT, WGS-84.

Pour positionner les lignes de transect, chaque bloc géographique a été lui-même divisé en trois ou quatre quadrats (correspondant à des stations géographiques) de dimensions 12 miles nautiques (22,22 km) par 9 miles nautiques (16,67 km), sauf le n°15. Le but est de simplifier pratiquement la randomisation d'un effort quotidien de prospection, adapté à la durée du jour, tout en réduisant les trajets exclus de la prospection comme les déplacements inter-transects. Des modifications spatiales interannuelles ont été effectuées sur ces stations.

Elles sont liées à deux raisons principales : 1/ le rapprochement maximal des zones de prospection d'année en année au trait de côte, tout en compactant au maximum les zones pour éviter les ruptures de couverture et 2/ la volonté d'ajuster progressivement chaque zone afin de maximiser la représentativité des surfaces marines. Ce dernier point a tenu compte de l'équivalence de la surface des blocs. Ces variations spatiales sont visualisables dans la Figure 7.

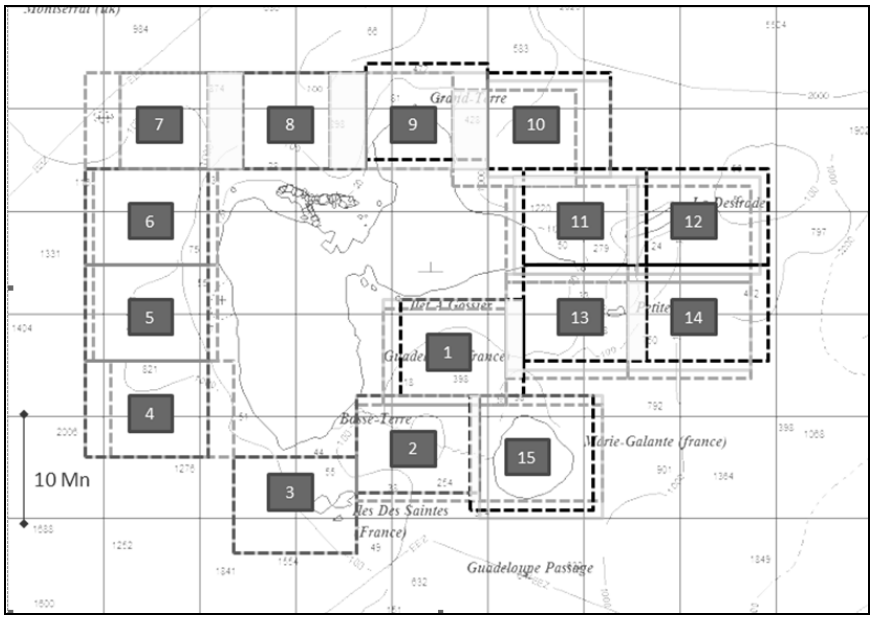


Figure 7. Dessin des 15 stations (ou quadrats) de la zone d'étude

LÉGENDE
Les quadrats sont numérotés de 1 à 15. Les lignes en pointillés indiquent les variations spatiales interannuelles. Report des zones à partir de la source Max Sea, version 10.1.3.2. Source carte : C-MAP 3165 INT, WGS-84.

Les quadrats (notés Q suivi du n°) et les secteurs ont été nommés de la façon suivante :

- Secteur de la côte sous-le-vent (A) : quadrat 4 ou station « La Pointe des Habitants », quadrat 5 ou station « Les îlets Pigeon » et le quadrat 6 ou station « de La Pointe Ferry »;
- Secteur Sud (B) : quadrat 1 ou station « L'îlet Gosier », quadrat 2 ou station « Le banc Colombie », quadrat 3 ou station « Les Saintes » et quadrat 15 ou station «Marie-Galante » ;
- Secteur de la côte-au-vent (C) : quadrat 11 ou station « La Pointe des Châteaux Nord », quadrat 12 ou station « La Désirade », quadrat 13 ou station « La Pointe des Châteaux Sud et le banc des vaisseaux » et le quadrat 14 ou station « Atlantique » ;
- Secteur Nord (D) : quadrat 7 ou station « Mer des Caraïbes Nord », quadrat 8 ou station « Nord du Grand-cul-de-sac marin, quadrat 9 ou station « La Grande Vigie » et le quadrat 10 ou station « Le Moule Nord ».

1.2.2. Modifications interannuelles des secteurs et stations

Afin d'améliorer le découpage initial, certaines variations spatiales ont été apportées entre les années. Dès 2009, le quadrat 7 a été rapproché de la côte, ce qui a eu pour effet de décaler le bloc nord vers l'est, les limites des quadrats étant toutes adjacentes. Entre 2008 et 2009, les modifications du partitionnement ont concerné 146 km² de variation spatiale sur le bloc A.

En effet, l'alignement des trois quadrats de ce bloc a été effectué afin d'ajuster les limites extrêmes de ces stations, en ciblant 3 niveaux bathymétriques différents en bout de ligne au moins (isobathe 1000m pour le quadrat 6, isobathe 1500m pour le quadrat 5 et isobathe 2000m pour le quadrat 4).

Un autre changement a été le décalage vers l'Est des quadrats 11 et 13, visant à maintenir la continuité spatiale avec les stations 1, 12 et 14. Ce choix est justifié par la volonté d'augmenter la surface marine prospectée autour de la Pointe des Châteaux.

Les surfaces nord ont été également décalées vers l'est et légèrement remontées pour le quadrat 9, afin encore une fois de minimiser la surface terrestre correspondant au nord de la Grande Terre.

Moins de modifications ont été portées depuis 2011, de l'ordre de 89 km² au total de la surface de l'Archipel. Elles ont permis de réduire encore les zones de superposition inter-stations sur une année.

Il faut noter que les zones superposées ne sont significatives que pour réajuster les observations qui pourraient y être affectées. Dans les cas précités, le choix a été de noter l'observation avec les deux numéros de stations concernées quand il s'agit de l'affecter spatialement, comme les stations Q1/Q13. Ces superpositions au global de la surface considérée ne présentent pas d'inconvénient majeur puisque ces « frontières » restent virtuelles d'un point de vue des observations de cétacés qui sont appréciées selon leur géo localisation exacte.

1.2.3. Les caractéristiques de l'aire à étudier

Afin d'obtenir une surface marine utile, les superficies terrestres incluses dans les zones à prospecter ont été évaluées, puis soustraites. De ce fait, les surfaces des landes de terres telles que la Pointe des Châteaux ou le Nord de la Grande Terre ainsi que les les îles, soit Petite Terre, Marie-Galante, Les Saintes, l'île de la Désirade ont été ôtées des surfaces calculées pour chaque stations (Tab.3).

Tableau 3. Surfaces de landes de Terre enlevées (km²) par quadrat

Quadrats	Q3	Q9	Q11	Q12	Q13	Q15	Total
2007	14,00	91,61	83,55	25,00	0,8	150,00	364,96
2008	14,00	91,61	83,55	25,00	0,8	150,00	364,96
2009	14,00	104,26	54,550	18,75	0,8	150,00	342,37
2010	14,00	104,26	54,550	18,75	0,8	150,00	342,37
2011	14,00	104,26	67,05	16,75	0,8	150,00	352,87

LÉGENDE
Q3 : Archipel des Saintes, Q9 : Nord de Grande Terre ; Q11 : La Pointe des châteaux ; Q12 : île de la Désirade ; Q13 : les îlets de Petite Terre, et Q15 : île de Marie-Galante. Les surfaces à soustraire sont issues de Augris *et al.,* 2001, 2002 ou ont été mesurées avec le logiciel Max Sea, version 10.1.3.2.

La surface totale de la zone d'étude (5278 km²) correspond à la moyennes des surfaces marines utiles considérées dans les découpages précédents. Elle est représentative :

1/ de l'espace souverain côtier au sens administratif de la Convention des Nations unies sur le droit de la mer, c'est-à-dire équivalente en Est et en Ouest à la mer territoriale, dont la largeur maximale est fixée à 12 milles marins (soit 22,224 km, ce qui est la largeur des quadrats) ;
2/ de l'espace régionalisé en incluant les surfaces maritimes des îles composant l'archipel ;

3/ d'une partie de l'espace du sanctuaire Agoa (138 000 km²), avec à peu près de 21% de la surface recensée durant le survol aérien pour les surfaces allant jusqu'à en moyenne 50 milles nautiques des côtes de Guadeloupe (soit 24400 km²) ;
4/ d'une connectivité physique entre les stations ;
5/ de la représentation des trois écosystèmes majeurs tropicaux, et de 6 étages bathymétriques (0-200 m pour le plateau continental, la rupture du plateau (isobathe 200 m) ; le talus supérieur (201-1000 m) ; la pente continentale (de 201-2000 m) et la pente faible (1001-2000 m)) ainsi que les eaux profondes, sup. à 2000 m, grâce au placement du quadrat 4 de la côte-sous-le-vent et étendue jusqu'à 7500 mètres pour le quadrat 10, au nord-est de cette zone d'étude.

2. Élaboration du programme de travail

2.1. Les composantes temporelles

Les efforts de recherche déployés diffèrent selon les échelles de temps retenues. Ces dernières ont été fixées en fonction des objectifs et des espèces. Si au départ, le choix du pas temporel vise à obtenir des séries écologiques, relativement longues, échantillonnées à des intervalles réguliers (Legendre et Legendre, 1983 *in* Bouchon-Navaro, 1997), les contraintes d'organisation terrain, ainsi que les aléas météorologiques n'ont pas permis de fixer un pas plus précis que la saison comme période fondamentale. Afin de considérer la saison de migration des baleines à bosse selon les mois suggérés par Reeves *et al.,* (2001), la saison sèche (janvier à juin) a été retenue comme échelle minimale de référence. Par opposition, l'intérêt de connaitre les espèces évoluant en saison humide (juillet-décembre) est avéré dès 2009.

2.1.1. Echantillonnages en saison sèche

Les saisons sèches concernent les années 2007 à 2011 pour la méthode principale d'étude. 10 jours pour chaque saison ont été répartis au plus près des mois de mars, avril et mai. Parfois, des relevés ont dû être organisés en juin et en février sous la contrainte de viser une centaine d'observations par an, afin de pouvoir analyser chronologiquement les données. De plus, une période de référence majeure mensuelle a été fixée en avril pour la méthode principale d'étude. Les relevés des autres méthodes sont situés entre le début du mois de janvier et la fin du mois de juin.

2.1.2. Echantillonnages en saison humide

Les saisons humides concernées concernent 2007, 2009 et 2010. Les périodes retenues sont situées entre la fin du mois d'octobre et le début du mois de novembre pour la méthode principale avec 10 jours prévus également pour chaque saison. Les relevés issus d'autres méthodes se sont échelonnés entre le début du mois de juillet et la fin du mois de décembre.

Des relevés externes se situant entre l'an 2000 et septembre 2011, ont été enregistrées avec des pas irréguliers, *a posteriori*, sur une l'échelle mensuelle. Cependant, certains mois n'ont été que sporadiquement documentés, ce qui réduit considérablement les possibilités d'analyse de variabilité temporelle. Toutefois, ces données ont permis de compléter des périodes significatives au niveau de la saison dans cette étude (Tab.4).

Tableau 4. Répartition des relevés saisonniers et mensuels de l'étude (2000-2011)

Saisons	Saison sèche						Saison humide					
Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Méthode principale de l'étude		2007	2008	2008 2009 2010 2011	2009	2008				2009 2010	2009 2010	2007
Autres méthodes	2011	2010	2010 2011	2009 2010 2011	2009 2010 2011	2009	2009	2009			2010	
Données externes	2004 2006 2010 2011	2004 2006 2007 2009 2010 2011	2004 2006 2007 2008 2009 2010 2011	2006 2007 2008 2009 2010 2011	2006 2008 2009 2010 2011	2008 2009 2010	2004 2007 2008 2009 2010 2011	2006 2007 2008 2009 2010	2009 2011	2000 2002 2006 2008 2009	2008 2009 2010	2005 2008 2009 2010

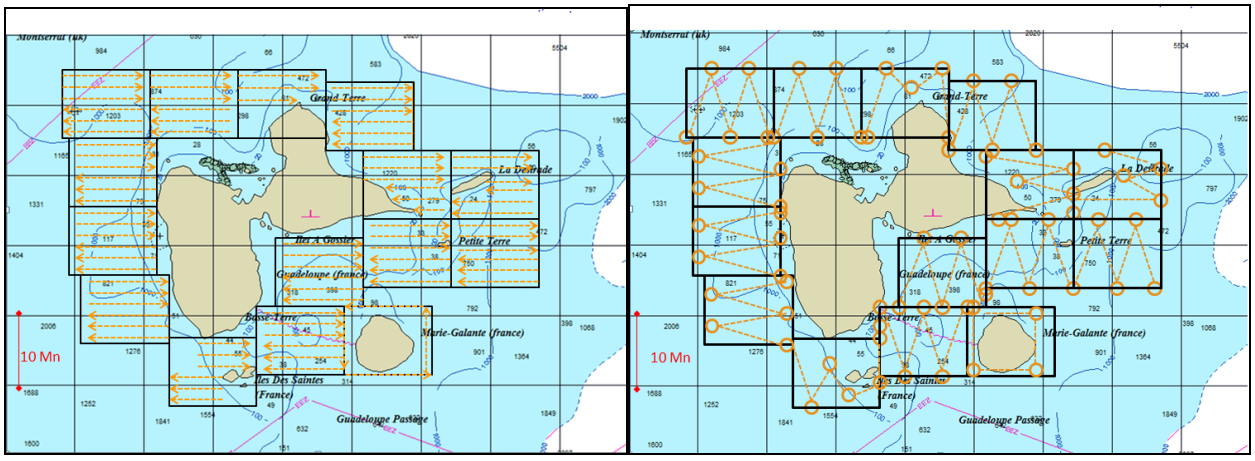
LÉGENDE
Les différentes méthodes sont différenciées dans ce chapitre.

2.2. Conception des plans d'échantillonnage

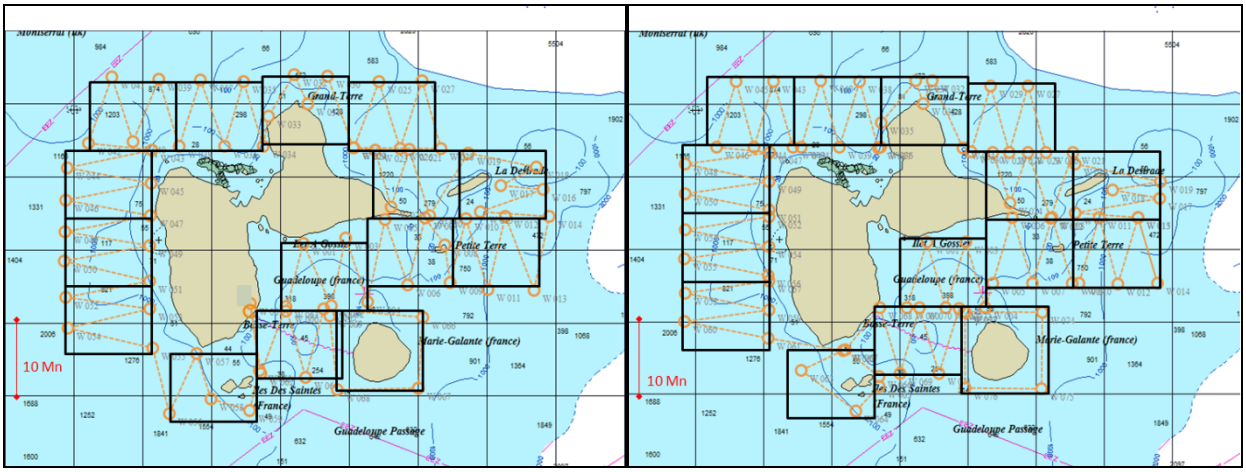
La difficulté dans la conception des plans d'échantillonnage est de pouvoir estimer des valeurs à la fois réalisables sur le terrain (longueur de ligne) mais également suffisamment représentatives statistiquement des zones à échantillonner (efforts cohérents tout autour de l'archipel) avec des contraintes insulaires élevées (découpage côtier marqué, convexité des îles, profils bathymétriques disparates selon les blocs, sens de la houle et de l'alizé, accessibilité des zones entre les petites îles).

2.2.1. Répartition des efforts prévisionnels

Le détail de chaque plan d'échantillonnage annuel est présenté dans la Figure 8 : (a) pour 2007 ; (b) pour 2008; (c) pour 2009 et (d) pour 2011, avec les transects de ligne prédéfinis à l'intérieur de chaque quadrat. Le détail de chaque surface pour les stations (de 1 à 15), de 2007 à 2011, est indiqué en annexe I.



(a) (b)



(c) (d)

Figure 8-a, b, c, d. Conception des plans d'échantillonnages annuels

LÉGENDE
(a) 2007, avec 15 quadrats représentés incluant au total 85 lignes de transects ;
(b) 2008, avec 15 quadrats représentés incluant au total 61 lignes de transects ;
(c) 2009 et 2010 avec 15 quadrats représentés incluant au total 61 lignes de transects ;
(d) 2011 avec 15 quadrats représentés incluant au total 61 lignes de transects de ligne.
Report des routes de fonds (lignes oranges) à partir de Max Sea version 10.1 pour (a et b) et version 12.0 pour (c et d). Source carte : C-MAP 3165 INT, WGS-84.

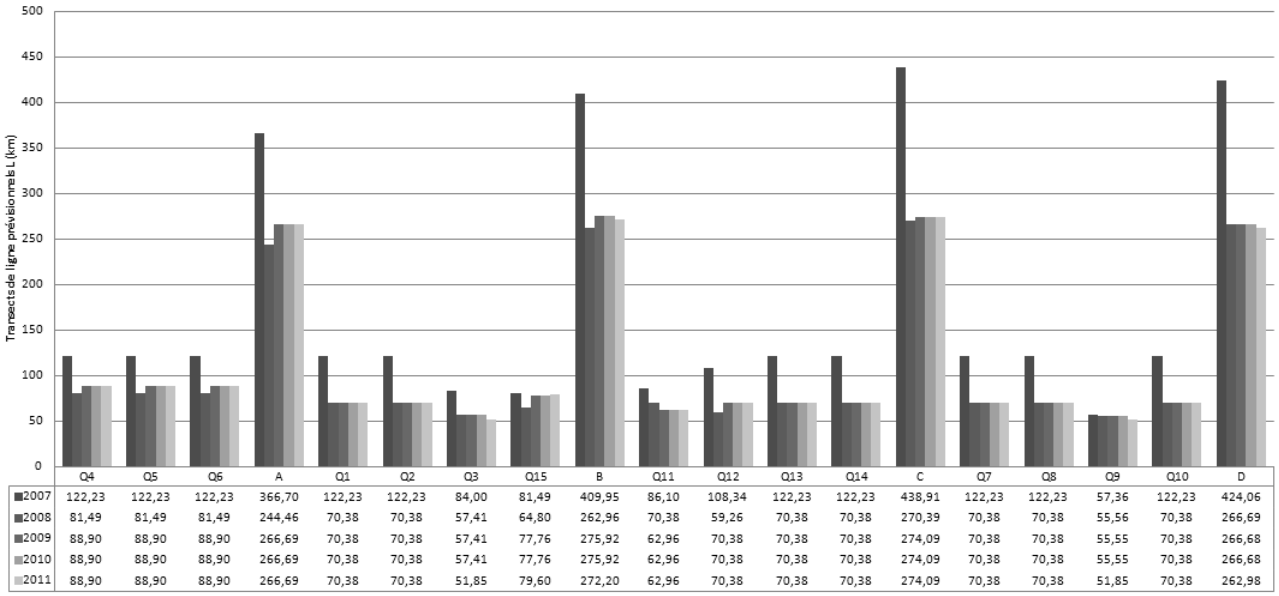
Ces plans d'échantillonnages annuels décrivent les distances à parcourir mais également les surfaces marines utiles par blocs (Tab.5).

Tableau 5. Plans d'échantillonnages cibles pour la zone côtière de Guadeloupe (de 2007 à 2011)

Années	2007	2008	2009	2010	2011
Plan d'échantillonnage Secteur A					
Longueur totale L (km)	366,70	244,46	266,69	266,69	266,69
Surface a (km²)	1111,29	1111,29	1111,29	1111,29	1111,29
Surfaces de terre enlevées	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plan d'échantillonnage Secteur B					
Longueur totale L (km)	409,952	262,964	275,924	275,924	272,202
Surface a (km²)	1317,719	1317,719	1441,195	1441,195	1362,307
Surfaces de terre enlevées	164,000	164,000	164,000	164,000	164,000
Plan d'échantillonnage Secteur C					
Longueur totale L/Q (km)	438,906	270,388	274,088	274,088	274,088
Surface a (km²)	1372,369	1372,369	1407,619	1407,619	1397,119
Surfaces de terre enlevées	109,350	109,350	74,100	74,100	84,600
Plan d'échantillonnage Secteur D					
Longueur totale L/Q (km)	424,056	266,688	266,678	266,678	262,978
Surface a (km²)	1390,109	1390,109	1377,451	1377,451	1377,451
Surfaces de terre enlevées	91,610	91,610	104,268	104,268	104,268
Archipel de Guadeloupe					
Longueur totale L (km)	1639,61	1044,50	1083,38	1083,38	1075,96
Nombre de lignes de transects (s)	85,00	61,00	61,00	61,00	61,00
Surface (A) totale (km²)	5191,484	5191,484	5337,553	5337,553	5248,166

LÉGENDE
L est la longueur totale des lignes *li* à parcourir en km prévus par espace (blocs ou zone totale) selon chaque découpage annuel (pouvant inclure deux saisons). a est la surface totale considérée pour chaque bloc, égale à la somme des surfaces de tous les quadrats (km²). (s) indique le nombre total de ligne de transects à parcourir. *A* (km²).est la somme des surfaces « a ».

De la même façon le programme a défini comment l'effort (km) était dirigé à l'intérieur de chaque station et ainsi la couverture cible (km²) par unité de temps (Fig.9). La saison sèche a été explorée systématiquement entre 2007 et 2011, et les saisons humides, en 2007, 2009, 2010 et 2011. Pour la saison humide de 2011, les données ne sont pas considérées dans ce manuscrit.



	Q4	Q5	Q6	A	Q1	Q2	Q3	Q15	B	Q11	Q12	Q13	Q14	C	Q7	Q8	Q9	Q10	D
2007	122,23	122,23	122,23	366,70	122,23	122,23	84,00	81,49	409,95	86,10	108,34	122,23	122,23	438,91	122,23	122,23	57,36	122,23	424,06
2008	81,49	81,49	81,49	244,46	70,38	70,38	57,41	64,80	262,96	70,38	59,26	70,38	70,38	270,39	70,38	70,38	55,56	70,38	266,69
2009	88,90	88,90	88,90	266,69	70,38	70,38	57,41	77,76	275,92	62,96	70,38	70,38	70,38	274,09	70,38	70,38	55,55	70,38	266,68
2010	88,90	88,90	88,90	266,69	70,38	70,38	57,41	77,76	275,92	62,96	70,38	70,38	70,38	274,09	70,38	70,38	55,55	70,38	266,68
2011	88,90	88,90	88,90	266,69	70,38	70,38	51,85	79,60	272,20	62,96	70,38	70,38	70,38	274,09	70,38	70,38	51,85	70,38	262,98

Figure 9. Distances prévisionnelles des transects de ligne par unité de surface et par unité de temps.

LÉGENDE
Les unités de temps sont les saisons. Les stations sont représentées par le numéro du Quadrat (Q, de 1 à 15) et les secteurs géographiques par la lettre du Bloc (A, B, C ou D). Les valeurs indiquées sont des km à parcourir.

2.2.2. Construction des transects maritimes

Buckland *et al.* (2001) indiquent que la mise en œuvre des transects à proprement parler, peut être effectuée de façon systématique ou aléatoire. Une solution mixte a été retenue. Cela signifie que les lignes à parcourir ont été prédéfinies dans chaque plan d'échantillonnage, mais la prospection a été aléatoire car les transects eux-mêmes ont été effectués dans un ordre variable.

Les techniques utilisées entre 2007 et les autres saisons ne sont pas identiques. La première concerne le transect de bande et les suivantes, le transect de ligne.

2.2.2.1. Définition des longueurs de lignes

Les lignes de transects sont numérotées grâce à ces quadrats, selon le format « L(i)Q(i)» ce qui d'une part permet de dissocier les lignes de transects et d'autre part, est crucial pour les traitements statistiques car les lignes sont parcourues aléatoirement, ce qui implique de les identifier de façon définitive dès le début de l'étude. Ainsi, la première ligne selon le dessin prédéfini, est L1 et si elle est effectuée à l'intérieur de la station 15, elle est classée L1Q15. Le tableau 6 présente la longueur moyenne des bandes ou lignes de transects à l'intérieur de chaque quadrat et par bloc, sachant que généralement chaque ligne tend à être équivalente en distance à l'intérieur d'un quadrat (selon son orientation donc), quelles que soient les années. Bien que la technique utilisée en 2007 soit différente, les longueurs de lignes entre chaque saison moyennes restent comparables, variant en moyenne annuelle de 17,41 km à 19,23 km, entre 2007 et 2011 (Tab.6).

Tableau 6. Moyenne de la longueur *li* par unité de temps ou d'espace (2007 à 2011).

Stations/ Unités de temps	2007	2008	2009	2010	2011
Q4	20,37	20,37	22,22	22,22	22,22
Q5	20,37	20,37	22,22	22,22	22,22
Q6	20,37	20,37	22,22	22,22	22,22
Moyenne bloc A	20,37	20,37	22,22	22,22	22,22
Q1	20,37	17,59	17,59	17,59	17,59
Q2	20,37	17,59	17,59	17,59	17,59
Q3	14,00	11,48	14,35	14,35	10,37
Q15	20,37	16,20	19,44	19,44	19,90
Moyenne bloc B	18,78	15,72	17,25	17,25	16,36
Q11	14,35	17,59	15,74	15,74	15,74
Q12	18,06	14,82	17,59	17,59	17,59
Q13	20,37	17,59	17,59	17,59	17,59
Q14	20,37	17,59	17,59	17,59	17,59
Moyenne bloc C	18,29	16,90	17,13	17,13	17,13
Q7	20,37	17,59	17,59	17,59	17,59
Q8	18,06	17,59	17,59	17,59	17,59
Q9	19.12	13,89	11,11	11,11	12,96
Q10	20,37	17,59	17,59	17,59	17,59
Moyenne bloc D	19,48	16,67	15,97	15,97	16,44
Moyenne par année	19,23	17,41	18,14	18,14	18,04

LÉGENDE
Les unités de temps sont les saisons. Les stations sont représentées par le numéro du Quadrat (Q, de 1 à 15) et les secteurs géographiques par la lettre du Bloc (A, B, C ou D). Les valeurs indiquent la moyenne des longueurs *li* en km (ligne de transect ou ligne médiane pour letransect de bande).

2.2.2.2. Placement des bandes

En 2007, 6 bandes sont réparties par quadrat (sauf les stations 9 et 15). Elles sont toutes construites avec une largeur (w) de 1,389 km (0,75 MN[13]) de chaque côté de la ligne, soit 2,77 km entre chaque navire positionné sur une bande. Cette largeur fixe, multipliée par la longueur de la ligne médiane, construit ainsi une « bande » Les transects de bande sont construits le plus perpendiculairement à la côte, comme recommandé dans Thomas *et al.* (2004). Ces transects suivent des routes fonds de E/W et W/E, standardisées à 270°/180°/90° (Fig.10).

[13] MN: mille(s) nautique(s), soit 1,852 km. Selon le BIPM (Bureau International des Poids et Mesures): « Le mille marin est une unité employée en navigation maritime et aérienne pour exprimer les distances. Cette valeur fut adoptée par convention par la Première Conférence hydrographique internationale extraordinaire, Monaco, 1929, sous le nom de « mille marin international ». http://www.bipm.org/utils/common/pdf/si_brochure_8_fr.pdf.

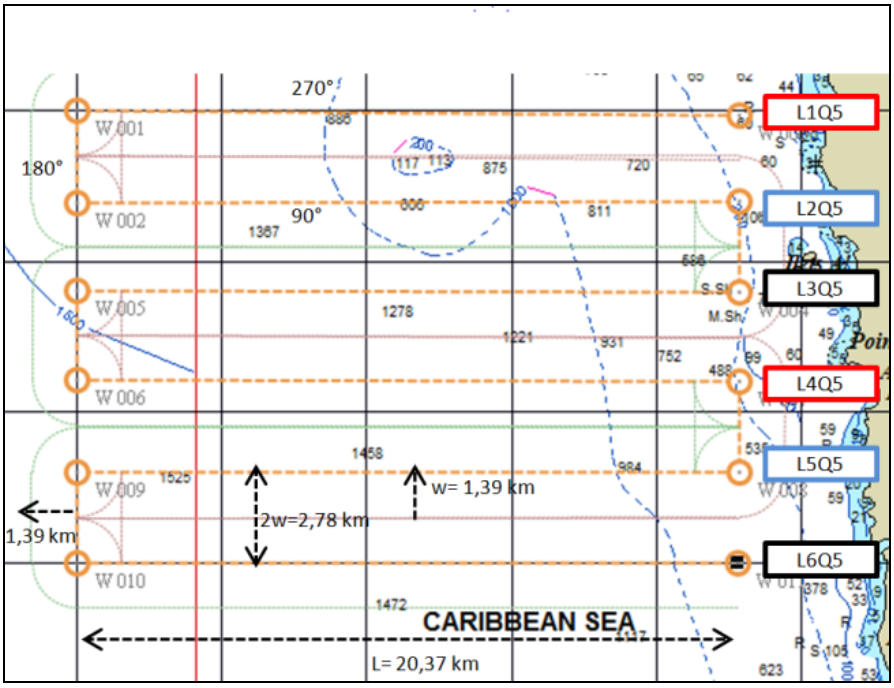


Figure 10. Placement des transects de bande en 2007 dans un quadrat

LÉGENDE
Le maillage entre chaque bateau est de largeur w = 0,75Mn (1,39km) sur des lignes de 11 MN (20,37 km) incluses dans un quadrat de 12MN par 9 MN. Chaque bateau, soit trois au total, effectue simultanément une bande (rouge, bleu et noire), chacune parallèle et espacée en mer de 0,75 MN, puis effectuent une rotation en « bout » de quadrat afin de décaler de cette même largeur les transects retours, sur le même schéma de prospection (largeur, longueur, espacement, simultanéité) des lignes identifiées avec des couleurs. Par exemple le bateau ayant effectué la ligne L1Q5, prospecte au retour à la côte, L4Q5. Routes fonds issues du Logiciel Max Sea, version 10.1.3.2. Source carte : C-MAP 3165 INT, WGS-84.

Le plan d'échantillonnage 2007 selon cette méthode était un programme très ambitieux, et sa réalisation a dû s'adapter à différentes contraintes (sens de la houle, longueur de lignes, moyens déployés…), non prévues initialement en 2007, et ensuite prises en compte dès 2008 dans l'approche par transect de ligne.

2.2.2.3. Placement des lignes

Les orientations données aux lignes sont justifiées dès 2008 pour s'adapter en côte-au-vent et en zones sud et nord, à la direction usuelle de la houle (venant d'est, nord-est) et en côte-sous-le-vent, pour s'adapter à la topographie côtière et à la bathymétrique. Cette construction modifie la distance des lignes elles-mêmes, car les quadrats sont systématiquement positionnés de la même façon dans les plans d'échantillonnage, soit la largeur horizontale (12 MN) et la hauteur en vertical (9 MN). L'écart en distance impacte ainsi l'effort de prospection quotidien sur certains quadrats, comme ceux de la côte-sous-le-vent (88,90 km par jour) comparés à certains pouvant être standardisés à 70,38 km (côte-au-vent, sud et nord).

De plus, les longueurs vont varier selon la présence d'îles ou de landes de terre incluses dans la surface utile. Pour résumer à partir de 2008, 32 lignes sont standardisées à 17,59 km pour les stations 1, 2, 7, 8, 10, 13 et 14 et 12 entre 20,37 et 22,22 km pour les quadrats 4, 5 et 6. Les 17 autres lignes, à partir de 2008, varient selon les glissements indiqués précédemment, avec une stabilisation dès 2009, de 4 lignes à 19,50 km pour la station 15.

Les 13 autres lignes sont affinées selon les années et sont nuancées à partir de 2009, pour 4 lignes de 10,37 km à 14,35 pour le quadrat 3 et pour 5 lignes, de 9,56 km à 13,89 km pour le quadrat 9, selon les découpages annuels. Enfin, le quadrat 11, comptant les 4 dernières lignes, a été modifié principalement par les glissements d'ouest en est effectués dès 2009, ce qui a permis de stabiliser la longueur moyenne des lignes à 15,74 km.

Dans les prospections 2008, 2009, 2010 et 2011, l'objectif de l'effort quotidien est fixé en général, à 4 lignes de transect distribuées par quadrat. Elles joignent les côtés opposés du rectangle et sont séparées par 5 "waypoints" (1 pour le lieu de démarrage, 3 pour les changements de cap entre les lignes et enfin, 1 marquant la fin de transect). Les lignes elles-mêmes sont placées en zigzag, que les transects soient orientés S/N (stations 1, 7, 8, 9, 10, 13, 14), N/S (stations 2, 3, 11, 15), E/W (stations 4, 5, 6) ou W/E (station 12). Les angles ont tous été fixés de façon équivalente ("Equal Zigzag") quand le découpage de la côté le permet ou ajustés ("Adjusted Zigzag") à l'archipel (Buckland *et al.,* 2001 ; Thomas *et al.,* 2007 ; Dawson *et al.,* 2008). Les angles, calculés selon les routes fonds, sont exprimés en degré.

A titre d'illustration, dans le bloc B, un effort quotidien de quatre lignes avec un départ S/N a été prédéfini dans le quadrat 1 (Fig.11). Cet angle (α = 34°) est identique pour les autres stations Sud (Q2, Q13 et Q14). En revanche, de par la présence de Marie-Galante et des Saintes, les stations Q3 et Q15 suivent des routes de fonds dont l'angle est ajusté selon la longueur maximale réalisable. C'est pourquoi ces lignes ont évolué entre 2008 et 2011.

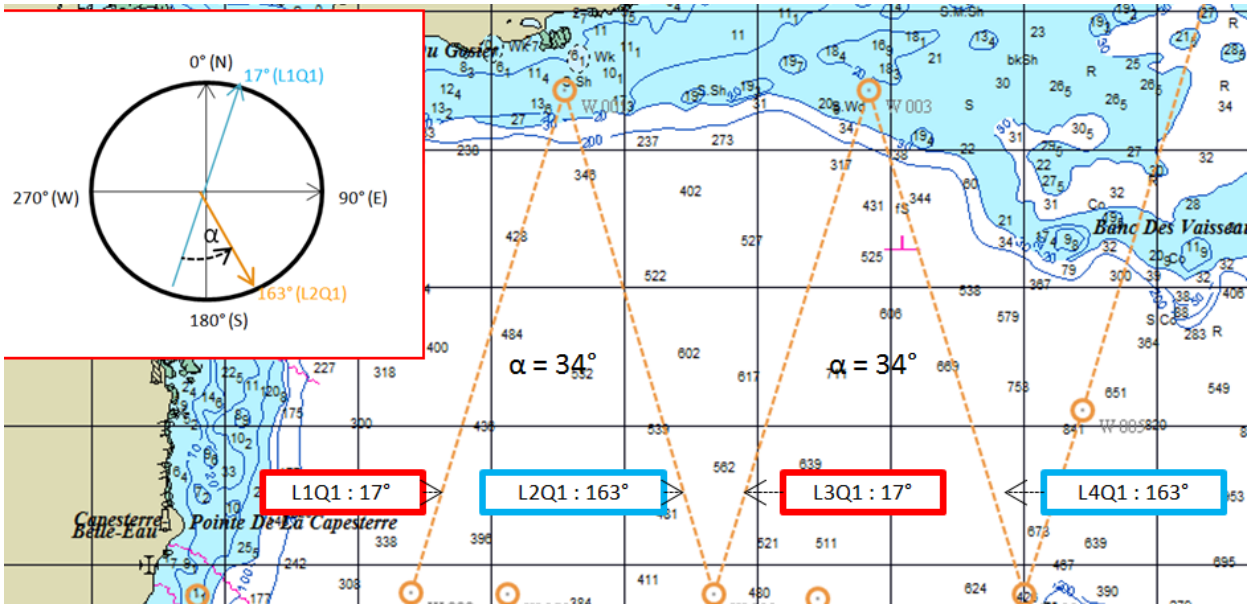


Figure 11. Exemple de distribution des lignes transects sur le quadrat 1

LÉGENDE
L1Q1 est suivie en 17°, L2Q2 en 163°, L3Q3 en 17° et pour la dernière ligne, L4Q1, à nouveau 163°. L'angle α est équivalent à : (180° +17°)-163°, soit 34°. Les ronds oranges sont les "waypoints" (de Ø 0.5 à 0.6 km). Les routes fonds sont issues du Logiciel Max Sea, version 10.1.3.2. Source carte : C-MAP 3165 INT, WGS-84.

Sur le bloc nord, les routes fonds (E vers W, 197°/344°) du quadrat 7 présentent un angle α = 33°, comme pour toutes les lignes des stations 8, 10 et 9 (pour 3 lignes à cause des côtes pour la dernière).Sur le même schéma, les transects de la côte-sous-le-vent suivent des routes de fonds de E vers W, de 262°/101°, soit un angle ajusté également pour les stations Q4, Q5 et Q6, de α = 19°.

Les quadrats 11 et 12 suivent respectivement des routes de fonds en 351°/200° pour le premier, soit un angle randomisé à α = 30°pour les lignes de ce quadrat et en 80°/281°, soit un angle constant à α = 10° pour les lignes du quadrat autour de la Désirade. Contrairement au transect de bande, les largeurs w de chaque côté de la ligne sont calculées *a posteriori*.

En résumé, le programme d'étude prévoit :

- 85 transects de bande pour 2007 et 1639,61 km à parcourir entre la saison sèche et la saison humide;
- 61 transects de ligne avec 1044,50 km prévus en 2008 en saison sèche ;
- 1083,38 km en saisons sèches 2009 et 2010 et autant pour les deux saisons humides ;
- 1075,96 km en saison sèche 2011.

Les techniques et méthodes d'investigation s'inscrivent dans le cadre conceptuel des échelles spatio-temporelles, prioritairement dans la zone d'étude fixée initialement et à un pas temporel fixé *a minima* à la saison.

II. TECHNIQUES ET MÉTHODES D'INVESTIGATION

Les modes opératoires présentés dans cette partie sont répartis en deux catégories : les observations visuelles et les observations acoustiques. Pour chaque mode d'observation, les méthodes et techniques sont exposées. De façon ordonnancée, il s'agit des transects maritimes, des recherches focales ainsi que d'approches issues de plateformes touristiques et d'opportunité. Dans un second temps, la méthode acoustique par acoustique passive est abordée. Ensuite, cette partie s'intéresse au milieu, en décrivant les facteurs abiotiques qui ont été sélectionnés dans cette étude et leur modalité de mesure.

1. Les observations visuelles

Actuellement, les principales informations sur les populations de cétacés dans le monde sont issues des observations visuelles. Globalement, ce mode opératoire permet d'obtenir des jeux de données comparables sur plusieurs échelles (biologiques, temporelles, géographiques…) comme des indices d'abondance ou des densités pour les populations de mammifères marins. D'autres approches, comme les observations acoustiques, permettent également de compléter les résultats obtenus par le visuel pour renseigner la présence d'une espèce non vue dans certains cas. Parmi les observations visuelles, l'usage de la télémétrie permet de renseigner les mouvements des individus marqués au sein d'une zone d'étude, voire au-delà. Le visuel est également utiliser pour prévenir les collisions entre cétacés et navires de commerce, comme dans le cadre du projet REPCET. Cela permet de cartographier en temps-réel la présence de grands cétacés et de transmettre cette information à l'ensemble des bateaux évoluant sur zone. Certains tests expérimentaux sur 4 navires de commerce en 2004 (Mayol *et al*., Beaubrun *et al*., 2005) ont donné des résultats positifs pour l'évitement de collisions diurnes. L'intérêt de ce programme réside en la constitution d'un système d'informations géographique (SIG) à l'usage de la navigation commerciale régulière sur le secteur français de Pélagos. Dans les techniques d'observations visuelles, on peut également mentionner le recours à une caméra embarquée sur l'animal, comme celle développée par le National Geographic pour les globicéphales (http://news.nationalgeographic. com/news/ 2004 /02/ 0206 040206 pilotwhalecam.html).

Cette technique se développe actuellement sur les mysticètes (Herman *et al.,* 2007, Calambokidis *et al.,* 2007) car son utilisation est intéressante lorsque l'animal reste à une profondeur raisonnable.

Une autre technologie visuelle récente a été testée dans ce travail : l'infrarouge. Des jumelles à infrarouge de Thales Optronics ont été utilisées en saison humide 2009 durant une seule observation (Fig 12-a). L'objectif était d'une part de confirmer de l'intérêt de cette technologie dans le cadre de l'observation visuelle des cétacés (distinction des parties émergées, des souffles) et d'autre part, de comparer les performances avec des jumelles classiques (distance de détection, utilisation de nuit). Des essais sont à poursuivre, afin de mettre en évidence la résistance au bruit de fond généré par les vagues et le clapot, ainsi que les observations par temps de pluie ou de brouillard. Une image filmée par ce matériel est présentée sur l'exemple d'un grand dauphin, *T. truncatus*, en Fig.12-b.

(a) (b)

Figure 12-a-b. Jumelles infrarouges et test en mer.

LÉGENDE
(a) Jumelles infrarouges de Thalès Optronics. (b) Image filmée d'un grand dauphin avec cette technologie le 01/11/2009.

Les études par observation visuelle se distinguent classiquement selon la technique de la photo-identification, consistant à étudier les animaux selon leurs marques individuelles, et celle des transects linéaires. La première approche permet d'effectuer des analyses de dynamique de populations ou d'abondance (Hammond, 1986a), à partir de méthode telle que la capture-marquage-recapture. En outre, elle est très adaptée à des espèces pouvant évoluer dans des zones littorales très découpées, moins accessibles aux prospections par ligne (Ingram and Rogan, 2002).

Elle est également très utilisée pour les suivis spécifiques d'une espèce en particulier, grâce à l'identification et la reconnaissance des individus. Cette méthode est considérée robuste pour des résultats d'abondance « absolue », mais également pour qualifier les relations sociales intra-groupes ou la description de l'usage d'habitats (Rossi-Santos *et al.,* 2007). En revanche, elle nécessite d'être utilisée sur une échelle de moyen ou long terme, afin d'obtenir suffisamment d'observations pour décrire une espèce en particulier, ce qui suppose pour son efficacité, de connaitre *a minima* la distribution de cette dernière, voire les niches écologiques occupées par l'espèce. Dans ce travail, la photo-identification a été utilisée comme méthode complémentaire à celle des transects, à partir de 2009, compte tenu du très faible niveau d'informations disponibles au départ sur la diversité et la répartition des différentes espèces. Certains résultats basés sur l'étude de photos sont présentés dans ce travail uniquement au titre de preuve pour corroborer certaines conclusions ou hypothèses. La méthode visuelle principale retenue pour ce recensement concerne l'échantillonnage à la ligne distanciée, ou le « Distance Sampling » (Buckland *et al.,* 1993, 2001 ; Laake *et al.,* 1994 ; Forney *et al.,* 1995 ; Thomas *et al.,* 2007 ; Dawson *et al.,* 2008).

1.1. Les transects maritimes

La technique des transects maritimes a été retenue prioritairement pour trois raisons.

Dans un premier temps, elle est très adaptée aux études d'abondance et de distribution sur des espaces assez étendus, comme sur une zone régionale, pour pouvoir y déterminer les espèces y évoluant. Les transects par survol aérien permettent une complétion pour un recensement à une échelle encore plus vaste et sur des zones hauturières, mais elles sont moins adaptées à des analyses de dynamique de populations sectorielles ou régionales.

Par exemple, pour les delphinidés, la discrimination entre certaines espèces proches (*Stenella attenuata, Stenella frontalis, Stenella longirostris*…) est plus difficile à réaliser à partir d'un aéronef (Gandilhon *et al.,* 2010).

En second point, les observations visuelles obtenues par cette méthode sont utiles pour donner une estimation fine de la taille d'un groupe. En outre, ces observations peuvent également être utilisées pour caractériser certains comportements et comparer les relations interspécifiques d'une zone à l'autre, voire de décrire certaines compositions sociales intra-spécifiques. En troisième point, cette méthode est adaptée à l'objectif premier du recensement d'animaux mobiles évoluant sur des aires ouvertes car elle autorise que tous les cétacés ne soient pas détectés (estimation de la probabilité de détection). Cela constitue un argument majeur dans le choix de cette méthode pour l'observation visuelle, eu égard aux comportements des cétacés qui évoluent pour la plupart une grande partie de leur temps sous l'eau.

Dans ce travail, les techniques de bande ou de ligne génèrent des résultats regroupés dans les tableaux sous le terme « TL (*transect de ligne*) et TB (*transect de bande*) » et traités pour :

- Décrire la richesse spécifique (*S*) et la diversité (α et β) ;
- Renseigner certains descripteurs d'occurrence (*O*), de présence (*P*) et de dominance (*Dm*);
- Proposer une estimation de la densité (*D*) par espèce selon différents niveaux de détection (largeur fixe, distance effective avec probabilité de détection ou distance moyenne) ;
- Modéliser, dans certains cas, une probabilité de détection (*p*) par espèce afin d'estimer une taille de population (*N*) ;
- Renseigner la répartition spatiale et les facteurs du milieu (*Dis*).

Les analyses de densité de populations, voire de leur taille, permettent statistiquement de décrire les variations dans le temps et dans l'espace de ces dernières. Par ailleurs, certains facteurs liés à l'environnement des espèces (bathymétrie, température de l'eau en surface…) fluctuent également. Afin de pouvoir dans le temps évaluer certaines corrélations entre ces variations écologiques et biologiques, il parait donc primordial dans une démarche de recensement d'estimer, en tout premier lieu, les densités des populations considérées dans cette étude. Classiquement, la densité (*D*) s'exprime par le rapport des effectifs (*Es*) sur une surface donnée (*A*) dans laquelle il suffit de compter tous les objets (animaux) à l'intérieur, afin d'estimer leur densité (Gates, 1979 ou Seber, 1982). Cela suppose que les aires prospectées soient d'une part suffisamment petites et accessibles et d'autre part, que les individus étudiés soient normalement répartis. Ce contexte semble utopique pour les populations de faune sauvage distribuées de façon non homogènes, et qui occupent, dans le cas des cétacés, de très grandes surfaces marines.

1.1.1. Méthode du transect de bande (*TB*)

Une solution consiste à réaliser un échantillonnage sur une surface réduite, afin de permettre d'extrapoler la densité obtenue sur cette aire étroite à la totalité de la zone considérée.

Le transect de bande est une méthode qui s'inscrit dans cette assertion. Elle a été principalement utilisée au départ pour les inventaires d'oiseaux (Heinemann *et al.,* 1989, Erikstad *et al.,* 1990) et comparée à des techniques de radiopistage (Ostrand *et al.,* 1998b).

Elle est utilisée fréquemment pour des recensements sous-marins pour évaluer les communautés ichtyologiques sur les récifs coralliens (Bouchon-Navaro 1980, 1997, Bouchon *et al.,* 1993) ou les communautés coralliennes elles-mêmes (Bouchon et Vivien, 1985). Cette approche en « bandes » suppose que les observateurs définissent une bande d'une certaine largeur dans laquelle tous les individus sont comptés.

Ainsi, l'hypothèse fondamentale est que la détection au sein de cette bande est parfaite, ce qui limite bien entendu sa largeur. Dans ce modèle, toutes les observations en dehors de la bande doivent être ignorées dans les analyses. Les densités estimées sont ensuite utilisées pour extrapoler sur les zones non prospectées, une estimation de la population à évaluer. Il existe une différence fondamentale entre les méthodes d'estimation de densité de population par cette méthode et celle adaptée pour les transects de ligne, Distance Sampling. En effet, il est opposé à la première méthode de ne pas permettre de compter exactement tous les individus situés dans la bande de largeur *w*. Cela implique que l'estimation de densité sera négativement biaisée. Une des solutions consiste à prospecter une bande très étroite, afin de pouvoir observer tous les animaux à l'intérieur. Cependant, cette approche exclut des observations utiles situées en frontière de la bande, et de plus, elle impose de choisir une largeur de bande dans laquelle, la détection est considérée absolue. La fixation de cette largeur s'avère complexe dans le cas de l'observation de plusieurs espèces simultanément, et ce, dans toutes les conditions rencontrées. Les deux méthodes ont été comparées, et finalement, le programme a été révisé pour le transect de ligne dès 2008.

1.1.2. Technique du transect de ligne (*TL*) et méthode du « Distance Sampling »

La détection des cétacés, à partir de 2008, se base ainsi sur la méthodologie du Distance Sampling (Buckland *et al.,* 1993) qui supprime l'hypothèse de détection de tous les cétacés. Par ailleurs, cette approche permet, à effort relatif comparable, d'extrapoler les résultats par strates temporelles, quelles que soient la zone d'effort ou la période de prospection considérée. La technique employée est le transect de ligne.

La pertinence du modèle tient dans cette acceptation de la non détection lors de l'échantillonnage des unités de surface prospectées aléatoirement. Cela revient à considérer que tous les objets de l'échantillon peuvent ne pas être vus lors de l'étude pour diverses raisons, ce qui parait judicieux dans le cas d'étude des populations de cétacés compte tenu de leur déplacement, ou de leur temps d'apnée. En outre, cette méthode a été éprouvée et reconnue pour l'estimation d'abondance de cette faune dans de nombreuses recherches (Hammond, 2002 ; Calambokidis, 2004 ; Zerbini *et al.,* 2004, 2007 ; Gomez de Segura *et al.,* 2007). Elle évolue par ailleurs grâce à de nouvelles améliorations, comme celles des recommandations de plan d'échantillonnage de zones complexes (Thomas *et al.,* 2007) ou d'adaptation à des milieux aquatiques d'eau douce (Dawson *et al.,* 2008).

Le seul point commun qui a été maintenu dans cette étude, entre la méthode de bande appliquée en 2007 et celle de la ligne dès 2008, est de conserver des unités spatiales de référence, c'est-à-dire les quadrats et les blocs. L'argument est de faciliter le guidage et le placement des lignes dans les unités de surface, pour les raisons expliquées.

Par ailleurs, cela permet de ne pas exclure des comparaisons interannuelles par site, selon deux méthodes différentes, comme pour les indices de densité ou de fréquentation des sites.

Si la méthode des transects de ligne semble être une sinécure dans le cadre d'un recensement, elle n'en demeure pas moins une approche techniquement précise, soumise pour sa réalisation à la satisfaction d'hypothèses statistiques strictes et à des contraintes lourdes de moyens à mettre en œuvre.

En effet, c'est une méthode rigoureuse qui ne peut générée des résultats pertinents que dans le respect maximal des conditions conceptuelles fixées par les auteurs (Buckland *et al., op. cit*.). Néanmoins, cette méthode a été jugée être probablement la plus efficace pour répondre aux objectifs fixés dans le recensement de ce travail. Notamment parce que les informations du bilan dressé sur les connaissances établies grâce à la littérature au début de 2009, ne permet ni de cibler alors des sites d'intérêt spécifique, ni de dresser un bilan clair de la diversité, et encore moins des abondances par espèce.

Ainsi, l'étendue de la surface à explorer (près de 5000 km²) et le nombre d'espèces à évaluer, en référence à certaines informations disponibles dans le reste des îles de la Caraïbe, sont deux arguments de poids justifiant la considération d'une telle démarche.

1.1.2.1. Cadre conceptuel du Distance Sampling

Le principe de Distance Sampling se base sur la modélisation de la probabilité de détecter les espèces étudiées, et permet d'évaluer d'une fonction de détection *g(x)* pour chaque espèce. Cette fonction de détection est ajustée à partir d'une largeur effective de détection (ESW pour "*Effective Strip Width"*), elle-même modélisée selon les différentes distances perpendiculaires des objets détectés à la ligne du transect. Toutefois, la méthode du Distance Sampling ne peut être appliquée qu'en respectant certaines hypothèses très strictes. Il s'agit pour les plus contraignantes :

1. Les individus sur la ligne ou sur le point sont tous détectés, ce qui signifie que la fonction de détection *g(0)=1* ;
2. Les individus sont détectés à leur place initiale, avant tout déplacement en réponse à la plateforme ou à l'observateur ;
3. Les distances et les hauteurs d'observation sont mesurées précisément et sans biais ;
4. La pression d'observation durant le transect doit rester constante, ce qui signifie que les arrêts d'observation visuelle à partir de la ligne doivent être soustraits ;
5. Idéalement, la hauteur d'observation entre chaque jeu de données reste comparable tout autant que la vitesse constante.

Concernant les conditions d'observation, elles ont été fixées à des limites maximum sur les échelles de vent de 4 (Beaufort) et 4 pour la houle selon l'échelle de Douglas. Cela signifie que seules les observations collectées en dessous de 5 Beaufort strictement sont conservées pour les estimations de densité. Quoi qu'il en soit, à partir de 5 sur l'échelle de Beaufort ou/et sur l'échelle de Douglas (vent ou houle installés), les prospections en mer sont suspendues, sous le terme « rupture de transect » dans les bilans récapitulant les efforts réalisés. Pour respecter ce cadre conceptuel, un protocole d'étude adapté à l'archipel de Guadeloupe a été rédigé afin de fixer exactement une bonne procédure d'application en mer (cf. Annexe II).

En outre, la mise en œuvre de cette méthode nécessite des compétences humaines spécifiques et des moyens logistiques importants et couteux. Il a été nécessaire de qualifier la rigueur des observateurs, puis de former les équipes d'observation à la méthode, et de faire appel à des expertises externes pour garantir l'adéquation aux procédures établies. Par ailleurs, la réquisition de plateformes sur plusieurs périodes de référence et leur équipement ont nécessité une organisation pointue.

La planification des plans d'échantillonnages a été considérée selon le maximum de connaissance météorologique selon les saisons, ce qui induit une certaine souplesse d'ajustement avec les aléas (tempête tropicale…). Outre ces aspects pragmatiques, les hypothèses de départ de cette méthode ont été rigoureusement prises en compte, tout autant que les assertions statiques minimum, comme le choix aléatoire à chaque saison de l'ordre des lignes devant être prospectées.

1.1.2.2. Mise en œuvre opérationnelle des transects de ligne

Concrètement, les lignes transects sont parcourues à cap constant. Tout au long du transect, l'effort d'observation est réalisé par 3 observateurs minimum scrutant simultanément les 180° avant. Chacun se partage un angle de 60 ° autour de la ligne de transect, selon les azimuts 9h-11h, 11h-13h et enfin, 13h-15h. La position d'observation se réalise debout autour du pied de mât, et parfois assis, dans le cas de voiliers avec des sur relèvements à l'avant du bateau. En revanche, toutes les mesures réticulées sont réalisées debout, sans exception. Des rotations d'observation (changement d'angle ou changement d'observateur) sont appliquées environ toutes les heures et systématiquement en fin de journée. Les lignes transects sont suivies rigoureusement et la vitesse moyenne reste homogène sur la ligne parcourue (5 à 6 nœuds, soit 9 à 10km.h^{-1}). Les critères de discrimination des espèces sont rigoureux et les notes sont retranscrites fidèlement par un quatrième observateur sur deux fiches dédiées, à la fois pour les notes des observations et des efforts de recherche. Ces fiches sont numérisées chaque soir. Les trajets sont tracés par des points d'efforts par le logiciel Max Sea. En cas de défaillance du logiciel, de nombreuses localisations sont indiquées dans la fiche d'efforts de recherche et la notation de certaines variables de l'environnement (température, oiseaux, déchets, activités humaines). Cela permet de tracer les efforts réellement faits et de calculer ensuite la distance parcourue. Un cinquième observateur effectue les essais acoustiques. Sur certaines campagnes, un sixième, voire septième observateur renforcent non pas l'observation, mais la discrimination des espèces et également l'estimation des effectifs.

Les animaux sont recherchés avec jumelles et à l'œil nu. A chaque détection, la priorité de parole est donnée à celui qui annonce les mesures relevées (dans l'ordre, le nombre de réticules, le cap ou gisement de l'animal, le compas bateau, puis pour contrôle, l'azimut auquel a été observé l'objet) tandis que les autres observateurs continuent à observer leur angle tant que ces quelques secondes consacrées au relèvement ne sont pas terminées. Celui qui note ces paramètres ajoute l'heure, la position de la plateforme et l'éventuelle réaction de l'animal à la plateforme, quand elle est estimable. Ensuite seulement, tous les observateurs sont mobilisés pour estimer l'espèce, la taille du groupe (minimum et maximum), la composition sociale et les comportements. Pour chacune des observations, une photo, même de très loin, doit être associée afin de documenter la détection, ce qui n'a pas toujours été possible dans le cas de saut de certains animaux. Dans ces cas marginaux, les relèvements ont été effectués au centre de l'éclaboussure uniquement quand l'espèce ou le genre ont été strictement reconnus.

Le mode rapprochement (Zerbini *et al.,* 2004) est appliqué à ce stade uniquement si le dénombrement ou l'estimation n'ont pas pu être correctement réalisés. Cette option opératoire dans l'application de la méthode consiste à stopper l'effort en transect à un point GPS précis, pour quitter la ligne et se rapprocher du groupe observé. Cela permet d'une part, d'affiner les estimations des effectifs et d'autre part, d'effectuer dans certains cas des photos de meilleure qualité. Par ailleurs, le rapprochement a permis de réaliser l'identification de quelques individus et de renseigner plusieurs comportements intra-spécifiques et quelques typologies de composition sociale.

Cette déviation à la ligne du transect a été limitée dans le protocole à vingt cinq minutes en général au maximum et sur une distance perpendiculaire de près de 0,75 MN de la ligne. Enfin, le bateau se repositionne sur la ligne au point où il a initié ce rapprochement. Chaque évènement le long de ces transects (station acoustique, stops, changement de caps, rapprochements, passage de grains, rotation d'observateurs…), est assorti d'une notation et d'une localisation GPS précise de la plateforme.

1.1.3. Les recherches visuelles complémentaires

Pour compléter la collecte des observations obtenues visuellement par transect maritime, mais également pour tenter de vérifier certaines hypothèses ou consolider les résultats obtenus par cette méthode, trois autres sortes de collectes visuelles ont été considérées. Elles concernent :

- Des recherches focales, c'est-à-dire ciblées sur une zone ;
- De la qualification de données issues de tiers, soit lors de sorties dédiées à l'observation touristique de cétacés, soit de façon totalement opportuniste ;
- Du suivi des déplacements des baleines à bosse par usage de la télémétrie.

Cette dernière approche qui consiste à marquer, puis à générer des traces visuelles des déplacements des baleines à bosse a été exploitée utilement par ailleurs en utilisant les données de géo localisations des animaux observés durant les manipulations (biopsies incluses). Cela permet d'agréger au final, toutes les observations visuelles entre elles, qu'elles que soient leur origine, pour les traitements de présence et de diversité.

Ces diverses méthodes, générant des résultats complémentaires, sont présentées successivement ci-après.

1.2. Les méthodes focales

D'autres suivis ont pu être effectués. Ils concernent l'usage de méthodes focales ou de données issues de ces démarches, visant à prospecter des secteurs particuliers connus ou supposés pour des activités de cétacés, sur des groupes d'animaux particuliers ou des individus reconnaissables (Hammond 1986).

1.2.1. Suivis et recherches de populations sur des secteurs cibles (*OR*)

Deux programmes, notés « *OR* pour observations de recherche », ont été initiés en parallèle au transect de ligne afin de caractériser plus finement la présence et la distribution de certaines populations détectées sur certains secteurs en 2007 et 2008 durant les transects de ligne. Cette méthode sera dite « focale ». L'intérêt est d'augmenter nos jeux de données par plusieurs moyens nautiques. Il s'agit dès 2009, de sorties de recherche régulière focalisée sur deux secteurs.

Le premier secteur est celui de la côte-sous-le-vent (Bloc A). L'intérêt d'avoir utilisé des plateformes dédiées à l'observation touristique était triple. En premier lieu, les embarquements proposés gracieusement sur des catamarans à moteur étaient relativement réguliers (en moyenne 1 toutes les deux semaines). En second point, la recherche des cétacés était efficacement orientée sur des zones particulières de cette côte-sous-le-vent (basées sur certains résultats obtenus en transects et sur l'expérience des opérateurs). En dernier point, l'usage d'un matériel acoustique a pu être testé sur chaque observation et toutes les mesures ou photographies souhaitées pouvaient être effectuées dès détection du groupe, soit une certaine souplesse proposée pour ce travail.

Le second secteur a été étudié en parallèle aux relevés précédents. En plus de ces relevés, d'autres sorties en côte-au-vent, ont été orientées principalement vers Petite Terre, réalisées à partir de St François (16°14/61°14), port d'attache d'un voilier privé (Nautitech 435), mis fréquemment à disposition en fin de semaine. Sur ce secteur (bloc C du découpage géographique), une population de grands dauphins a été repérée en transect de ligne et est partiellement connue et identifiée pour certains individus par des naturalistes de l'île. L'objectif fixé alors est de vérifier la fréquentation de cette espèce sur ce site par l'usage de la photo-identification. Cependant, cette approche n'a pas été considérée comme méthode principale pour les résultats d'abondance dans ce travail. Enfin, d'autres sorties avec cette plateforme ont augmenté de façon significative les observations visuelles de l'espèce *M. novaeangliae* sur le secteur C principalement et le secteur B occasionnellement.

Les observations visuelles réalisées durant ces sorties sur trois secteurs sont considérées pour compléter :

- La richesse spécifique (S), la distribution (Dis) et la présence (P) sur les secteurs A et C, occasionnellement B ;
- Les occurrences (O) sur certains sites à différentes échelles de temps ;
- Les interactions et relations intra et interspécifiques ;
- Les facteurs environnementaux (abiotiques) permettant de tester certains gradients pouvant compléter l'explication de la distribution des espèces.

1.2.2. Les sorties d'observation touristique (*OT*)

D'autres observations fournies par des tiers ont été ajoutées. Ce sont deux approches bien différenciées. D'une part, il s'agit de données issues de deux personnes (deux éco-guides d'opérateurs touristiques) possédant une expérience rompue de la discrimination des cétacés; et d'autre part, de diverses observations issues de structures diverses liées aux métiers de la mer, telles que des référents de l'association BREACH, de guides de réserves naturelles, d'étudiants en biologie marine, de club de plongée, de bateau de croisière à la journée ou de naturalistes. L'intérêt de considérer ces données est de compléter nos jeux de données temporels sur la présence pour le bloc A, la côte-sous-le-vent, car ces observations n'ont été effectuées que sur ce secteur.

Dans le premier cas, les jeux de données sont notés sous « OT », pour Observations Touristiques. Les observations relevées ont toutes été documentées avec plusieurs informations comparables sur des échelles temporelles courtes (en général plusieurs sorties par semaine pour les éco guides). Les efforts ont été réalisés durant des sorties touristiques, centrées sur la recherche des cétacés.

La durée totale de la sortie a été indiquée en heure, car les efforts en distance sont peu disponibles (seulement 3 ou 4 points d'efforts par sortie). Le processus de recherche aléatoire des animaux est focalisé par scrutage visuel par l'éco guide à 180° avant (aidé sur 360° par l'ensemble des touristes) et des écoutes acoustiques régulières avec des hydrophones omnidirectionnels, installés dans un montage dit « directionnel », soit un unique hydrophone monté à l'intérieur d'un matériau semi-sphérique permettant de concentrer les signaux, d'une manière similaire à un télescope de réflexion. Cet « entonnoir » est fixé à une perche qui est immergée avec plusieurs rotations successives à 360°. Ce montage est utilisé en position stationnaire du bateau. L'avantage est que l'hydrophone peut être déplacé et dirigé dans l'eau, mais aucune hauteur exacte d'immersion n'a été définie.

Cela ne permet pas d'indiquer les angles exacts d'où viennent les sons ni de vecteur directionnel, mais permet d'estimer l'origine du son arbitrairement à l'oreille. Il semble que cette approche a montré un intérêt particulièrement pour la localisation des cachalots à partir de leurs clics eux-mêmes très directifs.

Les informations sont donc : le nombre d'individus estimé visuellement (minimum et maximum ou moyenne), l'espèce, la description du groupe (comme la présence de jeunes) lorsque c'est le cas, la localisation, ainsi que des notations comportementales précises. Toutes les observations vérifiables à partir de photographies.ont été prises en compte, car elles permettent d'affiner la distribution des espèces dans le bloc A à de nouvelles échelles spatio-temporelles, non renseignées dans les campagnes de transects de ligne. Enfin, les traitements de présence de l'espèce et des facteurs du milieu, associés à ces observations, ont été exploités.

Pour résumer, ces observations visuelles, regroupées dans les tableaux de synthèse d'OT sont traitées pour :

- Compléter la richesse spécifique (*S*) par la présence prouvée de taxons ;
- Estimer un indice relatif d'abondance comparé à ceux obtenus par les autres méthodes ;
- Compléter la distribution (*Dis*) de certaines espèces sur le bloc A principalement ;
- Renseigner la significativité des facteurs du milieu associés aux observations par cette méthode.

1.2.3. Les observations d'opportunité (*OO*)

Hedley et Buckland (2004) indiquent que, sous certaines conditions, il est envisageable de fournir des estimations d'abondance à partir de données d'observations recueillies auprès de plates-formes d'opportunité (ferries, navires de la marine marchande, navires océanographiques, etc.). Notamment parce que la collecte de grandes quantités de données par ces moyens a un coût nettement inférieur à celui d'une prospection telle que celle effectuée pour des transect de ligne. Ce moyen a permis de recueillir des informations opportunistes sur les cétacés. Ces données ne sont généralement pas issues d'un protocole standardisé ou systématisé d'effort de recherche, ce qui exclut toute traçabilité des efforts. L'ensemble des informations disponibles jusqu'à fin décembre 2010 et pour certaines sporadiques en 2011, a été trié.

Seules les observations répondant à deux critères (rédhibitoires) ont été conservées dans ce travail :

1. l'observation est associée à une documentation à jour, soit une image *a minima* de l'espèce, avec l'heure, le jour

et,

2. le lieu où l'observation a été effectuée est « prouvable », soit par un amer typique sur une photo, soit avec d'autres photos, complétant la qualification du lieu le même jour. Néanmoins, ce dernier critère n'a pas été appliqué systématiquement dans le cas d'observateurs effectuant quotidiennement le même trajet (exemple St François-Petite Terre), ou localisés exactement, comme certains organismes de plongée ou encore dans le cas d'observateurs considérés fiables dans leur appréciation du lieu, car rompus aux méthodes de transects de ligne.

Relativement à la base de données initiale, toutes les observations conservées ont été certifiées par, *a minima*, une photo par observation ou un enregistrement acoustique (1 cas uniquement).Toutefois, la plupart de ces observations ne sont pas géo localisées, mais associées à un lieu, comme pour les informations les plus larges, Marie Galante, Petite Terre ou Saint-François et pour les plus fines, le nom du lieu exact telle que la Pointe d'Antigue.

Certaines de ces observations complètent de façon déterminante ce recensement, comme en cas d'espèces nouvellement observées par rapport à la richesse spécifique établie par les autres méthodes décrites dans cette étude. D'un point de vue spatial, ces données viennent uniquement en appui à certains résultats ou hypothèses tels que l'occupation des sites par les espèces. Par ailleurs, dans le cas en particulier des delphinidés, la reconnaissance d'individus, parfois sur plusieurs années, a été confirmée grâce à ces observations opportunistes. Toutes les photographies associées à ces observations sont triées numériquement selon le format :

- Date (jour/mois/année), lieu (précis/quadrat ou bloc), auteur (prénom et nom) et plateforme (bateau ou structure), espèce, OO (pour observations opportunistes).

Pour conclure cette partie, l'ensemble de ces observations opportunistes améliorent deux niveaux d'informations :

- La présence d'une espèce à différentes dates sur une aire *ST* (bloc);
- La richesse spécifique, soit *S*, le nombre d'espèces observées sur les secteurs considérés et dans l'archipel.

1.3. La télémétrie (*T*)

1.3.1. Justification du suivi par balises Argos

En Caraïbe de l'Est, les mouvements probables des baleines à bosse sont pratiquement inconnus et les habitats actuellement utilisés, ou importants, pour des baleines à bosse dans ces secteurs ne sont pas identifiés. Une question qui se pose est de savoir en particulier si ces derniers sont actuellement les mêmes que ceux où la chasse à la baleine était historiquement pratiquée en Guadeloupe selon Reeves *et al.* (2001). Le but poursuivi ici est de trouver une méthodologie permettant de compléter, les informations sur la distribution des baleines à bosse.

Récemment, le recours à la télémétrie par satellite est devenue une méthode pour renseigner les mouvements, le comportement et l'utilisation des habitats des grands cétacés (Mate *et al.,* 1998, 2000 ; Zerbini *et al.,* 2006). Cette technique a été appliquée à un certain nombre d'espèces, comme les mysticètes (Wade *et al.,* 2006) et en particulier les baleines à bosse. Cela permet de préciser les migrations, ainsi que la structure de leurs stocks (Dalla Rosa *et al.,* 2008). Ainsi, Zerbini *et al.* (2006) ont déployé des émetteurs satellite sur les baleines à bosse présentes en hiver au large du Brésil et ils démontrent que les aires d'alimentation actuelle de cette population diffèrent des régions où l'espèce a été historiquement trouvée et exploitée.

En 2010, un programme de recherche par télémétrie a été initié dans cette étude afin d'approfondir la compréhension des populations de baleines à bosse évoluant dans un habitat de reproduction protégée, telle que l'archipel de Guadeloupe.

Cette approche permet de répondre à:

- Evaluer l'utilisation de l'habitat en Guadeloupe ou zones plus larges par les baleines à bosse ;
- Etudier leurs mouvements dans la zone de reproduction ;
- Renseigner leurs itinéraires de migration et les déplacements inter-îles.

1.3.2. Protocole d'application en mer

Le protocole était le suivant : la vitesse du bateau était environ de 10 nœuds et les observations se font sur 360°. Une fois qu'une baleine était repérée et identifiée comme acceptable pour la pose de tags (statut adulte ou immature de grande taille, niveau de graisse estimée etc.), le protocole d'approche de la baleine est mis en œuvre.

La technicité (précision, rapidité) de cette opération et les conditions du milieu pour une bonne stabilité de la plateforme, tout autant que l'approche des animaux, et la reconnaissance quasi-instantanée des individus (pour éviter un double marquage) font qu'il n'est pas toujours aisé d'effectuer des implantations de balise Argos ou, parfois même des biopsies. Cela est d'autant plus vrai en présence de groupes reproducteurs, aux comportements actifs.

1.3.3. Intérêts de la télémétrie

Ce programme scientifique permet de collecter de nombreuses données alors que les baleines sont sur leurs lieux de reproduction. Les résultats spécifiques obtenus sur les déplacements ainsi qu'une première appréciation de durée de résidence pour cette espèce dans l'archipel de Guadeloupe sont traitées dans ce manuscrit grâce aux traces de certains déplacements. Par ailleurs, comme pour tous les autres modèles, les observations visuelles issues de cette méthode de marquage (biopsies et balises), notée *T*, ainsi que certaines facteurs du milieu associés aux géolocalisations, sont exploitées dans nos traitements de présence et de distribution pour l'archipel de Guadeloupe.

Quelques trajets migratoires remarquables permettent également de mettre en parallèle d'autres résultats significatifs. Ces informations renseignent, les destinations possibles de nourrissage pour une partie des individus, sur les périodes considérées.

2. Les observations acoustiques

Pour palier aux inconvénients inhérents aux observations visuelles, d'autres techniques pour suivre les cétacés existent. En effet, en milieu naturel, les observations visuelles effectuées classiquement à partir de bateaux présentent quelques inconvénients.

Déjà, elles nécessitent d'aller à la rencontre des cétacés, soit de façon ciblée pour effectuer de la reconnaissance individuelle, soit plus aléatoirement pour démontrer la présence ou l'absence des animaux sur certaines zones. Les observations récurrentes se font donc principalement à proximité des côtes, et avec le prix actuel de l'essence, elles demandent un budget conséquent et à fortiori, si ces prospections visuelles sont appliquées en haute mer.

Deuxièmement, ce type d'observations ne peut se faire que lorsque l'individu ou le groupe de cétacés sont à portée de vue. Cela devient délicat la nuit ou lors de conditions météorologiques difficiles. Troisièmement, la distance d'observation est limitée, même lorsque des jumelles performantes sont utilisées.

En outre, elles ne se font que lorsque les cétacés sont en surface (ou proche de la surface), ce qui pour certaines espèces discrètes comme le cachalot ou les baleines à bec, ne représentent finalement que très peu de temps de leurs activités (le cachalot reste quelque 10%-15% de son temps en surface). Enfin, pour les espèces à répartition très hétérogène comme certains mysticètes, les observations en mer restent limitées géographiquement et peu adaptées au suivi, à court, moyen et long terme, de ces populations.

Du fait que les cétacés sont vocalement actifs, il est possible d'avoir recours à l'acoustique passive pour les observer. On peut d'ailleurs, à partir des caractéristiques temporelles et fréquentielles des sons qu'ils émettent (durée, bandes fréquentielles), distinguer les différentes espèces.

Dans ce travail, cette méthode a permis de confirmer la présence d'espèces, y compris à des distances supérieures aux observations visuelles réalisables en fonction des conditions de visibilité (Norris *et al.,* 1999).

Les objectifs visés par l'acoustique passive dans ce travail sont:

- Détecter la présence de cétacés ;
- Identifier les espèces ;
- Compléter la présence saisonnière pour certaines espèces ;
- Compléter partiellement la composition sociale dans le cas des baleines à bosse.

2.2. Observations instantanées (*LT, OR*)

La plupart des observations acoustiques obtenues sont issues d'observations instantanées. La technique classique est d'utiliser un équipement portatif à bord de navires, avec un ou plusieurs hydrophones et un système d'acquisition de données. Les enregistrements sont réalisés uniquement pendant l'effort. Cette approche permet la détection des cétacés vocaux, leur localisation et éventuellement le comportement comme celui des cachalots au cours de leurs plongées (Laplanche *et al.,* 2005).

Les observations instantanées ont été essentiellement acquises lors des transects de ligne, mais également durant quelques sorties de recherche et sont ainsi comptabilisées pour les méthodes *LT et OR*. Sur les campagnes de transects de ligne 2009, 2010 et 2011, deux hydrophones ont été utilisés pour chaque saison (1 par bateau) et pour 2008, une partie de la campagne. Les détails des efforts réalisés (nombre de détections positives) sont reportés dans le bilan réalisé en annexe V.

Les données sont valorisées dans les traitements suivants :

- Présence de l'espèce identifiée acoustiquement, notée 1 en cas de détection positive ;
- Localisation de la station d'écoute positive.

Concrètement, durant les transects, une écoute acoustique a lieu tous les deux milles nautiques ou toutes les 25 à 30 minutes, selon la vitesse des voiliers le long du transect (moteur éteint et bateau mis en panne). Il faut noter que le nombre de détection (*na*) correspond à des sons dans l'enregistrement (sur lequel on peut caractériser l'espèce) mais ni à un nombre d'individus, ni à l'estimation de leur distance. Ces observations acoustiques ne sont donc pas utilisées dans les calculs d'abondance.

Pour chaque station acoustique, il est consigné l'heure, la date, la position GPS du bateau, l'espèce, l'estimation de l'intensité acoustique relative sur une échelle arbitraire de 1 à 5, le type de signal émis (sifflement, vocalise, chant, clic…), l'association ou non à une observation visuelle, le type et l'intensité du bruit ambiant (caractérisée une échelle arbitraire). Par ailleurs, les essais acoustiques négatifs sont également consignés au titre de l'effort de recherche.

Remarque 1 : pour les données de présence, les bilans traités considèrent en priorité les observations visuelles. Cela signifie qu'en cas de doubles observations (visuelle et acoustique), la présence est incrémentée uniquement de 1.

Remarque 2 : dans le cas des cachalots, tout écoute positive simultanée à une observation visuelle est comptée comme 2 observations car cela confirme la présence d'au moins *n* cétacés, dont a minima *n*=1 et *na* toujours théorisé = 1.

Concernant les baleines à bosse, toutes les observations acoustiques positives sont considérées, même s'il peut s'agit du même individu vocalisant pendant le transect. Cela implique que ces détections ne sont traitées qu'à titre indicatif de la présence de l'espèce et du sexe.

2.3. Observations semi-permanentes (*GUA*)

D'autres approches basées sur l'acoustique passive sont proposés observer les cétacés.

En 2003, Johnson and Tyack (2003) ont développé un module électronique, appelé DTAG, destiné à être fixé sur le cétacé via des ventouses. Ce module électronique comporte différents capteurs (capteur de température, pression), des accéléromètres et un hydrophone. L'objectif est d'enregistrer certains cétacés lors de leurs déplacements. Cet outil est largement utilisé pour des études comportementales ou pour évaluer l'impact de certains sons anthropiques sur des cétacés. Les scientifiques ont ainsi pu détailler le profil des plongées profondes des cachalots (Watwood *et al*., 2006) ou la réaction de baleines à bec lors d'un trafic maritime intense (Aguilar Soto *et al*., 2006). Plus récemment, Stimpert *et al*. (2007) a enregistré, pour la première fois, des clics de baleines à bosse.

Mais, cette approche reste une solution pour des observations instantanées. Pour des études à moyen et long terme, on a recours à des hydrophones installés en surface ou sur le fond marin.

Par exemple, Yvan Simard et Yves Samson ont développé un système d'acquisition autonome appelé 'Autonomous Underwater Recorder for Acoustic Listening' (AURAL, www.multi-electronique.com).

Il existe d'autres constructeurs de tel système (ex. HARP) mais le principe est le même : il s'agit d'un système autonome qui enregistre au cours de plages horaires définies, sur plusieurs jours, plusieurs semaines voire plusieurs mois. Les données acquises sont relevées à la fin de la mission scientifique lorsque le système est récupéré.

Ces systèmes acoustiques semi-permanents ou permanents sont par ailleurs utilisés pour la surveillance de domaine spécifique type canal ou détroit, et ont été déployés dans de nombreux autres projets d'envergure, tels que celui proposé par Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI) et Monterey Accelerated Research System (MARS) (www.mbari.org/mars) ou le projet américano-canadien Neptune est installé sur la côte nord-ouest du continent américain canadien (www.neptune.washington.edu).

2.3.1. Conception d'une sono-bouée semi-permanente

Dans le cadre de ce travail, une une sono-bouée pour l'observation semi-permanente d'une zone (24h/24, 7j/7) a été construite. Par cette méthode, le premier objectif fixé est de compléter les résultats obtenus lors des différentes méthodes visuelles présentées précédemment en côte sous le vent de la Guadeloupe. Le deuxième objectif visait à compléter les résultats de tendances sur le statut de résidence ou de semi-résidence pour des populations particulières ainsi que la caractérisation des paramètres écologiques de leurs habitats (comme le bruit ambiant). Pour atteindre ces exigences, un projet d'un prototype acoustique, appelé Gualiba 1 et noté *GUA* a été réalisé.

La solution retenue était d'instrumenter un Dispositif de Concentration de Poissons (DCP), en accord avec le Comité Régional des Pêches de la Guadeloupe. On rappelle qu'un DCP a pour rôle d'agréger des poissons pélagiques (Matsumoto, 1981 ; Lagin et Ledouble, 1994 ; Reynal *et al.,* 2000 ; Dempster *et al.,* 2003 ; Doray *et al.,* 2006). Les DCP ont été déployés dans les Antilles françaises en Martinique sur la côte atlantique en 1983 par l'ISTPM - Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, maintenant IFREMER (Institut Français de Recherche pour le Développement océan) et peu à peu, leur utilisation a été généralisée dans le reste de la Caraïbe (Doray *et al.,* 2002). Ces systèmes en effets réduisent les coûts pour les marins-pêcheurs professionnels en diminuant les déplacements, mais aussi par l'amélioration des conditions de sécurité par une meilleure connaissance des lieux de la pêche (Diaz *et al.,* 2001).

Principalement ancrée dans la zone côtière de la Guadeloupe, 40 DCP collectifs sont actuellement surveillés et entretenus par la société PLK Marine (http://plkmarine.com). Très rapidement, plusieurs problématiques d'ordre technologique sont apparues. La diversité des sons variant d'une espèce à l'autre, avec des caractéristiques différentes (20-220 dB re1uPa à 1m) et de très larges bandes fréquentielles (20Hz – 200 kHz), selon de nombreuses espèces ciblées alors en côte sous le vent (près de 18), le système acoustique prévu doit pouvoir enregistrer les animaux simultanément, nonobstant le bruit ambiant marin et les caractéristiques de propagation acoustique. Une taille importante de données doit être stockée et un moyen simple de récupération de ces données doit être conçu.

Par ailleurs, le dispositif doit être énergétiquement autonome avec une consommation globale du système évaluée à 27 Watts (soit un courant électrique de 1,125 ampère sous une tension électrique de 24 volts). Enfin, de nombreux ajustements physiques sont évalués, tel un système anti-pilonnement pour minimiser les mouvements de la bouée en surface due à la houle et aux vagues ou encore un ajustement des masses optimisant la stabilité de la bouée.

Grâce au regroupement de plusieurs domaines d'expertise (Physique, Biologie, Technologie, Acoustique et autres ingénieries du milieu marin), un système, nommé Gualiba, a été conçu en deux parties. Le premier module, à la surface de la mer, se compose de la bouée flottante du DCP, adaptée par la société PLK Marine (http://plkmarine.com) afin d'intégrer la partie informatisée du module de traitement de l'hydrophone.

Le Second module sous l'eau, fixé à environ 55 mètres de profondeur, avec un hydrophone, construit par CeSigma (http://www.cesigma. com). Ces deux parties sont présentées successivement en suivant le processus opératoire de conception du prototype.

2.3.2. Construction du prototype acoustique

La solution retenue pour cette sonobouée est modulaire, en 2 parties distinctes :

2.3.2.1. Module 1 : La partie émergée

La partie flottante du DCP (diamètre 1,20 m) accueille une carte Mini ITX intégrant un processeur basse consommation ATOM D510 de 1,6 GHz, double cœur et 1 GO de RAM. Il est couplé à une carte de réception de la liaison vers l'hydrophone en mode de transfert synchrone de 125 Mbits/s pour le traitement et le stockage de données acquises. Physiquement, le câble de liaison est relié à l'hydrophone par une connectique[14] réalisée en néoprène et laiton avec 15 points de contacts.

Un logiciel spécifique de maintenance à distance (à partir d'une plateforme en mer) de l'ensemble du système acoustique (nommé DRS) a été élaboré spécifiquement par la société Ce-Sigma. Cette interface permet de vérifier le processus d'acquisition des données en temps réel par différents points de contrôles, de fermer les dossiers en cours et d'arrêter le système tout en enregistrant la configuration. Il permet ultérieurement de vérifier les tests d'enregistrement sur plusieurs sessions (Fig.13-a).

De plus, cette bouée a été totalement personnalisée avec une réingénierie de la tourelle spécifique à l'étage supérieure afin de loger les régulateurs de tension et les disques durs externes, soit 2 SSD - *Solid State Driv*es- sous une version renforcée des SSD KINGSTONE 512MB et 256 MB (3 pouces 1/2). Un renforcement de l'étanchéité à l'intérieur de la bouée a été effectué pour accueillir deux batteries au gel (Optima Bleu Haut, 75Ah) et un ordinateur.

La Figure 13-b illustre les plans de modification de la tourelle. Le mât (Fig.13-c) a été solidifié par des haubans et équipé d'un système de protection contre la foudre. Un point d'accès WIFI ainsi qu'un dissipateur de surcharge de la batterie ont été ajoutés sur le mât. La Figure 12-d présente le système de broches conçues pour faciliter par guidage manuel la récupération en mer des boitiers extractables intégrant les disques durs externes SSD 256 gigas.

[14] Subconn®, http://www.subconn.com/connectors/standard-circular.

Deux balises GPS proposant 6 positions par jour ont été ajoutées, ainsi qu'une prise étanche permettant manuellement de stopper électriquement le système (ON/OFF/Reset). Deux prises supplémentaires marines étanches ont été moulées dans la partie flottante afin de pouvoir récupérer en solution de secours les données acquises par le système, directement à partir du bateau avec l'usage d'un câble, ainsi qu'alimenter, par un mode filaire, le système en cas de défaillance énergétique. Pour couvrir ces besoins en énergie, trois panneaux solaires de 20W (monocristaux de normalisation norme européenne 61215, 450/425 mm) et une éolienne de 100W à 20 nœuds (Aerogen Marine 4, 12V) ont été intégrés dans la bouée. Une quille a été ajoutée pour la stabilité de la bouée vis-à-vis de la surcharge de l'ajout de matériel, et du balancement entrainé par le poids de l'éolienne.

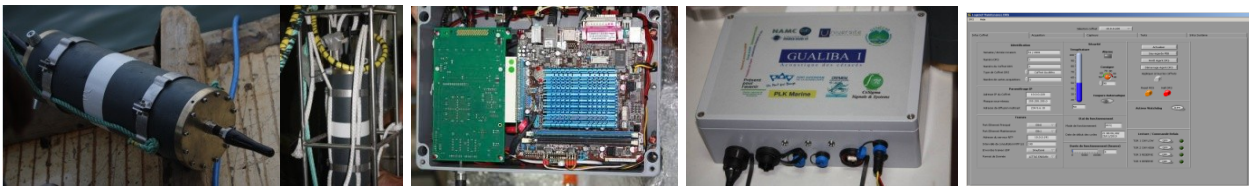
(a) (b) (c) (d)

Figure 13-a, b, c, d. Réingénierie de la bouée de Gualiba 1

LÉGENDE
(a) Schéma final de l'ingénierie technologique du module 1, indiquant l'éolienne en haut de mât et les panneaux solaires en bleu. (b) Schéma de reconstruction de la tourelle du flotteur de la bouée DCP. (c) Renforcement et adaptation du mât par l'équipe de PLK Marine. (d) Système de broche permettant manuellement de guider et récupérer le boitier contenant les disques durs SSD.

2.3.2.2. Module 2 : Le système acoustique

Les caractéristiques retenues pour la carte d'acquisition sont un codage sur 24 bits et une fréquence d'échantillonnage de 65 kHz offrant une bande fréquentielle suffisamment confortable pour enregistrer différentes espèces allant des grandes baleines aux delphinidés. L'hydrophone de type Cetacean CR55 omni-directionnel à bande passante 10 Hz à 40 kHz (+/- 1 dB), et alimenté en 12 Volts pour le préamplificateur intégré, est intégré dans un conteneur placé à 55m de profondeur. Ce conteneur comprend également une carte d'acquisition, dont la fréquence d'échantillonnage est configurable jusqu'à 250kHz par pas de 2 Hz comprenant 4 voies, chacune de ces voies disposant d'un gain réglable entre -95 et 31,5 dB (par pas de 0.5 dB) et d'une alimentation 12V. Seule une voie (la voie 0) est utilisée pour Gualiba 1. Une cage de 80 mm de diamètre par 180 mm de hauteur, permet de fixer au cordage dérivé pour l'anti-pilonnement, le système (Fig.14-a, b, c, d).



(a) (b) (c) (d)

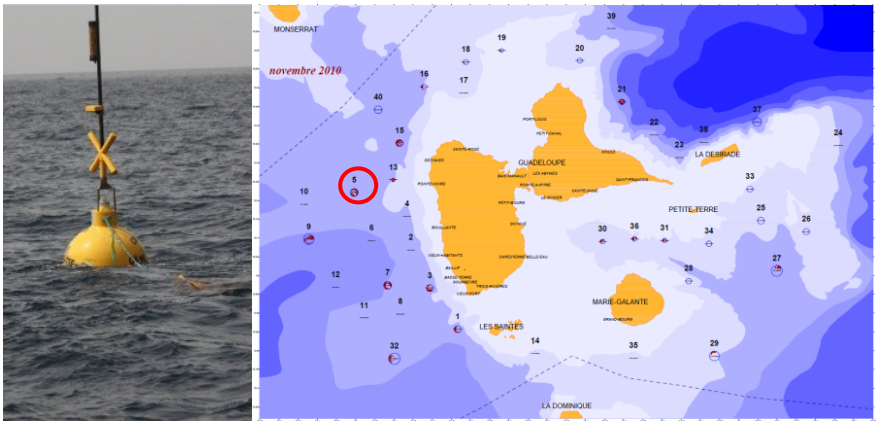
Figure 14-a, b, c, d. Conception du système acoustique et sa maintenance pour Gualiba 1

LÉGENDE
(a)Cylindre intégrant l'hydrophone avec le capteur acoustique (partie noire) et la cage fixant l'ensemble au système anti-pilonnement. (b) carte Mini ITX. (c) Boitier étanche accueillant (b). (d) Copie d'écran de l'interface du logiciel de maintenance DRS.

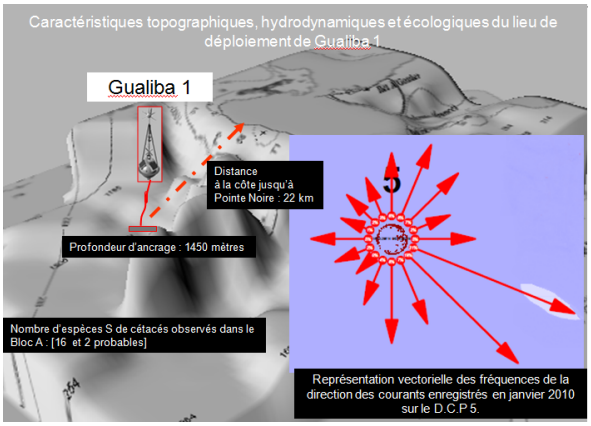
Pour minimiser les phénomènes d'électrolyse, des anodes ont été ajoutée sur tous les modules. Une série de plusieurs tests (sensibilité du capteur, connexions électroniques, maintien de la charge en énergie, renforcement de l'étanchéité, enregistrement de bruits ambiants…) de validation du module acoustique a été réalisée en atelier puis en mer. Tous ces contrôles ont permis de vérifier les acquisitions de données, la capacité énergétique et de régler le canal d'enregistrement.

C'est le 25 novembre 2010 que le système GUALIBA a été déployé pour la première fois à 22 km au large de Pointe Noire, en côte-sous-le-vent de la Guadeloupe, sur un point d'ancrage situé en 16°13,271'N/ 62°02,05'W.

Le choix du site d'implantation (Fig.15-a) a été basé sur différents critères tels que la diversité des mammifères marins observés dans le secteur A, la fréquence des directions moyennes des courants, la bathymétrie et la distance de la côte pour les récupérations par bateau des données, fixées à une fois par semaine initialement. Il a remplacé le DCP N°5 (Fig.15-b) sur le même point d'ancrage à 1450 mètres de profondeur, avec un rayon d'évitage de 1150 mètres.



(a)



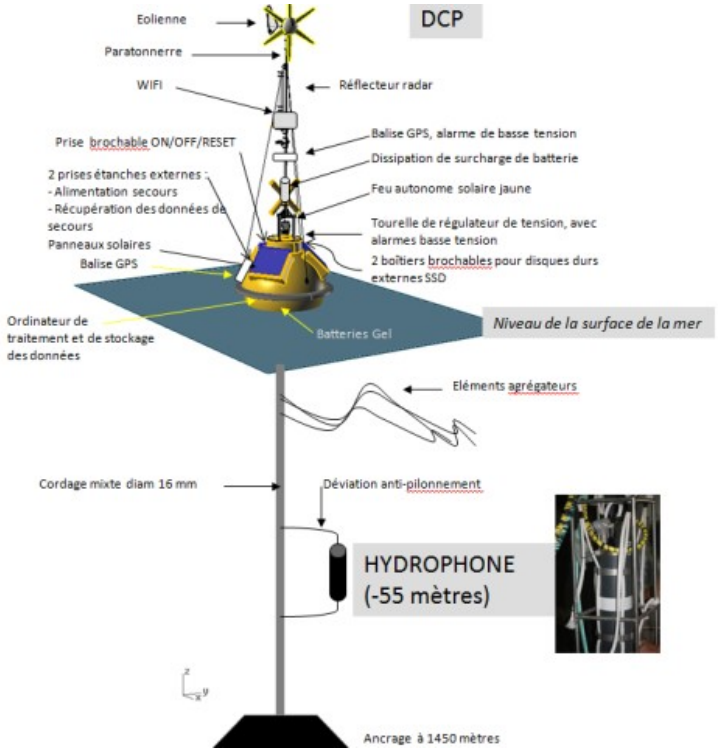
(b)

Figure 15-a, b. Choix du lieu de déploiement de Gualiba 1

LÉGENDE

(a) Carte de Position des D.C.P. autour de la Guadeloupe (source http://plkmarine.com) en novembre 2010 avec dans le cercle rouge, la localisation du DCP N°5 et dans l'encadrement rouge superposé, la photo du D.C.P. N°5. (b) Représentation sur un fonds de carte en trois dimensions (Max Sea, version 10.1.3.2. Source carte : C-MAP 3165 INT, WGS-84) des caractéristiques prises en compte pour le choix du lieu d'implémentation. La carte mauve (source : http://plkmarine.com/Cartedescourant-janvier.pdf) représente l'intensité du courant en fonction des directions pour janvier 2010.

Le déploiement a pris une journée entière à toute l'équipe, entre l'enlèvement du système à l'atelier au point d'ancrage en mer, car d'une part le système est très délicat à manœuvrer compte tenu de son poids et du nombre d'éléments à ne pas arracher, et d'autre part, à cause de la grande technicité nécessaire dans ces opérations de remplacement en mer, avec ce jour là une houle de 1,7 mètres. Le remplacement en mer a été effectué par la société PLK Marine. Le poids de la bouée équipée a été estimé à 392 kg, avec un diamètre du flotteur de 1160 mm et une flottabilité résiduelle de 500 litres. Le système a une hauteur d'environ 4 mètres entre le haut du mât et le fonds de la bouée (Fig.16-a, b).



(a)

(b)

Figure 16-a, b. Système acoustique semi-permanent Gualiba 1

LÉGENDE : (a) Schéma de conception technologique du prototype - (b) Prototype construit et déployé en mer.

Le jour du déploiement, des tests WiFi en mer ont effectué jusqu'à une portée d'environ 850 mètres de la bouée (Gandilhon *et al.,* 2010).

Une première récupération en mer des données a été faite le 2 décembre à 11h avec l'aide d'un technicien du laboratoire de biologie marine, par retrait manuel (et remplacement) du disque dur externe à partir du bateau de GED. Suite à une avarie majeure à la même période, le système a été retiré pour être contrôlé. Plusieurs réparations et tests de validation ont été nécessaires avant qu'il soit ancré à nouveau le 6 mai 2011 sur un nouvel emplacement à 10 MN au large de rivière-sens (à 2 MN au nord-est de la position du DCP 7 (15°58'400N, 61°54'523W) avec 1616m de rayon d'évitage. Ce rapprochement permettait à la fois de situer le prototype à une distance plus proche de l'atelier de PLK Marine en cas de nécessité d'intervention, tout en maintenant l'intérêt de l'étude, grâce à l'occurrence de cétacés détectés dans cette zone. Depuis sa mise en œuvre, Gualiba 1 a ainsi subi plusieurs pannes ou avaries (par exemple l'arrachage du câble de l'hydrophone par une ligne de pêche), avec des défaillances identifiées par diagnostic et résolues itérativement dans le temps, par de nouvelle série de tests ou d'ajustements techniques.

Néanmoins, certaines problématiques technologiques majeures sur ce sujet ont été positivement validées tels que le maintien de la verticalité du système, l'efficacité du système anti pilonnement, la tenue de la capacité énergétique par énergies éoliennes et solaires ou le fonctionnement du système d'acquisition, en conditions optimales (sans avaries). Le traitement des enregistrements réalisés fin 2010 ont montré la présence régulière de cachalots et de delphinidés selon Millon (2011). Sont également présents dans les enregistrements d'autres types de sons, que nous avons affectés, par hypothèse, à des poissons.

III. LES RELEVÉS EN MER

Pour chaque méthode, les efforts réalisés et les ressources engagées ont permis de réaliser 525 relevés qui sont présentés méthodologiquement dans cette partie. Un relevé équivaut à une date t où un ou plusieurs bateaux a effectué un nombre spécifique d'heures de recherche dans une aire de la zone d'étude ou de façon adjacente. Les efforts ont tous été effectués par bateau, sauf dans quelques cas rares d'observation à partir de la terre (méthode *OR*). Pour chaque méthode, des plateformes différentes ont été utilisées et sont expressément citées. Dans le cas des transects maritimes, plusieurs observateurs sont nécessaires afin d'appliquer le « scrutage » permanent à 180° avant. Le soutien participatif de l'association BREACH et de 5 référents par plateforme formés et entrainés au protocole en mer dès 2007, a permis de pérenniser le programme sur 5 années (2007 à 2011), avec un effort dans le temps sur 7 saisons. Le soutien complémentaire de nombreux bénévoles (plus de 55 personnes en 5 ans) et de certains experts (3), a permis de maintenir la qualité de l'effort, durant ces études.

1. Données collectées (*TB/TL)*

Le total des efforts réalisés en transect de ligne et de bande est estimé à 5236,17km sur 7 saisons (de 2007 à 2011), soit environ 63% des objectifs initiaux. L'ensemble des efforts de transects de ligne et de bande réalisés en km, pour chaque surface et chaque saison, est détaillé en Annexe III.

1.1. Couverture spatiale (*TB/TL)*

En termes de couverture de la zone d'étude, le bloc (A) a été prospecté sur 1530,60 km de transects de lignes de 2007 à 2011, avec une couverture à peu près équivalente entre les quadrats 5 et 6. Comparativement, le quadrat 4 a été échantillonné d'environ 35% en moins, essentiellement pour des raisons climatiques.

Le bloc Sud (B) présente un effort total de transects parcourus de 1642,38 km. Néanmoins, à l'intérieur de cette zone, le quadrat 3 (Les Saintes) est moins représenté car le découpage particulier de cet archipel implique un dessin des lignes plus complexe à homogénéiser avec les autres distances à parcourir et ainsi plus réduit. De plus, cette aire n'a pas du tout pu être prospectée en saison sèche 2009 pour des raisons météorologiques. Le quadrat 15 a été également exclus en 2007 en raison d'objectifs cibles trop ambitieux compte tenu du temps déjà effectué sur les campagnes de transect de bande.

1220,68 km d'efforts ont été réalisés en côte-au-vent (bloc C). La couverture a été variable selon les stations pour les mêmes raisons qu'évoquées précédemment en termes d'objectifsfixés en 2007, mais également parce que cette zone est l'une des plus affectées par une houle d'Est ou Nord-est dépassant régulièrement les limites acceptables des conditions d'étude en transect de ligne.

Les efforts réalisés au Nord (bloc D) sont de 842,51 km de, lignes de transect. L'effort sur cette zone a été le moins homogène, compte tenu de conditions météorologiques défavorables, comme pour les quadrats 7, 9 et 10. Pour cette dernière station et la N°10, les périodes choisies en 2010 ont été particulière influentes en termes de couverture, avec un résidu cyclonique (avec un fort retour de houle) présent dès le début de la saison humide 2010.

284 lignes d'une longueur moyenne de 18,41km ont été parcourues dans des conditions considérées favorables pour l'application des calculs de transects de bande ou de ligne.

Les transects ont été mesurés strictement sur la longueur réellement parcourue en kilomètres (km) à partir de deux sources : d'une part les points notés tout au long des efforts et projetés dans Excel to klm (http://www.earthpoint.us/ExcelToKml.aspx) sous un format GPS de type Degrés, minutes, centième ou Degrés, minutes, millième. Ensuite, chaque segment a été confronté et vérifié selon la trace telle qu'indiquée par le Logiciel Max Sea V10 ou V12, mais certaines n'ont pas été correctement sauvegardées par le logiciel sur une plateforme en saison sèche 2010 et saison humide 2009. Cela peut être dû à des compatibilités également entre les fichiers calques (.wpt) à un changement de version Max sea (V10 vers V12) par ailleurs, ne gérant plus les calques de la même façon et définitivement abandonnés dans la dernière version Max Sea One. Un utilitaire de conversion a été trouvé, mais néanmoins par soucis de rigueur, les projections des segments incertains dans les traces, ont été faites avec plus de points d'efforts (10 minimum en moyenne pour chaque ligne) et finalement, ont tous été individuellement projetés de cette façon.

Les distances sont acquises en km automatiquement dans Google Earth ou Max Sea, mais par soucis d'homogénéité, ont toutes été vérifiées une par une dans Google Earth version 2011. Auparavant, dans certains rapports intermédiaires rédigés sur cette technique (Gandilhon et Girou, 2007 et 2008, Gandilhon *et al.,* 2009) les lignes étaient tronquées dès qu'elles atteignaient la longueur cible et à condition qu'aucune observation ne soit notée en dehors du tronquage. Ici elles ont été conservées sous leur longueur initiale, même si elles étaient supérieures à l'objectif. Pour celles qui sont inférieures à la cible, cela n'est pas modifié. Les arrêts pour essai acoustique ou les stops pour les rapprochements vers les groupes ont tous été reliés au point de rupture à maximum 200 mètres près, ce qui représente environ 6% de correction en perte linéaire reconstituée. Les lignes ont été reliées entre elles par au moins 6 points d'efforts par segment, ce qui permet de les représenter sous forme de droites, bien que parfois entre deux points, quelques dérives aient été notées (dans le cas d'essai d'écoute acoustique). Lorsque certaines lignes ont été réalisées avec trop de ruptures tout au long de la ligne (en cas d'averses, de grains de pluie répétés ou de dégradation des conditions Beaufort ou Douglas), l'effort n'a pas été considéré. Dans ce cas, les observations associées (2 cas) n'ont pas été conservées.

Les transects non conformes au dessin cible prévu (réalisation plus longue ou plus courte, position de départ ou d'arrivée fausse, cap modifié en cours de route, etc), mais néanmoins respectueux des conditions de l'étude stricte ont été projetés tels quels et les observations associées ont été conservées aux points exacts des distributions relevées. Les transects peuvent être faits selon la direction NS/SN ou EW/WE, avec également une amorce des lignes, voire des stations, de façon aléatoire selon les saisons ou à l'intérieur d'une même saison, comme recommandé dans le protocole (Buckland *et al.,* 2004). Ces deux raisons peuvent avoir un effet sur l'effort journalier moyen selon les lignes et les stations concernées.

Dans le premier cas, en 2007, le quadrat 11 a été réalisé dans un sens opposé à celui planifié, soit SN/NS au lieu d'EW/WE, pour s'adapter alors au sens de la houle. L'ensemble des lignes de transect sont visualisables, à partir des distances exactes parcourues de 2007 à 2011, dans les méthodes TB et TL. Cette représentation est réalisée dans Google Earth via le module Earth Point (Fig.17).

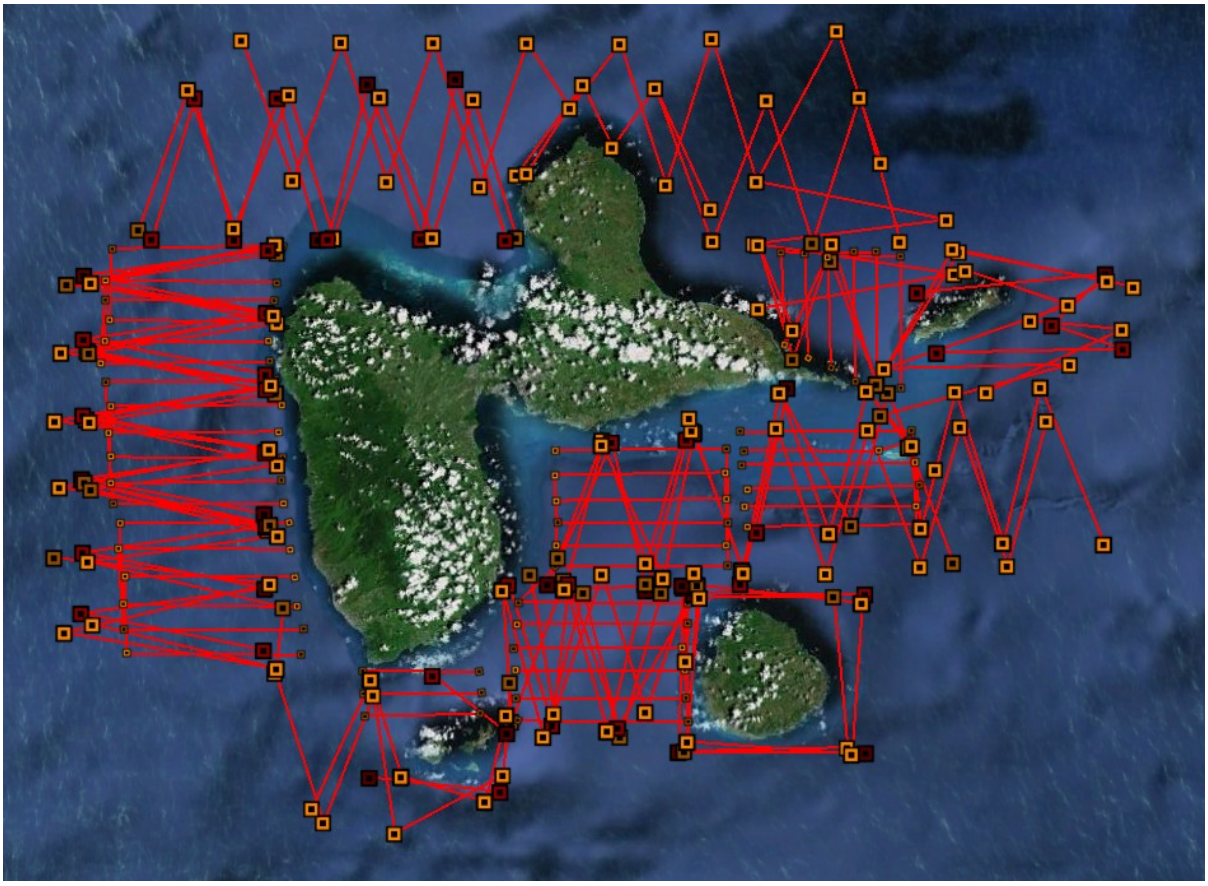
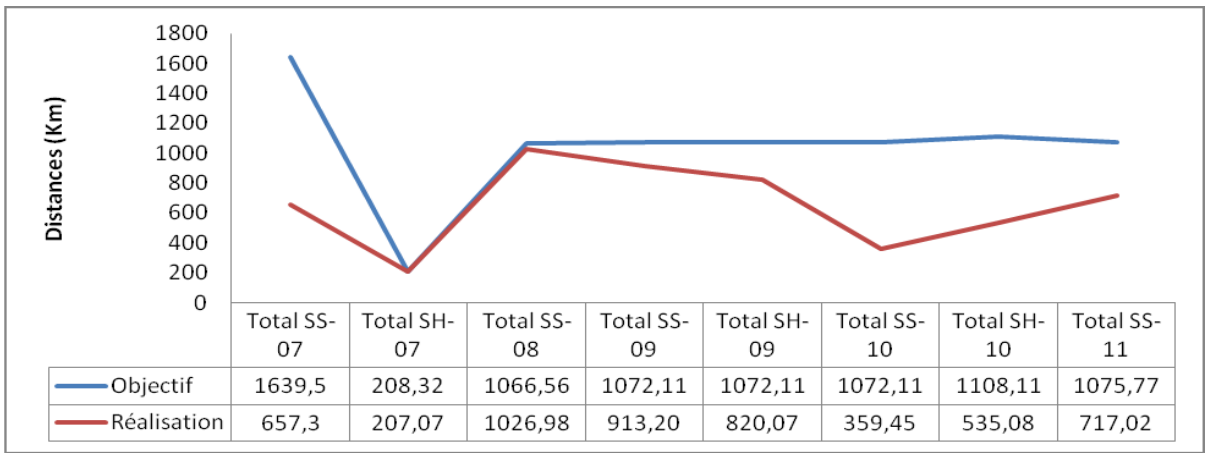


Figure 17. Superposition des lignes de transects maritimes parcourues (2007-2011)

LÉGENDE
Les lignes rouges correspondent aux distances parcourues, vérifiées directement dans ce système avec un outil de mesure de distances. Projection réalisée dans Google Earth, 2011, Data SIO, NOAA, US Navy, NGA, GEBCO via le module Earth Point.

En termes d'échelle temporelle, la Figure 18 synthétise les efforts consacrés à chaque saison pour la méthode des transects.



	Total SS-07	Total SH-07	Total SS-08	Total SS-09	Total SH-09	Total SS-10	Total SH-10	Total SS-11
Objectif	1639,5	208,32	1066,56	1072,11	1072,11	1072,11	1108,11	1075,77
Réalisation	657,3	207,07	1026,98	913,20	820,07	359,45	535,08	717,02

Figure 18. Réalisation et objectifs en distances parcourues (km)

LÉGENDE
SS : saison sèche. SH : saison humide. La ligne bleue correspond aux objectifs fixés (en km). La ligne rouge totalise les distances réellement parcourues par saison.

Cette figure explicite que les objectifs de 2007 étaient trop ambitieux en terme de distances à parcourir en transect de bande, compte tenu du temps nécessaire ainsi que de la mobilisation des ressources pour leur réalisation. Les saisons 2008 et 2009 représentent des efforts conséquents car toutes les conditions d'un travail efficace ont été réunies (météorologie, ressources).

Cela ne fut pas le cas en 2010, où d'une part les conditions climatiques furent très défavorables sur les périodes considérées, et d'autre part, parce qu'une avarie sur une des plateformes prévues pour une mission en mai 2010 a empêché de compléter l'effort prévu en côte-sous-le-vent et au nord. Les conditions météorologiques ont permis de réaliser une plus grande couverture de la zone d'étude en 2011, grâce à une mission complémentaire ajoutée en mai 2011.

1.2. Matériel technique utilisé (*TB/TL)*

Le matériel utilisé inclut des embarcations de type voiliers sur cette campagne, des jumelles réticulées 7X50 de marque BUSHNELL® WATERPROOOF MARINE[15], 3 modèles différents d'hydrophones, avec selon les saisons :

- DolphinEAR/Pro® omnidirectionnel (bande spectrale : 15Hz-24000Hz, DolphinEAR/Pro omnidirectionnel portable (www.dolphinear.com), utilisé avec un préamplificateur et un casque audio Grand Public SBC HL145 Philips de 2008 à 2011 ;

- Un hydrophone Aquarian® H2a-XLR (http://www.aquarianaudio.com/h2a-hydrophone.html) avec une bande spectrale 20Hz-20000Hz et un préampli micro Mini MP13 utilisé avec des écouteurs audio SBC HL145 Philips) en 2009 et dès 2010, connecté à un enregistreur de type Tascam HD P2 (http://tascam.com/product/hd-p2/) ;

- Un Colmar® GP0280 Omni directionnel (5-90.000 Hz) en 2009 et 2010. Le logiciel d'acquisition AUDACITY a été par ailleurs utilisé en 2008 et 2009.

Un système de positionnement global (GPS) a enregistré la position du navire toutes les dix minutes (sur la plupart des missions) par le logiciel MAX SEA, version 10.1.3.2 ou v12.6 (http://comfr.maxsea.fr/MaxSea/) intégrant un logiciel cartographique. Par ailleurs, chaque évènement a été tracé et associé à une position GPS via des portables de type E-Trex® Garmin (http://fra.garmin.com/etrex/). Cette double information sur les traces a permis d'ajuster la projection des routes parcourues et d'en extraire, ligne par ligne, les déviations telles que les rapprochements effectués.

Un ordinateur portable a été utilisé sur chaque plateforme, pour les numérisations des données le soir, tout autant que la récupération et le stockage des preuves documentées (traces, photographies et acquisitions acoustiques). Plusieurs appareils photos ont été utilisés : EOS 400 ou 450D, NIKON D200 ou 300D ainsi que du matériel vidéo de marque différente.

Un salinomètre a été utilisé en 2009 et 2010, une chaussette à plancton en 2009, ainsi que des épuisettes et sac à fécès et squames, pour ramasser d'éventuelles matières.

[15] http://www.bushnell.com/products/binoculars/marine/137507/.

1.3. Relevés effectués (*TB/TL)*

85 relevés ont été effectués entre le 21 février 2007 et le 9 mai 2011, réparties en 8 pour (*TB*) et 77 pour (*TL*). La conversion des efforts réalisés en transect de ligne en équivalent « relevés » par saison est précisée dans les tableaux (cf. Annexe IV), selon le nombre de relevés affectés à une aire (ici, triés par date) et à un nombre de bateaux. La durée moyenne en heures pour chaque relevé est calculée selon le rapport de la durée cumulée par relevé divisé par le nombre de relevés effectués pondérés par le nombre moyen de plateformes utilisées.

Ces annexes incluent une synthèse du nombre de relevés totaux par blocs, puis pour l'aire totale considérée sur l'échelle de la saison, puis de l'année. Il faut indiquer qu'un relevé peut contenir plusieurs observations.

En outre, 5 relevés sur les îles du nord ont été exploités uniquement pour information sur de la répartition des mégaptères pour les eaux adjacentes nord. Il s'agit de la synthèse d'opérations de transects de ligne effectuées par l'association BREACH dans les eaux de St Martin du 27 au 30 mai et du 19 au 22 décembre 2010 (efforts respectifs en distance de 185,65 et 231,90 km) et en mars 2011, incluant le tour de Saint-Barthélémy. L'effort total en distance pour la période du 7 au 11 mars 2011 inclus est de 299,31 km parcourus de transects de ligne.

2. Techniques et données collectées (*OR, T, RB et GUA)*

L'annexe IV détaille des tableaux des relevés pour ces méthodes.

2.1. Relevés effectués (*OR)*

41 relevés ont été effectués par cette méthode focale entre le 3 juin 2009 et le 28 mai 2011.

Pour la méthode dite *OR* (Observations de Recherche ou recherche focale), 16 sorties de 4 heures (matin ou après-midi) chacune ont été réalisées en bloc A (côte-sous-le-vent) sur le bateau « Planète bleue » de Guadeloupe Evasion Découverte. Ces sorties sont réparties environ tous les 15 jours entre le 03 Juin 2009 et le 23 mars 2010, incluant 4 autres sorties en duo de recherche avec un second opérateur (les Heures Saines (HS), www.heures-saines.gp/) et une uniquement avec ce second opérateur en semi-rigide. Durant ces sorties, la recherche des cétacés se fait par scrutage à l'œil nu et aux jumelles BUSHNELL Marine7X50 (y compris par les touristes) à partir d'une très grande hauteur sur le toit d'un bateau de type catamaran à moteur, environ 4 mètres au dessus de l'eau (sauf pour la sortie en zodiac avec les Heures Saines le 01/05/2011).

La recherche se fait principalement à l'avant (sur 180°) pour des raisons de couverture possible, mais également ponctuellement sur 360° car il ne s'agit pas de suivre des lignes prédéfinies, mais de rechercher totalement aléatoirement des souffles, dos ou autre indice visuel. Des écoutes acoustiques opportunistes par « un montage directionnel » sont effectuées à des pas très irréguliers puis très serrés dès une détection positive à l'aide d'un hydrophone omnidirectionnel cylindrique de marque Cetacean Research C55™ hydrophone [20 Hz à 44 000Hz, ± 3dB], utilisé avec un préamplificateur avec un Gain 20 dB. Plusieurs sorties en mer ont été effectuées avec la société PLK Marine, mais une seule est ajoutée ici au Sud de la côte-sous-le vent pour les observations visuelles selon l'effort porté, les autres étant principalement dédiées à la pose d'un système acoustique avec cette société.

Par ailleurs, 22 sorties d'une durée comprise entre 2h30 à 7h de recherche selon les zones ciblées, ont été effectuées en côte-au-vent ou au Sud sur des voiliers privés de type catamaran (Cariacou, Nautitech 37 et Please me, Belize 43) grâce à l'accord de leur propriétaire. Ce bilan inclut également une sortie en mer entreprise grâce à l'aquarium de Pointe-à-Pitre sur un semi-rigide en mai 2011. Durant ces sorties en mer, entre 1 à 3 observateurs étaient présents, sauf pour les sorties du 6 et 7 mars 2010 et du 12 et 13 mars 2011, avec 5 à 6 observateurs pour chaque plateforme.

Le matériel utilisé comprend des jumelles BUSHNELL Marine7X50 pour les détections visuelles et l'usage de l'œil nu également. Pour les détections acoustiques, il a été utilisé tout d'abord un hydrophone Aquarian H2a-XLR lesté dont le capteur a été mangé, *a priori*, durant une immersion, puis un hydrophone Colmar omnidirectionnel GP0280 [0,005-90kHz] avec préamplificateur avec un Gain 30 dB.

Les écoutes acoustiques ont été réalisées jusqu'à fin 2009 directement à partir d'un ordinateur portable grâce au logiciel Audacity, puis avec un enregistreur stéréo portable haute résolution Tascam HD-P2. Ces points acoustiques ont été utilisés prioritairement pour « chercher » les animaux et noter, voire enregistrer, une espèce, ce qui explique que quand les groupes ont été facilement détectés visuellement, l'acoustique n'a pas été systématiquement utilisée. Ponctuellement un salinomètre a été utilisé. Enfin, deux observations fortuites ont été portées à partir de points d'observation à terre, et conservées car elles concernent des dates particulières pour l'arrivée dans l'archipel des baleines à bosse.

Les informations lieés à ces relevés informent sur l'espèce la géolocalisation (hormis ces deux observations à partir de la terre), le nombre minimum et maximum d'individus, certains comportements, la composition sociale, la présence de petits, la présence d'avifaune et certaines mesures de température et de salinité. Chaque observation a été documentée de photos quand cela était possible, même de loin (sauf dans trois cas où l'observation des groupes a été trop furtive, pour les deux observations à terre et dans le cas de deux détections uniquement acoustiques). Les photographies ont été principalement réalisées avec deux Canon 450 et 400 Réflex numérique, objectif 70-200mm, en vitesse 1/1000 de seconde à 1/1200 de seconde, et sensibilité Iso 200 à 400 selon les cas.

2.2. Relevés effectués (*RB)*

Par ailleurs, 6 relevés d'une moyenne de 2h24 ont été mesurés pour la partie en Guadeloupe, du 10 avril 2011 au 14 avril 2011. Une mission scientifique appelée « Sur la route des baleines (*RB*) » a été menée sur une goélette à 3 mâts de 38,50 m de long et de 7,20 m de large (le Bel Espoir, *www.belespoir.com/*), entre la Guadeloupe, la Dominique et la Martinique totalisant environ 328,85 km linéaires. L'objectif initial est de recenser la présence des baleines à bosse tout au long du trajet afin de pouvoir qualifier leur présence et le type de composition sociale. Afin d'optimiser ce travail, les routes ont été construites entre ces îles sous forme de transects de ligne, avec un scrutage avant sur 180° aussi rigoureux que celui utilisé lors de cette méthode et par autant d'observateurs (ici 10 spécialistes des mammifères marins), mais aucune estimation d'abondance n'est visée compte tenu du faible nombre de jours (4 jours) dédiés à cette étude inter-îles. Le trajet parcouru au total est présenté dans la figure 19 selon la projection de 59 points d'efforts dans Google Earth 2011.

Figure 19. Visu de la « Route des baleines » 2011

Afin de mesurer le nombre de relevés affectables à des zones délimitées, ici les quadrats, une projection dans Earth point a été réalisée afin d'estimer l'heure moyenne affectée au relévé, par la même méthode que précédemment (distances parcourues mesurées à partir des segments projetés et heures de recherches affectées à chaque aire). 4 surfaces ont été ainsi identifiées pour la partie Guadeloupe, dont 3 affectables à des stations (Q3, Q2 et Q15) par superposition des quadrats (dessin de 2011) et une nouvelle (nommé zone Q16=N°4), conservée jusqu'à la limite de la Z.E.E (15°47N/61°24W).

2.3. Relevés effectués *(T)*

17 relevés ont été ajoutés grâce à la méthode de la télémétrie. L'annexe IV détaille l'effort effectué. En 2010, la campagne s'est déroulée du 29 avril 2010 au 10 mai 2010. En 2011, cette date a été avancée afin d'observer plus longtemps les déplacements des baleines tagguées, avec une période prévue du 28 mars 2011 au 7 avril, rallongée du 13 avril au 15 avril 2011 pour des raisons météorologiques (vent sup. à Beaufort 4 ou 5).

100% de l'effort a pu être dédié en 2010, tandis que seulement cinq jours avec moins d'heures de recherche ont pu être effectivement dédiés à la recherche des baleines, le semi-rigide ayant été annulé pour les autres jours compte tenu d'une météo très défavorable. Afin de tenter de poser une balise Argos dans de meilleures conditions de mer, une sortie a été effectuée le 04/04/11 en côte-sous-le-vent, en face de Bouillante sur le semi-rigide des Heures Saines. Cependant, les conditions n'étaient guère meilleures et l'effort a été effectué avec un état de la mer trop rude pour pouvoir détecter visuellement les souffles. Il a été également envisagé de travailler spécifiquement en côte-sous-le-vent de Marie Galante le 03/04/11 afin de tenter de mieux détecter les animaux car la côte Ouest de cette île est généralement abritée de la houle Est/ Nord-est. Les heures de recherche ont été basées du départ du port de St François au retour à cette même base (exception faite de la sortie en côte-sous-le-vent), la recherche étant principalement focalisée sur la détection de souffles dès la sortie du port.

Les relevés correspondent à des jours de recherche exprimés en heures et les quadrats affectés sont parfois multiples durant un même relevé. Les traitements d'occurrence seront dans ce cas, traités au niveau du bloc et cela dans tous les cas similaires.

Les études 2010 et 2011 ont été conduites à partir d'un bateau type semi-rigide pour l'approche près des baleines (6,8 mètres en 2010 et 7,50 mètres en 2011). Ces bateaux ont tous été qualifiés sur leur puissance motrice et leur hauteur de plateforme avant (position des tireurs). Comme le marquage par satellite reste la priorité du programme, les efforts pour obtenir des identifications de haute qualité par caudales et des photos des nageoires dorsales pour la photo-identification n'ont pas toujours pu être déployés, souvent pour des raisons de furtivité des animaux après des approches (souvent longues) pour un essai de pose de la balise. De même, si 2010 a été fructueux en termes de biopsies, aucune n'a pu être effectuées en 2011 pour des raisons météorologiques défavorables, car ces manipulations nécessitent une grande stabilité de la plateforme. Les rares périodes où la plateforme a été stable en 2011 (= Beaufort env. 3) ont donc été prioritairement dédiées à la pose de balises Argos.

Au niveau de l'effort de recherche des animaux à marquer, une zone optimale a été définie, autour de Petite Terre, St François, la Désirade et la Pointe des Châteaux, selon les résultats de distribution obtenue grâce aux campagnes de transects de ligne.

Les baleines sont marquées avec une configuration émettrice de SPOT 5 (fabriqués par Wildlife Computers à Redmond, Washington, USA, http://wildlifecomputers.com/), qui contient une balise Argos implantée avec une pénétration profonde (Zerbini *et al.,* 2006).

