



Distribution et abondance de la méga-faune marine en Polynésie Française

REMMOA – Polynésie
française - Rapport
intermédiaire

Van Canneyt Olivier ^(CRMM-ULR)
Dorémus Ghislain ^(CRMM-ULR)
Falchetto Hélène ^(CRMM-ULR)
Laran Sophie ^(CRMM-ULR)
Ridoux Vincent ^(CRMM-ULR)
& Watremez Pierre ^(AAMP)



SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	2
AVANT PROPOS	3
INTRODUCTION.....	4
Contexte et enjeux.....	4
REMMOA en Polynésie française.....	4
Objectifs principaux des campagnes REMMOA.....	5
DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE REMMOA EN POLYNESIE FRANCAISE	6
Calendrier	6
Bilan des heures de vol (HDV).....	7
Equipes d’observateurs	7
Contraintes météorologiques, techniques et logistiques.....	7
METHODOLOGIE	11
Choix de la méthodologie : avantages et limites	11
Période et zone d’étude	12
Protocole d’observation et équipement	14
Echantillonnage et stratification.....	18
RESULTATS PRELIMAIRES	23
Effort d’observation réalisé	23
Etat de la mer et conditions d’observation rencontrées	27
Les observations de cétacés	30
Les observations d’oiseaux de mer.....	37
Les observations de tortues marines, d’élasmobranches et de poissons pélagiques	45
Les observations de bateaux et déchets.....	49
BILAN ET PERSPECTIVES D’ANALYSE DE DONNEES.....	53
BILAN DES RENCONTRES PUBLIQUES ET INTERVENTIONS AUPRES DES SCOLAIRES	55

REMERCIEMENTS

Ce projet est le troisième volet d'un programme de quatre campagnes de cartographie de la diversité et de la densité de mégafaune pélagique dans les eaux françaises d'outre-mer par observation aérienne. Il n'a été rendu possible que par l'action de nombreuses institutions et personnes que nous souhaitons remercier ici.

Le Ministère chargé de l'Environnement (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, MEDDTL) et l'Agence des aires marines protégées, AAMP, ont assuré la totalité du financement du projet.

De nombreuses institutions et collectivités ont aidé à l'accomplissement de cette mission notamment le Ministère chargé de l'Environnement en Polynésie française, la Direction de l'Environnement de Polynésie, les mairies des îles choisies comme bases au cours de la campagne (Raiatea, Tubuai, Fakarava, Hao, Tureia, Mangareva et Hiva Oa), les administrateurs des archipels de la Société, des Australes, des Tuamotu, des Gambier et des Marquises.

A côté de ces institutions de Polynésie française, le Haut Commissariat de la République et l'antenne de l'Agence des aires marines protégées de Polynésie ont beaucoup aidé au bon déroulement de la campagne, de la préparation jusqu'à la restitution, en facilitant notamment les contacts avec les services administratifs concernés par la réalisation de cette campagne.

Cette mission a été réalisée grâce à la participation d'organisations non gouvernementales impliquées dans l'étude et la conservation des espèces marines en Polynésie ainsi que dans d'autres régions : *Te Mana o te Moana* (présidente Cécile Gaspar), *Pa'e Pa'e No Te Ora* (président Vavitu Moorua), Groupe d'Etude des Mammifères Marins (GEMM, président Alain Portal), Société ornithologique de Polynésie *Manu* (président Philippe Raust), *Dolphin and Whale Watching Expedition* (DWWE, directeur Michael Poole), *Mauritius Marine Conservation Society* (MMCS, présidente Jacqueline Sauzier) et *Mingan Island Cetacean Study* (MICS, directeur Richard Sears).

Cette campagne n'aurait pu se réaliser sans l'investissement et la disponibilité de nombreux observateurs : Ludwig Blanc (GEMM et *Manu*), Adèle Cadinouche (MMCS), Pamela Carzon (GEMM), Sylvie Geoffroy (*Te Mana o te Moana*), Aurélie Hermans (ULR), Emmanuelle Levesque (GEMM et ULR-Valor), Laura Mannocci (ULR), Devis Monthly (ULR-Valor), Morgane Perri (ULR), Julie Petit (*Te Mana o te Moana*), Guy Pincemin (*Pa'e Pa'e No Te Ora*), Michael Poole (DWWE), Richard Sears (MICS), Thierry Sommer (*TeMmana o te Moana*), Jean-Luc Tison (GEMM).

Nous sommes également heureux de remercier l'ensemble du personnel technique aéronautique de *Aerosotravia*, *Unity Airlines* et *Great Barrier Airlines* coordonné par Jean-Philippe Pelletier: Andrew Archies (pilote), Guillaume Bertrand (pilote), Benjamin Bokobza (pilote), Hubert Chouvinc (mécanicien), Robin Deamer (pilote), Gilles Didou (Pilote), Alexandre Gahide (pilote), Vickie Haining (pilote), Kevin Jaillet (mécanicien), John Kerr (mécanicien), Terii Lau (mécanicien), Jérôme Leparc (pilote), Ben Turner (pilote), Sébastien Voillot (pilote).



Avec plus de 11 millions de kilomètres carrés, la France a la responsabilité de la seconde Zone Economique Exclusive (ZEE) la plus étendue au monde. En particulier, les eaux situées autour des départements et collectivités d'outre-mer représentent l'essentiel de cette surface et comportent de nombreux habitats ou espèces remarquables des milieux tropicaux.

L'Agence des aires marines protégées, AAMP, a pour mission d'apporter un appui aux politiques publiques en matière de création et de gestion d'aires marines protégées, de construire un réseau cohérent d'aires marines protégées (AMP) et de mesurer les bénéfices environnementaux à long terme résultant de l'établissement de ce réseau. Un point particulièrement important de la réussite de sa mission est la constitution d'une base de connaissances à partir de données existantes ou, le cas échéant, en organisant l'acquisition de données nouvelles qui permettront d'identifier les secteurs prioritaires pour l'établissement des nouvelles AMP et d'élaborer leurs plans de gestion. Dans les régions côtières cette connaissance scientifique est souvent abondante et diversifiée, même si bien sûr des compléments de connaissance restent à acquérir. Par comparaison, les vastes étendues océaniques qui constituent l'essentiel de la ZEE française dans les régions tropicales des océans Atlantique, Indien et Pacifique sont trop peu documentées.

Pour répondre à ces engagements d'acquisition de nouvelles connaissances au large, le présent projet est le troisième volet d'un programme de quatre campagnes de cartographie de la diversité et de la densité de mégafaune pélagique dans la ZEE française d'outre-mer par observation aérienne : les campagnes REMMOA, **RE**censement des **M**ammifères marins et autre **M**égafaune pélagique par **O**bservation **A**érienne. Ces campagnes sont organisées en quatre volets correspondants aux principales régions bio-géographiques tropicales de la ZEE française (Figure 1).

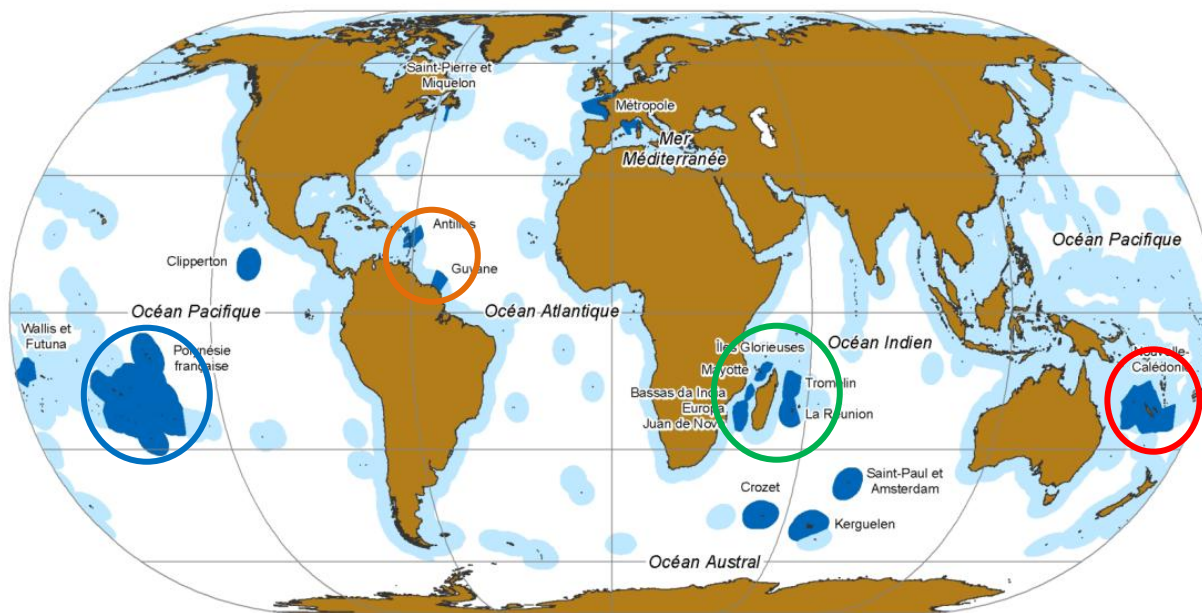


Figure 1. Emprise géographique des campagnes REMMOA : région Antilles-Guyane (2008), région sud-ouest océan Indien (2009-2010), région Polynésie française (2011), région sud-ouest océan Pacifique (2012-2013).

INTRODUCTION

CONTEXTE ET ENJEUX

La conservation de la biodiversité marine en France est notamment encadrée par plusieurs directives européennes, dont la Directive Habitats Faune Flore, la Directive Oiseaux et la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin, qui concernent les habitats marins inclus dans la Zone Economique Exclusive (ZEE) ou de la Zone de Protection Ecologique (ZPE) autour des côtes de métropole. Cependant les engagements de la France relatifs à la conservation du milieu marin concernent aussi des espaces beaucoup plus étendus autour des collectivités françaises d'outre-mer qu'en métropole et représentent des enjeux mondiaux pour de nombreux habitats ou espèces remarquables caractéristiques des milieux tropicaux qui ne sont pas incorporés dans les textes communautaires. L'Agence des aires marines protégées (AAMP) a donc souhaité étendre rapidement à l'outre-mer les efforts d'inventaire, de suivi et de conservation zonale du patrimoine naturel marin dans les eaux sous juridiction française situées hors du territoire métropolitain.

Le MEDDTL (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, du Transport du Logement) et l'AAMP ont récemment identifié un certain nombre d'indicateurs de suivi de la biodiversité, dans le double cadre de la stratégie nationale pour la biodiversité et du tableau de bord des mers françaises. L'abondance et la distribution de la mégafaune marine tels que les cétacés, les oiseaux de mer et les tortues marines, font partie des indicateurs retenus. Quatre raisons principales justifient ce choix : des pressions et menaces anthropogéniques avérées croissantes s'exercent sur les prédateurs supérieurs marins (fortes pressions) ; les taux maxima d'accroissement de populations sont généralement faibles et confèrent à ces espèces une capacité limitée à restaurer des situations dégradées quand les causes du déclin sont corrigées (faible résilience) ; des bénéfices plus généraux pour la biodiversité marine sont attendus de la conservation de ces espèces, du fait de leurs niveaux trophiques généralement élevés et de leurs domaines vitaux étendus (effet "parapluie") ; et enfin, dans les vastes secteurs océaniques de l'océan mondial et de la ZEE française, peu d'éléments de la biodiversité pélagique se prêtent autant que les prédateurs supérieurs marins à être cartographiés sur de grandes surfaces permettant de déduire certaines propriétés des écosystèmes marins sous-jacents (valeur d'indicateur).

REMMOA EN POLYNESIE FRANÇAISE

Les 4,8 millions de kilomètres carrés de la Zone économique exclusive (ZEE) de Polynésie française, situés au sein de la plus grande étendue océanique de la planète, représentent près de la moitié de l'espace maritime français. Cette région rassemble, par son étendue, des conditions environnementales variées. Malgré les efforts importants de différents acteurs scientifiques et naturalistes de Polynésie française, principalement dans le domaine associatif, les informations sur la fréquentation, l'abondance et la répartition de ces différentes espèces restent encore limitées, surtout au large.

Compétent pour la protection et la valorisation de son environnement marin, le gouvernement de Polynésie française a déjà pris nombre de mesures dans ce domaine (protection des espèces, aires marines gérées, etc.).

Les tortues, par exemple, font l'objet d'une inscription sur la liste des espèces menacées et en danger et les mammifères marins, ainsi que les requins relèvent de la liste des espèces protégées, considérées comme rares ou d'intérêt particulier au titre du code de l'environnement. En 2002, le gouvernement de la Polynésie française a créé un sanctuaire pour la protection et la sauvegarde des baleines et des autres mammifères marins dans toutes les eaux de la Polynésie française. En 2007, il a signé un accord cadre avec l'Agence des

aires marines protégées pour qu'elle apporte un appui technique aux politiques publiques polynésiennes en matière d'aires marines protégées/gérées. Cet accord comporte un volet relatif à l'appui à la gestion du sanctuaire des mammifères marins. La campagne REMMOA s'inscrit dans ce contexte.

Emblématiques de la Polynésie, les baleines à bosse rencontrées au cours de l'hiver et du printemps australs des Tuamotu aux Australes, les grands dauphins côtiers observés entre les îles de la Société et des Marquises ou les groupes de dauphins à long bec visibles depuis les rivages de certains archipels ne sont pas les seules espèces de mammifères marins fréquentant cette région. Au total, 24 espèces de cétacés ont été recensées, dont 16 sont considérées comme communes. La campagne REMMOA ne cible pas les baleines à bosse présentes en Polynésie durant l'hiver et le printemps australs, mais elle concerne aussi toutes les autres espèces de cétacés beaucoup moins connues ainsi que les peuplements d'oiseaux de mer et de tortues marines. En effet, les informations sur la fréquentation, l'abondance et la répartition de ces différentes espèces restent encore limitées, surtout au large.

