

ZoNéCo

PROGRAMME D'EVALUATION DES RESSOURCES MARINES
DE LA ZONE ECONOMIQUE DE NOUVELLE-CALÉDONIE

Etude du statut de la population de dugongs en provinces Nord et Sud 2008

Rapport final

*Claire GARRIGUE, Marc OREMUS, Aline
SCHAFFAR & Nathalie PATENAUDE*

Pour Bio & Sea, SARL

16 rue Faidherbe, 98800 Nouméa

Tél. / fax : 24 16 34

Ridet : 913459.001

Avril 2009

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	6
1. INTRODUCTION ET CONTEXTE DE L'ETUDE	7
1.1. OBJECTIFS	7
1.2. STRUCTURE DU RAPPORT.....	7
2. MATÉRIEL ET METHODES.....	9
2.1. PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE	9
2.2. EQUIPE DE RECHERCHE	10
2.3. MATERIEL UTILISE	11
2.4. PLAN ET EFFORT D'ECHANTILLONNAGE	12
2.5. DATE D'ECHANTILLONNAGE	13
2.6. INFORMATIONS RECUEILLIES	13
2.6.1. TRAJETS SUIVIS.....	13
2.6.2. OBSERVATIONS REALISEES PENDANT LES RADIALES	13
2.6.3. OBSERVATIONS OPPORTUNISTES	18
3. TRAITEMENT ET ANALYSE	19
3.1. ANALYSE DE LA DISTRIBUTION.....	19
3.2. ESTIMATION DE LA DENSITE ET DE LA TAILLE DE LA POPULATION.....	19
3.2.1. PROBABILITE D'ECHANTILLONNER LA RADIALE (P_{SI}).....	20
3.2.2. PROBABILITE DE DISPONIBILITE DE L'ANIMAL (P_{DI}).....	20
3.2.3. PROBABILITE DE PERCEVOIR UN ANIMAL (P_{PI}).....	21
3.2.4. ABONDANCE ET FACTEUR D'INFLATION DE LA VARIANCE (FIV)	21
3.2.5. ESTIMATION PAR SIMULATION	23
3.3. COMPARAISON DES DEUX CAMPAGNES D'ECHANTILLONNAGE	23
3.3.1. ANALYSES ET FACTEURS UTILISES.....	23
3.3.2. ANALYSE MULTIVARIEE	25
3.3.3. ANALYSE UNIVARIEE	26
4. RÉSULTATS	28
4.1. EFFORT D'ECHANTILLONNAGE.....	28
4.2. OBSERVATION ET COMPOSITION DES GROUPES.....	28
4.2.1. GENERALITES SUR LES SURVOLS	28
4.2.2. SURVOLS DES RADIALES.....	29
4.3. DISTRIBUTION DES DUGONGS	30
4.3.1. DISTRIBUTION SPATIALE	30
4.4. ABONDANCE ET DENSITE DE LA POPULATION	32
4.5. COMPARAISON ENTRE LES DEUX CAMPAGNES D'ECHANTILLONNAGE	34
4.5.1. COMPOSITION ET TAILLE DES GROUPES	34
4.5.2. DISTRIBUTION GENERALE	34
4.5.3. ABONDANCE ET DENSITE	34

4.6. VARIABLES EXPLICATIVES DE LA DENSITE DE DUGONGS ET DE LA DISTRIBUTION DE CETTE DENSITE	36
4.6.1. DISTANCE A LA COTE.....	37
4.6.2. ETAT DE LA MER	38
4.6.3. DISTANCE A LA PASSE	40
4.6.4. DISTANCE AU RECIF BARRIERE.....	40
4.6.5. LA BATHYMETRIE	41
4.6.6. L'HEURE SOLAIRE	42
4.6.7. LA TURBIDITE	43
4.6.8. LE SUBSTRAT	44
4.6.9. BLOC : LA DISTRIBUTION AUTOUR DE LA GRANDE TERRE.....	44
4.6.10. EQUIPE D'OBSERVATEURS.....	45
<u>5. DISCUSSION.....</u>	<u>46</u>
5.1. COMPOSITION ET TAILLE DES GROUPES.....	46
5.2. DISTRIBUTION GENERALE.....	46
5.3. DESCRIPTION DE L'HABITAT	47
5.4. ABONDANCE ET DENSITE DE LA POPULATION	49
5.4.1. UNE DIMINUTION D'ABONDANCE REELLE OU ILLUSOIRE ?	49
5.4.2. HYPOTHESES POUVANT EXPLIQUER CETTE VARIATION.....	50
5.4.3. LIMITE MAXIMALE DU NIVEAU DE MORTALITE ANTHROPIQUE SUPPORTABLE	54
<u>6. CONCLUSIONS</u>	<u>55</u>
<u>7. ANNEXES.....</u>	<u>56</u>
<u>8. LITTERATURE CITÉE.....</u>	<u>74</u>

LISTE DES TABLEAUX

Table 1 – Description des secteurs géographiques échantillonnés.	12
Table 2 – Echelle de Beaufort.	15
Table 3 – Code de réverbération.	16
Table 4 – Code de turbidité.	16
Table 5 – Informations relevées par les observateurs.	16
Table 6 – Probabilité de détection d'un dugong en fonction de la turbidité et de l'état de la mer.	21
Table 7 – Description des blocs utilisés dans les calculs de densité et d'abondance.	22
Table 8 – Pondération de la surface échantillonnée en fonction du code de réverbération pour chaque côté de l'avion.	24
Table 9 - Nombre de groupes et nombre de dugongs observés lors des survols.	29
Table 10 – Estimation de la taille de la population de dugongs autour de la Grande Terre en 2008.	33
Table 11 - Comparaison des abondances et des densités entre 2003 et 2008.	36
Table 12 - Nombre de dugongs observés en fonction des variables, estimées par une régression de Poisson.	37

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Avion utilisé pour les comptages aériens.	9
Figure 2 - Marques apposées sur l'avion.	9
Figure 3 – Coordinateur de vol et observateur tribord.	11
Figure 4 - Plan d'échantillonnage des dugongs.	14
Figure 5 - Système d'évaluation de la couverture nuageuse.	15
Figure 6 – Dugong observé en position « haute » de la radiale.	17
Figure 7 - Catégories d'habitats utilisés pour les analyses.	25
Figure 8 –. Données bathymétriques disponibles pour les lagons de la Grande Terre.	26
Figure 9 - Fréquence de la taille des groupes observés au cours des survols.	30
Figure 10 - Distribution générale des groupes de dugongs autour de la Grande Terre en saison chaude 2008.	31
Figure 11 - Distribution générale des groupes de dugongs contenant des veaux autour de la Grande Terre en saison chaude 2008.	32
Figure 12 - Distribution du nombre de dugongs dans les radiales en 2008.	33
Figure 13 - Distribution des groupes de dugongs observés dans les radiales de comptage en saison fraîche 200 et en saison chaude 2008.	35
Figure 14 – Distribution de la densité de dugongs en 2003 et 2008 en fonction de la distance à la côte.	38
Figure 15 - Relation entre la densité de dugongs et la distance à la côte estimée par la	38

régression de Poisson.	
Figure 16 – Distribution de la densité de dugongs en 2003 et 2008 en fonction de l'échelle de Beaufort.	39
Figure 17 - Relation entre la densité de dugongs et l'état de la mer exprimé en échelle de Beaufort estimée par la régression de Poisson.	39
Figure 18 – Distribution de la densité de dugongs en fonction la distance à une passe en 2003 et 2008.	40
Figure 19 – Distribution de la densité de dugongs en fonction de la distance au récif barrière en 2003 et 2008.	41
Figure 20 – Distribution de la densité de dugongs en fonction de la profondeur en 2003 et 2008.	41
Figure 21 – Relation entre la densité de dugongs et la profondeur estimée par la régression de Poisson.	42
Figure 22 – Distribution de la densité de dugongs à différentes heures de la journée en 2003 et 2008.	43
Figure 23 - Densité de dugongs en fonction de la turbidité en 2003 (noir) et 2008 (blanc). ...	43
Figure 24 - Densité de dugongs selon le substrat en 2003 (noir) et 2008 (blanc).	44
Figure 25 - Densité de dugongs selon les blocs en 2003 (noir) et 2008 (blanc).	45
Figure 26 - Densité de dugongs selon l'équipe d'observateurs en 2003 (noir) et 2008 (blanc).	45
Figure 27 - Distribution des abondances et de leurs intervalles de confiance pour 2003 et 2008 calculés avec une certitude de 95 et de 85 %.	49
Figure 28 – Echouages de dugongs : a – traces de collisions, b – braconnage.	53

RESUME

- La zone échantillonnée en saison chaude comprend l'ensemble des lagons situés autour de la Grande Terre, entre l'île des Pins et le Grand Passage au nord des îles Bélep. Elle a été survolée entre le 7 janvier et le 14 mars 2008.
- De manière à faciliter la comparaison des données entre années le plan d'échantillonnage établi en 2003 a été utilisé. Il comprend 162 radiales espacées de 2,5 ou de 5 MN et situées entre la côte et le récif barrière.
- La distribution générale des groupes de dugongs au cours de la saison chaude 2008 (n=78) est similaire à celle obtenue en saison fraîche 2003 (n = 181). La seule exception concerne la zone centrale de la côte Est où aucun dugong n'a été observé en 2008 alors que quelques individus avaient été notés en 2003.
- La distribution spatiale de l'espèce ne présente donc pas de variations saisonnières à méso échelle.
- La taille des groupes de dugongs en 2008 est comparable à celle obtenue en 2003 avec une majorité d'individus solitaires et un nombre limité de groupes contenant plus de trois individus (moyenne de 1,5 individus, $\sigma = 1,0$).
- En revanche, le pourcentage de veaux a doublé entre la saison fraîche de 2003 et la saison chaude de 2008. La différence statistiquement significative indique probablement une période de mise bas en début de saison chaude.
- La densité globale en 2008 est très faible (0,04 dugongs/km²) ; elle était plus de deux fois supérieure en 2003 (0,10 dugongs/km²).
- En 2008 la taille de la population de dugong a été estimée à 964 ($\sigma = 241$, CV = 0,25). En 2003, elle était estimée à 1814 ($\sigma = 332$, CV = 0,18). Ce déclin de 47% est réel avec une certitude de 85 %.
- La limite maximale du niveau de mortalité anthropique supportable est d'une dizaine de dugongs par an.
- Les quelques informations disponibles sur les menaces d'origine anthropiques laissent supposer que cette valeur ai été dépassée conduisant inexorablement à une diminution de la population.
- Les résultats de cette étude sont alarmants. Ils soulignent l'urgence de mettre en place des études complémentaires et insistent sur la nécessité de développer des mesures de conservation permettant d'assurer la survie de la population.
- Si cette tendance se poursuit la population va tout droit vers l'extinction et il restera moins de 50 dugongs dans la population d'ici vingt ans. Il est impératif de procéder à un troisième échantillonnage afin de confirmer cette tendance avec une meilleure certitude.

1. INTRODUCTION ET CONTEXTE DE L'ETUDE

Le dugong ou vache marine (*Dugong dugon*) est l'unique représentant de la famille des dugongidés. Il est classé comme «vulnérable » par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN, 2008) et est protégé par plusieurs conventions internationales (CMS, CITES).

La distribution de l'espèce ainsi qu'une première estimation de l'abondance de la population de dugongs de Nouvelle-Calédonie ont été établies au cours de la saison fraîche de l'année 2003 dans le cadre du programme ZoNeCo. Les résultats, acquis à l'aide d'une méthode de comptage aérien, indiquent la présence d'une population d'environ 1814 dugongs (Garrigue et al., 2008). L'observation de veaux souligne l'intérêt du système lagunaire pour la reproduction de l'espèce (Garrigue et Patenaude, 2004).

L'étude a conclu que le dugong est le mammifère marin le plus important de Nouvelle Calédonie en terme de conservation. Dans un contexte international cette petite population constitue la plus grande concentration de dugong d'Océanie et l'une des plus importantes populations mondiales (Garrigue et al., 2008).C'est pourquoi il est nécessaire d'approfondir les connaissances sur cette espèce, et notamment d'évaluer son statut afin d'obtenir les éléments nécessaires à la mise en place d'un plan de gestion.

Le programme ZoNeCo 2007-2008 a donc souhaité la poursuite de cette étude. ADECAL a confié à la SARL Bio & Sea la poursuite des recherches sur la population de dugongs en provinces Nord et Sud. Le présent document constitue le rapport final de l'étude.

1.1. Objectifs

Les objectifs de la présente étude visent à d'approfondir les connaissances sur le statut du dugong et à rechercher d'éventuelles variations saisonnières ou temporelles de l'espèce. Il s'agit en particulier:

- D'établir la distribution, l'abondance et la densité des dugongs en saison chaude dans les lagons de la Grande Terre,
- De comparer ces résultats à ceux obtenus en saison fraîche,
- De poursuivre l'identification des habitats propices à la présence de dugongs.

1.2. Structure du rapport

La première partie de ce rapport est relative aux méthodes de collecte des données. La zone étudiée, le matériel et les différents protocoles d'échantillonnage utilisés au cours de cette étude, ainsi que le type de données collectées y sont décrits.

Les méthodes par lesquelles les données ont été traitées et analysées sont ensuite décrites pour chacune des thématiques abordées. Les analyses relatives à la distribution, à l'estimation de la densité et de la taille des populations, et aux comparaisons des deux séries de données, sont détaillées.

Les sections suivantes sont relatives aux résultats de ces analyses. Une comparaison entre ces résultats et ceux issus du comptage conduit en 2003 est également présentée et discutée.

La dernière partie de ce rapport constitue une synthèse et une discussion de l'ensemble des résultats obtenus.



2. MATERIEL ET METHODES

La méthode de comptage aérien utilisée au cours de la campagne de survol 2008 est identique à celle qui avait servi aux comptages réalisés en juin 2003. Cette méthode, basée sur celle utilisée en Australie depuis plus de 20 ans pour l'étude des dugongs (Anderson, 1985 ; Marsh & Sinclair, 1989 a et b, Pollock et al., 2003), est rappelée ci dessous.

2.1. Protocole d'échantillonnage

Les survols aériens ont été réalisés à l'aide d'un avion à ailes hautes. Un Cessna 206 à six places en location à la compagnie Vertical Passion a été utilisé (Figure 1).



Figure 1. Avion utilisé pour les comptages aériens.

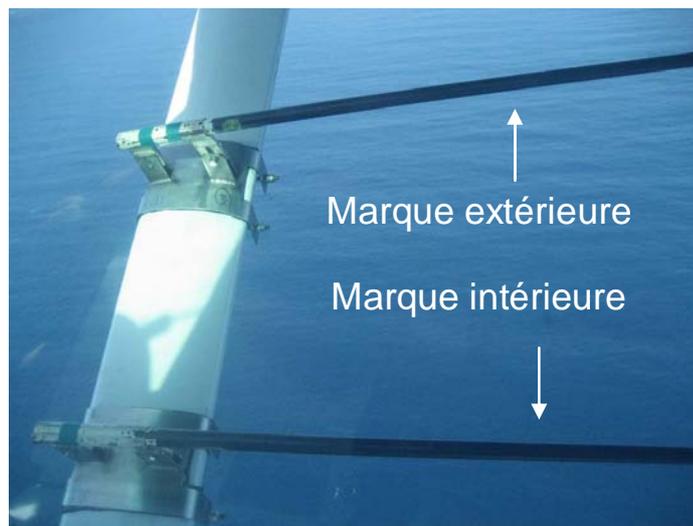


Figure 2. Marques apposées sur l'avion.

Des zones d'observation ou radiales ont été matérialisées de chaque côté de l'avion à l'aide de barres de comptage apposées sur les structures des ailes de l'avion (Figure 2). La position de ces marques dépend de la surface d'observation souhaitée, de l'altitude de vol et de la taille des observateurs. Dans le cadre de cette étude, la largeur de la zone couverte de chaque côté de l'avion a été fixée à 400 mètres, résultant en une largeur totale échantillonnée de 800 mètres.

Le protocole d'échantillonnage utilisé consiste à survoler une série de radiales définie au préalable. Les survols sont réalisés à une vitesse de 90 nœuds (vitesse sol) et une altitude de 900 pieds, soit 274 m. La vitesse et l'altitude sont maintenues constantes tout au long du survol des radiales puisque l'analyse des données dépend notamment de ces paramètres. L'assiette de l'avion doit également demeurer horizontale. Les points d'entrée et de sortie des radiales sont entrés dans un GPS avant le vol afin de permettre au pilote de survoler les radiales de façon identique au cours de chaque campagne.

Chaque observateur annonce sur l'interphone les animaux observés de son côté. Chaque observation est enregistrée en direct sur un micro-ordinateur par le coordinateur de vol. Parallèlement toutes les conversations échangées entre les observateurs et le coordinateur, sont enregistrées sur un enregistreur numérique. Ceci permet, à la suite de chaque vol, de vérifier et de compléter les informations saisies sur l'ordinateur pendant le vol.

Les survols sont réalisés dans des conditions météorologiques favorables, c'est-à-dire par temps clair et mer calme, lorsque l'état de la mer n'excède pas force 3 sur l'échelle de Beaufort.

2.2. Equipe de recherche

L'équipe de recherche nécessaire pour entreprendre un comptage aérien est composée d'un pilote, d'un coordinateur de vol et d'un minimum de deux observateurs (l'un à bâbord, l'autre à tribord) (Figure 3). Trois scientifiques ont participé à cette étude et un remplaçant a participé à certains survols en tant que coordinateur de vol. Il s'agit de :

Dr Claire Garrigue, Consultante : responsable du projet, observatrice ;

Dr Marc Oremus, Consultant : observateur ;

Aline Schaffar, Consultante : coordinatrice de vol et observatrice.

Dr Matthieu Junker, consultant remplaçant.

Plusieurs pilotes professionnels ont conduit l'avion. Il s'agit de Messieurs Robert Durand, Frédéric Ducros et Stéphane Fried.



Figure 3. *Coordinateur de vol et observateur tribord.*

2.3. Matériel utilisé

L'aide de la Structure de Gestion et Valorisation Locale (SGVL) du programme ZoNéCo a été sollicité pour réaliser un logiciel d'acquisition des données permettant d'enregistrer simultanément les positions géographiques via un GPS ainsi que les informations qui y sont liées. Une première réunion d'information s'est tenue le 5 octobre 2007 ; elle a permis de discuter des paramètres pré requis (F. Guillard, F. Juffroy, C. Garrigue). Il a été décidé d'écrire un programme qui serait utilisé à partir d'un ordinateur portable relié à un GPS. Plusieurs réunions de travail ont été programmées en octobre (le 24) et novembre (les 8, 19 et 22) 2007 afin de mettre au point et de tester le logiciel. Ce dernier a également été testé in situ par l'équipe de recherche. Ce logiciel a été utilisé au cours des premiers survols mais des problèmes, probablement liés aux connexions entre le GPS et l'ordinateur, sont survenus lors de l'enregistrement des données en temps réel. Ne pouvant pas régler ces problèmes pendant les campagnes de survol et ne voulant pas perdre d'information, le consultant a décidé d'utiliser le matériel d'acquisition des données mis à sa disposition par l'équipe du Professeur H. Marsh de l'Université de James Cook, Townsville (Australie). Il s'agit d'un micro-ordinateur équipé d'un logiciel d'acquisition des données conçu en Australie. Il ne permet cependant pas l'acquisition simultanée des positions géographiques et des données. Ces deux types d'informations ont donc été mis en relation a posteriori grâce à l'heure qui apparaît dans l'enregistrement du tracé GPS et dans celui des données enregistrées à l'aide du micro_ordinateur.

Le matériel utilisé au cours des comptages aériens comprend :

- Trois casques ;
- Un interphone ;

- Deux enregistreurs numériques M-AUDIO Microtrack 24/96 ;
- Deux micro-ordinateurs équipés d'un programme d'acquisition des données ;
- Un GPS Garmin 72,
- Deux paires de jumelles ;
- Un appareil photo numérique et
- Des cartes marines.

Un deuxième GPS (Garmin 296) est utilisé par le pilote pour la navigation.

Les cartes marines ayant servies de référence sont les suivantes : 6687, 7273, 7168, 7167, 7375, 7351, 2759, 6985, 7320, 7318, 2744, 7051, 6852, 6537, 6529, 6949, 7011, 6986, 7052, 7268.

2.4. Plan et effort d'échantillonnage

La zone échantillonnée correspond à l'ensemble des lagons situés autour de la Grande Terre. Des observations aériennes de la zone lagonaire ont donc été effectuées entre l'île des Pins et le Grand Passage situé au nord des îles Bélep (Table 1).

Table 1. Description des secteurs géographiques échantillonnés.

Radiales	Dénomination	S'étend de :
1 à 7 et 98 à 101	Lagon Sud Ouest	De la passe de Mato à la passe de Saint Vincent
8.2 à 27.2	Lagon Ouest	Du Nord de la passe de Saint Vincent à la Passe de Duroc
27 à 39	Lagon Nord Ouest	Du Nord de la passe de Duroc à la passe de Poum
54 à 70	Lagon Nord Est	Zone comprise entre l'Est de l'île Baaba et la grande passe de Touho
71 à 97	Lagon Est	Du Sud de la grande passe de Touho à la passe de La Havannah
102 à 107	Lagon Sud	Du Sud de la passe de Mato au Sud du grand récif Sud Ouest et de la passe de la Havannah à la passe de la Sarcelle
108 à 112	Ile des Pins	De la passe de la Sarcelle à l'atoll de Nokanhui
40 à 52	Iles Bélep	Zone comprise entre la passe de Poum, le Sud de la passe d'Estrées et le Grand Passage

De manière à faciliter la comparaison des données recueillies en 2008 avec celles obtenues en 2003, le plan d'échantillonnage établi pour le survol réalisé en juin 2003 a été utilisé (Garrigue et Patenaude, 2004). Il avait été organisé de manière à obtenir la distribution des dugongs sur une zone s'étendant de la côte au récif barrière, de déterminer les habitats critiques, et de calculer un indice de densité pour chaque secteur. Afin de réaliser ces objectifs, 162 radiales ont été définies (Figure 4). Elles s'étendent de la côte vers le large. Les coordonnées (latitude et longitude)

de début et de fin de chaque radiale ont été relevées sur les cartes marines du SHOM couvrant les lagons de la Grande Terre. Le trait de côte constitue l'arrêt naturel des radiales coté terre ; la ligne de sonde de 500 m a été choisie comme limite, coté large. Dans le cas où cette profondeur se situait à plus de 1 MN du récif, la radiale a été arrêtée à la distance de 1 MN à l'extérieur du récif barrière.

L'effort d'échantillonnage varie selon les zones échantillonnées. Les facteurs suivants avaient été considérés en 2003 lors de la mise au point du plan d'échantillonnage :

- Zone où le dugong est ou a été chassé pour raisons coutumières ;
- Zone où la présence d'herbier de phanérogames est connue ou soupçonnée.

Dans les zones répondant aux critères cités ci dessus l'effort d'échantillonnage a été intensifié et des radiales ont été réalisées tous les 2,5 MN. Dans les autres zones du lagon elles ont été espacées de 5 MN.

2.5. Date d'échantillonnage

Le but de cette campagne de comptage était d'identifier une éventuelle variation saisonnière dans la distribution générale des dugongs ; en conséquence les survols devaient avoir lieu pendant la saison opposée à celle des comptages effectués pendant la saison fraîche en juin 2003. La mission de comptage a donc été programmée en période chaude ; c'est à dire entre novembre 2007 et mars 2008.

2.6. Informations recueillies

2.6.1. Trajets suivis

Les routes suivies au cours des survols ont été enregistrées à l'aide d'un GPS. Le programme GPS Trackmaker© (téléchargeable sur internet) a été utilisé pour recueillir les tracés des vols qui correspondent à une série de points relevés toutes les 10 secondes.

2.6.2. Observations réalisées pendant les radiales

Au cours du survol des radiales, les informations suivantes sont recueillies:

- Les paramètres du vol : altitude, vitesse, date, heure et position GPS ;
- Les paramètres environnementaux : état de la mer, réverbération, turbidité de l'eau, couverture nuageuse ;
- Les animaux observés.