Ces balises sont insérées dans la graisse principalement jusqu'à une courte partie du fascia musculaire du corps de la baleine (Fig.20-a) à l'aide d'un système d'émission Rocket Air (ARTS, Heide-Jørgensen *et al.,* 2001a). Ce système sécurisé, permet le déploiement de balises à des distances comprises entre 2 mètres et 8 mètres de l'animal (Fig.20-b). Les transmissions du Spot 5 sont amorcées vers Argos (www.argos-system.org) dès que le capteur indique un état sec. Argos calcule ensuite l'emplacement de la balise (Fig 20-c). Le fabricant de la balise fournit un programme d'analyse, WC-DAP, qui décode et affiche les messages relayés par Argos.

(a) (b) (c)

Figure 20-a, b, c. Balise Argos Spot 5 et fusil à air comprimé ARTS

LÉGENDE
(a) Photo de l'attache d'une balise Argos type Spot 5 posée avec un fusil à air comprimé le 06/05/2010 sur une mère à l'Est de petite Terre.
(b) Fusil à air comprimé ARTS utilisé pour la pose de la balise, partie argentée sur la photo.
(c) Schéma de la balise, avec l'antenne, les broches de communication, l'interrupteur de réinitialisation et les capteurs d'humidité (Source : http://www.wildlifecomputers.com/Downloads/Documentation/SPOT5%20Manual.pdf).

La programmation Argos a permis de relever les positions tous les jours impairs (quand elles étaient calculables par le satellite). La couverture satellite influence le pas des transmissions (~12-17 GMT) avec seulement deux satellites "disponibles" dans la zone Guadeloupe. Cela explique que la qualité de certaines positions reçues puisse être relativement faible. Idéalement, avec trois satellites, il a été possible d'espérer une meilleure qualité de réception de positions. Cela s'est produit pour une des baleines marquées quand elle a dépassé le 40 °Nord. Les relevés de vitesse, cap et autres types d'informations sur les trajets sont extraits d'informations très précises enregistrées par le système Argos (Fig.21).

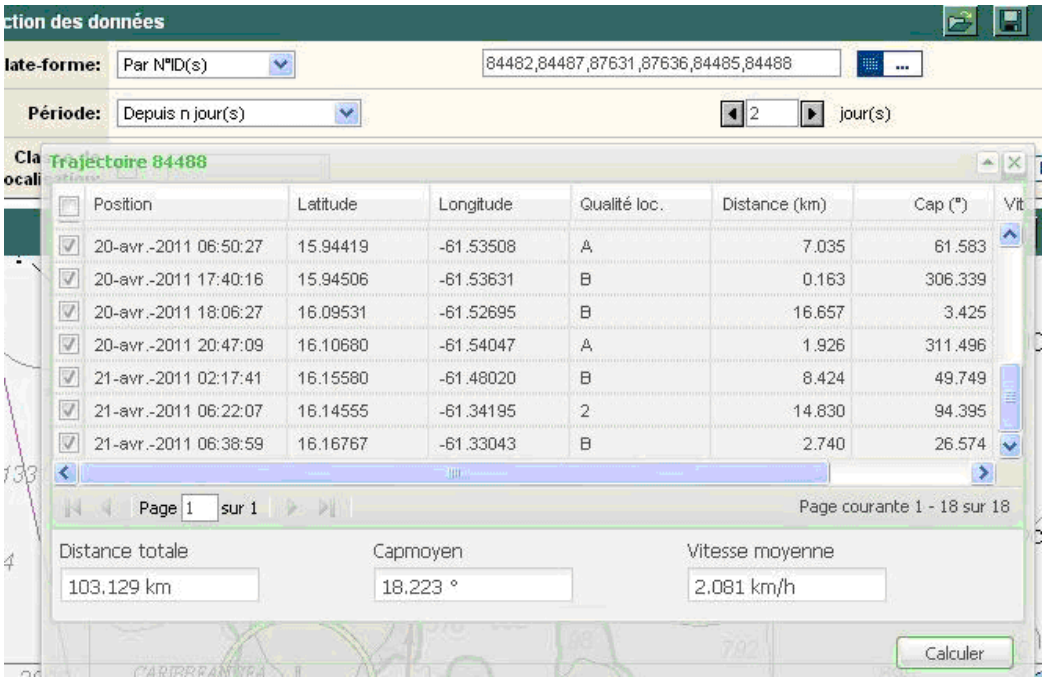


Figure 21. Ecran extrait du système de suivi Argos

Les balises Argos ont été implantées par Amy Kennedy (National Marine Mammals Laboratory) et les biopsies réalisées par Oswaldo Vasquez (Atemar, Saint-Domingue) avec une arbalète de marque Barnett. Les photographies, reconnaissance individuelle, suivi et repérage des animaux, ainsi que les travaux sur les données des groupes observés ou taggués dans ce manuscrit ont été réalisées par nos soins.

2.4. Relevés par l'acoustique passive (*GUA, TL, OR*)

202 relevés acoustiques ont été effectués toutes méthodes confondues (cf. Annexe V).

Sur les 5 campagnes annuelles de transects de ligne, 548 essais acoustiques ont été réalisés dès 2008 avec respectivement 35 stations d'écoutes cette année là (un seul hydrophone disponible), 169 en 2009, 151 en 2010 et 193 en 2011. Il faut rappeler que la méthode acoustique a été utilisée tout au long des transect en complément de la méthode visuelle, ce qui signifie que la distance à parcourir (effort moyen journalier d'environ 7h et 30 minutes, à une vitesse de 5 nœuds/h et sur la base d'un effort cible de 70 kilomètres, hors rapprochements et stops transects pour les points d'écoute) a été privilégiée sur les points d'écoute, nécessitant des arrêts répétés du bateau. Cela explique que sur certains transects, les points d'écoute n'ont pas été systématiquement effectués tous les 2 milles nautiques, mais à un pas adapté au temps restant dans la journée, dans le cas de nombreuses observations.

Pour le projet d'acoustique semi-permanente, Gualiba, l'ensemble des enregistrements du mois de novembre 2010 a été réalisé avec une fréquence d'échantillonnage à 65 000 Hz, avec le gain de l'hydrophone réglé à 0dB. La durée de chaque enregistrement est très variable (Tab.7), mais elle a tendance à diminuer fortement avec le temps. Ceci provient probablement de la dégradation progressive du système suite à une avarie.

Tableau 7. Durée des enregistrements du 25 au 29 novembre 2010 (Millon, C., 2011).

Date	Durée
25/11/2010	2:53:52
26/11/2010	5:15:50
27/11/2010	3:48:01
28/11/2010	2:33:19
29/11/2010	1:31:21
Total	16:02:23

2.5. Relevés par les autres efforts visuels (*OT et OO*)

L'annexe IV indique le détail des relevés effectués par ces sources de données externes.

2.5.1. Les relevés touristiques

59 relevés ont été ajoutés par cette source externe. 64 sorties de 4 heures chacune et 1 de 3,5 heures de ont été effectuées à partir de plateformes dédiées à des sorties touristiques (Guadeloupe Evasion Découverte et les Heures Saines).

Ces informations ont été aimablement transmises sur la base des critères à renseigner. Ces sorties sont regroupées par opérateur touristique, date et durée de recherche des groupes.

Au final, environ 64% de toutes les observations géo localisées ont été conservées, sauf quand aucune estimation d'effectifs, n'était associée ou/et l'espèce n'a pas pu être confirmée.

L'effort en distances associé n'est pas projeté (et peu aisément projetable, car exprimé par 3 à 4 points d'efforts), car il s'agit dans ce cas, d'exploiter ces données uniquement pour compléter la diversité spécifique, la présence dans le temps et dans le cas des occurrences géolocalisées, la distribution et un indice horaire d'abondance.

Toutes ces sorties ont été effectuées en aérien dans le bloc A (Côte-sous-le-Vent), sauf 3 d'entre elles concernant des rencontres faites durant des plongées organisées dans le Canal des Saintes par ces opérateurs.

Les relevés affectés sont tous liés à une observation et donc n'incluent pas la notion de « non-présence ».

2.5.2. Les relevés opportunistes

Enfin, 113 relevés ont été enregistrés grâce à cette approche sur 508 transmissions opportunistes communiquées par des tiers avec autorisation de les exploiter dans le cadre de ce travail. Seules celles permettant de prouver avec certitude les espèces à partir d'une documentation claire et affectable de façon certaine à un bloc ont été considérées. Les observateurs à l'origine de la preuve documentée ont été nommés (personnes et organismes auxquels ont été communiqués l'observation).

Au final, environ 22% des remontées transmises ont été conservées, soit 113 points d'efforts considérés comme des relevés (ici triés par jour et par plateforme avec un lieu d'observation distinct en cas de doublon de date, l'effort horaire moyen par relevé n'étant pas disponible. Cet apport représente près de 655 photos de qualité variable, permettant *a minima*, de reconnaitre l'espèce. Aucun effort, en heure de recherche ou en distance parcourue, ne peut être considéré dans cette approche.

C'est pourquoi ces données ne sont prises en compte que pour compléter la diversité et la présence (temporelle et spatiale) du taxon dans une aire délimitée.

De plus, certaines observations datent d'une dizaine d'années, ce qui permet de renseigner le statut régional des espèces.

Avec des efforts variables et des données disparates, ce sont ainsi près de 18 saisons (sèches et humides) qui sont concernées par un ou plusieurs relevés de présence. Les moyens techniques ont inclus différents modes de déplacement en mer (semi-rigide, bateau de plaisance, bateau de croisière, plongée…) ainsi qu'un nombre très variable de marque d'appareils photographiques ou vidéos.

3. Synthèse des relevés de l'étude

Les différentes méthodes employées ont permis de générer des données ordonnées de façon chronologique, afin d'évaluer la présence temporelle sur chaque espace des espèces recensées, mais également des indicateurs descriptifs du peuplement selon le type de relevés (abondance, composition sociale…).

Les 212 relevés utilisables pour la plupart des traitements se décomposent en :

- 85 relevés grâce aux méthodes de transect de ligne et de bande ;
- 40 relevés effectués par des méthodes de recherche focale ;
- 5 relevés par la station acoustique semi-permanente Gualiba ;
- 17 relevés durant les manipulations de pose de balise Argos (Télémétrie) ;
- 6 relevés pour la route des baleines uniquement affectables à la Guadeloupe ;
- 59 relevés dus aux opérateurs touristiques.

113 relevés supplémentaires (plateformes d'opportunité) sont utilisés pour compléter certains résultats sur la présence ou la diversité.

Le tableau 8 synthétise l'ensemble de ces relevés par saison pour l'archipel de Guadeloupe.

Tableau 8. Synthèse des relevés réalisés pour les traitements des données

Années (saisons)	*Total OO*	*Total TL*	*Total OT*	*Total OR*	*Total T*	*Total TB*	*Total RB*	*Total GUA*	*TOTAL*
2000 SS	1								1
2002 SH	1								1
2004 SS	4								4
2004 SH	1								1
2005 SH	1								1
2006 SS	6								6
2006 SH	3								3
2007 SS	2					6			8
2007 SH	3					2			5
2008 SS	17	16		1					34
2008 SH	10								10
2009 SS	21	16	1	15					53
2009 SH	1	13	8	8					30
2010 SS	30	9	40	11	12				102
2010 SH	3	11	9					5	28
2011 SS	8	12		5	5		6		36
2011 SH	1		1						2
Total	113	77	59	40	17	8	6	5	325

LÉGENDE
SS : saison sèche. SH : saison humide.
Méthodes ayant généré les relevés : *OO* (Observation Opportuniste), *TL* (Transect de Ligne), *OT* (Observations Touristiques), *OR* (Observations de Recherches), *T* (Télémétrie), *TB* (Transect de Bande), *RB* (Route des Baleines), *GUA* (Gualiba).

Si l'on considère les variations pour chaque saison du nombre de relevés utilisés pour les résultats du peuplement de cétacés pour l'archipel de Guadeloupe, on peut noter que la moyenne des relevés en saison sèche est de 30,5 relevés/saison sèche avec une variance très élevée entre les saisons sèches (1384,23) compte tenu du faible nombre de relevés sur les saisons 2000 et 2002 et de très grands écarts de valeurs entre le rang [2000-2006] et [2007-2011]. Cela s'explique par la notion de relevés historiques opportunistes, antérieurs à la mise en place de méthodes actives de recherche.

Comparativement, la moyenne des relevés en saison humide, soit 9 relevés (variance 137), pondère l'effort à considérer en intersaisons, puisque le nombre moyen de relevés en saison humide est ainsi 3,4 fois inférieur, malgré 1 saison de plus en saison humide. Cette dernière n'a pu faire l'objet que d'efforts intensifiés à partir des rangs annuels [2008-2010], la dernière campagne de transect de ligne en Guadeloupe pour cette saison (octobre, novembre 2011), n'ayant pas pu être traitée de plus, dans cette étude. En outre, les conditions climatiques durant la saison humide modifient le nombre de sorties en mer et ainsi le nombre de relevés, qu'ils soient issus de méthode de recherche ou non. Le niveau d'erreurs pour chaque saison individuelle est indiqué par des barres verticales noires représentant l'écart-type à la moyenne des relevés pour chaque saison (indiquée sous la courbe moyenne des relevés/saison).

La saison sèche 2010 et la saison humide 2009 présentent le maximum de relevés, ce qui s'explique essentiellement par le poids des méthodes investies et ainsi le nombre de relevés issus de plateformes touristiques et opportunistes (cf. Fig.22).

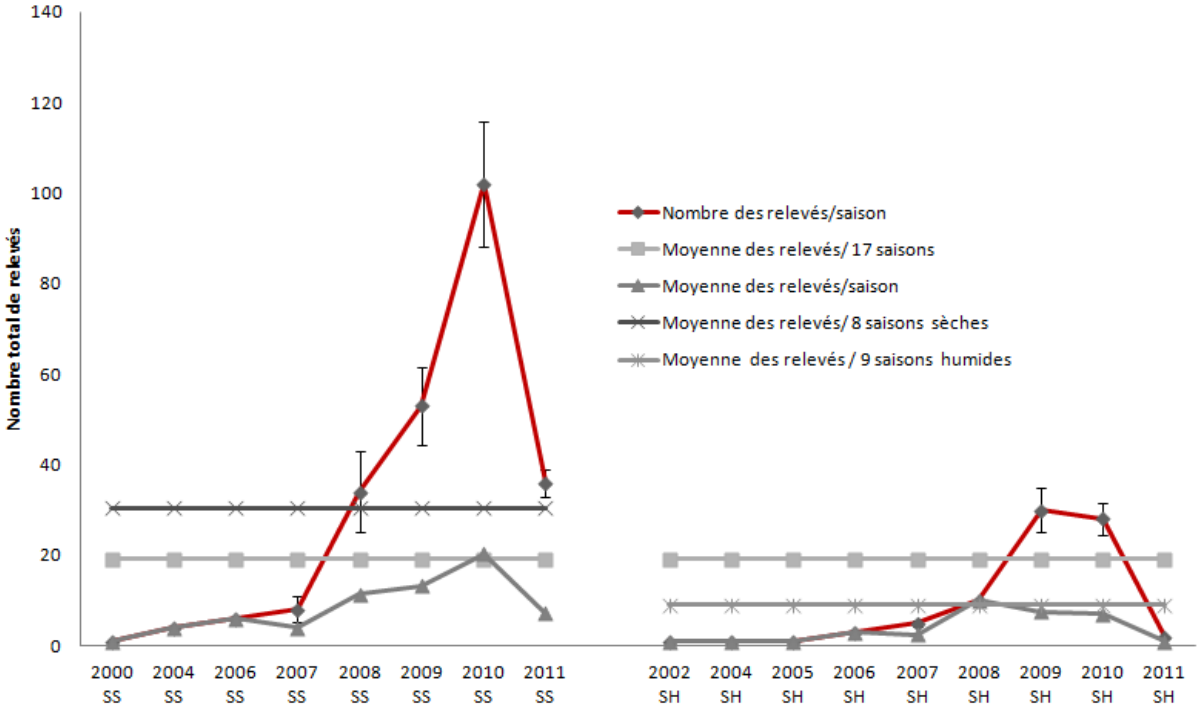


Figure 22. Analyse des relevés par saison

LÉGENDE
SS : saison sèche. SH : saison humide.

L'analyse des relevés par méthode (Fig.23) indique que la variance du nombre de relevés entre les méthodes est très importante (1569,98) compte tenu du poids de chaque méthode dans le nombre total de relevés. Ainsi, les relevés opportunistes et touristiques pèsent 53% de l'ensemble des relevés effectués pour la Guadeloupe, ce qui signifie que ces méthodes sont conséquentes quantitativement.

La méthode *OO* est celle qui génère le plus de relevés, soit 66% des méthodes complémentaires (*OO* et *OT*).

Concernant les méthodes dites purement de recherche (*TB, TL, OR, T, RB, GUA*), elles représentent entre elles une partition indiquant la large dominance des efforts portés par les transects maritimes, soit 60% du total des méthodes de recherche. La variance entre les méthodes scientifiques est élevée (808,3), ce qui s'explique par deux raisons principales. La première est que certaines méthodes sont répliquées de façon saisonnière, tels que les transects maritimes pour les rangs annuels [2007-2011] et d'autres sont plus concentrées sur un rang saisonnier, comme les recherches focales (*OR* et *T*) sur les saisons [2009-2010]. La seconde raison est due à la nature des méthodes entre elles, car si l'on considère le projet semi-permanent Gualiba, il ne pèse que 3% dans le nombre total de relevés générés par les différentes méthodes de recherche et 2% entre toutes les méthodes.

Cette méthode en effet propose quelques résultats sur une seule saison, et n'a pas pu être, pour le moment, répliquée. La moyenne des relevés pour les 8 méthodes confondues, soit 40 relevés moyens/méthode, est donc à considérer avec une grande prudence, pour les raisons évoquées précédemment dont la prépondérance des relevés d'origine externe. En revanche, la moyenne des relevés pour chacune des méthodes indique des valeurs globalement comparables avec une variance de 9,81 entre les moyennes des relevés issus de chaque méthode. Il est intéressant de souligner que les méthodes par transects maritimes sont celles qui génèrent le moins d'erreurs en termes d'efforts mesurés en nombre de relevés, tandis qu'à l'inverse les méthodes opportunistes et d'origine touristique indiquent de très fortes variations sur le nombre de relevés inter-saisons.

Cela est essentiellement justifié par l'exploitation de relevés présentant des pas temporels saisonniers très variables d'une part, et un niveau d'efforts en relevés disparate, soit parce qu'issu de données ponctuelles, soit parce que concentré sur un ou deux rangs saisonniers particuliers, comme la méthode OT sur les rangs saisonniers [2009-2010].

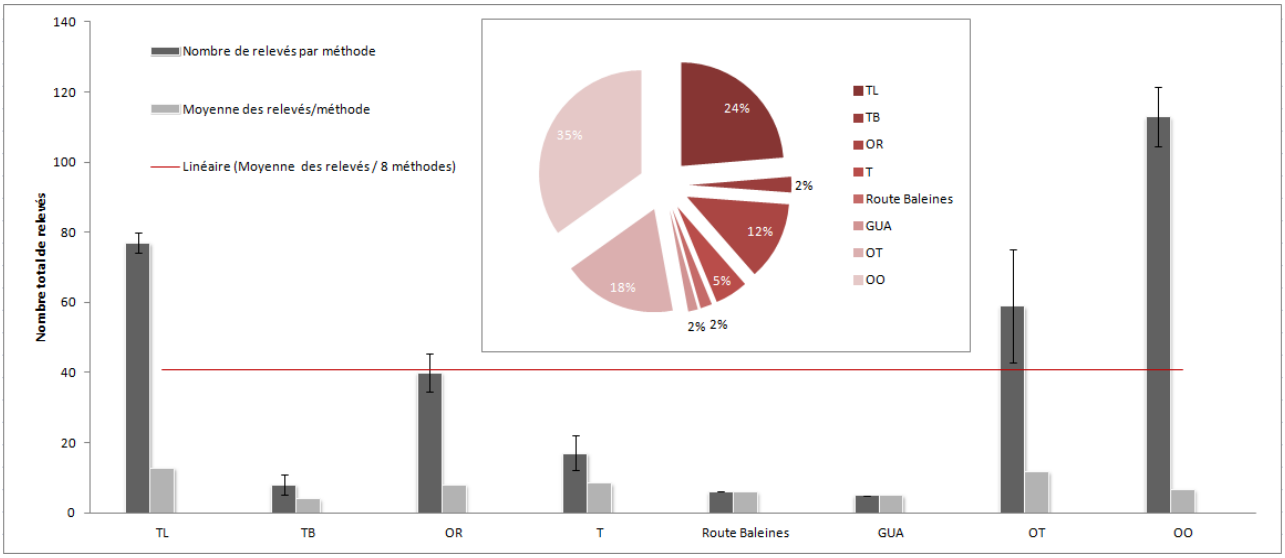


Figure 23. Analyse des relevés par méthode

LÉGENDE
Méthodes ayant généré les relevés : *OO* (Observation Opportuniste), *TL* (Transect de Ligne), *OT* (Observations Touristiques), *OR* (Observations de Recherches), *T* (Télémétrie), *TB* (Transect de Bande), *RB* (Route des Baleines), *GUA* (Gualiba).

IV. LE TRAITEMENT DES DONNÉES

1. Calculs des descripteurs synthétiques

1.1. L'occurrence : indice de fréquentation

L'occurrence (O) d'une espèce est le rapport entre le nombre de relevés où elle est présente et le nombre total de relevés sur l'ensemble du peuplement (Pilogre, 1981) par aire. Cette valeur exprimée en %, est le taux d'occurrence et il décrit la fréquence de l'espèce sur un espace.

Il se calcule :

$$O(\%) = \sum_{i=1}^{r} ri \; /R.100$$

Avec, *ri*= présence de l'espèce dans un relevé i, $Ru = \sum_{i=1}^{r} ri$, le nombre total de relevés avec présence de l'espèce (ou relevés utiles) et *R*, le nombre total de relevés sur l'ensemble du peuplement. Les aires considérées pour ce descripteur sont l'archipel de Guadeloupe et les blocs géographiques.

1.2. Présence

Le taux de présence est exprimé en % et il donne une proportion de présence de l'espèce sur une unité de temps.

Il correspond à :

$$P(\%) = \sum_{i=1}^{p} pi \; /P.100$$

Avec *pi* =présence i de l'espèce notée 1 dans une unité de temps et *P*, le nombre total de présence dans l'unité de temps. Les unités de temps pour ce descripteur sont les années, les saisons et les mois.

1.3. Fréquence d'observation

Par ailleurs, afin d'affecter une valeur paramétrique indicatrice du poids relatif d'observationde chaque taxon sur une unité, la fréquence en proportion (*PR*) est le pourcentage du nombre de groupes observés de l'espèce sur l'ensemble des observations. Il s'écrit en pourcentage:

$$PR(\%) = \sum_{i=1}^{n} ni \; /N.100$$

Avec, *ni* = observation de l'espèce et *N* = observations totales du peuplement.

1.4. Dominance relative

Ce descripteur considère le poids relatif des effectifs d'une espèce par rapport au nombre total d'individus estimés dans le peuplement. Il peut se traduire comme un indice de dominance relative d'une espèce par rapport aux autres espèces. D% a été choisi pour bien distinguer cet indice de fréquence de celui de la Dominance (diversité).

$D(\%) = \sum_{i=1}^{ES} ESi /ESN.100$

Avec,

ESi = effectif moyen d'une espèce,

ESN = effectif moyen total du peuplement

2. Traitements des données d'abondance et de distributon

2.1. Estimateur de l'indice de rencontre horaire

L'indice de rencontre (IHR) peut être défini par le nombre de groupes contactés par unité d'effort/h^{-1}

Soit,

$$IHR = \frac{\sum_{i=1}^{n} ni}{\sum_{i=1}^{h} hi}$$

Avec, *ni* = nombre d'observation de l'espèce et *hi* = durée moyenne d'un relevé en heure.

2.2. Estimateur du taux de rencontre visuel kilométrique

L'indice kilométrique de rencontre (IKR) peut être défini par le nombre de groupes de cétacés d'une espèce, contactés par unité d'effort/km^{-1}

Soit,

$$IKR = \frac{\sum_{i=1}^{n} ni}{\sum_{i=1}^{l} li}$$

Avec *ni* = nombre d'observation de l'espèce et *li* = longueur d'une ligne. km^{-1}. L = distance totale parcourue ou somme de *l*, exprimée en km pour ce travail.

Dans Distance Sampling, l'indice de rencontre, a la même signification, et il s'écrit :

n/L avec *n,* le nombre d'observations en transect et *L,* la longueur totale parcourue.

Le taux de rencontre correspond à ces indices multiplié par 100.

2.3. Densité et abondance relative

2.3.1. Estimateurd'un indice relatif simple par unité d'effort

Les indices relatifs sont calculés à partir de la valeur nominale d'une unité d'effort.

Les observations en transect (bande ou ligne) peuvent être exploitées selon une approche exprimant un indice d'abondance relative, tel que IKA, Indice d'Abondance Kilométrique (Vincent *et al.,* 1991) ou IHA, indice horaire d'abondance.

Pour ce dernier, il s'agit de la seule unité d'effort permettant d'agréger les observations entre elles. L'hypothèse est qu'elle est calculée à partir du temps moyen par relevé de chaque méthode. Cependant sa viabilité est due au fait que les relevés ainsi analysés tels que *OT* indiquent un temps d'observation prouvant une recherche avec déplacement de la plateforme.

Cela est noté en Annexe III, avec la durée indiquée du temps où les animaux ont été effectivement vus. Pour les méthodes *OR, T* ou *RB*, l'arrêt a été limité à 15-20 minutes, comme en transect de ligne. Ces indices traduisent le nombre d'individus par unité d'effort (km ou h).

Soit,

$$IKA = \frac{\sum_{i=1}^{E} ESi}{\sum_{i=1}^{l} li}$$

Avec,

ESi = effectif moyen d'une espèce,

li = longueur d'une ligne. km^{-1}. L = distance totale parcourue ou somme de *li*, exprimée en km pour ce travail.

2.3.2. Estimation de la densité par le transect de bande

La formule de densité peut s'écrire :

$$D = \frac{ES}{LW}$$

Avec *ES* correspondant à l'effectif total moyen estimé sur les bandes et *LW*, la surface prospectée sur l'aire totale, avec *L* longueur totale des bandes parcourues et *W*, la largeur fixée au départ.

Soit, pour une surface totale, une estimation de population selon :

$$N = DA$$

Où *D* est l'indice de densité relative, à la surface de la zone totale d'étude et *N* la taille de la population.

Dans cette étude, R(x)=*N*.

Les calculs d'abondance par la moyenne des distances perpendiculaires (*dpm*) suivent la même formule que ci-dessus, avec *W*= 2**dpm*.

2.3.3. Estimation de la densité et de l'abondance par le transect de ligne

La fonction de détection *g(x)* au cœur de la méthode du Distance Sampling, se définit comme la probabilité de détecter un objet placé à une distance x de la ligne (L), avec x calculée comme distance perpendiculaire à cet objet. Indiquer que plus les animaux sont loin, moins leur détection est aisée, équivaut à ce que la valeur de la fonction de détection décroît avec l'accroissement de la distance x. Cette fonction est égale à 1 soit *g(0)*=1 quand tous les objets sur la ligne ou point de transect sont vus avec certitude. Pour toutes les estimations de *g(x)* dans ce travail, *g(0)* = 1.

La modélisation de la fonction de détection va donc dépendre des distances perpendiculaires (*dp*) à la ligne, qui sont calculées à posteriori selon certains paramètres relevés dès la détection du groupe observé.

Pour ce faire, des jumelles réticulées sont utilisées afin de mesurer le nombre de graduations (appelées également réticules) entre l'horizon et le groupe observé ainsi que l'angle radial entre la position du groupe (appelé gisement) et la route effectuée par le bateau par le relèvement du compas de la plateforme. Ces valeurs relevées rigoureusement sont ensuite intégrées dans un calcul, avec la hauteur de détection (*h*), soit la somme de la hauteur du franc-bord du bateau et la hauteur moyenne jusqu'au niveau des yeux d'un observateur.

L'ensemble de ces paramètres permet de calculer par règle trigonométrique selon le théorème de Pythagore, en premier lieu, la distance radiale exacte de l'animal (*d*), puis dans un second temps, sa distance perpendiculaire (*dp*) à la ligne prédéfinie et suivie par le bateau. Le schéma 24(a-b) illustre le mode de relèvement.

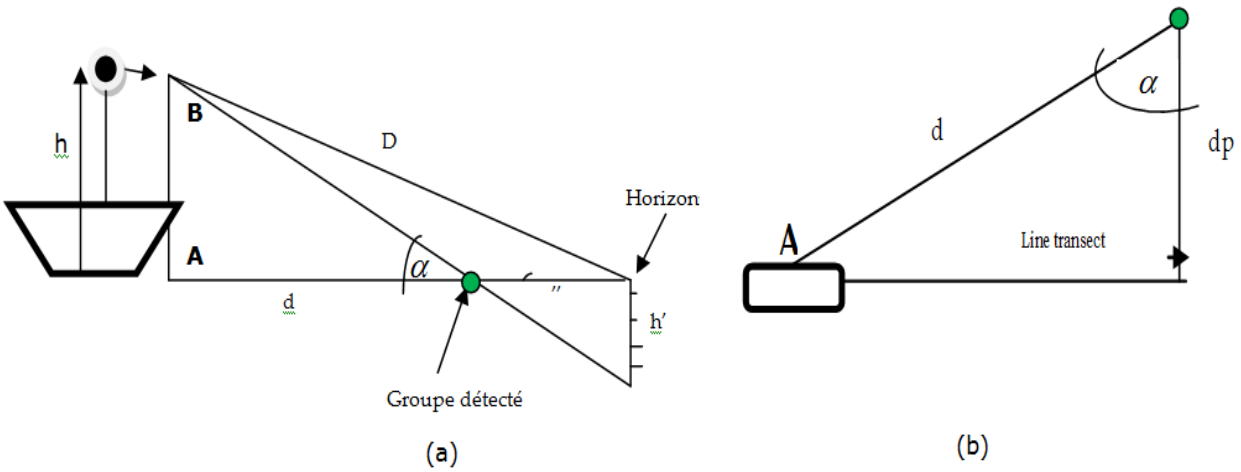


Figure 24(a-b). Schéma illustrant les paramètres relevés dès la détection d'un groupe.

LÉGENDE

(a) Ce schéma représente une vue de côté de la plateforme avançant sur la ligne de transect. Le rond noir symbolise la hauteur des yeux de l'observateur ou des jumelles calées au niveau des yeux et le rond vert, le groupe observé. La forme simplifiée noire représente le bateau, *h* étant le total de la hauteur de l'observateur jusqu'aux yeux et du franc-bord, mesuré systématiquement pour chaque plateforme avec une sonde à main. La flèche indique le sens des mesures. A est l'angle entre l'hypoténuse et le coté adjacent, *d* la distance de l'animal à la plateforme, D la distance à l'horizon, *h'* le nombre de réticules permettant d'évaluer l'angle alpha selon le compas du bateau, suivant la direction de la ligne représentée horizontalement.

(b) Vue de dessus sur la ligne transect de la distance perpendiculaire recherchée (*dp*) selon la distance radiale d. La flèche indique le sens de déplacement de la plateforme.

En appliquant la formule suivante que nous avons reconstituée, nous obtenons la distance perpendiculaire du groupe observé à la ligne transect :

$$d^2 = \frac{h}{\sin \alpha}^2 - l^2$$

et

$$dp = \sin \alpha \ : \ l$$

L'annexe I indique les équivalences en minutes d'angles (MoA) et les abaques pour l'angle α. Elles sont calculées à partir des degrés représentés par chaque réticule mesuré et disponibles sur les sites du matériel utilisé, c'est-à-dire avec systématiquement la même marque de jumelles dans ce travail, soit BUSHNELL WATERPROOF MARINE 7X50.

Le relèvement du groupe observé est mesuré directement en degrés par les jumelles, ce qui facilite la détermination par soustraction de l'angle α, par différence entre le compas indiqué sur les jumelles et le cap compas du bateau, relevé systématiquement pour chaque groupe observé en effort de transect.

Afin d'éviter des erreurs dans les relèvements dues à la stabilité de la mesure sur un bateau en mouvement et soumis à la houle, chaque relèvement a été effectué en pied de mât, en position debout, avec adossement au mât et coudes serrés au corps afin de bloquer précisément les jumelles. L'usage d'un trépied, compte tenu de la petite taille des plateformes (en moyenne 13 mètres), nous a paru plus compliqué que les rotations du corps de l'observateur, toujours autour du pied de mât.

Les hauteurs respectives de toutes les observations (Tab.9), de 2007 à 2011 additionnent la taille moyenne d'un observateur des yeux aux pieds, et celle du franc-bord de chaque plateforme utilisée pour cette méthode, avec une moyenne de 326 cm (3,26m au dessus du niveau de la mer) et un coefficient de variation exprimé en % de valeur absolue à ± 9,9 pour (*h*) selon les deux hauteurs considérées.

La taille des observateurs a été notée dans la plupart des relevés, afin d'obtenir des précisions fines de cette moyenne estimée à 1,6m pour la totalité des saisons. Il faut ajouter que deux plateformes *a minima*, effectuaient les transects le même jour durant la période considérée, sur des lignes bien évidemment différentes.

Cela signifie que des personnes différentes ont effectué les relevés sur chaque plateforme. Enfin, des jumelles intégrant un télémètre ont été testées en mer, durant la saison humide 2009. Il s'est avéré que ces tests n'étaient pas satisfaisants, le point de relevé ne se stabilisant pas.

Ainsi, au final, seules les jumelles réticulées ont généré les mesures utiles aux estimations.

Tableau 9. Présentation des hauteurs des hauteurs (*h*) mesurées pour chaque plateforme (voilier).

Noms	Marque	Hauteur du franc-bord (cm)	Périodes d'usage (SS= saison sèche, SH = saison humide)	Hauteur moyenne d'observateur en cm	(*h*) en cm
Ballalère	Jeanneau 43	120	SH 2007, SH 2009	160	280
Zino	SunKiss 47	140	SS 2007	160	300
Saoufe	Dufour 41	120	SS2007, SH2007, SS 2008, SS 2009	160	280
Dabola	Dufour 41	120	SS 2007	160	280
Bulle	Carrof	120	SS 2007	160	280
Rutile	Lagoon 500	200	SS 2008	160	360
Sailor Moon	Lagoon 410	185	SS 2008	160	345
Lambada	Belize 43	170	SS 2009	160	330
Cariacou	Nautitech 435	187	SH 2009, SS 2008, SS 2009, SS 2010	160	347
Améthyste	Orana 43	200	SH 2010	160	360
Azurite	Lagoon 410	190	SH2010	160	350
Bicounou	Nautitech 435	187	SS 2011	160	347
Please me	Belize 43	185	SS 2011	160	345
Cristal	Lagoon 420	190	SS 2011	160	350

Une fois les distances perpendiculaires estimées pour chaque observation, la distance de détection effective (*ESW*) par espèce a été ajustée en utilisant le programme DISTANCE (Thomas *et al.,* 2006, version 5.0, version 2). ESW représente donc une distance perpendiculaire effective selon la probabilité de détecter un objet à l'intérieur de cette distance, soit la probabilité de détecter une espèce sur l'aire échantillonnée et selon la strate temporelle traitée statistiquement (saison). Ainsi, ce programme permet, selon Buckland *et al*., (1993), Thomas *et al.,* (2009) de modéliser la fonction de détection g(0) et d'estimer ainsi une probabilité de détection en supposant que tous les objets sur la ligne (soit à l'azimut 12h) sont détectés (sous les hypothèses présentées précédemment soit une détection certaine sur la ligne assumée dans nos travaux de *g(0)* =1, et avant mouvement de l'animal en réponse à la plateforme). Cette probabilité de détection est une fonction semi-paramétrique de la distance perpendiculaire à la ligne de transect.

Elle est examinée selon différentes fonctions (uniforme avec cosinus, semi-normale avec cosinus, « hazard-rate » avec cosinus et semi-normale avec termes des polynômes d'Hermite et la meilleure est retenue par le critère d'information AIC (Akaike, 1974). Les ajustements de la courbe de détection sont effectués par « boostraps » afin de minimiser l'incertitude (Chi^2, χ2 GOF). La solution de grouper les données collectées sur plusieurs strates (temporelles ou spatiales) est permise à condition que les jeux de données soient comparables en termes d'efforts. Cela permet ainsi de faire des estimations sur un même site à partir de plusieurs années.

Pour les autres estimations d'abondance relative par la méthode des distances perpendiculaires moyennes, un test non-paramétrique U de Mann-Whitney a permis de comparer les distributions des distances perpendiculaires en saison sèche et en saison humide, en prenant le soin d'exclure les baleines à bosse pour le moment, non présentes en saison humide. Les résultats de ces tests, ont été extraits grâce au logiciel Past.exe version 2.10.

Considérant la longueur totale (L), comme la somme des distances parcourues lors des échantillonnages sur plusieurs lignes de transects (L= *li*, avec i= 1, 2, 3,…k.), la formule de densité décrite peut alors s'écrire :

$$D = \frac{n.s}{2L.ESW.g(0)}$$

Avec *n* le nombre d'observations sur le transect, *s* la taille moyenne d'un groupe observé, *ESW* la largeur effective de détection et *g(0)* l'estimation de la probabilité de détecter un objet sur la ligne du transect, assumée égale à 1 dans notre application.

L'estimation de l'abondance s'exprime selon :

$$N = \frac{A.n.s}{2L.ESW.g(0)}$$

Avec *A* représentant la surface de la zone d'étude.

La variance de *n* a été estimée à partir de la variance des taux de rencontre (n/L) pondérée par la longueur des lignes l(i), ainsi que la taille moyenne (*s)* ou *E(s)* dans cette étude*,* d'un groupe observé, sachant que la taille d'un groupe peut influencer sa probabilité de détection. Ainsi, l'analyse est basée sur la valeur attendue de la taille du groupe pour l'ensemble des données calculées par régression de log (*s* (i)) sur g (x (i)), avec une signification de niveau α =0,15. Cela confère un caractère prédictif aux estimations.

Les limites de l'intervalle de confiance (IC) ont été fixées en considérant que *D* suit une distribution *log*normale, à 95%. Toutes les observations ont été tronquées entre 5% et 7% pour chaque espèce, afin d'éliminer les valeurs aberrantes pouvant créer des distorsions à l'ajustement de la fonction de détection, comme recommandé dans Buckland *et al.,* (1993). L'impact du taux de troncature choisi a été simulé pour toutes les estimations.Pour résumer, deux étapes principales ont été menées grâce à au logiciel Distance (CDS, échantillonnage de distance conventionnel) : 1) ajustement d'une fonction de détection avec le maximum de vraisemblance, 2) calculs des densités corrigées de la probabilité de détection, 3) estimation de tailles de populations, quand cela a été possible en extrapolant la densité *D* pour une espèce, à la surface *A* considérée.Toutefois, pour des estimations robustes de *ESW* et d'une taille de population (*N*), un minimum d'au moins 40 objets détectés (Burnham *et al*., 1980) est nécessaire pour modéliser une fonction de détection et sa variance. Cependant, il semble acceptable dans le domaine de la cétologie d'utiliser un minimum de 30 groupes détectés aléatoirement, c'est-à-dire correspondant au degré de précision et de fiabilité des résultats statistiques à partir des sous-groupes de l'échantillon, selon Pett (1997). Si n ≥ 30, la moyenne du paramètre obtenu suit une loi approximativement normale (Théorème Central Limite).

Une solution acceptée dans le modèle est de stratifier les échantillonnages en regroupant les données selon le choix des strates, comme évoqué précédemment. Par ailleurs, pour extrapoler la densité à la zone d'étude considérée, Buckland *et al.,* (1993) recommandent que les aires échantillonnées représentent au moins 30 % de cette surface totale.

Ces deux contraintes ont imposé que seule la population de baleines à bosse a pu être estimée. Dans les autres cas, l'estimation d'une abondance corrigée de la détection n'a pas été possible, compte tenu d'un trop faible nombre d'observations pour ajuster la fonction de détection. Afin de donner pour autant une estimation de densité non corrigée de cette détection, nous avons appliqué comme pour toutes les autres espèces ne présentant pas 30 observations au bout de quatre ou cinq ans de transects de ligne, un calcul de densité basé sur la moyenne des distances perpendiculaires estimées, soit :

$$D = \frac{n.s}{2w.L}$$

Avec *w*=*dpm*, soit la distance perpendiculaire moyenne calculée pour une espèce selon les strates considérées (saisons ou blocs géographiques).

Pour 2007, cette méthode a été comparée avec les résultats obtenus par le transect de bande (approche similaire mais avec un *w* fixe). Par ailleurs, une comparaison a été également effectuée par cette méthode, avec toutes les densités obtenues par Distance Sampling pour mieux apprécier l'estimation des densités de baleines à bosse, selon la méthode appliquée.

Lorsque le minimum de surface de 30% a été atteint, une extrapolation de ces densités à la zone d'étude a été réalisée par cette méthode des distances moyennes, à partir de 10 observations (seuil arbitraire) par espèce sur la totalité des campagnes, uniquement pour indiquer une taille approximative pour certaines populations, selon la formule :

$$N = \frac{A.n.s}{2.wL}$$

Ces estimations ont pu être proposées pour 3 autres populations. Elles sont présentées avec un intervalle de confiance dont les limites sont fixées à 95%, ainsi que le coefficient de variation de *n*.

2.3.4. Densité de Kernel

La densité par la méthode du noyau (KDE : Kernel Density Estimation) est un estimateur lissant les données selon une fonction gaussienne, ajustée avec le logiciel PAST, en accord avec la règle donnée par Silverman (1986).

2.4. Cartographie (*Dis*)

Toutes les observations de cétacés issues des 212 relevés visuels sont cartographiées pour une représentation dans le G.I.S Google Earth, avec une projection des localisations via l'interface cartographique Earth point (http://www.earthpoint.us/). Des codes couleurs ont été affectés par nos soins pour ces représentations (Tab.10).

Tableau 10 Représentation par code nom et couleur des différentes espèces, genre ou famille.

Observations visuelles			
N° *sp.*	Nom scientifique de l'espèce	Code espèce	Couleur
1	*Megaptera novaeangliae*	*Mn*	
2	*Physeter macrocephalus*	*Pm*	
3	*Tursiops truncatus*	*Tt*	
4	*Stenella attenuata*	*Sa*	
5	*Stenella frontalis*	*Sf*	
6	*Stenella longirostris*	*Sl*	
7	*Stenella Clymene*	*Sy*	
8	*Steno bredanensis*	*Sb*	
9	*Mesoplodon europeaus*	*Me*	
10	*Ziphius cavirostris*	*Zc*	
11	*Feresa attenuata*	*Fa*	
12	*Kogia sima*	*Ks*	
13	*Kogia breviceps*	*Kb*	
14	*Lagenodelphis hosei*	*Lh*	
15	*Globicephala macrorhynchus*	*Gm*	
16	*Pseudorca crassidens*	*Pc*	
17	*Peponocephala electra*	*Pe*	
18	*Orcinus orca*	*Oo*	
Genre	*Mesoplodon spp.*	*Meso NI*	
Famille	*Ziphiidae*	*Zii*	
Famille	*Delphinidae*	*Delph NI*	
Ordre	*Cetacea*	*NI*	
Observations acoustiques			
1	*Megaptera novaeangliae*	*Mn*	
2	*Physeter macrocephalus*	*Pm*	
3	*Tursiops truncatus*	*Tt*	
4	*Stenella attenuata*	*Sa*	
Ordre	*Cetacea*	*NI*	

LÉGENDE

Les espèces jumelles ou proches sont signifiées par la même couleur, tels que les *Kogia spp.* afin d'exprimer la représentation du genre.
Stenella longirostris et *S.frontalis,* bien que distinctes, sont volontairement représentées par le même code.
Les espèces appartenant à la famille des baleines à bec (*Ziphiidae*) sont toutes représentées de la même façon afin de considérer la représentation cartographique de la famille de ces espèces rares dans son ensemble.
Les observations des espèces non identifiées sont projetées également dans le système géographique afin de prendre en compte l'occurrence de cétacés dans certaines stations ou quadrats, même si ces espèces n'ont pas été reconnues avec certitude. Ces catégories incluent le genre *Mesoplodon spp.* Les individus des familles de delphinidés non discriminés (Delph NI) ou la famille des baleines à bec (*Ziphiidae*).

2.5. Traitements acoustiques

Les techniques de traitement du signal et des approches de reconnaissance des formes peuvent être utilisées pour la détection et la classification des sons des cétacés dans les enregistrements. Ces méthodes actuelles sont basées sur différentes caractéristiques des sons émis par les baleines, en particulier la durée, fréquence, niveau de la source acoustique. Dans le domaine temporel et / ou le domaine des fréquences, les principales méthodes sont le filtre adapté, le codage prédictif linéaire pour distinguer les vocalisations, la modélisation sinusoïdale, le spectre, l'inférence bayésienne, le binaire seuillée transformée de Fourier rapide. Mais en général, les représentations temps-fréquence sont utilisés pour se concentrer sur les variations de fréquence (Adam *et al.,* 2006). Il est possible de trouver différents programmes informatiques pour la détection des sons des cétacés et des localisations des cétacés. Tous ces logiciels sont faciles à utiliser et donnent des résultats efficaces. Certains d'entre eux sont modulaires et il est possible de programmer de nouvelles fonctions. Les langages sont en Fortran, C ou Matlab.Pour la première partie des déstockages de Gualiba (Millon. 2011), une détection visuelle et acoustique a été effectuée sur les quatre jours d'enregistrement à l'aide du logiciel Adobe Soundbooth CS5. Les fichiers ont été segmentés en partie de 1 heure et convertie en *Wave* à l'aide du logiciel Audacity (http://audacity.sourceforge.net).

L'analyse manuelle des enregistrements a permis d'identifier un certain nombre de sons différents et de les caractériser, mais c'est un processus très chronophage et le développement d'outil automatique devient très important. C'est dans cet objectif qu'un programme de détection automatique a été réalisé à l'aide du logiciel LabVIEW 2010 de National Instruments Corporation (http://www.ni.com/labview/f/). Ce programme a été conçu pour la détection de clics CP dans les échantillons extraits (format du fichier en *Wave*). Dans un premier temps, le signal est filtré avec un filtre passe-bande numérique à réponse impulsionnelle infinie (RII) de type Butterworth d'ordre 3. C'est un filtre linéaire au gain constant dans la bande passante dont la variation de l'ordre donne lieu à une transition plus ou moins abrupte entre la bande passante et la bande d'arrêt.

Concernant la maintenance du système en mer, l'usage d'un logiciel créé spécifiquement par la société Cesigma a permis d'effectuer les arrêts à distance ainsi que de vérifier les connexions WIFI (Fig.25).

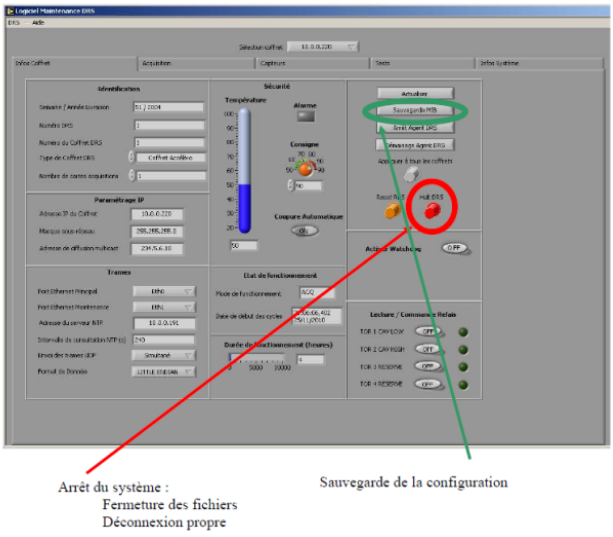


Figure 25. Interface logicielle Main DRS pour la maintenance du système Gualiba en mer.

3. Analyses d'indices de diversité

La diversité est décritedans ce travail, par différents indices:

- La richesse spécifique *S*, soit le nombre d'espèces constatées par méthode ou sa valeur logarithmique.

- La dominance « taxonomique » D, c'est-à-dire : Dominance = 1-indice de Simpson. Elle varie de 0 (tous les taxons sont également présents) à 1 (un taxon domine complètement la communauté).

  Et, elle s'écrit: $D = \sum_i \left(\frac{ni}{n} \right)^2$

Avec, ni = nombre d'individus du taxon i.

- L'indice de Simpson, soit 1-D
- indice de Shannon H. Cet indice offre l'avantage de considérer à la fois les effectifs et le nombre d'espèces. Sa formule peut s'écrire :

$$H = -\sum_i \left(\frac{ni}{n} \right) \ln \left(\frac{ni}{n} \right)$$

  - Régularité; diversité de Shannon divisé par le logarithme du nombre de taxons.
  - Fisher alpha : un indice de diversité, défini par la formule *S* = a * ln (1 + n / a) où *S* est nombre de taxons et n est le nombre d'individus.
  - Indice de dominance de Berger-Parker: tout simplement le nombre d'individus dans le taxon dominant par rapport au total de la population (n). Rapporté en %, on retrouve le descripteur présenté précédemment *D (%*.) mais ici uniquement pour l'espèce la plus abondante.

4. Analyses factorielles

4.1. Mesures des facteurs de l'environnement

4.1.1. Facteurs limitant les conditions d'étude en mer

4.1.1.1. Échelle de Beaufort

Dans cette étude, le vent est pris en compte comme un facteur du milieu influençant les conditions de travail. Dans le milieu marin, le vent influence la « mer du vent » qui, conjuguée à la houle, génère un système de vagues et peut conditionner la détection des animaux.

Deux paramètres sont renseignés pour le vent sur les fiches de relevés dans ce travail: sa direction d'origine et sa vitesse. Le premier paramètre est mesuré selon des secteurs d'angles, évalués de 0° à 360°, et noté : N (0°), NE (45°), E (90°), SE (135°), S (180°), SO (225°), O(270°), NO(315°) avec l'axe de référence nord-sud. La vitesse est mesurée en km/h et exprimée en nœuds marins (Knots, kts). Pratiquement, l'usage en mer d'un anémomètre donne la vitesse du vent apparent.

Tous les bateaux utilisés dans cette étude en sont équipés. D'autres mesures ultérieures peuvent être récupérées via différentes stations météorologiques de Météo France en Guadeloupe comme la station du Raizet (http://www.itimeteo.com/observations/metar/TFFR.html). Par ailleurs, cette vitesse est traduite par commodité sur une échelle de Beaufort (Beaufort, 1805). Cette échelle comporte 13 rangs (de 0 à 12) représentant la vitesse moyenne du vent dans le milieu marin. Le protocole de cette étude inclut le seuil maximum défavorable (≥5 Beaufort) à la bonne application de l'observation visuelle en mer.

4.1.1.2. Échelle de Douglas

La houle peut avoir un impact sur l'observation visuelle pour la détection (Hobbs, 2004). La houle n'a pas été mesurée directement en mer dans ce travail.

Pour les facteurs océanographiques, la hauteur de la houle (en mètres) a été évaluée arbitrairement à l'œil, en mètres, par les observateurs et les professionnels de la mer, in situ, ou en cas de quelques manquements de relèvements, sur une bouée météorologique telle que la bouée nord N°42060 gérée par la NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration), située à l'ouest de la Guadeloupe pour certaines valeurs en côte-sous-le-vent en 16,333 N/63,500 W (http://www.ndbc.noaa.gov/) ou au nord, selon la station plus récente BARA9, située à Barbuda (17,591N/61,821W).

Le protocole de cette étude inclut le seuil maximum défavorable (≥5 Beaufort) à la bonne application de l'observation visuelle en mer, selon les catégories de l'état de la mer[16], qui en réalité, correspond à une appréciation arbitraire et quantifiée, certes de la hauteur de la houle, mais également de l'effet du vent (ondulation, cisaillement) sur l'état de la mer.

4.1.1.3. Phénomènes climatiques particuliers

Le brouillard de mer (visibilité inférieure à 1000m en plan horizontal en mer) ou la brume (visibilité horizontale supérieure à 1000m), sont essentiellement dus à des vents assez forts, à des précipitations importantes et dans certains cas à des tempêtes tropicales. Ils peuvent générer des variations importantes sur la détection des cétacés par une « mauvaise visibilité », mais le procotole de l'étude impose l'arrêt de l'observation visuelle dans les trois cas précités. En Guadeloupe, cela se concrétise en mer par différents phénomènes associés à des précipitations d'intensité variable, comme les trombes et les tornades, les lignes de grain ou dans le cas le plus extrême, les orages des tempêtes tropicales, voire les ouragans.

4.1.2. Mesure des facteurs océanographiques

Au total, 113 valeurs de courantologie, de salinité et de température ont été mesurées pour les baleines à bosse. 389 valeurs pour chaque autre facteur (bathymétrie, distances et coordonnées géographiques) ont été relevées pour l'ensemble du peuplement. L'annexe VI donne le détail de ces valeurs.

Toutes les mesures effectuées à partir de données géo-référencées ont été effectuées pour chaque observation à partir des coordonnées GPS relevées en mer (la précision dans l'espace est de l'ordre de 8 mètres à un niveau de confiance de 95%, http://www.gps.gov/).

[16] Echelle de Douglas, www.eurometeo.com/english/read/doc_douglas.

Les facteurs des distances à la côte, à l'isobathe 200m et 1000m ainsi que la bathymétrie ont été relevées ensuite pour chaque coordonnées GPS, à partir de valeurs interprétées graphiquement selon les lignes de fond des cartes (IT, CMAP 3195, WGS 1984) par le logiciel de navigation Max Sea, version 10.1.3.2. (Fig.26). Ce logiciel a été installé sur tous les navires de cette étude.

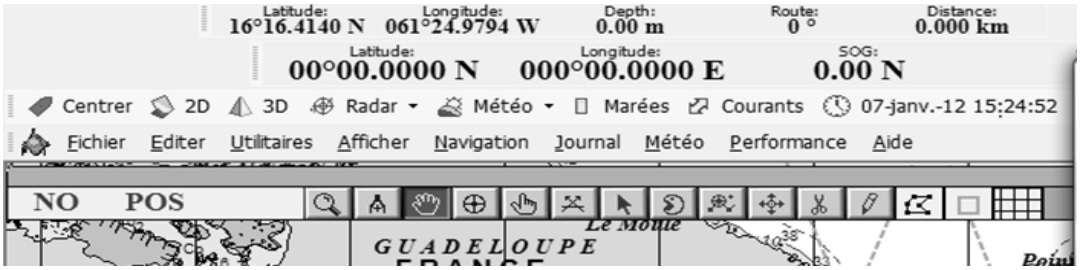


Figure 26. Extrait du logiciel de navigation répondant aux critères S.I.G[17]: Max Sea, version 10.1.3.2.

LÉGENDE
Source carte : C-MAP 3165 INT, WGS-84

4.1.2.1. Coordonnées géographiques, bathymétrie et distances

Voici les modes de mesures précis avec cet outil :

- La distance à la côte, entre les coordonnées GPS et le point le plus proche de la côte (distance exprimée en km) ;
- La distance à l'isobathe 200 et 1000 entre les coordonnées GPS et le point le plus proche de la côte (distance exprimée en km) ;
- La bathymétrie, à partir des coordonnées GPS et les valeurs du fonds de carte du logiciel considéré (Max Sea, C-MAP 3165 INT, WGS-84). Pour le référentiel bathymétrique constant à une minute d'angle, les données sont issues de GEBCO (NOAA/NGDC : General Bathymetric Chart of the Oceans -GEBCO- one minute grid) ;
- La latitude et la longitude ont été évaluées à partir des coordonnées GPS relevées en mer à partir d'un système sexagésimal « Degrés, minutes, centième » ou « Degrés, minutes, millième », projetées pour vérification dans deux SIG différents: Max Sea, version 10.1.3.2 et Google Earth, 2011, Data SIO, NOAA, US Navy, NGA, GEBCO. Chaque coordonnée a été ensuite transposée en valeurs décimales pour les analyses multi-variées et les relevés de courantologie, de salinité et de température.

4.1.2.2. Mesures des températures des eaux (SST) et la salinité (psu)

Les températures de surface, notées SST (Sea Surface Temperature) ont été relevées ou traduites en degré Celsius, dans nos études selon trois moyens :

- L'un sur le terrain avec un sondeur type salinomètre/conductimètre à environ 30 à 50 cm sous la surface de la mer. Mesure directement en degrés Celsius ;
- L'autre *a posteriori*, quand le sondeur n'était pas disponible, à partir des données Mercator ;

[17] Système d'information géographique.

- Enfin, dans quelques cas, pour compléter les manques ou défauts techniques sur quelques autres observations jusqu'à 2011, les valeurs ont été relevées à partir de certaines stations météo en mer type sonobouée océanographique, ou houlographe, (http://www.ndbc.noaa.gov/maps/Caribbean.shtml), dont celles des bouées N°41096 (nord de la Guadeloupe, Météo France) et celle N°42060 (nord-ouest de la Guadeloupe, NOAA).

Pour la salinité de surface, elle a été notée en psu (practical salinity unit) plutôt que la partie par millier (0/00) pour pouvoir plus facilement intégrer les données Mercator, elle-même exprimées dans cette unité. Notons que 1 psu équivaut à 1 gramme de sel par 1000 grammes d'eau de mer.

Toutes les valeurs issues du système Mercator, sont issues des données natives selon une grille (1 : 12°) utilisée pour la modélisation (grille de type C Arakawa, ORCA GRID) fournies par la société Mercator Océan (www.mercator-ocean.fr/).). Les nomenclatures de 2008 au 31/12/2009 ont été issues du système PSY2V3, puis ensuite du système PSY2V4 (Atlantique Nord et Tropical (70°N-20°S) grille native : 1/12°). Les données avant le 31/12/2009 sont issues du système PSY2V3 et après cette date, du système PSY2V4 avec environ 22 niveaux de résolution verticale (profondeur), une résolution horizontale de 6 à 26 km pour PSY2V3 et de 3 km à 70°N, 9 km à l'équateur pour PSY2V4. La résolution temporelle est journalière.

Ainsi, tous les facteurs utilisés dans ce travail selon les fichiers Mercator Océan ont été extraits parmi autant de matrices que de jour d'observations. Ces matrices sont composées de 13 colonnes, correspondant aux valeurs moyennes journalières de longitude et 11 lignes correspondant aux valeurs moyennes journalières de latitude. Le niveau 1 (surface) a été traité, soit une profondeur à 0,494 mètres sous la surface de la mer (le vingt-deuxième niveau correspondant à 92 mètres de profondeur). Les données correspondant au masque de terre ont été notées en NAN et donc les valeurs aberrantes n'apparaissent pas. Toutes ces données sont générées donc par des systèmes opérationnels de prévision développés à Mercator Océan et basés sur des modèles d'océan tenant compte des mesures en temps réel de l'océan par observation satellitaires et *in situ*. La consultation des origines des données d'entrée (avant modélisation) sont disponibles sur http://www.mercator-ocean.fr/fre/science/composantes-systemes/donnees-entree/ et les modèles d'interpolation sur le type « analyse/prévision » consultables sur http://www.mercator-ocean.fr/fre/science/systemes-operationnels/prevision. Pour les données variables (SST, courantologie), les données sont assimilées par les systèmes Mercator sont : AVHRR de la NOAA, ENVISAT, MSG, AQUA, TRMM. Les données *in situ* sont extraites des bouées dérivantes, de bateaux océanographiques ou encore de données circulant sur le Système Mondial de Transmission (SMT ou GTS).

4.1.2.3. Données de courantologie

Aucune donnée de courantologie n'a été disponible au niveau de l'échelle spatiale de cette étude, dans la littérature ou à partir de bases de données externes et, par ailleurs, nous n'avions pas d'outils dédiés pour effectuer ces mesures. Aussi, compte tenu de l'importance potentielle de ce gradient à tester pour la distribution des cétacés, et en particulier pour les baleines à bosse, un travail conjoint a été mené avec la société guadeloupéenne PLK Marine (http://plkmarine.com/).

Cette société a accepté de reconstituer la courantologie à partir du rayon d'évitage de Dispositifs de Concentration de Poissons (D.C.P), implantés sur 40 modules tout autour de la Guadeloupe. La figure 27 donne un exemple de la fréquence de la direction du courant en janvier 2010.

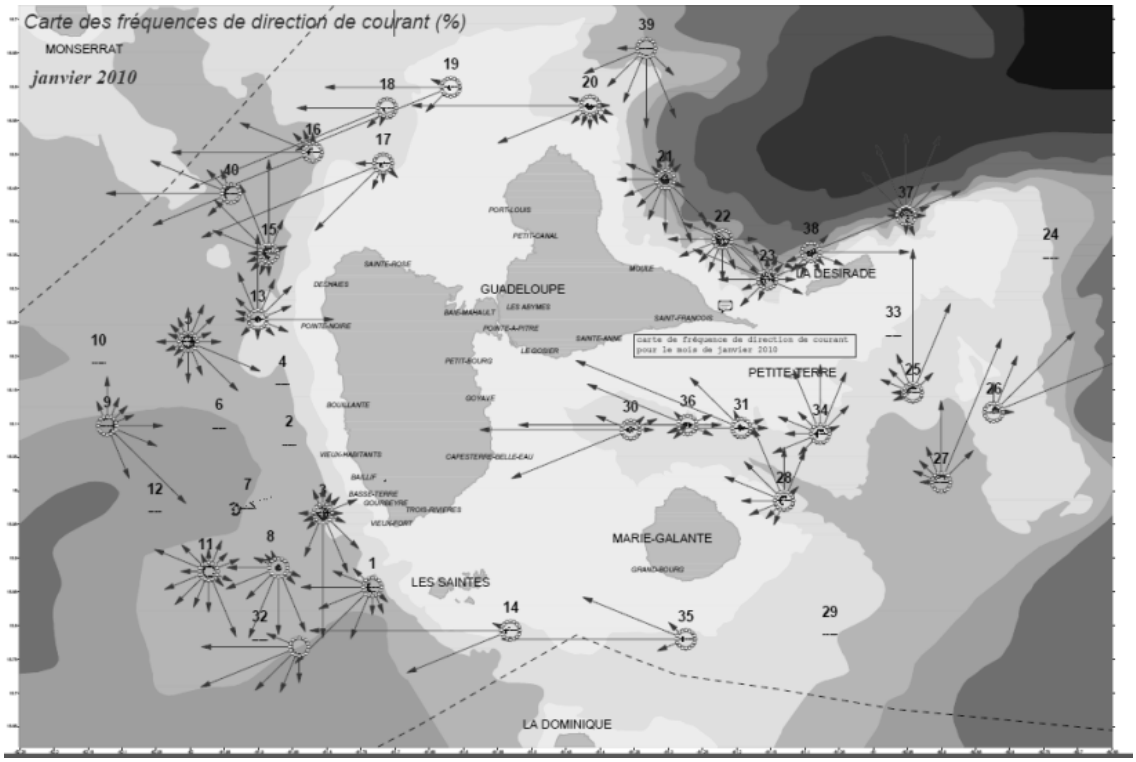


Figure 27. Carte de fréquences des courants en Guadeloupe (ex. janvier 2010)

LÉGENDE
Les flèches noires indiquent la direction et la force du courant par indices de courant. Crédits source : PLK Marine

La société PLK Marine a utilisé les données transmises par des DCP qui sont pour la plupart surveillés par géo localisation avec 6 transmissions par jour au maximum de leur position centrale. Connaissant la distribution au centre du DCP et le rayon d'évitage transmis par ces positions, il a été possible de calculer une direction en degrés et un indice de courant (variant de 0 à 1, transformé ensuite en vitesse, courant nul à courant fort, supérieur à 1.5 nds). Toutes les transmissions à l'heure la plus proche (heure locale) ont été rapprochées des observations de mégaptère, en fonction également du DCP le plus proche. Les mesures pour les populations de baleines à bosse sont complets en 2010 et 2011, et partiels en 2009, compte tenu que tous les DCP n'étaient pas équipés. Pour cette année, les mesures ont été complétées par des données natives (et non standards, qui sont une interpolation des données natives sur une projection régulière) transmises par Mercator océan (http://www.mercator-ocean.fr/) avec des relevés par jour de résolution horizontale, selon 10 à 12 rangs de latitude et longitude (valeurs décimales), proposées entre les fourchettes demandées de 61,50 N/15,58W à 60,58N et 21,59W. Ces valeurs ont été accessibles pour 2009, 2010 et 2011 jusqu' à 22 niveaux de profondeurs (résolution verticale), mais seul le niveau 1 à été considéré, pour rester cohérent avec les autres courants de surface calculés avec PLK Marine. Les valeurs manquantes ont été complétées au plus près de la géo localisation de l'observation et selon la date exacte. Tous les courants (PLK Marine et Mercator) ont été exprimés en mètres par seconde ($m.s^{-1}$) pour la vitesse et en degrés pour la direction.

Ainsi, l'estimation des paramètres « vitesse et direction » a été calculée à partir de l'écart entre les positions de mouillage et les positions de dérives de 11 D.C.P autour de la Guadeloupe (http://plkmarine.com/carteguadeloupe.pdf), mesurées 6 fois par jour. PLK Marine donne un indice de courant (sans unité) et une direction *U* (en degrés). La règle appliquée pour les calculs d'indice de courant est :

$$Indice\ de\ courant = \frac{\frac{R}{4} - (R - D)}{\frac{R}{4}} \quad si \quad \frac{\frac{R}{4} - (R - D)}{\frac{R}{4}} > 0$$

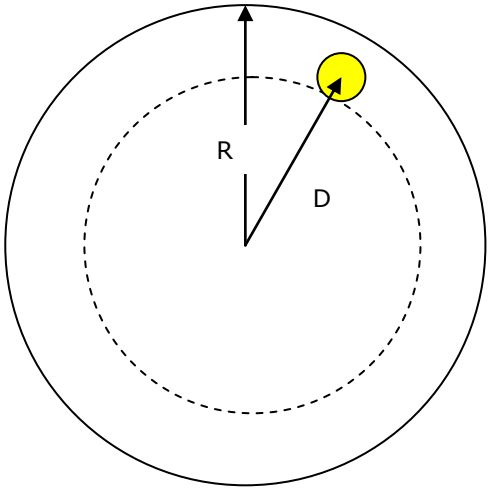
$$= 0 \qquad sinon$$

Où R est le rayon de distance maximale que le DCP pourrait faire avec le point de mouillage et D la distance du DCP avec son point de mouillage, constatée à un instant.

Par exemple:

R	D	(R/4-(R-D))/(R/4)	Indice de courant
1000	1000	1	1
1000	975	0,9	0,9
1000	950	0,8	0,8
1000	900	0,6	0,6
1000	850	0,4	0,4
1000	800	0,2	0,2
1000	750	0	0
1000	700	-0,2	0
1000	600	-0,6	0

Crédit : PLK Marine 2011



La vitesse du courant *(v)* est ensuite traduite à partir de cet indice en trois rangs :

- les indices de courant inférieur à 0,6 correspondent à des courants faibles (inférieurs à 0,5 nds) ;
- les indices compris entre 0,6 et 0,9 à des courants modérés (entre 0,5 nds et 1 nds) ;
- les indices sup à 0,9 à des courants forts (sup à 1 nds).

Les valeurs de courantologie ont été estimées par cette méthode à une résolution temporelle par tranches de 4 heures, soit pour une date donnée d'observation, avec 4 à 6 points (selon les dates) de relevés GPS par DCP équipé. Pour les valeurs complétées par Mercator, la mesure de la vitesse du courant a été effectuée selon deux composantes *U* et *V*, projetées respectivement sur l'axe X (longitude) et l'axe Y (latitude). *U* est positif pour un flux allant d'ouest en est et *V* est positif pour un flux allant du sud vers le nord. La vitesse du courant (v) est donnée par:

- $v = \sqrt{U^2 + V^2}$

4.2. Analyses multivariées

4.2.1. Analyse en composante principale (ACP)

L'ACP (Analyse en Composantes principale) a été réalisée avec le logiciel Past. Ces analyses permettent d'estimer les valeurs propres et les vecteurs propres (ou composantes) de la matrice de variance-covariance ou de la matrice de corrélation (Davis 1986, Harper, 1999). Dans ce travail, toutes les analyses ont été réalisées avec la matrice de corrélation, compte tenu que les unités de chaque variable du milieu sont très différentes. Cela implique que le logiciel effectue une sorte de « normalisation » de ces variables en utilisant leurs écarts-types.

Les valeurs propres donnent une mesure de la variance expliquée par les composantes, avec le maximum d'inertie dans la première composante principale. Les pourcentages de variance expliquée par ces composantes on été regardés pour chaque analyse afin de juger de leur significativité. Afin d'interpréter ce seuil, la valeur Joliffe (Jolliffe, 1986).a été générée pour chaque ACP, car elle a permis d'indiquer le nombre de composantes principales qui étaient significatives. De plus, un second test, à partir des valeurs propres attendues, a été produit par le logiciel PAST, afin de vérifier visuellement les composants non significatifs. L'interprétation est ensuite réalisée à partir de la projection des axes originaux (variables) sur le diagramme de dispersion. Dans ce travail, l'échelle des vecteurs propres a été choisie pour apparaitre à longueur égale.

4.2.2. Analyse canonique des correspondances

Le principe de cette analyse factorielle consiste à rapprocher des variables à expliquer avec de possibles variables explicatives, paramétriques ou non paramétriques. L'analyse canonique des correspondances (Ter Braak, 1986, Legendre & Legendre 1998) permet ainsi d'analyser des variables de l'environnement comme l'abondance des espèces ou la présence / absence, en les considérant comme une réponse à un ou plusieurs gradients. Les variables environnementales sont tracées selon leurs corrélations avec les scores canoniques. 5 matrices ont réalisées avec les variables à expliquer (abondance et présence) et les 6 variables descriptives retenus dans ce travail.

Ainsi, ont été testées :

- Une analyse (CCA 1) avec les 6 variables du milieu et toutes les observations visuelles de transect de ligne, soit 199 observations à partir de la présence/absence et les effectifs (abondance). Cette analyse n'a pas donné de résultats significatifs.
- CCA 2 a porté sur les mêmes variables explicatives à partir de la matrice de présence-absence de 238 observations visuelles (augmentées par les observations OR).
- CCA 3 a été analysée sur les effectifs (matrice d'abondance) et les mêmes variables et CCA 4 uniquement sur les odontocètes.
- CCA 5 a été réalisée uniquement sur les baleines à bosse géoréférencées (n=152) à partir de la présence-absence des compositions sociales (singleton, duo, trio, quartet, quintet et plus).

Les résultats ont été étudiés selon le pourcentage de variance expliquée par les variables. Ces analyses ont été réalisées avec le logiciel CANOCO version 3.11 (Ter Braak, 1986).

4.2.3. Analyses des données par télémétrie

Pour la télémétrie, les relevés de présence ont été analysés comme des données de distribution. Par ailleurs, plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour les analyses de données d'observations sur une trajectoire, ce qui reste le sujet traité par d'Amy Kennedy dans le cadre d'une thèse encadrée par le NMML et le CNPS-CNRS (Centre de Neurosciences de Paris 11) élargi à toute la Grande Caraïbe (Kennedy *et al,* 2011).

Le mode d'usage des habitats et les mouvements peuvent être définis en examinant le comportement et le suivi par satellite des animaux par des méthodes quantitatives comme les modèles corrélés de State-spacetime. Dans ce travail, les résultats des trajectoires sont exploités prioritairement pour une représentation cartographique.

Les données sont enregistrées sur tous les mammifères marins rencontrés et les photographies sont faites pour la photo-identification (caudales chez la baleine à bosse) ainsi que des biopsies cutanées (échantillons cylindriques de peau tissus et de gras prélevés sur les individus à l'aide d'une arbalète avec un embout muni d'un petit emporte-pièce qui prélève un morceau de tissu d'environ 1cm3), pour la comparaison avec les collections de données (caudales, ADN) déjà existantes de l'Atlantique du Nord.

4.3. Logiciel de traitements statistiques

La plupart des analyses statistiques ont été effectuées avec l'aide du logiciel Past.exe, Hammer *et al.,* 2001. Ce logiciel de statistiques dédié aux sciences de la Nature, a été créé par un paléontologue, Oyvind Hammer, http://folk.uio.no/ohammer/past/).

Chapitre III

STRUCTURE DU PEUPLEMENT DES CÉTACÉS DE GUADELOUPE

Megaptera novaeangliae, 11 avril 2010, Marie Galante, N.Gandilhon.

CHAPITRE III

STRUCTURE DU PEUPLEMENT DES CÉTACÉS DE GUADELOUPE

Ce chapitre examine en cinq étapes, plusieurs caractères fondamentaux propres aux populations de cétacés recensées dans l'archipel de Guadeloupe. En premier lieu, il s'agit de présenter les observations obtenues dans les différentes méthodes.

En second, la décomposition de la structure du peuplement est considérée sous un angle taxonomique. Cela signifie que la présence des odontocètes, des mysticètes, mais également de leurs familles et des espèces les composant, est actualisée pour l'archipel de Guadeloupe à des périodes récentes. Cette mise à jour au regard des connaissances établies dans l'état de l'art est envisagée selon la richesse spécifique globale, saisonnière et selon les techniques de recensement utilisées.

En troisième étape, l'analyse des fréquences met en évidence les groupes taxonomiques les plus communs dans l'archipel de Guadeloupe et par analogie, un second descripteur souligne les populations les plus observées, selon un suivi visuel ou acoustique. En outre, ces indicateurs sont renseignés sur l'échelle spatio-temporelle de référence. Le but est non seulement de connaitre les espèces les plus fréquentes, mais également quand et où.

De plus, les tailles moyennes des groupes sont estimées par espèce pour deux raisons. D'une part pour comparer les espèces entre elles, et d'autre part, les regrouper. En effet, il parait utile de renseigner les similarités préliminaires dans la structure des populations. De même, la variation dans le temps de cet indicateur, peut nous renseigner sur l'état de santé des populations.

Cette approche est complétée par une proposition de la structure trophique grâce à l'élaboration d'une guilde théorique.

Une synthèse de l'ensemble des descripteurs synthétiques, appuyée de résultats chiffrés, suggère un classement des populations afin d'initier un statut « régional » d'occurrence de chaque espèce dans l'archipel côtier marin de Guadeloupe.

I. PRÉSENTATION DES OBSERVATIONS

L'ensemble des relevés issus des différentes méthodes présentées au chapitre précédent associe des observations de cétacés (occurrences). Pour chaque méthode utilisée, une synthèse sous forme de tableaux indique le nombre d'observations visuelles et acoustiques enregistrées, soit le nombre de groupes observés. Toutes les caractéristiques de ces observations sont annexées en III et triées par méthode.

1. Observations de cétacés par méthode

1.1. Observations par transect (*TB/TL*)

Pour les techniques de transect de ligne (*TL*) et de bande (*TB*), le tableau 12 synthètise le nombre total d'observations acquises en Guadeloupe, entre le 19 Février 2007 et le 9 mai 2011, pour chaque saison.

Tableau 12. Nombre d'observations en *TB/TL*

GUADELOUPE	Efforts	Observations		Notations facteurs abiotiques								
Temps /méthodes	*TB/TL*	Toutes espèces confondues		Toutes espèces confondues					Baleines à bosse			
Années (saisons)	R	(n)	(na)	Lat	Long	DC	D200	D1000	B	SST	Psu	C
2007 SS	6	21	0	21	21	21	21	21	21	*	*	*
2007 SH	2	9	0	9	9	9	9	9	9	*	*	*
Total TB	8	30	0	30	30	30	30	30	30	0	0	0
2008 SS	16	34	3	34	34	34	34	34	34	*	*	*
2009 SS	16	44	6	44	44	44	44	44	44	22	22	22
2009 SH	13	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0
2010 SS	9	41	39	41	41	41	41	41	41	36	36	36
2010 SH	11	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0
2011 SS	12	38	49	38	38	38	38	38	38	15	15	15
Total TL	77	169	109	169	169	169	169	169	169	73	73	73
Total *TB/TL*	85	199	109	199	199	199	199	199	199	73	73	73

LÉGENDE
Saison sèche : SS, saison humide : SH. R : nombre de relevés. (n) : observation visuelle ou (na), acoustique. Lat : Latitude, Long : Longitude. Distance à la côte : DC. Distance Iso-200m : D200. Distance Iso-1000m : D1000. Bathymétrie : B, température de l'eau de surface : SST, salinité : Psu, courantologie : C. * : valeurs des facteurs non disponibles.

Du 19 au 25 février 2007, 21 observations visuelles, dont 19 en transect de ligne ont été enregistrées en saison sèche. Par ailleurs, 9 observations visuelles, incluant 2 observations hors transect, ont été comptabilisées soit 12 lignes parcourues, en saison humide 2007 (1er et 2 décembre).

55 lignes de transects de ligne ont été parcourues en saison sèche 2008, sur 4 périodes successives (28-31 mars, 19-20 avril, 29 avril, et 1er Juin), enregistrant 34 observations visuelles, dont 27 en transect et 3 acoustiques.

Pour ce qui concerne la saison sèche 2009, 40 observations en transect et 4 hors transect ont été réalisées. 6 observations acoustiques ont été également relevées. La saison humide de la même année a permis de générer 12 observations de façon équivalente en suivi visuel et acoustique.

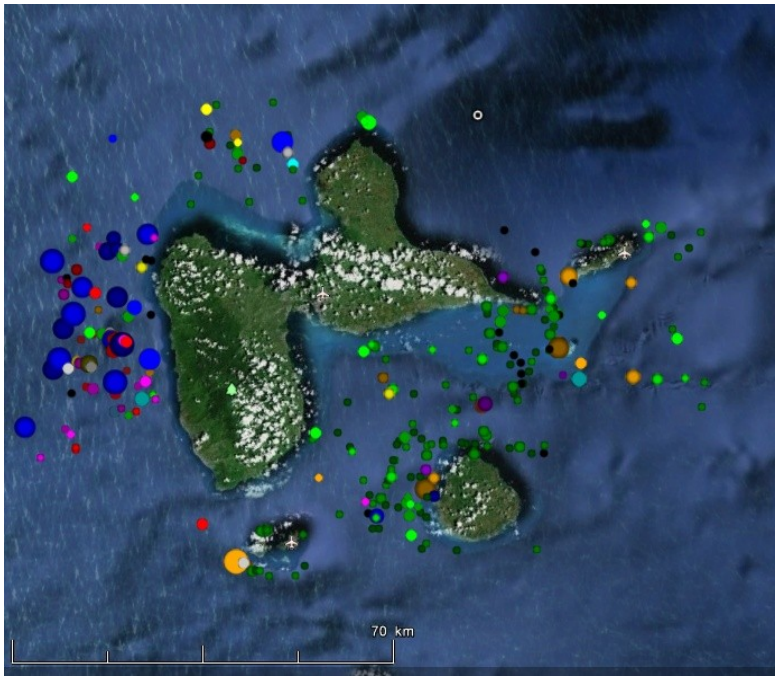
Dès 2010, des conditions météorologiques hors des limites fixées dans l'étude de transect de ligne ont largement modifié l'effort convenu en avril (du 10 au 19 avril 2010), tout autant qu'en novembre 2010, compte tenu d'un reliquat cyclonique. De plus, une campagne supplémentaire en mai 2010 n'a pas pu être réalisée suite à une avarie de la plateforme prévue. En saison sèche 2010, 25 observations en transect ont été notées, 16 hors transect et 39 acoustiques. En saison humide 2010, 28 lignes parcourues ont permis de comptabiliser 5 observations en transect, 1 hors transect et 6 acoustiques. L'effort de cette dernière saison a représenté 49% de l'effort cible.

La saison sèche 2011 est la dernière saison analysée pour la méthode de transect de ligne.

Du 23 au 26 avril 2011 inclus, puis du 6 au 9 mai, 33 observations en transect, 5 observations hors transect et 49 enregistrements acoustiques ont été acquis par ailleurs. Les efforts en *TB* ou *TL* ont permis de générer 85 relevés renseignant au final 199 observations visuelles, dont. 80,8% collectées sur le transect.

Les positions GPS de ces 199 observations visuelles (n) ont permis d'associer 199 relevés abiotiques pour l'ensemble du peuplement.

En outre, 109 observations acoustiques positives (na) ont été détectées. Les géolocalisations de ces observations visuelles et acoustiques sont représentées dans la figure 28, réalisée grâce à une projection de données de position dans Google Earth.



LÉGENDE

N° *sp.*	Nom scientifique	Code	*n*	*na*
1	*Megaptera novaeangliae*	*Mn*		
2	*Physeter macrocephalus*	*Pm*		
3	*Tursiops truncatus*	*Tt*		
4	*Stenella attenuata*	*Sa*		
5	*Stenella frontalis*	*Sf*		
6	*Stenella longirostris*	*Sl*		
7	*Stenella Clymene*	*Sy*		
8	*Steno bredanensis*	*Sb*		
9	*Mesoplodon europeaus*	*Me*		
10	*Ziphius cavirostris*	*Zc*		
11	*Feresa attenuata*	*Fa*		
12	*Kogia sima*	*Ks*		
13	*Kogia breviceps*	*Kb*		
14	*Lagenodelphis hosei*	*Lh*		
15	*Globicephala macrorhynchus*	*Gm*		
16	*Pseudorca crassidens*	*Pc*		
Genre	*Mesoplodon spp.*	*Meso NI*		
Famille	*Ziphiidae*	*Zii*		
Famille	*Delphinidae*	*Delph NI*		
Ordre	*Cetacea*	*NI*		

Figure 28. Géolocalisation des observations visuelles et acoustiques en *TB/TL* (Guadeloupe).

Par ailleurs, 27 observations ont été générées du 7 au 11 mars 2011 par la méthode des transects de ligne à Saint-Martin et à Saint Barthélémy. Elles se répartissent en 17 observations acoustiques et 10 visuelles (Fig.29).

LÉGENDE

N° *sp.*	Nom scientifique	Code	*n*	*na*
1	*Megaptera novaeangliae*	*Mn*		
2	*Physeter macrocephalus*	*Pm*		
3	*Tursiops truncatus*	*Tt*		

Figure 29. Géolocalisation des observations visuelles et acoustiques en *TB/TL* sur le Nord des Petits Antilles françaises.

1.2. Observations focalisées géographiquement

Le bilan des méthodes focales regroupées permet de comptabiliser au total 90 observations visuelles, 39 acoustiques et 89 relevés abiotiques.

1.2.1. Observations par la méthode *OR*

Sur les 65 relevés des efforts de recherche focale, 4 n'ont pas généré d'observations. La première approche « OR » a permis de renseigner 55 observations visuelles et 24 écoutes acoustiques positives réparties entre le 2 décembre 2008 (point d'observation à terre) et le 28 mai 2011. Les observations ont été renseignées selon le pas temporel réalisable avec les plateformes, fixé au départ aléatoirement à une sortie par semaine durant quelques mois.

Hormis deux points d'observations à terre en décembre (2008 et 2009), 17 observations visuelles et 9 acoustiques ont été effectuées durant trois mois consécutifs en saison sèche 2009 (moyenne de 5 relevés/mois). Avec une moyenne de 3,50 relevés pour deux mois consécutifs, l'effort par cette méthode en saison humide 2009 a permis de renseigner 11 observations visuelles et 3 observations acoustiques.

En 2010, 29 observations ont été acquises grâce à 3,67 relevés sur 3 mois consécutifs, puis 6 visuelles et 3 acoustiques en saison sèche 2011, à un pas alors espacé tous les deux mois, soit une moyenne de 1,6 relevés en janvier, en mars et en mai.

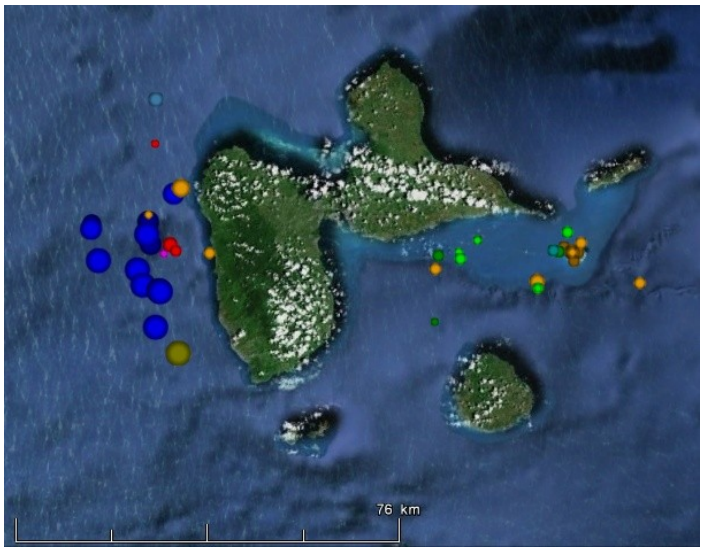
L'ensemble de ces informations est résumé dans le tableau 13.

Tableau 13. Nombre d'observations par la méthode *OR*

GUADELOUPE	Efforts	Observations		Notations Facteurs abiotiques								
Temps /méthodes	*OR*	Toutes espèces		Toutes espèces						Baleines à bosse		
Années (saisons)	R	(n)	(na)	Lat	Long	DC	D200	D1000	B	SST	Psu	C
2008 SS	1	1	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2009 SS	15	17	9	17	17	17	17	17	17	4	4	4
2009 SH	8	11	3	11	11	11	11	11	11	0	0	0
2010 SS	11	20	9	20	20	20	20	20	20	7	7	7
2011 SS	5	6	3	6	6	6	6	6	6	1	1	1
Total *OR*	40	55	24	54	54	54	54	54	54	12	12	12

LÉGENDE
Saison sèche : SS, saison humide : SH. R : nombre de relevés. (n) : observation visuelle ou (na), acoustique. Lat : Latitude, Long : Longitude. Distance à la côte : DC. Distance Iso-200m : D200. Distance Iso-1000m : D1000. Bathymétrie : B, température de l'eau de surface : SST, salinité : Psu, courantologie : C. * : valeurs des facteurs non disponibles.

La Figure 30 indique la répartition de ces observations. Certaines sont géographiquement superposées (exemples : *Lagenodelphis hosei* et *Stenella attenuata* ou n et na pour *Physeter macrocephalus)*.



LÉGENDE

N° *sp.*	Nom scientifique	Code	*n*	*na*
1	*Megaptera novaeangliae*	*Mn*		
2	*Physeter macrocephalus*	*Pm*		
3	*Tursiops truncatus*	*Tt*		
4	*Stenella attenuata*	*Sa*		
5	*Lagenodelphis hosei*	*Lh*		
6	*Mesoplodon europeaus*	*Me*		
Genre	*Mesoplodon spp.*	*Meso NI*		
7	*Globicephala macrorhynchus*	*Gm*		
8	*Pseudorca crassidens*	*Pc*		

Figure 30. Géolocalisation des observations en *OR* (Guadeloupe).

1.2.2. Observations par la télémétrie *T*

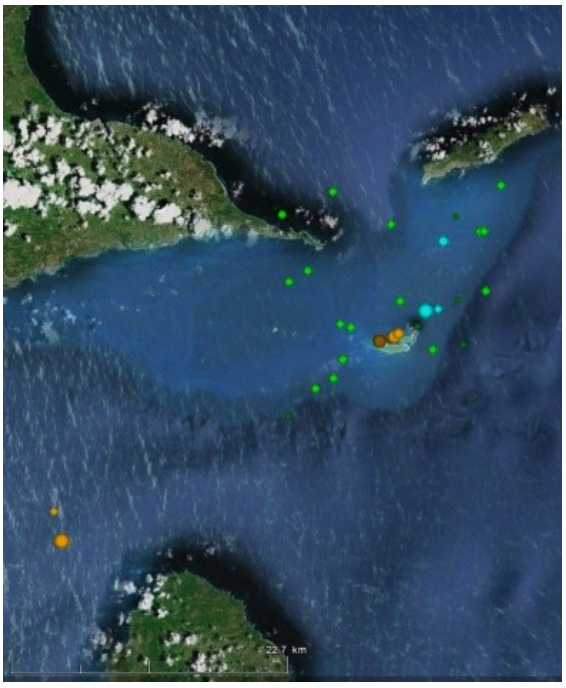
La méthode utilisée pour le marquage des baleines a permis en parallèle d'effectuer 17 relevés qui ont généré 30 observations. Les 17 occurrences visuelles relevées en 2010 sont collectées entre le 28 avril et le 10 mai, tandis qu'en 2011, 8 observations sont réalisées le 3, le 13 et le 14 avril. 5 observations acoustiques ont été réalisées le 29 avril, le 9 et le 10 mai en 2010 et le 3 avril en 2011. Le tableau 14 décrit la répartition de ces observations sur les deux saisons concernées ainsi que les variables abiotiques associées mesurées pour chaque observation.

Tableau 14. Nombre d'observations par la méthode *T*

GUADELOUPE	Efforts	Observations		Notations Facteurs abiotiques								
Temps /méthodes	*T*	Toutes espèces		Toutes espèces						Baleines à bosse		
Années (saisons)	R	(n)	(na)	Lat	Long	DC	D200	D1000	B	SST	Psu	C
SS 2010	12	17	3	17	17	17	17	17	17	11	11	11
SS 2011	5	8	2	8	8	8	8	8	8	5	5	5
Total *T*	17	25	5	25	25	25	25	25	25	16	16	16

LÉGENDE
Saison sèche : SS, saison humide : SH. R : nombre de relevés. (n) : observation visuelle ou (na), acoustique. Lat : Latitude, Long : Longitude. Distance à la côte : DC. Distance Iso-200m : D200. Distance Iso-1000m : D1000. Bathymétrie : B, température de l'eau de surface : SST, salinité : Psu, courantologie : C. * : valeurs des facteurs non disponibles.

La projection des géolocalisations (Fig.31) a été réalisée à une petite échelle (22,7 km), compte tenu de la concentration des observations pour cette recherche focalisée sur les stations Q11, Q12, 13 en 2010 et Q15 en sus en 2011. Certaines observations sont géographiquement superposées.



LÉGENDE

N° *sp.*	Nom scientifique	Code	*n*	*na*
1	*Megaptera novaeangliae*	*Mn*		
2	*Tursiops truncatus*	*Tt*		
3	*Steno bredanensis*	*Sb*		

Figure 31. Géolocalisation des observations visuelles et acoustiques en *T* (Pointe des chateaux, Désirade, Petite Terre et Marie-Galante).

1.2.3. Observations par la Route des Baleines *RB*

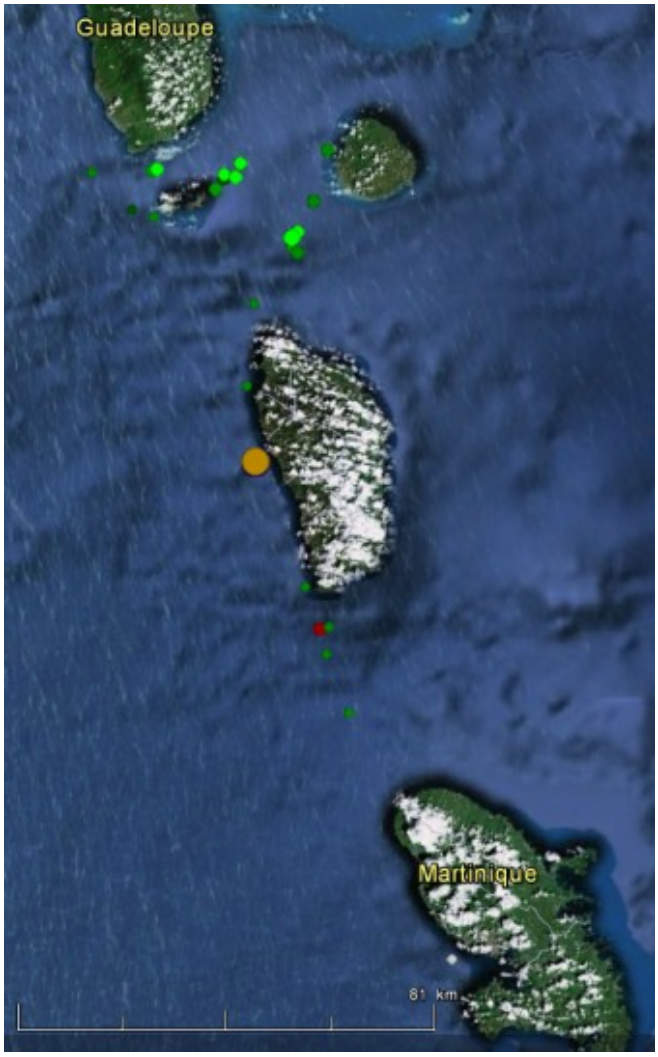
L'opération « Route des baleines », *RB*, a généré 30 observations au total sur les zones sud de la Guadeloupe, en Dominique et en Martinique (Fig. 32). 18 occurrences ont été renseignées dans la zone d'étude de l'archipel de Guadeloupe (Tab.15) avec des localisations plus étendues vers le sud. Ce jeu de données inclut 10 observations visuelles collectées les 10, 11 et 12 avril 2011 en Guadeloupe et 8 observations acoustiques.

Tableau 15. Nombre d'observations par la méthode *RB*

GUADELOUPE	Efforts	Observations		Notations Facteurs abiotiques								
Temps /méthodes	*RB*	Toutes espèces		Toutes espèces								Baleines à bosse
Années (saisons)	R	(n)	(na)	Lat	Long	DC	D200	D1000	B	SST	Psu	C
RB Guadeloupe	6	10	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10
RB eaux adjacentes	4	4	8	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Total *RB* 2011	10	14	16	10	10	10	10	10	10	10	10	10

LÉGENDE
Saison sèche : SS, saison humide : SH. R : nombre de relevés. (n) : observation visuelle ou (na), acoustique. Lat : Latitude, Long : Longitude. Distance à la côte : DC. Distance Iso-200m : D200. Distance Iso-1000m : D1000. Bathymétrie : B, température de l'eau de surface : SST, salinité : Psu, courantologie : C. * : valeurs des facteurs non disponibles.

Par ailleurs, entre le 12 et le 14 avril 2011, 12 observations réalisées en Dominique et en Martinique ont été ajoutées. Parmi ces rencontres, 8 ont été enregistrées acoustiquement et 4 visuellement. Certaines sont géographiquement superposées (exemples : *Lagenodelphis hosei* et *Peponocephala electra en Dominique* ou n et na pour *Megaptera novaeangliae)*.



LÉGENDE

N° *sp.*	Nom scientifique	Code	n	na
1	*Megaptera novaeangliae*	*Mn*		
2	*Physeter macrocephalus*	*Pm*		
3	*Lagenodelphis hosei*	*Lh*		
4	*Peponocephala electra*	*Pe*		
Delphinidae	*Delph NI*			

Figure 32. Géolocalisation des observations visuelles et acoustiques *RB* (Guadeloupe, Dominique, Martinique).

1.2.4. Observations du tourisme baleinier *OT*

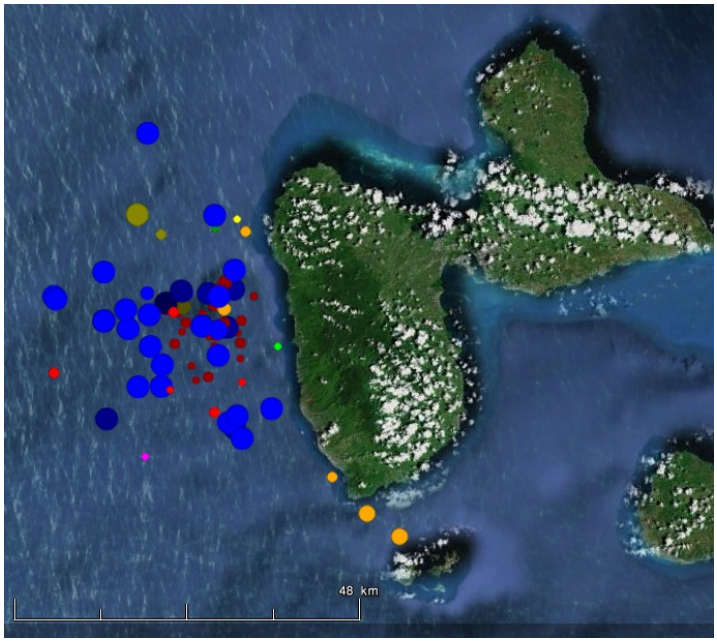
59 relevés ont généré 100 observations visuelles et 53 acoustiques à l'occasion de sorties d'observations touristiques. Ces occurrences ont été enregistrées entre le 4 juin 2009 et le 25 septembre 2011, avec une concentration d'environ 66% des observations visuelles sur 3 mois consécutifs : février (37 observations), mars (16) et avril 2010 (16). Cela confère un poids relatif à la saison sèche 2010 d'environ 76%, dans les données générées par cette approche.

Il s'agit en fait d'une période où les sorties touristiques ont été quasi-quotidiennes et de ce fait, les relevés transmis ont été augmentés. Le tableau 16 et la carte des observations associées (Fig.33) sont présentés en suivant.

Tableau 16. Nombre d'observations par la méthode *OT*

GUADELOUPE	Efforts	Observations		Notations Facteurs abiotiques								
Temps /méthodes	*OT*	Toutes espèces		Toutes espèces						Baleines à bosse		
Années (saisons)	R	(n)	(na)	Lat	Long	DC	D200	D1000	B	SST	Psu	C
2009 SS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*		
2009 SH	8	8	6	8	8	8	8	8	8	0	0	0
2010 SS	40	76	46	76	76	76	76	76	76	2	2	2
2010 SH	9	14	NR	14	14	14	14	14	14	0	0	0
2011 SH	1	1	NR	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Total OT	*59*	*100*	*53*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*2*	*2*	*2*

LÉGENDE
Saison sèche : SS, saison humide : SH. R : nombre de relevés. (n) : observation visuelle ou (na), acoustique. Lat : Latitude, Long : Longitude. Distance à la côte : DC. Distance Iso-200m : D200. Distance Iso-1000m : D1000. Bathymétrie : B, température de l'eau de surface : SST, salinité : Psu, courantologie : C. * : valeurs des facteurs non disponibles.



LÉGENDE

N° *sp.*	Nom scientifique	Code	n	na
1	*Megaptera novaeangliae*	*Mn*		
2	*Physeter macrocephalus*	*Pm*		
3	*Tursiops truncatus*	*Tt*		
4	*Stenella attenuata*	*Sa*		
5	*Peponocephala electra*	*Pe*		
6	*Ziphius cavirostris*	*Zc*		
7	*Feresa attenuata*	*Fa*		
8	*Lagenodelphis hosei*	*Lh*		
9	*Globicephala macrorhynchus*	*Gm*		

Figure 33. Représentation cartographique des observations visuelles et acoustiques en *OT*.

1.2.5. Observations des plateformes d'opportunité *OO*

Les 113 relevés opportunistes ont renseigné 129 observations visuelles et 1 acoustique réalisée en janvier 2006 lors d'une sortie de transect sous-marin pour des comptages de poissons. Les saisons 2008, 2009 et 2010 ont été particulièrement significatives en termes de nombre d'observations transmises, avec respectivement 34, 24 et 38 occurrences documentées.

Le tableau 17 donne le détail de la répartition des observations visuelles et acoustiques exploitées grâce aux plateformes d'opportunité.

Tableau 17. Nombre d'observations par la méthode *OO*

GUADELOUPE	Efforts	Observations	
Temps /méthodes	*OO*	Toutes espèces confondues	
Années (saisons)	R	n	na
SS 2000	1	1	0
SH 2002	1	1	0
SS 2004	4	5	0
SH 2004	1	1	0
SH 2005	1	1	0
SS 2006	6	6	1
SH 2006	3	3	0
SS 2007	2	2	0
SH 2007	3	3	0
SS 2008	17	22	0
SH 2008	10	12	0
SS 2009	21	23	0
SH 2009	1	1	0
SS 2010	30	35	0
SH 2010	3	3	0
SS 2011	8	10	0
SH 2011	1	1	0
Total *OO*	*113*	*129*	*1*

LÉGENDE
Saison sèche : SS, saison humide : SH, R : nombre de relevés. n : observation visuelle ou na, acoustique.

1.2.6. Observations par acoustique passive *GUA*

Concernant le système semi-permanent d'acoustique passive, sur 951 détections acquises par Gualiba entre le 25 et le 29 novembre 2010, 2 observations acoustiques ont été associées aux cétacés.

1.3. Caractéristiques des suivis visuels et acoustiques

1.3.1. Répartition saisonnière des observations visuelles et acoustiques

Le bilan de tous les relevés sur la description du peuplement dans son ensemble, inclut les relevés avant 2007, ceux ayant été développés pour l'étude et deux relevés anecdotiques en saison humide 2011.

Les variations (Δ en %) entre les efforts portés en saison humide et saison sèche en nombre de relevés, sont indiquées en suivant (Tab.18).

Tableau 18. Nombre d'observations par saison

Nature des relevés	SH	R	n	na	SS	R	n	na	Total relevés	Δ relevés SH/SS (%)
Relevés historiques	SH 2000	0	–	–	SS 2000	1	1	–	1	0,00
	SH 2002	1	1	–	–	0	–	–	1	-100,00
	SH 2004	1	1	–	SS 2004	4	5	–	5	300,00
	SH 2005	1	1	–	–	0	–	–	1	-100,00
	SH 2006	3	3	–	SS 2006	6	6	1	9	100,00
	s/s total	6	6	–	*s/s total*	11	12	1	17	83,33
Relevés de l'étude	SH 2007	5	12	–	SS 2007	8	23	–	13	60,00
	SH 2008	10	12	–	SS 2008	34	57	3	44	240,00
	SH 2009	30	26	15	SS 2009	53	85	16	83	76,67
	SH 2010	28	23	8	SS 2010	113	205	105	141	303,57
Relevés anedoctiques	SH 2011	2	2	–	SS 2011	25	55	54	27	1150,00
TOTAL	10 saisons	81	81	23	8 saisons	244	437	179	325	201,23

LÉGENDE
Saison sèche : SS, saison humide : SH. R : nombre de relevés. (n) : observation visuelle ou (na), acoustique.

La figure 34 représente pour chacune des saisons considérées, le nombre de relevés et d'observations visuelles et acoustiques (hors 17 relevés de données avant 2007, incluant n=18 et na =1).

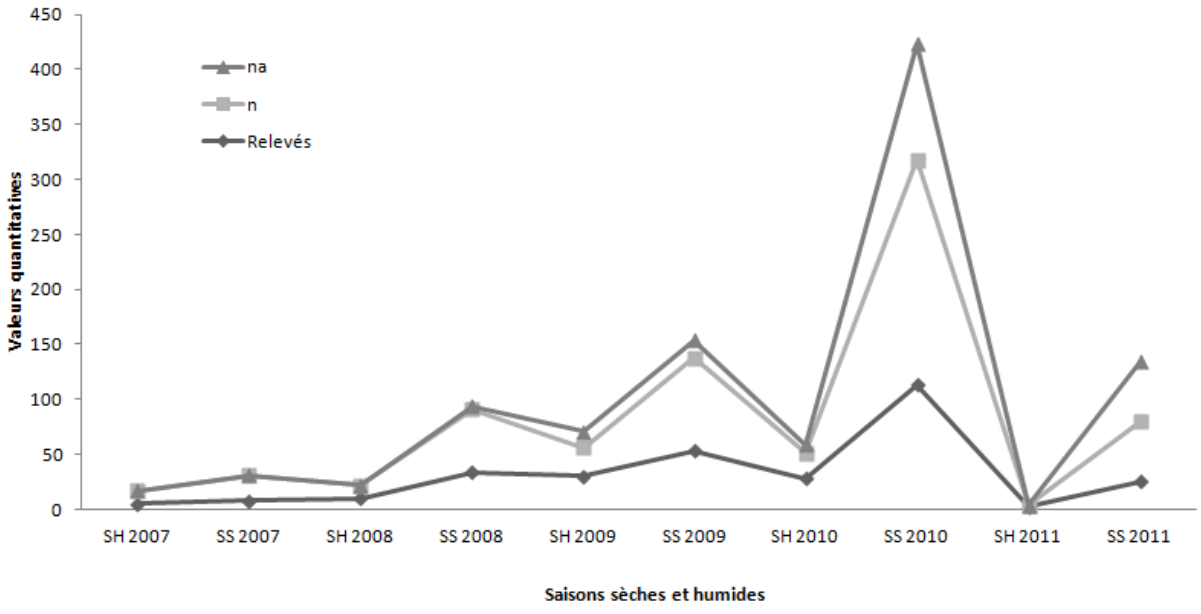


Figure 34. Répartition saisonnière des observations visuelles et acoustiques (2007-2011)

LÉGENDE
Saison sèche : SS, saison humide : SH. R : nombre de relevés. (n) : observation visuelle ou (na), acoustique.

Considérant uniquement les jeux de données liés à l'étude et les relevés anecdotiques, le coefficient de corrélation entre le nombre de relevés et le nombre d'observations associées est de 0,91 en saison humide et de 0,99 en saison sèche.

Cette forte corrélation saisonnière peut indiquer qu'en dépit d'un nombre de relevés moindre en saison humide, le nombre d'observations semble fortement corrélé à l'effort, ici présenté en nombre de relevés.

Par ailleurs, les relevés en saison sèche et ceux en saison humide (avant 2007 et sans les données anedoctiques de la saison humide 2011), paraissent liés (0,80 de coefficient de corrélation), tandis que les observations visuelles le sont, sur les mêmes périodes, à 0,47. Cela modère le fait que le nombre d'observations puisse être linéairement corrélé à l'effort. Il s'agit pour le moment d'envisager cet aspect sur la totalité des données collectées car la plupart des relevés incluent par ailleurs des données de nature opportuniste. Si la même analyse est menée selon les relevés issus de chaque méthode et que les observations y sont agrégées, les tendances de ces liens se modifient de la façon suivante :

- Le coefficient de corrélation entre le nombre de relevés effectués selon la méthode *TB* et *TL* et le nombre d'observations visuelles, est le plus faible, soit près de 0,19. Cela se justifie puisque la méthode de recherche est basée d'une part, sur une prospection aléatoire de l'archipel et d'autre part, qu'elle considère la non présence sous effort réalisé ;
- A l'inverse, les méthodes très focales (ex. télémétrie *T* ou relevés d'origine touristique, *OT*) présentent des coefficients de corrélation forts. Cela est justifié à ce stade (et pour une large partie) par la non prise en considération de l'absence dans les relevés ;
- Enfin, dans la méthode *OR*, où l'absence a été notée, le lien de corrélation fort est directement lié à la période choisie et les zones prospectées. Cela est induit par le choix d'une orientation de suivi de certaines populations.

1.3.2. Répartition des observations par secteurs géographiques

La distribution des observations visuelles peut être représentée par les secteurs géographiques découpés en 4 blocs, notés A pour la côte-sous-le-vent, B pour le secteur Sud, C pour la côte-au-vent et D, pour le nord. Au total, 270 observations ont été réalisées en côte-sous-le-vent, 132 en côte-au-vent, 84 au Sud et 32 au nord (Fig.35).

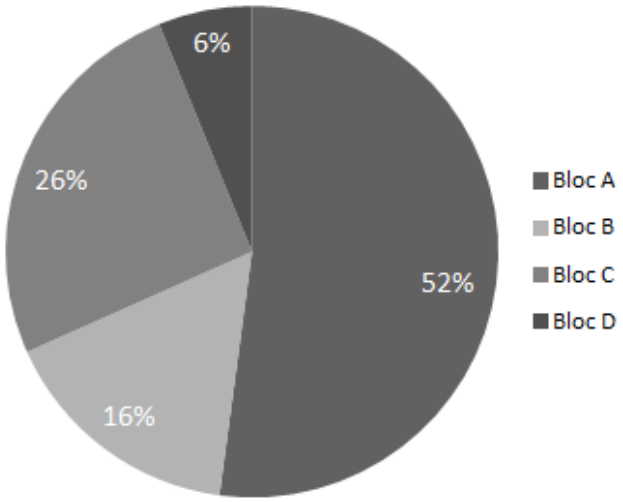


Figure 35. Répartition des observations visuelles par bloc géographique

1.3.3. Synthèse des observations visuelles et acoustiques utilisées pour le présent travail

La synthèse du nombre total d'observations dans l'archipel de Guadeloupe est de 720 réparties en 518 visuelles (n) et 202 acoustiques (na). Cela a permis de générer 389 valeurs pour chaque variable abiotique disponible sur l'ensemble des observations (latitude, longitude, distance à la côte, distance à l'isobathe 1000m et distance à l'isobathe 200m et bathymétrie). De plus, 113 variables supplémentaires (SST, Psu, C), sont associés à chaque occurrence de baleine à bosse. Afin d'appuyer certains résultats sur la répartition spatiale de certaines espèces, 39 autres observations ont été ajoutées dont 21 visuelles (n) pour Saint-Martin et la Dominique – Martinique et 18 acoustiques (na) pour ces iles adjacentes. D'un point de vue spatial, les observations visuelles et acoustiques uniquement géo référencées, soit 629 au total (en excluant les 130 données opportunistes), collectées ou analysées durant le présent travail, sont représentées dans Google Earth via le logiciel cartographique Excel to klm (Fig.36).

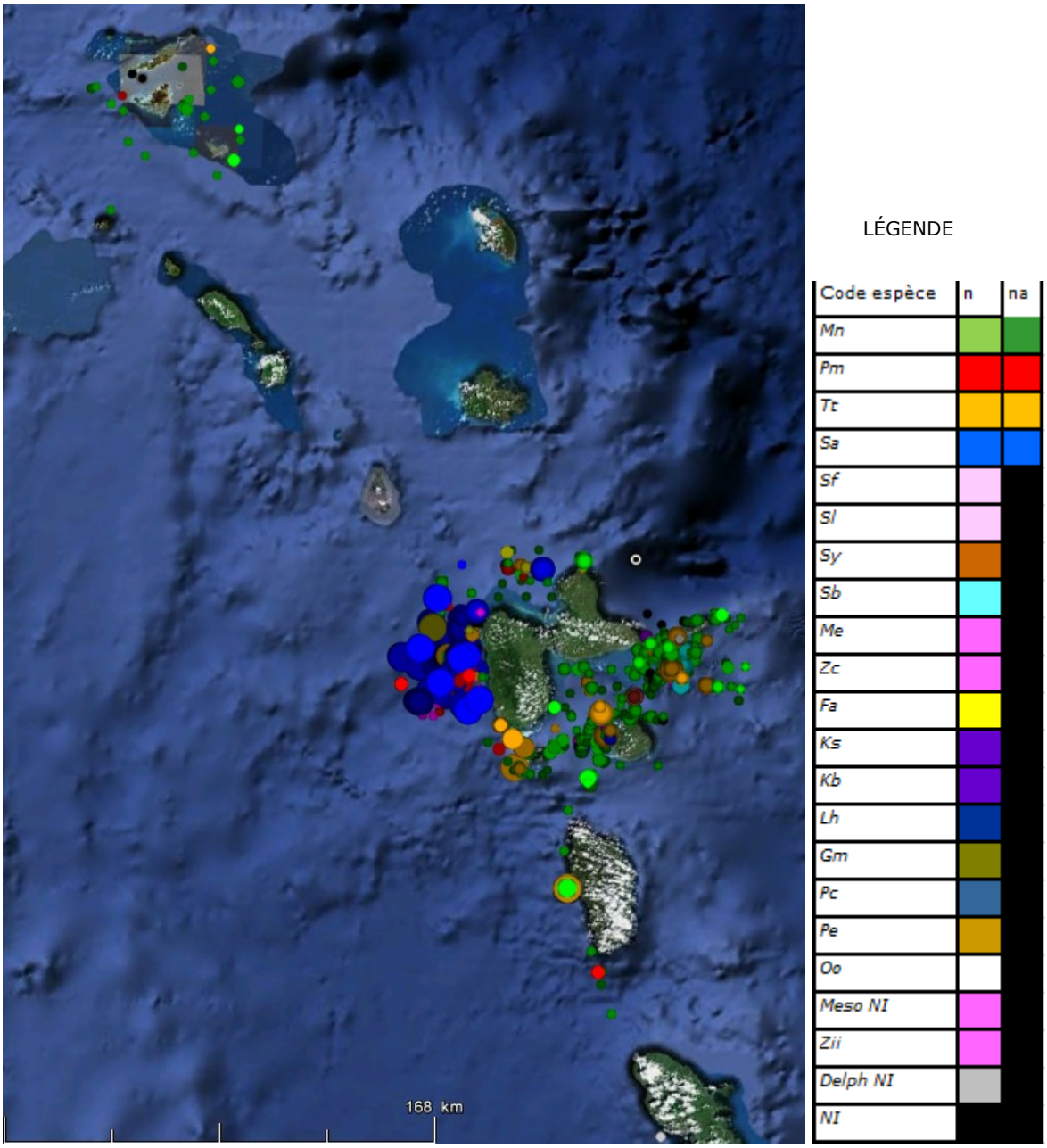


Figure 36. Représentation cartographique des observations visuelles et acoustiques réalisées dans cette étude pour l'ensemble du peuplement (2007-2011).

II. CARACTÉRISTIQUES DES POPULATIONS

Il s'agit ici de caractériser le peuplement de cétacés en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe à partir de descripteurs synthétiques associés à l'analyse de 720 observations, par suivis visuels et acoustiques. Elle permettra de positionner certains résultats sur le peuplement mammalogique marin recensé actuellement dans l'aire d'étude, dans un contexte géographique plus étendu, à savoir, les Petites Antilles françaises, et plus largement la Caraïbe.

L'essentiel des résultats concernant la description du peuplement est issu des observations visuelles. Le but ici est de présenter de façon documentée les résultats du recensement d'un point de vue taxonomique, puis de décrire certains descripteurs synthétiques des populations dans la zone d'étude échantillonnée. Cela inclut d'envisager une description d'une structure trophique.

Les résultats de cette section sont basés sur 518 observations visuelles associées à 319 relevés (325 moins 5 associés à Gualiba et 1 associé à une écoute positive en 2006) effectués dans l'archipel de Guadeloupe entre le 8 octobre 2000 et le 25 septembre 2011. 40 relevés n'ont pas été assortis d'observations de cétacés dans les méthodes traçant l'absence (OR et TB/TL).

Les 202 observations acoustiques sont exploitées pour compléter la description de la composition faunistique.

1. La richesse spécifique

Dans le clade des Cetartiodactyla, 17 espèces distinctes ont été documentées en zone côtière (Tab.19).

Cet inventaire a ainsi permis de démontrer la présence d'une espèce de mysticète et de 16 taxa du sous-ordre des odontocètes. Le peuplement discriminé à l'intérieur des 12 MN du trait de côte, se répartit ainsi en 14 genres et 4 familles, si l'on se réfère au choix de la classification retenue.

Compte tenu de la difficulté d'associer systématiquement certaines émissions sonores à une espèce spécifique, cet inventaire taxonomique se base principalement sur des observations visuelles. Les écoutes acoustiques positives ont été ajoutées uniquement pour compléter la présence d'espèces considérées reconnaissables.

Tableau 19. Répartition de la richesse spécifique par groupes taxonomiques en Guadeloupe

SOUS ORDRE	FAMILLE	GENRE	NOM SCIENTIFIQUE	NOM VERNACULAIRE	CODE	Sp,
Mysticeti	*Balænopteridæ*	*Megaptera*	*Megaptera novæangliæ*	Baleine à bosse	*Mn*	■#
Odontoceti	*Physeteridæ*	*Physeter*	*Physeter macrocephalus*	Cachalot	*Pm*	■#
		Kogia	*Kogia sima*	Cachalot nain	*Ks*	■
	Ziphiidæ	*Ziphius*	*Ziphius cavirostris*	Baleine à bec de Cuvier	*Zc*	■
		Mesoplodon	*Mesoplodon europeaus*	Baleine à bec de Gervais	*Me*	■
	Delphinidæ	*Orcinus*	*Orcinus orca*	Orque	*Oo*	■#
		Feresa	*Feresa attenuata*	Orque pygmée	*Fa*	■
		Pseudorca	*Pseudorca crassidens*	Pseudorque	*Pc*	■#
		Globicephala	*Globicephala macrorhynchus*	Globicéphale tropical	*Gm*	■#
		Stenella	*Stenella attenuata*	Dauphin tacheté pantropical	*Sa*	■#
			Stenella frontalis	Dauphin tacheté de l'Atlantique	*Sf*	■
			Stenella longirostris	Dauphin à long bec	*Sl*	■
			Stenella Clymene	Dauphin de Clymene	*Sc*	■
		Tursiops	*Tursiops truncatus*	Grand Dauphin	*Tt*	■#
		Steno	*Steno bredanensis*	Steno rostré	*Sb*	■#
		Peponocephala	*Peponocephale electra*	Peponocéphale	*Pe*	■
		Lagenodelphis	*Lagenodelphis hosei*	Dauphin de Fraser	*Lh*	■

LÉGENDE
Sp. : espèce, ■ Observée visuellement #Observée acoustiquement. CODE: codification utilisée pour les initiales des noms latins des espèces.

Par ailleurs, cinq espèces ont été classées comme probables (Tab.20). D'une part, il peut s'agir d'espèces très bien documentées par des photographies mais non identifiables au rang de l'espèce, comme certains taxa confirmés sur leur appartenance explicite à la famille des baleines à bec (*Ziphiidés).* D'autre part, la confirmation avérée de l'espèce dépend de trois situations.

Premièrement, il peut s'agir d'espèces cryptiques ou jumelles, telles que celles appartenant au genre *Kogia spp.* . Deuxièmement, dans cette étude certaines observations ont été furtives. Troisièmement, certaines occurrences ont été renseignées par des tiers et non classées avec certitude dans notre processus au rang de l'espèce. Le choix, pour ces taxons, a été fait de suggérer un statut d'espèces probables à la clôture temporaire de cette revue pour l'archipel de Guadeloupe. Les espèces probables ne sont pas traitées au sens donc de l'espèce, mais dans le cas d'une discrimination certaine du genre où de la famille, à l'un ou l'autre de ces titres. Concernant les évaluations générales d'occurrences ou de taux de rencontre, cette approche permet de pondérer la réalité écologique de la présence de ces cétacés sur une aire, même s'il n'est pas admis de les considérer dans d'autres analyses, comme celle de la diversité inter ou intra lieu. Cela permet de souligner un statut régional de présence indépendemment de la difficulté à les discriminer, comme pour les baleines à bec.

Tableau 20. Espèces probables en Guadeloupe

SOUS-ORDRE	FAMILLE	GENRE	NOM SCIENTIFIQUE	NOM VERNACULAIRE	CODE.	Sp.
Mysticeti	*Balaenopteridæ*	*Balaenoptera*	*Balænoptera edeni*	Rorqual de Bryde	*Be*	□
Mysticeti	*Balaenopteridae*	*Balaenoptera*	*Balænoptera acutorostrata*	Rorqual à museau pointu	*Ba*	□
Odontoceti	*Ziphiidæ*	*Mesoplodon*	*Mesoplodon mirus*	Baleine à bec de True	*Mm*	□
Odontoceti	*Physeteridæ*	*Kogia*	*Kogia breviceps*	Cachalot pygmée	*Kb*	□
Odontoceti	*Ziphiidæ*	*Mesoplodon*	*Mesoplodon densirostris*	Baleine à bec de Blainville	*Md*	□

LÉGENDE
Sp. : espèce, □ CODE: codification utilisée pour les initiales des noms latins des espèces.

1.1. Caractéristiques de la richesse spécifique

1.1.1. Variation inter-relevé

La richesse spécifique a varié par relevé, avec un maximum de 6 espèces observées durant un relevé de transect de ligne le 16 avril 2009 en côte-sous-le-vent (Bloc A, quadrat 5) et plusieurs minima de 1 espèce. Au total, 200 relevés ont permis de recenser 1 espèce, 52 deux espèces, 11 ont été associés à trois espèces, ,21 à quatre espèces et 1 relevé a décrit six espèces. Deux observations ont été ôtées. Il s'agit de deux occurrences respectivement affectées à un cétacé et à un delphinidé non identifiés. On constate donc sur la figure 37 que seulement 0,36% des relevés ont permis l'observation simultanée de 6 espèces , tandis que 75% ont renseigné une seule espèce.

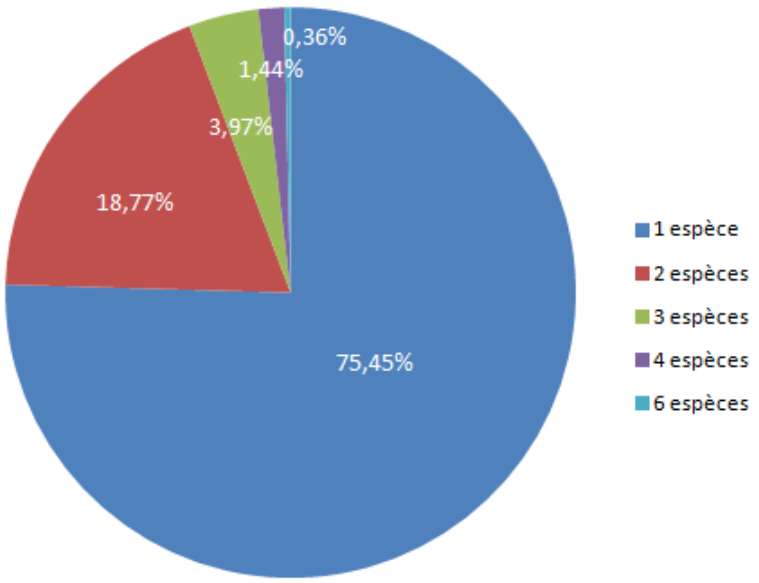


Figure 37. Proportion des relevés selon le nombre de taxons

LÉGENDE
319 relevés sont considérés dans cette étude. 285 sont strictement affectés à une espèce. 34 relevés sont otés de cette sectorisation. Il s'agit de : 11 relevés de Delphinidés NI, 18 relevés de Ziphiidés NI et de 5 relevés de cétacés NI.

1.1.2. Variation inter-saison

La courbe du nombre d'espèces cumulées indique qu'à partir de la saison sèche 2009, le nombre d'espèces découvertes se stabilise à 17 espèces (Fig.38).

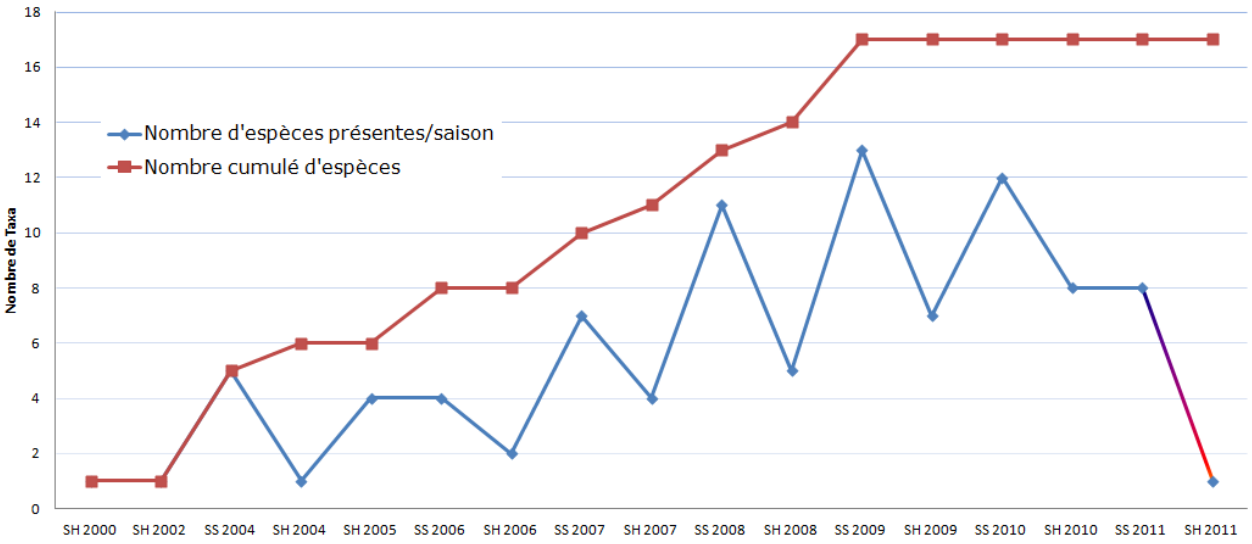


Figure 38. Nombre d'espèces avérées présentes dans l'archipel côtier de Guadeloupe (2000 à 2011).

