Étude du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud afin d'apprécier les risques de dérangement et de collision pour la population de baleines à bosse de Nouvelle-Calédonie

HUGO BOURGOGNE, SOLENE DERVILLE, CLAIRE GARRIGUE

Rapport réalisé pour le

Opération Cétacés, B.P. 12827 98802 Nouméa, Nouvelle-Calédonie
Tél : 24 16 34, courriel : op.cetaces@lagoon.nc
www.operationcetaces.nc
Ridet : 476804 001

Référence à citer : « Bourgogne H, Derville S & Garrigue C (2018). Étude du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud afin d'apprécier les risques de collision et de dérangement pour la population de baleines à bosse de Nouvelle-Calédonie. Rapport non publié pour le CCCE. 35p + annexes »

SOMMAIRE

RESUME **6**

INTRODUCTION **7**

1. MATERIEL ET METHODE DE COLLECTE DES DONNEES **9**
1.1- Zone et période d'étude **9**
1.2 Protocole d'étude des baleines à bosse depuis la terre **9**
1.2.1 Détection et suivi des animaux 9
1.2.2 Techniques de localisation géographique des baleines à bosse 10
1.2.3 Données collectées à partir de la terre 11
1.2.4 Estimation de l'effort de recherche depuis la terre 11
1.3 Protocole d'étude des baleines à bosse depuis la mer **11**
1.3.1 Détection et suivi des animaux 11
1.3.2 Données collectées en mer 12
1.4 Protocole d'étude du trafic maritime **12**
1.4.1 Identification des usages maritimes 12
1.4.2 Données collectées pour l'étude du trafic maritime 13
1.5 Outils d'analyse **14**

2. CARACTERISATION SPATIO-TEMPORELLE DU TRAFIC MARITIME **15**
2.1 Distribution spatiale du trafic maritime **15**
2.2 Variabilité temporelle du trafic maritime **16**
2.2.1 Variabilité journalière et hebdomadaire du trafic maritime 16
2.2.2 Variabilité intra-saisonnière du trafic maritime 17
2.2.3 Variabilité inter-saisonnière du trafic maritime 18
2.3 Conclusions **20**

3. DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DES FEMELLES SUITEES **21**
3.1 Distribution temporelle des femelles suitées **21**
3.2 Distribution spatiale des femelles suitées **22**
3.3 Conclusions **23**

4. INTERACTIONS ENTRE FEMELLES SUITEES ET TRAFIC MARITIME **24**
4.1 Exposition des groupes de baleines à bosse au trafic maritime touristique et plaisancier **24**
4.1.1 Proportion des groupes de baleines à bosse observés 24
4.1.2 Nombre de bateaux en observation des groupes de baleines à bosse 25
4.1.3 Durée d'observation des groupes de baleines à bosse 26
4.1.4 Influence de la distance à la côte sur les interactions entre les groupes de baleines à bosse et le trafic maritime 27
4.2 Occupation de la zone côtière par les femelles suitées **29**
4.3 Risques de collisions entre les baleines à bosse et les navires dans le Grand Lagon Sud **30**
4.4 Conclusions **30**

5. SYNTHESE **32**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES **34**

ANNEXES **36**

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Zone d'étude dans le Grand Lagon Sud de la Nouvelle-Calédonie. La terre apparait en noir, les récifs émergés en gris clair et les isobathes tous les 200m sous forme de lignes grises..... 9
Figure 2 : Grille quadrillée de la zone d'étude du Grand Lagon Sud utilisée par l'équipe à terre pour localiser les groupes de baleines en surface. Chaque case a une taille de 1x1 mile nautique. 10
Figure 3 : Zones de plus fort trafic maritime (pointillés) et principale route de navigation commerciale (en rouge) identifiées dans le Grand Lagon Sud. La terre est représentée en noir et les récifs émergés en gris clair (d'après Derville *et al.*, 2017). 16
Figure 4 : Variabilité hebdomadaire des usages maritimes dans le Grand Lagon Sud entre 1997 et 2017. Les données collectées au cours du scan de 9h ont été utilisées comme estimateur du trafic maritime global, et les nombres de navires touristiques et commerciaux sont relevés sur l'ensemble de la journée. Les écart-types sont représentés sur le graphique. 17
Figure 5 : Variabilité intra-saisonnière des usages maritimes dans le Grand Lagon Sud entre 1997 et 2017. Les données collectées au cours du scan de 9h ont été utilisées pour estimer le trafic maritime global. Les nombres de navires touristiques et commerciaux sont relevés sur l'ensemble de la journée. Les écart-types sont représentés sur le graphique. 18
Figure 6 : Variabilité inter-saisonnière des usages maritimes dans le Grand Lagon Sud entre 1997 et 2017. Les données collectées au cours du scan de 9h ont été utilisées pour estimer le trafic maritime global. Les nombres de navires touristiques et commerciaux sont relevés sur l'ensemble de la journée. Les écart-types sont représentés sur le graphique. 19
Figure 7 : Influence de l'activité minière du port de Goro sur le trafic maritime commercial du Grand Lagon Sud de 1997 à 2017. 19
Figure 8 : Tendances saisonnière et annuelle estimées pour les femelles suitées du Grand Lagon Sud. À gauche: pic de fréquentation saisonnière estimé (selon le jour calendaire de l'année : le jour 181 correspondant au 1er juin). À droite: évolution globale de la fréquentation estimée des femelles suitées (en nombre de maman-petit observé par jour). La courbe noire correspond à la prédiction du modèle GAMM. L'erreur standard sur la prédiction est indiquée par un ruban gris de part à d'autre de la courbe prédite. 22
Figure 9 : Zones de chevauchement entre la route de navigation maritime et les zones d'utilisation préférentielles des groupes de baleines à bosse avec ou sans maman-petit dans le Grand Lagon Sud. 23
Figure 10 : Évolution de la proportion des groupes de baleines à bosse observés avec et sans maman-petit (MP). Les années 1999-2007 correspondent à la période d'étude antérieure à l'instauration de la charte d'observation des cétacés, en vigueur depuis 2008. Les écart-types sont représentés sur le graphique. 25
Figure 11 : Évolution du nombre moyen de bateaux suivant un groupe de baleines à bosse avec et sans maman-petit (MP). Les années 1999-2007 correspondent à la période d'étude antérieure à l'instauration de la charte d'observation des cétacés, en vigueur depuis 2008. Les écart-types sont représentés sur le graphique. 26
Figure 12 : Évolution des durées moyennes d'observation des groupes de baleines à bosse avec et sans maman-petit (MP). Les années 1999-2007 correspondent à la période d'étude antérieure à l'instauration de la charte d'observation des cétacés en vigueur depuis 2008. Les écart-types sont représentés sur le graphique. 27

Figure 13 : Influence de la distance à la côte sur les risques de dérangement des groupes de baleines à bosse par les bateaux touristiques et privés dans le Grand Lagon Sud entre 1999 et 2017, exprimés en % de groupes observés, nombre de bateaux en observation et durée de l'observation sur n = 1847 groupes étudiés.....28
Figure 14 : Fréquentation annuelle de la route commerciale par les groupes avec maman-petit, exprimée en pourcentage des groupes avec maman-petit observés dans le Grand Lagon Sud (n = 213 groupes). 29

LISTE DES TABLEAUX

Table 1 : Bilan des données disponibles pour l'analyse du risque de dérangement des groupes de baleines à bosse lié au trafic maritime dans le Grand Lagon Sud de 1995 à 2017. 0 = données inexistantes ; 1 = données partiellement incomplètes ; 2 = données disponibles et validées ; 3 = données extérieures à Opération Cétacés.....36
Table 2 : Bilan des données collectées par Opération Cétacés et disponibles pour l'étude du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud de 1997 à 2017. 0 = données inexistantes ; 1 = données partiellement complètes ; 2 = données disponibles et validées ; 3 = données extérieures à Opération Cétacés.....37

RESUME

Le suivi du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud a été réalisé durant les missions de recherche conduites par Opération Cétacés en hiver austral de 1995 à 2017, en parallèle du suivi de la population de baleines à bosse (*Megaptera novaeangliae*) venant se reproduire dans la région. La richesse de ce jeu de données, avec un total de 774 jours de recherche depuis le cap N'Doua, a permis de caractériser l'évolution des différents aspects du trafic maritime, en prenant en compte les usages privés, touristiques et commerciaux existants sur la zone d'étude. L'objectif principal de cette étude a été d'estimer, à travers l'utilisation d'indicateurs simples, le risque de dérangement et de collisions pour les femelles suitées, qui s'avère être le groupe social de baleines à bosse le plus exposé aux interactions avec les navires.

Le trafic maritime dans le Grand Lagon Sud est principalement côtier. Il a subi une forte augmentation entre 1995 et 2008 et semble s'être relativement stabilisé depuis. Cette tendance est nette pour les usages privés et touristiques, pour lesquels le trafic est maximal pendant les vacances scolaires d'août, alors même que la fréquentation des baleines à bosse dans le Grand Lagon Sud est à son pic (Derville *et al.,* 2017). Le trafic maritime commercial a également augmenté de l'ordre de 20% suite à la mise en service, en 2006, du port de Goro rattaché à l'activité minière. Ce trafic est essentiellement concentré le long de la route de navigation commerciale principale, identifiée à proximité des côtes entre le canal Woodin et la passe de la Havannah.

Les femelles accompagnées d'un baleineau, appelées femelles suitées, montrent une utilisation préférentielle des habitats côtiers qui les expose plus intensément au trafic maritime que les autres types de groupes sociaux, puisque 20% de leurs habitats préférentiels se situent sur la route maritime principale. Avec un pic de fréquentation situé entre la 1ère et 2ème semaine de septembre, elles sont retrouvées tardivement dans la saison de reproduction. Cette distribution spatio-temporelle de la fréquentation des femelles suitées dans le Grand Lagon Sud a permis d'identifier la zone et la période où le risque de dérangement et de collisions est le plus critique.

L'étude de l'exposition des groupes de baleines à bosse au trafic maritime depuis la fin des années 90 a permis de mieux appréhender les risques de dérangement et de collisions liés aux différents usages maritimes. Il apparaît que les groupes de femelles suitées, retrouvés plus proches des côtes, sont globalement plus exposés aux interactions avec les navires. En effet, 81% de ces groupes étaient observés par des bateaux privés et touristiques contre 60% pour les autres types de groupes sociaux. De plus, il semble que les groupes comprenant des baleineaux ou des juvéniles sont également plus vulnérables aux risques de collisions de par leur proximité aux zones de trafic intense et leurs capacités de déplacements et de fuite limités. Il est important de souligner que l'instauration de la charte d'observation des cétacés en 2008 a permis de limiter significativement les interactions des navires touristiques et privés avec les femelles suitées en diminuant de 50% les durées d'observation et d'environ 15% la proportion de groupes observés contenant un baleineau. Enfin les limites de vitesses d'approche et de distance lors du suivi sont des mesures importantes pour limiter les risques de collisions (Currie *et al.,* 2017).

INTRODUCTION

Contexte de l'étude

L'inscription du Grand Lagon Sud au Patrimoine Mondial de l'Humanité par l'UNESCO témoigne de son intérêt écologique. Il est notamment considéré comme une zone de reproduction majeure pour une espèce emblématique, la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*), dont la population de Nouvelle-Calédonie est classée en danger par l'UICN (Childerhouse *et al.,* 2008). Dans cette région, les baleines à bosse utilisent préférentiellement les eaux d'environ 80 m de profondeur, proches de la côte mais ouvertes à la circulation océanique (Derville *et al*., 2017). Or à cette échelle, les interactions sociales ont un effet sur la distribution des baleines à bosse. Il a récemment été démontré que les femelles accompagnées d'un baleineau, aussi appelées femelles suitées, fréquentaient davantage les zones peu profondes et proches de la côte (Derville *et al*., 2018), qui correspondent aux zones où le trafic maritime est le plus intense. Ce comportement de ségrégation sociale a pour conséquence de les exposer à un dérangement et potentiellement à un risque accru de collisions occasionnées par le trafic maritime (Lammers *et al.,* 2007).

Les premières analyses indiquent que le trafic maritime dans le Grand Lagon Sud est en augmentation, aussi bien pour les activités commerciales associées au projet minier mené par l'entreprise Vale NC, que par les usages touristiques et de plaisance (Schaffar *et al*., 2010 ; Schaffar *et al*., 2013).Jusqu'à présent, l'augmentation globale du trafic maritime ne semble pas avoir provoqué de déplacements des femelles suitées (Derville *et al*., 2017). Cependant, ces observations impliquent une augmentation de l'exposition et du risque de collisions dans les années à venir si la population de baleines à bosse continue à s'accroître (Orgeret *et al.,* 2014) et que les femelles avec baleineau continuent à utiliser préférentiellement la zone côtière, et notamment la baie du Prony ainsi que les abords du cap N'Doua.

Objectifs de l'étude

Cette étude porte sur l'évolution du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud afin d'estimer, à travers des indicateurs simples, le risque de dérangement pour la population de baleines à bosse de Nouvelle-Calédonie. Un focus particulier est accordé aux femelles suitées, c'est-à-dire accompagnées de leur baleineau, qui s'avère être le groupe social le plus exposé.