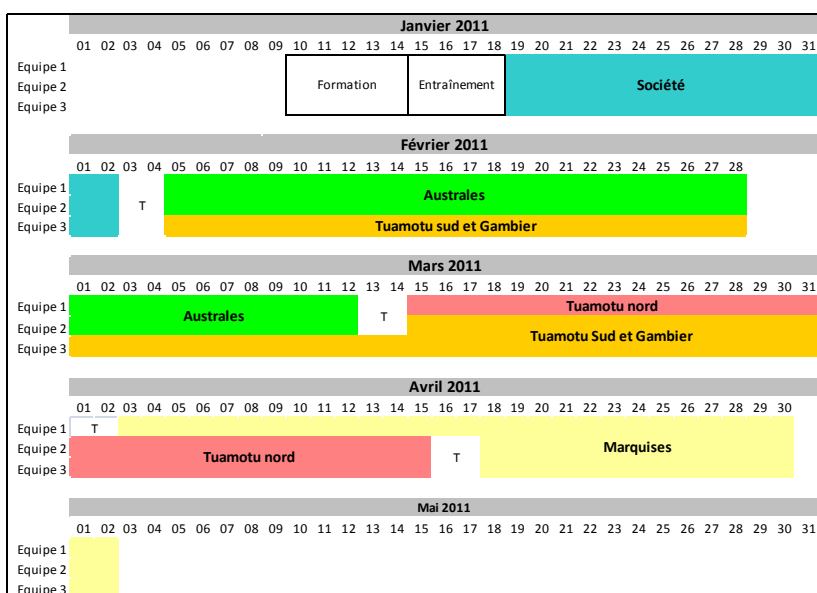
OBJECTIFS PRINCIPAUX DES CAMPAGNES REMMOA

Ces campagnes ont pour objectif de produire un état des lieux « instantané » de la répartition et de l'abondance des mammifères marins, oiseaux de mer, tortues marines, raies, requins et grands poissons visibles en surface. Elles permettent également d'identifier les habitats associés aux plus fortes densités ou aux plus fortes diversités biologiques. De plus, les répartitions de certaines activités humaines (pêche, trafic maritime, déchets) sont également répertoriées. Cette campagne est d'autant plus importante qu'elle est la première de ce type à être réalisée dans cette région où la distribution de la mégafaune marine est généralement méconnue.

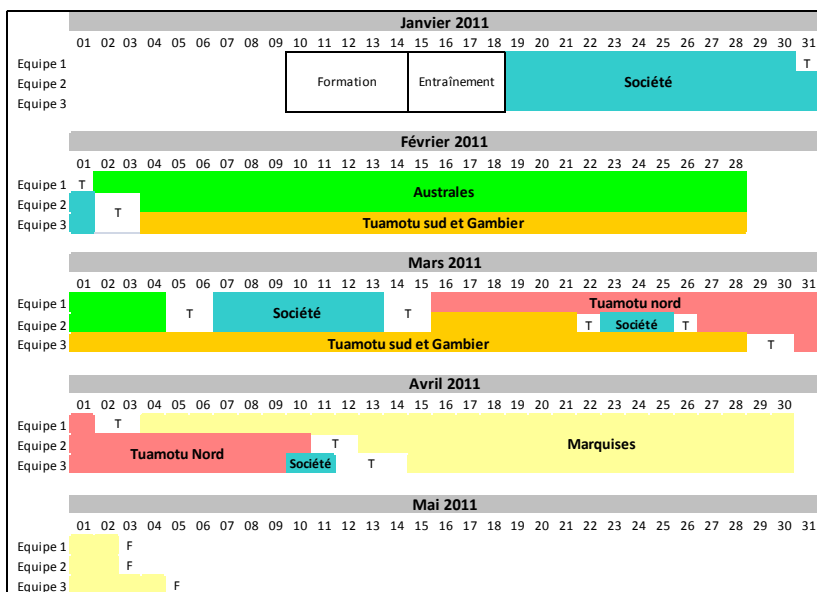
DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE REMMOA EN POLYNESIE FRANCAISE

CALENDRIER

La campagne d'observation aérienne REMMOA a été conduite en Polynésie durant l'été austral entre le 10 janvier 2011 et le 5 mai 2011, 17 semaines ont été nécessaires à sa réalisation (figure 2). La campagne a démarré au mois de janvier depuis Raiatea, dans l'Archipel de la Société, puis elle s'est poursuivie en février à partir de Tubuai, archipel des Australes et à partir d'Hao et de Mangareva pour couvrir les Tuamotu Sud et les Gambier. En mars, les équipes étaient en place à Fakarava pour la couverture des Tuamotu Nord, et aussi à Hao, Mangareva et Tureia pour finir les Tuamotu Sud et les Gambier. L'archipel des Marquises a été couvert en avril jusque début mai depuis Hiva Oa. Le seul secteur ayant fait l'objet d'une couverture discontinue est celui de l'Archipel de la Société (figure 2).



A : calendrier prévisionnel



B : calendrier réalisé

Figure 2. Calendriers prévisionnel (A) et réalisé (B) de la mission REMMOA – Polynésie française, 2011 (T = transfert équipe/maintenance avions).

BILAN DES HEURES DE VOL (HDV)

Le nombre d'heures de vol total (HDV ; en effort d'observation, transits vers les zones d'observation et transferts entre les bases) nécessaire à la réalisation de la mission s'élève à **887,5 HDV** (source Aerosotravia). Le nombre d'HDV total sur les secteurs de travail est de 803 (source Aerosotravia) dont **580 HDV en effort d'observation** sur les transects (source CRMM/ULR). Le pourcentage d'HDV en transit vers les zones de travail s'élève donc à 28 % du nombre total d'HDV de travail aérien (effort d'observation et transits vers les zones d'observation) ; contre 30 % pour la campagne océan Indien et 35 % pour la campagne Antilles-Guyane.

Compte tenu des obligations de maintenance, de réparation des avions, ainsi que du transfert des avions et des équipes et de la logistique entre les bases, la campagne a bénéficié de **290 "jours.avion"** opérationnels disponibles pour l'observation. Le nombre total de "jours.avion" utilisés (conditions météorologiques adaptées au vol d'observation) est de 141 (soit environ 1 jour sur 2).

Le nombre moyen d'heures de vol (HDV) en effort d'observation sur cette campagne est de **4,1 h par jour** opérationnel effectif (jour avec vol d'observation), contre 4,5 h pour la campagne océan Indien et 2,9 h pour la campagne Antilles-Guyane.

EQUIPES D'OBSERVATEURS

Vingt personnes ont assuré au cours des 4 mois de mission les 15 postes d'observateurs. Au total la campagne a bénéficié de **1690 jours.observateur**. Parmi ces observateurs, 5 sont issus du CRMM/ULR, 5 sont issus de précédentes campagnes aériennes (dont 4 formés par le CRMM sur la mission REMMOA océan Indien), le rôle de chef d'équipe en vol a été assuré par 5 d'entre eux. Pour compléter les équipes, 10 observateurs ont été sélectionnés parmi les candidatures reçues des différents organismes locaux. Ces 10 observateurs « débutants » ont reçu une formation théorique de 5 jours au démarrage de la campagne à Raiatea, suivi d'une semaine pendant laquelle des vols d'entraînement ont été organisés.

CONTRAINTES METEOROLOGIQUES, TECHNIQUES ET LOGISTIQUES

Contraintes météorologiques

Une analyse climatologique sur plus de dix ans de données a permis de déterminer les périodes les plus propices à l'observation dans chacun des archipels polynésiens et de dresser le calendrier prévisionnel. Celui-ci répartissait l'effort d'observation pour bénéficier des fenêtres météorologiques les plus favorables.

L'été austral 2011 dans le Pacifique a été marqué par *La Niña*, qui est un phénomène climatique ayant pour origine une anomalie thermique des eaux équatoriales de surface de l'océan Pacifique (température anormalement basse dans la couche de surface). Ce phénomène « protège » la partie Est du Pacifique des fortes dépressions tropicales (cyclones), mais par contre induit l'alizé (vent de sud-est régulier) normalement absent en cette saison.

Aucun système dépressionnaire n'a donc gêné le déroulement de la mission, mais l'alizé a été particulièrement pénalisant sur les secteurs de la Société, des Tuamotu Sud, ainsi que des Marquises. Cela a induit un décalage de calendrier avec plusieurs retours sur zones à différents moments pour finir le secteur Société. Pour les 3 secteurs, des vols ont été réalisés avec des conditions de mer souvent proches de la limite fixée par le protocole (vent ≤ 4 beaufort). Sur les Marquises, des fronts et masses d'air humide ont parfois pénalisé les

vols, soit en retardant le décollage des avions depuis Hiva Oa (piste encaissée dans les montagnes et située à 1300 pieds d'altitude) soit en affectant la visibilité sur les zones de travail.

Contraintes techniques

Les 3 avions mis en place sur la campagne correspondaient bien au type d'appareils attendus, il s'agissait de *Britten Norman Islander 2*. Un des avions venant de France (BN2 HD Aerosotravai) était parfaitement équipé et répondait aux exigences matérielles permettant l'accomplissement de la mission des observateurs : autonomie, matériel de sécurité et de communication avec les organismes de contrôle, système intercom offrant une bonne qualité de communication entre les observateurs et avec les pilotes, une bonne ventilation de la cabine, etc. Pour les deux autres appareils (originaires du Vanuatu, BN2 YJ Unity Airlines ; et de Nouvelle Zélande, BN2 ZK Great Barrier Airlines), les exigences n'étaient pas entièrement remplies. Leur autonomie était moins importante qu'espérée et l'étendue des secteurs échantillonnés des Australes et des Marquises a du être réduite. L'état des équipements à bord de ces avions ont rendu plus difficile l'accomplissement du travail des observateurs en vol. Le plus gênant aura été un système intercom dans un des appareils offrant une très mauvaise qualité d'écoute, des pannes régulières et une communication impossible entre observateurs et pilotes. L'autre appareil était équipé d'un réservoir interne rigide de 300 litres en métal (et non un réservoir souple de type *turtle pack*) dont l'encombrement limitait d'une part l'espace pour l'installation et la mobilité des observateurs et d'autre part, empêchait le système de ventilation d'être fonctionnel. Ces contraintes qui pourraient paraître être du détail, nuisent à la qualité de l'observation sur la durée de ce type de mission.

Un des trois avions (ZK - GBA) a rencontré plusieurs problèmes mécaniques, ayant pour effet des interruptions de vol (Australes et Marquises) voir l'immobilisation au sol. Aux Australs, cet avion a été immobilisé 7 jours au total, alors que les conditions météorologiques étaient favorables à l'observation. Heureusement cela n'a pas pénalisé l'avancement de la campagne car de bonnes fenêtres météorologiques ont permis de compenser. On notera aussi que durant toute la campagne il n'y avait pas de mécanicien attiré sur place pour suivre cet avion. Les pannes ont donc été souvent gérées dans l'urgence par les mécaniciens des autres appareils.

Il n'y a pas eu de contraintes dues à l'approvisionnement en carburant AvGas 100LL, ni en délai de livraison, ni en quantité estimée. Le seul changement ayant eu lieu au cours de la mission d'observation a été la mise en place de futs de carburant sur l'île de Nuku Hiva (Marquises). Cette mise en place devait permettre la possibilité d'atterrir et approvisionner à Nuku Hiva en cas d'impossibilité d'atterrir sur la piste d'Hiva Oa (piste en altitude et plafond souvent très bas), et d'autre part permettait la couverture de la partie nord du secteur des Marquises en limitant les transits.

Contraintes logistiques

La gestion logistique d'une mission scientifique itinérante sur le vaste territoire de Polynésie française, composée d'un groupe de 25 personnes réparties en 3 équipes, pendant une période de 4 mois et avec les délais impartis, soulève de réelles difficultés d'organisation.

Organisation avant la campagne : via un appel d'offre de marché public, une personne en local a été chargée de recueillir des informations sur chaque base prévue concernant les hébergements et autres besoins disponibles (location de voiture, accès internet, etc.). Ces informations ont été transmises au responsable logistique de la campagne ce qui a permis de faciliter les prises de contacts pour trouver les solutions logistiques adaptées aux besoins de la campagne.

Organisation pendant la campagne : pour la première fois sur une campagne REMMOA, l'organisation a été prise en main par un responsable dédié et en lien étroit avec les 3 responsables d'équipe (dont le responsable de la mission) de manière à anticiper la logistique d'accueil en fonction des décisions prises sur les changements de bases. Ces mouvements étaient décidés au cours de la campagne en fonction de l'état d'avancement du travail aérien, sachant que le calendrier prévisionnel a pu être globalement respecté.

Difficultés rencontrées : les équipements disponibles sur les 9 bases de la mission étaient très variables selon les archipels. Hormis les îles de la Société (Tahiti, Raiatea), toutes les autres bases étaient sur des îles éloignées de Papeete et les plus reculées étaient très peu équipées : pas de loueur de véhicule, pas de banque, peu de systèmes de paiement par carte bancaire, connexion internet limitée voir inexistante, transports maritime et aérien limités d'où un approvisionnement en vivres restreint aux produits de première nécessité.

- *Mouvements simultanés des équipes* : à mi-parcours de la mission, alors qu'une équipe parcourait les Tuamotu Sud et Gambier sans liquidité disponible (plafond de régie atteint), que les deux autres quittaient le secteur des Australes pour rejoindre les Tuamotu Nord avec un stop obligatoire de plusieurs jours sur Tahiti afin de poursuivre les survols sur le secteur de la Société : l'organisation logistique des mouvements des équipes était à son comble.
- *Transfert des équipes* : le départ des deux équipes aux Australes s'est effectué pendant les vacances scolaires induisant une limitation des disponibilités en avion et en hébergement sur Tahiti. Un événement promotionnel sur le tourisme dans les îles hors de Tahiti prévu fin février a ajouté des contraintes sur les transferts des équipes (vols Air Tahiti complets : départs différés des observateurs) ainsi que sur les choix des hébergements sur les bases de Fakarava et de Hiva-Oa.
- *Hébergements* : l'équipe parcourant les Tuamotu Sud et Gambier, la zone la plus extrême en termes d'accès, d'hébergements, de nourriture, était déployée sur 3 bases différentes. La difficulté logistique que représentait ce choix de bases multiples a été compensée par l'accueil chaleureux et la confiance des hébergeurs sur place.
- *Transport des équipes sur les bases* : aux Australes et à Fakarava, sur chacune de ces bases une seule voiture de location était disponible pour transporter 15 personnes chaque jour vers l'aéroport. A Fakarava, il n'y avait pas non plus de station service, l'essence a donc été acheminée depuis Tahiti.

Régies d'avance : les dépenses sur le terrain ont été effectuées par un système de régie d'avance. Ce système est indispensable sur ce type de mission, mais il demande une gestion comptable rigoureuse de la part des régisseurs, avec notamment des envois réguliers des états et justificatifs de dépenses.

