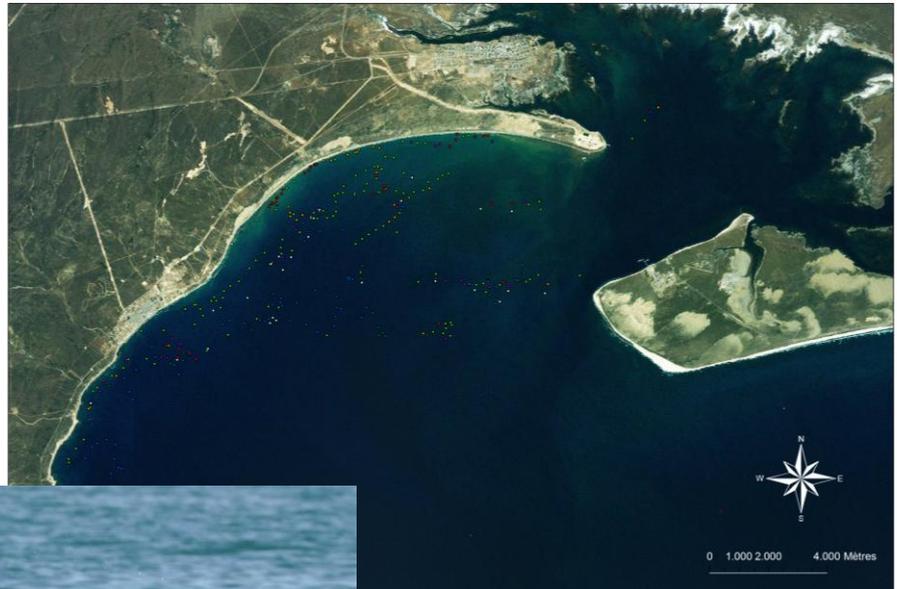


Utilisation de l'habitat et implications pour la conservation d'une population de grands dauphins, *Tursiops truncatus*, dans la baie de San Antonio, province du Rio Negro, Argentine

Sous la direction
de Mme Krishna Das
et de M. Mathieu Denoël



Mémoire présenté par
Alice Cransveld
en vue de l'obtention du diplôme de
Master en Biologie des Organismes
et Ecologie

Année académique 2010-2011

Résumé

Une population résidente de grands dauphins est suivie depuis quelques années par la fondation Marybio, dans la baie de San Antonio, Argentine. L'étude présente s'inscrit dans la continuité de leurs recherches. Environ trois mois ont été passés sur le terrain afin de récolter les données, entre janvier et mai 2011. L'objectif était d'approfondir les connaissances sur la population de la baie de San Antonio et de comprendre le mode d'occupation de l'habitat du grand dauphin dans la baie.

Au total, 25 transects ont été effectués par bateau dans la baie, couvrant approximativement 164 km², et 21 d'entre eux nous ont permis de suivre des groupes de dauphins. La fréquence des observations était d'un groupe toutes les 2h49. La taille médiane des groupes (4 individus) est relativement petite comparée à d'autres populations, et refléterait le caractère isolé et sûr de la baie. Les dauphins étaient observés majoritairement à moins de 2km des côtes dans des eaux dont la profondeur est comprise entre 3 et 8m. L'utilisation de la baie n'est pas uniforme : des zones sont utilisées plus intensément (représentant 23 à 33% de la surface totale occupée par les dauphins). Les budgets d'activité indiquent que les dauphins passent une majorité de leur temps à se déplacer et à plonger. Des différences dans les budgets sont observées entre l'été et l'automne.

Les comportements observés ont pu être associés à des variables environnementales et distingués les uns des autres au moyen de plusieurs tests statistiques. Ceci a mis en évidence de nombreuses similitudes entre les comportements de capture/prise de nourriture et les comportements de *plongée*. Les variables associées au comportement de repos indiquent également que la baie de San Antonio serait un endroit sûr comparé à d'autres sites.

La méthode d'estimation par les noyaux (KDE) permet à la fois de visualiser la distribution probable des observations sur une carte et de distinguer géographiquement les zones utilisées selon les comportements. Pour la période étudiée, on peut ainsi schématiquement diviser la baie entre une zone nord consacrée au repos et aux comportements sociaux et une zone centrale et sud utilisée pour les comportements associés à la chasse. Cette distribution des comportements pourrait être pertinente dans la mise en place de mesures de protection de la population.

Des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de confirmer ou d'infirmer les tendances observées dans le cadre de ce travail, ainsi que leur stabilité au cours du temps.

Remerciements

Je souhaite remercier le professeur Jean-Marie Bouquegneau de m'avoir accueillie dans son laboratoire afin de réaliser ce mémoire.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Krishna Das pour m'avoir mise en contact avec la fondation Marybio, pour m'avoir soutenue dès le départ et accordé sa confiance. Merci aussi pour ses conseils tout au long de cette année.

Je voudrais remercier vivement Mathieu Denoël qui a accepté de m'encadrer alors que le projet était déjà engagé. Son implication, ses idées et ses conseils m'ont été précieux.

Merci à Els Vermeulen et à Alejandro Cammareri de m'avoir accueillie au sein de leur fondation et de leur maison, et de m'avoir communiqué tout leur savoir-faire. Je les remercie pour leurs conseils et leurs encouragements. Je remercie Els plus particulièrement pour les relectures de mon travail.

Je suis très reconnaissante envers toutes les personnes rencontrées à Las Grutas qui sont venues nous prêter main-forte sur le terrain. Je les remercie aussi pour leur amitié et leur « cours » d'espagnol. Je pense à Jorge Barashi, Mariela Pazos, Gonzalo Martinez, Hernan David, Diego Luzatto, et Mariano. Muchas gracias !

Je remercie énormément Fany Brotcorne d'avoir si gentiment pris du temps pour m'expliquer le fonctionnement d'ArcMap et des Kernels.

Mes remerciements vont également à Mathieu Poulicek pour ses conseils alors que ce mémoire n'était qu'un projet.

Merci à mes parents pour leur soutien dans ce voyage un peu fou.

Je ne remercierai jamais assez Vincent et Cath, Marine et Eru, Marieke, Chou et Fanny, Elise, Amélie et les filles qui m'ont permis de surmonter les épreuves de cette année difficile. Merci du fond du cœur !

Je voudrais dire merci à Miguel pour m'avoir encouragée à partir, et à Ness pour sa patience.

Merci aux alti pour l'accessoire indispensable que fut ma valise.

Enfin, je remercie Anne-Catherine pour tout, de l'amitié à la relecture.

Je dédie ce mémoire à Bomma.

Table des matières

Avant-propos : contexte et objectif du travail.....1

I. Introduction.....2

I.1 *Tursiops truncatus*2

 Généralité2

 Pressions anthropiques.....4

I.2 Utilisation de l’habitat.....7

I.3 Lieu de l’étude.....8

 Problèmes environnementaux.....9

I.4 La population de grands dauphins de la BSA.....10

 Fondation Marybio.....10

II. Méthodologie.....12

II.1 Récolte des données.....12

II.2 Analyse des données.....15

III. Résultats.....18

III.1 Effort de recherche et fréquence des observations.....18

III.2 Taille et composition des groupes.....20

III.3 Budget d’activité.....21

III.4 Utilisation de la baie.....22

III.5 Relation entre comportement et variables environnementales.....24

 a) La distance par rapport à la côte.....24

 b) La profondeur.....25

 c) La pente.....26

 d) Régressions logistiques.....27

III.6 Estimation de l'espace vital et des surfaces utilisées selon le comportement.....	28
a) Espace vital.....	28
b) Plongée.....	29
c) Capture/prise de nourriture.....	30
d) Comportements sociaux.....	31
e) Repos.....	32
f) Déplacements lents.....	33
g) Déplacements à vitesse moyenne.....	34
h) Comportements erratiques.....	35
IV. Discussion.....	36
IV.1 Fréquence des observations et taille des groupes.....	36
Taille des groupes selon les comportements.....	37
IV.2 Variables environnementales.....	38
Les déplacements.....	39
Le repos.....	39
Les comportements sociaux.....	40
Plongée et capture/prise de nourriture.....	40
IV.3 Budget d'activité.....	41
Comparaison pour le même site d'étude.....	41
Comparaison avec d'autres populations.....	42
IV.4 Utilisation de la baie.....	43
V. Conclusion.....	46
VI. Bibliographie.....	47
VII. Annexes.....	54

Avant-propos : contexte et objectifs du travail

La baie de San Antonio, en Patagonie, Argentine, abrite une population résidente de grands dauphins (*Tursiops truncatus*). Elle semble être un lieu privilégié pour la mise bas et l'éducation des jeunes. Suite au déclin de l'espèce de par le monde et en Amérique du Sud en particulier, la population de la baie de San Antonio prend toute son importance. Elle pourrait jouer un rôle important dans le maintien des grands dauphins le long des côtes atlantiques du Sud de l'Amérique du Sud. L'augmentation démographique et le développement touristique, particulièrement les activités de « *dolphin-watching* », représentent une menace potentielle pour la population. Le fait qu'elle soit résidente en fait un sujet adéquat pour des études à long terme qui sont indispensables à la compréhension et à la gestion adéquate de la sous-espèce *Tursiops truncatus gephyreus*.

L'étude présente s'inscrit dans la continuité des recherches menées par la fondation Marybio, investiguant la baie de San Antonio depuis quelques années. L'objectif de ce mémoire est d'approfondir les connaissances sur la population de la baie de San Antonio et de comprendre le mode d'occupation de l'habitat du grand dauphin dans la baie. Ce travail cherche aussi à replacer les résultats dans le contexte de la croissance démographique et de l'augmentation du tourisme. L'utilité des résultats pour le développement de mesures de protection de la population sera envisagée. Etant donné l'échantillonnage restreint à une courte période de temps, cette étude constitue avant tout une première approche visant à dégager des tendances et à tester différentes méthodes d'analyse.

Introduction

I.1 *Tursiops truncatus*

Les grands dauphins (Figure 1.1) sont des cétacés parmi les plus populaires et les plus emblématiques du monde marin. Ce sont les cétacés les plus étudiés à la fois en captivité et en milieu naturel, ce qui est facilité par leur large distribution. Certaines populations sont étudiées depuis des dizaines d'années : en Floride, en Australie notamment (Wells *et al.* 2005 ; Bejder *et al.* 2006). Malgré tout, il reste des lacunes dans les connaissances sur la structure sociale des populations et sur la génétique de leurs populations, entre autres.



Figure 1.1: Grand dauphin de la Baie de San Antonio (Vermeulen)

Généralités :

On retrouve ces animaux un peu partout dans le monde où il existe des mers tempérées ou tropicales (Figure 1.2). Leur étendue est visiblement liée à la température de l'eau, directement, ou indirectement via leurs proies. En Amérique du Nord par exemple, ils sont présents dans les eaux dont la température de surface se situe entre 10 et 32°C. Dans l'Atlantique, des observations ont été reportées de la Nouvelle Angleterre à la Terre de Feu. Ils sont très souvent côtiers (estuaires et baies), mais il existe également des populations pélagiques, par exemple près des îles océaniques ou sur le plateau continental (Wells *et al.* 1999; Wells *et al.* 2002).

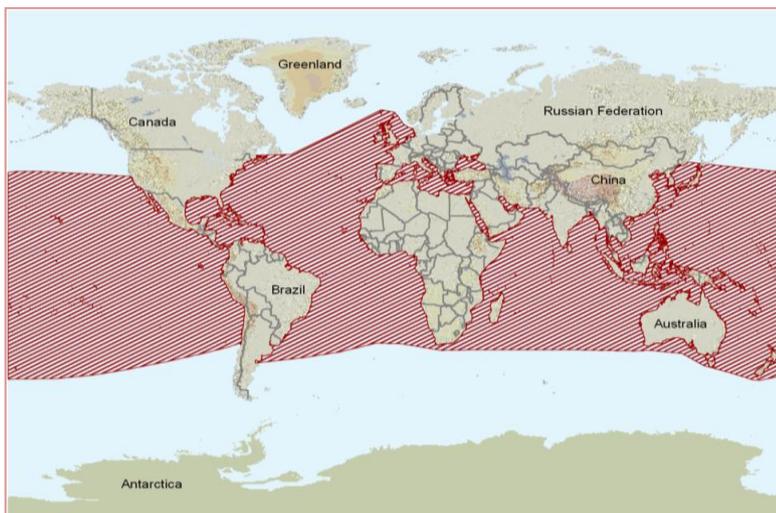


Figure 1.2 : Distribution mondiale du grand dauphin, en rouge. (IUCN)

Les grands dauphins présentent de grandes variations morphologiques en fonction des lieux géographiques, et il a été

Fiche signalétique (d'après Wells *et al.* 2002) :

Le grand dauphin

Nom latin :	<i>Tursiops sp.</i>
Description :	corps robuste, nageoire dorsale triangulaire courbée vers l'arrière, rostre court nettement démarqué du melon, gris plus ou moins foncé sur le dos et les flans, gris clair sur le ventre.
Taille adulte :	2 à 3,8m (♂ plus grands que ♀)
Poids adulte :	200 à 400 kg
Longévité :	40 à 45 ans (♂), 50 ans (♀)
Maturité sexuelle :	9 à 14 ans (♂), 5 à 13 ans (♀)
Gestation :	12 mois
Mise bas :	toute l'année, pic pendant les mois chauds dans les régions à climat saisonnier.
Taille petits :	84 à 140 cm à la naissance
Sevrage :	3 à 6 ans, correspondant souvent à la naissance du petit suivant
Mœurs :	vit typiquement en groupe de 2 à 15 individus

admis pendant longtemps que le genre *Tursiops* n'incluait qu'une seule espèce, extrêmement polymorphe. Cependant, de récentes études génétiques, morphologiques et physiologiques suggèrent qu'il faudrait corriger cette vision des choses afin de mieux reconnaître et refléter les réelles variations au sein du genre *Tursiops*. Les deux espèces généralement reconnues sont *Tursiops truncatus* et *Tursiops adunctus*. *T. truncatus* est répandu partout où le genre est présent, tandis que *T. adunctus* est présent exclusivement dans l'Océan Indien et l'Ouest du Pacifique. Les doutes quant à cette classification en deux espèces sont présents (LeDuc *et al.* 1999; Wells *et al.* 2002).

La taille et la composition des groupes sont dynamiques et dépendent principalement du sexe, de l'âge, de l'état reproductif, des liens familiaux, des affiliations, de l'activité en cours et du caractère côtier ou pélagique de la population. Il est courant de distinguer :

- les groupes de femelles avec des nouveau-nés,
- les groupes mixtes, comprenant de jeunes dauphins et des adolescents
- les mâles adultes solitaires ou en duo/trio.

Ces petits groupes peuvent se rejoindre en de rares occasions pour former des groupes comptant jusqu'à 100 individus (Wells *et al.* 1999; Wells *et al.* 2002).

Les populations de grands dauphins peuvent être résidentes à des degrés divers, on connaît (Wells *et al.* 1999; Wells *et al.* 2002) :

- des populations totalement nomades (33 à 89km/jour)
- des populations qui migrent avec les saisons et résident en un lieu périodiquement
- des populations qui résident au même endroit toute l'année
- des populations « mixtes » dont les individus présentent différents types de résidence

La résidence à long terme a été décrite pour de nombreuses régions dans le monde. La disponibilité en ressource alimentaire paraît être le facteur déterminant la résidence et les migrations (Wells *et al.* 1980).

Le régime alimentaire des grands dauphins communs comprend une large gamme de poissons et de céphalopodes ainsi que quelques crustacés ; son régime alimentaire inclut des sciaenidés, les mugilidés (*eg.* mullets) et scombridés (*eg.* maquereaux). La plupart du temps, les proies sont des animaux benthiques ou démersaux. On peut parfois observer que les groupes de dauphins avec petits se nourrissent plus près des côtes tandis que les groupes d'adultes uniquement se nourrissent plus au large. Les grands dauphins chassent individuellement le plus souvent, mais il arrive qu'ils coopèrent et développent de véritables stratégies de groupe (Wells *et al.* 1999; Wells *et al.* 2002). Les techniques de chassent sont très diverses, néanmoins les plus particulières sont souvent limitées à quelques groupes. La technique « classique » consiste à poursuivre la proie jusqu'à l'attraper. Parfois, les grands dauphins seuls ou en groupe orientent la proie vers une zone peu profonde, vers un cul de sac, une barrière ou même vers la plage afin de limiter les échappatoires. Certains individus vont jusqu'à s'échouer sur les plages à marée haute pour attraper leur proie. Une autre technique répandue consiste à assommer la proie potentielle au moyen de la nageoire caudale (fish-wacking) (Wells *et al.* 1999; Wells *et al.* 2002).

Pressions anthropiques

La population mondiale de grands dauphins est estimée à environ 600.000 individus, et son évolution générale est inconnue (Hammond *et al.* 2008). Etant en plus répartis sur une grande partie du globe, ils sont classés dans la catégorie « de préoccupation mineure » dans la liste rouge de l'UICN. Ils sont également classés dans l'appendice II de la CITES et comme « espèce de préoccupation mineure dépendant de la conservation » dans le « livre rouge » de l'Argentine (SAREM)(Bastida *et al.* 2003). Cependant, comme de nombreuses espèces de cétacés, ils subissent de lourdes pressions anthropiques (Schwacke *et al.* 2002; Reeves 2003; Houde *et al.* 2005; Hall *et al.* 2006). Or, les efforts de conservation doivent viser à préserver les espèces, mais également toute la diversité comportementale, écologique et génétique intra-spécifique (Dizon *et al.* 1997; Reeves 2003). La classification à l'intérieur même du genre *Tursiops* est complètement remise en question. Dès lors, l'évaluation du danger subit par les grands dauphins en les regroupant tous sous une même espèce n'est peut-être pas la plus appropriée.

Les populations côtières ou liées à une île sont les plus vulnérables aux perturbations anthropiques. Les menaces principales sont :

- **La chasse** : elle a largement contribué au dépeuplement des océans durant tout le 20^{ème} siècle, et ce, à des fins de consommation. Certaines populations humaines se nourrissent encore aujourd'hui de grands dauphins, comme au Pérou, au Sri-Lanka et au Japon (environ 600/an).
Les conflits avec les pêcheurs sont nombreux et génèrent une mortalité parfois importante chez le grand dauphin. Ces pratiques sont d'autant plus courantes quand les stocks de poissons diminuent. A titre d'exemple, citons les mortalités observées en mer Adriatique dans les années 60 (Bearzi *et al.* 2009) ou bien plus récemment au Japon, en Amérique du Sud, et en Norvège (Reeves 2003; Hammond *et al.* 2008).
- **Les prises accidentelles dans les filets et autres** : Dans le cas des grands dauphins, il peut s'agir de filets de pêche ou de filets « anti-requins ». La mortalité engendrée est difficile à évaluer. C'est particulièrement le cas dans les pays en développement où la majorité des prises accessoires sont réalisées lors de pêches artisanales extensives. Les chercheurs ont

identifié certaines zones plus touchées par le phénomène : la Mer Noire, le Japon, l'Australie, Taiwan et la Méditerranée (Reeves 2003; Hammond *et al.* 2008)

- **La surexploitation des ressources marines** : elle affecte la disponibilité des proies pour les prédateurs marins. Elle renforce également le sentiment de compétition ressenti par certains pêcheurs qui considèrent que les dauphins sont la cause même de la diminution des stocks (Reeves 2003; Hammond *et al.* 2008).
- **La dégradation de l'habitat** : Elle peut être causée par des constructions/démolitions en milieu côtier, par la pollution sonore, par l'augmentation du trafic naval (Mattson *et al.* 2005), par la pollution terrestre qui se retrouve en mer via le lessivage des terres, par la pollution côtière (macro-déchets), par les marées noires, etc.
- **La pollution** : Les grands dauphins occupent le haut des chaînes trophiques dans les écosystèmes marins. Ils vivent longtemps, souvent près des côtes, et ils possèdent une épaisse couche de graisse, jouant un rôle dans la thermorégulation, la flottabilité et le stockage d'énergie. Par conséquent, ils sont exposés à de très grandes concentrations en polluants lipophiles via transfert et biomagnification au sein de leur réseau trophique (Busbee *et al.* 1999; Schwacke *et al.* 2002; Houde *et al.* 2005). Ils sont en réalité, avec les orques, les premières victimes de ces polluants. Parmi les substances les plus inquiétantes, citons les polluants organiques persistants (POP) dont les biphényles polychlorés (PCB).

En 1987, plus de 7000 grands dauphins ont été retrouvés morts sur les plages atlantiques du centre et du Sud des Etats-Unis. Depuis lors, les épizooties se sont multipliées et ont provoqué la mort de milliers de mammifères marins. Or, il a été constaté que les concentrations en polluants (POP) et notamment en PCB trouvées dans les animaux morts étaient très élevées comparées à celles trouvées chez des individus vivants (Houde *et al.* 2005).

Les PCB affectent négativement le système immunitaire des mammifères (Linder *et al.* 1974; Busbee *et al.* 1999). Cela a été mis en évidence chez le grand dauphin également (Lahvis 1995).

Les PCB perturbent aussi le système endocrinien (thyroïdien et stéroïdien) en activant certains CYP450. En outre, à l'instar de nombreux polluants organiques, les PCB sont transférés de la mère aux nouveau-nés via le placenta et l'allaitement (Wells *et al.* 2005; Yordy *et al.* 2010).

En tenant compte des concentrations en PCB mesurées dans la population de Sarasto Bay, une étude a évalué que cette population pourrait passer de 300 individus à 100 en une soixantaine d'années (Hall *et al.* 2006).

- **Le tourisme** : Les dernières décennies ont vu une croissance considérable du tourisme de type « *watching* » à travers le monde. Les grands dauphins étant très présents en milieu côtier, ils sont fréquemment exposés au « *dolphin-watching* » (Lusseau 2004). Cette activité peut entraîner des perturbations parmi les populations de grands dauphins, en modifiant, entre autres, les comportements et la taille des groupes (Mattson *et al.* 2005). L'impact des bateaux n'est pas le même selon l'activité en cours. Les comportements de repos et les

- comportements sociaux sont les plus atteints. Ils diminuent, souvent en parallèle avec une augmentation des déplacements (Lusseau 2004, Constantine *et al.* 2004 ; Christiansen *et al.* 2010). Une autre réaction fréquente des dauphins est l'évitement des zones où les bateaux sont nombreux (Lusseau *et al.* 2004 ; Lusseau 2005 ; Mattson *et al.* 2005 ; Bejder *et al.* 2006). Ces perturbations ne seraient pas sans conséquence sur le long terme. Une diminution du temps de repos et une augmentation des déplacements auraient des répercussions sur le budget énergétique des individus (Lusseau 2004 ; Christiansen *et al.* 2010). Une diminution des comportements sociaux pourrait quant à elle entraîner une diminution du taux de grossesse (Lusseau 2004).

L'évitement des zones serait une stratégie alternative choisie lorsque les bateaux seraient trop nombreux (Lusseau 2004 ; Mattson *et al.* 2005). Lusseau (2004) suggère que les dauphins évitent les interactions avec les bateaux et essaient de les maintenir sous un certain seuil. Par exemple, dans le fjord de Milford Sound, ce seuil serait de 68 minutes au minimum entre deux interactions avec des bateaux. Si ce seuil est dépassé, il devient trop coûteux d'un point de vue énergétique de se déplacer systématiquement à chaque rencontre avec un bateau. En effet, les dauphins auraient à peine le temps de s'éloigner d'un bateau qu'ils en rencontreraient un autre. Dans ce cas, les dauphins préfèrent carrément éviter la zone, et ils ne pénètrent plus à l'intérieur du fjord. (Lusseau 2004 ; Lusseau 2005). La valeur du seuil serait directement liée au budget énergétique et varierait selon les endroits et l'écologie des différentes populations (Lusseau 2004).

Alors que la plupart des études envisagent des conséquences néfastes à long terme par extrapolation des résultats, des chercheurs ont mis en évidence des effets du *dolphin-watching* sur le long terme directement. Dans la Shark Bay, l'apparition de deux tour-opérateurs en moins de 10 ans dans une région a provoqué une diminution de 14,9% de la taille de la population. L'étude, qui impliquait également une région contrôle, permet d'attribuer le déclin de la population dans la première région à la présence des tour-opérateurs. Les chercheurs attribuent ce déclin, du moins en partie, au départ de certains individus plus sensibles vers d'autres régions. Chez des espèces qui manifestent des liens sociaux forts, comme les grands dauphins, les départs, provoquant la rupture de liens, auraient de grandes répercussions (Bejder *et al.* 2006).

Les bateaux de dolphin-watching ne sont pas le seul problème engendré par le tourisme. Les bateaux à moteur utilisé pour le ski nautique, les « bananes » et d'autres divertissements aquatiques sont également une source de perturbation. Mattson (2005) a évalué que les bateaux de watching engendraient des perturbations dans 20% des cas, les bateaux à moteur dans 55% des cas, et les jet-skis dans 56% des cas. Les grandes vitesses, les moteurs bruyants, et les mouvements imprévisibles sont probablement la cause de ces perturbations.

I.2. Utilisation de l'habitat

L'espace vital est l'espace occupé par chaque individu dans l'accomplissement de ses activités normales telles que la prise de nourriture, la reproduction et les soins apportés aux petits (Burt 1943 in Ingram *et al.* 2002). Les particularités d'un habitat et les besoins (énergétiques entre autres) des individus déterminent la taille de l'espace vital d'une population (Ballance 1992).

Les habitats et espaces vitaux sont généralement composés d'une mosaïque de parcelles qui diffèrent d'un point de vue biologique et physique. Certaines offrent plus de protection contre les éléments ou la prédation, d'autres moins. Certaines contiennent de grandes concentrations en nourriture, d'autres sont improductives. A cause d'une telle hétérogénéité, on s'attend à ce que les animaux soient distribués en fonction de l'utilisation différente qu'ils feraient de chaque parcelle au sein de l'espace vital (Ballance 1992). Cette utilisation différente peut être fonction du moment de la journée, de l'âge ou du sexe des individus, de la saison, etc. Elle a été observée chez certains mammifères marins. Par exemple, des facteurs comme la température de l'eau, la profondeur, le gradient de profondeur, le type de sédiment influencent la distribution de plusieurs espèces de cétacés et de pinnipèdes (Ingram *et al.* 2002).