À travers la valorisation d'un jeu de données collecté depuis plus de vingt ans, cette étude tentera de répondre aux principales questions énoncées ci-dessous :

1. **À l'échelle d'une saison ou de plusieurs années, où et quand le trafic maritime est-il plus important dans le Grand Lagon Sud ?**

Cette question consistera à caractériser la variabilité spatio-temporelle du trafic maritime :

- Quelle est la distribution spatiale du trafic maritime dans la zone d'étude du Grand Lagon Sud, et est-il possible d'identifier des routes de navigation majeures ?

- Comment le trafic maritime global, touristique et commercial a-t-il évolué au cours des 20 dernières années ?
- Quelle est la date moyenne du pic d'influence du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud pendant la période de présence des baleines à bosse ? Est-elle la même en fonction de la nature des activités ?

2. Dans quelle zone et à quelle période de la saison de présence des baleines à bosse le risque de dérangement est-il le plus important ?

Cette question consistera à identifier la zone et la fenêtre temporelle où le risque de dérangement et de collision est maximal pour les femelles suitées :

- À quelle période de la saison les groupes de baleines à bosse avec baleineau sont-ils les plus nombreux dans le Grand Lagon Sud ?
- À quel endroit les groupes avec baleineau sont-ils les plus nombreux dans le Grand Lagon Sud ?

3. Les risques de dérangement et de collision des femelles suitées ont-t-ils augmenté ces dernières années et vont-t-ils augmenter dans les années futures ?

Cette question consistera à évaluer le risque de dérangement et de collision des femelles suitées engendré par leurs interactions avec le trafic maritime :

- Les femelles suitées sont-elles plus exposées que les autres groupes aux activités maritimes ?
- La répartition des femelles accompagnées d'un baleineau dans la zone d'influence maritime a-t-elle évoluée en réponse à l'augmentation du trafic ?

Structure du rapport

Les méthodes exactes d'analyse sont détaillées dans chaque section. La première partie de ce rapport est relative aux méthodes de collecte des données. La zone d'intérêt, les différents protocoles d'étude et les données concernant le trafic maritime y sont décrits. Les résultats relatifs aux différents objectifs sont traités et discutés séparément. Chaque section est close par un paragraphe faisant état de bilan. Les conclusions en lien avec chaque objectif du projet d'étude sont rappelées brièvement en fin de rapport.

1. MATERIEL ET METHODE DE COLLECTE DES DONNEES

1.1- Zone et période d'étude

Cette étude se focalise sur la population de baleines à bosse fréquentant le Grand Lagon Sud de la Nouvelle-Calédonie durant l'hiver austral. La zone d'étude a été délimitée entre 166,4° et 167,6° E de longitude et entre 23,3° et 22,18° S de latitude (Figure 1). Le travail de récolte de données sur le terrain a été conduit entre juillet et septembre presque chaque année, de 1995 à 2017.

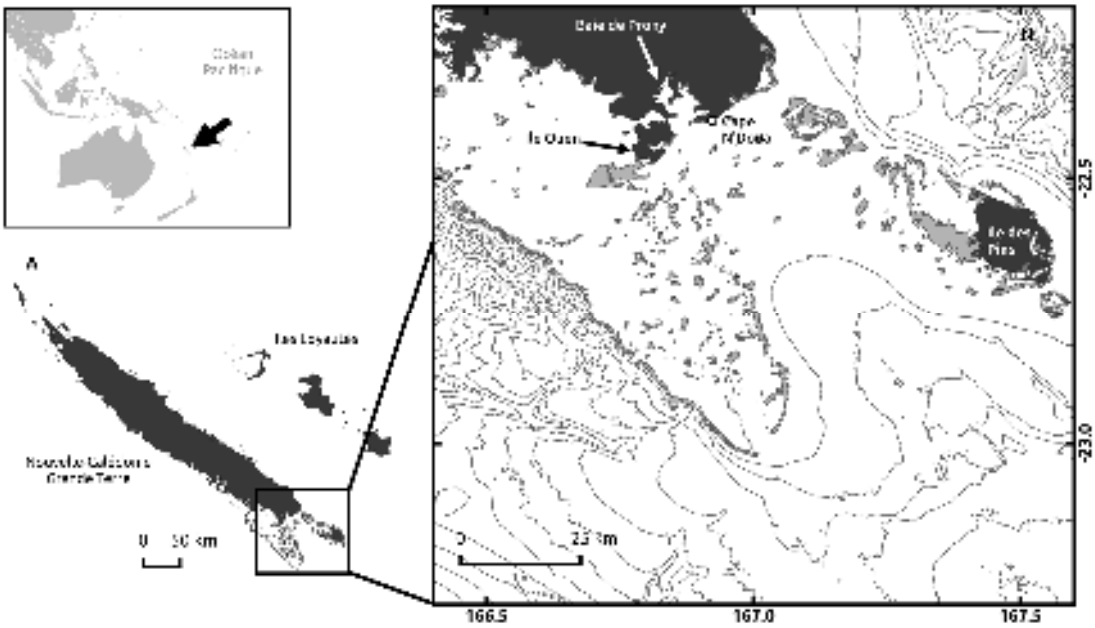

Figure 1 : Zone d'étude dans le Grand Lagon Sud de la Nouvelle-Calédonie. La terre apparait en noir, les récifs émergés en gris clair et les isobathes tous les 200m sous forme de lignes grises.

1.2 Protocole d'étude des baleines à bosse depuis la terre

1.2.1 Détection et suivi des animaux

La station d'observation terrestre se situe à proximité du phare du cap N'Doua, dans la province Sud sur la commune du Mont Dore. Elle culmine à 189 mètres d'altitude et offre un point de vue pour l'observation à 180° de la principale zone d'occupation des baleines à bosse dans le Grand Lagon Sud. Seules les eaux situées directement au pied du cap N'Doua, celles longeant la côte à proximité directe de Bonne Anse et de la baie Nord, la grande rade de la baie du Prony, la baie Tranquille, le port de Goro et les eaux situées au-delà du canal de la Havannah et du Canal Woodin sont masquées. L'équipe à terre est constituée d'observateurs équipés de jumelles et d'une radio VHF leur permettant de communiquer en permanence avec l'équipe de recherche embarquée en mer. Lorsqu'un

groupe de baleines est détecté, la position est immédiatement communiquée à l'équipe en mer.

1.2.2 Techniques de localisation géographique des baleines à bosse

Trois techniques ont été utilisées entre 1995 et 2017 pour localiser les groupes de baleines détectés depuis le poste d'observation du cap N'Doua.

Durant les premières années de suivi, le positionnement des groupes observés se faisait principalement sur la base de **descriptions textuelles** en référence aux différents points de repères identifiables sur la zone (exemple : au nord du récif gué). La position géographique exprimée en latitude-longitude a été établie *a posteriori* en utilisant les ressources du site internet www.georep.nc.

Entre 2005 et 2012, les positions des groupes ont été enregistrées à l'aide d'un **théodolite**. Relié au système d'exploitation informatique Cyclopes (Kniest & Paton, 2001), cet instrument de géomètre permet de déterminer la position exacte (latitude-longitude) d'un objet, ici une baleine ou un bateau, par principe de triangulation.

Depuis 2013 et jusqu'à la dernière campagne de 2017, une **grille quadrillée** de la zone d'étude a été utilisée (Figure 2) afin d'estimer la position de baleines dans des cases de 1x1 mile nautique. Les coordonnées latitude-longitude reportées correspondent au point central de la case dans laquelle la position des groupes de baleines observées a été estimée. Bien que moins précise que le théodolite, cette méthode est bien plus simple à mettre en place et nécessite moins de personnel pour être utilisée. La précision des estimations a été vérifiée par l'équipe embarquée.

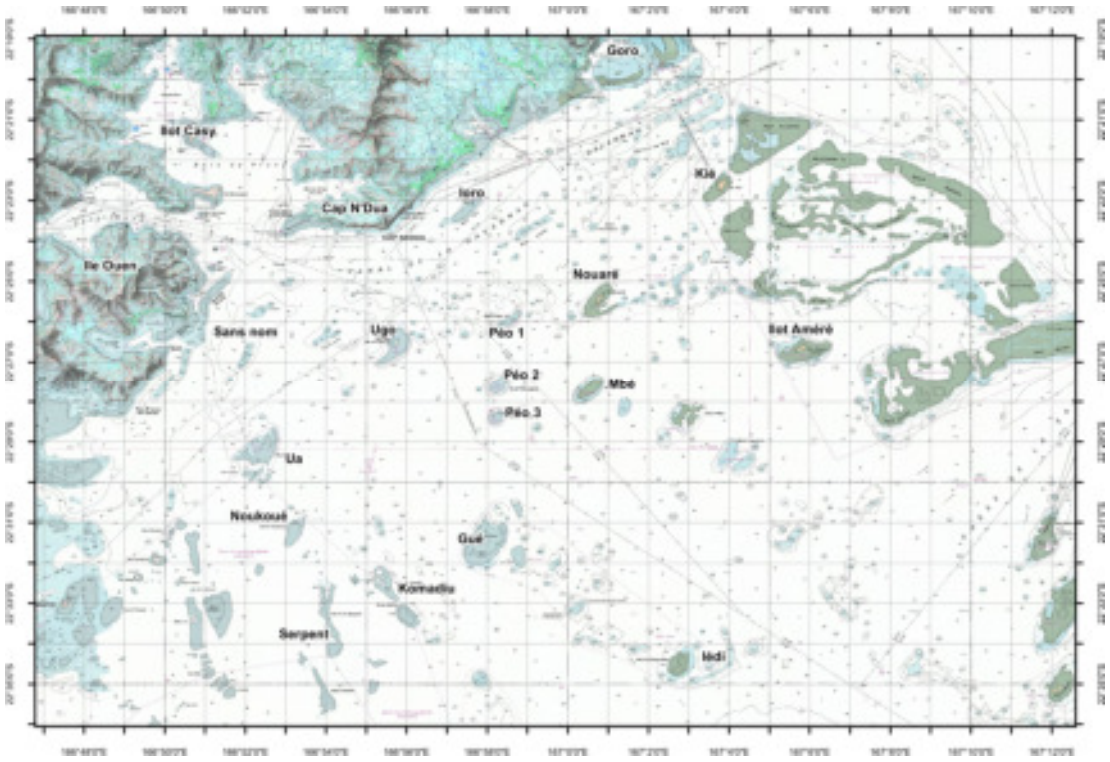

Figure 2 : Grille quadrillée de la zone d'étude du Grand Lagon Sud utilisée par l'équipe à terre pour localiser les groupes de baleines en surface. Chaque case a une taille de 1x1 mile nautique.

1.2.3 Données collectées à partir de la terre

Pour chaque groupe de baleines à bosse détecté depuis le poste d'observation du cap N'Doua, les informations suivantes ont été relevées à l'aide d'un dictaphone puis numérisées *a posteriori* :

- La date ;
- L'heure de détection du groupe ;
- Un code d'identification du groupe à la journée ;
- L'origine de la détection : équipe à terre, en mer ou information extérieure ;
- Le comportement qui a permis la détection (exemple : un souffle) ;
- Le type de groupe social : solitaire, paire, maman-petit, maman-petit + escorte, maman-petit + groupe compétiteur ou groupe (plus de 2 individus sans femelles suitées) ;
- Les coordonnées géographiques de la position lors de la détection (*cf.* paragraphe 1.2.2) ;
- Le risque de doublon ou pas du groupe observé ;
- L'étude ou pas du groupe observé par l'équipe en mer.
- Le nombre de bateaux qui a observé le groupe pendant la journée ;
- La durée totale d'observation du groupe par les bateaux pendant la journée ;
- La distance du groupe de baleines à la côte la plus proche (traitement ultérieur).

Les femelles suitées peuvent être seules, on parlera alors de groupe maman-petit (MP) elles peuvent également être accompagnée d'une escorte (MP + escorte) ou se trouver au sein d'un groupe compétiteur (MP + groupe compétiteur). L'escorte est généralement un mâle adulte ; le groupe compétiteur est composé d'un certain nombre de mâles adultes qui s'affrontent en période de reproduction.

Les observations réalisées depuis la terre sont parfois rendues difficiles par une météo défavorable ou une trop grande distance du groupe de baleines observé au cap N'Doua. Certaines informations relevées sont alors de moindre qualité ou inexistantes si les conditions ne permettent pas la prise d'information. Ce biais sera pris en compte dans la suite des analyses et la discussion des résultats. Au total, ce sont 2393 groupes de baleines qui ont été étudiés par les équipes de recherche basées à terre entre 1995 et 2017 (Annexe 1).

1.2.4 Estimation de l'effort de recherche depuis la terre

Pour chaque jour de suivi à terre, le nombre d'observateurs, l'heure de début et de fin des observations à partir du cap N'Doua ont été relevés, ce qui permet par la suite de calculer la durée journalière de l'effort de recherche depuis la terre.