LÉGENDE
SH : saison humide et SS : saison sèche.

94% des 17 espèces recensées, soit 16 taxa ont été observés en saison sèche, contre 57% de la richesse spécifique totale estimée, soit 10 espèces, en saison humide et 9, si les deux observations en décembre de baleines bosse ne sont pas considérées.

Sans tenir compte du nombre d'occurrences collectées, 9 espèces sont communes aux deux saisons:

1. Le grand dauphin (*T. truncatus*) ;
2. Le dauphin tacheté pantropical (*S. attenuata*) ;
3. Le sténo (*S. bredanensis*) ;
4. Le cachalot (*P. macrocephalus*) ;
5. Le dauphin de Fraser (*L. hosei*) ;
6. L'orque pygmée (*F. attenuata*) ;
7. Le cachalot nain (*K. sima*) ;
8. Le dauphin tacheté de l'Atlantique (*S. frontalis*) ;
9. Le globicéphale tropical (*G. macrorhynchus*).

Nonobstant la baleine à bosse (*M. novaeangliae),* espèce migratrice dont la présence est massivement indiquée en saison sèche (sauf 2 occurrences notées en décembre 2008 et décembre 2009), les 6 espèces observées uniquement durant la saison sèche, sont :

1. Le pseudorque (*P. crassidens*) ;
2. Le péponocéphale (*P. electra*) ;
3. La baleine à bec de Cuvier (*Z. cavirostris*) ;
4. La baleine à bec de Gervais (*M. europeaus*) ;
5. Le dauphin à long bec (*S. longirostris*) ;
6. Le dauphin de Clymène (*S. clymene*).

Enfin, une dernière espèce a été observée uniquement en saison humide, il s'agit de l'orque (*O. orca*).

1.1.3. Variation en fonction de l'effort

Il est utile de rappeler que les efforts de recherches portés en ce sens ne sont issus de méthodes scientifiques avec répliquas qu'à compter de 2007. Cela peut expliquer le fait que peu d'espèces sont décrites présentes avant cette période, en dehors des données opportunistes historiques. Par ailleurs, l'observation de la saison humide 2011 doit être considérée uniquement comme une indication qualitative car les autres données de cette saison n'ont pas été intégrées dans ces analyses. Les méthodes focalisées sur certaines aires, telles que *OR* ou *OT* ont permis de déterminer de 8 à 9 espèces. Les méthodes très ciblées sur une espèce particulière (*T* ou *RB* – Route des Baleines) ou stationnaire (*GUA*) ont généré de 1 à 3 espèces. Ce sont les méthodes des transects de ligne et de bande qui ont décrit le plus grands nombre de taxons, suivies des observations opportunistes de 2000 à 2011 soit 94% du recensement des espèces avérées.

Un diagramme permet de visualiser la répartition des espèces recensées pour chaque méthode (Fig.39).

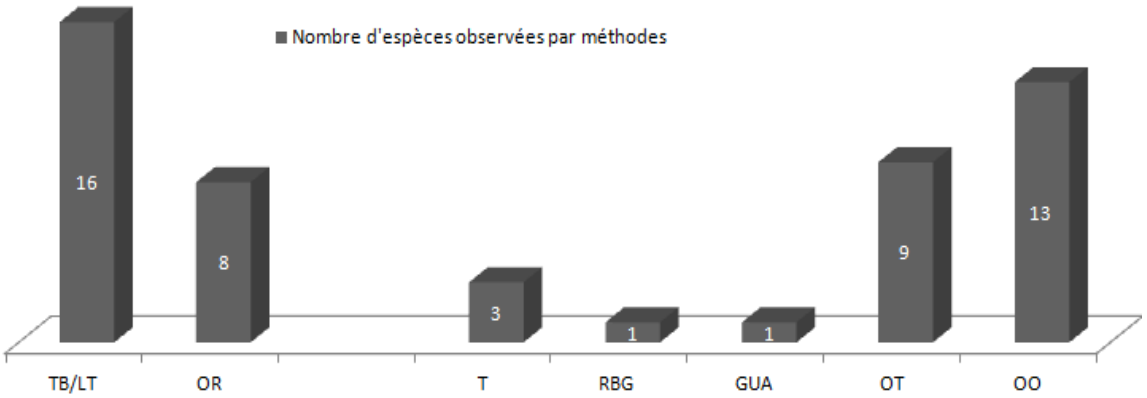


Figure 39. Nombre d'espèces recensées par méthode.

LÉGENDE
TB/TL : transect de bande/transect de ligne. *OR* : observations de recherches. *T* : télémétrie. *RBG* : Route des baleines pour la partie Guadeloupe. *GUA* : observations durant Gualiba. *OT* : observations touristiques. *OO* : Observations opportunistes.

En considérant les efforts consacrés à la méthode ayant généré le plus de découvertes d'espèces sur la totalité de l'espace considéré, il est possible d'observer une tendance sur le nombre d'espèces rencontrées à partir des efforts totaux cumulés dans le temps (Tab.21).

Tableau 21. Nombre d'espèces rencontrées par efforts saisonniers cumulés (*LT/TB*)

Saisons *LT/TB*	Relevés	Tm (h)	Richesse
SS 07	6	37,8	6
SH 07	2	50,4	8
SS 08	16	151,2	11
SS 09	16	252	15
SH 09	13	333,9	15
SS10	9	390,6	15
SH 10	11	459,9	15
SS 11	12	535,5	16

LÉGENDE
SH : saison humide et SS : saison sèche. R: Nombre de relevés cumulés par saison. Tm (h) : durée moyenne cumulée des relevés saisonniers. Richesse : nombre total d'espèces cumulées.

La représentation graphique associée permet de visualiser la courbe de rencontre des espèces (Fig.40).

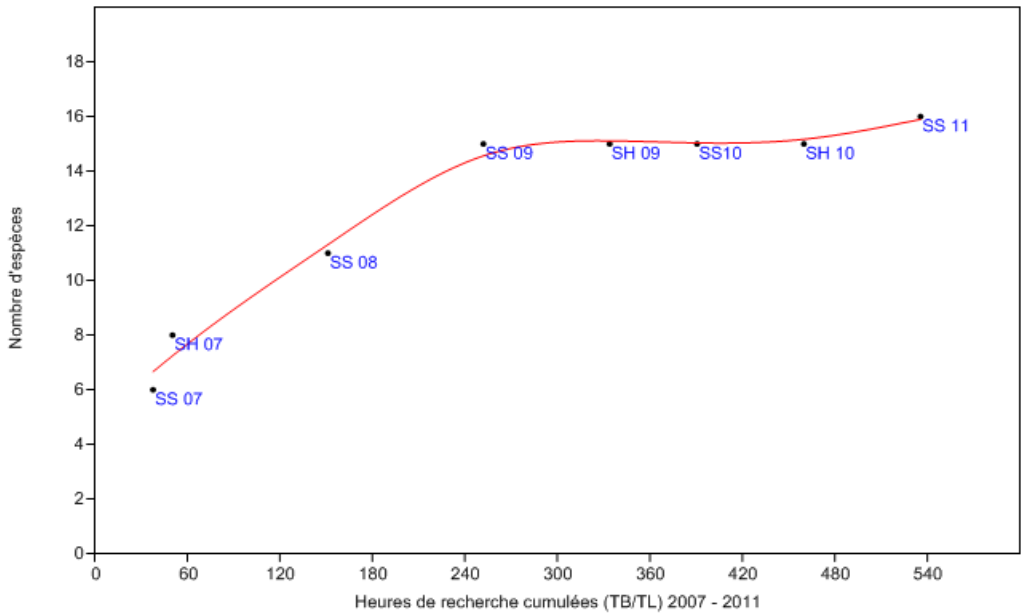


Figure 40. Courbe de rencontres des espèces selon les efforts *TB/TL* (lissage de Spline)

LÉGENDE
SH : saison humide et SS : saison sèche. Les numéros associés sont une contraction de l'année de référence (ex. 07 pour 2007).

Selon l'analyse de régression (Fig.41), la fonction logistique de Verhulst indique un paramètre plafond (*b*) - « seuil théorique des espèces à rencontrer en fonction de l'effort » avec un indice de confiance à 95%. Selon cette analyse de régression, le seuil des espèces à découvrir se place entre [16±2,13; 16±4,88], soit entre 18 et 21 espèces.

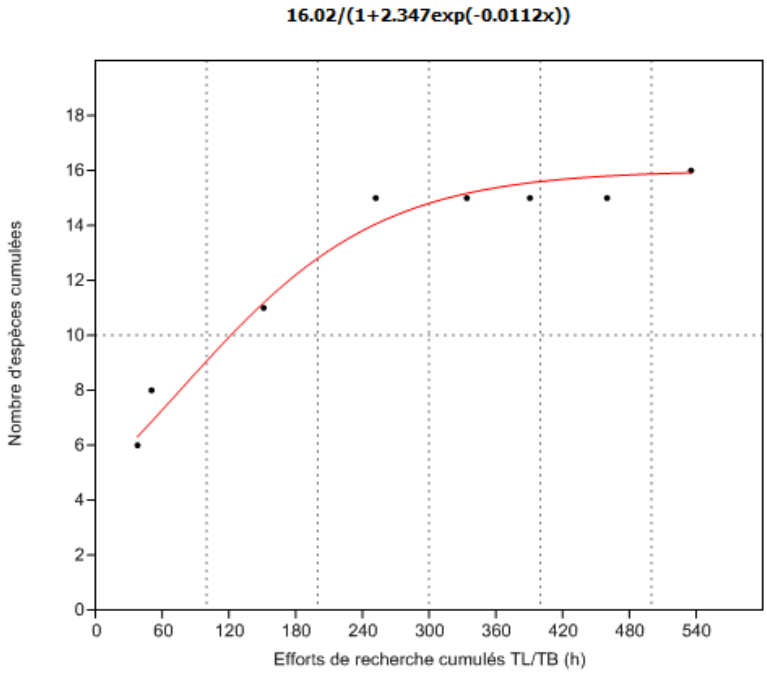


Figure 41. Ajustement des taxons rencontrés selon de l'effort dans le temps (fonction logistique)

Actuellement, 17 espèces ont été rencontrées en 4 ans, sachant que la dix-septième (l'orque) n'a pas été contactée en transect de ligne, mais durant une observation touristique (2010) et opportuniste (2006). Ainsi, si les espèces rencontrées devraient augmenter nécessairement avec l'effort (ici, environ 800 heures d'efforts cumulés pour atteindre le seuil de 21 espèces dans la fonction logistique), il est important de souligner que ces courbes sont uniquement tendancielles. Si le seuil tend vers 21 espèces, cela signifie par extrapolation qu'il en resterait au moins 4 à rencontrer. Considérant les espèces classées probables on peut faire l'hypothèse que parmi les odontocètes, les baleines à bec pourraient représenter une part non négligeable, compte tenu du nombre d'observations non identifiées sur cette famille.

2. La composition faunistique

L'étude de la composition faunistique a été analysée selon 2 descripteurs.

Le premier concerne la fréquence de l'espèce dans l'archipel, en fonction du groupe taxonomique, de la saison ou du secteur géographique. Elle est appréciée par le taux d'occurrence. Une occurrence est notée dès que l'espèce est observée durant un relevé. Les relevés indiquant une appartenance à un genre ou une familleont été indiqués afin de considérer le poids des cétacés non identifiés. Pour le peuplement de cétacés en Guadeloupe, un taux d'occurrence des familles, genres et espèces a ainsi été calculé sur la totalité des domaines spatio-temporels.

Le second est une fréquence par proportion, c'est-à-dire un poids relatif. Dans ce cas, il est interprété pour donner un ordre de grandeur des espèces les plus observées. Ce descripteur est également décliné par saison, par groupe taxonomique ou par aire. Il a paru intéressant de comparer ces poids relatifs pour le suivi visuel et acoustique afin de vérifier si les espèces les plus observées sont également les plus « entendues ».

Par ailleurs, compte tenu que certaines méthodes sont uniquement basées sur la présence, le poids relatif d'une espèce est rapporté au total des observations de la strate (temps ou espace) considérée. Ainsi, il s'agit de proposer des tendances préliminaires sur la composition du peuplement, décrite par le taux d'occurrence et le poids relatif des observations documentées acquises.

2.1. Structure générale de l'ensemble du peuplement

Chez *Mysticeti* (Flower, 1864), seulement une famille est représentée dans cette étude avec certitude. Il s'agit de *Balaenopteridae* avec la présence avérée d'un genre incluant une seule espèce : *M. novæangliae*. Dans le sous-ordre des *Odontoceti*, (Flower, 1867), 16 espèces liées à 13 genres différents et trois familles (*Delphinidæ, Ziphiidæ et Physeteridæ*) ont été renseignées de façon disparate en relation avec le nombre d'observations obtenues pour chaque espèce et leurs caractères biologiques ou écologiques associés. Au total, entre le 8 octobre 2000 et le 25 septembre 2011, 319 relevés considérés dans cette partie ont permis de réaliser 396 occurrences et 518 observations visuelles. Dans ce suivi, 81 occurrences ont été enregistrées pour *Mysticeti* au cours de 152 observations visuelles. 310 occurrences sont relatives à *Odontonceti* avec 359 observations visuelles, toutes méthodes, aires et périodes confondues. A l'intérieur du sous-ordre chez *Odontoceti*, les observations de delphinidés NI (soit uniquement associés à la famille *Delphinidæ*) et celles des baleines à bec (soit la famille des *Ziphiidæ)* sont incluses.

Seules sont isolées 5 occurrences de cétacés NI. Ici, il s'agit de pondérer les résultats des relevés ayant proposé un statut «non identifié», correspondant à 7 observations visuelles. Elles sont donc difficilement affectables à un sous-ordre en particulier. Les valeurs du taux d'occurrence de l'espèce et du poids relatif des observations qui y sont associées sont regroupées pour les 2 sous-ordres et les 4 familles. Sur la base de 319 relevés étudiés, les cétacés à dents ont été notés dans 78,28% des cas avec espèce vue, suivis des cétacés à fanons dans 20,45% des relevés. Ce sous-ordre, représenté par une seule espèce confirmée (*M. novaeangliae*), représente 29,34% des observations visuelles. 69,31% du total des groupes observés dans le peuplement est constitué de cétacés à dents (Tab.22).

Tableau 22. Occurrence des mysticètes et odontocètes dans l'archipel de Guadeloupe

Sous-ordre	*O*	*O* (%)	n	*PR* (%)
*Odontoceti**	310,00	78,28	359,00	69,31
Mysticeti	81	20,45	152,00	29,34
Cétacés NI	5	1,26	7,00	1,35
Total	396,00	Base : 319 relevés	518,00	100,00

LÉGENDE
O : occurrence ou nombre de relevés avec présence de l'espèce dans le sous-ordre. *O* (%) est le taux d'occurrence. (n) est le nombre d'observations visuelles collectées. *PR* (%) : poids relatif calculé sur la catégorie présentée. *indique qu'ici les delphinidés NI (11 occurrences) et ziphiidés NI (18 occurrences) sont inclus dans le comptage.

Parmi ces sous-ordres, et sur la totalité de la période considérée, la famille des delphinidés est la plus représentée en taux d'occurrence (57,07%) ainsi qu'en nombre d'observations (n=245, soit 47,3%). Ces proportions intègrent toutes les espèces de dauphins recensées ainsi que les delphinidés non identifiés, totalisant 11 occurrences et 13 observations.

Les Physétéridés représentent 15,6% des occurrences et 17,6% dans le poids relatif des groupes observés (n) avec 91 observations visuelles. Environ 4,4% des observations sont attribuées aux Ziphiidés (n=23), considérant dans cette famille les observations du genre *Mesoplodon* ou de la famille des baleines à bec non identifiées (Meso NI et Zii Ni), ce qui représente environ 82% des observations pour cette famille. Le taux d'occurrence est relativement significatif pour ce dernier groupe taxonomique composé d'espèces considérées encore assez peu documentées dans le monde, puisqu'*a minima*, la famille ou le genre sont vus dans 5,5 % des occurrences. Les cétacés totalement inconnus et non classables sont demeurés en cétacés NI, avec 1,2% des occurrences pour cette « catégorie » et 1,3% de l'ensemble des observations visuelles sur le peuplement étudié (Tab.23).

Tableau 23. Occurrence des familles dans l'archipel de Guadeloupe

Familles	*O*	*O* (%)	n	*PR* (%)
Delphinidés	215	54,29	232	44,79
Delphinidés NI	11	2,78	13	2,51
Physétéridés	62	15,66	91	17,57
Ziphiidés	4	1,01	4	0,77
Ziphiidés NI	18	4,55	19	3,67
Balaenopteridés	81	20,45	152	29,34
Cétacés NI	5	1,26	7	1,35
Total	396	Base : 319 relevés	518	100

LÉGENDE
O : occurrence ou nombre de relevés avec présence de l'espèce dans le sous-ordre. *O* (%) est le taux d'occurrence. (n) est le nombre d'observations visuelles collectées. *PR* (%) : poids relatif calculé sur la catégorie présentée.

Le taux d'occurrence des cétacés à dents est donc le plus élévé. Parmi eux, il est possible d'indiquer qu'une espèce de dauphin *a minima* est observée dans plus de 78% des sorties en mer (relevés), soit 57,07 % des occurrences (Fig.42).

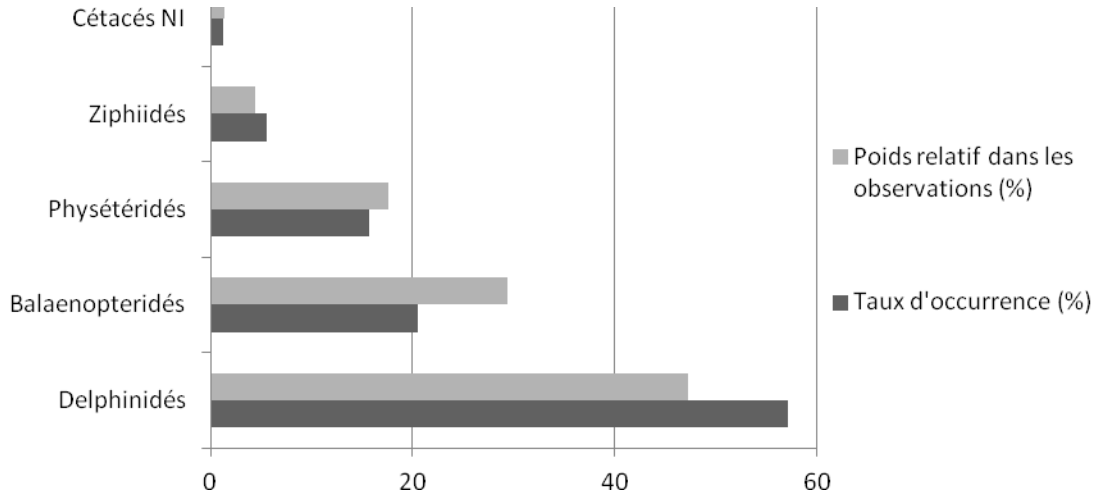


Figure 42. Taux d'occurrence des familles de cétacés en Guadeloupe

LÉGENDE
Les taux d'occurrence incluent les delphinidés NI (11 occurrences) et ziphiidés NI (18 occurrences).

Les cétacés à dents sont ainsi les groupes les plus fréquents, mais également les plus observés si l'on considère leur poids relatif. Parmi ce sous-ordre, les dauphins sont également les plus observés avec 47,30% (Fig.43).

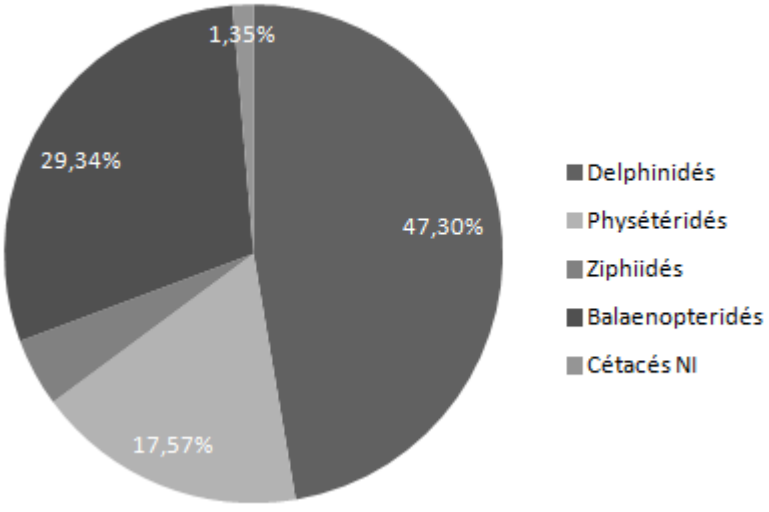


Figure 43. Poids relatif des observations des familles de cétacés par suivi visuel

2.1.1. Répartition saisonnière des observations de cétacés

La saisonnalité nuance le paysage faunistique car la seule espèce strictement discriminée chez *Balaenopteridae* n'est représentée qu'en fin de saison humide dans des proportions relativement faible (n=2), comparativement à sa présence en saison sèche (n=150).

Certaines espèces, telles que les baleines à bec de Cuvier et de Gervais, le péponocéphale, le pseudorque, le dauphin à long bec ainsi que le dauphin de Clymène, n'ont été observées dans cette étude qu'en saison sèche. A l'opposé, l'orque n'a été observée qu'en saison humide. Cela implique que l'équilibre entre les familles est significativement distinct entre les deux saisons, sur la zone d'étude considérée (Tab.24).

Tableau 24. Poids relatif des familles de cétacés dans l'archipel de Guadeloupe (par suivi visuel)

Saisons sèches					
Sous-ordre	n	*PR* (%)	Familles*	n	*PR* (%)
Odontoceti*	275	64,25	Delphinidés	176	41,12
			Physétéridés	79	18,46
			Ziphiidés	20	4,67
Mysticeti	150	35,05	Balænopteridés	150	35,05
Cétacés NI	3	0,7	Cétacés NI	3	0,7
Total SS	428	100	Total	428	100
Saisons humides					
Sous-ordre	n	(%)	Familles*	n	(%)
Odontoceti*	84	93,33	Delphinidés	69	76,67
			Physétéridés	12	13,33
			Ziphiidés	3	3,33
Mysticeti	2	2,22	Balænopteridés	2	2,22
Cétacés NI	4	4,44	Cétacés NI	4	4,44
Total SH	90	100	Total	90	100

LÉGENDE
Nombre d'observations collectées : (n). *PR* (%) : poids relatif calculé sur la catégorie présentée. * indique qu'ici les delphinidés NI (13 observations) et ziphiidés NI (19 observations) sont inclus dans le comptage.

La répartition en saison sèche met en évidence la prévalence de l'observation des delphinidés dans l'archipel, suivis des balaénoptéridés, puis dans une moindre mesure des physétéridés. Durant les saisons humides, les delphinidés se détachent plus distinctement du reste des autres familles avec près de 77% des observations réalisées. Les observations relatives de baleines à bec et de physétéridés sont maintenues respectivement à 71% et 72% entre les deux saisons.

Le poids relatif saisonnier uniquement entre les différents odontocètes (incluant les delphinidés NI et les Ziphiidés NI), les delphinidés restent largement dominants avec un poids relatif de 78,41% en saison humide et de 66,94% en saison sèche. Ces tendances restent relatives à l'analyse des valeurs issues des observations totales, en dépit des variabilités d'efforts d'échantillonnage tels que présentés dans le temps et des variations spatiales de ces derniers. Elles doivent être de plus corrigées des cétacés NI qui dans la comparaison entre les cétacés à dents, sont plus observés en saison humide de l'ordre de 4,55% et de façon plus négligeable, de 1,91% en saison sèche.

Si l'on s'intéresse à la représentation sous forme de diagramme des observations visuelles, on constate que les saisons sèches, sans distinction finedes mois de référence, sont hautement productives en termes d'observations comparativement à la saison humide. Face à cette dichotomie inter saisonnière marquée, il paraît utile de rappeler que le nombre d'observations totales intersaisons et le nombre de relevés les ayant générées sont parfaitement corrélés à un coefficient partiel proche de 1.

Les deltas (Δ) respectifs inter-saisonniers sont sensiblement identiques de respectivement +81.4% pour les relevés et +78,9% pour les observations entre les saisons humides et les saisons sèches. Ces valeurs relatives permettent de proposer la mise en parallèle des résultats, *a minima*, dans l'approche du peuplement, moyennant les réserves émises précédemment sur la notion de causalité. Les valeurs quantitatives des observations ont été conservées en nombre entier pour la représentation saisonnière de la répartition des familles en fonction du bilan temporel des saisons de référence. Le diagramme qui suit décrit cette répartition (Fig.44).

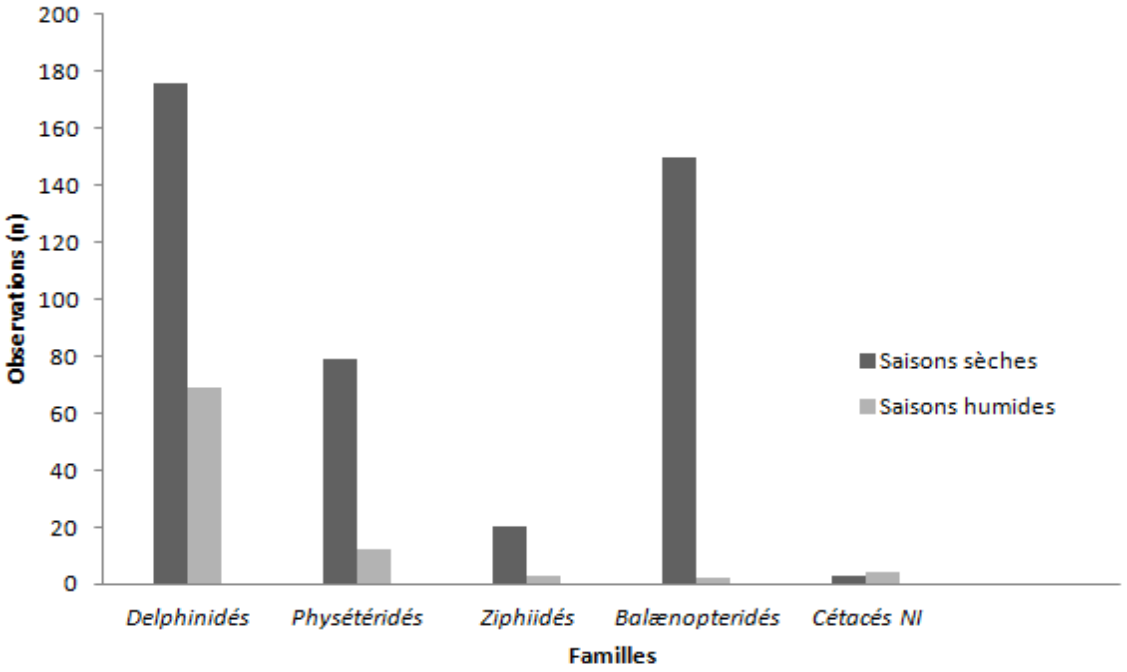


Figure 44. Répartition saisonnière des familles de cétacés (suivi visuel)

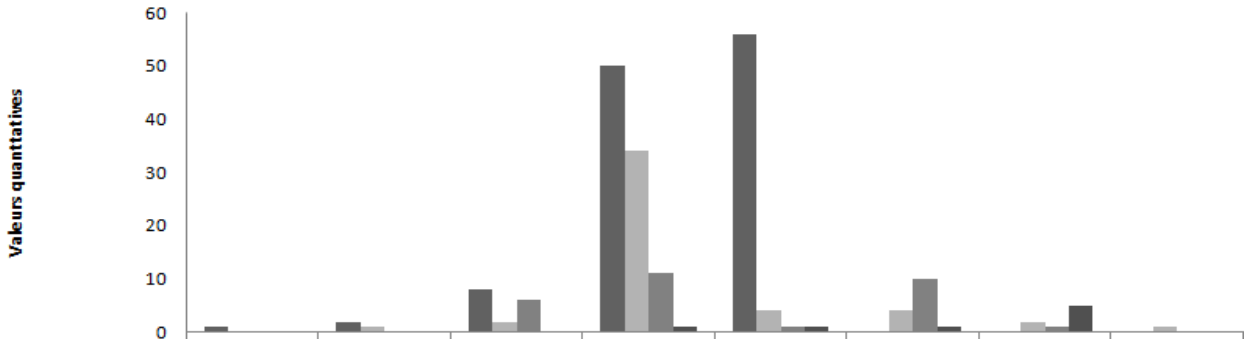
Pour le suivi acoustique, le tableau 25 souligne des poids relatifs très éloquents pour les espèces considérées communes, soit aisées à discriminer arbitrairement, à l'oreille humaine. Il s'agit ainsi parmi l'ensemble du peuplement, d'une dominance très large des observations acoustiques de type séquences de chants émises par le mâle chez la baleine à bosse, suivie des clics de cachalots. Dans une moindre mesure, les delphinidés (sifflements essentiellement) sont représentés. Pour ce classement, une donnée acoustique de 2006 (*M. novaeangliae*) ainsi que les 2 observations associée à delphinidés et physétéridés *(GUA)* ont été ajoutées.

Tableau 25. Poids relatifs des mysticètes et odontocètes par suivi acoustique

Sous-ordre	na	*PR* (%)	Familles*	na	*PR (%)*
Odontoceti	77	38,12	Delphinidés	29	14,36
			Physétéridés	48	23,76
Mysticeti	117	57,92	Balænopteridés	117	57,92
Cétacés NI	8	3,96	Cétacés NI	8	3,96
Total	202	100	*Total*	202	100,00

LÉGENDE
Nombre d'observations acoustiques : na. *PR* en % exprime un poids relatif de la catégorie taxonomique et est calculé à partir de la catégorie présentée. * indique qu'ici les delphinidés NI sont inclus.

Il faut considérer ces émissions sonores en terme présence saisonnière, plutôt que de complément taxonomique. Ainsi, l'examen partiel des émissions par saison, et sous les réserves émises dans la sur la disponibilité du matériel d'acquisition, suggère que les valeurs obtenues par cette méthode sont étroitement liées aux caractéristiques acoustiques (nature de l'émission sonore et variété de sons) de l'espèce reconnue (Fig.45). En revanche, cette méthode complémentaire semble exclure ou minimiser d'autres espèces, qui sont observées également en ces saisons dans les résultats visuels.



	SS 06	SS 08	SS 09	SS 10	SS 11	SH 09	SH 10	SH 11
Balænopteridés	1	2	8	50	56	0	0	0
Physétéridés	0	1	2	34	4	4	2	1
Delphinidés	0	0	6	11	1	10	1	0
Cétacés NI	0	0	0	1	1	1	5	0

Figure 45 Répartition saisonnière par suivi acoustique des familles de cétacés

LÉGENDE

Valeurs quantitatives : na, soit le nombre d'observations acoustiques. SS : Saison sèche. SH : Saison humide.

Les espèces remarquables (et remarquées) par leurs émissions sonores (cachalot et baleine à bosse mâle) sont systématiquement détectées, à l'inverse des autres. La variabilité de l'effort acoustique, mais également les lieux prospectés pondèrent ce résultat. Dans la mesure où il n'a pas été possible d'obtenir le nombre exact d'essais acoustiques issus des méthodes *OT* (na=53) et *OO* (na =1) et que de même, le nombre d'écoutes ont été mesurées avec une trop grande imprécision durant *T*, la route des baleines et *OR*, l'examen de la corrélation entre le nombre d'essais acoustiques réalisés et les observations sonores a été basé uniquement sur les observations issues des méthodes *TL*. Cette méthode a considéré l'ensemble de l'archipel, ce qui rend le test envisageable. Rappelons que les écoutes acoustiques issues de cette méthode ont été systématisées à partir de 2009 avec 2 hydrophones avec un pas régularisé à un essai tous les 2 milles nautiques. La base de l'effort ainsi ciblé se traduit alors en 35 essais en 2008, 169 en 2009, 151 en 2010 et 193 en 2011.

L'effort associé à la méhode *TL* a permis d'acquérir 109 observations acoustiques, réparties en 96 écoutes positives en saisons sèches et 13 en saisons humides. Durant ces périodes, la baleine à bosse représente pour les saisons sèches 92,7% des observations acoustiques, suivie du cachalot (5,2%), le reste étant réparti en cétacés NI. La saison humide inclut des émissions sonores d'espèces non reconnues, soit 46% des acquisitions, suivies du cachalot (31%) et des delphinidés (23%). Ces derniers n'ont d'ailleurs pas été détectés par ce mode durant la saison sèche. Contrairement aux efforts visuels, il est ainsi indiqué (Fig.46) que les efforts en nombre de points d'écoute et le nombre d'observations acoustiques, pris indépendamment durant les années, semblent moyennement corrélés (coefficient de corrélation : 0,68).

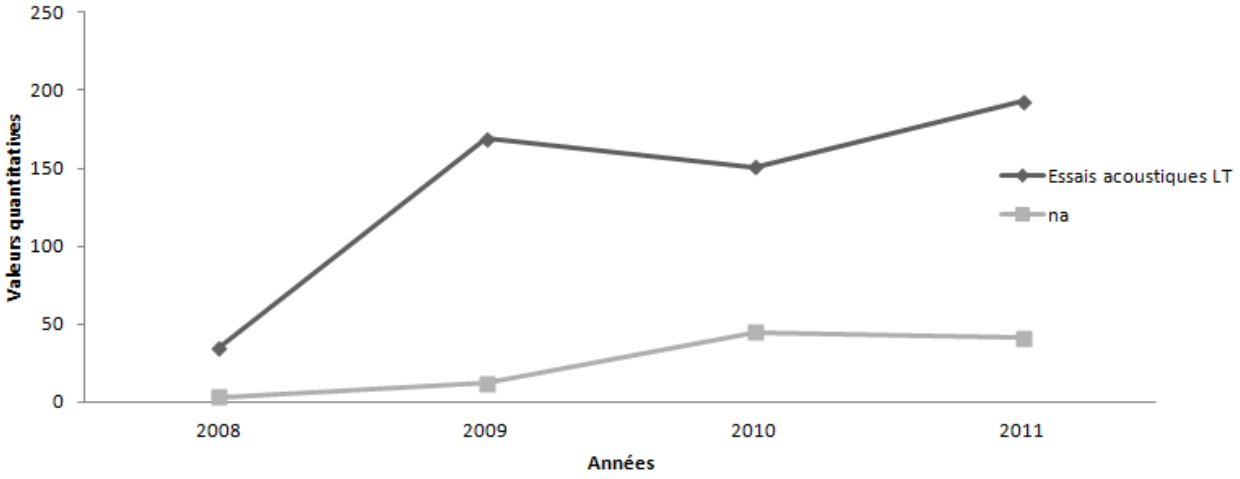


Figure 46. Répartition annuelle des observations acoustiques (na) de cétacés (TB/LT)

LÉGENDE
Valeurs quantitatives : na, soit le nombre d'observations acoustiques.

Concernant l'usage d'un système acoustique semi-permanent, tel que Gualiba en saison humide 2010, la présence de *Delphinidés* et *Physétéridés* ont été renseignées en détail par analyse spectrale sur un nombre total de 951 détections.

Cela permet de présumer d'une limite dans les relevés acoustiques mobiles tels qu'ils sont entrepris durant les transects de ligne car, paradoxalement à la complexité de discrimination instantanée de certaines émissions sonores, les acquisitions sont réalisées selon une appréciation arbitraire à l'oreille humaine.

2.1.2. Répartition spatiale des observations de cétacés

Sur l'ensemble des observations réparties par secteur géographique, les dauphins ont été les plus observés dans le bloc A et dans le bloc D, suivis des Physétéridés et de la baleine à bosse, respectivement dans les blocs B, C puis D. Concernant les baleines à bec, il n'est pas équivoque qu'elles sont observées principalementen côte-sous-le-vent (Tab.26).

Tableau 26. Poids relatif de la répartition du peuplement par secteurs géographiques

Familles	n	A	*PR* (%)	B	*PR* (%)	C	*PR* (%)	D	*PR* (%)
Delphinidae*	239,00	140,00	51,85	26,00	30,95	56,00	42,42	17,00	53,13
Physeteridae	91,00	84,00	31,11	2,00	2,38	3,00	2,27	2,00	6,25
Balænopteridae	152,00	19,00	7,04	53,00	63,10	68,00	51,52	12,00	37,50
Ziphiidae*	23,00	22,00	8,15	1,00	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00
Cétacés NI	13	5	1,85	2	2,38	5	3,79	1	3,13
Total (n)	518,00	270,00	100,00	84,00	100,00	132,00	100,00	32,00	100,00

LÉGENDE
(n) : nombre total d'observations visuelles collectées par famille et réparti, par bloc géographique (A : côte-sous-le-vent, B : Sud, C : côte-au-vent ou D, Nord).* : indique qu'ici les Delphinidés NI et Ziphiidés NI sont inclus dans le comptage. Les poids relatifs *PR* (%) sont calculés sur la catégorie présentée.

2.2. Structure des populations

2.2.1. Les delphinidés, *Delphinidæ*, Gray (1821)

12 espèces de delphinidés, appartenant à 9 genres, ont été recensées dans cette étude entre 2007 et 2011. Cela représente 66,9 % des observations visuelles d'odontocètes réalisées dans l'archipel de Guadeloupe et 33% des 36 taxons actuellement recensés dans le monde (Wilson et Reeder, 2005). Parmi la catégorie de grands odontocètes, l'orque (*O. orca*), le pseudorque (*P. crassidens*) et le globicéphale tropical (*G.macrorhynchus*) ont été observés dans l'archipel de Guadeloupe.

Les petits delphinidés comprennent les espèces du genre *Stenella*, soit 4 dans cette étude (*S. attenuata, S.frontalis, S. longirostris et S. Clymene*). Le grand dauphin (*T. truncatus*), le sténo (*S. bredanensis*) et le dauphin de Fraser (*L. hosei*) complètent cette liste à laquelle s'ajoutent deux dernières espèces comme le péponocéphale (*P. electra*) et l'orque pygmée (*F. attenuata*). Le genre *Stenella*, soit quatre espèces discriminées, est le plus observé dans notre étude (40%), suivi du grand dauphin et du sténo dans l'archipel de Guadeloupe. Toutefois, le choix des zones prospectées et la ré-observation des mêmes groupes, comme lors des recherches focales, influencent ce résultat. C'est pourquoi des indices doivent être pondérés par un effort réparti plus aléatoirement sur l'ensemble de la zone d'étude selon la méthode scientifique *TB/TL*. La répartition des observations visuelles des genres de delphinidés dans cette étude est illustrée en figure 47.

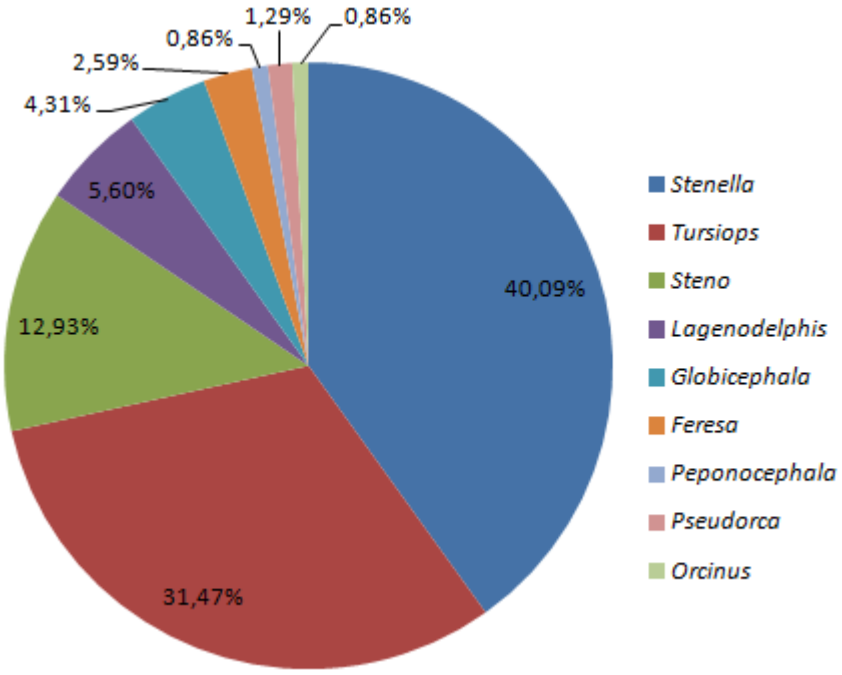


Figure 47. Répartition des observations par genres pour *Delphinidae*

La contribution des petits delphinidés et des grands delphinidés aux saisons indique que 6 espèces de petits delphinidés sont présentes majoritairement sur les deux saisons, tandis qu'une seule espèce de grand delphinidé est commune aux deux périodes (*G. macrorhynchus*). Les 4 autres espèces composant les grands delphinidés sont observées uniquement en saison sèche, à l'exception de l'orque (*O. orca*), seulement vue en saison humide. Il en est de même pour 3 espèces de petits delphinidés (*S. longirostris*, *P.electra* et *S. Clymene*) discriminées uniquement en saison sèche (Fig.48).

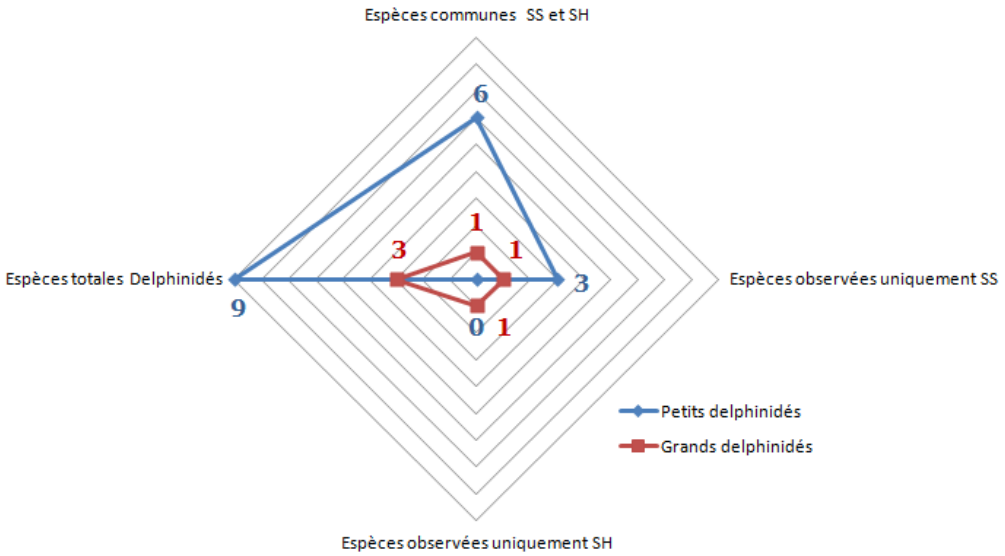


Figure 48. Répartition des observations de delphinidés par saison

LÉGENDE
SS : saison sèche et SH : saison humide. Les espèces totales de delphinidés représentent dans ce radar un axe de référence des taxons composant cette famille. Les espèces sont ensuite réparties selon le nombre d'observations affectées à chaque saison selon la classe de taille distinguant chaque groupe, soit la catégorie des grands (>4 mètres) et des petits delphinidés (≤ 4 mètres).

Dans notre étude, le plus petit delphinidé adulte observé mesurait 1,60m à 1,70m avec une observation très nettement définie, mais des photos d'assez mauvaise qualité, compte tenu de la rapidité de la rencontre. Ce fut un dauphin de Clymène (*S. clymene*) observé au nord de Marie-Galante en avril 2009. Le plus grand dauphin, environ 6 à 7m, a été indiqué pour un des pseurdorques, vu le 16 mars 2011 au large de Deshaies en côte sous-le-vent. Par ailleurs, des rencontres avec des globicéphales supérieurs à 5m (quadrat 5) et des grands dauphins d'environ3, 50m (Sec Pâté, quadrat 3), ont été enregistrés. Cela à l'exclusion des observations d'orques. Une illustration de deux de ces espèces appartenant aux grands delphinidés est présentée en suivant (Fig.49, a-b).

(a) (b)

Figures 49 (a-b) Deux espèces de grands delphinidés dans l'archipel côtier de Guadeloupe.

LÉGENDE
(a). *Pseudorca crassidens*, 16/03/2010 – N.Gandilhon, côte-sous-le-vent. Observation renseignée durant nos campagnes de recherche *OR*.

(b) *Globicephala macrorhynchus*, 07/01/2011 – N.Gandilhon, côte-sous-le-vent. Observation renseignée durant nos campagnes de recherche *OR*.

Pour *Delphinidae*, la présence des espèces, incluant toutes les données uniquement entre de 2007 à 2011, est synthétisée pour trois niveaux temporels de référence : 5 années, 5 saisons sèches et 4 humides, ou 12 mois à partir de l'ensemble des données de cette étude (Tab.27).

Tableau 27. Présence des 12 espèces de delphinidés en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe.

Espèces : noms vernaculaires, scientifiques et codification	*P* annuelle	*P* saisonnière	*P* mensuelle
 1. Dauphin tacheté pantropical - *Stenella attenuata (Sa)*	5/5	SS : 4/5 SH : 3/4	11/12
 2. Grand dauphin - *Tursiops truncatus(Tt)*	5/5	SS : 5/5 SH : 4/4	11/12
3. Dauphin de Fraser – *Lagenodelphis hosei (Lh)* (pas de dessin)	5/5	SS : 4/5 SH : 3/4	6/12
 4. Sténo - *Steno bredanensis (Sb)*	4/5	SS : 4/5 SH : 4/4	10/12
 5. Globicéphale tropical - *Globicephala macrorhynchus (Gm)*	4/5	SS : 4/5 SH : 1/4	5/12
6. Dauphin tacheté de l'Atlantique - Stenella frontalis *(Sf)* (pas de dessin)	2/5	SS : 2/5 SH : 1/4	4/12
 7. Orque pygmée - *Feresa attenuate (Fa)*	4/5	SS : 3/5 SH : 1/4	5/12
 8. Péponocéphale - *Peponocephala electra (Pe)*	2/5	SS : 2/5 SH : 0/4	2/12
 9. Pseudorque - *Pseudorca crassidens (Pc)*	3/5	SS : 3/5 SH : 0/4	2/12
 10. Orque – *Orcinus orca (Oo)*	2/5	SS : 0/5 SH : 2/4	2/12
 11. Dauphin à long bec - *Stenella longirostris(Sl)*	2/5	SS : 2/5 SH : 0/4	1/12
12. Dauphin de Clymène - *Stenella clymene (Sc)* *(pas de dessin)*	1/5	SS : 1/5 SH : 0/4	1/12

LÉGENDE

SS = saison sèche, SH = saison humide. *P* représente la présence de l'espèce. *P* annuelle : nombre d'années où l'espèce a été observée au moins une fois /sur le nombre d'années de référence; *P* saisonnière : nombre de saisons où l'espèce a été observée au moins une fois /sur le nombre de saisons de référence; *P* mensuelle : nombre de mois où l'espèce a été observée au moins une fois /sur le nombre de mois de référence (12 mois) incluant les mois de données historiques. Crédits peintures originales, Heures Saines : de 1 à 12.

De plus, une synthèse des caractèristiques générales des espèces de dauphins de Guadeloupe est réalisée à partir de 3 descripteurs synthétiques: d'une part, le taux d'occurrence ou la fréquence, et d'autre part, trois proportions relatives : le nombre de groupes observés, les effectifs moyens associés ainsi que le nombre de juvéniles.

L'ensemble des données (2000-2011) est pris en compte pour cet examen afin d'optimiser tous les relevés. Il ressort que, parmi la famille des dauphins, le dauphin tacheté pantropical et le grand dauphin sont les espèces les plus fréquentes (respectivement 33,49% et 32,56%), les plus observées (respectivement 36,64% et 31,47%), suivies du sténo. Ces deux premières espèces présentent également les effectifs de juvéniles sont les plus élevés. En termes de poids relatifs des effectifs totaux (ES), le dauphin tacheté pantropical est largement dominant, puis le dauphin de Fraser, suivi du grand dauphin. Cela indique un premier ordre de grandeur de la structure des groupes de dauphins composant le peuplement (Tab.28).

Tableau 28. Descripteurs indicatifs des populations de delphinidés en Guadeloupe

Sp.	*O*	*O* (%)	n	*PR* (%)	ES	*PR* (%)	ES Juv.	*PR* (%)
Sa	72	33,49	85	36,64	3851,5	71,83	57	48,31
Tt	70	32,56	73	31,47	439	8,19	36	30,51
Sb	30	13,95	30	12,93	180	3,36	4	3,39
Lh	13	6,05	13	5,60	632	11,79	10	8,47
Gm	9	4,19	10	4,31	159	2,97	6	5,08
Sf	5	2,33	5	2,16	31	0,58	0	0,00
Fa	6	2,79	6	2,59	11	0,21	2	1,69
Pe	2	0,93	2	0,86	27	0,50	0	0,00
Pc	3	1,40	3	1,29	10,5	0,20	1	0,85
Oo	2	0,93	2	0,86	9	0,50	0	0,00
Sl	2	0,93	2	0,86	5,5	0,50	0	0,00
Sc	1	0,47	1	0,43	6,5	0,12	2	1,69
Total	215	100	232	100	5362	100	118	100

Sp : espèce. *O* : occurrence ou nombre de relevés avec présence de l'espèce parmi la famille. *O* (%) est le taux d'occurrence. Nombre d'observations visuelles collectées : (n) pour tous les relevés de l'espèce. ES Juv : effectifs moyens agrégés entre toutes les méthodes pour les juvéniles estimés à moins d'un an. *PR* (%): poids relatif calculé sur la catégorie présentée.

Les caractéristiques ainsi décrites peuvent être largement influencées par la nature des relevés (lieu, temps, nombre) et les méthodes utilisées.

De même le taux de juvéniles, soit l'effectif de juvéniles rapporté à l'effectif total observé, est sensiblement dépendant du niveau de notations durant les relevés opportunistes ou touristiques. Pour cette raison, ces descripteurs restent indicatifs pour décrire les populations de delphinidés évoluant dans l'archipel marin côtier de Guadeloupe.

Cet ordre de grandeur est visualisable grâce au taux d'occurrence interspécifique pour la famille des delphinidés en Guadeloupe (Fig.50).

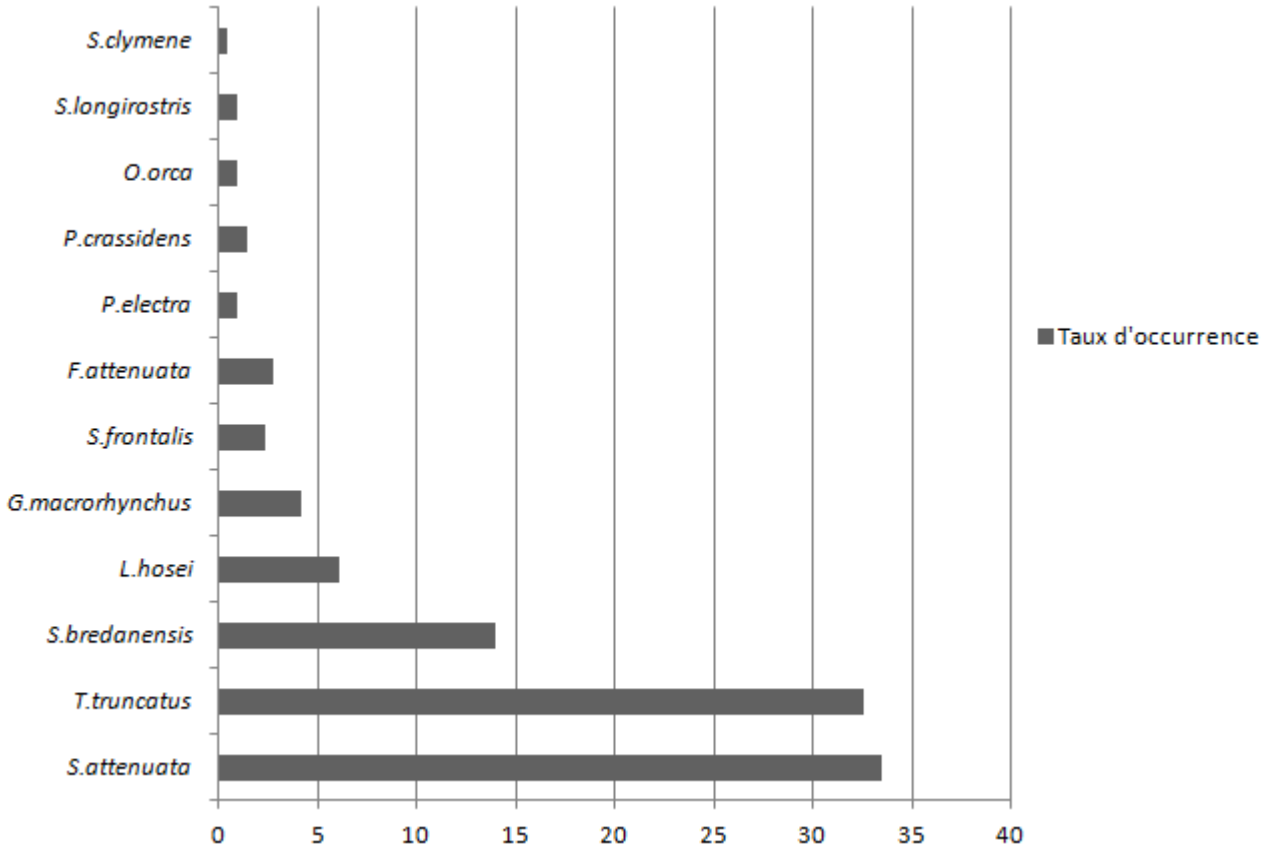


Figure 50. Taux d'occurrence de 12 espèces de dauphins en Guadeloupe

2.2.2. Les baleines a bec, *Ziphiidae*, Gray (1850)

Deux espèces de baleines à bec vivantes ont été reconnues avec certitude. Il s'agit de deux observations de la baleine à bec de Cuvier (*Z. cavirostris*) et deux de la baleine à bec de Gervais (*M. europeaus*). Ces espèces ont été discriminées chacune à deux reprises, le 17 avril 2009 et le 24 avril 2010 pour la première ; et le 28 mars et 3 mai 2008 pour la seconde, dans le secteur A (côte-sous-le-vent).

Par ailleurs, 11 observations ont été clairement affectées à la famille des baleines à bec (Ziphiidés) et 8 de plus au genre *Mesoplodon spp*., sans pouvoir cependant préciser l'espèce dans les deux cas. Parmi ces occurrences, une observation probable, mais très furtive, d'une baleine à bec de Blainville (*M. densirostris)* a été notée simultanément par trois observateurs le 13 avril 2009 sur le banc Colombie (quadrat 2). Dans ce bilan, deux autres observations de *Mesoplodon spp*. ont été particulièrement documentées.

Il s'agit dans le premier cas d'un doute persistant dans l'analyse entre les espèces *M. europeaus* et *M. mirus* (Baleine à bec de True), observées le 22 février 2007 dans la station de La Pointe Ferry (quadrat 6). En dépit d'une démarche consultative approfondie auprès de trois spécialistes et d'un naturaliste, tous reconnus pour leur expertise sur ces espèces vivantes ou échouées, les avis sont restés contradictoires entre les deux taxons suggérés. Cet exemple étaye parfaitement les difficultés sur la discrimination, compte tenu que dans ce cas particulier, l'observation a été très largement documentée avec des photographies de grande qualité et des notes explicites (taille, livrée, comportement…). La conclusion a permis d'avancer qu'un des deux individus était probablement une femelle ou un mâle sub-adulte, au vu de l'absence de la position caractéristique de deux dents chez le mâle mature pour les deux espèces.

De plus, l'importante dépression constatée au niveau de l'évent a été discutée, soit comme une particularité propre à l'individu ou d'autre part, soit comme le signe d'une probable carence alimentaire (Fig.51).

Figure 51. *Mesoplodon spp*. (*Mesoplodon mirus* ou *Mesoplodon europaeus*).
Observation en transect de ligne, photographiée ici par A.Levesque.

Dans le second cas, une observation le 25 septembre 2011 a été conservée pour cette saison uniquement pour renseigner de la présence de *Mesoplodon spp*. L'individu a été largement documenté par photographie également et est resté proche de l'embarcation mise en panne, durant une vingtaine de minutes (comme dans le cas précédent). Dans ce dernier cas, l'espèce était associée directement à une zone recouverte de sargasses (*Sargassum)* dans la zone du sec Pâté de la station des Saintes (quadrat 3). L'espèce associée n'a pas pu être reconnue avec certitude.

A l'inverse, le *Z. cavirostris* a été renseigné plus aisément, compte tenu de clefs déterminantes, comme la forme de la tête avec absence d'un melon marqué et la livrée du corps couvert de nombreuses diatomées (*Bacillariophyta)*, comme dans les exemples ci-dessous (Fig.52, a-b).

(a) (b)

Figure 52(a-b). *Ziphius cavirostris* - Baleines à bec de cuvier

LÉGENDE
(a). *Z. cavirostris*, 17/04/2009 – S.Bédel, côte-sous-le-vent. Observation renseignée durant nos campagnes de transects de ligne.
(b) *Z. cavirostris*, 08/12/2010 – C.Millon, côte-sous-le-vent. Observation qui nous a été transmise pour exploitation scientifique, renseignée durant une sortie touristique avec l'opérateur GED.

Il est important de noter que certaines observations de baleines à bec non identifiées ont été réalisées pour trois d'entre elles durant 2 jours successifs et dans les mêmes aires. Entre 2007 et 2011, 4 à 7 observations ont été enregistrées annuellement, à l'exception de 2011 avec une seule observation (et une seule saison).

En termes de représentation saisonnière de la famille des baleines à becs dans son ensemble, 87% des occurrences se situent en saison sèche et 13% en saison humide, sans distinction des observations avec espèces confirmées.

En termes de poids relatif de présence selon le nombre d'observations agrégées, et en considérant la famille dans son ensemble, les baleines à bec représentent environ 4,% de toutes les observations visuelles et 6,6 % des odontocètes vus, toutes méthodes et aires confondues en Guadeloupe.

Plus finement, la répartition taxonomique à l'intérieur de cette famille, par genres ou espèces, indique que le genre le plus reconnu *Mesoplodon spp.* représente près de 43% des observations visuelles. *Ziphius spp.* est vu dans près de 9% des observations. Le reste des rencontres, soit environ 48% reste uniquement affectable au rang de la famille (Fig.53). Aucune observation acoustique certaine n'a été déterminée pour cette famille.

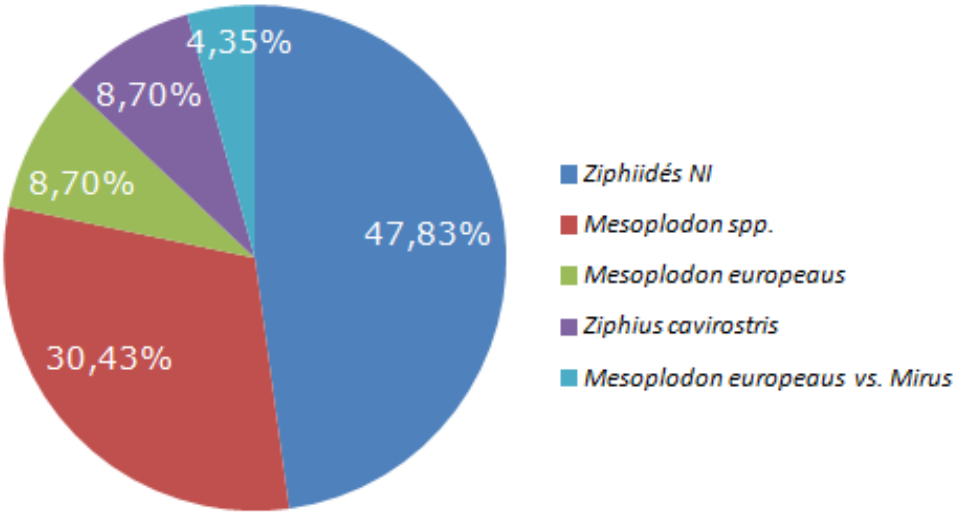


Figure 53. Répartition des observations de baleines à bec

L'ensemble des relevés permet de fournir des indications générales pour cette famille, grâce aux taux d'occurrence, aux effectifs des groupes ainsi que l'absence supposée de juvéniles.

Ce dernier descripteur peut dépendre pour une large part des critères utilisés dans l'analyse des groupes et de la taille des individus. De manière indicatrice, on note que les deux espèces recensées avec certitude, la baleine à bec de Cuvier et la baleine à bec de Gervais, sont très peu observées (ou reconnues) dans l'archipel côtier de Guadeloupe (Tab.29). Les effectifs associés sont faibles. En revanche, la famille ou le genre *Mesoplodon* pris dans leur ensemble, pourrait peser significativement dans le peuplement, avec notamment des taux d'occurrence comparables à ceux des dauphins de Fraser.

Tableau 29. Descripteurs indicatifs des populations de ziphiidés en Guadeloupe

Sp.	*O*	*O* (%)	n	*PR* (%)	ES	*PR* (%)	ES Juv.	*PR* (%)
Me	2	9,09	2	8,70	5	15,15	0	NA
Zc	2	9,09	2	8,70	4	12,12	0	NA
Meso NI	7	31,82	8	34,78	12	36,36	0	NA
Zii NI	11	50,00	11	47,83	12	36,36	0	NA
Total	22	100	23	100	33	100	0	0

LÉGENDE
Sp : espèce. *O* : occurrence ou nombre de relevés avec présence de l'espèce parmi la famille. *O* (%) est le taux d'occurrence. Nombre d'observations visuelles collectées : (n) pour tous les relevés de l'espèce. ES Juv : effectifs moyens agrégés entre toutes les méthodes pour les juvéniles estimés à moins d'un an. *PR* (%): poids relatif calculé sur la catégorie présentée.

Le tableau 30 indique que la baleine à bec de Cuvier et celle de Gervais sont présentes en saison sèche, au moins au mois d'avril pour la première espèce, et entre les mois de février et de mai pour la seconde. Ces résultats sont sous réserve du poids relatif des espèces restant indéterminées au sein de la famille, car 7 mois différents ont été associés à au moins une observation de la famille (*Ziphiidae*) à partir des données de cette étude.

Tableau 30. Présence de 2 espèces de ziphiidés en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe.

Espèces : noms vernaculaires, scientifiques et codification	*P* annuelle	*P* saisonnière	*P* mensuelle
1. Baleine à bec de Cuvier - *Ziphius cavirostris (Zc)*	2/5	SS : 2/5 SH : 0/4	1/12
2. La baleine à bec de Gervais – *Mesoplodon europeaus (Me)*	1/5	SS : 1/5 SH : 0/4	2/12

LÉGENDE
SS = saison sèche, SH = saison humide. *P* représente la présence de l'espèce. *P* annuelle : nombre d'années où l'espèce a été observée au moins une fois /sur le nombre d'années de référence; *P* saisonnière : nombre de saisons où l'espèce a été observée au moins une fois /sur le nombre de saisons de référence; *P* mensuelle : nombre de mois où l'espèce a été observée au moins une fois /sur le nombre de mois de référence (12 mois) incluant les mois de données historiques. Crédits peintures originales, Heures Saines.

2.2.3. Les cachalots, *Physeteridæ*, Gray (1821)

2.2.3.1. Les petits cachalots, genre Kogia, Gray (1846)

Le genre *Kogia*, traditionnellement rattaché avant la classification retenue de 2005 à la famille des kogiidés, représente environ 2% de tous les odontocètes observés dans cette étude. La première observation réalisée a été effectuée le 1er décembre 2007 en côte-au-vent sur un groupe de *K. sima* durant les transects de ligne. Afin d'obtenir une confirmation de l'espèce, un avis complémentaire d'un spécialiste a été requis. Le 2 décembre, une autre observation a été effectuée sur la même espèce et sensiblement le même effectif, à quelques milles nautiques plus au sud, ce qui pourrait suggérer qu'il s'agissait du même groupe.

Néanmoins, le rapprochement n'a pas pu être fait et les observations ont été distinguées.

Au total, 7 observations visuelles d'animaux vus vivants, ont été enregistrées pour le genre *Kogia spp.* entre le 1er décembre 2007 et le 11 mai 2011, essentiellement en transect de ligne (Fig.54-a). Une observation datée du 20 mai 2011 (Fig.54-b) a été soumise à la consultation de deux experts également pour une confirmation de l'espèce en *Kogia sima*.

(a) (b)

Figure 54 (a-b). Cachalots nains, *Kogia sima*

LÉGENDE
(a) 9 mai 2011, transect de ligne (M.Dumoulin)
(b) 20 mai 2011, observation durant une manipulation Gualiba (C. Millon).

Seul le cachalot nain (*K. sima)* a été enregistré avec certitude dans cette étude, soit 100% d'occurrence de ce taxon pour le genre *Kogia*. Ce dernier a été également documenté par ailleurs dans l'archipel de Guadeloupe, de deux informations supplémentaires transmises de façon opportuniste : une situation de détresse et un échouage en 2011 (Fig.55, a-b). Dans la plupart des cas, bien que les espèces soient considérées jumelles, le cachalot nain (*K. sima*) est distingué du cachalot pygmée (*K. breviceps*) par la position de sa dorsale ainsi que la ligne de flottaison, et quand cela est possible, la forme de la tête. Néanmoins, il a été nécessaire dans le cas de deux observations jugées ambigües, de faire appel à des avis extérieurs d'experts qui ont tranché dans les deux cas « préférentiellement » en faveur du cachalot nain.

(a) (b)

Figure 55 (a-b). *Kogia spp*. échoué ou en situation de détresse

LÉGENDE : Informations opportunistes transmises en 2010 de *Kogia spp.*
(a) Situation de détresse station sur la station 9, photos A. Goyeau
(b) Echouage à Baie-Mahault, photo S.Poupin.

Selon nous, les espèces échouées ou en détresse de ces exemples concernent *K. sima*, au vu de la forme de la tête.

Au niveau de la revue temporelle de la présence de l'espèce (Tab.31), le cachalot nain a été observé au moins une fois sur 4 années distinctes (2006, 2007, 2008 et 2011), Les observations ont été renseignées sur 3 mois différents de l'année (avril, mai et décembre) et un de plus si l'on considère la donnée d'échouage (ci-dessus) disponible (février 2011). 71% des observations a renseigné la présence de l'espèce en saison sèche et 23% en saison humide.

2.2.3.2. Le cachalot, genre Physeter, Linnaeus (1758)

Avec 84 observations renseignées, le cachalot, *P. macrocephalus,* représente 16,2% du total des observations de cétacés composant le peuplement de l'archipel de Guadeloupe et 23,4% de tous les odontocètes vus. Les observations acoustiques (na = 45), très fréquentes pour cette espèce, sont soulignées dans l'annexe V.

Parmi la famille des physétéridés, il est majoritairement observé (plus de 92% des cas) comparativement à *Kogia spp*. Dans l'absolu, le cachalot a été observé visuellement, tous les mois de l'année, sauf en juin et en septembre, dans les jeux de données de cette étude.

Sa présence a été renseignée au cours des 5 saisons sèches considérées (2007 à 2011), et durant 2 saisons humides si l'on s'en tient au référentiel de 4 périodes. Il est important de rappeler à ce stade de la revue des espèces, que les données opportunistes de 2006 à 2011 sont exploitées pour la présence au même niveau que des données issues d'autres méthodes. Les tableaux 31 et 32 synthétisent ces informations générales.

Tableau 31. . Présence de 2 espèces de physétéridés en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe.

Espèces : noms vernaculaires, scientifiques et codification	*P* annuelle	*P* saisonnière	*P* mensuelle
1. Cachalot nain - *Kogia Sima (Ks)*	3/5	SS : 2/5 SH : 1/4	3/12
2. Cachalot – *Physeter macrocephalus (Pm)*	5/5	SS : 5/5 SH : 2/4	10/12

LÉGENDE
SS = saison sèche, SH = saison humide. *P* représente la présence de l'espèce. *P* annuelle : nombre d'années où l'espèce a été observée au moins une fois /sur le nombre d'années de référence; *P* saisonnière : nombre de saisons où l'espèce a été observée au moins une fois /sur le nombre de saisons de référence; *P* mensuelle : nombre de mois où l'espèce a été observée au moins une fois /sur le nombre de mois de référence (12 mois) incluant les mois de données historiques. Crédits peintures originales, Heures Saines.

Tableau 32. Descripteurs indicatifs des populations de cachalots en Guadeloupe

Sp.	*O*	*O* (%)	n	*PR* (%)	ES	*PR* (%)	ES Juv.	*PR* (%)
Pm	55	88,70	84	92,31	181,50	90,07	12	85,71
Ks	7	11,30	7	7,69	20,00	9,93	2	14,29
Total	62	100	91	100	201,5	100	14	100

Sp : espèce. *O* : occurrence ou nombre de relevés avec présence de l'espèce parmi la famille. *O* (%) est le taux d'occurrence. Nombre d'observations visuelles collectées : (n) pour tous les relevés de l'espèce. ES Juv : effectifs moyens agrégés entre toutes les méthodes pour les juvéniles estimés à moins d'un an. *PR* (%): poids relatif calculé sur la catégorie présentée.

2.2.4. Les baleines, *Balaenopteridae,* Gray (1864)

Dans tous les relevés de cette étude, seule l'espèce *M. novaeangliae* a été confirmée, car le rorqual tropical ou baleine de Bryde (*B.edeni*) est restée classée comme « probable » de part un manque de données documentées en milieu côtier. *M. novaeangliae* a été observée visuellement 152 fois, toutes méthodes confondues. Cette espèce migratrice est présente dans l'archipel de janvier à fin mai selon des données visuelles avérées, avec, en outre, deux occurrences à partir de points d'observation à terre (le 2 décembre 2008 et le 19 décembre 2009). Par ailleurs, deux écoutes positives de chants ont été signalées jusqu'à mi-juin 2010, indiquant potentiellement la présence de l'espèce aux alentours de l'archipel (information non comptabilisée dans la présence mensuelle car aucune acquisition correcte n'a été faite). Des informations opportunistes non documentées ont signalé la présence actuellement anecdotique (2 observations) de baleines à bosse en octobre 2010 et novembre 2011 en côte-sous-le-vent de la Guadeloupe. Deux bateaux ont été dépêchés sur les zones concernées en 2011, mais les groupes mentionnés n'ont pas été observés. Aussi, en l'absence de preuves documentées, ces signalements ne sont pas considérés dans ce travail, et l'information reste à confirmer. Selon les descripteurs généraux basés sur la totalité des relevés visuels, le taux d'occurrence des baleines à bosse dans l'archipel de Guadeloupe est élevé (20,45% des occurrences de cétacés), compte tenu des indications temporelles de présence qui viennent d'être évoquées. Les tableaux 33 et 34 donnent un aperçu des descripteurs tendanciels de présence, d'occurrence et de poids relatif pour cette espèce.

Tableau 33. Présence d'une espèce de balénoptéridés en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe.

Espèces : noms vernaculaires, scientifiques et codification	*P* annuelle	*P* saisonnière	*P* mensuelle
1. Baleine à bosse - *Megaptera novaeangliae (Mn)*	5/5	SS : 5/5 SH : 2/4	6/12

LÉGENDE
SS = saison sèche, SH = saison humide. *P* représente la présence de l'espèce. *P* annuelle : nombre d'années où l'espèce a été observée au moins une fois /sur le nombre d'années de référence; *P* saisonnière : nombre de saisons où l'espèce a été observée au moins une fois /sur le nombre de saisons de référence; *P* mensuelle : nombre de mois où l'espèce a été observée au moins une fois /sur le nombre de mois de référence (12 mois.

Tableau 34. Descripteurs indicatifs des baleines à bosse en Guadeloupe

Sp.	*O*	*O* (%)	n	*PR* (%)	ES	*PR* (%)	ES Juv.	*PR* (%)
Mn	81	100	152	100,00	290,00	100,00	53	100,00
Total	81	100	152	100	290	100	53	100

Sp : espèce. *O* : occurrence ou nombre de relevés avec présence de l'espèce parmi la famille. *O* (%) est le taux d'occurrence. Nombre d'observations visuelles collectées : (n) pour tous les relevés de l'espèce. ES Juv : effectifs moyens agrégés entre toutes les méthodes pour les juvéniles estimés à moins d'un an. *PR* (%): poids relatif calculé sur la catégorie présentée.

Concernant la présence de deux autres mysticètes, une occurrence du rorqual tropical (*B. edeni*) lors d'une sortie touristique a été notée pour l'espèce en 2006 en côte-sous-le-vent par un de nos partenaires parmi les opérateurs touristiques, GED (Guadeloupe Evasion Découverte). Toutefois, la documentation associée n'est pas disponible. Par ailleurs, le petit rorqual a été documenté en Martinique selon une observation opportuniste qui nous a été transmise avec une solide documentation en janvier 2011 dans cette région (Fig.56). Le survol aérien de février 2008 confirme par ailleurs la présence du petit rorqual en Guadeloupe avec trois observations notées au large de la Mer des Caraïbes et au nord-ouest, selon la cartographie indiquée dans Van Canneyt *et al.* (2009).

Figure 56. Petit rorqual (*B. acutorostrata*) observé en Martinique, le 15 décembre 2010. Photos C. Carpentier.

2.2.5. Les cétacés non identifiés

Afin de ne pas exclure de l'ensemble du peuplement les cétacés réellement observés, mais non identifiés au titre d'une espèce, les descripteurs généraux à partir de l'ensemble des relevés sont également indiqués pour cette catégorie (Tab.35). Les cétacés non identifiés (NI) sont occurrents à hauteur de près de 4% de l'ensemble du peuplement (base de 396 occurrences) avec une proportion pour les dauphins non identifiés non négligeable (2,7% des occurrences totales de cétacés). C'est la raison pour laquelle les observations pour cette dernière catégorie ont été intégrées dans les traitements généraux des sous-ordres et des familles.

Tableau 35. Descripteurs indicatifs des cétacés NI

Sp.	O	O (%)	n	PR (%)	ES	PR (%)	ES Juv.	PR (%)
Cétacés NI	5	31,25	7	35,00	22,5	61,64	0	NA
Delph NI	11	68,75	13	65,00	14,00	38,36	0	NA
Total	16	5,02	20	100	36,5	100	0	0

Sp : espèce. *O* : occurrence ou nombre de relevés avec présence des catégories inconnues parmi les cétacés non identifiés. *O* (%) est le taux d'occurrence. Nombre d'observations visuelles collectées : (n) pour tous les relevés de l'espèce. ES Juv : effectifs moyens agrégés entre toutes les méthodes pour les juvéniles estimés à moins d'un an. *PR* (%): poids relatif calculé sur la catégorie présentée.

3. Les effectifs

Les données sur les effectifs ont été exploitées pour deux raisons. La première consiste à étudier la taille moyenne des groupes observés car ce descripteur renseigne un caractère biologique important des populations étudiées. En effet, son évolution peut être interprétée dans le temps, sous certaines hypothèses (échelles spatiotemporelles comparables et constance des méthodes), comme un indicateur de la modification de la dynamique des populations ou de celle du milieu, les deux pouvant être corrélés. Le second usage est destiné aux estimations d'abondance et de densité.

Cette partie s'attache à introduire des mentions préliminaires de la taille des groupes afin de pouvoir les considérer ensuite dans le temps. A cette fin, deux groupes de données sont considérés en parallèle dans les traitements. Le premier concerne les données collectées durant *TB/TL* (incluant les données hors transect), soit 85 relevés. Le second agrège l'ensemble des données focales, c'est-à-dire 122 relevés. Au total, 207 relevés visuels associant des mesures d'effectifs sont pris en compte. Concernant le traitement des juvéniles, les méthodes de recherche ont enregistré 63 relevés pour les méthodes focales et 85 pour *TB/TL*.

La technique des transects de ligne ou de bande est la plus représentative en termes d'homogénéité d'efforts en temps et en distances, de couverture spatiale et de suivi temporel visuel et acoustique. De plus, elle prend rigoureusement en compte l'absence (ou la non présence) dans les relevés, tout comme les méthodes *OR*, mais ces dernières sont spatialement focalisées, au même titre que *T* ou *OT*. Cela suggère que la mise en parallèle des résultats issus uniquement de cette méthode et ceux traités selon les descripteurs généraux décrits précédemment, doivent permettre de pondérer l'examen des caractères biologiques et écologiques associés aux observations des espèces.

3.1. Effectifs et taille moyenne des groupes observés

3.1.1. Sur l'ensemble du peuplement

La première synthèse de cette section indique que la méthode des transects de ligne et de bande a généré sur 8 saisons, entre le 21 février 2007 et le 9 mai 2011, 85 relevés avec occurrence d'une espèce au moins observée, incluant 199 observations visuelles réparties sur 16 espèces en total cumulé. Les effectifs associés indiquent qu'environ 1009 cétacés ont été estimés (% CV 222,08). Les autres méthodes dites focales ont produit 115 relevés utiles, soit 191 observations visuelles d'environ 4295 individus (% CV 197,70) estimés entre le 19 décembre 2008 et le 25 septembre 2011 (Tab.36).

Tableau 36. Effectifs et taille moyenne pour l'ensemble du peuplement.

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	55	TB/TL	2007-11	8	16	199	881	1137	1009	5,07	11,26	222,08	1,56
122	115	Focales	2008-11	7	10	191	763	989	4295	22,49	44,46	197,70	6,30

LÉGENDE

R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

La mise en parallèle de ces traitements souligne à cette étape l'importante variabilité d'E(s*)* selon les groupes de méthodes retenues et les choix spatio-temporels inhérents. La taille des groupes observés doit être précisée de ce fait pour chaque espèce et chaque groupe taxonomique.

3.1.2. Par familles de cétacés

Les delphinidés composant le peuplement de Guadeloupe présentent une variation importante de la taille moyenne des groupes observés, compte tenu de la variation interspécifique. Concrètement, les résultats issus des deux groupes de méthodes ne sont pas comparables si l'on considère le nombre de saisons de référence et le nombre d'espèces observées. Les delphinidés NI ont été inclus dans cette description. Selon ces indicateurs préliminaires, la taille des groupes de dauphins varie dans l'archipel côtier de [9,34-20,12], % CV 152,84 à [33,92-57,57], % CV 124,42. Cette importante variabilité vient principalement des zones qui ont été échantillonnées, car le second groupe de méthodes est focalisé sur des secteurs en particulier où certains dauphins peuvent être plus occurrents ou plus abondants (Tab.37).

Tableau 37. Effectifs et taille moyenne pour les delphinidés

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	30	TB/TL	2007-11	8	11	67	832	1142	987	14,73	22,52	152,84	5,39
122	77	Focales	2008-11	5	8	89	3712	4431	4071,5	45,75	56,92	124,42	11,83

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

A partir du tableau 38, on peut relever que la taille des groupes de physétéridés varie peu dans l'archipel côtier avec les groupes de méthodes. L'estimation oscille entre [1,52-3,63], % CV 93,53 à [1,70-2,67], % CV 124,42. La similitude entre les tailles de groupes est favorisée, car *P. macrocephalus* reste une espèce assez aisée à compter en surface du fait de son souffle caractéristique, sa morphologie massive et la distance entre les individus. Cela peut avoir pour conséquence une variabilité assez faible entre le min et le max dans les observations, quelles que soient les méthodes.

Tableau 38. Effectifs et taille moyenne pour les physétéridés

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	15	TB/TL	2007-11	7	2	20	49	54	51,5	2,58	2,41	93,53	1,06
122	30	Focales	2009-11	4	1	54	117	119	118	2,19	1,82	83,43	0,49

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

Concernant les balaenoptéridés, ici la baleine à bosse, la taille des groupes varie de [1,48-1,92],% CV 61,76 à [1,99-2,69], % CV 50,22. Cette variation entre les méthodes, comparables en saisons et nombre de relevés), est due en particulier au poids de certaines recherches focales telles que la télémétrie durant des périodes plus favorables à la présence de groupes reproducteurs (Tab.39).

Tableau 39. Effectifs et taille moyenne pour les balénoptéridés

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	30	TB/TL	2007-11	5	1	88	146	153	149,5	1,70	1,05	61,76	0,22
122	28	Focales	2009-11	5	1	43	98	103	100,5	2,34	1,17	50,22	0,35

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

Les effectifs des ziphiidés non identifiés ont été agrégés à ceux des espèces reconnues (Tab.40). Cela prend un sens compte tenu du nombre relativement important d'observations associées à la famille. Une seule estimation est à ce niveau proposée par les méthodes des transects (n>1 afin d'évaluer une dispersion autour de la moyenne), ce qui souligne en partie la performance de cette méthode. La taille de groupe varie de [1,16-1,64],% CV 45,18. Le paradoxe à souligner ici réside dans le fait que le nombre d'individus détectés reste important à l'intérieur d'une famille de cétacés composés d'espèces discriminées avec certitude dans seulement 20% des cas.

Tableau 40. Effectifs et taille moyenne pour les ziphiidés

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	10	TB/TL	2007-09	3	2	15	21	21	21	1,40	0,63	45,18	0,32
122	5	Focales	2009-11	3	0 - Zii NI	5	5	5	5	1,00	NA	NA	NA

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.3. Par espèce de cétacés

Cette section s'attache à proposer une analyse des effectifs et taille moyenne des groupes observés pour chaque espèce ayant été recensée dans l'archipel côtier de Guadeloupe.

3.1.3.1. Le dauphin tacheté pantropical (Stenella attenuata)

La première espèce considérée est le dauphin tacheté pantropical (Tab.42). Ce taxon présente selon les deux niveaux de méthodes une très grande variabilité entre les estimations de la taille moyenne des groupes. Dans la méthode des transects de ligne, la taille des groupes observés varie de 16 à 40 individus [15,75-39,35],% CV 97,71, tandis qu'elle oscille entre 59 et 97 individus dans les approches focales [59,17-97,05],% CV 79,23. Deux raisons principales peuvent expliquer en grande partie cette variabilité significative. La première est que le nombre de relevés est affiché entre les méthodes comme variant 5 fois plus. Bien que d'un point de vue biologique, ce ne soit pas l'augmentation du nombre d'observations qui peut expliquer *a priori* la variation de la taille des groupes, il n'est pas exclu de présumer que les répliquas améliorent cependant le spectre de l'écologie de l'espèce.

Cela signifie que les méthodes focales ont été réitérées sur des pas temporels courts et sur des zones plus favorables à un ajustement au plus près du cycle de vie de ces populations, susceptible d'incorporer aux relevés les pics d'abondance sur des périodes particulières. Ainsi, les analyses indiquent des variations à différentes époques de l'année en côte sous le vent et nord-ouest. La seconde raison, indépendante de l'assertion précédente, suggère que les estimations de taille de populations pour cette espèce peuvent dépendre de la formation des groupes durant un relevé journalier. Ainsi, 3 groupes considérés distincts de taille moyenne peuvent être observés le matin et ces mêmes entités sont recapturées dans l'après-midi en un seul groupe compact, avec une taille moyenne pour une seule occurrence correspondant ainsi à la somme des min et des max de 3 observations. Cette caractéristique éthologique n'est pas à exclure pour cette espèce en particulier. En Caraïbe, Mignucci-Giannoni *et al.* (2003) indiquent pour cette espèce des effectifs observés variant de 2 à 400 animaux, et un E(s) moyen de 34,8 individus. Dans le golfe du Mexique, Davis *et al.* (2000) estiment E(s)=45,5 et 71,8 pour Mullin *et al.* (1994) dans la même région. Dans la partie Atlantique américaine, Mullin et Fulling (2003) proposent E(s)=77,5 et à Hawaï, les travaux de Baird *et al.* (2003) renseignent E(s)=71,5 pour les populations de cette espèce. La seule référence disponible dans la littérature pour la Guadeloupe est celle de Boisseau *et al.* (2000) indiquant uniquement pour la côte sous le vent E(s)=6 min et 100 max (sur la base de n=11 observations). En Dominique, Gero et Whitehead (2006) soulignent des effectifs allant de 1 à 400.

Tableau 42. Effectifs et taille moyenne pour *S. attenuata*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	8	TB/TL	2007-11	5	1	20	444	658	551	27,55	26,92	97,71	11,80
122	39	Focales	2008-11	4	1	41	2932	3473	3202,5	78,11	61,89	79,23	18,94

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.3.2. Le grand dauphin (Tursiops truncatus)

Le grand dauphin présente une taille moyenne de groupe supérieure dans les observations par transect de ligne (Tab.43), allant de 4 à 11 individus [3,95-10,89], % CV 101,30. La seconde estimation basée sur des recherches focalisées géographiquement, suggère une tendance de [4,95-8,25] avec un coefficient de variation plus acceptable : % CV 71,09. Il faut noter que la plupart des recherches *OR* ont été volontairement orientées dans un secteur favorable à la rencontre avec des populations de cette espèce. Par ailleurs, on doit préciser que l'estimation des tailles de groupes sans distinction des écotypes/morphotypes pour cette espèce, peut modifier le profil d'évolution « effectifs-taille ». Boisseau *et al.* (2000) proposent E(s)= 10 sur la base de recherches effectuées en côte sous le vent de la Guadeloupe avec n=2. Il est admis que la taille des groupes semble s'accroitre avec des facteurs liés aux saisons et selon le facteur bathymétrique de l'observation (Würsig, 1977 ; Odell et Reynolds, 1980 ; Campbell *et al*., 2002).

Mignucci-Giannoni (1998) indique pour le grand dauphin un E(s) de 5,5 individus en été et en automne, contre 8,4 en hiver et au printemps autour des îles de Porto Rico. Au Belize, E(s) est estimée à 3,8 par Campbell *et al.* (2002). A Hawaï, Baird *et al*. (2003) proposent E(s)= 5,2 et Griffin et Griffin (2004) indiquent E(s)=4 pour la côte Ouest de la Floride.

Tableau 43. Effectifs et taille moyenne pour *T. truncatus*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	17	TB/TL	2007-11	5	1	18	124	143	133,5	7,42	7,51	101,30	3,47
122	29	Focales	2008-11	5	1	31	193	216	204,5	6,60	4,69	71,09	1,65

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.3.3. Le sténo (Steno bredanensis)

Pour les populations composant cette espèce, la taille des groupes observés se module de 3 à près de 14 individus en fonction des méthodes d'observation. Statistiquement, cela correspond à deux estimations basées sur un indice de confiance fixé à 95% (Tab.44) : [3,03-7,97], % CV 39,63 et [3,49-14,51], % CV 69,83. La valeur du coefficient de variation pour la première méthode est plus intéressante que celle des méthodes focales.

Comme pour les grands dauphins, la proposition d'une taille de groupe ne différencie pas à ce stade ni les écotypes éventuels, ni la distinction entre les groupes. Pour cette espèce, Laran et Gannier (2001) estiment aux Marquises E(s)=8 et en Polynésie française, E(s)=10,8 (Gannier, 2005). Mignucci-Giannoni (1998) consigne un E(s) de 9,9 pour les îles autour de Porto Rico. Boisseau *et al.* (2000) indiquent pour la côte-sous-le-vent de Guadeloupe E(s)=15 sur la base d'une observation (Tab.44).

Tableau 44. Effectifs et taille moyenne pour *S. bredanensis*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	3	TB/TL	2008-09	2	1	3	13	20	16,5	5,50	2,18	39,63	2,47
122	5	Focales	2009-10	2	1	5	42	48	45	9,00	6,28	69,83	5,51

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.3.4. Le dauphin de Fraser (Lagenodelphis hosei)

La variance entre les méthodes est également importante chez le dauphin de Fraser, avec comme minimum de 3 à 42 individus et comme maximum, de 118 à 147 selon les valeurs indiquées (Tab.45). Il faut préciser qu'une des 3 observations en transect de ligne a permis de compter, sur la base de photographies, 2 individus isolés pour cette espèce, derrière un autre groupe d'une espèce différente.

Cela pourrait suggérer que le reste des individus composant ce groupe observé, n'a pas été estimé du fait de sa non détection, car l'espèce est généralement assez grégaire.

Tableau 45. Effectifs et taille moyenne pour *L. hosei*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	3	TB/TL	2009, 2011	3	1	3	162	202	182	60,67	50,81	83,75	57,49
122	5	Focales	2009, 2010	3	1	5	410	540	475	95,00	59,69	62,83	52,32

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.3.5. Le globicéphale tropical (Globicephala macrorhynchus)

Bien que seulement 4 groupes aient été observés en transect de ligne, l'estimation de la taille moyenne de groupe affiche un coefficient de variation assez robuste (14,43%). Cela peut être expliqué par le fait que les groupes observés dans cette méthode ont été dénombrés plus aisément, compte tenu d'une moyenne calculée à 12 individus. L'observation des photographies a simplifié également la stabilisation du comptage par l'examen de certaines dorsales. En revanche, cela reste plus délicat, même avec des individus massifs et peu furtifs, lorsque les groupes constitués dépassent une cinquantaine d'individus. Cela peut favoriser la maximisation de la variance entre le min et le max, et paradoxalement, *a fortiori* quand les individus sont en socialisation, car leurs interrelations corporelles ne facilitent pas l'identification individuelle. Ces activités sont fréquentes pour cette espèce.

Le tableau 46 présente les valeurs associées à l'estimation de la taille de ces groupes, soit [10,30-13,70], % CV 14,43 et [0,85-54,91], % CV 98,95

Tableau 46. Effectifs et taille moyenne pour *G. macrorhynchus*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	1	TB/TL	2011	1	1	4	42	54	48	12,00	1,73	14,43	1,70
122	4	Focales	2010, 2011	2	1	4	108	115	111,5	27,88	27,58	98,95	27,03

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.3.6. L'orque pygmée (Feresa attenuata)

L'orque pygmée est, dans les relevés de cette étude, furtive, fuyant systématiquement la plateforme, ce qui rend difficile son étude et les preuves documentées à associer. Cependant, les effectifs ont pu être estimés *in situ* grâce à la distinction à l'œil nu des dorsales, de part la la petite taille des groupes observés, soit [1,38-2,62], %CV 35,36% (Tab.47).

Tableau 47. Effectifs et taille moyenne pour *F. attenuata*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES moyen	E(*s*)	SD	CV%	IC95%
85	5	TB/TL	2007-10	4	1	5	9	11	10	2,00	0,71	35,36	0,62
122	1	Focales	2010	1	1	1	1	1	1	1,00	NA	NA	NA

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.3.7. Le dauphin tacheté de l'Altlantique (Stenella frontalis)

Le dauphin tacheté de l'Atlantique a été peu observé en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe, ce qui rend l'estimation de la taille des groupes rencontrés plus sensible. Cette dernière est évaluée avec assez peu de variation ; sur les deux observations générées en transect de ligne avec des effectifs réévalués sur la base des documents photographiques. Les groupes observés sont de petite taille si on les compare à ceux du dauphin tacheté pantropical. Le tableau 48 indique que l'estimation peut osciller de 2,58 à 4,48 individus, %CV 20,20.

Tableau 48. Effectifs et taille moyenne pour *S. frontalis*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	2	TB/TL	2007, 2010	2	1	2	7,00	7,00	7,00	3,50	0,71	20,20	0,98
122	0	Focales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.3.8. Le pseudorque (Pseudorca crassidens)

Par la méthode des transects de ligne, le pseudorque présente une variation de taille de groupe tendant de 1 individu jusqu'à 3,22,% CV 60,67, ce qui semble relativement éloigné de l'observation réalisée en mars 2010 indiquant un effectif de 7 animaux en moyenne au sein de l'unique groupe contacté dans ces méthodes (Tab.49).

Tableau 49. Effectifs et taille moyenne pour *P. crassidens*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	2	TB/TL	2008, 2009	2 ,	1	2	3	4	3,5	1,75	1,06	60,61	1,47
122	1	Focales	2010	1 ,	1	1	6	8	7	7,00	NA	NA	NA

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

Pour les 3 dernières espèces de dauphins, les tableaux 50 à 52 sont présentés pour chaque population afin de renseigner les effectifs estimés. Mais ces espèces restent peu observées quelles que soient les méthodes considérées. Rappelons que ces résultats s'appliquent à l'archipel côtier.

3.1.3.9. Le dauphin à long bec (Stenella longirostris)

Tableau 50. Effectifs et taille moyenne pour *S. longirostris*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	1	TB/TL	2007	1	1	1	2,00	7,00	4,5	4,50	NA	NA	NA
122	0	Focales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.4.0. Le Péponocéphale (Peponocephala electra)

Tableau 51. Effectifs et taille moyenne pour *P. electra*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	1	TB/TL	2007-10	4	1	1	2	2	2	2,00	NA	NA	NA
122	1	Focales	2010	1	1	1	20	30	25	25,00	NA	NA	NA

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.4.1. Le dauphin de Clymène (Stenella clymene)

Tableau 52. Effectifs et taille moyenne pour *S. clymene*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	5	TB/TL	2009	1	1	1	5	8	6,5	6,50	NA	NA	NA
122	0	Focales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.4.2. Le cachalot nain (Kogia sima)

Le cachalot nain, bien que classé dans cette étude comme une espèce discrète se tenant à l'écart des plateformes, sans fuite apparente, a été discriminé et observé 5 fois en transects de ligne (Tab.53).

Les effectifs estimés suggèrent que la taille des groupes pour ces populations varie de 1,72 à 5,08 individus (%CV 11,28), sachant que deux observations se sont distinguées en décembre 2007 avec des effectifs allant de 5 à 6 individus.

Tableau 53. Effectifs et taille moyenne pour *K. sima*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	5	TB/TL	2007-10	4	1	5	16	18	17	3,40	1,92	11,28	1,68
122	0	Focales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard ou écart-type. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.4.3. Le cachalot (Physeter macrocephalus)

La taille des groupes observés de cachalots tend à être sensiblement comparable, allant de [1,22-3,38], % CV 92,89% à [1,71-2,69],% CV 82,73%. La variabilité entre la taille des groupes des différents échantillons peut être importante, comme en témoignent les variations associées (Tab.54).

Un biais existe néanmoins sur la définition du « groupe » car d'un point de vue de la biologie, de nombreux auteurs montrent que les regroupements, en particulier de cachalots, doivent être mesurés très finement (par la distance entre les individus à la surface) pour pouvoir affecter une évaluation du grégarisme et donc la taille précise des clusters (Lettevall *et al.,* 2003). Gero *et al. (*2005) indiquent que la taille moyenne des groupes de cachalots en Caraïbe est de l'ordre de 6 individus tandis qu'elle avoisine le double dans le Pacifique (12 individus selon Christal et Whitehead, 2001). Retenons que l'accroissement de la taille des unités pourrait augmenter les « options » sociales pour un individu (Gero *et al.,* 2008).

Tableau 54. Effectifs et taille moyenne pour *P. macrocephalus*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	10	TB/TL	2007-11	5	1	15	33	36	34,5	2,30	2,14	92,89	1,08
122	30	Focales	2008-11	4	1	54	118	117	119	2,20	1,82	82,73	0,49

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

3.1.4.4. Les baleines à bec de Cuvier et de Gervais (Ziphiidae)

Les deux espèces de baleines à bec discriminées sont présentées successivement dans les tableaux 55 et 56, car selon les méthodes retenues, une seule donnée par population a été observée dans les deux types d'échantillonnage, ce qui réduit la taille moyenne des groupes à l'effectif moyen.

Tableau 55. Effectifs et taille moyenne pour *Mesoplodon europeaus*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	1	TB/TL	2008	1	1	1	3	3	3	3,00	NA	NA	NA
122	0	Focales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

Tableau 56. Effectifs et taille moyenne pour *Ziphius cavirostris*

R	RU	M	Années	Saisons	Sp.	n	Min ES	Max ES	ES	E(*s*)	SD	CV %	IC95%
85	1	TB/TL	2009	1	1	1	1	1	1	NA	NA	NA	NA
122	0	Focales	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

LÉGENDE
R : nombre total de relevés considérés pour chaque groupe de méthodes. RU : nombre utile de relevés considérés pour les traitements des effectifs. M : méthodes, soit *TB/TL* ou focales (*OR, T, OT, RB*). Sp : nombre total d'espèces cumulées. Nombre d'observations visuelles collectées (n) par méthode. Min ES : minimum des effectifs estimés. Max ES : maximum des effectifs estimés. ES : effectifs moyens cumulés. E(*s*) : taille moyenne des groupes observés. SD : déviation standard. CV% : coefficient de variation en %. IC 95% : intervalle de confiance avec alpha =0,05.

La taille moyenne des groupes de baleines à bec est décrite comme « petite » pour *M. densirotris* (Mead, 1989 ; Claridge & Balcomb, 1995) ou d'autres espèces avec des estimateurs moyens de 3 à 12 individus (Hoyt, 1991 *in* Reeter et Brederleau, *1999*). Une moyenne de groupe de 3,64 individus a été décrite aux Açores (Silva *et al.,* 1994) pour *Mesoplodon spp.* et de 1 à 10 à Ténériffe (Carillo & Lopez-Jurado, 1998). MacLeod et D'Amico (2006) décrivent plus récemment deux catégories: la première concerne des espèces bien distribuées (nord/sud), comme les baleines à bec de Cuvier et signalent 2,5 à 3,5 individus (variance standard de 1,7-2,4) avec un maximum de 20 individus. La seconde catégorie concerne de « grands » groupes (jusqu'à 100 individus) avec des espèces qui ne sont théoriquement pas présentes en Guadeloupe, comme la baleine à bec de Longmann (*Indopacetus pacificus*).

4. Structure trophique

L'objectif est ici de sugérer une catégorisation des espèces composant le peuplement de l'archipel marin côtier de Guadeloupe selon la structure trophique théorique proposée dans la littérature.

4.1. Présentation des régimes alimentaires principaux

Concernant les catégories trophiques pour les populations observées, les espèces ont été classées selon les données disponibles dans la littérature sur le type de proies ingérées. Plusieurs auteurs ont analysé les isotopes stables et contenus stomacaux de différentes espèces (Jefferson *et al*., 1993 ; MacLeod , 2003 ; Baird *et al*., 2003, 2008a). Afin d'affecter une catégorie « principale » à l'espèce, les proportions des proies types ont été relevées selon des taux ou valeurs indiquées dans des études importantes sur ce sujet : celle de Pauly *et al.* (1998) pour 16 espèces, celle de MacLeod *et al.* (2003) pour *M. europeaus* et pour *P. crassidens* selon Jefferson *et al*. (2003) et également les descriptions des régimes alimentaires pour cette espèce vers Hawai par Baird *et al.* (2008).

4.1.1. Classement des proies types

Les proies ont tout d'abord été classées en 8 catégories correspondant aux familles trouvées dans les régimes alimentaires de différentes espèces de mammifères marins (Pauly *et al., op. cit*.).

- classe I : invertébrés benthiques : essentiellement mollusques type bivalves et gastropodes, poulpes, échinodermes et crustacés ;
- classe II : zooplancton : principalement euphausiacés et autres petits crustacés ;
- classe III : familles de petits calmars : ex. Gonatidés, Manteau ≤ 50 cm ;
- classe IV : familles de grands calamars : ex. Onychoteutidés, Manteau>50 cm ;
- classe V : petits poissons pélagiques : ex. clupeoids, petits scombroids et autres espèces associées ;
- classe VI : poissons mésopélagiques ;
- classe VII : poissons pélagiques et démersaux ;
- classe VIII : grands vertébrés : cétacés, tortues et oiseaux.

Puis, un classement des régimes théoriques a été effectué ici en 6 catégories, sur la base des travaux des auteurs précités. Pour chacune d'entre elle, quand le poids relatif des proies indiquées par les auteurs est supérieur à 80%, l'espèce est affectée uniquement à la catégorie trophique.

Selon les valeurs majoritaires de cette proportion, certaines espèces ont été affectées de façon intermédiaire à deux catégories. Pour *M. europeaus*, le régime a été défini comme proche de celui de *M. mirus* décrit dans Pauly *et al.* (1998), bien que cette espèce ne soit que préférentiellement teutophage (Barlow *et al*., 2006).

Pour *P. crassidens*, les proies ingérées, bien que principalement teuthides, incluent également des poissons de différentes classes, et selon Jefferson *et al*. (2003), des grands vertébrés. Cela a été suggéré à partir de l'observation d'une attaque de pseudorques sur d'autres cétacés. Il a été relevé récemment sur l'ile de la Dominique un cas similaire sur une attaque de cachalot, même si l'information n'a pas précisé s'il s'agissait bien d'un comportement de prédation.

4.1.2. Catégories trophiques

Voici les 6 catégories trophiques qui ont été interprétées pour ce travail :

- P : les cétacés planctonophages, consomment du plancton, soit la classe II ;
- PI : les cétacés piscivores consomment strictement du poisson, soit les classes V, VI et VII ;
- T : les cétacés principalement teutophages (>50%) se nourrissent de céphalopodes dibranchiaux, soit les classes III et IV et sont distingués en T1 (pour les petits calmars) et T2 (incluant les petites proies et les grands calmars) ;
- C1 : les cétacés carnivore 1 ont un régime plutôt « mixte » et se nourrissent principalement de poissons (≤50%), de céphalopodes (≤50%), et potentiellement d'invertébrés benthiques, soit les classes I, III, IV et V, VI, VII ;
- C2 : Les cétacés carnivores 2 s'alimentent comme les carnivores 1 avec (>50%) pour la classe VI et VII;
- C3 : les cétacés carnivore 3 incluent en plus des carnivores 2, la consommation potentielle de grands vertébrés.
  Les catégories de « carnivores » restent discutables.

Remarque :

Une remarque concerne en particulier le régime des baleines à bosse (*M. novaeangliae*), classiquement connu pour être un régime de microphage. Cette espèce reste actuellement la seule observée dans sa catégorie et dans cette étude. Il est intéressant d'indiquer ici que 3 prélèvements avec une chaussette à plancton ont été effectués en avril 2009 entre Saint-François et Marie Galante durant des sorties de type *OR*. L'objectif était de renseigner la présence probable d'euphausiacés. Aucun euphausiacé n'a pu être identifié clairement et seuls 10 petits crustacés (moins de 3,5 cm) ont été prélevés, ce qui ne permet aucune conclusion.

Par ailleurs, une observation exceptionnelle probablement de nourrissage de baleines à bosse avait été notée le 10 mai 2008 entre Marie-Galante et Petite Terre. Cette observation atypique d'un probable engouffrage de 4 baleines à bosse adultes en zone est de Marie Galante reste un comportement exceptionnellement observé pour les baleines à bosse durant la période de reproduction (Fig.57).

Figure 57. Comportement d'alimentation pour 4 baleines à bosse en Guadeloupe

LÉGENDE
Baleines à bosse semblant engouffrer durant une séquence de nourrissage en saison de reproduction, 10/05/2008, Marie-Galante. Photos transmises aimablement par F. Garret à N. Gandilhon.

4.2. Proposition d'une guilde trophique pour les cétacés de Guadeloupe

4.2.1. Associations « espèces-catégories trophiques »

Le tableau 57 récapitule le classement ainsi opéré et fondé sur des bases d'analyses trophiques externes.

Tableau 57. Régimes alimentaires principaux et catégorie trophique théorique pour les espèces recensées en Guadeloupe

Sp.	Proies	Régimes alimentaires principaux	Catégorie trophique	Guilde théorique
Mn	II - VI - VII	II (55%) - VI (15%) - VII (30%)	Planctonophage - Piscivore	PPI
Pe	III – IV - V-VI	III (35%) - IV (35%) - V (10) - VI (10%) - VII (10%)	Teutophage 2 Carnivore 1	T2
Pm	I - III - IV - V- VI -VII	I (5%) - III (10%) - IV (60%) - V (5%) - VI (5%) - VII (15%)	Teutophage 2 Carnivore 1	T2
Gm	III – IV - V - VI- VII	III (30%) - IV (30%) - V (10%) - VI (10%) - VII (20%)	Teutophage 2 Carnivore 1	T2
Zc	I - III – IV - VI - VII	I (10%) - III (30%) - IV (30%) - VI (15%) - VII (15%)	Teutophage 2 Carnivore 1	T2
Me	III - IV	III (50%) - IV (50%)	Teutophage 2	T2
Ks	I - III - IV - VI VII	I (10%) - III (40%) - IV (40%) - VI (5%) - VII (5%)	Teutophage 2 Carnivore 1	T2
Sa	III - IV - V - VII	III (30%) - IV (20%) - V (10%) - VII (40%)	Carnivore 1	C1
Sf	III - IV -V - VII VIII	III (30%) - IV (20%) - V (10%) - VII (40%)	Carnivore 1	C1
Sl	III - IV - VI - VII	III (20%) - IV (20%) - VI (40%) - VII (20%)	Carnivore 2	C2
Tt	III - IV - V - VII	III (20%) - IV (5%) - V (15%) - VII (60%)	Carnivore 2	C2
Lh	I- III - IV - V - VI - VII	I (5%) - III (30%) - IV (5%) - V (5%) - VI (35%) VII (20%)	Carnivore 2	C2
Sb	I - III - IV - V - VII	I (10%) - III (20%) - IV 10%) - V (20%) - VII (40%)	Carnivore 2	C2
Pc	IV -V – VI - VII- VIII	IV – V – VI – VII - VIII	Carnivore 3	C3
Fa	III – IV – VI VII - VIII	III (30%) - IV (20%) - VI (10%) - VII (20%) - VIII (20%)	Carnivore 3	C3
Sc	III - IV - V - VII - VIII	III (20%)-IV (20%) - V (10%) - VII (40%) - VIII (10%)	Carnivore 3	C3
Oo	III – IV – VI VII - VIII	III (5%) - IV (5%) - VI (10) - VII (40) - VIII (40%)	Carnivore 3	C3

LÉGENDE
Sp. : espèce de cétacés observés en Guadeloupe dans cette étude. Régimes alimentaires principaux : proposés dans Pauly *et al.* (1998), MacLeod *et al.* (2003), Jefferson *et al*. (2003). Catégorie trophique : correspondances avec les régimes principaux. Guilde théorique : définie pour chaque espèce selon les 6 catégories retenues.

Ainsi les 17 taxons ont été regroupés en 5 catégories théoriques : PPI, T2 ou T, C1, C2, et C3, la baleine à bosse étant seule dans les deux catégories P et PI (Tab.58).

Tableau 58. Proposition d'une guilde trophique théorique pour les cétacés de Guadeloupe

Notation de la classe dans la guilde trophique	Catégorie trophique correspondante	Nombre d'espèces observées	*PR* (%)
PPI	Planctonophage - Piscivore	1	5,88
T	Teutophage	6	35,29
C1	Carnivore 1	2	11,76
C2	Carnivore 2	4	23,53
C3	Carnivore 3	4	23,53

LÉGENDE
PR% : proportion des taxons associés à une classe de la guilde trophique théorique.

Les poids relatifs de chaque taxon ont ainsi été répartis selon cette guilde trophique théorique (Fig.58).

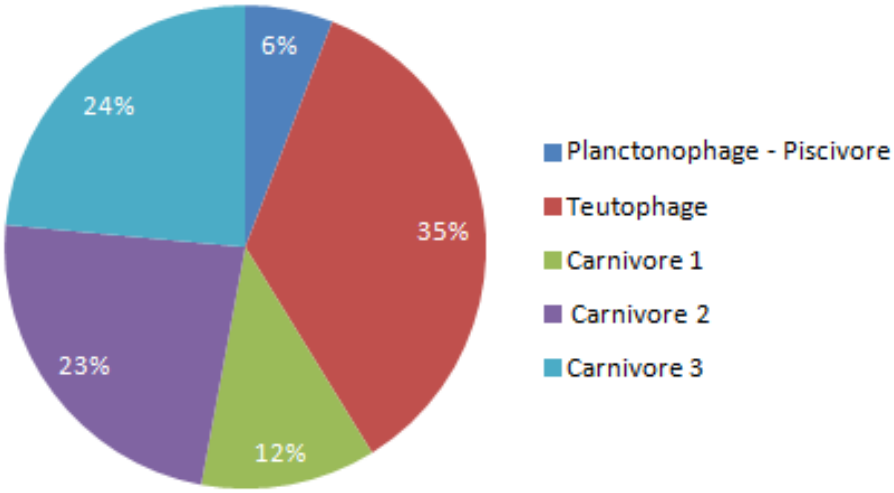


Figure 58. Structure trophique (théorique) par espèces de cétacés en Guadeloupe

La première catégorie concerne donc la baleine à bosse (6% des espèces), bien qu'*a priori*, cette espèce ne se nourrisse qu'exceptionnellement sur les aires de reproduction. Cependant, ce cas ne concerne peut-être pas les autres mysticètes, tels que *B. edeni* ou *B. acutorostrata* référéncés lors du survol aérien Exocet (Van Canneyt *et al.,* 2009).

La seconde catégorie concerne 6 espèces de cétacés ajustés à un régime préférentiellement teutophage (35% des taxons observés). Il s'agit du cachalot, du cachalot nain, du globicéphale tropical, du péponocéphale, de la baleine à bec de Cuvier et de celle de Gervais.

La troisième catégorie concerne les dauphins carnivores de rang 1 (12% des espèces recensées), incluant le dauphin tacheté de l'Atlantique et le dauphin tacheté pantropical.

La quatrième catégorie (carnivore 2) inclut le grand dauphin, le sténo, le dauphin de Fraser et le dauphin à long bec. Dans les carnivores 3, on trouve des espèces supra prédatrices, telles que l'orque, l'orque pygmée et vraissemblablement le pseudorque. Le dauphin de Clymène pourrait consommer des oiseaux marins selon la littérature de référence utilisée pour cette guilde théorique.

4.2.2. Associations « effectifs-catégories trophiques »

Les effectifs renseignés dans toutes les méthodes, ont été également répartis selon cette guilde trophique théorique (Fig.59).

Il apparaît que ce sont les carnivores 1 (C1) qui sont dominants à hauteur de 66% des effectifs moyens observés. Rappelons qu'en théorie les espèces associées à cette catégorie se nourrissent principalement de poissons (≤50%), de céphalopodes (≤50%), et potentiellement d'invertébrés benthiques.

Les carnivores 2 représentent 21% des effectifs moyens observés. Ils s'alimentent comme le groupe précédent mais dans des proportions plus importantes pour les poissons mésopélagiques, pélagiques et démersaux

L'espèce associée à la guilde PPI, comme indiqué précédemment, ne se nourrit probablement que très exceptionnellement dans les zones de reproduction. La proportion reste donc (dans cette étude) théorique aux baleines à bosse, bien qu'il ne faille nullement exclure d'autres espèces probables de mysticètes (tels que *B.edeni* ou *B. acutorostrata*), connues comme planctonophages ou piscivores.

En revanche, le très faible poids des effectifs des supra-prédateurs, classés en carnivores 3 (1%), pourrait suggérer que ces espèces ne trouvent pas suffisamment de ressources disponibles en zone côtière de l'archipel, si l'on considère les assertions présentées au chapitre I sur l'alimentation.

Les espèces dites teutophages préférentiellement, représentent 7% des effectifs observés en zone côtière de Guadeloupe. Cette catégorie est représentées par desd'espèces pouvant consommer principalement (mais pas nécessairement exclusivement) des céphalopodes dibranchiaux.

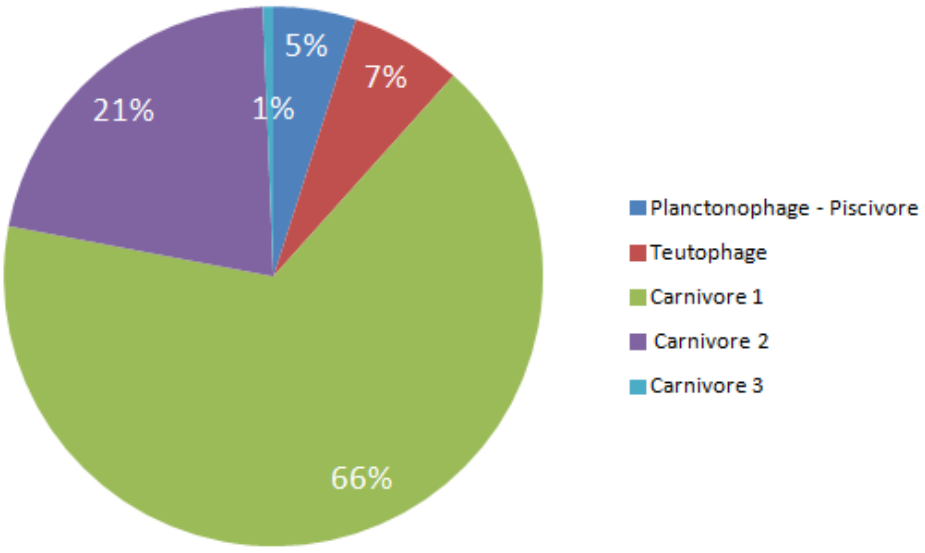


Figure 59. Structure trophique (théorique) par effectifs de cétacés en Guadeloupe

III. EXAMEN D'UN STATUT REGIONAL

La réconciliation de toutes les méthodes a permis de compléter certains descripteurs pour les espèces composant le peuplement de Guadeloupe avec trois jeux de données : issus de la méthode par transect, des recherches focales ainsi que l'ensemble des relevés pour le peuplement (Tab.59 et Tab.60). L'objectif est de pouvoir utilisercertains de ces descripteurs statistiques et leur variabilité pour suggérer une catégorisation des espèces en statut régional

Tableau 59. Synthèse des descripteurs synthétiques obtenus pour chaque espèce de dauphin composant le peuplement de cétacés de l'archipel de Guadeloupe

Sp.	M	*P.* (%)	*O.* (%)	*F.* (%)	*D.* (%)	E(s) Min	E(s) Max	CV%
Tt	*TB/LT*	62,5	20	9,05	13,23	3,95	10,89	101,3
	F	71,43	23,77	16,23	4,76	4,95	8,25	71,09
	Ensemble M	72,22	21,94	7,41	14,09	4,82	7,21	86,39
Sa	*TB/LT*	62,5	9,41	10,05	54,61	15,75	39,35	97,71
	OR,T,OT,RTE BAL	57,14	31,97	21,47	74,56	59,17	97,05	79,23
	Ensemble M	55,56	22,57	65,03	16,41	33,68	56,94	120,73
Sb	*TB/LT*	25	3,53	1,51	1,64	3,03	7,97	39,63
	OR,T,OT,RTE BAL	28,57	4,1	2,62	1,05	3,49	14,51	69,83
	Ensemble M	77,78	9,4	3,04	5,79	4,7	7,3	60,33
Lh	*TB/LT*	37,5	3,53	1,51	18,04	3,18	118,16	83,75
	OR,T,OT,RTE BAL	42,86	4,1	2,62	11,06	42,68	147,32	62,83
	Ensemble M	44,44	4,08	10,67	2,51	18,08	79,15	115,55
Gm	*TB/LT*	12,5	1,18	2,01	4,76	10,3	13,7	14,43
	OR,T,OT,RTE BAL	28,57	3,28	2,09	2,6	0,85	54,91	98,95
	Ensemble M	27,78	2,82	2,68	1,93	3,98	27,82	120,94
Fa	*TB/LT*	50	5,88	2,51	0,99	1,38	2,62	35,36
	OR,T,OT,RTE BAL	14,29	0,82	0,52	0,02	NA	NA	NA
	Ensemble M	22,22	1,88	0,19	1,16	1,23	2,44	41,06
Sf	*TB/LT*	25	2,35	1,01	0,69	2,52	4,48	19,92
	Ensemble M	22,22	1,57	0,52	0,97	1,85	10,55	79,96
Sl	*TB/LT*	12,5	1,18	0,5	0,45	NA	NA	NA
	Ensemble M	11,11	0,63	0,09	0,39	0,58	4,92	224,99
Pc	*TB/LT*	25	2,35	1,01	0,35	0,28	3,22	60,61
	OR,T,OT,RTE BAL	14,29	0,82	0,52	0,16	NA	NA	NA
	Ensemble M	16,67	0,94	0,18	0,58	NA	NA	NA
Pe	*TB/LT*	50	1,18	0,5	0,2	NA	NA	NA
	OR,T,OT,RTE BAL	14,29	0,82	0,52	0,58	NA	NA	NA
	Ensemble M	11,11	0,63	0,46	0,39	NA	NA	NA
Sc	*TB/LT*	12,5	1,18	0,5	0,64	NA	NA	NA
Oo	*Ensemble M*	11,11	0,63	0,15	0,39	1,56	7,44	47,14

LÉGENDE
Ensemble M signifie toutes méthodes confondues. *P* (%) : Taux de présence, soit le nombre d'années où l'espèce est présente par le nombre totales d'années considérées pour chaque méthode. *O*(%) : taux d'occurrence, soit le nombre de relevés où l'espèce est vue par le nombre total de relevés. *F* (%) : fréquence par proportion, soit le nombre d'observations de l'espèce divisée par le nombre totale d'observations. *D* (%) : dominance relative, soit les effectifs totaux de l'espèce divisés par les effectifs totaux toutes espèces confondues. E(s) min : taille de groupe moyenne minimale par espèce. E(s) max : taille de groupe moyenne maximale par espèce. CV% : coefficients de variation.

Tableau 60. Synthèse des descripteurs synthétiques obtenus pour les autres espèces composant le peuplement de cétacés de l'archipel de Guadeloupe

Sp.	M	*P.* (%)	*O.* (%)	*F.* (%)	*D.* (%)	E(s) Min	E(s) Max	CV%
Pm	*TB/LT*	62,5	11,76	7,54	3,42	1,22	3,38	92,89
	OR,T,OT,RTE BAL	57,14	24,59	28,27	2,77	1,71	2,69	82,73
	Ensemble M	38,89	17,24	3,06	16,22	1,77	2,55	84,1
Ks	*TB/LT*	50	5,88	2,51	1,68	1,72	5,08	11,28
	Ensemble M	22,22	2,19	0,34	1,35	1,49	4,22	64,47
Mn	*TB/LT*	62,5	35,29	44,22	14,82	1,48	1,92	61,76
	OR,T,OT,RTE BAL	71,43	22,95	22,51	2,34	1,99	2,69	50,22
	Ensemble M	38,89	25,39	4,9	29,34	1,74	2,08	56,14
Me	*TB/LT*	12,5	1,18	0,5	0,3	NA	NA	NA
	Ensemble M	5,56	0,63	0,08	0,39	1,52	3,48	28,28
Zc	*TB/LT*	12,5	1,18	0,5	0,1	NA	NA	NA
	Ensemble M	11,11	0,63	0,07	0,39	0,04	3,96	70,71

LÉGENDE
Ensemble M signifie toutes méthodes confondues. *P* (%) : Taux de présence, soit le nombre d'années où l'espèce est présente par le nombre totales d'années considérées pour chaque méthode. *O*(%) : taux d'occurrence, soit le nombre de relevés où l'espèce est vue par le nombre total de relevés. *F* (%) : fréquence par proportion, soit le nombre d'observations de l'espèce divisée par le nombre totale d'observations. *D* (%) : dominance relative, soit les effectifs totaux de l'espèce divisés par les effectifs totaux toutes espèces confondues. E(s) min : taille de groupe moyenne minimale par espèce. E(s) max : taille de groupe moyenne maximale par espèce. CV% : coefficients de variation.

1. Présence temporelle des espèces

Afin de renseigner un statut régional pour chaque espèce, le choix a été fait de se baser sur la présence et l'occurrence ajustées avec les saisons. Si l'on considère en premier lieu l'examen du taux de présence, le tableau 61 indique les saisons où l'espèce a été observée au moins une fois, toutes méthodes confondues.

Tableau 61. Présence avérée (n≥1) des espèces (2007-2011) dans l'archipel de Guadeloupe

	SS 2007	**SH 2007**	**SS 2008**	**SH 2008**	**SS 2009**	**SH 2009**	**SS 2010**	**SH 2010**	**SS 2011**
Sb		■	■	■	■	■	■	■	■
Tt	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sa	■		■	■	■	■	■	■	■
Pm	■		■		■	■	■	■	■
Mn	■		■	■	■	■	■		■
Lh		■	■		■	■	■	■	■
Sf	■				■	■	■		
Fa	■		■		■		■	■	
Gm			■				■	■	■
Ks		■	■				■		■
Pc			■		■		■		
Oo				■				■	
Sl	■				■				
Pe					■		■		
Zc					■		■		
Sc					■				
Me			■						

LÉGENDE
SS : saison sèche. SH : saison humide. La présence de l'espèce est notée par une case noircie.

Grâce à différentes sources de données, certaines espèces ont pu être documentées avant 2007 (Tab.62).

Tableau 62. Présence avérée (n≥1) des espèces (2000-2006) dans l'archipel de Guadeloupe

	SH 2000	**SH 2002**	**SS 2004**	**SH 2004**	**SH 2005**	**SS 2006**	**SH 2006**
Sa			■		■	■	
Sl							
Sf			■				
Sy							
Pm			■		■		
Tt				■	■	■	■
Gm						■	
Mn						■	
Lh			■				
Pe							
Fa							
Sb	■	■	■		■		■
Ks							
Pc							
Me							
Zc							
Oo							

LÉGENDE
SS : saison sèche. SH : saison humide. La présence de l'espèce est notée par une case noircie.

Compte tenu de l'ensemble des données décrites sur la composition faunistique et la revue temporelle des familles, genres ou espèces dans leur ensemble, une estimation d'un statut de présence dans la zone d'étude est proposée pour certains cétacés. Dans un premier temps, il est évalué en fonction du taux de présence de l'espèce par saison. Puis, il est révisé selon le nombre d'occurrences temporelles issues de toutes les observations visuelles, toutes méthodes confondues.

1.1. Classement des espèces par leur taux de présence

1.1.1. Taux de présence temporelle

Le taux de présence relative de chaque espèce (en %) pour chaque strate temporelle (année, saison et mois), a été calculé en fonction des valeurs indicatrices binaires de présence et absence (ou fausse absence).

Chaque taxon est considéré avec n≥1 sur :

- 5 années (de 2007-2011) ;
- 5 saisons sèches (de 2007 à 2011) ;
- 4 saisons humides (de 2007 à 2010) – sauf pour l'orque (en 2006 et en 2011)
- 12 mois en valeur absolue.

Le but est de déterminer un taux de présence relative comparable, dans le temps, entre les espèces observées en milieu marin côtier de l'archipel de Guadeloupe.

Le tableau 63 synthétise les valeurs obtenues.