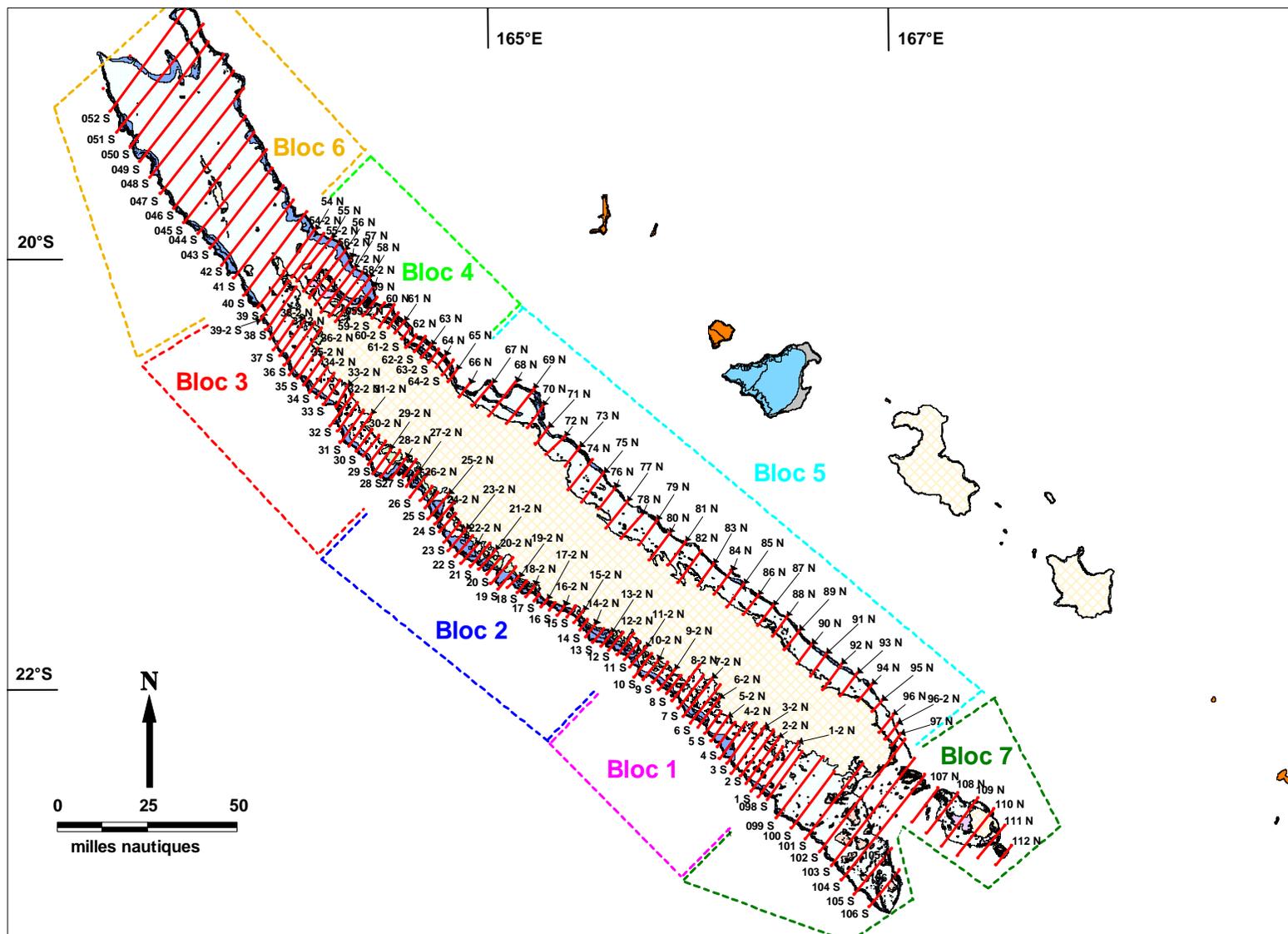


Figure 4. Plan d'échantillonnage des dugongs.

3.2.4.1. Paramètres du vol

L'altitude, est lue en pieds, sur l'altimètre de l'avion et enregistrée par le coordinateur de vol au minimum toutes les deux minutes ou lorsque celle-ci varie. Le relevé régulier des petites variations de l'altitude de l'avion sert à calculer la surface totale réellement échantillonnée.

La position de l'avion (latitude et longitude exprimées en degré et minute décimales) est enregistrée par le GPS toutes les 10 secondes.

La vitesse de l'avion, définie en nœuds, est dérivée des positions enregistrées par le GPS.

3.2.4.1. Paramètres environnementaux

Les paramètres environnementaux sont recueillis par le coordinateur de vol de façon à apporter, au cours de l'analyse des données, un facteur de correction à la probabilité d'apercevoir un dugong présent dans une radiale au moment du survol.

Au début de chaque radiale, la couverture nuageuse est estimée suivant le nombre de huitièmes (octas) de ciel couvert par les nuages, en conformité avec la notation aéronautique (Figure 5).

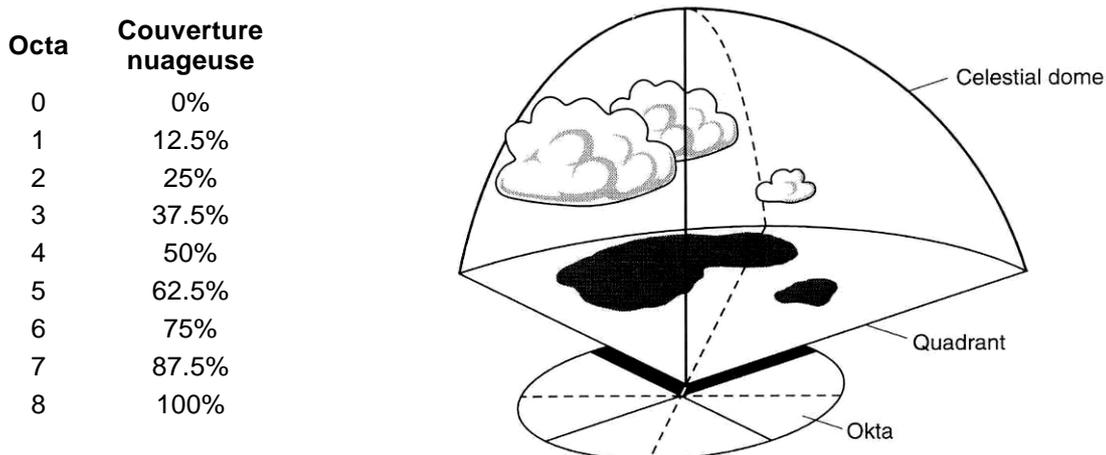


Figure 5. *Système d'évaluation de la couverture nuageuse (extrait de English et al. 1997)*

Les autres paramètres sont enregistrés par le coordinateur de vol au minimum toutes les deux minutes ou lorsque une modification d'un des paramètres survient.

L'état de la mer est défini selon l'échelle de Beaufort (Table 2). Le degré de réverbération ou éblouissement correspond à la réflexion du soleil sur la surface de l'eau à l'intérieur de la radiale. Elle est annoncée par chaque observateur à chaque variation ou sur demande du coordinateur de vol. La réverbération et la turbidité sont définies selon les codes présentés dans les tables 3 et 4.

Table 2. *Echelle de Beaufort.*

Force	Vitesse moyenne	Etat de la mer
0	< 1 nœud	Miroir

1	1-3 nœuds	Quelques rides
2	4-6 nœuds	Vaguelettes ne déferlant pas
3	7-10 nœuds	Les moutons apparaissent
4	11-16 nœuds	Petites vagues, nombreux moutons

Table 3. Code de réverbération.

Code de réverbération	Critères
0	Pas de réverbération
1	< 25 % de réverbération dans la zone de la radiale
2	Entre 25 et 50 % de réverbération dans la zone de la radiale
3	> 50% de réverbération dans la zone de la radiale

Table 4. Code de turbidité.

Code de turbidité	Critères
1	Le fond est nettement visible
2	Le fond est visible mais indistinct
3	L'eau est claire mais profonde, ne permettant pas de voir le fond
4	L'eau est turbide

3.2.4.1. Informations sur les animaux observés

Les informations relevées par les observateurs concernent principalement les dugongs mais les observations d'autres animaux tels que cétacés (dauphins, baleines, cachalots), tortues, requins et raies sont également notés (Table 5).

Table 5. Informations relevées par les observateurs.

	Dugong	Dauphin	Baleine	Tortue	Requin	Raie
Position par rapport à l'avion (bâbord, tribord)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nombre d'animaux dans le groupe	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Position par rapport à la surface de l'eau	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Position dans la radiale	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nombre de veaux	✓	✓	✓			
Genre ou espèce		✓	✓			
Qualité de l'identification		✓	✓			
Turbidité	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Selon l'observateur annonçant les paramètres de l'observation, le coordinateur de vol note la position de l'animal par rapport à l'avion ; c'est-à-dire s'il a été observé à bâbord ou à tribord.

Le nombre d'animaux dans le groupe correspond au nombre d'individus que l'observateur a pu dénombrer et constitue donc une valeur minimale. Dans le cas de grands groupes d'animaux observés, des photographies aériennes sont utilisées afin de confirmer le nombre d'individus observés.

La position de l'animal par rapport à la surface de l'eau est définie ainsi :

- A la surface de l'eau lorsqu'une partie du corps de l'animal est en surface ;
- Sous l'eau lorsque l'animal est complètement immergé.

La position de l'observation dans la radiale est définie selon les cinq catégories suivantes :

- Si l'animal est observé entre l'avion et la barre intérieure de comptage, la position de l'observation est qualifiée d'«interne»,
- Si l'animal est observé entre la barre extérieure de comptage et l'aile de l'avion, la position de l'observation est qualifiée d'«externe» ;
- Si l'animal est observé à l'intérieur de la radiale entre la barre extérieure et le milieu de la zone délimitée par les deux barres, la position de l'observation est qualifiée de «haute» (Figure 6) ;
- Si l'animal est observé au milieu de la zone délimitée par les deux barres, la position de l'observation est qualifiée de «centrale» ;
- Si l'animal est observé dans la radiale entre la barre intérieure et le milieu de la zone délimitée par les deux barres, la position de l'observation est qualifiée de «basse».

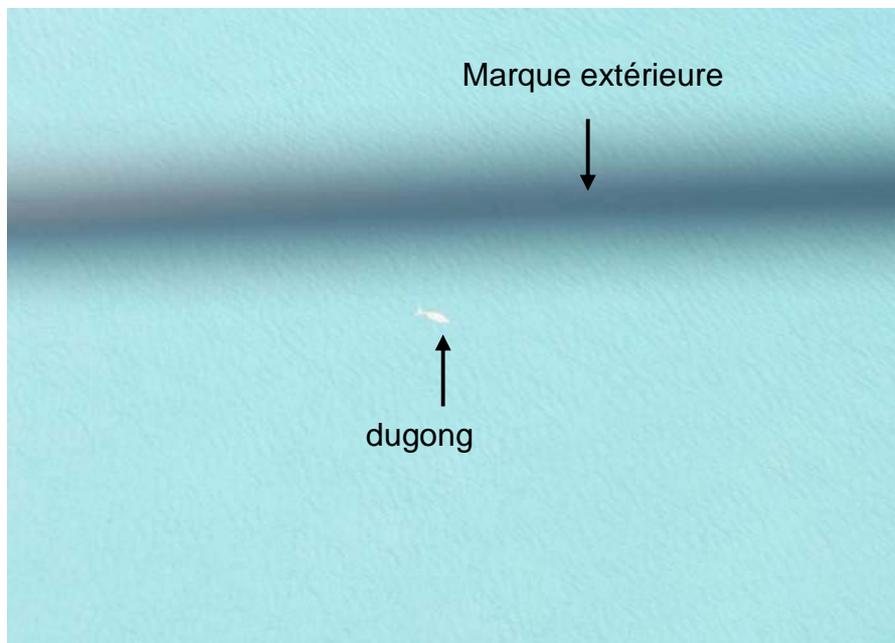


Figure 6. *Dugong observé en position « haute » de la radiale*

Chez les dugongs la présence de paire mère/veau est définie ainsi :

- Deux animaux en contact l'un avec l'autre ;

- L'un des animaux appelé « veau » mesurera au maximum 2/3 de la taille du second appelé « mère ».

Lors de l'observation de dauphins ou de baleines, le genre et l'espèce recensés sont également enregistrés, ainsi que le degré de certitude de cette identification qui se définit ainsi :

- L'observation est qualifiée de « certaine », l'observateur est sûr de l'espèce ou du genre observé ;
- L'observation est qualifiée de « probable », l'observateur pense qu'il a observé la dite espèce ou genre ;
- L'observation est qualifiée d'« incertaine », si l'observateur ne confirme pas le genre ou l'espèce.

2.6.3. Observations opportunistes

Les observations de dugongs, de tortues, de cétacés, de raies, de requins effectuées lors des trajets entre les radiales ainsi que lors des trajets entre l'aéroport et les secteurs échantillonnés sont également notées. Durant ces périodes, les informations relevées comprennent la date, l'heure, le nombre d'animaux dans le groupe, la présence de jeunes et la position GPS de l'observation. Concernant les dugongs, ces données serviront uniquement à mieux définir la distribution mais elles ne seront pas utilisées pour les calculs de densité et d'abondance.

3. TRAITEMENT ET ANALYSE

Les données ont été organisées sous forme de fichiers Excel adaptés aux analyses conduites. Le traitement et l'analyse des données réfèrent uniquement aux observations de dugongs. Les analyses ont été effectuées en partenariat avec le Dr Nathalie Patenaude et Robert Elliot du laboratoire LGL de Toronto, Canada.

Les données collectées au cours des survols aériens ont été vérifiées à la suite de chaque survol en écoutant les enregistrements audio réalisés au cours des comptages aériens. Les erreurs éventuelles ont été corrigées et les données qui n'avaient pas pu être enregistrées pendant le survol ont été ajoutées. Les données ont ensuite été organisées sous forme de fichiers Excel adaptés aux analyses conduites. Les observations de dugongs et des autres espèces ont été traitées séparément.

3.1. Analyse de la distribution

Les positions recueillies en WGS84 et en degrés, minutes et centième de minutes ont été transformées en degrés décimaux. Toutes les positions correspondant à des observations de groupes de dugongs relevées au cours du programme de survols de 2008, ont été utilisées pour établir une carte générale de distribution de l'espèce pour la saison chaude. Le fond de carte utilisé est la carte de l'Atlas des récifs coralliens de Nouvelle Calédonie (Andrefouet & Torres-Pullizza, 2004) disponible sur le site de l'IFRECOR. Le logiciel MapInfo vs8.0 a été utilisé pour cartographier les observations. La carte obtenue sera comparée avec la distribution générale obtenue en saison fraîche 2003 (Garrigue et al., 2008).

Les positions des observations de groupes contenant des veaux ont été extraites afin d'obtenir une carte de distribution spécifique de ce type de groupe en saison chaude.

3.2. Estimation de la densité et de la taille de la population

La méthode des radiales à largeur fixe ou « strip transects », adaptée au comptage de dugongs (Marsh, 1995b), a été utilisée. Elle correspond à celle utilisée en 2003 et présente l'avantage d'éviter de tenir compte de la probabilité d'observation en fonction de la distance perpendiculaire à l'avion. Elle diminue ainsi le nombre de paramètres à considérer dans l'analyse puisqu'elle postule que tous les animaux observés dans une radiale ont la même probabilité d'être détectés. Ce postulat a été vérifié à l'aide d'un test statistique du Chi² sur les observations effectuées en positions « haute » et « basse » à l'intérieur des radiales.

L'estimation de la densité et de l'abondance est fonction du nombre d'animaux observés, de la surface échantillonnée et de la probabilité (Pi) de détecter un animal dans la radiale.

Cette probabilité doit être corrigée afin de tenir compte des facteurs de perception de l'observateur et de disponibilité de l'animal pour l'observation au moment du survol (Marsh & Sinclair, 1989b). Les données brutes récoltées au cours du survol des radiales ont donc été pondérées en fonction de trois facteurs liés à la probabilité de détection d'un animal (P_i) : P_{Si} : probabilité d'échantillonner la radiale, P_{Di} : probabilité de disponibilité d'un animal, P_{Pi} : probabilité de percevoir un animal qui est disponible. Le nombre de dugong (N_{hat}) représenté par chaque observation est égal à :

$$1/P_i \times n$$

avec

n : nombre de dugongs dénombrés au cours de l'observation

$$P_i = (P_{Si} P_{Di} P_{Pi})$$

La modélisation de ces facteurs a été établie par l'équipe du professeur Marsh de l'université de James Cook en Australie (Marsh & Sinclair, 1989a et b ; Pollock et al., 2006). Ces modèles de probabilité, utilisés dans le présent projet, sont détaillés ci dessous.

3.2.1. Probabilité d'échantillonner la radiale (P_{Si})

Le premier facteur est relatif à la surface échantillonnée. Une correction est effectuée en fonction de l'effort d'échantillonnage ; c'est la proportion entre la surface échantillonnée et la surface totale de la zone d'étude. La surface réellement échantillonnée est calculée à partir de la longueur de la radiale, de l'altitude moyenne au cours du vol qui est pondérée par une correction liée à la variation de l'altimètre de bord si nécessaire.

La surface échantillonnée doit également être représentative de l'ensemble de la zone étudiée. Ceci est le cas dans la présente étude puisque les radiales s'étendaient de la côte vers l'extérieur du récif barrière de façon à couvrir l'ensemble des habitats lagunaires.

3.2.2. Probabilité de disponibilité de l'animal (P_{Di})

Le second facteur concerne la disponibilité de l'animal pour l'échantillonnage. Il est relatif au temps passé par l'animal en surface, lorsqu'il est disponible pour l'observation. Il prend en compte les conditions environnementales telles que la turbidité de l'eau et l'état de la mer qui servent à calculer une classe de détection à laquelle est associée à une probabilité de détection de l'animal (Table 6).

Ces probabilités s'appuient sur des recherches ayant trait au comportement des dugongs et à leur temps de plongée (Chilvers et al., 2004), ainsi que sur des études expérimentales au cours desquelles des maquettes de dugongs, grandeur nature, ont été tractées par un bateau et observées à partir d'un hélicoptère sous les différentes combinaisons de turbidité et de l'état de la mer rencontrées au cours des survols en Australie (Pollock et al 2006). La turbidité et l'état de la mer, notés pour chaque observation de dugong effectuée dans les radiales, permettent donc d'associer une probabilité de détection à chaque observation.

Table 6. Probabilité de détection d'un dugong en fonction de la turbidité et de l'état de la mer.

Turbidité	Beaufort	Classe de détection	Probabilité de détection
1	≤2	1	1
2	≤2	2	0.65
3	≤2	3	0.46
4	≤2	4	0.47
1	> 2	5	1
2	> 2	6	0.47
3	> 2	7	0.30
4	> 2	8	0.47

3.2.3. Probabilité de percevoir un animal (P_{Pi})

Le troisième facteur est la probabilité de perception visuelle ; c'est à dire le fait que l'observateur voit un animal disponible dans la radiale. Ce facteur constitue l'erreur due aux observateurs. En pratique, elle nécessite la présence d'un binôme d'observateur de chaque coté de l'avion. La comparaison des observations réalisées par le binôme permet de calculer la probabilité de perception pour chaque coté grâce à une méthode de capture-recapture (Marsh & Sinclair, 1989b).

La probabilité utilisée dans cette étude a été calculée en Australie dans le cas où un seul observateur est présent de chaque coté de l'avion. Elle est de 0,72 ($\sigma = 0,0159$) pour les observateurs bâbord et tribord (Pollock et al., 2006).

3.2.4. Abondance et facteur d'inflation de la variance (Fiv)

3.2.4.1. Définition des blocs

L'analyse du nombre de dugongs dans les radiales sert à définir des blocs dont les limites correspondent à une discontinuité dans la distribution spatiale des animaux. Ces blocs sont utilisés pour le calcul de l'abondance et de la densité.

En 2003, la surface échantillonnée a été divisée en 5 blocs (Table 7) dont quatre correspondaient aux côtes Ouest et Nord Est où la présence de dugong était avérée ; le cinquième regroupait toutes les autres régions (Garrigue & Patenaude, 2004). Par la suite ce bloc 5 a été scindé en 3 blocs (Table 7, Figure 4) (Garrigue & al., 2008). Ces 7 blocs, utilisés dans Garrigue et al. (2008), ont été utilisés pour l'analyse des données collectées au cours de la saison chaude de 2008.

Table 7. Description des blocs utilisés dans les calculs de densité et d'abondance.

Anciens blocs ¹	Blocs 2003 ² et 2008	Régions géographiques	Etendues	Radiales
1	1	Sud Ouest	De la passe de Boulari à la passe d'Ouarai	98 à 11.2
2	2	Centre Ouest	De la passe d'Ouarai à la passe du Duroc	11 à 27.2
3	3	Nord Ouest	De la passe du Duroc au Nord de la passe de Poum	27 à 39
4	4	Nord Est	De l'Est de l'île de Baaba aux passes d'Ouaième	54 à 65
5	5	Centre et Sud Est	Du Sud des passes d'Ouaième à Yaté	66 à 97
	6	Nord	Du Nord de la passe de Poum aux îles Bélep	40 à 46
	7	Sud	De Yaté à l'île des Pins à la passe de Boulari	99 à 112

3.2.4.1. Calcul de l'abondance

A l'aide des facteurs de corrections liés à la probabilité de détection d'un animal présentés dans les paragraphes précédents, une valeur du nombre d'animaux par bloc (Nhat) a été calculée en utilisant l'estimation de Horvitz-Thompson appliquée au modèle de capture-recapture pour une population fermée (Huggins, 1989, 1991 ; Alho, 1990) :

$$Nhat = \sum [(1/Pi) \times n]$$

L'estimation de la population totale est obtenue en sommant celle de chaque bloc. La densité (D) est obtenue en divisant cette valeur par la surface de la zone d'étude en km².

Afin de tenir compte de la distribution non-aléatoire des groupes dans les radiales, un facteur d'inflation de la variance (Fiv) est associé au calcul de la densité. Il est calculé ainsi :

$$Fiv = Var(Y)/Y = A \sum a_i (y_i/a_i - Y/A)^2 / (k-1)$$

avec :

A : surface échantillonnée dans le bloc ;

Y : nombre de dugongs comptés dans le bloc ;

a_i : surface échantillonnée dans chaque radiale ;

y_i : nombre de dugongs comptés dans chaque radiale du bloc ;

k : nombre de radiales.

¹ Blocs utilisés dans le rapport Garrigue et Patenaude (2004).

² Blocs utilisés dans Garrigue et al. (2008).

3.2.5. Estimation par simulation

Afin d'obtenir une variance plus précise et indépendante des observations sur lesquelles sont basées l'estimation d'abondance de la population, Pollock et al. (2006) ont développé un algorithme qui utilise des simulations itératives (Monte-Carlo) pour déterminer l'écart type de l'estimation pour chaque bloc. Il permet de modéliser les conditions d'échantillonnage dans l'ensemble de la surface du bloc. Les simulations générées par ce programme informatique sont basées sur toutes les sources de variations (taille moyenne des groupes de dugong, effort d'échantillonnage et facteur d'inflation de la variance) ainsi que sur la fréquence des classes de probabilité de détection dans le bloc.

Le programme informatique génère un écart type associé pour chaque bloc (N_{Bi}) à partir des estimations obtenues par simulation ($n = 10\ 000$). La variance de la population est obtenue en sommant la variance de chaque bloc, et l'écart type de la population en prenant la racine carrée de la variance de la population.

$$\text{Var}(N_{\text{pop}}) = \Sigma (\text{Var}(N_{Bi})) = \Sigma (\sigma(N_{Bi})^2)$$

L'écart type de la densité est obtenu en divisant l'écart type de la population par la surface de la zone d'étude.

3.3. Comparaison des deux campagnes d'échantillonnage

3.3.1. Analyses et facteurs utilisés

Toutes les positions correspondant aux observations de groupes de dugongs dénombrés à l'intérieur des radiales survolées en 2003 et en 2008 ont été affichées sur une carte générale de distribution afin de permettre la comparaison des distributions en saison fraîche et chaude.

L'abondance et la densité de dugongs mesurées en 2003 et 2008 ont été comparées par blocs afin d'évaluer s'il existe une différence entre les deux échantillonnages. Pour cela une ANOVA à deux facteurs sans répliquas a été utilisée après avoir testé l'homogénéité des variances grâce à un test de Bartlett.

Une analyse multivariée (régression de Poisson) a ensuite été utilisée afin de rechercher les facteurs responsables de la variation de la densité de dugongs observés au cours des deux campagnes d'échantillonnage et d'estimer leur contribution.

Enfin un test Chi² a ensuite été réalisé sur les deux séries de données pour tenter de décrire l'habitat et analyser les facteurs qui pourraient affecter la distribution.

Les variables explicatives suivantes ont été considérées dans les analyses. Des catégories ont été définies pour chacune d'entre elle.

- L'année (2003 et 2008) ;
- L'heure solaire (par tranche de une heure, les heures GPS ont été corrigées en fonction de l'heure solaire³ qui diffère au maximum de 2

³ <http://www.timeanddate.com/worldclock/astronomy.html?n=723>

minutes de l'heure relevée. La différence maximale entre deux points est donc de moins de 5 minutes rapportée à l'heure solaire) ;

- Le bloc dans lequel l'unité de radiale se trouve (blocs 1 à 7) ;
- L'équipe d'observateurs (cinq observateurs répartis en quatre équipes);
- L'état de la mer selon l'échelle de Beaufort (quatre catégories cf. table 2) ;
- La turbidité (quatre catégories cf. table 4) ;
- La bathymétrie (par tranche de 10 m à partir de données MNT fournies par la DTSI) ;
- La distance à la côte la plus proche (par tranche de 10 km)⁴ ;
- La distance au récif barrière le plus proche (par tranche de 10 km) ;
- La distance à la passe la plus proche (par tranche de 5 km) ;
- Le substrat (à l'exception des passes les catégories de substrat utilisées et sélectionnées dans l'Atlas des récifs coralliens de Nouvelle Calédonie, ont été choisies en fonction de leur capacité à héberger des herbiers de phanérogames (S. Andrefouet, com. pers.) et
- La réverbération de chaque côté de l'avion (quatre catégories cf table 8).

Ce dernier paramètre affecte considérablement la surface réellement échantillonnée au sein de la radiale pendant le survol. Le code de réverbération a servi à pondérer la surface totale observable pour chaque unité d'échantillonnage. Lorsqu'il n'y avait pas de réverbération (code 0) à bâbord et à tribord la surface totale était visible sur une largeur de 800 m (400 m à bâbord et 400 m à tribord) ; la proportion visible est donc considérée comme 100% (Table 8).