1.3 Protocole d'étude des baleines à bosse depuis la mer

1.3.1 Détection et suivi des animaux

L'équipe en mer effectue ses activités de recherches depuis une embarcation semi-rigide de 6m. Trois à cinq observateurs formés sont embarqués et observent le plan d'eau sur 360° à l'œil nu. Le travail de recherche ne s'effectue que dans des conditions de mer inférieures ou égales à 3 sur l'échelle de Beaufort (Beaufort Sea State), ce qui correspond à la présence de quelques "moutons" d'écume en surface et des vents pouvant atteindre 10 à 15 nœuds. L'équipe embarquée est en contact permanent avec l'équipe à

terre grâce à une radio VHF à bord, et peut ainsi être informé de la position d'un groupe de baleines repéré depuis la terre.

Lorsqu'un groupe de baleines est rencontré, l'embarcation s'approche et se déplace parallèlement à celui-ci afin de réaliser un premier suivi focal. Pour plus de détails sur les méthodes d'échantillonnage en mer, consulter Garrigue *et al.*, (2001).

1.3.2 Données collectées en mer

À chaque rencontre avec un groupe de baleines à bosse, les informations suivantes sont relevées à l'aide d'un dictaphone puis numérisées par la suite :

- La date ;
- L'heure de début et de fin de suivi ;
- Un code d'identification unique du groupe ;
- L'origine de la détection : terre, mer ou informations extérieures ;
- Les coordonnées géographiques des points de début et de fin de suivi (lecture sur un GPS, exprimées en degrés et minutes décimales en WGS84) ;
- Le type de groupe social : solitaire, paire, maman-petit, maman-petit + escorte, maman-petit + groupe compétiteur ou groupe de plus de 2 individus, pour lesquels le nombre de d'individus est relevé ;
- La composition du groupe (nombre et taille des individus).
- La distance du groupe de baleines à la côte la plus proche (traitement ultérieur)

La taille de l'animal est classée en trois catégories: adulte, juvénile ou baleineau. Chez les baleines à bosse, un baleineau se définit comme un animal mesurant au maximum un tiers de la taille de sa mère et qui est toujours à proximité voire en contact physique avec celle-ci. Le juvénile est un individu qui n'a pas atteint la taille de maturité sexuelle. Au total, ce sont 2093 groupes de baleines qui ont été étudiés par l'équipe de recherche en mer entre 1995 et 2017.

1.4 Protocole d'étude du trafic maritime

1.4.1 Identification des usages maritimes

Dans le but de caractériser le trafic maritime de la zone d'étude du Grand Lagon Sud utilisée par les baleines à bosse, des relevés journaliers ont été effectués par les équipes en observation au cap N'Doua (*cf.* Annexe 2). À chaque sortie, sont systématiquement relevés :

- Le nombre de navires commerciaux ;
- Le nombre de navires touristiques ;
- Des « scans bateaux » qui correspondent à des comptages de la totalité des bateaux présents sur la zone visible trois fois dans la journée, permettant d'estimer le trafic maritime dans sa globalité, en incluant les bateaux privés de plaisance.

Les données issues du trafic maritime commercial transitant par le port de Goro de 2006 à 2017 ont été fournies par le Comité Consultatif Coutumier Environnemental CCCE (*cf.* Annexe 2).

La catégorie des **navires commerciaux** regroupe les navires industriels, les bateaux de transport de passagers, de pêche professionnelle, les bâtiments militaires et de recherche.

Ce sont des embarcations de grande taille, propulsées par des moteurs puissants. Les embarcations des services des phares et balises n'ont pas été comptabilisées puisqu'elles peuvent rester immobilisées sur zone pendant plusieurs jours lors de leurs interventions, non plus que les barges tractées non motorisées. Ces données ont été collectées de 1997 à 2017.

L'évolution du trafic de navires associé à l'activité portuaire du projet minier de Vale NC a fait l'objet d'une attention particulière. Les données des entrées et sorties des navires du port de Goro de 2006 à 2017 ont été utilisées dans cette étude, permettant ainsi de mieux appréhender l'influence de l'exploitation minière dans l'évolution du trafic maritime.

La catégorie des **navires touristiques** comprend tout type d'embarcation identifiée comme opérateur touristique proposant des sorties en mer dans le but spécifique d'observer les baleines à bosse (en activité de whale-watching). Sont pris en compte les navires au départ de la baie du Prony, de Nouméa, ou simplement en transit à travers la zone d'étude dans le cadre de croisières. Ces données ont été collectées de 1999 à 2017.

Afin d'estimer les fluctuations du **trafic maritime dans sa globalité**, incluant les navires commerciaux, touristiques mais également les bateaux de plaisance, des relevés journaliers de tous les bateaux présents sur la zone ont été effectués depuis le cap N'Doua à 9h, 11h et 13h par l'équipe d'Opération Cétacés. Ces "scans bateaux" permettent d'apprécier les fluctuations du trafic maritime au cours de la journée, à l'échelle de la saison ou d'une année à l'autre.

En cas de conditions météorologiques défavorables et/ou de visibilité réduite de la zone, le scan bateau n'a pas été effectué afin de ne pas biaiser les données collectées. Les positions des bateaux ont également été enregistrées en utilisant la grille quadrillée de la zone d'étude (Figure 2) ou le théodolite. Ces relevés s'étendent de 1997 à 2017.

1.4.2 Données collectées pour l'étude du trafic maritime

Pour chaque journée d'étude réalisée par l'équipe de recherche à partir du cap N'Doua et dans le but d'apprécier l'évolution du trafic maritime, les informations suivantes ont été relevées à l'aide d'un dictaphone puis numérisées par la suite :

- La date ;
- Le jour de la semaine (jour de semaine vs jour de week-end) ;
- Le nombre de bateaux comptabilisés lors des scans de 9h, 11h et 13h ;
- Le nombre de bateaux touristiques en activité de whale-watching ;
- Le nombre de bateaux commerciaux ayant traversé la zone d'étude ;
- Le nombre de bateaux entrant/sortant du port de Goro.

Afin d'estimer le dérangement que pourrait potentiellement occasionner le trafic maritime sur les baleines, plusieurs indicateurs ont été utilisés pour chaque groupe de baleines observé :

- Le groupe de baleines a-t-il été observé et suivi par des bateaux touristiques ou de plaisance dans la journée ?
- Si oui, combien de bateaux ont suivi le groupe de baleines au cours de la journée ?
- À quelle distance de la côte le groupe de baleines se trouvait-il lorsqu'il a été approché pour la première fois au cours de la journée ?
- Quelle a été la durée d'observation cumulée, du groupe de baleines par des bateaux au cours de la journée ?

Au total, le suivi du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud a été réalisé sur 774 jours entre 1997 et 2017.

1.5 Outils d'analyse

Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide de logiciels libre d'accès : le logiciel QGIS pour la cartographie (version 2.18.13, QGIS Development Team, 2016) et le logiciel R (version 3.3.2, R Core Team, 2016) pour le traitement des données et la modélisation statistique.

Les tests statistiques réalisés utilisent une probabilité "valeur-p" afin d'estimer la certitude avec laquelle une hypothèse est satisfaite. Pour la réalisation de cette étude, les seuils de significativité classique ont été utilisés :

- valeur-p > 0,05 = non significatif
- valeur-p < 0,05 = faible présomption *
- valeur-p < 0,01 = forte présomption **
- valeur-p < 0,001 = très forte présomption ***

2. CARACTERISATION SPATIO-TEMPORELLE DU TRAFIC MARITIME

Rappel des objectifs : Quelle est la distribution spatiale du trafic maritime dans la zone d'étude du Grand Lagon Sud, et est-il possible d'identifier des routes de navigation majeures ?

Comment le trafic maritime global, touristique et commercial a-t-il évolué au cours des 20 dernières années ?

Quelle est la date moyenne du pic d'influence du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud en période de présence des baleines à bosse ? Est-elle la même en fonction de la nature des activités ?

2.1 Distribution spatiale du trafic maritime

L'étude de la distribution spatiale du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud est issue des travaux présentés dans le précédent rapport délivré au CCCE, consultables à la référence Derville *et al*., 2017.

Les principales routes maritimes ont été mises en évidence à partir des données « Automatic Identification System » (AIS) des vaisseaux naviguant dans la zone d'étude. Ces données sont issues des cartes interactives consultables sur le site internet www.marinetraffic.com. Ce système de détection et de suivi satellitaire est embarqué en particulier sur les navires commerciaux tels que les bateaux de transport de passagers ou les navires industriels (minéralier, porte conteneur, *etc.*).

Des polygones ont été tracés autour des zones de trafic majeur où la densité de trajets cumulés jusqu'en 2015 était la plus élevée (Figure 3). Ces zones de trafic majeur ont par la suite été délimitées de façon à identifier les routes de navigation commerciale traversant la zone d'étude. Une route principale s'étend entre le Canal Woodin et la passe de la Havannah et une route secondaire se dirige vers l'île des Pins.

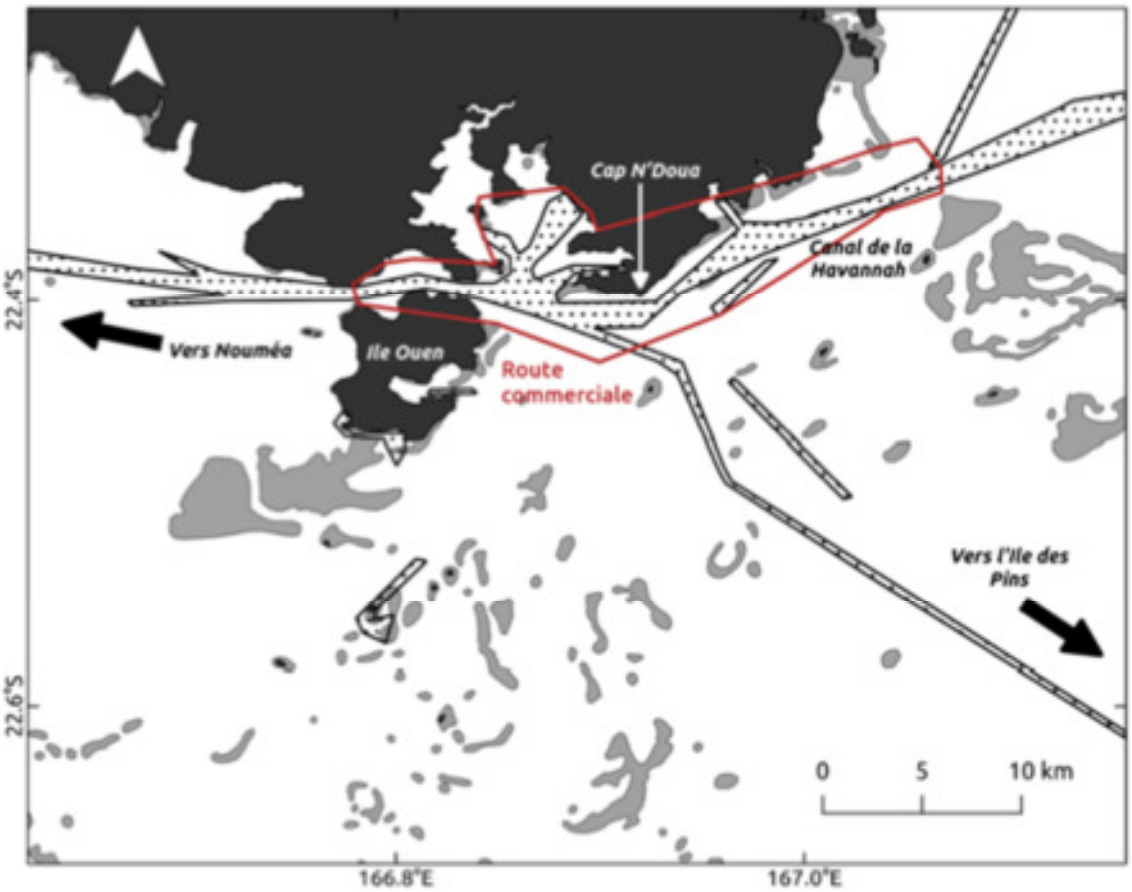

Figure 3 : Zones de plus fort trafic maritime (pointillés) et principale route de navigation commerciale (en rouge) identifiées dans le Grand Lagon Sud. La terre est représentée en noir et les récifs émergés en gris clair (d'après Derville *et al.*, 2017).

2.2 Variabilité temporelle du trafic maritime

Cette partie aura pour objectif de caractériser la variabilité temporelle des différents usages maritimes relevés dans la zone d'étude du Grand Lagon Sud entre 1997 et 2017 pour le trafic global et commercial, et de 1999 à 2017 pour les navires touristiques.

2.2.1 Variabilité journalière et hebdomadaire du trafic maritime

Le suivi des bateaux réalisé quotidiennement par l'équipe à terre a permis d'étudier la variabilité journalière et hebdomadaire du trafic maritime, présenté dans la Figure 4. En moyenne et sur l'ensemble de la période d'étude, 11,9 bateaux sont recensés lors du scan de 9h (estimateur du trafic maritime global), et 5,7 navires touristiques ainsi que 1,3 navires commerciaux sont enregistrés au cours d'une journée de suivi.

La comparaison du nombre moyen de navires recensés pour chaque usage, en semaine et au cours des week-ends sur l'ensemble de la période d'étude, a permis de souligner plusieurs points :

- **Le trafic maritime global est stable au cours de la journée** : Le nombre de bateaux comptabilisés n'est pas significativement différent entre les scans de 9h,

11h et 13h (test ANOVA, df = 2, p-val > 0,05). Par conséquent, les données issues des scans de 9h ont été utilisées comme estimateur du trafic maritime global pour la suite de cette étude.