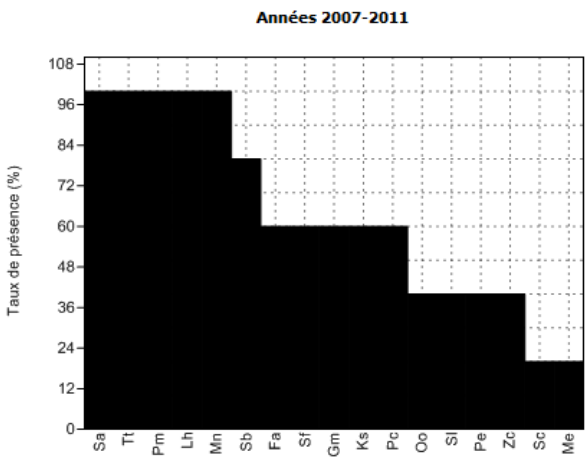
Tableau 63. Taux de présence relative (%) des espèces de cétacés (n≥1) pour 4 strates temporelles

	Années	Saisons sèches	Saisons humides	Mois
Sa	100,00	80,00	75,00	91,66
Tt	100,00	100,00	100,00	91,66
Pm	100,00	100,00	50,00	83,33
Lh	100,00	80,00	75,00	50,00
Mn	100,00	100,00	40,00	50,00
Sb	80,00	80,00	100,00	83,33
Fa	60,00	20,00	50,00	33,33
Sf	60,00	60,00	25,00	41,67
Gm	60,00	60,00	25,00	50,00
Ks	60,00	40,00	25,00	25,00
Pc	60,00	60,00	0,00	16,67
Oo	40,00	0,00	50,00	16,67
Sl	40,00	40,00	0,00	8,33
Pe	40,00	40,00	0,00	16,67
Zc	40,00	40,00	0,00	8,33
Sc	20,00	20,00	0,00	8,33
Me	20,00	20,00	0,00	16,67

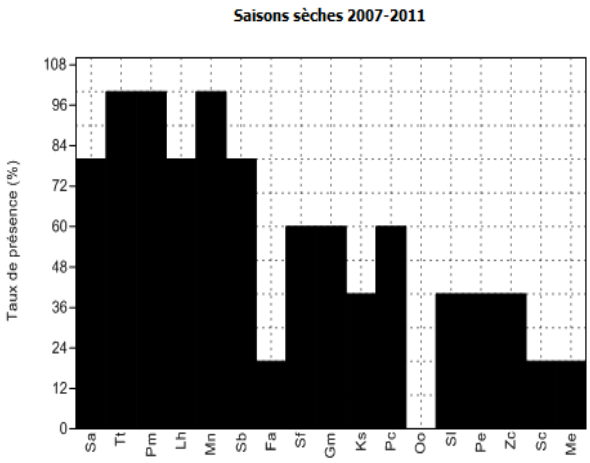
La première représentation du taux de présence temporel annualisé (Fig.60-a) met en évidence 4 grands groupes de cétacés : [*Sa, Tt, Pm, Lh, Mn et Sb*] ; [*Fa, Sf, Gm, Ks et Pc*] ; [*Oo, Sl, Pe et Zc*] et [*Me, Sc*].

La seconde représentation (Fig.60, b-c) propose de distinguer 5 grands groupes de cétacés pour la saison sèche : [*Tt, Pm, Mn*] ; [*Sa, Lh, Sb*] ; [*Sf, Gm, Pc*] ; [*Sl, Pe, Zc, Ks*] ; [*Fa, Me, Sc*] et [*Oo*] et 6 pour la saison humide : [*Tt, Sb*] ; [*Sa, Lh*] ; [*Pm, Fa, Oo*] ; [*Mn*] ; [*Sf, Gm, Ks*] et [*Pc, Sl,Pe, Zc, Sc, Me*].

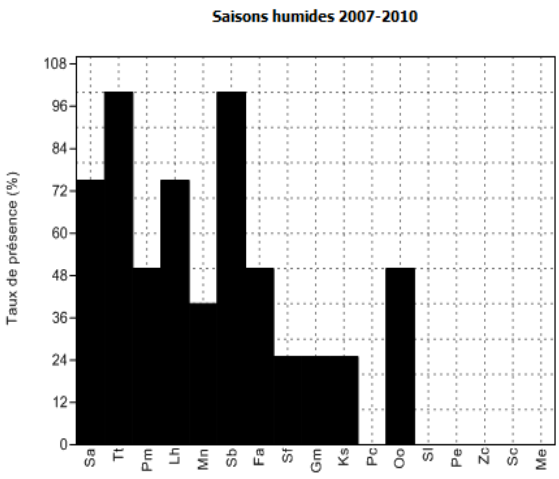
La troisième représentation (Fig.60-d) suggère de comparer 7 grands groupes de cétacés pour un taux de présence mensuelle : [*Tt, Sa*] ; [*Pm, Sb*] ; [*Lh, Gm, Mn*] ; [*Fa, Sf*] ; [*Ks*], [*Pc, Oo, Me, Pe*] et [*Sc, Sl et Zc*].



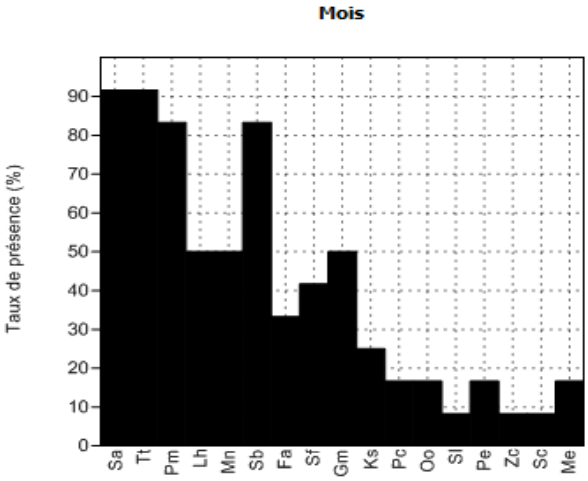
(a)



(b)



(c)



(d)

Figures 60-a, b, c, d. Taux de présence temporel (%) pour les cétacés composant le peuplement de l'archipel marin côtier de Guadeloupe

Si l'on examine un classement préliminaire des espèces selon une échelle des taux de présence, en suivant :

- Espèces résidentes : taux de présence sur les deux saisons ≥ 75 % ou présence mensuelle ≥75% ;
- Espèces semi-résidentes : taux de présence sur une seule saison ≥ 75 % ou présence mensuelle ≥50% ;
- Espèces temporaires : taux de présence sur une ou deux saisons compris entre ≥50% et <75% ou présence mensuelle [≥25% et <50%] ;
- Espèces occasionnelles : taux de présence sur une ou deux saisons ≥25% et <50% ou présence mensuelle [≥10% et <25%] ;
- Espèces rares : taux de présence sur une ou deux saisons <25 % ou présence mensuelle<10%.

Alors (Tab.64):

- Le grand dauphin, le sténo, le dauphin tacheté pantropical sont résidents, probablement présents en permanence dans l'archipel ;
- Le cachalot et le dauphin de Fraser sont résidents ou semi-résidents, soit présents de façon résidentielle sur la zone étudiée sur une saison au moins ;
- La baleine à bosse est semi-résidente ;
- Le globicéphale tropical est semi-résident ou temporaire (apparaissant de façon temporaire dans la zone étudiée ou de façon sporadique) ;
- L'orque pygmée et le dauphin tacheté de l'Atlantique sont temporaires ;
- Le cachalot nain, le pseudorque et l'orque sont temporaires ou occasionnels, avec une présence occasionnelle dans la zone d'étude ;
- Le dauphin à long bec et le péponocéphale sont occasionnels ;
- La baleine à bec de Cuvier et la baleine à bec de Gervais sont occasionnelles ou rares et,
- Le dauphin de Clymène serait rarement présent dans l'archipel.

Tableau 64. Estimation préliminaire d'un statut régional par espèce dans l'archipel de Guadeloupe

Sp.	Classement préliminaire d'un statut régional à partir du taux de présence (%)
Sa	Résident
Tt	Résident
Pm	Résident ou semi-résident
Lh	Résident ou semi-résident
Mn	Semi-résident
Sb	Résident
Fa	Temporaire
Sf	Temporaire
Gm	Temporaire ou semi-résident
Ks	Temporaire ou occasionnel
Pc	Temporaire ou occasionnel
Oo	Temporaire ou occasionnel
Sl	Occasionnel
Pe	Occasionnel
Zc	Occasionnel ou rare
Sc	Rare
Me	Occasionnel ou rare

1.1.2. Ajustement par le taux d'occurrence temporelle

L'analyse des positions de présence relative des espèces sur 4 strates temporelles permet uniquement de regrouper les espèces à partir de valeurs binaires (avec l'absence considérée comme vraie). Il est intéressant d'affiner ces tendances par le nombre d'occurrences réelles enregistrées par espèce pour les mêmes périodes car le taux d'occurrence indique une fréquence. Le tableau 65 indique les taux d'occurrence affectés selon les saisons.

Tableau 65. Taux d'occurrences saisonniers par espèce dans l'archipel de Guadeloupe sur 9 saisons

Sp.	SS 2007	SS 2008	SS 2009	SS 2010	SS 2011	SH 2007	SH 2008	SH 2009	SH 2010
Sa	25,00	11,43	25,00	20,62	9,52	0,00	8,33	36,84	36,36
Tt	12,50	14,29	19,23	19,59	21,43	37,50	41,67	21,05	18,18
Pm	12,50	14,29	9,62	20,62	9,52	0,00	0,00	21,05	18,18
Lh	0,00	2,86	1,92	6,19	2,38	12,50	0,00	5,26	4,55
Sb	0,00	14,29	7,69	4,12	2,38	25,00	33,33	5,26	4,55
Fa	12,50	2,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,09
Sf	12,50	0,00	1,92	1,03	0,00	0,00	0,00	5,26	0,00
Mn	12,50	25,71	23,08	22,68	40,48	0,00	8,33	5,26	0,00
Gm	0,00	2,86	1,92	2,06	4,76	0,00	0,00	0,00	4,55
Ks	0,00	2,86	0,00	0,00	7,14	25,00	0,00	0,00	0,00
Pc	0,00	2,86	1,92	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Oo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,33	0,00	4,55
Sl	12,50	0,00	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pe	0,00	0,00	1,92	1,03	2,38	0,00	0,00	0,00	0,00
Zc	0,00	0,00	1,92	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sc	0,00	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Me	0,00	5,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zii Ni	50,00	5,71	5,77	3,09	0,00	0,00	0,00	10,53	0,00

LÉGENDE
SS : saison sèche. SH : saison humide. Les données opportunistes avant 2007 ne sont pas intégrées dans ces taux d'occurrences.

Un test non paramétrique U de Mann-Whitney a été utilisé entre les taux d'occurrence totaux des saisons humides et sèches (TSS et TSH) afin de tester si la médiane des deux distributions est semblable. Le résultat indique qu'elles le sont avec une probabilité significative de p=0,762 (Monte-Carlo, p =0,7588). Les variances des deux séries de taux d'occurrence TSS et TSH sont respectivement de 73,97 et 63,53. La figure 61 présente les coordonnées des espèces selon deux axes X (SS) et Y (SH), projetées avec les taux d'occurrence calculés pour toutes les saisons SS et SH par espèce.

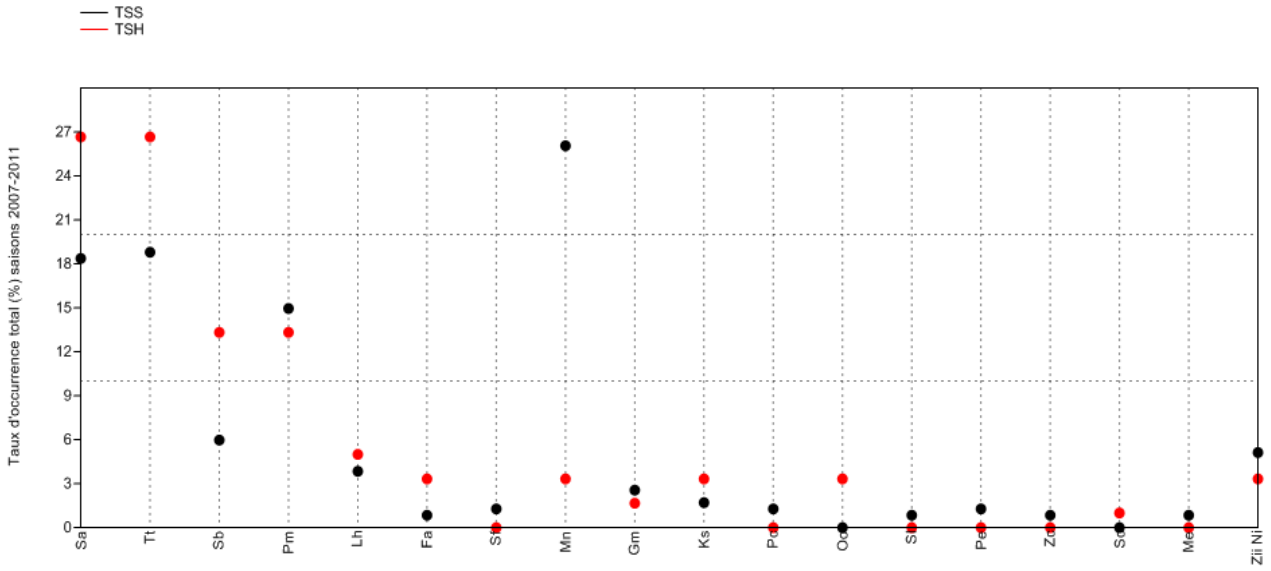


Figure 61. Représentation des taux d'occurrences totaux pour les saisons sèches et humides par espèce

LÉGENDE
TSS : taux d'occurrence total de l'espèce à partir de 5 saisons sèches (points noirs).
TSH : taux d'occurrence total de l'espèce à partir de 4 saisons humides (points rouges).

Dans cette figure, certaines espèces présentent un taux d'occurrence relativement stable pendant les 9 séries temporelles cumulant les 2 saisons. Il s'agit du dauphin de Fraser, du cachalot, du globicéphale tropical et du dauphin tacheté de l'Atlantique. Les espèces présentant le plus de distances intersaisons sont en premier, la baleine à bosse (ce qui se justifie par son cycle migratoire), puis les trois espèces considérées résidentes par leur taux de présence relative, soit le dauphin tacheté pantropical, le grand dauphin et le sténo avec pour ces 3 taxons des taux d'occurrence supérieurs en saison humide. L'orque pygmée est distinctement plus occurrente en saison humide. Cette tendance concerne également le cachalot nain. La famille des baleines à bec NI apparaît relativement occurrente, ce qui pourrait modifier quelque peu les statuts des deux espèces discriminées.

Les variations intersaisons des taux d'occurrence sont liées à la la variabilité des relevés entre la saison sèche et la saison humide. Il apparaît donc utile d'étudier ces taux d'occurrence pour chaque saison pour pouvoir comparer les espèces entre elles (Fig.62-a, b).

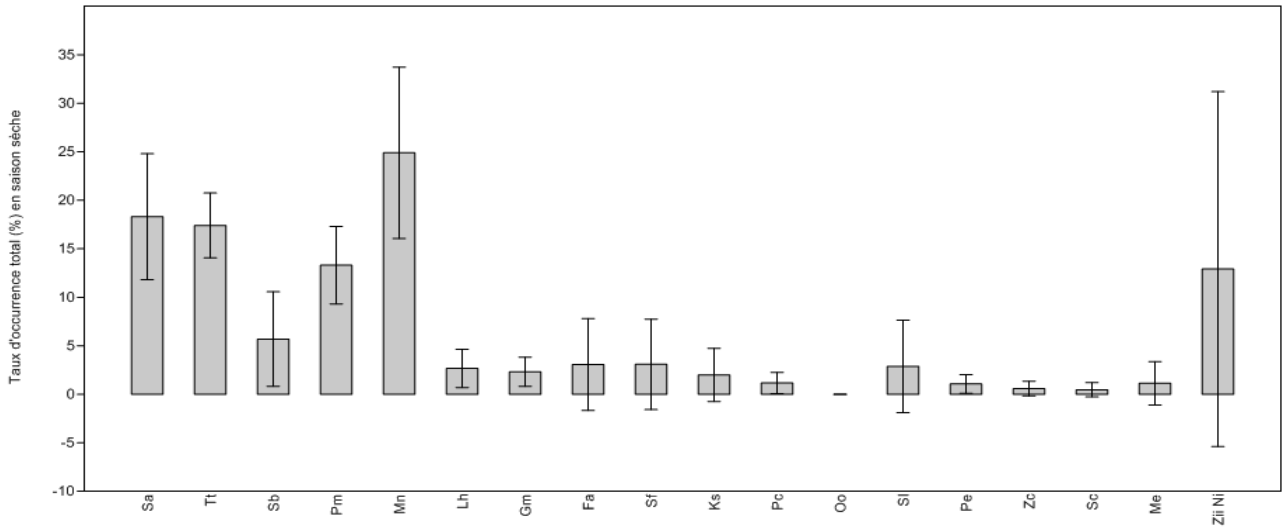


Fig 62-a. Diagramme de Tukey des taux d'occurrences totaux en saison sèche (erreur standard à 95% de degré de confiance entre les deux quartiles extrêmes).

Cinq grands groupes sont proches dans cette analyse en saison sèche : premièrement, un groupe formé de 2 taxons/famille paires ([*Sa, Tt*] et [*Pm, Zii Ni*]) ; un second, soit (*Fa, Sf, Sl*), un troisième (*Me, Pe, Pc*), un quatrième proche (*Gm, Lh et Ks*) et un dernier (*Zc, Sc*). Deux espèces restent isolées [*Oo ou Mn*].

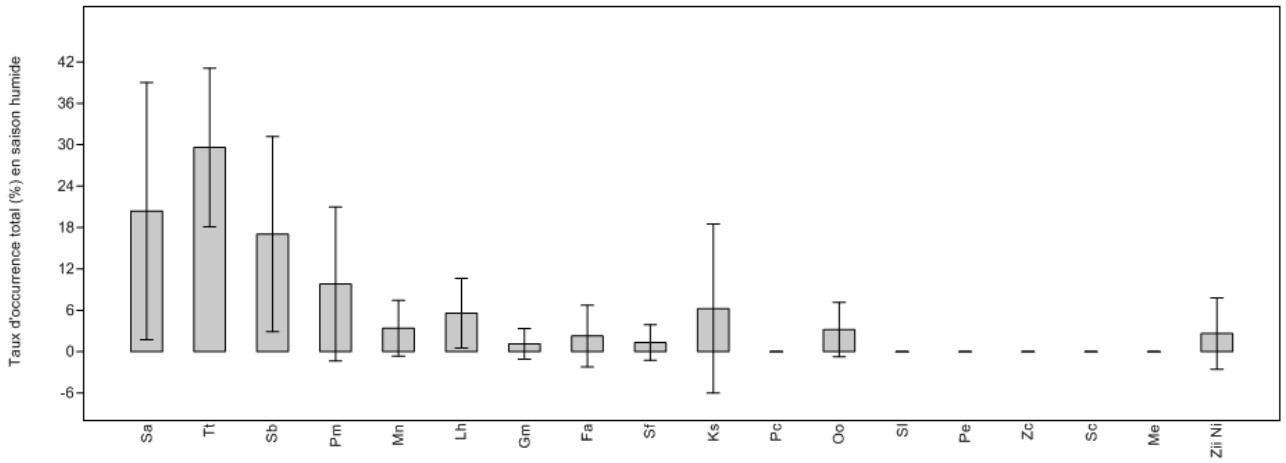


Fig 62-b. Diagramme de Tukey des taux d'occurrences totaux en saison humide (erreur standard à 95% de degré de confiance entre les deux quartiles extrêmes).

Quatre groupes sont proches dans cette analyse en saison humide : un groupe (*Sa, Sb*), un second (*Gm, Sf*), un troisième (*Oo, Mn*) et (*Ks, Lh*). Toutes les autres valeurs isolent une espèce [*Oo ou Tt*].

1.1.2.1. Occurrences intersaisonnières des espèces résidentes

Parmi ces groupements en saison sèche et humide, on retrouve des liens avec le classement proposé par le taux de présence. Ainsi, les espèces préliminairement considérées résidentes, soit *Sa, Tt* et *Sb* apparaissent sur les deux saisons avec des taux d'occurrence compris entre [14,9 et 25] en saison sèche et entre [0 à 36,84] en saison humide (Tab.66).

A partir de leur taux d'occurrence moyen saisonnier, le dauphin tacheté pantropical, le sténo et le grand dauphin sont plus occurrents en saison humide.

Tableau 66. Analyse des valeurs d'occurrences intersaisons pour les espèces « résidentes »

Saisons sèches							
Sp.	N (SS)	Min	Max	Moy.	Erreur-type	Variance	Ecart-Type
Sa	5	9,52	25	18,314	3,312	54,862	7,407
Tt	5	12,5	21,43	17,408	1,704	14,517	3,810
Sb	5	0	14,29	5,696	2,488	30,939	5,562
Saisons humides							
Sp.	N (SH)	Min	Max	Moy.	Erreur-type	Variance	Ecart-Type
Sa	4	0	36,84	20,383	9,517	362,280	19,034
Tt	4	18,18	41,67	29,600	5,857	137,205	11,713
Sb	4	4,55	33,33	17,035	7,208	207,831	14,416

LÉGENDE
Sp. : espèce de cétacé. N(SS) : nombre de saisons sèches. N(SH) : nombre de saisons humides. Min : taux d'occurrence minimal sur l'ensemble des saisons sèches ou humides. Max : taux d'occurrence minimal sur l'ensemble des saisons sèches ou humides. Moy : taux d'occurence moyen sur l'ensemble des saisons sèches ou humides. Variance et écart-type sur occurrences inter saisons sèches ou saison humides.

Si on analyse l'évolution saisonnière du taux d'occurrence (Fig.63) pour ces 3 espèces (dauphin tacheté pantropical, grand dauphin et sténo), on constate qu'à partir de SS 2008, les taxons sont vus durant chaque saison. Bien qu'il faille rappeler que dans cette analyse, les méthodes ayant généré ces taux d'occurrence sont considérées additives et donc comparables à l'échelle du relevé, les résultats obtenus sur cet axe temporel tendent à confirmer leur statut de résidence permanente. La variabilité dans l'évolution de ces valeurs peut s'expliquer, d'une part par l'intensité des méthodes employées et d'autre part, la représentativité des zones échantillonnées.

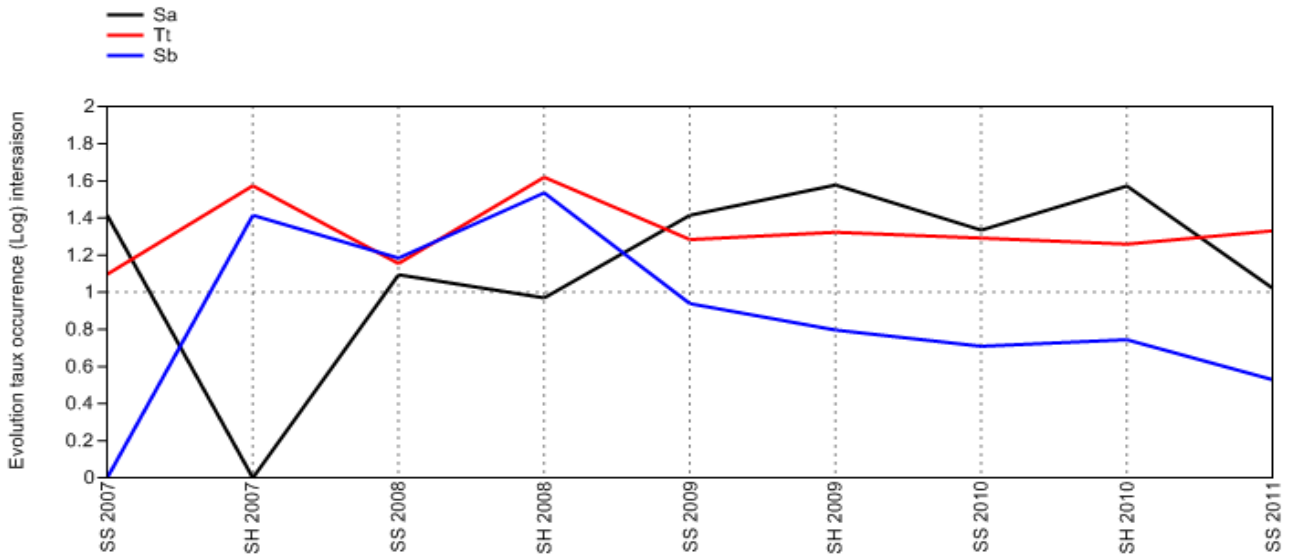


Figure 63. Courbes d'évolution des taux d'occurrence (Log) pour les espèces résidentes

LÉGENDE
SS : saison sèche. SH: saison humide.

1.1.2.2. Occurrences intersaisonnières des espèces résidentes

Dans la catégorie « semi-résidente », la baleine à bosse est l'espèce la plus fréquente en saison sèche (Tab.67).

Tableau 67. Analyse des valeurs d'occurrences intersaisons pour les espèces « semi-résidentes »

Saison Sèche							
Sp.	N (SS)	Min	Max	Moy.	Erreur-type	Variance	Ecart-Type
Pm	5	9,52	20,62	13,31	2,038	20,758	4,556
Mn	5	12,5	40,48	24,89	4,502	101,348	10,067
Lh	5	0	6,19	2,67	1,005	5,051	2,247
Gm	5	0	4,76	2,32	0,770	2,964	1,722
Saison Humide							
Sp.	N (SH)	Min	Max	Moy.	Erreur-type	Variance	Ecart-Type
Pm	4	0	21,050	9,808	5,693	129,622	11,385
Mn	4	0	8,330	3,398	2,059	16,961	4,118
Lh	4	0	12,500	5,578	2,585	26,729	5,170
Gm	4	0	4,550	1,138	1,138	5,176	2,275

LÉGENDE
Sp. : espèce de cétacé. N(SS) : nombre de saisons sèches. N(SH) : nombre de saisons humides. Min : taux d'occurrence minimal sur l'ensemble des saisons sèches ou humides. Max : taux d'occurrence minimal sur l'ensemble des saisons sèches ou humides. Moy : taux d'occurence moyen sur l'ensemble des saisons sèches ou humides. Variance et écart-type sur occurrences inter saisons sèches ou saison humides.

Concernant les cachalots, l'espèce apparait plus fréquente en saison sèche qu'en saison humide, avec une moyenne respective de 13,31 (%CV 34,22) pour la première saison et de 9,80 (%CV 116,12) pour la seconde saison.

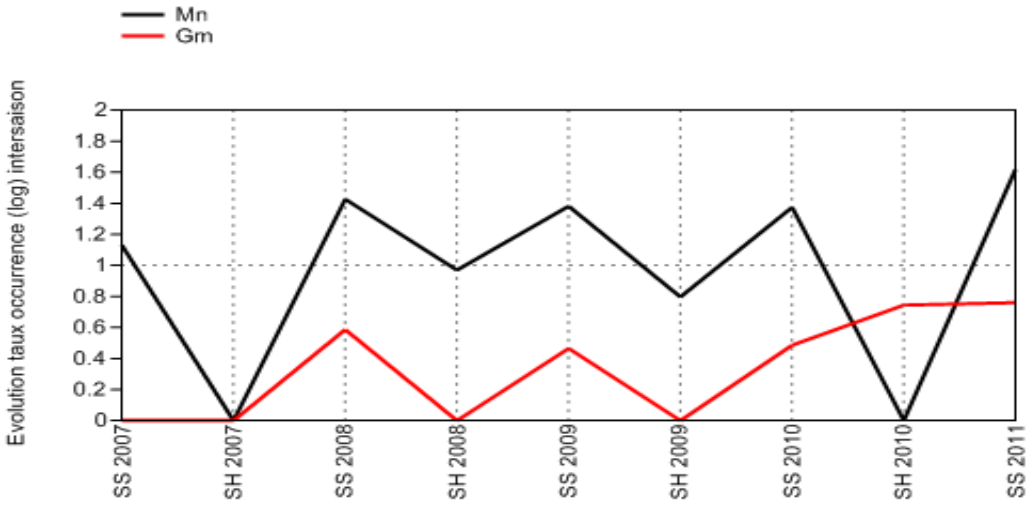
Cette importante variabilité en saison humide pourrait être expliquée par le choix et l'intensité de l'effort sur les zones échantillonnées. De ce fait, si l'on considère la figure 64-a, on note qu'à partir de SS 2009 l'espèce passe du statut semi-résidente au statut « résidente régulière». Rappelons que leurs effectifs restent à peu près stables entre les deux strates temporelles de référence. Les moyennes trouvées uniquement sur les saisons humides 2009 et 2010, indiquent pour ces deux séries un taux de 19,61 (%CV 10,30) et au total des saisons, une moyenne d'occurrence pour le cachalot d'environ 15,79 (%CV 36,60).

Si l'on analyse maintenant les statuts respectifs du dauphin de Fraser, une ambigüité du même niveau apparaît. En effet, si l'occurrence moyenne de la première espèce est plus élevée en saison humide (cf.Tab.67), l'influence des choix d'échantillonnage n'en demeure pas moins importante. Cela est signifié dans la courbe d'évolution figure 64-a, indiquant qu'aux mêmes périodes que le cachalot, cette espèce a été observée régulièrement et de façon continue dans l'archipel. Cela pourrait lui conférer un statut de résident.

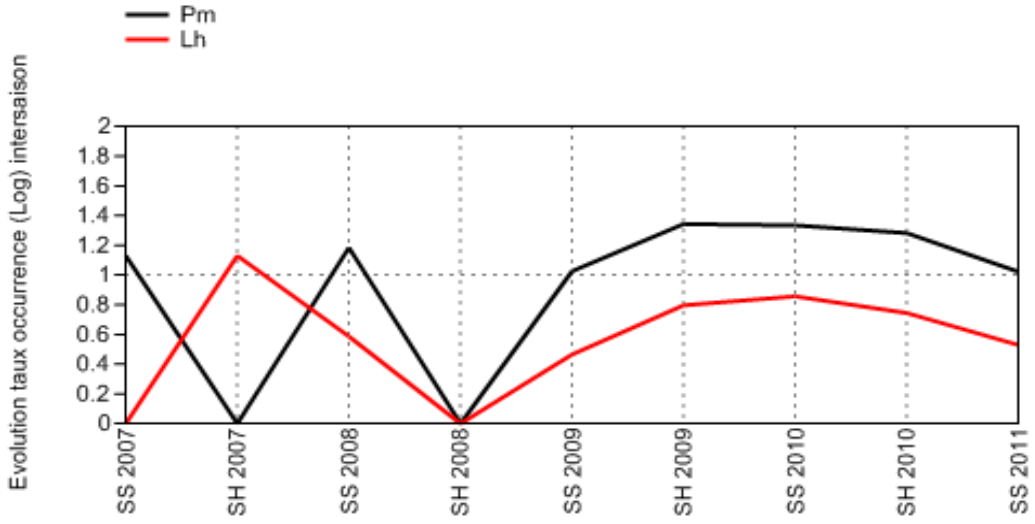
Afin de tendre vers une stabilisation de ce statut, la moyenne de toutes les saisons et saisons humides excluant SH 2008 (données opportunistes uniquement) a été calculée. Il en ressort que le dauphin de Fraser serait résident régulier, avec une occurrence plus marquée en saison humide (7,43 en moyenne, %CV 59). La figure 64-a indique cette tendance, sauf en saison sèche 2007 et en saison humide 2008.

Concernant le globicéphale tropical, les mêmes informations ont été vérifiées en incluant les biais d'échantillonnage des saisons humides 2007 et 2008.

En dépit de ce réajustement, le statut du globicéphale reste instable avec une dichotomie entre [SS 2007-SH 2008] et [SS 2009-SS 2011], comme en témoigne la figure 64-b. Ce dernier présente un statut de « semi-résidence » avec un taux d'occurrence marqué en saison sèche jusqu'en 2010, où il est observé sur une seule saison humide (données opportunistes).



(a)



(b)

Figures 64 –a, b. Courbes d'évolution des taux d'occurrence (Log) pour les espèces semi- résidentes

1.1.2.3. Occurrences intersaisonnières des espèces temporaires ou occasionnelles

Pour les espèces temporaires ou occasionnelles, le même niveau d'analyse a été mené (Tab.68). Rappelons que ce statut préliminaire concerne l'orque pygmée et le dauphin tacheté de l'Atlantique pour les espèces temporaires et, le cachalot nain, le pseudorque et l'orque pour les espèces situées entre le statut temporaire ou le statut occasionnel.

Tableau 68. Analyse des valeurs d'occurrences intersaisons pour les espèces « temporaires ou occasionnelles »

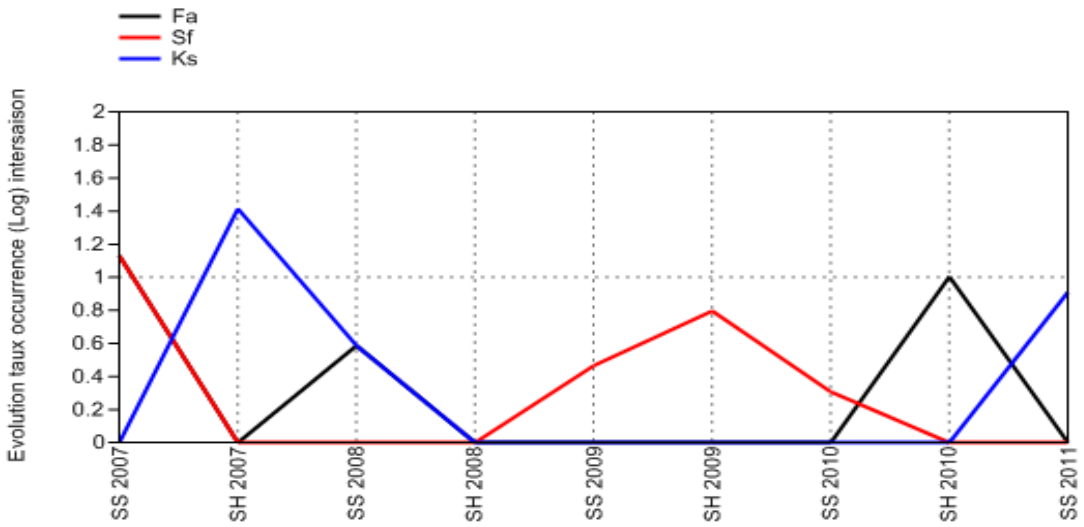
Saison Sèche							
Sp,	N (SS)	Min	Max	Moy,	Erreur-type	Variance	Ecart-Type
Fa	5	0	12,5	3,072	2,421	29,311	5,414
Sf	5	0	12,5	3,090	2,380	28,314	5,321
Ks	5	0	7,14	2,000	1,399	9,790	3,129
Pc	5	0	2,86	1,162	0,556	1,544	1,243
Oo	5	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Saison Humide							
Sp,	N (SH)	Min	Max	Moy,	Erreur-type	Variance	Ecart-Type
Fa	4	0	9,09	2,273	2,273	20,657	4,545
Sf	4	0	5,26	1,315	1,315	6,917	2,630
Ks	4	0	25	6,250	6,250	156,250	12,500
Pc	4	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000
Oo	4	0	8,33	3,220	2,013	16,206	4,026

LÉGENDE
Sp. : espèce de cétacé. N(SS) : nombre de saisons sèches. N(SH) : nombre de saisons humides. Min : taux d'occurrence minimal sur l'ensemble des saisons sèches ou humides. Max : taux d'occurrence minimal sur l'ensemble des saisons sèches ou humides. Moy : taux d'occurence moyen sur l'ensemble des saisons sèches ou humides. Variance et écart-type sur occurrences inter saisons sèches ou saison humides.

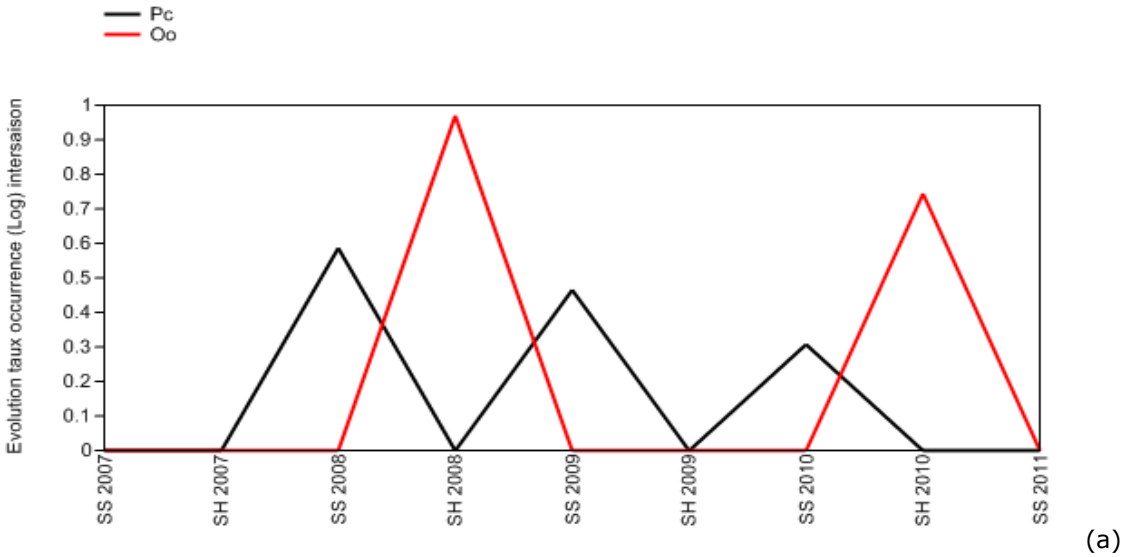
A partir des taux d'occurrence moyens, on peut noter que le dauphin tacheté de l'Atlantique, l'orque pygmée et le cachalot nain peuvent être occurrents sur les deux saisons, avec une plus forte moyenne pour le cachalot nain en saison humide et une variabilité intersaison très élevée (moyenne : 3,64, variance : 55,24). Parmi ces 3 espèces, le dauphin tacheté de l'Atlantique et le cachalot nain ont des occurrences discontinues sur 3 saisons et l'orque pygmée sur 2 saisons, espacées de 2 années.

Cela tend à confirmer une présence temporaire ou occasionnelle dans l'archipel de Guadeloupe, car contrairement au globicéphale, les occurrences n'intègrent pas la notion de continuité, comme cela est visualisable sur la figure (Fig.65-a). Compte tenu des taux d'occurrence pour l'orque et le pseudorque, espèces occurrentes de façon opposée en saison sèche ou humide, il semble clair que leur présence est temporaire dans la zone d'étude côtière. La figure 65-b indique que le pseudorque a été observé sur 3 saisons sèches successives, ce qui peut suggérer que l'espèce effectue des cycles de présence en cette saison vers la zone côtière.

Les autres espèces sont catégorisées occasionnelles (ex. péponocéphale).



(a)



(a)

(b)

Figures 65-a, b. Courbes d'évolution des taux d'occurrence (Log) pour les espèces « temporaires ou occasionnelles »

1.1.2.4. Occurrences intersaisonnières des espèces occasionnelles à rares

Le dauphin de Clymène est positionné en espèce rare et le dauphin à long bec a rejoint cette catégorie. Concernant les baleines à bec, un traitement des taux d'occurrences de la famille, soit Zii NI a été intégré, ce qui ne prend un sens que dans l'analyse du statut de cette famille.Les taux d'occurrences des deux espèces de baleines à bec confirmées, la baleine à bec de Cuvier et celle de Gervais, indiquent qu'en saison sèche les deux taxons sont rares, tandis que la famille d'espèces de baleines à bec non reconnues reste plutôt occasionnelle, voire temporaire. Ainsi, 4 saisons ont été enregistrées avec des occurrences de baleines à bec en saison sèche et, de façon plus anecdotique, 1 en saison humide (Tab.69).

Cela implique qu'en l'état actuel, le classement ferme de la baleine à bec de Cuvier en « statut rare » pourrait être inexact, bien que dans ce travail, il ne soit pas possible de prouver que les autres baleines à bec détectées, appartiennent à ce taxon.

Tableau 69. Analyse des valeurs d'occurrences intersaisons pour les baleines à bec « occasionnelles à rares »

Saison Sèche							
Sp,	N (SS)	Min	Max	Moy,	Erreur-type	Variance	Ecart-Type
Me	5	0	5,710	1,142	1,142	6,521	2,554
Zc	5	0	1,920	0,590	0,388	0,752	0,867
Zii Ni	5	0	50,000	12,914	9,332	435,397	20,866
Saison Humide							
Sp,	N (SH)	Min	Max	Moy,	Erreur-type	Variance	Ecart-Type
Me	4	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Zc	4	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Zii Ni	4	0	10,530	2,633	2,633	27,720	5,265

LÉGENDE
Sp. : espèce de cétacé. N(SS) : nombre de saisons sèches. N(SH) : nombre de saisons humides. Min : taux d'occurrence minimal sur l'ensemble des saisons sèches ou humides. Max : taux d'occurrence minimal sur l'ensemble des saisons sèches ou humides. Moy : taux d'occurence moyen sur l'ensemble des saisons sèches ou humides. Variance et écart-type sur occurrences inter saisons sèches ou saison humides.

Compte tenu des analyses réalisées sur les taux d'occurrence, un réajustement des statuts régionaux des 17 espèces composant le peuplement de Guadeloupe est proposé dans le tableau 70.

Tableau 70. Examen d'un statut régional par espèce réajusté des taux d'occurrence

.	Catégorisation ajustée d'un statut régional à partir le taux d'occurrence
Sa	Résident permanent
Tt	Résident permanent
Pm	Résident régulier
Lh	Résident régulier
Mn	Semi-résident
Sb	Résident permanent
Fa	Temporaire
Sf	Temporaire
Gm	Semi-résident temporaire
Ks	Occasionnel
Pc	Temporaire
Oo	Temporaire à rare
Sl	Occasionnel à Rare
Pe	Occasionnel à rare
Zc	Occasionnel à Rare
Sc	Rare
Me	Rare

2. Présentation des statuts régionaux

La catégorisation des espèces composant le peuplement de Guadeloupe a pour but de positionner les espèces entre elles. En effet, les taux de présence ou d'occurrence de certaines espèces sur les strates saisonnières sont indicateurs de possibles relations interspécifiques opérables sur le terrain ou de la délimitation territoriale en zone côtière entre ces mêmes espèces. L'analyse spatiale sera menée sur les mêmes jeux de données en ce sens, au moins pour les méthodes ayant généré des géolocalisations. Ainsi, l'orque apparait peu en zone côtière et uniquement en saison humide. Certaines espèces pélagiques ont des distances trophiques proches, sur des saisons similaires, malgré de grandes distances taxonomiques. Cela est le cas du pseudorque et de la baleine à bec de Cuvier, espèces dont la présence est commune en saison sèche et regroupée uniquement sur avril et mars. Bien que ces résultats soient uniquement indicateurs d'un statut à l'intérieur de la zone d'étude, ils permettent à ce stade de suggérerdes groupements d'espèces.

2.1. Espèces résidentes en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe

Les espèces considérées résidentes selon cette première échelle de catégorisation sont le dauphin tacheté pantropical (*S. attenuata*), le grand dauphin (*T. truncatus*), le sténo (*S. bredanensis)* et le dauphin de Fraser *(L. hosei).* A l'intérieur de cette classification, des nuances liées au caractère pélagique ou côtier des espèces peuvent être apportées, entre les résidents permanents et les résidents réguliers.

Le grand dauphin est observé tout au long de l'année et occurrent au moins une fois sur tous les mois composant une année de référence, ce qui suggère que la présence de l'espèce peut-être permanente sur certains sites étudiés. Certains individus sont pour partie les mêmes au cours des saisons et présentent probablement un certain niveau de fidélité à l'archipel depuis quelques années. Il faut indiquer ici que deux morphotypes probables de l'espèce (côtier et cosmopolite) chez le grand dauphin (*T. truncatus*) sont suggérés dans notre étude.

Sur les deux sous-espèces prétendues dans la littérature pour cette espèce pantropicale, l'une, *S. attenuata attenuata*, évoluerait préférentiellement au large des côtes des eaux océaniques tropicales (Perrin, 2002), tandis que la seconde, *S. attenuata graffmani*, étudiée initialement sous cette forme dans le Pacifique-est, puis le long de la côte d'Amérique latine entre le Mexique et le Pérou, serait observée plutôt dans une bande côtière d'environ 200 km de large.

Dans cette étude, le dauphin de Fraser ou le sténo, sont résidents de 75 à 100% au niveau du taux de présence saisonnière dans cette étude. Pourtant, le dauphin de Fraser n'a pas été observé tous les mois de l'année. Cela suggère que ces espèces reconnues pélagiques pourraient utiliser la zone de référence pour une résidence régulière pour le dauphin de Fraser et permanente pour le steno rostré (84% de présence mensuelle).

Les travaux de recherche dans le monde sur ces deux espèces de delphinidés sont encore peu documentés quant à leur type d'habitat. Il est initialement admis que le sténo est pélagique, évoluant préférentiellement au large (Maigret, 1994, Baird, 2008b) bien que Ritter *et al*. (2002) aient indiqué des moyennes de présence à proximité des côtes et dans des profondeurs moyennes dans les îles Canaries.

Il en est de même pour l'espèce pantropicale, le dauphin de Fraser, qui bien que reconnue pour occuper des espaces plutôt hauturiers à de grandes profondeurs, a été également observée très proche de côtes, mais toujours dans une topographie avec des bathymétries importantes, comme dans les Petites Antilles (Mignucci *et al.,* 1999 ; Dolar, 2009). La zone d'étude considérée est également, en partie, dans cette configuration.

2.2. Espèces semi-résidentes en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe

Le cachalot apparaît dans le premier classement préliminaire comme espèce semi-résidente temporaire. Il est ainsi observé durant toutes les années de référence de cette étude, pendant toutes les saisons sèches. De plus, on peut l'observer sur une grande partie des mois de l'année. La nuance entre le statut de résidence et celui de semi-résidence vient de la proportion de présence en saison humide qui peut être expliquée de deux façons.

Premièrement, le choix des zones prospectées en saison humide influence de façon significative la notation de présence de l'espèce. Durant plusieurs études sur les cachalots principalement à l'île de la Dominique, il a été montré que les cachalots se déplacent tout au long essentiellement des côtes-sous-le-vent, des îles Grenadines jusqu'en Guadeloupe (Watkins *et al.,* 1980, Watkins et Moore, 1982). Sur les 3 saisons humides considérées dans cette étude, seulement 2 (SH 2009 et SH 2010) ont intégré la prospection géographique de la côte-sous-le-vent de l'archipel. Dans les deux cas, l'espèce a été observée.

Deuxièmement, le cycle biologique et les comportements vitaux pour cette espèce, peuvent motiver certains déplacements pouvant expliquer la différence d'observations entre saison sèche et saison humide. D'une part, Boisseau *et al.,* (2000) suggèrent que les populations se déplacent pour certains individus entre les îles de façon variable dans la Caraïbe. Gero *et al.* (2007) montrent qu'au moins 194 cachalots identifiés évoluent entre la Dominique, la Guadeloupe, Grenade, Sainte Lucie et la Martinique avec un niveau de fidélité à cette zone pour certains groupes sociaux pouvant avoisiner 11 ans. Il indique dans ses travaux que 25 individus inclus dans des groupes de type « nurseries » (soit mères, juvéniles immatures) ont été ré-observés aux alentours de la Guadeloupe, bien que deux autres individus aient été revus dans des îles non adjacentes.

Cela suggère deux points importants : d'une part que cette espèce peut être résidente temporairement entre la zone d'étude et les îles proches, et d'autre part que l'espèce peut effectuer de grands déplacements selon des motivations essentiellement alimentaires, comme cela est montré par plusieurs auteurs (Reeves et Whitehead, 1997, Whitehead *et al.,* 2003, Rendell et Whitehead, 2004). A ce stade de l'analyse de présence, il n'est pas possible d'indiquer si cette semi-présence en saison humide est affectable plutôt aux choix des aires prospectées (spatial) ou plutôt à la période (temps), compte tenu que les éléments trophiques réels (proies clefs) sont inconnus pour la Guadeloupe. Cette dernière remarque indique que le statut de résidence régulière n'est pas à exclure selon l'étude des résultats suivants dans ce travail.

Concernant la baleine à bosse, le statut régional est à pondérer des résultats sur les déplacements à l'intérieur de l'archipel suggéré pour un individu. En effet, à ce stade, la présence prouvée de l'espèce tout au long de la saison sèche n'indique nullement que les individus composant cette population sont les mêmes tout au long des périodes considérées (année, saison et mois).

Cela suggère que l'examen d'une période de « résidence temporaire » est à envisager. Cela revient à distinguer le statut pour l'espèce et celui pour l'individu.

2.3. Espèces temporaires en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe

Les espèces temporaires sont actuellement celles dont le statut reste le plus instable dans ce travail. En effet, cet examen inclut 5 espèces dont deux ont été vues sur une seule saison dans les observations de cette étude.

Parmi les espèces temporaires dans l'archipel de Guadeloupe, le dauphin tacheté de l'Atlantique, *S. frontalis* et le globicéphale tropical, *G. macrorhynchus*, sont observées principalement en saison sèche, mais également dans une moindre mesure en saison humide. C'est l'inverse pour l'orque pygmée (*F. attenuata*), plutôt occurrente en saison humide. De part la variabilité deséchantillonnage (temps et espace) pour cette saison, certaines valeurs pourront être réexaminées sur l'équilibre du taux de présence intersaison. Globalement, les trois espèces ont été observées au moins une fois sur 3 années de référence parmi les 5 principales analysées pour cette étude.

L'orque pygmée est très difficile à approcher et fuit systématiquement les plateformes, à grande vitesse (estimée à environ 30km/h par certains auteurs), ce qui a été rapporté également par ailleurs par Cawardine (1995). Ces situations furent semblables à tous ces points dans les travaux menés en Guadeloupe. Cela implique qu'il ne doit pas être exclu que l'espèce ne soit pas détectée en surface à une distance appréciable par un observateur et que par ailleurs, en cas de détection, il n'est pas aisé d'associer une description fine sur la composition sociale ou les comportements vitaux de cette espèce. *F. attenuata* est une espèce tropicale à sub-tropicale. Elle est classée comme vue quasiment tout au long de l'année dans au moins trois endroits dans le monde : le Sri Lanka, Hawaï et Saint-Vincent dans les Antilles (Ross et Leatherwood, 1994), suggérant ainsi un possible statut de résidence régionalement. Sachant que l'espèce n'est pas connue pour être migratrice, et que les mois constatés de présence ne sont pas continus et plutôt représentatifs en saison humide, son statut est pour le moment affecté à « temporaire » en Guadeloupe.

Concernant le dauphin tacheté de l'Atlantique, c'est un dauphin océanique pélagique, sensé évoluer plutôt en eaux profondes, bien que Davis *et al*. (1998) aient documenté des occurrences suggérant un statut de résidence dans la partie ouest du Golfe du Mexique avec une récurrence à l'intérieur de l'isobathe 250. Une population de cette espèce est également considérée résidente autour des îles Hawaï. Les différentes informations sur cette espèce indiquent qu'elle peut être résidente ou migratrice, avec de fortes variabilités temporelles de densités, comme celles constatées en Floride par Griffin et Griffin (2004). Observée durant les deux saisons en Guadeloupe, avec une présence plus importante en saison sèche, cette espèce est actuellement classée en espèce temporaire avec des mois de référence plus favorables à son observation en saison sèche. Elle a été observée dans ces périodes mélangée à des groupes de grands dauphins (*T. truncatus*).

Le résultat pour le globicéphale tropical indique qu'il est plutôt présent en saison sèche et vu sur 6 mois en particulier dans l'année dont 5 en saison sèche. Evoluant en eaux chaudes à tropicales, le globicéphale tropical est considéré comme une espèce plutôt nomade, sans migrations clairement définies, outre celles liées aux migrations des espèces teutides.

Néanmoins, certains groupes ont été indiqués résidents autour des îles dans le détroit de Gibraltar où l'espèce a été classée « résidente saisonnière » par Verborgh *et al.* (2009) ou àHawaï (Mahaffy, thèse 2012). L'auteur indique qu'autour d'Hawaï, 68% des individus de cette espèce ont été ré-observés plus d'une fois et 55,8% sur plus d'une année.

Deux autres espèces sont classées temporaires. Il s'agit du pseudorque (*P. crassidens*) et de l'orque (*O. orca*). Le pseudorque a été vu sur trois années avec une présence regroupée en mars et en avril en saison sèche. Les migrations pour cette espèce typiquement océanique sont actuellement assez peu documentées. C'est dans la région d'Hawaï, qu'une population a été particulièrement bien étudiée. Il est ainsi indiqué que certains individus pourraient être fidèles à certains sites de cette île avec un taux de ré-observation moyen de certains individus d'environ 77% (Baird *et al.,* 2008a). Cette population considérée côtière, a été génétiquement distinguée par ailleurs des autres populations pélagiques pouvant être observées autour d'Hawaï par des différences significatives par analyse de l'ADN mitochondrial (Chivers *et al.,* 2007). Les auteurs montrent également que si l'espèce peut se rapprocher des côtes à l'intérieur de l'isobathe 200 (jusqu'à moins de 50 m), elle est majoritairement vue sur des eaux très profondes, supérieures à 4000 m avec des similarités en termes d'habitats et de profondeurs qu'il s'agisse de la côte-au-vent ou de la côte-sous-le-vent (Forney *et al.,* 2010). Le peu d'observations (n=3) obtenues dans l'archipel de Guadeloupe ne permet pas actuellement de stabiliser un statut régional, sauf arbitrairement vers une présence temporaire.

Concernant l'orque, seules 2 observations et uniquement de femelles sont indiquées en zone côtière dans ce jeu de données. Cela exclut deux informations opportunistes indiquées sur la présence de l'espèce par certains pêcheurs en côte ouest de Marie-Galante, mais non documentées. Cette espèce est probablement la plus cosmopolite de toutes et il est rapporté qu'elle évolue dans toutes les mers, dans des eaux hauturières comme de façon très proche des côtes. Elle peut effectuer de très grandes migrations et semble pouvoir présenter des préférences alimentaires distinguables selon certains zones dans le monde et selon les formes connues pour cette espèce. Actuellement, trois écotypes sont reconnus, soit les orques résidentes, les orques en transit et les orques hauturières. Bolanos-Jimenez *et al*. (2008) renseignent l'occurrence de l'espèce autour du Venezuela sur la base de 18 observations distinctes. Aucune saisonnalité marquée n'est associée à la présence de l'espèce dans leur conclusion, à l'inverse d'une hypothèse émise au Brésil sur un lien possible entre la présence saisonnière des orques et les saisons de pêche à la palangre (Secchi et Vaske, 1998). Compte tenu des déplacements importants de cette espèce, il semble restrictif de définir un statut à une échelle régional. Cependant, sa présence avérée de façon temporaire, à la limite d'un statut rare en zone côtière de la Guadeloupe, confirme qu'*Orcinus orca* peut être vue en Guadeloupe (Fig.66).

Figure 66. Orques femelles en côte-sous-le-vent de Guadeloupe, 3 novembre 2010. Photos Cédric Millon.

2.4. Espèces occasionnelles à rares en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe

Cette catégorie préliminaire inclut le cachalot nain (*K. sima*), le dauphin à long bec (*S. longirostris*), le péponocéphale (*P. electra*) et la baleine à bec de Cuvier (*Z. cavirostris*).

Ces espèces comptent peu d'observations (2 à 3), sauf dans le cas du cachalot nain, documenté à 7 reprises, incluant une donnée historique, 3 séries d'observations affectées à 3 mois distincts, dont 2 en saison sèche. Pour ce taxon présent occasionnellement selon les premiers résultats, il paraît délicat à ce stade de l'analyse, de confirmer son statut dans l'archipel. C'est une espèce difficile à étudier. D'une part, il effectue de longues plongées, et d'autre part, il reste très discret en surface (Barlow, 1999). Les observations documentées pour cette espèce sont d'ailleurs toutes effectuées dans les conditions météorologiques très favorables. Il a est très compliqué de les approcher sans qu'ils sondent. Reconnue comme une espèce cosmopolite, présentes dans les eaux tropicales et tempérées, *K. sima* été classé espèce permanente aux Bahamas, évoluant de façon dominante sur une niche écologique d'habitats de moins de 200m de profondeur (MacLeod *et al.,* 2004*).*

Une revue de la présence du genre *Kogia spp*. par l'analyse de données d'échouages et de quelques observations en mer pour la Caraïbe indique que, d'après les auteurs (Cardona-Maldonado et Mignucci-Giannoni, 1999), le genre *Kogia spp*. serait résident en Caraïbe. Une précision des périodes d'occurrence probable est apportée dans leurs travaux, allant pour *K. sima* de mai à octobre ainsi que le mois de décembre. Les observations de présence réalisées en Guadeloupe ont été faites en avril, mai, et décembre. Cette espèce est arbitrairement classée occasionnelle, mais l'examen de son statut est à approfondir.

Le *S. longirostris* est une espèce pantropicale, évoluant dans les eaux tropicales et sub-tropicales. Présentant des variations morphologiques très importantes, cette espèce est considérée inclure 4 sous-espèces (*Stenella l. longirostris, Stenella. l. orientalis, Stenella l. centroamericana et Stenella l. roseiventris)* selon Perrin (1999). Cette espèce est principalement observée dans les eaux tropicales côtières, près des îles ou dans les lagons, bien qu'elle puisse évoluer en eaux profondes (Dolar, 1999). Son statut occasionnel dans l'archipel de Guadeloupe tend vers un statut de rareté car l'espèce a été vue 2 fois en deux ans à la même période (février) avec une troisième observation sporadique plus récente non documentée sur le lieu exact. Lors des deux occurrences en Guadeloupe, elle est associée à quelques individus de *S. attenuata*, ce qui pourrait suggérer que ces espèces peuvent être sympatriques.

Cependant face au très faible nombre d'observations en zone côtière pour cette espèce, les relations interspécifiques possibles du dauphin à long bec avec les autres espèces de cétacés et/ou les caractéristiques d'un habitat adapté à ses fonctions vitales, restent à préciser. A Hawaï, le dauphin à long bec semble plutôt dominant en termes de présence comparativement au dauphin tacheté pantropical selon un ratio de 75 pour 1 et, sans superposition apparente de leur distribution.Différents niveaux de relations entre les deux espèces ont été notées, dont la copulation et les agressions (Psarakos *et al.,* 2003).

L'examen de la baleine à bec de Cuvier soulève une interrogation. Elle est issue du fait que le taux de présence ne prend pas en compte les observations de Zii Ni.

Cela implique, tout comme pour la baleine à bec de Gervais, un biais potentiellement important dans l'estimation d'un statut régional, sans garantie cependant que les baleines à bec inconnues soient affectées à cette espèce en particulier.

La baleine à bec de Cuvier est cosmopolite et trouvée pratiquement dans tous les océans (Heyning, 2002). Espèce pélagique, elle est conventionnellement associée à des habitats en eaux profondes (Mead, 2002 ; Reeves *et al.*, 2002), au long du talus continental entre 200 et 2000 m (MacLeod *et al.*, 2004), sur les canyons (D'Amico *et al.,* 2003) ou encore dans des zones ou les fonds marins présentent des pentes plus importantes, comme décrit pour la distribution de la baleine à bec de Cuvier aux Bahamas (MacLeod *et al.*, 2004).

Concernant le péponocéphale (*P. electra*), trois observations ont été affectées au taux de présence, soit 2 en avril et 1 en mars, sur 3 années successives. Cela confère à cette espèce un taux de présence occasionnelle en saison sèche.

2.5. Espèces rares en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe

Pour la même raison que celles évoquées pour la baleine à bec de Cuvier, le statut de la baleine à bec de Gervais (*M. europeaus*) reste à modérer, a minima, des 8 observations de *Mesoplodon* NI, incluant l'observation litigieuse entre *M. europeaus* et *M. mirus.* Cependant, la rareté reconnue de cette espèce doit être modérée pour des raisons de détectabilité. Les deux observations documentant l'espèce avec certitude ont été réalisées en mars et mai 2008, ce qui confère à cette espèce, un statut rare dans l'archipel de Guadeloupe.

La dernière espèce rare est une seule observation associée au dauphin de Clymène, espèce pratiquement méconnue.

CHAPITRE IV

ABONDANCE ET DISTRIBUTION DES POPULATIONS DE CÉTACÉS

Stenella attenuata, 20 mars 2010, côte-sous-le-vent, N.Gandilhon.

CHAPITRE IV
ABONDANCE ET DISTRIBUTION DES POPULATIONS DE CÉTACÉS

I. ABONDANCE DES POPULATIONS DE CÉTACÉS

L'étude de l'abondance des espèces de mammifères marins nécessite une grande réserve, à la fois sur les modèles choisis et les efforts associés, mais également sur les catégories taxonomiques elles-mêmes.

Dans le premier cas, les recherches focalisées peuvent modifier l'estimation de certaines populations car ces dernières sont suivies sur certains sites particuliers. Ce genre d'étude peut tendre à leur surestimation sur ce lieu précis (en cas de ré-observation des mêmes individus) et d'autre part, leur sous-estimation au niveau de l'archipel dans le cas où le site voisin n'a pas été prospecté avec la même intensité. A l'inverse, dans la technique des transects de ligne, l'échantillonnage est étendu à l'ensemble de la zone côtière, intégrant de plus une réitération de l'effort tendant à inspecter chaque zone de la même façon et avec une intensité homogène. Si pratiquement sur le terrain, cet objectif idéal n'a pas toujours été atteint, en toute rigueur statistique, cette approche permet donc de comparer les analyses de densités intersites et de proposer des tendances au niveau de la zone d'étude dans son ensemble. C'est avec une plus grande représentativité dans l'espace et le temps, qu'elle peut indiquer des niveaux d'abondance relative pour différentes populations, voire proposer de premières estimations de stocks. Cependant, il ne faut pas omettre que cette méthode, peut néanmoins minimiser les espèces regroupées sur d'étroites niches écologiques ou qu'elle peut maximiser les variations de densités par divers caractères biologiques ou écologiques propres aux espèces. Cela peut être le cas du niveau d'activité en surface en fonction des heures ou les rassemblements pour motivations alimentaires ou de reproduction. Toutefois, les deux méthodes vont omettre les comptages des individus évoluant sous l'eau au moment du passage de la plateforme.

Dans le deuxième cas, l'analyse de l'abondance va relever de la capacité à détecter les espèces, comme cela a été largement suggéré au chapitre I pour les différents groupes taxonomiques. Ce point est déterminant en transect, qu'il soit de ligne ou de bande. Les analyses suivantes tentent d'intégrer ces paradoxes, en proposant différents indicateurs pour décrire à la fois l'abondance relative des populations concentrées, ou occasionnelles à rares, tout autant que celles plus communément rencontrées.

Concrètement, les parties suivantes proposent des indices relatifs d'abondance, des densités relatives et trois projections préliminaires de stocks, pour le grand dauphin (*T. truncatus*), le cachalot (*P. macrocephalus*) et le dauphin tacheté pantropical (*S. attenuata*). Une quatrième espèce, la baleine à bosse (*M. novaeangliae*), est étudiée de façon plus approfondie pour une première estimation du stock évoluant en zone côtière de l'archipel de Guadeloupe, à partir du dénombrement de baleines vivantes.

Reeves *et al.,* (2001) avait proposé en effet une estimation du nombre de baleines pour certains mois de la saison sèche à partir du nombre de prises durant la chasse baleinière en Caraïbe et plus particulièrement en Guadeloupe.

1. Indices d'abondance relative

Ici deux indices différents ont été choisis. Chacun d'entre eux est rapporté à une unité d'effort. L'un est un indice horaire relatif qui est appliqué à l'ensemble des recherches, hormis les données d'origine opportuniste. En effet, les relevés ont tous été traduits avec un nombre d'heures moyen par relevé (cf. Annexe IV). Cet indice horaire d'abondance relative, IHA, présente l'avantage de ne pas minimiser les espèces peu observées, car presque toutes les données sont ainsi analysées. Seules les observations opportunistes ont été exclues des traitements, ce qui ne permet pas de considérer l'orque, *O. orca*, documentée par ce mode. Cette approche est en effet la moins constante d'un point de vue du report des effectifs observés 119 fois. Bien qu'elle ait permis d'enrichir de façon non équivoque l'analyse de la composition du peuplement et des occurrences, elle apparaît ici comme une méthode pouvant augmenter le risque de variance pour une espèce de par des estimations proposées sans systématiquement un minimum et maximum par observation et pour une espèce.

Pour les autres méthodes, bien que les effectifs soient ainsi comparés à partir d'une même unité horaire, rien n'indique encore à ce niveau si l'importance des effectifs constatés n'est pas corrélée au choix des sites échantillonnés ni à la qualité des efforts portés. Les deux biais sont pondérés dans les analyses de densités et d'abondance relative par les méthodes très rigoureuses des transects de ligne. Le second indice qui est choisi est l'indice kilométrique d'abondance, IKA, soit les effectifs moyens rapportés au km parcouru. Dans ce cas, seules les méthodes mettant en œuvre une prodédure stricte comme le transect de ligne et le transect de bande sont retenues. Dans les deux cas, il s'agit de considérer les effectifs moyens par observation, soit la moyenne des sommes minimum et des sommes maximum des effectifs observés.

La taille des groupes observés est présentée avec leur variance ainsi que l'indice de confiance à 95%. La variance des effectifs de groupes conséquents (≥20 individus) est en général plus élevée que celle du dénombrement d'individus composant de petits groupes, a fortiori quand il s'agit de grandes espèces telles que le cachalot (*P. macrocephalus*) ou la baleine à bosse (*M. novaeangliae*).

Concernant les estimations de groupes de delphinidés, elles ont été comparées par deux à trois observateurs différents effectuant le comptage individuellement dans le cas des transects de ligne. Pour les recherches de télémétrie, uniquement focalisées sur les baleines à bosse, la variance est nulle car les groupes ont été suffisamment suivis pour la pose des balises afin qu'aucun doute ne survienne dans le comptage. Cette méthode a permis de générer par ailleurs quelques rencontres avec des grands dauphins ou des sténo rotrés. Le même niveau de fiabilité est obtenu durant l'opération de la route des baleines, avec une estimation des rangs de taille solidement effectuée par plusieurs spécialistes en simultané sur essentiellement la baleine à bosse (*M.novaeangliae*). Concernant les sorties de recherche focales menées grâce à des embarquements sur des plateformes de loisir, elles ont été orientées sur deux zones en particulier, la côte-sous-le vent et la pointe des châteaux/Petite Terre et la Désirade-. Dans ce dernier cas, les espèces cibles sont la baleine à bosse (*M. novaeangliae*) et un groupe de dauphins résidents sur lesquels le temps d'étude a en général permis des estimations assez fines du minimum et du maximum d'individus lors de chaque observation.

La difficulté dans les estimations d'effectifs vient plutôt des observations issues de la côte-sous-le-vent, du fait de la présence de groupes importants comme ceux du dauphin de Fraser ou du dauphin tacheté pantropical. Afin de pondérer plus finement le poids relatif de certains effectifs associés à des observations, notons par ailleurs la répartition des efforts réalisés en mer. Ici il s'agit de répartir sectoriellement les observations traitées pour l'abondance.

94,8% des observations enregistrées par la méthode touristique (*OT*) sont associées à des efforts dédiés à 97% à la prospection de la côte-sous-le-vent, le reste des observations (n= 4) et efforts (3%), étant dédiés au Canal des Saintes.

Dans la méthode *OR*, les relevés ont été répartis au départ de façon quasi équivalente entre les blocs A (côte-sous-le-vent) et C (côte-au-vent). Grâce à cette méthode, 23 observations ont été enregistrées en bloc A, 1 en bloc D (Nord de la côte-sous-le-vent), 29 en bloc C et 2 (points d'observations à terre) sur le bloc B.

97% des efforts par télémétrie se situent principalement en côte-au-vent, avec 92% d'observations de cette méthode, situées dans le bloc C (façade Atlantique côtière) et 6% en secteur Sud (Bloc B).

Pour la route des baleines, l'essentiel de l'effort est porté en zone Sud et 100% des observations de baleines à bosse y sont enregistrées pour la partie concernant l'archipel de Guadeloupe.

Dans *TB/TL*, les observations visuelles ont été plus importantes dans le bloc A avec 39,7% des observations réalisées dans cette méthode avec un effort de 1530,6 km. Pour le bloc B, 1642,38 km de transects ont généré 26,6% des observations visuelles *TB/TL*. En façade Atlantique côtière, 30,7% des observations visuelles TB/TL ont été collectées grâce à 1220,68 km parcourus. Pour le Nord, le bloc D a été largement moins prospecté (842,51 kilomètres parcourus) et comptabilise 3% des observations totales recensées dans les deux méthodes de bande et de ligne (Fig.67).

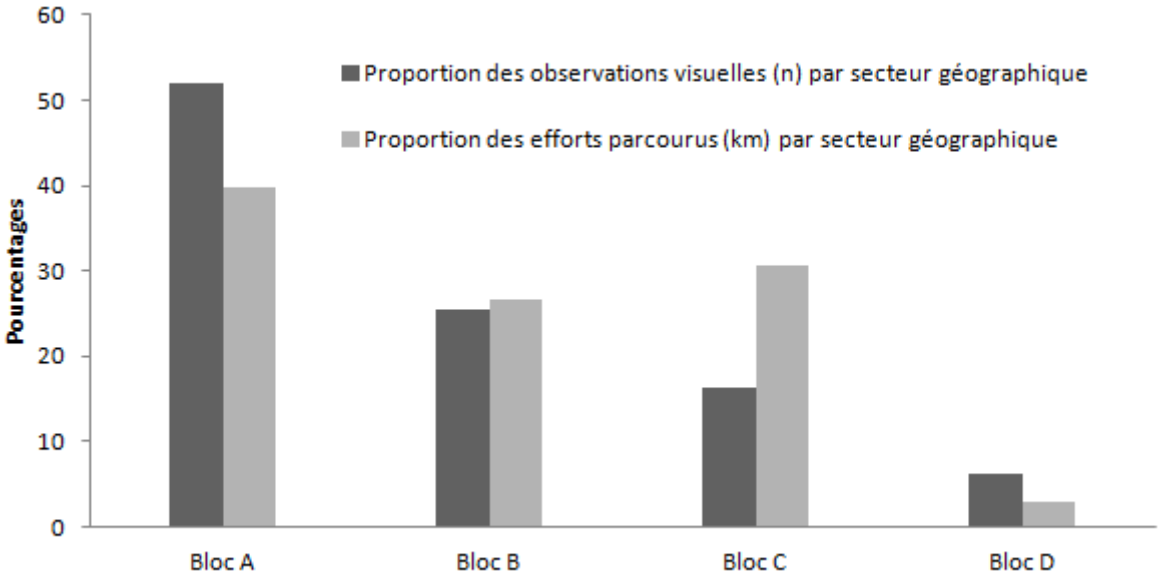


Figure 67. Répartition des observations visuelles et des efforts *TB/TL* par secteur géographique

LÉGENDE
Bloc A : côte-sous-le-vent. Bloc B : Sud. Bloc C : côte-au-vent. Bloc D : Nord.

Concernant la variabilité liée aux estimations, il a été plus complexe d'évaluer correctement le nombre d'individus dans le cas des observations du dauphin tacheté pantropical (*S. attenuata*) pour trois raisons.

La première est que cette espèce, comme beaucoup de delphinidés, n'est pas toujours observée en groupe compact et que ce dernier peut se scinder rapidement en deux ou trois sous-groupes. En général, une partie des individus reste un certain temps à l'étrave pour cette espèce interagissant fréquemment avec la plateforme, tandis que le reste du groupe peut être plus distant sous la forme d'une ou deux unités composées principalement de mères et de juvéniles. Dans ce contexte, l'évaluation du minimum et du maximum reste ardue et nécessite une grande attention et de nombreuses photographies, même si les individus sont de plus, très peu distinguables les uns des autres à l'œil humain. D'autres cas liés aux activités en surface peuvent complexifier les estimations, comme la recherche alimentaire où la vitesse de navigation peut être élevée.

Quelques cas de frénésie alimentaire où les groupes et les espèces sont mélangés demeurent tout aussi ambigus. Pour le dauphin de Fraser (*L. hosei*), une quasi parfaite synchronisation dans le comportement de sauts incite à une grande prudence dans le double comptage ou la sous-estimation, car aucun ratio n'est disponible sur la proportion des individus détectés en aérien et ceux restant sous l'eau. De plus, il paraît clair que la constance d'une telle mesure peut relever de plusieurs facteurs, comme cela a été suggéré sur les variétés de comportements et d'activités.

Dans cette partie, l'évaluation de l'abondance relative à partir d'indicateurs simples a paru pertinente pour comparer l'ensemble des taxons composant le peuplement. Cela permet de considérer les espèces discrètes ou rares qui peuvent statistiquement disparaître des échelles de densités relatives. Ainsi, en plus des indicateurs d'abondance relative, des indices dits de rencontre ou de contact ont été proposés afin de rendre compte de cette dichotomie. Les résultats basés sur l'unité horaire et l'unité kilométrique en indiquent toute la portée.

Les données hors transect sont retranchées, ainsi que les cétacés NI, delphinidés NI et ziphiidés. Pour les calculs d'indices d'abondance relative, les jeux de données suivants ont été utilisés en parallèle (Tab.71).

Tableau 71. Données générales considérées pour les traitements d'abondance

	Données totales		Données *IHA/IHR*		Données *IKA/IKR (excluant HT)*	
Méthodes	n	ES	n*	ES*	n	ES
TB/TL	199	1009	162	895	162	895
OR	55	704,5	55	704,5		
OT	100	3419,5	100	3419,5		
T	25	141	25	141		
RB	10	28,5	10	28,5		
OO	129	621				
NI			-31	-43,5	-26	-38
Total	518	5923,5	321	5145	136	857

LÉGENDE

Données traitées pour l'indice kilométrique de rencontre (*IKR*), d'abondance relative (*IKA*) et les densités (*D* ou *Du*) : méthode *TB/TL.* Tous les traitements statistiques s'appliquent aux observations réalisées en transect uniquement (donc collectées à partir de la ligne), soit 162 observations visuelles (n), représentant des effectifs moyens (ES) estimés à 895 individus. Données traitées pour l'indice horaire d'abondance (*IHA*) et l'indice horaire de rencontre (*IHR*) : toutes les données issues des méthodes de recherches focales (*T, OR, OT, RB*) ainsi que l'ensemble des données de transects de ligne et de bande (incluant les données hors transect). A l'exclusion des données opportunistes, ce sont 389 observations (n) associant des effectifs moyens (ES) de près de 5303 individus, qui sont analysées.

Il est important de préciser que les échelles (km et heure) de ces indices ne sont pas comparables entre elles et donc ne permettent pas d'effectuer de comparaison intra-spécifique entre IKA et IHA ou IKR et IHR. Cependant, ils autorisent, sous les réserves émises précédemment et selon la répartition des efforts, de mettre en parallèle les distances ou des similarités interspécifiques, à partir des valeurs de chaque indice. L'ensemble des effectifs ayant servi à ce travail est disponible en annexe III.

1.1. Indice d'abondance relative des espèces, groupes régionaux et juvéniles

Dans cette partie, aucun des indices d'abondance horaire ou kilométrique ne prend en compte la capacité de détecter les espèces. Les indices sont calculés en regroupant les espèces par catégorie dite régionale, liée à leur statut préliminaire de résidence. Cela n'indique pas que ces espèces sont biologiquement ou écologiquement dépendantes quant à leurs effectifs, et les résultats peuvent être lus séparément pour chaque taxon. Le choix du regroupement est lié uniquement à la valorisation du statut susceptible de les rassembler dans l'archipel côtier.

1.1.1. Indices d'abondance relative pour les espèces Résidentes Permanentes (RP)

Le nombre d'observations relatives aux espèces grégaires tend à maximiser l'écart-type à la moyenne.

A ce stade (Tab.72), on peut indiquer que sur le bilan récapitulatif pour chaque espèce, le dauphin tacheté pantropical (*S. attenuata*) est dans l'ensemble des relevés, l'espèce la plus rencontrée à l'heure (0,06 groupes.h^{-1}), mais également la plus abondante (3,96 individus.km^{-1},% CV 95,58). Ses effectifs moyens sont estimés à plus de treize fois ceux du grand dauphin (*T. truncatus*) avec près de 3653 individus cumulés et une taille moyenne de groupe très élevée, soit E(s)=60,89 (%CV 95,58), eu égard à la taille moyenne des autres espèces de delphinidés.

Le grand dauphin (*T. truncatus*) est ensuite le dauphin le plus contacté (0,04 groupes.h^{-1}) avec des groupes estimés à environ 7 individus chacun et un indice horaire relatif d'abondance (0,28 individus.h^{-1}, % CV 84,40) plus de 4 fois supérieur à celui du sténo (*S. bredanensis*). Ces résultats sont ici à pondérer du poids des méthodes et donc du choix des zones prospectées. Ainsi, c'est une lecture intra spécifique qui permet de plus finement interpréter ces résultats préliminaires à partir du tableau 72. Dans la méthode la plus représentative de l'archipel (*TB/TL*), le grand dauphin (*T. truncatus*) est plus contacté que dans la méthode *OT*, qui pour cette dernière concentre les efforts principalement en côte-sous-le-vent. Pourtant les indices relatifs d'abondance sont sensiblement comparables. Si l'on considère les indices générés par les méthodes de télémétrie et de recherche focale pour les deux sises en façade Atlantique, le nombre de contacts (n) est deux fois et demie plus élevé, tout autant que l'indice relatif de rencontre. Pourtant les effectifs semblent proches.

Cela justifie de repréciser l'objet des méthodes. La première explication est que dans les deux dernières méthodes précitées, l'essentiel des groupes observés appartient à la même population de grands dauphins. Ce groupe est principalement observé en côte-au-vent, vers Petite Terre. La méthode de télémétrie s'appliquant préférentiellement dans cette zone a donc permis de contacter certains individus de ce groupe lors de la recherche des baleines. Les résultats obtenus, même en indices relatifs, reflètent ainsi la réalité des suivis visuels et leur localisation.

En considérant, l'intensité des relevés en côte-sous-le-vent par la méthode *OT*, le grand dauphin (*T. truncatus*) aurait été moins rencontré dans la zone caraïbe que sur la façade Atlantique côtière, *a minima,* puisque les 6 observations *OT* incluent 3 observations de grands dauphins réalisés dans le Canal des Saintes, soit la zone Sud. Cependant, il faut noter que les efforts en heures sont de deux fois et demi moins avec cette dernière méthode qu'avec celle des transects de ligne (234 heures versus 535 heures de scrutage visuel). De plus, rien à ce stade n'indique encore pour cette espèce, la proportion des observations en transect de ligne réalisée en côte-sous-le-vent.

Tableau 72. Indice horaire d'abondance relative

Sp.	M	R	t	T.	n	ES min	ESmax	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95%	ESJ	IHAJ
Tt	*TBTL*	85	6,3	535,5	10	75	89	82	8,20	0,019	0,15	108,17	5,50	12	0,022
	OR	40	3,79	151,6	19	78	91	84,5	4,45	0,125	0,56	70,1	1,4	8	0,053
	T	17	7,03	119,51	6	58	68	63	10,5	0,05	0,53	46,03	3,74	9	0,075
	OT	59	3,98	234,82	6	53	61	57	9,5	0,026	0,24	51,38	4,32	NA	NA
T. Tt		201	5,18	1041,43	41	264	309	286,5	6,99	0,039	0,28	84,4	1,63	29	0,028
Sb	*TBTL*	85	6,3	535,5	2	10	17	13,5	6,25	0,004	0,03	5,24	0,49	1	0,002
	OR	40	3,79	151,6	1	4	6	5	5,00	0,007	0,03	NA	NA	NA	NA
	T	17	7,03	119,51	3	31	35	33	11,00	0,025	0,28	72,16	8,98	3	0,025
	OT	59	3,98	234,82	1	7	7	7	7,00	0,004	0,03	NA	NA	NA	NA
T. Sb		201	5,18	1041,43	7	52	65	58,5	8,36	0,007	0,06	75,2	4,01	4	0,004
Sa	*TBTL*	85	6,3	535,5	19	364	538	451	23,73	0,035	0,842	37,03	9,62	29	0,054
	OR	40	3,79	151,6	11	406	577	491,5	44,68	0,073	3,24	73,56	19,42	28	0,185
	OT	59	3,98	234,82	30	2452	2970	2711	90,37	0,128	11,55	72,83	23,55	NA	NA
T. Sa		184	5,01	921,92	60	3222	4085	3653,5	60,89	0,065	3,963	95,58	14,73	57	0,062

LÉGENDE
Sp. : espèce observée. M : méthode utilisée. R : nombre de relevés totaux par méhode. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations visuelles de l'espèce. ES min : effectif minimum estimé. ES max : effectif maximum estimé. ES : effectif moyen de ES min et ES max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés pour l'espèce. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et la durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation. IC 95%: intervalle de confiance en pourcentage à risque statistique posé à alpha = 0,05. ESJ : effectifs estimés de juvéniles par espèce. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

Pour le sténo (*S. bredanensis*), les indices relatifs indiquent que les efforts portés durant les recherches sur l'eau en télémétrie ont favorisé les contacts avec cette espèce (0,025 groupes.h^{-1}). L'abondance relative associée (0,28 individus.h^{-1},% CV 72,18) suggère que les aires spécifiquement prospectées durant cette méthode (stations de la Pointe des châteaux, Petite Terre et la Désirade) pourraient abriter des zones d'intérêt pour cette espèce.

Pour résumer, les résultats du nombre de contacts et de l'indice horaire d'abondance relatif pour le dauphin tacheté pantropical (*S. attenuata*) indiquent clairement, à efforts comparables dans la méthode *OT*, que cette espèce est très souvent observée en côte-sous-le vent. Cela a été confirmé dans la partie caribéenne des recherches *OR*, et les indices relatifs le traduisent également. Dans cette étude, cette espèce n'a pas été rencontrée une seule fois en zone côtière de la côte-au-vent (bloc C). Tous les indices horaires d'abondance relative, par les méthodes présentées, positionnent le dauphin tacheté pantropical comme l'espèce la plus abondante. Ce résultat est également confirmé dans les indices kilométriques d'abondance présentés dans le tableau 73. Rappelons que les traitements au kilomètre n'intègrent pas les observations réalisées hors transects.

Avec 0,086 individus.km^{-1}(% CV 37,03) et environ deux fois plus de groupes rencontrés au km que pour le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), le dauphin tacheté pantropical reste l'espèce dominante dans la méthode des transects de ligne.

Les deux indices utilisés ne sont pas comparables, cependant c'est la hiérarchisation des tendances ou l'examen des reliefs qui sont intéressants entre les méthodes. Ainsi, avec les indices kilométriques appliqués à une prospection généralisée à l'ensemble de l'archipel, l'ordre de grandeur reste le même, c'est-à-dire que le sténo (*S. bredanensis*) est moins rencontré que le grand dauphin (*T. truncatus*) et que le dauphin tacheté pantropical (*S. attenuata*), avec des indicateurs d'abondance très faibles par rapport aux deux autres espèces. La localisation des observations, principalement sur certains sites nord et est, en espace côtier pour ces dauphins océaniques pourraît donner un sens à cet indice. La définition de son statut s'appuie largement sur les observations opportunistes analysées dans le chapitre III. La tendance des groupes moyens observés équivalente à environ 7 individus par groupe, se modifie dans la configuration kilométrique entre le sténo (*S. bredanensis*) et le grand dauphin, avec une légère dominance de taille pour cette dernière espèce. Cependant, le nombre d'observations entre les trois espèces, à efforts équivalents sur secteurs équivalents, reste non équivoque sur le niveau de rencontres. Cela ne permet pourtant pas de conclure sur le niveau de fréquentation de ces différentes espèces en espace côtier néanmoins. En effet, comme cela a été suggéré pour certaines micro-populations telles que les grands dauphins de Petite Terre ou les dauphins tachetés pantropicaux (*S. attenuata*) de la côte-sous-le-vent, aucun habitat n'est encore démontré. Il faut par ailleurs noter que la détectabilité moyenne des espèces entre le grand dauphin (*T. truncatus*) et le dauphin tacheté pantropical (*S. attenuata*), à mesures beaufort sensiblement équivalentes en transect (≤ à 4 Beaufort et ≤4 Douglas) est jugée équivalente en transect. Ce paramètre semble plus délicat à évaluer pour le sténo (*S. bredanensis*), généralement mois démonstratif et apparaissant comme beaucoup plus rapide avec des séances d'apnée pouvant être plus longues. Ce dernier point émane de l'analyse des 22 données opportunistes où dans 80% des relevés, l'espèce est détectée sur certains sites sous l'eau, lors de plongées organisées.

Pour autant, cette remarque n'exclut en rien que les deux autres espèces puissent être tout autant sous-marines et dans ce cas, soient simplement non détectées en surface dans les comptages, ce qui ici n'est pas corrigé dans les estimations. Cela revient à dire que de manière générale les estimations sont très probablement sous-estimées.

Tableau 73. Indice kilométrique d'abondance relative

Sp.	M	R	L	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IKR	IKA	CV%	IC95	ESJ	IHAJ
Tt	*TBTL*	85	5236,17	10	75	89	82	8,20	0,002	0,016	108,17	5,50	12,00	0,002
Sb	*TBTL*	85	5236,17	2	10	17	13,50	6,75	0,000	0,003	5,24	0,49	1,00	0,000
Sa	*TBTL*	85	5236,17	19	364	538	451	23,73	0,004	0,086	37,03	9,62	29,00	0,006

LÉGENDE
Sp. : espèce observée. M : méthode utilisée. R : nombre de relevés totaux issus de la méthode pour l'ensemble des espèces. L : distance totale parcourue en kilomètres pour tous les relevés des méthodes de transect de bande et de ligne. n : nombre d'observations de l'espèce sur l'ensemble des relevés en effort de transect. ES min : effectif minimum estimé. ES max : effectif maximum mesuré. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupe observés. IKR : indice kilométrique de rencontre, soit le rapport entre n et L. IKA : indice kilométrique d'abondance relative, soit le rapport entre ES et L. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95% : intervalle de confiance à risque statistique posé à alpha = 0,05. ESJ : effectifs estimés de juvéniles par groupe observé. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

Concernant les juvéniles, la seule remarque pour le moment est d'indiquer que l'approche horaire valorise des effectifs de juvéniles pour les trois espèces, tandis que celle au kilomètre parcouru réduit totalement ce compteur pour le sténo (*S. bredanensis*). Les effectifs de juvéniles (première année de vie) sont estimés de façon arbitraire à partir des distances corporelles adultes/juvéniles et d'une estimation de la taille, *in situ*, sans mesure physique des individus. Les effectifs de juvéniles apparaissent plus importants chez le dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*), ce qui peut être corrélé aux effectifs totaux, et n'indique pas pour le moment que le taux de reproduction soit plus élevé que pour les autres delphinidés.

1.1.2. Indices d'abondance relative pour les espèces Résidentes Régulières (RR)

Parmi les espèces, résidentes, le cachalot (*P. macrocephalus*) et le dauphin de Fraser (*L. hosei*) ont été estimés probablement résidentes, de façon supposée régulière. Cela qui indique que si l'espèce réside dans le temps au sein de l'espace côtier et que sa présence est notée plusieurs fois par mois sur plusieurs années, elle n'est pas présente de façon quasi continue, comme le cas a été noté pour les espèces précédentes. Ce statut ne confère aucunement un lien biologique ou écologique encore une fois entre ces taxons et peut s'appliquer, en outre, également aux individus.

Concernant les indices relatifs d'abondance, le tableau 74 nous indique un relief très marqué entre la plupart des méthodes et la méthode *OT*. Les indices de rencontre horaire et d'abondance relative sont élevés pour le cachalot (*Physeter macrocephalus*) en côte-sous-le-vent si l'on se réfère aux indices trouvés par la méthode des transects de ligne. Cependant, en dépit d'un nombre important d'observations par la méthode *OT* (n=50), la petite taille des groupe (E(s)=2,21 avec CV 85,04%) lui confère un rang interspécifique d'abondance relative inférieur aux petits delphinidés vus précédemment ainsi que le dauphin de Fraser (*L. hosei*), à l'exception du sténo (*S. bredanensis*).

Le cachalot (0,075 groupes.h^{-1}) est rencontré plus fréquemment que le dauphin tacheté pantropical (0,065 groupes.h^{-1}).

Pour le dauphin de Fraser (*L. hosei*), dont 100% des observations sont affectables au bloc A, l'indice de rencontre est relativement peu élevé (0,008 groupes.h^{-1}), le classant plus proche du sténo (*S. bredanensis*) que des autres delphinidés déjà présentés. Son indice d'abondance relatif pour cette même unité le positionne comme relativement abondant (0,615 individus.h^{-1}, %CV 73,99), avant le grand dauphin (*T. truncatus*). Avec peu d'observations (n =7), c'est la taille des groupes observés qui lui donne cette prévalence, avec une moyenne de près de 81 individus par groupe détecté, ce qui le place au dessus de la taille moyenne des groupes du dauphin tacheté pantropical (62 pour *S. attenuata*).

On peut ici se demander comment cette espèce si peu contactée se trouve classée dans les résidents. Pourtant, la récurrence des observations est d'une part régulière, si on en croit le taux d'occurrence constaté et d'autre part, son taux de présence annualisé est amélioré par de nombreuses données touristiques, toutes enregistrées dans l'espace de la Mer des Caraïbes.

Tableau 74. Indice horaire d'abondance relative

Sp.	M	R	t	T.	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95%	ESJ	IHAJ
Pm	*TBTL*	85	6,3	535,5	15	33	36	34,5	2,3	0,028	0,064	92,89	1,08	10	0,019
	OR	40	3,79	151,6	4	9	11	10	2,5	0,026	0,066	95,22	2,33	2	0,013
	OT	59	3,98	234,82	50	105	111	108	2,16	0,213	0,460	83,32	0,5	NA	NA
T. Pm		184	5,01	921,92	69	147	158	152,5	2,21	0,075	0,165	85,04	0,44	12	0,013
Lh	*TBTL*	85	6,3	535,5	2	82	102	92	46,00	0,004	0,172	83,75	57,49	10	0,019
	OR	40	3,79	151,6	1	45	55	50	50	0,007	0,330	NA	NA	NA	NA
	OT	59	3,98	234,82	4	365	485	425	106,3	0,017	1,810	58,82	61,25	NA	NA
T. Lh		184	5,01	921,92	7	492	642	567	81,00	0,008	0,615	73,99	44,4	10	0,019

LÉGENDE
Sp. : espèce observée. M : méthode utilisée. R : nombre de relevés totaux par méhode. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations visuelles de l'espèce. ES min : effectif minimum estimé. ES max : effectif maximum estimé. ES : effectif moyen de ES min et ES max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés pour l'espèce. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et la durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation. IC 95%: intervalle de confiance en pourcentage à risque statistique posé à alpha = 0,05. ESJ : effectifs estimés de juvéniles par espèce. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

Il est important de noter que la valeur proche de zéro indiquée dans le tableau 75 sur le taux de rencontre, est trompeuse de la situation écologique du dauphin de Fraser dans l'archipel. En effet, cette espèce a une distribution sectorisée comme indiqué précédemment et n'est observée, dans les limites de 12 milles nautiques de la côte, qu'en côte-sous-le vent. Comme pour le sténo (*S. bredanensis*) ou les grands dauphins, la méthode des transects offre l'avantage d'échantillonner toutes les zones potentielles occupées ou visitées de l'archipel, mais les lignes peuvent également exclure une espèce évoluant sur un espace plus spécifique (niche). Cela traduit tout l'intérêt d'utiliser plusieurs indices et également plusieurs méthodes, y compris avec de simples descripteurs relatifs. Pour *Lagenodelphis hosei*, la méthode de la photo-identification n'a pas pu vraiment compléter les estimations, car l'espèce, si elle n'est ni discrète, ni furtive, paraît farouche. Ainsi, elle ne fuit pas les plateformes, ni ne disparaît, mais reste à distance et se déplace de quelques centaines de mètres à chaque approche. De plus, les clefs d'identification des nombreux individus rencontrés dans de très larges groupes restent à préciser car certains ouvrages indiquent que tous les individus matures ont une fine bande noirâtre au niveau oculaire, ce qui n'est pas systématique en Guadeloupe. La plupart des individus sont lisses avec des dorsales peu marquées.

Tableau 75. Indice kilométrique d'abondance relative

Sp.	M	R	L	n	ESmin	ESmax	ES	E(s)	IKR	IKA	CV%	IC95	ESJ	IHAJ
Pm	*TBTL*	85	5236,17	15	33	36	34,5	2,3	0,003	0,007	92,89	1,08	10,00	0,002
Lh	*TBTL*	85	5236,17	2	82	102	92,0	46,0	0,000	0,018	135,27	86,24	10,00	0,002

LÉGENDE
Sp. : espèce observée. M : méthode utilisée. R : nombre de relevés totaux issus de la méthode pour l'ensemble des espèces. L : distance totale parcourue en kilomètres pour tous les relevés des méthodes de transect de bande et de ligne. n : nombre d'observations de l'espèce sur l'ensemble des relevés en effort de transect. ES min : effectif minimum estimé. ES max : effectif maximum mesuré. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupe observés. IKR : indice kilométrique de rencontre, soit le rapport entre n et L. IKA : indice kilométrique d'abondance relative, soit le rapport entre ES et L. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95% : intervalle de confiance à risque statistique posé à alpha = 0,05. ESJ : effectifs estimés de juvéniles par groupe observé. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

Certaines espèces sont plus faciles à détecter que d'autres pour des raisons liées à leurs comportements (Fig.68). Sur la distance de détection, une autre remarque est de préciser que le cachalot a été détecté dans 85% des cas de transect de ligne dans Beaufort ≤ 3 et dans 15% des cas ≥4 à 5. Cette situation climatique favorable a été plus fréquente dans nos relevés (75% des relevés dans le bloc A) en côte-sous-le vent, avec des alizés affaiblis par les reliefs topographiques présentés au chapitre II. Les difficultés de détection visuelle ont largement été complétées par la détection acoustique pour cette espèce, dont les rencontres sonores ne sont pas agrégées ici avec les contacts visuels, pour les raisons expliquées dans le risque du double comptage du groupe rencontré. Bien évidemment, dans ce cas de complétion sonore, les effectifs ne sont pas estimés. Il a été noté durant les transects que la détection du cachalot pouvait être opérée à grande distance de la ligne médiane (environ 1302m pour l'observation maximale) en cas de beaufort ≤2 et plus difficile, même à de faibles distances (≤500m) lors de Beaufort avoisinant 4 à 5.

Il a été enfin constaté dans les observations de cachalots que le vent déporte le souffle, déjà lui-même physiologiquement désaxé en avant gauche, ou le rend plus diffus. Cette clef reste souvent déterminante pour la détection visuelle du cachalot en surface. Toutes les observations de cachalot ont été effectuées en effort de transect pour cette espèce. La détection du dauphin de Fraser, tout comme celle du dauphin tacheté pantropical, reste relativement aisée, même en cas de mer agitée ou de vents assez forts (Douglas 5 et Beaufort 5), car les individus effectuent des sauts ou des bonds hors de l'eau, pouvant permettre de les distinguer d'assez loin (environ 1237m pour les distances les plus importantes à la ligne dans des conditions Beaufort≤3).

(a) (b)

Figure 68. Quelques comportements facilitant la détection de certains delphinidés

LÉGENDE
(a) Synchronisation des bonds des dauphins de Fraser (*Lagenodelphis hosei*), E.Girou (11/03/2009) côte-sous-le-vent.
(b) Saut typique du dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*), N.Gandilhon (20/03/2010) côte-sous-le-vent.

1.1.3. Indices d'abondance relative des espèces Semi-Résidentes à Temporaires (SR/T)

Les indices horaires d'abondance relative (Tab.76), mais également ceux basés sur la distance parcourue (Tab.77) placent la baleine à bosse (*M. novaeangliae*) comme la première espèce rencontrée dans l'archipel avec respectivement 0,10 groupes.h^{-1} et 0,013 groupes .km^{-1} dans l'archipel de Guadeloupe. Ce résultat reste surprenant puisque l'on sait que sa présence dans l'archipel se situe essentiellement en saison sèche et sporadiquement au mois de décembre.

Tableau 76. Indice horaire d'abondance relative

Sp.	M	R	t	T.	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95%	ESJ	IHAJ
Mn	*TB/LT*	85	6,3	535,5	67	103	108	105,5	1,57	0,125	0,197	54,79	0,21	22	0,041
	OR	40	3,79	151,6	14	22	22	22	1,57	0,09	0,15	32,68	0,27	5	0,033
	T	17	7,03	119,51	16	45	45	45	2,81	0,13	0,38	35,09	0,46	16	0,134
	RTE BAL	6	4,93	29,58	10	26	31	28,5	2,85	0,34	0,96	56,73	1	3	0,101
	OT	59	3,98	234,82	2	3	3	3	1,50	0,01	0,01	47,14	0,98	NA	NA
T. Mn		207	5,17	1071,01	109	199	209	204	1,872	0,102	0,19	59,11	0,19	46	0,043
Gm	*TB/LT*	85	6,3	535,5	2	21	27	24	12,00	0,004	0,04	17,68	2,94	6	0,011
	OR	40	3,79	151,6	1	28	35	31,5	31,50	0,01	0,21	NA	NA	NA	NA
	OT	59	3,98	234,82	3	75	85	80	26,67	0,01	0,34	126,19	38,08	NA	NA
T.Gm		184	5,01	921,92	6	124	147	135,5	22,5	0,007	0,15	101,41	31,74	6	0,011

LÉGENDE
Sp. : espèce observée. M : méthode utilisée. R : nombre de relevés totaux par méhode. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations visuelles de l'espèce. ES min : effectif minimum estimé. ES max : effectif maximum estimé. ES : effectif moyen de ES min et ES max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés pour l'espèce. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et la durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation. IC 95%: intervalle de confiance en pourcentage à risque statistique posé à alpha = 0,05. ESJ : effectifs estimés de juvéniles par espèce. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

Les clefs de la détection des baleines à bosse et de leur discrimination sont plus aisées que pour d'autres espèces, et certains comportements distincts lui confèrent une « aptitude» à être observée. Cependant, compte tenu de la petite taille moyenne des groupes allant de 1,50 individus (% CV 47,14) à 2,85 (%CV 56,73), il est possible de présumer que les populations sont relativement abondantes (0,19 individus.h^{-1}, % CV 59,11). Au titre de la comparaison avec les autres grands cétacés de l'archipel, le cachalot présente un niveau d'indice d'abondance plus faible de 0,165 individus.h^{-1} (% CV 85,04). Selon les calculs des indices kilométriques d'abondance relative, la baleine à bosse se place en seconde position avec 0,02 individus.km^{-1} (%CV 54,79) après le dauphin tacheté pantropical, et avant le dauphin de Fraser et le grand dauphin, qui par ailleurs sont considérées comme des espèces résidentes.

La télémétrie et l'opération la route des baleines ont focalisé tous leurs efforts sur la recherche de cette espèce. Ces opérations ont décrit la présence active de groupes reproducteurs, ce qui permet d'expliquer en partie que la taille moyenne des groupes (2,81 à 2,85 individus par groupe) soit plus élevée que dans des prospections plus étalées dans le temps.

Bien évidemment, pour ce qui concerne cette espèce et de manière générale toutes les populations, la question posée est de déterminer le nombre d'individus identifiés, donc potentiellement réévaluables dans les estimations. L'avantage du transect de ligne est de minimiser ce biais, car les lignes virtuelles ne sont pas statiques et ainsi réduisent les doubles comptages d'espèces parfois stationnaires. De même, les déplacements sur les lignes (choisies de façon aléatoire) minimisent les chances de croiser les mêmes individus pour des mammifères dont la distribution demeure stochastique. Enfin, cette méthode intègre environ 10% d'individus potentiellement non détectés à la ligne (Buckland *et al.,* 2001), ce qui peut impliquer les cétacés évoluant sous l'eau. Dans le cas de la baleine à bosse, 15 temps d'apnée ont été chronométrés et estimés à environ 12 minutes pour les duos mères et petits en côte-au-vent dans la méthode *OR* et une vingtaine de minutes pour des groupes de compositions différentes, toujours dans la même zone.

Durant la télémétrie, deux individus ont totalement disparu après détection et n'ont pas été revus, y compris lors d'assez bonnes conditions visuelles. Toutes ces remarques sont destinées à pondérer les méthodes d'estimation des effectifs, même si celle du capture-marquage-recapture (Hammond, 1986) peut sembler être la plus appropriée pour cette espèce.

Tableau 77. Indice kilométrique d'abondance relative

Sp.	M	R	L	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IKR	IKA	CV%	IC95	ESJ	IHAJ
Mn	TBTL	85	5236,17	67	103,00	108,00	105,50	1,57	0,013	0,020	54,79	0,21	22	0,004
Gm	TBTL	85	5236,17	2	21,00	27,00	24,00	12,00	0,000	0,005	17,68	2,94	6	0,001

LÉGENDE
Sp. : espèce observée. M : méthode utilisée. R : nombre de relevés totaux issus de la méthode pour l'ensemble des espèces. L : distance totale parcourue en kilomètres pour tous les relevés des méthodes de transect de bande et de ligne. n : nombre d'observations de l'espèce sur l'ensemble des relevés en effort de transect. ES min : effectif minimum estimé. ES max : effectif maximum mesuré. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupe observés. IKR : indice kilométrique de rencontre, soit le rapport entre n et L. IKA : indice kilométrique d'abondance relative, soit le rapport entre ES et L. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95% : intervalle de confiance à risque statistique posé à alpha = 0,05. ESJ : effectifs estimés de juvéniles par groupe observé. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

Concernant le globicéphale tropical, seulement 6 observations ont été enregistrées avec les différentes méthodes utilisées ici pour les traitements, dont 2 uniquement en transect. C'est peu, comparativement à l'espèce précédente, même si 4 observations opportunistes supplémentaires sont venues compléter l'examen qui a été fait de son statut (chap.III). A l'inverse d'indices de rencontre faibles (0,007 groupes.h^{-1}), voire inexistants par l'approche de l'indice kilométrique d'abondance, la taille moyenne des groupes (22,5 individus, % CV 101,41) le place à une échelle comparable en termes d'abondance relative (0,15 individus.h^{-1}, % CV 101,41) à celle du cachalot (0,16 individus.h^{-1}, % CV 84,04). L'espèce a été classée précédemment avec un statut estimé « semi-résident à temporaire », avec un cycle de présence suggérant que ces populations pourraient effectuer des migrations ou des déplacements.

Concernant l'indice d'abondance relatif des juvéniles pour ces deux espèces, la baleine à bosse se place en seconde position avec 0,043 juvéniles.h^{-1} ou 0,004 juvéniles.km^{-1}, après le dauphin tacheté pantropical (0,06 juvéniles.h^{-1} ou 0,006. juvéniles.km^{-1}), ce qui reste des valeurs assez constantes dans les moyennes totales selon les unités d'efforts, variant de près de 10 fois entre les heures et les kilomètres. Rappelons qu'ici l'effort total parcouru est considéré pour la baleine à bosse, tandis qu'en principe, elle n'est présente qu'en saison sèche. Le but est pour le moment de pouvoir comparer le même niveau d'indices relatifs entre toutes les espèces composant le peuplement. Cette échelle est ajustée pour le calcul des densités.

1.1.4. Indices d'abondance relative des espèces temporaires ou occasionnelles (OT)

Les espèces temporaires ou occasionnelles ont été ainsi catégorisées en raison du faible nombre d'observations obtenues sur ces populations en espace côtier, y compris avec des méthodes assez randomisées comme les transects de ligne.

Les 5 observations de cachalot nain considérées pour ce traitement (Tab.78) ont été effectuées à partir de la ligne transect et dans tous les cas dans Beaufort≤ 3.

Deux autres données ont été analysées à partir de comptes rendus opportunistes et les photographies indiquent sans équivoque un état de la mer et de l'échelle de beaufort sensiblement inférieur à 2 Beaufort.

Les observations ont été aussi importantes en façade Atlantique (Bloc A), que dans la mer des Caraïbes et une observation dans la zone sud a été agrégée en mai 2011. Si la détection pour cette espèce dans ce travail a été dépendante des conditions climatiques pour des raisons déjà évoquées sur sa morphologie jumelle et ses comportements plutôt farouches, voire de fuite en cas d'approche, les effectifs restent assez faciles à estimer comme l'indique le coefficient de variation (% CV 11,28).

D'une part parce que la taille moyenne des groupes est petite (3,4 individus), incluant cependant deux observations en décembre 2007 comptant 5 à 6 individus dans le bloc C (façade Atlantique). D'autre part, parce que d'un point de vue de l'éthologie, le respect des distances à détection, et les non tentatives d'approche avec des plateformes mises en panne, ont *a priori* permis, dans ces cas précis, de les photographier assez facilement, même de loin car les individus observés étaient pour la plupart en phase de repos, quasi immobiles en surface. Cette hypothèse empirique n'est cependant pas prouvable et rien n'indique que l'espèce n'utilise pas ce comportement à d'autres fins d'activités liées à ses fonctions vitales.

Cependant, il reste indéniable que cette procédure a permis d'optimiser les comptages, ne serait-ce que parce qu'entre deux individus, il est assez facile de comparer les dorsales très falciformes chez *Kogia sima*. Avec 0,009 groupes h^{-1} rencontrés, soit plus que le dauphin de Fraser, *K.sima* est l'espèce temporaire la plus rencontrée dans l'archipel de Guadeloupe, mais avec un des indices d'abondance les plus faibles considérés à cette étape (0, 032 individus. h^{-1},% CV 11,28). Le niveau de 5 contacts avec des groupes vivants dans les transects de ligne peut paraître surprenant car les cachalots nains sont considérés plutôt rares dans le monde, mais la technique des transects de ligne, le niveau de discrimination avec appui de spécialistes ainsi que l'étendue de la recherche de ces populations plutôt disséminées a minima dans deux secteurs autour de l'archipel, peuvent expliquer partiellement ce résultat. Cela soulève trois hypothèses.

La première supposition est que l'espèce pourraît être plus occasionnelle qu'il n'y paraît et que ce sont les difficultés à la détecter (conditions climatiques) ou à la reconnaître (peu apparente, farouche et jumelle avec *Kogia breviceps*) qui la minimisent dans les comptages par d'autres méthodes, car elle n'apparaît pas une seule fois dans les jeux OT intensifs en cote-sous-le-vent, ni dans ceux tout autant denses de la télémétrie. La seconde hypothèse est que l'espèce est regroupée sur des sites spécifiques, voire des habitats particuliers qui selon la méthode des transects peut uniquement « à l'occasion » d'un passage indiquer leur présence. Cette situation fut celle des sténos dont une population résidente, comparée par ailleurs à d'autres études menées sur ce groupe par des naturalistes (Ommag), n'a été évaluée qu'après plusieurs répliquas.

La troisième suppute que l'espèce est effectivement très occasionnelle, voire rare en espace maritime côtier, ce qui n'exclut nullement qu'elle puisse évoluer sur des habitats plus pélagiques ou effectuer des déplacements sur des distances restant à définir.

Tableau 78. Indice horaire d'abondance relative

Sp.	M	R	t	T.	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95%	ESJ	IHAJ
T. Ks	TBTL	85	6,30	535,50	5	16	18	17,00	3,40	0,009	0,032	11,28	1,68	2	0,004
Fa	TBTL	85	6,30	535,50	5	9	11	10,00	2,00	0,009	0,019	35,36	0,62	2	0,004
	OT	59	3,98	234,82	1	1	1	1,00	1,00	0,004	0,004	0	0	NA	NA
T. Fa		144	5,35	770,32	6	10	12	11	1,83	0,008	0,014	94,59	13,85	2	0,004
T. Sf	TBTL	85	6,30	535,50	2	7	7	7,00	3,50	0,004	0,013	10,10	0,98	0	0,000
Pc	TBTL	85	6,30	535,50	2	3	4	3,50	1,75	0,004	0,007	60,61	1,47	0	0,000
	OR	40	3,79	151,60	1	6	8	7,00	7,00	0,007	0,046	0	0	1	0,007
T. Pc		125	5,50	687,10	3	9	12	10,5	3,50	0,004	0,015	89,21	3,53	1	0,001

LÉGENDE
Sp. : espèce observée. M : méthode utilisée. R : nombre de relevés totaux par méhode. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations visuelles de l'espèce. ES min : effectif minimum estimé. ES max : effectif maximum estimé. ES : effectif moyen de ES min et ES max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés pour l'espèce. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et la durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation. IC 95%: intervalle de confiance en pourcentage à risque statistique posé à alpha = 0,05. ESJ : effectifs estimés de juvéniles par espèce. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

Pour ce qui concerne les autres espèces temporaires ou occasionnelles, l'orque pygmée est plus contactée (0,008 groupes.h^{-1}) que les deux autres espèces, le dauphin tacheté de l'Atlantique (0,004 groupes.h^{-1}) et le pseudorque (0,004 groupes.h^{-1}). A partir des observations uniquement en transect de ligne (Tab.79), elle est observée autant que le cachalot nain. En termes d'abondance, de petits groupes la caractérise (en moyenne environ 2 individus par groupe) avec sur ce jeu de données peu d'écart dans les comptages des effectifs (%CV 35,36). Il est très délicat de positionner plus amplement cette espèce pour des raisons déjà évoquées sur son comportement, indiqué dans tous les relevés, typiquement de fuite. De plus, on peut indiquer que les 6 observations sont réparties pour 3 en côte-sous-le-vent, 2 au nord et une au sud, ce qui peut laisser présumer d'une distribution plutôt large.

Le dauphin tacheté de l'Atlantique a été très peu observé (0,004 groupes.h^{-1}) et généralement est peu abondant (0,001 individus.km^{-1}, % CV 20,20) avec de plus de petits effectifs estimés (moyenne de 3,5 dans ce traitement) dans les 2 observations en *TB/TL*. Si l'on considère en plus les données opportunistes d'un point de vue des rencontres au sein de l'archipel, il a été observé deux fois en côte-sous-le-vent de l'île de Marie-Galante, en façade Atlantique ouest, et trois fois plus au nord de la côte-sous-le-vent dans la station de La Pointe Ferry.

Le pseudorque demeure moins énigmatique avec 3 observations au total (dont 2 traitées ici en transect de ligne) sise en côte-sous-le-vent, au nord de la cote-sous-le-vent vers la station dite de la Mer des Caraïbes Nord et uniquement en saison sèche.

Ses indices de rencontre à l'heure (0,004 groupes.h^{-1}) ou d'abondance relative sur la même unité d'effort (0,015 individus.h^{-1}, % CV 89,21) confirment que cette espèce est très occasionnellement observée dans l'archipel côtier de Guadeloupe, ou si l'on considère une récurrence temporelle (observations en mars et avril sur trois années différentes), de façon temporaire en saison sèche. Une seule observation en mars 2010 a documenté la présence d'un juvénile pour le pseudorque.

Tableau 79. Indice kilométrique d'abondance relative

Sp.	M	R	L	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IKR	IKA	CV%	IC95	ESJ	IHAJ
Ks	TBTL	85	5236,17	5	16,00	18,00	17,00	3,40	0,001	0,003	56,38	1,68	2,00	0,000
Fa	TBTL	85	5236,17	5	9,00	11,00	10,00	2,00	0,001	0,002	35,36	0,62	2,00	0,000
Sf	TBTL	85	5236,17	2	7,00	7,00	7,00	3,50	0,000	0,001	20,20	0,98	0,00	0,000
Pc	TBTL	85	5236,17	2	3,00	4,00	3,50	1,75	0,000	0,001	60,61	1,47	0,00	0,000

LÉGENDE
Sp. : espèce observée. M : méthode utilisée. R : nombre de relevés totaux issus de la méthode pour l'ensemble des espèces. L : distance totale parcourue en kilomètres pour tous les relevés des méthodes de transect de bande et de ligne. n : nombre d'observations de l'espèce sur l'ensemble des relevés en effort de transect. ES min : effectif minimum estimé. ES max : effectif maximum mesuré. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupe observés. IKR : indice kilométrique de rencontre, soit le rapport entre n et L. IKA : indice kilométrique d'abondance relative, soit le rapport entre ES et L. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95% : intervalle de confiance à risque statistique posé à alpha = 0,05. ESJ : effectifs estimés de juvéniles par groupe observé. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

1.1.5. Indices d'abondance relative des espèces occasionnelles à rares (OR)

La lecture des tableaux suivants (80 et 81) est explicite quant au statut régional maritime côtier suggéré pour les taxa catégorisées dans le chapitre III. Cet examen ne prenait pas jusqu'alors en considération l'abondance relative de ces espèces, mais uniquement leur occurrence ou présence, ce qui tend à être assimilable dans certains relevés au nombre d'observations. Pour les espèces rares ou « rarement » occasionnelles - car parfois le seuil maximal de la première catégorie tend à être le minimum de la seconde - c'est le cas.

Hormis le dauphin d'Electre (ou péponocéphale) qui affiche un indice de rencontre (0,003 groupes.h^{-1}) proche de celui du dauphin tacheté de l'Atlantique ou du pseudorque et un indice relatif d'abondance (0,035 individus.h^{-1}, % CV 120,47) proche de celui du cachalot nain, les autres espèces apparaissent comme sporadiquement, voire marginalement observées. Dans le cas de la majeure partie de ces espèces pélagiques, les caractéristiques des habitats sont connues pour être préférentiellement d'eaux profondes. Cependant c'est également le cas pour d'autres espèces plus fréquemment rencontrées, comme en côte-sous-le-vent. Une nouvelle interrogation est ainsi posée.

Pourquoi ces espèces semblent moins rencontrées en archipel côtier, comparativement à d'autres espèces pélagiques dont l'occurrence est occasionnelledans les eaux profondes la côte-sous-le-vent ?

Dans le cas des baleines à bec, les critères de la détermination des espèces peuvent constituer une partie de la réponse. Un second argument inclut également la capacité à les détecter visuellement. En effet, dans des conditions Beaufort ≤2, la moyenne des distances perpendiculaires (dans l'étude *TB/TL*) des baleines à bec sont fixées à 281 mètres de chaque côté de la ligne transect et à 75 mètres quand les conditions sont moins favorables (Beaufort>2 et ≤3). Au titre de l'exception, une observation a été notée à 1230 mètres de la ligne avec un saut exceptionnel d'une baleine à bec. L'analyse d'un statut de rareté reste ainsi complexe et ambigu pour cette famille. Enfin, le nombre relativement élevé d'observations pour cette famille avec des espèces non clairement identifiées, reste ouvert à un biais, celui qu'il peut s'agir des mêmes individus non recapturés. Les observations opportunistes (non traitées statistiquement ici) permettent de compléter de quelques observations les statuts de *M.europeaus* et *Z.cavirostris*) dans l'archipel de Guadeloupe.

Tableau 80. Indice horaire d'abondance relative

Sp.	M	R	t	T.	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95	ESJ	IHAJ
T. Sl	*TBTL*	85	6,3	535,5	1	2	7	4,5	4,5	0,002	0,008	0	0	0	NA
Pe	*TBTL*	85	6,3	535,5	1	2	2	2	2	0,002	0,004	0	0	0	0
	OT	59	3,98	234,82	1	20	30	25	25	0,004	0,106	0	0	NA	NA
T. Pe		144	5,35	770,32	2	22	32	27	13,5	0,003	0,035	120,47	22,54	0	0
Oo	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
T. Zc	*TBTL*	85	6,3	535,5	1	1	1	1	1	0,002	0,002	0	0	NA	NA
T. Me	*TBTL*	85	6,3	535,5	1	3	3	3	1	0,002	0,006	0	0	NA	NA
T. Sc	*TBTL*	85	6,3	535,5	1	5	8	6,5	6,5	0,002	0,012	0	0	2	0,004

LÉGENDE

Sp. : espèce observée. M : méthode utilisée. R : nombre de relevés totaux par méhode. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations visuelles de l'espèce. ES min : effectif minimum estimé. ES max : effectif maximum estimé. ES : effectif moyen de ES min et ES max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés pour l'espèce. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et la durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation. IC 95%: intervalle de confiance en pourcentage à risque statistique posé à alpha = 0,05. ESJ : effectifs estimés de juvéniles par espèce. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

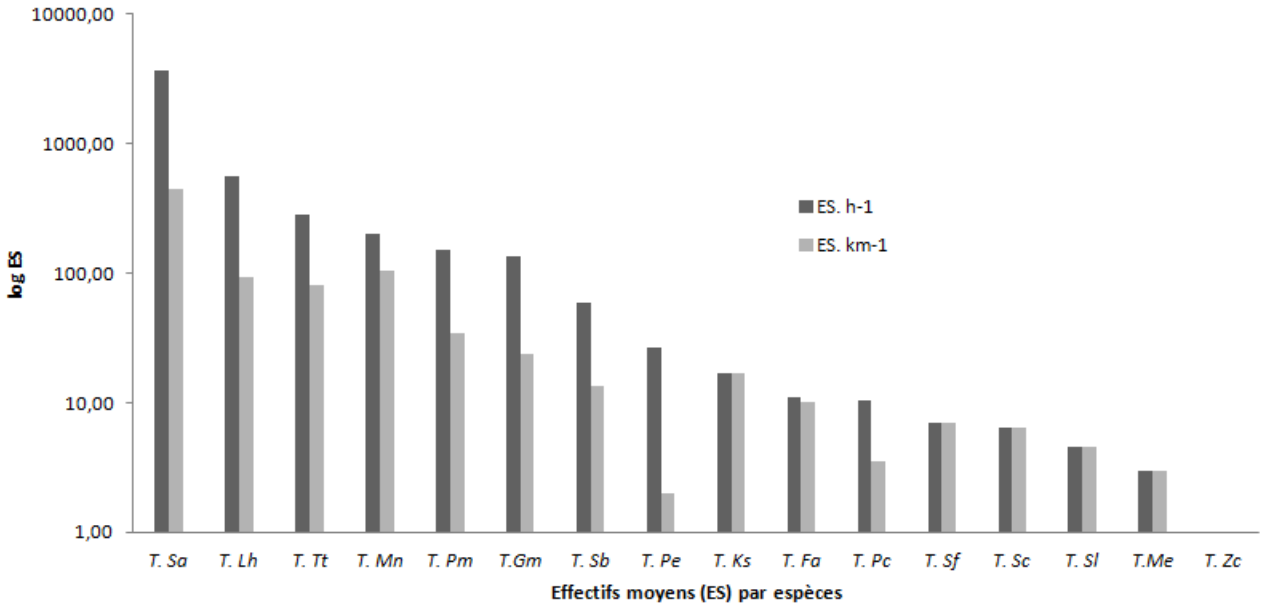
Tableau 81. Indice kilométrique d'abondance relative

Sp.	M	R	L	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IKR	IKA	CV%	IC95	ESJ	IHAJ
Sl	TBTL	85	5236,17	1	2,00	7,00	4,50	4,50	0,000	0,001	NA	NA	0,00	0,000
Pe	TBTL	85	5236,17	1	2,00	2,00	2,00	2,00	0,000	0,000	NA	NA	0,00	0,000
Zc	TBTL	85	5236,17	1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,000	0,000	NA	NA	0,00	0,000
Sc	TBTL	85	5236,17	1	5,00	8,00	6,50	6,50	0,000	0,001	NA	NA	2,00	0,000
Me	TBTL	85	5236,17	1	3,00	3,00	3,00	3,00	0,000	0,001	NA	NA	0,00	0,000

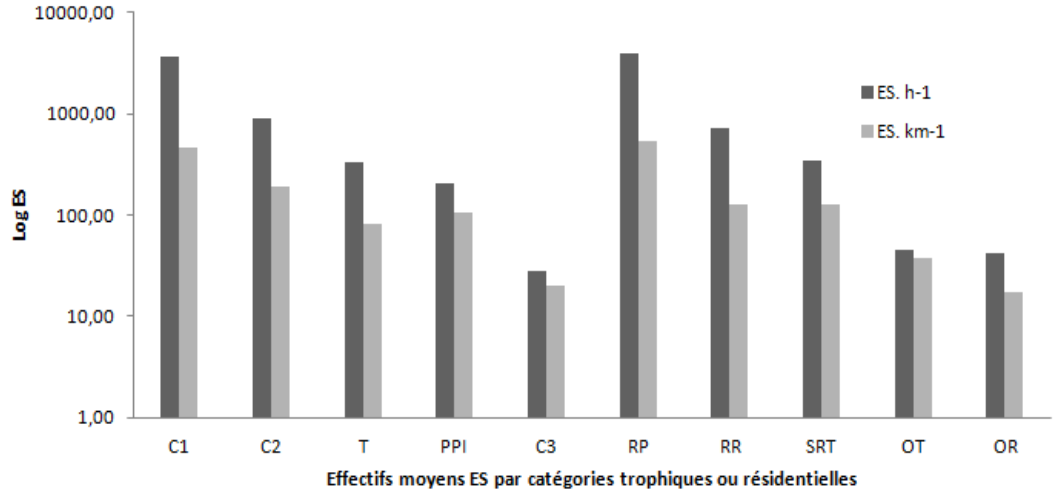
LÉGENDE

Sp. : espèce observée. M : méthode utilisée. R : nombre de relevés totaux issus de la méthode pour l'ensemble des espèces. L : distance totale parcourue en kilomètres pour tous les relevés des méthodes de transect de bande et de ligne. n : nombre d'observations de l'espèce sur l'ensemble des relevés en effort de transect. ES min : effectif minimum estimé. ES max : effectif maximum mesuré. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupe observés. IKR : indice kilométrique de rencontre, soit le rapport entre n et L. IKA : indice kilométrique d'abondance relative, soit le rapport entre ES et L. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95% : intervalle de confiance à risque statistique posé à alpha = 0,05. ESJ : effectifs estimés de juvéniles par groupe observé. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

Afin d'illustrer le poids relatif des effectifs exploités dans les précédents traitements d'après deux échelles d'efforts (horaire et kilométrique), une mise en parallèle des différentes tailles de populations recensées pour chaque espèce (Fig.69-a) et par regroupement catégoriel trophique ou de résidence (Fig.69-b) est représentée sous forme de diagrammes.



(a)



(b)

Figure 69-a, b. Effectifs considérés pour chaque catégorie dans les traitements des indices relatifs

LÉGENDE
Sp. : codification des espèces observées. ES (h) : valeurs logarithmiques (base 10) des effectifs considérés pour le traitement par espèce des indices relatifs horaires (couleur foncée). ES (km) : valeurs logarithmiques (base 10) des effectifs considérés par espèce pour le traitement des indices relatifs kilométriques (couleur claire)
RP : résidentes permanentes, RR : résidentes régulières, SR : semi-résidentes, TO : temporaires ou occasionnelles, ROR : rares à occasionnelles à rares. PPI : planctonophage/piscivore, C1 : carnivore 1, C2 : carnivore 2, C3 : carnivore 3, T : teutophage. ES1: valeurs logarithmiques (base 10) des effectifs considérés pour le traitement des indices relatifs horaires (couleur foncée) pour les catégories régionales en zone côtière et pour les catégories trophiques. ES2: valeurs logarithmiques (base 10) des effectifs considérés pour le traitement des indices relatifs kilométriques (couleur claire) pour les catégories régionales en zone côtière, juste indiquées pour les catégories trophiques.

1.2. Indice d'abondance relative par catégorie trophique

Afin de tenter d'approfondir des valeurs d'abondance relative pour chaque population composant le peuplement, y compris celles rarement rencontrées, un traitement pour générer un indice relatif horaire a été mené avec les catégories trophiques afin de les comparer entre elles.