Table 8. *Pondération de la surface échantillonnée en fonction du code de réverbération pour chaque côté de l'avion.*

Code de réverbération bâbord	Code de réverbération tribord	Proportion de la surface disponible coté bâbord	Proportion de la surface disponible coté tribord	Unité d'échantillonnage pondérée (m ²)
0	0	100%	100%	800
0	1	100%	75%	700
0	2	100%	50%	600
0	3	100%	25%	500
1	1	75%	75%	600
1	2	75%	50%	500
1	3	75%	25%	400
2	2	50%	50%	400
2	3	50%	25%	300
3	3	25%	25%	200

⁴ Les distances à la côte, aux passes et au récif barrière ont été calculées en ligne droite.

Les substrats utilisés correspondent aux récifs frangeants, terrasses peu profondes et profondes, aux complexes de massifs coralliens, aux passes, à l'extérieur du lagon, comme définis dans la carte Millénium Vs8 disponible sur le site Ifreco⁵. Tous les autres substrats ont été regroupés sous une seule catégorie (Figure 7).

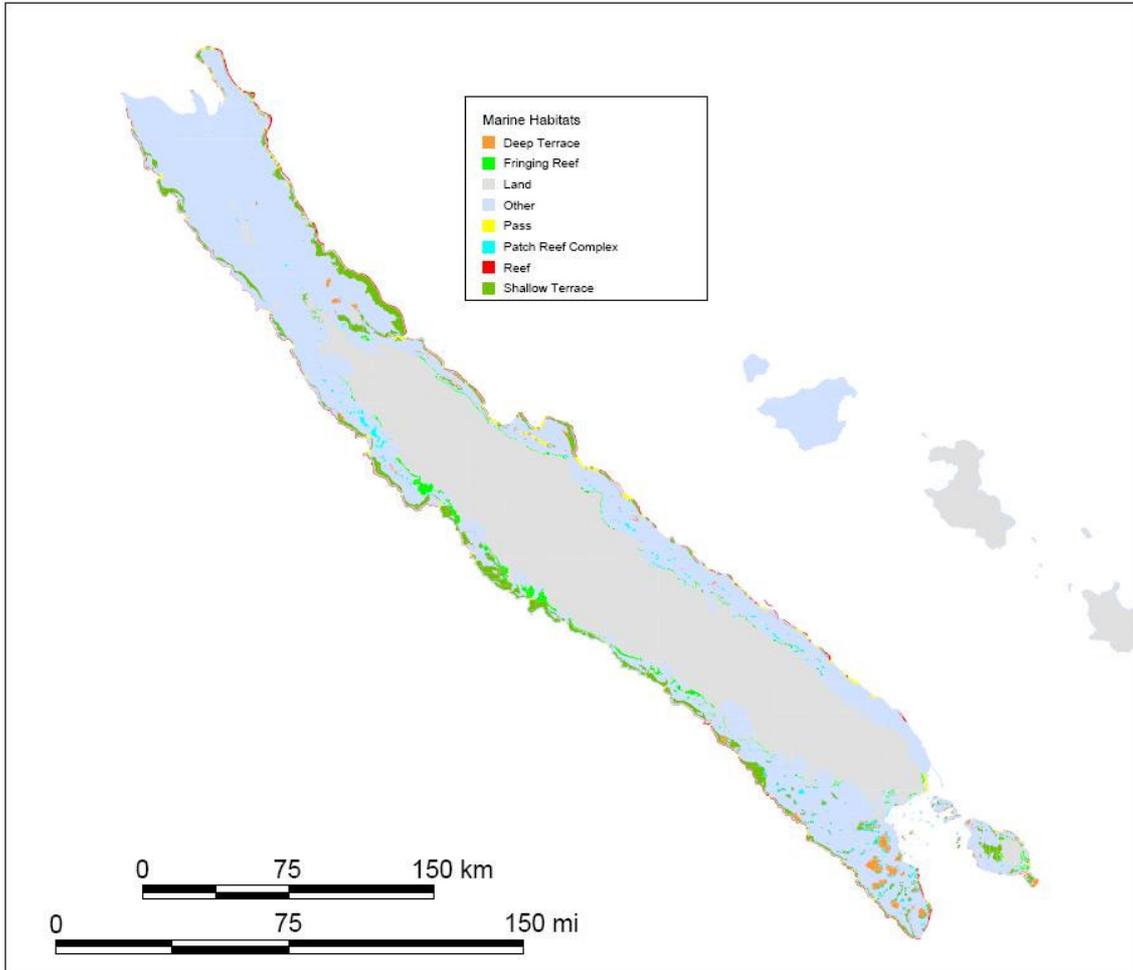


Figure 7. Catégories d'habitat utilisées pour les analyses.

3.3.2. Analyse multivariée

La régression de Poisson modélise les données de comptage et permet de déterminer l'incidence d'une ou plusieurs variables sur la fréquence d'observation d'un événement d'intérêt, dans ce cas-ci le nombre de dugongs.

Toutes les variables utilisées dans la régression de Poisson sont considérées continues à l'exception du numéro de radiale, du code de turbidité, du substrat, du bloc et de l'équipe d'observateurs.

Chaque radiale a été découpée en unité d'échantillonnage de 1 km⁶. Puis une régression de Poisson tenant compte de toutes les variables associées à une unité

⁵ http://www.ifreco.nc/IMG/pour_savoir_plus/telechargement/atlas_des_recifs_coralliens/recifsifreco.zip

⁶ En fin de radiale un tronçon peut faire moins de 1 km.

confiance des observations par catégorie. Le nombre de dugong attendu est proportionnel à la surface échantillonnée et on considère que la densité relative de dugongs est similaire pour chaque catégorie. La valeur attendue est considérée significativement différente si elle se situe en dehors de l'intervalle de confiance de la valeur observée (Manly et al. 1993).



4. RESULTATS

Un total de 58 heures et 25 minutes a été nécessaire pour survoler l'ensemble des radiales. La durée des survols a varié entre 3h46 et 5h50 et l'état de la mer a varié entre 1 et 4 sur l'échelle Beaufort. La presque totalité des lagons entourant la Grande Terre a été échantillonnée en janvier 2008, sur une période relativement courte. L'échantillonnage s'est cependant poursuivi sur une longue période (jusqu'à mi mars) pour effectuer le survol du Grand lagon Nord. Dans cette zone il est en effet difficile d'avoir des conditions météorologiques suffisamment bonnes pour effectuer des comptages d'espèce aussi discrète que les dugongs.

4.1. Effort d'échantillonnage

L'effort d'échantillonnage est identique pour les deux campagnes d'échantillonnage 2003 et 2008 à l'exception du secteur Nord du grand lagon Nord. La totalité du grand lagon nord a été survolé en 2008 (radiales 40 à 52) contrairement à l'échantillonnage conduit en 2003 où seule la partie sud ouest de ce lagon située entre la grande Terre et le nord des îles Bélep avait pu être échantillonnée (radiales 40C à 46C).

Les comptages aériens ont été réalisés en 11 jours. Du fait des contraintes logistiques et météorologiques répartis entre le 7 janvier et le 14 mars 2008. Le détail de chaque plan de vol est fourni en annexe I.

Les heures de vol ont été décalées en fonction des saisons. En 2003 les vols ont été effectués entre 7h05 à 16h47 alors qu'en 2008 les vols ont été conduits entre 6h30 et 11h15 et entre 13h23 et 17h30.

4.2. Observation et composition des groupes

4.2.1. Généralités sur les survols

Un total de 78 groupes de dugongs comprenant 107 individus a été observé au cours des survols aériens (Table 9). Quatorze pourcent des groupes observés contenait un veau (n=11). Le nombre de veau observé au sein d'un groupe n'a jamais excédé un.

Le nombre maximum de dugongs a été observé le 8 janvier. Ce jour, 29 dugongs répartis dans 23 groupes ont été comptés à l'intérieur et à l'extérieur des radiales dans le secteur Sud Ouest de la zone l'échantillonnage, c'est-à-dire entre Nouméa et la baie de St Vincent. Ce chiffre représente le nombre minimum de dugong présent dans cette région ce jour là.

Les observations effectuées durant les trajets et celles recueillies à l'extérieur des radiales représente 49 % de tous les groupes observés (n = 51). Ces observations ne sont utilisées que pour l'étude de la distribution de l'espèce car elles ne sont pas

corrigées pour le double comptage probable, les trajets effectués au cours des transits survolant les mêmes lieux à plusieurs reprises.

Table 9. Nombre de groupes et nombre de dugongs observés au cours des survols.

Date	Dans les radiales		A l'extérieur des radiales		Lors des trajets		Total	
	Nombre total : groupe/individu	Nombre veaux : groupe/individu	Nombre total : groupe/individu	Nombre veaux : groupe/individu	Nombre total : groupe/individu	Nombre veaux : groupe/individu	Nombre total : groupe/individu	Nombre veaux : groupe/individu
07/01/08	1/1	0	0	0	0	0	1/1	0
08/01/08	20/26	3/3	2/2	0	1/1	0	23/29	3/3
09/01/08	2/2	0	0	0	5/6	0	7/8	0
10/01/08	1/2	0	0	0	3/6	0	4/8	0
14/01/08	0	0	0	0	8/10	1/1	8/10	1/1
21/01/08	7/13	3/3	0	0	2/3	1/1	9/16	4/4
22/01/08	4/9	2/2	1/1	0	5/5	0	10/15	2/2
13/02/08	0	0	0	0	2/2		2/2	0
14/02/08	2/3	0	0	0	11/13	0	13/16	0
13/03/08	0	0	0	0	1/2	1/1	1/2	1/1
Total	37/56	8/8	3/3	0	38/48	3/3	78/107	11/11

Des comportements de reproduction ont été observés dans un groupe de cinq animaux rencontré le 21 janvier 2008 sur la côte Est.

4.2.2. Survols des radiales

Au cours du survol des radiales 37 observations ont été réalisées. Un total de 56 dugongs, dont huit veaux, a été dénombré à l'intérieur des radiales. Les veaux représentent 14,3% des animaux observés.

Le nombre maximum de dugongs observés au sein d'un groupe était de cinq. Des groupes de dugongs composés de cinq individus ont été observés à deux reprises : la première fois au cours du survol de la radiale 30.2 sur la côte Nord-Ouest, et la deuxième fois lors du survol de la radiale 69 au niveau de Touho. Chacun de ces groupes comprenait un veau.

La taille des groupes varie de 1 à 5 individus (Figure 9), pour une moyenne des groupes de 1,5 individu ($\sigma = 1,0$). Les animaux rencontrés étaient le plus souvent solitaires ($n = 25$ soit 68%). Les paires représentent 24% des groupes ($n = 9$), la moitié était composée d'une femelle suitée (mère accompagnée par son veau). Les groupes contenant plus d'un individu étaient accompagnés d'un petit dans 66% des cas.

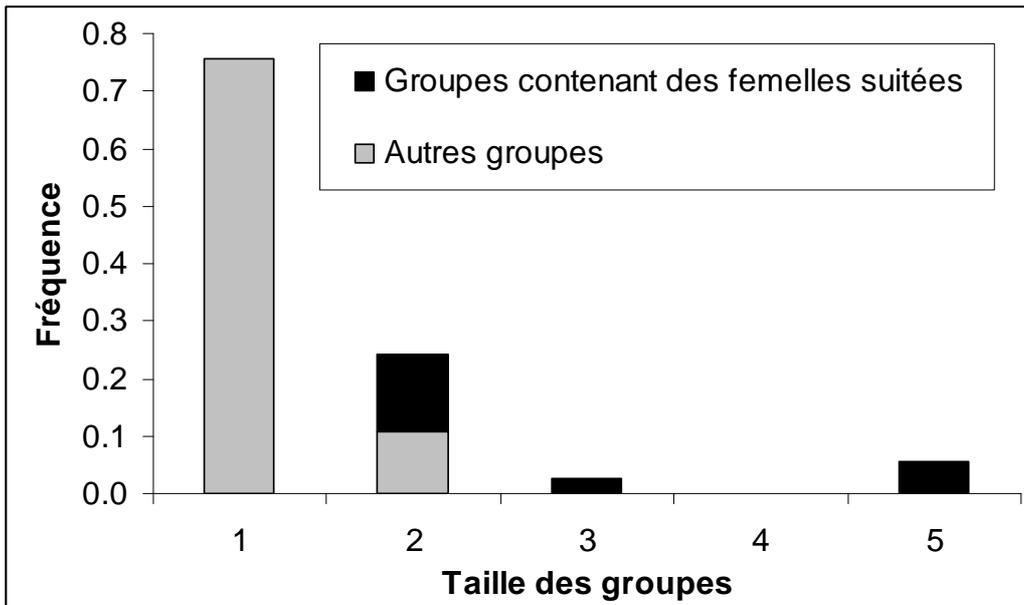


Figure 9. Fréquence de la taille des groupes observés au cours du survol des radiales en saison chaude 2008.

4.3. Distribution des dugongs

4.3.1. Distribution spatiale

Toutes les observations réalisées au cours des survols aériens (n = 78) ont été cartographiées afin d'établir la distribution générale des dugongs autour de la Grande Terre en saison chaude (Figure 10).

La distribution des dugongs n'est pas uniforme autour de la Grande Terre. La majorité des observations a été faite sur la côte Ouest (n = 64, 82 %) où la distribution est discontinue. Les observations sont régulières dans l'ensemble du bloc 1 tandis qu'elles sont éparées dans les blocs 2 et 3. Aucune observation n'a été faite dans certaines zones : entre La Coupée Mara et le Nord de Népoui, entre Voh et Koumac ou entre Koumac et la baie de Tanlé. Quatorze pourcent des groupes (n=11) a été observé sur la côte Est où des groupes épars ont également été relevés au Nord Est de la côte jusqu'au Nord de Touho (bloc 4 et Nord du bloc 5). Des observations isolées ont été faites aux îles Bélep (bloc 6, n = 2) et dans les îlots du lagon Sud (bloc 7, n = 1).

La distribution spatiale des groupes contenant des veaux recoupe la distribution spatiale générale (Figure 11). Ils ont été observés au Nord et au Sud de la côte Ouest, ainsi qu'au Nord Est de la Grande Terre.

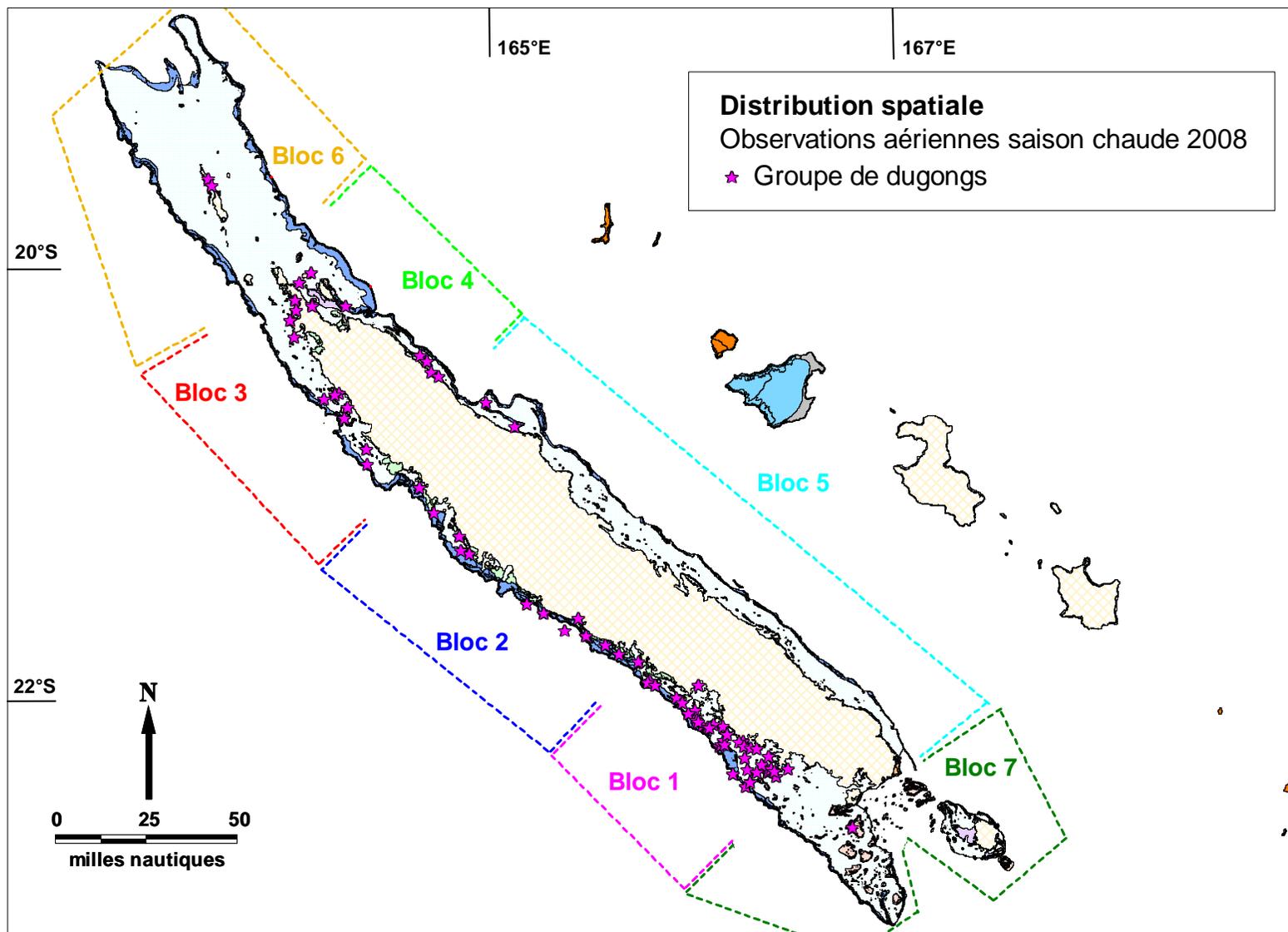


Figure 10. *Distribution générale des groupes de dugongs autour de la Grande Terre en saison chaude 2008.*

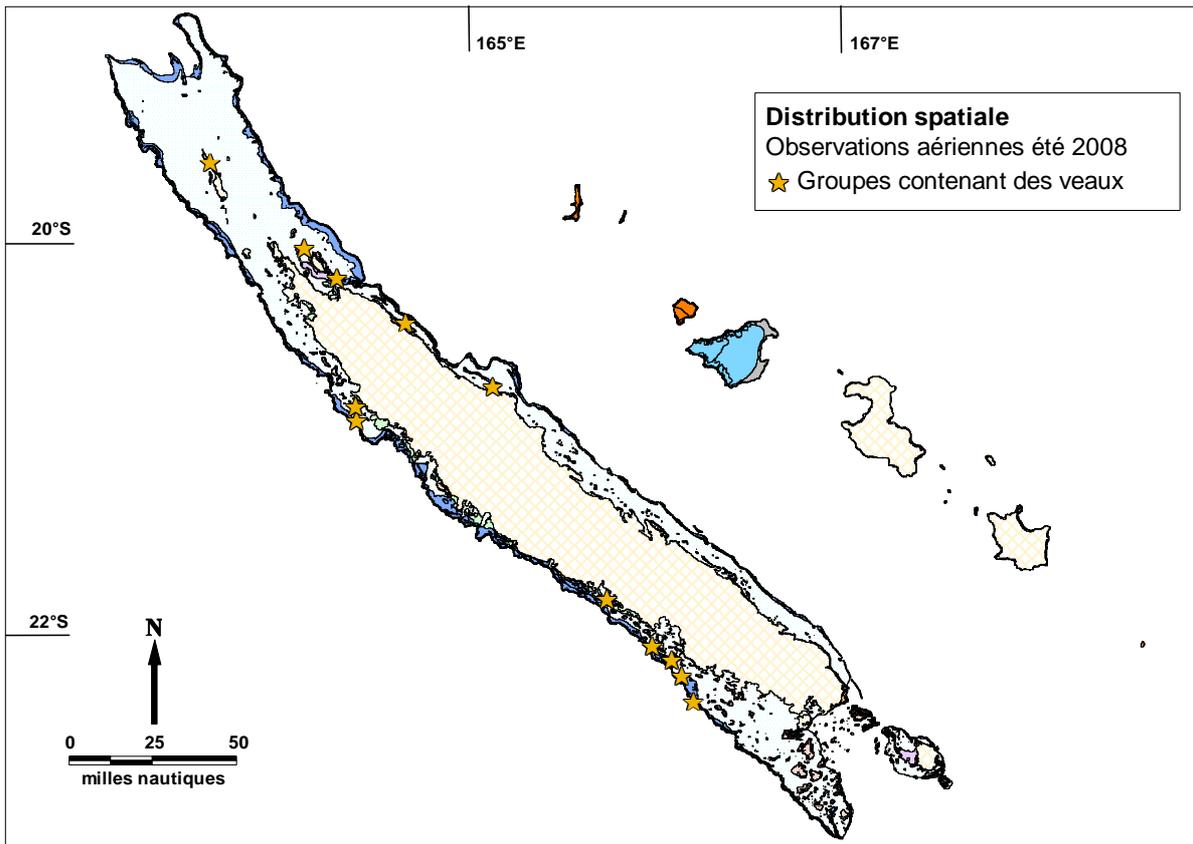
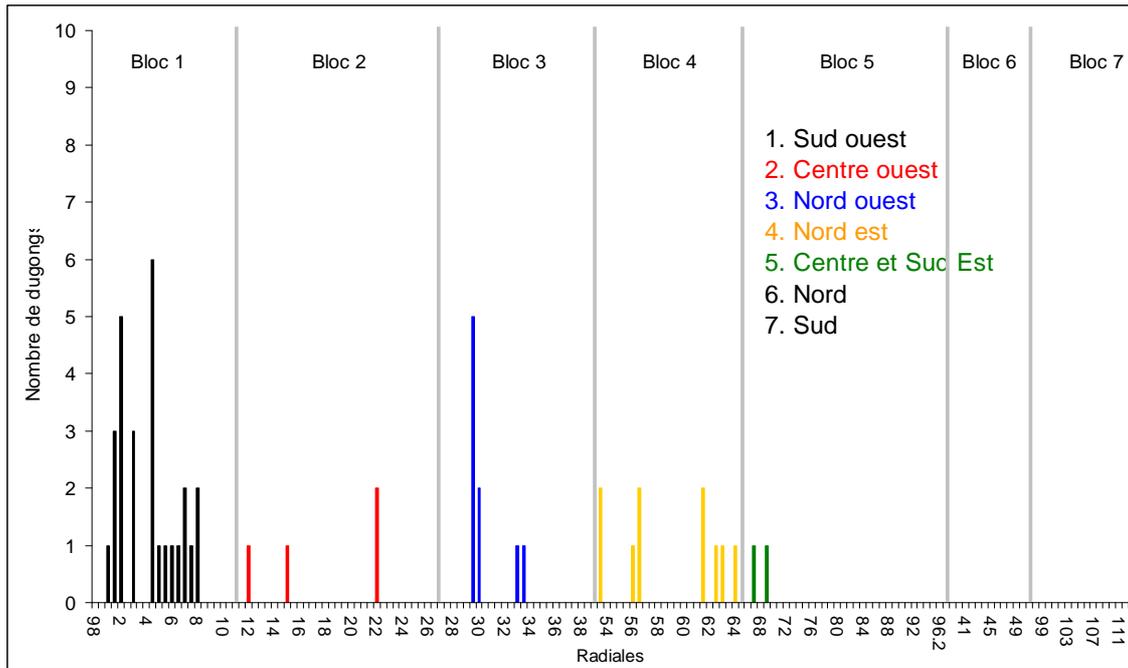


Figure 11. *Distribution générale des groupes de dugongs contenant des veaux autour de la Grande Terre en saison chaude 2008*

4.4. Abondance et densité de la population

Le calcul de l'abondance des dugongs autour de la Grande terre a été effectué à l'aide des données relevées à l'intérieur des radiales, en suivant la méthodologie utilisée en 2003 (Garrigue et al., 2008).

La distribution des dugongs étant similaire en 2008, l'utilisation des blocs définis en 2003 s'avère appropriés pour les analyses d'abondance (Figure 12). L'abondance a été calculée séparément pour chaque bloc. La taille de la population a été obtenue en sommant l'abondance de chaque bloc (Table 10).



4.5. Comparaison entre les deux campagnes d'échantillonnage

En 2003 l'intégralité du lagon Nord n'avait pas pu être échantillonnée car de mauvaises conditions météorologiques avaient empêché tout survol au Nord des îles Bélep ainsi qu'à l'Est de celles-ci. Aucun dugong n'a été observé en 2008 dans la zone non échantillonnée en 2003. Cette zone additionnelle a été exclue des analyses (multivariée et univariée) afin d'obtenir des échantillonnages identiques pour la comparaison entre les deux périodes d'échantillonnage.