Trois régies ont été créées, avec pour chacune d'elle une carte bancaire déplafonnée et un chéquier en euros. Les régisseurs étaient le responsable logistique, un responsable d'équipe et le responsable de la mission. Un compte bancaire avec chéquier local (en CFP) auraient été probablement plus appropriés pour certaines dépenses telles que les règlements d'acomptes ou encore les retraits d'espèces dans les îles éloignées de Tahiti. Lors des changements de bases, les dépenses réelles ont été ponctuellement dépassées par rapport au prévisionnel mensuel. Des paiements de soldes et acomptes, intervenants sur la même période, ont entraîné des problèmes de réapprovisionnement des comptes de régies. Néanmoins, ils ont pu être résolus rapidement grâce au suivi mené par l'Agence comptable de l'Université.

Le nombre de factures payées par les trois régies s'élèvent à 350. La répartition des dépenses de régies montre que l'hébergement des équipes représentait les trois quarts des dépenses de la logistique (figure 3). Au total, 16 hébergements (la plupart du temps de type pension) ont accueilli les équipes de la campagne

REMMOA. Concernant les transferts d'équipes entre bases, 142 réservations ont été effectuées auprès d'Air Tahiti au cours des 4 mois de mission.

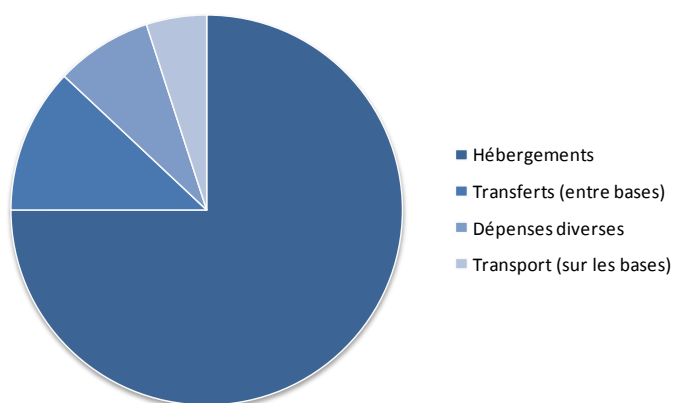


Figure 3. Répartition des dépenses de régie d'avance pour la logistique de la campagne REMMOA.

CHOIX DE LA METHODOLOGIE : AVANTAGES ET LIMITES

Au vu des objectifs de ces campagnes d'acquisition de connaissances sur les mammifères marins et la mégafaune marine en général, il a été proposé d'appliquer la méthode d'observation par avion. Le principal avantage de cette méthode est de couvrir une vaste surface en peu de temps, et avec un coût plus faible qu'une campagne embarquée sur navire dédié (Buckland *et al.*, 2001). L'observation aérienne permet donc d'acquérir une image instantanée de la distribution et des densités à une échelle géographique pertinente pour toutes les espèces de cétacés, mais aussi d'oiseaux de mer, de tortues marines et d'autres grandes espèces marines visibles en surface. De plus, cette méthode est facilement reproductible dans le but d'acquérir des jeux de données comparables avec une méthode de collecte standardisée.

A titre comparatif, un échantillonnage tel que celui proposé pour cette campagne, mais conduit depuis un bateau, aurait nécessité plus de 3 000 heures d'observation soit approximativement 350 à 400 jours de mer.

Un autre avantage de cette plateforme d'observation est la détection de certaines espèces au comportement discret en surface (en les observant par transparence), moins visibles depuis un bateau, comme par exemple les baleines à bec, les tortues, les raies et requins, et les grands poissons pélagiques. Cette méthodologie permet aussi de combiner d'autres couches d'informations, notamment les activités humaines qui peuvent être aussi relevées par grandes catégories : navires de pêche, de plaisance, de commerce, macro-déchets, etc.

Par ailleurs, la flexibilité de mise en œuvre est aussi un avantage important de l'observation aérienne, car elle permet d'utiliser les meilleures fenêtres météorologiques pour optimiser les conditions d'observation et de détection des animaux marins, et conserver ainsi un standard dans les conditions d'observation au cours d'une campagne et entre des missions successives.

Comme toute méthode, l'observation aérienne a aussi ses limites :

1 - La vitesse de déplacement de l'avion combinée avec la faible altitude impliquent que la fenêtre temporelle d'observation est très courte. Les détections pour certaines espèces seront inévitablement manquées et les effectifs des groupes éventuellement sous-estimés. Il peut alors en résulter une abondance relative sous-estimée.

2 - De même, ce faible temps d'observation ainsi que la distance d'observation ne permettent pas toujours une identification jusqu'à l'espèce, surtout pour les groupes d'espèces dont la morphologie est proche. Cela concerne notamment les petits delphininés du genre *Stenella* ou les grands delphininés comme les grands dauphins *Tursiops truncatus* et sténos rostrés *Steno bredanensis*, ou, chez les oiseaux, exemples des sternes « grises » *Sterna* spp. et des procellariidés.

3 - Toujours en raison de la vitesse d'échantillonnage, la précision dans les estimations de distance est réduite. Un inclinomètre est utilisé dans le cas des mammifères marins pour minimiser cet effet et une seule bande (0-200m) est considérée pour l'observation des oiseaux. En effet, multiplier les différentes bandes d'observations (comme cela peut être fait par bateau notamment) risque d'entraîner des erreurs d'assignation des observations aux bandes.

4 - A cette vitesse, la localisation des positions GPS est également moins précise que par bateau, à ce titre et pour éviter de perturber l'observateur il est conseillé d'avoir un système de positionnement performant

couplé à la saisie des observations, indépendante des observateurs, ainsi qu'un enregistrement audio synchronisé.

5 - La faible détectabilité de certaines espèces, notamment les cétacés dits « grands plongeurs » (baleines à bec et cachalot), est une limite commune à toutes les approches basées sur la détection visuelle en surface, qu'elles soient conduites depuis un navire ou depuis un avion ; par contre une campagne embarquée permet sous certaines conditions de coupler échantillonnages visuel et acoustique.

Concernant l'aspect quantitatif, lorsque les biais liés à la détection (limite 1) ou à la disponibilité des espèces (limite 5) sont identifiés et constants, ils n'entravent pas les comparaisons spatiales ou temporelles des abondances relatives. Le biais de détection (lié à l'observateur) peut-être en partie corrigé par la modélisation des détections sous *Distance* pour les espèces de la mégafaune marine présentant un nombre significatif d'observations, afin d'estimer la proportion d'animaux manqués. Pour les oiseaux, le choix a été fait de ne pas multiplier les bandes d'observations afin de garder la concentration des observateurs en priorité sur les mammifères marins (limite 2). Les biais liés à la disponibilité des animaux peuvent être dans certains cas corrigés, afin de tendre vers l'abondance la plus proche de la réalité (estimation du $g(0)$ pour les cétacés), mais c'est un autre objectif qui demande des opérations spécifiques avec une double plateforme d'observation par exemple.

Concernant l'aspect qualitatif (limite 3), il faut rester extrêmement prudent sur l'identification des espèces lorsque l'on pratique l'observation aérienne et privilégier dès le départ pour les futures analyses des regroupements par niveau taxonomique plus élevé (genre, famille) ou par morphologie proche. Quelles que soient les espèces cibles, cétacés ou oiseaux, la plupart des auteurs identifient ce problème (Buckland *et al.*, 2001, Camphuysen *et al.*, 2004, Dean *et al.*, 2003). Si cette limite est bien prise en compte dès le départ dans le protocole d'observation avec des groupes correctement identifiés, l'observation est amplement facilitée et le protocole permet ainsi une approche plus intégrée avec l'acquisition simultanée de données concernant les cétacés et d'autres groupes d'espèces appartenant à la mégafaune marine. Cependant pour réduire l'incertitude sur la détermination de l'espèce et de l'effectif, l'effort a parfois été interrompu sur décision du chef de vol pour la réalisation d'une manœuvre circulaire (*circle back*), permettant un second passage rapide au dessus de l'observation de cétacés (Hiby, 1999).

PERIODE ET ZONE D'ETUDE

La campagne a été conduite durant l'été austral, de janvier 2011 à mai 2011. Le choix de cette saison est motivé par la recherche des meilleures conditions météorologiques pour l'observation. L'état de la mer (dépendant de la force et de la persistance du vent) étant le facteur le plus limitant pour l'observation aérienne, la saison pour laquelle la probabilité de rencontrer des périodes de vent faible est la plus élevée a été recherchée. Durant l'été austral, même si c'est aussi la saison cyclonique, le régime des vents est généralement plus stable et les vents moyens plus faibles, contrairement à la saison hivernale où les alizés s'installent avec des vents soutenus et constants.

La région d'étude correspond à la ZEE de Polynésie française (figure 4). L'ensemble de ces eaux autour des 5 archipels polynésiens totalise une surface d'environ 4 804 000 km² (soit 47 % des eaux sous juridiction française). Dans cette vaste zone tropicale, le choix des secteurs d'échantillonnage résulte d'un compromis entre les aspects logistiques aéronautiques (existence d'une piste d'atterrissage dotée des facilités techniques indispensables au ravitaillement et à l'entretien des avions) et la recherche de la meilleure représentation du gradient latitudinal et de la diversité des habitats de la région (pente insulaire des îles hautes et atolls, reliefs sous-marins océaniques à proximité des archipels et plaines océaniques).

La zone d'étude a été échantillonnée à travers six secteurs distincts, d'une surface totale de 1 747 594 km² soit environ 1/3 de la surface totale de la ZEE de Polynésie française. Ces secteurs couvrent l'ensemble des Archipels (Société, Australes, Tuamotu, Gambier, Marquises). La campagne a permis de couvrir les eaux entourant 105 des 118 îles et atolls qui constituent la Polynésie (figure 4).

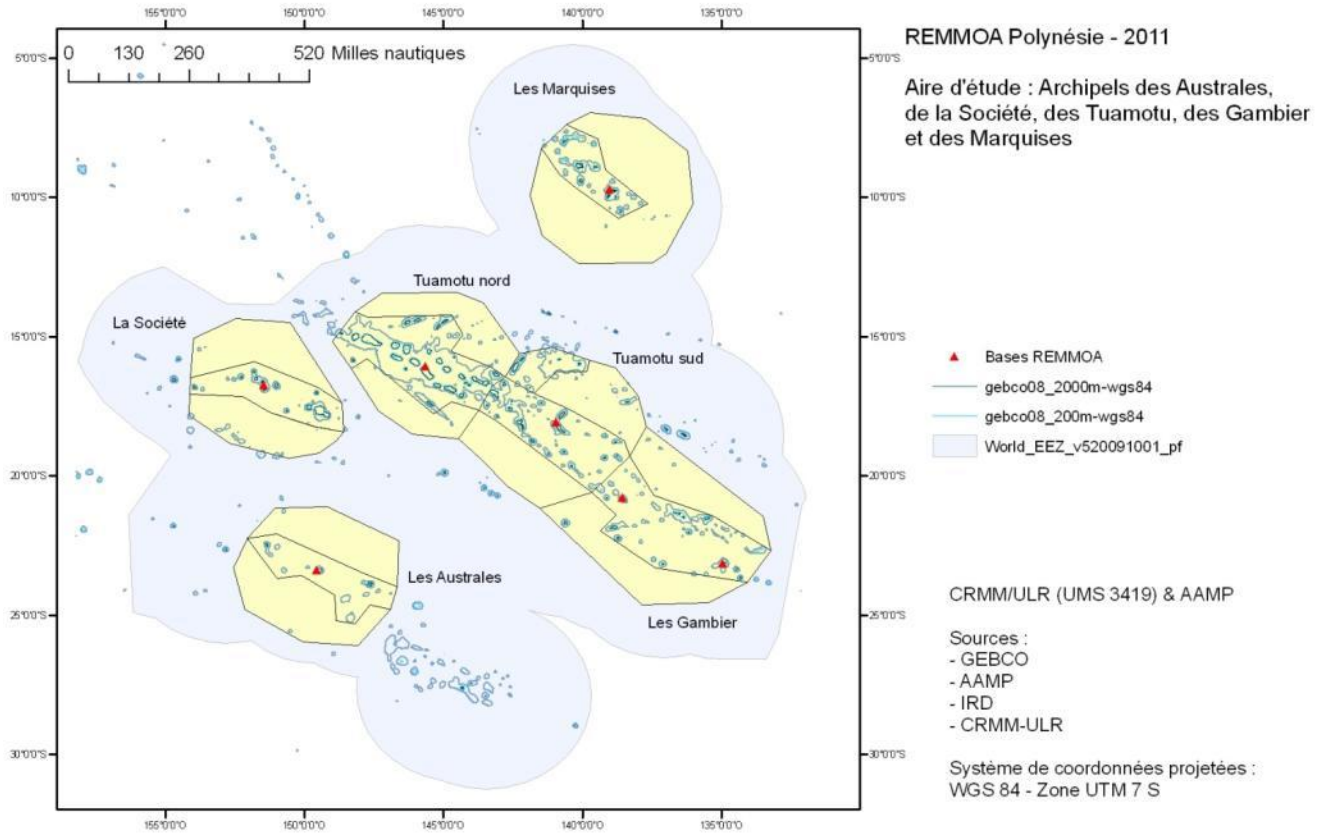


Figure 4. Aire d'étude : la région concernée est l'ensemble des archipels de Polynésie française, dans lesquels des secteurs ont été délimités (en jaune) pour la couverture par la campagne REMMOA

Cadre général

La méthodologie générale est identique à celle mise en place lors des campagnes REMMOA précédentes effectuées aux Antilles et en Guyane en 2008 puis dans l'océan Indien en 2009-2010 (Ridoux *et al.*, 2010, Van Canneyt *et al.*, 2009, Van Canneyt *et al.*, 2010). Le cadre général de la méthodologie s'appuie sur la technique de l'observation aérienne le long de transects linéaires préalablement établis (*Distance sampling*, Buckland *et al.*, 2001), avec deux déclinaisons selon les taxons d'observations : un échantillonnage en bande pour les oiseaux (*strip transect*), dans un couloir de 200 m de part et d'autre du trajet suivi par l'avion, et une mesure d'angle pour estimer l'éloignement au transect pour les autres observations (cétacés et autre mégafaune). Cette méthode possède un double avantage, produire des données de distribution spatiale et permettre l'estimation de la densité relative, assortie d'un intervalle de confiance sur ces estimations.