Les effectifs considérés pour les regroupements en fonction des guildes proposées régionalement, incluent les mêmes jeux de données issus des méthodes de recherche *OR*, *T*, RB et *TB/TL* incluant les observations hors transect, ainsi que les jeux issus des observations touristiques. Par ailleurs, les indices kilométriques sont également présentés dans la synthèse de cette section.

1.2.1. Piscivore, planctonophage (PPI)

Rappelons que seule une espèce, la baleine à bosse, a été actuellement associée à cette guilde, bien que la présence du rorqual tropical reste probable. Le tableau 81 rappelle ainsi les indices relatifs de rencontre et d'abondance qui sont ainsi identiques à ceux de la section précédente.

Tableau 81. Indice horaire d'abondance relative pour PPI

CT	R	t	T.	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95	ESJ	IHAJ
PPI	207	5,17	1071,01	109	199	209	204	1,91	0,102	0,190	59,11	0,19	46,00	0,043

LÉGENDE
CT. : Catégorie trophique associée à la guilde régionale. R : nombre de relevés totaux utilisés pour l'ensemble des espèces composant la catégorie trophique. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations des espèces incluses dans la catégorie. ES min : effectif minimum estimé du groupe trophique. ES max : effectif maximum estimé du groupe trophique. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés dans le groupe trophique. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et Durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95 : intervalle de confiance à 95%. ESJ: effectifs estimés de juvéniles dans le groupe trophique. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

1.2.2. Carnivores 1 (C1)

Les carnivores 1 regroupent le dauphin tacheté pantropical et le dauphin tacheté de l'Atlantique. Selon les trois méthodes, en raison de la dominance des effectifs du dauphin tacheté pantropical observé principalement en côte-sous-le-vent, ce sont les méthodes focalisées dans ce même secteur qui proposent les indices les plus hauts, en toute linéarité avec les indices précédemment calculés (Tab.82).

Tableau 82. Indice horaire d'abondance relative pour C1 par méthode

CT	M	R	t	T.	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95%	ESJ	IHAJ
C1	*TBTL*	85	6,30	535,50	21	371	545	458	21,81	0,039	0,855	97,19	9,07	29	0,054
C1	*OR*	40	3,79	151,60	11	406	577	491,50	44,68	0,073	3,242	73,56	19,42	28,00	0,185
C1	*OT*	59	3,98	234,82	30	2452	2970	2711	90,37	0,128	11,545	72,83	23,55	NA	NA

LÉGENDE
CT. : Catégorie trophique associée à la guilde régionale. R : nombre de relevés totaux utilisés pour l'ensemble des espèces composant la catégorie trophique. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations des espèces incluses dans la catégorie. ES min : effectif minimum estimé du groupe trophique. ES max : effectif maximum estimé du groupe trophique. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés dans le groupe trophique. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et Durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95 : intervalle de confiance à 95%. ESJ: effectifs estimés de juvéniles dans le groupe trophique. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

La réconciliation de l'ensemble des observations et des effectifs pour cette catégorie trophique (Tab.83) indique un indice horaire d'abondance relative de 3,9 individus.h^{-1}(%CV 98,48). Les variances sont très importantes entre des populations ayant des effectifs aussi éloignés. Cette valeur relative a pour intérêt d'être rapprochée des autres groupes trophiques pour prendre tout son sens, en espace côtier.

Tableau 83 Synthèse des indices horaires pour C1

CT.	R	t	T.	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95	ESJ	IHAJ
T.C1 (h)	184	5,76	921,92	62	3229	4092	3660,5	59,04	0,067	3,971	98,48	14,47	57	0,062

LÉGENDE
CT. : Catégorie trophique associée à la guilde régionale. R : nombre de relevés totaux utilisés pour l'ensemble des espèces composant la catégorie trophique. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations des espèces incluses dans la catégorie. ES min : effectif minimum estimé du groupe trophique. ES max : effectif maximum estimé du groupe trophique. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés dans le groupe trophique. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et Durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95 : intervalle de confiance à 95%. ESJ: effectifs estimés de juvéniles dans le groupe trophique. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

1.2.3. Carnivores 2 (C2)

Cette catégorie est composée du grand dauphin, du sténo, du dauphin de Fraser et du rare dauphin à long bec. Les résultats relatifs ventilés par méthode (Tab.84) indiquent que l'indice relatif de rencontre le plus élevé (0,14 groupes.h^{-1}) est généré par la méthode *OR*, puis la télémétrie (0,08 groupes.h^{-1}). Ces deux prospections ont comptabilisé un nombre significatif d'observations pour le grand dauphin et le sténo, autour de la station de Petite Terre. Concernant la répartition des indices relatifs d'abondance pour ce groupe trophique, le poids des effectifs du dauphin de Fraser est significativement influent sur l'ensemble des effectifs des carnivores de niveau 2.

Tableau 84. Indice horaire d'abondance relative pour C2 par méthode

CT.	M	R	t	T.	n	ES min	Es max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95%	ESJ	IHAJ
C2	TBTL	85	6,3	535,5	15	168	212,5	192	12,8	0,03	0,359	177,5	7,29	30	0,056
C2	OR	40	3,79	151,6	21	127	152	139,5	6,64	0,14	0,920	156,1	4,43	8	0,053
C2	T	17	7,03	119,51	9	89	103	96	10,67	0,08	0,803	54,67	3,81	12	0,1
C2	OT	59	3,98	234,82	11	425	553	489	44,45	0,05	2,082	134,7	35,4	NA	NA

LÉGENDE
CT. : Catégorie trophique associée à la guilde régionale. R : nombre de relevés totaux utilisés pour l'ensemble des espèces composant la catégorie trophique. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations des espèces incluses dans la catégorie. ES min : effectif minimum estimé du groupe trophique. ES max : effectif maximum estimé du groupe trophique. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés dans le groupe trophique. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et Durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95 : intervalle de confiance à 95%. ESJ: effectifs estimés de juvéniles dans le groupe trophique. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : non applicable, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

Si l'on compare les synthèses C1 et C2 à partir des synthèses (Tab.83 et 85), on peut souligner la prédominance des carnivores de rang 1 face aux carnivores 2 avec presque 4 individus.h^{-1} (% CV 98,48) comptabilisés pour C1 *contre* 0,88 individus.h^{-1} (% CV 193,91) pour C2 soit moins d'un individu à l'heure. Malgré des efforts disparates liés aux méthodes et aux secteurs, le rapprochement sur une même unité d'effort des mesures tend cependant à permettre une comparaison intergroupe trophique à ce niveau.

En effet, il est intéressant de noter que les efforts portés à l'observation du groupe C2 ont été relativement plus importants en heures de relevés que ceux portés aux populations constituant C1 (respectivement 1041 heures contre 921 heures). Cela pourrait indiquer que le cumul des effectifs n'est pas proportionnel à l'augmentation de l'effort et que les valeurs sont globalement représentatives, même avec une grande variance dans le cas de groupes grégaires et de la taille moyenne des groupes observés telles que décrites en chapitre III.

Tableau 85. Synthèse des indices horaires pour C2

CT.	R	t	Durée T.	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95	ESJ	IHAJ
T.C2 (h)	201	5,18	1041	56	809	1020,5	916,5	16,37	0,0538	0,88	193,91	7,52	50	0,048

CT. : Catégorie trophique associée à la guilde régionale. R : nombre de relevés totaux utilisés pour l'ensemble des espèces composant la catégorie trophique. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations cumulées des espèces incluses dans la catégorie. ES min : effectif minimum estimé du groupe trophique. ES max : effectif maximum estimé du groupe trophique. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés dans le groupe trophique. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et Durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95 : intervalle de confiance à 95%. ESJ: effectifs estimés de juvéniles dans le groupe trophique. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : indique que le traitement n'a pas pu être effectué, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

Pourtant, l'indice relatif de rencontre indique que les carnivores de rang 2 sont presque autant contactés (0,05 groupes.h^{-1}) que ceux de rangs 2 (0,06 groupes.h^{-1}), avec cependant des tailles de groupes restant largement supérieures pour C1, quelles que soient les méthodes. Le point intéressant reste le jeu de données *OT* qui, rappelons-le, est focalisé principalement en côte-sous-le vent. C'est en côte-sous-le vent que les carnivores 1 (11,54 individus.h^{-1}, % CV 72,83) et les carnivores 2 (2,08 individus.h^{-1}, % CV 134,07) sont les plus abondants. L'examen des indices de rencontre relatifs entre les groupes trophiques est attribué pour les plus hautes valeurs aux recherches focales, type *OR* en côte-au-vent pour les carnivores 2 (0,14 groupes.h^{-1}) puis *OT* pour les suivis en côte-sous-le-vent, pour 0,12 groupes. h^{-1} de carnivores 1. Ce qui paraît intéressant dans cette comparaison méthodologique n'est pas tant le poids spécifique des espèces composant ces groupes, mais plus que les méthodes centrées sur le suivi de populations de façon sectorisée, génèrent des indicateurs permettant de renforcer le fait que ces groupes trophiques ne sont pas regroupés sur certaines zones côtières par hasard. Cela évoque immédiatement une référence à l'une des fonctions vitales de toute espèce vivante, l'alimentation et par conséquence, les caractéristiques disparates au sein de l'espace côtier d'habitats exploitables par certaines espèces. Si ce paradigme semble trivial, sa démonstration l'est moins et jusqu'alors rien ne tendait à supposer que ces groupes trophiques n'étaient pas plus largement répartis (et donc contactés avec plus de régularité géographique) en espace côtier au moins.

Même si la variabilité des prospections peut modifier une délimitation pouvant sembler ici catégorique pour des espaces vitaux de mammifères marins, et que les frontières restent virtuelles en mer, certains caractères écologiques des sites restent cependant à examiner. Ainsi, un espace peut être plus ou moins occupé, et en ce sens, la comparaison d'échantillonnages sur une assez large étendue de la zone d'étude (plus de 5200 km² de lignes répliquées autour de l'archipel avec un certain niveau d'homogénéité) et ceux présentant des efforts de recherche plus pointus sur des zones parfois inférieures à 200 km², tend à suggérer certaines tendances d'occupation, a fortiori quand ces dernières sont issues de résultats génériques comparables. Le résumé à cette étape est que peu de carnivores 1 ont été contactés en côte-au-vent, et qu'inversement la majorité pour ce groupe trophique l'est dans le bloc A (côte-sous-le-vent).

Les carnivores 2 semblent plus répartis entre le bloc A et le bloc C (façade Atlantique).

1.2.4. Carnivores 3 (C3)

Cette catégorie est composée d'espèces sensées pouvoir ingérer de grands vertébrés. Le nombre de contacts pour ce groupe trophique de carnivores 3 (orque, orque pygmée et le rarissime dauphin de Clymène) reste faible, comparativement aux groupes précédents.

Deux points ressortent des indices relatifs tels que présentés dans le tableau 86. En premier lieu, il s'agit de souligner que la méthode des transects de ligne a généré le plus de rencontres de ce groupe autour de l'archipel côtier avec 0,015 groupes.h^{-1}. Le poids relatif de l'orque pygmée dans ce compteur ne fait aucun doute et sa répartition assez étendue a été évoquée. Cependant si les espèces composant ce groupe sont bien agrégées au sein de l'archipel pour des raisons fonctionnelles (car il s'agit d'une guilde trophique théorique), les indices relatifs synthétisés au tableau .87 pourraient indiquer que ce groupe trophique est rarement observé dans l'archipel côtier (0,01 groupes.h^{-1}), tout autant qu'il est peu abondant (0,03 individus.h^{-1}, % CV 78,16). Si les carnivores 3 ne fréquentent pas l'espace côtier à moins de 15 mille des côtes, cela peut suggérer deux hypothèses.

D'une part, compte tenu qu'ils consomment les mêmes proies que les carnivores 2, avec une extension aux grands invertébrés, on peut supposer que peu de prédation interspécifique se produit entre les mammifères marins eux-mêmes, dans l'espace côtier. Cette hypothèse est étayée par le fait que la plupart des lésions constatées sur le terrain, semblent plus dues à des requins type squalelets féroces et que peu de carcasses fraîches ont été signalées dans les fonds marins autour de l'archipel par les clubs de plongée. L'analyse des échouages a été pauvre cependant, de part une indisponibilité de données récentes et détaillées sur les causes de mortalité possible de certains cétacés. Ce point aurait pu être intégré pour détecter de possibles relations interspécifiques pouvant être jugées agressives, même si ces dernières existent également assez fréquemment à l'intérieur d'une même espèce (cf. Chapitre I). Bien évidemment, cette hypothèse est réductrice puisqu'elle considère que les carnivores 3 ne prédateraient dans ce cas que d'autres cétacés. Cela s'avère faux si l'on en croit les analyses stomacales publiées sur le sujet et ayant servi de base à l'élaboration de ces guildes trophiques. Les carnivores 3 peuvent tout consommer, y compris des petits poissons démersaux, des céphalopodes dibranchiaux avec des tailles de manteaux variés ou de plus grands poissons pélagiques. L'avifaune peut également faire partie de leur régime alimentaire ainsi que les tortues, ce qui a été indiqué dans plusieurs régions du monde pour l'orque sur la tortue Luth (*Dermochelys coriacea*).

D'autre part, si cette assertion n'est pas vérifiée, il est possible de s'interroger sur les capacités pour l'espace côtier de Guadeloupe à héberger des proies en abondance suffisante pour demeurer un habitat bénéfique pour cette catégorie trophique très peu représentée dans les indices relatifs.

Ce dernier point apporte toute la justesse d'une étude sur les mammifères marins centrée sur un espace délimité qui cependant, propose au moins deux à trois stations présentant des topographies d'eaux profondes à des distances courtes de la côte. Paradoxalement, la richesse ichtyologique de ces zones semble, pour celles situées en côte-sous-le-vent, assez élevée ; ce qui ne précise pas le niveau de la biomasse. Ainsi, d'un point de vue commercial, de nombreux DCP sont installés autour de l'archipel et semblent proposer un assez bon rendement économique de grands poissons principalement pélagiques, ce qui en l'absence de taux de prises, reste un indice de l'abondance de proies potentielles à prendre en compte.

Enfin, ces espèces peuvent effectuer de grands déplacements, comme cela a été indiqué pour l'orque, même si certaines populations sont également connues pour être résidentes ou *a minima*, fidèles à certains sites.

Tableau 86. Indice horaire d'abondance relative pour C3 par méthode

CT.	M	R	t	T.	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95%	ESJ	IHAJ
C3	TBTL	85	6,30	535,50	8	17	23	20	2,50	0,015	0,037	70,10	1,21	3,00	0,006
C3	OR	40	3,79	151,60	1	6	8	7	7,00	0,007	0,046	89,21	3,53	1,00	0,007
C3	OT	59	3,98	234,82	1	1	1	1	1,00	0,004	0,004	NA	NA	NA	NA

CT. : Catégorie trophique associée à la guilde régionale. R : nombre de relevés totaux utilisés pour l'ensemble des espèces composant la catégorie trophique. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations cumulées des espèces incluses dans la catégorie. ES min : effectif minimum estimé du groupe trophique. ES max : effectif maximum estimé du groupe trophique. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés dans le groupe trophique. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et Durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95 : intervalle de confiance à 95%. ESJ: effectifs estimés de juvéniles dans le groupe trophique. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : indique que le traitement n'a pas pu être effectué, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

Tableau 87. Synthèse des indices horaires pour C3

CT	R	t.	T.	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95	ESJ	IHAJ
C3 (h)	184	5,01	921,92	10	24	32	28	0,28	0,011	0,030	78,16	1,43	4	0,004

CT. : Catégorie trophique associée à la guilde régionale. R : nombre de relevés totaux utilisés pour l'ensemble des espèces composant la catégorie trophique. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations cumulées des espèces incluses dans la catégorie. ES min : effectif minimum estimé du groupe trophique. ES max : effectif maximum estimé du groupe trophique. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés dans le groupe trophique. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et Durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95 : intervalle de confiance à 95%. ESJ: effectifs estimés de juvéniles dans le groupe trophique. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : indique que le traitement n'a pas pu être effectué, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

1.2.5. Teutophage (T)

Ce groupe est composé du cachalot, des baleines à bec de Cuvier et de Gervais, du globicéphale tropical du cachalot nain et du péponocéphale. Même si cette catégorie n'intègre pas des taxa uniquement considérés teutophages, il s'agit d'une point commun les regroupant majoritairement par l'analyse de contenus stomacaux dont des restes non digérés de becs de calmars. Les indices relatifs qui caractérisent les teutophages ne sont pas très explicites (Tab.88 et Tab.89). En effet, l'indice relatif de rencontre (0,09 groupes.h^{-1}) et l'indice d'abondance (0,36 individus.h^{-1}, % CV 205,85) sont influencés par le nombre d'observations relatives au cachalot (n=50). Le lien entre ces proies-clefs et cette espèce a été à maintes reprises souligné dans la littérature. Il semble que cette tendance ne fait que confirmer ce qui est plus largement constaté dans d'autres lieux.

Cela suggère cependant une légère avancée dans l'examen du domaine vital côtier envisageable pour le cachalot. Cela permet d'ores et déjà de suggérer que sous réserve que ce régime soit bien affecté à cette espèce, l'espace côtier peut potentiellement lui fournir dans ce secteur une relative accessibilité à des proies préférentielles. Face à cela, la technique de pêche économique de grands céphalopodes est très sélective et reste très peu usitée en Guadeloupe.

Ainsi, les résultats, basés sur des enquêtes de terrain et des témoignages de nombreux pêcheurs n'ont pas permis de documenter les proies-type parmi les céphalopodes dibranchiaux. Toutefois, un point d'intérêt a été de découvrir grâce à un club de plongée une photographie sous-marine prise en face de Pointe Noire, d'une larve d'un des plus grands teuthides connus, *Thysanoteuthis rhombus*, dont le manteau peut atteindre 100 cm environ de long avec un poids pouvant avoisiner 30 kg. Cette espèce est depuis quelques temps exploitée dans l'ile voisine de la Dominique, selon un document remis par l'Ifremer expliquant la technique très spécialisée de prise pour cette espèce et la formation portée aux professionnels de la mer, en ce sens.

Face à si peu d'éléments trophiques, les facteurs biotiques restent peu documentés pour l'abondance des céphalopodes dans ce secteur. Au regard de la synthèse des indicateurs relatifs, on constate que les teutophages se positionnent comme la première espèce la plus contactée en côte-sous-le-vent (0,23 groupes h^{-1}) et la moins abondante relativement (0,9 individus.h^{-1}, % CV 2,48) si l'on en croit les indices relatifs proposés dans la méthode *OT* pour C1 (11,5 groupes.h^{-1}, % CV 72,83) et C2 (2,08 individus.h^{-1}, % CV 134,7). Il est possible de conclure que compte tenu de la proportion des cachalots inclus dans cette catégorie, c'est l'analyse de leur propre niveau d'abondance qui pourrait nous donner des indicateurs de la richesse en proies-clef de cet espace côtier.

Tableau 88. Indice horaire d'abondance relative pour T par méthode

CT.	M	R	t	T.	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95%	ESJ	IHAJ
T	TBTL	85	6,30	535,50	25	76	87	81,5	3,26	0,047	0,152	1,28	18	0,034	100,29
T	OR	40	3,79	151,60	5	37	46	41,5	8,30	0,033	0,274	11,51	2	0,013	158,22
T	OT	59	3,98	234,82	54	200	226	213	3,94	0,230	0,907	2,48	NA	NA	235,54

CT. : Catégorie trophique associée à la guilde régionale. R : nombre de relevés totaux utilisés pour l'ensemble des espèces composant la catégorie trophique. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations cumulées des espèces incluses dans la catégorie. ES min : effectif minimum estimé du groupe trophique. ES max : effectif maximum estimé du groupe trophique. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés dans le groupe trophique. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et Durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95 : intervalle de confiance à 95%. ESJ: effectifs estimés de juvéniles dans le groupe trophique. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : indique que le traitement n'a pas pu être effectué, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

Tableau 89. Synthèse des indices horaires pour T

CT.	R	T	T.	n	ES min	ES max	ES	E(s)	IHR	IHA	CV%	IC95	ESJ	IHAJ
T (h)	184,00	5,01	921,92	84,00	313,00	359,00	336,00	4,00	0,091	0,364	205,85	1,76	20,00	0,022

CT. : Catégorie trophique associée à la guilde régionale. R : nombre de relevés totaux utilisés pour l'ensemble des espèces composant la catégorie trophique. t : durée moyenne d'un relevé sur la totalité des méthodes considérées. T. : durée totale de l'ensemble de relevés pour la catégorie concernée. n : nombre d'observations cumulées des espèces incluses dans la catégorie. ES min : effectif minimum estimé du groupe trophique. ES max : effectif maximum estimé du groupe trophique. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupes observés dans le groupe trophique. IHR : indice horaire de rencontre, soit le rapport entre n et Durée T. IHA : indice horaire d'abondance relative, soit le rapport entre ES et durée T. CV% : coefficient de variation en pourcentage. IC95 : intervalle de confiance à 95%. ESJ: effectifs estimés de juvéniles dans le groupe trophique. IHAJ : indice horaire d'abondance relative de juvéniles. NA : indique que le traitement n'a pas pu être effectué, par exemple en cas de données manquante sur le relevé.

1.3. Aperçu des effectifs de juvéniles

L'objectif est de considérer les effectifs de juvéniles, selon le rapport du nombre de petites aux effectifs totaux des groupes observés, afin de proposer un taux de juvéniles relatif par espèce, mais également en relation avec les catégories résidentielles et trophiques. Seules les méthodes appliquées durant *TB/TL*, *T* et les recherches *OR* ont permis de documenter, d'une part la présence de juvéniles, et d'autre part leur estimation. Bien entendu quand aucun juvénile n'a été détecté dans une observation, la valeur nulle renseigne de façon très intéressante ce descripteur pour donner un ordre de grandeur de la fonction de reproduction.

En effet, il est admis que ce type d'indices varie en fonction de la densité si l'on en croit certaines études ayant utilisé également ce même ratio (Leatherwood, 1977 Wursig, 1978). Il ne s'agit pas ici de proposer un taux de natalité, ni de reproduction, car dans ce cas, cet estimateur reste très incomplet, ne serait-ce que parce qu'il ne considère pas le taux de mortalité, restant encore inconnu à ce jour dans l'archipel côtier pour la plupart des espèces de cétacés recensées. Cet estimateur est appelé ici taux relatif (TX.R) et il est exprimé en % du nombre de juvéniles comptés visuellement et rapporté à l'effectif total de l'espèce où du groupe trophique. Les minimum et maximum ont été très difficilement évalués et l'attention a été portée à estimer en premier lieu le nombre de petits différents au sein du groupe. Cela induit une erreur, difficile à corriger à ce niveau méthodologique. Les proportions et le comptage estimés de petits cétacés ont été basés sur une taille estimée à l'œil nu, à environ >3m à ≤5m pour un baleineau à bosse (*Megaptera novaeangliae*) considéré nouveau né ou très jeune, soit environ 5 à 8 mois d'âge selon Baker *et al.* (1987). Chez les grands dauphins (*Tursiops truncatus*) la classe de taille utilisée pour les delphineaux avoisine 80 à 140cm selon Shirihai et Jarrett (2006). La référence pour les petits cachalots (*Physeter macrocephalus*) a été une taille d'environ 4 à 5,5m (Whitehead *et al.,* 1996). Les clefs de détermination de la taille des juvéniles *in situ* se basent essentiellement sur une mesure arbitraire de la distance entre certaines parties corporelles (exemple entre le bord d'attaque de la dorsale et le melon) ou sur des distances morphologiques entre l'adulte accompagnant et le juvénile. Une distinction a été faite, quand cela fut possible entre le juvénile (jeune d'environ un an), le petit (jeune d'environ 6 mois à 1 an) et le nouveau-né (de 0 à 5 mois). Cependant cette catégorisation n'a pas toujours pu être distinguée concrètement et le classement agrège l'ensemble des tailles sous la catégorie juvéniles. La figure 70 présente quelques individus ainsi catégorisés et comptabilisés durant les relevés effectués par les méthodes *OR* et *T*.

Figure 70. Exemple de juvéniles et petits observés dans cette étude

LÉGENDE
De gauche à droite : le dauphin tacheté pantropical (petit) a été photographié en côte-sous-le-vent le 10/02/2010, le grand dauphin (entre nouveau-né et petit), le 03/04/2011 à Petite Terre et le sténo (petit à probable juvénile présentant déjà une forme de dermatose, partie blanchâtre sous les flancs),le 7 mai 2010 à l'est de la Désirade.Photos, N.Gandilhon.

Les taux relatifs ainsi calculés pour cet estimateur sont indiqués dans le tableau 90 à partir de toutes les observations *OR*, *T* et *TBTL*, incluant celles hors transects. Si l'on s'en tient à une lecture statique des valeurs, parmi les espèces les plus observées, le cachalot présente un taux relatif de juvéniles élevé (26,97%), puis la baleine à bosse (22,04%), le grand dauphin (12,81%) et le cachalot nain (11,76%).

Le dauphin tacheté pantropical, qui est l'espèce relativement la plus abondante, présente un des taux les moins élevés dans les comptages parmi les autres populations de delphinidés (6,05 % contre 8,08 % pour le sténo ou 10,87 % pour le dauphin de Fraser). Il peut être suggéré que les comptages ne sont pas précis car les tailles de groupes sont importantes. Cela n'est pas à exclure, bien qu'à l'inverse, le comportement des groupes de mères et petits se tenant généralement à l'écart des plateformes à des distances permettant l'estimation, facilite l'évaluation des rangs de taille au sein d'un groupe grégaire.

Tableau 90. Synthèse des effectifs de juvéniles et du taux relatif pour chaque espèce

Sp.	M	n	ES min	ES max	ES	E(s)	CV%	ESJ	Tx.R (%)
Tt	*TBLT*	18	124,00	143,00	133,50	7,42	101,30	19,00	14,23
	OR	19	78,00	91,00	84,50	4,45	70,10	8,00	9,47
	T	6	58,00	68,00	63,00	10,50	46,03	9,00	14,29
T.Tt		43	260	302	281	6,53	84,40	36,00	12,81
Sb	TBLT	3	13,00	20,00	16,50	5,50	13,21	1,00	6,06
	T	3	31,00	35,00	33,00	11,00	72,16	3,00	9,09
T.Sb		6	44	55	49,5	8,25	75,20	4,00	8,08
Sa	TBLT	19	364,00	538,00	451,00	23,74	90,16	29,00	6,43
	OR	11	406,00	577,00	491,50	44,68	73,56	28,00	5,70
T.Sa		30	770	1115	942,5	31,42	95,58	57,00	6,05
Pm	TBLT	15	33,00	36,00	34,50	2,30	92,89	10,00	28,99
	OR	4	9,00	11,00	10,00	2,50	95,22	2,00	20,00
T.Pm		19	42	47	44,5	2,34	85,04	12,00	26,97
T. Lh	TBLT	2	82,00	102,00	92,00	46,00	83,75	10,00	10,87
Mn	TBLT	88	146,00	153,00	149,50	1,70	61,76	30,00	20,07
	OR	14	22,00	22,00	22,00	1,57	32,68	5,00	22,73
	T	16	45,00	45,00	45,00	2,81	35,09	16,00	35,56
	RTE BAL	10	26,00	31,00	28,50	2,85	56,73	3,00	10,53
T.Mn		128	239	251	245	1,91	59,11	54,00	22,04
Gm	TBLT	2	21,00	27,00	24,00	12,00	17,68	6,00	25,00
Ks	TBLT	5	16,00	18,00	17,00	3,40	11,28	2	11,76
Fa	TBLT	6	10	12	11	1,83	94,59	2	18,18
Pc	OR	3	9	12	10,5	3,50	89,21	1	9,52
Sc	TBLT	1	5,00	8,00	6,50	6,50	NA	2	30,77

LÉGENDE
Sp. : Espèce. M : méthodes. (n): observations visuelles. ES min : effectif minimum. ES max : effectif maximum. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupes. ESJ: effectifs estimés de juvéniles. Tx.R (%): taux de juvéniles, soit ESJ/ES en %.

Le nombre de juvéniles (ESJ), les effectifs totaux des groupes observés (ES) ainsi que les taux de juvéniles (Tx.R) sont représentés dans le diagramme 71.

Cette figure permet de souligner que de considérer ce ratio pour des espèces très peu observées (n≤3) telles que *S.clymene ou G.macrorhynchus* , dans le jeu de données considérées pour ces estimations, a peu de sens statistique pour proposer même un ordre de grandeur biologique au moins comparable au niveau interspécifique.

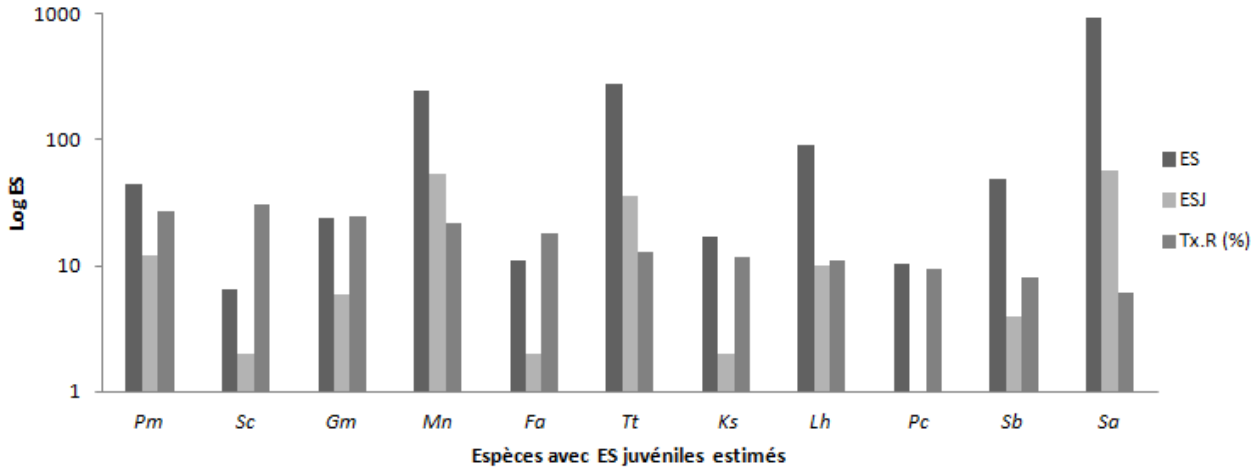


Figure 71. Diagramme des effectifs et taux de juvéniles

LÉGENDE
ES: valeurs logarithmiques (base 10) des effectifs totaux estimés par espèce dans les méthodes ici retenues (couleur foncée). Effectifs de Juvéniles par espèce = ESJ en valeurs logarithmiques (base 10) (couleur claire). Tx.R (%) : taux de juvéniles, soit le rapport entre ESJ et ES en % (couleur gris moyen).

Une analyse par régression selon loi de poisson a été menée entre le taux de juvéniles relatif et les tailles moyennes des groupes observés. Elle montre que le taux de juvéniles est de façon générale peu corrélé à la taille des groupes, sauf pour le dauphin tacheté pantropical, l'orque pygmée et dans une moindre mesure, le grand dauphin. Parmi les espèces les plus observées, le cachalot et la baleine à bosse ont des taux de juvéniles élevés, moins significativement corrélés à la taille des groupes observés. A l'inverse, notons que le taux de juvéniles chez le dauphin tacheté pantropical est significativement corrélé à la taille des groupes observés (p=0.92).

Une recherche de similarité a été également examinée par la méthode de Bray-Curtis entre les taux relatifs de juvéniles calculés pour les groupes résidentiels et ceux affectés aux groupes trophiques. Les valeurs obtenues pour ces calculs sont présentées dans le tableau 91. Le but est de considérer les corrélations les plus élevées entre les classements catégoriels présentant le plus de similarités statistiques selon un caractère, soit ici le taux relatif de juvéniles calculé pour chacun d'entre eux.

Ainsi, le taux de juvéniles des PPI (ici la baleine à bosse) est le plus proche de celui des groupes résidentiels RR et SRT, puis des espèces rares à occasionnelles. Cela reste cohérent avec le fait que l'espèce est incluse dans un statut semi-résident, mais assoie un intérêt spécifique concernant les autres catégories, composées d'espèces résidentes. Les carnivores 1 sont assimilés, en proximité, au taux dans lequel les espèces sont incluses et ne ressemblent à aucun autre groupe régional. Étonnemment les carnivores 2 présentent plus de similarités avec les espèces classées rares à occasionnelles, puis, avec les taux des espèces semi-résidentes. La même ressemblance avec la catégorie OR est indiquée pour les teutophages et les carnivores 3, avec des valeurs sensiblement proches.

Cette analyse suggère que les taux de juvéniles consolidés selon les groupes trophiques ne sont que peu ressemblants à ceux des groupes liés écologiquement à un niveau de présence de l'archipel.

Indirectement, cela indique qu'il n y a pas ou peu de correspondances entre le taux de juvéniles classé selon les régimes alimentaires de cétacés et celui des espèces catégorisées avec une dimension de résidence/fréquentation d'un habitat côtier, sauf peut-être sous certaines réserves, pour les carnivores 1. De façon sous-jacente, ces ressemblances pourraient indiquer un certain degré d'adéquation à la capacité reproductive, entre des espèces trouvant une accessibilité de nourriture adéquate dans un espace, et le fait de pouvoir, même temporairement, s'y inféoder.

Tableau 91. Analyse des valeurs de similarités selon la méthode de Bray-Curtis entre les taux de juvéniles

Tx.R	RP	RR	SRT	OT	OR
PPI	0,51382	0,84486	0,99414	0,74165	0,83469
C1	0,88515	0,54578	0,42681	0,6355	0,32863
C2	0,387	0,67335	0,82501	0,58056	0,98417
C3	0,23059	0,43223	0,55219	0,36356	0,6896
T	0,21359	0,40376	0,51842	0,33863	0,65122

LÉGENDE
Tx.R : Taux de juvéniles=ESJ/ES. RP : espèces résidentes permanentes, RR : espèces résidentes régulières, SRT : espèces semi-résidentes à temporaires, OT : espèces temporaires ou occasionnelles, OR : espèces occasionnelles à rares. PPI : espèce planctonophage/piscivore, C1 : espèces carnivores de rang 1, C2 : espèces carnivores de rang 2, C3 : espèces carnivores de rang 3, T : espèces teutophages.

Boisseau *et al.* (2000) indiquent lors d'une étude menée entre 1995 et 2006 en Martinique, en Dominique, à Grenade puis en Guadeloupe (avec n=24 incluant 4 Delph NI, 112km d'efforts parcourus pour la Guadeloupe et 5 espèces vues), que durant l'ensemble de leurs étude des petits et juvéniles ont été observés pour les espèces suivantes : le grand dauphin, l'orque pygmée, le dauphin de Fraser, le pseudorque, le cachalot pygmée et l'orque.

L'ensemble des indices relatifs et descripteurs pour les juvéniles, bien qu'assez généralistes, permettent d'amorcer un examen biologique à la fois par l'abondance relative à partir des effectifs estimés, tout autant que d'ouvrir certains points d'intérêts écologiques ou hypothèses par les notions de rencontre relative.

Cette approche peut enrichir la connaissance préliminaire de la répartition spatiale de certaines populations. Ils présentent par ailleurs le bénéfice de pouvoir comparer des méthodes hétéroclites et de lisser les données aberrantes grâce à l'usage d'une ou plusieurs unités d'effort commune, en réduisant les valeurs extrêmes. Ces informations simples, facilitent par ailleurs les présomptions d'un possible partitionnement des sites côtiers, en positionnant les espèces entres elles, ou selon des groupements trophiques ou résidentiels.

Le tableau 92 synthétise l'ensemble de ces indices relatifs d'abondance pour toutes les catégories précédemment décrites et composant le peuplement.

Tableau 92. Synthèse des indices relatifs d'abondance et de rencontre pour différentes catégories biologiques

Espèces	n	ES	IHR	IHA	%CV	Espèces	n	ES	IKR	IKA	%CV
Tt	41	286,50	0,039	0,275	84,4	*Tt*	10,00	82,00	0,002	0,016	108,17
Sb	7	58,50	0,007	0,056	75,2	*Sb*	2,00	13,50	0,000	0,003	5,24
Sa	60	3653,50	0,065	3,963	95,6	*Sa*	19,00	451,00	0,004	0,080	90,16
Pm	69	152,50	0,075	0,165	85	*Pm*	15,00	34,50	0,003	0,007	92,89
Lh	7	567,00	0,008	0,615	74	*Lh*	2,00	92,00	0,000	0,018	135,27
Mn	109	204,00	0,102	0,190	59,1	*Mn*	67,00	105,50	0,013	0,020	54,79
Gm	6	135,50	0,007	0,146	101	*Gm*	2,00	24,00	0,000	0,005	17,68
Ks	5	17,00	0,009	0,032	11,3	*Ks*	5,00	17,00	0,001	0,003	56,38
Fa	6	11,00	0,004	0,004	94,6	*Fa*	5,00	10,00	0,001	0,002	35,36
Sf	2	7,00	0,004	0,013	10,1	*Sf*	2,00	7,00	0,000	0,001	20,20
Pc	3	10,50	0,004	0,015	89,2	*Pc*	2,00	3,50	0,000	0,001	60,61
Sl	1	4,50	0,002	0,008	NA	*Sl*	1,00	4,50	0,000	0,001	NA
Pe	2	27,00	0,003	0,035	120	*Pe*	1,00	2,00	0,000	0,000	NA
Zc	1	1,00	0,002	0,002	NA	*Zc*	1,00	1,00	0,000	0,000	NA
Sc	1	6,50	0,002	0,012	NA	*Sc*	1,00	6,50	0,000	0,001	NA
Me	1	3,00	0,002	0,006	NA	*Me*	1,00	3,00	0,000	0,001	NA
Oo	OO	OO	NA	NA	NA	*NA*	OO	OO	NA	NA	NA
Total traité	*321*	*5145*				*Total traité*	*136*	*857*			
Catégories régionalisées par statut de résidence											
RP	108	3998,5	0,120	4,05	143	RP	31	546,5	0,008	0,115	116,6
RR	76	719,5	0,080	0,78	284	RR	17	126,5	0,003	0,024	287,17
SR	115	339,5	0,140	0,39	221	SR	69	129,5	0,017	0,033	96,46
TO	16	45,5	0,030	0,07	62,5	TO	14	37,5	0,003	0,007	53,1
ROR	6	42	0,010	0,07	213	ROR	5	17	0,001	0,003	63,59
Total traité	*321*	*5145*				*Total traité*	*136*	*857*			
Catégories trophiques par guilde théorique											
PPI	109	204	0,121	0,232	59,1	PPI	67	105,5	0,013	0,020	54,79
C1	62	3660,5	0,067	3,971	98,5	C1	21	458	0,004	0,087	97,19
C2	56	916,5	0,062	0,932	194	C2	15	192	0,003	0,037	177,48
C3	10	28	0,011	0,03	78,2	C3	8	20	0,002	0,004	70,1
T	84	336	0,091	0,364	206	T	25	81,5	0,005	0,016	100,29
Total traité	*321*	*5145*				*Total traité*	*136*	*857*			

LÉGENDE

RP : espèces résidentes permanentes, RR : espèces résidentes régulières, SRT : espèces semi-résidentes à temporaires, OT : espèces temporaires ou occasionnelles, OR : espèces occasionnelles à rares. PPI : espèce planctonophage/piscivore, C1 : espèces carnivores de rang 1, C2 : espèces carnivores de rang 2, C3 : espèces carnivores de rang 3, T : espèces teutophages. n : nombre d'observations visuelles. ES : effectif moyen. IHR : indice horaire de rencontre (groupe.h^{-1}).IHA : indice horaire d'abondance relative (nombre d'individus.h^{-1}). ES min : effectif minimum estimé. ES max : effectif maximum mesuré. ES : effectif moyen de ES min et Es max. E(s) indique la taille moyenne des groupe observés. IKR : indice kilométrique de rencontre (groupe. km^{-1}). IKA : indice kilométrique d'abondance relative (individus. km^{-1}). CV% : coefficient de variation en pourcentage.

Une analyse de similarité a été menée ensuite par la méthode de Bray-Curtis en prenant en compte les indices relatifs d'abondance générés par les deux jeux d'effectifs et analysés sur les groupes sectoriels.

Le biais initial est que certaines espèces dominantes pèsent de façon importante dans les jeux de données, même ainsi croisés. Il s'agit principalement :

- de la baleine à bosse unique représentant des PPI et largement dominante dans les effectifs des espèces semi-résidentes ;
- du dauphin tacheté pantropical.

Cependant, les espèces composant les différents groupes n'étant pas les mêmes, les résultats de ces analyses permettent d'affiner les ressemblances inter catégories (Fig.72).

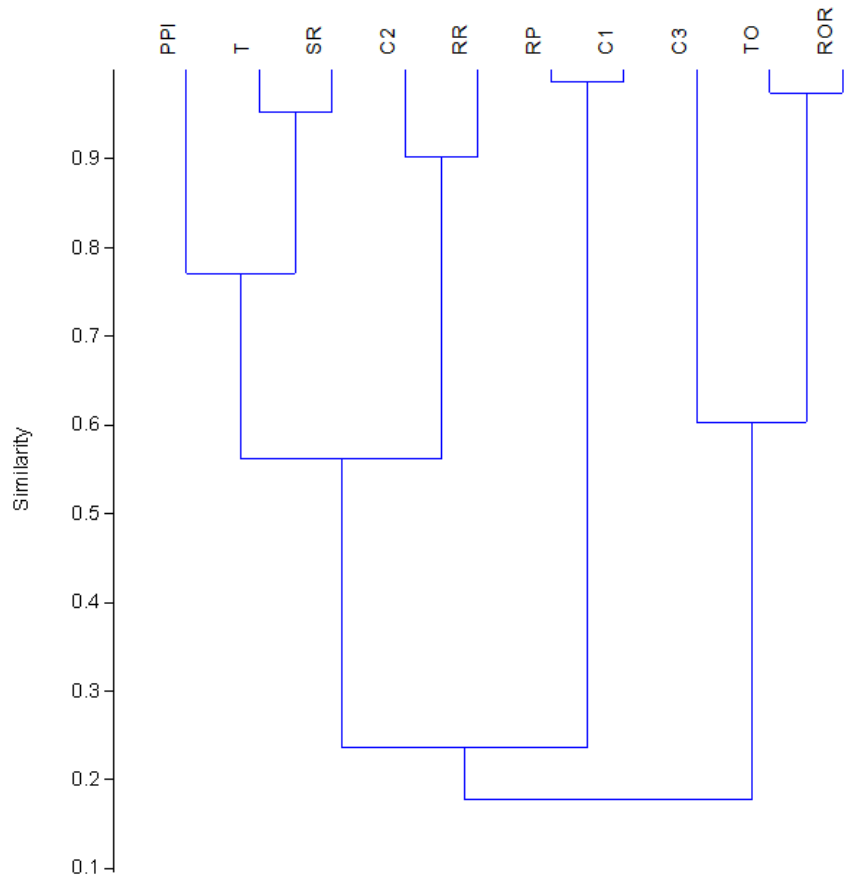


Figure 72. Dendogramme classant les catégories sectorielles selon leur niveau de similarité à partir de deux indices distincts d'abondance relative

LÉGENDE
Similarity : coefficients de corrélation par la méthode de Bray-Curtis indiquant les similarités entre les catégories sectorielles. Les corrélations les plus fortes, dont les valeurs peuvent être lues sur l'axe en coordonnées Y, sont signalées par des liens courts entre des groupes, parfois paires. RP : espèces résidentes permanentes, RR : espèces résidentes régulières, SR : espèces semi-résidentes, OT : espèces temporaires ou occasionnelles, ROR : espèces occasionnelles à rares. PPI : espèce planctonophage/piscivore, C1 : espèces carnivores de rang 1, C2 : espèces carnivores de rang 2, C3 : espèces carnivores de rang 3, T : espèces teutophages.

Le but est de comparer le niveau de corrélation par similarité entre les groupes selon deux indices différents d'abondance relative (Tab.93).

Tableau 93. Analyse des valeurs de similarités selon la méthode de Bray-Curtis entre les deux indices relatifs d'abondance par catégories

IHA	RP	RR	SRT	OT	OR
PPI	0.10844	0.4585	0.75203	0.47368	0.47368
C1	0.99052	0.32835	0.17677	0.035617	0.035617
C2	0.37437	0.91121	0.58466	0.14343	0.14343
C3	0.014717	0.074074	0.14458	0.58824	0.58824
T	0.16504	0.63636	0.97196	0.33028	0.33028
IKA	RP	RR	SR	TO	ROR
PPI	0.40278	0.90566	0.93548	0.38889	0.1875
C1	0.86139	0.43243	0.55	0.14894	0.066667
C2	0.58025	0.67606	0.825	0.25926	0.12
C3	0.067227	0.28571	0.21622	0.72727	0.85714
T	0.24427	0.8	0.65306	0.6087	0.31579

LÉGENDE
RP : espèces résidentes permanentes, RR : espèces résidentes régulières, SRT : espèces semi-résidentes à temporaires, OT : espèces temporaires ou occasionnelles, OR : espèces occasionnelles à rares. PPI : espèce planctonophage/piscivore, C1 : espèces carnivores de rang 1, C2 : espèces carnivores de rang 2, C3 : espèces carnivores de rang 3, T : espèces teutophages. IHA : indice horaire d'abondance relative (individus.h^{-1}). IKA : indice kilométrique d'abondance relative (individus. km^{-1}).

Dans ce tableau de similarités, les corrélations sont explicites pour la baleine à bosse (PPI) et les carnivores 1 (essentiellement *S. attenuata*), comme indiqué précédemment de par le poids relatif d'une seule espèce présente dans les deux catégories. En revanche, l'usage de l'un ou l'autre indice (IHA contre IKA) modifie significativement les associations. Ainsi les carnivores 2 sont dans le cas du choix de l'indice horaire d'abondance relative plus proches des résidents réguliers que des semi-résidents. Ce décalage dans la ressemblance des indices relatifs d'abondance est également sensible pour les teutophages, avec une plus forte similarité chez les semi-résidents selon IHA et les résidents réguliers selon IKA.

Les plus fortes ressemblances dans les indices d'abondance relative sont obtenues entre les carnivores 2 et les résidents réguliers, les teutophages et les semi-résidents. PPI est moins proche des semi-résidents que les teutophages. Les carnivores 1 se détachent clairement du reste du peuplement, comme cela a déjà été souligné ainsi que les carnivores 3 composant un quatrième détachement et présentant, en outre, des ressemblances moyennes sur ces indices avec les espèces rares à occasionnelles, mais également les temporaires. Ce croisement de coefficients de détermination vise à décrire les liens de similarités entre les abondances relatives des groupes catégorisés et un régime alimentaire considéré préférentiel, avec le niveau de résidence ou de non résidence au sein de l'archipel côtier. En extrapolant les résultats de cet examen préliminaire, certaines suggestions peuvent être émises. Les teutophages se rapprochent dans les indices d'abondance relative des groupes semi-résidents, les carnivores 2 de ceux regroupant les espèces plutôt résidentielles régulières et pour les carnivores 3, les niveaux d'abondance sont plus proches de ceux des espèces plus sporadiquement observées. Indirectement, cela tend à indiquer un niveau de « capacité » écologique (qualitative ou quantitative) des écosystèmes marins composant l'espace côtier de Guadeloupe, et leur influence sur l'attractivité, voire « l'inféodation » de certains groupes de mammifères marins. Cette première analyse nous éclaire sur les conséquences probables sur la dynamique de leur population, dont l'abondance est l'un des caractères déterminants.

2. Densité relative non corrigée

Pour approfondir l'étude de l'abondance des populations rapportées aux surfaces occupées, l'analyse des densités relatives a été menée uniquement à partir des jeux de données issus des transects de ligne (de 2008 à 2011) et des transects de bande pour 2007.En effet, seules ces méthodes ont permis un dimensionnement de l'échantillonnage sur un espace finement mesuré. Rappelons que la densité non corrigée (*DU*) peut s'écrire : $DU = n/a$. Avec *DU* représentant la densité relative par espèce, soit le nombre d'individus estimés sur une aire, ici choisie au km², n étant l'effectif moyen observé et a, l'aire réellement échantillonnée, mesurée par le produit de la longueur totale des lignes parcourues notée *L* sur l'aire totale, multiplié par la largeur *w* de chaque côté de la ligne.Cela revient à dire que $DU = n/2wL$. Pour rappel des assertions statistiques présentées au chapitre II sur les méthodes de traitement, la technique du transect de bande considère que cette détection est parfaite à l'intérieur d'une largeur fixée dans cette étude en 2007 à 1390 mètres (*w*) de chaque côté de la ligne médianede cette bande. Cette formule correspond ainsi aux traitements associés à la méthode dit du « strip-transect » ou transect de bande.

À titre indicatif, une comparaison des distances estimées à l'œil nu en mètres pour l'année 2007 a été faite avec les distances perpendiculaires reconstituées par la conversion des azimuts en degrés (Tab.94).

Tableau 94. Conversion pour le jeu de données 2007 des distances estimée à l'œil nu en distances perpendiculaires

n	*Sp.*	Distance *d* (m)	Distance *dp* (m)
1	*Pm*	500	250
2	*Meso NI*	200	200
5	*Meso NI*	450	450
3	*Me/Mm*	3	0
4	*Meso NI*	300	300
6	*Zii NI*	150	106,07
7	*Mn*	250	250
8	*Sa*	10	5
9	*Sa*	300	300
10	*Sa*	200	0
11	*Sa*	5	4,33
12	*Sa*	5	2,5
13	*Sa*	300	150
14	*Sl*	5	2,5
15	*Sf*	800	400
16	*Fa*	100	86,6
17	*Delph NI*	300	300
18	*Delph NI*	30	30
19	*NI*	500	500
20	*Ks*	15	7,5
21	*Ks*	50	0
22	*Tt*	50	50
23	*NI*	100	100
24	*NI*	300	150
25	*NI*	150	150
26	*NI*	200	200

LÉGENDE
n : nombre de groupes observés dans la méthode TB en 2007. Sp. : espèce concernée. Distance *d* : distance radiale estimée entre le cétacé et la plateforme (en mètres) à l'œil nu par les observateurs. *dp* : distance perpendiculaire en mètres à la ligne médiane, reconstituée par trigonométrie (conversion des azimuts en degrés).

Il s'avère que ces distances perpendiculaires estimées par ce calcul permettent de vérifier que toutes les détections se situent bien à l'intérieur des 1390 mètres fixés dans l'étude par transect de bande.

Cependant, cette reconstitution se base sur la mesure des azimuts, effectuée à l'œil nu en 2007, et dès 2008, par l'usage de jumelles avec réticules.

Pour la méthode de transects de ligne, seule une espèce a généré suffisamment d'observations pour pouvoir proposer dans cette étude une estimation de stock robuste. Aussi, pour présenter une valeur de densité relative pour toutes les espèces contactées en transect, la moyenne des distances perpendiculaires a été utilisée. Cela revient à considérer que la largeur de détection a été parfaite à l'intérieur de la moyenne des distances perpendiculaires. Afin de minimiser cet aspect peu réaliste, une stratification a été proposée pour présenter les densités saisonnières et temporelles en appliquant la moyenne des distances perpendiculaires réellement mesurées pour chaque strate, ainsi que les efforts et les surfaces strictement associés. Ce choix doit contribuer à minimiser l'application aberrante d'une largeur fixe *a posteriori,* quelle que soit l'échelle de temps ou d'espace. En outre, cet ajustement est fondé sur des moyennes vraisemblables, car elles ont été calculées sur des relevés dont les paramètres ont été rigoureusement renseignés *in situ*. Bien entendu, les données issues de 2007 (puisque *w* était déjà fixé) échappent à ce traitement.

Afin de positionner l'ensemble des calculs de densités non corrigées ou corrigées et l'analyse de stocks à partir des strates correspondant à des périodes temporelles et à des unités spatiales, les tableaux 95 à 98 précisent les valeurs de références : le kilométre pour les distances ou le kilomètre carré pour les surfaces.

Pour les baleines à bosse, contrairement aux indices relatifs destinés à positionner l'ensemble des espèces du peuplement entre elles, seules les distances parcourues en saison sèche ont été retenues.

Tableaux 95 et 96. Références temporelles utilisées pour les analyses de densités

Strates temporelles SS	L (km)	a (km²)
févr-07	657,3	2429,01
mars-08	331,60	1852,15
avr-08	439,60	1963,23
mai-08	127,18	649,25
juin-08	128,60	726,86
SS 2008	1026,98	5191,49
avr-09	777,00	4294,82
mai-09	136,20	686,31
SS 2009	913,20	4981,13
avr-10	359,45	2497,14
SS 2010	359,45	2497,14
avr-11	391,42	2456,05
mai-11	325,60	1481,72
SS 2011	717,02	3937,77
SS ARCHIPEL	3673,95	5278,68

Strates temporelles SH	L km	a (km²)
déc.-07	207,07	656,51
SH 2007	207,07	656,51
oct.-09	141,90	1751,53
nov.-09	678,17	2845,17
SH 2009	820,07	4596,70
nov.-10	535,08	3292,55
SH 2010	535,08	3292,55
oct.-11	réalisé, non traité	1751,53
nov.-11	réalisé, non traité	3583,82
SH 2011	réalisé, non traité	5335,34
SH ARCHIPEL	1562,22	5278,68

LÉGENDE
SS : saison sèche. SH : saison humide. Transect L : distances cumulées parcourues en km par strates temporelles. a: surface en km² prospectée pour chaque période de temps.

Tableaux 97 et 98. Références spatiales utilisées pour les analyses de densités

Strates spatiales SS	L (km)	a (km²)
Bloc A 2007	370,50	1111,29
Bloc A 2008	229,20	1111,29
Bloc A 2009	202,50	1111,29
Bloc A 2011	266,90	1111,29
Total A	1069,10	1111,29
Bloc B 2007	286,80	1317,72
Bloc B 2008	283,70	1084,77
Bloc B 2009	216,10	1441,20
Bloc B 2010	230,18	1362,31
Bloc B 2011	222,40	1317,72
Total B	1239,18	1376,03
Bloc C 2007	–	1372,37
Bloc C 2008	299,10	1372,37
Bloc C 2009	273,17	1407,62
Bloc C 2010	129,27	1068,46
Bloc C 2011	80,02	710,81
Total C	781,56	1391,42
Bloc D 2008	214,98	1390,11
Bloc D 2009	221,83	1377,45
Bloc D 2011	147,30	1464,58
Total D	584,11	1413.66
SS ARCHIPEL	3673,95	5278,68

Strates spatiales SH	L (km)	a (km²)
Bloc A 2009	179,80	740,86
Bloc A 2010	281,70	1111,29
Total A	461,50	1111,29
Bloc B 2009	262,60	1441,20
Bloc B 2010	140,60	1441,20
Total B	403,20	1376,03
Bloc C 2007	207,07	656,51
Bloc C 2009	154,67	1037,19
Bloc C 2010	77,38	369,63
Total C	439,12	1391,42
Bloc D 2009	223,00	1377,45
Bloc D 2010	35,40	370,43
Total D	258,40	1413.66
SH ARCHIPEL	1562,22	5278,68

LÉGENDE
SS : saison sèche. SH : saison humide. Transect L : distances cumulées parcourues en km par strates temporelles. a: surface en km² prospectée pour chaque période de temps.

Ensuite les distances perpendiculaires moyennes pour chaque groupe observé entre 2008 et 2011 ont été calculées avec les formules applicables par trigonométrie grâce aux mesures précises relevées à la détection des groupes. Il est important de rappeler que cette approche n'est justifiée que parce que le nombre de données collectées ne permet pas d'effectuer une estimation de *ESW*, soit la largeur de détection effective à partir de la ligne de transect (cf. Chapitre II).

Un test de Mann-Whitney a pu être fait (7 valeurs minimum disponibles par saison) entre les distributions des 3 odontocètes (cachalot, grand dauphin et dauphin tacheté pantropical) sur les différentes distances perpendiculaires. Ce test a été réalisé afin de s'assurer que la détection des groupes n'est pas influencée par les saisons et les conditions climatiques globalement constantes dans les seuils maxima d'observations de par les limites fixées dans le procotole rédigé pour cette méthode.

Le résultat de ces mesures (Tab.99) portant sur 28 distances perpendiculaires en saison sèche et en saison humide indique que les médianes des distributions ne sont pas significativement différentes. Les distances perpendiculaires de 2007 étant fixes, elles n'ont pas été comparées.

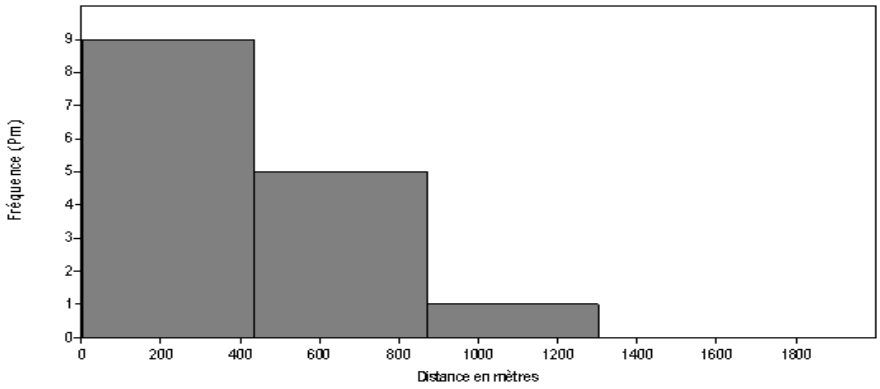
Tableau 99. Comparaison des médianes des distributions des distances perpendiculaires saisonnières par le test de Mann Whitney

Test non paramétrique	*dp* SS	*dp* SH
Pm	309,26	271,19
Pm	238,29	681,64
Pm	770,05	146,31
Pm	4,20	495,03
Pm	1302,88	
Pm	596,44	
Pm	298,22	
Pm	133,72	
Pm	476,49	
Pm	197,66	
Tt	0,00	55,71
Tt	547,94	464,87
Tt	498,19	307,22
Tt	436,18	
Tt	953,00	
Tt	395,33	
Sa	184,03	1237,58
Sa	958,90	
Sa	692,11	
Sa	382,15	
Sa	411,66	
Sa	296,49	
Sa	672,67	
Sa	767,60	
Sa	555,15	
Sa	406,64	
Sa	388,72	
Sa	394,37	
Résultat distributions semblables	Monte Carlo	p = 0,6994

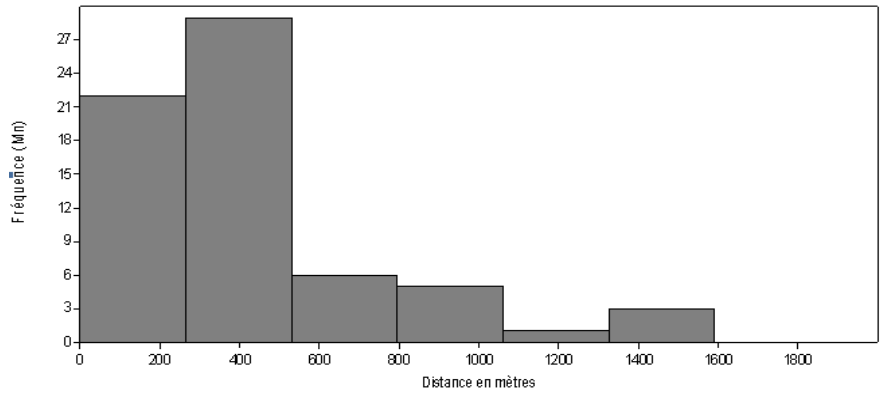
LÉGENDE
Sp. : espèce. *dp* : distance perpendiculaire à la ligne transect. SS : saison sèche. SH : saison humide

Pour les espèces les plus observées dans cette méthode, les fréquences de distribution de toutes les distances perpendiculaires calculées unitairement à la ligne (hormis celles randomisées à 1390 mètres pour 2007, bien qu'intégrées dans les calculs) sont présentées sous forme de diagrammes dans les figures 73 (a, b, c, d, e).

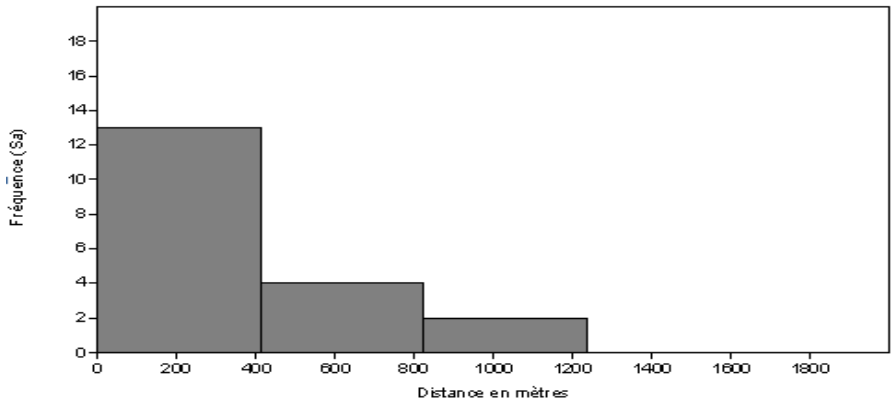
Ainsi l'ordonnée indique le nombre d'observations associées au rang de distances en mètres (indiqué en abscisse).


Fréquence (Pm)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
Distance en mètres

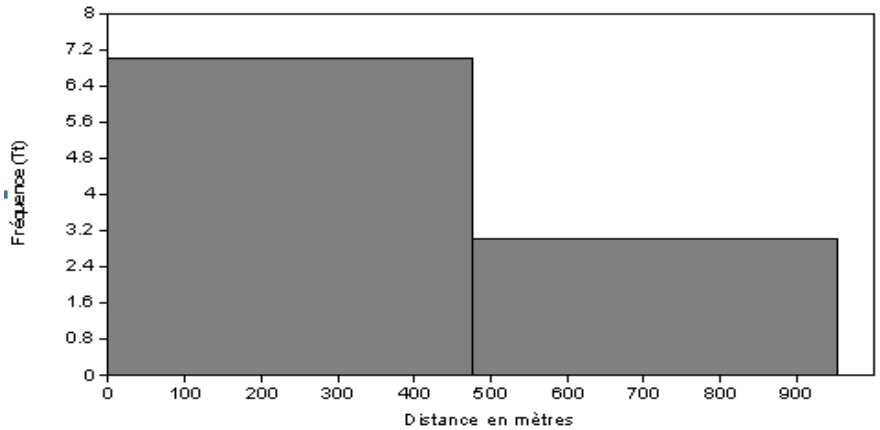
(a)


Fréquence (Mn)
0
3
6
9
12
15
18
21
24
27
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
Distance en mètres

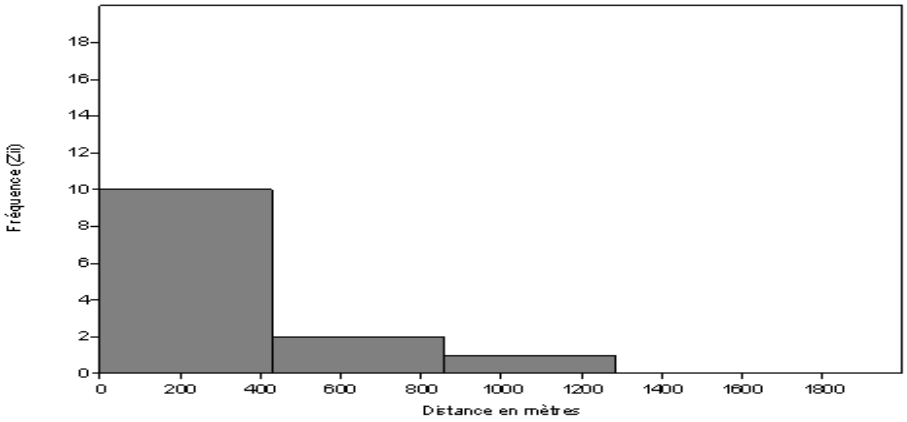
(b)


Fréquence (Sa)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
Distance en mètres

(c)


Fréquence (Tt)
0
0.8
1.6
2.4
3.2
4
4.8
5.6
6.4
7.2
8
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
Distance en mètres

(d)



(e)

Figures 73-a, b, c, d, e. Fréquences de distribution des distances perpendiculaires pour 4 espèces et une famille

LÉGENDE

(a) P.macrocephalus
(b) M.novaeangliae
(c) S.attenuata
(d) T.truncatus
(e) Ziphiidés

À la lecture de ces diagrammes, on note que toutes les espèces sont le plus fréquemment détectées entre 400 à 500 mètres de la ligne du transect, puis de façon dégressive jusqu'à environ 1200 mètres (sauf pour le grand dauphin). Il est pertinent de souligner une chute de cette distribution plus importante à partir de 500 mètres pour les espèces de petites tailles ou pour les espèces discrètes, comme les baleines à bec.

Pour les analyses de densités relatives, la moyenne de ces distances perpendiculaires a été utilisée pour chaque espèce afin de déterminer l'aire réellement prospectée à l'intérieur de la surface A à échantillonner. Cela revient à considérer que cette aire est l'aire efficace. Cette moyenne des distances perpendiculaires a été menée également pour les baleines à bosse, afin de pouvoir comparer les résultats de densité obtenus avec ce paramètre et ceux générés avec la largeur de détection effective *ESW*.

Les densités relatives présentées dans le tableau 100 sont calculées à partir des mêmes échelles de surfaces et de temps, sauf pour la baleine à bosse étudiée uniquement sur la saison sèche, en incluant les données de transects de bande de 2007 (avec *W* =1390 m). L''intégration de la largeur fixe de 2007 maximise les moyennes des distances perpendiculaires par espèce, et de ce fait, l'aire réellement prospectée (notée *SE*), ce qui inversement, peut minimiser la valeur de densité non corrigée (*DU*). Ici la vision temporelle est statique et elle considère l'analyse à une date arrêtée de synthèse des observations et sur la totalité des efforts investis en kilomètres parcourus.

Il peut paraitre surprenant que l'intensité d'échantillonnage (*IE*) ait été très élevée pour certaines espèces. Il est important de rappeler que la surface totale *A* (moyenne des surfaces annuelles de la zone d'étude) ne varie que peu d'une année sur l'autre et aucunement entre les saisons composant chaque strate annuelle.

Cela implique que compte tenu que la méthode des transects est basée sur les répliquas à l'intérieur de surfaces équivalentes, les kilomètres parcourus s'accumulent tout autant. Seulement les espèces ayant été vues au moins deux fois (n≥2) en transect de bande ou de ligne, ont été considérées dans cette analyse préliminaire. Afin d'indiquer une valeur réaliste de densité (*DU*) pour les baleines à bec, toutes les observations en transect de bande et de ligne de ces dernières ont été regroupées dans la famille *Ziphiidæ*.

Tableau 100. Densités relatives (*DU*) par espèce pour l'archipel de Guadeloupe (2007-2011) en *TB/TL*

Sp.	*A* (km²)	*L* (km)	*W* (m)	*SE* (km²)	*IE* %	n	ES	E(s)	*DU*/km²	SD	CV%	IC95
Tt	5278,68	5236,17	504,844	5286,90	1,00	10	82,00	8,20	0,016	8,87	108,17	5,50
Sb	5278,68	5236,17	110,810	1160,44	0,22	3	16,50	5,50	0,014	0,35	5,24	0,49
Sa	5278,68	5236,17	825,680	8646,80	1,64	19	451,00	23,74	0,052	21,40	90,16	9,62
Pm	5278,68	5236,17	487,425	5104,48	0,97	15	34,50	2,30	0,007	2,14	92,89	1,08
Lh	5278,68	5236,17	477,080	4996,14	0,95	2	92,00	46,00	0,018	62,23	135,28	86,24
Mn	5278,68	3016.65	430,625	2594.31	0,85	67	105,50	1,57	0,040	0,86	54,79	0,21
Gm	5278,68	5236,17	296,000	3099,81	0,59	2	24,00	12,00	0,008	2,12	17,67	2,94
Ks	5278,68	5236,17	296,256	3102,50	0,59	5	17,00	3,40	0,005	1,92	56,38	1,68
Fa	5278,68	5236,17	355,240	3720,19	0,70	5	10,00	2,00	0,003	0,71	35,36	0,62
Sf	5278,68	5236,17	200,000	2094,47	0,40	2	7,00	3,50	0,003	0,71	20,29	0,98
Pc	5278,68	5236,17	483,020	5058,35	0,96	2	3,50	1,75	0,001	1,06	60,57	1,47
Zii	5278,68	5236,17	734,802	7695,10	1,46	13	17,00	1,31	0,002	0,48	36,71	0,26

LÉGENDE
Sp. : espèce. *A* : surface totale moyenne de l'aire d'étude (km ²) en zone maritime côtière de l'archipel de Guadeloupe *L* (km) : longueur totale parcourue en efforts kilométriques en transects entre février 2007 et mai 2011. *W* (m) : largeur moyenne (en mètres) de toutes les distances perpendiculaires calculées à la ligne transect. *SE* (km²), surface réellement échantillonnée (km ²), soit *L*2W*. *IE* % : *SE*/A indiquant la couverture totale (%) réalisée sur l'aire de la zone d'étude grâce aux répliquas d'efforts sur les lignes. n = nombre d'observations cumulées par espèce. ES : effectifs moyens estimés par espèce. E(s) : taille moyenne des groupes par espèce. *DU*/km²: densité relative par espèce, soit le rapport entre ES/SE qui exprime le nombre d'individus au km². SD : écart-type selon la dispersion de Es min et max à la moyenne. CV% : coefficient de variation de la densité soit SD/E(s). IC 95 : intervalle de confiance à 95% d'E(s).

Dans cette première analyse à l'échelle de l'archipel étudié (5278,68 km²) sans distinction saisonnière ou spatiale, voici le classement des espèces selon leur densité relative non corrigée (*DU*) :

- Le dauphin tacheté pantropical (0,052 individus.km^{-2},% CV 90,16) ;
- La baleine à bosse (0,040 individus.km^{-2}, % CV 54,79) ;
- Le dauphin de Fraser (0,018 individus.km^{-2}, % CV 135,28) ;
- Le grand dauphin (0,016 individus.km^{-2}, % CV 108,17) ;
- Le sténo (0,014 individus.km^{-2}, % CV 5,24) ;
- Le globicéphale tropical (0,008 individus.km^{-2}, % CV 17,67) ;
- Le cachalot (0,007 individus.km^{-2}, % CV 92,89).

Il convient d'apprécier la précision selon chaque coefficient de variation associé à cette estimation *DU* ainsi que le nombre d'observations n.

Il s'agit de considérer ces densités dans la zone d'étude côtière. Bien que cette approche soit générée par un estimateur pouvant être considéré naïf (car la distance perpendiculaire moyenne est ici assimilée à une largeur de bande efficace), elle reste intéressante si l'on ne cherche pas à violer les hypothèses statistiques strictes autorisant l'estimation d'une largeur effective de détection *ESW*.

En outre, la densité pour la baleine à bosse est proposée selon deux estimateurs de largeur de détection différents, ce qui permet d'effectuer une comparaison des sous ou surestimations probables selon le choix de l'estimateur. Il eût été possible d'envisager que la largeur *W* soit fixée à la largeur la plus extrême enregistrée pour chaque espèce. Toutefois, il apparaît que si ce choix aurait probablement réduit les surestimations, les valeurs aberrantes dues à des situations exceptionnelles d'observation pouvant être liées à la variabilité des conditions météorologiques, risquaient à l'inverse de sous-estimer de façon tout aussi discutable les densités les plus réalistes.

2.1. Densité relative temporelle non corrigée

Dans la mesure où le tableau général (cf. Tab.100) inclut tous les efforts réalisés de 2007 à 2011, sans stratification, il a semblé plus pertinent de procéder par la suite à un examen par période et par aire. Seules les espèces avec n≥10, ont été considérées dans les calculs de densité saisonnière. En effet, compte tenu que les indices relatifs présentés auparavant ont proposé un ordre de grandeur pour toutes les espèces composant le peuplement, exception faite de l'orque, le rapport des effectifs à des unités de surface importantes peut totalement abstraire certaines espèces rares des traitements. Toutes les estimations par espèce ne sont basées que sur les observations réalisées en effort de transect, bien que pour certaines espèces, les observations hors transect aient été indiquées dans les tableaux à titre d'informations à ce stade, mais également parce qu'elles sont prises en compte, à l'inverse, pour décrire la distribution. L'ensemble des données sont disponibles en annexe III, y compris les enregistrements hors transect.

L'analyse temporelle de la densité non corrigée a été réalisée pour le grand dauphin, le dauphin tacheté pantropical, le cachalot et la baleine à bosse.

2.1.1. Grand dauphin (*Tursiops truncatus*)

Le premier tableau (Tab.101) synthétise les données utiles aux traitements saisonniers et temporels collectées durant les méthodes de transect de ligne, entre mars 2008 et mai 2011, ainsi qu'entre février 2007 et décembre 2007 pour le transect de bande. Si l'on compare à partir de ce tableau le taux de juvéniles intersaisons en intégrant les observations hors transect, il apparaît plus élevé en saison sèche qu'en saison humide pour *T. truncatus* (17,78% contre 10,61%).

Tableau 101. Données synthétiques relevées en *TB/TL* pour le grand dauphin

Dates	*Sp*.	*Dp* (m)	*W** (km)	Bloc	Q	ES min	ES Max	ES	ESJ	Tx.R (%)	État
11/4/10	*Tt*	0,00	0,000	B	Q15	18,00	20,00	19,00	3,00	15,79	T
12/4/09	*Tt*	547,94	0,988	C	Q13	2,00	2,00	2,00	1,00	50,00	T
16/4/09	*Tt*	498,19	0,988	A	Q5	7,00	9,00	8,00	2,00	25,00	T
18/4/09	*Tt*	436,18	0,988	D	Q8	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	T
24/4/11	*Tt*	953,00	1,348	B	Q3	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	T
25/4/11	*Tt*	395,33	1,348	C	Q12	2,00	2,00	2,00	1,00	50,00	T
	n=6	471,77	0,944	4	6	35,00	39,00	37,00	7,00	18,92	
28/3/08	*Tt*	–	–	A	Q5	5,00	5,00	5,00	1,00	20,00	HT
8/4/10	*Tt*	–	–	C	Q13	7,00	7,00	7,00	*1,00*	14,29	HT
8/4/10	*Tt*	–	–	C	Q14	9,00	9,00	9,00	2,00	22,22	HT
9/4/10	*Tt*	–	–	C	Q13	5,00	8,00	6,50	1,00	15,38	HT
23/4/11	*Tt*	–	–	C	Q15	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	HT
	n=5	–	–	2	4	29,00	32,00	30,50	5,00	16,39	HT
Total SS	n=11	–	–	4	7	64,00	71,00	67,50	12,00	17,78	
2/12/07	*Tt*	1390,00	2,780	C	Q12	10,00	15,00	12,50	3,00	24,00	T
1/11/09	*Tt*	55,71	0,111	B	Q3	25,00	30,00	27,50	2,00	7,27	T
2/11/10	*Tt*	464,87	0,439	A	Q5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	T
7/11/10	*Tt*	307,22	0,439	B	Q1	4,00	4,00	4,00	0,00	0,00	T
	n= 4	554,45	1,109	3	4	40,00	50,00	45,00	5,00	11,11	
1/12/07	*Tt*	–	–	C	Q13	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	HT
1/12/07	*Tt*	–	–	C	Q13	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	HT
5/11/10	*Tt*	–	–	C	Q13	18,00	20,00	19,00	2,00	10,53	HT
	n= 3	–	–	1	1	20,00	22,00	21,00	2,00	9,52	HT
Total SH	n= 18	–	–	4	5	60,00	72,00	66,00	7,00	10,61	TOTAL

LÉGENDE
SS : saison sèche. SH : saison humide. (n): nombre d'observations de l'espèce par saison et par état (en effort T, hors de l'effort HT). *Dp* (m) : distance perpendiculaire exacte calculée pour chaque observation de l'espèce en état T, soit en effort de transect. *W** : largeur *2w* en km ou ici 2**Dp* (km). L'Astérix * précise que si *W*=0, alors l'espèce a été détectée strictement sur la ligne. Bloc : secteur géographique. Q : quadrats ou stations géographiques incluses dans les blocs. ESJ: effectifs estimés de juvéniles. Tx.R (%): taux de juvéniles, soit ESJ/ES en %.

Les données d'efforts utilisées (n=10) en référence ont été indiquées pour les strates saisonnières et temporelles. Les moyennes des distances perpendiculaires calculées pour chaque observation intégrant une strate de référence sont bien des valeurs indépendantes entre elles. Cela signifie que pour la saison sèche, la valeur moyenne *W* utilisée est la moyenne de l'ensemble des valeurs perpendiculaires relevées en saison sèche pour l'espèce et non la moyenne des moyennes de chaque strate saisonnière.

Cela n'est pas valable pour les lignes parcourues puisque ces dernières intègrent les répliquas, ce qui est le point fort de cette méthode pour améliorer de strate en strate, la précision statistique grâce à la réitération des efforts sur les mêmes surfaces et donc l'ajustement des estimations de densité relative.

Le tableau 102 présente les densités calculées (*DU*) pour les 6 saisons prospectées où l'espèce *T.truncatus* a été observée dans l'archipel marin côtier de Guadeloupe.

Les indices kilométriques de rencontre (IKR) et d'abondance relative (IKA) ont été également indiqués afin de pouvoir les positionner par saison.

Ainsi, les références des efforts qui suivent sont relatives aux strates à l'échelle des saisons. Cette précision vaut pour les surfaces. Cela signifie en résumé, que les lignes parcourues où l'espèce n'a pas été observée sont prises en compte dans le total des kilométres effectués sur la surface correspondant à la strate échantillonnée. Cela aurait pu être visualisé par des lignes indiquant des densités nulles rapportées au km², ce qui n'a pas paru écologiquement juste, car l'absence vraie peut être une non réponse et reste plus complexe à prouver que des densités proposées à partir d'observations réelles. La présentation du tableau ne détaille donc pas les lignes n'ayant généré aucune observation, mais l'ensemble des effectifs est bien rapporté à l'effort réellement accompli par strate considérée.

Le grand dauphin présente une densité relative *DU* sur les saisons où l'espèce a été rencontrée, de 0,015 individus.km^{-2} (% CV 108.17) sur une surface de la zone d'étude (*A*) évaluée à 5278,68 km².

Les densités relatives pour cette espèce semblent deux fois plus élevées en saison humide (0,02 individus.km^{-2}, % CV 105,5), qu'en saison sèche (0,01 individus.km^{-2}, % CV 108,20), avec rappelons-le, un taux de juvéniles plus élevé en saison sèche.

Les indices de rencontre saisonniers de l'espèce sont également supérieurs en saison humide (0,002 groupes.km^{1}) qu'en saison sèche (0,001 groupes.km^{-1}), avec cependant une plus grande régularité de l'indice de rencontre en intra saisons sèches (près de 0,003 groupes.km^{-1})

La saison humide 2009 enregistre la plus forte densité au (0,30 individus.km^{-2}) avec cependant une seule observation autour de l'archipel des Saintes d'un groupe assez conséquent (ES =27,50). Pour cette rencontre, aucun des individus qui ont été identifiés (15 sur 27) n'a été pour le moment reconnu parmi les autres individus connus en façade Atlantique. Cette valeur de densité doit être considérée avec prudence.

Si l'on considère la saison sèche, il semble qu'en 2010 la densité fut plus élevée (0,05 individus.km^{-2}) avec une seule valeur d'observation également. Ainsi, on ne peut interpréter directement sans risques une évolution réaliste entre les strates intrasaisons. Seules les densités relatives intersaisons permettent de donner un ordre de grandeur des abondances des grands dauphins, selon la saison humide et la saison sèche.

Tableau 102. Densités relatives par saison pour *Tursiops truncatus* (3 saisons sèches et 3 saisons humides)

ST.	*Sp.*	*Dpm.* *m*	*W* *km*	*L* *km*	*SE* *Km²*	a *km²*	*IE* *%*	n	ES *Min*	ES *Max*	ES	E(s)	IKR *km*	IKA *km*	*DU* *km²*	CV *%*	IC95
09	*Tt*	494,1	0,988	913,2	902,43	4981,13	18,12	3	12,00	14,00	13,00	4,33	0,0033	0,0142	0,0144	74,18	3,64
10	*Tt*	0	0	359,45	359,45	2497,14	14,39	1	18,00	20,00	19,00	19,00	0,0028	0,0529	0,0529	NA	NA
11	*Tt*	674,16	1,348	717,02	966,78	3937,77	24,55	2	5,00	5,00	5,00	2,50	0,0028	0,0070	0,0052	28,28	0,98
SS	Tt	471,77	0,944	3673,95	3466,54	5278,68	65,67	6,00	35,00	39,00	37,00	6,17	0,0016	0,0101	0,0107	108,26	5,34
07	*Tt*	1390	2,78	207,07	575,65	656,51	87,68	1	10,00	15,00	12,50	12,50	0,0048	0,0604	0,0217	NA	NA
09	*Tt*	55,71	0,111	820,07	91,37	4596,7	1,99	1	25,00	30,00	27,50	27,50	0,0012	0,0335	0,3010	NA	NA
10	*Tt*	386,05	0,772	535,08	413,13	3292,55	12,55	2	5,00	5,00	5,00	2,50	0,0037	0,0093	0,0121	84,85	2,94
SH	Tt	554,45	1,109	1562,22	1732,35	5278,68	32,82	4,00	40,00	50,00	45,00	11,25	0,0026	0,0288	0,0260	105,58	11,64
T.A	*Tt*	504,84	1,01	5236,17	5286,9	5278,68	100,16	10,00	75,00	89,00	82,00	8,20	0,0019	0,0157	0,0155	108,17	5,50

LÉGENDE

ST : strate temporelle. Sp. : espèce. SS : saison sèche. SH : saison humide. TSS. A : Total archipel de Guadeloupe pour la saison sèche. Les numéros 09, 10… font référence aux années où la saison est étudiée. . *Dpm* (m) : moyenne des distances perpendiculaires calculée pour chaque saison. *W* : largeur *2w* en km ou ici *2*Dpm* (km). *SE* (Km²): surface réellement échantillonnée, soit *W*L*. « a » (Km²) : surface exacte de la strate. *IE* : intensité d'échantillonnage, soit SE/a en %. ES min : effectifs minimum. ES max : effectifs maximum. (n) : nombre de groupes observés par saison en effort T. IKR : indice kilométrique de rencontres par strate temporelle, soit groupes.km^{-1}. IKA : indice kilométrique d'abondance par strate temporelle, soit individus.km^{-1}. *DU* : densité relative non corrigée de la détection effective, soit individus.km². CV% s'applique à la variance d'E(s). IC 95 : intervalle de confiance à 95% d'E(s).

2.1.2. Dauphin tacheté pantropical (*Stenella attenuata*)

Le même traitement a été effectué sur le dauphin tacheté pantropical, avec n=19 en efforts de transect, dont 6 observations réalisées en transect de bande en 2007 (Tab.103). Au total, 5 saisons sont concernées par des détections de *Stenella attenuata*. Les données de saison humide sont très faiblement représentées dans cette méthode, ce qui ne permet pas d'effectuer des comparaisons inter saisonnières. Le taux de juvéniles en saison sèche avoisine les 6,34%, ce qui semble corroborer la tendance précédemment vue pour cette espèce.

Tableau 103. Données synthétiques relevées en *TB/TL* pour le dauphin tacheté pantropical

Dates	*Sp.*	*Dp* (m)	*W** (km)	Bloc	Q	ES min	ES Max	ES	ESJ	Tx.R (%)	État
22/2/07	*Sa*	1390,00	2,780	A	Q5	15,00	20,00	17,50	2,00	11,43	T
23/2/07	*Sa*	1390,00	2,780	A	Q6	17,00	35,00	26,00	1,00	3,85	T
23/2/07	*Sa*	1390,00	2,780	A	Q6	9,00	9,00	9,00	0,00	0,00	T
23/2/07	*Sa*	1390,00	2,780	A	Q6	10,00	15,00	12,50	3,00	24,00	T
23/2/07	*Sa*	1390,00	2,780	A	Q6	3,00	9,00	6,00	1,00	16,67	T
23/2/07	*Sa*	1390,00	2,780	A	Q6	35,00	50,00	42,50	5,00	11,76	T
28/3/08	*Sa*	184,03	0,368	A	Q5	15,00	21,00	18,00	3,00	16,67	T
28/3/08	*Sa*	958,90	1,918	A	Q5	12,00	15,00	13,50	0,00	0,00	T
28/3/08	*Sa*	692,11	1,384	A	Q5	6,00	10,00	8,00	0,00	0,00	T
18/4/09	*Sa*	382,15	0,764	D	Q8	15,00	30,00	22,50	2,00	8,89	T
23/4/11	*Sa*	411,66	0,823	B	Q2	9,00	12,00	10,50	1,00	9,52	T
8/5/11	*Sa*	296,49	0,593	A	Q6	26,00	30,00	28,00	2,00	7,14	T
9/5/11	*Sa*	672,67	1,345	A	Q5	25,00	30,00	27,50	1,00	3,64	T
9/5/11	*Sa*	767,60	1,535	A	Q5	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	T
9/5/11	*Sa*	555,15	1,110	A	Q5	15,00	20,00	17,50	1,00	5,71	T
9/5/11	*Sa*	406,64	0,813	A	Q5	30,00	50,00	40,00	1,00	2,50	T
9/5/11	*Sa*	388,72	0,777	A	Q5	20,00	30,00	25,00	1,00	4,00	T
9/5/11	*Sa*	394,37	0,789	A	Q5	80,00	120,00	100,00	3,00	3,00	T
	n=18	802,80	1,606	3	4	344,00	508,00	426,00	27,00	6,34	T
Total SS	Sa	–	–	4	7	344,00	508,00	426,00	27,00	6,34	T
1/11/10	Sa	1237,58	2,475	A	Q4	20,00	30,00	25,00	2,00	8,00	T
	n= 1	–	–	1	1	20,00	30,00	25,00	2,00	8,00	T
Total SH	Sa	–	–	4	5	20,00	30,00	25,00	2,00	8,00	T

LÉGENDE
SS : saison sèche/ SH : saison humide. (n): nombre d'observations de l'espèce par saison et par état (en effort T, hors de l'effort HT). *Dp* (m) : distance perpendiculaire exacte calculée pour chaque observation de l'espèce en état T, soit en effort de transect. *W** : largeur *2w* en km ou ici 2**Dp* (km). L'Astérix * précise que si *W*=0, alors l'espèce a été détectée strictement sur la ligne. Bloc : secteur géographique. Q : quadrats ou stations géographiques incluses dans les blocs. ESJ: effectifs estimés de juvéniles. Tx.R (%): taux de juvéniles, soit ESJ/ES en %.

Le tableau 104, montre une densité au km² du dauphin tacheté pantropical de 0,05 individus.km^{-2} (% CV 90,16) sur 5278,68 km² de zone étudiée, sans distinction de répartition spatiale. Il est important de noter ici que les 6 observations issues de la technique de transect de bande minimisent probablement cette valeur, compte tenu des variations notées entre les moyennes des distances perpendiculaires mesurées et la largeur fixée à 1390 mètres.

Toutefois, si l'on considère dans les mesures, la distance maximale mesurée, elle fut située à 1237,58 mètres. Les densités analysées par saison sèche, furent proches pour les saisons sèches 2008 (0,032 individus.km^{-2}, % CV 102,66) et 2009 (0,031 individus.km^{-2}). Un record d'effectifs a été enregistré durant les transects début mai 2011 avec des tailles moyennes de groupe (E(s)=31,31) plus comparables à celles proposées dans les jeux de données des observations touristiques.

L'intensité d'échantillonnage (*IE*) cumulant les répliquas, a été particulièrement élevée sur la surface de la zone d'étude (163,81%) sous l'hypothèse de la pondération du total des distances parcourues par l'estimateur de la largeur moyenne perpendiculaire calculée sur la strate totale « Archipel ».

2.1.3. Cachalot (*Physeter macrocephalus*)

Concernant le cachalot, le nombre de juvéniles est identique en saison humide et en saison sèche et ainsi le taux de juvéniles recensés apparaît relativement constant en intersaison (30,30 % en saison humide contre 27,78 % en saison sèche). Au total, toutes les observations (n =15) ont été réalisées en effort de transect pour n= 11 en saisons sèches et n=4 en saison humides.Les strates temporelles intègrent les données colectées durant 4 saisons sèches et 2 saisons humides. (Tab.105).

Tableau 105. Données synthétiques relevées en transect de ligne pour le cachalot

Dates	*Sp.*	*Dp* (m)	*W** (km)	Bloc	Q	ES min	ES Max	ES	ESJ	Tx.R (%)	État
21/2/07	*Pm*	1390,00	2,780	A	Q4	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	T
28/3/08	*Pm*	309,26	0,619	A	Q5	2,00	2,00	2,00	1,00	50,00	T
28/3/08	*Pm*	238,29	0,477	A	Q5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	T
28/3/08	*Pm*	770,05	1,540	A	Q5	2,00	2,00	2,00	1,00	50,00	T
29/3/08	*Pm*	4,20	0,008	A	Q6	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	T
16/4/09	*Pm*	1302,88	2,606	A	Q5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	T
16/4/09	*Pm*	596,44	1,193	A	Q5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	T
16/4/09	*Pm*	298,22	0,596	A	Q5	3,00	3,00	3,00	1,00	33,33	T
17/4/09	*Pm*	133,72	0,267	A	Q6	3,00	3,00	3,00	1,00	33,33	T
25/4/11	*Pm*	476,49	0,953	B	Q3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	T
8/5/11	*Pm*	197,66	0,395	A	Q5	2,00	2,00	2,00	1,00	50,00	T
Total SS	n=11	519,75	1,039	2	4	18,00	18,00	18,00	5,00	27,78	T
1/11/09	*Pm*	271,19	0,542	A	Q5	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	T
2/11/09	*Pm*	681,64	1,363	D	Q8	8,00	11,00	9,50	3,00	31,58	T
2/11/09	*Pm*	146,31	0,293	A	Q4	2,00	2,00	2,00	1,00	50,00	T
3/11/10	*Pm*	495,03	0,990	A	Q6	2,00	2,00	2,00	1,00	50,00	T
Total SH	n=4	398,54	0,797	2	3	15,00	18,00	16,50	5,00	30,30	T

LÉGENDE

SS : saison sèche/ SH : saison humide. (n): nombre d'observations de l'espèce par saison et par état (en effort T, hors de l'effort HT). *Dp* (m) : distance perpendiculaire exacte calculée pour chaque observation de l'espèce en état T, soit en effort de transect. *W** : largeur *2w* en km ou ici 2**Dp* (km). L'Astérix * précise que si *W*=0, alors l'espèce a été détectée strictement sur la ligne. Bloc : secteur géographique. Q : quadrats ou stations géographiques incluses dans les blocs. ESJ: effectifs estimés de juvéniles. Tx.R (%): taux de juvéniles, soit ESJ/ES en %.

La densité relative du cachalot dans l'archipel côtier de Guadeloupe (Tab.106), pondérée par les distances perpendiculaires stratifiées, est de 0,007 individus.km^{-2} (% CV, 92,89). La densité relative est approximativement trois fois plus élevée en saison humide (0,013 individus.km^{-2}, % CV 155,63) qu'en saison sèche (0,005 individus.km^{-2}, % CV 49,44). La taille moyenne des groupes est plus élevée en saison humide avec E(s) =4,13 individus (% CV 155,63) qu'en saison sèche avec E(s) =1,64 individus (% CV 49,44).

Cela reste toutefois à pondérer du nombre de saisons humides qui sont comparées dans cette étude. La saison humide 2009 présente la densité la plus élevée (0,024 individus.km^{-2}, % CV 84, 25), incluant l'observation d'une activité de socialisation le 2 novembre 2011 considérant une dizaine d'individus supposés différents (selon la simultanéité des souffles en surface), et composés de duos mère et petits. Il s'agirait d'une « nurserie »dans la composition sociale connue pour cette espèce. Compte tenu d'un taux de rencontre constant entre le total des saisons sèches et humides (0,003 groupes.km^{-1}), il conviendra donc de considérer les aspects liés à la composition sociale des groupes et les activités fontionnelles liées (alimentation, repos, reproduction notamment) pour confirmer la stabilité de ces résultats intersaisonniers.

Ces résultats soulignent la pertinence méthodologique d'intégrer l'effort réalisé (et la surface réellement échantillonnée) dans une éstimation d'abondance même non corrigée de la capacité de détecter les animaux, car si l'on s'en tient uniquement au recensement des effectifs moyens totaux (ES), ils apparaissent sensiblement stables entre la saison sèche et la saison humide dans la méthode *TB/TL* (% CV intersaisons ES : - 8,33).

Tableau 104. Densités relatives par saison pour *Stenella attenuata* (4 saisons sèches et 1 saison humide)

ST.	*Sp.*	Dpm. *m*	W *km*	L *km*	SE *Km²*	a *km²*	IE *%*	n	ES *Min*	ES *Max*	ES	E(s)	IKR *km*	IKA *km*	*DU* *km²*	CV *%*	IC95
07	*Sa*	1390,00	2,780	657,30	1827,29	2429,01	75,23	6	89,00	138,00	113,50	18,92	0,009	0,173	0,0621	71,50	10,82
08	*Sa*	611,68	1,223	1026,98	1256,36	5191,49	24,20	3	33,00	46,00	39,50	13,17	0,003	0,038	0,0314	102,66	5,67
09	*Sa*	382,15	0,764	913,20	697,96	4981,13	14,01	1	15,00	30,00	22,50	22,50	0,001	0,025	0,0322	NA	NA
11	*Sa*	486,66	0,973	717,02	697,89	3937,77	17,72	8	207,00	294,00	250,50	31,31	0,011	0,349	0,3589	42,50	20,86
SS	Sa	471,77	0,944	3673,95	3466,54	5278,68	65,67	18	344,00	508,00	426,00	23,67	0,005	0,116	0,1229	56,17	10,17
10	*Sa*	1237,58	2,475	535,08	1324,41	3292,55	40,22	1	20,00	30,00	25,00	25,00	0,002	0,047	0,0189	NA	NA
SH	Sa	1237,58	2,475	1562,22	3866,74	5278,68	73,25	1	20,00	30,00	25,00	25,00	0,001	0,016	0,0065	NA	NA
T.A	*Sa*	825,69	1,65	5236,17	8646,87	5278,68	163,81	19	364,00	538,00	451,00	23,74	0,004	0,086	0,0522	90,16	9,62

Tableau 106. Densités relatives par saison pour *Physeter macrocephalus* (4 saisons sèches et 2 saisons humides)

ST.	*Sp.*	Dpm. *m*	W *km*	L *km*	SE *Km²*	a *km²*	IE *%*	n	ES *Min*	ES *Max*	ES	E(s)	IKR *km*	IKA *km*	*DU* *km²*	CV *%*	IC95
07	*Pm*	1390	2,78	657,30	1827,29	2429,01	75,23	1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,002	0,002	0,0005	NA	NA
08	*Pm*	330,45	0,661	1026,98	678,73	5191,49	13,07	4	6,00	6,00	6,00	1,50	0,004	0,006	0,0088	38,49	0,57
09	*Pm*	582,81	1,166	913,20	1064,45	4981,13	21,37	4	8,00	8,00	8,00	2,00	0,004	0,009	0,0075	57,74	1,13
11	*Pm*	337,08	0,674	717,02	483,38	3937,77	12,28	2	3,00	3,00	3,00	1,50	0,003	0,004	0,0062	47,14	0,98
SS	*Pm*	519,75	1,039	3673,95	3819,05	5278,68	72,35	11	18,00	18,00	18,00	1,64	0,003	0,005	0,0047	49,44	0,48
09	*Pm*	366,38	0,733	820,07	600,91	4596,7	13,07	3	13,00	16,00	14,50	4,83	0,004	0,018	0,0241	84,25	4,61
10	*Pm*	495,03	0,99	535,08	529,76	3292,55	16,09	1	2,00	2,00	2,00	2,00	0,002	0,004	0,0038	NA	5,99
SH	*Pm*	398,54	0,797	1562,22	1245,22	5278,68	23,59	4	15,00	18,00	16,50	4,13	0,003	0,011	0,0133	155,63	8,51
T.A	*Pm*	487,43	0,975	5236,17	5104,48	5278,68	96,70	15	33,00	36,00	34,50	2,30	0,003	0,007	0,0068	92,89	1,08

LÉGENDE (Tableaux 104 et 105)

ST : strate temporelle. Sp. : espèce. SS : saison sèche. SH : saison humide. TSS. A : Total archipel de Guadeloupe pour la saison sèche. Les numéros 09, 10… font référence aux années où la saison est étudiée. . *Dpm* (m) : moyenne des distances perpendiculaires calculée pour chaque saison. *W* : largeur *2w* en km ou ici *2*Dpm* (km). *SE* (Km²): surface réellement échantillonnée, soit *W*L*. « a » (Km²) : surface exacte de la strate. *IE* : intensité d'échantillonnage, soit SE/a en %. ES min : effectifs minimum. ES max : effectifs maximum. (n) : nombre de groupes observés par saison en effort T. IKR : indice kilométrique de rencontres par strate temporelle, soit groupes.km^{-1}. IKA : indice kilométrique d'abondance par strate temporelle, soit individus.km^{-1}. *DU* : densité relative non corrigée de la détection effective, soit individus.km². CV% s'applique à la variance d'E(s). IC 95 : intervalle de confiance à 95% d'E(s).

2.1.4. Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*)

Le même traitement est appliqué pour la baleine à bosse afin de comparer les résultats avec les distances perpendiculaires moyennes (*Dpm*) et la largeur de détection effective, *ESW*. Aussi, comparativement au tableau général incluant les résultats en *TB* de 2007 (cf. Tab.100), 66 groupes sont traités ici pour la mtéhode *TL*. Par ailleurs, 21 observations hors de la ligne non pas été considérées, ce qui modifie les effectifs totaux estimés, mais également le taux de juvéniles. On constate que 22 juvéniles ont été enregistrés sur le total des groupes de baleines à bosse contactés en effort de transect, ce qui représente un taux de 21,05%. Par ailleurs, 3 observations ont porté sur des groupes composé d'un juvénile dont la mère n'a pas été détectée visuellement. La distance moyenne perpendiculaire efficace des deux côtes de la ligne est ramenée à 416,09 mètres, nouvel estimateur pour les calculs totaux au niveau de l'archipel pour cette espèce. 10 groupes de mégaptères ont été enregistrés 2008, 20 en 2009, 24 en 2010 et 12 en 2011, cumulant au total 104,5 individus (Tab.107).

Tableau 107. Données synthétiques relevées en transect de ligne pour la baleine à bosse

ST	Dates	Sp.	*Dp* (m)	*W** (km)	Bloc	LQ	ES min	ES Max	ES	ESJ	Tx.R (%)
SS 08	28/3/08	*Mn*	322,865	0,65	A	L4Q5	2,00	2,00	2,00	0	0,00
SS 08	29/3/08	*Mn*	1489,617	2,98	A	L1Q6	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 08	30/3/08	*Mn*	226,886	0,45	B	L4Q1	2,00	2,00	2,00	1	50,00
SS 08	19/4/08	*Mn*	306,211	0,61	B	L4Q2	2,00	2,00	2,00	1	50,00
SS 08	19/4/08	*Mn*	405,500	0,81	B	L4Q2	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 08	19/4/08	*Mn*	0,000	0,00	B	L4Q2	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 08	19/4/08	*Mn*	447,555	0,90	B	L4Q2	4,00	5,00	4,50	2	44,44
SS 08	29/4/08	*Mn*	55,188	0,11	B	L4Q3	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 08	20/4/08	*Mn*	13,879	0,03	C	L2Q12	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 08	19/4/08	*Mn*	361,799	0,72	C	L4Q13	2,00	2,00	2,00	0	0,00
		n =10	362,950	0,73	3	7	17,00	18,00	17,50	4	22,86
SS 09	16/4/09	*Mn*	681,646	1,36	A	L3Q5	2,00	2,00	2,00	1	50,00
SS 09	16/4/09	*Mn*	1192,887	2,39	A	L3Q5	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 09	16/4/09	*Mn*	408,996	0,82	A	L3Q5	2,00	2,00	2,00	0	0,00
SS 09	16/4/09	*Mn*	23,969	0,05	A	L3Q6	2,00	2,00	2,00	1	50,00
SS 09	16/4/09	*Mn*	385,024	0,77	A	L3Q6	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 09	13/4/09	*Mn*	441,681	0,88	B	L1Q1	2,00	2,00	2,00	1	50,00
SS 09	13/4/09	*Mn*	783,174	1,57	B	L1Q2	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 09	11/4/09	*Mn*	0,000	0,00	C	L4Q12	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 09	12/4/09	*Mn*	146,316	0,29	C	L4/5Q13	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 09	12/4/09	*Mn*	904,511	1,81	C	L4/5Q13	2,00	3,00	2,50	1	40,00
SS 09	11/4/09	*Mn*	456,140	0,91	C	L4Q14	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 09	11/4/09	*Mn*	168,042	0,34	C	L1Q14	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 09	18/4/09	*Mn*	397,560	0,80	D	L1Q7	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 09	18/4/09	*Mn*	954,308	1,91	D	L2Q7	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 09	18/4/09	*Mn*	111,431	0,22	D	L2Q8	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 09	18/4/09	*Mn*	0,000	0,00	D	L2Q8	1,00	2,00	1,50	1	66,67
SS 09	18/4/09	*Mn*	463,426	0,93	D	L3Q8	2,00	2,00	2,00	1	50,00
SS 09	19/4/09	*Mn*	67,114	0,13	D	L3Q9	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 09	19/4/09	*Mn*	360,581	0,72	D	L3Q9	5,00	6,00	5,50	2	36,36
SS 09	19/4/09	*Mn*	301,497	0,60	D	L3Q9	2,00	2,00	2,00	0	0,00
		n =20	412,415	0,82	4	7	31,00	34,00	32,50	8	24,62

SS 10	7/4/10	*Mn*	183,319	0,37	B	L2Q1	1,00	1,00	1,00	1	100,00
SS 10	7/4/10	*Mn*	360,366	0,72	B	L2Q1	2,00	2,00	2,00	1	50,00
SS 10	7/4/10	*Mn*	0,000	0,00	B	L3Q1	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	7/4/10	*Mn*	936,775	1,87	B	L3Q1	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	6/4/10	*Mn*	529,843	1,06	B	L3Q2	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	6/4/10	*Mn*	390,857	0,78	B	L4Q2	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	6/4/10	*Mn*	793,318	1,59	B	L4Q2	3,00	3,00	3,00	1	33,33
SS 10	6/4/10	*Mn*	0,000	0,00	B	L4Q2	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	11/4/10	*Mn*	683,086	1,37	B	L4Q2	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	11/4/10	*Mn*	616,429	1,23	B	L4Q2	2,00	2,00	2,00	1	50,00
SS 10	11/4/10	*Mn*	956,325	1,91	B	L4Q2	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	9/4/10	*Mn*	320,309	0,64	B	L1Q15	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	11/4/10	*Mn*	530,166	1,06	B	L4Q15	2,00	2,00	2,00	0	0,00
SS 10	11/4/10	*Mn*	447,200	0,89	B	L4Q15	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	8/4/10	*Mn*	494,722	0,99	C	L2Q11	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	8/4/10	*Mn*	411,512	0,82	C	L2Q11	3,00	4,00	3,50	1	28,57
SS 10	8/4/10	*Mn*	17,276	0,03	C	L2Q11	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	7/4/10	*Mn*	825,049	1,65	C	L2Q13	2,00	2,00	2,00	0	0,00
SS 10	7/4/10	*Mn*	309,392	0,62	C	L2Q13	2,00	2,00	2,00	0	0,00
SS 10	7/4/10	*Mn*	379,210	0,76	C	L2Q13	3,00	3,00	3,00	0	0,00
SS 10	7/4/10	*Mn*	230,236	0,46	C	L2Q13	2,00	2,00	2,00	2	100,00
SS 10	9/4/10	*Mn*	0,000	0,00	C	L3Q13	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	8/4/10	*Mn*	1590,519	3,18	C	L4Q14	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 10	8/4/10	*Mn*	681,646	1,36	C	L4Q14	1,00	1,00	1,00	0	0,00
		n=24	486,981	0,97	2	6	36,00	37,00	36,50	7	19,18
SS 11	26/4/11	*Mn*	257,795	0,52	B	L1Q1	2,00	2,00	2,00	0	0,00
SS 11	23/4/11	*Mn*	288,076	0,58	B	L2Q2	2,00	2,00	2,00	0	0,00
SS 11	23/4/11	*Mn*	0,000	0,00	B	L2Q2	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 11	23/4/11	*Mn*	1395,070	2,79	B	L4Q2	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 11	24/4/11	*Mn*	0,000	0,00	B	L3Q3	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 11	24/4/11	*Mn*	390,857	0,78	B	L3Q3	2,00	2,00	2,00	0	0,00
SS 11	25/4/11	*Mn*	364,917	0,73	C	L4Q12	1,00	1,00	1,00	0	0,00
SS 11	25/4/11	*Mn*	0,000	0,00	C	L4Q12	1,00	1,00	1,00	1	100,00
SS 11	25/4/11	*Mn*	395,268	0,79	C	L4Q12	2,00	2,00	2,00	1	50,00
SS 11	25/4/11	*Mn*	0,000	0,00	C	L4Q12	2,00	2,00	2,00	1	50,00
SS 11	24/4/11	*Mn*	296,310	0,59	C	L1Q13	2,00	2,00	2,00	0	0,00
SS 11	6/5/11	*Mn*	508,234	1,02	D	L4Q8	1,00	1,00	1,00	0	0,00
		n=12	324,711	0,65	3	6	18,00	18,00	18,00	3	16,67
T.A	5 saisons	n=66	416,089,	0,86	4	14	102,00	107,00	104,50	22,00	21,05

LÉGENDE

ST : strate temporelle.SS : saison sèche/ SH : saison humide. (n): nombre d'observations de l'espèce par saison et par état (en effort T, hors de l'effort HT). *Dp* (m) : distance perpendiculaire exacte calculée pour chaque observation de l'espèce en état T, soit en effort de transect. *W** : largeur *2w* en km ou ici 2**Dp* (km). L'Astérix * précise que si *W*=0, alors l'espèce a été détectée strictement sur la ligne. Bloc : secteur géographique. LQ : N° de la ligne par quadrats ou stations où l'observation a été enregistrée. ESJ: effectifs estimés de juvéniles. Tx.R (%): taux de juvéniles, soit ESJ/ES en %.

Comme indiqué dans le tableau 108, la densité relative enregistrée par cette approche pour la baleine à bosse sur 5 saisons stratifiées est :

- *DU* =0,042 baleines à bosse.km^{-2} (% CV 55,53) sur une aire totale de 5278, 68 km², soit légèrement supérieure à l'estimation générale (cf. Tab.100), évaluée alors à *DU* =0,040 baleines à bosse.km^{-2} (% CV 54,79) sur la même surface.

La raison vient du fait que la longueur des lignes parcourues en 2007 est ici soustraite des distances totales puisque cette année est volontairement exclue. On peut noter une valeur saisonnière particulièrement élevée. Il s'agit de la densité relative estimée pour 2010 (0,10 individus.km^{-2},% CV 50,82). Durant cette saison, l'effort n'a pu porter que sur quelques stations au Sud et à l'Est de l'archipel avec seulement 359,45 km parcourus.

L'indice de rencontre se situe entre 0,01 groupes.km^{-1} en 2008 au double en 2009 (0,026 groupes.km^{-1}), puis ce qui pourrait être un pic en 2010 avec 0,067 groupes.km^{-1}, et enfin un indice relatif beaucoup plus proche de la saison 2009, en avril et mai 2011 (0,025 groupes.km^{-1}).

Compte tenu que le mois d'avril a été central dans l'estimation des densités, avec des répliquas de ce pas temporel sur 4 années, les densités ont été examinées avec le même type d'estimateur (distances perpendiculaires moyennes) sur ce mois de référence (Tab.109).

Les densités relatives obtenues (arrondies au dixième près) indiquent :

- Avril 2008 : *DU* =0,02 individus.km^{-2} (% CV 72,04) ;
- Avril 2009 : *DU* =0,05 individus.km^{-2} (% CV 64,60) ;
- Avril 2010 : *DU* =0,10 individus.km^{-2} (% CV 50,82) ;
- Avril 2011 : *DU* =0,07 individus.km^{-2} (% CV 33, 79).

Le résultat de la densité relative proposée par l'estimateur des distances perpendiculaires moyennes ici stratifiées sur avril, indique une valeur significative de :

- *DU* = 0,056 individus.km^{-2} (% CV 55,70) pour Avril sur une aire de 3152,20 km².

Dans la mesure où la strate temporelle est fine, toutes les périodes sans observation ont été indiquées (sans valeur nulle). Avec seulement 3 jours d'échantillonnage investis en mars par cette méthode, les comparaisons entre ce mois et le mois d'avril seraient ambitieuses. De plus, l'intensité d'échantillonnage a été très pauvre sur certaines strates saisonnières en raison principalement de conditions climatiques hors de la limite de l'étude.

Toutefois, les données disponibles dans les autres méthodes permettent d'affiner les taux de présence et d'occurrence de la baleine à bosse sur les autres mois, moins représentés dans la méthode *TL* (cf. chapitre III).

Tableau 108. Densités relatives par saison pour *Megaptera novaeangliae* (saisons sèches 2008-2011)

ST.	*Sp.*	Dpm. *m*	W *km*	L *km*	SE *Km²*	a *km²*	IE *%*	n	ES *Min*	ES *Max*	ES	E(s)	IKR *km*	IKA *km*	*DU km²*	CV *%*	IC95
mars-08	*Mn*	679,79	1,360	331,60	450,84	1852,15	24,34	3	5,00	5,00	5,00	1,67	0,009	0,015	0,011	34,64	0,65
avr-08	*Mn*	227,16	0,454	439,60	199,72	1963,23	10,17	7	12,00	13,00	12,50	1,79	0,016	0,028	0,063	72,04	0,95
SS 2008	*Mn*	362,95	0,726	1026,98	745,48	5191,49	14,36	10	17,00	18,00	17,50	1,75	0,010	0,017	0,023	62,09	0,67
avr-09	*Mn*	412,42	0,825	777,00	640,89	4294,82	14,92	20	31,00	34,00	32,50	1,63	0,026	0,042	0,051	64,60	0,46
SS 2009	*Mn*	412,42	0,825	913,20	753,23	4981,13	15,12	20	31,00	34,00	32,50	1,63	0,022	0,036	0,043	64,60	0,46
avr-10	*Mn*	486,98	0,974	359,45	350,09	2497,14	14,02	24	36,00	37,00	36,50	1,52	0,067	0,102	0,104	50,82	0,31
SS 2010	*Mn*	486,98	0,974	359,45	350,09	2497,14	14,02	24	36,00	37,00	36,50	1,52	0,067	0,102	0,104	50,82	0,31
avr-11	*Mn*	308,03	0,616	391,42	241,14	2456,05	9,82	11	17,00	17,00	17,00	1,55	0,028	0,043	0,070	33,79	0,31
mai-011	*Mn*	508,23	1,016	325,60	330,96	1481,72	22,34	1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,003	0,003	0,003	NA	NA
SS 2011	*Mn*	324,71	0,649	717,02	465,65	3937,77	11,83	12	18,00	18,00	18,00	1,50	0,017	0,025	0,039	34,82	0,30
TSS A	*Mn*	416,09	0,832	3016,65	2510,4	5278,68	47,55	66	102,00	107,00	104,5	1,58	0,022	0,035	0,042	55,53	0,21

Tableau 109. Densités relatives mensuelles *Megaptera novaeangliae* (mars, avril, mai, juin 2008-2011)

ST.	*Sp.*	Dpm. *m*	W *km*	L *km*	SE *Km²*	a *km²*	IE *%*	n	ES *Min*	ES *Max*	ES	E(s)	IKR *km*	IKA *km*	*DU km²*	CV *%*	IC95
mars-08	Mn	679,79	1,36	331,60	450,84	1852,15	24,34	3	5,00	5,00	5,00	1,67	0,009	0,015	0,011	34,64	0,65
MARS	Mn	679,79	1,36	331,60	450,84	1852,15	24,34	3,00	5,00	5,00	5,00	1,67	0,009	0,015	0,011	34,64	0,65
avr.-08	Mn	650,75	1,30	439,60	572,14	1963,23	29,14	7	12,00	13,00	12,50	1,79	0,016	0,028	0,022	72,04	0,95
avr.-09	Mn	412,42	0,82	777,00	640,89	4294,82	14,92	20	31,00	34,00	32,50	1,63	0,026	0,036	0,051	64,60	0,46
avr.-10	Mn	486,98	0,97	359,45	350,09	2497,14	14,02	24	36,00	37,00	36,50	1,52	0,067	0,102	0,104	50,82	0,31
avr.-11	Mn	308,03	0,62	391,42	241,14	2456,05	9,82	11	17,00	17,00	17,00	1,55	0,028	0,043	0,070	33,79	0,31
AVRIL	Mn	449,67	0,90	1967,47	1769,42	3152,2	56,13	62,00	96,00	101,00	98,50	1,59	0,032	0,303	0,056	55,70	0,22
mai-08	Mn	–	–	127,18	–	649,25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
mai-09	Mn	–	–	136,20	–	686,31	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
mai-10	Mn	–	–	–	–	2840,41	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
mai-11	Mn	508,23	1,02	325,60	330,96	3853,62	8,59	1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,003	0,003	0,003	NA	NA
MAI	Mn	508,23	1,02	588,98	598,68	2007,4	29,82	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
juin-08	Mn	–	–	128,60	–	726,86	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
juin-09	Mn	–	–	–	–	356,42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
JUIN	Mn	–	–	128,60	–	541,64	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
TSS A	Mn	416,09	0,83	3016,65	2510,4	5278,68	47,56	66,00	102,00	107,00	104,50	1,583	0,022	0,134	0,042	55,53	0,21

LÉGENDE (Tableaux 108 et 109)

ST : strate temporelle. Sp. : espèce. SS : saison sèche. SH : saison humide. TSS. A : Total archipel de Guadeloupe pour la saison sèche. Les numéros 09, 10… font référence aux années où la saison est étudiée. . *Dpm* (m) : moyenne des distances perpendiculaires calculée pour chaque saison. *W* : largeur *2w* en km ou ici *2*Dpm* (km). *SE* (Km²): surface réellement échantillonnée, soit *W*L*. « a » (Km²) : surface exacte de la strate. *IE* : intensité d'échantillonnage, soit SE/a en %. ES min : effectifs minimum. ES max : effectifs maximum. (n) : nombre de groupes observés par saison en effort T. IKR : indice kilométrique de rencontres par strate temporelle, soit groupes.km^{-1}. IKA : indice kilométrique d'abondance par strate temporelle, soit individus.km^{-1}. *DU* : densité relative non corrigée de la détection effective, soit individus.km². CV% s'applique à la variance d'E(s). IC 95 : intervalle de confiance à 95% d'E(s).

2.2. Densité relative spatiale non corrigée

Il s'agit dans cette section de considérer les densités relatives au km², non corrigées de la probabilité de détection, à l'échelle spatiale. Cela pour les mêmes espèces. Le niveau de pondération des distances perpendiculaires moyennes stratifiées est apporté afin que les estimations sectorielles géographiquement restent proches de la réalité terrain. Le découpage géographique considéré pour l'application de ces estimations, est la zone de la mer des Caraïbes, en côte-sous-le-vent (bloc A), celle du sud de l'archipel (bloc B), la façade côtière Atlantique (bloc C) et le nord de l'archipel (bloc D). L'échelle spatiale des stations dans ce cas, a été jugée trop réductrice pour qu'un estimateur de largeur de détection stratifiée pour les espèces considérées, puisse leur être affecté.

2.2.1. Densité relative sectorielle de deux espèces de delphinidés

En termes de répartition spatiale (Tab.110), les résultats pour le grand dauphin sont :

- Bloc B pour le Sud de l'archipel : *DU*=0,04 individus.km^{-2} (% CV, 89,17) sur 1376,03 km² ;
- Bloc C pour la façade Atlantique : *DU*=0,008 individus.km^{-2} (% CV 110,22) sur 1391,42 km² ;
- Bloc A pour la côte-sous-le-vent : *DU*=0,006 individus.km^{-2} (% CV 109,99) sur 1111,29 km².

Le secteur Nord affiche une densité relative deux fois inférieure à celles des blocs C avec (0,004 individus.km^{-2}), avec une seule observation pour cette espèce. En ce sens, il est important d'indiquer que l'effort cumulé des kilomètres parcourus a été le moins important en termes de répliquas sur ce secteur entre 2007 et 2011. Ainsi, c'est dans le bloc Sud que les effectifs moyens (ES=53,50) pour cette espèce ont été les plus élevés tout autant que l'effort (1642 km), avec pourtant un indice de contact identique dans le Sud et en côte-au-vent (0,002 groupes.km^{-1}). La distance perpendiculaire stratifiée de détection supposée efficace sur le bloc C (777,76m) est élevée et minimise probablement l'estimation de densité comparativement avec celles évaluées sur les autres blocs. Cela est dû pour une grande part aux distances fixées dans le transect de bande en 2007. Les résultats suggèrent que les grands dauphins de l'archipel côtier seraient composés de petites populations.

Tableau 110. Densités relatives par secteurs géographiques pour *Tursiops truncatus*

SS.	*Dpm*. *m*	*W* *km*	*L* *km*	*SE* *Km²*	a *km²*	*IE* *%*	n	ES *Min*	ES *Max*	ES	E(s)	IKR *km*	IKA *km*	*DU* *km²*	CV *%*	IC95
A	481,53	0,963	1530,60	1474,06	1111,29	132,64	2	8,00	10,00	9,00	4,50	0,001	0,0059	0,006	109,99	6,86
B	328,98	0,658	1642,38	1080,63	1376,03	78,53	4	50,00	57,00	53,50	13,38	0,002	0,032	0,049	89,17	11,69
C	777,76	1,556	1220,68	1898,78	1391,42	136,46	3	14,00	19,00	16,50	5,50	0,002	0,013	0,008	110,22	5,03
D	436,18	0,872	842,51	734,97	1413,66	51,99	1	3,00	3,00	3,00	3,00	0,001	0,003	0,004	NA	NA
T.A	504,84	1,01	5236,17	5286,90	5278,68	100,16	10	75,00	89,00	82,00	8,20	0,001	0,015	0,015	108,17	5,50

LÉGENDE

SS: strate spatiale. A : côte-sous-le-vent, B : Sud, C : côte-au-vent, D : Nord. TA : Total archipel de Guadeloupe. *Dpm* (m) : moyenne des distances perpendiculaires calculée pour chaque secteur. *W* : largeur *2w* en km ou ici *2*Dpm* (km). *SE* (Km²): surface réellement échantillonnée, soit *W*L*. « a » (Km²) : surface exacte de la strate. *IE* : intensité d'échantillonnage, soit SE/a en %. ES min : effectifs minima. ES max : effectifs maxima. (n) : nombre de groupes observés par saison en effort T. IKR : indice kilométrique de rencontres par secteur, soit groupes.km^{-1}. IKA : indice kilométrique d'abondance par secteur, soit individus.km^{-1}. *DU* : densité relative non corrigée de la détection effective, soit individus.km². CV% s'applique à la variance d'E(s). IC 95 : intervalle de confiance à 95% d'E(s).

Le dauphin tacheté pantropical est une espèce assez peu contactée (Tab.111) avec 0,004 groupes.km^{-1} dans l'ensemble de l'archipel et sporadiquement dans les secteurs D et B (0,001 groupes.km^{-1}).

Aucune occurrence n'a été renseignée sur la façade Atlantique côtière pour cette espèce, malgré un effort de 729,47 km parcourus pour la strate spatiale C. Avec une intensité d'échantillonnage (*IE*) particulièrement plus élevée sur le bloc A, il est avéré que cette espèce y évolue en toutes saisons (en s'appuyant sur les résultats déjà indiqués avec les autres jeux de données). Le dauphin tacheté pantropical présente une densité relative en côte-sous-le-vent de 0,155 individus.km^{-2} (% CV 91,25) et un indice relatif de rencontre de 0,011 groupes.km^{-1}. Cela induit que cette zone présente un écosystème marin favorable pour cette espèce, *a minima,* en espace côtier de la Mer des Caraïbes.

Tableau 111. Densités relatives par secteurs géographiques pour *Stenella attenuata*

SS.	*Dpm. m*	*W km*	*L km*	*SE Km²*	a *km²*	*IE %*	n	ES *Min*	ES *Max*	ES	E(s)	IKR *km*	IKA *km*	*DU km²*	CV *%*	IC95
A	876,13	1,752	1530,60	2682,02	1111,29	241,34	17	340	496	418	24,59	0,011	0,273	0,1559	91,25	10,67
B	328,98	0,658	1642,38	1080,63	1376,03	78,53	1	15	30	22,50	22,50	0,001	0,014	0,0208	71,50	10,82
D	436,18	0,872	842,51	734,97	1413,66	51,99	1	9	12	10,50	10,50	0,001	0,012	0,0143	NA	NA
T.A	825,69	1,651	5236,17	8646,87	5278,69	163,81	19	364	538	451	23,74	0,004	0,086	0,0522	90,16	9,62

LÉGENDE
SS: strate spatiale. A : côte-sous-le-vent, B : Sud, D : Nord. TA : Total archipel de Guadeloupe. *Dpm* (m) : moyenne des distances perpendiculaires calculée pour chaque secteur. *W* : largeur *2w* en km ou ici *2*Dpm* (km). *SE* (Km²): surface réellement échantillonnée, soit *W*L*. « a » (Km²) : surface exacte de la strate. *IE* : intensité d'échantillonnage, soit SE/a en %. ES min : effectifs minima. ES max : effectifs maxima. (n) : nombre de groupes observés par saison en effort T. IKR : indice kilométrique de rencontres par secteur, soit groupes.km^{-1}. IKA : indice kilométrique d'abondance par secteur, soit individus.km^{-1}. *DU* : densité relative non corrigée de la détection effective, soit individus.km². CV% s'applique à la variance d'E(s). IC 95 : intervalle de confiance à 95% d'E(s).

2.2.2. Densité relative sectorielle de deux grands cétacés

Le cachalot présente une densité relative (Tab.112) qui, par comparaison avec l'ensemble des surfaces géographiques échantillonnées, le positionne sans équivoque comme une espèce dont la répartition spatiale est sectorisée en côte-sous-le-vent, avec une densité relative de :

- Bloc A pour la côte-sous-le-vent : *DU*=0,020 individus.km^{-2} (% CV 101,22) sur 1111,29 km².

C'est également dans cet espace géographique délimité pour les besoins de l'étude, qu'il y est le plus contacté avec 0,008 groupes.km^{-1}. Les autres secteurs (Sud et Nord) restent marginaux quant aux densités relatives spatiales qui leur sont attachées et ce point avait déjà été conforté dans l'agrégation avec d'autres données pour le traitement de certains descripteurs synthétiques.

Avec des effectifs moyens estimés à près de 13 fois moins que le dauphin tacheté pantropical, la densité relative du cachalot est de :

- Archipel de Guadeloupe : *DU*=0,007 individus.km^{-2} (%CV 92,89) sur 5278,68 km².

Ce résultat le positionne comme une espèce peu abondante sur l'ensemble de l'archipel, avec la fréquentation avérée de toute ou partie de la zone côtière de la mer des Caraïbes, comme un habitat.