Les grands dauphins étant des prédateurs marins au sommet des chaînes trophiques et des nageurs efficaces, on peut s'attendre à ce que leur espace vital soit très étendu (Ingram *et al.* 2002). L'utilisation de l'habitat des populations résidentes varie selon les endroits. Par exemple, les grands dauphins de Moray Firth en Ecosse préfèrent les fonds très pentus (Wilson, *et al.* 1997; Wilson *et al.* 1999), ceux du Shannon estuary en Irlande les eaux profondes avec fonds pentus (Ingram *et al.* 2002), tandis que ceux de Sarasota Bay en Floride préfèrent les eaux de profondeur inférieure à 3m (Irvine *et al.* 1981) et ceux du Golfe de Californie au Mexique préfèrent les zones d'estuaire (Ballance 1992). En plus d'être extrêmement variable d'un endroit à l'autre, l'utilisation de l'habitat par des dauphins peut présenter des variations au cours du temps (Wilson *et al.* 2004 ; Garaffo *et al.* 2007).

L'utilisation préférentielle de certaines zones selon l'activité en cours présente, par contre, plus de similitudes d'une étude à l'autre. Les comportements de repos sont régulièrement associés à des eaux peu profondes et proches des côtes (Wells *et al.* 1987). Les comportements de plongées et les déplacements rapides sont parfois associés à de grandes profondeurs (Wursig *et al.* 1979 ; Garaffo *et al.* 2007).

Vu sa variabilité importante, il est clairement nécessaire de comprendre l'utilisation de l'habitat à chaque site d'étude avant de pouvoir établir des recommandations concernant la gestion de l'habitat (Ingram *et al.* 2002). Il est également essentiel d'effectuer les études sur des périodes de temps suffisamment longues (Wilson *et al.* 2004 ; Lusseau *et al.* 2004).

I.3. Lieu d'étude

La population de grands dauphins étudiée habite l'Aire Naturelle Protégée de la Baie de San Antonio (NPBSA), au nord-ouest du Golfe de San Matias, dans la province du Rio Negro, en Argentine (Figure 1.3 et Figure 1.4). Les informations sur la Baie de San Antonio (BSA) sont relativement limitées du fait que l'intérêt pour cette région ne s'est éveillé que récemment. La baie fait environ 180 km². Sa profondeur maximale ne dépasse pas 30m et avoisine le plus souvent les 5m (Figure 3c (SHN 2000)). Les marées, parmi les plus grandes du monde, peuvent atteindre jusqu'à 9m. La salinité est élevée. Les écarts de températures sont particulièrement prononcés : jusqu'à 16 °C de différence entre les minima et maxima annuels. Les eaux atteignent en moyenne 22°C en été et 12°C en hiver. Enfin, la biomasse primaire est particulièrement élevée pour le GSM, elle tourne autour de 2,25 mg/m³ tout au long de l'année (Gagliardini *et al.* 2004; Williams *et al.* 2010).



Figure 1.3 : Golfe de San Matias (GSM) comprenant l'Aire Naturelle Protégée de la Baie de San Antonio (NPBSA) (source : Google Earth).



Figure 1.4 : Carte de l'Amérique du Sud incluant l'Argentine. Le golfe de San Matias est entouré en rouge (source : Google).

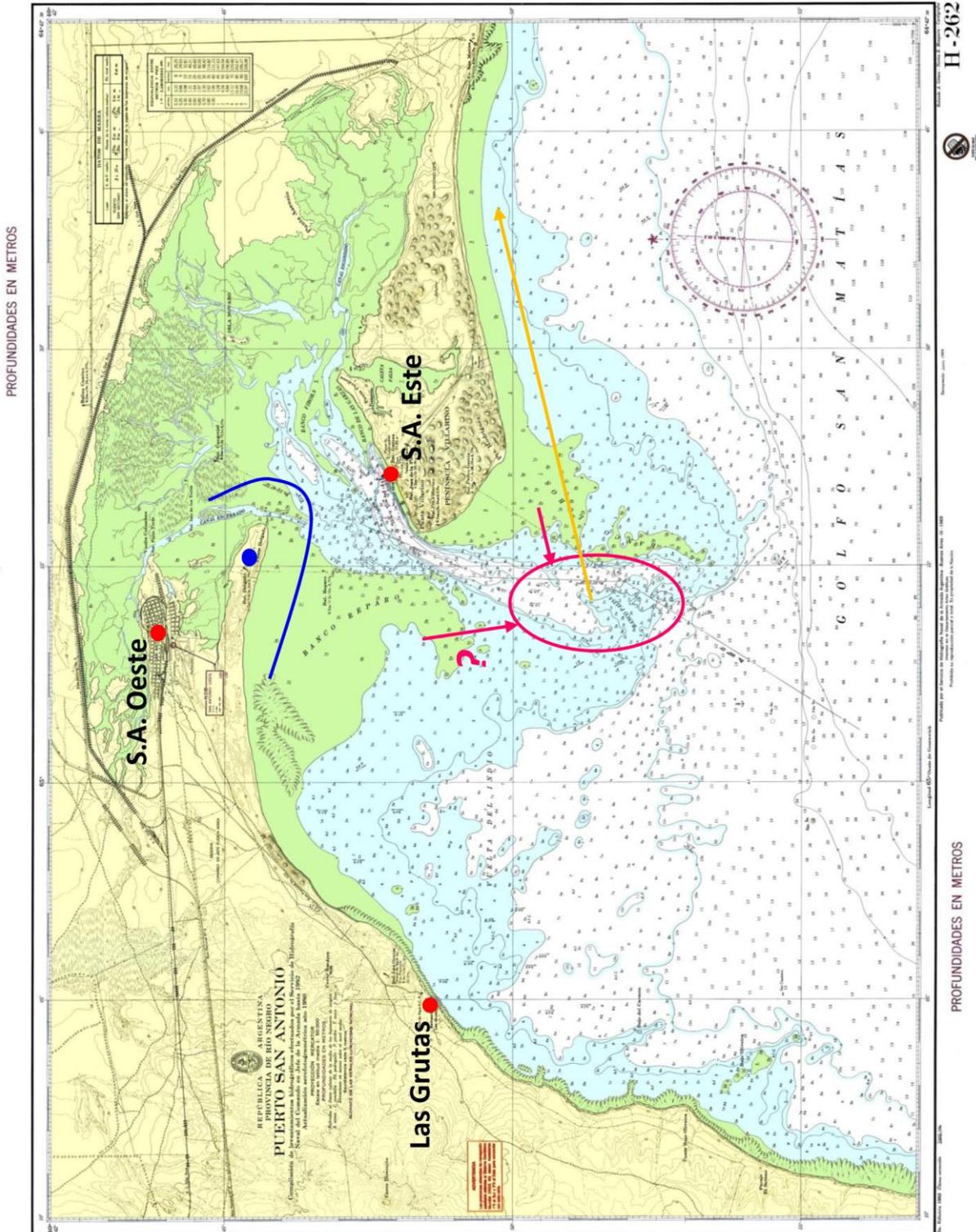
La BSA a une valeur importante pour la biodiversité qu'elle abrite. C'est une étape pour de nombreuses espèces d'oiseaux migrateurs du Sud-ouest de l'Atlantique. En outre, on y trouve l'unique population d'hippocampes d'Argentine (*Hippocampus patagonicus*) décrite à ce jour (Piacentino *et al.* 2004), une colonie de lions de mer (*Otario flavescens*), une population de baleines franches australes (*Eubalaena australis*) pendant la saison froide, et la population résidente de grands dauphins (Vermeulen *et al.* 2008; Vermeulen *et al.* 2009a; Vermeulen *et al.* 2009b; Vermeulen *et al.* 2010). Les fonds sableux peu profonds sont également un refuge pour toute une faune larvaire dont dépendent les réseaux trophiques locaux (Luzzatto, communication personnelle).

Comme mentionné plus haut, l'économie du GSM repose sur la pêche et le tourisme, qui se concentrent en grande partie sur la BSA via 3 villes en expansion (Figure 1.5) :

- San Antonio Oeste compte environ 20.000 habitants, possède un port de pêche et une usine (ALPAT) qui produit du carbonate de soude par le procédé Solvay.
- Las Grutas compte 3000 résidents, et est l'une des villes les plus touristiques de Patagonie à cause de ses eaux particulièrement chaudes en été. Les 350.000 touristes qui y séjournent chaque année engendrent le développement d'activités comme la plongée, la voile, les jeux aquatiques requérant zodiac et jetski, etc.
- San Antonio Este est un petit village (moins de 1000 habitants), mais il constitue l'un des plus grands ports d'exportation d'Argentine, notamment pour les fruits et légumes produits en masse dans la province.

Légende :

- Les villes : ●
- Usine ALPAT : ●
- Zone d'impact, limite externe : 
- Zone de dragage : ○
- Tuyaux d'évacuation du sable : 
- Mouvement probable du sable des bancs vers la zone draguée : 



H-262

Problèmes environnementaux

- L'usine ALPAT génère de grandes quantités de produits secondaires et de déchets ; principalement du Cl_2Ca et du NaCl , mais également du SO_4Ca , CaOH_2 , SO_4Na , NHOH_4 et du KCl en phase aqueuse. La vétusté des réservoirs contenant toutes ces substances les a rendus perméable, de plus, les tas de déchets solides se trouvent à l'air libre. Il en résulte que les produits se retrouvent dans la baie où ils étouffent petit à petit la vie benthique (Figure 1.5)(Vermeulen *et al.* 2010). L'impact sur la population d'hippocampes et sur les larves serait non négligeable ; le Dr D. Luzzatto fait état d'une diminution de 50% des populations.
- Des années 60 aux années 80, une mine connue sous le nom de Gonzalito et se trouvant à une centaine de kilomètres de San Antonio a extrait du plomb, de l'argent, du zinc et du vanadium. En même temps, elle a entreposé quantité de produits secondaires à l'air libre, partout autour et à l'emplacement actuel des villes de Las Grutas et de San Antonio Oeste. Aujourd'hui, en conséquence, les concentrations en Pb, Cu, et Zn dans les sédiments sont alarmantes (atteignant 37,8 $\mu\text{g/g}$, 7.9 $\mu\text{g/g}$ et 44.6 $\mu\text{g/g}$ respectivement). Ces éléments contaminent la faune ; cela a été montré pour une espèce de moule (*Brachydontes rodriguezii*) où l'on retrouve, en plus, des concentrations élevées en Cd (Vázquez *et al.* 2007).
- Aucune information n'est disponible sur les concentrations en pesticides et en POP présentes dans la BSA. De nombreuses cultures de fruits bordent le Rio Negro, qui se jette dans l'Atlantique à environ 180 kilomètres de la BSA, juste au dessus du GSM (carte 1). Il pourrait donc y avoir une contamination des eaux de la BSA sous l'influence de courants venant de l'Est.
- Le système des égouts fait défaut à plus de 70% des habitations. Dès lors, les eaux usées sont majoritairement rejetées dans la baie sans traitement préalable, et elles engendrent un phénomène d'eutrophisation et de contamination bactérienne (Vermeulen *et al.* 2010).
- La pollution sonore est présente dans la BSA via les bateaux, les cargos, l'usine ALPAT et via les activités touristiques aquatiques, mais aucune étude n'a encore été menée à ce sujet. Les cétacés sont susceptibles d'être perturbés par le bruit (Richardson *et al.* 1998). Les conséquences de cette pollution sonore sur les grands dauphins de la BSA ne sont pas encore connues (Vermeulen *et al.* 2010).
- Le danger le plus imminent est un projet du gouvernement : il voudrait augmenter l'activité du port de San Antonio Este en élargissant et en approfondissant l'entrée du canal naturel permettant le passage de cargos. Ceci se ferait par un dragage du fond du canal (Figure 1.5). Ce fond étant sableux, il serait remblayé en permanence par les bancs de sable avoisinants. Pour contourner ce problème, le projet inclut la mise en place d'une canalisation qui maintiendrait la profondeur du canal en aspirant et en rejetant continuellement le sable ailleurs. Les conséquences d'un tel projet sont actuellement à l'étude, mais on imagine sans peine de profondes modifications de la topographie du fond de la baie. Cela aurait un impact sur les populations de larves, d'hippocampes, et sur toute la faune de la baie (Luzzatto, communication personnelle).

- La Patagonie a vu une forte augmentation du tourisme les dernières années (Coscarella *et al.* 2003), et le phénomène se poursuit. Cette augmentation entraîne avec elle une pression croissante sur les agences de tourisme local pour des activités de type « *dolphin-watching* ». L'activité n'est pas encore officiellement développée et il n'existe donc aucune réglementation précise. Cependant, certaines personnes profitent de cette situation pour emmener officieusement des touristes sur l'eau, à la recherche de mammifères marins. La colonie de lions de mer est déjà visitée chaque jour d'été par des touristes sans réelle surveillance. Le « *dolphin-watching* » pourrait devenir un problème s'il n'est pas régulé convenablement. Cette régulation nécessite une étude préalable de la population de dauphins et de l'utilisation qu'elle fait de la baie (Lusseau *et al.* 2004).

I.4. La population de grands dauphins de la BSA

La forme régionale de *Tursiops truncatus* pourrait être considérée comme la sous-espèce *T. t. gephyreus* ou comme l'espèce *T. gephyreus* typique de l'Argentine, de l'Uruguay et du Sud du Brésil (Bastida *et al.* 2003). En Argentine, on peut voir ces derniers de la province de Buenos Aires à la province du Chubut, bien que des observations aient été effectuées plus au Sud. Les seules recherches sur des populations sauvages ont été menées au début des années 70 près de Buenos Aires et dans le Golfe de San José (Wursig 1978; Wursig *et al.* 1979). De ce fait, il existe peu d'informations sur les grands dauphins sauvages dans ce pays, et la répartition et l'évolution des populations sont mal comprises.

Depuis la fin des années 80, le nombre d'observations de grands dauphins a diminué le long de la côte de la province de Buenos Aires et aujourd'hui il est devenu rare de les observer alors qu'avant les observations étaient quotidiennes. De même, la population du Golfe de San José aurait diminué ces dernières décennies. Les causes exactes de ce déclin ne sont pas connues (Bastida *et al.* 2003).

Fondation Marybio

La fondation Marybio est présente à Las Grutas depuis 2006, elle concentre ses recherches sur la baleine franche australe, *Eubalaena australis*, et sur le grand dauphin (Vermeulen *et al.* 2010). Elle a observé la présence très fréquente de grands dauphins dans la Baie de San Antonio et mène actuellement la première étude sur cette population et la première à long terme sur cette espèce en Patagonie du Nord-est. Les recherches menées par la fondation depuis 2006 ont permis de déterminer plusieurs éléments :

La première étude sur la population de grands dauphins menée par la fondation a consisté notamment en l'identification des individus par un système de photographie/reconnaissance de la nageoire dorsale. Par ce moyen, des individus ont été repérés dans la baie de San Antonio, mais également au niveau de l'embouchure du Rio Negro (carte 1). L'espace vital de la population inclut donc probablement au moins la BSA et toute la zone côtière Nord du Golfe de San Matias jusqu'au Rio Negro (Vermeulen *et al.* 2009a). En outre, ces identifications ont permis d'attester de la présence de deux morphotypes distincts de grands dauphins. Or, les chercheurs les pensaient complètement isolés géographiquement.

Suivant le protocole établi par Marybio, les dauphins de la BSA peuvent être vus toute l'année en moyenne toutes les 4h, la durée moyenne des observations étant de 45 min (avec un

Tableau 1.1 : Caractéristiques démographiques de la population des grands dauphins (*Tursiops truncatus*) de la BSA : taille de la population, proportion de petits, indice de résidence et taille des groupes selon les saisons. Les valeurs sont exprimées sous forme de moyennes (Vermeulen *et al.* non publié).

Saison	été	automne	hiver	printemps
Estimation taille population (intervalle de confiance à 95%)	66 (50-116)	38 (30-71)	97 (75-155)	96 (52-281)
Proportion de petits	0.18	0.26	0.34	0.36
Indice de résidence	0.19	0.13	0.32	0.19
Taille des groupes	2	4	12	6

minimum de 5min et un maximum de 4h) (Vermeulen et al. 2009b). A ce jour, le nombre de dauphins identifiés s'élève à 63. La taille de la population est estimée alentour d'une centaine d'individus (Vermeulen et al. 2011). Des petits sont présents dans 72% des groupes observés, et tout au long de l'année. Des nouveau-nés sont également observés toute l'année. Plus de la moitié (56%) des individus identifiés sont résidents annuels ou saisonniers ; ce chiffre s'élève à 85% lorsque l'on ne considère que les paires « mère-petit » qui ont pu être identifiées (Vermeulen et al. 2009b; Vermeulen et al. 2011). Ces nombres élevés suggèrent que la BSA pourrait être un lieu favorable à la mise-bas et à l'éducation des petits.

Les associations entre individus varient énormément parmi les dauphins de la BSA et, à part les paires « mère-petit », aucune coalition stable n'a été observée entre des individus. Cette population pourrait donc être classifiée de « *fission-fusion society* » (Vermeulen et al. 2009b).

La dernière étude en date montre des différences entre les saisons pour la taille de la population, le degré de résidence, la taille des groupes et le budget d'activité. Le nombre d'individus atteint un maximum en hiver et au printemps, et un minimum en automne. La proportion de petits est maximale en hiver et au printemps également, et minimale en été (Tableau 1.1). L'indice de résidence* annuel des individus identifiés varie de 0 à 0.57 avec une moyenne de 0.25. L'indice de résidence saisonnière est significativement plus élevé en hiver (Tableau 1.1). De plus, les individus classés comme étant des femelles ont un indice de résidence significativement plus élevé que les autres dauphins identifiés (Figure c). La taille des groupes varie également significativement avec les saisons (Tableau 1.1) (Vermeulen *et al.* non publié).

Au niveau de leur budget d'activité, les dauphins de la BSA montrent une prédominance des comportements de repos (24% de leur temps), d'alimentation (19% de leur temps) et de voyage (19% de leur temps). Les plongées, les comportements erratiques et sociaux occupent respectivement 12%, 8% et 7% de leur temps. Reste 10% du temps où le comportement n'a pas pu être déterminé (Vermeulen *et al.* non publié).

Cependant, les proportions entre les différentes activités varient avec les saisons (Figure 1.6). Notamment, les plongées sont observées quasi exclusivement en été (plus de 40% de leur temps) tandis que les comportements sociaux ne sont quasiment jamais observés à cette saison. Les comportements d'alimentations sont bien plus fréquents en hiver et au printemps où, au contraire, les plongées ne sont jamais observées (Vermeulen *et al.* non publié). Ces comportements de plongée sont souvent interprétés comme étant un comportement de recherche alimentaire, et pourraient refléter une diminution de la disponibilité des proies en été, ou un changement dans le type de proies disponibles entre hiver et été (Ballance 1992 ; Vermeulen *et al.* non publié).

Certains individus identifiés ayant été repérés en été à l'embouchure du Rio Negro (Vermeulen *et al.* 2009a), et les estuaires étant souvent caractérisés par une grande abondance de proies, ceci pourrait suggérer qu'une partie de la population se délocalise pendant l'été pour aller se nourrir à l'embouchure du fleuve (Vermeulen *et al.* non publié).

* L'indice de résidence correspond au nombre de mois où l'individu est observé divisé par le nombre de mois d'étude.

II. Méthodologie

II.1 Récolte des données

Les observations ont été effectuées à bord d'un canot pneumatique à moteur diesel à deux temps (4m de long). Il était équipé d'un sondeur permettant de relever à tous moments la profondeur et la température de l'eau et d'un GPS Garmin eTrex Legend®. L'équipe disposait également d'un anémomètre, de jumelles, et d'un appareil-photo réflexe digital Nikon D70.

Chaque soir, les prévisions météo étaient vérifiées sur internet via le site Winguru (<http://www.windguru.cz/fr>) afin de prévoir ou non une sortie en mer le lendemain. Les critères voulus étaient un vent de force égale ou inférieure à 3 Beauforts et de direction Nord-Nord-est à Ouest, et une absence de précipitations. Exceptionnellement, lorsque le vent était particulièrement faible, des sorties ont été effectuées par vent du Sud et d'Est. Juste avant la sortie, l'état de la mer était vérifié *de visu* ; la présence de vagues blanches indiquait une mer trop agitée pour y effectuer des observations correctes.

Le bateau a toujours été mis à l'eau et sorti au même endroit, la jetée 3 de Las Grutas. Cet endroit a donc été le point de départ et d'arrivée de tous les transects, tous effectués au hasard et à des vitesses variables. Lorsqu'un groupe de dauphins était repéré, nous nous approchions en essayant de ne pas le perturber, et nous le suivions.

De nombreuses études ont montré que des dauphins pouvaient modifier leur comportement suite à l'approche de bateaux (Coscarella *et al.* 2003 ; Constantine *et al.* 2004, Lusseau 2004 ; Lusseau *et al.* 2004 ; Mattson *et al.* 2006 ; Christiansen *et al.* 2010). Cependant, la vitesse du bateau, sa direction et sa distance influencent l'intensité de la réaction. Afin de réduire l'impact de la présence du bateau, l'idéal consiste à approcher les groupes par le côté, en allant dans la même direction, à la même vitesse que les dauphins ou presque et à maintenir ensuite une distance constante d'environ 100m (Bearzi *et al.* 1999; Lusseau *et al.* 2004; Garaffo *et al.* 2007). Cette technique a été en partie utilisée lors de la présente étude. En raison de son association avec d'autres recherches menées par Marybio, nécessitant l'identification des individus au moyen de photos, les groupes étaient approchés plus que nécessaire pour cette étude (< 100m). Une modification des comportements pourrait donc avoir été provoquée, bien qu'il semble que la population de la BSA soit aujourd'hui relativement habituée à la présence du bateau de recherche.

Au cours de chaque transects, lorsqu'un groupe de grands dauphins était repéré, il était approché et les observations commençaient le plus rapidement possible. Les groupes de dauphins étaient suivis jusqu'à ce qu'un maximum d'individus soient photographiés dans le cas où ils semblaient nous éviter. Dans le cas contraire, ils étaient suivis jusqu'à ce qu'ils soient perdus de vue ; ceci correspondait à 10 min sans apercevoir un individu.

Un groupe est défini comme étant tous les dauphins se trouvant dans un rayon de 100m l'un de l'autre, interagissant ou engagés la plupart du temps dans la même activité (Shane 1990; Bearzi *et al.* 1999; Ingram *et al.* 2002; Lusseau 2005).

Dans un premier temps, la taille du groupe était évaluée, et la présence de jeune(s) (incluant les petits et les nouveau-nés) était notée. Les *petits* sont les individus dont la longueur du corps fait deux tiers ou moins de celle d'un adulte et qui nagent la majorité du temps en association

étroite avec un adulte. Les *nouveau-nés* sont les individus dont la taille fait 1/3 de celle d'un adulte ; ils sont presque toujours en très proche association avec un adulte. (Shane 1990a; Bearzi *et al.* 1999; Vermeulen *et al.* 2008; Vermeulen *et al.* 2009a) Nous ne distinguons pas les *juvéniles* des adultes dans cette étude. Ainsi, les groupes sont classés entre « groupe avec jeune(s) » et « groupe sans jeune ».

Ensuite, les observations comportementales commençaient. Régulièrement, tout au long du suivi du groupe, une série d'informations était relevée et associée à la localisation du groupe. La méthode d'observation utilisée est un focal sur groupe avec relevé d'informations toutes les 5min (*focal group 5min point-sampling* ; (Altmann 1974). Elle consiste à relever l'ensemble des informations voulues à un moment précis et prédéterminé. L'attention est portée au groupe dans son ensemble, et non aux individus en tant que tels. Pour des raisons pratiques, cette méthode a été préférée au scan (où l'attention est portée sur les individus), malgré le biais qu'elle peut engendrer (Mann 1999): les groupes évoluent au cours du suivi d'observation et il est extrêmement difficile d'identifier les individus suffisamment rapidement.

Les informations relevées sont détaillées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Répertoire comportemental du grand dauphin d'après (Ballance 1992; Bearzi 2004; Garaffo *et al.* 2007; Vermeulen *et al.* 2010).

Formation du groupe

Tight	Individus distants de moins d'une longueur de corps
Loose	Individus distants de 1 à 5 longueurs de corps
Disperse	Individus distants de plus de 5 longueurs de corps
Variable	Distances entre individus irrégulières.

Contact physique

None	Aucun contact observé entre les dauphins
Occasional	Contact occasionnel entre certains membres du groupe
Regular	Contact intense entre certains membres (moins de la moitié) du groupe
Intense	Contacts intenses pour la majorité des individus
Unknown	Impossible à déterminer

« Surfacing mode »

Calm	Les individus ne provoquent pas d'écume ou des turbulences en faisant surface
Active	Les individus provoquent de l'écume ou des turbulences en faisant surface
Variable	Les deux modes sont observés régulièrement pendant les 5min

Direction

None	Aucune direction constante
Poor	Direction oblique par rapport à la côte
Straight	Direction claire, parallèle ou perpendiculaire à la côte.

Activité

Traveling (fast, medium or slow)	Déplacement directionnel du groupe, les individus plongent et font surface de façon relativement synchrone. Les plongées durent 2,5 à 3min en moyenne et les intervalles permettant quelques respirations durent environ 30s.
----------------------------------	---

Resting	Les individus sont extrêmement peu actifs, et ne se déplacent quasiment pas. Ils font surface très lentement en sortant la tête et la nageoire dorsale simultanément, flottent sans bouger pendant environ 10s, puis replongent
---------	---

	lentement sous l'eau sans avancer.
Dive	Les individus plongent pour plus de 30 secondes sans se déplacer dans une direction constante.
Feeding	Les individus plongent de façon désynchronisée sans se déplacer dans une direction constante. Ils nagent parallèlement à la surface ou plongent plusieurs fois au même endroit. Parfois, ils coopèrent et nagent en cercle. Le signe le plus caractéristique est cependant la présence d'oiseaux qui survolent le groupe et le suivent de près. Ici, il s'agissait surtout de goélands.
Socialise	Les individus sont très actifs et les contacts physiques sont intenses, clairement dirigés d'un individu à l'autre. Les dauphins passent souvent beaucoup de temps à la surface sans se diriger dans une direction précise.
Play	Activité qui inclut un objet étranger
Milling	Comportement erratique où les individus nagent calmement près de la surface en changeant sans arrêt de direction, sans contact apparent entre les individus.
Réaction au bateau	
Avoidance	Eloignement ou plongée en réponse à la présence du bateau
No response	Aucun signe de perturbation par rapport à la présence du bateau
Approach	Approche en direction du bateau au moins une fois pendant l'intervalle de 5min
Bowride	Nage et sauts le long du bateau en mouvement.
Direction du bateau	
Approach	Le bateau se rapproche du groupe ou le suit
Still	Le bateau reste sur place
Away	Le bateau s'éloigne du groupe
Vitesse du bateau	
F/M/Sl	Rapide/moyenne/lente
Profondeur	
	En mètre
Température de l'eau	
	En degré Celsius
Waypoint	
	Point de référence sauvegardé sur le GPS et correspondant aux coordonnées géographiques de l'emplacement.

Toutes les informations de type comportemental relevées sont le reflet de l'état majoritaire du groupe (si rien d'autre n'est précisé dans le tableau ci-dessus).