4.5.1. Composition et taille des groupes

Le nombre total de groupes de dugongs observés au cours de l'échantillonnage réalisé en saison chaude 2008 ($n = 78$) est deux fois moins élevé que le nombre de groupes recensés en saison fraîche 2003 ($n = 181$ groupes, Garrigue & Patenaude, 2004). La taille moyenne des groupes de dugongs calculée en 2008 ($t_{moy} = 1,5 \sigma = 1,0$) n'est pas statistiquement différente de celle mesurée en 2003 ($t_{moy} = 1,5 \sigma = 1,1$) (Mann-Whitney, $p > 0,5$). Par contre, le nombre maximum d'individus observés dans un groupe a diminué puisqu'il est passé de 13 dugongs en 2003 à 5 dugongs en 2008.

Le nombre de veaux dénombrés en 2008 ($n = 8$) est similaire à celui de 2003 ($n = 9$) mais le pourcentage de veaux observés en 2008 (14,3%) est statistiquement supérieur à celui mesuré en 2003 (7,2%) ($\chi^2 5,14, p < 0,05$).

4.5.2. Distribution générale

La distribution générale de l'espèce obtenue au cours de l'été 2008 recoupe largement celle obtenue en 2003 pendant la saison fraîche. La superposition des seules observations effectuées à l'intérieur des radiales confirme la similitude des distributions tout en soulignant une diminution du nombre d'observation dans la partie centrale et Nord de la côte Ouest (Figure 13). La distribution des groupes contenant des veaux est similaire à celle observée en 2003.

La zone dans laquelle le plus grand nombre de dugongs a été observé en 2008 se situe sur la côte Sud Ouest de la Grande Terre, zone qui était également la plus fréquentée par les dugongs en 2003. Les résultats obtenus en saison chaude confirment la faible occupation des lagons Nord, Sud et Sud Est ainsi que de la partie médiane de la côte Est déjà notée en 2003. Aucun groupe n'a été observé dans cette zone centrale de la côte Est en 2008.

4.5.3. Abondance et densité

Le nombre de groupes de dugongs dénombrés à l'intérieur des radiales en saison chaude ($n = 37$) est deux fois moins élevé que le nombre de groupes qui y avait été recensés en saison fraîche ($n = 82$) (Garrigue & Patenaude, 2004).

Le nombre de dugongs dénombrés dans les radiales en 2008 ($n = 56$) ne représente que 45 % de celui qui avait été compté en 2003 ($n = 125$). Il en découle une différence importante dans les estimations de la taille de la population établies pour 2003 et 2008.

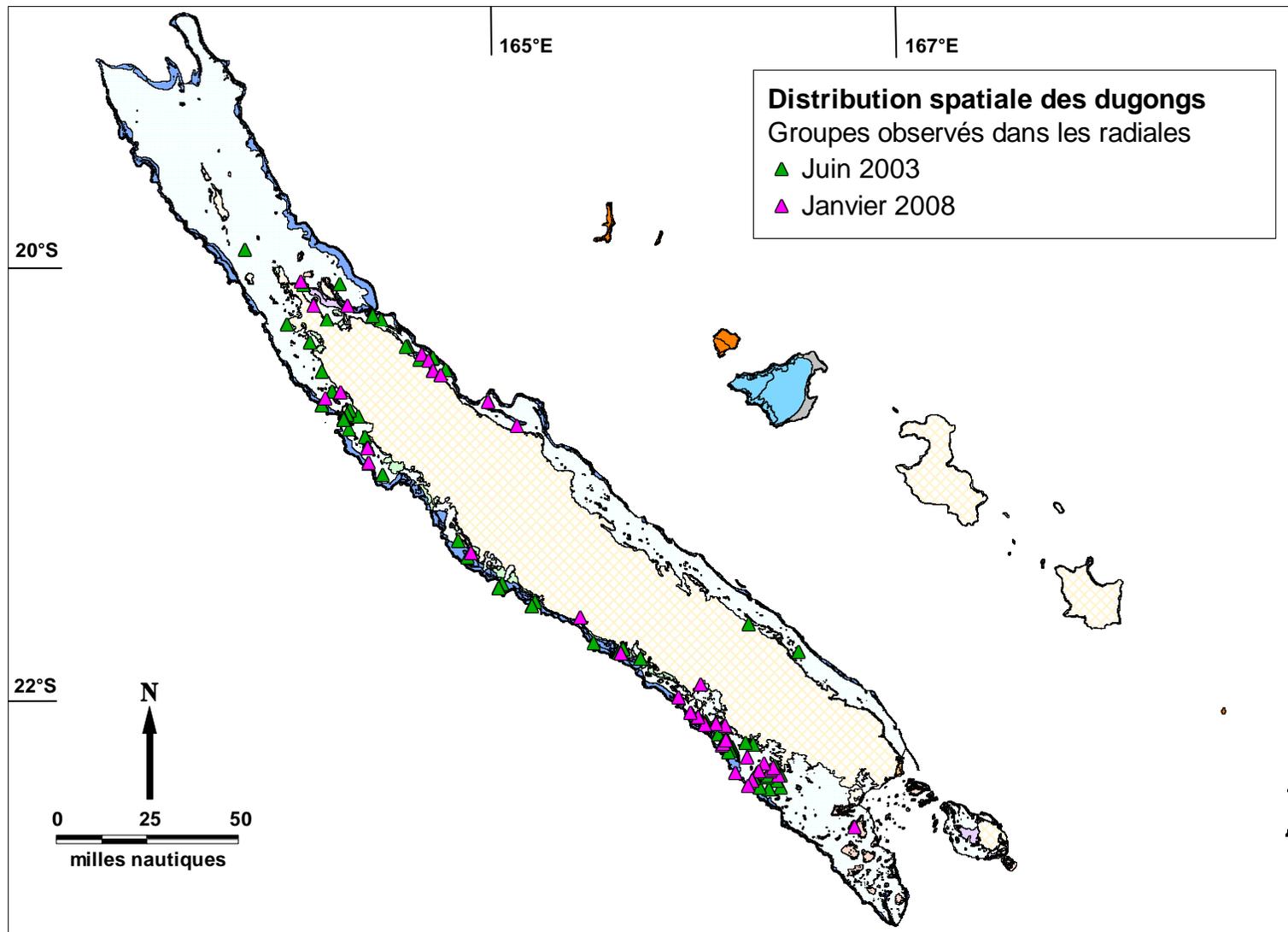


Figure 13. *Distribution des groupes de dugongs observés dans les radiales de comptage en saison fraîche 2003 et en saison chaude 2008.*

En 2008, la taille de la population de dugongs de la Grande Terre est estimée à 964 individus ($\sigma = 241$, $CV = 0,25$) ; en 2003 elle était estimée à 1814 ($\sigma = 332$, $CV = 0,18$) (Table 11). Ces deux estimations d'abondance de la population sont significativement différentes (Anova, $F = 16,50$, $p < 0,05$). La densité globale obtenue en 2008 est très faible ($0,04$ dugongs/km²) ; elle était plus de deux fois supérieure ($0,10$ dugongs/km²) en 2003. Cette différence de densité est statistiquement significative (Anova, $F = 13,26$, $p < 0,05$).

Table 11. *Comparaison des abondances et des densités entre 2003 et 2008 (Y : Nombre de dugongs observés, A : surface totale, NA : nombre de dugongs estimés, D : densité en nombre de dugongs/km²).*

Blocs	Y (2003)	Y (2008)	NA 2003 ⁷	NA 2008	Densité 2003	Densité 2008
1	52	26	784,54	400,64	0,385	0,197
2	30	4	384,16	60,20	0,243	0,038
3	23	9	360,48	177,23	0,164	0,081
4	17	10	285,29	169,96	0,159	0,095
5	2	6		156,34		0,039
6	1	0				
7	0	1			0	
Total	125	56	1814,46	964,36	0,099	0,041

4.6. Variables explicatives de la densité de dugongs et de la distribution de cette densité

La relation entre la densité de dugongs observés par unité d'échantillonnage et l'ensemble des variables a été modélisée par une régression de Poisson. L'année a été incluse aux différentes variables considérées dans cette analyse afin de déterminer si la période d'échantillonnage explique (en partie ou en totalité) la variation de la densité.

L'analyse multivariée a mis en évidence trois variables expliquant la variation de la densité de dugongs par unité d'échantillonnage. Parmi toutes les variables incluses dans l'analyse, la régression de Poisson confirme que l'année ou la saison d'échantillonnage est un des principaux facteurs expliquant la variation de la densité de dugongs ($F = 10,17$; $p = 0,0014$; Table 11). Les deux autres variables responsables de la majeure partie de la variance sont la distance à la côte et l'état de la mer (Table 11).

⁷ Une correction a été appliquée aux données de 2003 présenté dans le rapport Garrigue et Patenaude (2004).

Table 12. Nombre de dugongs observés en fonction des variables estimées par une régression de Poisson. Note: $df = 11994$; Dispersion 2,56. *b*- cette valeur et l'intervalle de confiance ne sont pas calculés car il est difficile de définir une unité de covariable pour un terme quadratique.

Termes du modèle	Coefficient	σ	Valeur de F	P	% de changement du nombre de dugongs observés par unité d'incrément	Borne inférieure	Borne supérieure	Covariable
Intersection	2,0690	0,3741						
Effets principaux								
Distance à la côte	0,1657	0,0798	5,11	0,0239	<i>b</i>			Km
Distance à la côte ²	0,0133	0,0051	12,66	0,0004				Km
Année	0,788	0,2567	10,17	0,0014	-54,48	-119,70	10,74	Année
Beaufort	0,5194	0,2286	6,14	0,0132	-40,45	-96,84	15,94	

Les analyses univariées ont permis d'interpréter la relation entre la densité de dugongs observés et les variables utilisées pour l'analyse ainsi que de décrire l'habitat des dugongs. Sur les graphiques les symboles rouges représentent les catégories pour lesquelles le nombre de dugongs observés est significativement plus élevé que le nombre de dugongs attendus et les symboles bleus les catégories pour lesquelles le nombre observé est significativement moins élevé que le nombre attendu. Pour les variables discontinues sur les graphiques en bâton, le symbole * représente une catégorie où le nombre de dugongs observé est significativement différent que le nombre attendu par rapport la moyenne du nombre de dugongs observés. Les bâtons bleus indiquent un nombre observé inférieur au nombre attendu et les bâtons rouges une valeur observée supérieure à la valeur attendue.

4.6.1. Distance à la côte

L'analyse univariée indique que la densité de dugongs varie significativement selon la distance à la côte pour les deux années d'échantillonnage (pour 2003 $\chi^2 = 69,97$, $df = 15$, $p < 0,0001$; pour 2008 $\chi^2 = 25,53$, $df = 15$, $p = 0,0423$).

En 2003 il y avait significativement plus de dugongs observés qu'attendus entre 5 et 10 km de la côte et significativement moins de dugongs observés au delà de 10 km. En 2008, la tendance de la relation entre la densité de dugongs et la distance à la côte est moins bien définie (Figure 14).

En tenant compte de l'effet des autres variables la régression de Poisson confirme que la densité de dugongs est significativement liée à la distance à la côte (Table 12). La densité maximale de dugongs se situe entre 5 et 10 km de la côte puis diminue rapidement à partir de 10 km de la côte. Très peu de dugongs sont observés au-delà de 20 km (Figure 15).

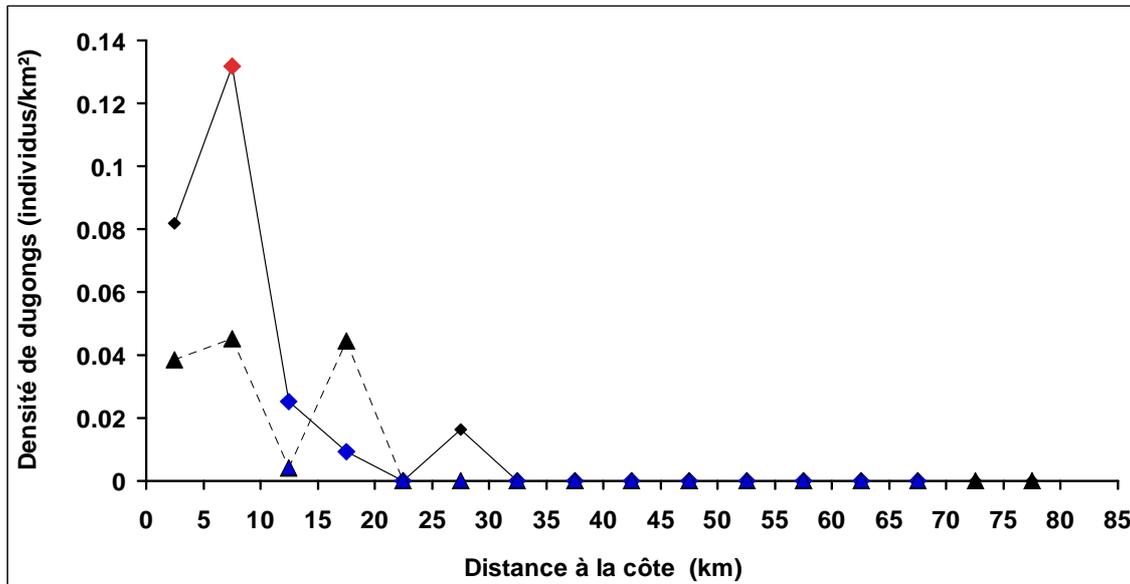


Figure 14. Distribution de la densité du nombre de dugongs en 2003 (losanges) et 2008 (triangles) en fonction de la distance à la côte ($\alpha = 0,05$; χ^2 avec correction de Bonferroni).

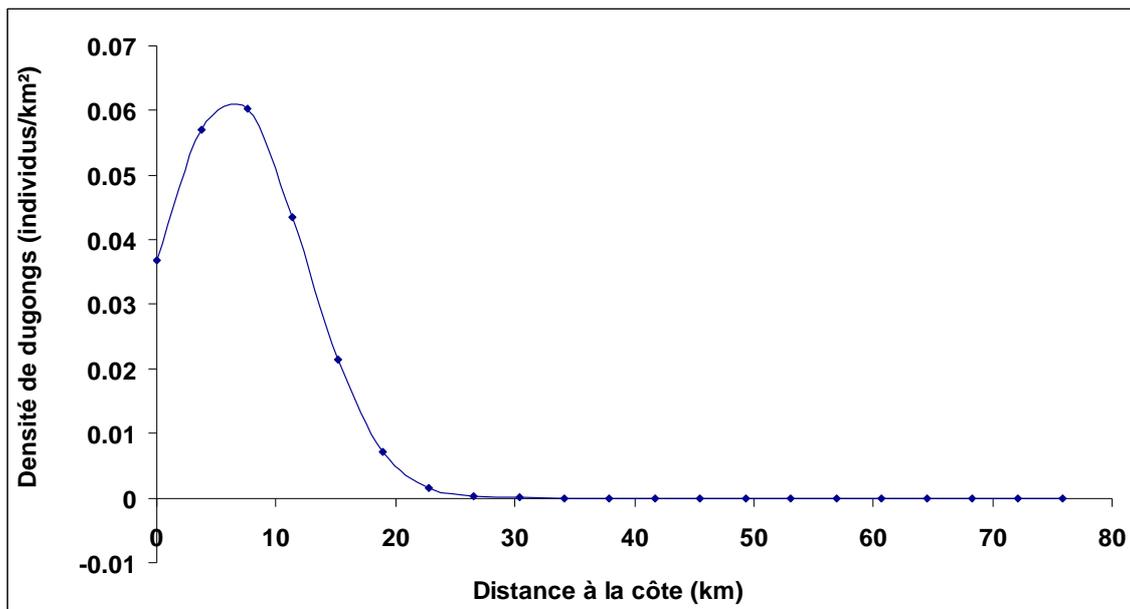


Figure 15. Relation entre la densité de dugongs et la distance à la côte estimée par la régression de Poisson.

4.6.2. Etat de la mer

L'analyse univariée indique que la densité de dugongs varie significativement selon l'état de la mer en 2003 ($\chi^2 = 22,60$, $df = 3$, $p = 0,0001$).

La densité de dugongs observés en 2003 atteint son maximum lorsque l'état de la mer est égal à 1 sur l'échelle de Beaufort où elle est significativement plus élevée qu'attendue. Elle diminue ensuite rapidement et est significativement moins élevée lorsque l'état de la mer est égal à 2 et 3 sur l'échelle de Beaufort (Figure 16).

En 2008, la densité observée est similaire pour des valeurs de Beaufort de 1, 2 et 3 ; elle diminue pour un Beaufort de 4. Les densités observées en 2008 ne sont pas significativement différentes des densités attendues ($\text{Chi}^2 = 0,55$, $df = 3$, $p = 0,9077$).

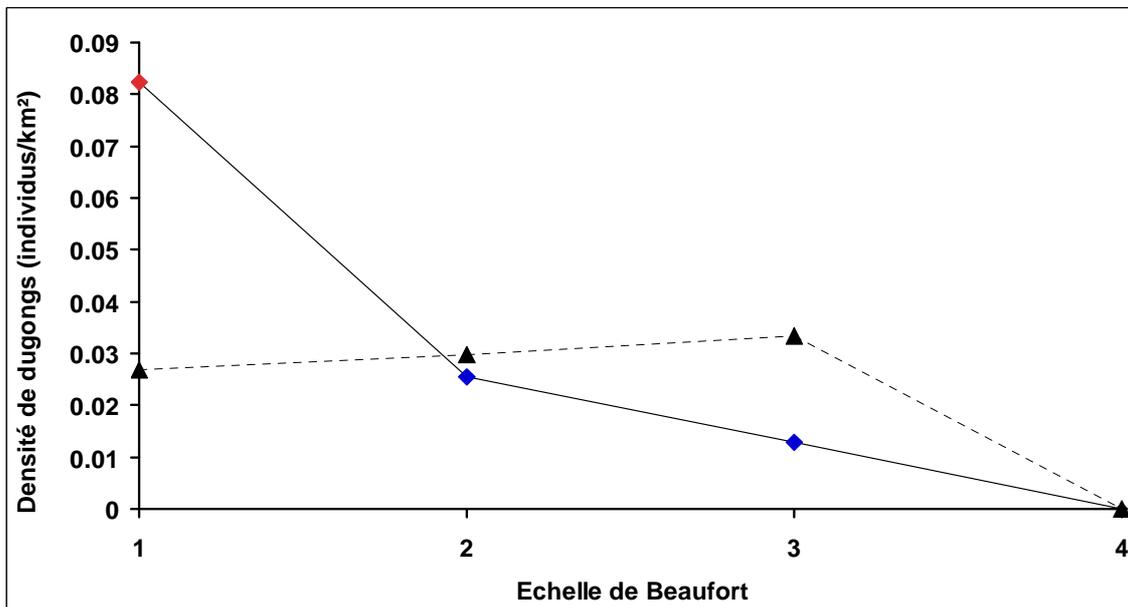


Figure 16. Distribution de la densité de dugongs en 2003 (losanges) et 2008 (triangles) en fonction de l'échelle de Beaufort ($\alpha = 0,05$; Chi^2 avec correction de Bonferroni).

La régression de Poisson confirme que, même en tenant compte de l'effet des autres variables, le nombre de dugongs observés par km^2 est significativement lié à l'état de la mer (Table 12). La densité de dugongs observés diminue proportionnellement à la détérioration de l'état de la mer (Figure 17).

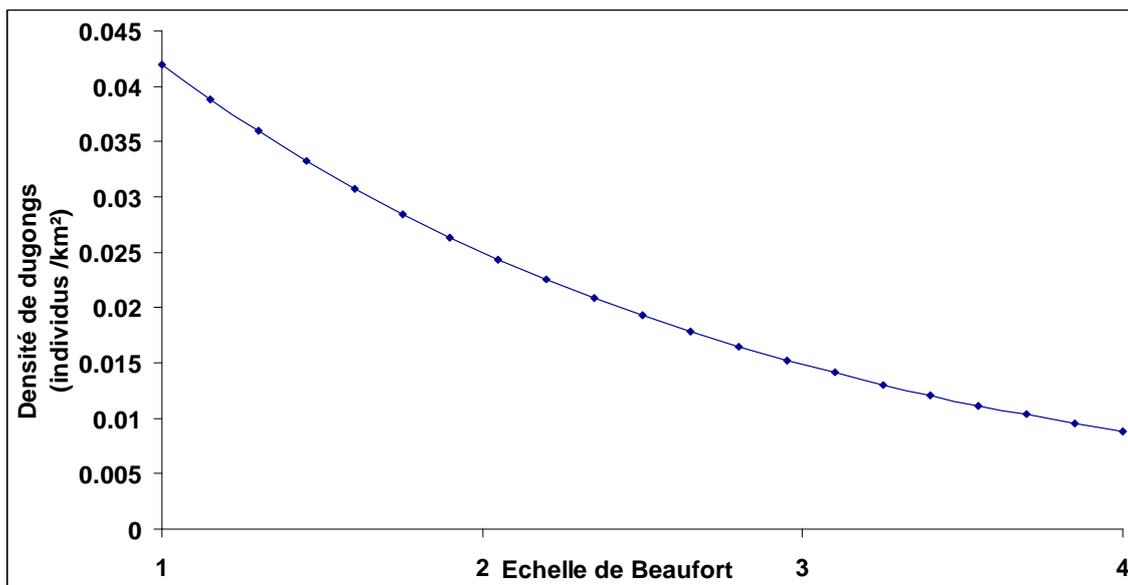


Figure 17. Relation entre la densité de dugongs et l'état de la mer exprimé en échelle de Beaufort estimée par la régression de Poisson.

4.6.3. Distance à la passe

L'analyse univariée indique que la densité de dugongs varie significativement selon les intervalles de distance à la passe en 2003 ($\text{Chi}^2 = 19,71$, $df = 6$, $p = 0,0031$). Il y a significativement moins de dugongs observés entre 10 et 15 km et 20 et 25 km d'une passe en 2003 mais il ne semble pas y avoir de tendance (Figure 18). En 2008, les densités observées selon la distance à une passe ne sont pas significativement différentes des densités attendues ($\text{Chi}^2 = 4,88$, $df = 6$, $p = 0,5590$).

L'analyse multivariée démontre qu'en considérant les autres facteurs, la distance à la passe ne contribue pas à la variation du nombre de dugongs observés.

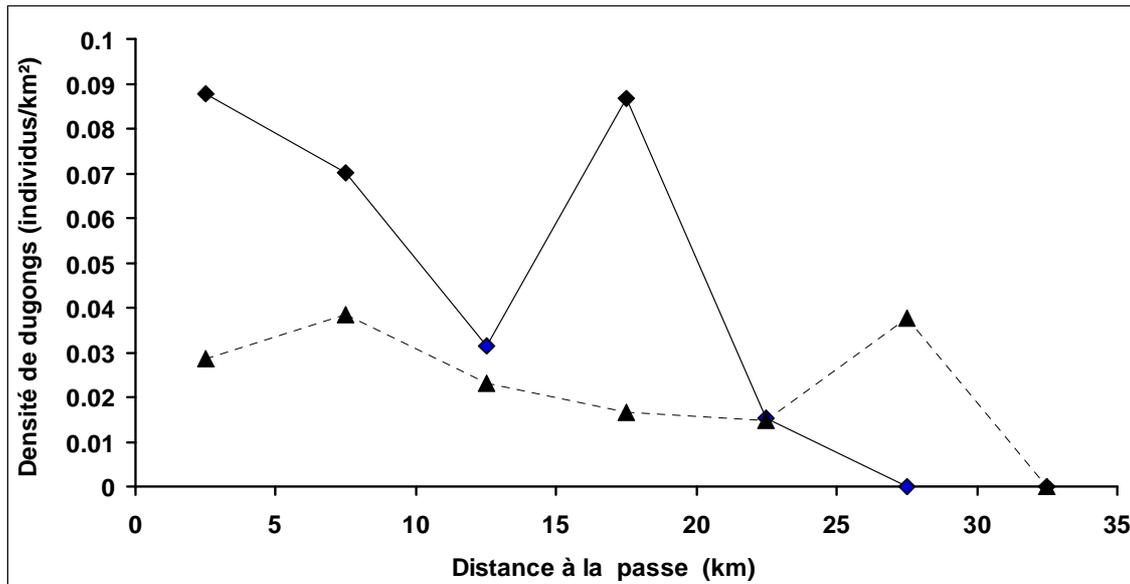


Figure 18. Distribution de la densité de dugongs en fonction la distance à une passe en 2003 (losanges) et en 2008 (triangles) ($\alpha = 0,05$; Chi^2 avec correction de Bonferroni).

4.6.4. Distance au récif barrière

L'analyse univariée indique que la densité de dugongs varie significativement en fonction de la distance au récif barrière en 2003 ($\text{Chi}^2 = 10,58$; $df = 6$; $p < 0,00158$) (Figure 19). La tendance est similaire pour 2008 mais les différences ne sont pas significatives ($\text{Chi}^2 = 6,36$; $df = 6$; $p = 0,4979$).

L'analyse multivariée démontre qu'en considérant les autres facteurs, la distance au récif ne contribue pas à la variation du nombre de dugongs observés.