- **Une augmentation significative du trafic maritime global et de la fréquentation touristique est observée dans la zone d'étude lors des week-ends** : le nombre de bateaux comptabilisés au scan de 9h ainsi que le nombre de navires touristiques sont plus élevés en week-end qu'en semaine (test Kruskal-Wallis, respectivement df = 1, p-val < 0,001 *** et df = 1, p-val < 0,001 ***), témoignant d'une hausse du trafic durant les temps libre du grand public.
- **Une diminution légère mais significative du nombre de navires commerciaux dans la zone lors des week-ends** : le nombre de navires commerciaux est très légèrement inférieur lors des week-ends, traduisant une activité professionnelle plus soutenue en semaine (test Kruskal-Wallis, df = 1, p-val < 0,05 *).

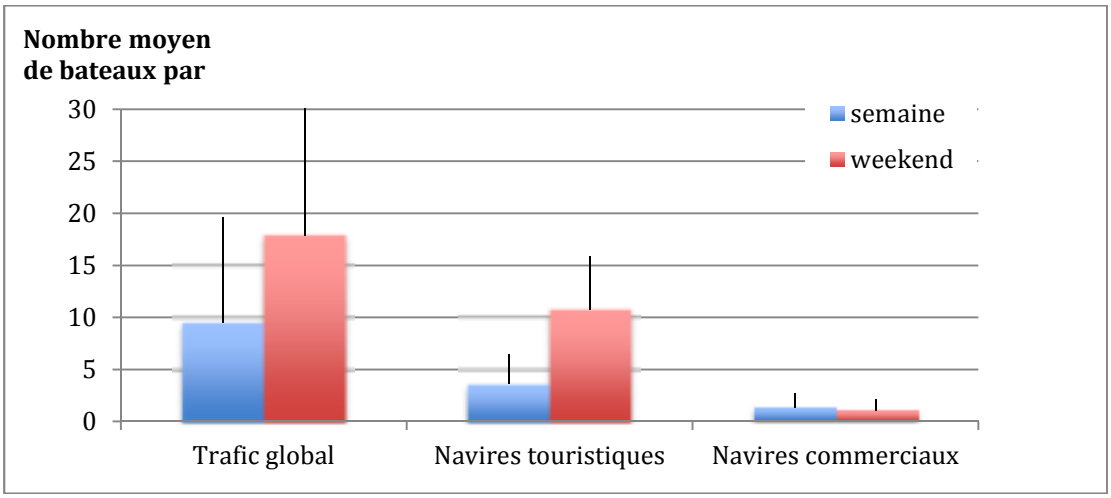

Figure 4 : Variabilité hebdomadaire des usages maritimes dans le Grand Lagon Sud entre 1997 et 2017. Les données collectées au cours du scan de 9h ont été utilisées comme estimateur du trafic maritime global, et les nombres de navires touristiques et commerciaux sont relevés sur l'ensemble de la journée. Les écart-types sont représentés sur le graphique.

2.2.2 Variabilité intra-saisonnière du trafic maritime

L'étude de la variabilité intra-saisonnière du trafic maritime, présentée sur la Figure 5, permet d'identifier les tendances évolutives des différents usages au cours de la saison de reproduction des baleines à bosse depuis 1997 jusqu'à 2017. Elle a été réalisée en comparant le nombre moyen de navires recensés pour chaque usage en fonction des semaines calendaires sur l'ensemble de la période d'étude. Il est possible de distinguer :

- **Un changement significatif du trafic maritime global et touristique au cours de la saison**: le nombre global de navires et le nombre de navires touristiques comptabilisés par semaine évoluent au cours de la période de présence des baleines à bosse (respectivement test ANOVA + Tukey post-hoc, df = 9, p-val < 0,001 *** et test Kruskal-Wallis + Dunn's post-hoc, df = 9, p-val < 0,001 ***).
- **Une intensification du trafic maritime global et touristique mi-août** : la fréquentation du Grand Lagon Sud par les plaisanciers et les opérateurs touristiques est significativement plus forte entre les semaines 33 et 34, correspondant aux 3 et 4èmes semaines d'août.

- **Une stabilité du trafic des navires commerciaux durant la saison** : la fréquentation commerciale ne varie pas significativement au cours de la saison (test Kruskal-Wallis, df = 8, p-val > 0,05), illustrant la régularité de l'activité commerciale dans la zone.

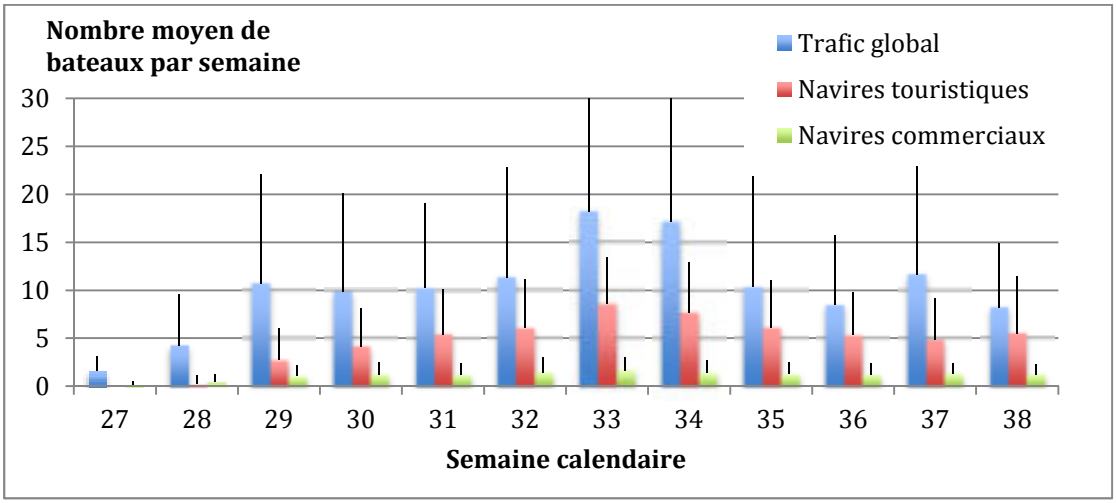

Figure 5 : Variabilité intra-saisonnière des usages maritimes dans le Grand Lagon Sud entre 1997 et 2017. Les données collectées au cours du scan de 9h ont été utilisées pour estimer le trafic maritime global. Les nombres de navires touristiques et commerciaux sont relevés sur l'ensemble de la journée. Les écart-types sont représentés sur le graphique.

2.2.3 Variabilité inter-saisonnière du trafic maritime

La variabilité des différents usages maritimes entre 1997 et 2017, illustrée dans la Figure 6, a été étudiée en comparant le nombre moyen de navires recensés pour chaque usage lors d'une saison complète. Elle permet de caractériser :

- **Une augmentation du trafic maritime global et touristique au cours des vingt dernières années:** une augmentation significative du nombre de navires global et touristiques dans la zone est identifiée au cours de la période étudiée (respectivement test ANOVA + Tukey post-hoc, df = 17, p-val < 0,001 *** et test Kruskal-Wallis + Dunn's post-hoc, df = 16, p-val < 0,001 ***). Une nette augmentation du trafic maritime global et de la fréquentation touristique est observée entre 2003 et 2008, pour évoluer par la suite en un plateau relativement constant, traduisant une stabilisation de la fréquentation maritime. Par exemple, en 2017, 340 observations de navires touristiques ont été enregistrées sur l'ensemble de la saison, soit en moyenne 8,9 (± 5,6) navires touristiques par jour.
- **Une augmentation du trafic maritime commercial corrélée à l'activité minière**: une augmentation significative (test Kruskal-Wallis + Dunn's post-hoc, df = 16, p-val < 0,001 ***) du nombre de navires commerciaux dans le Grand Lagon Sud est également observée à partir de 2006, correspondant à la mise en service du port de Goro. Les données du trafic maritime transitant par le port de Goro permettent de confirmer l'influence du projet minier dans l'augmentation du trafic commercial global (Figure 7). Par exemple, en 2017, 70 navires commerciaux ont été enregistrés sur l'ensemble de la saison, soit en moyenne 1,8 (± 1,7) navires commerciaux par jour.

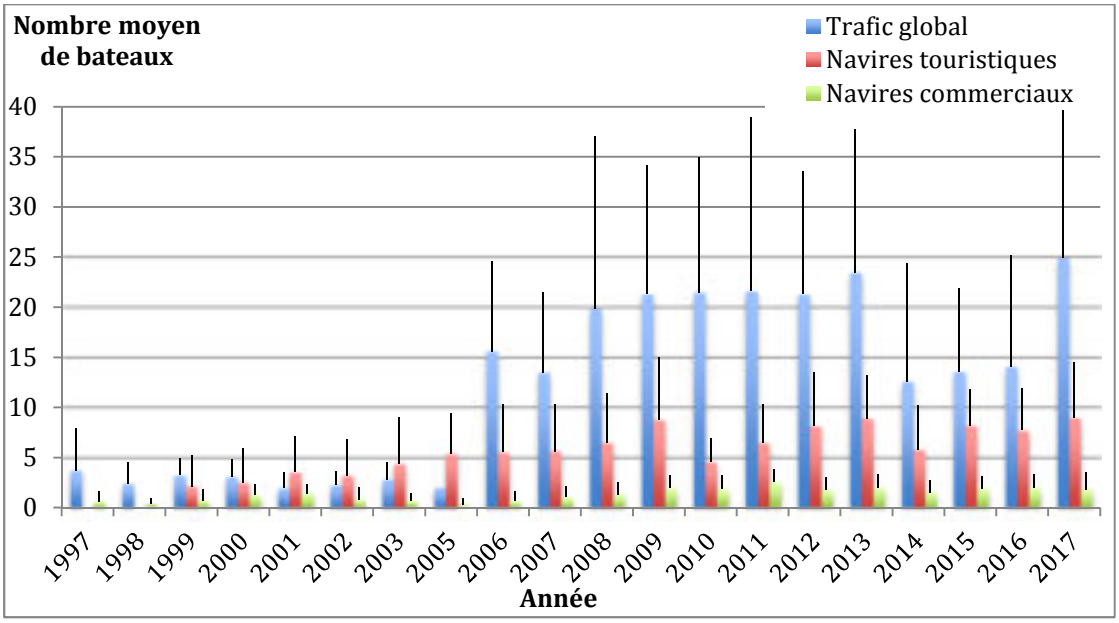

Figure 6 : Variabilité inter-saisonnière des usages maritimes dans le Grand Lagon Sud entre 1997 et 2017. Les données collectées au cours du scan de 9h ont été utilisées pour estimer le trafic maritime global. Les nombres de navires touristiques et commerciaux sont relevés sur l'ensemble de la journée. Les écart-types sont représentés sur le graphique.

La baisse du trafic maritime global observée entre 2014 et 2016 est probablement induite par une modification des protocoles de comptage des navires sur le lagon lors des scans effectués depuis le poste d'observation. En effet, les zones les plus éloignées, incluant notamment les mouillages des îlots Mato et petit Mato, zones de fortes concentrations de navires privés, n'ont pas été prises en compte au cours de ces trois années. Ce biais d'observation a été corrigé en 2017 et l'on constate que le trafic global pour cette saison s'aligne à la suite de la tendance de 2013 (Figure 6).

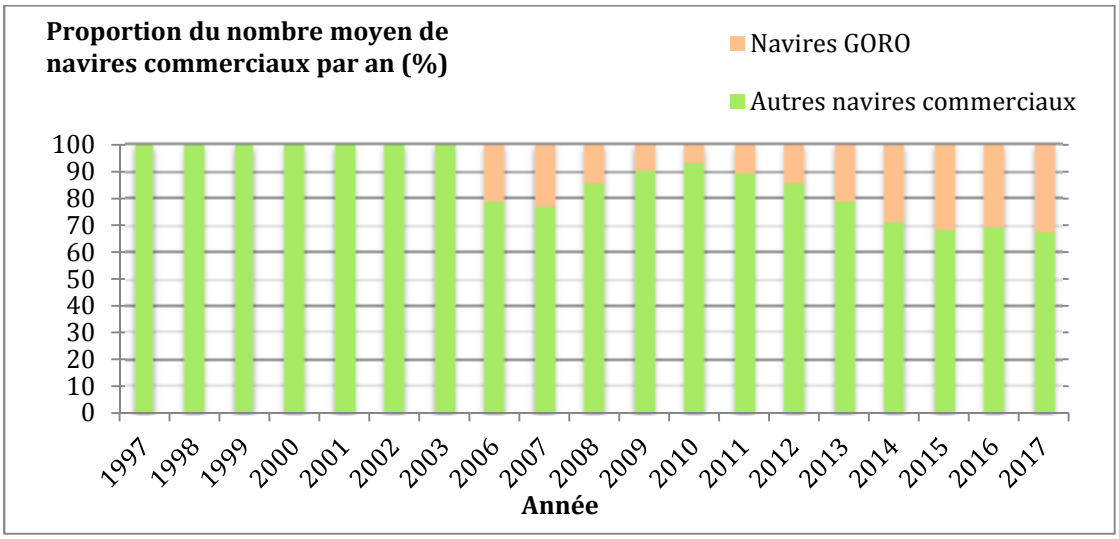

Figure 7 : Influence de l'activité minière du port de Goro sur le trafic maritime commercial du Grand Lagon Sud de 1997 à 2017.