En plus des informations reprise dans le tableau 2, d'autres paramètres ont été relevés une fois lors de chaque sortie en mer : la date, l'heure du début et l'heure de la fin du transects, la température de l'air, la vitesse et la direction du vent, l'état de la mer (lisse, calme, petites vagues ou vagues blanches), le nombre de personne à bord, le niveau d'activité sur la plage de Las Grutas, et le nombre de véhicules motorisés présents dans l'eau. Toutes les données sont écrites au crayon sur des feuilles, lors du transects, et sont conservées après encodage informatique.

La position des groupes de dauphins est assimilée à celle du bateau tel que dans l'étude de Bearzi (2004). Les vitesses de déplacement étaient déterminées de façon intuitive d'après la vitesse du bateau ressentie. Enfin, les comportements observés n'étaient pas mutuellement exclusifs.

II.2 Analyse des données

Les calculs statistiques ont été réalisés à l'aide du programme Statistica, version 9.

Deux logiciels de système d'information géographique (SIG), OziExplorer et ArcEditor, version 10, ont été utilisés pour traiter les données. Plus précisément, c'est l'application ArcMap qui a été utilisée pour reconstituer les cartes. Les coordonnées géographiques des waypoints ont été converties en coordonnées projetées UTM, zone 20S, associées au système géodésique WGS1984. Les waypoints ont ainsi pu être replacés sur une carte de la BSA fournie par le logiciel. Un quadrillage de la carte a également été établi grâce à ArcMap, ses mailles ou cellules font 1 km² (1x1 km).

Pour chaque cellule utilisée par les dauphins ont été calculés :

- L'indice d'utilisation (IU) : $IU = T_i / TT \times 100$

où T_i est le temps passé à suivre les dauphins dans la cellule i et TT le temps total passé à suivre les dauphins durant l'étude. Cette valeur représente la proportion du temps que les dauphins passent dans chaque cellule et elle indique l'intensité de l'utilisation de chacune. Ensuite, les cellules ont été classées dans 4 catégories selon leur IU : faible ($0\% < IU \leq 0.9\%$) ; moyen ($0.9\% < IU \leq 1.8\%$) ; élevé ($1.8\% < IU \leq 2.7\%$) ; très élevé ($2.7\% < IU$).

- L'indice d'activité (IA) : $IA_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n T_{ijk} / TT_{ik}$

où T_{ijk} est le temps pendant lequel le groupe k a exhibé l'activité ou comportement j dans la cellule i , et où TT_{ik} est le temps total passé par le groupe k dans la cellule i . Ainsi, chaque cellule est caractérisée par plusieurs IA, un par comportement, dont la valeur est la moyenne calculée à partir des n groupes. Il représente la proportion du temps consacré à chaque comportement dans les cellules (Karczmarski et al. 2000).

- La pente = $(P_{max} - P_{min}) / D$ où P_{max} est la profondeur maximale dans la cellule, P_{min} , la profondeur minimale dans la cellule, et D la distance entre ces deux points. Elle est exprimée en m/km (Garaffo et al. 2007). Les valeurs sont tirées de la carte de la BSA (SHN 2000).

La profondeur n'est pas aussi aisément calculable. En effet, comme mentionné dans l'introduction, la BSA est très peu profonde (<10m voir 5m pour une très grande surface) et les marées sont de très grande amplitude, jusqu'à 9m. Il s'ensuit qu'une large portion de la zone d'étude se situe dans la zone intertidale, et que la profondeur en un point géographique varie énormément, jusqu'à plus de 100%. Il paraît donc plus judicieux de considérer les profondeurs mesurées directement sur le terrain pour les analyses. Si cette valeur n'est pas idéale pour la

représentation cartographique, elle est néanmoins appropriée à l'estimation des relations entre comportements et variables environnementales.

Dans de nombreuses études, la plongée et la capture/prise de nourriture ne sont pas distinguées et elles sont reprises sous la catégorie « *feeding* » (Ballance 1992 ; Hanson *et al.* 1993 ; Moller *et al.* 2002 ; Rogers *et al.* 2004). Cependant, lorsque que les dauphins sont sous l'eau, lors du comportement de plongée, il est impossible de voir ce qu'ils font réellement. Aussi, dans cette étude, nous avons préféré distinguer les deux comportements, en attribuant la catégorie « capture/prise de nourriture » uniquement lorsque nous avons vu avec certitude les dauphins chasser des proies. Dans la discussion, il sera possible de rapprocher les deux comportements pour permettre la comparaison aux autres études, si les résultats justifient un tel rapprochement. Les comportements considérés dans l'analyse sont les suivants : slow traveling (=ST, =déplacement lent), medium traveling (=MT, =déplacement à vitesse moyenne), socialising (=S, =comportement social), resting (=R, =repos), feeding (=F, =capture/prise de nourriture), diving (=D, =plongée) et milling (=M, =comportement erratique). Les dénominations anglaises et leurs abréviations seront préférentiellement utilisées dans les figures et tableaux dans un souci pratique.

Les cartes traditionnelles présentant directement les waypoints ou divisées par une grille peuvent être difficiles à analyser. Par exemple, les cartes partagées en grille mettent en évidence des épiphénomènes en faisant apparaître des cellules isolées qui peuvent ne pas constituer une zone importante de densité (Di Salvo *et al.* 2005). Elles créent également, par leur découpage, une rupture artificielle des phénomènes observés (ici, les comportements).

Pour contourner ces inconvénients, il est possible d'effectuer un lissage en calculant les densités des différents comportements par la méthode du noyau (Kernel Density Estimator, KDE) sur une grille, via l'outil Kernel de Hawth's Tools, utilisable sur ArcMap. Cette méthode permet de faire apparaître des continuités de tendance dans l'espace. Les zones entourées de zones à forte densité ont une densité renforcée (remplissage des vides). Les zones isolées à forte densité, elles, ne seront maintenues que si cette densité est beaucoup plus importante que celle des zones voisines (atténuation des épiphénomènes)(Di Salvo *et al.* 2005).

Globalement, la méthode du noyau permet d'obtenir une estimation de la surface à l'intérieur de laquelle on retrouve la population de dauphins ou un comportement particulier. Elle permet en plus de déterminer les zones/surfaces selon une certaine densité.

La méthode utilisée ici est un Kernel bivarié normal, avec un facteur de lissage de 1000 et des mailles de 1000m. Les surfaces évaluées sont celles qui représentent les densités de probabilité de 95%, 90% et 50%.

La relation entre comportement et variables environnementale a été analysée. La pente a été considérée comme une variable continue et évaluée pour les cellules avec un $IA \geq 0.5$ afin qu'elles représentent bien le comportement (Garaffo *et al.* 2007). La profondeur, la distance à la côte et la taille des groupes ont également été considérées comme des variables continues, mais leur relation avec les différents comportements a été évaluée sur l'ensemble des waypoints. La différence entre les catégories de comportements pour chaque variable a été évaluée par un test de Kruskal-Wallis. Cependant, les groupes testés (catégorie de comportements) ne sont pas indépendants. Ceci diminue la valeur de l'information obtenue. Afin de tester les données sur des groupes moins dépendants, les différences entre chaque

catégorie de comportements et l'ensemble du reste des données ont été testées par un test de Mann-Whitney. Un test de Kruskal-Wallis et 7 tests U par variable ont donc été effectués.

La taille des groupes en relation avec la présence de jeunes a été testée avec un test U de Mann-Whitney. Afin de ne pas biaiser les résultats, les jeunes ont été exclus de l'analyse. La taille des groupes en relation avec la distance par rapport à la cote a également été testée (Kruskal-Wallis) : la distance à la côte est considérée comme une variable catégorisée (≤ 1000 ; $1000 \leq \dots \leq 3000$; $3000 \leq$) et seule la distance lors du premier échantillon a été prise en compte pour chaque groupe.

Une régression logistique par comportement a été effectuée en considérant la distance à la côte, la profondeur, la température de l'eau, et le moment de la journée comme variables explicatives. Ces analyses ont été effectuées sur l'ensemble des échantillons (waypoints). La distance à la côte a été convertie en km pour faciliter l'analyse. Le moment de la journée a été converti en nombre décimal (où 6h00 = 0,25 ; 12h00 = 0,5 ; 18h00 = 0,75) et considéré comme une variable continue.

I. Résultats

III.1 Effort de recherche et fréquence des observations

Les données ont été récoltées pendant 10 semaines, du 18 février au 1^{er} mai 2011, ainsi que lors de deux journées au mois de janvier (le 20 et le 24), entre 9h15 et 18h30. 30% des observations (n=333) ont été relevées le matin (avant 12h), 49% entre 12h et 15h, et 21% après 15h.

Au total, 25 transects ont été effectués durant 24 jours, dont 21 (84%) ont été positifs. Ceci constitue 98h40min d'effort de recherche, dont 28.12%, soit 27h45min, a été consacré à l'observation directe de dauphins. 164 cellules d'1km² ont été traversées (Figure 1) et les dauphins ont été vus dans 79 d'entre-elles. Au total, 35 groupes ont été suivis, pendant 42.6 minutes en moyenne (SD= 44min ; minimum = 5 min ; maximum = 3h20min). La fréquence d'observation est de un groupe de dauphins toutes les 2h49 (soit 0.36/h).

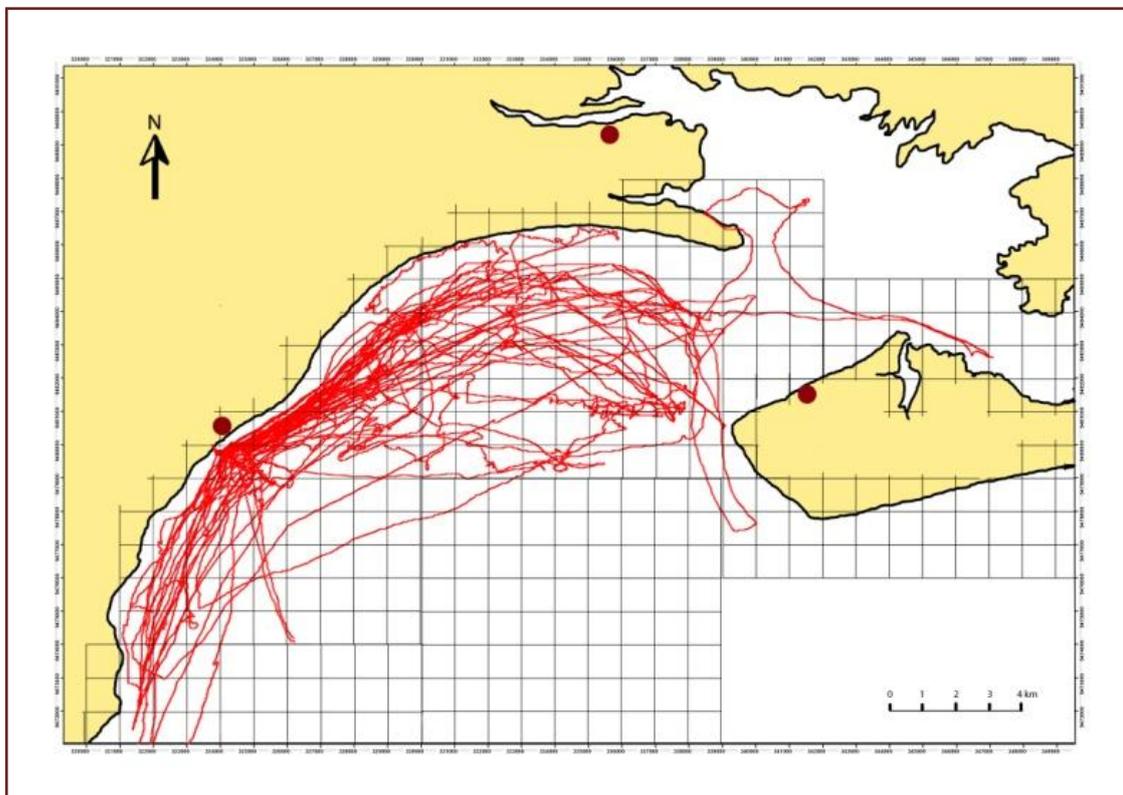


Figure 1 : Ensemble des transects effectués dans la baie de San Antonio entre le 20 janvier et le 1^{er} mai 2011. Les points rouges représentent l'emplacement des villes. Les mailles du quadrillage font 1km de côté.

D'après les données récoltées (n= 333 ; variable « réaction au bateau »), il apparaîtrait que les dauphins ne réagissent pas à la présence du bateau la majorité du temps (83%). Dans 11% des cas, ils semblaient éviter notre présence : 80% des évitements sont observés chez des groupes incluant des jeunes, un tiers a directement été observé chez des couples mère-petit. Dans 6% des cas (n=20), au moins un des membres du groupe s'est approché ; à deux occasions, il s'agissait d'un petit.

Les dauphins sont observés à des distances variables, majoritairement près des côtes. 34.8% des observations ont été faites à moins d'1km et 66% ont été faites à moins de 2km des côtes.

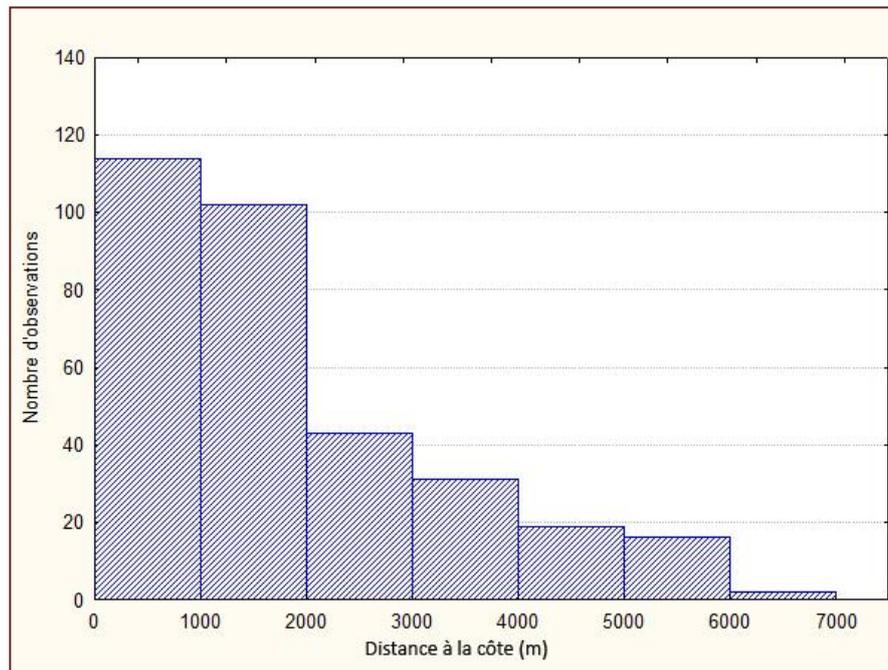


Figure 2 : Nombre d'observations de 5min. de grands dauphins dans la baie de San Antonio en fonction de la distance par rapport à la cote, catégorisée, en mètres.

La plupart des observations (79.5%) ont été effectuées dans des zones où la profondeur varie entre 3 et 8m. Les profondeurs inférieures représentent seulement 9.9% et les profondeurs supérieures à 8m représentent 10.7% des observations.

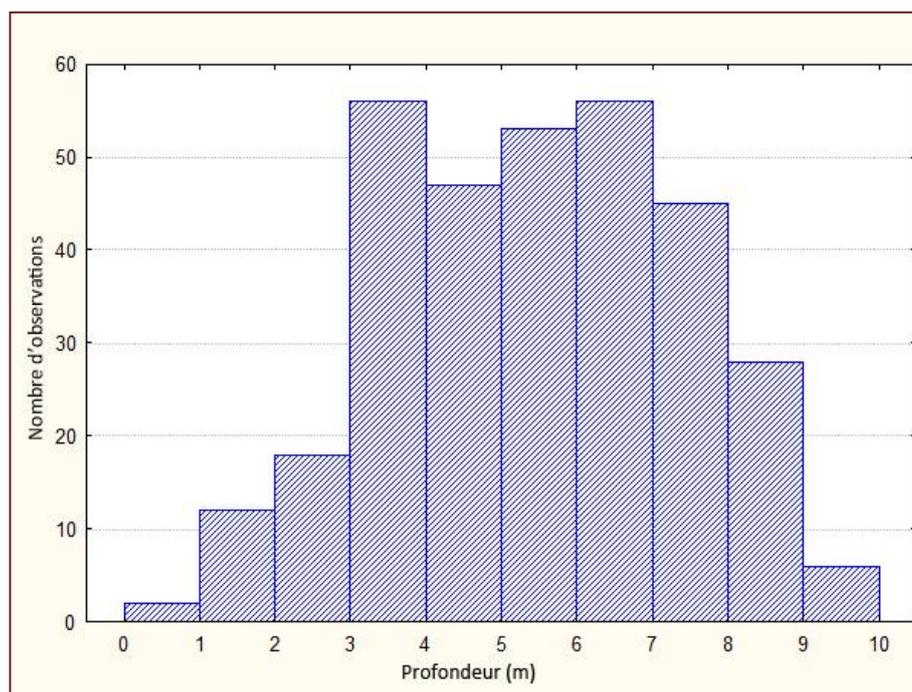


Figure 3 : Nombre d'observations de 5min. de grands dauphins dans la baie de San Antonio en fonction de la profondeur, catégorisée, en mètre.

Tableau 3 : Résultats des tests U de Mann-Whitney pour la taille des groupes observée pour chaque comportement versus l'ensemble des observations où le comportement n'a pas été observé. ST = déplacement lent, MT =déplacement à vitesse moyenne, S = comportement social, R = repos, F = capture/prise de nourriture, D =plongée et M=comportement erratique.

	<i>Présence</i>				<i>Absence</i>				<i>U</i>	<i>P</i>
	<i>n</i>	<i>Médiane</i>	<i>1er Quartile</i>	<i>3e Quartile</i>	<i>n</i>	<i>Médiane</i>	<i>1er Quartile</i>	<i>3e Quartile</i>		
R	27	5	4	10	284	4	2	5	2544,5	0,001
S	34	5	4	8	277	3	2	5	3205,5	0,001
MT	59	4	2	5	252	4	2	6	6679,5	0,040
D	63	3	1	5	248	4	2	6	6924	0,024
F	27	3	1	4	284	4	2	6	2864,5	0,009
ST	98	4	2	5	213	4	2	6	9718	0,029
M	24	3	2	5	287	4	2	6	3569,5	0,781

Tableau 3b : Caractéristiques de la taille des groupes en fonction des comportements. (R= repos, S= comportement social, MT= déplacement à vitesse moyenne, D= plongée, F= capture/prise de nourriture, ST= déplacement à vitesse lente, M = comportement erratique)

Comportement	Moyenne	SD	Min.	Max.
R	6,11	2,91	2	10
S	5,85	2,55	2	10
MT	4,00	3,46	1	12
D	3,97	3,40	1	10
F	3,11	2,45	1	10
ST	5,08	3,93	1	20
M	4,26	3,15	1	10

III.2. Taille et composition des groupes

Au total, 35 groupes ont été recensés. Ils étaient constitués en moyenne de 4.9 individus (écart type = 3.9; médiane=4 ; étendue = 1-20). 21 groupes (60%) comprenaient des petits ou des nouveau-nés. Le nombre de jeunes variait de 0 à 4 individus par groupe (moyenne= 0.97 ; SD=0.98).

Un groupe (n=35 groupes) comporte significativement plus d'adultes lorsqu'il inclut des jeunes (Mann-Whitney $p < 0.01$). La moyenne est de 5.0 adultes (SD=3.9) contre une moyenne de 2.5 adultes (SD=1.4) pour les groupes sans jeunes.

Par contre, la tailles des groupes ne varie pas significativement avec la distance par rapport à la côte (Kruskal-Wallis ; $p > 0.05$; n= 35 groupes).

Une variation significative de la taille des groupes associée à chaque comportement, un à un, par rapport au reste des observations, a été trouvée, exception faite pour les comportements erratiques (Test de Mann-Whitney, voir Tableau 3). Les dauphins étaient significativement plus nombreux lors des comportements de repos et des comportements sociaux, tandis qu'ils étaient moins nombreux lors des comportements de recherche/capture de nourriture et de plongée. Un test de Kruskal-Wallis ($H = 37,09$, $P < 0.01$) indique que ces différences sont significatives aussi lorsque l'on compare les comportements entre eux (Figure 7). Les moyennes et écart-types pour chaque comportement sont repris dans le Tableau 3b.

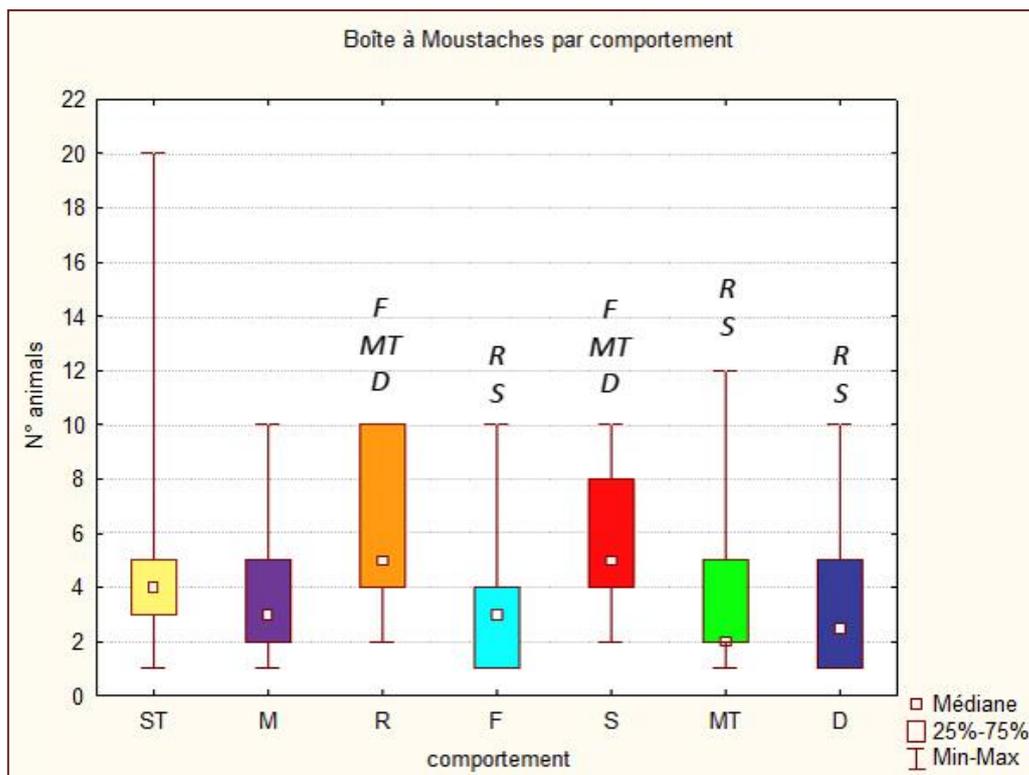


Figure 4 : Médiane, quartiles (25% et 75%) et étendue de la taille des groupes (nombre d'individus), pour chaque comportement, évaluée sur les waypoints (n=321). Les lettres en italiques au-dessus des boîtes représentent les autres comportements auxquels sont associées des tailles de groupe significativement différente (Kruskal-Wallis, $P < 0.01$). ST = déplacement lent, MT = déplacement à vitesse moyenne, S = comportement social, R = repos, F = capture/prise de nourriture, D = plongée et M=comportement erratique.

III.3 Budget d'activité :

Les résultats (n=333, Figure 8A) indiquent que les dauphins passent une grande partie de leur temps à se déplacer : slow traveling+medium traveling = 44%. Le comportement le plus observé ensuite est la plongée (17%). Les autres comportements, capture/prise de nourriture, sociaux, de repos et erratiques sont observés moins fréquemment. Dans 9% des cas, le comportement observé n'a pas pu être identifié.

Des différences apparaissent entre l'été (n=150, Figure 8B) et l'automne (n=183, Figure 8C) : le repos et les comportements sociaux et les déplacements lents sont observés plus fréquemment en automne, tandis que les plongées et les comportements erratiques le sont plus en été.

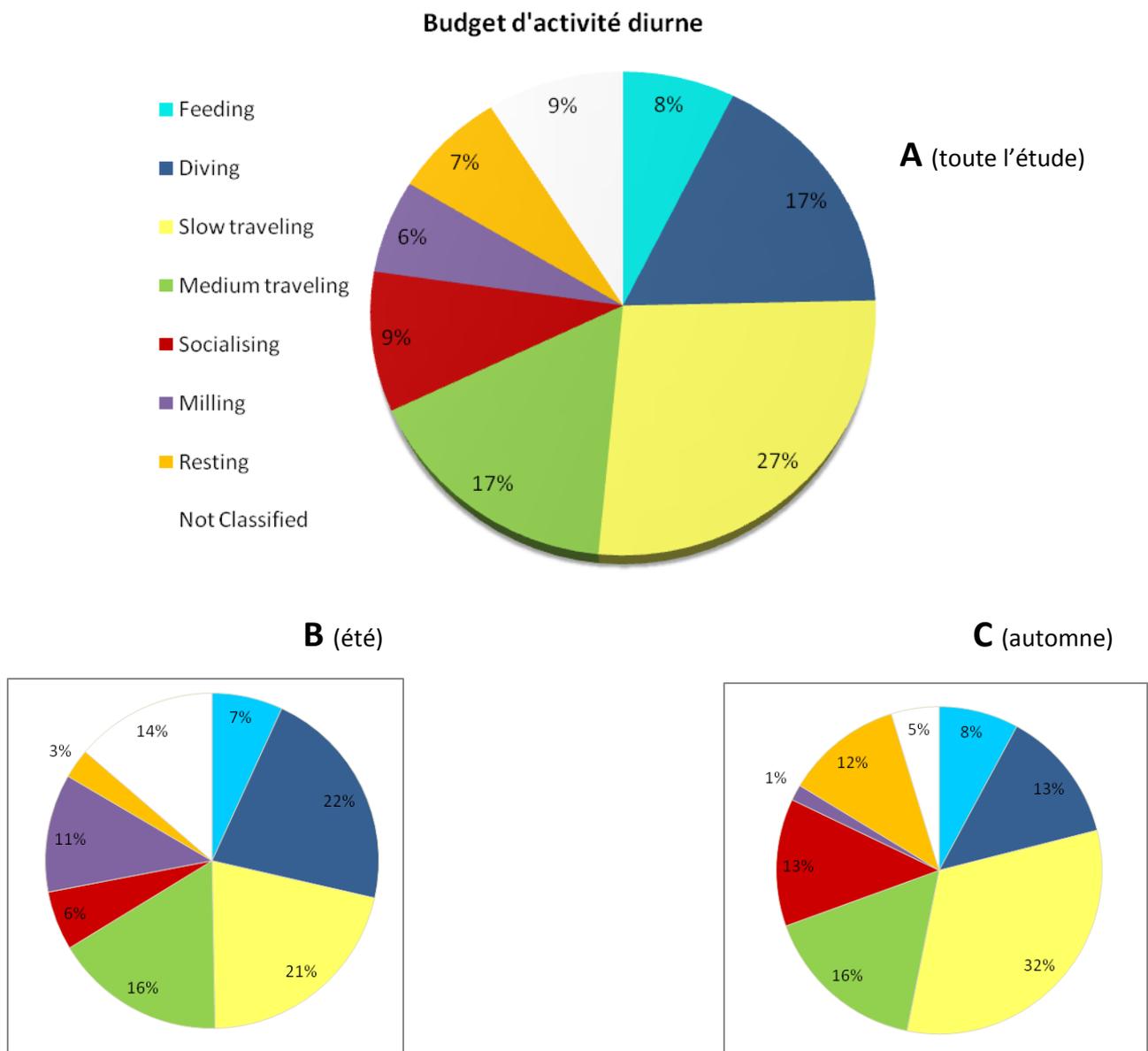


Figure 5 : Proportion du nombre d'observations de 5min relevées du 20 janvier au premier mai 2011 (A, n=333), du 20 janvier au 20 mars 2011 (B, n=150) et du 21 mars au 1^{er} mai 2011 (C, n=183) pour chaque comportement dans la baie de San Antonio. Slow traveling = déplacement lent, Medium traveling =déplacement à vitesse moyenne, Socialising = comportement social, Resting = repos, Feeding = capture/prise de nourriture, Diving =plongée et Milling =comportement erratique.