Aéronefs et équipes embarquées

Considérant le volume d'heures d'observation prévu, la surface et l'éloignement des zones à couvrir, 3 aéronefs ont été utilisés pour les besoins de cette campagne. Les trois équipes étaient composées de cinq observateurs, deux pilotes et un mécanicien. Les 3 appareils utilisés étaient des Britten Norman 2 (BN2) équipés de hublots-bulles (*bubble windows*, figure 4a et 4b). Les BN2 sont des avions bimoteurs (moteur à pistons dans le cas présent) de dix places à ailes hautes et possédant une autonomie d'environ 7 à 8 heures, incluant la marge de sécurité. Un des avantages du BN2 est leur capacité à voler à faible vitesse (< 80 nds si nécessaire). La vitesse d'échantillonnage appliquée sur REMMOA est de 90 à 95 nœuds (167 à 176 km.h⁻¹) et l'altitude de 600 pieds (183 m) au dessus de la surface de l'eau. Pour augmenter l'autonomie, les avions ont été équipés de réservoirs supplémentaires, permettant d'atteindre 11 heures d'autonomie pour l'un des appareils et 8 heures pour les 2 autres. En raison de ces équipements ajoutés et de la configuration pour organiser le travail d'observation à bord, le nombre de places disponibles est limité à six. Les équipes embarquées pour chaque vol étaient composées au minimum de quatre observateurs (permettant d'assurer une rotation en vol) et un pilote (2 pilotes pour les vols excédant 6 heures).

Déroulement des vols

La mise en place d'un vol d'observation nécessite des conditions de vent inférieures ou égales à 4 sur l'échelle de Beaufort, ou un état de la mer inférieur ou égal à 3 sur l'échelle de Douglas (vent ≤ 15 nœuds - mer peu agitée), la mer du vent étant le facteur qui affecte le plus la détectabilité des cétacés. La houle sans déferlement ne gêne pas l'observation aérienne. Avant chaque dépôt de plan de vol une analyse fine de la météorologie sur les zones de travail a été effectuée à l'aide notamment d'un site internet mis en place pour la mission (ACTIMAR) permettant de visualiser, sur un échéancier de 5 jours, les prévisions de vent en surface, de houle et de mer totale sur chacun des secteurs couverts par la campagne. Ces prévisions étaient croisées avec d'autres sources de données météorologiques notamment avec les sorties de modèle obtenues en téléchargeant les fichiers *grib* de la NOAA. De même, les perturbations, les fronts, la couverture nuageuse et l'épaisseur des couches étaient observées quotidiennement depuis le site de la division des services satellites de la NOAA pour le secteur de l'hémisphère sud (SOHEMI).

Lors des sessions d'observation, deux observateurs étaient positionnés face aux hublots-bulles installés de chaque côté de l'appareil à l'arrière et offrant un champ d'observation parfaitement vertical à l'avion (figure 5). Le troisième observateur assure la fonction de navigateur ou chef de vol (fonctionnement du matériel, suivi des transects sur écran et décisions sur les choix à faire en fonction des changements de conditions de vol et/ou d'observation) et de secrétaire (saisie instantanée des observations dictées par les observateurs). Les observateurs ne se préoccupent donc pas de l'enregistrement de leurs données et sont ainsi totalement disponibles pour l'observation.

Des interruptions de transect peuvent être réalisées au cours du vol pour revenir sur une observation afin de confirmer l'espèce et la taille du groupe (uniquement pour les cétacés). L'interruption est décidée rapidement par concertation entre les observateurs et le navigateur. L'interruption et le côté concerné par l'observation sont annoncés par le navigateur au pilote. La position de rupture du transect est relevée à l'aide du logiciel de navigation et les observateurs interrompent l'effort d'observation. Le pilote effectue une boucle (ou *circle back*) avec l'aide du navigateur, tandis que les observateurs se tiennent prêts à prendre des photographies (boitier reflex numérique et grand angle) au moment du second passage. A la reprise du transect, annoncée par le navigateur, les observateurs se remettent en veille et l'échantillonnage reprend normalement. Le temps d'interruption du transect nécessaire pour cette manœuvre est de 3 minutes en moyenne.

Données collectées et enregistrement

Les données d'observation collectées concernent les mammifères marins (cétacés uniquement en Polynésie), ainsi que les oiseaux de mer, les tortues marines, les grands poissons pélagiques comme les thonidés, les istiophoridés/xiphiidés (voilier/marlin/espadon) et les élasmobranches (requins et raies), les macro-déchets, les bateaux de toutes catégories (pêche/plaisance/commerce/...), les dispositifs de concentration de poissons (DCP) et tout engin de pêche matérialisé par des bouées. Lors de cette campagne en Polynésie, la localisation des filières perlicoles a aussi été relevée. Les conditions environnementales (état de la mer, turbidité ou transparence de l'eau, couverture nuageuse et éblouissement) sont aussi enregistrées ainsi qu'un indice de détectabilité basé sur les petits delphinidés et déterminé de manière globale par l'observateur (conditions bonnes, moyennes, ou mauvaises).

Toutes les observations d'animaux marins sont réalisées à l'œil nu dans une bande d'environ 500 m de large de part et d'autre du transect, parfois plus en fonction des conditions d'observation (état de la mer essentiellement). Cependant dans le cas des observations de cétacés, tortues, élasmobranches, et grands poissons pélagiques la distance perpendiculaire au transect est relevée à l'aide de l'inclinomètre lors de la détection (figure 7).

Pour les oiseaux, une bande de 200 m a été matérialisée sur le train d'atterrissage (correspondant à un angle de 42° par rapport à l'horizon (figure 6), et les observateurs indiquent toutes leurs détections d'oiseaux en précisant si elles sont à l'intérieur de la bande des 200 m ou à l'extérieur afin d'en analyser les densités relatives par la méthode du transect en bande (*Strip transect*) dans la limite des 200 m (figure 7). Les observations d'oiseaux relevées en dehors de cette bande dans les zones de plus faibles densités notamment serviront principalement pour l'analyse de la distribution spatiale.

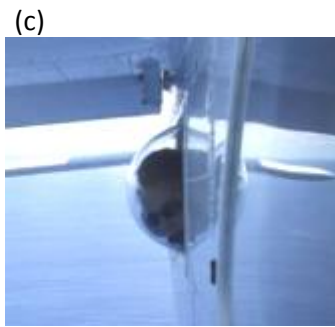
Les deux observateurs latéraux annoncent oralement leurs conditions d'observation et paramètres des observations au navigateur (figure 5). Ces informations sont saisies instantanément grâce au logiciel de navigation et de saisie VOR 8.6 développé pour les campagnes aériennes SCANS et SCANS-II (Hiby & Lovell, 1998, SCANS, 2006). Le navigateur est positionné au centre de la cabine, il suit l'itinéraire de vol sur le PC grâce à une connexion avec un GPS, et il saisit les informations dictées par les observateurs. Un enregistrement vocal des observateurs est conservé au moyen d'un dictaphone numérique à déclenchement automatique. Le but de cet enregistrement est d'aider à la vérification et à la validation des données. Après chaque vol, les fichiers générés par le logiciel VOR sont importés dans une base de données développée sous MS Access et la saisie de toutes les observations est validée par les observateurs, qui réécoutent leurs enregistrements vocaux si nécessaire.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 5. Appareils BN2 des sociétés AEROSOTRAVIA (FR), GREAT BARRIER AIRLINES(NZ), et UNITY AIRLINES (VU) affrétés pour la campagne et équipés de hublots-bulle ; (b et c) postes d'observation ; (d) poste d'enregistrement des données (Photo (a) : © J.P. Pelletier).

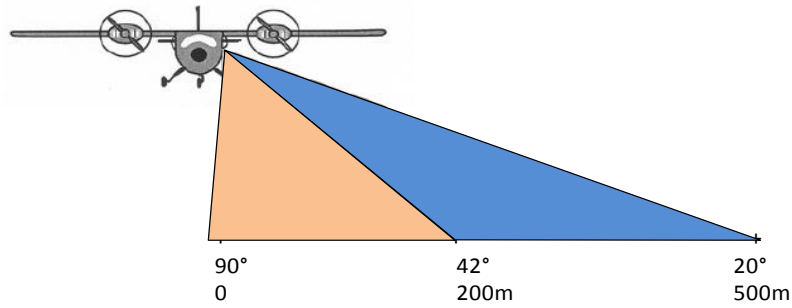


Figure 6. Angles d'observation et distances correspondantes à partir des hublot-bulles.

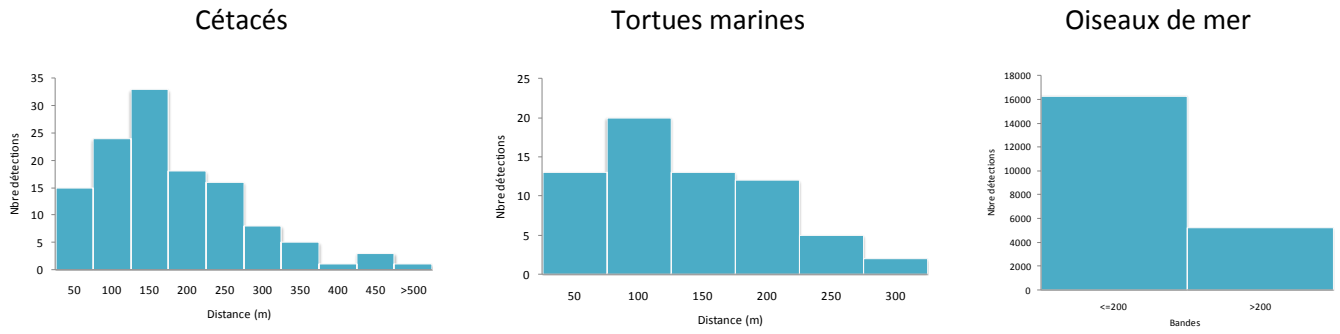


Figure 7. Exemples de distribution des classes de distances au transect pour les détections de cétacés et de tortues marines et nombre de détections d'oiseaux de mer dans la bande des 200 m et en dehors, observations réalisées lors de la campagne REMMOA Polynésie.

La stratégie générale de l'échantillonnage a été conçue en **3 étapes** :

- 1- Définition des secteurs : zones représentatives de la diversité écologique des différents archipels de Polynésie française et du gradient latitudinal au sein de la région d'étude.
- 2- Définition des strates bathymétriques : « sous-zones » au sein de chaque secteur délimitées en fonction des caractéristiques bathymétriques telles que la profondeur, le relief et le gradient (côtier, pente, océanique)
- 3- Définition des transects : ventilation de l'effort d'observation au sein des strates bathymétriques prenant en compte les taux d'observations attendus (disponibles dans la littérature ou issus de campagnes précédentes non publiées), et permettant une certaine flexibilité dans l'application au cours de la campagne en fonction des taux observés (augmentation ou diminution de l'effort).

Stratégie générale de l'échantillonnage - étape 1 - délimitation des secteurs

En raison de l'étendue de la région d'étude (près de 5 millions de km²), la couverture totale par observation aérienne n'était pas envisageable pour plusieurs raisons. Une couverture exhaustive de la région d'étude aurait atteint des coûts logistiques très élevés. La portée des avions (autonomie, règles de sécurité, etc.) limite l'accès à de nombreux secteurs de la région, notamment en raison de l'absence de piste ou d'une logistique inappropriée pour le type d'avion utilisé. Enfin, les outils de modélisation spatiale offrent la possibilité d'établir des prédictions sur des zones non échantillonnées à partir de données collectées sur des secteurs prospectés présentant des habitats et caractéristiques environnementales similaires.

Une première stratification a donc été réalisée en prenant en compte les différents archipels à couvrir et le gradient latitudinal. Cette première stratification a abouti à la délimitation de six secteurs distincts et généralement non contigus hormis pour les archipels des Tuamotu et des Gambier (figure 8 et 9).

- Le secteur 1 ou **SOC (Société)**, d'une surface de 255 902 km², inclut tel qu'il a été identifié 11 des 14 îles et atolls constituant cet archipel. Ce secteur s'étend de l'île de Tahiti à l'est jusqu'à l'atoll de Mopelia à l'ouest et couvre les eaux des Iles sous le vent de Moorea, Huahine, Raiatea, Tahaa, Bora Bora, Maupiti, Tupuai, Maiaio, et Tetiaroa, ainsi que les eaux dans un rayon d'environ 150 milles nautiques au large de l'île de Raiatea (point servant de base pour le travail réalisé).
- Le secteur 2 ou **AUS (Australes)**, d'une surface de 261 676 km², inclut les îles de Rurutu, de Tubuai et de Raivavae et les eaux dans un rayon d'environ 150 milles nautiques au large de l'île de Tubuai utilisée comme base pour la campagne. Pour des raisons de logistique aéronautique les environs de l'île de Rapa n'ont pas été prospectés.
- Le secteur 3 ou **TUN (Tuamotu Nord)**, d'une surface de 286 733 km², inclut l'ensemble des atolls de cette partie des Tuamotu, qui s'étend de l'atoll de Mataiva au nord-ouest, jusqu'à l'atoll de Makemo au sud-est. Il couvre les eaux dans un rayon d'environ 150 milles nautiques au large de l'atoll de Fakarava (base de la campagne REMMOA).

- Le secteur 4 ou **TUS (Tuamotu Sud)**, d'une surface de 298 114 km², inclut les atolls compris entre Marutera à l'ouest, Fakahina au nord et Pinaki à l'est. Il couvre les eaux dans un rayon d'environ 150 milles nautiques au large de l'atoll d'Hao (base principale de la campagne REMMOA pour les secteurs TUS et GAM). Il n'inclut pas les îles du Désappointement et l'atoll de Nuka Puka au nord, ni les atolls d'Hereheretue et ceux à proximité d'Anuanunaro au sud.
- Le secteur 5 ou **GAM (Gambier)**, d'une surface de 336 907 km², inclut cinq atolls des Tuamotu Sud (Tureia, Vanavana, Tematangi, Moruroa et Fangataufa) et toutes les îles des Gambier jusqu'aux îles hautes autour de Mangareva pour la partie située la plus au sud de ce secteur. Ce vaste secteur a été prospecté depuis l'atoll de Tureia et l'île de Mangareva (bases secondaires de la campagne REMMOA pour les secteurs TUS et GAM).
- Le secteur 6 ou **MAR (Marquises)**, d'une surface de 308 262 km², inclut les 6 îles hautes (Nuku Hiva, Ua Pou, Ua Huka, Hiva Oa, Tahuata, Fatu Hiva) et les 7 îlots que composent les Marquises. Il couvre les eaux dans un rayon d'environ 150 milles nautiques au large de l'île d'Hiva Oa (base de la campagne REMMOA).