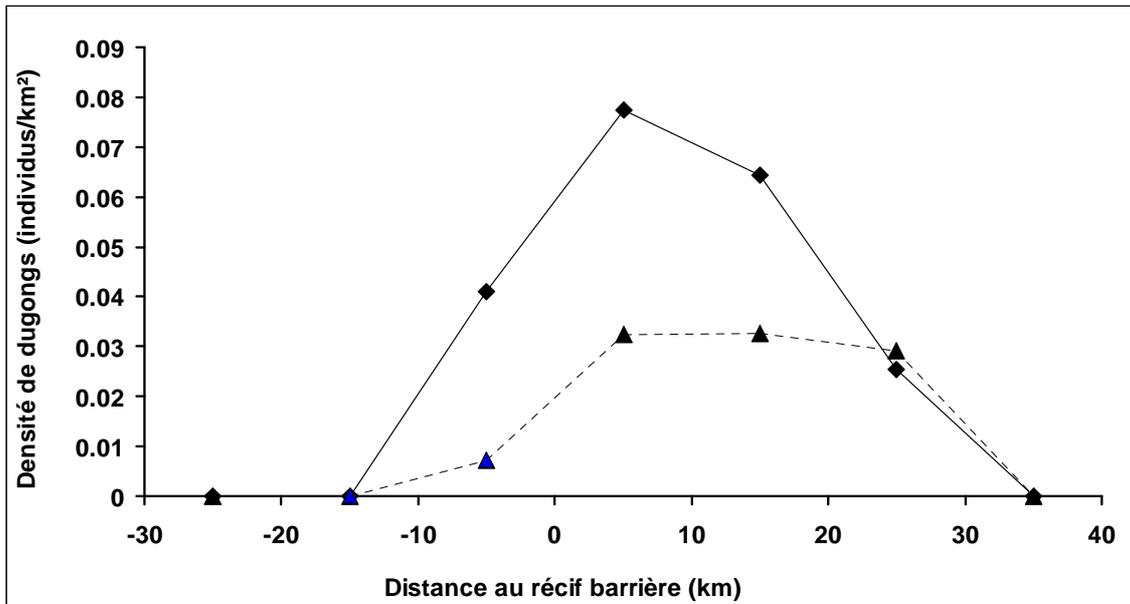


Figure 19. Distribution de la densité de dugongs en fonction de la distance au récif barrière en 2003 (losanges) et en 2008 (triangles). ($\alpha = 0,05$; Chi^2 avec correction de Bonferroni).

4.6.5. La bathymétrie

L'analyse univariée indique que la densité de dugongs varie significativement avec la profondeur pour les deux années (pour 2003 $\text{Chi}^2 = 24,07$; $df = 8$; $p = 0,0022$ et pour 2008 $\text{Chi}^2 = 26,64$; $df = 9$; $p < 0,0016$). En 2003 les plus fortes densités sont observées sur des fonds de 0 et 30 m de profondeur. En 2008 significativement plus de dugongs ont été observés sur des fonds de 10 et 20 m. Pour les deux années il y a significativement moins d'observations de dugongs pour une profondeur supérieure à 50 m (Figure 20).

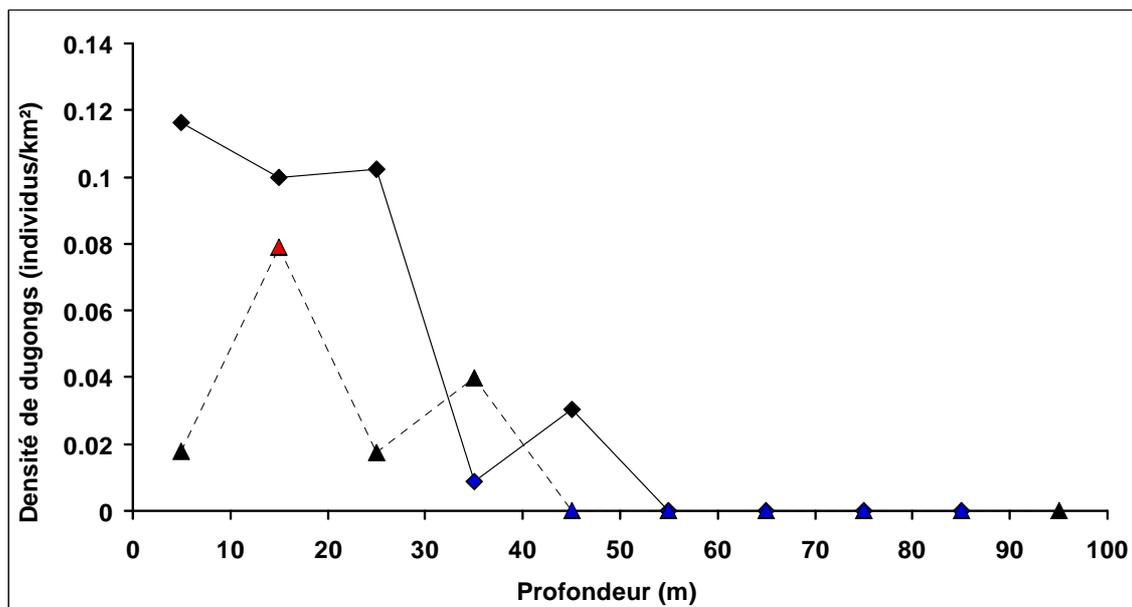


Figure 20. Distribution de la densité de dugongs en fonction de la profondeur en 2003 (losanges) et en 2008 (triangles) ($\alpha = 0,05$; Chi^2 avec correction de Bonferroni).

La régression de Poisson réalisée en incluant les données bathymétriques confirme que le nombre de dugongs par kilomètre carré est significativement lié à la profondeur. Le modèle indique une corrélation inverse avec la profondeur signifiant que plus la profondeur augmente plus la densité de dugongs diminue. La plus grande partie des dugongs se trouvent dans des eaux de profondeur inférieure ou égales à 10 m (Figure 21).

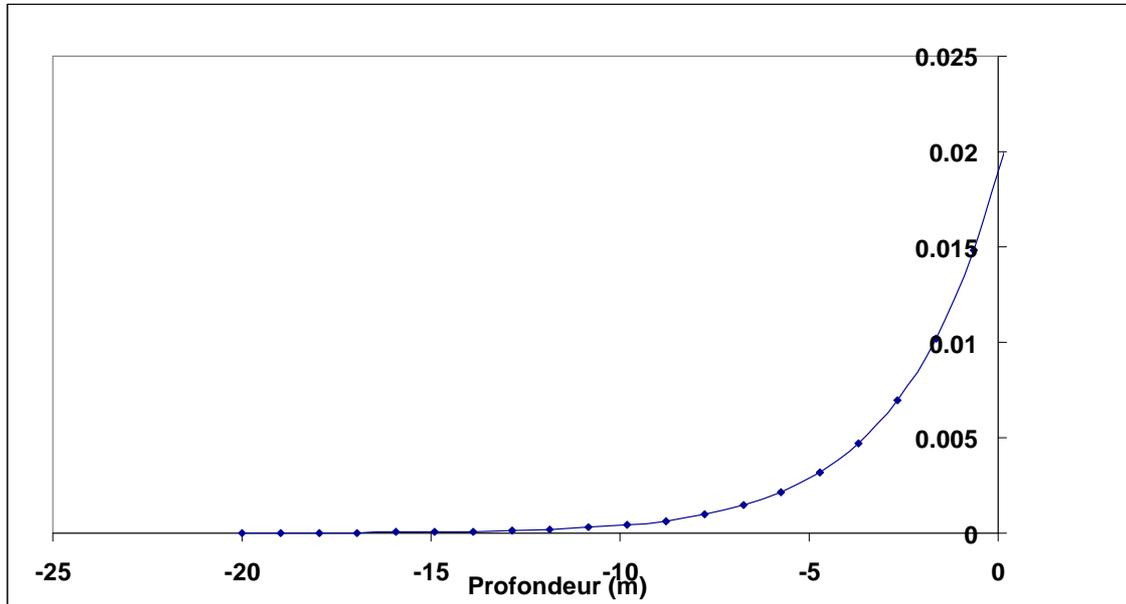


Figure 21. Relation entre la densité de dugongs et la profondeur estimée par la régression de Poisson.

4.6.6. L'heure solaire

L'analyse univariée suggère qu'il y a des différences significatives entre le nombre de dugongs observés et le nombre de dugongs attendu à certaines heures de la journée et ce pour les deux saisons d'échantillonnage (pour 2003 $\text{Chi}^2 = 37,22$; $df = 7$; $p < 0,0001$; pour 2008 $\text{Chi}^2 = 42,38$; $df = 10$; $p < 0,0001$).

En 2003 il y avait significativement plus de dugongs observés entre 11 h et midi et significativement moins entre 9 et 10 heures du matin ainsi qu'entre 1 et 3 heures de l'après-midi. En 2008 c'est l'inverse qui se produit. Il y a significativement plus d'observations de dugongs en début d'après-midi et significativement moins à midi (Figure 22).

L'analyse multivariée montre qu'en tenant compte des autres facteurs, l'heure du jour ne contribue pas à la variation du nombre de dugongs observés.

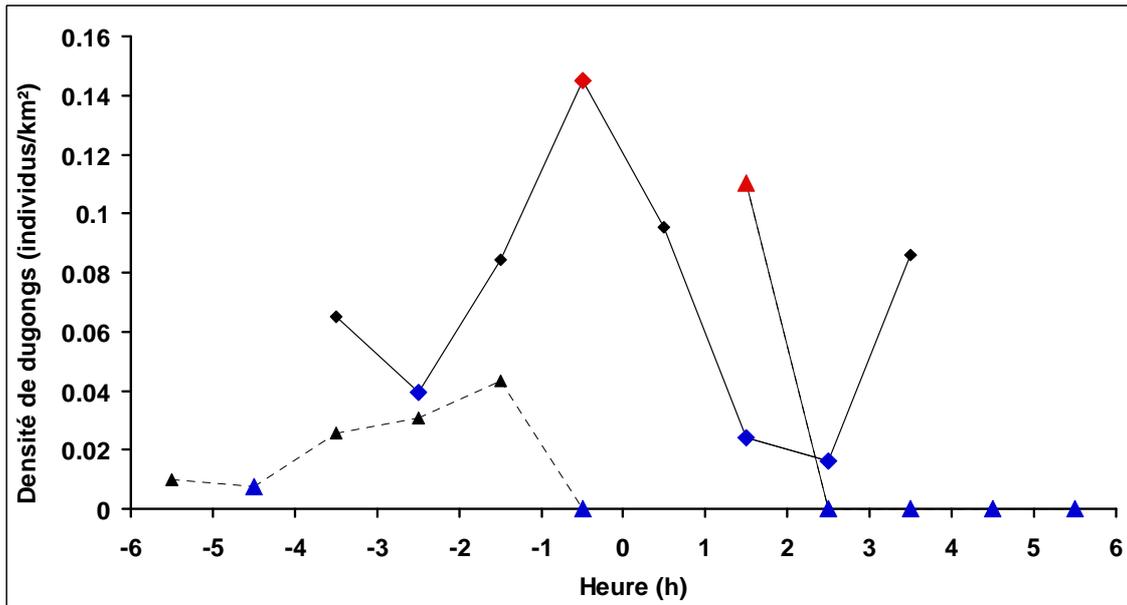


Figure 22. Distribution de la densité de dugongs à différentes heures de la journée en 2003 (losanges) et 2008 (triangles) ($\alpha = 0,05$; χ^2 avec correction de Bonferroni).

4.6.7. La turbidité

L'analyse univariée indique que la densité de dugongs varie significativement selon la classe de turbidité pour les deux années (pour 2003 : $\chi^2 = 21,22$; $df = 4$; $p = 0,0002$; pour 2008 $\chi^2 = 9,99$, $df = 3$; $p = 0,0187$). La tendance est similaire pour les deux années. Le maximum de dugongs est observé pour une turbidité de 2 (lorsque l'eau est claire et que le fond peut être distingué). En 2003, il y a significativement moins de dugongs observés qu'attendus pour une turbidité de 1 et significativement plus de dugongs observés pour une turbidité de 2. En 2008 il y a significativement plus de dugongs pour une turbidité de 2 et significativement moins quand la turbidité est de 3 (Figure 23).

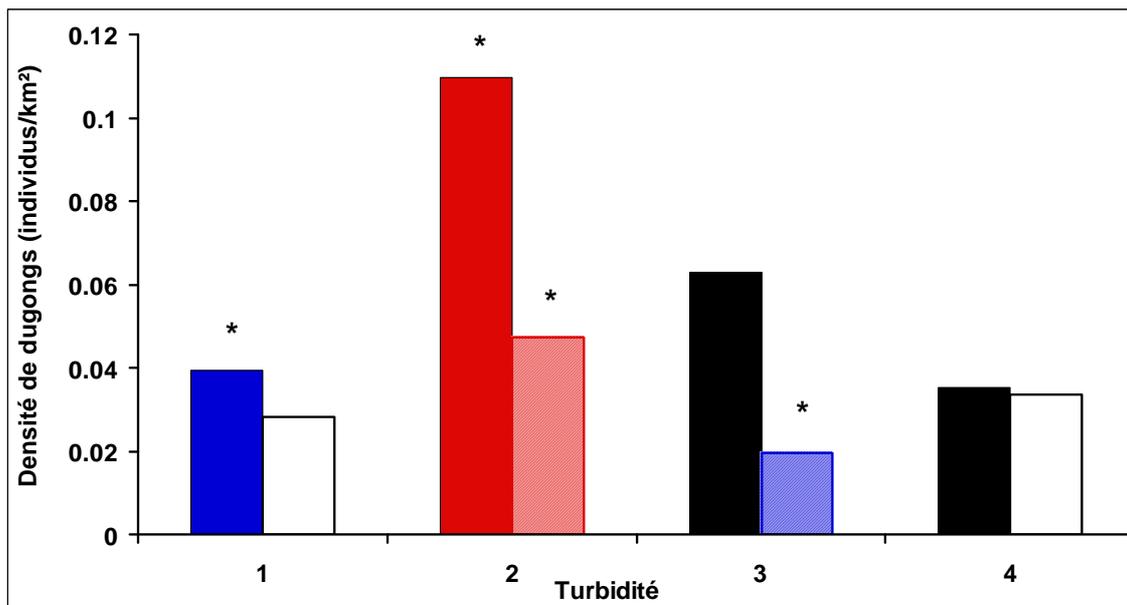


Figure 23. Distribution de la densité de dugongs en fonction de la turbidité en 2003 (noir) et 2008 (blanc) ($\alpha = 0,05$; χ^2 avec correction de Bonferroni).

L'analyse multivariée montre qu'en tenant compte des autres facteurs, la turbidité ne contribue pas à la variance du nombre de dugongs observés.

4.6.8. Le substrat

L'analyse univariée indique que la densité de dugongs varie significativement selon le type de substrat pour 2003 ($\text{Chi}^2 = 53,85$; $df = 5$; $p < 0,0001$) mais pas pour 2008 ($\text{Chi}^2 = 10,18$; $df = 5$; $p = < 0,1173$).

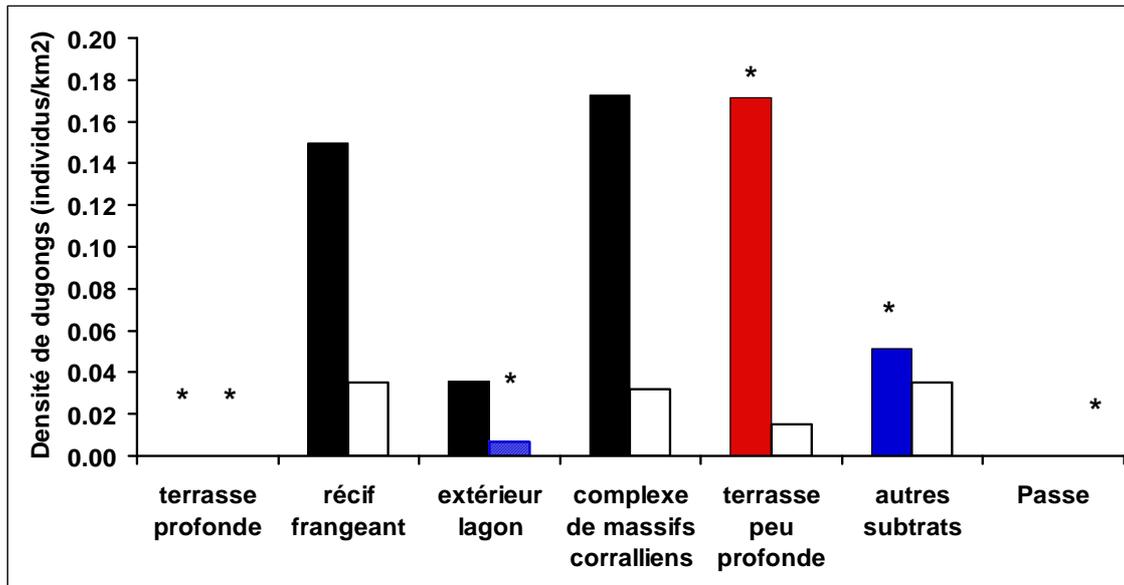


Figure 24. Distribution de la densité de dugongs selon le substrat en 2003 (noir) et 2008 (blanc) ($\alpha = 0,05$; Chi^2 avec correction de Bonferroni).

En 2003 les densités maximales de dugongs correspondent aux récifs frangeants, aux complexes de massifs coralliens et aux terrasses lagonaires peu profondes. En tenant compte de la surface d'échantillonnage il y a significativement plus de dugongs observés qu'attendus sur les terrasses peu profondes (Figure 24). La régression de Poisson indique que le substrat ne participe pas à la variance du nombre de dugongs.

4.6.9. Bloc : la distribution autour de la Grande Terre

L'analyse univariée indique que la densité de dugongs varie significativement selon le bloc échantillonné pour les deux années (pour 2003: $\text{Chi}^2 = 110,56$; $df = 6$; $p < 0,0001$; 2008 : $\text{Chi}^2 = 4,50$; $df = 6$; $p = < 0,0001$).

En tenant compte de la surface échantillonnée pour chaque bloc, Il y a une faiblesse du nombre de dugongs observés dans les lagons Nord et Sud (blocs 6 et 7) et plus de dugongs observés qu'attendus à proximité de Nouméa (bloc 1) en 2003 et en 2008. A l'opposé la région centrale de la côte Ouest (bloc 2) présentait significativement plus de dugongs observés qu'attendus en 2003 mais ceci n'est plus le cas en 2008. Le bloc 5 présentait significativement moins de dugong qu'attendu en 2003 ; ce qui n'est plus le cas en 2008 (Figure 25).

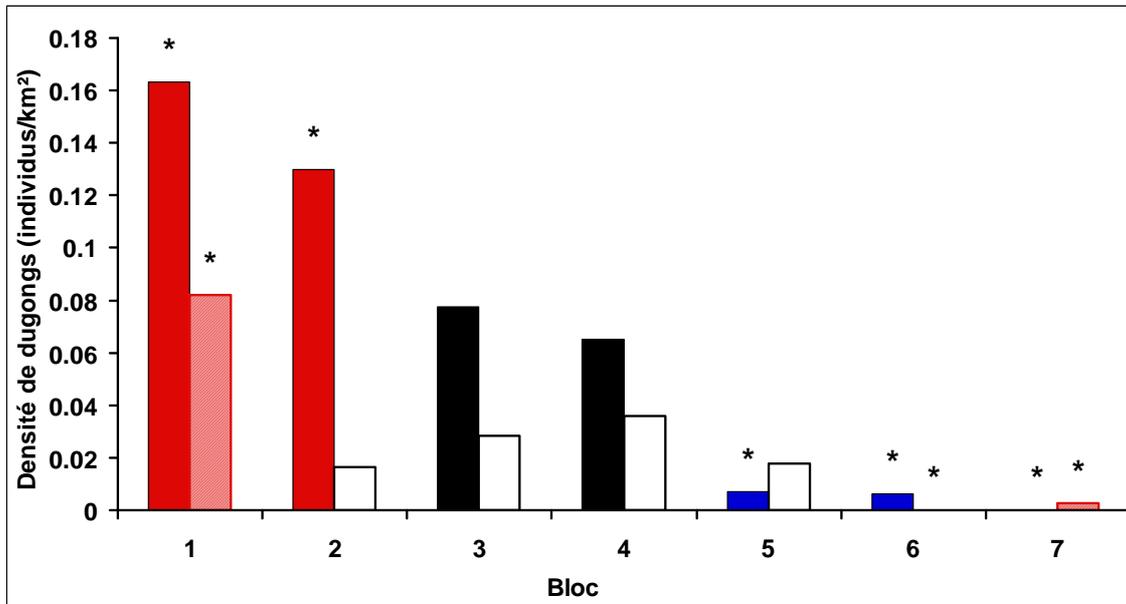


Figure 25. Distribution de la densité de dugongs selon les blocs en 2003 (noir) et 2008 (blanc) ($\alpha = 0,05$; Chi^2 avec correction de Bonferroni).

Par contre l'analyse multivariée indique que la variable bloc n'est pas un facteur expliquant la variance de la densité de dugongs.

4.6.10. Equipe d'observateurs

L'analyse univariée indique que la densité de dugongs varie significativement selon l'équipe d'observateurs pour l'année 2003 uniquement (En 2003 : $\text{Chi}^2 = 23,80$; $df = 1$; $p < 0,0001$; pour 2008 : $\text{Chi}^2 = 3,28$; $df = 1$; $p = 0,0703$; Figure 26). Par contre l'analyse multivariée indique qu'en tenant compte de toutes les variables, l'équipe d'observateur n'est pas un facteur expliquant la variance de la densité de dugongs autour de la Grande Terre entre les deux années.

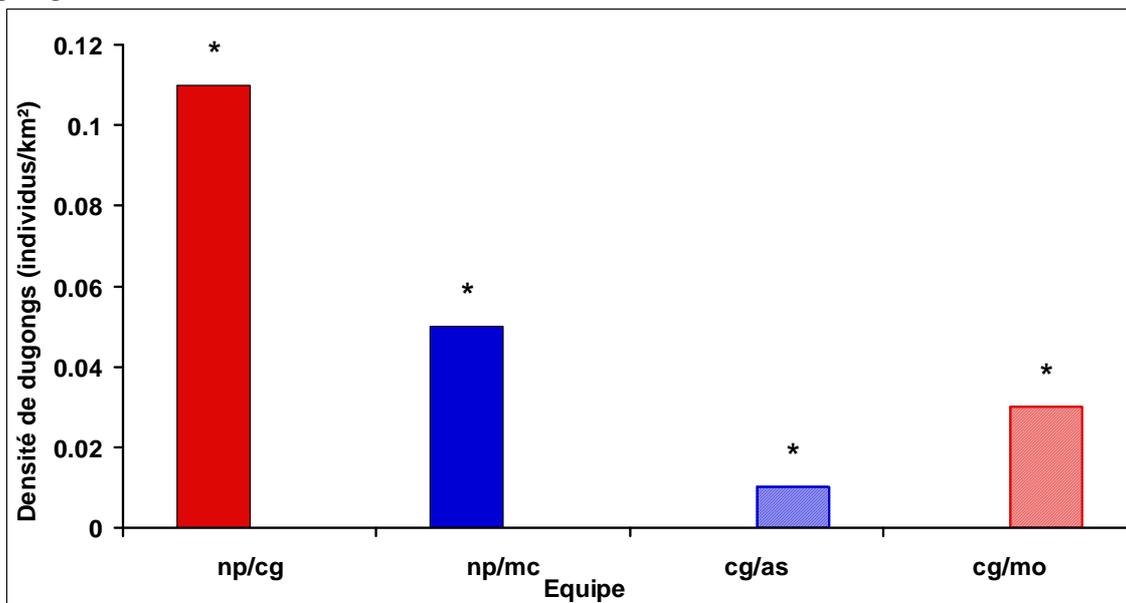


Figure 26. Distribution de la densité de dugongs selon l'équipe d'observateurs en 2003 (noir) et 2008 (blanc). ($\alpha = 0,05$; Chi^2 avec correction de Bonferroni).

5. DISCUSSION

La distribution et l'abondance des dugongs ont été étudiées en saison chaude grâce à une méthode de comptage aérien. Les résultats ont pu être comparés à ceux obtenus lors d'une étude similaire réalisée en saison fraîche (Garrigue & Patenaude, 2004) afin de déterminer l'influence saisonnière sur la distribution, l'abondance et l'habitat de la population de dugongs.

5.1. Composition et taille des groupes

La taille des groupes est identique entre les deux saisons. Les individus solitaires dominant, suivis par les groupes de deux. Ceci reflète la composition des groupes observés dans d'autres sites d'étude (Gales et al., 2004, Hines et al., 2005, MERC, 2006). L'observation de grands groupes de dugongs reste rare bien que des groupes de plusieurs dizaines à quelques centaines d'individus aient été vus dans le golfe arabe et en Australie (Preen, 2004 ; Marsh & Lawler, 2002). En Nouvelle Calédonie des regroupements de quelques dizaines d'animaux ont été observés en dehors des échantillonnages réalisés pour cette étude dans la région du Cap au Nord de Bourail (Garrigue et al., 2008). Leur fonction sociale si elle en a une n'est pas connue.

Le pourcentage de veaux observés en 2008 est comparable à ceux relevés dans d'autres zones de distribution comme la Thaïlande (14 à 25 % Hines et al., 2005) le golfe Arabe (14,5 à 18,7 % Preen, 2004) ou l'Australie (3 à 24 % Marsh et al 1994). Le plus fort pourcentage de veaux relevé en saison chaude (14,3 %) par rapport à la saison fraîche (7,2 %) suggère une période de mise bas en début d'été. Ceci est en accord avec ce qui a été observé en Australie (Marsh et al, 1984) où des nouveaux nés sont vus entre septembre et janvier (Lanyon, 2003). De récentes observations réalisées autour de la Grande Terre sont en faveur de cette hypothèse ; au cours d'un suivi annuel des dugongs dans une portion de la côte Ouest le plus grand nombre de veaux a été relevé au mois de décembre ce qui laisse supposer une mise bas en début d'été (Garrigue et al., 2009).