III.4. Utilisation de la baie

Le calcul de l'indice d'utilisation IU montre que sur les 164 km² couverts par l'étude, 47% de la zone d'étude a été utilisée par les dauphins (79km²). 10% étaient occupés avec une grande ou très grande intensité, soit 17km². 13% de la surface sont utilisés avec une intensité moyenne (21km²), et 24% avec une intensité faible (41km²). (voir Figures 9 te 10)

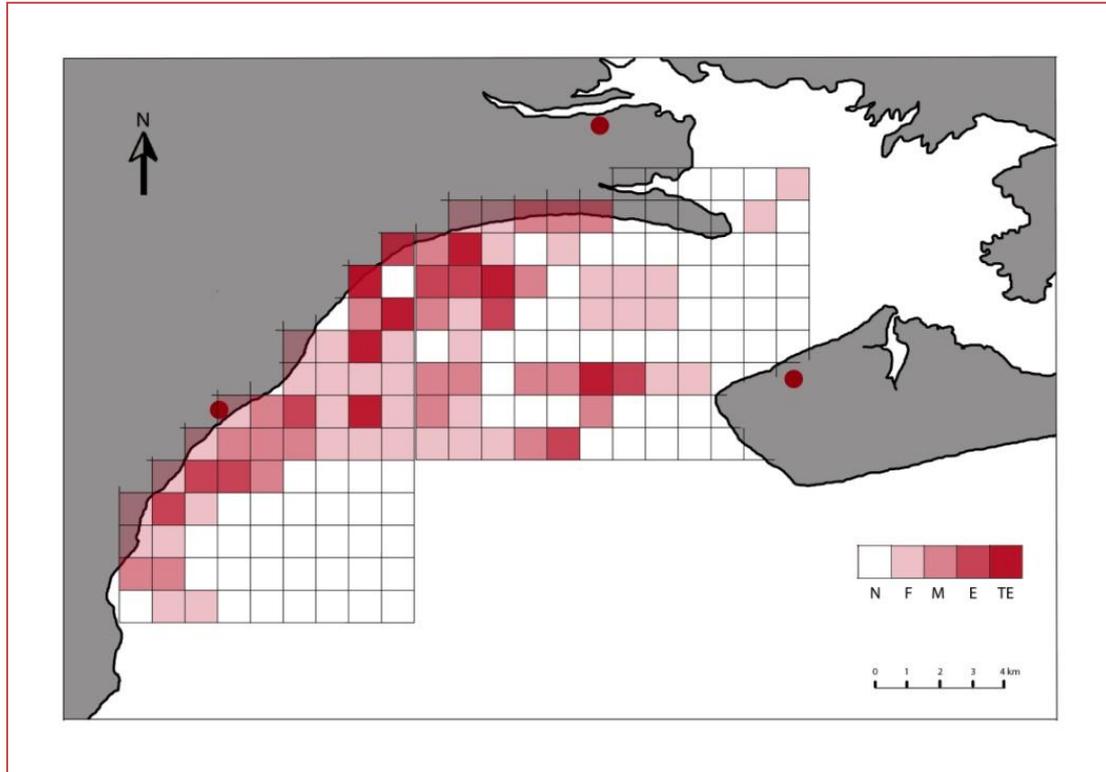


Figure 6 : Carte de la baie de San Antonio divisée en cellules d'1km². Chaque cellule est colorée en fonction de son indice d'utilisation IU calculé pour la période du 20 janvier au premier mai 2011. Nul (N) : IU=0% / Faible (F) : 0%<IU≤ 0.9% / Moyen (M) : 0.9%<IU≤ 1.8% / Elevé (E) : 1.8%<IU≤2.7% / Très élevé (TE) : 2.7%< IU

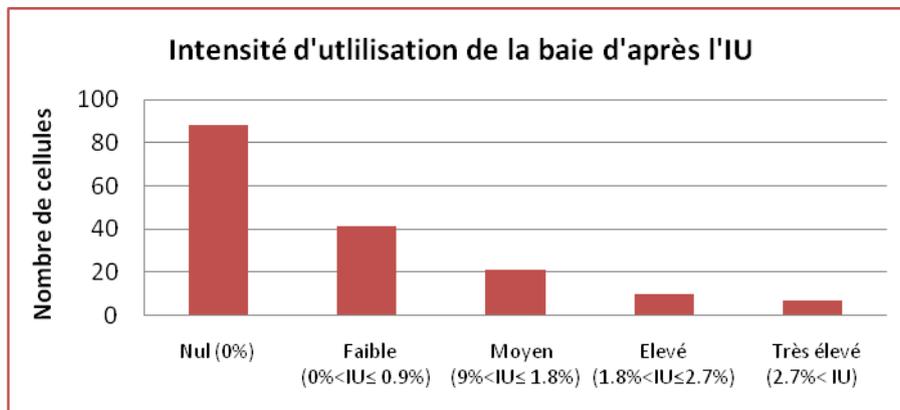


Figure 7 : Nombre de cellules en fonction de l'indice d'utilisation IU catégorisé (A).

L'indice d'activité IA a été calculé pour les 79 cellules utilisées par les dauphins et pour chaque comportement. En considérant uniquement le(s) comportement(s) dont l'IA est le plus élevé, il est possible d'attribuer une/des activité(s) prédominante(s) à chaque cellule. (Figure 7). Le comportement qui possède la moyenne d'IA la plus élevée est le déplacement lent (0.24), ensuite vient la plongée (0.18), le déplacement à vitesse moyenne (0.15), puis la capture/prise de nourriture (0.09), les comportements sociaux et le repos (0.8) et les comportements erratiques (0.06).

L'IA est supérieur à 0.5 dans 21 cellules pour le déplacement lent (ST), 14 cellules pour la plongée (D), 12 cellules pour le déplacement à vitesse moyenne (MT), 7 cellules pour la capture/prise de nourriture (F), 6 cellules pour les comportements sociaux (S) et le repos (R), et dans 5 cellules pour les comportements erratiques (M).

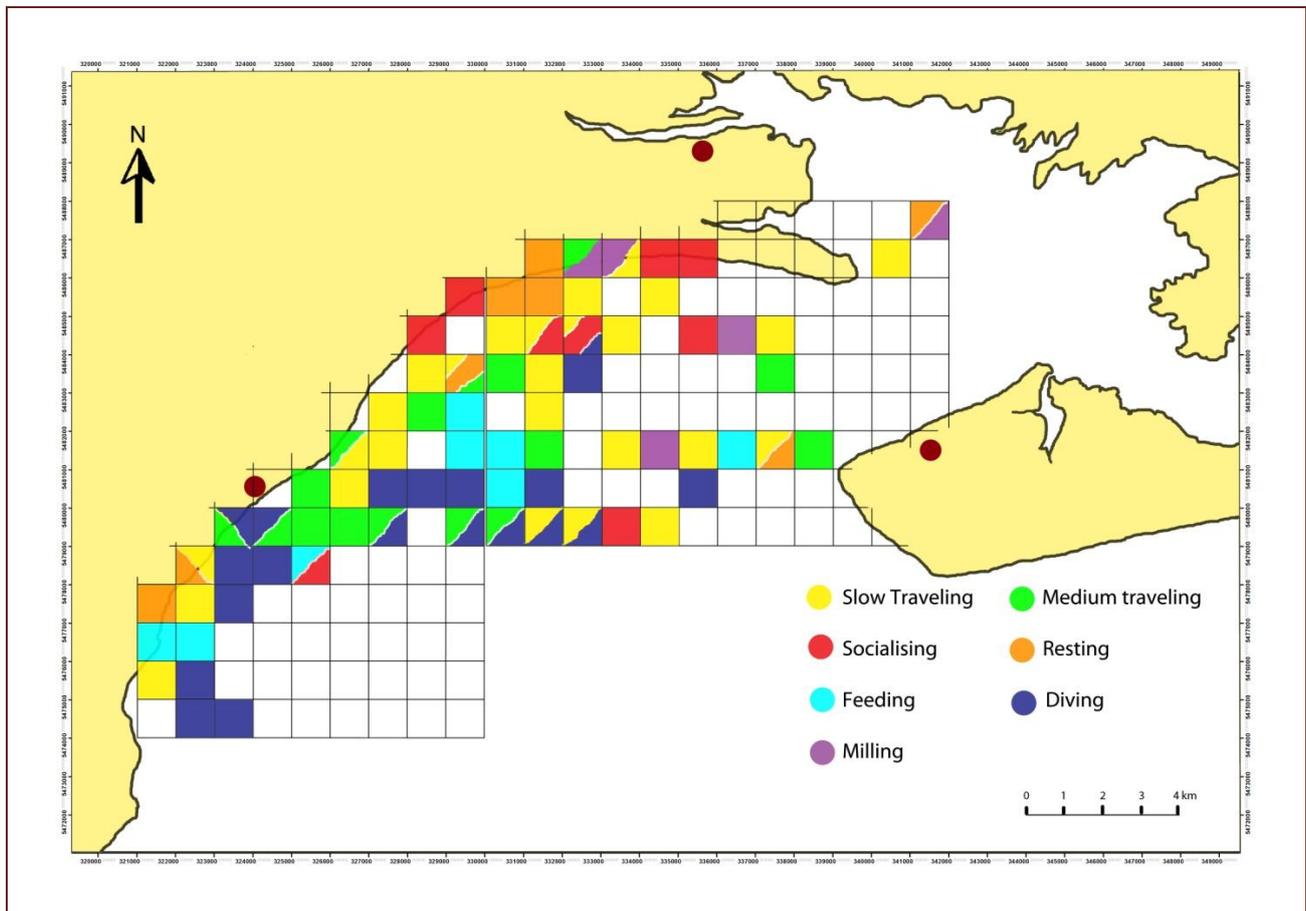


Figure 8 : Comportement prédominant des grands dauphins dans chaque cellule (1km²) dans la baie de San Antonio du 20 janvier au premier mai 2011, d'après l'indice d'activité IA. Les points rouge-foncé représentent les villes. Slow traveling = déplacement lent, medium traveling =déplacement à vitesse moyenne, socialising = comportement social, resting = repos, feeding = capture/prise de nourriture, diving =plongée et milling =comportement erratique.

Tableau 4 : Résultats des tests U de Mann-Whitney pour la distance à la côte (en mètre) observée pour chaque comportement versus l'ensemble des observations où le comportement n'a pas été observé. ST = déplacement lent, MT = déplacement à vitesse moyenne, S = comportement social, R = repos, F = capture/prise de nourriture, D = plongée et M = comportement erratique.

	<i>Présence</i>				<i>Absence</i>				<i>U</i>	<i>P</i>
	<i>n</i>	<i>Médiane</i>	<i>1er Quartile</i>	<i>3e Quartile</i>	<i>n</i>	<i>Médiane</i>	<i>1er Quartile</i>	<i>3e Quartile</i>		
R	27	800	170	1500	284	1500	800	2750	2534,5	0,001
S	34	50	20	2000	277	1500	860	2600	3015,5	0,000
MT	59	1300	800	2100	252	1500	650	2950	7240,5	0,312
D	63	1700	1200	2500	248	1300	450	2700	7052	0,061
F	27	3500	1700	4100	284	1300	645	2300	1856,5	0,000
ST	98	1200	625	2000	213	1500	770	3200	9732	0,057
M	24	3500	1150	5050	287	1400	700	2500	2546,5	0,015

Tableau 4b : Caractéristiques de la distance à la côte selon les comportements. (R= repos, S= comportement social, MT= déplacement à vitesse moyenne, D= plongée, F= capture/prise de nourriture, ST= déplacement à vitesse lente, M = comportement erratique)

Comportement	Moyenne	SD	Min.	Max.
R	974	972	15	3900
S	1167	1621	10	5700
MT	1580	1197	15	5800
D	1168	1621	10	5700
F	3238	1445	400	5700
ST	1615	1356	10	6100
M	3042	2138	15	5500

III.5 Relation entre comportement et variables environnementales

a) La distance par rapport à la côte

La distance à la côte associée à certains comportements, pris un à un, varie significativement par rapport à la distance associée au reste des observations (Test de Mann-Whitney, voir Tableau 3). Les dauphins étaient significativement plus près des côtes lors des comportements de repos et des comportements sociaux, tandis qu'ils étaient plus loin lors des comportements de recherche/capture de nourriture et erratiques. Un test de Kruskal-Wallis ($H=54,42$; $P<0,01$) indique que ces différences sont significatives aussi lorsque l'on compare certains comportements deux à deux (Figure 7). Les comportements sociaux et le repos sont observés plus près des côtes que la plongée et la capture/prise de nourriture. Cette dernière est également observée plus loin des côtes que les déplacements. Les moyennes et écart-types pour chaque comportement sont repris dans le Tableau 4b.

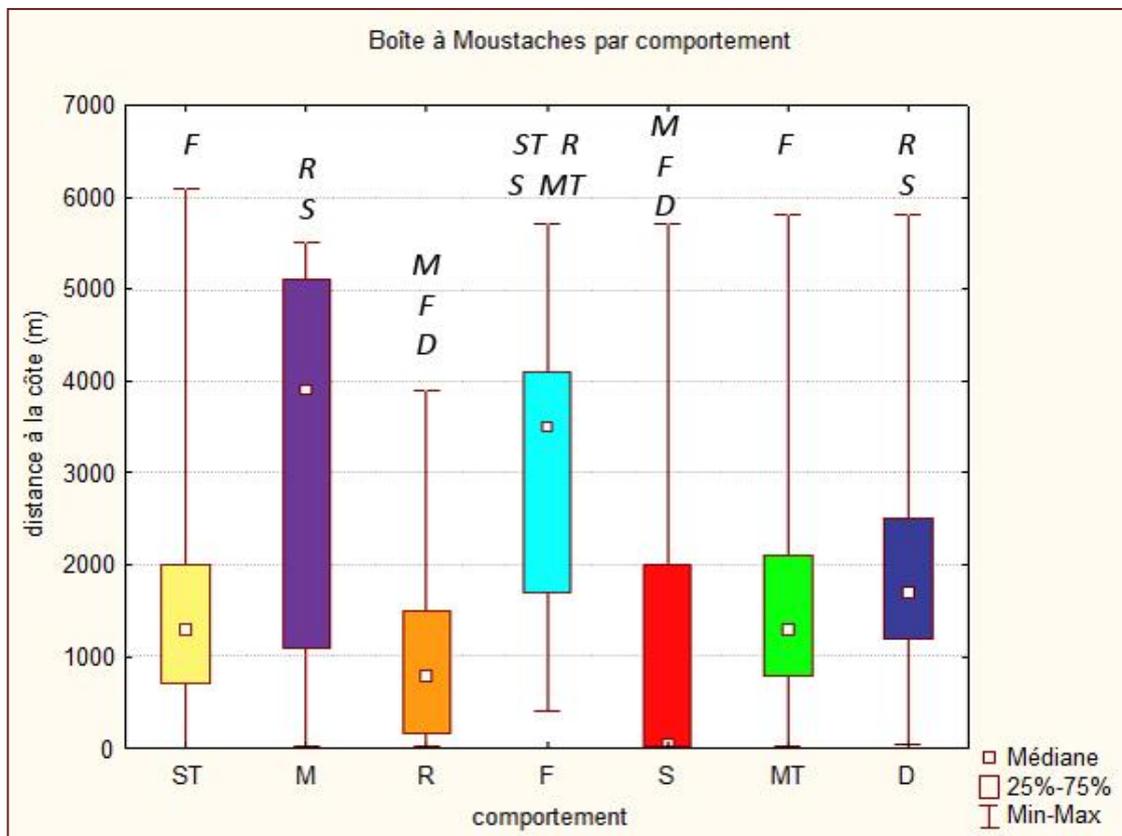


Figure 9 : Médiane, quartiles (25% et 75%) et étendue de la distance à la côte en mètre, pour chaque comportement, évaluée sur les waypoints ($n=321$). Les lettres en italiques au-dessus des boîtes représentent les autres comportements auxquels sont associées des tailles de groupe significativement différentes (Kruskal-Wallis, $P<0.01$). ST = déplacement lent, MT = déplacement à vitesse moyenne, S = comportement social. R = repos. F = capture/prise de nourriture. D = plongée et M = comportement

Tableau 5 : Résultats des tests U de Mann-Whitney pour la profondeur (en mètre) observée pour chaque comportement versus l'ensemble des observations où le comportement n'a pas été observé. ST = déplacement lent, MT = déplacement à vitesse moyenne, S = comportement social, R = repos, F = capture/prise de nourriture, D = plongée et M = comportement erratique.

	<i>Présence</i>				<i>Absence</i>				<i>U</i>	<i>P</i>
	<i>n</i>	<i>Médiane</i>	<i>1er Quartile</i>	<i>3e Quartile</i>	<i>n</i>	<i>Médiane</i>	<i>1er Quartile</i>	<i>3e Quartile</i>		
R	27	5	3,8	6,2	284	5,6	4	7,1	3197,5	0,086
S	34	3,8	2,5	5,4	277	5,8	4,2	7,1	2492,5	0,000
MT	59	7	4,7	7,9	252	5,35	3,8	6,8	5197,5	0,001
D	63	7,2	6	8,2	248	5	3,7	6,6	3670	0,000
F	27	5,8	5	7	284	5,5	3,95	7,05	3784,5	0,650
ST	98	5,35	3,6	7	213	5,6	4,2	7	9978	0,175
M	24	4,4	4	5,35	287	5,7	4	7,1	2724	0,050

Tableau 5b : Caractéristiques de la profondeur selon les comportements. (R= repos, S= comportement social, MT= déplacement à vitesse moyenne, D= plongée, F= capture/prise de nourriture, ST= déplacement à vitesse lente, M = comportement erratique)

Comportement	Moyenne	SD	Min.	Max.
R	4,86	1,81	1,40	7,40
S	4,01	1,50	8,00	1,82
MT	6,40	1,73	3,30	9,40
D	7,02	1,41	3,70	10,00
F	5,79	1,66	2,90	9,30
ST	5,37	1,92	2,00	9,40
M	4,71	1,44	0,90	7,80

b) La profondeur

Une variation significative de la profondeur associée à certains comportements, un à un, par rapport au reste des observations, a été trouvée (Test de Mann-Whitney, voir Tableau 5). Les profondeurs associées aux plongées et aux déplacements à vitesse moyenne sont significativement plus grande tandis que celles associées aux comportements sociaux et erratiques sont significativement moindres. Un test de Kruskal-Wallis ($H=71,47$; $P<0,01$) indique que ces différences sont significatives aussi lorsque l'on compare certains comportements deux à deux (Figure 13). Les déplacements à vitesse moyenne et la plongée sont associés à des eaux plus profondes que l'ensemble des autres comportements, sauf la capture/prise de nourriture. Les comportements sociaux sont, eux, associés à une profondeur inférieure aux profondeurs associées aux autres comportements (sauf le repos et les comportements erratiques). Les moyennes et écart-types pour chaque comportement sont repris dans le Tableau 5b.

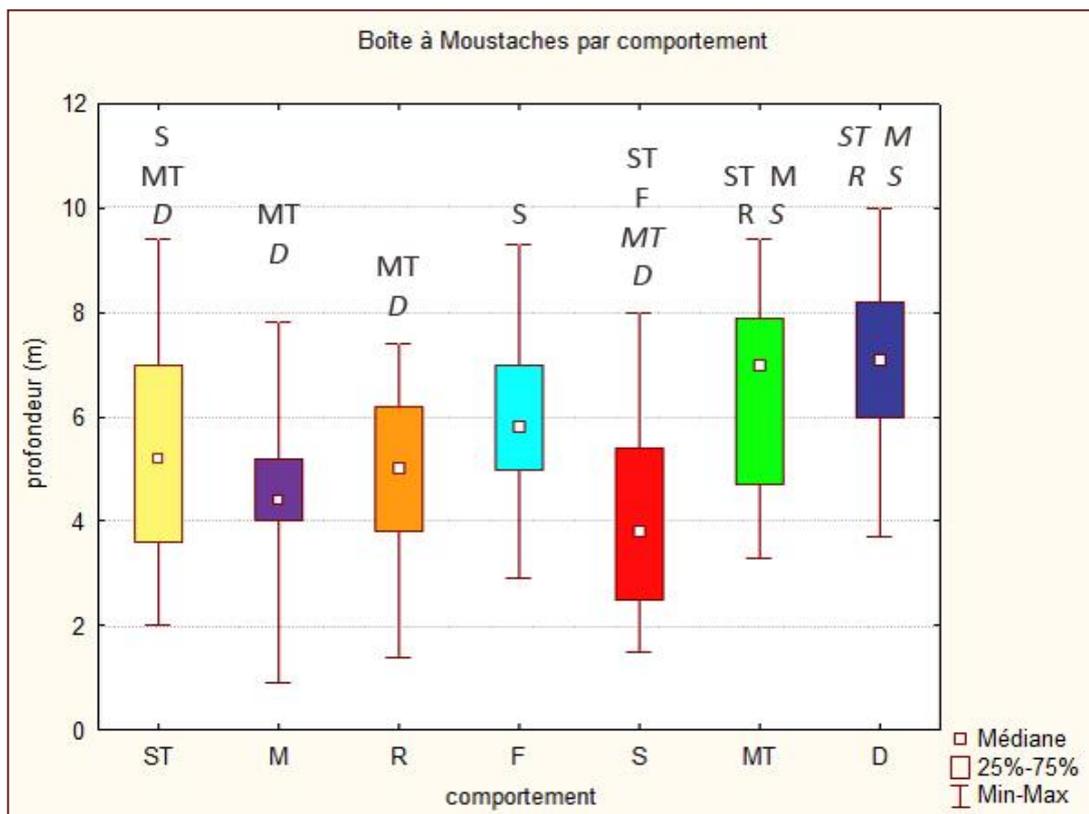


Figure 10 : Médiane, quartiles (25% et 75%) et étendue de la profondeur en mètre, pour chaque comportement, évaluée sur les waypoints ($n=321$). Les lettres normales et en *italique* au-dessus des boîtes représentent les autres comportements auxquels sont associées des tailles de groupe significativement différente (Kruskal-Wallis, $P<0,05$ et $P<0,01$ respectivement). ST = déplacement lent, MT = déplacement à vitesse moyenne, S = comportement social, R = repos, F = capture/prise de nourriture, D = plongée et M = comportement erratique.

Tableau 6 : Résultats des tests U de Mann-Whitney pour la pente (m/km) observée pour chaque comportement (cellule où l'IA \geq 0,5) versus l'ensemble des cellules où le comportement possède un IA $<$ 0,5. ST = déplacement lent, MT = déplacement à vitesse moyenne, S = comportement social, R = repos, F = capture/prise de nourriture, D = plongée et M=comportement erratique.

	<i>Présence</i>				<i>Absence</i>				<i>U</i>	<i>P</i>
	<i>n</i>	<i>Médiane</i>	<i>1er Quartile</i>	<i>3e Quartile</i>	<i>n</i>	<i>Médiane</i>	<i>1er Quartile</i>	<i>3e Quartile</i>		
R	6	0,5	0,5	0,5	83	2	0,5	3,5	16	0,066
S	5	0,5	0,5	0,5	84	1,95	0,5	3,55	0,00	1,000
MT	12	1,65	1	2	77	1,9	0,5	3,6	48,5	0,267
D	14	3	2	6	84	2	0,5	3,55	58,5	0,045
F	6	2,8	2,5	3,6	83	1,5	0,5	3,1	108	0,116
ST	21	1,9	0,5	2,73	68	1,8	0,5	3,55	124	0,338
M	5	0,5	0,5	0,5	84	2	0,5	3,55	0,00	1,000

Tableau 6b : Caractéristiques de la pente selon les comportements.
(R= repos, S= comportement social, MT= déplacement à vitesse moyenne, D= plongée, F= capture/prise de nourriture, ST= déplacement à vitesse lente, M = comportement erratique)

Comportement	Moyenne	SD	Min.	Max.
R	1,36	2,11	0,50	5,67
S	0,78	0,80	0,20	2,20
MT	4,42	9,97	0,50	36,00
D	4,02	2,68	0,60	9,00
F	3,08	1,24	1,60	5,20
ST	2,26	2,10	0,50	7,00
M	0,70	0,45	0,50	1,50

c) La pente

Une différence significative de la pente associée à la plongée, par rapport au reste des observations, a été trouvée (Test de Mann-Whitney, voir Tableau 6). Aucun autre comportement n'est associé à une pente significativement différente du reste des observations. Un test de Kruskal-Wallis ($H= 24,51$; $P<0,01$) indique plus particulièrement des différences significatives lorsque l'on compare certains comportements deux à deux (Figure 14). La pente associée à la plongée est plus grande que la pente associée à la capture/prise de nourriture, aux déplacements lents et aux comportements erratiques ($P<0.05$). Les moyennes et écart-types pour chaque comportement sont repris dans le Tableau 6b.