2.3 Conclusions

Le suivi de la présence des navires en saison hivernale a permis d'étudier le trafic maritime et son évolution dans le Grand Lagon Sud au cours des vingt dernières années.

Le trafic maritime, principalement côtier, a subi une nette augmentation entre 1997 et 2008, majoritairement due à une intensification de la plaisance et des usages touristiques (Schaffar *et al.*, 2009). Une tendance à la stabilisation semble toutefois être observée depuis 2009 ; elle pourrait résulter de l'organisation de l'association Calédonie Charter qui vise à limiter le nombre de navires touristiques sur la zone.

Le trafic commercial a également subi une augmentation d'environ 20% dans la zone d'étude à partir de 2006. Cette augmentation fait suite à la création du port de Goro où arrivent les navires commerciaux impliqués dans les activités du complexe industriel Vale NC. Cette activité apparaît cependant relativement stable depuis la mise en service du port de Goro, ne laissant pas présager de forte hausse du trafic dans les prochaines années.

Alors que le trafic commercial reste très constant au cours de la saison de présence des baleines à bosse, les activités de plaisance et le trafic touristique fluctuent fortement, atteignant des pics d'influence lors des week-ends et au cours des 3 et 4 èmes semaines d'août. Cette augmentation semble être corrélée à la période de fréquentation maximale des baleines à bosse dans le Grand Lagon Sud (Derville *et al.*, 2017), et depuis quelques années aux vacances scolaires du mois d'août.

À titre indicatif, lors du pic de présence des baleines à bosse en 2017, une moyenne de 24,9 (± 18,0) bateaux a été enregistrée au scan de 9h, et 8,9 (± 5,6) navires touristiques et 1,8 (± 1,7) navires commerciaux ont été recensés dans le Grand Lagon Sud chaque jour.

3. DISTRIBUTION SPATIO-TEMPORELLE DES FEMELLES SUITEES

Rappel des objectifs : À quelle période de la saison les groupes de baleines à bosse avec baleineau sont-ils les plus nombreux dans le Grand Lagon Sud ?

À quel endroit les groupes avec baleineau sont-ils les plus nombreux dans le Grand Lagon Sud ?

3.1 Distribution temporelle des femelles suitées

Afin de connaître la période de la saison durant laquelle le nombre de femelles suitées est le plus important dans le Grand Lagon Sud, une analyse de leur distribution temporelle moyenne a été réalisée avec l'ensemble des données collectées entre 1997 à 2017 (Figure 8).

Le nombre de groupes incluant des femelles suitées observés par l'équipe à terre et l'équipe en mer a été combiné afin d'assurer une détection maximale de l'ensemble des groupes de femelles suitées susceptibles d'avoir traversés la zone d'étude chaque jour. Pour cela, les groupes suivis en mer (n=228) ainsi que les groupes suivis par la terre n'ayant pas fait l'objet d'un suivi en mer (n=61) ont été pris en compte au cours de 865 jours d'étude.

Un taux de fréquentation journalière a été calculée grâce aux 289 observations de femelles suitées: cet indicateur de fréquentation correspond au nombre de femelles suitées vues par jour dans la zone d'étude.

Ce taux de fréquentation journalière constitue une "série temporelle", c'est à dire une suite d'observations d'une variable –ici le nombre de femelles suitées vues par jour- qui change au cours du temps. Les séries temporelles peuvent être décomposées afin d'extraire la tendance générale (par ex: une augmentation globale sur l'ensemble des années de suivi) ainsi que des effets cycliques tels qu'un effet saisonnier. Ici, la fréquentation des femelles suitées a donc été analysée à l'aide d'un modèle généralisé additif mixte (GAMM: Generalized Additive mixed Model) afin d'estimer leur distribution temporelle saisonnière.

L'étude de la distribution temporelle révèle tout d'abord un décalage du pic de fréquentation des femelles suitées par rapport au pic de l'ensemble de la population. En effet, le rapport par Derville *et al.*, 2017 avait montré que le pic de fréquentation de la population de baleines à bosse se situait autour de la 3ème semaine d'août. Le pic de présence des femelles suitées se situe plus tard dans la saison, autour du 1er septembre (Figure 8) et se prolonge durant le mois de septembre, indiquant une fréquentation particulièrement importante en fin de saison.

Par ailleurs, une augmentation générale de la fréquentation des femelles suitées est observée dans le Grand Lagon Sud de 1997 à 2017 (Figure 8). Cette augmentation est cohérente avec l'augmentation globale de la taille des populations de baleines à bosse d'Océanie (Jackson *et al.*, 2015).

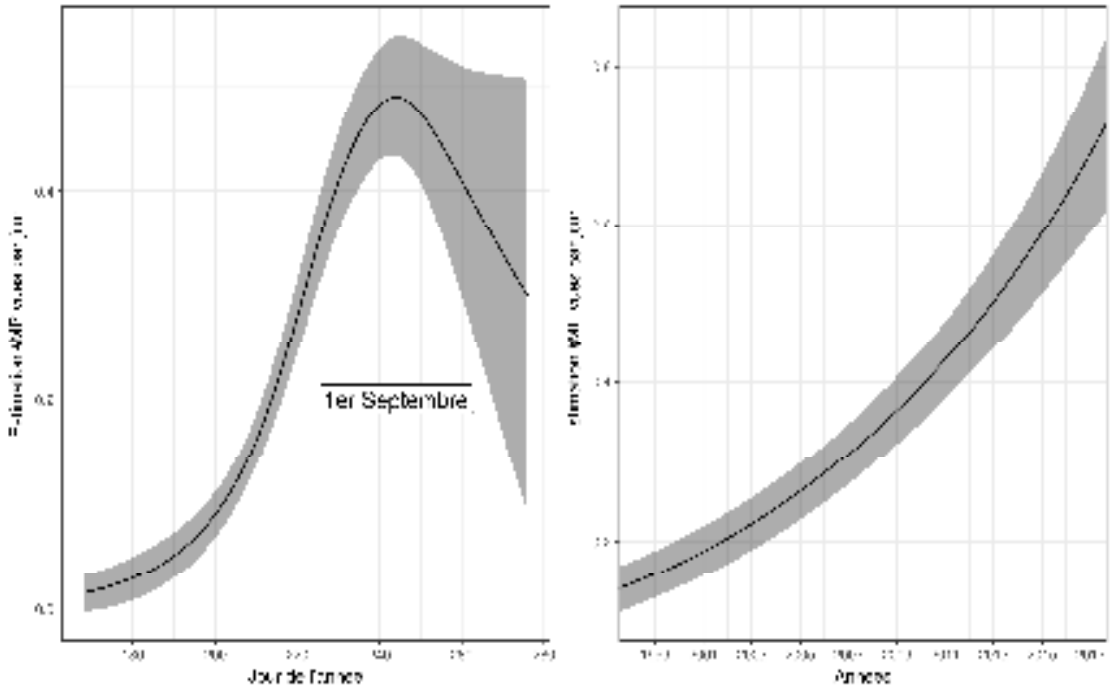

Figure 8 : Tendances saisonnière et annuelle estimées pour les femelles suitées du Grand Lagon Sud. À gauche: pic de fréquentation saisonnière estimé (selon le jour calendaire de l'année : le jour 181 correspondant au 1er juin). À droite: évolution globale de la fréquentation estimée des femelles suitées (en nombre de maman-petit observé par jour). La courbe noire correspond à la prédiction du modèle GAMM. L'erreur standard sur la prédiction est indiquée par un ruban gris de part à d'autre de la courbe prédite.

3.2 Distribution spatiale des femelles suitées

La préférence affichée par les groupes de femelles avec baleineau pour les eaux côtières peu profondes dans la zone du Grand Lagon Sud a été démontrée lors du précédent rapport délivré au CCCE (Derville *et al*., 2017, Derville *et al*., 2018). Cette étude a également permis de souligner que l'intensification du trafic maritime dans la zone côtière du Grand Lagon Sud ne semblait pas avoir provoqué de déplacement significatif des groupes de femelles suitées.

Les zones d'utilisation préférentielles des différents groupes sociaux de baleines à bosse ont été superposées avec la principale route de navigation maritime du Grand Lagon Sud (Figure 9), montrant que les groupes maman-petits (MP) présentaient un risque plus élevé de dérangement lié au trafic maritime commercial que les groupes sans maman-petit. En effet, la principale route de navigation commerciale recouvre 20,0% des zones d'utilisation préférentielle des groupes avec maman-petit, contre seulement 5,9% des groupes sans maman-petit.

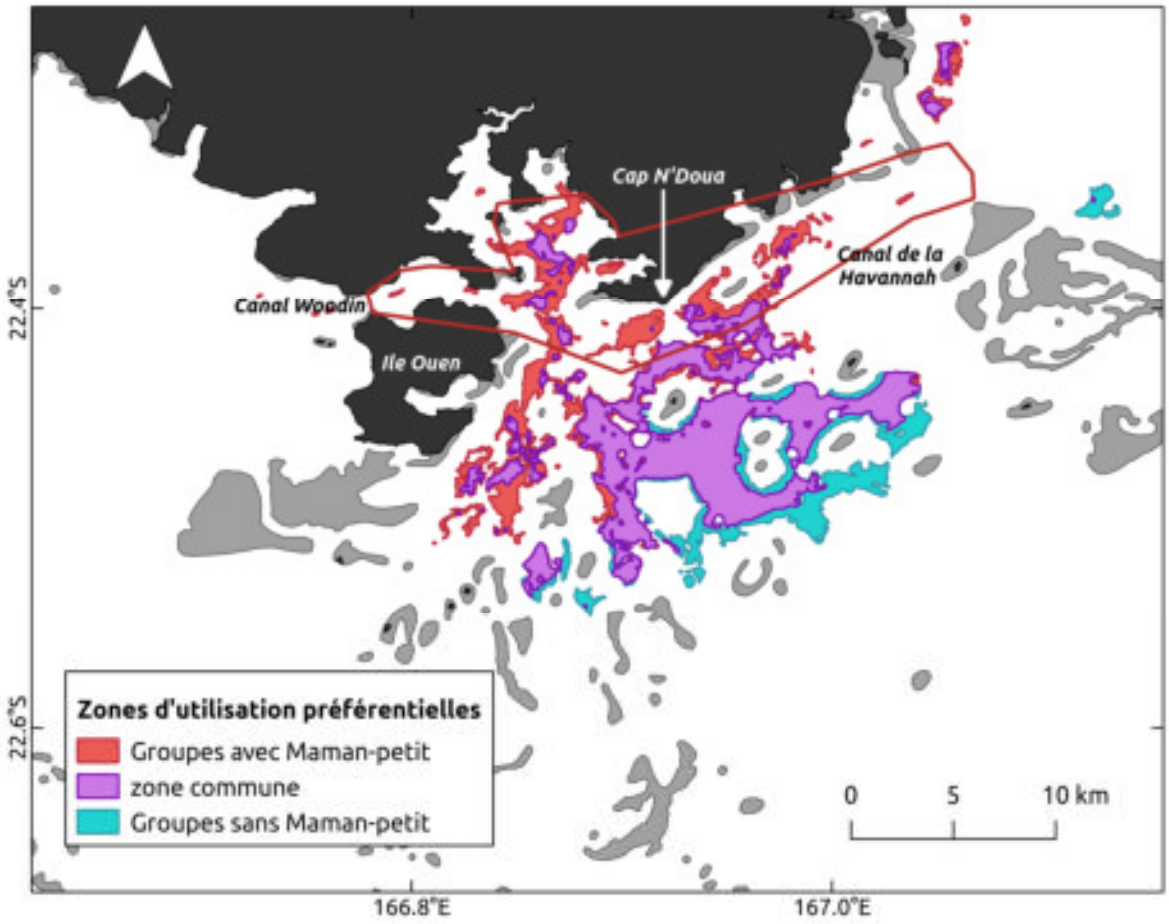

Figure 9 : Zones de chevauchement entre la route de navigation maritime et les zones d'utilisation préférentielles des groupes de baleines à bosse avec ou sans maman-petit dans le Grand Lagon Sud.

3.3 Conclusions

L'analyse spatio-temporelle de la fréquentation des groupes comprenant des mamans-petits dans le Grand Lagon Sud de 1997 à 2017 a permis de démontrer une présence accrue de ces animaux :

(i) Dans la zone côtière (cap nN'Doua, baie du Prony et ile Ouen) ;

(ii) Tardivement dans la saison de reproduction (pic de présence enregistré pendant la 1ère et la 2ème semaine de septembre).

Il semble donc primordial d'accorder une attention particulière au trafic maritime en septembre dans les zones côtières du Grand Lagon Sud puisqu'il s'agit de la fenêtre spatio-temporelle où le risque de dérangement et de collisions est maximal pour les femelles suitées.

4. INTERACTIONS ENTRE FEMELLES SUITEES ET TRAFIC MARITIME

Rappel des objectifs : De par leur mobilité restreinte et leur exposition au trafic côtier, les femelles suitées sont-elles plus exposées que les autres groupes aux activités maritimes ?