Stratégie générale de l'échantillonnage - étape 2 - stratification bathymétrique

A l'intérieur de chaque secteur une seconde stratification a été effectuée en fonction des principales catégories bathymétriques, on y retrouve deux strates bathymétriques définies avec les mêmes critères que dans les précédentes campagnes REMMOA (Antilles-Guyane et Océan Indien) :

- la **strate « océanique »** inclut les eaux situées au-delà de l'isobathe des 2 000 m de profondeur. Le faciès bathymétrique dominant présente un faible gradient de pente.
- Et la **strate « pente »**, elle inclut la pente insulaire, ainsi que les eaux principalement situées entre 200 et 2 000 m aux abords des reliefs sous-marins autour des atolls, les monts sous-marins. Le faciès bathymétrique dominant présente de forts gradients de pente.
- Etant donné la configuration de la Polynésie, avec un grand nombre de petites îles faiblement espacées au sein des archipels, la strate néritique, préalablement utilisé sur les zones de plateau continental, n'avait pas pu être dessinée. Cependant, au cours de la campagne, il a été décidé d'ajouter une **sous-strate** dans la strate bathymétrique de pente, appelée la **sous-strate « côtière »**, autour des principales îles hautes. En effet, les premiers vols aux abords de Tahiti et Moorea ont révélé un taux de rencontre de cétacés beaucoup plus important que sur le reste de la strate de pente. De plus au vu des faibles taux de rencontre observés lors du premier mois de campagne dans les eaux des Archipels de la Société et des Australes, il semblait important de stratifier cette zone, afin de ne pas considérer que les densités étaient homogènes dans toute la strate pente. La strate côtière a été définie par une zone tampon d'environ 15 milles nautiques autour du trait de côte, contenant les profondeurs de 0 à 2 000 m. Et étant donné la faible étendue de la sous-strate, un échantillonnage en transect parallèle a été privilégié au zigzag, permettant d'y accentuer l'effort. Toujours pour des questions de comparaison entre les archipels, ce principe de sous strate côtière a été appliqué aux principales îles hautes de Polynésie (Archipels de la Société, des Australes, des Gambier et des Marquises). Elle n'a par contre pas été appliquée aux atolls (Tuamotu Nord et Sud) dont le plan initial permettait une meilleure représentation des zones côtières.

La ventilation de l'effort d'observation des deux principales strates bathymétriques a été réalisée en tenant compte des différences de taux d'observation pour les cétacés attendues dans chacune des strates, afin d'assurer l'acquisition d'un nombre suffisant de détections pour les analyses, y compris dans les zones de faible densité. Ces différences dans les taux d'observation ont été évaluées à partir des taux estimés sur les précédentes campagnes REMMOA Antilles-Guyane et sud-ouest de l'Océan Indien, et ceux estimés à partir des rares prospections en navire effectuées dans la région (Gannier, 2009). Ces taux d'observations ont été estimés à 1-2 observations pour 1 000 km pour la strate océanique, 7-8 pour la strate pente, et 9-10 pour la sous-strate côtière. Sur la base de ces informations, il a été décidé de répartir les heures de vol comme suit : environ 55 % sur la strate océanique et 45 % sur les strates de pente. Pour la sous-strate côtière, il a été décidé au cours de la mission d'ajouter 10 HDV par archipel.

Stratégie générale de l'échantillonnage - étape 3 - design des transects

Le design des transects dans les strates bathymétriques de « pente » et « océanique » suit un profil en zigzag croisés (figure 8 et 9), largement utilisé dans les campagnes d'échantillonnage de cétacés, car offrant plus de facilité dans la mise en œuvre ainsi qu'une variance plus robuste dans les estimations d'abondance pour les espèces à faible densité (Buckland *et al.*, 2001). Les zigzag ont été répartis de manière homogène sur un plan spatial et sont orientés de manière à couper les isobathes et échantillonner ainsi les différentes profondeurs des strates bathymétriques, notamment dans la strate "pente" qui présente le plus fort gradient de profondeur d'eau (figure 8). La longueur des transects, leur localisation et orientation ont été générées en n'excédant pas en général 100 milles nautiques, afin de limiter les biais liés à la fatigue (soit un peu plus d'1 heure d'observation continue). Les contraintes techniques comme l'autonomie des avions et l'optimisation des vols pour limiter les temps de transits entre les bases et les zones de travail sont aussi prises en considération. Enfin, ce profil en zigzag permet surtout de couvrir plus rapidement une zone étendue et d'optimiser le temps de vol, en limitant les transits que l'on rencontre par exemple sur les intervalles dans le cas d'un échantillonnage en transects parallèles.

Cependant lors de l'échantillonnage d'une petite surface quasi circulaire autour d'une île, comme c'était le cas pour la sous-strate côtière, le zigzag en avion est plus difficile à mettre en œuvre et ne permet pas une couverture spatiale homogène. Le choix s'est donc porté sur un design en transects en parallèles (figure 9).

La surface dite « prospectée » est la surface effective d'observation, elle est utilisée comme indicateur de l'intensité d'échantillonnage au sein des secteurs (tableau 1). Elle est estimée à 500 m de part et d'autre de la route de l'avion, soit une bande prospectée de 1 000 m environ. La ventilation du volume d'HDV a été effectuée de manière à augmenter l'intensité sur les secteurs où les densités étaient attendues comme faibles (Australes) et réduite sur les secteurs attendus comme plus fréquentés (Marquises, Société). Le détail de la ventilation de l'effort par secteur et par strate est donné dans le tableau 1 et le tableau 2. La faible intensité appliquée dans les secteurs de Tuamotu Sud et des Gambier, résulte de contraintes logistiques (durée des séjours et approvisionnement en fuel) qui limitaient le volume d'HDV possible sur ce secteur.

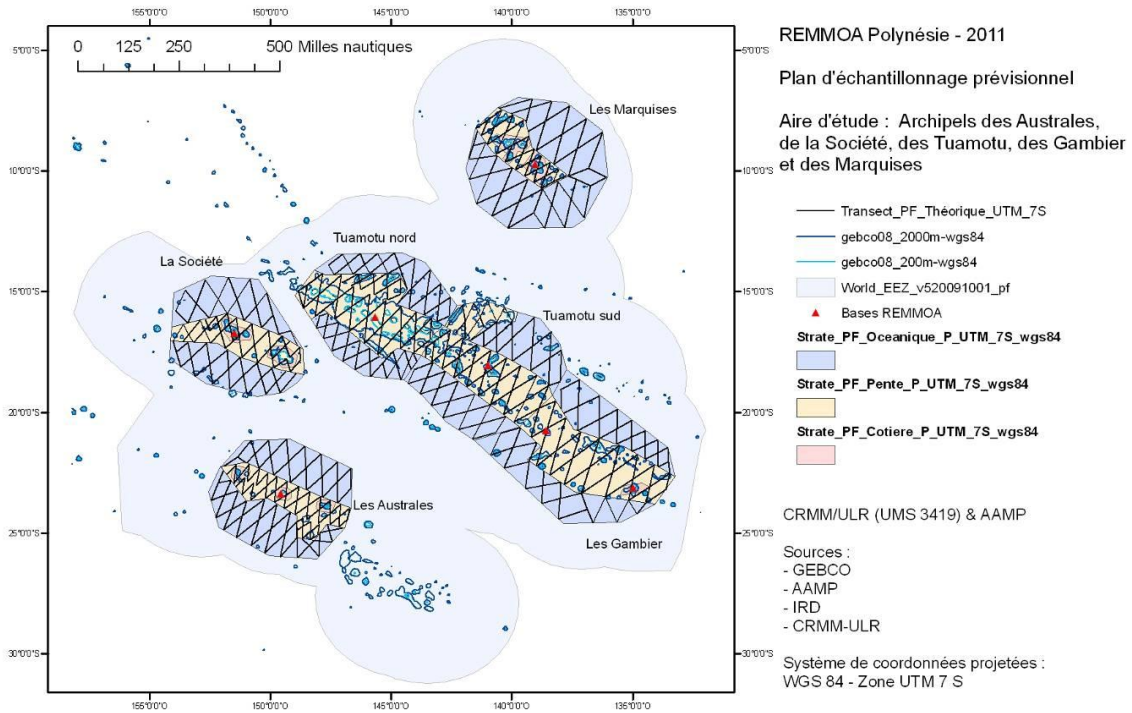


Figure 8. Plan global d'échantillonnage prévisionnel : stratification des secteurs et design des transects.

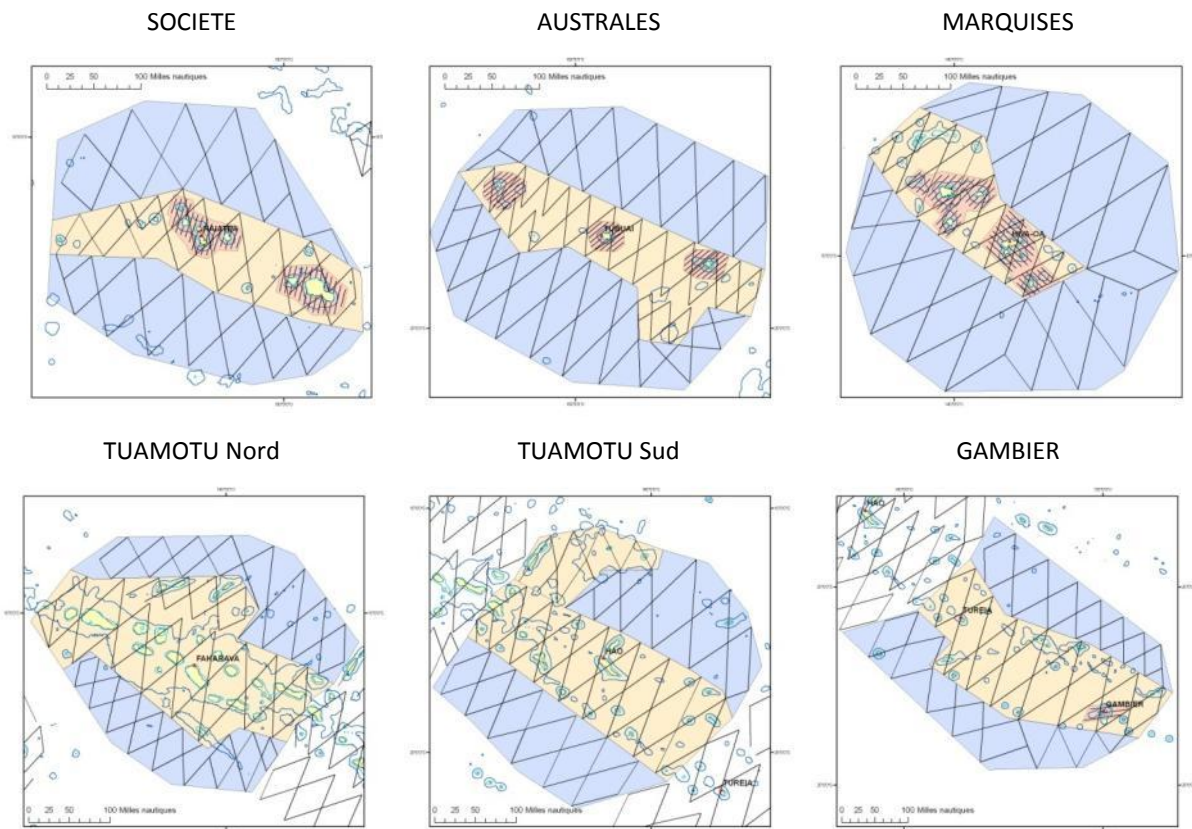


Figure 9. Plans d'échantillonnage prévisionnels par secteur.

Tableau 1. *Echantillonnage prévisionnel et ventilation de l'effort d'observation par secteur.*

* HDV = heures de vol estimées pour une vitesse moyenne de 90 nds

** à titre indicatif, considérant 1000 m la bande effective d'observation sous l'avion

SECTEURS	Surface (km ²)	Effort prévu (km)	Effort prévu (estimé en HDV*)	% surface prospectée**
SOC	255 902	14 816	88	5.7
AUS	261 676	19 687	118	7.5
TUN	286 733	13 334	80	4.7
TUS	298 114	12 501	75	4.2
GAM	336 907	12 831	77	3.8
MAR	308 262	15 261	92	5.0
Total	1 747 594	88 430	530	5.1

Tableau 2. *Echantillonnage prévisionnel et ventilation de l'effort d'observation prévu dans chaque strate bathymétrique.*

STRATES	Secteurs	Surface échantillonnée (km ²)	Surface strate/secteur (%)	Effort prévu (km)	Effort prévu (estimé en HDV)
OCEANIQUE	SOC	174 253	68	8 334	50
	AUS	186 545	71	11 668	70
	TUN	138 368	48	6 667	40
	TUS	151 913	51	6 667	40
	GAM	185 976	55	6 667	40
	MAR	243 531	79	10 001	60
Sous-total océanique		1 080 585	62	50 004	300
PENTE	SOC	81 650	32	5 000	30
	AUS	75 131	29	6 667	40
	TUN	148 366	52	6 667	40
	TUS	146 201	49	5 834	35
	GAM	150 930	45	5 834	35
	MAR	64 731	21	3 334	20
Sous-total pente		667 009	38	33 336	200
COTIER	SOC	19 372	8	1 482	8
	AUS	7 849	3	1 352	8
	GAM	4 078	1	330	2
	MAR	24 868	8	1 926	12
Sous-total côtier		56 167*	5	5 090	30
TOTAL		1 747 594	-	88 430	530

* la surface de la sous strate « côtière » est incluse dans la surface de la strate de pente

RESULTATS PRELIMAIRES

EFFORT D'OBSERVATION REALISE

L'effort théorique total prévu était d'environ 88 000 km de transects sur l'ensemble des secteurs et malgré les impondérables, 98 729 km de transects ont été réalisés, soit plus de 110 % de la distance initialement prévue. La principale raison de cette différence, est l'optimisation des vols, dont une partie du temps de transit a été transformé en temps d'effort d'observation. La couverture spatiale des transects initialement prévue a été réalisée à 100 % (figure 10).