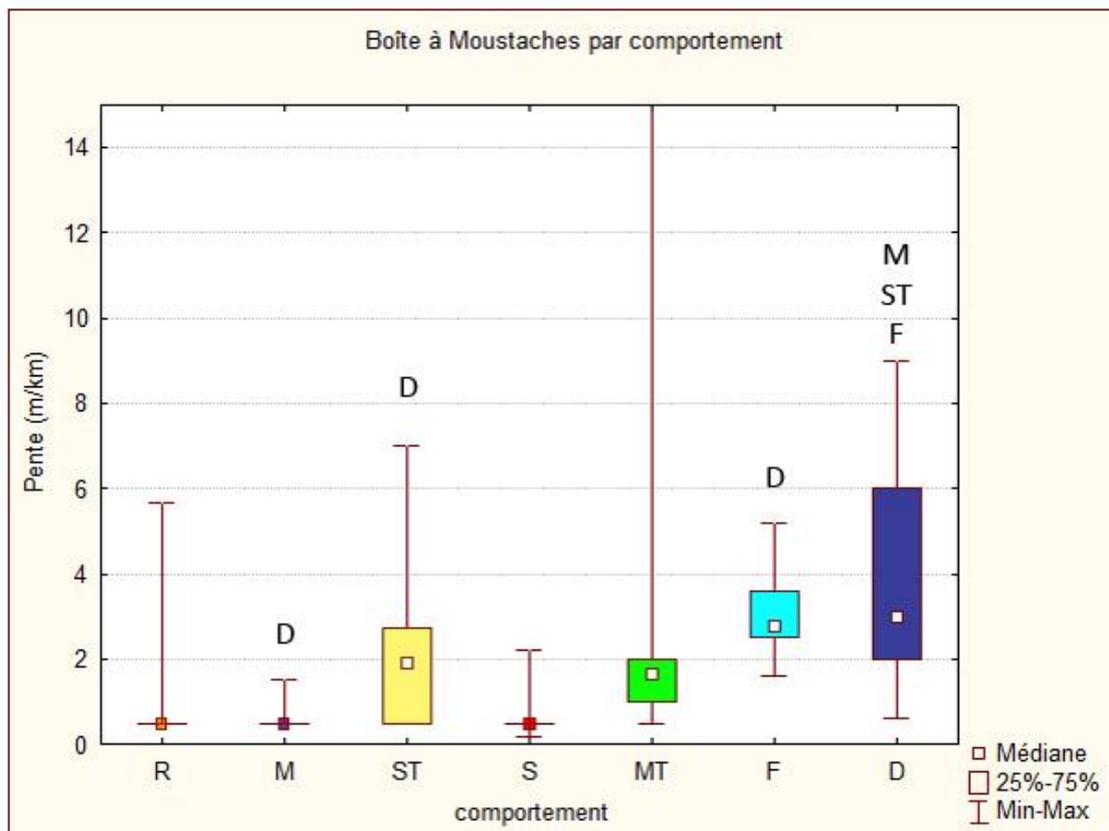


Figure 11 : Médiane, quartiles (25% et 75%) et étendue de la pente en mètre par kilomètre, pour chaque comportement, évaluée sur les cellules dont l'IA>0.5 (n=72). Les lettres au-dessus des boîtes représentent les autres comportements auxquels sont associées des tailles de groupe significativement différente (Kruskal-Wallis, $P<0,05$ et $P<0,01$ respectivement). ST = déplacement lent, MT = déplacement à vitesse moyenne, S = comportement social, R = repos, F = capture/prise de nourriture, D = plongée et M = comportement erratique.

III.6. Régressions logistiques

La régression effectuée pour les déplacements lents n'a pas de sens ($P > 0.05$), leur observation ne peut être expliquée par les variables observées. Les régressions effectuées pour les autres comportements ont toutes un sens ($P < 0.01$) (voir Tableau 7).

Les déplacements lents et les plongées pourraient être expliqués par la profondeur. Les B sont positifs, donc ces comportements sont associés à de plus grandes profondeurs. Les plongées seraient également expliquées par le moment de la journée : B négatif donc elles seraient plutôt observées le matin. La capture/prise de nourriture serait quant à elle expliquée par de plus grande distance à la côte (B positif), des eaux plus froides (B négatif) et le moment de la journée (plus tôt ; B négatif). Les comportements erratiques seraient expliqués par la température de l'eau, plus élevée (B positif). L'observation du repos pourrait être expliquée par de courtes distances à la côte (B négatif). Enfin, les comportements sociaux seraient expliqués par chacune des constantes : ils seraient associés à la fin de la journée, à des eaux plus chaudes, plus proches des côtes et moins profondes. (Tableau 7)

Tableau 7 : Résultats des régressions logistiques effectuées pour chaque comportement au moyen de 4 variables explicatives. Sont reprises dans le tableau : la valeur p des tests χ^2 et l'estimation des paramètres B pour la constante et chacune des variables. Les valeurs de $p < 0.05$ sont en rouge, ainsi que les estimations B correspondantes. Slow traveling = déplacement lent, Medium traveling = déplacement à vitesse moyenne, Socialising = comportement social, Resting = repos, Feeding = capture/prise de nourriture, Diving = plongée et Milling = comportement erratique.

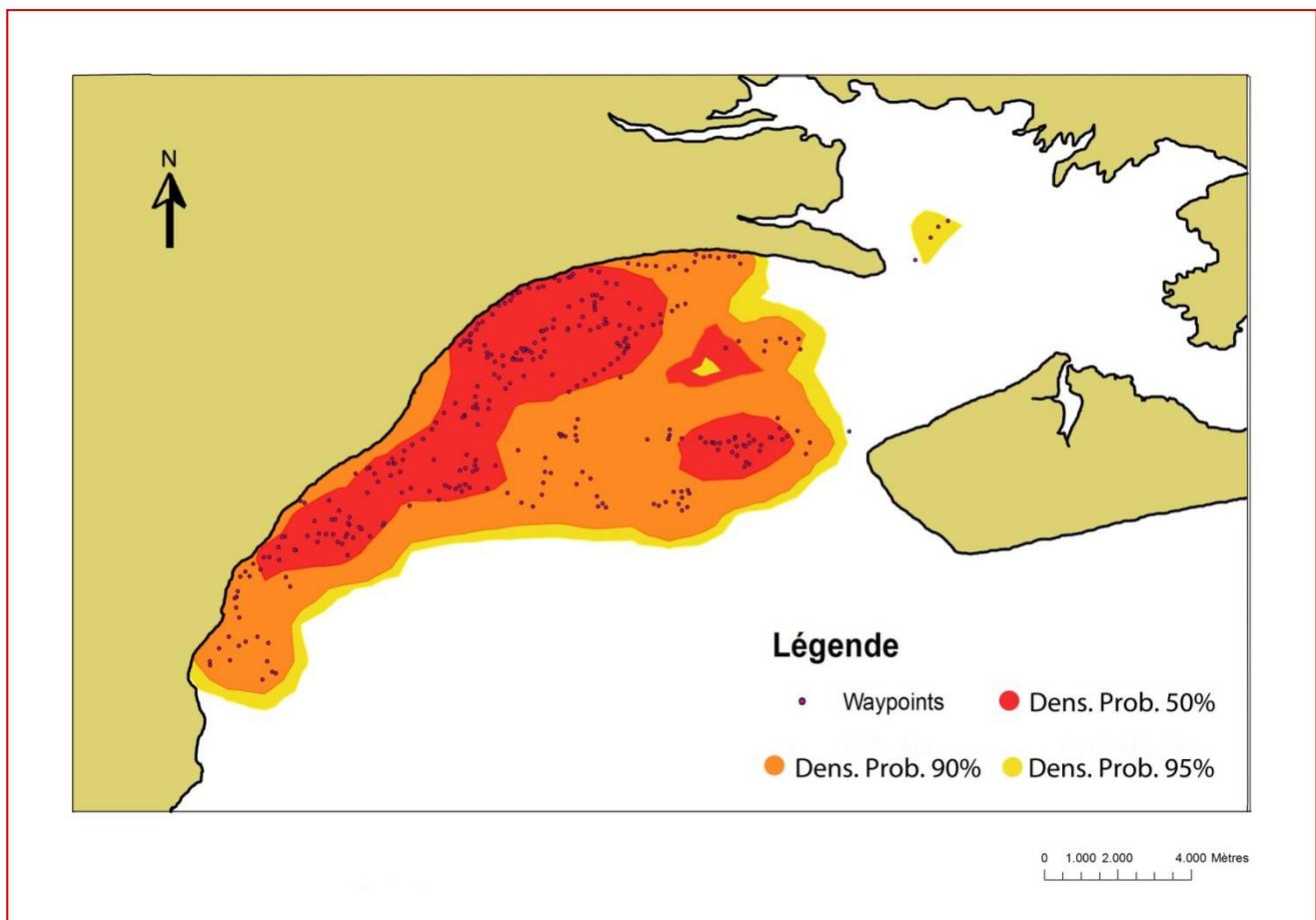
	Slow traveling Chi ² (4)= 15,546 ; P=0,23575		Milling Chi ² (4)= 24,235 ; P=0,00007		Resting Chi ² (4)= 15,921 ; P=0,00313		Socialising Chi ² (4)= 51,883 ; P<0,0000	
	estimation B	valeur p	estimation B	valeur p	estimation B	valeur p	estimation B	valeur p
Constante	-2,3801	0,2310	-11,3851	0,0057	-5,8296	0,1108	-17,2165	<0,0000
distance à la côte	-0,1799	0,0650	0,1121	0,4326	-0,5941	0,0112	-0,7626	0,0005
profondeur	-0,0585	0,3589	-0,1427	0,2845	-0,1496	0,1852	-0,6130	<0,0000
T° de l'eau	0,0594	0,4174	0,4129	0,0037	0,1192	0,3863	0,5227	0,0006
moment de la journée	2,2869	0,2397	3,8049	0,3024	5,5941	0,1234	18,3097	<0,0000

	Diving Chi ² (4)= 60,792 ; P<0,0000		Feeding Chi ² (4)= 51,845 ; P<0,0000		Medium traveling Chi ² (4)= 15,549 ; P=0,00369	
	estimation B	valeur p	estimation B	valeur p	estimation B	valeur p
Constante	-1,9523	0,4494	13,0050	0,0004	-3,5600	0,1554
distance à la côte	0,1302	0,2725	0,9359	<0,0000	-0,1470	0,2475
profondeur	0,6695	<0,0000	0,0328	0,8088	0,3060	0,0003
T° de l'eau	-0,0366	0,6938	-0,7194	<0,0000	0,0388	0,6741
moment de la journée	-5,7548	0,0144	-12,4841	0,0033	-0,2701	0,9062

III.6 Estimation de l'espace vital et des surfaces utilisées selon le comportement

a) Espace vital

La surface de l'espace vital de la population de grands dauphins de la BSA lors de l'été-automne 2011, estimée par la méthode KDE sur base des données récoltées ($n=333$), est de $119,7 \text{ km}^2$. Cette surface est calculée pour une densité de probabilité de 95%, c'est-à-dire qu'il y a 95% de chance que les observations se fassent au sein de cette surface. Le noyau de l'espace vital, choisi arbitrairement, correspond à une densité de probabilité de 50%. Il couvre une surface de $34,7 \text{ km}^2$. C'est la zone la plus dense en observation, il y a une chance sur deux pour que les observations se fassent à l'intérieur de cet espace. Ces deux surfaces incluent des parties terrestres de $20,0 \text{ km}^2$ et $1,4 \text{ km}^2$ respectivement. La surface marine correspond donc à $99,7 \text{ km}^2$ pour l'espace vital total (densité de probabilité de 95%) et à $33,3 \text{ km}^2$ pour la zone noyau (densité de probabilité de 50%) (Figure13).



b) Plongée

La surface à l'intérieur de laquelle le comportement de plongée a lieu, est de 84.5 km² (densité de probabilité (DP) de 95%). Le noyau dense (DP de 50%) couvre 19.6 km². Si l'on soustrait à ces surfaces celle qui est en réalité terrestre (4.6 km² pour DP de 95%, 0 km² pour DP de 50%), les chiffres pour la surface marine sont de 79.9 km² et 19.6 km² (Figure 15).

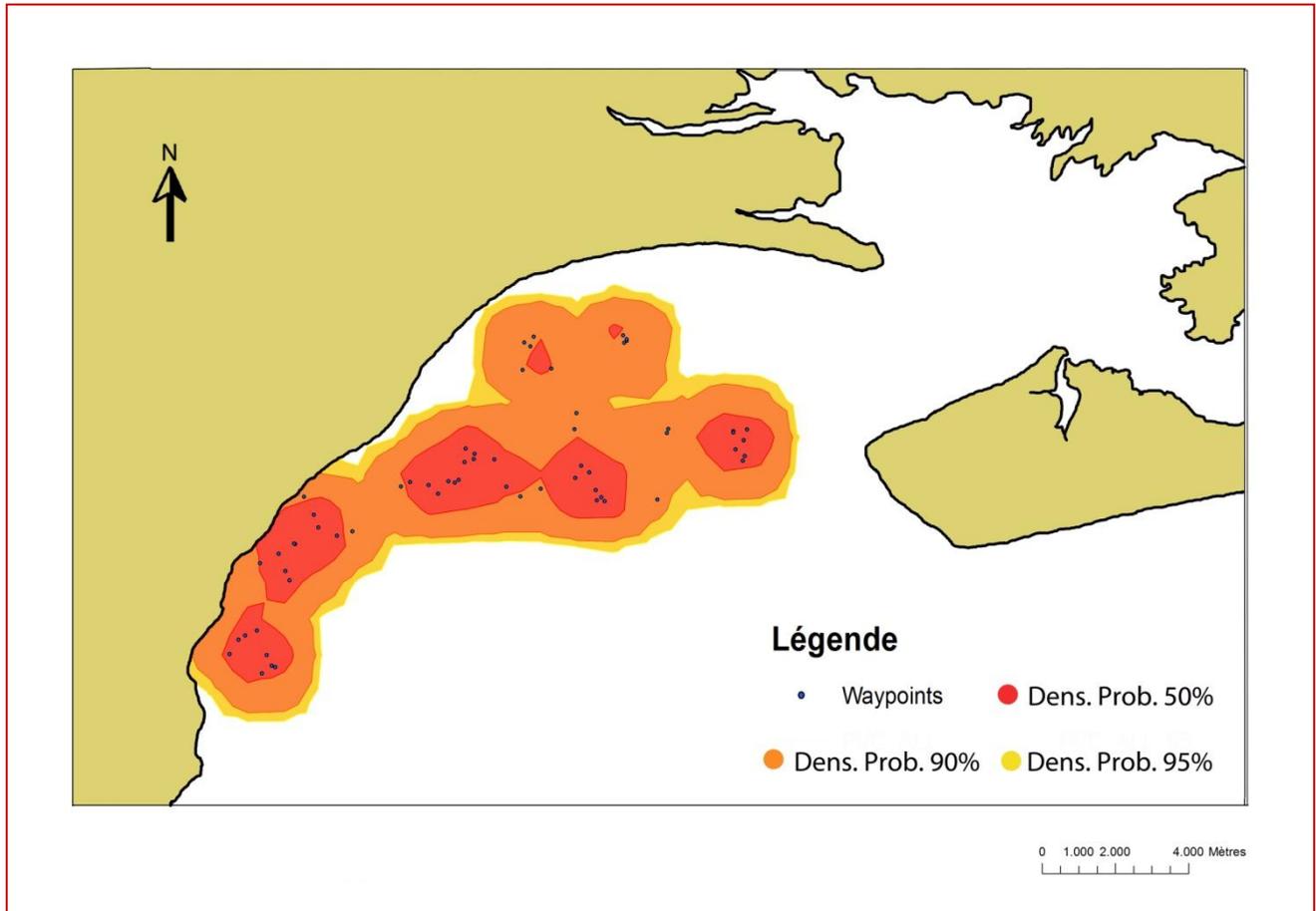


Figure 12 : Surfaces marines où ont lieu les comportements de plongée de la population de grands dauphins dans la BSA, calculées par la méthode du noyau (KSD) à partir des waypoints relevés entre le 20 janvier et le 1^{er} mai 2011. Estimation des probabilités de densité de 95%, 90% et 50%.

A titre de comparaison, la surface occupée par le même comportement, estimée au moyen du quadrillage est de 32 km² (figure 14).

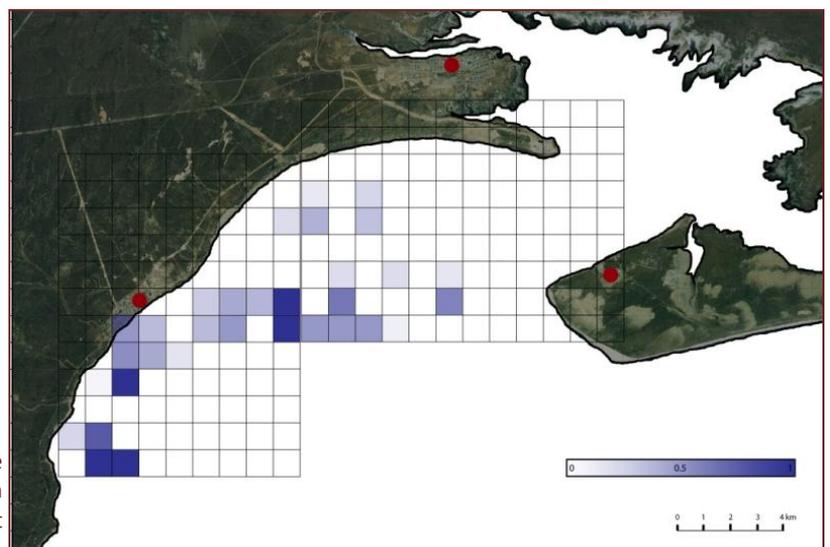


Figure 13 : IA pour les comportements de plongée des dauphins de la BSA. Les cellules font 1kmx1km et l'intensité de la coloration est directement proportionnelle à l'IA.

c) Capture/prise de nourriture

La capture/prise de nourriture a lieu à l'intérieur d'une surface estimée à 68.0 km² (DP de 95%) et à 12.3 km² pour la zone utilisée plus intensément (DP de 50%). 2.9 km² sont terrestres pour la DP de 95%. Les surfaces marines estimées sont donc de 65.0 km² et 12.3 km² respectivement (Figure 16).

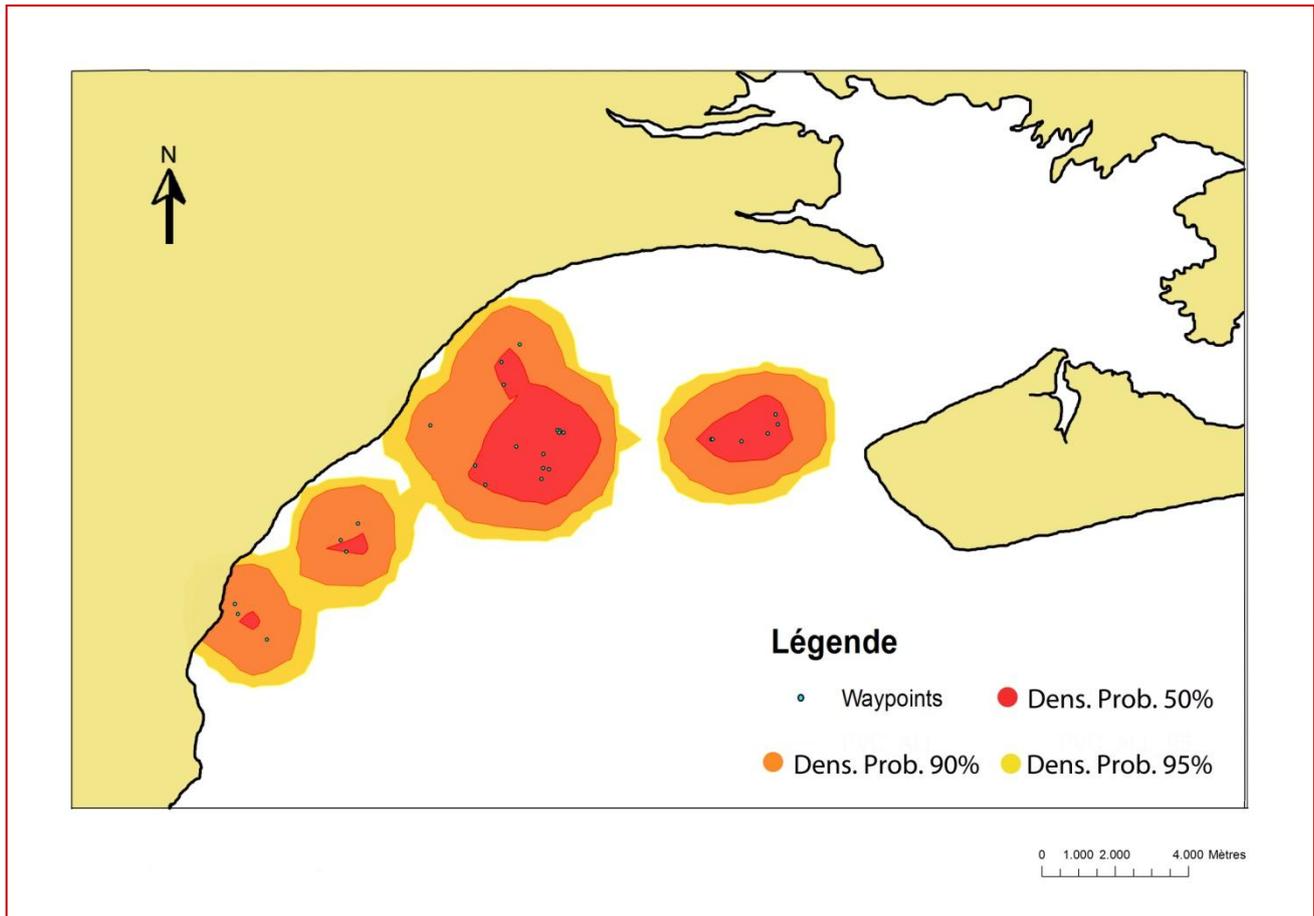


Figure 15 Surfaces marines où ont lieu les comportements de capture/prise de nourriture de la population de grands dauphins dans la BSA, calculées par la méthode du noyau (KSD) à partir des waypoints relevés entre le 20 janvier et le 1^{er} mai 2011. Estimation des probabilités de densité de 95%, 90% et 50%.

A titre de comparaison, la surface occupée par le même comportement, estimée au moyen du quadrillage est de 14 km² (figure 16).

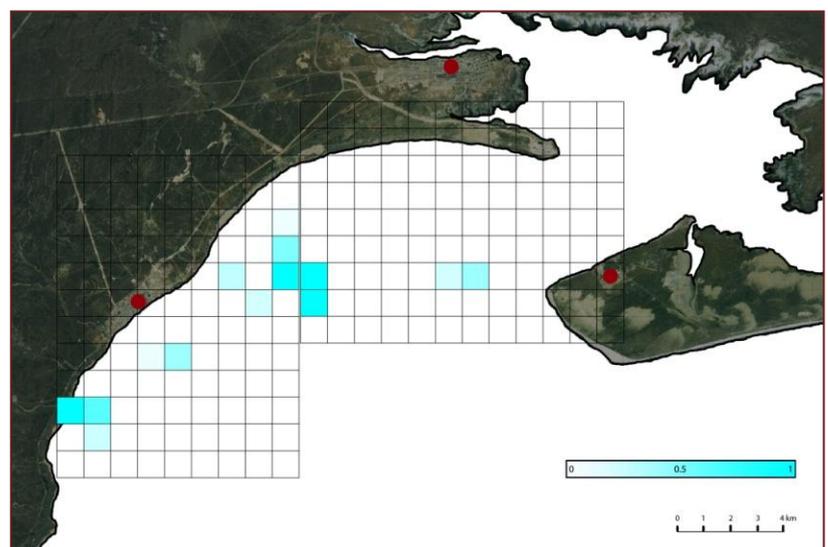


Figure 14 : IA pour les comportements de capture/prise de nourriture des dauphins de la BSA. Les cellules font 1kmx1km et l'intensité de la coloration est directement proportionnelle à l'IA.

d) Comportements sociaux

Pour la densité de probabilité de 95%, la surface estimée où les grands dauphins sont susceptibles de montrer des comportements sociaux est de 72.8 km². La surface estimée où ces comportements sont plus abondants est de 12.4 km² (DP de 50%). 19.0 km² et 4.0km² de ces surfaces respectivement se situent sur les terres. Dès lors, les surfaces marines estimées couvrent 53.8 km² (DP de 95%) et 8.4 km² (DP de 50%) (Figure 18).

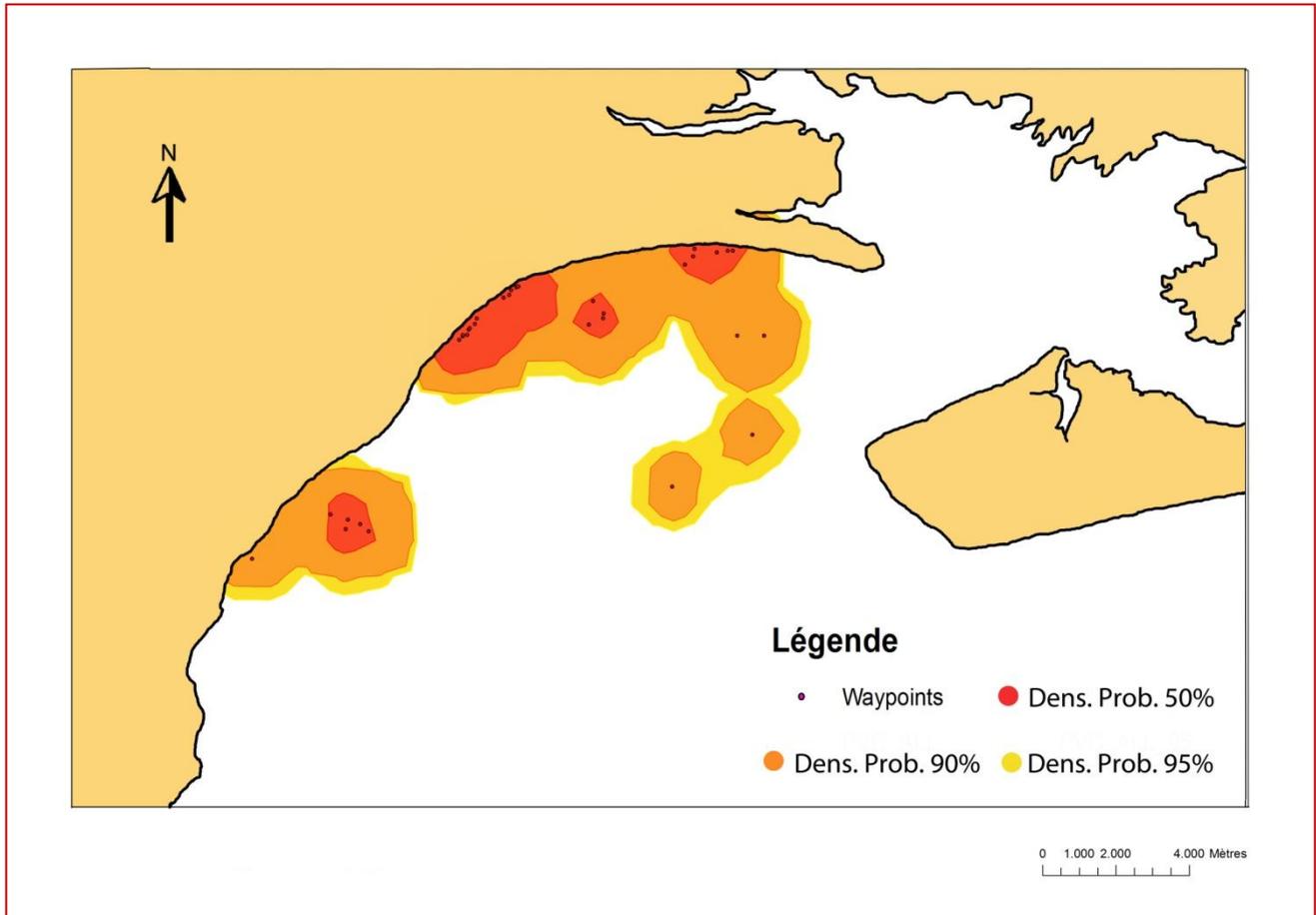


Figure 16 : Surfaces marines où ont lieu les comportements sociaux de la population de grands dauphins dans la BSA, calculées par la méthode du noyau (KSD) à partir des waypoints relevés entre le 20 janvier et le 1^{er} mai 2011. Estimation des probabilités de densité de 95%, 90% et 50%.