Corroborée aux résultats des densités temporelles ainsi que l'ensemble des descripteurs synthétiques (présence, occurrence), cette densité sectorisée conforte le fait que cette espèce n'est pas uniquement de passage sur cette zone, mais qu'elle y est récurrente sur plusieurs saisons, de façon régulière. Cela confirme l'usage de la côte-sous-le-vent pour le cachalot pour des motivations fonctionnelles.

Tableau 112. Densités relatives par secteurs géographiques pour *P. macrocephalus*

SS.	*Dpm.* *m*	*W* *km*	*L* *km*	*SE* *Km²*	a *km²*	*IE* *%*	n	ES *Min*	ES *Max*	ES	E(s)	IKR *km*	IKA *km*	*DU* *km²*	CV *%*	IC95
A	496,30	0,963	1530,60	1474,06	1111,29	132,64	13	28,00	31,00	29,50	2,27	0,008	0,019	0,0200	101,22	1,25
B	476,49	0,658	1642,38	1080,63	1376,03	78,53	1	3,00	3,00	3,00	3,00	0,001	0,002	0,0028	NA	NA
D	681,64	0,872	842,51	734,97	1413,66	51,99	1	2,00	2,00	2,00	2,00	0,001	0,002	0,0027	NA	NA
T. A	487,43	0,975	5236,17	5104,48	5278,68	96,70	15	33,00	36,00	34,50	2,30	0,003	0,007	0,0068	92,89	1,08

LÉGENDE
SS: strate spatiale. A : côte-sous-le-vent, B : Sud, D : Nord. TA : Total archipel de Guadeloupe. *Dpm* (m) : moyenne des distances perpendiculaires calculée pour chaque secteur. *W* : largeur *2w* en km ou ici *2*Dpm* (km). *SE* (Km²): surface réellement échantillonnée, soit *W*L*. « a » (Km²) : surface exacte de la strate. *IE* : intensité d'échantillonnage, soit SE/a en %. ES min : effectifs minima. ES max : effectifs maxima. (n) : nombre de groupes observés par saison en effort T. IKR : indice kilométrique de rencontres par secteur, soit groupes.km^{-1}. IKA : indice kilométrique d'abondance par secteur, soit individus.km^{-1}. *DU* : densité relative non corrigée de la détection effective, soit individus.km². CV% s'applique à la variance d'E(s). IC 95 : intervalle de confiance à 95% d'E(s).

Concernant la baleine à bosse, elle présente le même indice de rencontre dans la zone côtière sud de la Guadeloupe (B) et en façade Atlantique côtière (C), soit 0,03 groupes.km^{-1}. En termes de densités relatives, le classement sectoriel est le suivant :

- Bloc C pour la façade Atlantique : *DU*=0,055 individus.km^{-2} (%CV 47,96) sur 1391,42 km² ;
- Bloc B pour le sud de l'archipel : *DU*=0,043 individus.km^{-2} (%CV 54,59) sur 1376,03 km² ;
- Bloc D pour le nord : *DU*=0,039 individus.km^{-2} (% CV 82,13) sur 1381,67 km² ;
- Bloc A pour la côte-sous-le-vent : *DU*=0,012 individus.km^{-2} (% CV 34,02) sur 1111,29 km².

L'examen des valeurs de la zone Nord, reste un résultat à confirmer car l'essentiel de l'effort d'échantillonnage s'est concentré les 18 et 19 avril 2009 autour des stations de Port Louis (Q9), du nord de la façade Atlantique (Q10), ainsi que du nord de la Mer des Caraïbes (Q7). Notons que c'est dans cette zone que la taille moyenne des groupes observés est la plus élevée, avec E(s)=1,78 individus, % CV 82,13. Ce point souligne une hypothèse tendant à montrer que la zone nord, pourrait être un point de regroupement important lors des arrivées et départs migratoires dans l'archipel. Cela est supposé à partir notamment des observations opportunistes réalisées à partir de la Pointe de la Grande Vigie. Toutefois, la disposition du site (hauteur très élevée au dessus de la mer) permet sans doute d'accroitre la capacité de détection des groupes dans ce lieu spécifique.

Concernant la côte-sous-le-vent, l'effort investi a été significatif dans ce secteur, même si les distances de 2007 ont été ôtées. Cela permet de confirmer, qu'*a minima*, entre avril et mai, la densité est plus faible sur la façade côtière de la mer des Caraïbes, que dans les autres zones côtières de l'archipel avec une valeur quatre fois et demi moins que la densité estimée sur le bloc Sud (Tab.113).

Tableau 113. Densités relatives par secteurs géographiques pour *M. novaeangliae*

SS.	*Dpm.* *m*	*W* *km*	*L* *km*	*SE* *Km²*	a *km²*	*IE* *%*	n	ES *Min*	ES *Max*	ES	E(s)	IKR *km*	IKA *km*	*DU* *km²*	CV *%*	IC95
A-08	970,20	1,940	229,20	444,74	1111,29	40,02	2,00	3,00	3,00	3,00	1,50	0,01	0,01	0,007	47,14	0,98
A-09	538,50	1,077	202,50	218,09	1111,29	19,62	5,00	8,00	8,00	8,00	1,60	0,02	0,04	0,037	34,23	0,48
A	661,85	1,324	698,60	924,73	1111,29	83,21	7,00	11,00	11,00	11,00	1,57	0,01	0,02	0,012	34,02	0,40
B-08	638,13	1,276	283,70	362,07	1084,77	33,38	6,00	11,00	12,00	11,50	1,92	0,02	0,04	0,032	70,80	1,09
B-09	612,43	1,225	216,10	264,69	1441,2	18,37	2,00	3,00	3,00	3,00	1,50	0,01	0,01	0,011	47,14	0,98
B-10	482,00	0,964	230,18	221,89	1362,31	16,29	14,00	19,00	19,00	19,00	1,36	0,06	0,08	0,086	46,67	0,33
B-11	388,63	0,777	222,40	172,86	1317,72	13,12	6,00	9,00	9,00	9,00	1,50	0,03	0,04	0,052	36,51	0,44
B	524,55	1,049	952,38	999,15	1376,03	72,61	28,00	42,00	43,00	42,50	1,52	0,03	0,04	0,043	54,59	0,31
C-08	590,14	1,180	299,10	353,02	1372,37	25,72	2,00	3,00	3,00	3,00	1,50	0,01	0,01	0,008	47,14	0,98
C-09	335,00	0,670	273,17	183,02	1407,62	13,00	5,00	6,00	7,00	6,50	1,30	0,02	0,02	0,036	51,60	0,59
C-10	493,96	0,988	129,27	127,71	1068,46	11,95	10,00	17,00	18,00	17,50	1,75	0,08	0,14	0,137	52,60	0,57
C-11	211,30	0,423	80,02	33,82	710,81	4,76	5,00	8,00	8,00	8,00	1,60	0,06	0,10	0,237	34,23	0,48
C	407,38	0,815	781,56	636,79	1391,42	45,77	22,00	34,00	36,00	35,00	1,59	0,03	0,04	0,055	47,96	0,32
D-09	331,99	0,664	221,83	147,29	1377,45	10,69	8,00	14,00	16,00	15,00	1,88	0,04	0,07	0,102	81,57	1,06
D-11	508,23	1,016	147,30	149,73	1464,58	10,22	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	0,01	0,007	NA	NA
D	351,57	0,703	584,11	410,71	1381,67	29,73	9,00	15,00	17,00	16,00	1,78	0,02	0,03	0,039	82,13	0,95
T.A	416,09	0,832	3016,65	2510,40	5278,68	47,56	66,00	102,00	107,00	104,50	1,58	0,02	0,03	0,042	55,53	0,21

LÉGENDE

SS: strate spatiale. A : côte-sous-le-vent, B : Sud, C : côte-au-vent, D : Nord. TA : Total archipel de Guadeloupe. *Dpm* (m) : moyenne des distances perpendiculaires calculée pour chaque secteur. *W* : largeur *2w* en km ou ici *2*Dpm* (km). *SE* (Km²): surface réellement échantillonnée, soit *W*L*. « a » (Km²) : surface exacte de la strate. *IE* : intensité d'échantillonnage, soit SE/a en %. ES min : effectifs minima. ES max : effectifs maxima. (n) : nombre de groupes observés par saison en effort T. IKR : indice kilométrique de rencontres par secteur, soit groupes.km^{-1}. IKA : indice kilométrique d'abondance par secteur, soit individus.km^{-1}. *DU* : densité relative non corrigée de la détection effective, soit individus.km². CV% s'applique à la variance d'E(s). IC 95 : intervalle de confiance à 95% d'E(s).

3. Abondance relative et estimation de stocks

3.1. Estimations non corrigées de la largeur de détection effective

Dans l'approche du transect de bande, ou le strip-transect, la détermination d'un stock consiste à multiplier la densité non corrigée obtenue par l'aire totale, comme indiqué au chapitre II .Dans ce cas, la détermination d'*ESW* (largeur de détection effective) ainsi que la modélisation d'une fonction de détection seraient préférés. Compte tenu de ces contraintes, et afin de suggérer un ordre de grandeur acceptable pour les odontocètes dont les densités ont été précédemment analysées, le choix a été fait d'examiner une abondance relative de cette densité non corrigée, strictement à la surface de la zone prospectée pour deux raisons.

En premier lieu, parce que pour certaines strates temporelles ou spatiales, l'intensité des échantillonnages grâce aux répliquas a permis d'obtenir, des valeurs élevées de couverture qui sont précisées sur chaque extrapolation aux zones non échantillonnées. Dès que plus de 70% de l'aire d'étude a été cumulativement prospectée, un ordre de grandeur est proposé car on peut estimer que les densités relatives obtenues reflètent une certaine réalité écologique sur les surfaces considérées.

En second point, les baleines à bosse font l'objet d'un traitement plus approfondi par la méthode de la correction de densité par l'ajustement d'une fonction de détection pour chaque strate étudiée.

3.1.1. Abondance relative pour *T.truncatus*

3.1.1.1. Abondance relative par la densité non corrigée

L'abondance relative est notée R(x) avec R(x) = *A*DU.*

Pour le grand dauphin, l'examen des intensités d'échantillonnages (*IE*) indique que les répliquas ont permis de totaliser une surface prospectée en cumul supérieure à 100% de la surface cible. La densité relative pour cette espèce (0,0155 individus.km^{-2},% CV 108,17) avec un intervalle de confiance à 95% [0,005 ; 0,026] suggère une abondance relative minimum et maximum (Tab.114).

Le premier résultat indique que près de 82 grands dauphins [27 ; 137], % CV 108,17, pourraient évoluer sur 5278,68 km² d'espace maritime côtier.

Compte tenu du faible nombre d'animaux détectés dans la méthode de transects (n=10) et de la variance élevée de la taille moyenne des groupes, aucune autre projection par strate n'est envisageable.

Tableau.114. Abondance relative pour *T. truncatus*

Sp.	M	*A* (Km²)	*DU*/km²	R(x)	IC 95 %		CV %
Tt	*TBTL*	5278,69	0,0155	81,82	[27,00	137,00]	108,17

LÉGENDE
Sp. : espèce. *A*: surface de l'aire d'étude en km². *DU* /km² : densité relative non corrigée de la détection effective, soit le nombre d'individus.km². R(x) : abondance relative, soit le nombre d'individus estimés sur l'aire *A*. CV % s'applique à la variance de E(s), soit la taille moyenne des groupes observés. IC 95 % intervalle de confiance à 95%.

1.1.1.2. Abondance relative par le nombre d'individus identifiés

Les autres connaissances disponibles pour l'estimation de ce stock sont regroupées plus empiriquement. Actuellement, un groupe d'individus apparemment résidents évolue principalement vers Petite Terre (station 13). Il est suggéré qu'il s'agit d'un morphotype côtier. 22 photo-identifications ont été réalisées et transmises en 2009 par un naturaliste (L. Bouveret, association Ommag).

Depuis, les recherches *OR* de cette étude ont été orientées pour suivre en partie cette population, sans pouvoir cependant y dédier autant d'efforts qu'en transects de ligne. 6 individus différents ont été ajoutés par la méthode *OR*, dont 3 petits nés entre fin 2009 début 2010 et mai 2011, mais ni les autres recrutements ni les disparitions ou mortalités ne sont évaluées dans ce travail.

Sur 32 observations réalisées de grands dauphins dans le bloc C, par les méthodes *OR*, *T* et *TBTL*, près de 60% ont permis de reconnaître au moins un des individus de cette population (et un des adultes en particulier, une femelle, probablement la matriarche du groupe très facilement identifiable par une encoche atypique (cf. Annexe X). Ces ré-observations ont été effectuées dans la station 13 et plus fréquemment, non loin d'une bouée de délimitation de la Réserve Naturelle de Petite Terre. Ces éléments suggèrent que ce groupe est résident, pour au moins une partie de ses individus.

Dans le groupe observé en saison humide 2009 en transect de ligne dans la station de l'archipel des Saintes (Q3), 16 individus ont été identifiés à l'œil nu par leur dorsale et aucun n'a été retrouvé dans la population précédente. Des observations *OT* ont renseigné par ailleurs trois observations dans le Canal des Saintes de grands dauphins, mais les individus n'ont pas été comparés. Compte tenu de la morphologie des individus observés en saison humide 2009, il est suggéré qu'il s'agit d'un morphotype plutôt pélagique.

Un troisième probable groupe pourrait évoluer en côte-sous-le-vent (observé dans cette étude entre Pointe Noire et l'ilet Kahouanne) et comme les densités spatiales calculées précedemment pour le bloc A l'indiquent, les effectifs ne semblent pas importants. 5 identifications ont été réalisées sur ce groupe à morphotype semblant pélagique également.

Depuis 2010, deux autres groupes ont été détectés en transect de ligne. Pour ces populations, des indicateurs pélagiques (type rémoras fixés sur leurs flancs) pourraient indiquer que les individus utilisent des milieux maritimes très ouverts.

Le premier groupe représente un effectif moyen estimé à près de 19 individus et a été détecté vers Marie-Galante. Il y a été observé 4 fois (dont 2 fois durant les opérations de télémétrie). Dans ce groupe, actuellement 6 identifications ont été réalisées en 2010 et 2 en 2011, soit 8 individus marqués.

Le second groupe, a été observé vers l'îlet Cochon et entre le chenal de Pointe-à-Pitre et l'ilet Gosier, sur la station Q1. Seulement 2 individus ont été capturés en 2010 et 2 individus en saison humide 2011.

Pour le moment, et sans étude approfondie, aucun des individus n'aurait été retrouvé dans les autres groupes composant ces 5 probables sous-populations pour l'espèce *T.truncatus*, ce qui suggère qu'ils puissent être distincts territorialement.

Cela tendrait à indiquer que le statut de résidence ne s'applique peut-être pas à l'ensemble des populations de grands dauphins de l'archipel côtier et cela pourrait être examiné avec des moyens génétiques permettant de souligner si ces populations occupent des niches ouvertes ou fermées.Rien ne peut permettre cependant d'affirmer qu'il ne peut pas y avoir d'échanges génétiques entre ces groupes ni que les individus ne se rassemblent pas entre eux car parmi les effectifs vus, tous les individus n'ont pas pu être identifiés dans cette étude. Au total, et de façon statique, sans analyse des recaptures, de mortalités ou d'autres recrutements, le nombre de grands dauphins observés (entre 2009 et 2011) s'élèverait *a minima* à 61 individus différents, distribués (au moment de leur première capture) de la façon suivante :

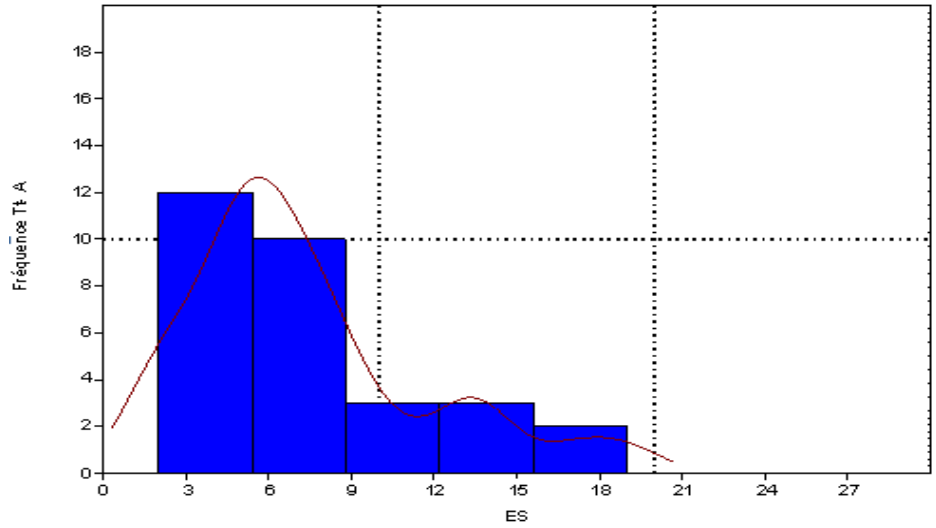
- Groupe de l'îlet de Petite Terre (station Q13) avec 28 individus identifiés ;
- Groupe de l'archipel des Saintes (station Q3) avec 16 individus identifiés ;
- Groupe de l'ile de Marie-Galante (station Q15) avec 8 individus identifiés ;
- Groupe de l'îlet cochon et du petit Cul-de-Sac marin (station Q1) avec 4 individus identifiés ;
- Groupe de l'îlet Kahouanne (stations Q6): 5 individus identifiés.

Des individus ont été observés dans le bloc D parmi les données opportunistes *OO* (et notamment au nord du Grand Cul-de-Sac marin) mais les photographies ne permettent pas d'identifier les individus au moment de cette synthèse. Toutes ces identités différentes ont été capturées à un instant t, mais l'analyse dynamique n'a pas été encore réalisée, ni l'exploitation complète des jeux de données disponibles.

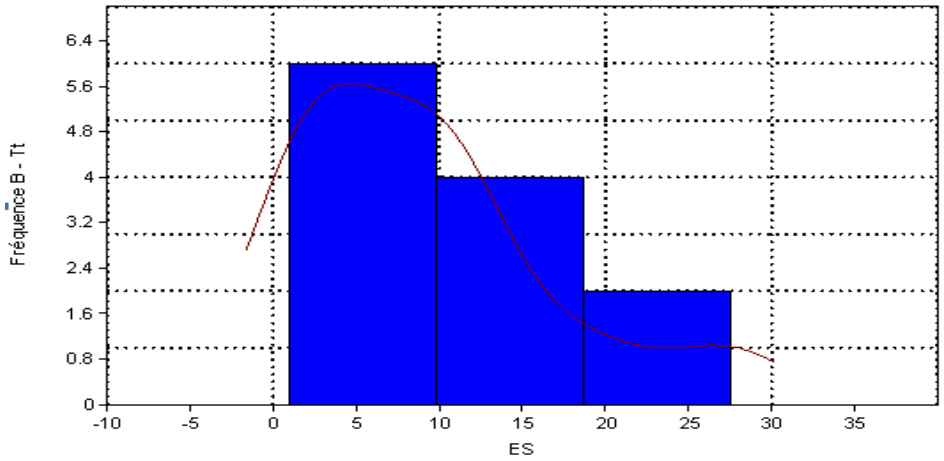
1.1.1.3. Abondance relative par la densité de Kernel

A partir des observations de recherche *OR*, *T*, *OT* et *TBTL* (41 observations), et sous l'hypothèse que les groupes pourraient être sectorisés en archipel côtier, une autre approche a été de considérer les fréquences des effectifs par blocs (les grands dauphins étant territoriaux) et d'ajuster une densité selon le modèle de Kernel afin de considérer les groupes maxima. Les figures 74 (a, b, c) indiquent (blocs bleus) les fréquences selon les rangs d'effectifs sur les blocs A, B et C. Les courbes rouges proposent une prédiction de la densité avec ajustement gaussien. Dans ces figures, 3 à 5 populations sont considérées (celles des blocs B étant regroupées ou pas) sous la condition que les groupes rencontrés soient bien composés d'individus tous différents. Dans ce cas, en considérant les maxima d'effectifs vus aux fréquences les plus faibles, le nombre de grands dauphins pourrait être de 86 individus, répartis de la façon suivante:

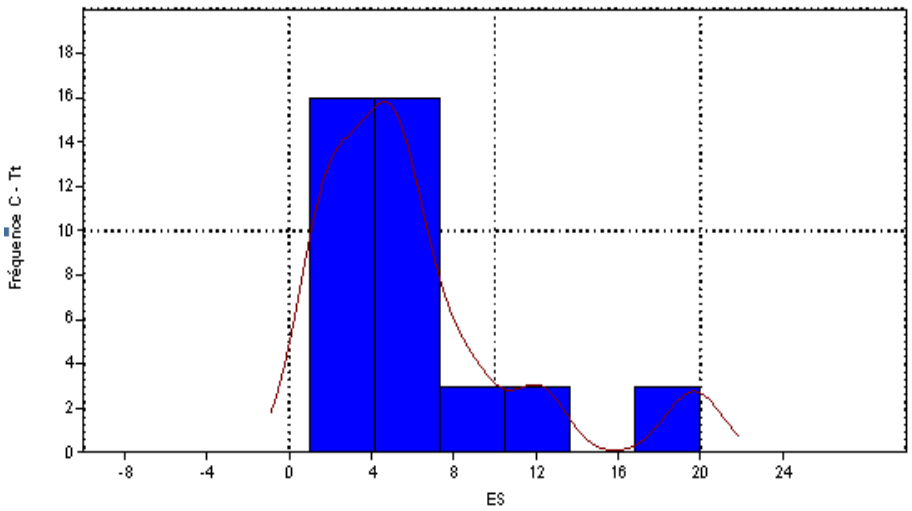
- Le bloc A (côte-sous-le-vent) ajusterait des groupes allant de 2 à 21 individus (maximum), avec une densité plus fréquente autour de 5 à 11 individus ;
- Le bloc B (Sud) ajusterait des groupes allant de 1 à 30 individus (maximum), avec une densité plus fréquente autour de 1 à 15 individus et de 17 à 22 (maximum), pour ce qui pourrait être une seconde population vers ou autour de Marie-Galante ;
- Le bloc C (côte-au-vent) ajusterait des groupes allant de 1 à 13 individus (maximum), avec une densité plus fréquente autour de 1 à 7 individus;
- Le bloc D : nombre inconnu.



(a)



(b)



(c)

Figure 74 –a, b, c. Estimation de densité de Kernel pour les blocs A et B, *T. truncatus*

LÉGENDE

a) Fréquence de grands dauphins dans le bloc A ;
b) Fréquences de grands dauphins dans le bloc B ;
c) Fréquences de grands dauphins dans le Bloc C.

Enfin, sous l'hypothèse que les grands dauphins des blocs au sud soient des sous-populations distinctes et sous la condition qu'aucun des individus ne se mélange à l'intérieur de ces groupes, l'estimation *a maxima* des effectifs actuellement estimés, suggèrerait entre 98 et 103 grands dauphins (Bloc A : 21 ; bloc B groupe 1 : 26 ; bloc B groupe 2 : 4 à 9 ; bloc B groupe 3 : 19 individus ; Bloc C : 28).

Ainsi, le nombre de grands dauphins en Guadeloupe côtière pourrait être évalué à près de 83 individus dans une estimation R(x), proche de 89 individus par l'estimation de Kernel avec fusion des sous-populations du bloc B, et de 98 à 103 individus par la même méthode sans fusion. Pour le moment, dans ces études, seuls 61 sont identifiés comme des individus probablement distincts entre 2009 et 2011.

Notons que dans cette étude les observations documentées ont été insuffisantes pour considérer le bloc Nord (D).

1.1.2. Abondance relative pour *S.attenuata*

1.1.2.1. Abondance relative par la densité non corrigée

Pour le dauphin tacheté pantropical (*S.attenuata*), l'intensité d'échantillonnage a permis d'assurer une couverture avoisinant 163, 81% de *A* (sous réserve de l'estimateur moyen *W* stratifié à 1650 mètres, soit une détection à environ 825 mètres de chaque côté de la ligne de transect). Cet effort permet de suggérer un ordre de grandeur de l'abondance relative pour cette espèce, en se basant sur 19 observations et une densité relative estimée à 0,052 individus.km^{-2},% CV 90,16 avec un intervalle de confiance à 95% [0,031 ; 0,073], pour l'archipel côtier de Guadeloupe.

Le résultat indiquent que près de 276 dauphins tachetés pantropicaux pourraient évoluer sur 5278,69 km² composant l'espace maritime côtier de l'archipel avec un intervalle de confiance à 95% suggérant entre 164 à 387 individus,% CV 90,16 sur cette même surface (Tab.115).

Compte tenu de la sectorisation de cette espèce, l'estimation a été réalisée sur le bloc de référence A couverte plus de deux fois avec les répliquas de lignes selon un estimateur *W* = 1752 mètres de largeur de détection supposée efficace.

La densité relative sur le bloc A indique 0,155 individus.km^{-2},% CV 91,25, IC95 % [0,088 - 0,223]. Un résultat préliminaire présume ainsi que près de 173 dauphins tachetés pantropicaux IC 95 % [98,03-248,35] évoluent dans l'espace de la Mer des Caraïbes de la côte-sous-le-vent (1111,29 km²).

Tableau 115. Abondance relative pour *S. attenuata*

Sp.	M	A ou a (Km²)	*DU*/km²	R(x)	IC 95%		CV%
Sa	*TBTL*	5278,69	0,0522	275,54	[163,74	386,90]	90,16
Sa A	*TBTL*	1111,29	0,1558	173,13	[98,03	248,35]	91,25

LÉGENDE
Sp. : espèce. *A*: surface de l'aire d'étude en km². *DU* /km² : densité relative non corrigée de la détection effective, soit le nombre d'individus.km². R(x) : abondance relative, soit le nombre d'individus estimés sur l'aire *A*. CV % s'applique à la variance de E(s), soit la taille moyenne des groupes observés. IC 95 % intervalle de confiance à 95%.

1.1.2.2. Abondance relative par la courbe de survie

Compte tenu qu'aucune identification sérieuse n'a pu être réalisée sur les individus de cette population, et afin d'obtenir un deuxième ordre de grandeur, l'ensemble des 60 observations issues des jeux de données *OT*, *OR* et incluant ceux de *TB* et *LT* ont été triés par période et par bloc (Fig.75).

Les effectifs associés vont de 2 à 275 individus, avec une moyenne de E(s)=60, 89,% CV, 95,6 pour une erreur standard de 7,51.

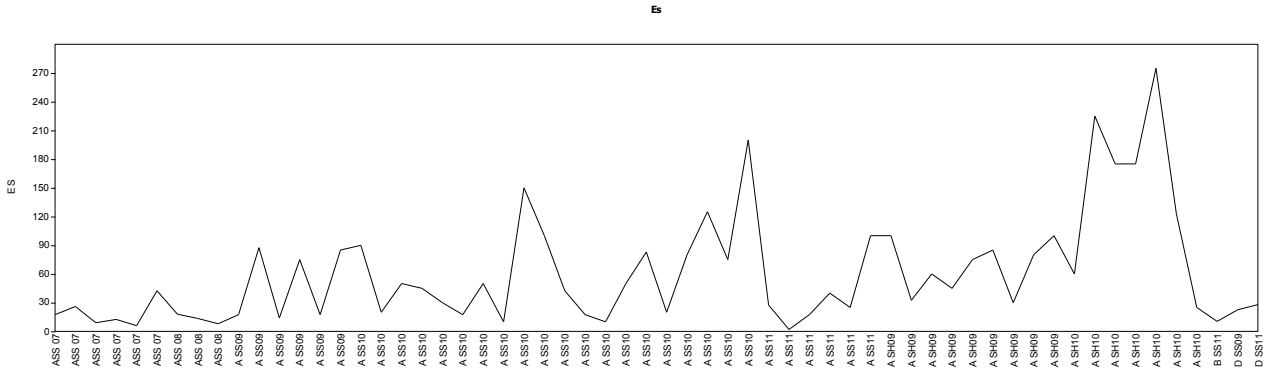


Figure 75. Ensemble des effectifs issus de n=60 (*Sa)* selon les saisons et les blocs géographiques

Les données ont été ensuite classées de façon chronologique, en intercalant les effectifs sur l'axe du temps et non des surfaces. Une courbe de survie a été proposée (Fig.76).

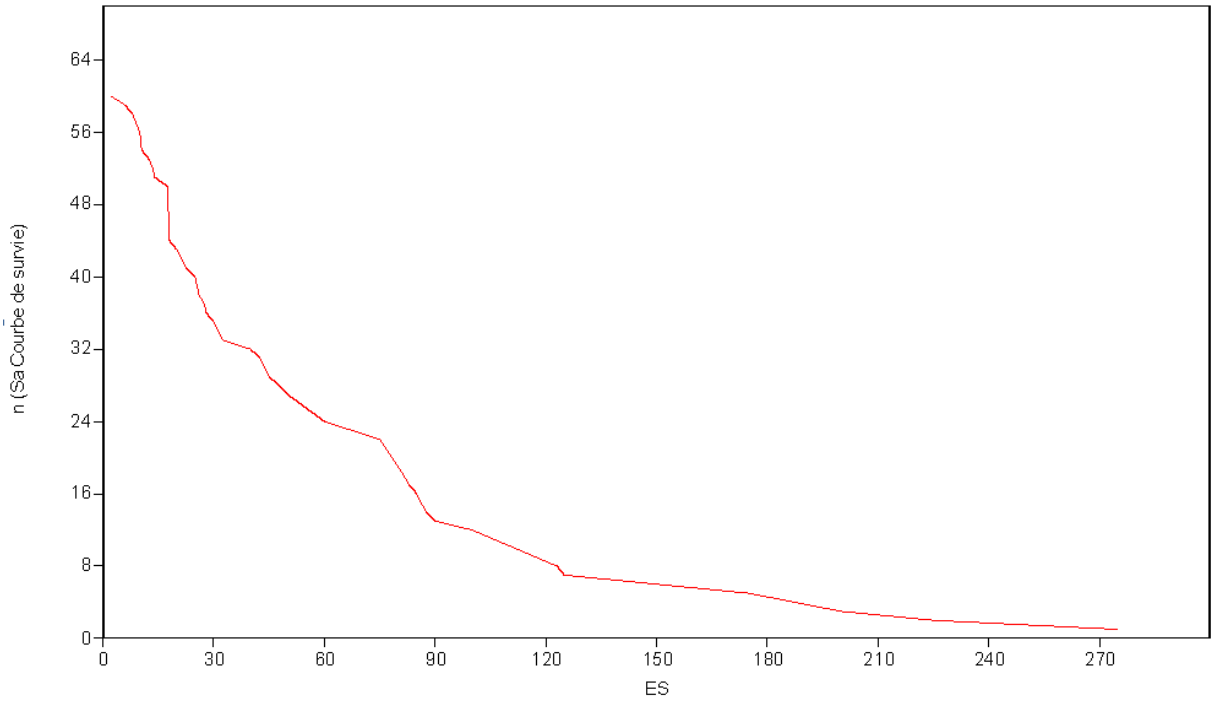


Figure 76. Courbe de survie de *S. attenuata*

Ainsi ES signifie une taille de populations ici en abscisse (et non la somme des effectifs) soit le nombre de survivants au cours des saisons d'observations, ici 7 saisons. D'après cette figure, la taille maximale en fonction du temps, pourrait être estimée aux alentours de 270 individus (% CV 95,6).

1.1.2.3. Abondance relative par la densité de Kernel

Dans le modèle de densité de Kernel, la présentation des fréquences ajuste une densité selon les effectifs associés à ces 60 observations, de 1 à 300 individus, avec des groupes De près de 1 à 50 individus dans 53,33% des cas et entre 50 et 100 individus dans 23,33% des cas (Fig.77).

Le maximum d'individus serait de 300 dauphins tachetés pantropicaux.

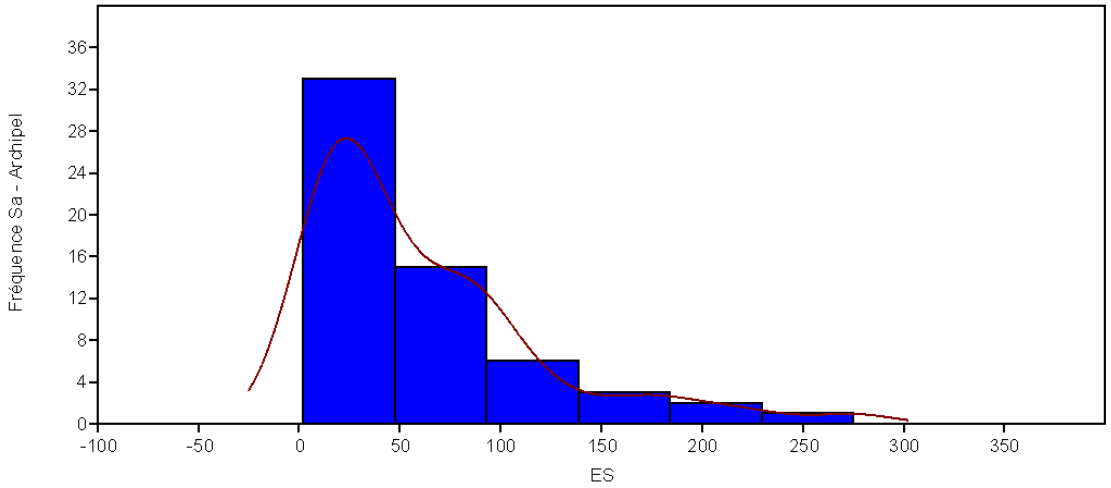


Figure 77. Estimation de densité de Kernel en Guadeloupe, *S. attenuata*

1.1.2.4. Abondance relative par Log-effectifs

Une régression des valeurs logarithmiques des effectifs dans le bloc A (avec n=57 sur ce secteur dans les méthodes *OT*, *OR* et *TBTL*) a permis d'ajuster selon une fonction géométrique, une hypothèse d'ordre de grandeur du stock en façade de la mer des Caraïbes. Les effectifs maxima observés sont près de 220 individus (Fig 78).

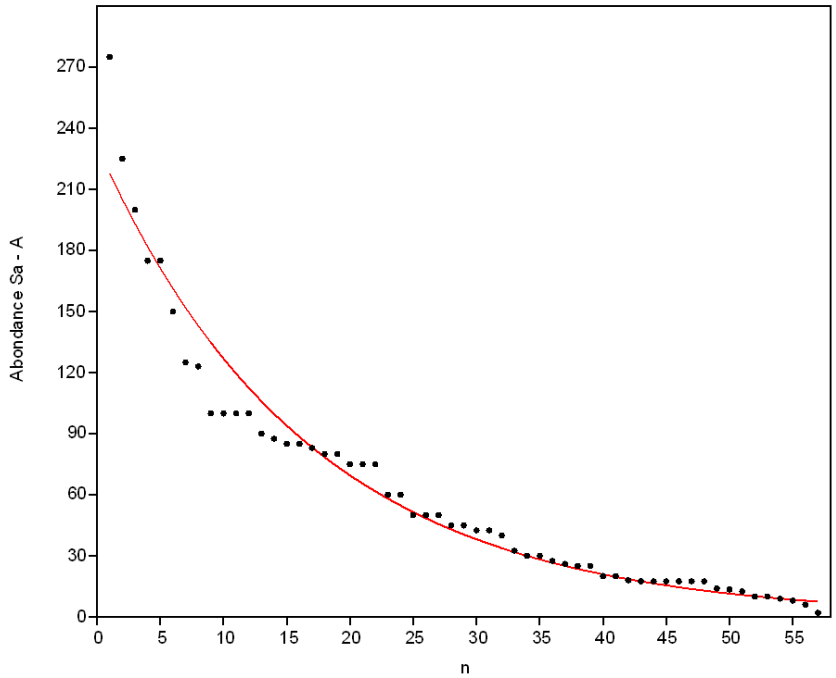


Figure 78. Abondance relative *S. attenuata*

Ces estimations, compte tenu de variances élevées, n'ont d'intérêt que de suggérer une abondance relative pour les dauphins tachetés pantropicaux en Guadeloupe, qui dans les quatre démonstrations précédentes, pourrait être située vers les maxima enregistrés.

Ainsi, 270 individus (courbe de survie) à 275 individus par la méthode R(x) ou à 300 individus (fréquences de Kernel), pourraient évoluer en zone côtière de l'archipel.

Plus spécifiquement, l'essentiel des individus étant géolocalisés dans le bloc A, une estimation sur cette façade caribéenne côtière marine considère que près de 173 individus évoluentsur 1111,29 km² jusqu'à 220 individus pour les maxima (régression géométrique des Log-effectifs) sur une surface estimée à environ 1361 km². En effet, cette dernière surface a été agrémentée de près de 250 km² avec les observations *OT* (mesurés sous Max Sea).

1.1.3. Abondance relative pour *P.macrocephalus*

1.1.3.1. Abondance relative par la densité non corrigée

Gero *et al*. (2006) montrent que parmi 194 animaux IC 95% [94-219] d'une population identifiée se déplaçant entre les côtes-sous-le-vent de Grenade, la Dominique, la Martinique et la Guadeloupe, 65 individus ont été identifiés en Guadeloupe à partir de données collectées entre février 2000 et 2004. 25 individus de plus ont été identifiés se déplaçant entre la Dominique et la Guadeloupe, avec dans ce cas, 68% des groupes composés de mères et immatures.

A partir d'une densité définie à 0,007 individus.km^{-2}, % CV 92,89, les résultats de l'abondance relative du cachalot dans notre étude (Tab.116) indiquent :

- Que 37 cachalots, % CV 92,89, pourraient évoluer en zone côtière de l'ensemble maritime de l'archipel (5278, 69 km²). Cette valeur relative fluctuerait de 19 à 52 individus sur cette surface ;

- Que 22 cachalots (de 10 à près de 35 dans l'intervalle de confiance à 95%) utiliseraient la côte-sous-le-vent (1111, 29 km²).

Les surfaces exactes explorées dans les travaux de Gero *et al.* (*op. cit.*), ne sont pas indiquées pour la Guadeloupe. Cette surface pourrait nous permettre ultérieurement de rapprocher cette abondance relative de l'estimation fine des auteurs précités, car les distributions pour cette espèce dans les jeux de données *OT*, indiquent que les observateurs touristiques pour cette espèce vont plus loin des côtes que les limites fixées pour l'aire d'étude de ce travail en côte-sous-le-vent.

Tableau 116. Abondance relative pour *P. macrocephalus*

Sp.	M	A ou a (Km²)	*DU*/km²	R(x)	IC 95%		CV%	IC95
Pm	*TBTL*	5278,69	0,007	36,95	[18,91	52,45]	92,89	1,08
Pm A	*TBTL*	1111,29	0,020	22,23	[10,00	34,48]	101,22	1,25

LÉGENDE
Sp. : espèce. *A*: surface de l'aire d'étude en km². *DU* /km² : densité relative non corrigée de la détection effective, soit le nombre d'individus.km². R(x) : abondance relative, soit le nombre d'individus estimés sur l'aire *A*. CV % s'applique à la variance de E(s), soit la taille moyenne des groupes observés. IC 95 % intervalle de confiance à 95%.

1.1.3.2. Abondance relative par le nombre d'individus identifiés

Le cachalot est en général estimé par identification de sa caudale. Ce travail en cours a permis d'identifier 12 individus entre 2010 et 2011 pour la Guadeloupe, sans approfondir cette méthode dans ce manuscrit.

1.1.3.3. Abondance relative par la courbe de survie

La même analyse que celle réalisée pour le dauphin tacheté pantropical a été menée pour le cachalot sur un jeu de données de n=69 observations (Fig.79), avec 1 à 11 individus maximum par groupe rencontré et une moyenne de 2,21 individus pour E(s),% CV 84,61, erreur standard 0,22.

Les effectifs ont été répartis selon les strates spatio-temporelles qui ont été classées chronologiquement (saisons intercalées de la plus ancienne à la plus récente) pour pouvoir projeter une courbe de survie de la population de cachalots observés.

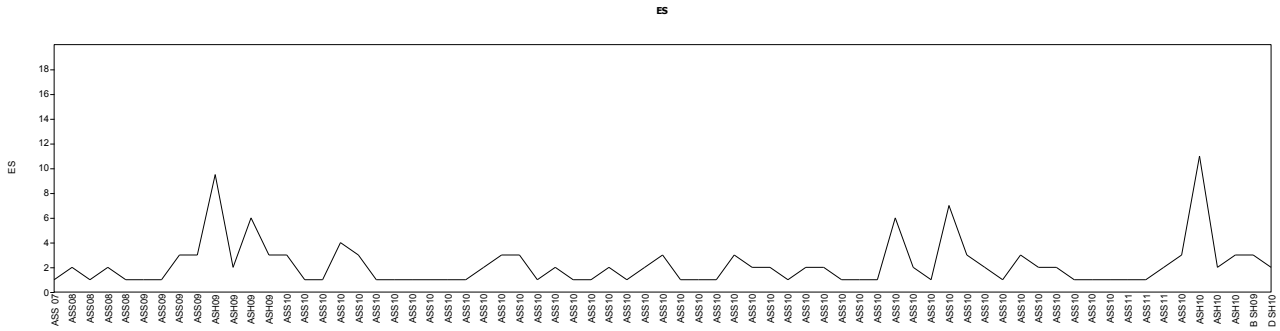


Figure 79. Ensemble des effectifs issus de n=69 (*Pm)* selon les saisons et les blocs

Cette courbe (Fig.80) indique que la taille des plus grands groupes observés avoisine 11 individus (ici ES) dans l'archipel côtier avec plus de 95% des observations en côte-sous-le-vent, ce qui correspond au minimum de l'estimation d'abondance relative R(x) pour la côte-sous-le-vent. La majeure partie des observations se situent dans une taille de population allant de 1,75 à 4 individus.

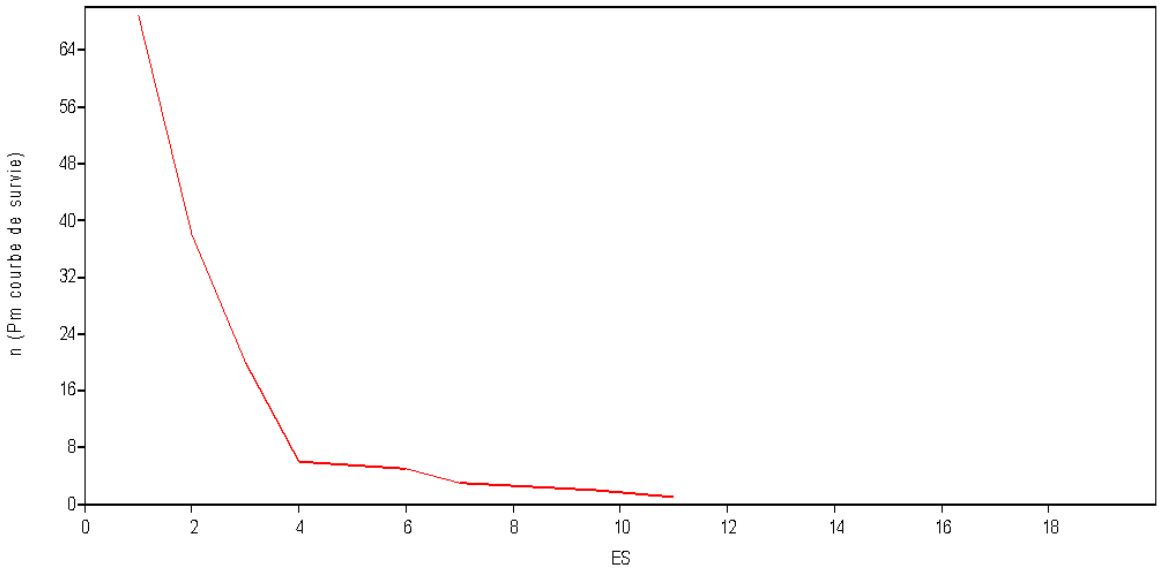


Figure 80. Courbe de survie de *P. macrocephalus*

1.1.3.4. Abondance relative par les Log séries

Le meilleur ajustement des effectifs de cachalots a été fait avec les Log-séries et indique une tendance de 10,5 individus au maximum pour environ 2% des observations sur le Bloc A (Fig.81).

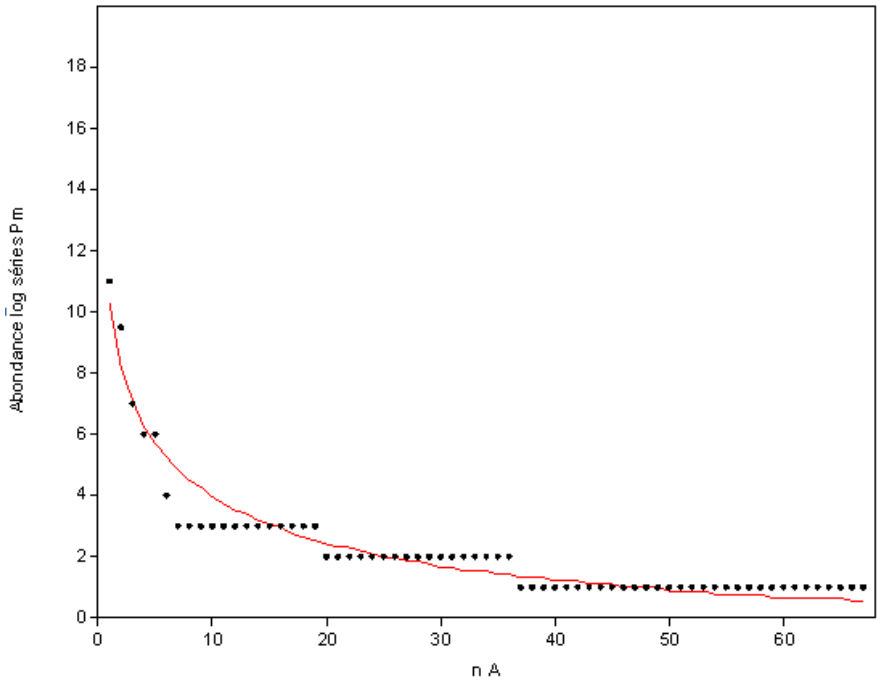


Figure 81. Abondance *P. macrocephalus* (Log séries)

Ainsi, en côte-sous-le-vent (bloc A), 10 à 35 cachalots par la méthode R(x) pourraient évoluer en zone côtière de l'archipel avec un minimum de 10,5 (courbe de survie) ,11 (fonction ajustée aux log-séries) et dans l'archipel côtier , près de 37 cachalots avec un maximum de 52 individus selon R(x).

1.1.4. Abondances relative non corrigée pour *M. novaeangliae*

Afin de pouvoir comparer la méthode des moyennes de distances perpendiculaires stratifiées à celle utilisant la modélisation de la fonction de détection *g(x),* le même traitement a été effectué pour les baleines à bosse sur n=66 avec ES=104,5. Seules les strates ayant donné lieu à une intensité d'échantillonnage supérieure à 30% de la surface totale ont été considérées.

En fonction des densités relatives non corrigées (et par estimateur de distances perpendiculaires moyennes obtenues précédemment), les résultats (Tab.117) indiquent les abondances relatives suivantes :

- 221 baleines à bosse (% CV 55,53), IC 95% [190,59, 248,88] sont évaluées dans l'archipel marin côtier (5278,69 km²), sachant que l'intensité d'échantillonnage a atteint près de 47,6% de la surface cible ;

- 293 baleines à bosse évolueraient en avril sur 3152,20 km² et cette valeur fluctuerait de 253 à 334 individus (%CV 55,70).

Les densités utilisées pour les strates géographiques ont été calculées strictement sur la surface côtière du bloc considéré, avec une intensité d'échantillonnage de 83% pour le bloc A et 72% pour le bloc B.

Ces estimations d'abondance relative indiquent au Nord, environ 54 baleines, % CV 82,13, IC 95% [25,06-82,59] seraient présentes sur 1381,67 km² en saison sèche et au Sud près de 60 baleines, % CV 54,59, IC 95% [46,58-70,49] sur une surface de 1376,03 km². La démonstration n'indique pas s'il s'agit des mêmes individus.

Les abondances relatives les plus différenciées sont:

- Pour la valeur la moins élevée, celle de la zone de la côte-sous-le-vent avec environ 13 baleines, % CV 34, 02 IC95% [9,85-16,58] présentes en saison sèche sur 1111,29 km² ;
- Pour la valeur la plus élevée, celle en façade Atlantique côtière avec 76,53 baleines, % CV 47,96 et avec un intervalle indiquant de 63 à 94 individus évoluant sur 1391,42 km².

Tableau 117. Abondance relative pour *M. novaeangliae*

Sp.	*M*	A ou a (Km²)	*DU*/km²	R(x)	IC 95%		CV%	IC95
Mn	*TBTL*	5278,69	0,042	221,70	[190,59	248,88]	55,53	0,21
Mn avril	*TBTL*	5278,69	0,056	293,85	[253,11	334,59]	55,70	0,22
Mn A	*TBTL*	1111,29	0,012	13,22	[9,85	16,58]	34,02	0,40
Mn B	*TBTL*	1376,03	0,043	59,17	[46,58	70,49]	54,59	0,31
Mn C	*TBTL*	1391,42	0,055	76,53	[63,28	94,04]	47,96	0,32
Mn D	*TBTL*	1381,67	0,039	53,89	[25,06	82,59]	82,13	0,95

LÉGENDE
Sp. : espèce. *A*: surface de l'aire d'étude en km². *DU* /km² : densité relative non corrigée de la détection effective, soit le nombre d'individus.km². R(x) : abondance relative, soit le nombre d'individus estimés sur l'aire *A*. CV % s'applique à la variance de E(s), soit la taille moyenne des groupes observés. IC 95 % intervalle de confiance à 95%.

3.2. Estimations corrigées de la largeur de détection effective

Les résultats précédents vont être ici comparés avec une modélisation de la fonction de détection permettant de corriger les probabilités de détection des baleines à bosse.

66 observations visuelles de baleines à bosse correspondant à 105 individus (ES statistique =104,5) ont été collectées sur les transects de ligne (méthode *TL*) entre le 29 mars 2008 et le 9 mai 2011. Les distances et les surfaces ayant servi à l'analyse des strates ont été présentées précédemment, et sont récapitulées ci-dessous :

- Archipel de Guadeloupe : n =66 avec 3016,65 km parcourus sur une surface de 5278,69 km² ;
- Saison sèche 2008 : n=10 avec 1026,98 km parcourus sur une surface de 5191,49 km² ;
- Saison sèche 2009 : n= 20 avec 913,20 km parcourus sur une surface de 4981,13 km ² ;
- Saison sèche 2010 : n = 24 avec 359,45 km parcourus sur une surface de 2497,14 km ² ;
- Saison sèche 2011 : n = 12 avec 717,02 km parcourus sur une surface de 3937,77 km ² ;
- Bloc A : n= 7 avec 698,6 km parcourus sur une surface de 1111,29 km ² ;
- Bloc B : n =28 avec 952,38 km parcourus sur 1376,03 km ² ;
- Bloc C : n = 22 avec 781,56 km parcourus sur 1391,42 km ² ;
- Bloc D : n = 9 avec 584,11 km parcourus sur 1381,67 km ² ;
- Mois d'avril : n =62 avec 1967,47 km parcourus sur 3152,20 km ².

Seules les strates atteignant un minimum de 30% de couverture (intensité d'échantillonnage) peuvent être extrapolées (cf. Chapitre II).

Ainsi, les résultats de densité totale (D) sont calculés à partir de la densité de chaque strate (sous-ensembles des données), suivant à la fois une pondération de l'estimation par la surface de chaque strate, et en tenant compte également des efforts en distances réalisés même sans observation, ce qui était également le cas dans l'approche précédente.

Trois séries d'analyses ont été testées pour l'homogénéité :

- Design 1 : la mise en commun des blocs géographiques ;
- Design 2 : le mois d'Avril ;
- Design 3 : la mise en commun de 4 saisons sèches.

La méthode permet de considérer des strates ou sous ensembles de données, même si elles ont une structure différente (variabilité des périodes). Toutefois, il faut indiquer que la densité des baleines à bosse est sous-estimée négativement en raison de la présence possible de baleines en plongée lors du passage des navires sur le transect, ou du fait que quelques individus aient pu être manqués par les observateurs autour de la ligne.

Considérant que ce biais potentiel est probablement faible pour les baleines à bosse étudiées à partir d'une plateforme en mer, l'hypothèse que tous les groupes de baleines à bosse sur le transect de ligne aient été détectés visuellement est posée, impliquant ainsi l'assertion que $D = Du$. La fonction de détection a été ajustée selon différents modèles : uniforme avec cosinus, semi-normal avec cosinus, et uniforme avec des polynômes d'Hermite. La sélection de modèles a été exécutée avec le critère d'information Akaike (AIC) suivant le nombre d'adaptations nécessaires pour chaque modèle. L'estimation de la variance de la mise en commun des densités *D* a également été calculée par la méthode delta avec trois volets, qui correspondent à l'estimation des taux de rencontre, la fonction de détection et de taille de cluster moyenne dans la population (pour les populations mises en commun, comme ici).

Les intervalles de confiance pour la densité de mise en commun ont été évalués pour un intervalle de confiance à 95%. Pour les groupes, l'analyse est basée sur la valeur attendue de la taille du groupe pour toutes les données calculées par régression de *log* (Es (i)) sur *g* (x (i)), sauf si la régression est non significative, avec une signification niveau = 0,15.

3.2.1. Design 1 : densités saisonnières de baleines à bosse

Dans cette première modélisation, 3016,65 km parcourus sont considérés en saison sèche, avec 66 observations au total et un effectif moyen estimé à 105 baleines. Il s'agit d'étudier les densités saisonnières à partir de la surface réellement échantillonnée, corrigée de la probabilité de détecter les animaux des deux côtés de la ligne du transect.

3.2.1.1. Ajustement de la fonction de détection

La largeur effective de détection (*ESW*) a été analysée selon les distances perpendiculaires exactes (dp) avec 5 % de troncature, minimum recommandé (Buckland *et al.,* 2001), pour extraire les valeurs extrêmes.

Il s'agit dans ce cas, d'éliminer 3 observations jugées extrêmes sur 66, selon une troncature à *W* =1192,88 mètres de chaque côté de la ligne du transect. Le but est de pouvoir ajuster au mieux la fonction de détection en éradiquant les valeurs marginales de distances perpendiculaires élevées.

Sur ces analyses, 63 observations sont exploitées, soit 164 lignes d'échantillons. Cela équivaut à conserver 9 observations en saison sèche 2008, 20 en saison sèche 2009, 23 en saison sèche 2010 et 11 en saison sèche 2011. Plusieurs modèles d'ajustements de la fonction de détection ont été testés (semi-normal et cosine, semi-normal et simple polynomial, hazard-rate et cosine, uniforme et cosine). Le meilleur choix d'ajustements de la fonction de détection est le modèle uniforme + cosine pour les strates saisonnières (AIC, 865,64 contre 865,87 pour semi normal + cosine) avec la meilleure probabilité de ne pas avoir de meilleures estimations (p=0,0000) avec les autres paramètres d'ajustement.

La figure 82 indique l'ajustement de cette fonction de détection selon la probabilité de détection par rapport aux distances à la ligne pour le design 1 (strates saisonnières).

La distance de détection considérée efficace est : *ESW* = 637,77 mètres % CV 5,43 avec IC 95 % [572,20 -710,88] soit une probabilité de détection estimée à *p*=0,53.

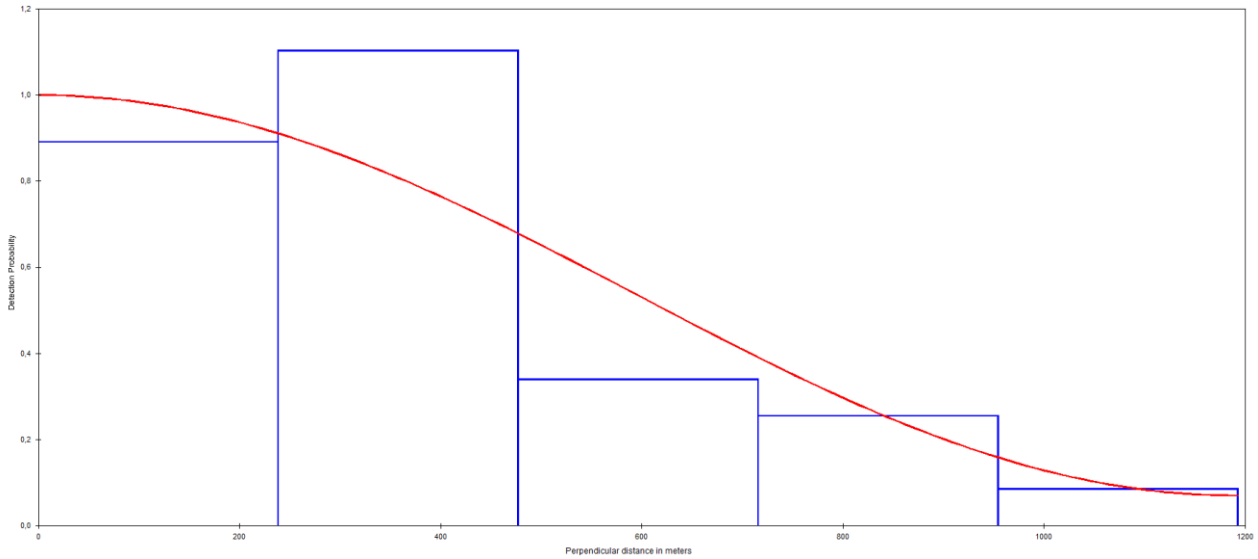


Figure 82. Modélisation de la fonction de détection selon les strates saisonnières (uniforme + cosine)

LÉGENDE
p (probabilités de détection) en Y et les distances perpendiculaires en X (en mètres).

A partir des efforts réellement parcourus en km (1026,98 en 2008, 913,20 en 2009, 359,45 en 2010 et 717,02 en 2011), les densités saisonnières (Tab.118) sont estimées :

- pour la saison sèche 2008 : 0,010 individus.km^{-2} (% CV 50,28) avec 0,008 groupes.km^{-1};
- pour la saison sèche 2009 : 0,026 individus.km^{-2} (% CV 30,86) et 0,021 groupes.km^{-1};
- pour la saison sèche 2010 : 0,078 individus.km^{-2} (% CV 29,26) et 0,063 groupes.km^{-1};
- pour la saison sèche 2011 : 0,018 individus.km^{-2} (% CV 42,01) et 0,018 groupes. km^{-1}.

Tableau 118. Densités saisonnières de *Megaptera novaeangliae* en Guadeloupe côtière

Strates saisonnières	Paramètres	Estimation	%CV	IC 95%
SS 2008	*n/l*	0,008	49,61	0,003 - 0,022
S : 5191,49 km²	DS	0,006	49,91	0,002 - 0,017
	D	0,010	50,28	0,004 - 0,027
SS 2009	*n/l*	0,021	29,75	0,012 - 0,039
S : 4981,13 km²	DS	0,017	30,24	0,009 - 0,031
	D	0,026	30,86	0,014 - 0,048
SS 2010	*n/l*	0,063	28,09	0,035 - 0,113
S : 2497,14 km²	DS	0,050	28,61	0,027 - 0,089
	D	0,078	29,26	0,043- 0,141
SS 2011	*n/l*	0,015	41,20	0,006 - 0,034
S : 3937,77 km²	DS	0,012	41,55	0,005 - 0,026
	D	0,018	42,01	0,008 - 0,042

LÉGENDE
SS : saison sèche. n/l : taux de rencontre ou nombre de groupes. km^{-1}. n = nombre d'échantillons (observations) et l = L(i) en km. DS : densité de groupes, soit nombre de groupes.km*². D* : nombre de baleines.km*².* Coefficient de variation : *CV* en %. IC 95% : intervalle de confiance à α=0.05.

3.2.2. Design 2 : densités spatiales de baleines à bosse

3.2.2.1. Ajustement de la fonction de détection

Pour les strates spatiales (design 2), le même niveau de troncature a été appliqué, soit 63 observations exploitées, c'est-à-dire 164 lignes d'échantillons.

Les données retenues étant identiques à celles du design 1, le même modèle d'ajustement a été retenu (uniforme + cosine). La modélisation de la fonction de détection et la distance efficace sont donc les mêmes, soit *ESW* = 637,77 mètres, % CV 5,43 avec IC 95% [572,20 -710,88].

En fonction des efforts parcourus, les densités spatiales corrigées (Tab.119) se répartissent de la façon suivante :

- en façade côtière de la Mer des Caraïbes (1111,29 km²) : 0,010 individus.km^{-2} (% CV 61,32) avec 0,008 groupes.km^{-1} ;

- dans le Sud de l'archipel (1376,03 km²) : 0,034 individus.km^{-2} (% CV 30,02) et 0,028 groupes groupes.km^{-1} ;

- En façade Atlantique côtière (1391,42 km²) : 0,031 individus.km^{-2} (% CV 31,22) et 0,025 groupes.km^{-1} ;

- au nord de l'archipel côtier maritime (1381,67 km²) : 0,019 individus.km^{-2} (% CV 50,09) avec 0,016 groupes km^{-1}.

Tableau 119. Densités spatiales de *Megaptera novaeangliae* en zone côtière de Guadeloupe

Strates spatiales	Paramètres	Estimation	%CV	IC 95%
Bloc A	*n/l*	0,008	60,77	0,002 - 0,026
1111,29 km²	DS	0,006	61,01	0,002 - 0,022
	D	0,010	61,32	0,003 - 0,033
Bloc B	*n/l*	0,028	30,14	0,016 - 0,052
1376,03 km²	DS	0,022	28,87	0,016 - 0,049
	D	0,034	30,02	0,019 - 0,062
Bloc C	*n/l*	0,025	30,13	0,014 - 0,046
1391,42 km²	DS	0,020	30,61	0,011 - 0,036
	D	0,031	31,22	0,016- 0,057
Bloc D	*n/l*	0,016	49,42	0,006 - 0,042
1381,67 km²	DS	0,012	49,72	0,004 - 0,033
	D	0,019	50,09	0,011 - 0,052

LÉGENDE
SS : saison sèche. n/l : taux de rencontre ou nombre de groupes. km^{-1}. n = nombre d'échantillons (observations) et l = L(i) en km. DS : densité de groupes, soit nombre de groupes.km*². D* : nombre de baleines.km*².* Coefficient de variation : *CV* en %. IC 95% : intervalle de confiance à α=0.05.

3.2.3. Design 3 : densités et stocks statique et dynamique de baleines à bosse en Avril

3.2.3.1. Ajustement de la fonction de détection

La largeur effective de détection (*ESW)* a été analysée selon les distances perpendiculaires exactes (*dp*) tronquées à 956,32 mètres de chaque côté de la ligne de transect. Il s'agit dans ce cas, d'éliminer 3 observations sur 62 ne permettant pas un bon ajustement de la fonction de détection.

Le meilleur modèle d'ajustement a été uniforme + cosine (AIC : 800,52).

59 observations ont été conservées, réparties en n= 7 en avril 2008 (1963,23 km²), n=19 en avril 2009 (4294,82 km²), n=22 en avril 2010 (2497,14 km²) et n=11 en avril 2011 (2456,05 km²).

La probabilité de détection a été améliorée à *p*=0,653 avec une largeur de détection efficace à *ESW* = 602,51 mètres, mais les observations ôtées ont augmenté légèrement les variances.

La figure 83 montre l'ajustement de la fonction de détection en fonction des distances à la ligne et de cette probabilité.

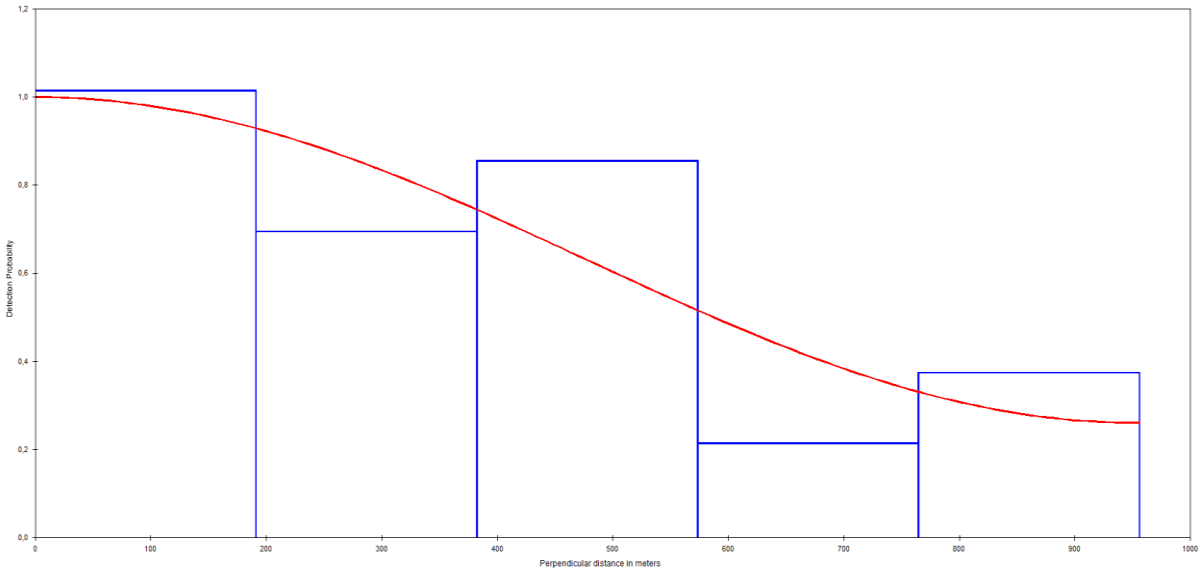


Figure 83. Modélisation de la fonction de détection selon la strate mensuelle avril (uniforme + cosine)

LÉGENDE
p (probabilités de détection) en Y et les distances perpendiculaires en X (en mètres).

Selon les efforts réellement parcourus en avril (439,60 km en 2008 ; 777 km en 2009 ; 350,09 km en 2010 et 241,14 km en 2011), les densités corrigées pour le mois d'avril (Tab.120) sont estimées :

- Avril 2008 : 0,014 individus.km^{-2} (% CV 64,52) avec 0,015 groupes.km^{-1} ;
- Avril 2009 : 0,032 individus.km^{-2} (% CV 33,28) et 0,024 groupes.km^{-1} ;
- Avril 2010 : 0,080 individus.km^{-2} (% CV 34,36) et 0,063 groupes.km^{-1}
- Avril 2011 : 0,031 individus.km^{-2} (% CV 44,78) et 0,028 groupes.km^{-1}.

Tableau120. Densités au mois d'avril de *Megaptera novaeangliae* en Guadeloupe côtière

Strates mensuelles	Paramètres	Estimation	%CV	IC 95%
Avril 2008	*n/l*	0,015	60,42	0,005 - 0,050
S : 1963,23 km²	DS	0,013	61,13	0,004 - 0,042
	D	0,014	64,52	0,004 - 0,050
Avril 2009	*n/l*	0,024	28,97	0,013 - 0,043
S : 4994,82 km²	DS	0,020	30,44	0,011 - 0,036
	D	0,032	33,25	0,017 - 0,062
Avril 2010	*n/l*	0,063	31,36	0,035 - 0,112
S : 2497,14 km²	DS	0,055	32,72	0,028 - 0,108
	D	0,080	34,36	0,040- 0,159
Avril 2011	*n/l*	0,028	41,83	0,012 - 0,066
S : 2456,05 km²	DS	0,023	42,86	0,010 - 0,056
	D	0,031	44,78	0,013 - 0,076

LÉGENDE
SS : saison sèche. n/l : taux de rencontre ou nombre de groupes.km^{-1}. n = nombre d'échantillons (observations) et l = L(i) en km. DS : densité de groupes, soit nombre de groupes.km². *D* : nombre de baleines au km². Coefficient de variation : *CV* en %. IC 95% : intervalle de confiance à α=0.05.

Ainsi les densités pour le mois d'avril sont supérieures à celles des saisons, ce qui s'explique en partie par le fait que l'effort a porté essentiellement sur ce mois. Il reste délicat de réaliser une même analyse comparative sur mars, mai ou juin, bien que des efforts aient été parcourus, mais avec une intensité moins significative.

Pour avoir le droit d'extrapoler une densité corrigée à la surface de l'archipel, la surface prospectée a été calculée à partir de la longueur (1967,47 km parcourus en avril au total) multipliée par 2 fois la largeur *w*. Le résultat a largement atteint les 30% recommandés.

Ainsi la densité et le stock proposés pour le mois d'avril (Tab.120) sont de :

- 0,040 baleines à bosse.km^{-2} (% CV 21,95) avec IC 95% [0,026 – 0,060] ;
- 285 baleines (% CV 21,19) avec IC 95 [189 - 432] pouvant évoluer sur 5278,69 km² dans l'archipel de Guadeloupe au mois d'avril

Les résultats sont ici interprétés à partie d'une vue statique à partir d'une 'estimation globale de la valeur attendue de la taille de groupe E(s).

Tableau 121. Nombre de baleines au mois d'avril de *Megaptera novaeangliae* dans l'archipel côtier de Guadeloupe

2008 - 2011	*Paramètres*	Estimation	%CV	IC 95%
Extrapolation	*ESW*	602,51	9,33	500,04- 725,99
A : 5278,69 km²	DS	0,027	20,93	0,018 - 0,041
	E(*s*)	1,533	6,14	1,356 - 1,733
	D	0,040	21,95	0,026 - 0,060
	N	285	21,95	189 - 432

LÉGENDE

ESW : largeur de détection effective (en mètres).
DS : densité de groupes, soit nombre de groupes.km².
E(s) : estimation de la valeur attendue de la taille de groupe.
D : nombre de baleines au km².
N : nombre de baleines sur l'aire A.
Coefficient de variation : CV en %. IC 95% : intervalle de confiance à α=0.05.

Comparativement, le résultat de l'approche R(x) suggérait près de 294 baleines (%CV 55,70). IC 95 % [253,11 – 334,59], soit une surestimation.

Une estimation de stock d'avril 2008 à avril 2011 a été réalisée par le regroupement des mois d'avril pondérant ainsi l'estimation du stock de baleines ayant pu être présentes entre le 19 avril 2008 et le 25 avril 2011, par la moyenne des densités réalisées pour chaque strate mensuelle. La taille de groupe attendue est valorisée dans ce calcul cette fois de façon prédictive car elle est évaluée pour chaque strate.

Le résultat dynamique indique que le stock de baleines à bosse des mois d'avril 2008 à 2011 tend vers 449 baleines (% CV 21,95) avec IC 95 [292 - 691], à partir des tailles de groupes attendues pour chaque strate temporelle telles que précisées dans le tableau 122.

Tableau 122. Estimation de stock de *Megaptera novaeangliae* en avril 2008 à 2011 dans l'archipel côtier de Guadeloupe

Avril	Paramètres	Estimation	%CV	IC 95%
	ESW	602,51	9,33	500,04- 725,99
	DS	0,027	20,93	0,018 - 0,041
	E(*s*) av-08	1,129	20,62	1,000 - 1,908
	E(*s*) av-09	1,616	13,40	1,220 - 2,412
	E(*s*) av-10	1,441	10,51	1,159 - 1,792
	E(*s*) av-11	1,317	13,00	1,000 - 1,776
	D	0,040	21,95	0,026 - 0,060
"Pool"	N	449	21,95	292 - 691

LÉGENDE
ESW : largeur de détection effective (en mètres).
DS : densité de groupes, soit nombre de groupes.km².
E(s) : estimation de la valeur attendue de la taille de groupe.
D : nombre de baleines au km².
N : nombre de baleines sur l'aire A.
Coefficient de variation : CV en %. IC 95% : intervalle de confiance à α=0.05.

3.2.4. Design 4 : densité et stocks statique de baleines à bosse dans l'archipel côtier de Guadeloupe

La densité corrigée pour l'ensemble de l'archipel de Guadeloupe côtier (5278,69 km²) à partir d'un effort de 3016,65 km (Tab.123), indique :

- 0,026 baleines à bosse.km^{-2} (% CV 20,67) avec une taille de groupe attendue estimée à 1,619 individus (% CV 7,22%) ; IC95% [1,401-1,870] et 0,020 groupes.km^{-1} (%CV 18,59%).

La première estimation statique de stock, sans regroupement des pondérations saisonnières, est de :

- 140 baleines à bosse (20,67 %) IC95% [94 - 209].

Tab.123. Densité et stock statique pour *Megaptera novaeangliae* en Guadeloupe côtière

Archipel côtier	Paramètres	Estimation	%CV	IC 95%
	n/l	0,020	18,59	0,011 – 0,023
	ESW	637,77	5,43	572,20 - 710,88
	E(s)	1,619	7,22	1,401 – 1,870
	DS	0,016	19,37	0,011 - 0,023
5278,69 km²	*D*	0,026	20,67	0,017 - 0,039
Estimation de stock	N	140	20,67	94 - 209

LÉGENDE
ESW : largeur de détection effective (en mètres).
DS : densité de groupes, soit nombre de groupes.km².
E(s) : estimation de la valeur attendue de la taille de groupe.
D : nombre de baleines au km².
N : nombre de baleines sur l'aire A. Coefficient de variation : CV en %. IC 95% : intervalle de confiance à α=0.05.

Comparativement, le résultat de l'approche R(x) suggérait 221 baleines à bosse (% CV 55,53), IC 95% [190,59, 248,88], soit une surestimation du stock, non pondéré par les saisons.

3.2.5. Design 5 : Estimation du stock dynamique de baleines à bosse dans l'archipel côtier de Guadeloupe (2008-2011)

Le regroupement, appelé "pool" dans le système, a été effectuée sur une moyenne pondérée des 4 saisons afin de prendre en considération les densités saisonnières et d'établir pour l'archipel une estimation dynamique sur le temps du nombre de baleines à bosse ayant été estimées selon les efforts portés de 2008 à 2011. L'analyse a été déclenchée avec une estimation de la densité pondérée de la taille prédictive moyenne des groupes par saison(Tab.124), ce qui confère une valeur dynamique à cette estimation.

Cette dernière analyse indique que :

- 442 baleines (% CV 19,29) IC95% [302-645] ont été présentes de mars 2008 à mai 2011 dans l'archipel côtier de Guadeloupe.

Tableau 124. Densités et stock dynamique pour *Megaptera novaeangliae* en Guadeloupe côtière de 2008 à 2011

Archipel côtier	Paramètres	Estimation	%CV	IC 95%
Regroupement	*ESW*	637,77	5,43	572,20 - 710,88
5278,69 km²	DS	0,017	18,12	0,012 - 0,025
	E(*s*) 2008	1,197	16,12	1,000 – 1,748
	E(*s*) 2009	1,694	12,93	1,232 – 2,344
	E(*s*) 2010	1,484	10,49	1,194 – 1,844
	E(*s*) 2011	1,454	10,83	1,143 – 1,850
	D	0,026	19,29	0,018 - 0,041
"Pool"	N	442	19,29	302 - 645

LÉGENDE
ESW : largeur de détection effective (en mètres).
DS : densité de groupes, soit nombre de groupes.km².
E(s) : estimation de la valeur attendue de la taille de groupe.
D : nombre de baleines au km².
N : nombre de baleines sur l'aire A.
Coefficient de variation : CV en %. IC 95% : intervalle de confiance à α=0.05.

Le résultat indique qu'il y aurait plus de baleines à bosse présentes d'avril 2008 à avril 2011, que sur les autres périodes temporelles ramenées à l'archipel. Cela se conçoit étant donné que l'essentiel des efforts a porté sur ce mois et donc la pondération des strates saisonnières diminue la densité globale par rapport à celle d'avril.

Cependant, des échantillonnages ont eu lieu en mars (331,6 km), en mai (588,98 km) ou en juin (128,60 km).

Les estimations de stocks n'ont pas pu être proposées sur les strates saisonnières elles-mêmes et seul le regroupement permet d'estimer cette dynamique avec une intensité d'échantillonnage qui dépasse 47% de la zone d'étude considérée.

En ajustant la probabilité de détection, on se rend compte que l'efficacité de détection de chaque côté de la ligne a été modélisée à une largeur de *ESW* = 637,78 mètres pour la baleine à bosse, ce qui signifie que l'approche par les distances perpendiculaires (*TL*) surestiment effectivement les densités non corrigées (avec dans ces traitements, *W*=416,09 mètres pour la même espèce).

Cette surestimation est claire pour les densités relatives, mais également dans le stock statique. En effet, l'extrapolation de R(x) à la surface totale *A* ne prend pas en compte la pondération de chaque strate selon la probabilité de détection, mais uniquement sur les distances perpendiculaires stratifiées. Cette méthode projette ainsi un résultat non dynamique car la taille moyenne des groupes attendue (E(s) n'est de ce fait pas estimée sur les surfaces non échantillonnées.

A l'inverse, la largeur fixée en 2007 en transect de bande, à *w*=1390 m aurait minimisé l'ensemble des estimations.

II. DISTRIBUTION DES CÉTACÉS EN GUADELOUPE

Après avoir étudié la structure du peuplement et l'abondance des populations, il s'agit dans cette partie de considérer plus en détail le milieu dans lequel les cétacés évoluent. Cet objectif se décline en quatre étapes principales.

Dans un premier temps, l'intérêt est porté sur les secteurs géographiques afin de considérer la richesse spécifique de chaque bloc ou station, ainsi que leurs spécificités face à cette diversité.

Dans un second temps, les facteurs choisis pour étudier la distribution des cétacés sont décrits pour chaque espèce afin de proposer les profils écologiques de leur répartition spatiale.

Une troisième phase analyse la répartition de ces facteurs pour chaque espèce.

Une dernière étape utilise l'ensemble de ces résultats, complétés de certains mouvements et fréquentation des espèces sur les sites, pour suggérer les habitats et niches écologiques de certaines populations.

1. Analyses des sites de l'archipel marin côtier de Guadeloupe

Les 4 secteurs géographiques et 15 stations structurés dans le découpage initial de l'aire d'étude sont explorés ici en vue de les classer selon de nouveaux descripteurs du milieu dans lequel évoluent les cétacés.On s'intéresse ici à la diversité et la richesse spécifique spatiales, en vue de les comparer à l'échelle régionale.

Deux jeux de données sont considérés en parallèle. Le premier se base sur les effectifs générés par les recherches focales. La condition est qu'il soit aisé d'affecter chaque observation à une surface sectorielle ou quadratique, ce qui fut le cas. Les données d'origine opportunistes sont exclues de ces premiers traitements, ce qui soustrait une espèce (*Orcinus orca*). Toutefois, ces jeux de données ne permettent pas de minimiser les effets d'agrégations potentielles dues à certains répliquas réitérés sur le même site quand les sorties furent quotidiennes.

En outre, les jeux de données touristiques (*OT*) ont largement complété les données spatiales de la côte-sous-le-vent. En revanche, ils ne concernent essentiellement que la saison sèche sur un pas temporel court, ce qui peut fortement influencer les résultats de fréquentation ou de diversité des populations sur les aires en intersaison. De la même sorte, les recherches de télémétrie sont concentrées en saison sèche.

C'est pourquoi, la seconde approche s'intéresse aux données de techniques du transect de ligne et de bande uniquement car elles sont issues de relevés d'efforts plus homogènes sur les aires étudiées. Les données hors transect sont traitées en distribution. L'examen est réalisé à partir d'une matrice d'abondance pour chaque taxon. Les stations significatives sont comparées entre les deux catégories de techniques.

1.1. Analyse de la diversité dans les secteurs et stations côtiers de Guadeloupe

La diversité est abordée ici par secteur géographique en relation avec les habitats potentiels.

Comme pour l'analyse du chapitre III, cette étude suppose :

- que les catégories taxonomiques soient bien établies, ce qui exclut directement les données des espèces non identifiées ou juste affectées à un genre ou une famille ;
- que les taxons ou groupes trophiques soient équidistants, ce qui signifie, qu'une espèce nouvellement recensée dans l'archipel ajoute une unité dans le compteur de richesse spécifique.

Une des difficultés réside dans la façon dont les effectifs des espèces se répartissent, car des groupes importants en nombre d'individus n'auront pas le même impact statistique sur le milieu étudié que des singletons ou des espèces composées de petites unités. Cela peut être traduit dans un estimateur de dominance de certains taxons sur d'autres. Il est utile de savoir si dans l'aire d'étude considérée certaines espèces ou groupes trophiques peuvent être corrélés à la rareté d'autres populations, ce qui d'un point de vue territorial est un examen intéressant. Une difficulté de l'analyse va donc consister à choisir les aires qui sont considérées pour les traitements. En effet, il n'est pas encore possible à ce stade de déterminer si les échantillonnages effectués sur des secteurs définis (blocs et quadrats) ont permis de générer des données plus précises sur les habitats des cétacés.

Dans ce contexte, les secteurs géographiques et les quadrats vont subir un examen à différents niveaux, intégrant à la fois l'estimation d'une richesse spécifique et d'une diversité « relatives » à l'intérieur de chaque surface, mais également entre les surfaces elles-mêmes, pour rendre compte d'une biodiversité régionalisée à l'espace délimité dans cette étude.

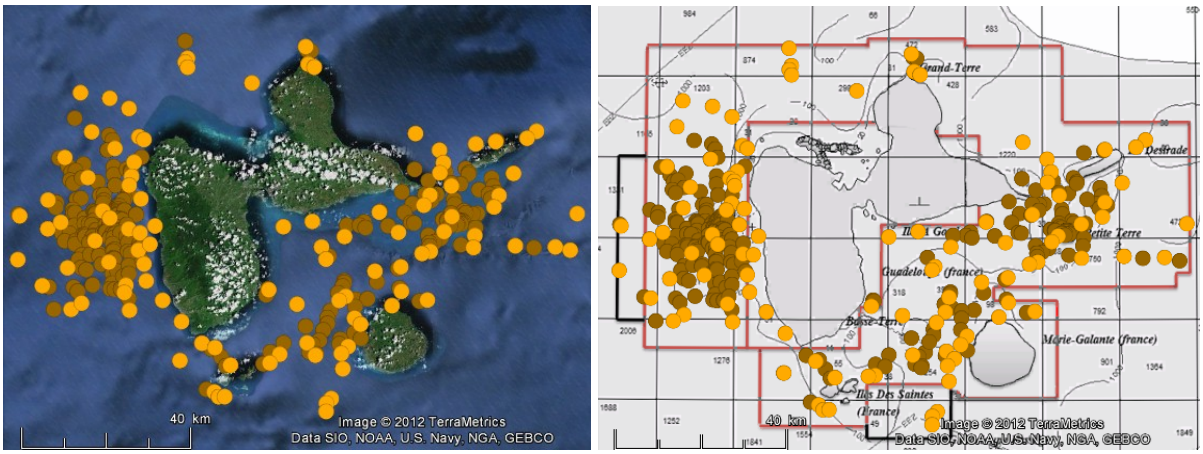
On considère les aires incluses dans les secteurs géographiques ou blocs, définis précédemment (blocs A, B, C et D). Pour rappel, les stations peuvent être également citées de la façon suivante :

- Secteur de la côte sous-le-vent (A) : quadrat 4 « station de la Pointe des Habitants », quadrat 5 « station des îlets Pigeon » et le quadrat 6 « station de la Pointe Ferry »;
- Secteur Sud (B) : quadrat 1 « station de L'îlet Gosier », quadrat 2 « station du banc Colombie », quadrat 3 « station des Saintes » et quadrat 15 « station de Marie-Galante » ;
- Secteur de la côte-au-vent (C) : quadrat 11 « station de la Pointe des Châteaux Nord », quadrat 12 « Station de la Désirade », quadrat 13 « station de la Pointe des Châteaux Sud et le banc des vaisseaux » et le quadrat 14 « station Atlantique » ;
- Secteur Nord (D) : quadrat 7 « station de la mer des Caraïbes Nord », quadrat 8 « station du nord du grand Cul-de-Sac marin, quadrat 9 « station de la Grande Vigie » et le quadrat 10 « station de l'Atlantique Nord ».

L'ensemble des observations géoréférencées sont projetées en figure 84-a. Compte tenu que trois observations issues de l'approche OT ont été réalisées en dehors des blocs, de ce chapitre, et que par ailleurs, l'opération de la route des baleines, a généré un bloc Q16 (cf. Annexe IV), les surfaces ont été ajoutées respectivement aux blocs considérés uniquement pour les traitements concernant l'ensemble des méthodes.

Il s'agit exactement de 250,04 km^2 pour le Bloc A (bande de 6,50 km de large sur 38,03 km de longueur) et de 250,89 km^2 pour la surface correspondant à un quadrat Q16 affecté au bloc B (rectangle de 12,71 km de longueur par 19,74 km de largeur).

Les nouvelles surfaces sont : 1361,33 km^2 pour le bloc A et 1627,26 km^2 pour le bloc B.Le bloc C et le bloc D restent inchangés (Fig.84-b). Pour les traitements intersaisons, les mêmes strates spatiales que celles pour l'abondance sont utilisées.



(a) (b)

Figure 84-a, b. Répartition des observations visuelles géo référencées dans l'aire d'étude

LÉGENDE

a) Projection dans Google Earth des coordonnées en degrés, minutes et secondes de l'ensemble des observations visuelles géoréférencées dans cette étude, incluant les cétacés NI, delphinidés NI et Ziphiidés NI et les observations hors transect. Les groupes sont en couleur orange. Ceux apparaissant en marron indiquent qu'ils sont superposés à d'autres.

b) Le fonds de carte C-map3195 issu de Max Sea logiciel v.12, a été calqué automatiquement par saisie des points extrêmes de fonds de carte dans Google Earth à la même échelle. Il s'agit du dessin de la zone d'étude prévue (contour rouge) et des surfaces ajoutées (contour noir) pour intégrer les observations hors de l'aire initiale. Les mesures ont été réalisées avec l'outil de mesure de distance disponible dans Google Earth 2012.

1.1.1. Richesse spécifique et diversité sectorielle

La richesse spécifique sectorielle est mesurée par le nombre d'individus d'espèces différentes sur les surfaces considérées (blocs et stations). Elle a été évaluée au chapitre III pour l'ensemble de l'archipel. Le but est de la considérer ici sur chaque secteur géographique. Cependant, cette richesse spécifique ne suffit pas toujours à elle-seule pour décrire la biodiversité. Aussi, un certain nombre d'indices ont été proposés pour chaque site, la plupart étant décrits dans Harper (1999). Les calculs sont appliqués aux associations entre les stations et les effectifs qui y ont été estimés. Les matrices d'abondance pour la méthode des transects de ligne *TB/TL* (Tab 125), puis des techniques focales notées *R* (Tab 126) vont être traitées séparément dans le but de pouvoir comparer les résultats. L'hypothèse de départ présume ici que la diversité découle directement de la distribution des abondances.

Tableau 125. Matrice d'abondance par blocs et secteurs géographiques (*TB/TL*)

Sp.	A	Q4	Q5	Q6	B	Q1	Q2	Q3	Q15	C	Q11	Q12	Q13	Q14	D	Q7	Q8	Q9	Q10	*Total*
Mn	15,00	1,00	8,00	6,00	66,50	11,00	24,50	7,00	24,00	52,00	10,50	7,00	26,00	8,50	16,00	2,00	3,50	10,50	0,00	149,50
Fa	5,00	0,00	0,00	5,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	2,00	1,00	3,00	0,00	13,00
Tt	14,00	0,00	14,00	0,00	56,50	4,00	0,00	30,50	22,00	60,00	12,50	3,00	35,50	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	130,50
Sa	390,00	25,00	337,50	27,50	10,50	0,00	10,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,50	28,00	22,50	0,00	0,00	451,00
Pc	3,50	2,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50
Pm	29,50	2,00	21,50	6,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	2,00	0,00	0,00	34,50
Lh	92,00	0,00	92,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92,00
Sf	3,00	0,00	3,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00
Pe	2,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50
Sl	4,50	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50
Sb	7,00	0,00	0,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	6,50	0,00	6,50	0,00	3,00	0,00	0,00	3,00	0,00	23,00
Zc	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Ks	3,50	0,00	3,50	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	2,00	5,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,50
Gm	24,00	0,00	24,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,00
Me	3,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00
Sc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50	0,00	0,00	6,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,50
Total	597,00	30,50	514,00	52,50	144,50	17,00	35,00	40,50	52,00	136,50	29,50	10,00	79,50	17,50	77,50	32,00	29,00	16,50	0,00	957,00

Tableau 126. Matrice d'abondance par blocs et secteurs géographiques (*R* : *OR/T/OT/RDB/GUA*)

Sp	A	Q4	Q5	Q5 EXT.	Q6	B	Q1	Q2	Q3	Q15	C	Q11	Q12	Q13	Q14	Q16	D	Q7	Q8	Q9	Q10	*Total*
Mn	6,00	3,00	3,00	0,00	0,00	37,50	1,00	2,00	23,50	11,00	55,00	1,00	3,00	41,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	98,50
Fa	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Tt	51,50	6,00	26,00	0,00	19,50	32,00	0,00	0,00	12,00	20,00	121,00	0,00	12,00	109,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	204,50
Sa	3202,50	80,00	2454,00	40,00	628,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3202,50
Pc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	7,00	0,00	0,00	0,00	7,00
Pm	115,00	4,00	100,00	3,00	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	118,00
Lh	475,00	0,00	425,00	0,00	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	475,00
Sf	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pe	25,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00
Sl	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sb	7,00	0,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00	0,00	0,00	38,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,00
Zc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ks	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gm	111,50	31,50	78,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	111,50
Me	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	3994,50	124,50	3119,00	43,00	708,00	69,50	1,00	2,00	35,50	31,00	214,00	1,00	15,00	188,00	0,00	10,00	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	4288,00

LÉGENDE des tableaux 125 et 126 : Sp. : espèces, Q1 à Q15: stations, Blocs : A, B, C et D.

A partir de ces données la richesse spécifique *S* (Tab.127 et Tab.128), a été estimée à :

- Bloc A : de 8 (*R*) à 15 taxons (*TB/TL*) ;
- Bloc B : de 2 (*R*) à 7 taxons (*TB/TL*) ;
- Bloc C : de 3 à 6 taxons (*TB/TL*) ;
- Bloc D : de 1 (*R*) à 5 taxons (*TB/TL*).

Pour les méthodes focales, les indices de diversité indiquent que, dans le bloc A, un ou deux taxons, sont plus dominants que les autres. Au regard des données d'effectifs, il s'agit du dauphin tacheté pantropical. La valeur pourrait ainsi tendre vers 1, mais elle est pondérée par les effectifs également importants du dauphin de Fraser, puis du cachalot. C'est dans la zone Est que la régularité des espèces est la plus élevée et en façade de la Mer des Caraïbes (bloc A) qu'elle est la plus faible si on se réfère à l'indice de Simpson.

L'indice H de Shannon, montre que la richesse taxonomique de la façade atlantique (Bloc C) est plus élevée, suivi par la Mer des Caraïbes, ce qui peut paraître surprenant, mais est conditionné également par les individus. La mesure de l'équitabilité pour chaque secteur géographique suggère que c'est le bloc B (sud) qui est la zone la plus « équilibrée » avec le plus de régularité de répartition des effectifs entre les espèces présentes dans le sud de l'archipel côtier.

Tableau 127. Indices de diversité des secteurs géographiques (méthodes focales)

Indices de diversité	A	IC95%		B	IC95%		C	IC95%		D	IC95%	
Taxons (S)	9	8	9	2	2	3	3	3	4	2	1	2
Individus	3994,5	3994	3994	69,5	69	69	214	214	214	10	10	10
Dominance_D	0,6587	0,6419	0,6773	0,5031	0,5001	0,5463	0,4173	0,3795	0,4683	0,58	0,5	1
Simpson_1-D	0,3413	0,3225	0,3577	0,4969	0,4537	0,4999	0,5827	0,5307	0,6199	0,42	0	0,5
Shannon_H	0,7432	0,7042	0,7768	0,69	0,6461	0,693	0,9785	0,9036	1,03	0,6109	0	0,6931
Equitabilité_J	0,3383	0,3235	0,3676	0,9955	0,9321	0,9998	0,8907	0,8225	0,9379	0,8813	0	1
Fisher_alpha	1,098	0,9599	1,098	0,3844	0,3851	0,3851	0,4939	0,4939	0,4939	0,7517	0,2766	0,7517
Berger-Parker	0,8017	0,7899	0,8145	0,5396	0,5072	0,6522	0,5654	0,4953	0,6308	0,7	0,5	1

LÉGENDE
S : richesse spécifique du bloc représentée par le nombre de taxons. Les intervalles de confiance approximatifs pour tous ces indices ont été calculés avec une procédure de bootstrap à partir de 1000 échantillons aléatoires à l'aide du logiciel past.exe Version 2.15. Les calculs des autres indices sont présentés au chapitre II. Blocs : A, B, C et D.

La dominance est mieux répartie selon les valeurs calculées à partir des efforts de transects de ligne, reflétant mieux la diversité régionale à l'échelle de l'archipel car le biais des méthodes focales est que l'aire minimum à échantillonner pour rencontrer toutes les espèces n'est pas considérée dans les blocs sud et nord. Cette démonstration volontaire tend à nuancer le fait que le constat taxonomique et la diversité sur un secteur ne peuvent pas être étendus linéairement dans les autres, sans efforts significativement comparables.

Ce qui peut paraître une remarque triviale se justifie en Guadeloupe par des zones souvent inégalement échantillonnables du fait de l'hétérogénéité climatiques.

Dans cette analyse par la technique des transects, c'est dans le bloc nord que la dominance d'un taxon paraît la plus élevée. Il faut indiquer que cela concerne le dauphin tacheté pantropical à nouveau.

Il convient en outre de préciser que les effectifs comptabilisés ici sont issus d'observations situées dans la station Q7 dite « Mer des Caraïbes Nord » et le Nord du Grand Cul-de-Sac marin (station Q8). L'indice de Simpson indique que c'est à nouveau dans le bloc A que les espèces sont les moins régulières contrairement à la façade atlantique côtière et à la zone sud. A partir de la méthode des transects, l'indice H de Shannon est élevé, ce qui signifie qu'une large variété d'espèces est présente dans les communautés, même s'il y a peu d'individus.

La zone présentant la répartition taxonomique la plus régulière est la façade atlantique de l'archipel côtier. L'indice de Berger-Parker propose les mêmes tendances que précédemment pour le bloc A, tout autant que l'indice de biodiversité alpha qui précise ici en plus une relative proximité des blocs sud et est quant à la diversité spécifique. Il faut noter que trois espèces sont communes aux deux zones dans les observations de transect de ligne, ce qui indique que l'interprétation de cet indice α doit être uniquement appliqué à chaque lieu.

Tableau 128. Indices de diversité des secteurs géographiques (méthodes transects)

Indices de diversité	A	IC95%		B	IC95%		C	IC95%		D	IC95%	
Taxons (S)	15	13	15	7	5	7	5	5	6	5	4	5
Individus	597	597	597	144,5	144	144	136,5	136	136	77,5	77	77
Dominance_D	0,4561	0,4198	0,5038	0,3715	0,3321	0,4225	0,351	0,3131	0,4048	0,4754	0,3844	0,5902
Simpson_1-D	0,5439	0,4961	0,5798	0,6285	0,5775	0,6677	0,649	0,5946	0,6869	0,5246	0,4088	0,6149
Shannon_H	1,297	1,159	1,376	1,213	1,033	1,334	1,219	1,064	1,319	1,023	0,7869	1,194
Equitabilité_J	0,4789	0,4384	0,5162	0,6234	0,5543	0,6977	0,7574	0,6616	0,8199	0,6357	0,5213	0,7499
Fisher_alpha	2,794	2,345	2,794	1,537	1,006	1,539	1,019	1,02	1,02	1,194	0,8957	1,196
Berger-Parker	0,6533	0,6181	0,6935	0,4602	0,4097	0,5486	0,4396	0,3971	0,5221	0,6516	0,5455	0,7532

LÉGENDE
S : richesse spécifique du bloc représentée par le nombre de taxons. Les intervalles de confiance approximatifs pour tous ces indices ont été calculés avec une procédure de bootstrap à partir de 1000 échantillons aléatoires à l'aide du logiciel past.exe Version 2.15.

Afin de rendre robuste cette comparaison sectorielle, il a été proposé d'utiliser un paramètre unique continu (Tothmeresz 1995). Ici c'est l'exponentielle de l'indice de Renyi qui dépend d'un paramètre α. Pour le jeu de données *TB/TL*, on peut relever qu'en abscisse l'indice α = 0 correspond à la richesse spécifique ; pour α = 1, les indices sont proportionnels aux indices de Shannon et pour α =2, les indices se comportent comme les indices de Simpson (Fig.85).

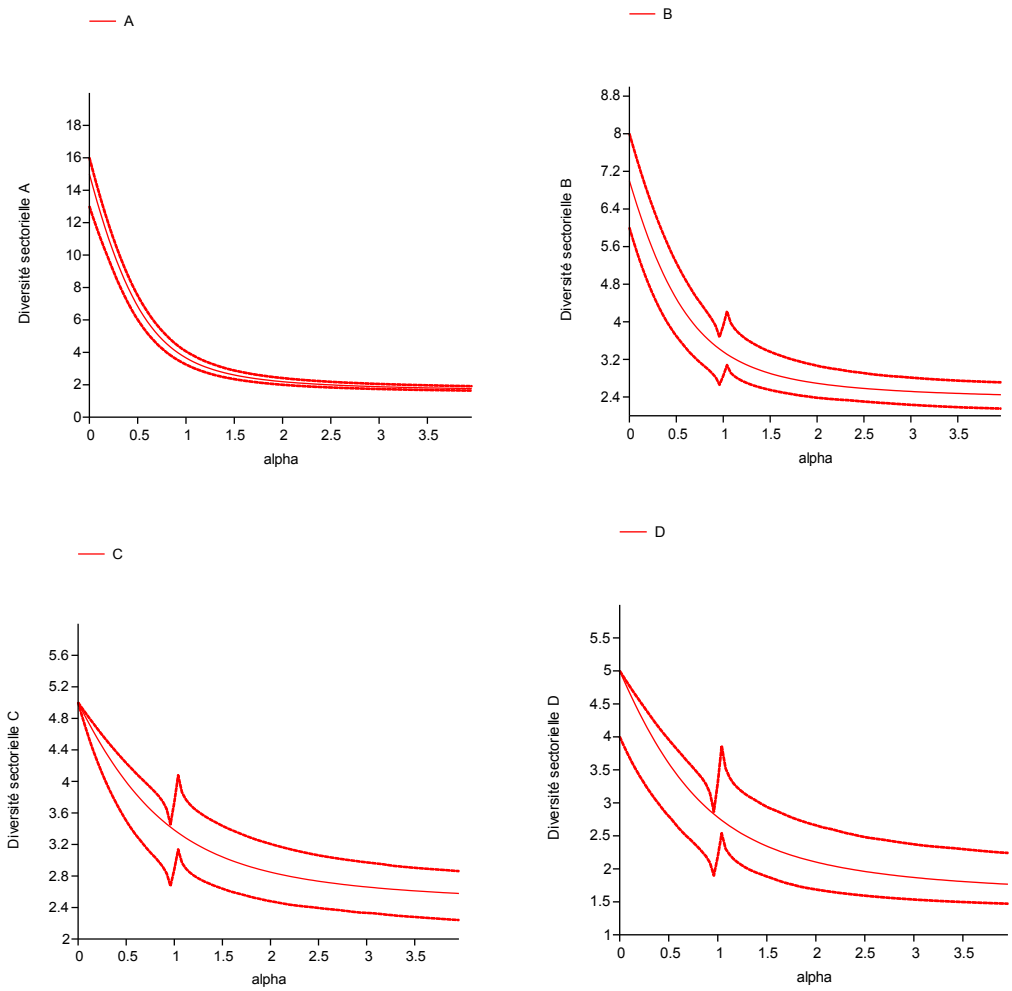


Figure 85. Indice de biodiversité intra-secteurs α (blocs A, B, C et D selon les techniques de transect)

Pour les informations liées aux techniques focales (Fig.86), tous les secteurs n'ont pas été prospectés avec la même intensité. Le bloc A, largement échantillonné, présente un indice alpha se comportant similairement à celui de la méthode précédente avec une variation de la richesse spécifique allant de près de 8 taxons pour cette méthode à 16 pour la technique précédente. La représentation du bloc B est très représentative de l'interprétation d'un indice de diversité par section stratigraphique sur un peuplement non homogène avec une rupture importante pour α = 1 (présente également dans les schémas précédents pour les blocs B, C et D), ce qui peut être compris comme une discontinuité écologique intéressante pour repérer des niches écologiques potentielles.

Il est noté pour le moment que le secteur Sud indique, selon les deux techniques, ce niveau de discontinuité. Le comportement de α pour les secteurs C et D dans le second jeu de données n'indique pas cette délimitation écologique à l'inverse du jeu précédent où elle est très marquée au niveau de l'indice de Shannon. Bien entendu, la validité de la comparaison des diversités dans ces échantillons dépend du choix arbitraire de l'indice de diversité. Les échantillons de la Mer des Caraïbes contiennent un plus grand nombre de taxons, tandis que l'indice de Shannon reste élevé en façade atlantique, sud et nord.

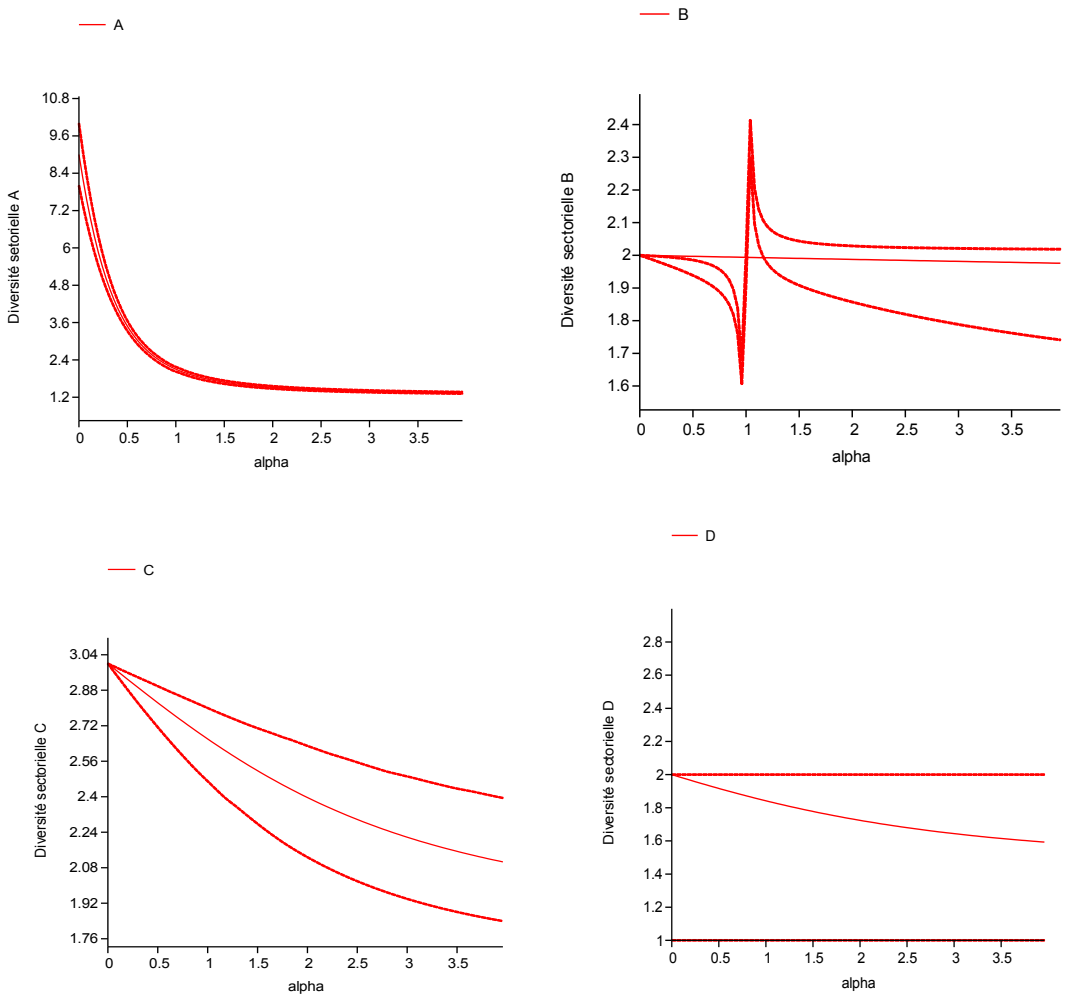
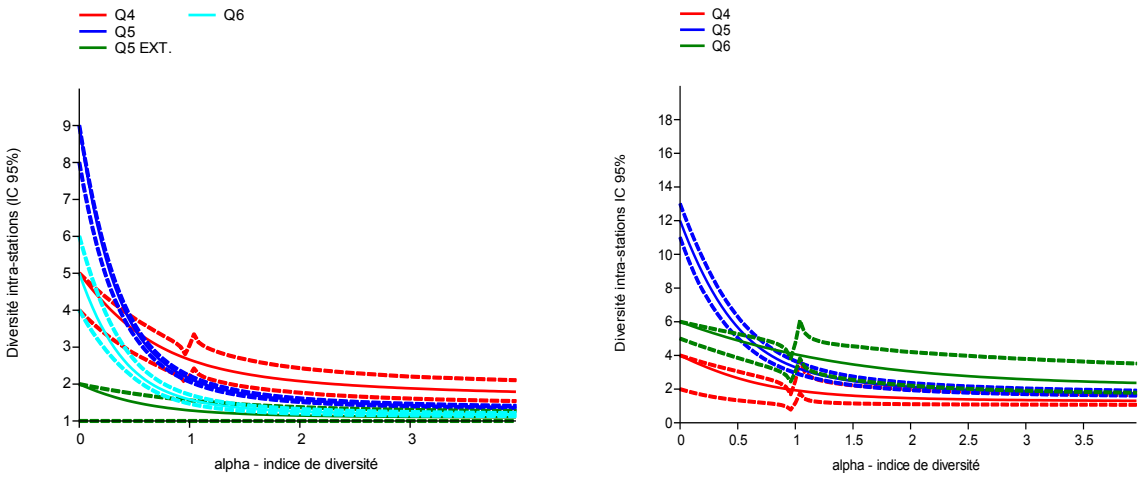


Figure 86. Indice de biodiversité intra-secteurs α (blocs A, B, C et D selon les techniques focales)

L'analyse par station a été réalisée sur la façade de la Mer des Caraïbes (Fig.87-a, b) avec une comparaison des profils de diversité avec un paramètre α. La première figure inclut les zones exhaustives (avec l'extension de Q5), ce qui ne permet pas de superposer les diversités des deux techniques car les surfaces sont différentes de ce fait.

En revanche, les aires des blocs 4, 5 et 6 sont équivalentes (370,43 km² chacune). En côte le vent, la station des îlets pigeon apparait comme une « large niche écologique », sans rupture marquée, tendant à proposer un continuum de richesse spécifique et de diversité sur toute sa surface, ce qui peut justifier que certains taxons y soient largement représentés, voire dominants.

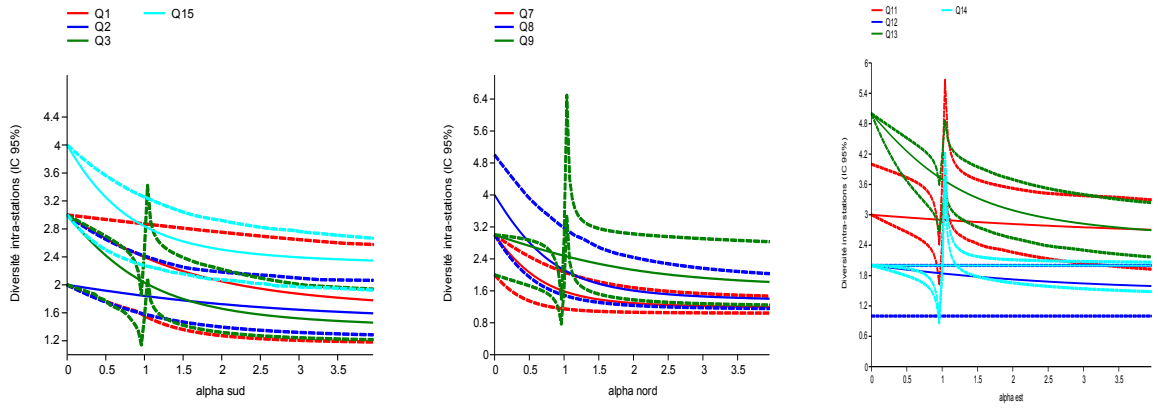
Dans tous les cas, on y note moins de « rupture écologique » que les stations de la Pointe Ferry (Q6) et de la Pointe des habitats (Q4) plus discontinues de ce point de vue. C'est également sur cette station que l'on trouve les plus d'espèces (de 8 à 13), suivie de la station de La Pointe Ferry (de 4 à 6 espèces).



(a) (b)

Figure 87 (a, b).Profil de diversité intra-stations pour le bloc A (techniques focales –a et par transect –b)

L'examen des autres profils de stations (Figure 88-a, b, c) a été réalisé sur le jeu de données recueillies par la technique des transects, plus représentatif du point de vue spatial. Trois niveaux sectoriels de discontinuités écologiques pourraient exister : dans la station des Saintes (Q3), dans la station de la Grande Vigie (Q9) et dans celles proches de la réserve naturelle de Petite Terre, soit la station de la Pointe des Châteaux Sud et le banc des vaisseaux (Q13), la station de la Pointe des Châteaux Nord (Q11) et la station Atlantique (Q14). On notera que la station 10 n'a pas pu être analysée car elle ne contient aucune observation, même en regardant les données opportunistes. Il s'agit de la zone présentant selon la distance à la côte la plus proche, les bathymétries les plus élevées allant jusqu'à plus de 7500 mètres de fonds. La synthèse du profil de ces « biodiversités sectorielles » et les discontinuités marquées au niveau proportionnel à l'indice de Shannon, permettent de présumer de niches écologiques potentielles : dans le sud, le bloc 3 ; dans le nord, le bloc 9 ; sur la façade Atlantique les blocs autour de la pointe des châteaux et de la réserve de Petite terre (car les observations y sont concentrées).



(a) (b) (c)

Figure 88-a, b, c. Profil de diversité intra-stations pour les blocs B, C et D (techniques par transect)

1.1.2. Richesse et biodiversité régionale et inter-sectorielle

Afin de comparer les richesses spécifiques obtenues au chapitre III, la matrice d'abondance des stations à partir de la technique des transects a été transposée en présence-absence pour utiliser quatre estimateurs de richesse spécifique non paramétriques à partir de la richesse des quadrats : Chao 2 (Chao 1987) et Jackknife de premier (Burnham & Overton 1978, 1979): et deuxième niveaux (Smith & van Belle, 1984): ainsi que le « bootstrap » (Tab.129). L'hypothèse importante est que chaque surface est identique, ce qui n'est pas strictement le cas, mais les surfaces sont très proches (cf. Annexe I). L'avantage de ces estimateurs est que la probabilité d'observation de chaque espèce est prise en compte selon différents tests dans une approche non-paramétrique, ce qui correspond mieux aux données écologiques.

Tableau 129. Estimation de la Richesse totale *S* (estimateurs non paramétriques)

Jeu de données TBTL	Indices non paramétriques	Ecart-type
Chao 2 :	22,5	6,65
Jackknife 1 :	22,5	4,67134
Jackknife 2 :	26,9176	NA
Bootstrap :	18,7591	NA
Tests réplicatifs par boostrap		Ecart-type
Chao 2 :	16,7107	7,09
Jackknife 1 :	16,3489	4,45
Jackknife 2 :	26,9176	7,01
Bootstrap :	18,7591	3,37

Il ressort de cette analyse des incidences des espèces dans l'ensemble des stations, que la richesse spécifique totale est de 16,7 à 22,5 espèces (Chao 2) et 22,5 (Jackknife 1) à 26,9 espèces (Jackknife 2). L'équitabilité étant élevée, il est préférable de retenir Jacknife 1 ou 2, au regard de l'effort d'échantillonnage.

Ce résultat peut être rapproché de celui établi à partir de l'ajustement par régression (fonction logistique de Verhulst) sur la totalité de l'archipel qui estimait 18 à 21 espèces à découvrir en fonction de l'effort. Les estimateurs Jacknife proposent une richesse spécifique de près de 22 espèces à 27 espèces, à partir de la richesse spécifique des différentes stations.

Pour considérer la diversité inter blocs dite diversité β, l'indice de Whittaker (1960) a été utilisé. Il s'agit d'estimer le taux de remplacement des espèces entre écosystèmes ou le long de gradients environnementaux. Cela implique de comparer le nombre de taxons qui sont uniques à chacun des écosystèmes. La première analyse considère les blocs géographiques comme des habitats potentiels, afin de tester les zones à haute diversité et celles à plus faible diversité.

L'indice le plus fort est trouvé sur le bloc sud (Whittaker : 1,333), puis la façade carribéenne (Whittaker : 1,0455). Les zones nord et Atlantique selon ce découpage considéré éco systémique présentent la diversité la plus faible avec respectivement 0,333 et 0,666.

Il faut souligner à ce stade que la distinction entre les diversités dépend considérablement de la définition des habitats, ce qui influence la diversité à l'intérieur des secteurs ou stations (α) et entre ces dernières (β), car pour le moment ces aires étudiées ont été considérées comme des écosystèmes particuliers. Il a été souligné que certaines stations, comme celle des îlets Pigeon, pourraient prétendre, *a priori*, composer ces habitats, voire des niches écologiques.

2. Analyse de la distribution du peuplement de cétacés en Guadeloupe

2.1 Profil de distribution du peuplement

L'objectif est d'analyser l'ensemble des données géoréférencées afin de décrire certains profils de distribution à travers l'analyse de 6 variables (longitude, latitude, bathymétrie, distance à la côte, distance à l'isobathe 200m et à l'isobathe 1000m) associées à 389 observations. La première étape consiste à projeter des graphiques de coordonnées XY soulignant la répartition des espèces selon chaque variable, puis d'en étudier leur fréquence.

2.1.1. Répartition du peuplement à partir des coordonnées sexagésimales

Les fréquences des distributions des coordonnées brutes (sexagésimales) des 389 observations (Fig.89) ont été triées sous forme d'histogrammes par rang (Wand, 1997). Ces schémas indiquent que l'essentiel des observations se situent entre -61,7°W et -61,9°W de longitude en façade de la Mer des Caraïbes et -61,3°W et -61,2°W en façade atlantique. Bien entendu, ces mesures sont aussi ici liées aux intensités d'échantillonnage. Cependant, elles décrivent un certain niveau de distribution par rangs compte tenu du nombre important de données.

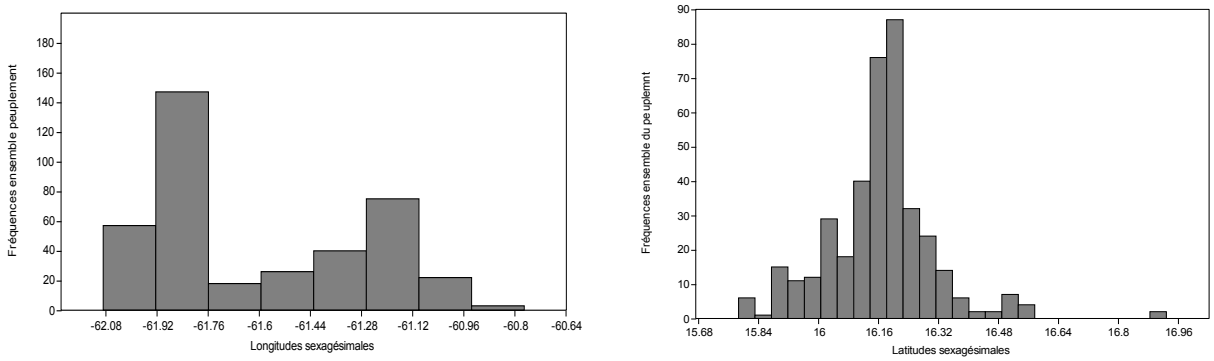


Figure 89. Fréquences des distributions de longitude et latitude sexagésimales pour le peuplement

Les latitudes concentrent l'essentiel des observations entre 16,1°N et 16,25°N degrés. La moyenne pour le peuplement se situe à - 61.6°N/16.1°N, avec IC 95% [0,8402, 0,3569].

Le graphique 90 présente les coordonnées de l'ensemble des observations géoréférencées selon ces deux variables avec une ellipse de concentration à 95%, tracée sous hypothèse d'une distribution normale bivariée.

L’espèce ayant été observée le plus à l’est en façade atlantique est un groupe de baleines à bosse (-60.8°W) et celles le plus à l’Ouest, en Mer des Caraïbes, sont les trois observations excentrées concernant un groupe de cachalots et deux groupes de dauphins tachetés pantropicaux vers -62.08°W. L’espèce vue le plus au nord, concerne deux groupes de grands dauphins (vers 17°N), et le plus au sud (vers 15,84°N), la baleine à bosse avec une observation durant la route des baleines.

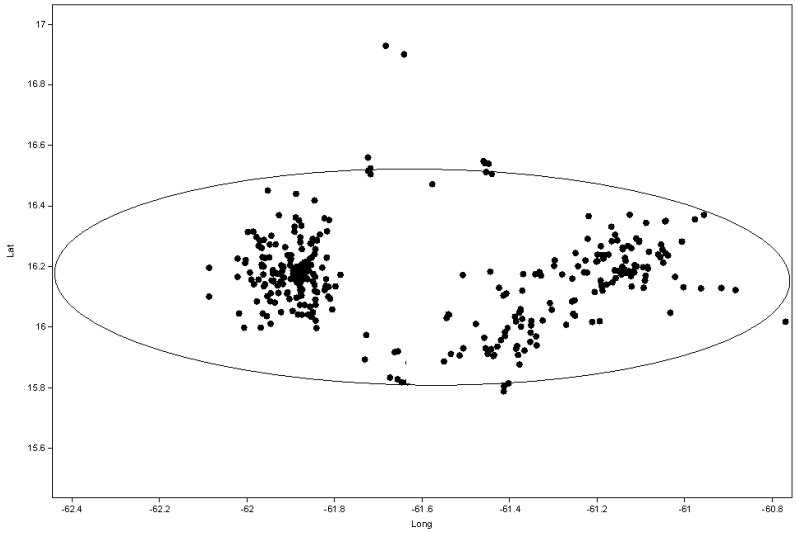


Figure 90. Répartition des observations sur le peuplement (Lat/long)

L'arbre de distribution (Fig.91) est symbolisé en 2D par la distance euclidienne minimale représentée par des branches joignant les points de géolocalisation. Il permet de donner un ordre de grandeur des aires occupées par les différentes espèces. La sectorisation Est/Ouest dans la répartition spatiale des espèces en espace côtier de l’archipel marin de Guadeloupe apparaît visuellement, sans analyse complémentaire. L’intérêt de cette figure est que les couleurs des espèces principales y sont indiquées. Les codes couleurs, contrairement à ceux des cartes des données d’observations ont du être modifiés pour ce traitement de part l’utilisation d’un autre logiciel.

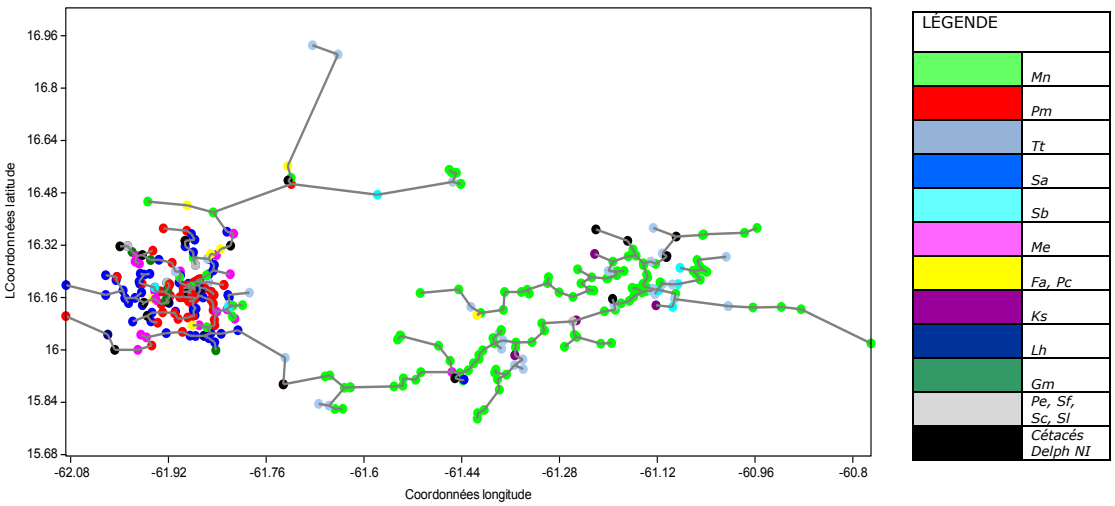


Figure 91. Arbre de distributions géographiques des observations géoréférencées (logiciel PAST).

2.1.2. Répartition du peuplement par rangs bathymétriques

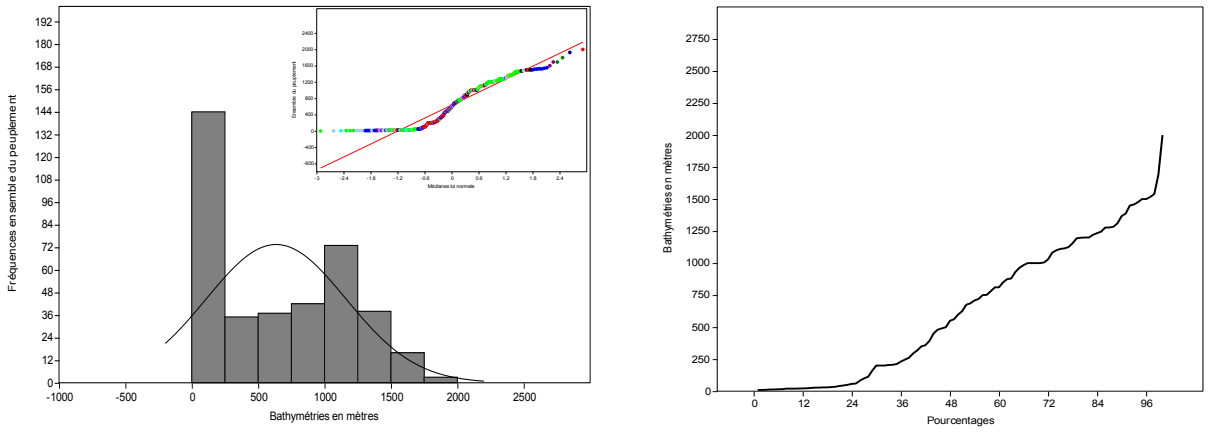
La représentation des fréquences bathymétriques (Fig.92-a, b) indique que le maximum des groupes (n=144) observés l'a été dans des profondeurs comprises entre 0 et 250 m et qu'un deuxième groupe majoritaire (n=72) évolue sur des profondeurs allant de 1000 à 1250 m.

Dans cette étude, l'espèce géolocalisée à la plus grande profondeur concerne *L. hosei* (1927 m). Viennent ensuite *P. macrocephalus* à 1800 mètres et un cétacé NI à 1892 m.

La régression RMA (Fig.92-a) a permis d'ajuster l'ensemble du peuplement selon ce gradient à une distribution normale (ligne noire) avec une probabilité de coefficient de corrélation de p=0,9517.