5.2. Distribution générale

La distribution générale de l'espèce autour de la Grande Terre est similaire en saison chaude et en saison fraîche et confirme que les dugongs se concentrent sur la côte Ouest et en particulier dans sa partie Sud Ouest.

Des dugongs ont été observés dans les mêmes régions au cours des deux comptages aériens à l'exception de la zone centrale de la côte Est où aucun dugong n'a été vu en 2008. Cependant un seul animal avait été recensé dans cette zone en 2003 et les quelques observations réalisées au Sud de Thio étaient dues à la répétition des survols de cette région au cours des transits entre l'aérodrome et la zone de comptage. C'est pourquoi nous considérons que l'absence d'observation

dans cette zone en 2008 ne résulte pas d'une variation saisonnière de la distribution générale de l'espèce à grande échelle.

L'étude de la distribution dans d'autres localités montre différents modèles. Dans les régions les plus fraîches de leur aire de répartition, il semble que la distribution des dugongs soit dépendante de la température de l'eau. A Shark Bay situé en zone sub-tropicale sur la côte Ouest australienne (25-26°S), une variation saisonnière de la distribution liée en partie à la température de l'eau a été mise en évidence (Anderson, 1986 ; Preen et al., 1997, 1994). En hiver un déplacement des animaux est observé vers des eaux plus profondes et plus chaudes de la baie où la température de l'eau ne descend pas au dessous de 18 à 19°C. Dans le golfe arabe des agrégations de dugongs ont été observés en hiver (Preen, 2004) ; elles pourraient être liées à la température de l'eau plus élevée dans cette localité. La distribution y est très différente en été avec une dispersion de la population sur une plus grande surface. Au contraire dans les zones situées au Nord de la zone tropicale, comme le Golfe de Carpentarie au Nord de l'Australie (13-15° S), aucun changement n'a été observé dans la distribution entre la saison sèche et la saison humide (Bayliss & Freeland, 1989). La Nouvelle Calédonie est située dans la partie Sud de la zone tropicale (18 à 22°S) ; les températures minimales de l'eau relevées en saison fraîche peuvent avoisiner 19 à 20°C (Maes, com. pers.). Ces valeurs sont proches de celle relevée dans la région de Shark Bay. Il est donc envisageable que les dugongs de Nouvelle Calédonie répondent, dans une moindre mesure et notamment à micro échelle, à un modèle similaire à celui mis en évidence dans les zones sub tropicales. En effet, l'hypothèse d'un déplacement lié à la température des eaux de surface pourrait être émise au sujet des rassemblements observés dans la région du Cap. La collecte d'informations supplémentaires et leur mise en relation avec les températures relevées permettraient de répondre à cette question.

Une distribution irrégulière des dugongs comme celle observée sur la côte Ouest et le Nord Est de la côte Est de la Grande Terre a été notée dans d'autres localités où les concentrations correspondent généralement à la présence d'herbiers de phanérogames (Marsh et al., 1999, 2002 ; Bayliss et Freeland, 1989 ; Preen, 2004). Il est possible qu'un modèle similaire s'applique en Nouvelle Calédonie, expliquant la discontinuité dans la distribution des dugongs Ceci ne peut être confirmé puisqu'aucune cartographie des herbiers n'est actuellement disponible pour l'ensemble des lagons de la Grande Terre. Une étude permettant de corréliser la densité de dugongs avec la présence d'herbiers pourrait permettre d'éclaircir cette question.

5.3. Description de l'habitat

L'analyse quantitative des facteurs environnementaux a permis de faire une première description de l'habitat des dugongs de Nouvelle-Calédonie à deux périodes de l'année.

La densité de dugong est plus importante dans les zones situées entre 5 et 10 Km de la côte, aussi bien en saison fraîche qu'en saison chaude. La densité diminue rapidement à partir de 10 Km de la côte et seuls quelques rares dugongs sont observés au delà de 20 Km. La relation entre la densité de dugongs et la distance au récif est la même pour les deux saisons et la plupart des dugongs se trouvent entre 0

et 20 km à l'intérieur du récif barrière. Les dugongs observés à l'extérieur de la barrière récifale restent proches de celle-ci. La densité de dugongs varie significativement avec la profondeur pour les deux saisons échantillonnées. Plus la profondeur augmente et plus la densité de dugongs diminue. Pour les régions dans lesquelles des données bathymétriques existent, la majeure partie des dugongs se trouve dans des eaux de profondeur inférieure ou égales à 10 m ; profondeurs auxquelles des herbiers de phanérogames peuvent se développer.

L'ensemble de ces résultats explique la distribution discontinue des dugongs autour de la Grande Terre, et notamment la faible densité de dugongs observés dans les lagons Nord et Sud. Ces deux grands ensembles lagunaires où certaines radiales peuvent atteindre 73 Km de long sont en effet caractérisés par des profondeurs importantes, et une exposition aux vents dominants rendant improbable l'existence de grands herbiers de phanérogames nécessaires à l'alimentation du dugong. Les seules zones susceptibles d'abriter des herbiers de phanérogames sont probablement de taille limitée et situées à proximité immédiate des barrières récifales. Par comparaison sur les côtes Ouest et Est, les radiales sont beaucoup plus petites entre 4 à 34 Km (médiane 14 Km). Du fait des caractéristiques géographiques de la Grande terre il est donc logique ne pas trouver de dugongs à plus de 20 Km des côtes.

La densité de dugongs varie significativement avec la distance à une passe en saison fraîche mais pas en saison chaude. Une densité plus importante de dugongs observés a été notée à l'extérieur du lagon en saison fraîche. Il est probable que ces différences soient plus particulièrement le fait de variations observées dans la zone centrale Ouest (bloc 2). En effet, en 2003 un lien avait été identifié entre les passes et les dugongs spécifiquement dans la région centrale de la côte Ouest (Bloc 2) où un fort pourcentage d'animaux était associé à une passe et où la majeure partie des dugongs vus à l'extérieur du récif avait été observée. Ce phénomène qui n'a pas été revu en saison chaude pourrait être lié aux conditions nécessaires à la thermorégulation du dugong à savoir des variations de température entre l'intérieur et l'extérieur du lagon en hiver. Cette hypothèse reste à explorer.

Quatre des six types de substrat retenus (récif frangeant, complexe de massifs coralliens, terrasse peu profonde et autres substrats) abritent des dugongs. Ces substrats (excepté la catégorie « autres substrats ») sont majoritairement situés dans des fonds inférieurs à 10 m de profondeur et sont susceptibles d'héberger des herbiers de phanérogames. Seules les terrasses profondes (> 10 m de profondeur) ne semblent pas constituer un habitat propice à la présence de dugong. En saison fraîche la densité de dugongs varie en fonction du type de substrat avec une préférence pour les terrasses peu profondes. En saison chaude les dugongs semblent se répartir sur les différents types de substrats sélectionnés. S'il est possible d'envisager une dispersion ou un regroupement sur certains types de substrat selon les périodes de l'année comme cela a été observé à Moreton Bay (Lanyon, 2003), de tels phénomènes ne semblent pas être assez importants pour entraîner une variation significative de la distribution entre la saison fraîche et la saison chaude.

5.4. Abondance et densité de la population

5.4.1. Une diminution d'abondance réelle ou illusoire ?

Une diminution importante de la population semble être survenue entre les deux périodes d'échantillonnages. Pour l'ensemble de la population une diminution de 47 % est mesurée entre l'échantillonnage réalisé au cours de la saison chaude 2008 et celui mené en saison fraîche 2003.

Cette variation peut être due au manque de précision des estimations car la détection d'une variation de la taille d'une population dépend largement du nombre d'échantillonnages effectués, de la précision de l'estimation (C.V.) et de la probabilité de détection souhaitée (Gerodette, 1987). En général les meilleurs niveaux de précision statistique sont indiqués par un CV < 0,2 (Jefferson, 2000). Dans le cas présent la précision des deux estimations d'abondances est raisonnable (CV = 0,18 et 0,25). Les intervalles de confiance se recouvrent faiblement lorsque le calcul est basé sur une certitude de 95 % qui correspond au niveau généralement utilisé en statistique. Néanmoins, compte tenu du statut unique de cette petite population de dugongs, il est préférable d'adopter une approche conservatrice en réduisant l'intervalle de confiance, et ce afin de s'assurer de ne pas commettre une erreur de type II ($1 - \beta$), c'est à dire rejeter une hypothèse de déclin alors que celui ci existe. En acceptant une certitude de 85 % les intervalles de confiance ne se recouvrent pas et par conséquent ces résultats alarmants doivent être considérés comme réels (pour 2003 IC = 1336 - 2291 ; pour 2008 85 % IC = 617 - 1310 ; figure 27).

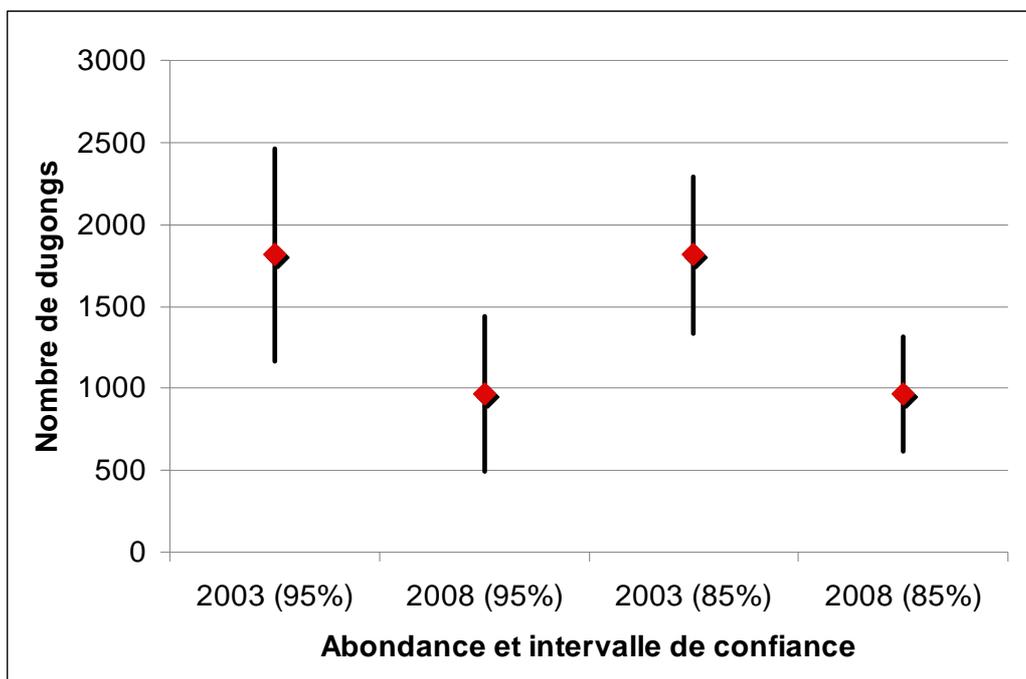


Figure 27. Distribution des abondances et de leurs intervalles de confiance pour 2003 et 2008 calculés avec une certitude de 95 et de 85 %.

Cette variation peut elle être due à un phénomène saisonnier ? Des variations temporelles de l'abondance des dugongs ont été observées à Moreton Bay sur la côte Est de l'Australie (27° S), les plus faibles abondances ayant été observées en

hiver (mai à juillet) et les plus fortes en été (septembre à janvier) (Lanyon, 2003). L'auteur considère que ces différences sont dues à des changements de distribution des animaux à l'intérieur de la baie et à des variations dans leur comportement (taille des groupes supérieure et dispersion moins importante en été). Ces variations d'abondance sont contraires à celles notées en Nouvelle Calédonie. A l'opposé, Bayliss et Freeland (1989) ne montrent aucun changement d'abondance entre la saison sèche et la saison humide dans le golfe de Carpentarie. Dans ces deux études les survols ont été conduits au cours d'une année, ce qui a permis aux auteurs de traiter de l'effet saisonnier et de s'affranchir de l'effet temporel à long terme. D'autres déplacements saisonniers documentés sont liés à la température des eaux mais n'ont pas entraînés de variation dans les abondances mesurées (Preen et al., 1994, 1997, Preen, 2004).

Les deux échantillonnages effectués autour de la Grande Terre ont été réalisés à 5 ans d'intervalle c'est pourquoi l'interprétation de la variation de l'abondance s'avère plus compliquée une évolution de la population pouvant se surimposer à un éventuel effet saisonnier. Si d'importants déplacements saisonniers existaient en Nouvelle Calédonie, une variation de la distribution aurait dû être mise en évidence entre les deux échantillonnages, car les dugongs manquants en 2008 devraient se trouver quelque part. Ceci n'est pas le cas. Il n'est donc pas possible de considérer que la diminution observée correspond seulement à un déplacement local saisonnier des animaux. Un déplacement sur des grandes distances, en dehors de la zone échantillonnée pourrait expliquer la différence d'abondance observée entre les deux saisons. Cependant, un tel déplacement massif des dugongs vers l'Australie ou la Vanuatu semble difficilement envisageable puisqu'il implique une traversée de plusieurs centaines de kilomètres en océan profond, c'est-à-dire un environnement à priori hostile pour une espèce strictement côtière.

La régression de Poisson confirme ce déclin puisqu'en tenant compte de tous les paramètres biologiques et environnementaux, elle montre que, l'année est le second des trois facteurs significativement responsables de la variation de la densité de dugongs observés lors des deux périodes d'échantillonnages. Il est donc probable que la diminution observée entre les deux années corresponde à un réel déclin de la population entre 2008 et 2003.

5.4.2. Hypothèses pouvant expliquer cette variation

Tout d'abord, la différence dans les estimations d'abondance peut être un artefact, conséquence d'un manque de précision dans les paramètres de collectes des données et dans la mise en place des facteurs de corrections. Dans ce cas la différence pourrait provenir des observateurs, des conditions environnementales, ou bien des postulats associés au facteur de correction de la disponibilité de l'animal (probabilité de détection).

En revanche, si la diminution de la taille de population est bien réelle, celle-ci peut être le résultat d'un déplacement d'individus hors de la zone de suivi, d'une mortalité d'origine anthropique, d'une diminution des taux de reproduction ou du de recrutement.

La variation observée est-elle le résultat d'un artefact ?

Effets des observateurs - La régression de Poisson confirme que l'équipe d'observateur n'est pas un facteur expliquant la variance de la densité de dugongs autour de la Grande Terre entre les deux années. Nous excluons donc ce facteur comme responsable du déclin du nombre de dugongs entre 2003 et 2008.

L'analyse univariée révèle que la distribution de la densité de dugongs varie significativement selon l'équipe d'observateurs pour chacune des années. Quatre équipes d'observateurs totalisant cinq observateurs ont participé aux comptages effectués en 2003 et en 2008. Il est probable que les variations observées soient liées aux différentes zones survolées par les équipes plutôt qu'à l'habileté des observateurs. En effet, en 2003 l'équipe la plus performante (np/cg) a principalement survolé la côte ouest où la densité de dugongs élevée est confirmée par les observations opportunistes. La seconde équipe (np/mc) a survolé le Grand lagon Nord et la côte Est où il y a nettement moins de dugongs. En 2008, l'équipe moins performante (cg/as) n'a effectué qu'un seul vol dans le Grand lagon Nord. Un des membres de cette équipe (cg) a participé aux deux campagnes d'échantillonnage et faisait partie de l'équipe plus performante de 2003. La fiabilité des observateurs peut être testée par la mise en place de survols avec deux observateurs au lieu d'un seul de chaque côté de l'avion. Un système de capture recapture permet alors de tester la précision de chaque observateur. Ceci n'a pas pu être réalisé au cours de notre étude et le même facteur de correction a été utilisé pour corriger l'erreur due à l'observateur au cours des deux saisons (Pollock et al., 2006).

Conditions environnementales - D'après la régression de Poisson, seuls deux facteurs environnementaux, l'état de la mer et la distance à la côte, sont significativement responsables de la variation de la densité de dugongs observés lors des deux périodes d'échantillonnages.

Le profil de distribution de la densité de dugongs en fonction de la distance à la côte est similaire en 2003 et en 2008 ; il n'est pas possible que ce facteur soit responsable de la différence du nombre de dugongs observés entre les deux périodes d'échantillonnage. La distribution de la densité de dugongs observés en fonction de l'état de la mer diminue proportionnellement à la détérioration de l'état de la mer. L'analyse univariée révèle que ce facteur est très significatif en 2003 alors qu'il ne l'est pas en 2008. Cette anomalie provient probablement des différences observées dans la taille des groupes selon l'état de la mer. Néanmoins 90 % des observations de dugongs ont été réalisées dans des conditions où le BSS était inférieur ou égal à 2 au cours des deux saisons. Il est donc peu probable que l'état de la mer soit l'unique responsable de la différence marquée dans les deux estimations d'abondance.

Aucun autre facteur environnemental n'explique la variation de la densité de dugongs observés par unité d'échantillonnage au cours des deux campagnes d'échantillonnage malgré le fait que certains, comme la turbidité, peuvent influencer le comptage aérien (Marsh et Sinclair, 1989a).

Au sein de chaque saison l'analyse univariée montre que la distribution de la densité de dugongs observés varie en fonction de certains facteurs. C'est par exemple le cas pour la turbidité et l'heure du jour. L'inclinaison du soleil c'est à dire l'heure solaire affecte le degré d'éblouissement sur la surface de l'eau et par

conséquent la surface réellement disponible pour l'échantillonnage. Nous considérons que la pondération de la surface échantillonnée en fonction de la réverbération reflète correctement la réalité observée durant les deux périodes d'échantillonnage et que l'éblouissement ne constitue pas un facteur influençant les résultats des analyses. La distribution de la densité de dugongs observés varie également selon certaines heures du jour du fait des différences dans les heures d'échantillonnage entre les deux saisons, les vols ayant débutés plutôt en saison chaude mais également par l'heure à laquelle certains blocs ont été échantillonnés.

La régression de Poisson confirme que ces facteurs ne sont pas responsables du déclin du nombre de dugongs entre 2003 et 2008.

Facteurs de correction de la disponibilité d'un animal - Les paramètres environnementaux, dont la turbidité et l'état de la mer, sont recueillis pendant les survols afin d'apporter, au cours de l'analyse des données, un facteur de correction à la probabilité de détecter un dugong présent dans une radiale au moment du survol. Cette probabilité diminue avec l'augmentation du code de turbidité (Table 6) et le calcul doit donc compenser les différences de turbidité. Les probabilités de détection basées sur une méthodologie développée en Australie indiquent que la détection maximale se fait en turbidité 1, ce qui n'est pas le cas dans notre étude, du moins pour 2003. Ces résultats suggèrent que les probabilités de détection calculées selon le modèle Australien ne sont peut-être pas idéales pour la Nouvelle-Calédonie. La régression de Poisson confirme néanmoins que la turbidité n'est pas responsable de la différence observée entre les deux années. De plus la moyenne du facteur de correction de disponibilité de l'animal n'est pas significativement différente entre les deux périodes d'échantillonnage (Mann et Whitney, $p > 0,05$).

L'utilisation du modèle de calcul développé en Australie pour la population de dugongs de Nouvelle Calédonie nécessite d'accepter certains postulats notamment que la proportion du temps passé par les dugongs en surface ne varie pas avec la profondeur, l'heure, le lieu et le comportement des animaux. Les capacités de plongée du dugong (et donc sa disponibilité en surface pour l'observation) sont soumises à des contraintes physiologiques à l'intérieur desquelles son comportement est lié à des aspects écologiques de l'espèce comme la distribution, l'abondance, la profondeur et la valeur énergétique de la nourriture (Costa 1991). Les mêmes postulats ont été utilisés en 2003 et 2008 donc nous considérons que les facteurs de corrections ne sont pas responsables de la variation du nombre de dugongs entre ces deux années.

En conclusion, l'analyse de l'effet des observateurs, des facteurs environnementaux et des facteurs de correction, permet de rejeter l'hypothèse que la variation observée soit un artefact.

La variation observée est-elle liée à une mortalité d'origine anthropique ?

Une diminution de 47% de l'abondance des dugongs entre 2003 et 2008 correspond à un déclin annuel de 14 % de la population au cours des cinq dernières années. Ce déclin pourrait être le fait d'une augmentation de la mortalité des dugongs causée par plusieurs facteurs : chasse traditionnelle et braconnage, prise accidentelle dans les filets fantômes, collision avec des bateaux et perte/diminution/dégradation d'habitat. L'importance relative de chacune de ces

menaces ne peut pas être établie mais il est possible qu'une combinaison de ces différents facteurs puisse être responsable de ce déclin.

Dégradation de l'habitat - Les variations d'abondance, positive ou négative, peuvent être la conséquence d'un déplacement soudain d'animaux comme cela a été observé sur la côte Ouest australienne suite à la diminution de leur habitat après un cyclone (Gales et al., 2004). Aucun cyclone ou autre événement exceptionnel/dévastateur conséquent n'est survenu en Nouvelle Calédonie entre juin 2003 et janvier 2008 et par conséquent il est peu probable que les dugongs aient du faire face une modification brutale de leur habitat. Cependant, une diminution de l'habitat pourrait également être liée à des activités anthropiques (aménagement côtier, mine, modification directe par dragage, pollution). Bien qu'aucune activité n'ait subi un assez fort développement à l'échelle de la Grande Terre depuis 2003 pour provoquer une réduction brutale de leur habitat il est possible qu'une lente diminution sur une longue période puisse participer au déclin de la population. En effet une réduction de l'habitat entraîne une diminution du taux de reproduction et du recrutement (Marsh et al., 2002).

Collision avec les bateaux - Les informations disponibles collectées à l'occasion d'échouage montrent que 3 à 4 fois plus d'échouages ont été répertoriés entre 2004 et 2008 ($n = 12$) qu'entre 1999 et 2003 ($n = 3$) (Opération Cétacés, données non publiées). La moitié des échouages documentés ont été répertoriés dans la région de Nouméa mais tous les échouages qui surviennent ne sont pas renseignés et ceux qui arrivent dans des zones peu fréquentées passent probablement inaperçus. Il est donc probable que les échouages soient plus nombreux que ceux répertoriés. Ces échouages témoignent de l'importance des facteurs anthropiques dans la mortalité des dugongs puisque 4 étaient dues à des collisions et 3 résultaient d'action de braconnages (Figure 28).



Figure 28. Echouages de dugongs : a-traces de collisions b-braconnage.

Chasse traditionnelle - Entre 1963 et 1989, 165 demandes de pêche de dugongs ont été accordées pour raison coutumière ce qui correspond à un prélèvement moyen de 6 à 7 dugongs par an (min = 1, max = 13) (données non publiées). Aucune information de ce type n'est disponible pour les dernières années.

Il est donc envisageable que le déclin observé soit dû à une mortalité d'origine anthropique.

5.4.3. Limite maximale du niveau de mortalité anthropique supportable

Des études ont été entreprises afin de détecter le taux de mortalité d'origine anthropique supportable pour qu'une population puisse se maintenir à un niveau optimal (Wade 1998). Aux Etats-Unis au lieu de déterminer un déclin dans l'abondance des populations l'approche de gestion consiste à limiter la mortalité d'origine anthropique à un niveau qui n'excède pas celui que la population peut supporter sans diminuer (Reeves et Brownell, 2009).

Le niveau de mortalité que la population (ou Potential Biological Removal, prélèvement biologique potentiel PBR) peut supporter est calculé à partir de plusieurs paramètres démographiques (Wade, 1998). Il est obtenu à partir de l'estimation minimale de population (N_{\min}) en tenant compte de la précision et de la variabilité associées à cette estimation, de la moitié du taux maximum de croissance de la population R_{\max} et d'un facteur de récupération F_R (Barlow et al., 1995). Un facteur de récupération de 0.5 permet de tenir compte des biais dans les valeurs d'abondance, de mortalité ou du R_{\max} (Wade, 1998). Ces calculs ont été appliqués aux valeurs disponibles pour la population de dugongs de Nouvelle Calédonie. Considérant la variation des taux annuels de reproduction du dugong un R_{\max} de 4% est utilisé (Marsh et al., 1984 ; Lanyon, 2003). Les valeurs de PBR basées sur les estimations (haute et basse) de population de 2008 sont respectivement de 11,7 et de 4,0 individus, soit une mortalité d'origine anthropique de 4 à 12 dugongs par an. Ces valeurs représentent un faible taux de mortalité et toute mortalité plus élevée conduira à une réduction de la population.

Les quelques informations disponibles sur les menaces d'origine anthropiques laissent supposer qu'il est probable que la valeur du PBR calculée pour la population de Nouvelle Calédonie ai été dépassée et que la diminution observée soit le résultat d'un déclin régulier de la population depuis plusieurs années.

6. CONCLUSIONS

Cette étude nous a permis d'effectuer une première description de la distribution, de l'abondance et la densité des dugongs en saison chaude. Une comparaison avec les résultats obtenus en saison fraîche en 2003 a également pu être effectuée afin de déterminer d'éventuelles influences saisonnières.

La distribution des dugongs en saison chaude recoupe largement celle observée en saison fraîche et permet de conclure que l'espèce ne présente pas de variation saisonnière à méso échelle. La zone d'occupation principale des dugongs se situe sur la cote Sud Ouest de la Grande Terre qui doit donc être surveillée et protégée en priorité. Les lagons Nord, Sud et Sud-Est sont des zones peu fréquentées par les dugongs.