A titre de comparaison, la surface occupée par le même comportement, estimée au moyen du quadrillage est de 17 km² (Figure 19).

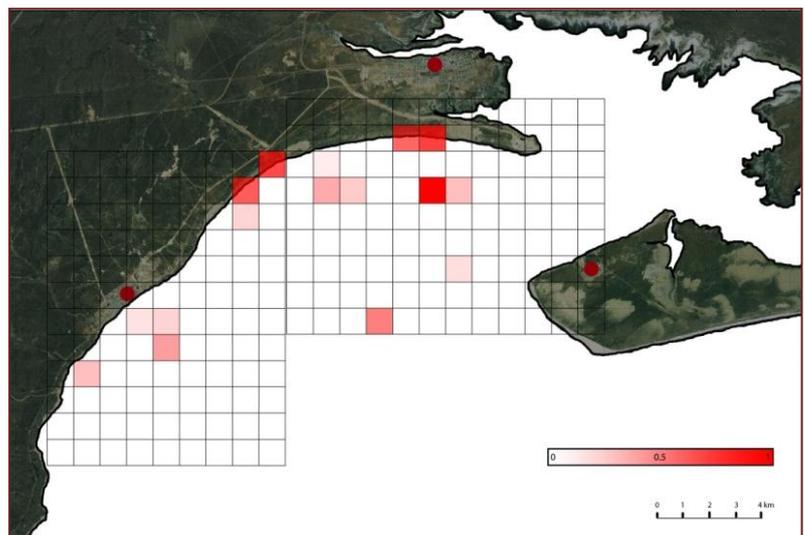


Figure 17 : IA pour les comportements sociaux des dauphins de la BSA. Les cellules font 1kmx1km et l'intensité de la coloration est directement proportionnelle à l'IA.

e) Repos

La surface des zones de repos est estimée à 72.2 km² (DP de 95%) et à 9.1 km² si l'on considère uniquement la DP de 50%. Ces surfaces sont réparties entre zones terrestres et marines comme suit (respectivement): 16.4 km² et 55.8 km² (DP de 95%) et 1.8 km² et 7.3 km² (DP 50%) (Figure 20).

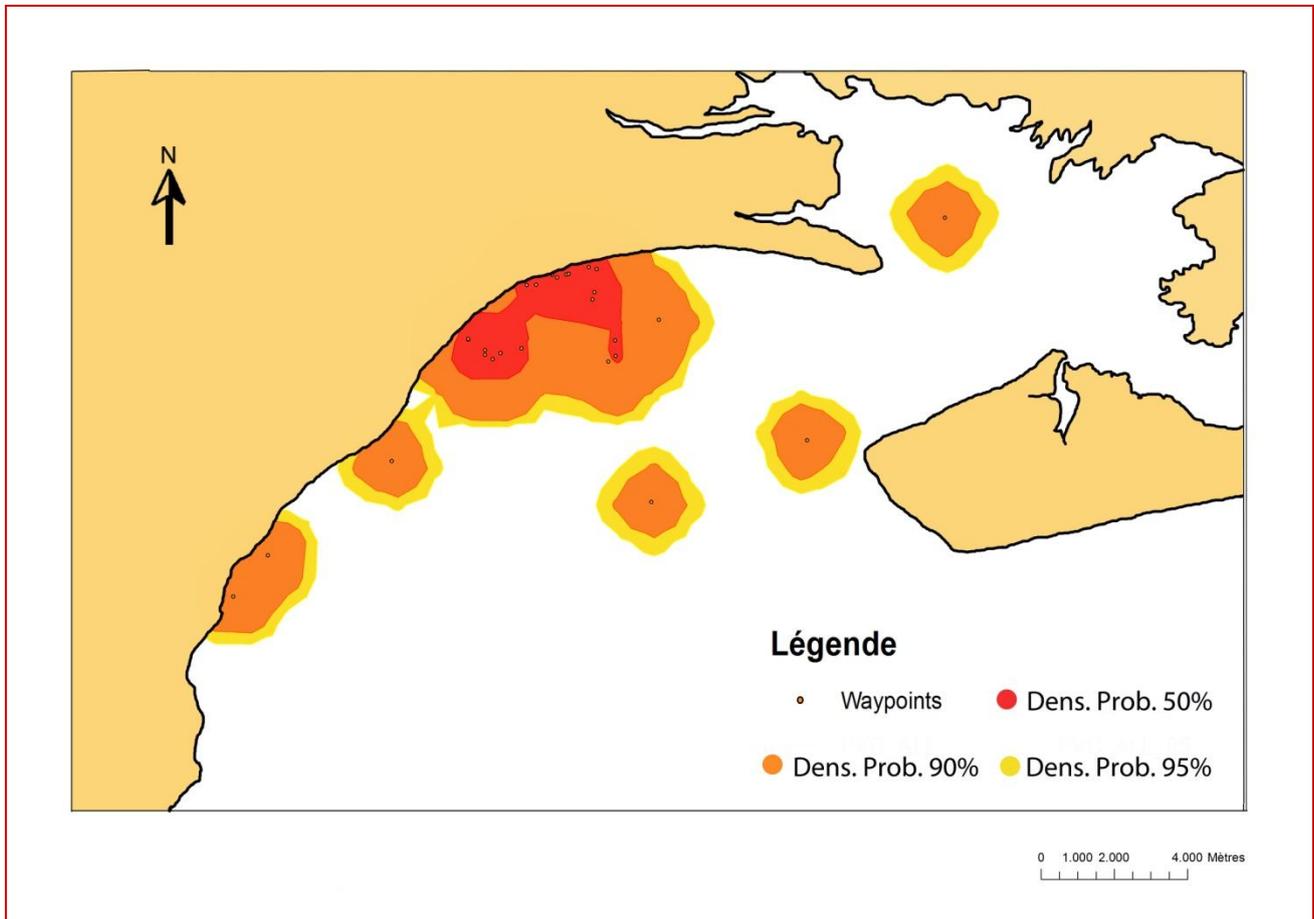
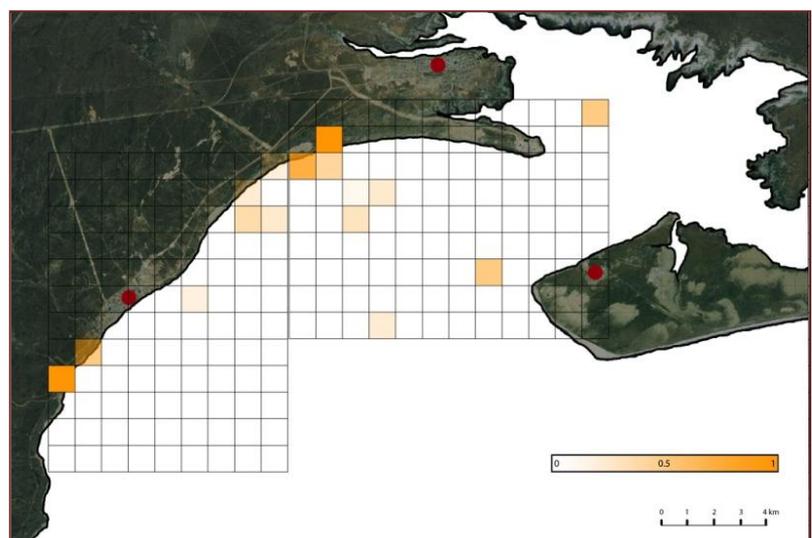


Figure 18 : Surfaces marines où ont lieu les comportements de repos de la population de grands dauphins dans la BSA, calculées par la méthode du noyau (KSD) à partir des waypoints relevés entre le 20 janvier et le 1^{er} mai 2011. Estimation des probabilités de densité de 95%, 90% et 50%.

A titre de comparaison, la surface occupée par le même comportement, estimée au moyen du quadrillage est de 16 km² (Figure 21).

Figure 19 : IA pour les comportements de repos des dauphins de la BSA. Les cellules font 1kmx1km et l'intensité de la coloration est directement proportionnelle à l'IA.



f) Déplacement lent

Les surfaces estimées pour les déplacements lents sont de 105.7 km² (DP de 95%) et 20.3 km² (DP de 50%). De ces surfaces, 18.1 km² et 0.6 km² sont terrestres. Dès lors, les surfaces marines estimées sont de 87.6 km² (DP de 95%) et 19.7 km² (DP de 50%) (Figure 23).

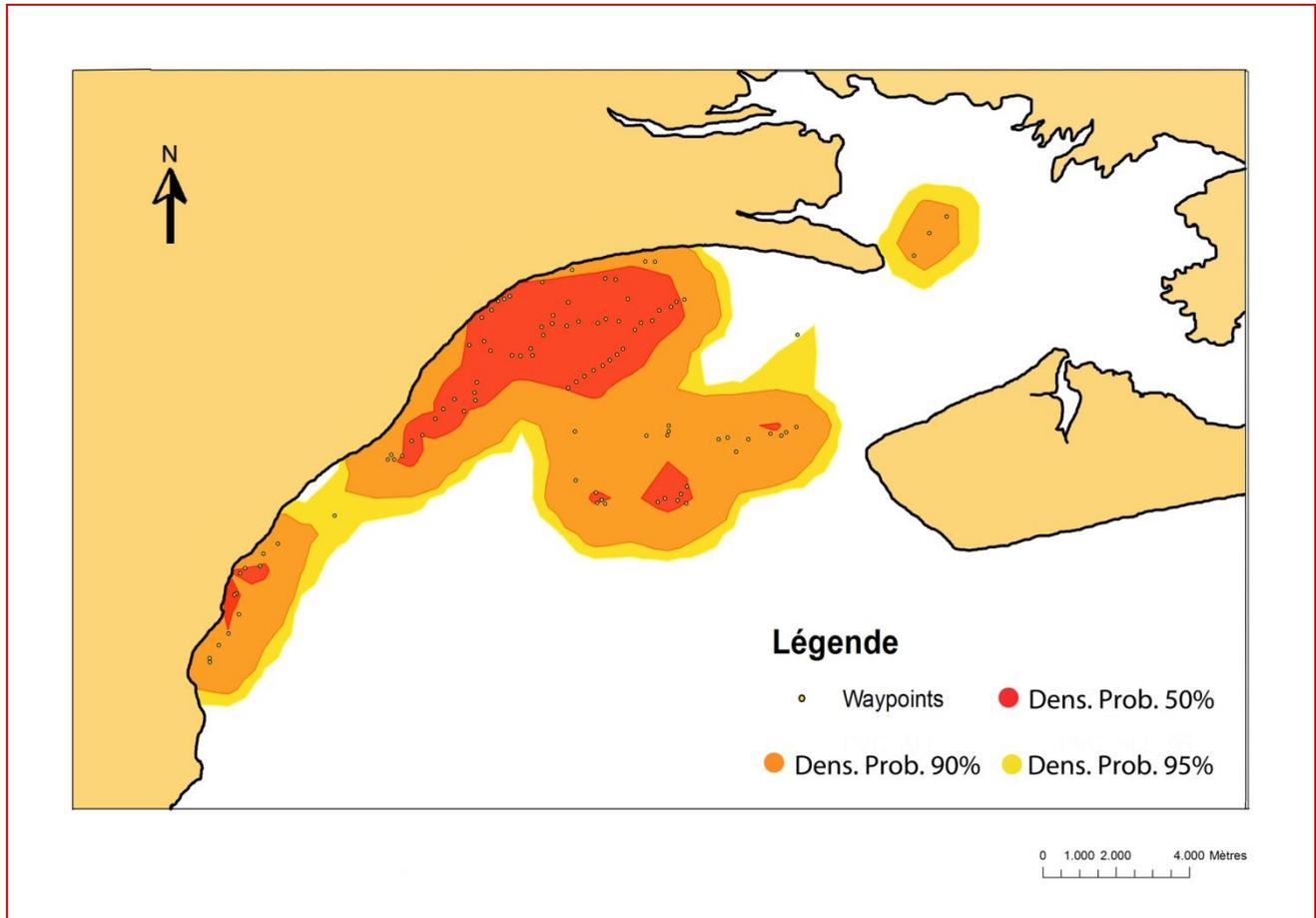


Figure 21 : Surfaces marines où ont lieu les comportements de déplacement lent de la population de grands dauphins dans la BSA, calculées par la méthode du noyau (KSD) à partir des waypoints relevés entre le 20 janvier et le 1^{er} mai 2011. Estimation des probabilités de densité de 95%, 90% et 50%.

A titre de comparaison, la surface occupée par le même comportement, estimée au moyen du quadrillage est de 38 km² (Figure 22).

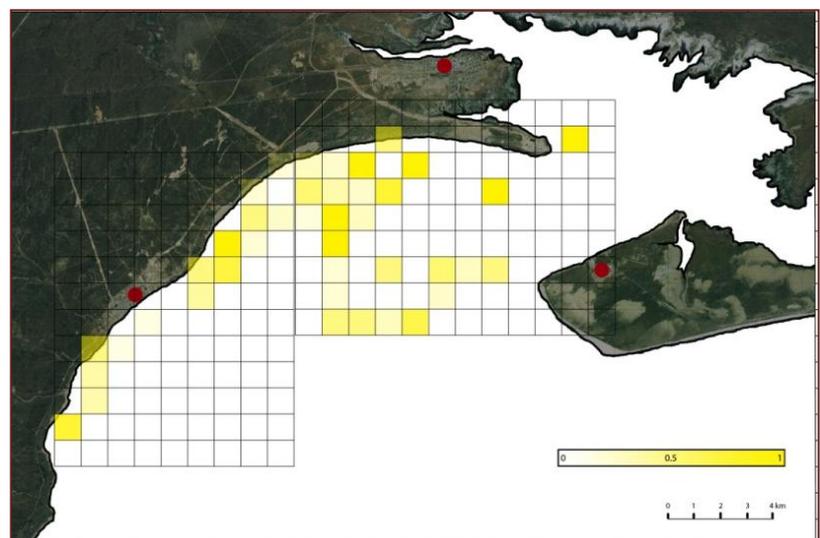


Figure 20 : IA pour les comportements de déplacement lent des dauphins de la BSA. Les cellules font 1kmx1km et l'intensité de la coloration est directement proportionnelle à l'IA.

g) Déplacement à vitesse moyenne

Les surfaces estimées pour les déplacements à vitesse moyenne sont de 94.7 km² (DP de 95%) et 21.5 km² (DP de 50%). De ces surfaces, 12.4 km² et 1.8 km² sont terrestres. Dès lors, les surfaces marines estimées sont de 82.3 km² (DP de 95%) et 20.9 km² (DP de 50%) (Figure 25).

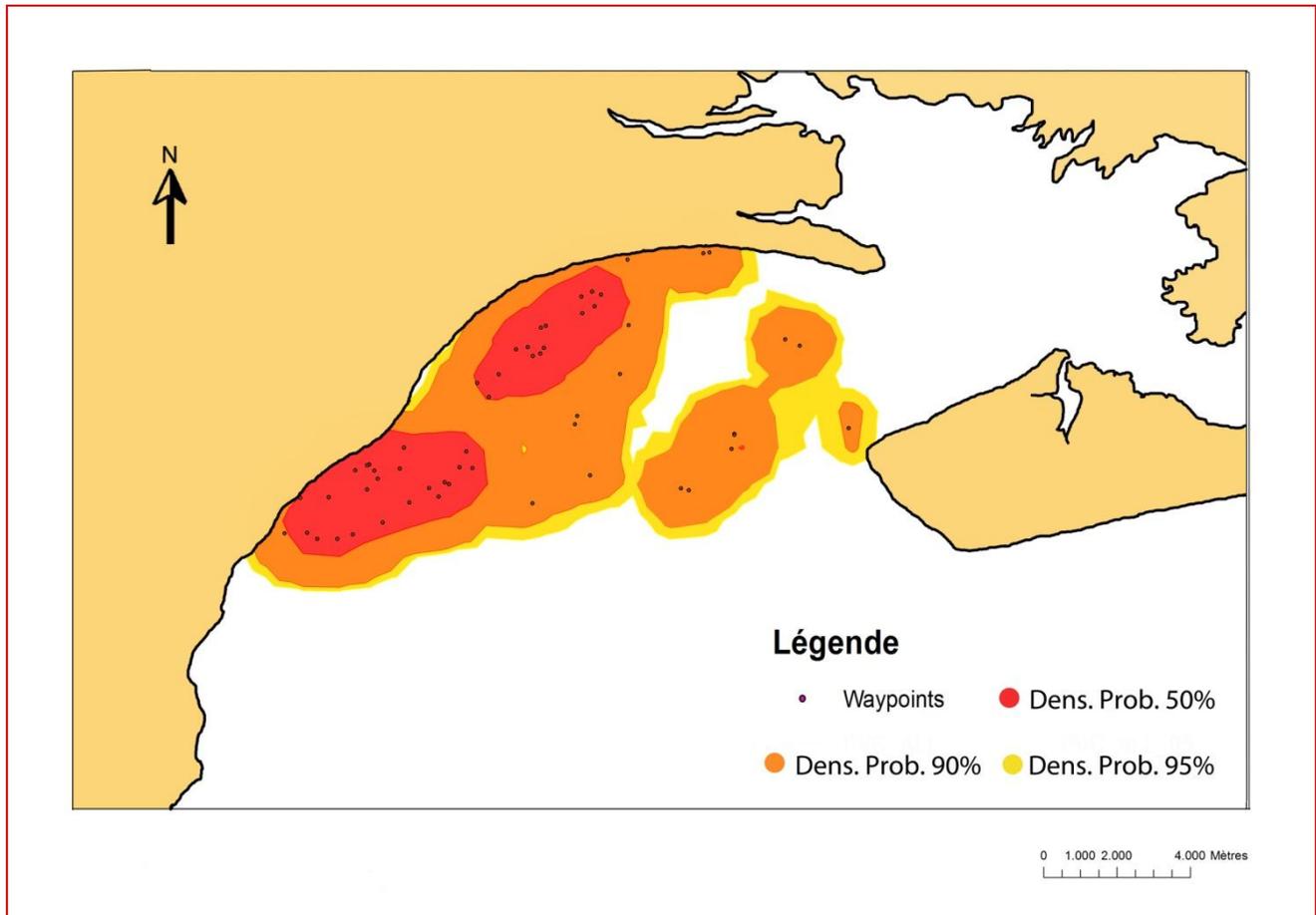


Figure 23 : Surfaces marines où ont lieu les comportements de déplacement à vitesse moyenne de la population de grands dauphins dans la BSA, calculées par la méthode du noyau (KSD) à partir des waypoints relevés entre le 20 janvier et le 1^{er} mai 2011. Estimation des probabilités de densité de 95%, 90% et 50%.

A titre de comparaison, la surface occupée par le même comportement, estimée au moyen du quadrillage est de 31 km² (Figure 24).

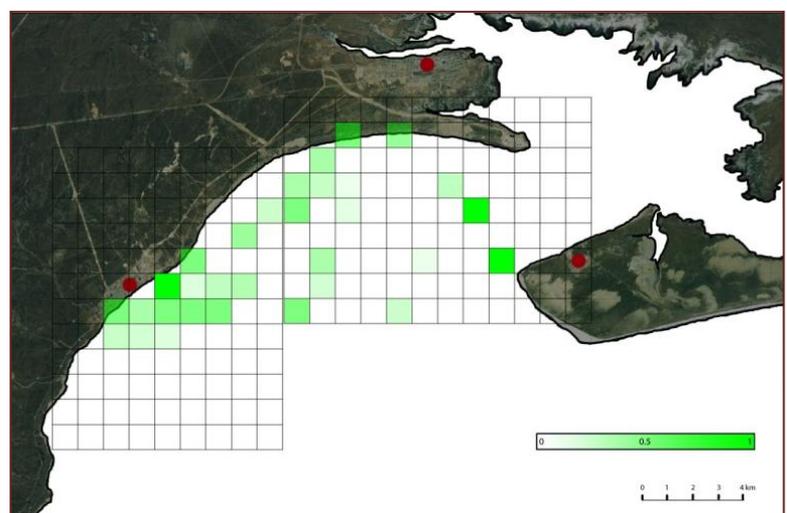


Figure 22 : IA pour les comportements de déplacement à vitesse moyenne des dauphins de la BSA. Les cellules font 1kmx1km et l'intensité de la coloration est directement proportionnelle à l'IA.

h) Comportements erratiques

Les surfaces estimées pour les comportements erratiques sont de 92.5 km² (DP de 95%) et 18.9 km² (DP de 50%). De ces surfaces, 13.1 km² et 0.7 km² sont terrestres. Dès lors, les surfaces marines estimées sont de 79.4 km² (DP de 95%) et 18.2 km² (DP de 50%) (Figure 26).

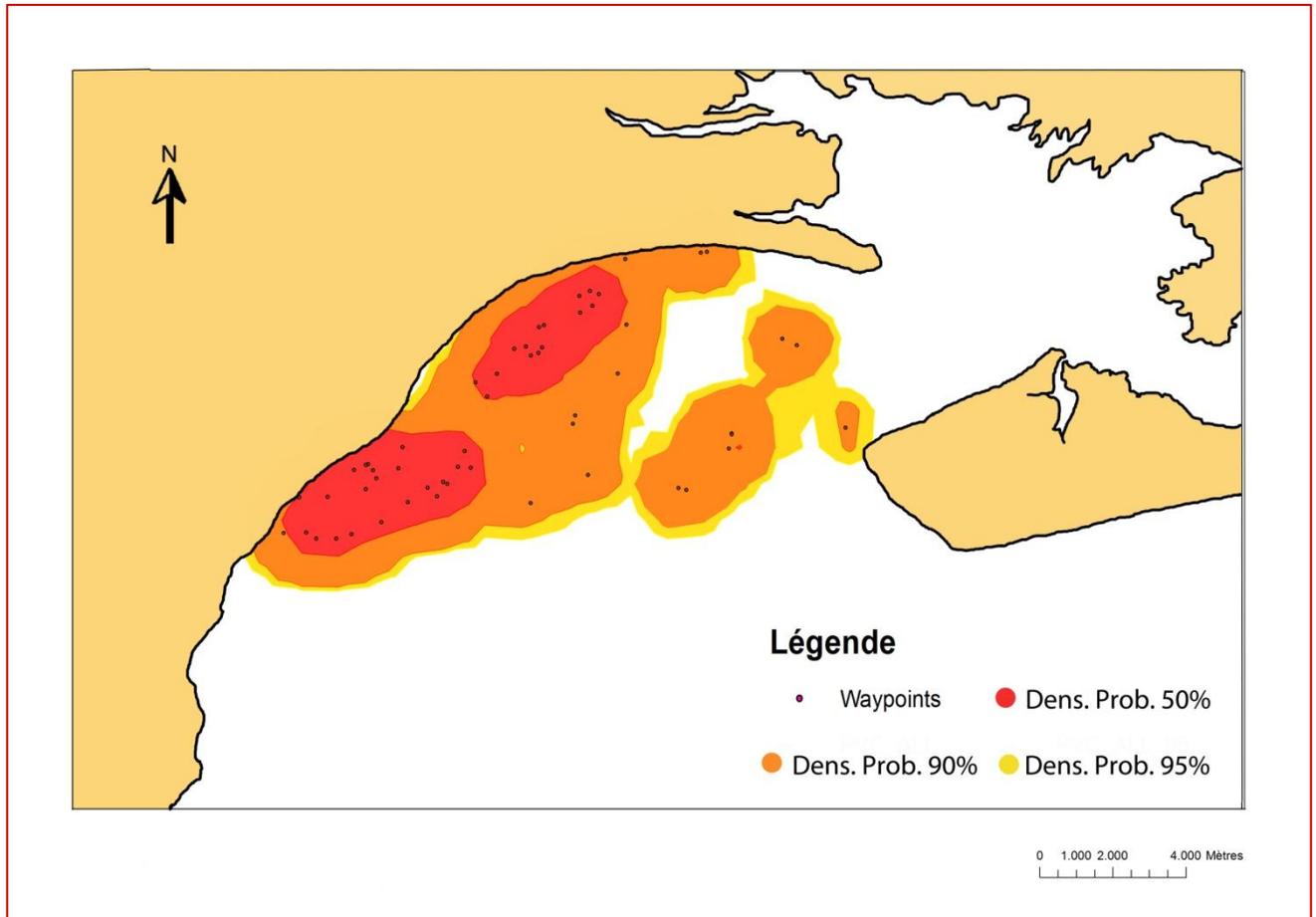


Figure 25 : Surfaces marines où ont lieu les comportements erratiques de la population de grands dauphins dans la BSA, calculées par la méthode du noyau (KSD) à partir des waypoints relevés entre le 20 janvier et le 1^{er} mai 2011. Estimation des probabilités de densité de 95%, 90% et 50%.

A titre de comparaison, la surface occupée par le même comportement, estimée au moyen du quadrillage est de 17 km² (Figure 27).