La seconde figure (Fig.92-b) détaille simplement les pourcentages affectés aux étages bathymétriques (arrondis à l'entier le plus proche), choisis ici par pas de 250 m.

Ainsi, cette échelle répartit le peuplement avec près de 48% des groupes observés sur moins de 500m de fonds, 24% entre 500 et 1000m et 28% ont été contactés dans des profondeurs supérieures à 1000m et allant jusqu'à 2000 m comme indiqué précédemment.



(a) (b)

Figure 92-a, b. Fréquences des distributions de bathymétries et proportions pour le peuplement

La figure 93 propose une figuration dans le modèle gaussien (algorythme de ter Braak & van Dam, 1989) de l'abondance des espèces le long du gradient de bathymétrie pour plusieurs espèces.

Les paramètres sont ajustés avec une moyenne pondérée avec un effectif optimum du peuplement le long du gradient bathymétrie à 1026,67 mètres, avec un écart-type de 464,65. Le poids du dauphin tacheté pantropical écrase la réponse des autres espèces.

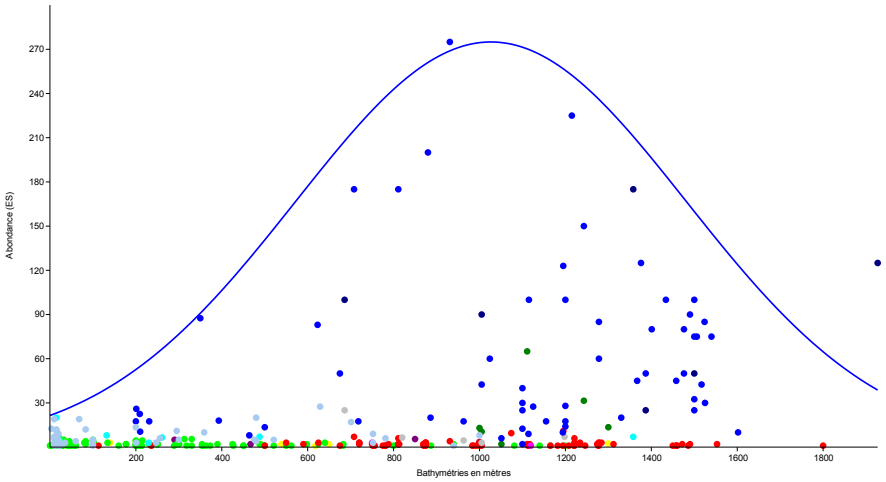
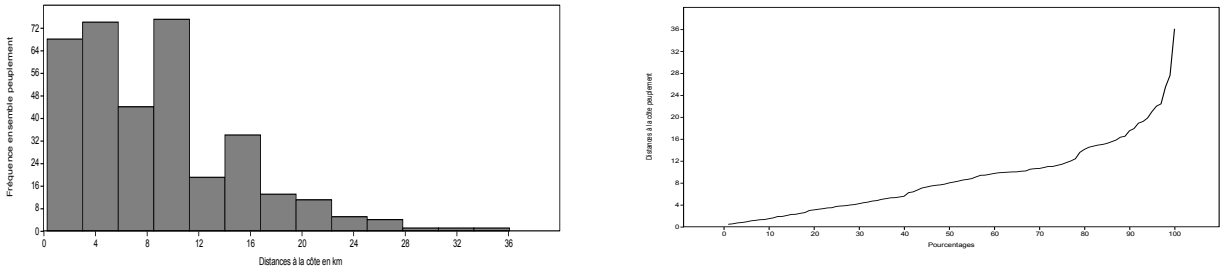


Figure 93. Position des effectifs du peuplement selon le gradient bathymétrique

LÉGENDE : les taxons principaux sont signifiés par des couleurs. Rouge : cachalot, vert lime : baleine à bosse, bleu roi : dauphin tacheté pantropical, gris-bleu : grand dauphin, turquoise : sténo ; rose : baleines à bec ici incluant les NI de la famille, jaune : orque pygmée et pseudorque, bleu marine : dauphins de Fraser, vert foncé : globicéphale tropical, violet : cachalot nain, gris : autres delphinidés (péponocéphale, dauphin tacheté de l'Atlantique, dauphin de Clymène et à long bec). Les cétacés ou delphinidés NI sont ici exclus. Les groupes sont ici de taille équivalente.

2.1.3. Répartition du peuplement selon la distance à la côte

Pour la distance à la côte, les fréquences (Fig.94-a) indiquent que le peuplement se distingue majoritairement en trois niveaux : un rang de 0,274 à moins de 4 km des côtes, un rang entre 4 km et 8 km et un rang entre 8 et 12km. L'espèce observée la plus éloignée des côtes est le cachalot (36 km) et celle la plus proche des côtes, vue à 274 m est la baleine à bosse. Les proportions (Fig.94-b) soulignent que près de 50% des cétacés de l'archipel côtier de Guadeloupe évoluent à moins de 8 km des côtes et 30%, entre plus de 8 et 12 km des côtes. Les 20% restants sont les observations qui ont pu être documentées au-delà de 12 km des côtes.



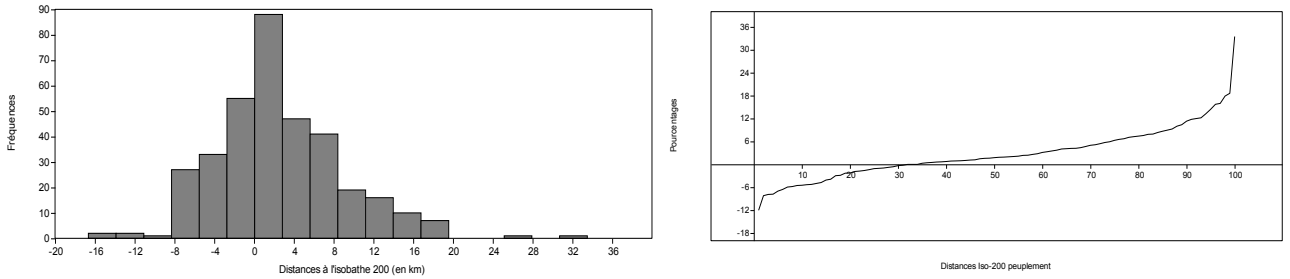
(a) (b)

Figure 94-a, b. Fréquences des distributions de distances à la côte et proportions pour le peuplement

2.1.4. Répartition du peuplement selon la distance à l'isobathe 200

Ce proxy est intéressant car il est associé à la zone néritique. Concernant les distances à l'isobathe 200m, il est intéressant de noter (Fig.95-a) que l'essentiel des observations se situe à près de 4 km à l'extérieur de l'isobathe 200 (valeurs positives sur le graphique).

Ainsi, 30% du peuplement a été observé à l'intérieur de l'isobathe 200, près de 20% près de cette isobathe (dont près de 10% sur la courbe) et les 50% restant, au-delà (Fig.95-b).



(a) (b)

Figure 95-a, b. Fréquences des distributions de distances à l'iso-200 et proportions pour le peuplement

2.1.5. Répartition du peuplement selon la distance à l'isobathe 1000

Les fréquences montrent que la majorité des cétacés sont à l'intérieur de l'isobathe 1000, ce qui est intéressant, compte tenu de la topographie de la côte-sous-le-vent et des résultats indiqués précédemment sur la richesse spécifique de ce secteur. Dans la courbe de pourcentages (Fig.96), cette proportion est affinée avec 64% des groupes observés à l'intérieur de l'isobathe, 8% sur la courbe, et 28% de cétacés évoluant au-delà de l'isobathe 1000.

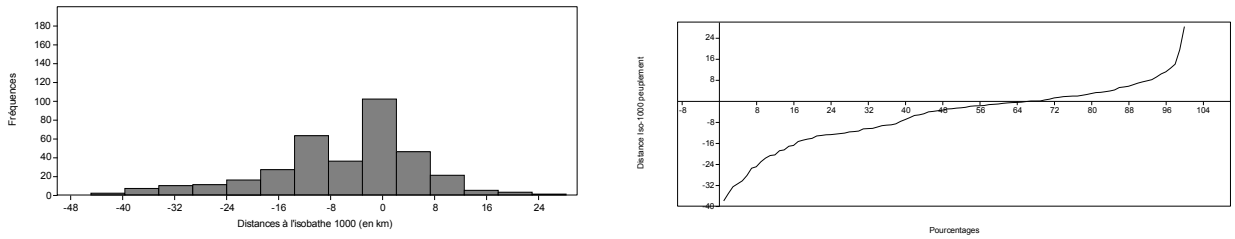


Figure 96. Fréquences des distributions de distances à l'iso-1000 et proportions pour le peuplement

Après cet examen des variables abiotiques qui seront considérées dans les analyses multi variées pour l'étude du peuplement, une étude a été menée sur le groupe des odontocètes. 222 observations sont considérées, non compris les odontocètes non identifiés, à l'exception de la famille des baleines à bec.

2.2. Profil descriptif de la répartition des odontocètes

Les odontocètes sont répartis de façon clairement sectorisée (Fig.97), avec la majeure partie des observations situées entre -62,08°W et -61,76°W en Mer des Caraïbes. La dichotomie dans la distribution des cétacés à dents suggère *a minima*, deux types d'habitats différents favorisés en façade caribéenne par une topographie typiquement volcanique, tandis que la façade atlantique côtière présente un large plateau continental s'étendant jusqu'au talus supérieur.

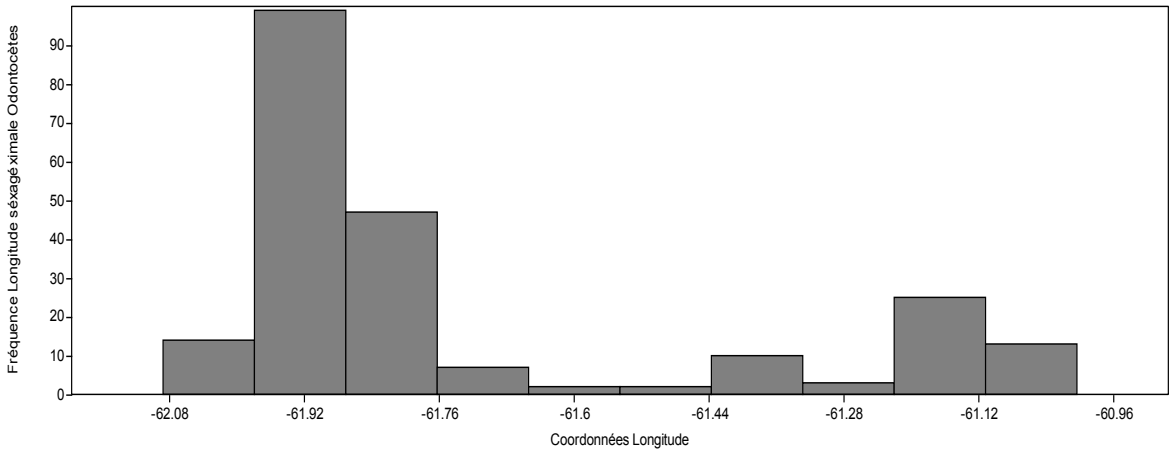


Figure 97. Fréquences de répartition des odontocètes (Longitude).

Par ailleurs, les affinités bathymétriques (Fig.98) soulignent que les odontocètes évoluent en espace côtier dans une large gamme de profondeurs, avec environ 20% des observations sur le plateau continental (0-199m), 40% sur le talus supérieur (201-1000 m) et 40% sur la pente faible (1001-2000 m) avec uniquement 3 observations frisant les eaux profondes (sup. à 2000 m), bien que deux stations (Q10) et (Q4) présentent cette caractéristique topographique dans l'aire d'étude. Au total, 80% des odontocètes se situent sur la pente continentale (201-2000 m).

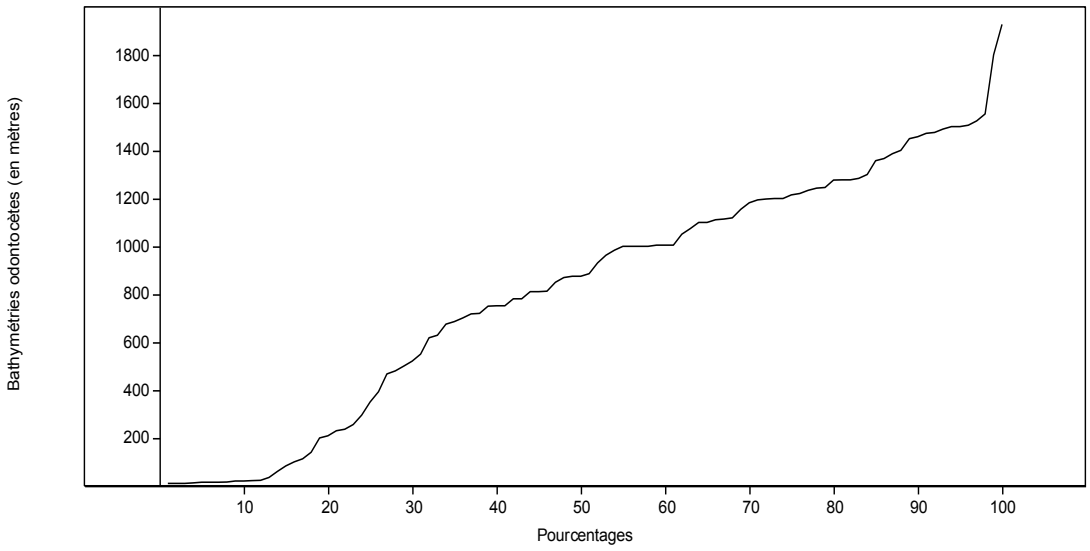
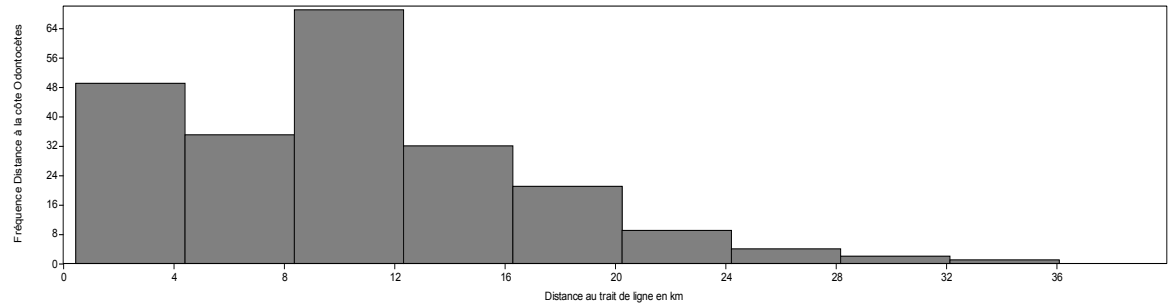


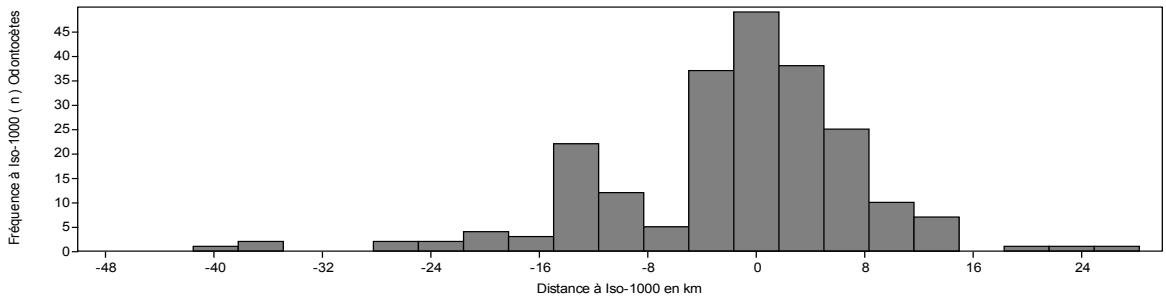
Figure 98. Fréquences de répartition des odontocètes (bathymétrie)

Les odontocètes se répartissent majoritairement entre 8 et 12 km des côtes avec la distance maximale à l'isobathe 200 observée sur un cachalot (+35 km de l'iso-200m) et pour les espèces les plus intérieures à ce gradient, les grands dauphins en premier, puis étonnamment pour ce dauphin considéré très pélagique, le sténo, suivi du cachalot nain.

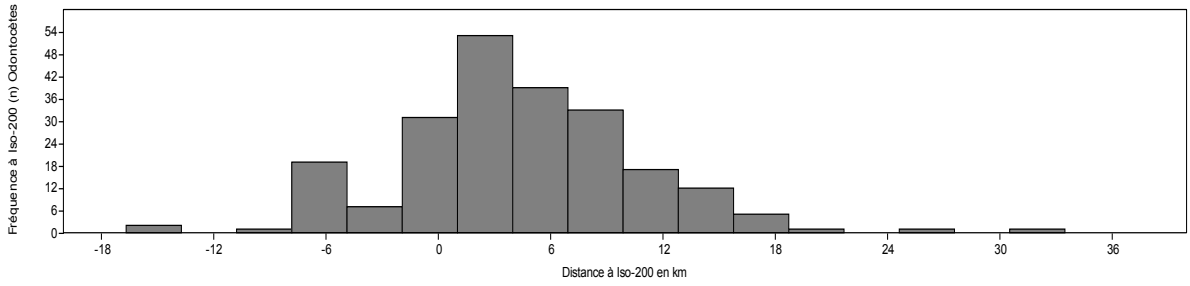
Concernant l'isobathe 1000, l'orque pygmée est la plus éloignée à l'intérieur de ce gradient (-40 km de l'iso-1000m), puis les grands dauphins (- 30 km de l'iso-1000m) et enfin les sténos rostrés. Le maximum revient à la même observation de cachalot hors des limites côtières de cette étude avec un enregistrement de 28 km au-delà de l'isobathe-1000. Les figures 99(a, b, c) présentent les fréquences associées à ces variables.



(a)



(b)



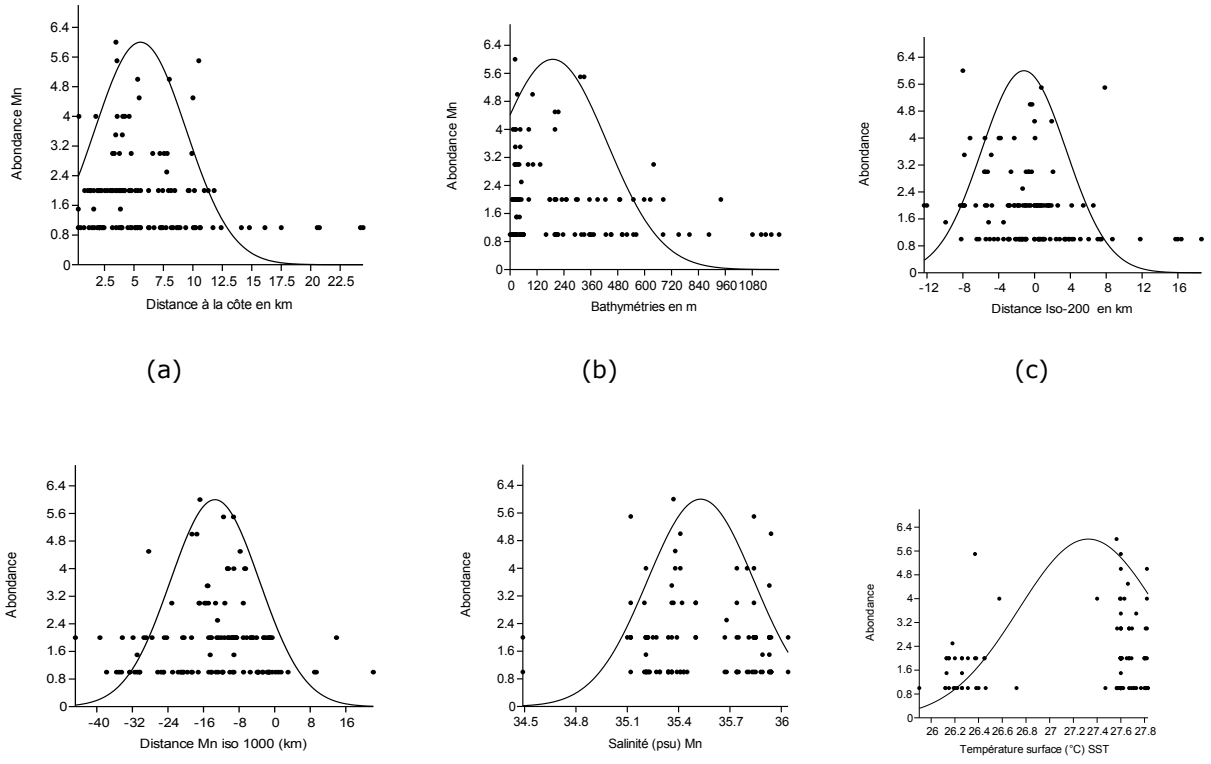
(c)

Figure 99-a, b, c. Fréquences des distances à la côte, à l'iso-200 et à l'iso-1000 pour les odontocètes

2.3. Profil descriptif de la répartition des mysticètes

Seule l'espèce *M. novaeangliae* est concernée ici. 113 variables ont été ajoutées pour les baleines à bosse. Il s'agit de la température de surface de l'eau, de la salinité et de la courantologie. La plus grande partie des baleines à bosse se répartit à une distance inférieure à 12,5 km de la côte avec un point optimum à 5,55 km (SD : 3,879) pour l'abondance (6 individus).

Elle évolue le long d'un gradient bathymétrique avec des effectifs optimum (taille de groupe) situé à 189,81 mètres. En fait, les pourcentages indiquent que près de 95% des baleines à bosse que nous avons observées sont à l'intérieur de l'isobathe 1000. La distance à l'isobathe 200 est calculée à -1,18 km pour le point optimum sur ce gradient, avec 56% des individus situés à l'intérieur et 44% à l'extérieur. Le gradient optimum de salinité est indiqué à 35,5°C et celui du courant de surface est assez faible, avec un optimum d'effectifs à 0,16 $m.s^{-1}$. Les figures 100-a, b, c, d, e, f décrivent le profil de la distribution des effectifs de la baleine à bosse sur les différents gradients du milieu. En résumé, la baleine à bosse est une espèce relativement côtière évoluant sur de faibles profondeurs avec près de 50% des groupes géo localisés entre 0 et 200 m de fonds, l'autre moitié évoluant sur le talus supérieur.



(a) (b) (c)

(d) (e) (f)

Figures 100-a, b, c, d, e, f. Répartition des effectifs de la baleine à bosse, M. novaeangliae, sur les différents gradients du milieu.

LÉGENDE :

(a) Distance à la côte (km)
(b) Bathymétrie (m)
(c) Distance iso-200 (km)
(d) Distance iso-1000 (km)
(e) Salinité (psu)
(f) Courants ($m.s^{-1}$)

3. Catégorisation des milieux et des facteurs de la distribution des cétacés

Après avoir brièvement décrit la diversité et la richesse spécifique, puis les gradients du milieu qui sont étudiés dans cette partie comme des variables pouvant expliquer la distribution de certaines espèces, il est proposé dans cette section de localiser des stations potentiellement plus occupées que d'autres et/ou plus marginales sur la diversité. Dans un second temps, il s'agit d'étudier les variables en cherchant à vérifier si certaines sont significatives pour expliquer l'abondance ou la présence de certaines populations de cétacés.

3.1. Analyse des stations

Pour la catégorisation des milieux, une première analyse de correspondance centrée réduite, a été menée à partir des matrices d'abondance par espèce (effectifs totaux) en association avec les stations échantillonnées par les méthodes *TB/LT*. La répartition des points sur chacun des deux axes d'inertie permet de hiérarchiser l'information contenue dans les stations. L'approche est mesurée par une mise à l'échelle symétrique (Benzecri) et les mesures de quantité d'informations contenues dans l'axe 1 et 2 sont calculées avec le logiciel Past.exe. Le but est de de vérifier le niveau de similitude des stations entre elles.

Dans la première analyse, toutes les stations et toutes les espèces ont été considérées. 54,9% de l'information est contenue dans l'axe 1 et 16,4% dans l'axe 2 selon les valeurs propres de similitude. Ainsi, il apparaît que les stations Q4 et Q5 dont les valeurs sont les plus élevées sur l'axe 1, sont les zones les plus similaires avec également les stations 7 (nord de la Mer des Caraïbes) et 8 (station du nord du Grand Cul-de-Sac marin). Trois autres groupes se détachent avec des valeurs de similarité dans l'association effectives. L'axe 1 oppose les stations de la façade atlantique (Q13, Q15 et Q14) aux stations Q4, Q5 et Q7.

Les taxons les plus proches de ces dernières stations dans ces associations sont le dauphin tacheté pantropical, le pseudorque, le globicéphale tropical, la baleine à bec de Gervais, le dauphin de Fraser et le péponocéphale. Le cachalot l'est également dans une moindre mesure. Le plus petit polygone convexe contenant tous les points a été tracé, afin de signifier visuellement la dispersion entre les stations en relation avec les effectifs (Fig.101).

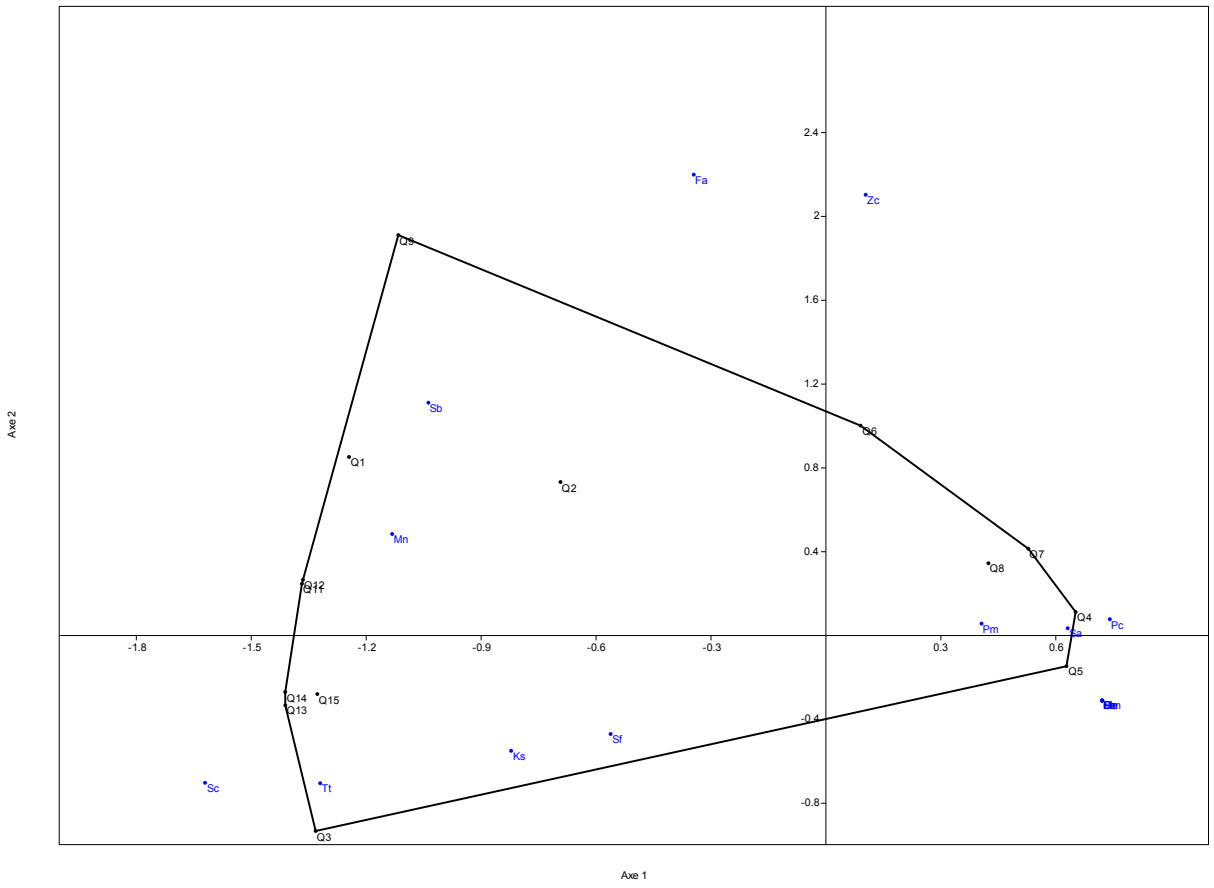


Figure 101. Positionnement des stations 1 à 15 selon les effectifs (analyse de correspondance)

La même analyse a été ensuite menée uniquement sur les stations des autres blocs que la zone A afin de détecter des zones d'intérêts.

La zone de la mer de Caraïbe est en effet considérée à ce stade et compte tenu des résultats précédents, que ce soit en richesse spécifique ou en abondance comme un écosystème spécifique, présentant un ou plusieurs niveaux d'habitats, a minima, pour les espèces citées précédemment.

Les valeurs propres indiquent que l'axe 1 contient 56,76% de l'information et l'axe 2, 16,387% .La représentation graphique positionne les zones nord (Q7 et Q8) avec les valeurs les plus élevées. Seul le dauphin tacheté pantropical est associé à leur voisinage proche.

Le traçage du polygone permet à nouveau d'évaluer les positions extrêmes dans cette association des stations Q3 (Les Saintes), Q9 (Pointe de la grande Vigie), Q13 et Q11 (Pointe des châteaux nord et Pointe des châteaux sud et banc des vaisseaux).

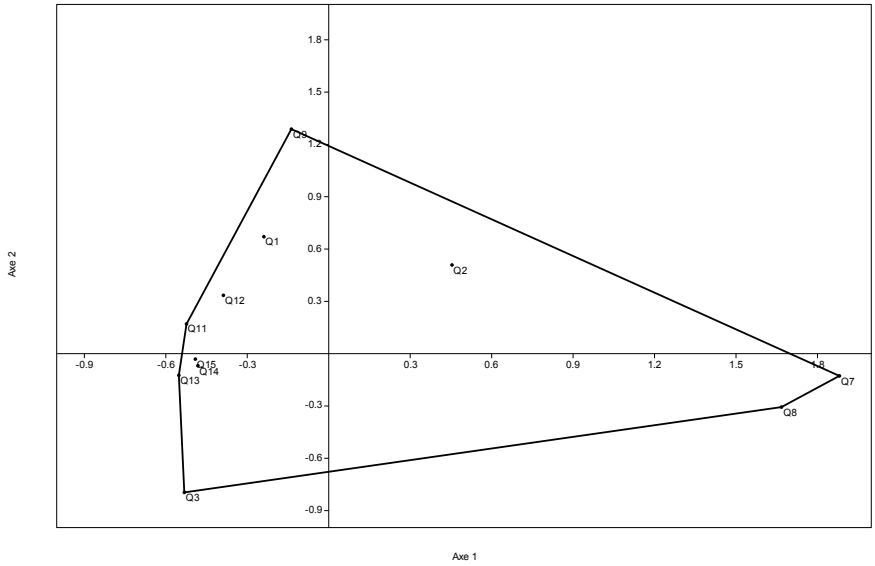


Figure 102. Positionnement des stations (hors 4,5 et 6) selon les effectifs (analyse de correspondance)

La conclusion est que le bloc A et les stations Q4 et Q5 notamment sont des zones d'abondance élevée, contenant de plus un grand nombre d'espèces. Q8 et Q7 au nord sont également des zones d'intérêts. L'autre aspect concerne les stations plus marginales. Il s'agit dans le dernier schéma de Q3, Q9, Q11 et Q13. Ces stations sont enrichies dans les parties suivantes d'informations venant préciser leur statut.

3.2. Analyse des facteurs de distribution

Au total, 389 variables ont été retenues pour représenter 6 facteurs : bathymétrie, longitude, latitude, distance à la côte, distance à l'isobathe 1000 et distance à l'isobathe 200. Les facteurs température de surface, salinité et courantologie de surface ont été également ajoutés pour les baleines à bosse. Les premières analyses qui ont été menées sont des analyses canoniques de correspondance pour rechercher parmi ces facteurs du milieu, des variables explicatives de l'abondance ou de la présence-absence. Avant de réaliser cette analyse, plusieurs séries de tests non paramétriques de Mann-Whitney ont été réalisés pour rechercher d'éventuelles auto-corrélations entre ces facteurs. Aucune probabilité n'a été notée comme significative (Tab. 129).

Tableau 129. Test non paramétrique de corrélations des médianes des variables du milieu (Mann-Whitney)

DCote (N=388) contre DIso200(N=388)			DIso200 (N=388) contre DIso1000(N=388)			DCote (N=388) contre DIso1000(N=388)		
Rangs médianes	243,6	144,9	Rangs médianes	237,1	151,4	Rangs médianes	268.5	120
p(semblable):	1,379E-34		p(semblable):	1,556E-26		p(semblable):	4,011E-76	
Monte Carlo p:	0,0001		Monte Carlo p:	0,0001		Monte Carlo p:	0,0001	
Bathy (N=388) contre DIso200(N=388)			Long (N=388) contre Lat(N=388)			DCote (N=388) contre Long(N=388)		
Rangs médianes	289,1	99,41	Rangs médianes	97,25	291,3	Rangs médianes	291,3	97,25
p(semblable):	7,358E-123		p(semblable):	2,011E-128		p(semblable):	2,011E-128	
Monte Carlo p:	0,0001		Monte Carlo p:	0,0001		Monte Carlo p:	0,0001	
DCote (N=388) contre Lat(N=388)			DCote (N=388) contre Bathy(N=388)			Bathy (N=388) contre DIso1000(N=388)		
Rangs médianes	125,5	263	Rangs médianes	102,7	285,8	Rangs médianes	290.3	98.24
p(semblable):	2,215E-65		p(semblable):	9,934E-115		p(semblable):	7,236E-126	
Monte Carlo p:	0,0001		Monte Carlo p:	0,0001		Monte Carlo p:	0,0001	

LÉGENDE : Dcote : distance à la côte. DIso200 : distance à l'isobathe 200m. DIso 1000 : distance à l'isobathe 1000m. Long : longitude. Lat : latitude. Bathy : bathymétrie.

3.2.1. Analyse canonique de correspondances

Sur l'ensemble des analyses canoniques réalisées, une a été particulièrement significative pour différents jeux de données. Elle concerne l'analyse de 238 observations (*TB/TL* + 39 observations issues d'*OR*). Il s'agit de vérifier si la variance de la présence-absence des cétacés associés aux 6 facteurs principaux de cette étude peut être expliquée, pour tout ou partie.

Les résultats, traités dans le logiciel CANOCO, ont indiqué que l'analyse était d'une part significative, et d'autre part avec la probabilité élevée que la bathymétrie et la longitude soient des facteurs explicatifs (respectivement, p=0,001 et p =0,02). Les coefficients de corrélation ont indiqué le poids de ces variables dans l'axe 1 (0,89 pour la longitude et 0,90 pour la bathymétrie). Au final, les valeurs propres (Eingenvalue) ont montré que 3,2% de la variance de la présence et absence de 238 observations de cétacés est expliquée par ces deux variables. Ce résultat confirme d'une part, la répartition bi-modale Est/ouest, et d'autre part l'importance de la bathymétrie dans la répartition de la présence et absence des groupes.

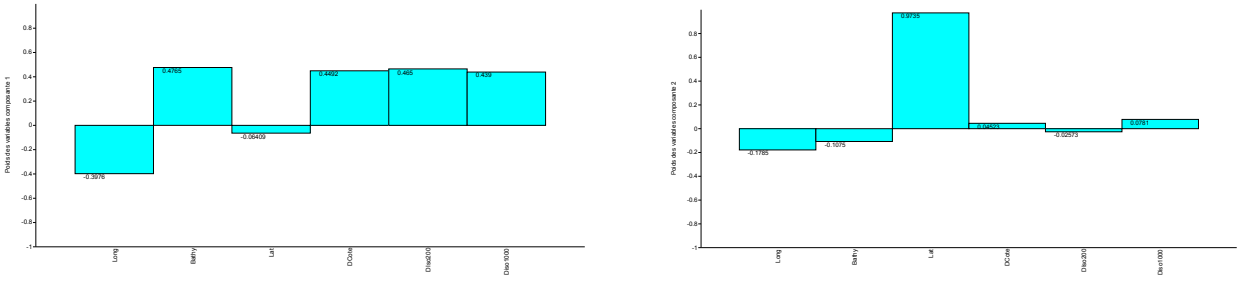
3.2.2. Analyses factorielles en composantes principales

La première analyse a été menée sur les effectifs du peuplement pour 389 observations avec les 6 variables du milieu retenues, puis sur les sous-ordres et chaque espèce quand cela était significatif (n ≥ 30 variables). Seule la première analyse est détaillée, les autres présentent l'essentiel des résultats à partir de l'interprétation des axes originaux des variables sur le diagramme de dispersion. Dans ce travail, l'échelle des vecteurs propres a été choisie pour apparaitre à longueur égale.

3.2.2.1. ACP sur le peuplement

Les valeurs propres indiquent que l'axe 1 et l'axe 2 représentent respectivent 63,91% et 17,08 de la variance.

Les poids des variables pour les deux composantes principales sont représentés sous forme de parcelles d'informations (Fig.103).



(a) (b)

Figure 103-a, b. Poids des variables dans les composantes 1 et 2

Le graphique 104 représente le diagramme de dispersion pour cette analyse. Sur ce graphique, il apparaît que les variables les plus proches de 1 ou -1, sont la bathymétrie et la latitude.

La bathymétrie est la variable explicative ayant le poids (%) le plus élevé dans la composante 1 et la latitude dans la composante 2.

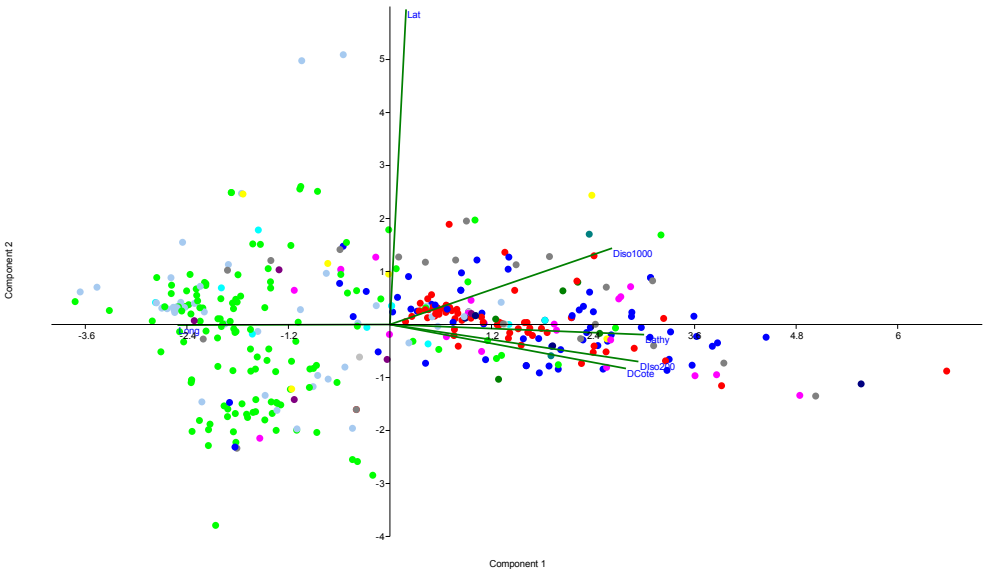


Figure 104. Diagramme de dispersion pour les effectifs du peuplement (6 variables)

LÉGENDE : les taxons principaux sont représentés par des couleurs. Rouge : cachalot, vert lime : baleine à bosse, bleu roi : dauphin tacheté pantropical, gris-bleu : grand dauphin, turquoise : sténo ; rose : baleines à bec ici incluant les NI de la famille, jaune : orque pygmée et pseudorque, bleu marine : dauphins de Fraser, vert foncé : globicéphale tropical, violet : cachalot nain, gris : autres delphinidés (péponocéphale, dauphin tacheté de l'Atlantique, dauphin de Clymène et à long bec). Les cétacés ou delphinidés NI sont ici exclus. Les groupes sont ici de taille équivalente.

3.2.2.2. ACP Physeter macrocephalus

Pour l'abondance du cachalot, la composante 1 contient 64, 06% de l'inertie. La distance à l'isobathe 1000 et la latitude sont les variables les plus importantes (Fig.105).

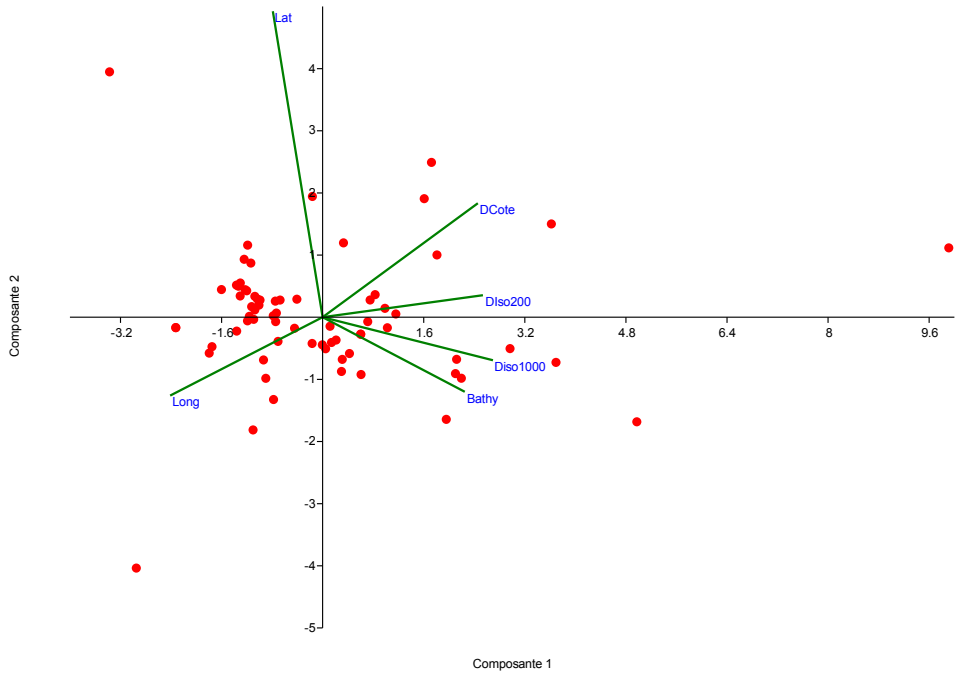


Figure 105. Diagramme de dispersion pour *P. macrocephalus* (6 variables)

3.2.2.3. ACP Stenella attenuata

Pour l'abondance du dauphin tacheté pantropical, ce sont les variables de distance à l'isobathe 200 m et la latitude qui ont les poids respectifs les plus élevés (Fig.106). 52, 86 % de la variance est expliquée par la composante 1.

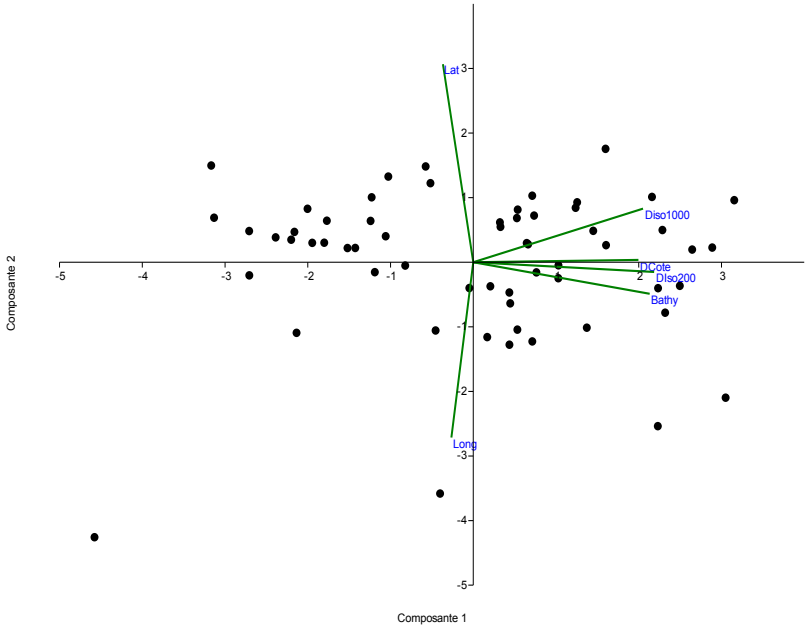


Figure 106. Diagramme de dispersion pour *S. attenuata* (6 variables)

3.2.2.4. ACP Steno bredanensis

Pour l'abondance du sténo, l'ACP donne, les variables de bathymétrie et de latitude comme les plus importantes, (Fig.107). La composante 1 contient 63, 32% de l'inertie.

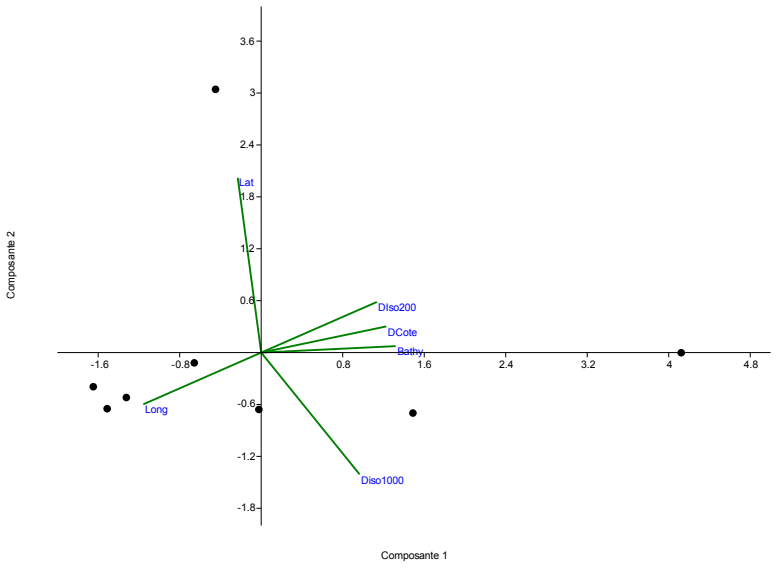


Figure 107. Diagramme de dispersion pour *S. bredanensis* (6 variables)

3.2.2.5. ACP Tursiops truncatus

Comme pour le sténo, les 2 premières composantes sont la bathymétrie et la latitude (Fig.108), avec 50,72% de variance contenue dans la composante 1. Il est intéressant de noter dans ce graphique, un point d'agrégation de certaines variables. Il s'agit de certaines valeurs affectées à la majorité des observations du groupe de Petite Terre.

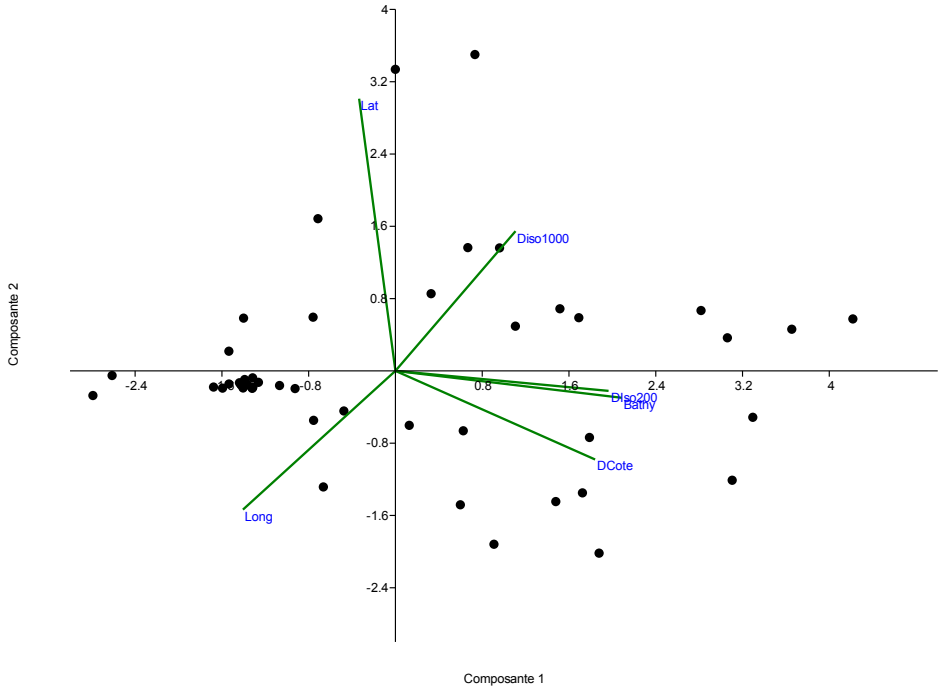


Figure 108. Diagramme de dispersion pour *T. Truncatus* (6 variables)

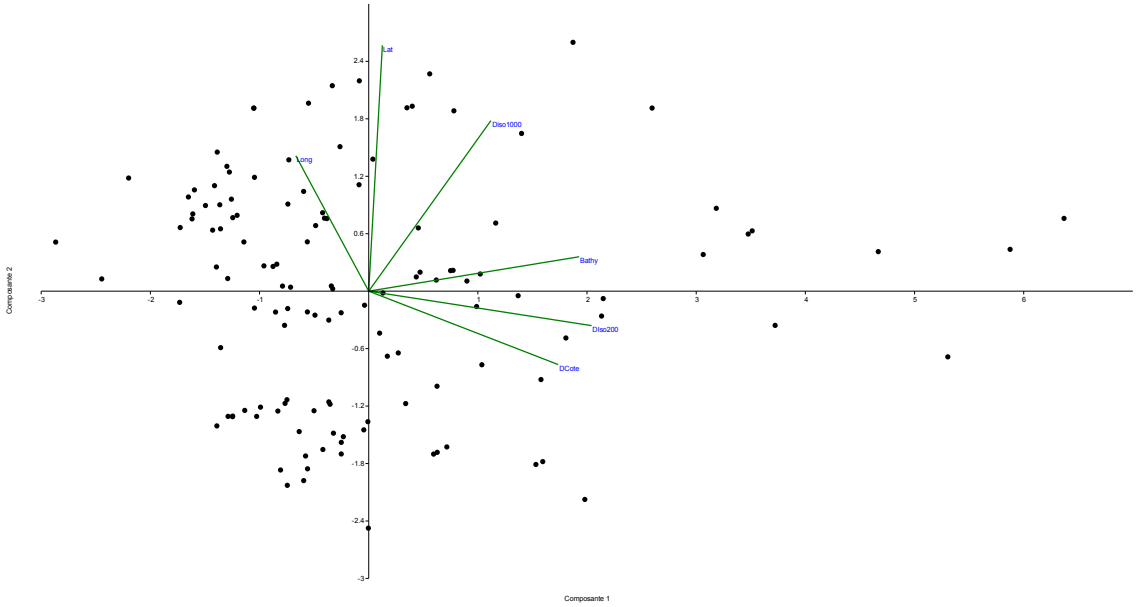
3.2.2.6. ACP autres espèces

Pour les autres espèces, un résumé est proposé :

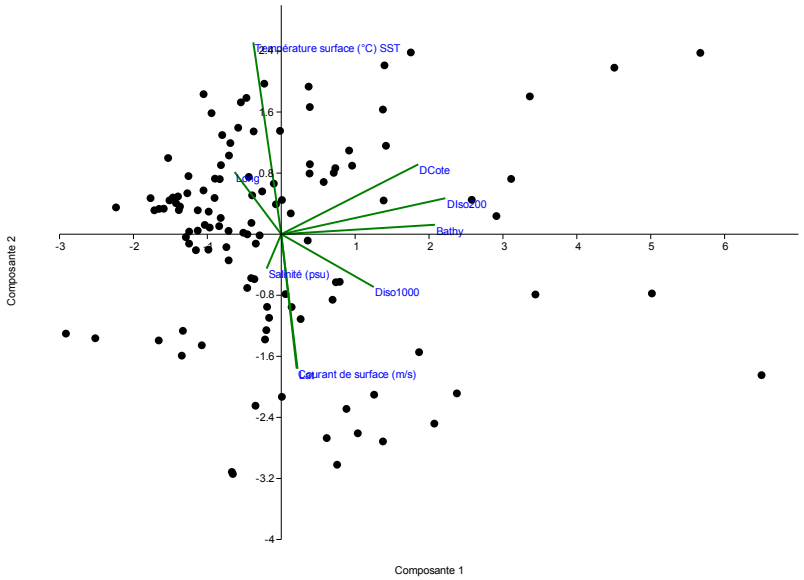
- pour le dauphin de Fraser, *L. hosei*, la composante 1 contient 76,79% d'inertie et ce sont la distance à l'isobathe 1000 et iso-200m qui sont les variables intéressantes ;
- pour l'orque pygmée, *F. attenuata*, la distance à l'isobathe 200 et à l'isobathe 1000 sont les plus significatives dans les composantes principales (52, 09 % de variance pour la composante 1) ;
- pour le globicéphale tropical, *G. macrorhynchus*, les variables apparaissant avec les plus fortes proportions dans les deux composantes sont la longitude et la bathymétrie ;
- pour le cachalot nain, *K. sima*, les variables bathymétrie et distance à l'isobathe 1000 mètres sont retenues.

3.2.2.7. ACP Megaptera novaeangliae

Pour l'analyse de la distribution de la baleine à bosse, une première analyse n'a pas considéré les 3 variables supplémentaires (salinité, température de surface et courant). Les résultats indiquent, alors, dans ce premier traitement, que la distance à l'isobathe 200 et la latitude sont les variables principales. Les deux composantes principales contiennent 66% de l'information. Le second traitement intègre les variables supplémentaires (salinité, courantologie et température de surface), soit 9 au total. Ce sont la distance à l'isobathe 200 et la latitude qui sont les composantes à considérer (Fig.109a-b).



(a)



(b)

Figure 109-a, b. Diagramme de dispersion pour *M. novaeangliae*

(a) LÉGENDE : 6 variables du milieu, (b) : 9 variables du milieu

4. Habitats et niches écologiques

Une analyse canonique a permis de mettre en évidence le lien entre la bathymétrie et l'abondance des cétacés de Guadeloupe, mais il s'agit en quelque sorte, d'une évidence écologique, ne serait ce qu'à la lecture des géolocalisations et la connaissance des fonds marins de ces zones. Les habitats présentent une dichotomie nette de répartition spatiale est-ouest pour l'ensemble du peuplement.

Les stations de la côte-sous-le-vent et du nord de la Caraïbe contiennent les abondances les plus importantes ainsi qu'une richesse spécifique élevée, tandis que celles à l'Est ou au Sud présentent des diversités non négligeables composées de plus petites populations. Le gradient bathymétrique redécoupe chacune des zones opposées en habitats différenciés en côte-sous-le-vent par des distances à l'isobathe 1000 (globicéphale tropical, cachalot, dauphin de Fraser, et sous réserve l'orque pygmée), à l'isobathe 200 (dauphin tacheté pantropical et sous réserve l'orque pygmée). Pour les autres zones, ce même gradient est considéré selon la latitude pour les grands dauphins et les sténos,

Pour affiner, l'examen de ces habitats et préciser des niches écologiques potentielles, il s'agit de faire un point sur l'état de connaissance disponible sur les fonctions vitales des cétacés, la nutrition et la reproduction. Pour l'alimentation, l'examen s'adresse particulièrement à trois espèces d'odontocètes, car la baleine à bosse, n'est pas censée se nourrir en zone côtière. Pour la reproduction, le but est d'évoquer directement pour les baleines à bosse leur statut dans l'archipel de Guadeloupe durant la phase de reproduction. La question est de savoir si elle reste en Guadeloupe durant cette activité. A cette fin, une partie s'intéresse à leurs mouvements.

4.1. Les habitats des odontocètes

Pour résumer les résultats préliminaires associés aux habitats et aux espèces, il faut souligner que les odontocètes évoluant dans la façade de la Mer des Caraïbes présentent des profils bathymétriques proches et que cela s'explique aisément par les caractéristiques topographiques des stations 4, 5, voire 7.

Il en est de même pour les odontocètes de la façade atlantique, qui bien identifiés (grand dauphin, sténo et cachalot nain essentiellement) présentent une affinité bathymétrique marquée pour le plateau continental et, dans une moindre mesure, le talus supérieur. Cela s'explique également par l'orographie sous-marine des stations sises en façade atlantique. La fonction vitale considérée ici est la nutrition. L'arbre de répartition des observations (Fig. 110) est signifié ici pour les groupes trophiques.

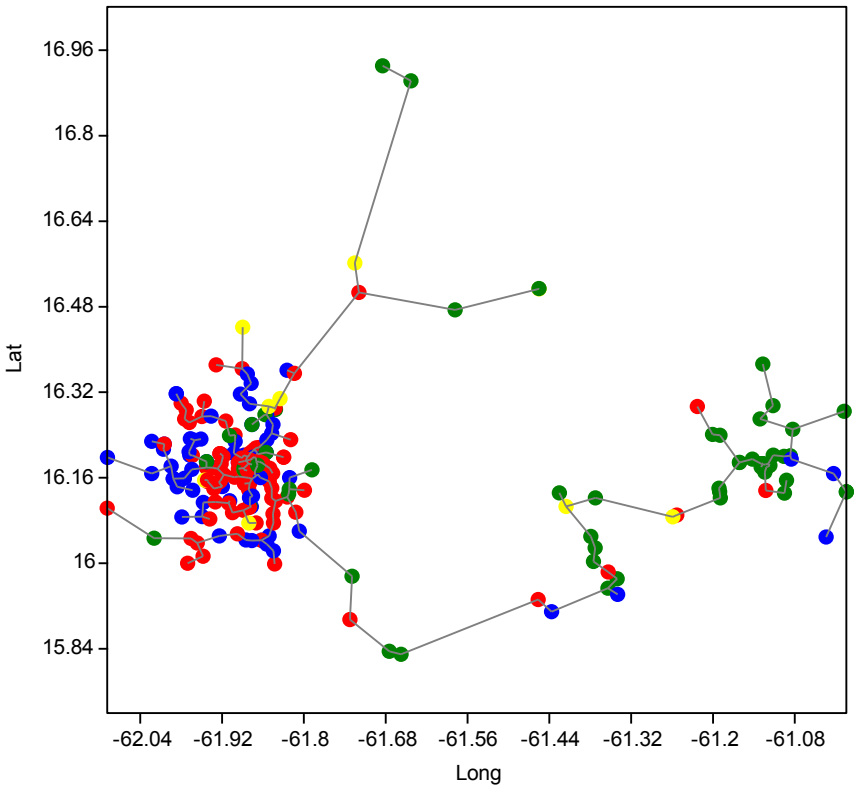


Fig.110. Répartition des groupes trophiques selon leurs coordonnées géographiques

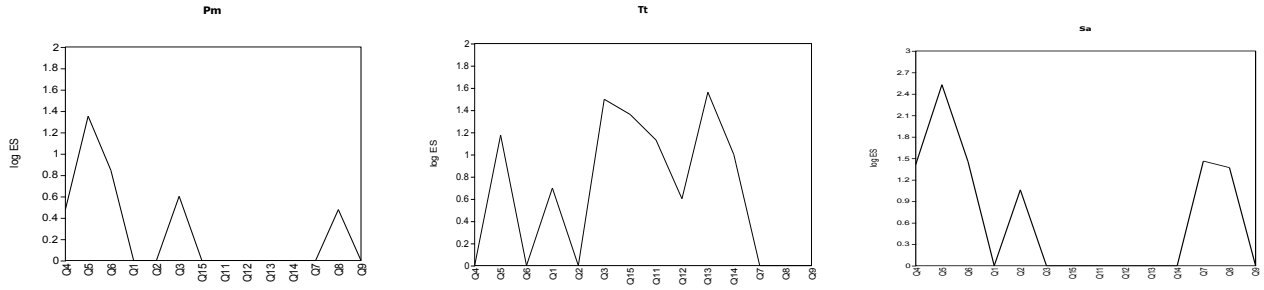
LÉGENDE : Les teutophages sont en rouge, les carnivores 1 en bleu, les carnivores 2 en vert et les carnivores 2 en jaune, l'espèce planctonophage-piscivore ayant été exclue.

Sans analyse, on contaste visuellement trois aspects pouvant être liés à la fonction d'alimentation. Le premier est que les teutophages sont tous situés en côte-sous-le-vent, sauf pour le cachalot nain et une observation de cachalot. Comme cela été suggéré, pour *K. sima*, plus observé en façade atlantique et vers Marie-Galante, qu'en côte-sous-le-vent, la taille ou les espèces des céphalopodes prédatés peuvent être différents car le classement des teutophages selon la taille des proies n'a pas été retenu. Cela peut se justifier, car le céphalopode *Octopus briareus* est péché au casier en Guadeloupe plutôt en façade atlantique et sur une des deux zones où cette espèce a été observée. Cependant, le cachalot nain pourrait consommer d'autres types de proies.

Le second aspect consiste à noter que les carnivores 1, largement représentés par le dauphin tacheté pantropical sont localisés principalement en côte-sous-le vent et cela a été souligné, quelque peu au nord du Grand-cul-de-sac-marin, zone de réserve présentant une richesse spécifique élevée et biomasse ichtyologique abondante. Quelques observations de dauphins tachetés de l'Atlantique ont été agrégées également dans le secteur côtier. Il faut indiquer que 5 observations en côte-sous-le-vent ont documenté des associations à priori liées à la fonction d'alimentation entre les carnivores 1, les carnivores 2 et les teutophages.

Le troisième aspect concerne la sectorisation des groupes trophiques, car les carnivores 2, dont les grands dauphins, sont à la lecture des observations de cette cartographie, répartis sur le territoire.

A cette étape, les effectifs de 3 odontocètes principaux ont été répartis pour sur les stations (Fig.111).



(a) (b) (c)

Figure 111. Répartition des effectifs de *P. macrocephalus, T. truncatus et S. attenuata* les 15 stations de l'archipel de Guadeloupe.

4.1.1. Analyse des habitats de *T. Truncatus*

L'examen des stations comportant les effectifs les plus significatifs indique que le grand dauphin évolue sur Q13, Q3, Q15 et Q5/Q6 ainsi que pour de petits effectifs Q1.

Les stations concernées sont : Petite Terre (Q13), le canal des Saintes (Q3), Marie-Galante (Q15), la Pointe Ferry (Q6) et la station Q1 (Ilet Gosier). Ces stations correspondent aux différents groupes suggérés distincts car aucun individu n'a été reconnu entre les différentes observations (Fig.112).

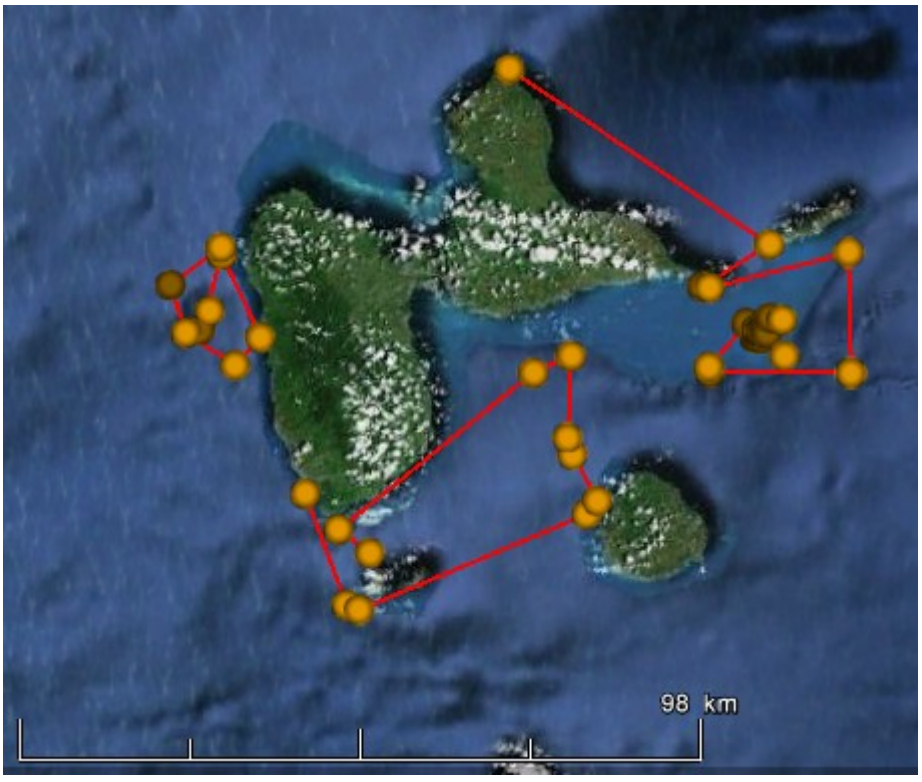
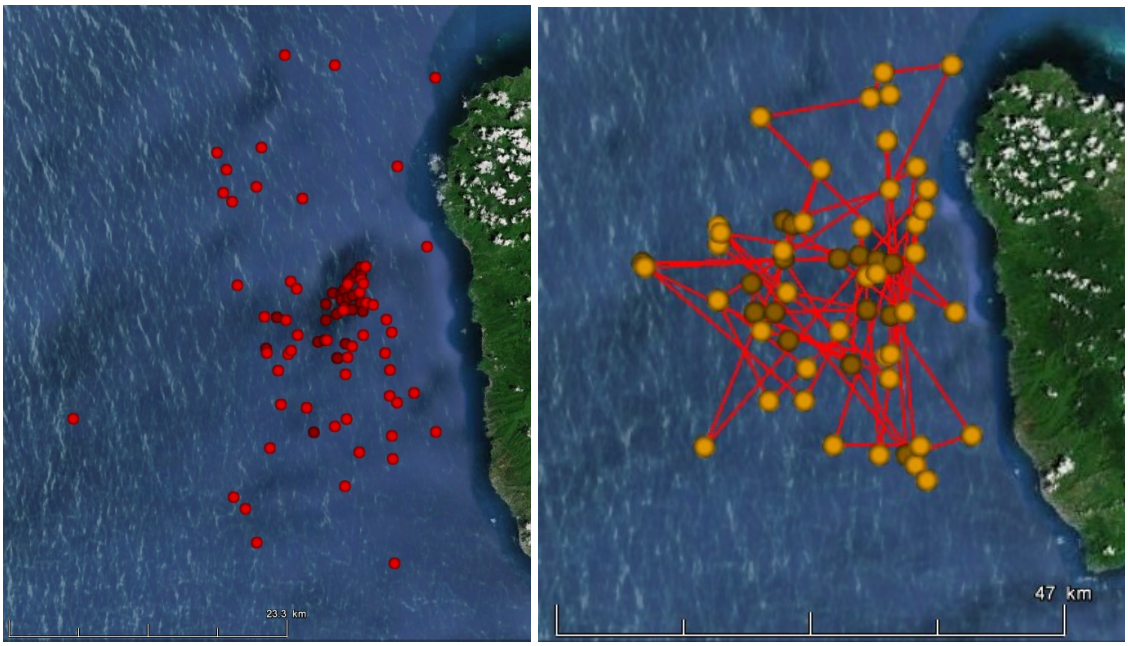


Figure 112. Distribution des observations de *T. truncatus* (méthodes *R* et *TB/TL*)

4.1.2. Analyse des habitats de *S. attenuata* et *P. macrocephalus*

Les deux espèces sont localisées majoritairement dans les stations des ilets Pigeon (Q5) et de la Pointe Ferry (Q6), ainsi que le nord de la Mer des Caraibes ainsi qu'une observation anedoctique dans le Sud. Seules les principales zones de la côte-sous-le-vent sont représentées dans la figure 113-a, b.



(a) (b)

Figure 113-a, b. Distribution des observations de (a) *P. macrocephalus* et (b) *S. attenuata* (Méthodes *R* et *TB/TL*)

4.1.3. Analyse des habitats de *M. novaeangliae* et mouvements

Concernant les mysticètes, la répartition spatiale de la baleine à bosse a été la mieux décrite en lien avec la distance à l'isobathe 200 dans l'analyse du profil par espèce, indiquant une piste à explorer de césure selon la composition sociale et l'abondance au niveau de ce gradient.

Quelques mouvements pour cette espèce ont pu être décrits grâce à la télémétrie. Il s'agit à cette étape de documenter un mouvement migratoire, ainsi que de renseigner le statut de la baleine à bosse dans l'archipel cotier de Guadeloupe. L'annexe IX donne le détail des individus qui ont été marqués durant les deux missions de 2010 et 2011.

Un premier animal a été balisé le 30 Avril 2010 à la Pointe des châteaux en Guadeloupe. Il s'agit d'une femelle accompagnée d'un baleineau. La balise de cette baleine, N° 87777, a émis durant 8 jours grâce à des localisations jusqu'au 8 mai 2010 (dernière position enregistrée à 19h59 UTC/GMT). Le premier résultat est que l'individu a probablement débuté son retour migratoire fin avril, puiqu'elle était localisée entre Antigua et Barbuda le 3 mai 2010, puis le 8 mai en cap au Nord-est vers l'Océan Atlantique. Ce

point est une première information documentée sur une date de départ de l'archipel de Guadeloupe pour cette espèce.

La Baleine N° 96405 a été marquée le 6 mai 2010 entre Petite Terre et Marie Galante en Guadeloupe.

C'est une femelle accompagnée d'un baleineau également. La durée d'émission avec des localisations a été de 6 jours et a permis de renseigner deux points : le 7 mai 2010, à 18H00 UTC/GMT, la baleine était dans les eaux côtières de Guadeloupe et le 11 mai 2010 à 17H22 UTC/GMT, la baleine était à 1200km au Nord -est de la Guadeloupe. Ce résultat est la deuxième information documentée de départ vers le nord-est pour cette espèce, à partir de l'archipel de Guadeloupe (Fig.114). C'est également une seconde indication de date de départ de l'archipel de Guadeloupe après 1 jour de présence avérée dans l'archipel.

Figure 114. Localisation par transmission Argos de la baleine N°96405, le 11 mai 2010 à 17H22 UTC/GMT.

La Baleine N° 87781 a été marquée le 2 mai 2010 en face du Moule (station Q11) et les premières transmissions de localisations ont été reçues le 3 juillet 2010. Cette baleine fait partie d'une formation duo, mère et baleineau, et elle naviguait, avec son baleineau, entre le 3 juillet et le 5 juillet à 5km.h^{-1}. Ainsi, sa vitesse, son cap et la cadence de déplacement indiquent que cette baleine semblait effectuer un retour migratoire au mois de juillet. La durée d'émission a eu un cycle de 90 jours, ce qui a permis de documenter un trajet précis pour cet individu. Le 3 juillet, 87771 était localisée entre les Açores et le Grand banc de Terre Neuve. Le 5 juillet, 87771 suivait toujours un cap « quasi » constant nord-est, se dirigeant selon les pronostics prévisionnels soit vers l'Islande, soit vers la Norvège. Le 7 juillet, 87771 suivait toujours un cap nord-est, après un détour le 7 juillet à proximité du "Altair Seamount". Le 9 juillet, la baleine a déjà parcouru près de115km de plus et a accru son effort (vitesse moyenne journalière : environ 7.98km.h^{-1}). Elle semble se diriger vers la Mer de Barents/Bear Island. A ce rythme, il faudrait encore un mois environ pour qu'elle atteigne cette destination.

Le 23 Juillet, 87781 a ralenti son effort relatif depuis le 17 Juillet avec une vitesse moyenne de 3,69km.h^{-1} mais continue sa route avec un cap constant au 35° malgré quelques boucles transversales indiquées par la trace constituée par les géolocalisations. Le 27 Juillet, la baleine accentue ses changements de caps brusques, notés à nouveau par la sinuosité de son trajet. La dernière localisation est le 29 juillet à 20h43 (UTC/GMT) à environ 360km au sud des îles Féroé.

La mère et son baleineau ont parcouru plus de 6200km entre le 2 mai et le 29 Juillet 2010, de la Guadeloupe au Sud des îles Féroé, comme l'indique cette projection linéaire (Fig.115).

Figure 115. Localisation par transmission Argos de la baleine N°87781, le 29 juillet à 20h43 (UTC/GMT).

Trois connaissances ont été acquises par cette méthode. La première est de renseigner une aire d'alimentation probable de la baleine N°87781, située vers l'Islande. La seconde est de pouvoir présenter un lien entre l'archipel de Guadeloupe et la région Nord-est précitée pour au moins un individu. La troisième concerne plus le statut « régional » suggéré pour *M. novaeangliae* car le suivi de ces mouvements indique à quel point le statut migrateur de l'espèce et le caractère de son habitat (ouvert/fermé) peut relativiser les résultats obtenus sur une échelle côtière délimitée.

Concernant le lien supposé entre la zone de reproduction sise en Guadeloupe, et *a minima* en Caraïbe de l'est, avec le nord-est de l'europe, une autre information a documenté un second cas. Le 10 avril 2011, plusieurs photographies de la nageoire caudale d'un individu observé durant l'opération de la route des baleines ont permis un travail de photo-identification (avec R. Detcheverry, SPM Frag'iles). La baleine qui a été observée dans le canal des Saintes, à proximité du Sec Pâté (Q3) dans l'archipel de Guadeloupe durant cette mission, a été par ailleurs photographiée, par le groupe YONAH (Allied Whale catalogue-HWC8613), en Islande en 1992 puis aux Bermudes en 2009 (Fig. 116-a-b).

(a) (b)

Figure 116. Photos de la baleine (Allied Whale catalogue-HWC8613) photographiée en Guadeloupe (2011) et aux Bermudes (2009).

LÉGENDE :
(a) Photographie le 10/04/2011, J. Detcheverry, SPM Frag'iles
(b) Photographie le 2009 from A. Stevenson

Avec l'information de la baleine N° 87781 pouvant s'alimenter dans l'Atlantique Nord Est et cette photo-identification, cela pourrait confirmer l'intérêt des baleines à bosse de la Caraïbe de traverser l'Atlantique et aller sur les côtes islandaises pour s'alimenter.

L'objectif du projet de télémétrie vise dans ce projet à documenter certains habitats pour l'espèce *M. novaeangliae*, mais également à évaluer son statut de présence, à partir du même individu, dans l'archipel. Les résultats obtenus en 2011 ont permis de compléter ceux de 2010. En 2011, la baleine N° 87631 accompagnée de son petit a été marquée dans une zone comprise entre la « Désirade, Pointe des châteaux, Petite Terre » le 13 avril 2011. La balise a émis durant trois jours jusqu'au 17 avril 2011 02h01 (UTC/GMT) où les localisations indiquaient que l'individu était au nord d'Antigua et Barbuda.

Il s'agit de la seconde confirmation d'un trajet entre la Guadeloupe et l'île d'Antigua et Barbuda. Enfin, la Baleine N° 84448 (adulte d'un groupe actif supposé) a été balisée le 14 avril 2011au sud-est de la Désirade. Les 19 et 21 avril 2011, 84448 a été localisée entre les Saintes et Marie Galante, puis le 21 avril dans le quadrat 1 (Fig.117). La dernière trace est reportée de St François le 22/04/2011. Cette balise a transmis des localisations jusqu'au 21 avril 2011, permettant d'indiquer que cet animal a demeuré dans les eaux côtières de l'archipel de Guadeloupe 8 jours.

Cela permet de prouver que la baleine à bosse peut adopter un statut de résidence temporaire dans l'archipel, au moins pour un individu. En ce sens, la campagne 2011 apporte un résultat complémentaire sur des tendances ou possibilités d'usage de certains habitats par *M. novaeangliae* en Guadeloupe en période de reproduction.

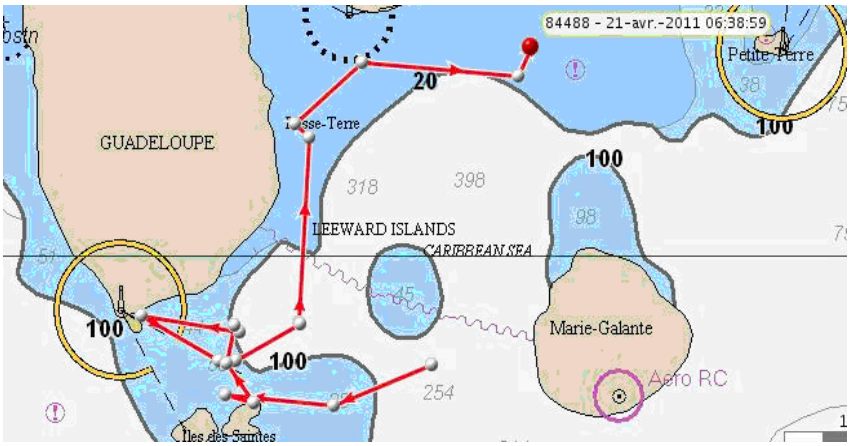


Figure 117. Trajectoire de 84448 le 21 avril 2011 à 06h38 (UTC/GMT)

Cependant, prouver que la gestation est associable à une observation dans l'archipel côtier pour les baleines à bosse, est plus aisé que de prouver que la naissance s'y déroule également.

Pour cette raison, il est préférable de parler de zone de reproduction et d'allaitement, car ces deux comportements ont été observés dans l'archipel de Guadeloupe.

Il ressort que la baleine à bosse est une espèce assez largement répartie, avec des densités cependant supérieur au Sud et à l'Est.

Parmi ces secteurs, des zones ont été notées comme particulièrement fréquentées : il s'agit de la station du banc Colombie (Q2), de la station de Marie-Galante (Q15) et de la station de la Pointe des châteaux sud (Q13). Cependant, la station des Saintes (Q3), celle de la Pointe des châteaux nord (Q11) et de la Pointe de la Grande Vigie présentent également de plus fortes valeurs comparativement aux stations de la côte-sous-le-vent (Fig.118).

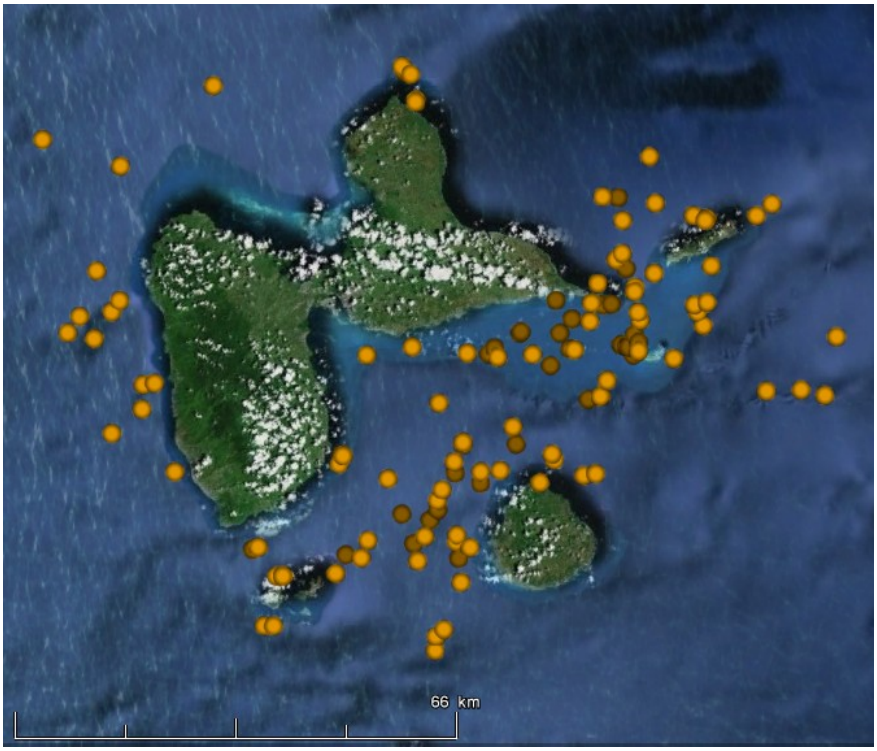


Figure 118. Répartition des baleines à bosse dans l'archipel côtier de Guadeloupe (méthodes *R* et *TB/TL*)

4.2. Tendances sur les habitats

Une analyse de similarité de Bray-Curtis (Fig. 119) a permis de comparer les stations contenant le plus d'effectifs en les regroupant par ressemblance.

Ainsi les stations sud (Q15 et Q3) se rapprochent de Q13, confirmant de ce fait la qualité de zones d'habitats, voire de niches écologiques car ces zones contiennent peu d'espèces, mais sont marquées par de fortes fréquentations d'une à trois espèces, qui pour certaines, y semblent inféodées (Q13).

Le point commun entre les observations sur Q15 pour les odontocètes et Q3 (principalement des grands dauphins) est que dans ces zones d'observations on trouve de nombreux casiers, proches de hauts fonds.

La station Q8 confirme par son rapprochement aux stations de la Mer des Caraïbes comme lieu favorable aux habitats. Compte tenu que peu d'espèces y ont été observées, la station Q8 (nord du grand-cul-de-sac- marin) pourrait être une niche écologique étroite.

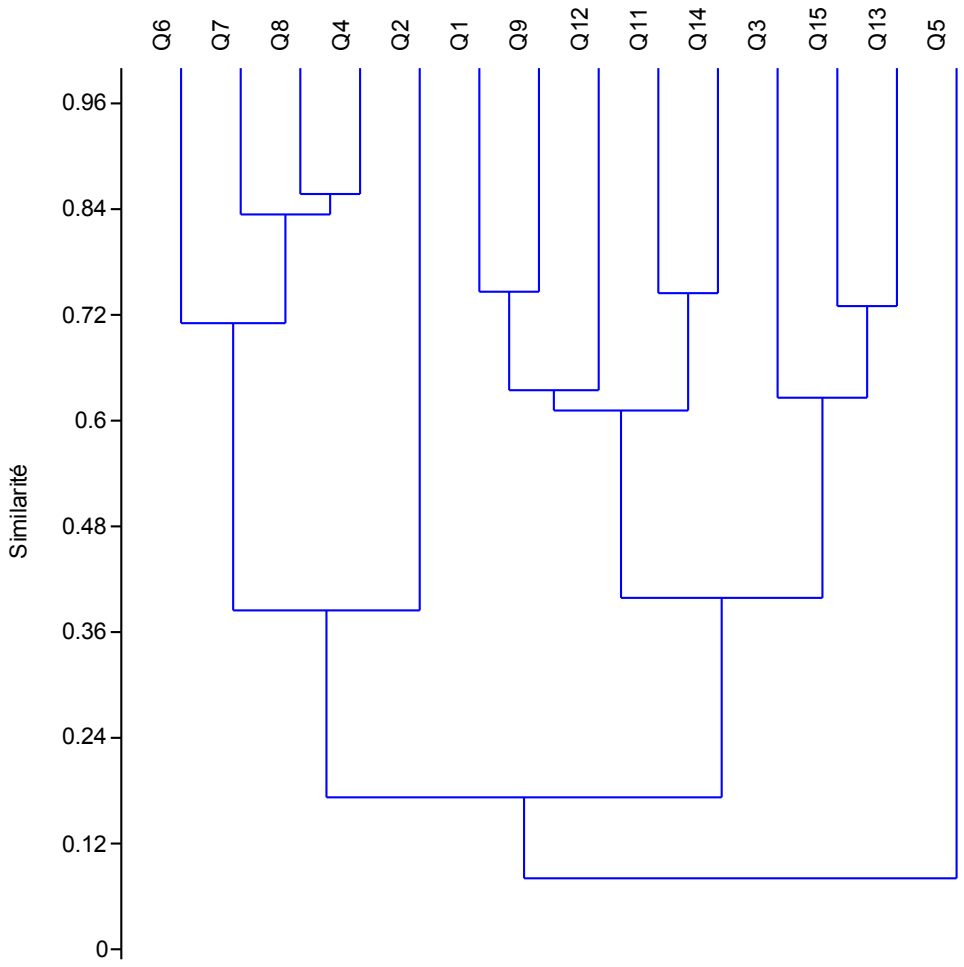


Fig.119. Analyse de similarités entre les stations à partir des effectifs (Bray-Curtis)

Concernant la station Q5, elle est ici présumée être une niche écologique attractive pour de nombreuses espèces dont le cachalot et le dauphin tacheté pantropical. Les concentrations spécifiques pour ces deux espèces sont constatées autour d'un lieu, le sec de Pointe Noire, bien que l'ensemble de cette zone (la côte-sous-le-vent) soit caractérisée par la plus haute richesse spécifique de l'archipel marin côtier et les effectifs les plus élevés, telle une large zone de continuum d'intérêt écologique. (Fig.120).

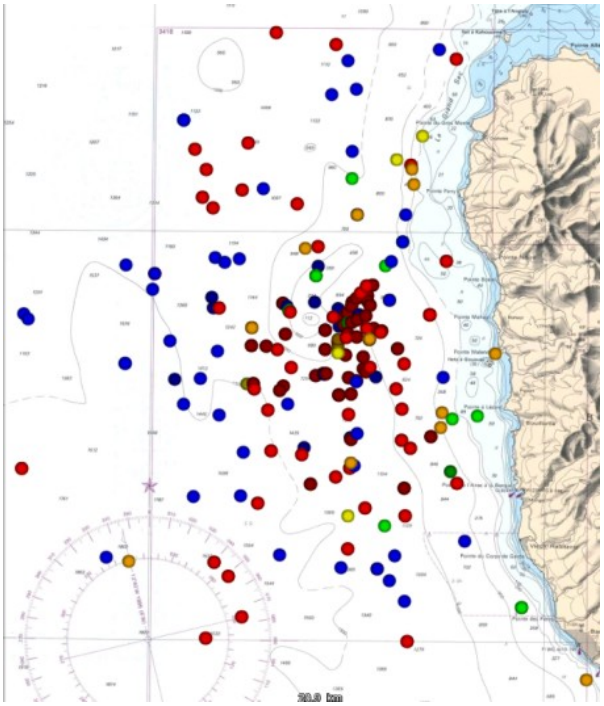


Figure 120. Répartition des cétacés dans le Bloc A (méthodes *R* et *TB/TL*)

Il convient de retenir que deux catégories de zones d'intérêt principales composent le paysage de l'aire d'étude des cétacés de Guadeloupe :

- d'une part une répartition des habitats des cétacés selon en premier lieu un gradient bathymétrique, lui-même associé à d'autres variables topographiques (distance à la côte, affinités aux isobathes 200m et 1000m et coordonnées géographiques), caractéristiques pour chaque espèce ;

- et d'autre part un habitat composé de niches écologiques dédiées à certaines activités fonctionnelles : Sec pâté (Q3), Sec de Pointe noire (Q5), Réserve de Petite Terre (Q13), nord du Grand-cul-de-sac marin (Q8), et de façon moins nette, la zone entre le banc Colombie et Marie-Galante (Q2/Q15). Sur ces zones apparaissant préférentielles pour certaines espèces, les ressources trophiques y sont probablement exploitées par les odontocètes, et sont favorables à la résidence temporaire de la baleine à bosse en relations avec certaines activités liées à la reproduction avec, en sus, pour cette espèce, le nord de la Pointe-des-Châteaux (Q11).

La distinction entre les niches écologiques de l'archipel marin côtier de Guadeloupe et les habitats permet de ne pas fermer l'étude à d'autres habitats plus hauturiers, pouvant également contenir de nouvelles niches écologiques.

CHAPITRE V

DISCUSSION

Pseudorca crassidens, 16 mars 2010, côte-sous-le-vent, N.Gandilhon.

CHAPITRE V
DISCUSSION

Les 2 principales raisons pour lesquelles plusieurs méthodes ont été utilisées ici pour observer les cétacés, sont liées, d'une part au choix de mener cette étude au niveau des espèces, des populations et des peuplements aux caractéristiques et aux statuts totalement différents, et d'optimiser ces différentes méthodes à travers leur complémentarité. L'agrégation de données issues de méthodes si différentes, est-elle judicieuse, même si elles ne sont pas utilisées pour tous les traitements ?

Nous avons vu, dans le chapitre I, les avantages et les inconvénients de cette approche. Tout d'abord, à partir des occurrences mentionnées au chapitre III, des difficultés d'observations se sont accentuées par rapport à ce qui avait été anticipé. C'est ainsi que les conditions météorologiques en Guadeloupe ne sont pas spécialement propices à des campagnes d'observation continues sur plusieurs jours successifs.

De plus, la furtivité de certaines espèces fait qu'il devient alors difficile d'en estimer leur densité. Enfin, à plusieurs reprises, il a été impossible de discriminer l'espèce. Cela ne remet pas en cause les experts-observateurs et la plateforme utilisée. Il faut chercher l'explication du fait de la faible partie émergée du corps et de la rapidité des mouvements en surface. La solution serait de pondérer les observations visuelles en intégrant un coefficient de furtivité, afin de ne pas déclarer une espèce rare, alors qu'elle est présente mais difficilement observable visuellement. L'ajustement de ce coefficient pourrait dépendre de connaissances a priori comme le statut considéré de résidence, le taux d'échouages, l'historique de la chasse.

Toutes les espèces observées dans ce travail ont été précédemment indiquées pour l'ensemble des Caraïbes et en particulier dans les Petites Antilles (Ward et Moscrop, 1999). Certains résultats obtenus en Guadeloupe semblent acceptables par comparaison avec les travaux menés par les auteurs précédemment cités. La difficulté de cette étude et sa controverse demeurent dans l'examen de plusieurs populations en parallèle ayant des différences taxonomiques et écologiques importantes (une grande variabilité des habitats et une biologie parfois encore très méconnue même au niveau mondial pour certaines espèces). Toutefois, en acceptant le paradigme que les catégories statutaires de résidence ou trophiques ont été définies à partir du potentiel qu'une petite aire de distribution géographique comme l'archipel de Guadeloupe est susceptible de soutenir, l'examen du peuplement prend un sens.

Ainsi, et bien que les facteurs de pression ou menaces d'origine anthropique sur ce peuplement ou d'origine naturelle (réchauffement climatique), n'aient pas été valorisées dans ce travail, la vision d'ensemble de la diversité et des tailles ou indices relatifs de l'ensemble des populations conduisent à pouvoir prendre un point d'appui pour examiner certains risques accrus d'extinctions (Roberts et Hawkins, 1999). L'utilisation d'inventaires taxonomiques et de mesures de la diversité est limitée dans cette étude, car justement les facteurs d'impacts sur cette biodiversité marine ou son écosystème, n'ont pas été traités et juste évoqués (chap. I). Cela se justifie notamment par la nécessité de construire des échelles spatio-temporelles d'évaluation de ces facteurs réadaptées aux mouvements et évènements d'une population régionale.

En ce sens, les variables du milieu sont en constante évolution et de nouvelles variables sont déjà considérées pour examen. Forney (2000) indique que la variabilité de l'environnement peut entraîner des changements dramatiques dans la distribution des cétacés, et donc que les estimations d'abondance pour une région déterminée peuvent présenter une proportion différente de la population à chaque fois. Cela ajoute la difficulté de gérer l'incertitude de savoir si les tendances apparentes représentent les changements réels dans la population, ou simplement si elles reflètent les changements naturels dans la distribution des cétacés. Afin de minimiser cette problématique, le repérage des habitats à la fin de cette étude doit permettre d'utiliser des critères d'échantillonnage optimisés au sein de tous les habitats et pour chacune des espèces.

I. Discussion sur le chapitre I : habitats, diversité et richesse

Tout recensement des espèces intègre fondamentalement la notion de couverture taxonomique. Dans cette étude, l'inventaire des taxons se veut être le plus exhaustif possible. Cependant, aucune phylogénie n'a été établie actuellement et ce travail est basé uniquement sur des descripteurs synthétiques associés à certains caractères morphologiques. Bien que les surfaces échantillonnées aient été fixées dans le but de découvrir toutes les espèces présentes dans l'aire d'étude, ce qui a été favorable à l'enregistrement des espèces fréquentes, la capacité de discrimination des espèces jumelles, discrètes ou cryptiques, reste liée également à une connaissance établie sur ces espèces. Le cas des baleines à bec est explicite, avec des observations classées sans suite, en dépit d'un travail approfondi de plusieurs spécialistes à partir de photographies de très bonne qualité. Seules la baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) et la baleine à bec de Gervais (*Mesoplodon europeaus*), espèces autrefois considérées endémiques à l'Atlantique Nord, mais actuellement distribuée dans les eaux profondes des régions tropicales et tempérées de l'océan Atlantique ainsi qu'au nord et au sud de l'équateur (MacLeod *et al*., 2006), ont été reconnues avec certitude.

Dans la pratique, élargir la surface de recherche, aurait probablement permis de considérer d'autres milieux pouvant présenter d'autres habitats transitoires ou définitifs pour favoriser la découverte d'autres espèces. Cet examen aurait pu modifier le statut régional côtier d'espèces rares en espèces fréquentes dans les milieux hauturiers. Le choix des indices de diversité et les mesures de richesse spécifique prédictifs, sur les espèces reconnues et recensées, sont statistiquement fondés, et minimisent tout de même leur pertinence dans le cas d'espèces non discriminées, ce qui ne peut pas être totalement exclu. Toutefois, l'analyse des agrégats n'a pas été approfondie, ce qui peut influencer les résultats de la richesse spécifique en minimisant les petits groupes.

La technique des transects de lignes est une méthode robuste, très utilisée dans le monde pour des estimations de populations évoluant sur d'assez grandes surfaces depuis une vingtaine d'années. Cependant, cette technique présente des limites. Dans cette étude, aucune méthode de simulation n'a été utilisée pour évaluer l'effet du positionnement des lignes sur la précision des échantillonnages, comme cela est proposé par Du Fresne *et al.* (2006). Ces auteurs ont montré que les estimations de stocks de dauphins par un mode de découpage totalement aléatoire ou avec des lignes prédéfinies, n'étaient pas significativement différentes, et ils recommandent un placement de lignes systématique, plutôt qu'aléatoire pour permettre une couverture spatiale plus complète.

Dans notre étude de populations côtières, il est apparu que le choix d'un même placement systématique d'une année sur l'autre permet les répliquas spatiaux les plus homogènes, avec l'hypothèse cependant de couvrir les lignes prédéfinies dans un ordre aléatoire d'une saison à l'autre pour obtenir une précision statistique satisfaisante. Ainsi les lignes ont été échantillonnées au hasard, pour garantir une certaine représentativité de la répartition spatiale des espèces. Néanmoins, en l'absence d'informations préalables au début de l'étude, le positionnement des lignes ne prend pas en compte au départ, les caractéristiques d'habitats possibles, au sens du lieu physique où évoluent principalement une ou plusieurs espèces. Cela implique qu'initialement, l'ensemble de l'aire a été supposée incluse dans un « continuum écologique », « découpant » les aires à étudier selon une logique spatiale mathématique. Cela signifie que les écosystèmes ont été analysés sous un angle plus statistique que réaliste. Ainsi, si l'ensemble des espèces a pu être contacté avec une couverture robuste de la zone d'étude grâce aux transects de ligne (à l'exception de l'orque, *Orcinus orca*), la détection de niches écologiques a nécessité pour certaines espèces, agrégées ou fidèles à certains microsites comme les grands dauphins de Petite Terre, des études complémentaires par suivis de populations pour intégrer les notions fondamentales de régime alimentaire, de niveaux d'activité fonctionnelle et de relations avec les autres espèces.

La notion de niche écologique est définie ici au sens d'Odum (1959), indiquant qu'il ne s'agit pas que de la prise en compte de l'habitat (lieu de résidence), mais également des activités menées par l'espèce sur ce lieu. Par analogie, deux espèces présentant des niches écologiques similaires ne devraient pas pouvoir coexister dans un même écosystème, et dans l'archipel, il a été indiqué que les grands dauphins et les sténos pouvaient *a minima*, partager ponctuellement une partie des leurs habitats ainsi qu'une partie des ressources alimentaires présentes dans la station de Petite Terre.

La méthode du Distance Sampling utilise l'inférence statistique (Fewster et Buckland, 2004) pour permettre d'extrapoler à l'aire d'étude totale les densités obtenues à partir des unités échantillonnées. Cela soulève un débat similaire au précédent. Les prédictions statistiques en Distance sampling prennent en compte une partie de la réponse sur les résultats regroupés en modérant par une proportion d'hétérogénéité les strates non modélisées (Buckland *et al.,* 2004). Ce point acceptable pour un statisticien, reste sensible pour le biologiste. C'est pourquoi d'autres méthodes, comme l'interpolation spatiale type Kriggeage (Gratton, 2002 ; Baillargeon, 2005) proposent aujourd'hui de modéliser ces prédictions en considérant les variables du milieu, plus représentatives de la réalité écologique. Cependant, ces méthodes ne sont pas non plus parfaites. Les agrégats et les populations éparses, voire migratrices, peuvent être interpolés de façon constante selon des variables jugées favorables à leur répartition spatiale, quelles que soient les spécificités régionales de ces populations comme les écotypes ou les niches écologiques locales.

L'examen de la richesse spécifique en Guadeloupe, comme dans les Caraïbes a indiqué qu'elle y est élevée ainsi que l'exploitation des habitats ou des ressources (ce que les indices alpha suggèrent pour les cétacés) et augmente probablement si l'on considère ce que l'indice Bêta met en évidence dans ces travaux comme une possible réponse à cette hétérogénéité spatiale (Harrisson, 1992 ; Arellano, 2003).

Si aucune espèce endémique de cétacé n'a été recensée actuellement, l'aspect insulaire, tout autant que l'importance de la variété des espèces sur une petite surface, n'exclut pas cependant la rareté ou la suggestion d'un hotspot pour les mammifères marins dans ces écosystèmes tropicaux, tel que cela est suggéré pour la côte-sous-le-vent de l'archipel côtier marin dans cette étude.

L'examen de la zone néritique par le choix de la distance à l'isobathe 200, a permis d'indiquer quelles espèces ou sous-populations peuvent évoluer principalement avant la rupture de la pente du plateau continental, comme les grands dauphins, principalement les duos mères et petits chez la baleine à bosse et une population de sténo pour la façade Atlantique côtière *a minima*.

En conclusion de cette partie, l'approche écorégionale sied parfaitement aux populations résidentes ou sédentaires à une échelle spatiale étroite, de par une relative cohérence écologique entre les habitats possibles de ces populations à l'échelle caribéenne. Par conséquent, l'utilisation d'un découpage figé de l'environnement est inévitablement un processus pragmatique qui échappe aux lois de l'écologie. En réalité, ces barrières ou frontières se composent de fronts océaniques ou de gradients de température ou de latitude. Ainsi, l'ensemble des variables relevées sur l'écosystème restent néanmoins « dépendants » des limites elles-mêmes de cette zone et de ce fait, ne sont pas nécessairement représentatives. Il semble que ce soit le cas de la plupart des études sur les populations de cétacés, sauf lorsque l'on peut augmenter l'échelle spatiale à la totalité de l'écosystème (ce qui reste discutable pour les espèces cosmopolites effectuant de grands déplacements).

II. Discussion sur le chapitre II: méthodes et techniques

Dans les transects de ligne, les détections sont des événements indépendants et c'est une des raisons pour lesquelles les quadrats (ou stations) ont été créés au départ, parce qu'ils aident à faciliter la distribution de l'effort. Cependant, la conception en zigzag ne sépare pas les lignes à leur point de jonction ce qui peut engendrer des doublons (Dawson *et al.,* 2008). Un examen soigneux a été effectué en ce sens sur les observations communes en bout de lignes. Dans cette étude, la difficulté principale tient en effet au fait d'avoir eu l'ambition de recenser un grand nombre d'espèces et de les caractériser par de descripteurs synthétiques.

L'objectif premier fut de donner un ordre de grandeur de la taille des populations les plus fréquentes. Ainsi, la technique des transect de ligne offre l'avantage de permettre cet inventaire exhaustif, comme en témoignent les 16 espèces observées par cette méthode. Dans le même temps, des relevés appropriés sur les données biologiques et écologiques des groupes contactés, ont été accumulés au fur et à mesure du déploiement de l'effort. Cependant, en positionnant au même niveau chaque population rencontrée dans l'analyse, cette technique exclut une évaluation fine des individus la composant. Il s'agit dans ce cas, d'utiliser des méthodes complémentaires, telles que les techniques de marquage-recapture ou C.M.R (Evans et Hammond, 2004). C'est en ce sens, que quelques populations de cette étude ont pu être plus documentées, avec toutefois moins d'efforts consacrés. Pourtant le C.M.R est probablement la méthode la plus robuste pour l'abondance, car chaque animal est identifié individuellement par l'examen de ses marques naturelles, telles que les pigmentations de la caudale pour les baleines à bosse (Würsig et Jefferson, 1990). Cette approche est également plus adaptée au suivi à long terme des populations spécifiques.

Cependant, pour choisir une population, il est *a priori* utile de l'avoir déjà rencontrée, puis d'avoir estimé les lieux où la recontacter pour des raisons également économiques. En outre, l'efficacité des marques naturelles la concernant n'est pas systématique. Pour le dauphin tacheté pantropical, aucune marque évidente ne permet aujourd'hui de le classer, sachant que de nombreux auteurs indiquent que cette espèce peut être plus ou moins tachetée en Caraïbe (Jefferson et Lynn, 1994) avec une variabilité régionale (Schnell, 1986).

Cette méthode nécessite des photographies des animaux de très bonne qualité pour l'estimation de l'abondance et de plus, les marques pérennes doivent pouvoir être identifiées lors de la capture et avec un angle recevable. Il a été ainsi estimé dans ce travail que dans les phases de plongée, près de 12% de baleines à bosse seulement ont exhibé leur nageoire caudale hors de l'eau, sans qu'aucune approche ne vise volontairement à interagir avec l'individu.

Cela amène à discuter le troisième volet concernant les remarques sur la méthode du transect de ligne, appliquée ici dans une approche non invasive. Il s'agit de la capacité à détecter les groupes en surface. Compte tenu de plusieurs remarques faites dans le chapitre III sur les estimations d'indices relatifs, on conçoit ici que cette détection est très variable pour plusieurs raisons. D'une part, elle dépend considérablement des conditions climatiques pour détecter certaines espèces, comme cela été suggéré dans le chapitre IV. Le modèle de Buckland prévoit que près de 10% d'espèces sont susceptibles d'avoir été manquées – en surface - sur la ligne de transect. Ce qui reste une correction élevée, dans le cas d'une prospection rigoureuse dans les limites visuelles (vent et état de la mer) fixées par un protocole. D'autre part, elle est subordonnée à plusieurs paramètres biologiques de l'espèce observée comme sa taille, son comportement en surface, son activité, le niveau de grégarisme mais également son niveau de furtivité, sa vitesse de navigation et la proportion de temps passé en surface en relation avec différents critères comme le moment de la journée. En théorie, les groupes sont détectés à leur position initiale, avant interaction avec la plateforme. Il est possible de confirmer que cette hypothèse a été rigoureusement respectée, mais dans le cas de certaines populations, comme pour les delphinidés, il reste confus d'affirmer que leur détection à l'étrave dans certains cas ne fut pas le résultat d'une interaction de l'espèce avec la plateforme sans pour autant que les individus ne soient à portée de vue quelques minutes auparavant. La rapidité de certaines espèces et l'incapacité pour l'humain de les détecter sous l'eau amplifie ce biais, avec quelques observations où des individus ont surgi à l'étrave sans aucun signe avant-coureur de détection en surface. Cela suggère que, si certaines espèces peuvent interagir avant que la détection ne soit effective, il est parfois très compliqué d'évaluer cette interaction. Ce biais est corrigé dans l'estimation de la largeur efficace de détection, car seule la réalité de la distance perpendiculaire est retenue, mais cela n'exclut pas une interprétation fausse de la notion d'interaction entre le groupe et la plateforme, ne serait-ce que pour les individus évoluant sous l'eau. Ainsi, les objets doivent théoriquement être détectés à leur position initiale car l'hypothèse est que les animaux soient distribués de façon indépendante de la position de la ligne. Cela signifie que toute réaction provoque des conséquences problématiques comme une surestimation de la densité (Buckland *et al.,* 2001).

Une autre question est liée à la précision adéquate des mesures. En effet, les mesures sont précises dans ce travail, parce que les observateurs sont qualifiés, l'application du protocole est continu dans le balayage à 180° et des jumelles réticulées sont utilisées pour mesurer précisément les paramètres du relèvement. Néanmoins, il arrive que le reflet du soleil ait pu dégrader la qualité du scrutage visuel ou légèrement influencer quelques mesures dans certains cas d'éblouissement. Très peu de littérature évoque ce sujet pourtant réaliste dans le cas des transects et seule l'orientation des lignes peut améliorer ce problème, ce qui réduit dans ce cas un peu plus la répartition aléatoire de l'effort.

L'estimation par la moyenne des distances perpendiculaires stratifiées a montré que globalement, on surestimait les résultats. Pour autant, estimer une largeur efficace *ESW* en l'absence d'un nombre d'observations statistiques suffisant (Théorème central) revient à violer les hypothèses de base du Distance Sampling.

Néanmoins, ne pas valoriser des distances perpendiculaires finement mesurées, revient à ignorer la capacité de détecter les espèces. Aussi, l'usage du principe du transect de bande est largement utilisé par de nombreux chercheurs en cas de défection à la première règle du Distance Sampling, et les estimations d'abondance relative sont largement extrapolées à partir d'une largeur fixe par population. Le choix de pondérer cette largeur fixe par strate de temps et d'espace, mais surtout par espèce, relève d'une réflexion visant à élargir les possibilités offertes par un paramètre acquis avec rigueur pour chaque unité observée.

Un quatrième point concerne certaines contradictions statistiques contenues dans ce travail. Bien que le respect des hypothèses d'échantillonnage ait été observé et que les densités proposées soient considérées robustes, la question de l'estimation des effectifs peut soulever plusieurs remarques. Il a été noté que selon les espèces, mais également les méthodes, les variances de taille de groupe peuvent être élevées. Cela est dû à au moins deux raisons. La première raison, tient au fait que les tailles de groupes, estimées dans le chapitre III, considèrent des jeux de données exhaustifs, qui regroupent des relevés n'ayant pas le même pas temporel et qui ne sont pas tous issus du transect de ligne. De ce fait, la variabilité saisonnière est incluse. La variabilité méthodologique y est incluse également. Cependant, cela n'exclut pas de comparer les résultats avec une unique méthode, considérée plus scientifique. C'est la raison pour laquelle les estimations sont également proposées pour les espèces les plus fréquentes selon les strates temporelles et spatiales acquises uniquement avec la méthode des transects.

La seconde raison est due aux espèces évoluant sous l'eau qui suggère une sous- estimations ici, comme cela a été suggéré. Malgré cela, aucune détection acoustique n'est incluse dans les estimations d'abondance, en raison de l'impossibilité d'évaluer la taille des groupes. De plus, la distance reste complexe à projeter, car elle dépend de nombreux paramètres (intensité et fréquence caractéristique du son du milieu de propagation, sensibilité de la chaîne d'acquisition). Dans ce travail, les tailles de groupe sont strictement enregistrées et, au moins pour ceux près de la ligne. Quand il ya un doute sur la taille de l'effectif, une estimation est indiquée (minimum et maximum d'animaux). Il s'agit de situations marginales dans le cas d'observations de grands cétacés, car généralement la grande taille des baleines à bosse et les activités observées facilitent les dénombrements, comme cela a été noté dans la méthode de la télémétrie où aucune variance n'a été estimée. Pour les estimations de groupes grégaires, le relèvement est effectué au milieu du groupe comme la méthode le prévoit. Cela soulève la problématique de prendre des mesures sur des groupes dispersés.

Concernant les efforts déployés dans la méthode des transects, ils se situent pour l'essentiel entre la fin mars et la fin mai pour la saison sèche, et octobre /novembre pour la saison humide, avec une concentration au moins d'avril. Cela peut générer une difficulté car les périodes inter-saisons (été, hiver) en raisonnant en 4 saisons, ne sont considérées que grâce aux données d'origine touristique ou opportuniste. Cela ne permet pas réellement de faire des comparaisons entre ces périodes, sauf sur des niveaux d'occurrence ou d'observations, ce qui est assez pratiqué cependant dans cette thématique pour documenter la présence des espèces.

Le choix du mois d'avril s'est basé sur les travaux de Reeves *et al*. (2001) qui à partir de données historiques, proposent cette période comme pic probable de présence des baleines à bosse en Guadeloupe. Pour ce qui concerne la couverture spatiale, il faut rappeler que les blocs géographiques ont été couverts inégalement en 2010, sans prospection de la côte sous le vent et la côte du Nord, essentiellement pour des raisons météorologiques.

Dans les autres méthodes utilisées, la télémétrie par satellite s'est avérée très efficace pour renseigner certaines dates de retour migratoire ou temps de résidence au sein de l'archipel. Cependant, il est plus compliqué d'étudier les liens entre les mouvements suivis par les individus et le milieu océanographique. Cela est dû au fait que, d'une part l'échelle des mouvements des animaux est généralement très inférieure à celle des données océanographiques spatiales (ce qui fut le cas pour les données de chlorophylle), et que d'autre part les mesures dépendent du temps de réponse des individus en surface. Pour résoudre partiellement ce manque d'informations, certaines équipes de chercheurs s'intéressent à renseigner également les comportements sous l'eau des espèces avec des crittercams équipées de capteurs océanographiques pour enregistrer les variables du milieu à l'échelle du mouvement de l'individu (Barlow *et al.,* 2001, 2003). De nombreux obstacles technologiques restent encore à résoudre, tels que la récupération des données, la taille des équipements et la robustesse des capteurs dans les milieux pouvant atteindre de très grandes profondeurs.

Concernant les capteurs, ceux relevant de l'acoustique restent assez performants, en dépit de difficultés technologiques relevant des mêmes contraintes de l'hostilité du milieu. La construction du prototype d'acoustique passive a été motivée par le fait que les capteurs conventionnels dans ce domaine déposés sur les fonds marins sont en général isolés de la surface. Les scientifiques ne savent même pas si leurs instruments fonctionnent correctement jusqu'à ce qu'ils essaient de récupérer leur équipement à la fin d'une expérience. C'est pourquoi dans l'Observatoire acoustique dans l'estuaire du Saint-Laurent, par exemple, à l'initiative de Simard *et al*. (2006), les bouées acoustiques multiples ont été installées avec une transmission en temps réel via les communications par satellite pour l'enregistrement des sons émis par les baleines. Les ondes radio peuvent être utilisées à la place d'un câble comme moyen de transmission pour relier les stations. Dans la conception du prototype Gualiba, la récupération des données se fait à moindre coût, grâce à la connexion Wi-Fi. Il a été envisagé également d'utiliser une connexion standard HYPER LAN (High Performance Radio LAN) développée par l'European Telecommunications Standards Institute (ETSI). Cela permettrait la transmission des données à haute vitesse avec un lien Ethernet sans fil entre l'antenne de la bouée du DCP et une antenne terrestre. Cette solution «idéale» implique un alignement vertical et horizontal des antennes, ce qui n'est pas très convenable avec les mouvements giratoires de la bouée. En outre, une station équipée à terre est nécessaire et le débit de données maximum dépend de la distance des stations de communication et le relief du terrain. Plusieurs points techniques ont été revus lors de la conception du système, comme le placement de la cage contenant l'hydrophone afin d'exécuter des acquisitions correctes de sons. La problématique fut de réaliser une déviation (avec une parfaite symétrie dans sa longueur, sa géométrie et le poids autour de la cage) et d'envisager le ballast de la cage, pour conserver une verticalité parfaite, en dépit des effets des courants. Par ailleurs, le processeur ne peut pas acquérir des données et effectuer les transferts lors de chocs. Ainsi, il est apparu que la bouée du DCP en surface était soumise à des chocs interférant directement avec les seuils de déclenchement d'arrêt du processeur (par coupe-circuit), mettant le système en panne. En dépit d'une préparation importante sur l'isolation du système, il n'a pas été possible dans la version 1 du prototype de traverser les épreuves des chocs et des vibrations sous-marines. Sur la question critique de la consommation d'énergie du système Gualiba, prévue pour 24h/24 et 7/7 jours continus d'enregistrements, les solutions utilisées ont été conformes à une neutralité écologique (panneaux solaires et éolienne) et il a été noté qu'un nouveau composant industriel en tant que matériau alginate (extraits d'algues brunes) pourrait fournir de l'énergie à une batterie, dans des proportions huit fois supérieure à celles des meilleures électrodes graphites.

L'utilisation de la différence de salinité de l'eau de mer et d'eau douce semble proposer également des solutions alternatives pour produire de l'électricité qui non seulement contribuerait à renforcer le stockage d'énergie, mais permettrait aussi d'éliminer des composés toxiques actuellement utilisés pour la fabrication des composants (Yi Cui *et al*., 2011).

Comme dernière remarque sur ce sujet, il convient de noter que plusieurs améliorations du prototype Gualiba sont envisagées tels qu'une plus faible consommation d'énergie par l'amélioration des gains d'enregistrements, une transmission plus rapide des données avec l'usage du WIMAX (Interopérabilité mondiale) et une meilleure étanchéité, avec l'intégration d'une fibre optique dans le câble principal pour une connexion plus fiable entre la partie hydrophone et la partie bouée. L'acoustique passive reste un moyen pertinent pour observer les cétacés. Les résultats obtenus par différentes équipes de recherche ont déjà montré qu'elle était une technique complémentaire et pour certaines applications, la seule possible (Samaran *et al.,* 2008). La communauté scientifique travaille, encore à l'heure actuelle, sur l'optimisation des détecteurs et sur la précision des estimateurs de positions. L'exploitation des données acoustiques dans cette étude est ainsi réduite à un complément de présence des espèces, mais présente des possibilités pour des suivis sur les niches écologiques notamment. D'autres investigations sont maintenant envisagées comme les recherches actuelles sur la reconnaissance de signatures individuelles ou la définition de patrons visant à établir des hypothèses sur le comportement des cétacés et associer certains sons à des actions (comme cela fut montré chez les orques, par exemple).

Bien évidemment, la pertinence de l'utilisation acoustique en milieu marin dépend pour beaucoup de la connaissance que l'on a de ce milieu, comme la bathymétrie, la thermocline, la courantologie… L'intégration essentielle des variations climatiques et océanographiques est nécessaire dans l'archipel pour envisager la mise en place d'un matériel résistant à des conditions extrêmes, mais également adapté aux espèces présentes. La zone d'immersion, les modalités d'installation et de suivi du matériel sont à reconsidérer afin d'optimiser l'opérationnalité du système et sa durabilité. C'est en ce sens que le déploiement progressif d'un Observatoire acoustique efficient peut être envisagé en Guadeloupe.

Sur les aspects traitements dans cette étude, une autre remarque vise à indiquer que le fait d'étudier plusieurs espèces en même temps, complique l'interprétation statistique. En effet, cette approche maximise quelque peu certaines interprétations à partir de corrélation entre des ensembles de données dont les relations étudiées ne sont pas toujours linéaires. Ainsi, la multicolinéarité a été soigneusement évitée, le principe de homoscédasticité n'est pas toujours respecté, car il s'agit de travailler sur plusieurs populations simultanément ne présentant pas aisément une stabilité dans leur variance. Cette remarque est valable surtout pour les analyses sur les variables du milieu.

La méthode Line transect a été au centre de ce travail. Elle est robuste du fait du nombre d'observations largement suffisant. Je souhaiterai toutefois attirer l'attention sur 2 points. Premièrement, le design est particulièrement important. Deuxièmement, il doit représenter plus de 30% de la surface que l'on souhaite couvrir et enfin, les distances perpendiculaires des observations à la trace du bateau dépendent principalement de l'espèce.

Cela revient à dire que le recours doit être considéré espèce par espèce. Et lorsque plusieurs espèces sont considérées, comme c'est le cas ici, il s'agit de trouver un compromis entre 1) les paramètres contraignants de la méthode (surface balayée, ajustement des angles entre les lignes, début et fin de ligne), 2) la faisabilité, c'est-à-dire les contraintes logistiques (nécessité de faire l'ensemble de la campagne en mer en un temps imparti réduit du fait de la mobilisation simultanée d'un nombre conséquent de personnes et des financements) et 3) l'environnement (axe du soleil par rapport à l'axe du bateau, sens de la houle susceptible de ralentir la progression du bateau). C'est cela qui justifie les ajustements (même minimes) réalisés depuis 2007. Ce design est donc crucial pour l'objectif principal visé, c'est-à-dire l'estimation de densité. Notre découpage en quadrats avait pour but de sectoriser l'archipel guadeloupéen. On peut imaginer différentes adaptations, comme des chevauchements, dans le but d'une part, de mieux couvrir la zone que l'on souhaite interpoler et d'autre part, de s'affranchir des ambiguïtés dues aux positions de certains individus à la limite entre 2 quadrats. On peut même pousser plus loin le raisonnement, en proposant l'utilisation de quadrats dynamiques, c'est-à-dire fixés au fur et à mesure de la mission, voire a posteriori. Cette approche permettrait de ne pas avoir à émettre des hypothèses au préalable sur des habitats présumés, de ne pas considérer forcément des surfaces équivalentes pour tous les quadrats, d'avoir plus de liberté ensuite pour travailler sur des niches écologiques fines et de mieux considérer la pression due à l'effort d'observation (concentration des observateurs, position du soleil sur le parcours). Cette réflexion m'a conduit à ne pas dessiner de quadrats *a priori* pour les transects de ligne à St Martin et à St Barthélémy en 2012. Ils pourront être ajustés par la suite, si par exemple l'on souhaite mettre en évidence un habitat ou une sectorisation particulière.

L'acoustique passive a été largement mise en avant pendant mon travail de thèse, tant au cours des missions que dans l'objectif de faire des observations continues. Est-ce une méthode complémentaire aux observations visuelles. Plusieurs points peuvent être avancés. Premièrement, l'acoustique passive est utilisée, dans le cadre de mon travail, comme indicateur de présence. Il s'agit clairement d'un rôle restreint, d'une part parce qu'elle n'est dédiée qu'aux individus qui émettent des sons et d'autre part, parce qu'elle ne renseigne en rien sur l'absence de cétacés. Pour mon travail, j'ai donc placé cette méthode comme confirmation d'observations visuelles (ou en amont de confirmation d'observations visuelles). En ce sens, elle a permis de contribuer à affiner mes résultats sur la sectorisation des espèces et sur la diversité.

En revanche, je n'ai pas eu recours à l'acoustique pour localiser finement des individus. Cela aurait pu être fait avec plus de moyens (utilisation de plusieurs hydrophones synchronisés) que je n'avais pas. Pourtant, ces localisations auraient pu me permettre d'utiliser la déclinaison de Distance Sampling pour l'estimation de densité par acoustique passive.

Cette thématique a été présentée pour la première fois à l'International Workshop on Detection and Localization of Marine Mammals using Passive Acoustics en 2009.

Toutefois, pour pouvoir appliquer correctement cette approche à des enregistrements acoustiques, il est nécessaire de connaître également le nombre d'émissions sonores moyens par individu (Marques *et al*., 2009) :

$$\hat{D} = \frac{n_c \left(- \right.}{K\pi^{2}\hat{P}T\hat{r}}$$

Où n_c est le nombre de sons détectés,

c le nombre de fausses détections,

π^{2} la surface autour d'un hydrophone,

K le nombre d'hydrophones,

P la probabilité de détection,

T le temps pendant lequel l'enregistrement se fait.

Et *r* l'estimation du nombre de sons émis par un individu de l'espèce considérée. C'est ce dernier paramètre qui est extrêmement délicat à fixer.

Enfin, il faut rajouter qu'à ce jour, il n'est pas possible d'extraire l'identité d'un individu à partir des sons qu'il émet. Le recours à la signature acoustique individuelle n'est donc pas non plus une possibilité pour estimer la densité d'une population de cétacés. Le recours aux balises argos est une méthode efficace pour avoir rapidement des informations sur les mouvements de cétacés.

III. Discussion sur le chapitre III : peuplement et structure trophique

Concernant les espèces, 26 espèces de cétacés sont connues dans la Caraïbe (Ward et Moscrop, 1999). Il est intéressant de préciser que de nombreuses informations sur les espèces moins fréquentes que la baleine à la bosse ou le cachalot, sont issues d'échouages ou d'observations considérées opportunistes (Debrot *et al.,* 1998 ; Mignucci-Giannoni, 1998). Les informations issues de la pêche, bien que précieuses également, ne sont pas toujours disponibles avec une estimation des prises en Guadeloupe et de ce fait, des indications sur l'abondance ou la distribution de certaines proies-clefs.

La définition de la structure trophique peut soulever plusieurs questions. La première est qu'un des facteurs considérés les plus influents de la diversité des espèces est la disponibilité de la productivité primaire et ainsi, en général, la richesse va fluctuer selon les niveaux (faibles, modérés ou élevés) de cette productivité (Chase & Leibold 2002). Dans cette étude, la biomasse n'a pas été considérée, ce qui est une limite importante si l'on raisonne sur des catégories trophiques. Ainsi considérer des effectifs peut sembler sans grand intérêt si les masses corporelles des espèces étudiées sont très variables et de ce fait, les transferts d'énergie possibles entre les niveaux trophiques également. Sur le choix des régimes alimentaires qui ont été retenus pour l'étude, une extrapolation a été faite sur le régime alimentaire principal des espèces, mais cela peut fluctuer d'une espèce à une autre, et d'une région à une autre.

Ainsi le sténo est classé en carnivores 2 car l'espèce est connue pour chasser de gros poissons tels que la daurade, *Coryphaena hippurus* (Pitman et Stinchcomb, 2002), tandis que l'on sait également qu'ils peuvent de se nourrir de céphalopodes ou d'autres poissons, comme par exemple l'orphie (*Tylosurus crocodilus*), également retrouvée dans des contenus stomacaux (Miyazaki et Perrin, 1994).

Il semble intéressant de noter que la plupart des proies-clefs citées sont plutôt littorales. Les dauphins de Fraser ont été catégorisés en carnivores 2 également et ils sont réputés pour être souvent un prédateur en Caraïbes du poisson coureur-arc-en-ciel (*Elagatis bipinnulatus*), mais également connus pour consommer des seiches, des crevettes ou des calmars Loliginid *Loligo vulgaris*, (Santos et Haimovici, 1998), indiquant plutôt des préférences alimentaires benthiques ou mésopélagiques selon Perrin *et al.* (1994).

Le grand dauphin est sujet à une abondante littérature sur son régime alimentaire, dont on peut retenir un régime alimentaire varié selon la disponibilité des proies locales et noter que cette espèce semble pouvoir se nourrir de proies évoluant à la fois sur des récifs et sur le sable, que des poissons pélagiques et des céphalopodes, voire des poissons d'eau profonde (Wells et Scott, 1999). Ils sont également présumés pouvoir se nourrir de façon opportuniste sur des engins de pêche.

Pour les teutophages, la plupart des espèces retenues ne consomment pas exclusivement des céphalopodes. Il s'agit cependant d'un régime principal, composé de proies de la famille des Gonatidae (ex. *Gonatus Fabricii*) et *Todarodes sagittatus* pour les cachalots, les baleines à bec et le globicéphale tropical. Une grande partie du régime alimentaire du cachalot se composerait de calmars utilisant des mélanges chimiques bioluminescents selon Clarke (1996), mais également certains poissons démersaux tels que certains requins et de nombreux poissons osseux téléostéens (Rice, 1989). Un calmar géant (*Architeuthis sp.)* a été trouvé dans l'estomac d'un cachalot (Berzin, 1972). Les globicéphales tropicaux semblent se nourrir essentiellement de céphalopodes (Hacker, 1992) et Hernandez-Garcia et Martin (1994) ont documenté des contenus stomacaux composés uniquement de céphalopodes tels que *Todarodes sagittatus* et de petits calmars comme *Cranchia scabra*. Les cachalots nains semblent se nourrir principalement de céphalopodes d'eau profonde, ainsi que les baleines à bec (Jefferson et al., 1993), bien que Cadwell et Cadwell (1989) ajoutent également des poissons et crevettes pour la première espèce. Les péponocéphales sont également classés dans ce travail dans le groupe des teutophages (Jefferson *et al.,* 1993) car les petits calmars constituent l'essentiel de leur alimentation.