Tableau 3. Ventilation de l'effort d'observation prévu et réalisé par secteur (en HDV et km).

SECTEURS	Surface secteur (km ²)	Effort prévu (HDV)	Effort réalisé (HDV)	Effort prévu (km)	Effort réalisé (km)	Effort réalisé/prévu (%)
SOC	255 902	88	91.45	14 816	16 374	110
AUS	261 676	118	130.65	19 687	22 880	116
TUN	286 733	80	89.25	13 334	15 462	116
TUS	298 114	75	75.2	12 501	13 814	110
GAM	336 907	77	74.5	12 831	13 285	103
MAR	308 262	92	97.85	15 261	16 914	110
Total	1 747 594	530	558.9	88 430	98 729	112

L'effort d'observation (en HDV et km parcourus) initialement prévu dans chacun des secteurs (archipels) a été bien respecté (tableau 3). Il a même été supérieur au prévisionnel dans tous les secteurs, principalement pour la raison évoquée plus haut.

La ventilation de l'effort initialement prévu dans chacune des strates bathymétriques a globalement été respectée (tableau 4). Elle se répartit entre les deux grandes strates bathymétriques couvertes comme suit:

- 54 % dans la strate océanique (55 % initialement prévu).
- 46 % dans la strate de pente, dont 6 % dans la sous-strate côtière (45 % initialement prévu).

La couverture spatiale prévue a aussi pu être réalisée en totalité, tous les transects définis par le plan d'échantillonnage prévisionnel ont été couverts au moins une fois. Le second passage a permis de couvrir 56 % des transects de la couverture initiale et le troisième passage 6 % (tableau 5, figures 10 et 11). De même, de nouveaux transects ont été ajoutés au cours de la campagne afin d'optimiser le temps de vol lorsque cela était possible.

Tableau 4. Ventilation de l'effort d'observation réalisé par strate bathymétrique (en km) et pourcentage de la surface prospectée réelle (estimée avec une largeur de bande d'échantillonnage arbitrairement fixée à 1 000 m, elle sera précisée par la suite lors des analyses d'abondances par groupe d'espèces).

STRATES	Secteurs	Surface échantillonnée (km ²)	Effort prévu (km)	Effort réalisé (km)	Effort réalisé/prévu (%)	Surface prospectée (%)
OCEANIQUE	SOC	174 253	8 334	8 900	107	5.1
	AUS	186 545	11 668	12 442	107	6.7
	TUN	138 368	6 667	7 159	107	5.2
	TUS	151 913	6 667	7 332	110	4.8
	GAM	185 976	6 667	7 181	108	3.9
	MAR	243 531	10 001	10 347	103	4.2
Sous total océanique		1 080 585	50 004	53 362	107	4.9
PENTE	SOC	81 650	5 000	5 915	118	7.2
	AUS	75 131	6 667	8 693	130	11.6
	TUN	148 366	6 667	8 303	124	5.6
	TUS	146 201	5 834	6 482	111	4.4
	GAM	150 930	5 834	5 854	100	3.9
	MAR	64 731	3 334	4 287	129	6.6
Sous total pente		667 009	33 336	39 534	118	5.9
COTIER	SOC	19 372	1 482	1 559	105	8.0
	AUS	7 849	1 352	1 745	129	22.2
	GAM	4 078	330	250	76	6.1
	MAR	24 868	1 926	2 279	118	9.2
Sous total côtier		56 167*	5 090	5 833	118	5.9
TOTAL		1 747 594	88 430	98 729	112	5.3

Tableau 5. Effort d'observation réalisé lors de chaque passage et dans chacun des secteurs

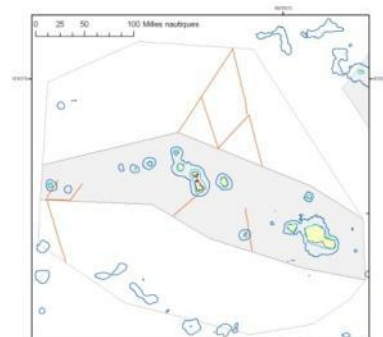
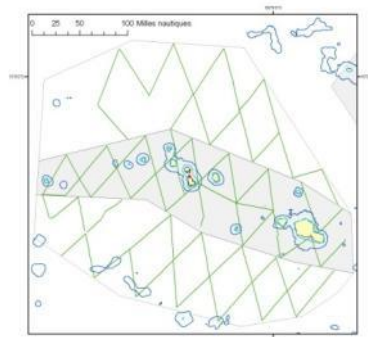
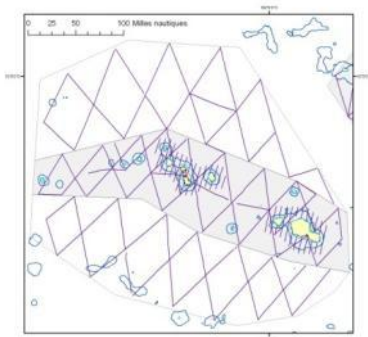
SECTEURS	Effort prévu (km)	Passage 1 (km)	Passage 2 (km)	Passage 3 (km)	Effort réalisé (km)
SOC	14 816	9160	6 191	1023	16 374
AUS	19 687	12 026	9 960	894	22 880
TUN	13 334	10 040	5 027	395	15 462
TUS	12 501	8 980	4 254	580	13 814
GAM	12 831	9450	3 449	386	13 285
MAR	15 261	11 446	5 046	422	16 914
Total	88 430	61102	33927	3700	98729

Passage 1

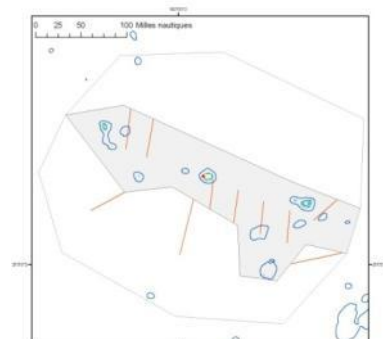
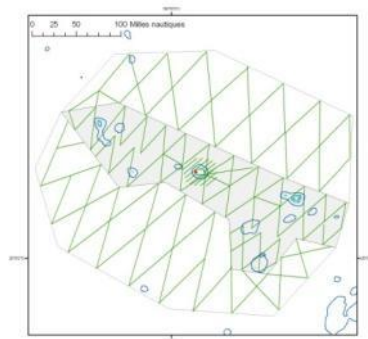
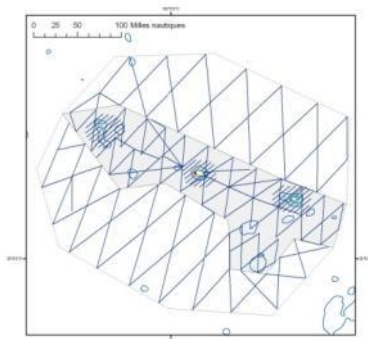
Passage 2

Passage 3

SOCIETE



AUSTRALES



MARQUISES

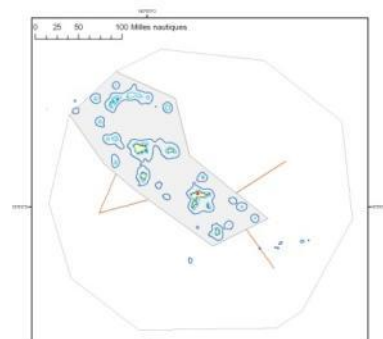
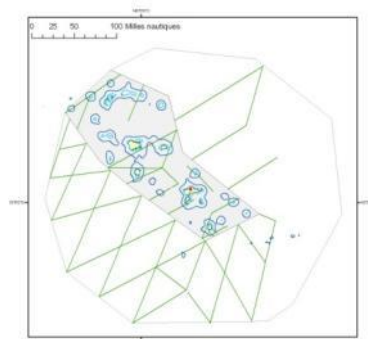
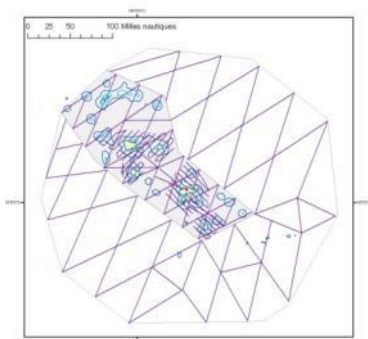


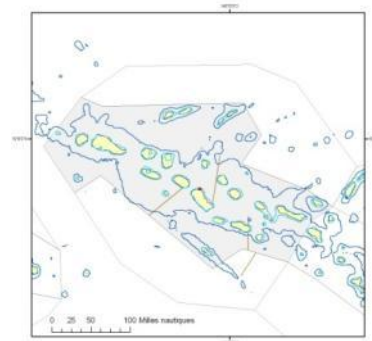
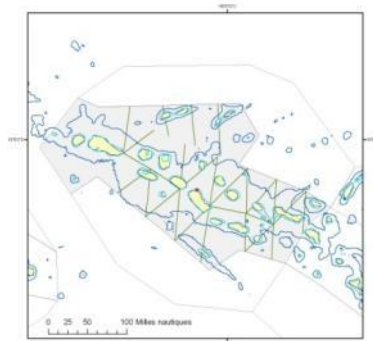
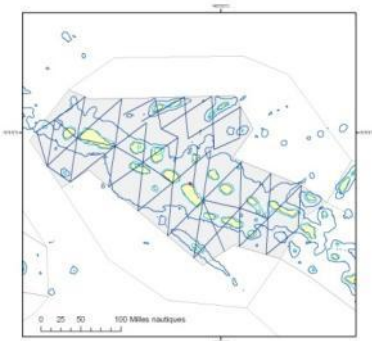
Figure 10. Cartes des transects réalisés dans les secteurs de la Société, des Australes et des Marquises, lors des 1^{er}, 2nd et 3^{ème} passages.

Passage 1

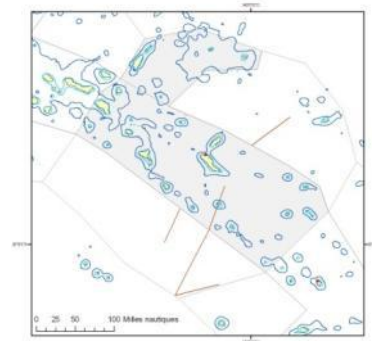
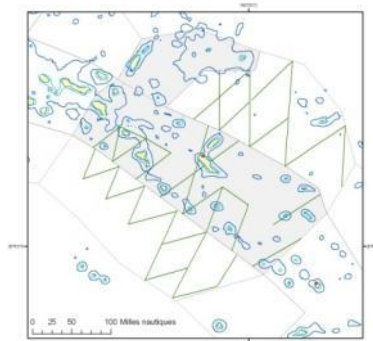
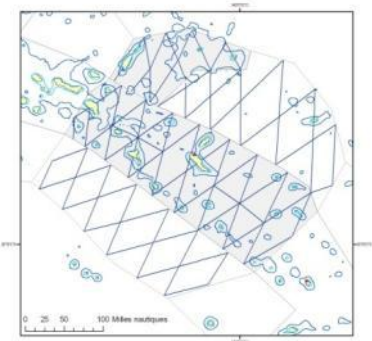
Passage 2

Passage 3

TUAMOTU Nord



TUAMOTU Sud



GAMBIER

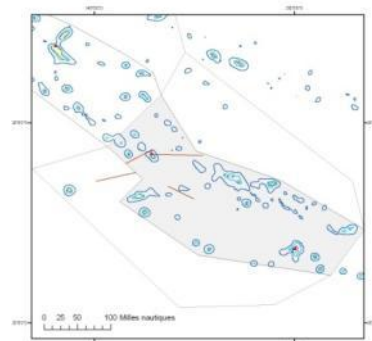
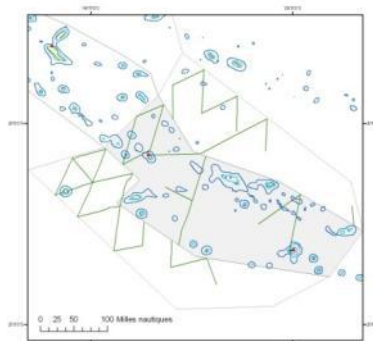
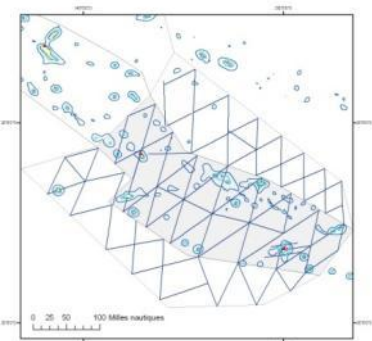
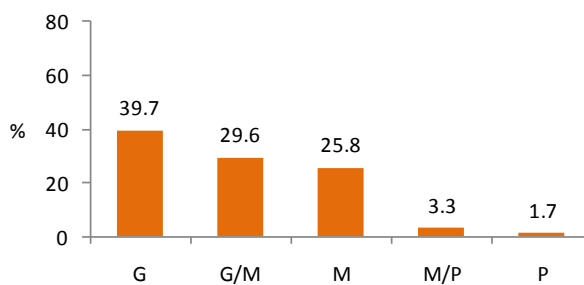
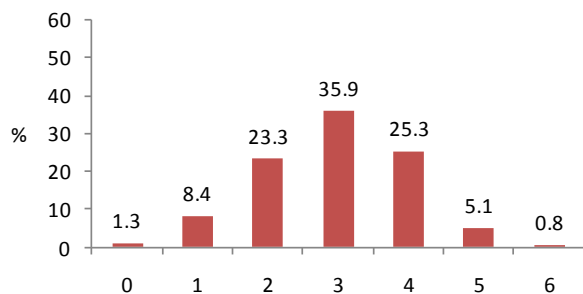


Figure 11. Cartes des transects réalisés dans les secteurs des Tuamotu et des Gambier, lors des 1^{er}, 2nd et 3^{ème} passages.