Une différence notable a été mise en évidence entre l'abondance et la densité des dugongs obtenues pour chaque saison particulièrement dans la région centrale de la côte Ouest. Il semble peu probable que la différence observée entre les deux années soit due à un effet saisonnier, néanmoins un nouvel échantillonnage en saison fraîche permettrait de s'affranchir totalement de ce facteur. La tendance observée reflète probablement une réelle diminution du nombre de dugongs depuis 2003. Toute mortalité d'origine anthropique supérieure à une dizaine de dugongs par an entraînera la poursuite de ce déclin. Compte tenu de l'éloignement géographique des populations voisines, si la population de dugongs de Nouvelle-Calédonie s'éteint il est peu probable qu'une recolonisation rapide se fasse en provenance d'îles voisines.

Les informations relatives à la description de l'habitat des dugongs aideront à déterminer les zones critiques pour cette population. Des données sur les herbiers sont requises et devront être prises en compte pour la définition des habitats à protéger en priorité. Une étude actuellement en cours devrait permettre d'établir des zones de conservation prioritaires. L'utilisation de la biologie moléculaire devrait également aider à établir les liens entre cette population et les populations voisines et à rechercher son origine afin de mieux comprendre l'écologie de l'espèce.

Les résultats de cette étude sont alarmants. Ils soulignent l'urgence de mettre en place des études complémentaires et insistent sur la nécessité de développer des mesures de conservation permettant d'assurer la survie de la population. En effet, en terme de conservation, le dugong est le plus important mammifère marin de Nouvelle Calédonie et la population, si petite soit-elle, représente toujours la plus importante concentration de dugongs d'Océanie. C'est pourquoi il est impératif d'établir un programme de surveillance de la population incluant une troisième période d'échantillonnage afin de vérifier si cette tendance se poursuit. Ceci doit être réalisé le plus rapidement possible car si cette tendance est réelle, la population de dugong pourrait disparaître d'ici quelques dizaines d'années.

7. ANNEXES

Table 13. Sommaire de l'analyse χ^2 de densité de dugong en fonction des variables catégoriques.

Variable	Echelle (m)	Surface échantillonnée (km ²)	Proportion de la surface totale	Nombre de dugongs observés	Nombre de dugongs attendus ¹	Proportion du total observé pour chaque strate	Intervalle de confiance borne inférieure	Intervalle de confiance borne supérieure	Intervalle de confiance de la proportion observée relatif à la proportion attendue		Densité observée (dugongs/km ²)	
									<	>		
Distance à la côte												
2003	0-5	720.3	0.37	59	47	0.47	0.34	0.60	A l'intérieur		0.08	
	5-10	439.5	0.23	58	29	0.46	0.33	0.60	>Attendue		0.13	
	10-15	237.1	0.12	6	15	0.05	-0.01	0.10	<Attendue		0.03	
	15-20	109.0	0.06	1	7	0.01	-0.02	0.03	<Attendue		0.01	
	20-25	90.6	0.05	0	6	0.00	0.00	0.00	<Attendue		0.00	
	25-30	61.4	0.03	1	4	0.01	-0.02	0.03	A l'intérieur		0.02	
	30-35	36.1	0.02	0	2	0.00	0.00	0.00	<Attendue		0.00	
	35-40	31.5	0.02	0	2	0.00	0.00	0.00	<Attendue		0.00	
	40-45	37.6	0.02	0	2	0.00	0.00	0.00	<Attendue		0.00	
	45-50	46.9	0.02	0	3	0.00	0.00	0.00	<Attendue		0.00	
	50-55	16.7	0.01	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue		0.00	
	55-60	40.4	0.02	0	3	0.00	0.00	0.00	<Attendue		0.00	
	60-65	15.4	0.01	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue		0.00	
	65-70	35.3	0.02	0	2	0.00	0.00	0.00	<Attendue		0.00	
	70-75	2.8	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	A l'intérieur		0.00	
75-80	3.7	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	A l'intérieur		0.00		
Total	1924.5	1	125	125							0.06	
2008	0-5		0.38	30	22	0.53	0.33	0.72	A l'intérieur		0.04	
	5-10	776.3	0.23	21	13	0.37	0.18	0.56	A l'intérieur		0.05	
	10-15	466.6	0.13	1	7	0.02	-0.03	0.07	<Attendue		0.00	

Etat de la mer		Beaufort									
2003	15-20	256.9	0.06	5	3	0.09	-0.02	0.20	A l'intérieur	0.04	
	20-25	112.5	0.04	0	2	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00	
	25-30	78.5	0.03	0	2	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00	
	30-35	55.1	0.02	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00	
	35-40	39.8	0.02	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00	
	40-45	32.7	0.02	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00	
	45-50	31.2	0.02	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00	
	50-55	45.9	0.01	0	0	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00	
	55-60	14.1	0.02	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00	
	60-65	45.8	0.01	0	0	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00	
65-70	12.2	0.02	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00		
70-75	37.3	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	A l'intérieur	0.00		
75-80	8.4	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	A l'intérieur	0.00		
Total	1924.5	1	125	89	0.90	0.84	0.97	>Attendue	0.08		
2008	1	1196.7	0.59	32	34	0.56	0.40	0.73	A l'intérieur	0.03	
	2	604.4	0.30	18	17	0.32	0.16	0.47	A l'intérieur	0.03	
	3	209.8	0.10	7	6	0.12	0.01	0.23	A l'intérieur	0.03	
	4	7.4	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	A l'intérieur	0.00	
	Total	2018.3	1	57	57					0.03	
Distance à la passe 2003	(km)										
	0-5	570.1	0.30	50	37	0.40	0.28	0.52	A l'intérieur	0.09	
	5-10	585.2	0.30	41	38	0.33	0.22	0.44	A l'intérieur	0.07	
	10-15	381.9	0.20	12	25	0.10	0.03	0.17	<Attendue	0.03	

15-20	230.8	0.12	20	15	0.16	0.07	0.25	A l'intérieur	0.09
20-25	131.0	0.07	2	9	0.02	-0.01	0.05	<Attendue	0.02
25-30	22.6	0.01	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00
30-35	3.0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	A l'intérieur	0.00
Total	1924.5	1	125	125					0.06
2008									
0-5	597.3	0.30	17	17	0.30	0.14	0.46	A l'intérieur	0.03
5-10	623.7	0.31	24	18	0.42	0.25	0.60	A l'intérieur	0.04
10-15	390.9	0.19	9	11	0.16	0.03	0.29	A l'intérieur	0.02
15-20	242.5	0.12	4	7	0.07	-0.02	0.16	A l'intérieur	0.02
20-25	135.7	0.07	2	4	0.04	-0.03	0.10	A l'intérieur	0.01
25-30	26.6	0.01	1	1	0.02	-0.03	0.06	A l'intérieur	0.04
30-35	1.7	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	A l'intérieur	0.00
Total	2018.3	1	57	57					0.03
Distance au récif barrière									
2003									
-30 à -20	8.8	0.00	0	1	0.00	0.00	0.00	A l'intérieur	0.00
-20 à -10	27.3	0.01	0	2	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00
-10 à 0	243.7	0.13	10	16	0.08	0.01	0.15	A l'intérieur	0.04
0 à 10	1097.8	0.57	85	71	0.68	0.57	0.79	A l'intérieur	0.08
10 à 20	419.3	0.22	27	27	0.22	0.12	0.32	A l'intérieur	0.06
20 à 30	118.6	0.06	3	8	0.02	-0.01	0.06	A l'intérieur	0.03
30 à 40	9.1	0.00	0	1	0.00	0.00	0.00	A l'intérieur	0.00
Total	1924.5	1	125	125					0.06
2008									
-30 à -20	9.0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	A l'intérieur	0.00
-20 à -10	21.6	0.01	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00
-10 à 0	278.6	0.14	2	8	0.04	-0.03	0.10	<Attendue	0.01
0 à 10	1139.9	0.56	37	32	0.65	0.48	0.82	A l'intérieur	0.03
10 à 20	428.1	0.21	14	12	0.25	0.09	0.40	A l'intérieur	0.03

Bathymétrie												
2003												
20 à 30	137.6	0.07	4	4	0.07	-0.02	0.16	A l'intérieur	0.03			
30 à 40	3.6	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	A l'intérieur	0.00			
Total	2018.3	1	57	57					0.03			
(m)												
-10 à 0	172.1	0.18	20	13	0.27	0.13	0.41	A l'intérieur	0.12			
-20 à -10	289.9	0.30	29	22	0.39	0.23	0.54	A l'intérieur	0.10			
-30 à -20	215.4	0.22	22	16	0.29	0.15	0.44	A l'intérieur	0.10			
-40 à -30	115.2	0.12	1	9	0.01	-0.02	0.05	<Attendue	0.01			
-50 à -40	98.9	0.10	3	8	0.04	-0.02	0.10	A l'intérieur	0.03			
-60 à -50	42.1	0.04	0	3	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00			
-70 à -60	19.3	0.02	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00			
-80 à -70	21.2	0.02	0	2	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00			
-90 à -80	7.3	0.01	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00			
Total	981.4	1	75	75					0.08			
2008												
-10 à 0	168.1	0.17	3	6	0.09	-0.05	0.22	A l'intérieur	0.02			
-20 à -10	291.6	0.29	23	10	0.66	0.43	0.88	>Attendue	0.08			
-30 à -20	229.5	0.23	4	8	0.11	-0.04	0.27	A l'intérieur	0.02			
-40 à -30	125.6	0.12	5	4	0.14	-0.02	0.31	A l'intérieur	0.04			
-50 à -40	92.7	0.09	0	3	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00			
-60 à -50	50.1	0.05	0	2	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00			
-70 à -60	21.3	0.02	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00			
-80 à -70	21.3	0.02	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00			
-90 à -80	9.0	0.01	0	0	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00			
-100 à -90	0.7	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00	A l'intérieur	0.00			
Total	1009.8	1	35	35					0.03			
Heure du jour												
2003												
Relative à midi												
8 à 9	276.1	0.14	18	18	0.14	0.06	0.23	A l'intérieur	0.07			
9 à 10	532.2	0.28	21	35	0.17	0.08	0.26	<Attendue	0.04			

10 à 11	307.6	0.16	26	20	0.21	0.11	0.31	A l'intérieur	0.08
11 à 12	158.4	0.08	23	10	0.18	0.09	0.28	>Attendue	0.15
12 à 13	293.3	0.15	28	19	0.22	0.12	0.33	A l'intérieur	0.10
13 à 14	208.4	0.11	5	14	0.04	-0.01	0.09	<Attendue	0.02
14 à 15	125.3	0.07	2	8	0.02	-0.01	0.05	<Attendue	0.02
15 à 16	23.3	0.01	2	2	0.02	-0.01	0.05	A l'intérieur	0.09
Total	1924.5	1	125	125					0.06
2008									
6 à 7	103.5	0.05	1	3	0.02	-0.03	0.07	A l'intérieur	0.01
7 à 8	264.0	0.13	2	7	0.04	-0.03	0.10	<Attendue	0.01
8 à 9	351.6	0.17	9	10	0.16	0.02	0.29	A l'intérieur	0.03
9 à 10	519.9	0.26	16	15	0.28	0.11	0.45	A l'intérieur	0.03
10 à 11	392.0	0.19	17	11	0.30	0.13	0.47	A l'intérieur	0.04
11 à 12	27.5	0.01	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00
12 à 13	0.0	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00		
13 à 14	108.9	0.05	12	3	0.21	0.06	0.36	>Attendue	0.11
14 à 15	74.1	0.04	0	2	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00
15 à 16	77.9	0.04	0	2	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00
16 à 17	55.7	0.03	0	2	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00
18 à 19	43.0	0.02	0	1	0.00	0.00	0.00	<Attendue	0.00
Total	2018.3	1	57	57					0.03
Turbidité									
1	406.2	0.21	16	26	0.13	0.05	0.20	<Attendue	0.04
2	419.3	0.22	46	27	0.37	0.26	0.48	>Attendue	0.11
3	872.3	0.45	55	57	0.44	0.33	0.55	A l'intérieur	0.06
4	226.8	0.12	8	15	0.06	0.01	0.12	A l'intérieur	0.04
Total	1924.5	1	125	125					0.06
2008									
1	282.4	0.14	8	8	0.14	0.03	0.26	A l'intérieur	0.03

7	380.2	0.20	0	25	0.00	0.00	<Attendue	0.00
Total	1924.5	1	125	125				0.06
2008								
1	328.8	0.16	27	9	0.47	0.30	>Attendue	0.08
2	243.6	0.12	4	7	0.07	-0.02	A l'intérieur	0.02
3	317.0	0.16	9	9	0.16	0.03	A l'intérieur	0.03
4	278.7	0.14	10	8	0.18	0.04	A l'intérieur	0.04
5	335.0	0.17	6	9	0.11	0.00	A l'intérieur	0.02
6	148.6	0.07	0	4	0.00	0.00	<Attendue	0.00
7	366.6	0.18	1	10	0.02	-0.03	<Attendue	0.00
Total	2018.3	1	57	57				0.03
Equipe								
2003								
np/cg	482.8	0.25	55	31	0.44	0.34	>Attendue	0.11
np/mc	1441.8	0.75	70	94	0.56	0.46	< Attendue	0.05
Total	1924.5	1	125	125				
2008								
cg/as	271.2	0.13	3	8	0.05	-0.01	<Attendue	0.01
cg/mo	1747.1	0.87	54	49	0.95	0.88	>Attendue	0.03
Total	2018.3	1	57	57				

¹Le nombre de dugong attendu est proportionnel à la surface échantillonnée, i.e. assume la même densité de dugongs/km² dans chaque bloc.

Date : 7 janvier 2008

Equipage :		Fonction :		Vol 1
Claire Garrigue	Observateur bâbord	Démarrage	5h41	
Marc Oremus	Observateur tribord	Décollage	5h49	
Aline Schaffar	Coordinateur	Atterrissage	10h05	
Robert Durand	Pilote	Arrêt du moteur	11h36	
		Temps moteur	5h55	

Radiale point 1	Latitude S	Longitude E	Radiale point 2	Latitude S	Longitude E	Distance (km)	Heure début	Heure fin	Direction
Trajet de l'aérodrome de Magenta au point 112S									
112S	-22,802	167,5467	112N	-22,712	167,625	13,2	06:29:44	06:35:41	SW-NE
111N	-22,618	167,5917	111S	-22,768	167,4583	21,7	06:39:36	06:45:14	NE-SW
110S	-22,757	167,3533	110N	-22,542	167,5367	18,7	06:51:33	07:02:01	SW-NE
109N	-22,492	167,4583	109S	-22,713	167,2733	30,8	07:06:20	07:14:53	NE-SW
108S	-22,657	167,2	108N	-22,47	167,355	26,5	07:20:14	07:29:15	SW-NE
107N	-22,447	167,2567	107S	-22,605	167,1283	21,7	07:34:17	07:40:08	NE-SW
106S	-22,993	166,9133	106N	-22,823	167,0633	24,5	07:57:31	08:05:45	SW-NE
105N	-22,725	167,0267	105S	-22,937	166,838	30,6	08:09:50	08:17:48	NE-SW
104S	-22,873	166,77	104N	-22,385	167,1883	69,2	08:22:34	08:46:08	SW-NE
103N	-22,307	167,14	103S	-22,807	166,7233	70,1	08:50:10	09:08:31	NE-SW
102S	-22,74	166,665	102N	-22,223	167,0933	72,7	09:12:21	09:38:38	SW-NE
101N	-22,335	166,8817	101S	-22,683	166,5933	39,2	09:44:28	09:47:07	NE-SW
Trajet du point 101N à l'aérodrome de Magenta									

α : Conditions limites

β : Beaufort supérieur à 3 le vent se lève, la mer devient trop agitée, à refaire

Date : 8 janvier 2008

Equipage :		Fonction :		Vol 1
Claire Garrigue	Observateur bâbord	Démarrage	6h20	
Marc Oremus	Observateur tribord	Décollage	6h26	
Aline Schaffar	Coordinateur	Atterrissage	11h13	
Frédéric Ducros	Pilote	Arrêt du moteur	11h14	
		Temps moteur	4h54	

Radiale point 1	Latitude S	Longitude E	Radiale point 2	Latitude S	Longitude E	Distance (km)	Heure début	Heure fin	Direction
Trajet de l'aérodrome de Magenta au point 1N									
1N	-22,258	166,48	1S	-22,463	166,3233	27,88	06:29:45	06:36:08	NE-SW
1.2S	-22,487	166,3583	1.2N	-22,232	166,56	34,37	06:38:39	06:50:16	SW-NE
98N	-22,278	166,5783	98S	-22,5	166,4033	30,3	06:52:32	07:02:18	NE-SW
99S	-22,585	166,4467	99N	-22,3	166,6817	38,9	07:10:33	07:24:25	SW-NE
100N	-22,37	166,74	100S	-22,63	166,5233	35,9	07:29:07	07:40:24	NE-SW
2.2S	-22,427	166,2967	2.2N	-22,212	166,465	29,15	08:13:35	08:23:45	SW-NE
2N	-22,18	166,4333	2S	-22,39	166,2683	29,26	08:26:19	08:36:02	NE-SW
3.2S	-22,378	166,2233	3.2N	-22,163	166,3917	28,64	08:38:45	08:48:45	SW-NE
3N	-22,145	166,35	3S	-22,333	166,2033	25,67	08:51:29	09:00:36	NE-SW
4.2S	-22,312	166,165	4.2N	-22,143	166,2967	22,38	09:02:42	09:10:20	SW-NE
4N	-22,143	166,2417	4S	-22,257	166,1533	15,06	09:12:58	09:18:29	NE-SW
5.2S	-22,228	166,12	5.2N	-22,113	166,21	15,35	09:22:15	09:27:22	SW-NE
5N	-22,092	166,1733	5S	-22,193	166,0917	13,56	09:29:45	09:34:44	NE-SW
6.2S	-22,165	166,0583	6.2N	-22,027	166,1667	20,15	09:37:21	09:43:43	SW-NE
6N	-21,97	166,1667	6S	-22,147	166,0183	24,49	09:46:23	09:55:01	NE-SW
7.2S	-22,117	165,9833	7.2N	-21,938	166,1317	23,93	09:57:19	10:05:20	SW-NE
7N	-21,927	166,0833	7S	-22,078	165,9583	21,26	10:08:15	10:15:41	NE-SW
8.2S	-22,045	165,9283	8.2N	-21,878	166,0667	23,05	10:18:01	10:25:01	SW-NE
8N	-21,925	165,9717	8S	-22,01	165,9	11,73	10:28:46	10:32:52	NE-SW
9.2S	-21,992	165,8583	9.2N	-21,893	165,9417	12,91	10:35:01	10:39:30	SW-NE
9N	-21,865	165,9067	9S	-21,958	165,83	12,53	10:42:03	10:46:36	NE-SW
Trajet du point 9S à l'aérodrome de Magenta									

α : Conditions limites

β : Beaufort supérieur à 3 le vent se lève, la mer devient trop agitée, à refaire

Date : 9 janvier 2008

Equipage :	Fonction :		Vol 1
Claire Garrigue	Observateur bâbord	Démarrage	6h18
Marc Oremus	Observateur tribord	Décollage	6h25
Aline Schaffar	Coordinateur	Atterrissage	11h36
Robert Durand	Pilote	Arrêt du moteur	11h38
		Temps moteur	5h20

Radiale point 1	Latitude S	Longitude E	Radiale point 2	Latitude S	Longitude E	Distance (km)	Heure début	Heure fin	Direction
Trajet de l'aérodrome de Magenta au point 101S									
101S	-22,683	166,5933	101N	-22,335	166,8817	39,2	06:42:48	07:01:25	SW-NE
97S	-22,25	167,025	97N	-22,195	167,0733	7,77	07:09:04	07:11:44	SW-NE
96.2N	-22,148	167,055	96.2S	-22,22	166,9933	9,33	07:14:10	07:16:38	NE-SW
96S	-22,192	166,9617	96N	-22,105	167,035	10,47	07:18:17	07:22:07	SW-NE
95N	-22,038	166,98	95S	-22,093	166,9283	7,42	07:25:30	07:27:32	NE-SW
94S	-22,045	166,8567	94N	-21,963	166,9283	10,57	07:30:44	07:34:42	SW-NE
93N	-21,913	166,855	93S	-22,02	166,7667	13,67	07:37:59	07:41:59	NE-SW
92S	-21,993	166,6783	92N	-21,872	166,7767	15,85	07:45:20	07:50:42	SW-NE
91N	-21,825	166,7017	91S	-21,928	166,62	13,19	07:54:20	07:58:08	NE-SW
90S	-21,872	166,5517	90N	-21,78	166,6267	11,34	08:01:31	08:05:40	SW-NE
89N	-21,715	166,565	89S	-21,808	166,49	11,84	08:09:07	08:12:38	NE-SW
88S	-21,743	166,43	88N	-21,65	166,505	11,07	08:15:43	08:19:59	SW-NE
10.2S	-21,947	165,7833	10.2N	-21,853	165,86	12,53	08:55:17	08:59:24	SW-NE
10N	-21,827	165,825	10S	-21,935	165,7367	15,15	09:01:42	09:06:15	NE-SW
11.2S	-21,888	165,7167	11.2N	-21,792	165,8	13,61	09:08:52	09:13:11	SW-NE
11N	-21,768	165,7633	11S	-21,853	165,69	12,58	09:15:04	09:18:39	NE-SW
12.2S	-21,83	165,6517	12.2N	-21,732	165,735	13,82	09:20:34	09:25:00	SW-NE
12N	-21,727	165,6833	12S	-21,81	165,61	11,89	09:27:16	09:30:54	NE-SW
13.2S	-21,792	165,5717	13.2N	-21,725	165,6267	9,17	09:32:53	09:35:45	SW-NE
13N	-21,71	165,5833	13S	-21,773	165,53	8,73	09:38:11	09:40:47	NE-SW
14.2S	-21,747	165,495	14.2N	-21,69	165,5417	7,08	09:42:44	09:45:11	SW-NE
14N	-21,67	165,5033	14S	-21,715	165,4667	5,71	09:47:12	09:49:06	NE-SW
15.2S	-21,682	165,4383	15.2N	-21,62	165,4883	8,12	09:51:09	09:53:47	SW-NE
15N	-21,605	165,445	15S	-21,657	165,4017	7,22	09:55:42	09:57:53	NE-SW
16.2S	-21,648	165,3517	16.2N	-21,603	165,3883	5,29	09:59:54	10:01:53	SW-NE
16N	-21,592	165,3417	16S	-21,627	165,3133	4,59	10:03:57	10:05:21	NE-SW
17.2S	-21,61	165,2733	17.2N	-21,57	165,305	4,47	10:07:19	10:09:10	SW-NE
17N	-21,55	165,265	17S	-21,582	165,2367	4,34	10:10:56	10:12:14	NE-SW
18.2S	-21,563	165,1967	18.2N	-21,508	165,2433	7,39	10:14:12	10:16:38	SW-NE
18N	-21,49	165,2017	18S	-21,545	165,155	8,08	10:18:47	10:21:15	NE-SW
19.2S	-21,52	165,1033	19.2N	-21,467	165,165	7,91	10:23:57	10:26:23	SW-NE
19N	-21,427	165,1467	19S	-21,527	165,0567	13,63	10:28:26	10:32:44	NE-SW
20.2S	-21,5	165,02	20.2N	-21,38	165,13	17,64	10:35:01	10:40:34	SW-NE
Trajet du point 20.2N à l'aérodrome de Magenta									

α : Conditions limites

β : Beaufort supérieur à 3 le vent se lève, la mer devient trop agitée, à refaire

Date : 10 janvier 2008

Equipage :	Fonction :	Vol 1
Claire Garrigue	Observateur bâbord	Démarrage 6h01
Marc Oremus	Observateur tribord	Décollage 6h07
Aline Schaffar	Coordinateur	Atterrissage 11h17
Frédéric Ducros	Pilote	Arrêt du moteur 11h19
		Temps moteur 5h18