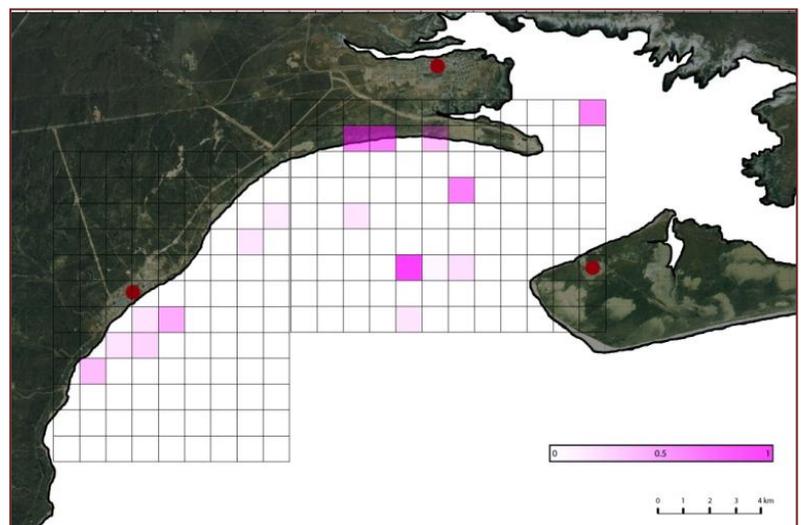


Figure 24 : IA pour les comportements erratiques des dauphins de la BSA. Les cellules font 1kmx1km et l'intensité de la coloration est directement proportionnelle à l'IA.

II. Discussion

IV.1. Fréquence des observations et taille des groupes

Ces 15 semaines de récolte de données ont permis d'observer les grands dauphins durant la seconde moitié de l'été et le début de l'automne. La fréquence des observations de dauphins (0.36/h), calculée pour l'ensemble des transects, est similaire, bien que légèrement inférieure, aux fréquences déterminées sur le même site d'étude par Vermeulen *et al.* (non publié) pour l'été (0.39/h) et l'automne (0.42/h). Elle confirme que la BSA est une aire appropriée pour l'étude à long terme des grands dauphins du Sud de l'Amérique du Sud.

La proportion des observations durant lesquelles les grands dauphins semblaient dérangés par le bateau de recherche (11% = *Avoidance* d'après la variable « *réaction au bateau* », Tableau 2) est relativement faible, comme cela a été constaté dans d'autres études (Wursig *et al.* 1979; Bearzi *et al.* 1999). A titre de comparaison, Mattson *et al.* (2005) ont observé des modifications comportementales suite à la présence de bateaux à moteur dans 55% des cas, chez une population de grands dauphins en Caroline du Sud. Globalement, on pourrait supposer que les dauphins de la BSA sont habitués à la présence des chercheurs, présents sur le terrain depuis quelques années, à l'instar de populations telle que celle de la Sarasota Bay en Floride (Wells 1991). Une large partie des évitements (80%) dans la BSA pourrait être lié à la présence de jeunes, combinée à une trop grande approche des groupes. Une étude à plus long terme et sur un plus grand nombre de groupes pourrait peut-être permettre de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

La taille des groupes observée (moy.= 4.9) est comparable aux premières estimations faites par Vermeulen *et al.* (2009 ; taille groupe moy. annuelle = 5.4), mais supérieure à leurs dernières estimations non encore publiées (Vermeulen *et al.* non publié ; taille groupe moy. = 2 pour l'été, et 4 pour l'automne). Elle est également similaire à ce qui a été rapporté pour d'autres populations : moy.= 3 à 6 en Caroline du Sud (Sloan 2006); moy.= 5 dans la Shannon Bay en Irlande (Ingram *et al.* 2002) ; moy.= 3.8 près de l'île Lampedusa en Italie, (Pulcini *et al.* 2004). Cette taille moyenne se trouve dans le bas de la fourchette habituelle pour les grands dauphins (2 à 15 d'après Wells *et al.* 2002). Elle est nettement inférieure à ce qui a été constaté dans différentes populations : moy.=12,3 (Möller *et al.* 2002) moy.=14,9 (Wursig 1978) ; moy.=20 (Defran *et al.* 1999) ; moy.=35 (Hanson *et al.* 1993).

La taille des groupes d'animaux peut être vue comme le reflet d'un compromis entre la compétition intraspécifique pour la nourriture, qui favorise les petits groupes, et la sécurité vis-à-vis des prédateurs, qui favorise souvent les grands groupes (Bertram 1978; Heithaus *et al.* 2002). Il a été suggéré que le risque de prédation influence la taille des groupes de dauphins également (Wells *et al.* 1987). Cette hypothèse a été renforcée plus récemment : Heithaus *et al.* (2002) ont montré une différence significative dans la taille des groupes au repos entre les mois chauds et froids, correspondant à des périodes avec et sans requins. La pression de prédation est quasi-absente dans la BSA (E. Vermeulen, communication personnelle). Il semble donc que le facteur principal influençant la taille des groupes est la compétition pour la nourriture. Ceci pourrait expliquer la taille des groupes relativement petite observée lors de cette étude.

La proportion de groupe incluant des jeunes (60%) est légèrement inférieure aux résultats trouvés par Vermeulen *et al.* (72%, non publié), sur le même site, pour les années précédentes. Il s'agit tout de même de chiffres élevés (comparé par exemple à 30% (Campbell *et al.* 2002) ou à 15% (Rogers *et al.* 2004)) qui pourraient indiquer que la BSA est un lieu particulièrement utilisé pour l'éducation des jeunes (Vermeulen *et al.* 2009b). Le nombre moyen de jeunes par groupe (0,97) est similaire à ce qui a été trouvé par Vermeulen *et al.* (non publié) pour l'été (1,0) sur le même site, et à ce qu'ont trouvé Bearzi (2004 ; moy.= ~1) et Möller *et al.* (2002 ; moy.= 1,2 à 1,5). Ces moyennes sont supérieures à ce qu'ont trouvé Rogers *et al.* (2004 ; moy.= 0,23).

Les résultats montrent un nombre significativement supérieur d'adultes présents dans les groupes incluant des jeunes. Des constatations semblables ont été effectuées pour d'autres populations de grands dauphins (Bearzi *et al.* 1997; Möller *et al.* 2002). Norris *et al.* (1980) suggèrent qu'une taille de groupe plus importante en présence de jeunes permettrait une plus grande protection face aux prédateurs, une diminution de l'investissement parental, et une meilleure éducation des jeunes (Möller *et al.* 2002). Dans la BSA, seul les deux derniers avantages cités sont susceptibles d'expliquer le nombre supérieur d'adultes quand des jeunes sont présents.

Taille des groupes selon les comportements

L'analyse des résultats montre également que la taille des groupes varie selon le comportement observé. Elle est plus grande durant les comportements sociaux et durant le repos (médiane=5). Par contre, elle est plus petite durant la plongée et la capture/prise de nourriture (médiane=3). Ceci est similaire à ce qui a été observé dans d'autres populations de grands dauphins (Ballance 1992, Möller *et al.* 2002, Heithaus *et al.* 2002).

Cette différence peut être attribuée à une adaptation au risque de prédation combinée à une stratégie optimale pour la prise de nourriture (Heithaus *et al.* 2002), mais pas uniquement. Dans le cas de mammifères sociaux tels que les grands dauphins, d'autres facteurs peuvent favoriser de grands groupes : l'apprentissage et la transmission de l'expérience d'un membre du groupe à l'autre, le partage des soins aux jeunes (alloparentalité), et l'augmentation du nombre de partenaires sexuels possibles (Macdonald 1983; Baird *et al.* 1996; Connor *et al.* 1998). En outre, des recherches menées dans la Sark Bay ont montré que la taille des groupes au sein d'une population change de manière tout à fait adaptative selon le risque de prédation encouru (variable avec les saisons et avec les années ; Heithaus *et al.* 2002)

Dans la BSA, le risque de prédation est quasi-inexistant. Cela a été constaté par les chercheurs sur place (Vermeulen, communication personnelle), et la taille moyenne des groupes observée dans cette étude semble abonder en ce sens. Dès lors, il semble que la différence de taille de groupe au sein de la BSA serait mieux expliquée par la disponibilité en nourriture, les stratégies de chasse, ainsi que par les avantages sociaux procurés par les grands groupes.

Lors des comportements de capture/prise de nourriture et lors des comportements de plongée, la compétition intraspécifique favoriserait donc des groupes plus petits. Elle serait absente lors des comportements de repos et sociaux, permettant l'apparition de groupes plus grands. Ce raisonnement ne permet néanmoins pas d'expliquer pourquoi les groupes au repos et engagés dans des comportements sociaux sont plus grands que les groupes non engagés dans ces comportements.

Les avantages sociaux liés aux grands groupes paraissent expliquer le mieux la taille supérieure des groupes engagés dans des comportements sociaux. Cependant, la taille supérieure des groupes au repos dans cette étude reste difficile à interpréter. Habituellement, on considère que les individus au repos sont moins vigilants donc plus vulnérables, et qu'une augmentation de la taille du groupe accroîtrait les chances de détecter les prédateurs (Heithaus *et al.* 2002). Cette explication ne semble pas la plus appropriée dans la BSA, comme expliqué plus haut dans le texte. L'échantillonnage relativement petit (n=27 observations dont la moitié est attribuée à un seul groupe) pourrait ne pas rendre compte de la taille moyenne réelle des groupes au repos.

IV.2. Variables environnementales

Dans une optique de conservation, il paraît essentiel de mettre en évidence des *zones critiques* pour la population de grands dauphins de la BSA. L'association de l'ensemble des observations et de chaque comportement à certaines variables environnementales peut permettre de mieux comprendre leur distribution et contribue à la connaissance du grand dauphin en général. Cette compréhension pourrait également servir au-delà de la connaissance fondamentale, en permettant, par exemple, de prédire dans une certaine mesure la distribution des grands dauphins et de leurs activités. C'est ce qui a été tenté dans les paragraphes qui suivent.

Les grands dauphins de la BSA sont observés à des distances par rapport à la côte qui sont similaires à celles observées dans le Golfe de Californie (Ballance 1992) : environ 80% des observations (BSA) et une majorité des observations (Ballance 1992) ont été faites à moins de 3 km des côtes. Cependant, seul un faible pourcentage des observations (34.8%) a été fait à moins d'1 kilomètre des côtes. Ceci diffère de nombreuses études où la majorité voir l'ensemble des observations est effectué à moins d' 1km des côtes (Bearzi 2004 ; Defran *et al.* 1999 ; Hanson *et al.* 1993 ; Wursig 1978).

Les profondeurs occupées préférentiellement (comprises entre 3 et 8m) se rapprochent des valeurs trouvées par Wursig *et al.* (1979, 92% des observations <10m) et de Ballance (1992, majorité des observations <10m). Vu que la BSA n'atteint que rarement les 10m de profondeur, on ne peut pas parler de préférence pour les profondeurs inférieures à 10m en son sein. Par contre, ces profondeurs occupées préférentiellement sont plus grandes que les profondeurs majoritairement occupées dans la baie de Sarasota (Irvine *et al.* 1981; Wells *et al.* 1987) et en Louisiane (Miller 2003) (moins de 3m).

De même que la taille des groupes, Heithaus *et al.* (2002) ont observé que les grands dauphins sont capables de modifier leur distribution et l'utilisation qu'ils font de leur habitat de façon tout à fait adaptative, et ce, en réponse aux variations du risque de prédation et de la disponibilité en nourriture. Dans la baie de Sarasota, les chercheurs ont suggéré que les dauphins favorisaient les faibles profondeurs afin d'éviter les rencontres avec le requin taureau, représentant un risque de prédation (Wells *et al.* 1987). La BSA est une baie relativement fermée et isolée, et le risque de prédation y est quasi absent (E. Vermeulen, communication personnelle). Si on interprète les préférences pour les faibles profondeurs et pour la proximité à la côte comme étant des réponses à un risque de prédation, alors ces préférences n'ont pas lieu d'être dans la BSA. De plus, la présence de nombreux touristes le long des plages pendant l'été pourrait contribuer à éloigner les groupes de dauphins des côtes. Des grands dauphins ont été aperçus depuis la plage à quelques dizaines de mètres des côtes,

plusieurs fois, en dehors de la période touristique. Cet impact des touristes pourrait être confirmé par comparaison avec des observations relevées pendant les périodes non-touristiques (trop peu abondantes durant cette étude).

Contrairement à ce que d'autres travaux pour d'autres populations montrent (Dailey *et al.* 1993), la taille des groupes n'augmente pas significativement avec la distance par rapport à la côte. Ceci pourrait être interprété comme résultant également de la quasi-absence de prédation dans la BSA ou comme résultant de la faible profondeur générale de la BSA. Les chercheurs (Dailey *et al.* 1993) ayant montré une différence significative tentent de l'expliquer par la distribution plus dispersée des proies dans les eaux plus profondes associées aux plus grandes distances à la côte. Ainsi, des groupes plus grands bénéficieraient de la coopération entre individus et augmenteraient le rendement énergétique de leur chasse (Wells *et al.* 1980, Bearzi 2004). Il n'y a pas de corrélation significative entre la distance à la côte et la profondeur dans la BSA. Il est donc peu probable qu'il y ait une variation importante dans la distribution des proies avec la distance à la côte. Du moins, c'est ce qui pourrait être déduit de la taille des groupes relativement invariable selon la distance à la côte. Il convient néanmoins de garder à l'esprit que ce test a été effectué à partir des distances à la côte relevées au premier échantillon lors de l'observation de chaque groupe. Cette distance n'est peut-être pas la plus représentative du groupe. Plus de recherches à ce sujet serait utile à une interprétation plus correcte.

Les déplacements

Les déplacements lents et à vitesse moyenne sont effectués à des distances à la côte similaires (médiane=1200 et 1300m) qui ne diffèrent pas significativement des comportements non-qualifiés de déplacement. Par contre, les déplacements à vitesse moyenne sont observés là où les eaux sont significativement plus profondes (médiane= 7m vs 5.35m). Cette tendance est similaire à ce qui a été observé pour le golfe de San José (Wursig *et al.* 1979) et le golfe San Nuevo (Garaffo *et al.* 2007). Cependant, dans ces études, les grandes profondeurs dont il est question dépassent largement celles de la BSA (>10m). Les déplacements lents ont été associés à des comportements de repos (Bearzi *et al.* 1999 ; Heithaus *et al.* 2002). Comme les vitesses de déplacement n'ont pas été mesurées dans cette étude-ci, il se peut qu'une partie des déplacements lents puisse être en réalité rapprochée du repos tandis qu'une autre partie puisse être rapprochée des déplacements à vitesse moyenne. Il serait utile dans les études ultérieures de déterminer des vitesses exactes associées à chaque catégorie de déplacement afin de faciliter les interprétations et la compréhension de ces activités, comme cela a été fait ailleurs (Wursig *et al.* 1979 ; Shane 1990b ; Bearzi *et al.* 1999 ; Bearzi 2004 ; Heithaus *et al.* 2002).

Le repos

Le repos est régulièrement associé à une certaine vulnérabilité qui favorise des conditions plus sûres : des groupes plus grands, de faibles profondeurs et une certaine proximité à la côte. Ces conditions viseraient à augmenter les chances de survie face aux prédateurs (Heithaus *et al.* 2002 ; Wells *et al.* 1987). Vu la quasi-absence de prédateurs du grand dauphin dans la BSA, ces tendances ne sont pas attendues ici. En effet, la profondeur médiane du repos ne diffèrent pas de la profondeur médiane du reste des comportements considérés ensemble. L'observation du repos est cependant associée à des distances à la côte inférieures au reste des observations. Ceci peut être expliqué par l'échantillonnage : sur l'ensemble des

observations du repos (n=27), 14 ont été effectuées lors du suivi d'un seul groupe pendant 3h20min consécutives, très près des côtes.

Les comportements sociaux

Ces comportements sont expliqués par des eaux moins profondes, plus proches des côtes, plus chaudes et par le moment de la journée. Ils auraient lieu plutôt l'après-midi que le matin. La distance à la côte et la profondeur montrent bien des différences significatives entre les comportements sociaux et le reste des observations. La préférence pour les faibles profondeurs et de plus courtes distances à la côte pourraient être liées directement aux températures plus élevées. L'influence du moment de la journée serait intéressante à développer également. Des chercheurs ont montré que la chasse aurait plutôt lieu le matin ou en fin d'après midi (Hanson *et al.* 1993). Ainsi, on pourrait supposer que les dauphins se consacrent aux comportements sociaux préférentiellement lorsque leurs besoins énergétiques sont satisfaits. Malheureusement, la plupart des études ne s'intéressent pas en détail aux variables environnementales expliquant les comportements sociaux. L'intérêt est habituellement porté soit aux comportements de prise de nourriture, soit au repos (Hanson *et al.* 1993 ; Bearzi *et al.* 1999 ; Heithaus *et al.* 2002 ; Rayment *et al.* 2009). Des travaux récents indiquent cependant qu'il conviendrait de s'intéresser de plus près aux comportements sociaux dans le cadre de la mise en place de plan de protection des populations contre le développement touristique (Lusseau *et al.* 2004 ; Lusseau 2005).

Plongée et capture/prise de nourriture

Dans de nombreuses études, les comportements de *plongée* et la capture/prise de nourriture ne sont pas distingués et ils sont repris sous une seule catégorie nommée alternativement « *feeding* », « *foraging* » ou « *diving* » (Ballance 1992 ; Hanson *et al.* 1993 ; Möller *et al.* 2002 ; Rogers *et al.* 2004 ; Lusseau 2004 ; Christiansen *et al.* 2010). La comparaison des caractéristiques liées à ces deux activités dans cette étude indiquent que ce rapprochement pourrait avoir du sens dans la BSA également :

La taille des groupes pendant les comportements de *plongée* est proche de la taille des groupes pendant les comportements de capture/prise de nourriture. Ce sont les deux comportements qui impliquent les groupes les plus petits (significativement, M-W, $P < 0.05$). Comme évoqué plus haut dans la discussion, la petite taille des groupes est régulièrement attribuée à une diminution de la compétition entre individus pour les proies (Heithaus *et al.* 2002), indiquant que les comportements de *plongée* pourraient être liés à la prise de nourriture. De plus, les deux comportements sont observés dans des zones où la pente est plus importante que dans les zones où ils ne sont pas considérés ($IA < 0.5$). (Cette différence n'est significative que pour la plongée.) Les zones de grandes pentes sont associées à de plus grandes concentrations en proies et aux activités de recherche/prise de nourriture (Ballance 1992 ; Baumgartner 1997 ; Wilson *et al.* 1997 ; Ingram *et al.* 2002 ; Garaffo *et al.* 2007). Ceci indique donc également que les comportements de *plongée* pourraient être assimilés à de la recherche ou de la prise de nourriture.

La distinction des deux activités permet néanmoins de dégager des différences entre les deux : La capture/prise de nourriture a été observée plus loin des côtes ($P < 0.01$) mais dans des zones dont la profondeur ne diffère pas par rapport aux autres comportements considérés ensemble ($P > 0.05$). Les comportements de *plongée* ont, quant à eux, été observés dans des zones de plus

Tableau 4.1 : Comparaison des budgets d'activité pour certaines périodes de temps : pourcentage du temps alloué à chaque comportement pour cette étude et celle de Vermeulen *et al.* (non publiée) sur la population de grands dauphins de la BSA. Traveling = déplacement, Socialising = comportement social, Resting = repos, Feeding = capture/prise de nourriture, Diving = plongée et Milling = comportement erratique.

	Annuel		Eté		Automne	
	Vermeulen	du 20/01 au 1/05 Cette étude	Vermeulen	Cette étude	Vermeulen	Cette étude
Traveling	19	44	15	37	23	48
Feeding	19	8	3	7	15	8
Diving	12	17	46	22	3	13
Socialising	7	9	0	6	4	13
Resting	24	7	23	3	30	12
Milling	8	6	10	11	4	1

grandes profondeurs ($P < 0.01$) mais pas significativement plus proches ni plus éloignées des côtes ($P > 0.05$). Les régressions logistiques font ressortir des constatations similaires. En outre, elles apportent des nuances supplémentaires : les deux comportements seraient associés à des observations faites plus tôt dans la journée, et la capture/prise de nourriture se ferait dans des eaux plus froides. Les différences entre l'un et l'autre comportement pourraient refléter une différence dans les proies disponibles et dans le type de stratégie de chasse adopté (Bearzi *et al.* 1999 ; Bearzi 2004). Dans cette étude, les comportements de « plongée » serait une stratégie de chasse destinée aux proies benthiques et la « capture/prise de nourriture » serait destinée aux proies vivant plus haut dans la colonne d'eau. Dans la suite de la discussion, le terme « recherche/prise de nourriture » sera utilisé pour englober les deux comportements.

L'explication de l'observation des comportements dans la BSA par les variables environnementales considérées est mitigée. Les résultats pourraient être plus parlants avec un échantillonnage plus étendu et/ ou en incluant d'autres variables dans l'analyse. Par exemple les marées : des chercheurs ont expliqué la présence/absence de comportements par les marées (Gregory *et al.* 2001). Vu la grande amplitude des marées dans la BSA (jusqu'à 9m), il serait possible qu'elles aient une influence non-négligeable sur l'occupation de la baie et la distribution des comportements.

IV.3 Budget d'activité

Comparaison pour le même site d'étude

Le budget d'activité évalué pour la période du 20 janvier au 1^{er} mai 2011 est relativement différent du budget d'activité annuel évalué précédemment par Vermeulen *et al.* (non publié). Les différences pourraient être expliquées en partie par le fait que le budget d'activité de la population de la BSA varie selon les saisons (Vermeulen *et al.* non publié). En comparant les budgets d'activité globaux (cf. Tableau 4.1), il ressort que, dans cette étude :

- Les déplacements ont été observés plus souvent. Cette différence n'est pas expliquée par les variations saisonnières.
- La capture/prise de nourriture a été beaucoup moins observée. Cette différence est explicable par les variations saisonnières, ce comportement étant beaucoup plus observé en hiver.
- Le repos a été beaucoup moins observé, et ceci n'est pas explicable par les variations saisonnières.

En comparant les budgets d'activités saisonniers (Tableau 4.1), il ressort quelques tendances communes : les déplacements, les comportements sociaux et de repos sont plus abondants en automne tandis que les comportements erratiques et les plongées sont plus abondants en été. Ces variations saisonnières pourraient être le reflet de variation dans la disponibilité des ressources. Si l'on considère que les déplacements ont pour but principal de localiser la nourriture et les congénères (Shane 1990a), l'augmentation de la proportion du temps qui y est allouée indiquerait une diminution des ressources alimentaires et de la densité de la population. Les récentes évaluations de la taille de la population de la BSA confirment en effet une diminution du nombre d'individus en automne (taille de la population estimée pour l'été = 66 ; pour l'automne = 38).

Tableau 4.2 : Comparaison des budgets d'activité : pourcentage du temps alloué à chaque comportement pour différentes études sur des populations de grands dauphins. Lorsque Feeding et Diving n'étaient pas distingués dans l'étude, une seule valeur englobant les deux comportements est indiquée. Les barres indiquent que le comportement n'était pas considéré dans l'étude. Traveling = déplacement, Socialising = comportement social, Resting = repos, Feeding = capture/prise de nourriture, Diving = plongée et Milling = comportement erratique.

	Ballance 1992	Hanson 1993	Lusseau 2004	Christiansen 2010	Bearzi 2005	Bearzi 1999	cette étude
Traveling	61	63	38	33	49	8	44
Feeding	23	19	7	19	5 à 16	82	8
Diving					20		17
Socialising	8	15	19	10	<10	6	9
Resting	8	3	10	38	/	2	7
Milling	/	/	6	/	<10	/	6

Il ressort également que, comparé aux résultats trouvés précédemment par Marybio, dans cette étude :

- Nous avons observé deux fois moins de plongées en été.
- Nous avons observé deux fois moins de capture/prise de nourriture en automne.

La plupart des différences observées et non-expliquées sont probablement dues aux variations interannuelles ainsi qu'à la variabilité liée à l'échantillonnage. Bearzi (2004) et Bearzi *et al.* (1999) ont observé des variations interannuelles significatives dans le budget d'activité de grands dauphins, avec des proportions de temps alloué à une activité variant du simple au double. Cependant, la différence importante observée ici pour le comportement de repos est surprenante et mérite que l'on s'y intéresse. L'augmentation du tourisme d'année en année à Las Grutas serait une explication potentielle.

Comparaison avec d'autres populations

Il convient d'abord de garder à l'esprit que les grands dauphins sont des animaux actifs durant le jour et la nuit (Irvine *et al.* 1981 in Bearzi 1999). Ensuite, de mauvaises conditions météorologiques augmentent leurs besoins énergétiques, et elles affectent donc probablement le temps consacré à chaque activité (Norris 1994). Or, dans le cas présent, les observations ont été effectuées uniquement durant le jour et dans de bonnes conditions météo. Le budget d'activité évalué est donc biaisé, et les interprétations que l'on peut en tirer sont limitées. Cependant, la plupart des études étant effectuées dans des conditions tout à fait similaires, les comparaisons restent possibles. Un autre biais est lié à la méthodologie de récolte et d'analyse des données qui varie malheureusement énormément d'une étude à l'autre, rendant les comparaisons délicates.

En se limitant à des comparaisons peu poussées, on peut dire que le profil général du budget d'activité diurne évalué dans cette étude est semblable à ce qui a été évalué pour d'autres populations (Tableau 4.2). Les déplacements constituent la part la plus importante du budget comme chez Ballance (1992), Hanson *et al.* (1993), Lusseau (2004) et Bearzi (2005). Ensuite, si l'on considère que les plongées sont liées à la recherche de nourriture, l'activité la plus observée est la recherche/prise de nourriture, comme chez Ballance (1992), Hanson *et al.* (1993), Bearzi (2004) et Christiansen *et al.* (2010). Les comportements sociaux et le repos sont les comportements les moins observés comme constaté par Ballance (1992), Hanson *et al.* (1993), Bearzi *et al.* (1999) et Bearzi (2005).

Si on s'intéresse de plus près aux valeurs chiffrées, la proportion du temps consacrée à la recherche/capture de nourriture (25%) est tout à fait similaire à ce qui est observé par Ballance (1992), Hanson *et al.* (1993), et Christiansen (2011) : les valeurs tournent autour de 20%. Le temps consacré à la recherche/prise de nourriture a été associé à la disponibilité et à la dispersion des proies. Ainsi, dans la mer Adriatique, cette proportion du budget très importante (82%) reflèterait une faible disponibilité des proies et/ou un type de proie difficile à capturer (Bearzi *et al.* 1999). Dans cette optique, la proportion du temps consacrée à la recherche/capture de nourriture dans la BSA indique que les proies n'y seraient ni particulièrement abondantes, ni particulièrement rares comparé au golfe de Californie, à San Diego ou à Zanzibar. Le temps alloué aux déplacements (44%), intermédiaire comparé à d'autres études (Tableau 4.2), indiquerait également une abondance et une dispersion des ressources (tant alimentaires que sociales) similaires sinon *normales* (Shane 1990b).

IV.4. Utilisation de la baie :

Afin de gérer la population de grands dauphins de la BSA au mieux, il paraît intéressant de déterminer la localisation des observations et des comportements, directement, de façon plus visualisable, à l'aide de cartes.