La répartition des femelles accompagnées d'un baleineau dans la zone d'influence maritime a-t-elle évoluée en réponse à l'augmentation du trafic ?

4.1 Exposition des groupes de baleines à bosse au trafic maritime touristique et plaisancier

Afin de caractériser les risques de perturbation liée à l'activité touristique et à la plaisance, sur les groupes de baleines à bosse avec et sans maman-petit (MP), plusieurs indicateurs d'interactions entre animaux et bateaux ont été étudiés par l'équipe à terre de 1999 à 2017 :

- La proportion des groupes de baleines avec ou sans maman-petit observés par des navires au cours de la journée, exprimée en pourcentage;
- Le nombre moyen de bateaux ayant suivi le groupe au cours de la journée ;
- La durée moyenne d'observation du groupe au cours de la journée.

Les années 2010, 2011, 2012 et 2013 ont été exclues des analyses car les données relevées sur le nombre de bateaux en observation des groupes de baleines à bosse ainsi que les durées d'observation sont incomplètes à ce jour.

4.1.1 Proportion des groupes de baleines à bosse observés

Le relevé des groupes de baleines à bosse observés par des bateaux touristiques et privés dans le Grand Lagon Sud de 1999 à 2017 (Figure 10) indique que les groupes avec maman-petit (MP ; n = 232) sont en moyenne plus observés que les groupes sans MP (n = 1348), respectivement 81% contre 60% (test Kruskal-Wallis, df = 1, p-val < 0,001 ***).

Il apparaît que depuis l'instauration de la charte d'observation des cétacés proposée et mise en place par la direction de l'Environnement de la Province Sud en 2008, la proportion de groupes observés contenant des MP a significativement diminuée, passant de 89% (n = 65) à 78% (n = 167) (test Kruskal-Wallis, df = 1, p-val < 0,001 ***). Ce pourcentage (78%, n = 167) reste cependant supérieur à celui calculé pour les groupes sans MP (60%, n = 895), test Kruskal-Wallis, df = 1, p-val < 0,001 ***). En revanche, le pourcentage de groupes observés ne contenant pas de maman-petit, reste le même avant et après la mise en place de la charte laissant supposer un report d'observation des groupes MP vers les autres groupes, considérant l'augmentation générale de la population (Orgeret *et al*. 2014, Derville *et al.,* 2018).

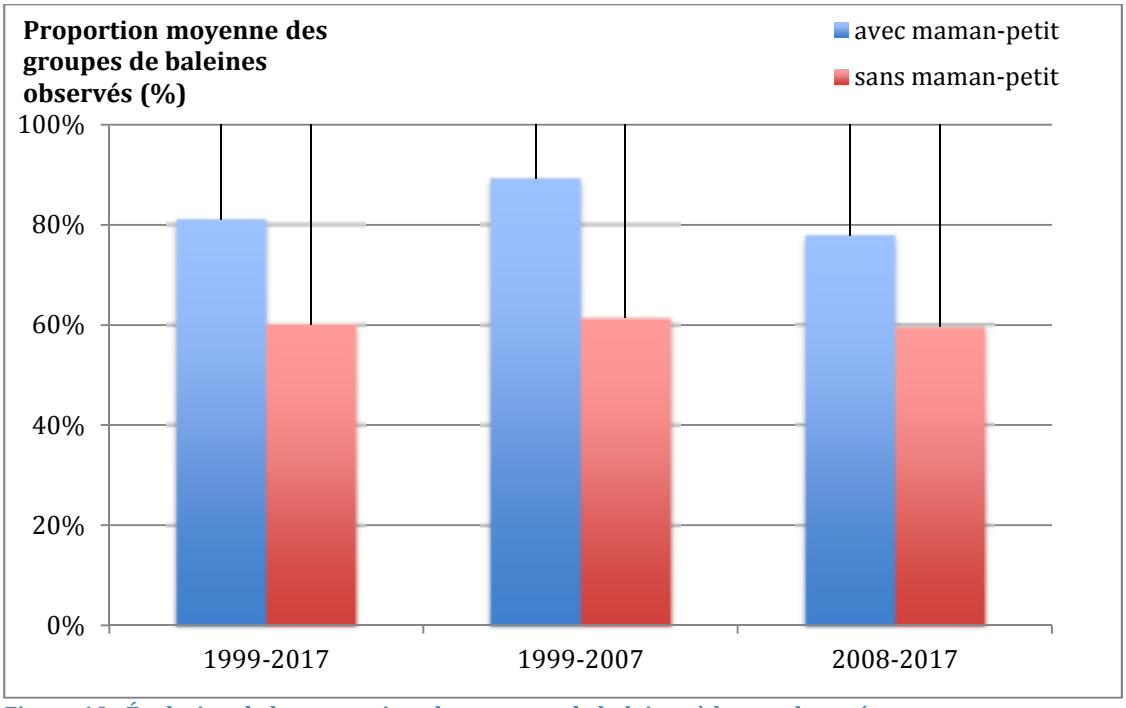

Figure 10 : Évolution de la proportion des groupes de baleines à bosse observés avec et sans maman-petit (MP). Les années 1999-2007 correspondent à la période d'étude antérieure à l'instauration de la charte d'observation des cétacés, en vigueur depuis 2008. Les écart-types sont représentés sur le graphique.

4.1.2 Nombre de bateaux en observation des groupes de baleines à bosse

La moyenne du nombre de bateaux en observation d'un groupe de baleines à bosse au cours de la journée a été calculée à partir des relevés réalisés par les équipes présentes à terre (Figure 11). Sur l'ensemble de la période d'étude, le nombre moyen de bateaux suivant un groupe avec MP (4,4 bateaux, n = 232) et le nombre moyen de bateaux suivant un groupe sans MP (4,3 bateaux, n = 1348) ne sont pas significativement différents (test Kruskal-Wallis, df = 1, p-val > 0,05).

Les mêmes analyses conduites sur les données collectées avant et après la mise en place de la charte d'observation des cétacés ne montrent aucune différence significative du nombre moyen de bateaux en observation d'un groupe de baleines avec (n = 65 avant charte, n = 167 après charte) ou sans MP (n = 453 avant charte, n = 895 après charte) entre les deux périodes (respectivement test Kruskal-Wallis, df = 1, p-val > 0,05 et test Kruskal-Wallis, df = 1, p-val > 0,05).

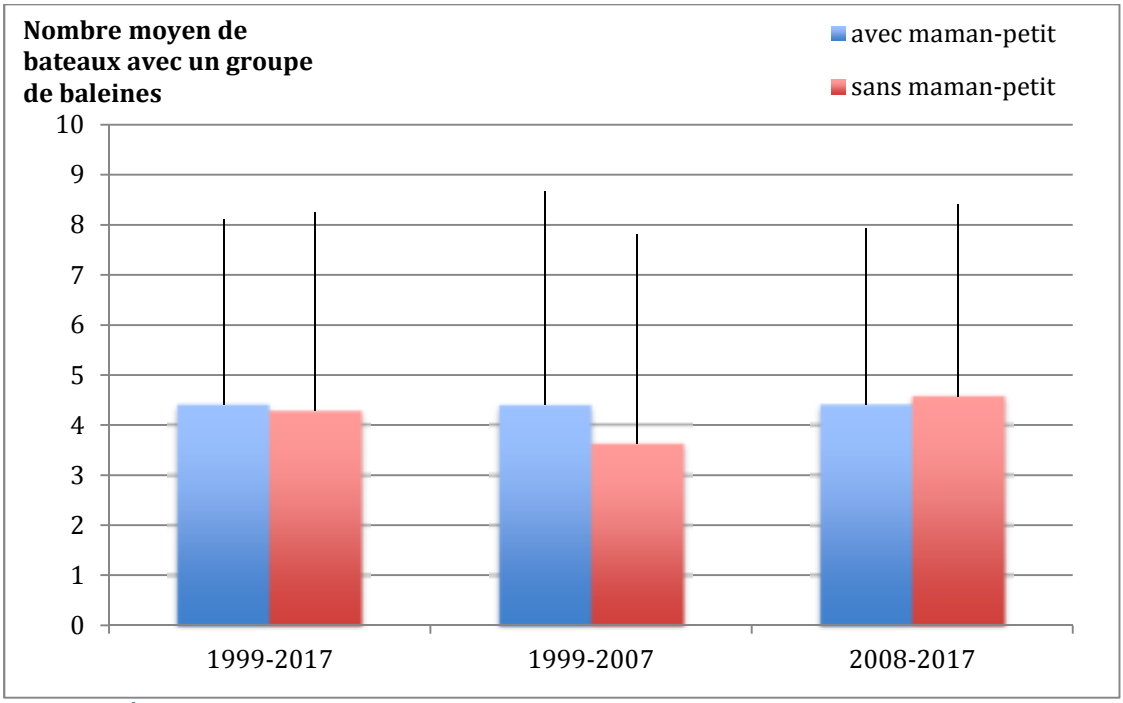

Figure 11 : Évolution du nombre moyen de bateaux suivant un groupe de baleines à bosse avec et sans maman-petit (MP). Les années 1999-2007 correspondent à la période d'étude antérieure à l'instauration de la charte d'observation des cétacés, en vigueur depuis 2008. Les écart-types sont représentés sur le graphique.

4.1.3 Durée d'observation des groupes de baleines à bosse

Les durées moyennes d'observation des groupes de baleines avec (n = 232) ou sans MP (n = 1348) sont respectivement de 1h02 et de 1h13 pour l'ensemble de la période d'étude (Figure 12), et n'apparaissent pas significativement différentes entre ces deux types de groupes (test Kruskal-Wallis, df = 1, p-val > 0,05).

De même, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les durées d'observation des groupes de baleines avec (1h40, n = 65) et sans (1h24, n = 453) MP durant la période 1999-2007 antérieure à la mise en place de la charte d'observation (test Kruskal-Wallis, df = 1, p-val > 0,05). En revanche il apparaît que les groupes avec MP sont en moyenne observés moins longtemps (0h51, n = 167) que les groupes sans MP (1h09, n = 895) depuis 2008, année de l'instauration de la charte d'observation des cétacés (test Kruskal-Wallis, df = 1, p-val < 0,01 **).

Une diminution significative des durées moyennes d'observation des groupes de baleines avec et sans MP est globalement observée suite à l'instauration de la charte. La durée moyenne d'observation passe de 1h40 (n = 65) à 0h51 (n = 167) pour les groupes avec MP (test Kruskal-Wallis, df = 1, p-val < 0,001 ***) et de 1h24 (n = 453) à 1h09 (n = 895) en moyenne pour les groupes sans MP (test Kruskal-Wallis, df = 1, p-val < 0,05 *).

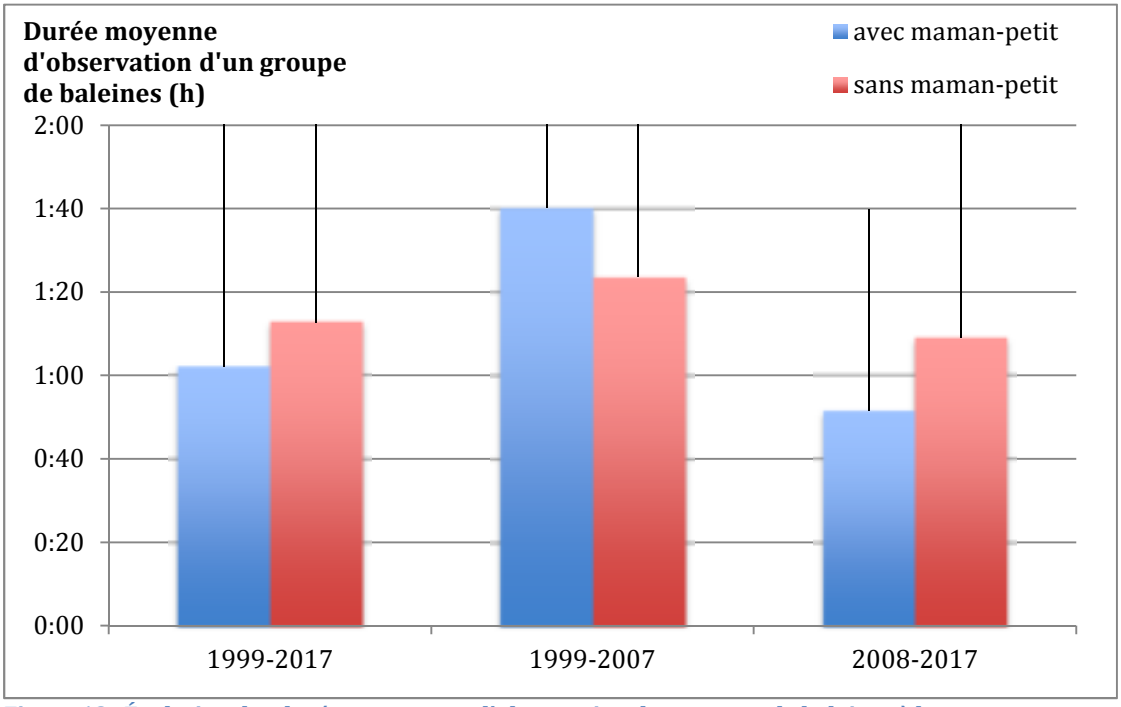

Figure 12 : Évolution des durées moyennes d'observation des groupes de baleines à bosse avec et sans maman-petit (MP). Les années 1999-2007 correspondent à la période d'étude antérieure à l'instauration de la charte d'observation des cétacés en vigueur depuis 2008. Les écart-types sont représentés sur le graphique.