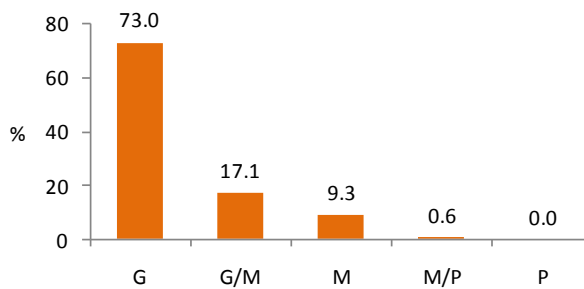
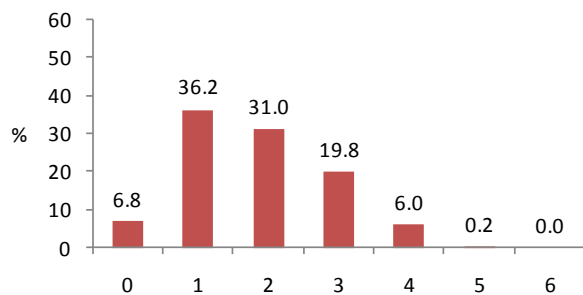
ETAT DE LA MER ET CONDITIONS D'OBSERVATION RENCONTREES

Lors de la campagne REMMOA en Polynésie, les conditions pour l'observation se sont révélées moins bonnes que lors de la campagne réalisée dans l'océan Indien en 2010 (figure 12). La recherche permanente des meilleurs créneaux météorologiques disponibles a permis d'aboutir à 69 % du temps passé en effort d'observation avec un état de la mer inférieur à 4 Beaufort, contre 88 % dans l'océan Indien (limite fixée la mise en place d'un vol). Les très bonnes conditions d'observation associées généralement à un état de la mer inférieur à 3 Beaufort (aucun déferlement en surface) ont été observées pour 33 % du temps passé en effort en Polynésie contre 74 % dans l'océan Indien. Cette différence dans les conditions d'observation a pu nuire à la détection des petits cétacés en Polynésie. Par la suite, la modélisation des courbes de détection dans les analyses d'abondance prendra en compte ce facteur. Par secteur (figure 13), les meilleures conditions pour l'observation ont été rencontrées aux Tuamotu Nord et aux Gambier (95 et 89 % du temps en effort avec état de la mer < 4). Alors qu'aux Tuamotu Sud et aux Marquises, les conditions se sont relevées beaucoup moins bonnes (52 % et 37 % avec état de la mer < 4).

REMMOA POLYNESIE



REMMOA OCEAN INDIEN



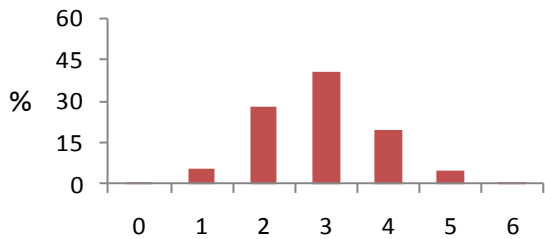
Etat de la mer (B)

Conditions d'observation

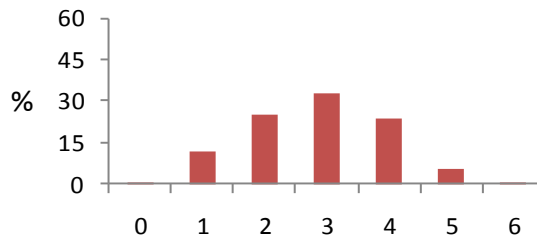
Figure 12. Comparatif des pourcentages du temps passé en effort d'observation pour l'ensemble des zones d'étude en fonction de l'état de la mer et des conditions d'observation pour les campagnes REMMOA en Polynésie (graphiques du haut) et dans l'océan Indien (graphiques du bas). Echelle de Beaufort en rouge et conditions d'observation subjectives, évaluées par les observateurs en orange (G, good: bonnes pour les deux côtés ; G/M, good/medium : bonne d'un côté et moyenne pour l'autre ; M, medium : moyennes pour les deux côtés ; M/P, medium/poor : moyenne d'un côté et mauvaises pour l'autre ; P, poor : mauvaises des deux côtés).

Les conditions rencontrées étaient variables au cours d'un vol et certains transects ont été réalisés avec de grandes variations de l'état de la mer. Toutefois, les conditions générales (dites « subjectives ») d'observations ont été considérées dans 69 % du temps passé en effort comme bonnes des deux côtés ou d'un seul côté de l'avion (figure 12). Ces conditions favorables à l'observation se retrouvent majoritaires sur 5 secteurs (figure 14). Seul le secteur des Marquises apparaît avec des conditions d'observations évaluées « moyennes » les deux-tiers du temps.

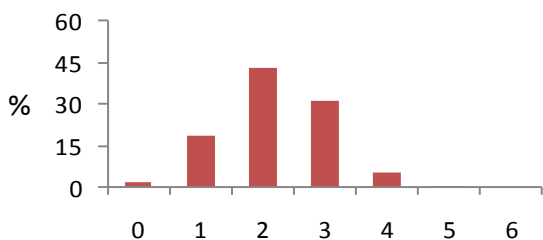
SOCIETE



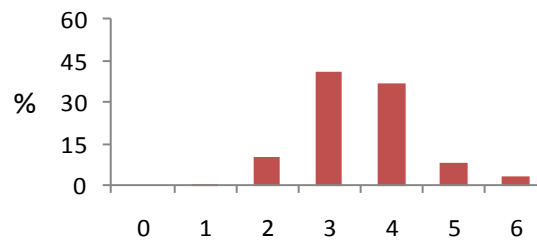
AUSTRALES



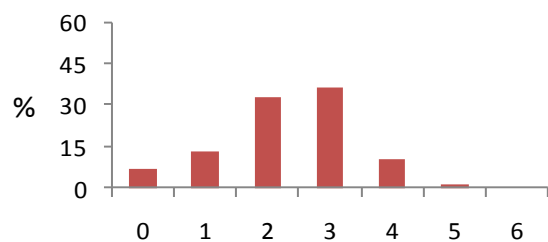
TUAMOTU Nord



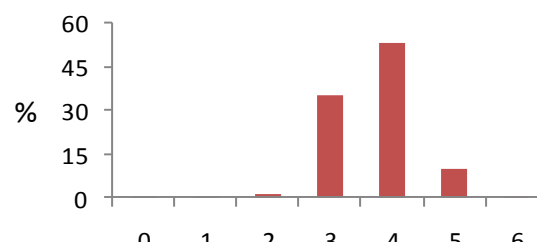
TUAMOTU Sud



GAMBIER



MARQUISES

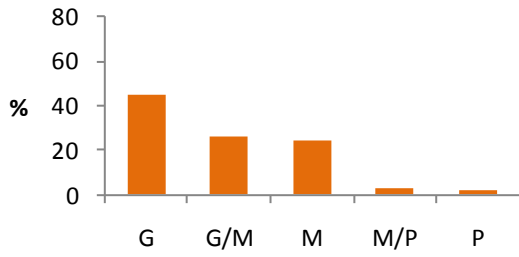


Etat de la mer (B)

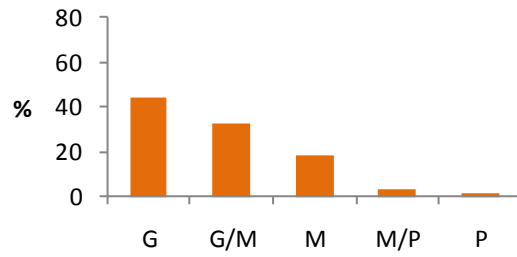
Conditions d'observation

Figure 13. Pourcentage du temps passé en effort d'observation en fonction de l'état de la mer (échelle de Beaufort) sur les différents secteurs.

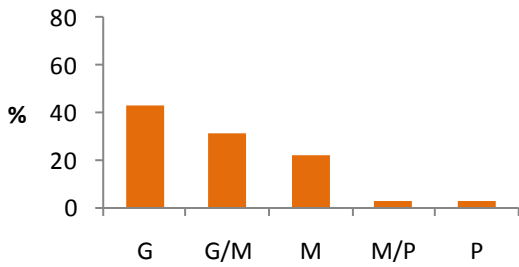
SOCIETE



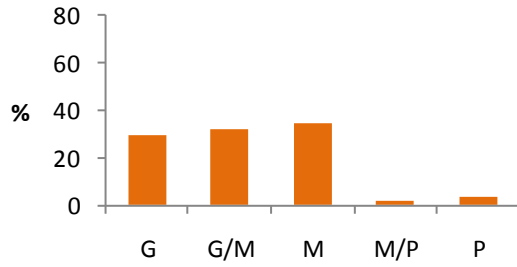
AUSTRALES



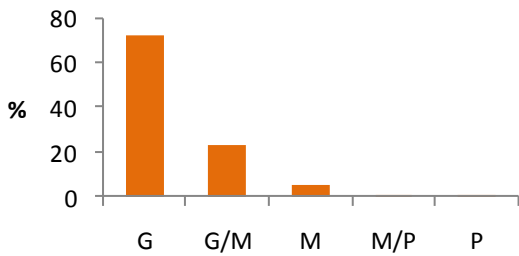
TUAMOTU Nord



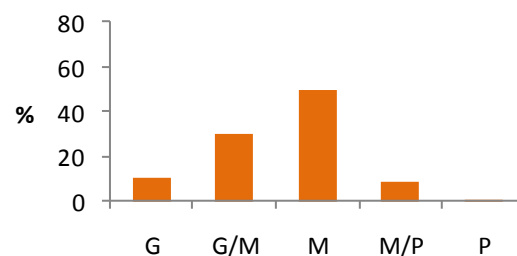
TUAMOTU Sud



GAMBIER



MARQUISES



Etat de la mer (B)

Conditions d'observation

Figure 14. Pourcentage du temps passé en effort d'observation en fonction des conditions d'observation évaluées par les observateurs.

LES OBSERVATIONS DE CETACES

Bilan des observations de cétacés

Au cours de la mission REMMOA - Polynésie, 351 observations de cétacés ont été réalisées (on entend par une observation, une détection d'un individu ou d'un groupe réalisée par un observateur de son côté). Parmi ces 351 observations de cétacés, 274 ont été effectuées en effort d'observation sur les transects, et 77 lors des transits et *circle back* (observations dites « hors effort »). Le tableau 6 donne l'ensemble des observations par espèce ou regroupement taxonomique. Les espèces observées appartiennent à quatre grands groupes taxonomiques : delphininés, globicéphalinés, ziphiidés, physétéridés (cf. description paragraphe suivant). Au total 15 taxons (identification au minimum au niveau du genre) ont pu être identifiés, dont 13 taxons au niveau de l'espèce. C'est dans le secteur des Marquises que le nombre d'observations a été le plus élevé ainsi que le nombre de taxons identifiés. Aucun balénoptère n'a été observé. Bien que la saison ne corresponde pas à celle des balénoptères migrants (baleine à bosse notamment), certaines espèces comme le petit rorqual ou le rorqual de Bryde auraient pu être présentes.

Tableau 6. Détail des observations de cétacés et nombre d'individus observés (entre parenthèses) en effort d'observation dans les différents secteurs et cumul des observations hors effort.

	SOC	AUS	TUN	TUS	GAM	MAR	Total observations	Total individus	Observations hors effort
<i>Physeter macrocephalus</i>	-	6 (17)	1 (2)	-	-	3 (4)	10	23	6
<i>Kogia spp.</i>	1 (1)	2 (3)	4 (5)	-	-	16 (24)	23	33	2
<i>Ziphius cavirostris</i>	4 (7)	6 (11)	6 (11)	2 (2)	5 (8)	3 (6)	26	45	6
<i>Mesoplodon densirostris</i>	2 (9)	5 (11)	-	-	-	-	7	20	2
<i>Mesoplodon spp.</i>	2 (3)	-	1 (2)	2 (4)	1 (4)	5 (8)	11	21	5
Ziphiidés ind.	3 (3)	4 (7)	3 (8)	1 (2)	1 (1)	7 (10)	19	31	5
<i>Orcinus orca</i>	-	-	1 (2)	-	-	1 (1)	2	3	-
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	1 (13)	1 (1)	4 (19)	2 (29)	-	14 (80)	22	142	7
<i>Pseudorca crassidens</i>	-	-	-	-	-	1 (20)	1	20	-
<i>Globicephala / Pseudorca</i>	3 (33)	2 (4)	3 (17)	2 (9)	-	6 (59)	16	122	6
<i>Grampus griseus</i>	5 (65)	-	5 (41)	6 (36)	3 (6)	6 (52)	25	200	9
<i>Peponocephala electra</i>	-	-	2 (130)	-	-	4 (370)	6	500	-
<i>Feresa / Peponocephala</i>	1 (50)	-	2 (30)	1 (15)	-	-	4	95	2
<i>Tursiops truncatus</i>	3 (9)	-	5 (14)	4 (17)	1 (5)	6 (58)	19	103	8
<i>Lagenodelphis hosei</i>	-	-	-	-	1 (25)	-	1	25	-
<i>Steno bredanensis</i>	3 (22)	-	-	1 (10)	-	6 (22)	10	54	5
Grands delphininés ind.	4 (14)	3 (6)	4 (37)	2 (2)	-	14 (124)	27	183	13
<i>Stenella attenuata</i>	-	-	-	-	-	1 (20)	1	20	-
<i>Stenella longirostris</i>	1 (15)	-	-	-	-	-	1	15	-
Petits delphininés ind.	4 (77)	-	4 (62)	4 (39)	1 (30)	12 (124)	25	332	18
Delphinidés ind.	-	-	1 (20)	-	3 (7)	5 (32)	9	59	8
Petits cétacés ind.	2 (4)	-	-	-	-	1 (7)	3	11	1
Cétacés moyens ind.	2 (12)	1 (1)	-	-	1 (1)	2 (6)	6	20	-
Total	41 (344)	30 (61)	45 (380)	27 (165)	17 (87)	114 (1028)	274	2065	77