Pour les autres espèces, les carnivores 1 sont essentiellement composés de l'abondant dauphin tacheté pantropical, dont le régime semble, selon les auteurs, composé de petits poissons épipélagiques, de calmars et de crustacés (Robertson et Chivers, 1997) avec une prédominance dans certains cas d'espèces méso pélagiques de la famille *Myctophidae* pour les poissons et *Ommastrephidae* pour les céphalopodes.

Concernant cette fois les carnivores 3, il est délicat d'interpréter ce regroupement dû au fait qu'ils peuvent « théoriquement » se nourrir de grands vertébrés. En effet, l'orque pygmée est connue pour consommer principalement des poissons et des céphalopodes et les attaques sur d'autres cétacés sont probablement liées à des rivalités interspécifiques durant des situations de pêches au thon (Jefferson *et al.,* 1993). De même, l'orque n'est pas également systématiquement prédateur ou agresseur des autres espèces de cétacés avec lesquelles elle évolue. Ce classement reste donc préliminaire.

Il n'inclut pas en outre, les activités nycthémérales de certaines espèces, comme cela a été montré par Baird *et al.* (2001) pour le dauphin tacheté pantropical. En effet certaines proies méso pélagiques migrent verticalement vers la surface durant la nuit. L'usage de suivi par Crittercam s'avère ici fort utile pour documenter les occurrences d'espèces nocturnes.

Dans l'archipel de Guadeloupe, aucun élément ne permet actuellement de documenter clairement une concurrence pour les ressources de proies-clefs « potentielles » et ainsi déterminer si c'est un facteur limitant les abondances ou la présence de certaines espèces de cétacés. A la lecture des résultats sur la zone hotspot de Pointe Noire, il ne semble pas y avoir de raison de supposer que la compétition trophique puisse influencer ces descripteurs.

Dans mon travail, les éléments biotiques ont manqué, non par sous-estimation de l'intérêt, mais par la difficulté d'organiser le déploiement de méthodes sur des populations encore peu connues et mal localisées. L'avifaune a été étudiée toutefois, mais les résultats n'ont pas été encore exploités.

IV. Discussion sur le chapitre IV : abondance et distribution

L'étude des habitats nécessite de présumer de variables à considérer et cela nécessite statistiquement d'analyser les corrélations avec un nombre conséquent de données sur des animaux, pouvant effectuer de grands déplacements et passant, de surcroît, une grande partie de leur temps sous l'eau. La difficulté réside ainsi dans le fait qu'il faut un nombre significatif de répliquas sur l'eau sur une aire relativement étendue afin de pouvoir prétendre à l'examen de quelques variables explicatives du statut biologique (abondance et distribution) ou de la représentativité du milieu étudié (habitats).

Il est considéré que 4000 km d'échantillonnage par transects de ligne commencent à être acceptables pour des estimations, ce que de nombreux auteurs appliquent (Rossi-Santos *et al*., 2006 ; Certain *et al*., 2008), en l'absence d'informations préalables. C'est pourquoi, il faut retenir l'intérêt que la démarche d'estimation d'abondance relative a un rôle préliminaire pour obtenir des indicateurs de départ à un suivi de populations, qui peuvent, en outre, être comparés entre les îles présentant des écosystèmes proches et être envisagés sur d'autres strates écologiques dans le temps. Cela ainsi prend un sens plus pondéré car l'évolution d'un indicateur d'abondance relative peut permettre de présumer de variations pour certaines populations, voire des variations des variables de l'environnement elles-mêmes.

Bien que l'utilisation d'indices pour évaluer les populations de petits mammifères soit très controversée, la plupart des études actuelles montrent que l'utilisation d'indices reste toujours la méthode la plus courante d'évaluation des populations faute de pouvoir utiliser un modèle pour de petites tailles de populations. Les premières tendances d'occurrences obtenues (approche IKA) représentent une échelle arbitraire. La méthodologie IKA est un premier estimateur d'abondance relative, mais elle doit être enrichie avec d'autres éléments de variations : heure de la prospection, nombre de prospections dans chaque quadrat. Interpréter une densité dans le temps et ses variations peut être péremptoire car l'évolution d'une courbe peut être influencée par l'amélioration de l'effort ou de l'intensité de couverture spatiale. Dans ce contexte, il a paru sensé de ne pas considérer les analyses spatio-temporelles pour ce descripteur. Les résultats sur les estimations densité relative obtenues pour une partie des Caraïbes *versus* Atlantique ont été comparés à la densité relative obtenue par les enquêtes dans le survol aérien de 2008 en Février (Van Canneyt *et al.,* 2009).

La densité de baleine à bosse proposée dans cette étude sur l'ensemble de la Z.E.E en Février est de 0,001 individus au km². La projection de l'abondance relative (équivalent au calcul R(x) dans ce travail), suggère à partir de peu d'observations, une abondance relative de 160 baleines (min 50 à max 300 baleines) sur la totalité du sanctuaire Agoa et 170 cachalots (min 50 et max 400), soit une densité inférieure à 0,0001 cachalot au km². Selon ces résultats, l'abondance relative en février serait pour la baleine à bosse à peu près la même dans tout le sanctuaire que celle constatée en Guadeloupe sur une saison seulement, sans estimation de stock intersaisons. Pour le mois d'Avril le stock en Guadeloupe est trois fois supérieur à ces estimations et beaucoup moins pour le cachalot. Cela peut provenir de deux raisons. La première est que les auteurs avaient peu de données (55 observations pour toutes les espèces sur tout le sanctuaire) pour effectuer les estimations. La seconde raison vient du mois de référence durant lequel on peut supposer que moins de baleines à bosse et plus de cachalots sont détectables dans la Z.E.E. Swartz *et al.* (2001, 2003) proposent une abondance provisoire de baleines à bosse de 532 (CV 0,36, 95% CI 260-1,088) pour le plateau de Porto Rico et Iles Vierges insulaire à partir de 31 observations. Le ratio de détections acoustiques par rapport aux détections visuelles dans ces travaux est estimé à 8 :1, ce qui suggère que les méthodes visuelles sous-estiment grandement la densité des baleines à bosse (Noad et Douglas, 2001). Les estimations de baleines à bosse proposées dans ce travail sont basées sur un nombre important d'observation (n=66) apportant de la robustesse au résultat. Cependant, les données ont été regroupées afin d'affiner chaque strate saisonnière de la densité prédictive (taille de groupe attendue) de la saison concernée, car cette approche est autorisée pour prendre en compte les variations de chaque strate. Reeves *et al.* (2001) indiquent dans leurs analyses des rapports de chasse baleinière dans les Caraïbes (cf. Chapitre I) que pour la Guadeloupe, un stock plausible aurait pu avoisiner alors 325 individus en Avril et 512 baleines pour l'archipel de Guadeloupe avec une zone de chasse plus intense autour de Marie-Galante, de la Désirade et de Petite Terre. Des baleiniers consignent dans leur rapport qu'ils ont constaté la présence de baleines à bosse durant 47 jours consécutifs. Les auteurs soulignent que d'après les écrits, aucune base baleinière ne semblait aussi citée et fréquentée pour les îles des petites Antilles françaises que celle de Guadeloupe où le cachalot était également chassé entre Marie-Galante et la Désirade. A titre d'anedocte indiquant l'importance de la zone, un des baleiniers, le « Rising Sun » a passé six saisons d'hiver pour la chasse à la baleine près de Marie-Galante dans les périodes de 1875 à 1883 (Reeves et al., *op cit.)* et leurs journaux indiquent qu' un minimum de 20 autres navires de chasse étaient présents dans le même endroit, durant les saisons 1875-1877, 1880 et 1883, pour la chasse à la baleine. La zone dite de Marie-Galante pourrait correspondre à la niche écologique du Banc Colombie (Q2) et celle de Petite Terre (Q13) également où des densités élevées sont enregistrées pour cette espèce. Les Saintes (Q3) servaient également de base à quelques navires de chasse, et notamment de cachalots.

Il est établi que la fidélité des animaux à des sites de reproduction existe chez de nombreux mammifères (Greenwood, 1980) et qu'elle est un facteur déterminant pour la structure d'une population (Olivieri *et al*., 1995). Ainsi Les baleines à bosse pourraient avoir une fidélité forte non seulement aux aires d'alimentation, mais aussi aux lieux de reproduction (ou du moins la tendance pour ces animaux pour revenir aux mêmes endroits). Cela tendrait à suggérer que les populations actuelles pourraient être liées, de façon matriarcale, à des animaux présents du temps de la chasse à la baleine. Les mixités génétiques dans les zones de reproduction sont suggérées également (Palsboll *et al.,* 1997a). Une des hypothèses, basée sur la résilience possible de certaines populations de baleines à bosse, comme suggéré dans Clapham et Mead (1999), est de considérer une reconstitution possible du stock dans certains blocs géographiques autour de la Guadeloupe (sud et au vent).

Cependant, près de 90 ans après l'arrêt de la chasse en Guadeloupe pour insuffisance de ressources, il n'est pas possible de proposer une croissante ou décroissance des populations à partir de ces indices et les stocks ne peuvent pas être comparés de cette façon. Ainsi, de nouvelles approches peuvent être utilisées pour estimer aujourd'hui une croissance plausible pour les baleines à bosse comme dans Zerbini *et al.* (2010) en utilisant les paramètres d'histoire de vie, de changements dans l'environnement, de dépendance de densité ou d'autres facteurs naturels. Un point de vue réaliste sur les estimations de l'abondance pourrait suggérer sans comparaison quantitative, que la période de chasse à la baleine a sans doute appauvri les stocks de baleines à bosse à la fin supposée de cette période de la chasse en 1924, à l'exception d'autres raisons de mortalité non naturelle. La discussion est ouverte en Guadeloupe à 3 hypothèses.

La première présume que depuis la fin de la chasse, les stocks se reconstituent. La seconde propose que le repeuplement en Guadeloupe soit possible par des baleines qui ont changé leur destination de leurs aires de reproduction. La troisième aurait pu supposer que l'archipel de Guadeloupe n'est pas une zone de reproduction mais seulement un couloir possible à destination d'autres aires, ce qui engendrerait des irrégularités dans les estimations de stocks. Cette dernière hypothèse n'est pas retenue, car, les modèles de comportements observés pour cette espèce confirment que l'archipel de Guadeloupe est utilisé pour des activités de reproduction et d'allaitement. Concernant les autres estimations d'abondance, seules des densités comparatives ont été disponibles avec des zones de la Grande Caraïbe.

Concernant la distribution, et plus précisément les variables qui ont été retenues, ainsi que les habitats suggérés, voire les niches écologiques, certaines comparaisons sont ouvertes vers le travail déjà effectué en Caraïbe et plus largement, si l'information caribéenne était peu documentée.

Pour *Steno bredanensis*, il a été noté que l'espèce se trouve le plus souvent dans les eaux profondes loin des côtes, généralement au-delà du plateau continental (Maigret, 1995). Pourtant, vers les Canaries, *S. bredanensis* a été trouvé dans les eaux de profondeur moyenne 506 m, avec une distance moyenne à la côte seulement de 4,4 km (Ritter, 2002). En Guadeloupe, cette étude renseigne une profondeur moyenne de 315 m, avec un minimum à 15 m et un maximum à 1358 m, représentant typiquement les habitats distincts (niche du sec de Pointe Noire et niche de la station 8) des deux groupes actuellement répertoriés. Les distances moyennes mesurées en Guadeloupe sont proches de celles mesurées par Ritter (2002), soit 5,002 km.

Dans cette étude, *Stenella attenuata* est situé en moyenne à 1077,56 m de profondeur avec le minimum situé à 200 m de fond et le maximum à 1602 m. Dans le reste de la Caraïbe, on constate que deux niveaux d'informations sont disponibles : d'une part des groupes évoluant dans de très grandes profondeurs, loin de la pente continentale supérieure, allant jusqu'à 2500 m (Baumgartner *et al.,* 2001) et d'autre part, des moyennes enregistrées entre 328 et 1367 m dans les zones plus côtières. L'espèce est à la fois détectée à proximité des côtes et des îles (Leatherwood *et al.,* 1976), et au large dans les eaux profondes comme dans le golfe du Mexique. Cette espèce est suggérée parapatrique dans le golfe du Mexique (Mullin et Hansen, 1999), et sympatrique (Mignucci-Giannoni, 1998) vers Porto Rico, avec notamment le dauphin tacheté de l'atlantique. Il est confirmé en Guadeloupe que cette espèce est sympatrique, partageant ainsi certains espaces avec le dauphin de Fraser, le péponocéphale, mais également le globicéphale tropical et ne semble pas occuper un territoire adjacent, bien que ces observations soient souvent liées à des activités jugées de chasse ou d'alimentation.

Concernant l'abondance, cette espèce est jugée la plus abondante dans le golfe du Mexique (Baumgartner *et al*., 2001 ; Mignucci Giannoni, 1998), et présumée être dans le Nord de la Caraïbe, le cétacé de loin le plus abondant (Mullin et Hoggard, 2000). Les résultats de ce travail confirment les conclusions de ces auteurs en zone côtière pour l'archipel de Guadeloupe.

Winn *et al*. (1975) ont indiqué que 99% de leurs observations de baleines à bosse se situent sur des bancs de profondeur <183 m, bien que certaines observations furent en eaux profondes. Le gradient bathymétrique proposé dans ce travail est à 189,81 m pour un effectif maximum, avec une moyenne de 229,16 m (mini : 10 m pour une mère et un petit, et maxi 1200 m pour 2 individus non catégorisés).

Les cachalots sont connus pour évoluer plutôt en côte-sous-le-vent en mer des caraïbes entre les îles et le long des pentes continentales (Watkins et Moore, 1982), le long et au large de l'isobathe 1000 m dans le Golfe du Mexique (Mullin *et al*., 2000 ; Würsig *et al.,* 2000 ; Mullin et Foulage 2004) et sur des gradients de profondeurs raides plutôt que superficielle (Davis *et al*., 1998). Selon Mignucci-Giannoni (1998), dans le nord-est des Caraïbes les cachalots semblent être plus fréquents au cours de l'automne et en hiver. En Guadeloupe, avec la méthode des transects, les rencontres semblent relativement stables entre le printemps et la fin de l'automne, tout autant que le taux de juvéniles, bien que les densités soient supérieures en saison humide.

Le globicéphale tropical a été aperçu dans des profondeurs >500 m, comme suggéré par Taruski et Winn (1976) sur des eaux profondes et principalement sur le bord du plateau continental et près de canyons sous-marins profonds (Carwardine, 1995). Selon Davis *et al*. (1998) *G. macrorhynchus* évolue dans le golfe du Mexique sur des profondeurs situées entre 600 et 1000 m. En Guadeloupe, le gradient à l'isobathe 1000 est retenu et les moyennes pour cette espèce sont situées à 1118,33 mètres avec un min de 1000 m et max de 1300 m. A Porto Rico, l'espèce serait observée plus en hiver qu'au printemps (Mignucci-Giannoni, 1998) avec à peu près le double de stock selon l'auteur, tandis qu'en Guadeloupe, elle n'a été observée en saison humide qu'à partir de 2009, puis sur les deux saisons en 2010 et en 2011 en intégrant les données de la dernières campagne de saison humide, ce qui lui a conféré un statut plutôt semi-résidentiel. Cependant, les stocks les plus importants sont observés actuellement en saison sèche à partir du mois de Janvier dans l'archipel. Il a été indiqué une saisonnalité marquée dans la répartition des globicéphales dans trois endroits du monde et dans le sud de la Californie, l'abondance saisonnière des baleines dites pilotes pourrait être corrélée avec l'abondance saisonnière des calmars. Ce point est peu commenté dans la Caraïbe.

Pour les baleines à bec, il a déjà été évoqué qu'elles pourraient être relativement fréquentes dans la Caraïbe (Debrot, Van canneyt *et al*., 2009), hypothèse qui semble se confirmer à l'examen les taux de rencontre au moins de la famille des *Ziphiidae* en Guadeloupe. Mead (1989) suggère que *M. europeaus* préfère les eaux profondes. En Guadeloupe, un groupe a été observé sur 750 mètres de fonds en mars 2008 à moins de 3 km des côtes, car il s'agissait de la côte-sous-le-vent. Une autre observation pour cette espèce a été transmise par voie opportuniste en mai 2008 (individus différents) à des profondeurs supérieures à 800 mètres de fonds. Par ailleurs, hormis les observataions restées non classées, *Ziphius cavirostris* a été enregistré en Guadeloupe à 1119 mètres de profondeur.

Bien que l'espèce soit mal connue, *Stenella clymene* est présumé avoir une distribution large et la télémétrie par satellite a montré que l'espèce est capable de se déplacer sur des distances considérables, ce qui peut indiquer un domaine vital et des mouvements migratoires importants.

En Guadeloupe, la seule observation a été enregistrée à 820 m de profondeur et à 8,90 km des côtes.

Les orques pygmées sont assez peu documentées en Caraïbe et une information indique que selon des baleiniers de Saint-Vincent, l'espèce était rencontrée tout au long de l'année, laissant supposer un statut de résidence (Ross et Leatherwood, 1994). Les auteurs ajoutent que l'examen d'un statut migratoire pour cette espèce reste délicat car les effectifs sont trop peu nombreux. En Guadeloupe, les observations ont été effectuées sur une moyenne de 543,83 m de profondeur, avec grande variance et une affinité à l'intérieur de l'isobathe 200 m. Le statut de migratrice ou tropicale errante (Carwardine, 1995) n'est pas précisé dans la littérature.

Le cachalot nain vit généralement près de la rive selon Jefferson *et al*. (1993.) ou sur le bord du plateau continental (Carwardine, 1995). Rarement vue en mer, l'espèce reste peu connue et peu documentée. Carwardine (1995) suggère qu'il peut probablement plonger à des profondeurs d'au moins 300 m sur de longues périodes. En Afrique, l'espèce est observée toute l'année au large des cotés africaines. En Guadeloupe, les cachalots nains ont été assez bien documentés dans ce travail, avec des distances à la cote de 5,69 km en moyenne et un minimum de 1470 m des côtes. L'espèce évolue sur 526 m de profondeur en moyenne, avec des variances allant de 23 mètres de fonds avec des petits en hiver jusqu'à 1000 mètres sur des groupes d'adultes au printemps.

Le dauphin de Fraser est connu pour s'approcher très près de la côte (100 m) uniquement dans les îles entourées d'eaux profondes, par exemple, les Petites Antilles, comme le suggère Carwardine (1995). En Guadeloupe, il est observé à 14,68 km des côtes en moyenne (min : 8,57 et max : 27,6) sur des profondeurs allant de 686 m à 1927 m de profondeurs.

Le dauphin tacheté pantropical est rarement trouvé dans les eaux tempérées (Carwardine, 1995). Les groupes peuvent être trouvés aussi près de la côte à moins de 16 miles nautiques (Reyes, 1991). En Guadeloupe, la moyenne est de 14,25 km des côtes (min : 3.28 et max : 32) avec un grand nombre d'observations disponibles pour cette espèce. Dans l'archipel, les profondeurs moyennes auxquelles sont observées les groupes de *S. attenuata* sont de 1016,70 m avec min de 113 m et max de 1800 et seulement 3% des groupes observés dans un rang inférieur à 600 m, 42% entre 600 et 1000 m et 55% au-delà. Ce qui confirme l'exploitation des habitats principalement pélagiques, mais ponctuellement néritiques de l'espèce en eaux tropicales.

Pour le grand dauphin, les recherches au cours des 20 dernières années ont abouti à reconnaître cette espèce comme cosmopolite. Bien qu'ils tendent à être principalement côtiers, ils peuvent également être trouvés dans les eaux pélagiques (Wells et Scott, 1999). Ils peuvent exploiter une grande variété d'habitats incluant des zones côtières peu profondes (entre 0,5-20 m). En Guadeloupe, la moyenne est de 209 m de profondeur avec des variations selon les groupes considérés, allant de 3 m (niche de Petite Terre en Q13) à 1000 m (niche de Pointe Noire en Q5) pour le groupe dit « de Kahouanne » avec une distance à la côte de 3,52 km pour ce groupe pélagique et 456 m pour le groupe côtier de Petite Terre. En intégrant les groupes du Sud, la distance à la côte maximale a été de 13,57 km du littoral.

Concernant les associations interspécifiques, il est indiqué en caraïbes des évènements entre baleine à bosse et globicéphale (documenté en Guadeloupe une fois) et également entre *Sténo bredanensis* et baleine à bosse (Mattila et Clapham, 1989), phénomène constaté et photographié à deux reprises en Guadeloupe, avec une proximité importante entre les deux espèces.

Ce que l'on peut retenir de ces comparaisons, est que globalement, peu de documentation existe sur certaines espèces rares, et *a fortiori*, sur l'occurrence des espèces en saison humide en Caraïbe, car comme précisé pour l'île de la Dominique dans Gordon *et al.* (1998), la plupart des recherches en Caraïbe ont été effectuées plutôt en saison sèche durant l'hiver pour des raisons liées principalement aux conditions cycloniques. Gordon ajoute que cela implique que la distribution et l'abondance pour la plupart des cétacés restent pauvrement documentées durant cette période. Les travaux menés dans cette étude en saison humide, ont en effet été amplement dégradés par des conditions parfois difficiles (queue cyclonique par exemple). Aussi, il convient par prudence d'indiquer que la plupart des espèces observées en Caraïbe, sont plus « accessibles » en saison sèche, comme le précise Caldwell et Caldwell (1995) pour les îles de St Vincent, entre janvier et avril.

Les facteurs que j'ai utilisés dans le cadre de mon travail sont des facteurs généraux classiques, et non spécifiques à la Guadeloupe. La motivation de décrire des habitats est différente suivant que l'on étudie une population de résidents (grans dauphins de Petite Terre) ou temporaires (baleines à bosse). Ceci étant dit, la distribution de toutes les espèces observées ici (cf. Chapitre. 4) est singulière : les baleines à bosse évoluent préférentiellement dans le sud-est de l'archipel, les cachalots principalement sur la façade de la Mer des Caraïbes. Même si, bien évidemment, le biais est connu pour ces observations visuelles (observations à un instant précis dans des conditions particulières donc pas généralisable à toute l'année), il est d'ores et déjà possible de parler de préférence de sites. Les paramètres les plus influents (directs ou indirects) sont probablement la proximité d'un tombant, la proximité à la côte, les courants (vent et marin). La poursuite des observations pour les années à venir devraient conforter ces hypothèses. Pour conclure cette première partie, je suis convaincue que le déploiement simultané de plusieurs méthodes était la solution, et que cela était nécessaire pour atteindre les objectifs je me suis fixés.

CONCLUSION

Tursiops truncatus, 8 avril 2010, Petite Terre, transect de ligne, N.Gandilhon.

CONCLUSION

L'archipel de Guadeloupe présente une biodiversité remarquable, avec 17 espèces de cétacés présentes de façon avérée dans l'espace marin côtier. En outre, cinq autres espèces restent probables. A partir de la richesse spécifique estimée entre 22,5 et 26,9 espèces, on peut relever que près de 5 à 10 espèces seraient encore à documenter. Cependant, l'investissement de recherche, les aléas climatiques du milieu tropical, les caractéristiques de la distribution et les caractères biologiques de ces espèces rendent difficiles l'examen de cette diversité, comme cela a été montré dans cette étude. Grâce à 720 observations collectées réparties en 518 visuelles et 202 acoustiques, ainsi que 389 recueils de facteurs abiotiques (latitude, longitude, distance à la côte, distance à l'isobathe 1000m, distance à l'isobathe 200m et bathymétrie) et 113 supplémentaires (température de surface, salinité et courantologie), certains résultats ont pu être exposés et des propositions sur la répartition et les habitats émises.

En premier lieu, nous nous sommes intéressés à la structure du peuplement ainsi qu'au statut de résidence des populations de cétacés dans l'archipel de Guadeloupe et à leur catégorisation trophique. Il a pu être noté que 71% des occurrences de cétacés et 70% des groupes observés dans le peuplement appartiennent aux odontocètes. 12 espèces de delphinidés ont été recensées dans cette étude entre 2007 et 2011, ce qui représente 67% des odontocètes de Guadeloupe et près de 33% des espèces de dauphins connus dans le monde. Parmi les delphinidés résidents permanents ou réguliers, le dauphin tacheté pantropical, *S. attenuata*, et le grand dauphin, *T. truncatus,* ont été observés de façon sectorisée selon les secteurs géographiques, suivis du sténo, *S. bredanensis*, et du dauphin de Fraser, *L. hosei*. D'autres petits delphinidés comme l'orque pygmée, *F. attenuata*, ou le dauphin tacheté de l'Atlantique, *S. frontalis*, peuvent être rencontrés occasionnellement en saison sèche ou humide, tandis que le dauphin à long bec, *S. longirostris*, le péponocéphale, *P. electra* et le dauphin de Clymène, *S. clymene* ont été rarement documentés et uniquement en saison sèche. Les grands delphinidés sont également recensés en Guadeloupe, tels que le globicéphale tropical, *G. macrorhynchus*, espèce semi-résidente, ou les espèces plus temporairement décrites comme l'orque, *O. orca* ou le pseudorque, *P. crassidens*.

Parmi les odontocètes, on compte également, dans l'archipel, le cachalot, *P. macrocephalus*, résident régulier observé pratiquement tout au long de l'année (sauf 2 mois) ainsi que le cachalot nain, *K. sima*, espèce occasionnellement vue principalement en saison sèche au cours des mois de février, avril, mai et décembre. Les baleines à bec, rarement rencontrées dans l'archipel incluent des observations en saison sèche de la baleine à bec de Cuvier, *Z. cavirostris* et celle de Gervais, *M. europaeus*. Toutefois, dans la famille des ziphiidés, 7 mois différents ont été associés à au moins une observation de la famille sur des individus non identifiés, ce qui suggère que certaines espèces de ce groupe taxonomique pourraient être semi-résidentes ou occasionnelles. Les delphinidés restent largement dominants avec un poids relatif dans l'ensemble des observations de 78% en saison humide et de 67% en saison sèche. Bien que l'on constate que les 5 saisons sèches sont hautement productives en termes d'observations comparativement à la saison humide, certaines espèces ont une fréquence relativement stable entre la saison humide et la saison sèche comme le dauphin de Fraser, le globicéphale tropical et le dauphin tacheté de l'Atlantique. Le dauphin tacheté pantropical, le grand dauphin et le sténo présentent des taux d'occurrence supérieurs en saison humide ainsi que l'orque pygmée et le cachalot nain.

A partir de l'estimation des taille des groupes, il a été possible d'indiquer que le peuplement se scindait en plusieurs catégories : les espèces grégaires comme le *stenella attenuata*, avec des groupes variant entre de 16 à une centaine d'individus ou le dauphin de Fraser, avec de 3 à 147 individus. La seconde catégorie est composé de groupes plus petits, comme pour les grands dauphins, entre 4 à 11 individus ou le sténo, de près de 3 individus à plus de 14 pour des tailles moyennes variant selon les méthodes d'étude. Parmi les grands cétacés, le cachalot présente de petits groupes structurés de 1 à plus de 3 animaux, sauf une observation de nurseries en saison humide, et pour la baleine à bosse, il s'agit de groupes de taille comparable, entre 1,57 et 2,85 individus.

Le taux de juvéniles indique que le cachalot présente un taux relatif de juvéniles élevé (27%), puis la baleine à bosse (22%), le grand dauphin (13%) et le cachalot nain (12%), autre espèce chez *Physétéridés*. Le dauphin tacheté pantropical, pourtant espèce la plus abondante, a le taux le moins élevé dans les comptages parmi les autres populations de delphinidés (6,05 %contre 8,08 %pour le sténo ou 10,87% pour le dauphin de Fraser).

A partir de régimes alimentaires théoriques, il est suggéré que le peuplement en termes d'espèces se compose de 59% d'espèces carnivores, 35 % d'espèces teutophages (représenta suelement 7% des effectifs) et 6% d'espèces planctonophage-piscivore, représentées dans cette étude uniquement par *M. noaveangliae.*

Il a été distingué dans ce travail, les espèces les plus fréquentes, celles les plus observées ainsi que celles les plus rencontrées.

Concernant la distribution, on note que ce sont la bathymétrie, la latitude ou la longitude, selon le nombre de données analysées, qui sont les variables qui peuvent expliquer de façon préliminaire la distribution du peuplement. L'originalité qui ressort nettement de l'ensemble des analyses est que la répartition spatiale est sectorisée d'est en ouest.

50% des cétacés de l'archipel côtier de Guadeloupe évoluent à moins de 8 km des côtes et 30%, entre plus de 8 et 12 km des côtes. 30% du peuplement a été observé à l'intérieur de l'isobathe 200m dans la zone néritique du large plateau continental, 20% sur cette courbe et les 50% restant, au-delà. 64% du peuplement se situe par ailleurs à l'intérieur de l'isobathe 1000m plus 8% ayant une affinité bathymétrique à ce proxy.

Le peuplement se scinde en 3 groupes pour la fréquentation par niveau de profondeur, avec 48% des espèces évoluant entre 0 et 500m, 24 % de 501m à 1000m et 28% au-delà des 1000m. Les odontocètes se répartissent majoritairement entre 8 et 12km des côtes. Par ailleurs, les affinités bathymétriques montrent que les odontocètes évoluent pour environ 20% des observations sur le plateau continental (<200m), 40% sur le talus supérieur (201-1000m) et 40% sur la pente faible (1001-2000m).

Si l'on s'intéresse à ce que cette étude a renseigné pour les espèces principales, on peut noter en un court résumé, leur profil biologique et écologique.

- le dauphin tacheté pantropical

Selon le niveau de méthode utilisée, on note que le dauphin tacheté pantropical (*S. attenuata*) est dans l'ensemble des relevés, l'espèce la plus rencontrée à l'heure (IHR : 0,065), ce qui cependant n'est pas le cas sur l'ensemble de l'archipel, mais presqu'exclusivement en côte-sous-le-vent, incluant la zone nord de la Mer des Caraïbes.

En effet, cette espèce dominante dans le peuplement en termes d'effectifs, présente la densité la plus élevée (0,052 individus.km^{-2}, % CV 90,16). Il semble que l'isobathe 200 m et la latitude puissent expliquer en partie cette abondance. Aucune occurrence n'a été renseignée sur la façade atlantique côtière pour cette espèce et il est désormais avéré que cette espèce évolue en toutes saisons sur la façade côtière de la Mer des Caraïbes. Dans les estimations réalisées, il est suggéré qu'entre 230 et 300 dauphins tachetés pantropicaux pourraient évoluer en Guadeloupe et plus particulièrement dans les stations des ilets Pigeon et de la Pointe Ferry ainsi que le nord de la Mer des Caraïbes.

- le cachalot

Dans cette étude, c'est un des teutophages géolocalisés à la plus grande profondeur (1800 mètres) et le plus éloigné des côtes (36 km). Comme le dauphin tacheté pantropical, cette espèce est dans l'archipel principalement contactée en côte-sous-le-vent dans les stations des ilets Pigeon et de la Pointe Ferry, à des profondeurs proches de l'isobathe 1000 m. Concernant les cachalots, il semble que l'espèce apparaisse plus occurrente en saison sèche qu'en saison humide avec le poids des méthodes focales, avec une moyenne respective de 13,31 (%CV 34,22) pour la première saison et de 9,80 (%CV 116,12) pour la seconde saison, bien que leurs effectifs de juvéniles restent stables (30,30 en saison humide contre 27,78 en saison sèche). Dans la méthode des distances perpendiculaires, on observe que la densité relative est approximativement trois fois plus élevée en saison humide (0,013 individus.km^{-2},% CV 155,63) qu'en saison sèche (0,005 individus.km^{-2},% CV 49,44). Cela pourrait signifier que les méthodes focales et notamment les observations touristiques surestiment l'occurrence du cachalot en saison sèche par un grand nombre de relevés focalisés sur l'espèce, tandis qu'avec une méthode plus étalée sur l'ensemble de l'archipel et des saisons, on constate que les tailles de groupe moyen sont plus importantes en saison humide. Concernant la taille de ces populations, une première estimation la situe entre 10 à 52 cachalots selon les méthodes.

- le grand dauphin

Le grand dauphin a une densité relative dans l'archipel de 0,016 individus.km^{-2} (% CV 108,17) et elle est deux fois plus élevée en saison humide, qu'en saison sèche avec respectivement 0,026 individus.km^{-2} (%CV 105,5) contre 0,010 individus.km^{-2} (%CV 108,20*)*. En termes de répartition spatiale, la densité relative la plus élevée pour le grand dauphin se situe dans le bloc Sud de l'archipel avec 0,040 individus.km^{-2} (%CV, 89,17) sur 1376,03 km², puis avec des valeurs relativement beaucoup plus faibles, sur la façade Atlantique avec 0,008 individus.km^{-2} (%CV 110,22) sur une surface totale de 1391,42 km², En côte-sous-le-vent, la densité est proche de celle du bloc C, avec 0,006 individus.km^{-2} sur 1111,29 km². Leur répartition spatiale semble différenciée par la bathymétrie et la latitude.

Une évaluation préliminaire indique qu'environ 81 à 103 dauphins (maximum 137), dont 61 identifiés, pourraient évoluer sur 5278,69 km² d'espace côtier, avec l'hypothèse de sous-populations réparties respectivement sur Petite Terre (Q13), le canal des Saintes (Q3), Marie-Galante (Q15), la Pointe Ferry (Q6) et la station Q1 (Ilet Gosier).

- la Baleine à bosse

Parmi les mysticètes, la baleine à bosse (*M. novaeangliae),* espèce migratrice dont la présence est reportée massivement en saison sèche principalement de janvier à fin mai, pourrait être semi-résidente ou temporaire durant la période de reproduction dans l'archipel de Guadeloupe. Pour l'analyse de la distribution de la baleine à bosse, une première analyse n'a pas considéré les 3 variables supplémentaires (salinité, température de surface et courant). Les résultats indiquent, que la distance à l'isobathe 200 et la latitude sont les variables principales pouvant expliquer leur répartition spatiale. Les baleines à bosse sont côtières avec la plus proche vue à 274 m et avec des effectifs optimums (taille de groupe) situés à 189,81 m de profondeur et 56% des groupes géo localisés entre 0 et 200 m de fonds, l'autre moitié évoluant sur le talus supérieur. C'est la première espèce rencontrée en considérant l'effort accompli, dans l'archipel côtier, toutes espèces confondues. Les densités utilisées pour les strates géographiques à partir de l'analyse en Distance Sampling indiquent : 0,010 individus.km^{-2} (% CV 61,32) avec un nombre de groupes moyen contacté au km de 0,0008 (%CV 60,77) en façade côtière de la Mer des Caraïbes (1111,29 km²), puis 0,034 individus.km^{-2} (% CV 30,02) pour le Sud avec 0,028 groupes.km^{-1} dans le Sud de l'archipel (1376,03 km²), 0,031 individus.km^{-2} (% CV 31,22) avec des rencontres par km de 0,025 groupes en façade Atlantique côtière (1391,42 km²) et 0,019 baleines à bosse.km^{-2} (% CV 50,09) avec 0,012 groupes. km^{-1} (%CV 49,42) dans le Nord.

La densité totale arrêtée sur l'ensemble des saisons sèches est de 0,026 baleines à bosse.km^{-2} (% CV 20,67) avec une taille de groupe attendue estimée à 1,619 individus (% CV 7,22%) IC95% [1,401-1,870] et 0,020 groupe. km^{-1} (%CV 18,59%).

Cela permet de proposer deux estimations de stocks. En avril, le résultat dynamique indique que le stock de baleines à bosse (2008-2011) tend vers 449 baleines (% CV 21,95), IC95 [292-691], à partir des tailles de groupes attendues.

Pour l'ensemble de l'archipel de Guadeloupe côtier environ 442 baleines (% CV 19,29), IC95% [302-645] ont été présentes sur les périodes de saisons sèeches considérées (2008 à2011) dans l'archipel marin côtier de Guadeloupe.

Concernant leur cycle migratoire et leurs statuts régionaux de résidence, une aire d'alimentation probable située vers l'Islande a été renseignée puis on a montré que le même individu pouvait résider quelques jours dans l'archipel.

Par l'acoustique passive, nous avons montré à partir de 2009, avec 2 hydrophones et un pas régularisé à une tendance d'un essai toutes les 2 mn, que la baleine à bosse représente pour les saisons sèches 92,7% des observations acoustiques, suivie du cachalot (5,2%), le reste étant réparti en cétacés NI. La saison humide inclut des émissions sonores d'espèces non reconnues, soit 46% des acquisitions, suivies du cachalot (31%) et des delphinidés (23%).

Ce travail ouvre des perspectives à plusieurs niveaux :

1. D'un point de vue biologie/écologie

Nous souhaiterions poursuivre cette étude en l'étendant aux zones voisines de l'archipel guadeloupéen, car les informations extraites de la littérature et nos échanges avec les scientifiques de la Région montrent des intérêts semblables et des préoccupations voisines, comme par exemple le travail de S. Gero en Dominique ou notre travail sur les baleines à bosse : la distribution et leurs mouvements dans cette région. Pour cette espèce en particulier, on s'intéresse aux interactions entre individus, à la fréquentation des différents hotspots, et aux routes migratoires. Notre équipe a d'ailleurs initié une thèse sur ces déplacements. Nous avons également la volonté également de faire une comparaison des chants en différents endroits de la région, afin de mettre en évidence certaines distinctions locales. Enfin, la fréquentation de la Guadeloupe, notamment leurs dates d'arrivée et de départ, leur nombre durant la saison de reproduction, est une information importante tant au niveau scientifique qu'utile dans des programmes de conservation, voire de contribuer à la caractérisation du réchauffement climatique.

2. D'un point de vue économique

Les Antilles Françaises sont actives économiquement et ont un rôle important dans l'économie de la Caraïbe. Nous avons listé les différentes activités d'origine humaine qui pourraient avoir un impact plus ou moins important sur les différentes catégories de cétacés que nous avons recensées dans l'archipel. Nous souhaiterions placer ce travail comme une contribution aux liens directs ou indirects des activités anthropogéniques et la présence des cétacés, notamment via les conclusions sur leur degré de résidence. Inscrire un travail d'observation à long terme reposant sur les protocoles proposés dans cette étude permettrait d'avoir une idée précise des modifications éventuelles de fréquentations de ces espèces.

3. D'un point de vue méthodologie

Au cours de cette étude, nous avons déployé des nouvelles méthodes d'observation en Guadeloupe, comme par exemple l'utilisation de jumelles infra-rouges. Il y a d'autres méthodes que nous souhaiterions mettre en œuvre rapidement : l'analyse génétique, notamment en ce qui concerne les groupes de résidents avec des populations fermées ou plus ouvertes ; le recours à des drones pour la mise en place d'une observation récurrente à moindre coûts (financiers et humains) ; la poursuite de notre programme acoustique par le déploiement de nouvelles stations (semi-) permanentes. L'ensemble de cela vise à répondre à des objectifs scientifiques précis, qui sont le recensement, la caractérisation des habitats et le comportement.

Ce travail pluridisciplinaire a mobilisé des acteurs de différentes cultures et de différentes compétences. Il s'inscrit dans une démarche volontaire d'une meilleure connaissance des cétacés, de leur protection et de conservation de l'archipel guadeloupéen et, plus largement du nouveau sanctuaire pour les mammifères marins des Antilles françaises, AGOA.

BIBLIOGRAPHIE

A

Adam, O., Lopatka, M., Laplanche, C., Motsch, J.F. (2005): "Sperm Whale Signal Analysis Comparison Using the AutoRegressive Model and the Daubechies 15 Wavelet Transform". WEC (2) 2005: 188-195.

Adam, O. (2006). "Advantages of the Hilbert Huang Transform for Marine Mammals Signals Analysis, Journal of the Acoustical Society of America (JASA)". 120(5), p. 2965-2973, 2006.

Adam, O. (2007). « Analyse de densités sonores et recommandations ». Linda Life, WWF, France.

Aguilar Soto, N., Johnson, M., Madsen, P., Tyack, P., Bocconcelli, A. and Borsani, J.F. (2006). "Does intense ship noise disrupt foraging in deep-diving cuvier's beaked whales (ziphius cavirostris)?" Marine Mammal Science, Vol. 22(3), pp.690 - 699.

Alegre, F., Alonso, J.M., Degollada, E., Lopez, A. (1995). "The first Risso's dolphin (*Grampus griseus*) mass stranding described on the Mediterranean coast of the Iberian peninsula". European Research on Cetaceans, 9:156.

Aliaume, C. (1990). « Ichtyofaune des herbiers à Thalassia du Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe. Organisation spatio-temporelle du recrutement. Liaisons avec les variables de l'environnement ». Thèse de doctorat, Univ. Paris VII, 226 pp.

Anderson, P. (1995). "Competition, predation, and the evolution and extinction of Steller's sea cow, *Hydrodamalis gigas*". Marine Mammal Science, 11: 391-394.

Au, WWL., Mobley, J., Burgess, WC., Lammers, MO. and Nachtigal, PE. (2000). "Seasonal and diurnal trends of chorusing hump-back whales wintering in waters off western Maui". Mar Mamm Sci 16:530–544.

Au, D. W. K., Perryman, W. L. and Perrin, W. F. (1979). "Dolphin distribution and the relationship to environmental features in the eastern Tropical Pacific". NMFS/SWFC Admin. Rep. No. LJ-79-43, 59 pp.

Au, D. W. K. and W. L. Perryman. (1985). "Dolphin habitats in the eastern tropical Pacific". Fish. Bull. 83: 623-643.

Augris C., Durand F., Paulmier G., Chauvaud S., (2000). « Carte des formations superficielles du plateau insulaire de la Martinique ». 4 feuilles. Échelle 1/25 000.Éd. Ifremer - Conseil général de la Martinique.

Augris, C., Clabaut, P., Durand, F., Mazé, JP. , and Satra C. (2003). « Les fonds marins du plateau insulaire de la Guadeloupe et de la Martinique », Carte des formations superficielles. Échelle 1/100 000. Édition Ifremer - Conseil Général de la Martinique.

Augris, C., Assor, R., Clabaut, P., Grotte, A., and Ondréas H. (1992). « Carte des formations superficielles du plateau insulaire de la Guadeloupe », 10 feuilles. Échelle 1/25 000. Édition Ifremer - Conseil Général de la Guadeloupe.

Aurioles, D. & Trillmich, F. (2008). "*Zalophus japonicas*". In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 08 December 2011.

B

Baelde, P. (1986). "La faune ichtyologique du lagon du Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe. Structure des peuplements et contribution à l'étude de la biologie d'Archosargus rhomboïdalis (Sparidae) et d'Ocyurus chrysurus (Lutjanidae)", Thèse de doctorat, Univ. Aix-Marseille II, 225 pp.

Baillargeon ; S., (2005) : "Le krigeage: revue de la théorie et application à l'interpolation spatiale de données de précipitations". Mémoire de la faculté des sciences et de génie de l'université Laval, Québec, 128 pages.

(http://www.theses.ulaval.ca/2005/22636/22636.pdf).

Baird, RW., Ligon, AD., Hooker, SK., Gorgone, AM. (2001). "Subsurface and nighttime behaviour of pantropical spotted dolphins in Hawaii". Can J Zool 79: 988-996.

Baird, R.W., McSweeney, D.J., Webster, D.L., Gorgone, A.M. & Ligon, A.D. (2003). "Studies of odontocetes population structure in Hawaiian waters: results of a survey through the main Hawaiian islands in May and June 2003". Report Contract no. AB133F-02-CN-0106, 25 pp.

Baird, R.W., Gorgone, A. M., McSweeney, D. J., Webster, D. L., Salden, D. R., Deakos, M. H., Ligon, A. DSchorr, G. S., Barlow, J. and Mahaffy, S. D. (2008a). "False killer whales (*Pseudorca crassidens*) around the main Hawaiian Islands: long-term site fidelity, inter-island movements, and association patterns". Marine Mammal Science 24: 591-612.

Baird, R.W., Webster, D.L., Mahaffy, S.D., Mc Sweeney, D.J., Schorr, G.S., Ligon, A.D. (2008). "Site fidelity and association patterns in a deep-water dolphin: Rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) in the Hawaiian Archipelago". Mar Mamm Sci 24: 535-553.

Baker, C.S., Perry, A., Herman, LM. (1987). "Reproductive histories of female humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the North Pacific". Mar Ecol Prog Ser 41.103-114.

Balcomb, K. C., and G. Nichols, Jr. (1982). "Humpback census in the West Indies", report of the International Whaling Commission 32:401-406.

Barlow, J. (1999). "Trackline detection probability for long-diving whales". Pp. 209–221 in Marine mammal survey and assessment methods (G. W. Garner, S. C. Amstrup, J. L. Laake, B.F.J, Manly, L.L. McDonald, and D. G. Robertson, eds.). A.A. Balkema, Brookfield, Vermont.

Baumgartner, M. F. (1997). "The distribution of Risso's dolphin (*Grampus griseus*) with respect to the physiography of the northern Gulf of Mexico". Mar.Mamm. Sci. 13(4):614-638.

Baumgartner, M. F., K. D. Mullin, L. Nelson May, and T. D. Leming. (2001). "Cetacean habitats in the northern Gulf of Mexico". Fishery Bulletin 99:219-239.

Beaubrun, P., Capoulade, F., and Mayol, P. (2005). "Visual detection of large cetaceans from High Speed Crafts in order to limit the risks of collision: Context, results and applications", Joint ACCOBAMS/Pelagos workshops on fin whale and collisions. Monaco, 12 - 15 November 2005 (com. or.).

Berta, A. and Churchill, M. *In press*. "Pinniped taxonomy: review of currently recognized species and subspecies, and evidence used for their description". Mammal Review.

Bertran, P., Bonnissent, D., Imbert, D., Lozouet, P., Serrand, N., and Stouvenot, C. (2004). « Paléoclimat des Petites Antilles depuis 4000 ans BP: l'enregistrement de la lagune de Grand-Case Saint-Martin ». Comptes Rendus Geosciences, Volume 336, Issue 16, Pages 1501-1510.

Berzin, A.A. (1972). "The sperm whale". Pacific Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow. (Transl. from Russian 1971version by Israel Program for Sci. Transl., Jerusalem).

Boisseau, O., Carlson, C., and Seipt, I. (2000). "A Report on Cetacean Research Conducted by the International Fund for Animal Welfare (IFAW) off Guadeloupe, Dominica, Martinique, Grenada and Tobago from 12 January to 30th March 2000. Unpublished Report to the International Fund for Animal Welfare.

Bolaños-Jiménez, J., Fertl, D. & Iñíguez. (2008). "Killer whale (*Orcinus orca*) occurrence in Venezuelan waters, 2001 2008". Paper IWC/60/SC/SM8 presented to the International Whaling Commission, Santiago de Chile.

Bonner, W. N. (1980). "Whales". The Blandford Press, Poole, Dorset. 196 pp.

Bonhomme R., and Varlet Grancher, C. (1973). « Evaluation de l'énergie solaire en Guadeloupe. In. "Le Soleil au Service de l'Homme ». UNESCO.

Bouchon C., and Laborel, J. (1990). « Les peuplements coralliens du Grand Cul-de-sac Marin de Guadeloupe (Antilles françaises) ». Ann. Inst. Océanogr. Paris, 66 (1-2) : 19-36.

Bouchon-Navaro, Y. (1980) "Quantitative distribution of the Chaetodontidae on a fringing reef of the Jordanian coast (Gulf of Aqaba, Red Sea)". Tethys9: 247–251

Bouchon Navaro, Y., Bouchon, C., Harmelin-Vivien, M. (1985). « Impact of coral degradation on a Chaetodontid fishassemblage (Moorea, French Polynesia)". Proceedings of the Fifth International Coral Reef Symposium, Tahiti; Vol. 5: 427–432.

Bouchon-Navaro, Y. (1986) "Partitioning of food and space resources by chaetodontid fishes on coral reefs". Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 103: 21–40, http://dx.doi.org/10.1016/0022-0981 (86)90130-9.

Bouchon, C., Bouchon-Navaro, Y., and Louis, M. (1993). « Etude des communautés marines de la Pointe de Folle-Anse (Marie Galante) », Rapport CEMINAG : 15 pp.

Bouchon, C., Bouchon-Navaro, Y., and Louis, M. (1995). « Les biocénoses marines côtières de l'île de Saint-Martin ». Étude scientifique pour la création d'une réserve naturelle. Rapport UAG, 41 pp.

Bouchon, C., Bouchon-Navaro, Y., Chauvaud, S., and Louis, M. (1995). « L'environnement marin côtier des îles de Petite Terre (Guadeloupe) ». Juillet 1995 : 21 pp.

Bouchon- Navaro, Y. (1997). « Les peuplements ichtyologiques récifaux des Antilles. Distribution spatiale et dynamique temporelle », Thèse de doctorat, Université des Antilles et de la Guyane, 242 pp.

Bouchon-Navaro, Y., Bouchon, C., Kopp, D., Louis, M. (2006). "Weight-length relationships for 50 species collected in the seagrass beds of the Lesser Antilles", Journal of Applied Ichtyology, 22 (4): 322-324.

Bouchon-Navaro, Y., Bouchon, C., Louis, M., and Legendre, P. (2005). "Biogeographic patterns of coastal fish assemblages in the West Indies", Journal of experimental marine biology and ecology, vol. 315, no1, pp. 31-47.

Bouchon, C., Portillo, P., Bouchon-Navaro, Y., Max, L., Hoetjes, P., Braithwaite, A., 12 Roach, R., Oxenford, H., O' Farrel, S., Day, O. (2008a). "Status of the coral reefs 13 of the Lesser Antilles after the 2005 bleaching event". In: Wilkinson C, Souter 14D (eds) Status of Caribbean coral reefs after bleaching and hurricanes in 2005. 15 Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research 16 Centre, Townsville, pp152.

Bouchon, C., Portillo, P., Bouchon-Navaro, Y., Louis, M., Hoetjes, P., De Meyer, K., 18 Macrae, D., Armstrong, H., Datadin, V., Harding, S., Mallela, J., Parkinson, 19R., van Bochove, J., Wynne, S., Lirman, D., Herlan, J., Baker, A., Collado, L., 20 Nimrod, S., Mitchell, J., Morrall, C., Isaac C. (2008b). "Chapter 19. Status of 21 coral reefs of the Lesser Antilles: The French west indies, The Netherlands 22 Antilles, Anguilla, Grenada, Trinidad & Tobago." In:

Wilkinson C (ed) Status 23 of coral reefs of the world 2008. Global Coral Reef Monitoring and Reef and 24 Rainforest Research centre, Townsville, Australia, p265-279.

Bourgeois-Lebel, S. (1982). « Crabes de la Guadeloupe », Bulletin APBG (Association des professeurs de Biologie-géologie), 9: 32-57.

Bowles, A.E., Smultea, M., Würsig, B., De Master, D.P. and Palka, D. (1994). "Relative abundance and behaviour of marine mammals exposed to transmissions from the Heard Island Feasibility Test," J. Acoust. Soc. Am. 96 (4):2469-85.

Briggs, J.C., (1974). "Marine Zoogeography". New York: McGraw-Hill. 1995. Global Biogeography. Amsterdam: Elsevier.

Buckland, S. T., D. R. Anderson, K. P. Burnham, and J. L. Laake. (1993). "Distance sampling: estimating abundance of biological populations". Chapman and Hall, London, 446 pp.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. and Thomas, L. (2001). "Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations". Oxford University Press, Oxford, UK. Vi +xv+432pp.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K. P., Laake, J.L., Borchers, D.L. and Thomas, L. (2004). "Advanced Distance Sampling. Estimating abundance of biological populations", Oxford: Oxford University Press, 434p.

Burnham, K. P., D. R. Anderson, and J. L. Laake. 1980. "Estimation of density from line transect sampling of biological populations". Wildlife Monographs 72:8–202.

C

Caballero, S., F. Trujillo, J. A. Vianna, H. Barrios-Garrido, M. G. Montiel, S. Beltrán-Pedreros, M. Marmontel, M. C. Santos, M. Rossi-Santos, F. R. Santos, and C. S. Baker. (2007). "Taxonomic status of the genus Sotalia: species-level ranking for "tucuxi" (*Sotalia fluviatilis*) and "costero" (Sotalia guianensis) dolphins". Marine Mammal Science 23: 358--386.

Caballero, S., Islas-Villanueva, V., Tezanos-Pinto, G., Duchene, S., Delgado-Estrella, A., Sanchez-Okrucky, R. and Mignucci-Giannoni, AA. (2011). "Phylogeography, genetic diversity and population structure of common bottlenose dolphins in the Wider Caribbean inferred from analyses of mitochondrial DNA control region sequences and microsatellite loci: conservation and management implications". Animal Conservation doi:10.1111/j.1469-1795.2011.00493.

Caldwell DK Caldwell, MC. (1989). "Pygmy sperm whale *Kogia breviceps* (de Blainville, 1838); Dwarf sperm whale *Kogia simus* Owen, 1866". In: Handbook of Marine Mammals (Ridgway SH, Harrison SR, eds.) Vol. 4: River Dolphins and the Larger Toothed Whales. Academic Press, London, pp. 235-260.

Calambokidis, J., Falcone, E.A., Quinn, T.J., Burdin, A.M., Clapham, P.J., Ford, J.K.B., Gabriele, C.M., LeDuc, R., Mattila, D., Rojas-Bracho, L., Straley, J.M., Taylor, B.L., Urbán R., J., Weller, D., Witteveen, B.H., Yamaguchi, M., Bendlin, A., Camacho, D., Flynn, K., Havron, A., Huggins, J. and Maloney . (2008). "SPLASH: Structure of Populations, Levels of Abundance and Status of Humpback Whales in the North Pacific". Final report for Contract AB133F-03-RP-00078, available from cascadia Research, Olympia, WA.

Calambokidis, J., G. S. Schorr, G. H. Steiger, J. Francis, M. Bakhtiari, G. Marshall, E. Oleson, D. Gendron and K. Robertson. (2007). "Insights into the underwater diving, feeding, and calling behavior of blue whales from a suction-cup attached video-imaging tag (Crittercam)". Marine Technology Society Journal 41:15–25.

Calambokidis, J., and J. Barlow. (2004). "Abundance of blue and humpback whales in the eastern North Pacific estimated by capture-recapture and line-transect methods". Marine Mammal Science 20(1):63–85.

Chase, J.M. and M.A. Leibold. (2002). "Spatial scale dictates the productivity-biodiversity relationship". Nature 416: 427-430.

Campan, R. and F. Scapini. (2002). « Éthologie: approche systémique du comportement ». Ouvertures psychologiques De Boeck Université. Bruxelles.

Campbell, G. S., Bilgre, B. A., & Defran, R. H. (2002). "Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Turneffe Atoll, Belize: occurrence, site fidelity, group size, and abundance". Aquatic Mammals, 28(2): 170-180.

Cardona-Maldonado, MA, Mignucci-Giannoni AA. (1999). "Pygmy and Dwarf Sperm Whales in Puerto Rico and the Virgin Islands, with a Review of Kogiain the Caribbean". Caribbean Journal of Science 35(1-2):29-37.

Carlson, C., (2009). "A review of whale watches guidelines and regulations around the world Version 2009". 182 pp. (PDF 1394 KB)

Carillo, M. & Lopez-Jurado, L.F. (1998). "Structure and behaviour of a Blainville's beaked whale (*Mesoplodondensirostris*) group in Tenerife (Canary Islands)".World Mar. Mamm. Sci. Conf.20–24 January, 1998, Monaco (Abstract).

Catzeflis F. et Gandilhon N. 2012. « Chap. Les mammifères marins des côtes de la Guyane ». Pp 83-87. In : « Guyane Océane ». Guiral, D., Le Guen, R. (ed.), EDITIONS ROGER LE GUEN.480 pp.

Carwardine, M. (1995). "Whales, dolphins and porpoises". Dorling Kindersley, London, UK, 257 pp.

Cerchio, S., Jacobsen, J.K., Cholewiak, D.M., *et al.* (2005). "Paternity in humpback whales, *Megaptera novaeangliae*: assessing polygyny and skew in male reproductive success". Animal Behaviour 70: 267-277.

Certain G, Ridoux V, van Canneyt O, Bretagnolle V. (2008). "Delphinid spatial distribution and abundance estimates over the shelf of the Bay of Biscay". International Council for the Exploration of the Sea: 656-666.

Chao, A. (1987). "Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. Biometrics". 43: 783-791.

Chaperon, P., L'Hôte, Y., Vuillaume, (1983). « Source Cahiers ORSTOM. Série Hydrologie ». G 20 (3-4), p. 149-178. ISSN 0008-0381.

Chapman, DMF. & Ellis, DD. (1998). "The elusive decibel: thoughts on sonars and marine mammals". Can Acoust, 26:29–31, ISSN 07116659

Charlton-Robb, K., Gershwin, L-a., Thompson, R., Austin, J., Owen, K., *et al.* (2011). "A New Dolphin Species, the Burrunan Dolphin Tursiops australis sp. nov., Endemic to Southern Australian Coastal Waters". PLoS ONE 6(9): e24047. doi:10.1371/journal.pone.0024047.

Charrassin, J.-B. & Ridoux, V. (2010). Encyclopédie Universalis. « La chasse à la baleine », pp. 163-169.

Chauvaud, S. (1997). « Cartographie par télédétection à haute résolution des biocénoses marines côtières de la Guadeloupe et de la Martinique. Estimation de la biomasse et de la production primaire des herbiers à Thalassia testudinum ». S.L. : S.N., thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 242 p.

Chivers, S.J., Baird, R. W., McSweeney, D.J., Webster, D.L., Hedrick, N.M., and Salinas, J. C. (2007). "Genetic variation and evidence for population structure in eastern NorthPacific false killer whales (*Pseudorca crassidens*)". Canadian Journal of Zoology 85:783–794.

Clapham, P.J. and Baker, C.S. (2002). "Modern whaling". *In:* Perrin, W.F., Würsig, B., and Thewissen, J.G.M. (eds.). Encyclopedia of Marine Mammals, pp. 1239-1243. Academic Press, San Diego. (eds.)

Clapham, P. (2001). "Why do baleen whales migrate? A response to Corkeron and Connor". Mar. Mamm. Sci 17, 432–436.

Clapham, P.J. and Mead, J.G. (1999). "*Megaptera novaeangliae"*. Mammalian Species 604, 1-9.

Clapham, P.J., and P.J. Palsbøll. (1997)."Molecular analysis of paternity shows promiscuous mating in female humpback whales (*Megaptera novaeangliae*, Borowski)". Proceedings of the Royal Society of London Part B, 264:95-98.

Claridge, D.E. & Balcomb, K.C. (1995). Photo-Identification of dense beaked whales (*Mesoplodon densirostris*) in the Northeastern Bahamas. 11th Bien. Conf. Biol. Mar. Mamm. 14–18 December 1995, Orlando, FL (Abstract).

Clark, C.W. & Clapham, P.J. (2004). "Acoustic monitoring on a humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) feeding ground shows continual singing into late spring". Proceedings of the Royal Society of London B 271: 1051-1057.

Clarke, M.R. (1996). "Cephalopods as Prey. III. Cetaceans". Philos. Trans.R. Soc. Lond., Ser. B, 351: 1053-1065.

Clarke, R. (2004). "Pygmy fin whales". Marine Mammal Science 20:329—334.

Coleman, B.D. (1981). « Random placement and species-area relations". Mathematical Biosciences 54: 191-215.

Comité de bassin de la Guadeloupe. (2003). "Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) ", S.L. : Comité de bassin de la Guadeloupe, 152 p.

Committee on Taxonomy. (2011). "List of marine mammal species and subspecies". Society for Marine Mammalogy, www.marinemammalscience.org, consulted on [24 December 2011].

Corredor, J. E., and J. M. Morel. (2001). "Seasonal variation of physical and biogeochemical features in Eastern Caribbean surface water". Journal of Geophysical Research 106(C3):4517-4525.

Cuzange. (2011). Les pressions anthropiques s'exerçant dans le sanctuaire pour les mammifères marins aux Antilles françaises (Agoa). (Juillet 2011). Etude réalisée pour l'Agence des aires marines protégées dans le cadre de la création du sanctuaire pour les mammifères marins aux Antilles françaises (Agoa). Par l'Université des Antilles et de la Guyane, UFR Sciences Exactes et Naturelles, Laboratoire DYNECAR, 163p.

D

Dalla Rosa, L., Secchi, E.R., Maia, Y.G., Zerbini, A.N. and Heide-Jorgensen, M.P (2008). "Movements of satellite-monitored humpback whales on their feeding ground along the Antarctic Peninsula". Polar Biology, 31: 771-781.

D'Amico, A. and Verboom, W. (1998). "Summary record and report of the SACLANTCEN Bioacoustics, Marine Mammal Policy, and Mitigation Procedures Panels", 15-19 June 1998. SACLANTCEN Marine Mammal Environmental Policy and SACLANTCEN Marine Mammal and Human Divers: Risk Mitigation Rules (SACLANTCEN M-133, SACLANCT Undersea Research Center,La Spezia, Italy; 128pp).

Dalebout, M. L., J. G. Mead, C. S. Baker, A. N. Baker, and A. L. van Helden (2002). "A new species of beaked whale *Mesoplodon perrini sp.* n. (Cetacea: Ziphiidae) discovered through phylogenetic analyses of mitochondrial DNA sequences". Marine Mammal Science 18:577--608.

Darling, J.D. & Berube, M. (2001). "Interactions of singing humpback whales with other males". Mar. Mammal Sci. 17: 570-584.

Davis, R. W., G. S. Fargion, N. May, T. D. Leming, M. Baumgartner, W. E. Evans, L. J. Hansen, and K. Mullin. (1998). "Physical habitat of cetaceans along the continental slope in the north-central and western Gulf of Mexico". Mar. Mamm. Sci. 14 (3): 490–507.

Davis, R. W., J. G. Ortega-Ortiz, C. A. Ribic, *et al.* (2002). "Cetacean habitat in the northern oceanic Gulf of Mexico". Deep-Sea Research Part I 49:121–142.

Davis, RW, Evans, W.E., and Würsig, B., eds. (2000). "Cetaceans, sea turtles and seabirds in the northern Gulf of Mexico: Distribution, abundance and habitat associations". Volume II: Technical Report. Prepared by the Texas Institute of Oceanography and the National Marine Fisheries Service. US Dept. of the Interior, Geological Survey, Biological Resources Division, USGS/BRD/CR-1999-0006 and Minerals Management Service, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA. OCS Study MMS 2000–002. 346 pp.

Dawson, S., Wade, P., Slooten, E. and Barlow, J. (2008). "Design and field methods for sighting surveys of cetaceans in coastal and riverine habitats". Mammal Review, 38: 19–49.

Debrot, A. O. and N. B. Barros. (1994). "Additional cetacean records for the Leeward Dutch Antilles". Mar.Mamm. Sci. 10:359-368.

Debrot AO, Barros NB. (1992). "Notes on a Gervais' beaked whale, *Mesoplodon europaeus*, and a dwarf sperm whale, *Kogia simus*, stranded in Curacao, Netherlands Antilles". Mar Mamm Sci 8: 172-178.

Debrot, A. O., J. A. De Meyer, and P. J. E. Dezentje. (1998). "Additional records and a review of the cetacean fauna of the Leeward Dutch Antilles". Caribbean Journal of Science 34:204-210.

Debrot, A. O., Witte, R. H. and Scheidat, Meike. (2011). "The marine mammals of the Dutch Caribbean (2011): a comparison between EEZ sectors, contrasts and concerns" SC/63/E9.

Deecke, V.B., Slater, P.J.B. and J.K.B. Ford. (2002). "Selective habituation shapes acoustic predator recognition in harbour seals". Nature 420:171-173.

Dempster, T. and Kingsford, M.J. (2003) "Homing of pelagic fish to fish aggregating devices (FADs): an investigation of the role of sensory cues". Mar. Ecol. Prog. Ser. 258, 213-222.

Dhermain, F., Dupraz, F., Dupont, L. Keck, N. Godenir, J. Cesarini, C., Wafo, E. (2011) : « Recensement des échouages de cétacés sur les côtes françaises de Méditerranée. Années 2005-2009 ».Dhermain, paru dans la revue du Parc National de Port Cros, Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr., volume n°25, p. 121-142,25: 121-141 (2011).

Direction Régionale de l'Environnement (DIREN Guadeloupe). (2002). « Définition d'un programme de suivi des eaux littorales », Dossier S.I.E.E. A. CT, 990402 V4.

Directions Régionales de l'Environnement (DIREN Martinique, DIREN Guadeloupe). (2008). "Scientific workshop synthesis for the French West Indies Sanctuary creation, presented to the French management comitee", Intl report, 10pp.

Diaz, N., Doray, M., Gervain, P., Reynal, L., Carpentier, A. et Lagin, A. (2001), « Pêche des poissons pélagiques hauturiers et développement des DCP ancrés en Guadeloupe », Rapport national présenté au WECAFC Ad Hoc Working Group on the Development of Sustainable Moored Fish Aggregating Device Fishing in the Lesser Antilles, Martinique.

Dolar, M. L. L. (1999). "Abundance, distribution and feeding ecology of small cetaceans in the eastern Sulu Sea and Taiion Strait, Philippines". Ph.D. dissertation, University of California, San Diego, CA. 241 pp.

Dolar, ML. (2009). "Fraser's Dolphin - *Lagenodelphis hosei"*. In: Encyclopedia of marine mammals, 2nd Ed. (Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM, eds.) Academic Press, Amsterdam, pp. 469- 471.

Domning, D. (1996). "Bibliography and index of the Sirenia and Desmostylia". Smithsonian Contributions to Paleobiology 80:1—611.

Don E. Wilson & Dee Ann M. Reeder (editors). (2005). "Mammal Species of the World". A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed), Johns Hopkins University Press, 2,142 pp. (Available from Johns Hopkins University Press).

Doray, M., Reynal, L., Carpentier, A., (2002). "Les pêcheries de poissons pélagiques hauturiers aux Petites Antilles en 2001 ». In Rapport de la 1ère réunion du groupe de travail FAO Petites Antilles pour le développement durable de la pêche associée aux DCP ancrés. Le Robert, Martinique, 8-11 Octobre 2001. FAO Fisheries Report, 386.

Doray, M. (2006). « L'agrégation de thons de sub-surface au sein du système [DCP ancré - macronecton - environnement - pêche] en Martinique : étude hiérarchique par méthodes acoustiques, optiques et halieutiques ». PhD Thesis, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes (ENSAR).

Dufresne, S., Fletcher, D., and Dawson, S. (2006). "The effect of line-transect placement in a coastal distance sampling survey". J. CETACEAN RES. MANAGE. 8(1):79–85, 2006 79.

E

Erdman, D. S. (1970). "Marine mammals from Puerto Rico to Antigua". Journal of Mammalogy 51:636-639.

Erdman, D. S., J. Harms, and M. Marcial Flores. (1973). "Cetacean records from the northeastern Caribbean region". Cetology 17:1-14.

Erikstad KE, Moum T, Vader W (1990). "Correlations between pelagic distribution of common and Brünnich's guillemotsand their prey in the Barents Sea". Polar Res 8:77–87

Evans, P.G.H., Lewis, E.J., and Fisher, P. (1993). "A Study of the Possible Effects of Seismic Testing Upon Cetaceans in the Irish Sea," Sea Watch Foundation, Oxford, December 1993.

Evans, W. E. (1975). "Distribution, differentiation of populations, and other aspects of the natural history of *Delphinus delphis* Linnaeus in the northeastern Pacific". Doctoral dissertation, Univ. California, 164pp.

Evans, P.G.H. (1987). "The Natural History of Whales and Dolphins". Christopher Helm, London. Xvi+343pp.

Evans, P. (1997). "Dominica, Nature Island of the Caribbean: A Guide to dive sites and marine life". Volume 4. Ministry of Tourism, Government Headquarters, Roseau, Dominica. Faygate Printing, Sussex. 28 pp.

Evans P.G.H, Hammond P.S. "Monitoring cetaceans in European waters". Mamm. Rev. 2004;34:131–156. doi:10.1046/j.0305-1838.2003.00027.x

Evasion tropicale. (2006). « Etat des échouages et situations de détresse des mammifères marins dans l'archipel de la Guadeloupe » – rapport DIREN Guadeloupe 1998 à octobre 2006. 34p.

F

Farrugio, H. (1975). « Observations sur deux langoustes de la Martinique Panulirus argus et Panulirus gustatus. Première données bimométriques et étude comparée de leurs croissances relatives », Sciences et Pêches, Bull. Inst. Pêches. Marit. 247 : 11-20.

Ferry, C., & Frochot, B. (1958). « Une méthode pour dénombrer les oiseaux nicheurs ». Terre Et Vie 12, pp. 85-102.

Frantzis, A. (1998). ''Does acoustic testing strand whales?'' Nature. London. 392,29.

Frankel A. S., 1998. Sound production in: Perrin W. F., Wurisg B., Thevissen J. M. G. (Eds), Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press, San Diego, USA, pp. 1126-1137.

Fretey, J. (1990). « tortues marines. In : La grande encyclopédie de la Caraïbe», Tome 5, p. 182-187.

Fristrup, KM, Hatch, LT, and Clark, CW. (2003). "Variation in Humpback whale (Megaptera novaeangliae) song length in relation to low-frequency sound broadcasts," J. Acoust. Soc. Am., 113:3411-342.

Fontaine P.H., (2005). « Baleines et phoques »: Biologie et écologie, Multi mondes, Québec, 432p.

Forney, K.A., Barlow, J., and Carretta, J.V. (1995). "The abundance of cetaceans in California waters: Part II. Aerial surveys in winter and spring of 1991 and 1992". Fishery Bulletin 93:15-26.

Forney, K. A. (2000). "Environmental models of cetacean abundance: reducing uncertainty in population trends". Conservation Biology 14(5):1271-1286.

Forney, K. A., R. W. Baird and E. M. Oleson. (2010). "Rationale for the 2010 revision of stock boundaries for the Hawaii insular and pelagic stocks of false killer whales, *Pseudorca crassidens"*. PSRG-2009-11. 5.

G

Gates, C. E. 1979. "Line transects and related issues". Pages. 71–154. In R. M. Cormack, G. P. Patil, D. S. Robson, editors. Sampling biological populations. International Cooperative, Fairland, Maryland, USA.

Gandilhon, N. et Girou, E. (2007). « Abondance et Distribution des Mammifères marins dans l'Archipel guadeloupéen », report BREACH DIREN Guadeloupe, 64p.

Gandilhon, N., Girou, E. (2008). « Abondance et Distribution des Mammifères marins dans l'Archipel guadeloupéen ». Rapport BREACH DIREN Guadeloupe 60 p + appendices.

Gandilhon, N., Adam, O, and Louis, M. (2009); "Marine mammals Abundance and Distribution in Guadeloupe archipelago", report BREACH/Dynecar/CNPS, DIREN Guadeloupe, 64p.

Gandilhon, N., Adam, O., and Louis, M. (2010). "Using passive acoustics for marine mammal observations: multidisciplinary observatories, materials and software", International Review of Physics, 4(1), p. 20-28.

Gandilhon, N., Gervain, P., Nolibe, G., Louis, M. and Adam, O. (2010). "A Creation of an Autonomous System on Moored Fish Aggregating Device (FAD) for a Permanent Acoustic Monitoring of Marine Mammals and other Perspectives for Marine Environment Attention, Guadeloupe", F.W.I, 63th Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute (GCFI), Puerto Rico (com. or).

Gannier, A. and K. L. West. (2005). "Distribution of the Rough-Toothed Dolphin (Steno *bredanensis*) around the Windward Islands (French Polynesia)". Pacific Science 59(1):17-24.

Gaskin, D. E. (1982). "The Ecology of Whales and Dolphins". Heinemann Educational Books Ltd., London, 459 p.

Gratton, Y., (2002) : « Le krigeage : la méthode optimale d'interpolation spatiale ». Disponible : http://www.iag.asso.fr/articles/krigeage_juillet2002.htm.

Geisler, J. H. and M. D. Uhen. (2005). "Phylogenetic relationships of extinct cetartiodactyls: results of simultaneous analyses of molecular, morphological, and stratigraphic data". Journal of Mammalian Evolution 12:145-160.

Gero, S. (2005). "Fundamentals of sperm whale societies: care for calves". M.Sc. thesis, Department of Biology, Dalhousie University, Halifax, Canada, 99 pp.

Gero, S., and Whitehead, H. (2006). "Opportunistic sightings of small cetaceans off the leeward

shore of the Commonwealth of Dominica". Report to the Small Cetacean Subcommittee at the 58th annual meeting of the International Whaling Commission (SC/58/SM1).

Gero, S., Gordon, J., Carlson, C., Evans, J. & Whitehead, H. (2007). "Population estimate and inter-island movement of sperm whales, *Physeter macrocephalus*, in the Eastern Caribbean". Journal of Cetacean Research and Management 9(2): 143-150.

Gero, S., Engelhaupt, D., & Whitehead, H. (2008). "Heterogeneous social associations within a sperm whale, *Physeter macrocephalus*, unit reflect pairwise relatedness". Behavioral Ecology and Sociobiology, 63, 143–151.

Gordon, J., Moscrop, A., Carlson, C., Ingram, S., Leaper, R., Matthews, J., and Young, K. (1998). "Distribution, movements and residency of sperm whales off the Commonwealth of Dominica, Eastern Caribbean: Implications for the development and regulation of the local whale watching industry". Report of theInternational Whaling Commission 48:551–557.

Gómez de Segura, A., Hammond, P.S., Cañadas, A., Raga, J.A. (2007). "Comparing cetacean abundance estimates derived from spatial models and design-based line transect methods". Marine Ecology Progress Series 329: 289-299.

Greenwood, PJ. (1980). "Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. Anim Behav." 28:1140–1162.

Griffin, R.B. and N.J. Griffin. (2004). "Temporal variation in Atlantic spotted dolphin (Stenella frontalis) and bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) densities on the west Florida continental shelf". Aquatic Mammals 30: 380-390.

Guinet, C. (1992). « Comportement de chasse des orques (*Orcinus orca*) autour des îles Crozet ». Canadian Journal of Zoology, 70, 1656–1667.

Guinet, C., Barrett-Lennard, L. G. & Loyer, B. (2000). "Co-ordinated attack behavior and prey sharing by killer whales at Crozet Archipelago: strategies for feeding on negatively-buoyant prey". Marine Mammal Science, 16, 829–834.

Guinet, C., Domenici, P., de Stephanis, R., Barrett-Lennard, L., Ford, J.K.B. and Verborgh, P. (2007). "Killer whale predation on blue fin tuna: exploring the hypothesis of the endurance-exhaustion technique". Marine Ecology Progress Series, 347, 111-119.

Goold, J.C. (1996). "Acoustic assessment of populations of common dolphin *Delphinus delphis* in conjunction with seismic surveying," J. Mar biol. Ass. 76:811-820.

Grellier, K., P.S. Hammond, B. Wilson, C.A. Sanders-Reed & P.M. Thompson. (2003). "Use of photo-identification data to quantify mother-calf association patterns in bottlenose dolphins". Canadian Journal of Zoology 81: 1421–1427.

Gowans, S., Würsig, B., Karczmarski L. (2007). "The Social Structure and Strategies of Delphinids: Predictions Based on an Ecological Framework". Advances in Marine Biology, Volume 53. Elsevier.

Griffin, R.B. and N.J. Griffin. (2004). "Temporal variation in Atlantic spotted dolphin (*Stenella frontalis*) and bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) densities on the west Florida continental shelf". Aquatic Mammals 30: 380-390.

H

Hacker, SE. (1992). "Stomach contents of four short-finned pilot whales (*Globicephala macrorhynchus*) from the Southern California Bight". Mar Mamm Sci 8: 76-81.

Hammond, P. S., Berggren, P., Benke, H., Borchers, D. L., Collet, A., Heide-Jorgensen, M. P., *et al.* (2002) "Abundance of harbour porpoise and other cetaceans in the North Sea and adjacent waters". Journal of Applied Ecology, 39(2), 361−376.

Hammond, P.S. (1986a). "Estimating the size of naturally marked whale populations using capture-recapture techniques". Reports of the International Whaling Commission, Special Issue No. 8:253-282.

Hedley, S.L. and Buckland, S.T. (2004). "Spatial models for line transect sampling". Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics". 9, 181-199.

Heinemann, D., Hunt, GL., Everson, I. (1989). "Relationships between the distributions of marine avian predators and their prey, *Euphausia superba*, in Bransfield Strait and southern Drake Passage, Antarctica". Mar Ecol Prog Ser 58:3–16.

Hernandez Garcia, V. and Martin, V. (1994). "Stomach contents of two short-finned pilot whale (*Globicephala macrorhynchus* Gray, 1846) (Cetacea, *Delphinidae*) off the Canary Islands: A preliminary note". Copenhagen Denmark Ices.

Heyning, J.E., Perrin W F (1994). "Evidence for two species of common dolphins (*genus Delphinus*) from the eastern North Pacific". Los Angeles County Mus. Nat. Hist. Contr. Sci. 442: 1-35.

Heyning, J.E., (2002). "Cuvier's beaked whale - *Ziphius cavirostris"*. In: Encyclopedia of marine mammals (Perrin WF, Würsig B, Thewissen JGM, eds.). Academic Press, San Diego, pp. 305-307.

Herman, E.Y.K., Herman, L.M., Pack, A.A., Marshall, G., Shepard, C.M., Bakhtiari, M., (2007). "When whales collide: CRITTERCAM offers insight into the competitive behavior of humpback whales on their Hawaiian wintering grounds". Marine Technology Society Journal 41, 35-43.

Heide-Jørgensen, M.P., Kleivane, L., Øien, N., Laidre, K.L., and Jensen. M. V. (2001a). "A new technique for deploying satellite transmitters on baleen whales: Tracking a blue whale (*Balaenoptera musculus*) in the North Atlantic". Marine Mammal Science 17:949–954.

Higdon, J. W., Bininda-Emonds, O. R. P., Beck, R. M. D. & Ferguson, S. H. (2007). "Phylogeny and divergence of the pinnipeds (Carnivora: Mammalia) assessed using a mutigene dataset". BMC Evol. Biol.7, 216. (doi:10.1186/ 1471-2148-7-216)

Hoffmann, M., Belant, J. L., Chanson, J.S., Cox, N.A., Lamoreux, J. Rodrigues, A. S. L., Schipper, Jan., and. Stuart, S.N. (2011). "The changing fates of the world's mammals". doi: 10.1098/rstb.2011.0116, 2598-2610 366. Phil. Trans. R. Soc. B.

Holling, C.S. (1973). "Resilience and stability of ecological systems". Annual Review of Ecology and Systematics 4:1-23.

Hooker, S. K., Whitehead, H., Gowans, S. & Baird, R. W. (2002b). "Fluctuations in distribution and patterns of individual range use of northern bottlenose whales". Marine Ecology Progress Series, 225, 287-297.

Hoyt, E. (1999), "The Potential of Whale Watching in the Caribbean: 1999". Whale and Dolphin Conservation Society, Bath, UK, 81 pp.

Hoyt, E. (2001). 'Whale Watching 2001: Worldwide Tourism Numbers, Expenditures, and Expanding Socioeconomic Benefits", International Fund for Animal Welfare, Yarmouth Port, MA, USA, 158 pp.

I

Ingram, S.N. & Rogan, E. (2002). Identifying critical areas and habitat preferences of bottlenose dolphins. Marine Ecology Progress Series, 244, 247-255.

J

Jefferson, T.A., S. Leatherwood & M.A. Webber (1993). FAO species identification guide. Marine Mammals of the World. [Online]. Rome: United Nations Environment Programme, Food and Agricultural Organization. ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/t0725e/t0725e00.pdf.

Jefferson, T. A. and S. K. Lynn. (1994). "Marine mammal sightings in the Caribbean Sea and Gulf of Mexico, summer 1991". Carib. J. Sci. 30(1-2): 83-89.

Jepson, P.D., M. Arbelo, R. Deaville, I.A. P. Patterson, P. Castro, J. R. Baker, E. Degollada, H. M. Ross, P. Herraez, A. M. Pocknell, F. Rodriguez, F. E. Howie, A. Espinosa, R. J. Reid, J. R. Jaber, V. Martin, A. A. Cunningham, and A. Fernández. (2003). "Gas-bubble lesions in stranded animals: Was sonar responsible for a spate of whale deaths after an Atlantic military exercise?" Nature 425(6958):575-76.

Jérémie, S., Martail, F., Nicolas, J.C., Raigné, S., (2005). « Echantillonnage visuel et acoustique des cétacés et de l'avifaune marine », Memorandum technique, DIREN Martinique, 21p.

Johnston, C. and Berta, A. (2011), "Comparative anatomy and evolutionary history of suction feeding in cetaceans". Marine Mammal Science, 27: 493–513. doi: 10.1111/j.1748-7692.2010.00420.x

Johnson, M. P. and Tyack, P.L. (2003). "A Digital Acoutic Recording Tag for Measuring the Response of Wild Marine Mammals to Sound," IEEE Journal of Oceanic Engineering 28(1): 3-12.

K

Kaschner K, Watson R, Trites AW, Pauly D. (2006). "Mapping worldwide distributions of marine mammals using a Relative Environmental Suitability (RES) model". Marine Ecology Progress Series 316: 285–310.

Kennedy, A.S., N. Zerbini, A., Vasquez, O., Gandilhon, N., Geyer, Y., Clapham, P.J. (2011). "Individual variation in movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) from two populations satellite-tracked in the Bering Sea and the West Indies". The 19e Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals Tampa, FL, 27 November – 02 December 2011 (poster).

Kennish, M.J. (1989) – "Practical handbook of Marine Science". CRC Press, Boca Raton, Florida.

Kopp, D., Bouchon-Navaro, Y., Louis, M. and Bouchon, C. (2007). "Diel differences in the fish assemblages at two seagrass sites of Guadeloupe (French West Indies)". Aquatic Botany, 87 (1): 31-37.

Köppen, W., (1918): "Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahresablauf (Classification of climates according to temperature, precipitation and seasonal cycle)". Petermanns Geogr. Mitt. 64, 193-203, 243-248. Map 1 and map 2.

Kovacs, K. (2008). "*Monachus tropicalis"*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 09 november 2011.

L

Laake, J. L., Buckland, S. T., Anderson, D. R. and Burnham, K. P. (1994). "DISTANCE User's Guide". Colorado Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Colorado State University, Fort Collins, CO 80523, USA.

Lagin A. and Ledouble O., (1994). « Première analyse des informations fournies par les pêcheurs professionnels guadeloupéens sur leur activité de pêche autour des DCP en 1993 ». IFREMER Martinique Rap. Int. DRV/RH, 21 p.

Lacas, J.G. (2007). « Suivis hydrobiologiques réalisés sur les cours d'eau et littoraux de Martinique et de Guadeloupe, programmes de mesure et méthodes » in Séminaire Aquaret Hydrobio, Juin 2008. 20p.

Laplanche C, Adam O, Lopatka M, Motsch J-F. (2005). "Male sperm whale acoustic behavior observed from multipaths at a single hydrophone". J Acoust Soc Am; 118(4):2677–87.

Laran, S. and A. Gannier. (2001). "Distribution of cetaceans in the Marquesas Islands (French Polynesia)". European Research on Cetaceans 15:426-430.

Lasserre, G. (1978). « La Guadeloupe, étude géographique »Edition Kolodziej, Tome 2.

Legendre, L., and P. Legendre. (1983). "Numerical ecology". Develop. Environ. Model. V. 3. Elsevier.

Le Duc, R., Robertson, K., Pitman, R. (2008). "Mitochondrial sequence divergence among Antarctic killer whale ecotypes is consistent with multiple species". Biology Letters. 4, 426.

Legendre, P & Legendre, L. (1998). "Numerical ecology". 2nd English edition. Elsevier Science BV, Amsterdam. Xv + 853 pages.

Lesage, V., Barrette, C., Kingsley, M.C.S. & Sjare, B. (1999). "The effect of vessel noise on the vocal behavior of belugas in the St. Lawrence River Estuary, Canada". Marine Mammal Science, 15, 65-84.

Lettevall, E., Richter, C., Jaquet, N., Slooten E., Dawson, S., Whitehead, H., Christal, J. & MacCall-Howard, P. (2002). "Social structure and residence in aggregations of male sperm whales". Canadian Journal of Zoology, 80, 1198^1196.

Louis, M. (1983). « Biologie, écologie et dynamique des populations de poissons dans les mangroves de Guadeloupe (Antilles françaises) ». Thèse de doctorat, Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier II, 275 pp.

M

MacLeod, C.D. & A. D'Amico. (2006). "A review of beaked whale behaviour and ecology in relation to assessing and mitigating impacts of anthropogenic noise". Journal of Cetacean Research and Management. 7(3):211-221

MacLeod, C.D., W.F. Perrin, R. Pittman, J. Barlow, L. Balance, A. D'Amico, T. Gerrodette, G. Joyce, K.D. Mullin, D.L. Palka, and G.T. Waring. (2006). "Known and inferred distributions of beaked whale species (Cetacea: *Ziphiidae*)". J. Cetacean Res. Manage. 7:271-286.

Macleod, CD., Santos, MB., Pierce, GJ. (2003). "Review of data on diets of beaked whales: Evidence of niche separation and geographic segregation". J Mar Biol Ass UK 83: 651-665.

Macleod, C. D., N. Hauser, AND H. Peckham. (2004). "Diversity, relative density and structure of the cetacean community in summer months east of Great Abaco, Bahamas". Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 84:469–474.

Magnusson KG, Kasuya T. "Mating strategies in whale populations: searching strategy vs. harem strategy". Ecological Modelling 102:225-242. 1997.

Mahaffy, S.D. (2012). "Site fidelity, associations and long-term bonds of short-finned pilot whales off the island of Hawaii". M.Sc. Thesis, Portland State University. 151 pp.

Maigret, J. (1994). "Marine mammals and fisheries along the West African coast". Reports of the International Whaling Commission, Special Issue, 15, 307–316.

Maldini, D. (2003). "Evidence of predation by a tiger shark (Galeocerdo cuvier) on a spotted dolphin (*Stenella attenuata*) off O'ahu, Hawaii". Aquat. Mam. 29: 84-87. Doi: 10.1578/016754203101023915.

Malme, C.I., Miles, P.R., Clark, C.W., Tyack, P., & Bird, J.E. (1983). "Investigations of the potential effects of underwater noise from petroleum industry activities on migrating gray whale behavior". Report of Bolt Beranek & Newman, Inc., Cambridge, MA, to U.S. Minerals Management Service, Anchorage. NTIS PB86-174174.

Malme, C.I., Miles, P.R., Clark, C.W., Tyack, P., & Bird, J.E. (1984). "Investigations of the potential effects of underwater noise from petroleum industry activities on migrating gray whale behavior. Phase II: January 1984 migration". Report of Bolt Beranek & Newman, Inc., Cambridge, MA, to U.S. Minerals Management Service, Anchorage. NTIS PB86-218377.

Marques, T.A., Thomas, L., Ward, J., DiMarzio, N., Tyack, PL. (2009). "Estimating cetacean population density using fixed pas-sive acoustic sensors: an example with Blainville's beaked whales". J Acoust Soc Am 125:1982–1994.

Mate, B.R., Stafford, K.M., and Ljungblad, D.K. (1994). "A change in sperm whale (Physeter macrocephalus) distribution correlated to seismic surveys in the Gulf of Mexico," Journal of the Acoustical Society of America 96: pp. 3268-69.

Mattila, D.K. & Clapham, P.J. (1989). "Humpback whales, *Megaptera novaeangliae*, and other cetaceans on Virgin bank and in the Northern Leeward Islands, 1985 and 1986". Canadian Journal of Zoology 67, 2201–2211.

Matsumoto, W.M., Kazama, T.K. and Aasted, D.C. (1981). "Anchored fish aggregation devices in Hawaiian waters". Mar. Fish. Rev. 43(9), 1-13.

Mayol P., Beaubrun P., Capoulade F. & Mugnier P. (2008) – "Whale-ship collisions: Work and outlook from a team in the Pelagos Sanctuary. The example of the REPCET project". 60th International Meeting Commission (IWC/60/CC9rev - Agenda item 4). Santiago, Chile, 12 p. (744 KB).

Mayol, P., Capoulade, F.and Beaubrun, P. (2005). « Comment améliorer la Détectabilité Visuelle des Grands Cétacés depuis les NGV pour limiter les Risques de Collision ? » Sciences et technologies marines du futur : Un enjeu pour la Méditerranée (Toulon Var Technologie). 19 mai 2005, Marseille.

Mauck B., Eysel U. & Dernhardt G. (2000). "Elective heating of vibrissal follicles in seals (*Phoca vitulina*) and dolphins (*Sotalia fluviatilis guianensis*)". Journal of Experimental Biology 203: 2125-2131.

Mead, J.G., and Potter. C. W. (1990). "Natural history of bottlenose dolphin along the central Atlantic coast of the United States". Pp. 165–195 in The bottlenose dolphin (S. Leatherwood and R. Reeves, eds.). Ac-ademic Press, San Diego, California.

Mead, J. G. (1989). "Beaked whales of the genusmeso-plodon. Pp 349–430. In: S. H. Ridgeway & R. Harrison (eds) Handbook of marine mammals". Volume 4. River dolphins and the larger toothed whales. Academic Press Ltd: London, 452 pp.

Mead, J.G. (2002). "Beaked whales, overview". pp. 81-4. In: W.F. Perrin, B. Wursig and G.M. Thewissen (eds.) Encyclopedia of Marine Mammals. Academic Press, San Diego.

Mignucci-Giannoni, A. A. (1996). "Marine mammal's strandings in Puerto Rico and the United States and British Virgin Islands". Doctoral dissertation, University of Puerto Rico: Mayagüez. 247 pp.

Mignucci-Giannoni, A. A. (1998). "Zoogeography of cetaceans off Puerto Rico and the Virgin Islands". Caribbean Journal of Science 34:173-190.

Mignucci-Giannoni, A.A., Pinto-Rodriguez, B., Velasco-Escudero, M., Montoya-Ospina, R.A., Jimenez-Marrero, N.M., Rodriguez-Lopez, M.A., Williams Jr., E.H., and Odell, D. K. (1999). "Cetacean strandings in Puerto Rico and the Virgin Islands", J. Cetacean Res. manage. 1(2):191-198.

Mignucci-Giannoni AA, Swartz SL, Martínez A, Burks CM, Watkins WA. (2003). "First records of the pantropical spotted dolphin (*Stenella attenuata*) for the Puerto Rican Bank, with a review of the species in the Caribbean". Caribbean Journal of Science 39(3):381-392.

Miller, P.J.O., Biassoni, N., Samuels, A., and Tyack, P.L. (2000). "Whale songs lengthen in response to sonar: Male humpbacks modify their sexual displays when exposed to man-made noise," Nature, vol. 405, no6789, p. 903.

Millon C. (2011). « Analyse des enregistrements acoustiques pour la détection des cétacés » Stage de master (DYNECAR°, Mention : ECOLOGIE, Spécialité : Écosystèmes Tropicaux Naturels et Exploités, 40p.

Mitchell, E., and Reeves, R.R. (1983). "Catch history, abundance, and present status of northwestAtlantic humpback whale", Rep. Intl. Whal. Comm., Special Issue 5:153-212.

Miyazaki, N., Perrin, WF. (1994). "Rough-toothed dolphin *Steno bredanensis* (Lesson, 1828)". In: Handbook of marine mammals (Ridgway SH, Harrison SR, eds.) Vol. 5: The first book of dolphins. Academic Press, London, pp. 1-22.

Mizroch, S. A., D. W. Rice, and J. M. Breiwick. (1984). "The fin whale, *Balaenoptera physalus*". Mar. Fish.Review 46(4):20-24.

Mobley, J. R., and L. M. Herman. (1985). "Transience of social affiliations among humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the Hawaiian wintering grounds". Canadian Journal of Zoology, 63:763-772.

Montgelard, C., Catzeflis, F. M. and Douzery. E. (1997). "Phylogenetic relationships of artiodactyls and cetaceans as deduced from the comparison of cytochrome b and 12S rRNA mitochondrial sequences". Molecular Biology and Evolution 14(5):550-559.

Mori, Y., Boyd IL. (2004). "The behavioral basis for non-linear functional responses and optimum foraging in Antarctic fur seals". Ecology 85:398–410.

Mullin, K. D., and G. L. Fulling. (2003). "Abundance cetaceans in the southern U.S. Atlantic Ocean during summer 1998". Fisheries Bulletin 101:603-614.

Mullin, K. D., W. Hoggard, C. Roden, R. Lohoefener, C. Rogers, and B. Taggart. (1994). "Cetaceans of the upper Continental slope in the north-central Gulf of Mexico". Fishery Bulletin 92:773-786.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B., and Kent, J. (2000). "Biodiversity hotspots for conservation priorities". Nature 403:853-858.

N

Natoli, A., Peddemors, V. M. & Hoelzel, A. R. 2004. "Population structure and speciation in the genusTursiopsbased on microsatellite and mitochondrial DNA analyses". J. Evol. Biol.17, 363–375.

Noad, M.J. and D.H. Caato. (2001). "A combined acoustic and visual survey of humpback whales off southeast Queensland". Memoirs of the Queensland Museum 47(2)145-161.

Norris, K.S., And .P.Dohl. (1980a). "The structure and functions of cetacean schools". In 1. M. Herman (editor), Cetacean behavior: Mechanisms and functions, p.211-261.Wiley, N.V.

O

O'Connor, S., Campbell, R., Cortez, H., & Knowles, T. (2009)."Whale Watching Worldwide: tourism numbers, expenditures and expanding economic benefits", a special report from the International Fund for Animal Welfare, Yarmouth MA, USA, prepared by Economists at Large.

Odell, D.K., & Reynolds, III. (1980). "Abundance of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus* on the west coast of Florida". In: Shane, S.H., Wells, R.S. & Würsig, B. (1986). Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin: A review. Marine Mammal Science, 2(1):34-63.

Olivieri, S., Bowles, I A., Cavalvanti, R.B., de Fonseca, G.A.B., Mittermeier, R.A., and Rodstrum, C. B. (1995). "A participatory approach to biodiversity conservation: the regional priority setting workshop" (Washington DC: Conservation Inter-national).

Ostrand, W. D., Drew, G. S., Suryan, R. M., and McDonald, L. L. (1998b). "Evaluation of radio-tracking and strip transect methods for determining foraging ranges of Black-legged Kittiwakes". Condor 100:709–718.

P

Palacios, D. M., and B. R. Mate. (1996). "Attack by false killer whales (*Pseudorca crassidens*) on sperm whales (*Physeter macrocephalus*) in the Galapagos Islands". Marine Mammal Science 12:582-587.

Palsbøll, P.J., Allen, J., Bérubé, M., Clapham, P.J., Feddersen, T.P., Hammond, P., Jorgensen, H., Katona, S., Larsen, A.H., Larsen, F., Lien, J., Mattila, D.K., Sigurjónsson, J., Sears, R., Smith, T., Sponer, R., Stevick, P. and Oien, N. (1997a). "Genetic tagging of humpback whales". Nature 388:767-769.

Pauly, D., Trites, A.W., Capuli, E., Christensen, V. (1998). "Diet composition and trophic levels of marine mammals". ICES Journal of Marine Science 55: 467–481.

Perrin, W. F., Leatherwood, S. & Collet, A. (1994). "Fraser's dolphin *Lagenodelphis hosei*, 1956". In: Ridgway, S. R. & Harrison, R. (eds) Handbook of marine mammals, volume 5: The first book of dolphins. Academic Press: San Diego. pp. 225–240.

Perrin, W. F., M. L. L. Dolar and D. Robineau. (1999). "Spinner dolphins (*Stenella longirostris*) of the western Pacific and Southeast Asia: pelagic and shallow-water forms". Marine Mammal Science 15:1029—1053.

Perrin, W. F. (2002b). "Pantropical spotted dolphin *Stenella attenuata*". In Encyclopedia of Marine Mammals, ed. W. F. Perrin, B. Wu¨ rsig, and J. G. M. Thewissen, 865-867, San Diego, California: Academic Press.

Perrin, W.F. (2009). "World Cetacea Database". Available online at: http://www.marinespecies.org/cetacea. Consulted on 2011-11-27.

Perrin, W. (2011). "*Tursiops australis* Charlton-Robb, Gershwin, Thompson, Austin, Owen and McKechnie, 2011". In: Perrin, W.F. World Cetacea Database. Accessed through: Perrin, W.F. World Cetacea Database at http://www.marinespecies.org/cetacea.

Pielou, E. C. (1969). "An introduction to Mathematical Ecology (Witley-Interscience ed.)". New York: Witley-Interscience.

Pitman, R.L., Stinchcomb, C. (2002). "Rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis)* as predators of mahimahi (*Coryphaena hippurus*)". Pac Sci 56: 447-450.

Powell, J.R. (2009). "Depredation and angler interactions involving bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Sarasota Bay, Florida". Southeast and Mid-Atlantic Marine Mammal Symposium, 3-5 April 2009, Wilmington, North Carolina.

Price, W.S. (1985). "Whaling in the Caribbean: historical perspective and update". Reports of the International Whaling Commission 25:413-420.

Psarakos, S., Herzing, D.L., Marten, K. (2003). "Mixed-species associations between pantropical spotted dolphins (*Stenella attenuata*) and Hawaiian spinner dolphins (*Stenella longirostris*) off Oahu, Hawaii". Aquat Mamm 29: 390-395.

Pujos, M., Gonzalez, J.L., Pons, J.C. (1992). « Circulation des eaux sur les plateaux insulaires de Martinique et Guadeloupe », in Prost, M.T., (ed.). "Evolution des littoraux de Guyane et de la zone caraïbe méridionale pendant le quaternaire", Paris: ORSTOM, p. 415-435.

R

Ramos-Cartelle, A. and Mejuto, J. (2008). Interaction of the false killer whale (*Pseudorca crassidens*) and the depredation on the swordfish catches of the Spanish surface longline fleet in the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (ICCAT), Collective Volume of Scientific Paper (SCRS/2007/025), 62(6), 1721-1783.

Rasmussen, K., D.M. Palacios, J. Calambokidis, M.T. Saborio, L. Dalla Rosa, E.R. Secchi, G.H. Steiger, J.M. Allen, and G.S. Stone. (2007). "Southern Hemisphere whales wintering off Central America: insights from water temperature into the longest mammalian migration". Biology Letters 3:302-305.

Reeves, R.R, Swartz, S.L., Wetmore, S.E and Clapham, P.J. (2001). "Historical occurrence and distribution of humpback whales in the eastern and southern Caribbean Sea based on data from American whaling logbooks". J. Cet. Res. Manage. 2(3):117-129.

Reeves, R.R., Swartz, S.L., Wetmore, S. & Clapham, P.J. (2001a). "Historical occurrence and distribution of humpback whales in the Southern Caribbean sea based on data from American Whaling logbooks". Journal of Cetacean Research and Management, Cambridge, UK: 3:22p.

Reeves, R. R., W. F. Perrin, B. L. Taylor, C. S. Baker and S. L. Mesnick, eds. (2004). "Report of the Workshop on Shortcomings of Cetacean Taxonomy in Relation to Needs of Conservation and Management, April 30—May 2, 2004 La Jolla, California". NOAA Technical Memorandum NOAA-TM-NMFS-SWFSC-363:1—94.

Renoux-Meunier, A. (1977). « Étude préliminaire de la flore algale de la mangrove du Grand Cul-de-Sac Marin ». Nouv. Agron. Antilles Guyane, 3 (2): 77-97.

Reeves, R. R. and H. Whitehead. (1997). "Status of sperm whale, *Physeter macrocephalus*, in Canada". Can. Field Nat. 111:293-307.

Reeves, R.R., Stewart, B.S., Clapham, P.J. and Powell, J.A. (2002)."Guide to Marine Mammals of the World". National Audobon Society/Alfred A. Knopf, Inc., New York. 528pp.

Reidenberg, J. S. and Laitman, J. T. (2008)."Sisters of the Sinuses: Cetacean Air Sacs ». Anat Rec, 291: 1389–1396. doi: 10.1002/ar.20792.

Reidenberg, Joy S. ; Laitman, Jeffrey. T. (2011). "Keep your Head Down: Huge Hyoid Assists Cetacean Locomotion", 19 th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals Tampa, FL, 27 November – 02 December 2011, (com. Or.).

Rendell, L., and Gordon, JCD. (1999). "Vocal response of long-finned pilot whales (*Globicephala melas*) to military sonar in the Ligurian Sea," Marine Mammal Science, 15:198-204.

Rendell, L., Whitehead, H., and Escribano, R. (2004). "Sperm whale habitat use ad foraging success off northen Chile: evidence of ecological links between coastal and pelagic system". Marine Ecology. Progress Series 275: 289-95.

Reynal L., Van Buurt G. and Taquet M., (2000). « Perspectives de développement des DCP ancrés dans les Petites Antilles ». L'exemple de trois îles: Guadeloupe, Martinique et Curaçao. In:, Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons. Le Gall J.Y., Cayré P., Taquet M. (eds). Ed. Ifremer, Actes Colloq., 28, 36-54.

Reynolds, J.E. and Odell, D.K. (1991). "Manatees and Dugongs". Facts on File Publishers, New York. 194p.

Reyes, J.C., (1991). "The conservation of small cetaceans: a review". Report prepared for the Secretariat of the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. UNEP/CMS Secretariat, Bonn. 110p.

Rice, D. W. (1998). "Marine mammals of the world: Systematics and distribution". Special Publication No. 4. The Society for Marine Mammalogy, Lawrence, US.

Richardson, W.J., Greene Jr., C.R., Malme, C.I., and Thomson, D.H. (1995). "Marine Mammals and Noise," Academic Press, San Diego, CA. 576pp.

Ritter F. & B. Brederlau (1999). "Behavioural observations of dense beaked whales (*Mesoplodon densirostris*) off La Gomera, Canary Islands (1995-1997)". Aquatic Mammals. 25 (2):55-61.

Ritter, F. (2002). "Behavioural observations of rough-toothed dolphins (*Steno bredanensis*) off La Gomera, Canary Islands (1995-2000), with special reference to their interactions with humans". Aquat Mamm 28: 46-59.

Roberts, C.M. & Hawkins, J.P. (1999). "Extinction risk in the sea". Trends in Ecology and Evolution, 14, 241-246.

Roberts, C.M., C.J. McClean, J.E.N. Veron, J.P. Hawkins, G.R. Allen, D.E. McAllister, C.G. Mittermeier, F.W. Schueler, M. Spalding, F. Wells, C. Vynne, and T.B. Werner. (2002). "Marine biodiversity hotspots and conservation priorities for tropical reefs". Science, 295, 1280-1284.

Robertson, K.M. and S.J. Chivers, (1997). "Prey occurrence in pantropical spotted dolphins, *Stenella attenuata*, from the eastern tropical Pacific". Fish. Bull. 95:334-348.

Roden, C. L., and K. D. Mullin. (2000). "Sightings of cetaceans in the northern Caribbean Sea and adjacent waters, Winter 1995". Caribbean Journal of Science 36:280-288.

Rosario-Delestre, R.J., Rodríguez-Lópes, M.A., Mignucci-Giannoni, A.A. and Mead, J.G. (1999). "New records of beaked whales (*Mesoplodon spp.*) for the Caribbean". Caribbean Journal of Science35: 144-148.

Ross, G. J. B., & Leatherwood, S. (1994). "Pygmy killer whale *Feresa attenuata* Gray, 1874. In S. H. Ridgway & R. Harrison (Eds.), Handbook of marine mammals. Volume 5: The first book of dolphins (pp. 387-404). San Diego: Academic Press.

Rosenbaum, H.C., Clapham, P.J., Allen, J., Nicole-Jenner, M., Jenner, C., Florez-Gonzalez, L., Urban, J., Ladron, P., Mori, K., Yamaguchi, M., and C.S. Baker. (1995). "Geographic variation in ventral fluke pigmentation of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) populations worldwide". Marine Ecology Progress Series 124: 1-7.

Rossi-Santos, M., Baracho, C. B., Santos Neto, E.; Marcovaldi, E. (2006). "First sightings of the pygmy killer whale, *Feresa attenuata*, for the Brazilian coast". JMBA2-Biod. Rec.

Rossi-Santos, M. R., L. L. Wedekin and E. L. A. Monteiro-Filho. (2007). "Residence and site fidelity of *Sotalia guianensis* in the Caravelas River Estuary, eastern Brazil". Journal of the Marine Biological Association of the U.K. 87:207–212.

Rossignol, D., (1987). « Classe des précipitations – Structure verticale de l'atmosphère – Anomalie climatique ». ORSTOM, Pointe à Pitre, 7p. 17 fig., 10 tab.

Rubel, F., and M. Kottek, (2010). "Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification". Meteorol. Z., 19, 135-141. DOI: 10.1127/0941-2948/2010/0430.

S

Samaran, F., Adam, O., Motsch, J.F., and Guinet, C. (2008). "Definition of the Antarctic and Pygmy Blue Whale Call Template. Application to Fast Automatic Detection," Journal of the Canadian Acoustical Association, 36(1), pp. 93-103.

Santos RA, Haimovici M. (1998). "Trophic relationships of thelong-finned squid *Loligo sanpaulensis* on the southern Brazilian shelf". South African Journal of Marine Science 20:81-91.

Schnell, G.D., M.E. Douglas, and D.J. Hough. (1986). "Geographic patterns of variation in offshore Sa of the eastern tropical Pacific". MAR MAMM SCI 2(3): 186-213.

Simard, Y., M. Bahoura, C.W. Park, J. Rouat, M. Sirois, X. Mouy, D.Seebaruth, N. Roy, R. Lepage, (2006). "Development and experimentation of a satellite buoy network for real-time acoustic localization of whales in the St. Lawrence". 6 pages in Oceans 2006 MTS/IEEE, Boston revolutionizing marine science and technology, Boston, Massachusetts, September 18-21, 2006.

SCE-CREOCEAN. (2007). "Expertise littorale DIREN Guadeloupe", N° 04056 - 311.81 - 25/04/2007 - Page 1/1.

Smith E, van Belle G (1984). "Non parametric Estimation of Species Richness." Biometrics, 40, 119–129.

Secchi, E. R. & Vaske, T. J. (1998)."Killer whale (*Orcinus orca*) sightings and depredation on tuna and swordfish longline catches in southern Brazil". Aquatic Mammals 24 (2), 117–122.

Service Hydrog. Marine. (1973). « Antilles, iles Bermude-Floride », Instructions nautiques Série H. Vol.1, éditeur SHOM, 346pp.

Seber, G. A. F. (1982). "The Estimation of Animal Abundance and Related Parameters". Second edition. Macmillan Publishing Co., Inc., New York.

Shirihai, H. and B. Jarrett. (2006). "Whales, dolphins and other marine mammals of the world". Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Simard, Y., Bahoura, M., Park, C.W., Rouat, J., Sirois, M., Mouy, X., Seebaruth, D., Roy, N., and Lepage, R. (2006). "Development and experimentation of a satellite buoy network for real-time acoustic localization of whales in the St. Lawrence", IEEE/MTS Oceans'2006, Boston.

Smith TD, Allen J, Clapham PJ*, et al.* (1999). "An ocean-basin-wide mark-recapture study of the North Atlantic humpback whale (*Megaptera novaeangliae)"*. *Marine Mammal Science* 15, 1-32.

Smith, B.D., Zhou, K., Wang, D., Reeves, R.R., Barlow, J., Taylor, B.L. & Pitman, R. (2008). Lipotes vexillifer. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 09 november 2011.

Smultea, M.A. (1994). "Segregation by humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) cows with calf in coastal habitat near the Island of Hawaii". Canadian Journal of Zoology72:805-811.

Spitz, SS., Herman, L.M., Pack, AA., Deakos, MH.(2002). "The relation of body size of male humpback whales to their social roles on the Hawaiian winter grounds". Canadian Journal of Zoology 80:1938-1947. 2002.

Stevick, P.T., Carlson, C.A., and Balcomb, K. (1999). "A note on migratory destinations of humpback whales from the eastern Caribbean". J. Cet. Res. Manage. 1(3):251-254.

Stevick, PT., McConnell, B.J., Hammond, PS. (2002). "Patterns of movement. In: Hoelzel AR (ed) Marine mammal biology: an evolutionary approach". Blackwell Science, Oxford, p 185-216.

Stevick, P.T., Allen, J., Clapham, P.J., Friday, N., Katona, S.K., Larsen, F., Lien, J., Mattila, D.K., Palsbøll, P.J., Sigurjónsson, J., Smith, T.D., Øien, N. & Hammond, P.S. (2003). "North Atlantic humpback whale abundance and rate of increase four decades after protection from whaling". Marine Ecology Progress Series 258: 263-273.

Stevick PT, Neves MC, Johansen F, Engel MH, Allen J, Marcondes MCC, Carlson C (2010). "A quarter of a world away: female humpback whale moves 10000 km be-tween breeding areas". Biol Lett doi:10.1098/rsbl.2010.0717.

Stimpert, A.K., Wiley, D.N., Au, W.W.L., Johnson, M.P., and Arsenault, R. (2007). "Megapclicks': acoustic click trains and buzzes produced during night-time foraging of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*)," Biol. Lett. 3, pp. 467–470.

Swartz, S.L., Cole, T., McDonald, M. Hildebrand, J., Oleson, E., Burks, C., Clapham, P.J., Barlow, J. & Martinez, A. (2001). "Visual and acoustic survey of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Eastern and Southern Caribbean sea: Preliminary findings". NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-456, 37pp.

Swartz, S.L., Cole, T., McDonald, M. Hildebrand, J., Oleson, E., Martinez, A., Clapham, P.J. & Barlow, J. (2002). "A combined acoustic and visual survey of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Eastern and Southern Caribbean Sea". Caribbean Journal of Science 15 pp.

Swartz, S. L., Cole, T., McDonald, M.A., Hildebrand, J.A., Oleson, E.M., Martinez, P. J. C., Barlow, J., and Jones, M.L. (2003). "Acoustic and visual survey of humpback whale (*Megaptera novaeangliae*): distribution in the eastern and southeastern Caribbean Sea", Caribbean Journal of Science, 39, 195–208.

T

Taylor, B.L., Baird, R., Barlow, J., Dawson, S.M., Ford, J., Mead, J.G., Notarbartolo di Sciara, G., Wade, P. & Pitman, R.L. (2008.) "*Physeter macrocephalus"*. In: IUCN 2011. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 09 October 2011.

Ter Braak, C. J. F. (1986). "Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis". Ecology 67:1167–1179.

Thewissen, J.G., M. Hussain, S. T. and Arif., M. 1994. "Fossil evidence for the origin of aquatic locomotion in archaeocete whales". Science 263:210-212.

Thode, A., Straley, J., O Tiemann, C., Folkert, K., O'Connell, V. (2007). "Observations of potential acoustic cues that attract sperm whales to longline fishing in the Gulf of Alaska". The Journal of the Acoustical Society of America. 2007 Aug; 122 (2): 1265-77.

Thomas, L., Burnham, K.P. & Buckland, S.T. (2004). "Temporal inferences from distance sampling surveys". Advanced Distance Sampling (eds S.T. Buckland, D.R. Anderson, K.P. Burnham, J.L. Laake, D.L. Borchers & L.Thomas), pp. 71–107. Oxford University Press, Oxford.

Thomas L, Laake JL, Strindberg S, Marques FFC and others (2006). "Distance 5.0. Release ". Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews. www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/.

Thomas, L., Williams, R. & Sandilands, D. (2007). "Designing line transect surveys for complex survey regions". Journal of Cetacean Research and Management 9: 1-13.

Thomas, L., Laake, J.L., Strindberg, S., Marques, F.F.C., Buckland, S.T., Borchers, D.L., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Hedley, S.L., Pollard, J.H., Bishop, J.R.B. & Marques, T.A. (2009). "Distance 6.0 Releases 2. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK". Online at: http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance.

Thorp, W. H., J. Acoust. Soc. Am. 42 (1967) 270.

Thorne-Miller, B. (1999). "The Living Ocean: Understanding and Protecting Marine Biodiversity". Island Press, USA: 240pp.

Thorp, H. (1967). "Analytic Description of the Low. Frequency Attenuation Coefficient," J. Acoust. Soc. Am., vol. 42, p. 270.

Tønnessen, J. N., Anda. O. Johnsen. (1982). "The history of modern whaling". C. Hurst &Company, London, UK.

Townsend, C.H. (1935). "The distribution of certain whales, as shown by logbook records of American whaleships". Zoologica 19(1):1-50. Swingle and al. 1993.

Tóthmérész, B. (1995). "Comparison of different methods for diversity ordering". Journal of Vegetation Science. 6, 283–290.

Turvey, S.T., R.L. Pitman, B.L. Taylor, J. Barlow, T. Akamatsu, L.A. Barrett, X. Zhao, R.R. Reeves, B.S. Stewart, K. Wang, Z. Wei, X. Zhang, L.T. Pusser, M. Richlen, J.R. Brandon and D. Wang. (2007). "First human-caused extinction of a cetacean species?" Biology Letters. Published online doi:10.1098/rsbl.2007.0292.

Tynan, C.T., Ainley, D.G., Barth, J.A., Cowles, T.J., Pierce, S.D., & Spear, L.B., (2005). "Cetacean distributions relative to ocean processes in the northern California Current system". Deep-Sea Res. II: 145-167.

V

Van Canneyt, O., Doremus, G., Jérémie S., Rinaldi, R., Ridoux, V. & Watremez, P. (2008). « Distribution et abondance des cétacés dans la Zone économique exclusive des Antilles françaises par observations aériennes », campagne EXOCET-Antilles, rapport préliminaire, 19p.

Verborgh, P., de Stephanis, R., Pérez, S., Jaget, Y., Barbraud C. and Guinet, C. (2009). "Survival rate, abundance, and residency of long-finned pilot whales between 1999 and 2005 in the Strait of Gibraltar". Marine Mammal Science. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2008.00280.x.

Vincent, J. P., Gaillard, J. M., Bideau, E. (1991). "Kilometric index as biological indicator for monitoring forest roe deer populations". – Acta Theriol. 36: 315-328.

W

Wade, P., Heide-Jørgensen, M.P., Shelden, K., Barlow, J., Carretta, J., Durban, J., LeDuc, R., Munger, L., Rankin, S., Sauter, A. and Stinchcomb, C. (2006). "Acoustic detection and satellite-tracking leads to discovery of rare concentration of endangered North Pacific right whales". Biology Letters 2:417-419

Ward, A., and A. Moscrop. (1999). "Marine mammals of the wider Caribbean region: A review of their conservation status". Paper presented at the Fourth Meeting of the Interim Scientific and Technical Advisory Committee to the Protocol Concerning Specially Protected Areas and Wildlife in the WiderCaribbean Region, Havana, Cuba. 3-6 August, In the Wider Caribbean Region. Havana, Cuba, 24–25 September 2001.

Ward N., Moscrop A. and Carlson C. (2001). "Elements for the development of a marine mammal action plan for the wider Caribbean: a review of marine mammal distribution". Report UNEP (DEC)/CARIG.20/INF.3, First Meeting of the Contracting Parties (COP) to the Protocol Concerning Specially Protected Areas and Wildlife (SPAW).

Wasson, J.G., Chandesris, A., and Pella, H. (2004). "Hydro-écorégions de la Guadeloupe. Propositions de régionalisation des écosystèmes aquatiques en vue de l'application de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau", Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Cemagref BEA/LHQ, Lyon. 12 p + annexes.

Watkins W.A., G. Notarbartolo di Sciara and K. E. Moore. (1979). "Observations and radio-tagging of Balaenoptera edeninear Puerto la Cruz, Venezuela". Woods Hole Oceanographic Institution Technical Report WHOI-79-89, 8 pp.

Watkins, W. A. (1980). "Acoustics and the behavior of sperm whales". Pages 283-290. In R.-G. Busnel and J. F. Fish, eds. Animal sonar systems. Plenum Press, New York.

Watkins, W. A., & Moore, K. E. (1982). "An underwater acoustic survey for sperm whales (*Physeter catodon*) and other cetaceans in the southeast Caribbean". Cetology, 46, 1-7.

Watkins, W. A., K. E. Moore, and P. Tyack. (1985). "Sperm whale acoustic behavior in the Southeast Caribbean". Cetology 49:1-15.

Watkins, W. A., M. A. Daher, K. M. Fristrup, and T. J. Howald. (1993). "Sperm whale tagged with transponders and tracked underwater by sonar". Marine Mammal Science 9:55-67.

Watkins, W. A., Daher, M. A., Fristrup, K. M., & Notarbartolo di Sciara, G. (1994). "Fishing and acoustic behavior of Fraser's dolphin (*Lagenodelphis hosei*) near Dominica, southeast Caribbean". Caribbean Journal of Science, 30, 76-82.

Watkins, W. A., Daher, M. A., Samuels, A., & Gannon, D. P. (1997). "Observation of *Peponocephala electra*, the melon-headed whale, in the southeastern Caribbean". Caribbean Journal of Science, 33, 33-40.

Walker D. (2005). "Using oceanographic features to predict areas of high cetacean diversity". Master Thesis at the University of Bangor 148pp.

Watwood, S., Miller, P., Johnson, M., Madsen, P., and Tyack, P. (2006). "Deep-diving foraging behaviour of sperm whales (*Physeter macrocephalus*)", Journal of Animal Ecology, Vol.75 (3), pp.814 – 825.

Weir, C., Calderan, S., Unwin, M.and Paulatto, M. (2010). "Cetacean encounters around the island of Montserrat (Carribean Sea) during 2007 and 2010, including new species state records". Marine biodiversity Records, page 1 to 10.

Wells, RS., Rhineheart, HL., Cunningham, P., Whaley, J., Baran, M., Koberna, C., Costa, DP. (1999). "Long distance offshore movements of bottlenose dolphins". Mar Mamm Sci 15: 1098-1114.

Wells, R.S. & M.D. Scott (1999). "Bottlenose dolphin - *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821)". In: Handbook of Marine Mammals (Eds., Ridgway S.H., & S.R. Harrison) Vol. 6: The second book of dolphins and porpoises. In: Handbook of Marine Mammals: The second book of dolphins and porpoises. 6.

Werth, AJ. (2006). "Odontocete suction feeding: experimental analysis of water flow and head shape". J Morphol 267:1415–28.

Whitehead, H. P. (1982). "Population of humpback whales in the northwest Atlantic". Rep. Int. Whal.Commn. 32:345-353.

Whitehead, H. and C. Glass. (1985). "Orcas (killer whales) attack humbpack whales". J. Mammal. 66:183-185.

Whitehead, H. (1996). "Variation in the feeding success of sperm whales. Temporal scale, spatial scale and relationships to migrations". J Anim Ecol 65:429-438.

Whitehead, H. (2002). "Sperm whales social evolution in the ocean". The University of Chicago Press, Chicago, 431 pp.

Whitehead, H. & R Reeves (2005). "Killer whales and whaling: the scavenging hypothesis". Biology Letters. 1:415-418.

Wilson, D. E. & Reeder, D. M. (eds). (2005). "Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference", 3rd ed. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press. Reeder, D. M., Helgen, K. M. & Wilson, D. E. 2007.

Wiens, J. J., and C. H. Graham. (2005). "Niche conservatism: integrating evolution, ecology, and conservation biology". Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 36:519–539.

Winn, H.E., Edel, R.K., and Taruski, A.G. (1975). "Population estimate of the humpback whale in the West Indies by visual and acoustic techniques", Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 32,499–506.

Würsig, B. and Würsig, M. (1977). "Photographic determination of group size, composition and stability of coastal porpoises (*Tursiops truncatus*)". Science. 198: 755-756. Encyclopedia of Marine Mammals Par William F. Perrin,Bernd G. Würsig,J. G. M. Thewissen

Würsig B. and S.M. Jefferson. (1990). "Methods of photo-identifcation for small cetaceans. *Tursiops truncatus*. Individuals recognition of cetaceans: use of photo-identifcation and other techniques to estimate population parameters". Rep. Int. Whal. Comm. Special Issue 12: 43-52.

Y

Yi Cui (2011). "Batteries for Efficient Energy Extraction from a Water Salinity Difference", Nano Letters, March 17, 2011.

Z

Zerbini A. N., Andriolo A., Rocha J. M., Simões-Lopes P. C., Siciliano S., Pizzorno J. L., Waite J. M., et al. (2004). "Winter distribution and abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off northeastern Brazil". Journal of Cetacean Research and Management; 6:101-107.

Zerbini, A. N., A. Andriolo, M. P. Heide-Jorgensen, J. L. Pizzorno, Y. G. Maia, G. R. VanBlaricon, D. P. DeMaster, P. C. Sim˜ oes-Lopes, S. Moreira and C. Bethlem. (2006a). "Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the South-west Atlantic Ocean". Marine Ecology Progress Series 313:295–304.

Zerbini, AN., Waite, JM., Durban, J.W., Dahlheim, ME., Wade, PR. (2007). "Estimating abundance of killer whales in the nearshore waters of the Gulf of Alaska and Aleutian Islands using line transect sampling". Marine Biology 150: 1033-1045

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

UNIVERSITÉ DES ANTILLES ET DE LA GUYANE

Faculté des Sciences Exactes et Naturelles

THÈSE

Présentée par

Nadège GANDILHON

en vue de l'obtention du grade de

DOCTEUR

DOCTEUR EN OCÉANOLOGIE

CONTRIBUTION AU RECENSEMENT DES CÉTACÉS DANS L'ARCHIPEL DE GUADELOUPE

DOCUMENTS ANNEXES

Disponibles sur demande auprès de l'auteur :

nadege.gandilhon@univ-ag.fr

SOMMAIRE DES ANNEXES

ANNEXE I – SURFACES DES STATIONS ETUDIÉES 5
1. Surface des stations et blocs 5
2. abaques des angles et distances reticulees 11
ANNEXE II – PROTOCOLE D'EFFORTS DE RECHERCHE
1. Protocole de transects de ligne 9
2. Fiches d'efforts de recherche 11
3. Fiches d'efforts d'observation 12
ANNEXE III –EFFORTS ET OBSERVATIONS 13
1. Par saison 13
2. Par secteur 15
3. Observations realisees TB/TL 17
ANNEXE IV – SYNTHÈSE DES RELEVÉS 47
I. BILAN DE L'ENSEMBLE DES RELEVES 47
1. Nombre de releves en saison seche et humide 2007 *(TB)* 48
2. Nombre de releves en saison seche 2008 *(TL)* 49
3. Nombre de releves en saison seche et saison humide 2009 *(TL)* 50
4. Nombre de releves en saison seche et saison humide 2010 *(TL)* 51
5. Nombre de releves en saison seche et saison seche 2011 *(TL)* 52
6. Nombre de releves methode Transects sur les iles du Nord (2010-2011) 53
7. Nombre de releves methode Route des baleines 54
8. Nombre de releves methode *OR* 55
9. Nombre de releves methode *T* 56
10. Nombre de releves methode *OT* 57
11. Nombre de releves methode *OO* 58
ANNEXE V– OBSERVATIONS ACOUSTIQUES 60
ANNEXE VI – FACTEURS DU MILIEU 62
1. Valeurs de courantologie exemple obtenu 62
2. Variables abiotiques pour 389 observations 65
ANNEXE VII – BILAN DES 319 OCCURRENCES ET DES EFFECTIFS 70
ANNEXE VIII – DISTANCES PERPENDICULAIRES BALEINES A BOSSE 77
ANNEXE IX – BILAN TÉLÉMÉTRIE 79
ANNEXE X – DOCUMENTATIONS DE CARACTÉRISTIQUES CHEZ LES CÉTACÉS 80
1. Generalites 80
2. Grands dauphins 83