Les chercheurs ont utilisé de nombreuses techniques différentes pour estimer les espaces vitaux (Urian *et al.* 2009). Pour les dauphins, les plus utilisées sont le MPC (Minimum Polygone Convex) (Ingram *et al.* 2002, Wilson *et al.* 1997), le KDE (Kernel Density Estimate) (Urian *et al.* 2009 ; Parra 2006 ; Rayment *et al.* 2009 ; Flores *et al.* 2004) ou simplement la définition de l'aire étudiée comme représentant l'espace vital (Wursig *et al.* 1979 ; Ballance 1992 ; Defran *et al.* 1999). Cette variabilité des techniques utilisées d'une étude à l'autre rend difficile l'interprétation des différences observées entre plusieurs études (Urian *et al.* 2009). Les deux méthodes employées dans le cadre de l'étude présente (IU/IA et KDE) sont comparées ici.

L'espace vital de la population de la BSA du 20 janvier au 1 mai 2011 couvre une surface estimée à 79km² par l'IU et à 99,7 km² par la méthode KDE. La différence entre les deux est substantielle, elle est expliquée par le fait que le KDE a tendance à « remplir les trous ». L'estimation par KDE est plus belle à visualiser et rend probablement mieux compte de l'occupation réelle de la BSA. Malgré le défaut de parfois faire ressortir des zones de peu de valeur comme étant importante pour les animaux (Kie *et al.* 2010), le KDE est considéré comme une méthode plus précise (Rayment *et al.* 2009 ; Flores *et al.* 2004 ; Kie *et al.* 2010). Cette valeur de 99,7 km² est grossièrement comparable aux surfaces estimées pour des individus dans la Sarasota Bay, et pour la population de Tampa Bay (l'étendue des estimations est très large dans ces deux cas ; 50 à 200km² et 29 à 529 km² ; Urian *et al.* 2009).

La BSA n'est pas occupée de façon uniforme. Une majorité des observations des dauphins semble se concentrer sur des surfaces restreintes. Ceci est comparable à ce qui a été observé pour d'autres populations de grands dauphins (Wilson *et al.* 1997 ; Ingram *et al.* 2002 ; Urian *et al.* 2009) et d'autres cétacés (Karczmarski *et al.* 2000 ; Garaffo *et al.* 2007). D'après l'IU, ces surfaces d'utilisation plus intensive (ou noyaux) atteindraient entre 17 et 38 km², soit 22% à 48% de la surface utilisée. D'après la méthode KDE, cette surface serait de 33,3 km² repartis en deux zones, représentant 30% de l'espace vital estimé. Les deux méthodes donnent donc des approximations similaires, mais la visualisation et la précision sont meilleures avec la méthode KDE. La surface de 33,3 km² pour le noyau (DP 50%) est comparable aux valeurs trouvées par Urian *et al.* (2009) dans la Tampa Bay.

Certains auteurs suggèrent que le noyau serait la zone où la ressource alimentaire serait la plus sûre (Macleod *et al.* 2004 ; Bailey *et al.* 2006 ; Rayment *et al.* 2009). Les résultats de cette étude sont en contradiction avec cette supposition. En effet, la carte synthétisant les indices d'activité (Figure 9) et les cartes effectuées pour chacun des comportements (Figures 14 à 27) montrent qu'il n'est pas suffisant de s'intéresser à la densité d'observation dans son ensemble dans le cas de la BSA. Les observations des différents comportements ne sont pas réparties de façon homogène dans la baie. Ainsi, la surface noyau de l'espace vital estimé n'inclut qu'une faible proportion des observations de recherche/capture de nourriture. Ceci est visible par comparaison des Figures 13, 14 et 16. Une telle constatation entraîne des questions sur les choix qu'il convient de faire en matière de conservation et gestion des populations. Pour la population de Shannon Bay, Ingram *et al.* (2002) définissent des *zones critiques* pour la conservation en considérant des zones équivalentes au noyau (DP50%). Si des travaux

ultérieurs approfondissent et confirment les résultats de l'étude présente, la définition de *zones critiques* ne pourra pas être effectuée de la même façon dans la BSA.

La zone où les plongées sont observées semble présenter un grand pourcentage de recouvrement avec la zone où les captures/prises de nourriture sont observées. C'est un argument en plus en faveur du rapprochement de ces deux activités.

La zone où les comportements erratiques sont susceptibles d'être observés est vaste alors que l'échantillonnage est faible (comparé à d'autres comportements, voir Figure 6A). Ceci indiquerait que ce comportement n'est pas lié à une zone précise à l'intérieur de la BSA.

Les déplacements sont susceptibles d'être observés sur de large surface. Une différence peut être remarquée dans les eaux proches de Las Grutas : les déplacements à vitesse moyenne y sont observé régulièrement (une large surface avec une DP 50%, Figure 25), alors que les déplacements lents n'y sont quasi jamais observés (de petites surfaces avec des DP de 90% et 95%, Figure 26). Autrement dit, il semblerait que les dauphins nagent plus vite en passant devant la ville et se permettent de nager plus lentement une fois éloigné. Les observations ont été effectuées durant la période touristique où de nombreux bateaux à moteur et jet-skis parcourent les eaux en face de Las Grutas. Les dauphins limiteraient donc un maximum leur présence le long des plages et des eaux bruyantes, comme cela a été observé ailleurs (Mattson *et al.* 2005). Il serait intéressant de comparer ces résultats à d'autres évalués pour les périodes non-touristiques de la BSA.

Le repos a été principalement observé dans le Nord de la baie, de même que les comportements sociaux. Les surfaces estimées pour ces deux activités sont les plus petites. Cela pourrait signifier qu'elles sont concentrées en des zones plus limitées. D'un autre côté, un biais a pu être causé par l'échantillonnage : une proportion importante des observations de ces activités dans le Nord a été effectuée pour un seul et même groupe.

De façon schématique, on pourrait distinguer la partie Nord de la BSA, principalement utilisée pour les comportements sociaux et le repos, et le centre/ Sud-ouest de la BSA, où s'effectue la recherche/capture de nourriture. Les déplacements et les comportements erratiques semblent avoir une distribution plus générale. Cette distribution des comportements pourrait être importante dans le cadre du développement touristique de la baie.

En effet, le repos et les comportements sociaux sont les plus susceptibles d'être affectés par les interactions avec des bateaux (Lusseau 2004 ; Lusseau *et al.* 2004 ; Constantine *et al.* 2004 ; Christiansen *et al.* 2010). Les zones où ces comportements sont fréquents devraient donc être considérées comme des zones d'importance critique pour le maintien de la population (Lusseau *et al.* 2004). Dans leur étude, les chercheurs déterminent des seuils à partir desquels une zone est considérée comme *critique* : si 22% des observations dans la zone étaient du repos et/ou si 40% des observations dans la zone étaient des comportements sociaux (Lusseau *et al.* 2004). Les auteurs admettent que ces seuils sont totalement arbitraires. Dans l'étude présente, les indices d'activités sont ce qui s'en rapproche le plus. Dans les deux cas, l'idée présente une faiblesse non négligeable. L'observation de plusieurs comportements dans la même zone pourrait diminuer l'importance de cette zone pour le repos et les comportements sociaux qui représentent une part mineure du budget d'activité des dauphins. L'utilisation de la méthode KDE pour chaque comportement permettrait de contourner ce problème : la densité de chaque

comportement peut être localisée géographiquement, indépendamment des autres comportements. Une décision arbitraire demeure cependant : à quelle densité de probabilité faudrait-il qualifier une zone de « critique » ?

Si on fixe cette densité à 50% par exemple, dans la BSA, il conviendrait que les opérateurs touristiques qui cherchent à développer le « *dolphin-watching* » évitent le Nord de la baie. De même, si la ville de Las Grutas et ses plages devaient s'étendre, il faudrait veiller à ce que l'utilisation de véhicules motorisés soit strictement réglementée (interdite ?) dans cette zone également.

Il convient cependant de garder à l'esprit que les résultats de cette étude ne reflètent qu'une courte période de temps. Les comportements des dauphins et leurs répartitions au sein de l'espace vital sont variables au cours du temps. Des variations intersaisonniers et interannuelles ont été observées pour le budget d'activité (Hanson *et al.* 1993 ; Bearzi *et al.* 1999 ; Bearzi 2004 ; Heithaus *et al.* 2002 ; Vermeulen *et al.* non publié) et pour la distribution dans l'espace des observations (Wilson *et al.* 1997 ; Heithaus *et al.* 2002 ; Wilson *et al.* 2004 ; Garaffo *et al.* 2007). Avant de mettre en place des règles visant à protéger la population de dauphins, il est nécessaire de dégager dans les résultats des constances dans le temps et l'espace (Wells 1991; Wilson *et al.* 2004).

III. Conclusion

Ce mémoire propose de nouvelles pistes pour la suite des recherches effectuées dans la baie de San Antonio et leur analyse : il apparaît que les comportements de *plongée* et de capture/prise de nourriture pourraient être assimilés dans la BSA car ils seraient des stratégies différentes ayant une même finalité, se nourrir. La méthode KDE, encore peu utilisée pour les grands dauphins, paraît être un outil utile non seulement pour évaluer l'occupation de l'habitat, mais également pour distinguer géographiquement les comportements. En effet, ce travail montre qu'ils ne présentent pas une répartition homogène au sein de la BSA et qu'il serait nécessaire d'en tenir compte dans l'établissement éventuel de zones critiques dans le futur. Le déclin du grand dauphin en Argentine, et le caractère unique de la population de la BSA dans le pays en font une zone importante. L'augmentation démographique et le tourisme croissant représentent des menaces potentielles pour le maintien de la population à long terme. Son étude approfondie sur une grande période de temps semble dès lors cruciale.

Annexes

Tableau 7.1 : Valeurs p des comparaisons multiples (bilatéral) pour la profondeur (variable de classement = comportement). Test H de Kruskal-Wallis ; $p < 0,000$.

	ST	M	R	F	S	MT	D
ST		1,000000	1,000000	1,000000	0,036555	0,033982	0,000003
M	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	0,012355	0,000027
R	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	0,033859	0,000073
F	1,000000	1,000000	1,000000		0,028603	1,000000	0,071121
S	0,036555	1,000000	1,000000	0,028603		0,000002	0,000000
MT	0,033982	0,012355	0,033859	1,000000	0,000002		1,000000
D	0,000003	0,000027	0,000073	0,071121	0,000000	1,000000	

Tableau 7.2 : Valeurs p des comparaisons multiples (bilatéral) pour la distance à la côte (variable de classement = comportement). Test H de Kruskal-Wallis ; $p < 0,000$

	ST	M	R	F	S	MT	D
ST		0,122519	0,732391	0,000110	0,355409	1,000000	0,573921
M	0,122519		0,001968	1,000000	0,000634	0,224785	1,000000
R	0,732391	0,001968		0,000002	1,000000	0,806830	0,006849
F	0,000110	1,000000	0,000002		0,000000	0,000488	0,122703
S	0,355409	0,000634	1,000000	0,000000		0,429883	0,001528
MT	1,000000	0,224785	0,806830	0,000488	0,429883		1,000000
D	0,573921	1,000000	0,006849	0,122703	0,001528	1,000000	

Tableau 7.3 : Valeurs p des comparaisons multiples (bilatéral) pour la taille des groupes (variable de classement = comportement). Test H de Kruskal-Wallis ; $p < 0,0001$.

	ST	M	R	F	S	MT	D
ST		1,000000	0,915703	0,082116	0,960878	0,421850	0,234402
M	1,000000		0,341134	1,000000	0,367945	1,000000	1,000000
R	0,915703	0,341134		0,001586	1,000000	0,007002	0,003814
F	0,082116	1,000000	0,001586		0,001214	1,000000	1,000000
S	0,960878	0,367945	1,000000	0,001214		0,004839	0,002437
MT	0,421850	1,000000	0,007002	1,000000	0,004839		1,000000
D	0,234402	1,000000	0,003814	1,000000	0,002437	1,000000	

Tableau 7.4 : Valeurs p des comparaisons multiples (bilatéral) pour la pente (variable de classement = comportement). Test H de Kruskal-Wallis ; $p < 0,0001$.

	ST	M	R	F	S	MT	D
ST		1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	0,177648	0,037298
M	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	0,095182	0,019716
R	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000	1,000000	0,600072
F	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	0,116761	0,025842
S	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		1,000000	1,000000
MT	0,177648	0,095182	1,000000	0,116761	1,000000		1,000000
D	0,037298	0,019716	0,600072	0,025842	1,000000	1,000000	

IV. Bibliographie

- Altmann, J. (1974). "Observational Study of Behavior: Sampling Methods." Behaviour **49**(3/4): 227-267.
- Baird, R. W. and L. M. Dill (1996). "Ecological and social determinants of group size in transient killer whales." Behavioral Ecology **7**(4): 408.
- Ballance, L. (1992). "Habitat use patterns and ranges of the bottlenose dolphin in the Gulf of California, Mexico." Marine Mammal Science **8**(3): 262-274.
- Bastida, R. and D. Rodriguez (2003). "Delphin nariz de botella." Mamíferos marinos de Patagonia y Antártida:135-142. Buenos Aires, Vazquez Mazzini Editores.
- Baumgartner, M. F. (1997). "The distribution of Risso's dolphin (*Grampus griseus*) with respect to the physiography of the northern Gulf of Mexico." Marine Mammal Science **13**(4): 614-638.
- Bearzi, G., G. Notarbartolo DI Sciara, *et al.* (1997). "Social ecology of bottlenose dolphins in the Kvarneri (northern Adriatic Sea)." Marine Mammal Science **13**(4): 650-668.
- Bearzi, G., E. Politi, *et al.* (1999). "Diurnal behavior of free ranging bottlenose dolphins in the Kvarneri (northern adriatic sea) 1." Marine Mammal Science **15**(4): 1065-1097.
- Bearzi, M. (2004). "Aspects of the ecology and behaviour of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Santa Monica Bay, California."
- Bearzi, G. and Bearzi (2009). "Ecology and conservation of common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Mediterranean Sea." Mammal review **39**(2): 92.
- Bertram, B. C. R. (1978). "Living in groups: predators and prey." Behavioural ecology: an evolutionary approach: 64-96.
- Burt, W. H. (1943). "Territoriality and home range concepts as applied to mammals." Journal of mammalogy **24**(3): 346-352.
- Busbee, D., I. Tizard, *et al.* (1999). "Environmental pollutants and marine mammal health: the potential impact of hydrocarbons and halogenated hydrocarbons on immune system dysfunction." Journal of cetacean research and management (1): 223-248.
- Campbell, G. S., B. A. Bilgre, *et al.* (2002). "Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Tuneffe Atoll, Belize: occurrence, site fidelity, group size, and abundance." Aquatic Mammals **28**(2): 170-180.
- Christiansen, F., D. Lusseau, *et al.* (2010). "Effects of tourist boats on the behaviour of Indo-Pacific bottlenose dolphins off the south coast of Zanzibar." Endangered Species Research **11**(1): 91-99.
- Connor, R. C., J. Mann, *et al.* (1998). "Social evolution in toothed whales." Trends in Ecology & Evolution **13**(6): 228-232.
- Constantine, R., D. Brunton, *et al.* (2004). "Dolphin-watching tour boats change bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) behaviour." Biological Conservation **117**(3): 299-307.
- Coscarella, M., S. Dans, *et al.* (2003). "Potential impact of unregulated dolphin watching activities in Patagonia." Journal of cetacean research and management **5**(1): 77-84.
- Dailey, M. D. and D. J. Reish (1993). Ecology of the Southern California Bight: a synthesis and interpretation, Univ of California Pr.
- Defran, R. and D. W. Weller (1999). "Occurrence, distribution, site fidelity, and school size of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off San Diego, California." Marine Mammal Science **15**(2): 366-380.
- Di Salvo, M., M. Gadais, *et al.* (2005). "L'estimation de la densité par la méthode du noyau: méthode et outils. Note méthodologique et technique."

- Dizon, A. E., W. F. Perrin, et al. (1997). "Report of the workshop." Molecular Genetics of Marine Mammals: 3–48.
- Flores, P. A. C. and M. Bazzalo (2004). "Home ranges and movement patterns of the marine tucuxi dolphin, *Sotalia fluviatilis*, in Baía Norte, Southern Brazil." Latin American Journal of Aquatic Mammals **3**(1).
- Gagliardini, D. and A. Rivas (2004). "Environmental characteristics of San Matías gulf obtained from LANDSAT-TM and ETM+ data." Gayana (Concepción) **68**: 186-193.
- Garaffo, G. V., S. L. Dans, et al. (2007). "Habitat use by dusky dolphin in patagonia: how predictable is their location?" Marine biology **152**(1): 165.
- Gregory, P. R. and A. A. Rowden (2001). "Behaviour patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) relative to tidal state, time-of-day, and boat traffic in Cardigan Bay, West Wales." Aquatic Mammals **27**(2): 105-113.
- Hall, A., B. McConnell, et al. (2006). "Individual-based model framework to assess population consequences of polychlorinated biphenyl exposure in bottlenose dolphins." Environmental Health Perspectives **114**(S-1): 60.
- Hanson, M. T. and R. Defran (1993). "The behavior and feeding ecology of the Pacific coast bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*." Aquatic Mammals **19**: 127-127.
- Hammond, P. S., G. Bearzi, et al. (2008) "*Tursiops truncatus*." IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4., www.iucnredlist.org.
- Heithaus, M. R. and L. M. Dill (2002). "Food availability and tiger shark predation risk influence bottlenose dolphin habitat use." Ecology **83**(2): 480-491.
- Houde, M., P. Hoekstra, et al. (2005). "Organohalogen contaminants in delphinoid cetaceans." Reviews of environmental contamination and toxicology: 1-57.
- Ingram, S. and E. Rogan (2002). "Identifying critical areas and habitat preferences of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*." Marine Ecology Progress Series **244**(29): 247-255.
- Irvine, A., M. Scott, et al. (1981). "Movements and activities of the Atlantic bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, near Sarasota, Florida." Fishery bulletin **79**(4): 671-688.
- Kie, J. G., J. Matthiopoulos, et al. (2010). "The home-range concept: are traditional estimators still relevant with modern telemetry technology?" Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences **365**(1550): 2221.
- Karczmarski, L., V. G. Cockcroft, et al. (2000). "Habitat use and preferences of indo pacific humpback dolphins *Sousa chinensis* in algoa bay, south africa." Marine Mammal Science **16**(1): 65-79.
- Lahvis, G. P. (1995). "Decreased lymphocyte responses in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) are associated with increased concentrations of PCBs and DDT in peripheral blood." Environmental health perspectives **103**(Suppl 4): 67.
- LeDuc, R., W. Perrin, et al. (1999). "Phylogenetic relationships among the delphinid cetaceans based on full cytochrome b sequences." Marine Mammal Science **15**(3): 619-648.
- Linder, R., T. Gaines, et al. (1974). "The effect of polychlorinated biphenyls on rat reproduction." Food and Cosmetics Toxicology **12**(1): 63-74, IN63, 75-77.
- Lusseau, D. (2005). "Residency pattern of bottlenose dolphins *Tursiops spp.* in Milford Sound, New Zealand, is related to boat traffic." Marine Ecology Progress Series **295**: 265-272.
- Lusseau, D. and J. Higham (2004). "Managing the impacts of dolphin-based tourism through the definition of critical habitats: the case of bottlenose dolphins (*Tursiops spp.*) in Doubtful Sound, New Zealand." Tourism Management **25**(6): 657-667.
- Macdonald, D. W. (1983). "The ecology of carnivore social behaviour." Nature **301**(5899): 379-384.

- Macleod, K., R. Fairbairns, *et al.* (2004). "Seasonal distribution of minke whales *Balaenoptera acutorostrata* in relation to physiography and prey off the Isle of Mull, Scotland." Marine Ecology Progress Series **277**(263): 74.
- Mann, J. (1999). "Behavioral sampling methods for cetaceans: a review and critique." Marine mammal science **15**(1): 102.
- Mattson, M., J. Thomas, *et al.* (2005). "Effects of boat activity on the behavior of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in waters surrounding Hilton Head Island, South Carolina." Aquatic Mammals **31**(1): 133-140.
- Miller, C. (2003). "Abundance trends and environmental habitat usage patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in lower Barataria and Caminada Bays, Louisiana." PhD, Louisiana State University.
- Möller, L., S. Allen, *et al.* (2002). "Group characteristics, site fidelity and seasonal abundance of bottlenosed dolphins (*Tursiops Aduncus*) in Jervis Bay and Port Stephens, South-eastern Australia." Australian Mammalogy **24**(1): 11-22.
- Norris, K. S. (1994). The Hawaiian spinner dolphin, Univ of California Pr.
- Parra, G. J. (2006). "Resource partitioning in sympatric delphinids: space use and habitat preferences of Australian snubfin and Indo Pacific humpback dolphins." Journal of Animal Ecology **75**(4): 862-874.
- Piacentino, G. L. M. and D. C. Luzzatto (2004). "*Hippocampus patagonicus* sp. nov., nuevo caballito de mar para la Argentina (Pisces, Syngnathiformes)." Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, NS **6**: 339–349.
- Pulcini, M., F. Triossi, *et al.* (2004). "Distribution, habitat use and behaviour of bottlenose dolphins at Lampedusa Island (Italy): results of five years of survey." European Research on Cetacean **15**: 453-456.
- Rayment, W., S. Dawson, *et al.* (2009). "Kernel density estimates of alongshore home range of Hector's dolphins at Banks Peninsula, New Zealand." Marine Mammal Science **25**(3): 537-556.
- Reeves, R. R. (2003). Dolphins, whales, and porpoises: 2002-2010 conservation action plan for the world's cetaceans, World Conservation Union.
- Richardson, W. J., C. R. Greene Jr, *et al.* (1998). Marine mammals and noise, Academic Pr.
- Rogers, C. A., B. J. Brunnick, *et al.* (2004). "The social structure of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the Bahamas." Marine mammal science **20**(4): 688-708.
- Sabatini, M. (2004). "Características ambientales, reproducción y alimentación de la merluza (*Merluccius hubbsi*) y la anchoíta (*Engraulis anchoita*) en su habitatreproductivo patagónico. Síntesis y perspectivas." Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero **16**: 5-25.
- Schwacke, L., E. Voit, *et al.* (2002). "Probabilistic risk assessment of reproductive effects of polychlorinated biphenyls on bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from the southeast United States coast." Environmental Toxicology and Chemistry **21**(12): 2752-2764.
- Shane, S. H. (1990a). "Behavior and ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel Island, Florida." The bottlenose dolphin: 245-265.
- Shane, S. (1990b). "Comparison of bottlenose dolphin behavior in Texas and Florida, with a critique of methods for studying dolphin behavior." The bottlenose dolphin: 541-558.
- SHN (2000). Derrotero Argentino, parte II: Costa del Atlántico. Armada de la Republica Argentina. Buenos Aires, Servicio de Hydrographia Naval.
- Sloan, P. (2006). "Residency patterns, seasonality and habitat use among bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in the Cape Romain National Wildlife Refuge." Master thesis, SC, University of North Carolina.

- Urian, K. W., S. Hofmann, *et al.* (2009). "Fine scale population structure of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Tampa Bay, Florida." Marine Mammal Science **25**(3): 619-638.
- Vázquez, N., M. Gil, *et al.* (2007). "Monitoring Heavy Metal Pollution in San Antonio Bay, Río Negro, Argentina." Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology **79**(2): 121-125.
- Vermeulen, E., A. Cammareri, *et al.* (2008). A photo-identification catalogue of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Northeast Patagonia, Argentina: A tool for the conservation of the species.
- Vermeulen, E., A. Cammareri, *et al.* (2009a). "First insight on behavioural response of southern right whales (*Eubalaena australis*) to anthropogenic approaches in the Natural Protected Area Bahía de San Antonio, Río Negro."
- Vermeulen, E. and A. Cammareri (2009b). "Residency Patterns, Abundance, and Social Composition of Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) in Bahía San Antonio, Patagonia, Argentina." Aquatic Mammals **35**(3): 378-385.
- Vermeulen, E. and A. Cammareri (2010). "Projecto Tonina- Preserving bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Northeast Patagonia". Marybio foundation.
- Vermeulen, E. and A. Cammareri (unpublished). "Seasonal variation in habitat use patterns of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Bahía San Antonio, Patagonia, Argentina." Marybio foundation.
- Wells, R. S., A. B. Irvine, *et al.* (1980). "The social ecology of inshore odontocetes." Cetacean behavior: Mechanisms and functions: 263-317.
- Wells, R., M. Scott, *et al.* (1987). "The social structure of free-ranging bottlenose dolphins." Current mammalogy **1**: 247-305.
- Wells, R. (1991). "The role of long-term study in understanding the social structure of a bottlenose dolphin community." Dolphin societies: discoveries and puzzles: 199-225.
- Wells, R. and M. Scott (1999). "Bottlenose dolphins." Handbook of marine mammals **6**: 137-182.
- Wells, R., V. Tornero, *et al.* (2005). "Integrating life-history and reproductive success data to examine potential relationships with organochlorine compounds for bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in Sarasota Bay, Florida." Science of the Total Environment **349**(1-3): 106-119.
- Wells, R. and M. Scott (2002). Common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), Encyclopedia of marine mammals, 1st ed. San Diego, CA: Elsevier, Inc. p.
- Williams, G., M. Sapoznik, *et al.* (2010). "Comparison of AVHRR and SeaWiFS imagery with fishing activity and in situ data in San Matías Gulf, Argentina." International Journal of Remote Sensing **31**(17): 4531-4542.
- Wilson, B., P. Thompson, *et al.* (1997). "Habitat use by bottlenose dolphins: seasonal distribution and stratified movement patterns in the Moray Firth, Scotland." Journal of Applied Ecology **34**(6): 1365-1374.
- Wilson, B., P. Hammond, *et al.* (1999). "Estimating size and assessing trends in a coastal bottlenose dolphin population." Ecological Applications **9**(1): 288-300.
- Wilson, B., R. J. Reid, *et al.* (2004). "Considering the temporal when managing the spatial: a population range expansion impacts protected areas based management for bottlenose dolphins." Animal Conservation **7**(4): 331-338.
- Wursig, B. (1978). "Occurrence and group organization of Atlantic bottlenose porpoises (*Tursiops truncatus*) in an Argentine bay." Biological Bulletin **154**(2): 348-359.
- Wursig, B. and M. Wursig (1979). "Behavior and ecology of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in the South Atlantic." Fichery bulletin **77**(2).

Yordy, J., R. Wells, *et al.* (2010). "Life history as a source of variation for persistent organic pollutant (POP) patterns in a community of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) resident to Sarasota Bay, FL." Science of The Total Environment **408**(9): 2163-2172.