4.1.4 Influence de la distance à la côte sur les interactions entre les groupes de baleines à bosse et le trafic maritime

L'étude plurifactorielle des interactions entre groupes de baleines à bosse et trafic maritime touristique et privé a également permis de souligner que la distance initiale des groupes de baleines par rapport à la côte influait largement sur leur degré d'exposition aux bateaux.

En effet, il est possible d'observer sur la Figure 13 que, plus un groupe est proche de la côte :

- Plus il est observé (test de Pearson, df = 1663, p-val < 0,001 ***) ;
- Par un plus grand nombre de bateaux (test de Pearson, df = 831, p-val < 0,01 **) ;
- Et pendant une période de temps plus longue (test de Pearson, df = 1050, p-val < 0,001 ***).

Il est à noter que les groupes de baleines avec MP sont détectés par l'équipe à terre en moyenne plus près des côtes (3,9 miles nautiques) que les groupes sans MP (4,8 miles nautiques ; test Kruskal-Wallis sur la période 1999-2017, df = 1, p-val < 0,001 ***), ce qui renforce l'hypothèse selon laquelle ils sont plus vulnérables et exposés à la fréquentation des bateaux touristiques et privés.

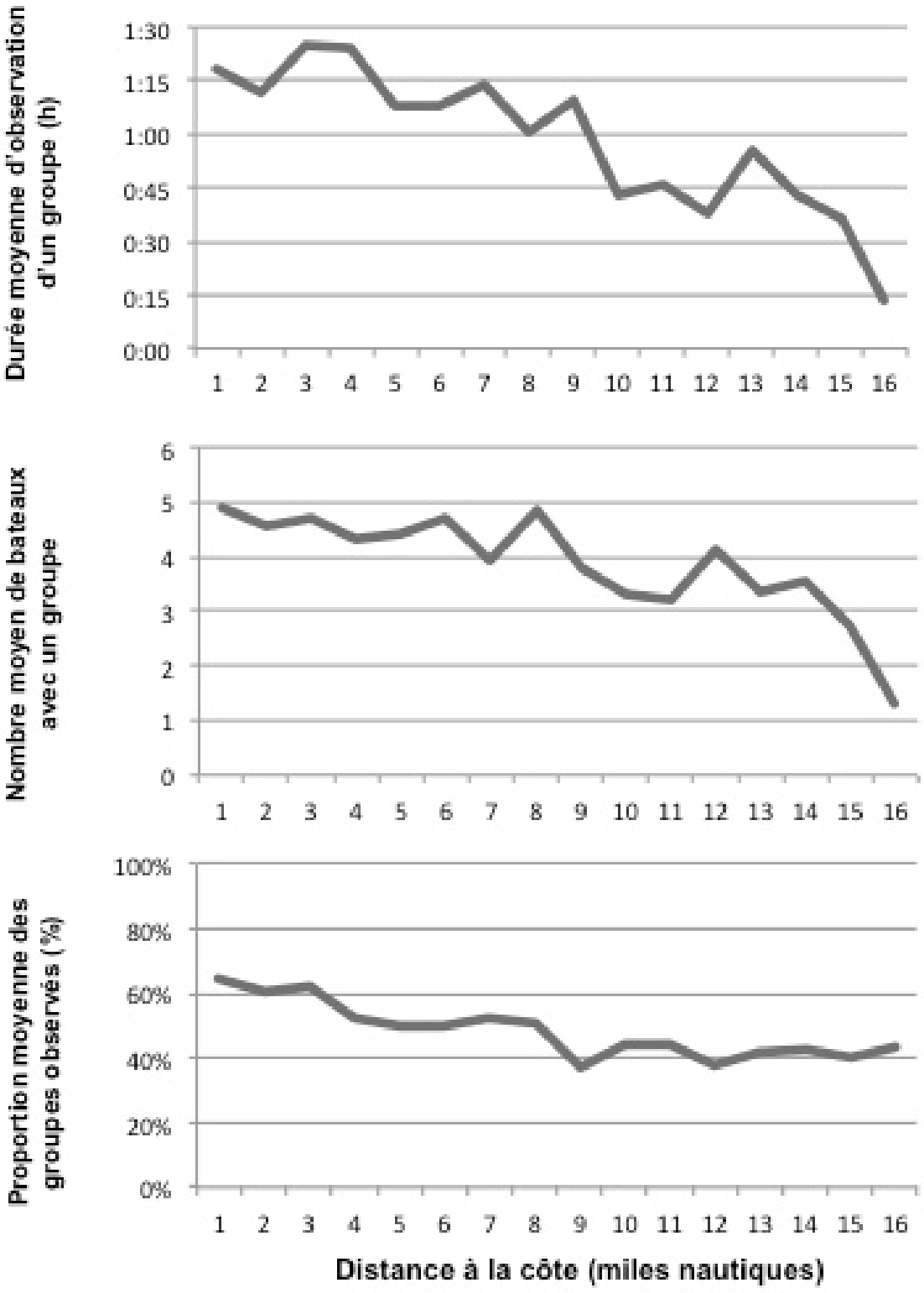

Figure 13 : Influence de la distance à la côte sur les risques de dérangement des groupes de baleines à bosse par les bateaux touristiques et privés dans le Grand Lagon Sud entre 1999 et 2017, exprimés en % de groupes observés, nombre de bateaux en observation et durée de l'observation sur n = 1847 groupes étudiés.

4.2 Occupation de la zone côtière par les femelles suitées

Dans le précédent rapport, Derville *et al.,* 2017, l'importance de la zone côtière du Grand Lagon Sud pour les femelles suitées a été soulignée. Les groupes maman-petit affectionnent particulièrement ces eaux peu profondes et protégées. Cette préférence a pour conséquence de situer les habitats favorables aux femelles suitées dans la principale route de navigation commerciale qui s'étend en zone côtière, du Canal Woodin à la passe de la Havannah (*cf.* paragraphe 2.1).

Derville *et al*., 2017 avait suggéré, à partir des données collectées en mer, que cet apparent conflit spatial entre habitats des femelles suitées et trafic maritime n'avait pas provoqué de déplacement majeur de la zone de fréquentation des femelles suitées entre 1997 et 2015.

Cette étude est ici complétée d'une part en rallongeant la période temporelle de l'étude jusqu'à 2017, et d'autre part en se basant sur les positions géographiques des groupes observés par l'équipe à terre plutôt que par l'équipe en mer. En effet, même si les positions relevées depuis la terre (par description, grille ou théodolite) sont moins précises que le GPS embarqué en mer, l'équipe à terre est susceptible de détecter les animaux présents dans l'ensemble de la zone côtière et avant l'arrivée de bateau, donc avant l'équipe en mer. La position relevée par l'équipe à terre est ainsi moins susceptible d'être affectée par la présence de bateaux qui pourrait potentiellement provoquer un déplacement des animaux.

Sur les 213 groupes avec MP observés sur la période 1995-2017 par l'équipe à terre, 48 ont été observés au sein de la route commerciale. Le pourcentage de groupes avec MP observés par année sur la route commerciale (Figure 14) fluctue de façon importante d'une année à l'autre mais ne montre pas de tendance particulière à l'augmentation ou à la diminution de l'utilisation de la route commerciale par les femelles suitées. En moyenne, 20% des groupes avec MP se trouvent sur la route commerciale identifiée dans le Grand Lagon Sud, mais certaines années ce pourcentage peut atteindre 50% comme en 2008 et en 2014.

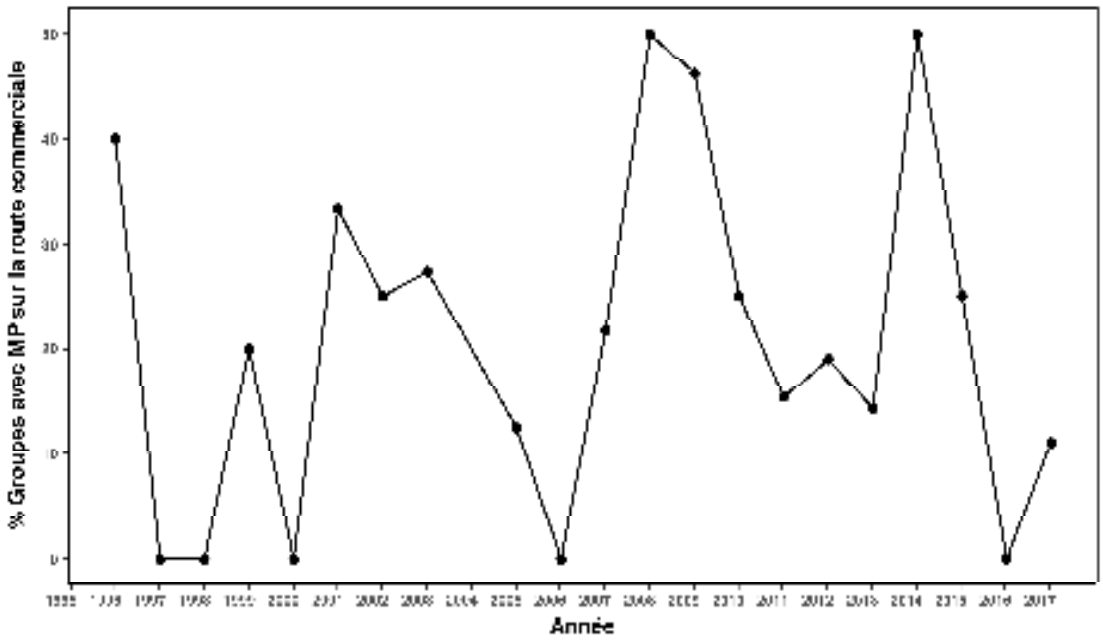

Figure 14 : Fréquentation annuelle de la route commerciale par les groupes avec maman-petit, exprimée en pourcentage des groupes avec maman-petit observés dans le Grand Lagon Sud (n = 213 groupes).

4.3 Risques de collisions entre les baleines à bosse et les navires dans le Grand Lagon Sud

Les collisions avec des navires ont récemment été reconnues comme une source significative de mortalité pour de nombreuses espèces de cétacés, incluant les baleines à bosse (Currie *et al.,* 2017 ; Panigada *et al.,* 2006 ; Van Waerebeek *et al*., 2006). Peu d'évènements de collisions ont été reportés dans le Pacifique Sud pour les baleines à bosse. Néanmoins 15 accidents ont été enregistrés dans l'ensemble de l'hémisphère sud au cours des 20 dernières années (Van Waerebeek *et al.,* 2007). À ce jour une seule collision a été documentée en Nouvelle-Calédonie le 28 juillet 2010 avec un navire à grande vitesse, (Aremiti 4 32 nœuds au moment de l'évènement). Du sang a été vu par le matelot de veille mais l'animal n'a pas pu être identifié, la collision ayant eu lieu à la nuit tombée. L'hypothèse d'une baleine à bosse n'est pas à exclure, la période et le lieu (travers est de l'ilot Ugo) de la collision correspondant à la saison de reproduction de l'espèce. Une attention particulière doit être portée à cette problématique dans un contexte d'augmentation du trafic maritime. De récentes études prévoient en effet une augmentation du trafic commercial qui devrait doubler dans la région de la Grande Barrière de Corail australienne à l'horizon 2025 (Peel, 2015).

À cette information vient s'ajouter celle de Jackson *et al*., 2015, qui décrit une augmentation globale des populations de baleines à bosse à l'échelle du Pacifique Sud. L'utilisation d'habitats côtiers par ces populations (Lindsay *et al.,* 2016), comme elle a été observée dans cette étude, accentue donc le risque de collisions avec un navire commercial, privé ou touristique, qui s'avèrent très souvent létales. En effet, il a été démontré que la majorité - 45 à 60 %- des collisions s'avéraient être mortelles lorsque la vitesse de déplacement des navires était supérieure à 12 nœuds, et que 100% des collisions étaient létales pour des vitesses supérieures à 19 nœuds (Vaderlaan and Taggart, 2007).

Le risque de collision affecte particulièrement les groupes maman-petit. En effet, Laist *et al.,* 2001 ont démontré qu'une forte proportion (75%) des mortalités dues aux collisions de baleines à bosse avec des navires concernaient des baleineaux, juvéniles ou femelles suitées. Ces groupes sociaux sont donc les plus exposés, ce qui peut être expliqué par leur utilisation préférentielle des zones côtières où le trafic est plus dense, leurs capacités de déplacements et de fuite limités, un temps passé à la surface supérieur à celui des adultes ainsi qu'à leur inexpérience aux interactions avec les navires.

4.4 Conclusions

L'étude de l'exposition des groupes de baleines à bosse au trafic maritime dans le Grand Lagon Sud depuis la fin des années 90 permet de mieux appréhender les risques de dérangement liés aux différents usages maritimes et les risques de collisions inhérents.