Radiale point 1	Latitude S	Longitude E	Radiale point 2	Latitude S	Longitude E	Distance (km)	Heure début	Heure fin	Direction
Trajet de l'aérodrome de Magenta au point 88S									
88S	-21,743	166,43	88N	-21,65	166,505	11,07	06:25:39	06:29:32	SW-NE
87N	-21,597	166,4383	87S	-21,697	166,3533	13,33	06:33:21	06:37:54	NE-SW
86S	-21,645	166,2833	86N	-21,552	166,3617	12,24	06:41:13	06:45:21	SW-NE
85N	-21,498	166,2883	85S	-21,608	166,2017	13,44	06:48:58	06:53:34	NE-SW
20N	-21,382	165,0717	20S	-21,46	165	11,24	07:32:18	07:36:05	NE-SW
21.2S	-21,438	164,96	21.2N	-21,342	165,0467	13,39	07:38:27	07:43:36	SW-NE
21N	-21,315	165,0167	21S	-21,422	164,9167	15,97	07:45:53	07:50:55	NE-SW
22.2S	-21,408	164,8717	22.2N	-21,322	164,9517	11,69	07:52:45	07:57:11	SW-NE
22N	-21,28	164,9283	22S	-21,377	164,8417	13,61	07:59:49	08:04:22	NE-SW
23.2S	-21,35	164,8067	23.2N	-21,247	164,9017	14,26	08:06:31	08:11:57	SW-NE
23N	-21,218	164,8667	23S	-21,31	164,785	13,03	08:14:28	08:19:09	NE-SW
24.2S	-21,263	164,7633	24.2N	-21,178	164,845	12,16	08:21:53	08:26:38	SW-NE
24N	-21,122	164,8383	24S	-21,228	164,74	16,26	08:30:26	08:35:49	NE-SW
25.2S	-21,203	164,705	25.2N	-21,087	164,8117	16,9	08:37:53	08:44:36	SW-NE
25N	-21,083	164,7567	25S	-21,153	164,6917	10,66	08:46:52	08:50:03	NE-SW
26.2S	-21,117	164,6667	26.2N	-21,053	164,725	9,25	08:52:42	08:55:55	SW-NE
26N	-20,987	164,71	26S	-21,105	164,6167	16,32	08:59:38	09:04:46	NE-SW
27.2S	-21,053	164,5983	27.2N	-20,978	164,6633	9,55	09:08:17	09:11:48	SW-NE
27N	-20,928	164,6467	27S	-21,012	164,5817	14,77	09:16:25	09:20:23	NE-SW
28.2S	-21,015	164,525	28.2N	-20,918	164,6	12,95	09:23:32	09:28:13	SW-NE
28N	-20,888	164,5683	28S	-21,01	164,47	16,58	09:30:37	09:36:09	NE-SW
29.2S	-20,997	164,43	29.2N	-20,878	164,5217	16,32	09:38:37	09:44:15	SW-NE
29N	-20,843	164,4933	29S	-20,952	164,4083	13,49	09:46:48	09:51:39	NE-SW
Trajet du point 29S à l'aérodrome de Magenta									

α : Conditions limites

β : Beaufort supérieur à 3 le vent se lève, la mer devient trop agitée, à refaire

Date : 14 janvier 2008

Equipage :	Fonction :		Vol 1
Claire Garrigue	Observateur bâbord	Démarrage	9h10
Marc Oremus	Observateur tribord	Décollage	9h18
Aline Schaffar	Coordinateur	Atterrissage	12h54
Frédéric Ducros	Pilote	Arrêt du moteur	12h55
		Temps moteur	3h45

Radiale point 1	Latitude S	Longitude E	Radiale point 2	Latitude S	Longitude E	Distance (km)	Heure début	Heure fin	Direction
Trajet de l'aérodrome de Magenta au point 29N									
29N	-20,843	164,4933	29S	-20,952	164,4083	13,49	11:13:35	11:17:49	NE-SW
30.2S	-20,913	164,3833	30.2N	-20,818	164,46	12,45	11:20:43	11:21:45	SW-NE
Trajet du point 30.2N à l'aérodrome de Magenta									

α : Conditions limites

β : Beaufort supérieur à 3 le vent se lève, la mer devient trop agitée, à refaire

Date : 21 janvier 2008

Equipage :		Fonction :		Vol 1	Vol 2
Claire Garrigue	Observateur bâbord	Démarrage		5h35	12h58
Marc Oremus	Observateur tribord	Décollage		5h42	13h06
Aline Schaffar	Coordinateur	Atterrissage		11h09	17h48
Robert Durand	Pilote	Arrêt du moteur		11h12	18h06
		Temps moteur		4h37	5h08

Radiale point 1	Latitude S	Longitude E	Radiale point 2	Latitude S	Longitude E	Distance (km)	Heure début	Heure fin	Direction
Trajet de l'aérodrome de Magenta au point 40C									
40C	-19,965	163,9417	40N	-19,783	164,099	15.01	07:31:44	07:39:11	SW-NE
54N	-19,863	164,1467	54S	-20,06	163,98	26.23	07:43:59	07:52:59	NE-SW
54.2S	-20,088	164,025	54.2N	-19,885	164,1867	26.81	07:55:05	08:03:24	SW-NE
55N	-19,903	164,2267	55S	-20,105	164,0506	28.72	08:05:35	08:14:59	NE-SW
55.2S	-20,152	164,0833	55.2N	-19,922	164,2683	31.48	08:17:36	08:27:08	SW-NE
56N	-19,958	164,295	56S	-20,182	164,115	26.52	08:29:39	08:39:13	NE-SW
56.2S	-20,213	164,1433	56.2N	-19,992	164,325	27.27	08:42:46	08:52:05	SW-NE
57N	-20,042	164,3417	57S	-20,25	164,1717	27.99	08:54:48	09:03:46	NE-SW
57.2S	-20,267	164,2133	57.2N	-20,063	164,38	28.1	09:05:47	09:14:31	SW-NE
58N	-20,083	164,4183	58S	-20,292	164,245	28.36	09:16:26	09:25:07	NE-SW
58.2S	-20,248	164,3383	58.2N	-20,127	164,4383	16.02	09:28:59	09:34:23	SW-NE
59N	-20,18	164,4533	59S	-20,265	164,38	11.47	09:36:54	09:40:13	NE-SW
59.2S	-20,278	164,425	59.2N	-20,205	164,4883	9.84	09:42:03	09:45:27	SW-NE
60N	-20,213	164,5383	60S	-20,317	164,4633	11.1	09:47:45	09:51:06	NE-SW
60.2S	-20,318	164,5067	60.2N	-20,253	164,56	8.24	09:52:36	09:55:28	SW-NE
61N	-20,287	164,59	61S	-20,343	164,5417	7.87	09:57:38	09:59:51	NE-SW
61.2S	-20,373	164,575	61.2N	-20,32	164,6167	6.91	10:01:47	10:04:22	SW-NE
62N	-20,353	164,6467	62S	-20,412	164,5967	7.6	10:06:41	10:08:55	NE-SW
62.2S	-20,432	164,6367	62.2N	-20,362	164,695	8.8	10:10:47	10:13:52	SW-NE
63N	-20,395	164,725	63S	-20,46	164,67	8.34	10:16:00	10:18:33	NE-SW
63.2S	-20,482	164,7117	63.2N	-20,42	164,76	7.44	10:20:19	10:22:50	SW-NE
64N	-20,447	164,795	64S	-20,5	164,75	6.74	10:24:55	10:27:10	NE-SW
64.2S	-20,537	164,7767	64.2N	-20,47	164,8333	8.26	10:28:55	10:31:34	SW-NE
65N	-20,51	164,855	65S	-20,568	164,8083	7.07	10:33:45	10:35:51	NE-SW
66S	-20,638	164,8633	66N	-20,575	164,915	6.8	10:39:08	10:42:09	SW-NE
67N	-20,572	165,0317	67S	-20,679	164,9242	14.41	10:46:41	10:51:24	NE-SW
Trajet du point 67S à l'aérodrome de Koné									
Trajet de l'aérodrome de Koné au point 68S									
68S	-20,728	165,0117	68N	-20,568	165,1483	20.78	13:23:23	13:30:45	SW-NE
69N	-20,597	165,24	69S	-20,762	165,0983	22.06	13:35:00	13:43:04	NE-SW
70S	-20,781	165,204	70N	-20,675	165,2867	12.39	13:46:57	13:51:49	SW-NE
71N	-20,778	165,3117	71S	-20,858	165,2433	10.04	13:56:27	13:59:35	NE-SW
72S	-20,905	165,2989	72N	-20,818	165,3933	13.92	14:02:41	14:07:17	SW-NE
73N	-20,868	165,4667	73S	-20,958	165,3939	10.24	14:10:55	14:14:02	NE-SW
74S	-21,07	165,4067	74N	-20,927	165,53	19.3	14:19:16	14:26:00	SW-NE
75N	-20,988	165,5883	75S	-21,123	165,475	17.61	14:29:36	14:35:07	NE-SW
76S	-21,158	165,5583	76N	-21,057	165,645	13.16	14:39:15	14:43:47	SW-NE
77N	-21,118	165,7067	77S	-21,247	165,5983	16.74	14:47:31	14:52:40	NE-SW

78S	-21,293	165,6733	78N	-21,182	165,78	15.36	14:56:12	15:01:40	SW-NE
79N	-21,203	165,855	79S	-21,322	165,7633	15.2	15:04:48	15:09:14	NE-SW
80S	-21,395	165,8133	80N	-21,262	165,92	17.31	15:13:13	15:19:38	SW-NE
81N	-21,302	166	81S	-21,417	165,9067	14.91	15:23:21	15:27:47	NE-SW
82S	-21,495	165,9567	82N	-21,348	166,0733	15.8	15:32:09	15:38:59	SW-NE
83N	-21,405	166,14	83S	-21,512	166,0567	13.33	15:42:43	15:46:53	NE-SW
84S	-21,55	166,1383	84N	-21,44	166,225	13.73	15:51:32	15:55:56	SW-NE
85N	-21,498	166,2883	85S	-21,608	166,2017	13.44	15:59:30	16:03:27	NE-SW
86S	-21,645	166,2833	86N	-21,552	166,3617	12.24	16:06:30	16:10:24	SW-NE
87N	-21,597	166,4383	87S	-21,697	166,3533	13.33	16:13:45	16:17:36	NE-SW
88S	-21,743	166,43	88N	-21,65	166,505	11.07	16:20:49	16:24:38	SW-NE
89N	-21,715	166,565	89S	-21,808	166,49	11.84	16:28:06	16:31:34	NE-SW
95S	-22,093	166,9283	95N	-22,038	166,98	7.42	16:48:50	16:51:27	SW-NE
96N	-22,105	167,035	96S	-22,192	166,9617	10.47	16:55:19	16:58:20	NE-SW
96.2S	-22,22	166,9933	96.2N	-22,148	167,055	9.33	17:00:04	17:03:30	SW-NE
97N	-22,195	167,0733	97S	-22,25	167,025	7.77	17:06:20	17:09:01	NE-SW
101N	-22,335	166,8817	101S	-22,683	166,5933	39.2	17:14:59	17:30:04	NE-SW
Trajet du point 101S à l'aérodrome de Magenta									

α : Conditions limites

β : Beaufort supérieur à 3 le vent se lève, la mer devient trop agitée, à refaire

Date : 22 janvier 2008

Equipage :	Fonction :		Vol 1	Vol 2	Vol 3
Claire Garrigue	Observateur bâbord	Démarrage	5h17	7h03	13h02
Marc Oremus	Observateur tribord	Décollage	5h23	7h08	13h08
Aline Schaffar	Coordinateur	Atterrissage	6h29	11h39	15h30
Robert Durand	Pilote	Arrêt du moteur	6h31	11h41	15h33
		Temps moteur	1h14	4h38	2h31

Radiale point 1	Latitude S	Longitude E	Radiale point 2	Latitude S	Longitude E	Distance (km)	Heure début	Heure fin	Direction
Trajet de l'aérodrome de Magenta à l'aérodrome de Koné									
Trajet de l'aérodrome de Koné au point 38.2S									
38.2S	-20,372	163,9167	38.2N	-20,247	164,01	16.05	07:46:02	07:51:31	SW-NE
38N	-20,132	164,045	38S	-20,327	163,895	26.31	07:57:37	08:05:25	NE-SW
39.2S	-20,283	163,865	39.2N	-20,103	164,0117	25.29	08:08:12	08:16:43	SW-NE
39N	-20,07	163,9817	39S	-20,227	163,855	21.96	08:18:51	08:25:08	NE-SW
40S	-20,172	163,7867	40N	-19,783	164,1	54.3	08:28:39	08:38:17	SW-NE
41C	-19,908	163,8917	41S	-20,092	163,7333	14	08:41:53	08:49:28	NE-SW
42S	-20,033	163,675	42N	-19,667	163,9833	52.2	08:52:50	09:01:56	SW-NE
38.2N	-20,247	164,01	38.2S	-20,372	163,9167	16.05	09:21:34	09:23:47	NE-SW
37N	-20,29	164,0333	37S	-20,423	163,9333	17.38	09:32:32	09:37:53	NE-SW
37.2S	-20,45	163,9667	37.2N	-20,287	164,09	21.27	09:41:59	09:49:27	SW-NE
36N	-20,295	164,14	36S	-20,493	163,9883	26.9	09:52:01	10:00:06	NE-SW
36.2S	-20,537	164,0133	36.2N	-20,323	164,1733	28.14	10:02:42	10:11:55	SW-NE
35N	-20,417	164,1583	35S	-20,553	164,0533	18.24	10:15:45	10:21:19	NE-SW
35.2S	-20,583	164,0867	35.2N	-20,46	164,18	15.94	10:23:24	10:28:24	SW-NE
34N	-20,5	164,205	34S	-20,62	164,1133	15.54	10:30:30	10:35:47	NE-SW
34.2S	-20,645	164,1483	34.2N	-20,53	164,2367	14.8	10:37:58	10:42:39	SW-NE
33N	-20,56	164,2683	33S	-20,675	164,1817	15.5	10:45:05	10:49:56	NE-SW
33.2S	-20,685	164,2467	33.2N	-20,583	164,3067	12.36	10:53:09	10:56:56	SW-NE
32N	-20,627	164,3283	32S	-20,775	164,2167	18.94	11:00:03	11:06:02	NE-SW
32.2S	-20,797	164,255	32.2N	-20,667	164,3533	17.12	11:08:21	11:13:22	SW-NE
Trajet du point 32.2N à l'aérodrome de Koné									
Trajet de l'aérodrome de Koné au point 29N									
29N	-20,843	164,4933	29S	-20,952	164,4083	13.49	13:25:25	13:30:47	NE-SW
30.2S	-20,913	164,3833	30.2N	-20,818	164,46	12.45	13:33:35	13:37:00	SW-NE
30N	-20,79	164,425	30S	-20,892	164,3467	13.5	13:39:31	13:44:26	NE-SW
31.2S	-20,868	164,3117	31.2N	-20,715	164,4267	19.57	13:46:03	13:51:35	SW-NE
31N	-20,702	164,3833	31S	-20,85	164,2683	21.6	13:54:16	14:01:05	NE-SW
Trajet du point 31S à l'aérodrome de Magenta									

α : Conditions limites

β : Beaufort supérieur à 3 le vent se lève, la mer devient trop agitée, à refaire

Date : 13 février 2008

Equipage :		Fonction :		Vol 1	
Claire Garrigue	Observateur bâbord	Démarrage	16h05		
Aline Schaffar	Observateur tribord	Décollage	16h10		
Matthieu Junker	Coordinateur	Atterrissage	17h22		
Robert Durand	Pilote	Arrêt du moteur	17h25		
		Temps moteur	1h20		

Radiale point 1	Latitude S	Longitude E	Radiale point 2	Latitude S	Longitude E	Distance (km)	Heure début	Heure fin	Direction
Trajet de l'aérodrome de Magenta à l'aérodrome de Koné									

Date : 14 février 2008

Equipage :		Fonction :		Vol 1		Vol 2	
Claire Garrigue	Observateur bâbord	Démarrage	6h06	13h40			
Aline Schaffar	Observateur tribord	Décollage	6h13	13h48			
Matthieu Junker	Coordinateur	Atterrissage	11h42	15h02			
Robert Durand	Pilote	Arrêt du moteur	11h46	15h03			
		Temps moteur	5h40	1h23			

Radiale point 1	Latitude S	Longitude E	Radiale point 2	Latitude S	Longitude E	Distance (km)	Heure début	Heure fin	Direction
Trajet de l'aérodrome de Koné au point 46C									
46C	-19,558	163,6167	46S	-19,767	163,4333	14.8	07:24:19	07:33:22	NE-SW
45S	-19,833	163,4833	45N	-19,417	163,8333	59.2	07:37:04	07:56:58	SW-NE
44N	-19,5	163,9	44S	-19,883	163,5583	55.6	08:01:57	08:18:47	NE-SW
43S	-19,95	163,6167	43N	-19,583	163,925	51.8	08:22:49	08:46:27	SW-NE
42N	-19,667	163,9833	42S	-20,033	163,675	52.2	08:50:18	09:05:47	NE-SW
41S	-20,092	163,7333	41N	-19,733	164,0333	50.7	09:13:39	09:30:16	SW-NE
40N	-19,783	164,1	40S	-20,172	163,7867	54.3	09:33:45	09:50:18	NE-SW
54S	-20,06	163,98	54N	-19,863	164,1467	26.23	09:59:29	10:08:06	SW-NE
54.2N	-19,885	164,1867	54.2S	-20,088	164,025	26.81	10:10:07	10:18:30	NE-SW
55S	-20,105	164,0506	55N	-19,903	164,2267	28.72	10:20:19	10:29:26	SW-NE
55.2N	-19,922	164,2683	55.2S	-20,152	164,0833	31.48	10:31:25	10:40:57	NE-SW
56S	-20,182	164,115	56N	-19,958	164,295	26.52	10:42:55	10:52:43	SW-NE
56.2N	-19,992	164,325	56.2S	-20,213	164,1433	27.27	10:54:15	11:03:22	NE-SW
Trajet du point 56.2S à l'aérodrome de Koné									
Trajet de l'aérodrome de Koné à l'aérodrome de Magenta									

α : Conditions limites

β : Beaufort supérieur à 3 le vent se lève, la mer devient trop agitée, à refaire

Date : 13 mars 2008

Equipage :		Fonction :		Vol 1
Claire Garrigue	Observateur bâbord	Démarrage	6h05	
Marc Oremus	Observateur tribord	Décollage	6h10	
Aline Schaffar	Coordinateur	Atterrissage	11h51	
Frédéric Ducros	Pilote	Arrêt du moteur	11h52	
		Temps moteur	5h47	

Radiale point 1	Latitude S	Longitude E	Radiale point 2	Latitude S	Longitude E	Distance (km)	Heure début	Heure fin	Direction
Trajet de l'aérodrome de Koné au point 52N									
52N	-18,817	163,5167	52S	-19,317	163,1167	69,8	07:33:25	07:56:23	NE-SW
51S	-19,417	163,15	51N	-18,917	163,5833	71,8	08:01:04	08:26:40	SW-NE
50N	-19	163,6083	50S	-19,483	163,2167	67,6	08:31:21	08:56:21	NE-SW
49S	-19,55	163,2667	49N	-19,058	163,6833	70	09:00:45	09:26:28	SW-NE
48N	-19,133	163,7333	48S	-19,625	163,3167	69,9	09:30:49	09:55:50	NE-SW
47S	-19,7	163,3667	47N	-19,217	163,7833	69,2	10:00:03	10:25:12	SW-NE
46N	-19,342	163,7917	46S	-19,767	163,4333	60,2	10:31:02	10:43:28	NE-SW
Trajet du point 46S à l'aérodrome de Koné									

α : Conditions limites

β : Beaufort supérieur à 3 le vent se lève, la mer devient trop agitée, à refaire

8. LITTERATURE CITEE

- Alho, J.M. 1990. Logistic regression in Capture-recapture models. *Biometrics* 46:623-635.
- Anderson, P.K. 1985. Aerial survey for dugongs: A review and recommendations Endangered Marine Animals and Marine Parks, Calgary, Canada, p 188-198.
- Anderson, P.K. 1986. Dugongs of Shark Bay, Australia – seasonal migration, water temperature and forage. *National Geographic Research* 2 : 473-490.
- Andréfouët S ., Torres-Pullizza D. 2004. Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, IFRECOR Nouvelle-Calédonie, IRD, Nouméa, Avril 2004, 26 p + 22 planches.
- Bayliss, P. et Freeland, W.J. 1989. Seasonal distribution and abundance of dugongs in the Western Gulf of Carpentaria. *Australia Wildlife Research* 16:141-149.
- Chilvers L.B., Delean, S. Gales, N.J., Holley, D.K., Lawler, I.R. Marsh, H. Preen, A.R. 2004. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 304 : 203– 224
- Costa, D.P. 1991. Reproductive and foraging energetics of high latitude penguins, albatrosses and pinnipeds. *American zoologist* 31:111-130.
- Das, H.S., Al-Cibahy, A., Kabbara, L., Al-Romaithi, S., Al-Mazrouei, H. 2004. Results of the summer aerial survey of dugongs and other marine wildlife of Abu Dhabi waters. Rapport Marine Environment Research Center.
- Gales, N., McCauley, R.D., Lanyon, J., Holley, D. 2004. Change in abundance of dugongs in Shark Bay, Ningaloo and Exmouth Gulf, Western Australia: evidence for large-scale migration. *Wildlife Research* 31:283-290.
- Garrigue, C., Patenaude, N.J. 2004. Statut de la population de dugongs en Provinces Nord et Sud de Nouvelle Calédonie. Rapport préparé pour Zonéco
- Garrigue, C., Patenaude, N.J., Marsh, H. 2008. Distribution and abundance of the dugong in New Caledonia, southwest Pacific. *Marine Mammal Science* 24:81-90.
- Garrigue, C., Oremus, M., Schaffar, A. et Pérard, V. 2009. Inventaire des mammifères marins et des tortues sur la zone VKP. Rapport pour KNS, 169p.
- Gerodette, 1987. A power analysis for detecting trends. *Ecology*, 68:1364-1372.
- Hines, E.M., Ulyanukosol, K., Duffus, D. 2005. Dugong (*Dugong dugon*) abundance along the Andaman coast of Thailand. *Marine mammal Science* 21 (3): 536-549.
- Huggins, R.M. 1989. On the statistical analysis of capture experiments. *Biometrika* 76:133-140.
- Huggins, R.M. 1991. Some practical aspects of a conditional likelihood approach to capture experiments. *Biometrics* 47:725-732.
- Jefferson, T., A. 2000. Population biology of the Indo-Pacific hump-backed dolphin in Hong Kong waters. *Wildlife Monographs* 144.
- Lanyon, J.M. 2003. distribution and abundance of dugongs ion Moreton Bay, Queensland, *Australia. Wildlife Research* 30 : 397-409.
- Manly, B.F.J., L.L. McDonald, D.L. Thomas. 1993. Resource sélection Manly, B.F.J., L.L. McDonald, D.L. Thomas. 1993. Resource sélection by animals. Chapman & Hall, New York

- Marsh, H. 1995. Fixed-width aerial transects for determining dugong populations sizes and distribution patterns. Pages 56-62 in T. J. O'Shea, B. B. Ackerman and H. F. Percival, eds. Population biology of the Florida manatee. Information and Technology Report 1, U. S. Department of the Interior, National Biological Service, Washington, DC.
- Marsh, H., et Sinclair, D.F. 1989a. Correcting for visibility bias in strip transect aerial surveys of aquatic fauna. *Journal of Wildlife Management* 53:1017-1024.
- Marsh, H., et Sinclair, D.F. 1989b. An experimental evaluation of dugong and sea turtle aerial survey techniques. *Australian Wildlife Research* 16:639-650
- Marsh, H. et Lawler, I.R. 2002. Dugong distribution and abundance in the northern Great Barrier Reef Marine Park. November 2000. Report to the Great Barrier Reef Marine Park Authority, 77, 62p.
- Marsh, H., Heinsohn, G.E., Marsh, L.M. 1984. Breeding cycle, life history and population dynamics of the dugong, *Dugong dugon* (Sirenia: Dugongidae). *Australian Journal of Zoology* 32:767-788.
- Marsh, H., Prince, R.I.T., Saalfeld, W.K., Sheperd, R. 1994. The distribution and abundance of dugongs in Shark Bay, Western Australia. *Wildlife Research* 21:149-161
- Marsh, H., Eros C., Corkeron P., Breen B. 1999. A conservation strategy for dugongs: Implications of Australian research. *Marine and Freshwater Research* 50:979-990.
- Marsh H, Penrose H, Eros C, Hugues J (2002) Dugong Status Report and Action Plans for Countries and Territories. CRC Reef Research Centre. 2003
- Marsh H (1999) Reproduction in sirenians. In: Reynolds JE, Twiss JR (eds) Marine Mammals, Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., p 243–256
- MERC, 2006. Study on the biology, distribution and conservation of dugongs in the UAE. Polycopié, 31p.
- Pollock, K.H., Marsh, H., Lawler, I.R., Alldredge, M.W. 2006. Estimating animal abundance in heterogeneous environments: An application to aerial surveys for dugongs. *Journal of Wildlife Management* 70:255-262. 2006
- Preen, A. 2004. Distribution, abundance and conservation status of dugongs and dolphins in the southern and western Arabian Gulf. *Biological Conservation* 118 :2005-218.
- Preen, A.R., Marsh, H., Lawler, I.R., Prince, R.I.T., Sheperd, R. 1997. Distribution and abundance of dugongs, turtles, dolphins and other megafauna in Shark Bay, Ningaloo Reef and Exmouth Gulf, Western Australia. *Wildlife Research* 24:185-208.
- Rawlings, J.O., S.G. Pantula, D.A. Dickey. 1998. Applied regression analysis : a research tool. 2nd ed. Springer-Verlag, New York.
- Reeves, R.R. and Brownell, R.L., Jr., (Editors). 2009. Report of the assessment workshop on Indo-Pacific bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) with the Solomon Islands as a case study. Cetacean Specialist Group, Species Survival Commission, IUCN, Gland, Switzerland. 65 pp.
- Tikel, D. 1998. Using a genetic approach to optimise dugong (*Dugong dugon*) conservation management. PhD Thesis. James Cook University, Townsville, Australia, 277p.
- IUCN. 2008. IUCN Red List of Threatened Species. www.iucn.org

Wade, P.R. 1998. Calculating limits to the allowable human-caused mortality of cetaceans and pinnipeds. *Marine Mammal Science* 14 (1):1-37.