Risque de dérangement

Il apparaît tout d'abord que la distance du groupe à la côte lors de sa première détection dans la journée (donc sa position "initiale") est un facteur important dans les interactions avec les navires. En effet, sachant que le trafic maritime est principalement côtier (*cf.* paragraphe 2.1), les groupes les plus proches de la côte ont plus de chance d'être observés, par un plus grand nombre de bateaux et pendant plus longtemps qu'un groupe détecté loin de la côte. Ce résultat se traduit par une exposition plus importante aux activités maritimes touristiques et privées en zone côtière.

Il a aussi été démontré que les groupes avec des maman-petit occupaient préférentiellement un habitat côtier, et utilisaient régulièrement la principale route de navigation commerciale en dépit de l'augmentation du trafic maritime. Le pourcentage des différents groupes sociaux observés par les bateaux, la durée d'observation et le nombre de bateaux suivant ce type de groupes témoignent des risques de dérangement.

Dans le Grand Lagon Sud, les groupes contenant des maman-petit semblent donc globalement plus exposés aux interactions avec les bateaux puisque 81% des femelles suitées étaient observées par des navires touristiques et privés contre 60% pour les autres types de groupes sociaux.

Risque de collision

De plus, notre étude bibliographique suggère que les groupes comprenant des femelles suitées ou des juvéniles sont également plus vulnérables au risque de collision. En effet, ils présentent la plus forte mortalité due aux collisions de par leur proximité avec les zones d'intense trafic maritime, leurs capacités de déplacements et de fuite limités et leur "inexpérience" à éviter les bateaux.

Il est toutefois important de souligner que l'instauration par la province Sud de la charte d'observation des cétacés en 2008 a permis de limiter significativement les interactions du trafic maritime touristique et privé avec les groupes contenant des maman-petit. Cette charte limite entre autre la durée d'observation des maman-petit à 0h30 par bateau et à 1h30 cumulée sur l'ensemble de la journée contre 3h00 pour un groupe sans MP. Bien que non contraignante, le respect de cette charte par les usagers du Grand Lagon Sud a permis :

(i) de diminuer de 50% les durées d'observation des groupes avec MP ;
(ii) de diminuer la proportion de groupes avec MP observés de 89% à 78%;
(iii) de réduire les vitesses d'approche et de redéfinir les routes et les distances de suivi permettant de limiter significativement les risques de collisions (Currie *et al.,* 2017).

5. SYNTHESE

1. **À l'échelle d'une saison ou de plusieurs années, où et quand le trafic maritime est-il plus important dans le Grand Lagon Sud ?**

- *Quelle est la distribution spatiale du trafic maritime dans la zone d'étude du Grand Lagon Sud, et est-il possible d'identifier des routes de navigation majeures ?*
  - Une route principale de navigation a été mise en évidence dans le Grand Lagon Sud ; elle s'étend entre le Canal Woodin et la passe de la Havannah.
  - Une route secondaire se dirige vers l'île des Pins.

- *Comment le trafic maritime global, touristique et commercial a-t-il évolué au cours des 20 dernières années ?*
  - Une augmentation du trafic maritime global et touristique, principalement côtier, a été mise en évidence.
  - Le trafic commercial a subit une augmentation de 20% entre 1997 et 2017 principalement lié au développement du port de Goro, rattaché à l'activité industrielle.
  - Le trafic touristique a augmenté entre 1999 et 2008 et semble maintenant s'être stabilisé.

- *Quelle est la date moyenne du pic d'influence du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud pendant la période de présence des baleines à bosse ? Est-elle la même en fonction de la nature des activités?*
  - Le trafic touristique et privé est plus intense en week-end qu'en semaine. Il est également plus important au cours de la deuxième quinzaine du mois d'août.
  - Le trafic commercial reste stable au cours de la saison.

2. **Dans quelle zone et à quelle période de la saison de présence des baleines à bosse le risque de dérangement est-il le plus important ?**

- *À quelle période de la saison les groupes de baleines à bosse avec baleineau sont-ils les plus nombreux dans le Grand Lagon Sud ?*
  - Le pic de présence des femelles suitées se situe autour du 1er septembre et se poursuit au cours de ce mois, indiquant une fréquentation particulièrement importante en toute fin de saison.

- *À quel endroit les groupes avec baleineau sont-ils les plus nombreux dans le Grand Lagon Sud ?*
  - Les groupes de femelles avec baleineau montrent une préférence pour les eaux côtières peu profondes.

3. Les risques de dérangement et de collision des femelles suitées ont-ils augmenté ces dernières années et vont-t-ils augmenter dans les années futures ?

- *Les femelles suitées sont-elles plus exposées que les autres groupes aux activités maritimes ?*
  - Les groupes de femelles suitées sont en moyenne plus observés (81%) que les autres types de groupes (60%) et sont donc potentiellement plus exposés aux interactions avec les navires privés et touristiques.
  - De plus, ils utilisent préférentiellement des habitats côtiers, qui sont exposés la principale route de navigation commerciale.
  - L'instauration de la charte d'observation des cétacés en 2008 a cependant permis de diminuer significativement la durée d'observation de 50% des groupes maman-petit, permettant de limiter les risques de dérangement par les navires.

- *La répartition des femelles accompagnées d'un baleineau dans la zone d'influence maritime a-t-elle évoluée en réponse à l'augmentation du trafic ?*
  - L'augmentation globale du trafic maritime ne semble pas avoir provoqué de déplacements majeurs des femelles suitées.
  - En moyenne, 20% des groupes avec maman-petit sont observés sur la route commerciale identifiée dans le Grand Lagon Sud, mais cette proportion peut atteindre 50% certaines années.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Camargo F.S & Bellini C (2007). Report on the collision between a spinner dolphin and a boat in the Fernando de Noronha Archipelago, western Equatorial Atlantic, Brazil. Biota Neotropica 7(1): 209-211.

Childerhouse S, Jackson J, Baker C.S, Gales N, Clapham P.J & Brownell Jr R.L (2008). Megaptera novaeangliae (Oceania subpopulation). The IUCN Red List of Threatened Species.

Currie JJ, Stack SH & Kaufman GD (2017). Modelling whale-vessel encounters: the role of speed in mitigating collisions with humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). J. Cetacean Res. Manage. 17: 57-63.

Derville S, Curtil C & Garrigue C (2017). Synthèse des études sur les dynamiques de distribution des baleines à bosse dans le Grand Lagon Sud de la Nouvelle-Calédonie. Rapport non publié pour le CCCE, Vale. 67p.

Derville S, Torres L & Garrigue C (2018). Social segregation of humpback whales in contrasted coastal and oceanic breeding habitats, Journal of Mammalogy, 1-14.

Garrigue C, Greaves J & Chambellant M (2001). Characteristics of the New Caledonian Humpback whale population. Memoirs of the Queensland Museum, 47, ISSN 0079-8835.

Jackson J.A, Ross-Gillespie A, Butterworth D, Findlay K, Holloway S, Robbins J, Rosenbaum H, Weinrich M, Baker C.S & Zerbini A. (2015). Southern Hemisphere Humpback Whale Comprehensive Assessment - A synthesis and summary: 2005-2015. International Whaling Commission (IWC) scientific reports, SC/66a/SH/3.

Kniest & Paton (2001). Temporal GIS for Marine Mammal Research (Abstract). In "14 Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals". Vancouver, Canada.

Laist D.W, Knowlton A.R, Mead J.G, Collet A.S & Podesta M (2001). Collisions between ships and whales. Marine Mammal Science 17, 35–75.

Lammers MO, Pack AA & Davis L (2007). Trends in whale/vessel collisions in Hawaiian waters. International Whaling Commission Scientific Committee SC/59/BC14.

Lindsay RE, Constantine R, Robbins J, Mattila DK, Tagarino A & Dennis TE (2016). Characterising essential breeding habitat for whales informs the development of large-scale Marine Protected Areas in the South Pacific. Marine Ecology Progress Series, 548: 263-275

Orgeret F, Garrigue C, Gimenez O & Pradel R (2014). Robust assessment of population trends in marine mammals applied to the New Caledonia Humpback Whales. Marine Ecology Progress Series, 515: 265-273.

Panigada S, Pesante G, Zanardelli M, Capoulade F, Gannier A, & Weinrich M.T (2006). Mediterranean fin whales at risk from fatal ship strikes. Marine Pollution Bulletin 52: 1287-1289.

Peel D (2015). Quantitative assessment of the relative risk of ship strike to humpback whales in the Great Barrier Reef. 89 (Australian Antarctic Division, Australia, Hobart, Australia, 2015).

Samuels A & Bejder L (2004). Chronic interaction between humans and free-ranging bottlenose dolphins near Panama City Beach, Florida, USA. Journal of Cetacean Research and Management 6(1): 69-77.

Schaffar A, Garrigue C & Constantine R (2010). Exposure of humpback whales to unregulated whale-watching activities in their main reproductive area in New Caledonia. J. Cetacean Res. Manag., 11, 147-152.

Schaffar A, Madon B, Garrigue C & Constantine R (2009). Avoidance of whale watching boats by humpback whales in their main breeding ground in New Caledonia. IWC SC, 61.

Schaffar A, Madon B, Garrigue C & Constantine R (2013). Behavioural effects of whale watching activities on an endangered population of humpback whales wintering in New Caledonia. Endangered Species Research, 19, 245-254.

Vanderlaan A.S.M & Taggart T (2007). Vessel collisions with whales: the probability of lethal injury based on vessel speed. Marine Mammal Science 23(1): 144-156.

Van Waerbeek K, Baker A.N, Félix, F, Gedamke J, Iniguez M, Sanino G.P, Secchi E, Sutaria D, Van Helden A & Wang Y (2007). Vessel collisions with small cetaceans worldwide and with large whales in the Southern Hemisphere, an initial assessment. LAJAM 6(1): 43-69.

Van Waerbeek K, Baker A.N, Félix, F, Iniguez M, Sanino G.P, Secchi E, Slocum G, Sutaria D, Van Helden A & Wang Y (2006). Vessel collisions with small cetaceans worldwide and with large whales in the Southern Hemisphere: building a standardized database. Paper SC/58/BC6 presented to the IWC Scientific Committee, St Kitts, May-June 2006. [Available from the IWC Secretariat, Cambridge, UK].

ANNEXES

Annexe 1. Bilan des données disponibles pour l'analyse du risque de dérangement des baleines à bosse lié au trafic maritime dans le Grand Lagon Sud de 1995 à 2017

Table 1 : Bilan des données disponibles pour l'analyse du risque de dérangement des groupes de baleines à bosse lié au trafic maritime dans le Grand Lagon Sud de 1995 à 2017. 0 = données inexistantes ; 1 = données partiellement incomplètes ; 2 = données disponibles et validées ; 3 = données extérieures à Opération Cétacés

Années	*# groupe + date d'observation*	*Type de groupe*	*Distance à la côte*	*Groupe observé*	*Nombre de bateaux*	*Durée d'observation*
1995	2	2	2	2	0	0
1996	2	2	2	2	0	0
1997	2	2	2	2	0	0
1998	2	2	2	2	0	0
1999	2	2	2	2	2	2
2000	2	2	2	2	2	2
2001	2	2	2	2	2	2
2002	2	2	2	2	2	2
2003	2	2	2	2	2	2
2005	2	2	2	2	1	1
2006	2	2	2	2	1	1
2007	2	2	2	2	1	1
2008	2	2	2	2	1	1
2009	2	2	2	2	1	1
2010	2	2	2	2	0	0
2011	2	2	2	2	0	0
2012	2	2	2	2	0	0
2013	2	2	2	2	0	0
2014	2	2	2	2	3	3
2015	2	2	2	2	3	3
2016	2	2	2	2	3	3
2017	2	2	2	2	3	3

Total de 2393 groupes de baleines étudiés par les équipes de recherche à terre dans le Grand Lagon Sud.

Sources données : **Opération Cétacés** + **Province Sud** (pour les données nombre de bateaux et durée d'observation des bateaux avec les groupes de baleines de 2014 à 2017).

Annexe 2. Bilan des données disponibles pour l'étude du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud de 1997 à 2017

Table 2 : Bilan des données collectées par Opération Cétacés et disponibles pour l'étude du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud de 1997 à 2017. 0 = données inexistantes ; 1 = données partiellement complètes ; 2 = données disponibles et validées ; 3 = données extérieures à Opération Cétacés

Années	*Navires scan 9h*	*Navires scan 11h*	*Navires scan 13h*	*Navires touristiques*	*Navires commerciaux*	*Navires Goro*
1997	2	2	2	0	2	-
1998	2	2	2	0	2	-
1999	2	2	2	2	2	-
2000	2	2	2	2	2	-
2001	2	2	2	2	2	-
2002	2	2	2	2	2	-
2003	2	2	2	2	2	-
2005	1	1	1	2	1	-
2006	2	2	2	2	1	3
2007	2	2	2	2	1	3
2008	2	2	2	2	2	3
2009	2	2	2	2	2	3
2010	2	2	2	1	2	3
2011	2	2	2	2	2	3
2012	2	2	2	2	2	3
2013	2	0	0	2	2	3
2014	2	2	2	2	2	3
2015	2	2	2	2	2	3
2016	2	2	2	2	2	3
2017	2	2	2	2	2	3

Total de 774 jours d'étude du trafic maritime dans le Grand Lagon Sud.

Source données : **Opération Cétacés +CCCE** (pour les navires Goro de 2006 à 2017).