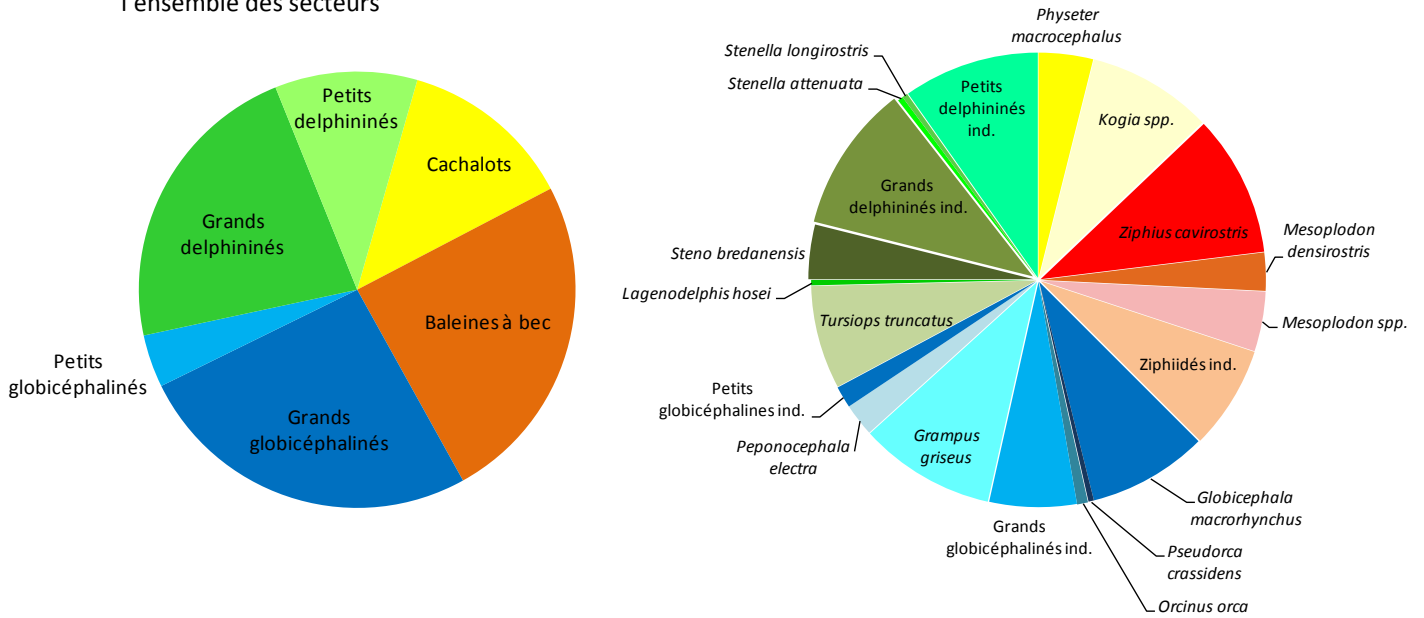
Composition des observations de cétacés

Les résultats des observations de cétacés sont représentés par regroupement d'espèces comme suit.

- Les **petits delphininés** sont définis comme les delphinidés à bec de petite taille (1,5 - 2,0 m env.) ; pour la région concernée il s'agit des dauphins du genre *Stenella*, soit principalement le dauphin à long bec (*S. longirostris*) et le dauphin tacheté pantropical (*S. attenuata*).
- Les **grands delphininés** sont définis comme les delphinidés à bec de taille moyenne (2,5 - 3,5 m env.) ; pour la région concernée il s'agit principalement du grand dauphin (*Tursiops truncatus*), du sténo rostré (*Steno bredanensis*) et du dauphin de Fraser (*Lagenodelphis hosei*).
- Les **petits globicéphalinés** sont les delphinidés sans bec de petite taille (2,0 - 3,0 m env.) ; pour la région concernée il s'agit principalement du péponocéphale (*Peponocephala electra*), du dauphin de Risso (*Grampus griseus*) et de l'orque pygmée (*Feresa attenuata*).
- Les **grands globicéphalinés** sont les delphinidés sans bec de grande taille (4,0 - 7,0 m env.) ; pour la région concernée ils rassemblent le globicéphale tropical (*Globicephala macrorhynchus*), le pseudorque (*Pseudorca crassidens*) et l'orque (*Orcinus orca*).
- Les **ziphiidés** ou baleines à bec (parmi les grands plongeurs) rassemblent la baleine à bec de Cuvier (*Ziphius cavirostris*) et les mésoplodons, dont principalement le mésoplodon de Blainville (*Mesoplodon densirostris*), ainsi que l'indopacète de Longman (*Indopacetus pacificus*).
- Les **cachalots** (également parmi les grands plongeurs) comprennent les kogiidés (*Kogia spp.*) et le grand cachalot (*Physeter macrocephalus*)

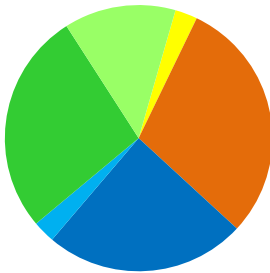
La composition du peuplement est donnée pour l'ensemble de la région Polynésie (figure 15A) ainsi que pour chacun des secteurs (figure 15). La composition révèle pour toute la Polynésie des pourcentages relativement équilibrés entre les trois grands groupes taxonomiques : delphininés, globicéphalinés et grands plongeurs. Les compositions de peuplement de cétacés par secteur montrent quant à elles des différences. Les compositions pour les secteurs de la Société, des Tuamotu Nord et des Marquises semblent relativement proches avec une représentation de tous les groupes taxonomiques. Dans les secteurs des Australes et des Gambier, les grands plongeurs pèsent fortement dans la composition, notamment les baleines à bec, qui représentent un peu plus de 50 % des observations. On notera l'absence d'observation de cachalots (grands cachalots et *Kogia spp.*) dans les secteurs des Tuamotu Sud et des Gambier.

[A] : Composition des observations pour l'ensemble des secteurs

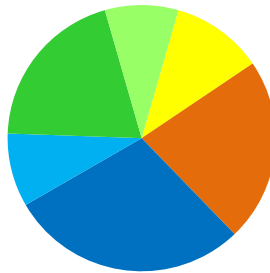


[B] : Composition des observations pour chacun des secteurs

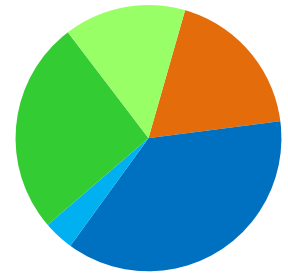
SOCIETE



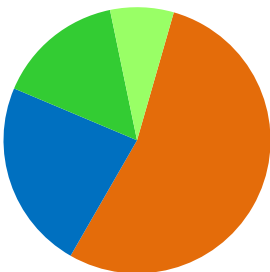
TUAMOTU Nord



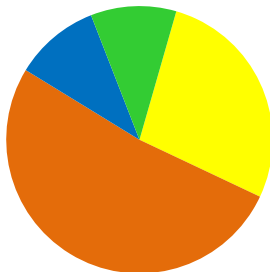
TUAMOTU Sud



GAMBIER



AUSTRALES



MARQUISES

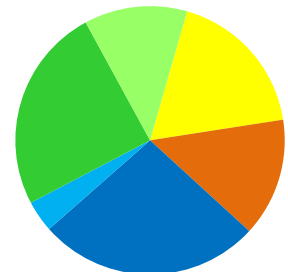


Figure 15. Compositions du peuplement de cétacés (en nombre d'observations) observées sur l'ensemble de la zone ainsi que dans chacun des secteurs.

Distribution spatiale des observations de cétacés

La carte des observations de cétacés (figure 16) révèle une hétérogénéité dans leur distribution globale. D'une manière générale, c'est dans la strate de pente que les observations semblent plus nombreuses. Une hétérogénéité au sein de certains secteurs est également observée, notamment la partie ouest des secteurs des Tuamotu, la partie sud-est du secteur des Australes et la partie nord-ouest du secteur des Marquises semblent montraient des observations plus abondantes.

La distribution des observations par groupe taxonomique (figure 17) révèle d'une part que les delphininés semblent être observés principalement dans la strate de pente sauf pour le secteur des Marquises. Les observations de globicéphalinés ont été plus abondantes dans les secteurs des Marquises et de la Société, ainsi que dans la partie est des secteurs des Tuamotu. Enfin, la distribution des grands plongeurs met en évidence une relative homogénéité des observations de baleines à bec sur l'ensemble des secteurs et des strates.

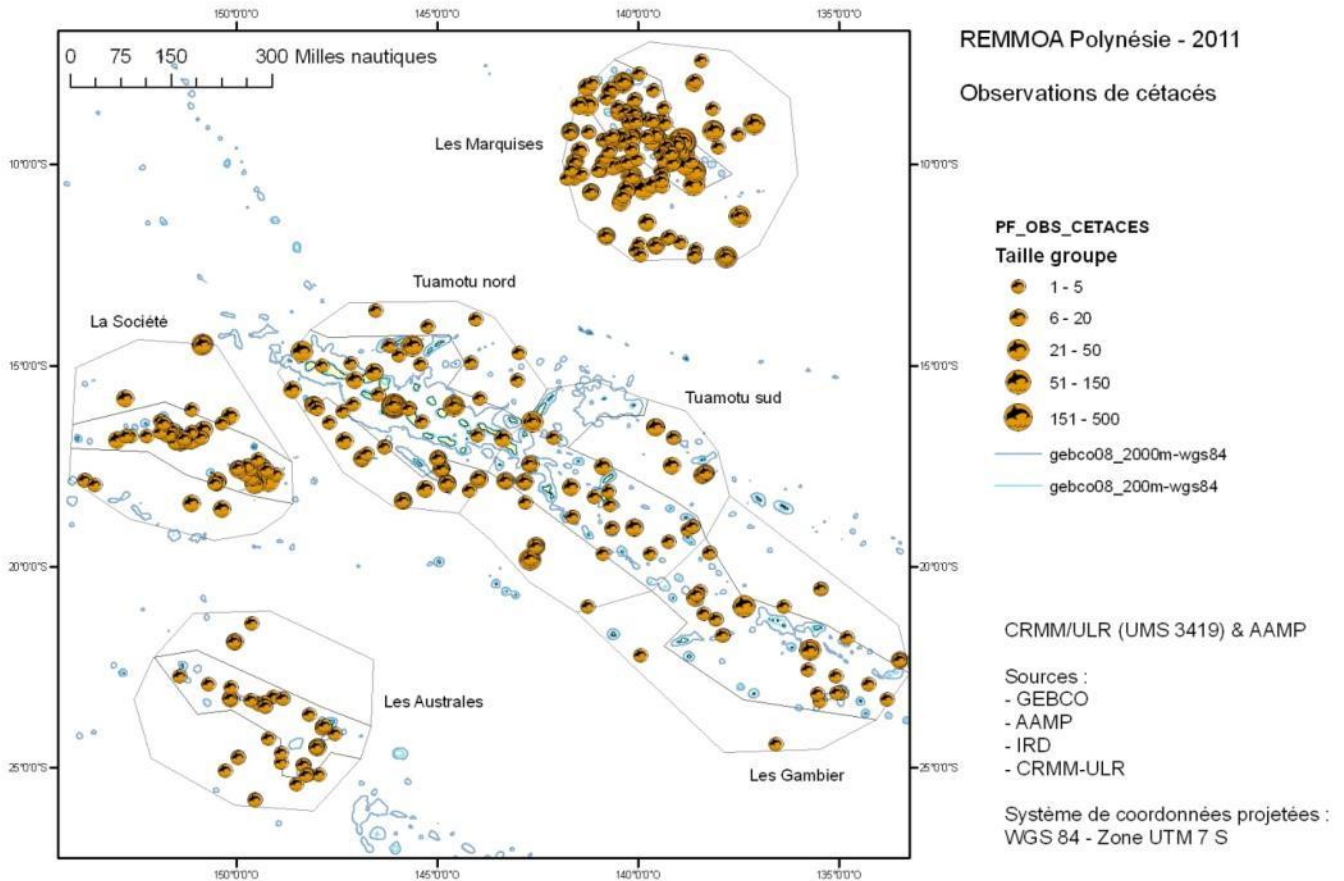


Figure 16. Carte de distribution des observations de cétacés (toutes espèces sur l'ensemble de la zone d'étude.

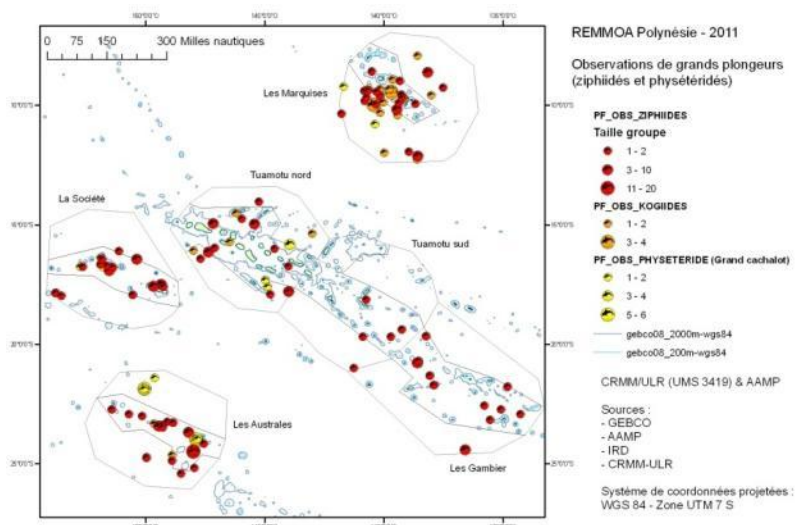
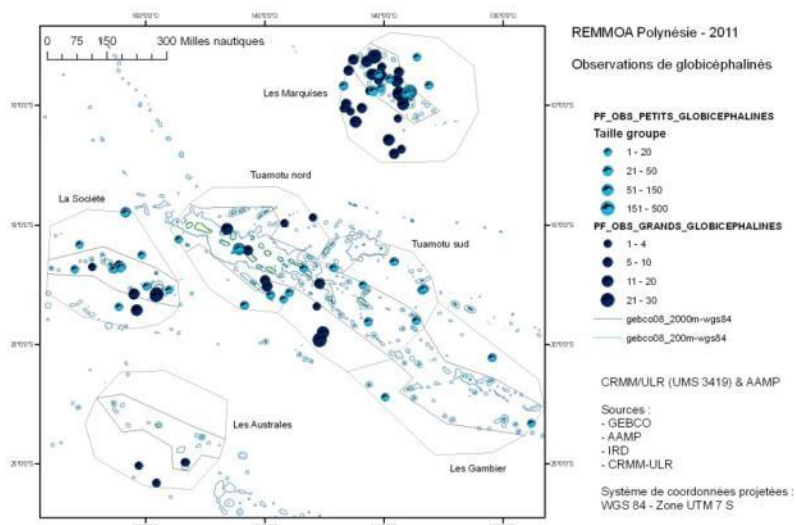
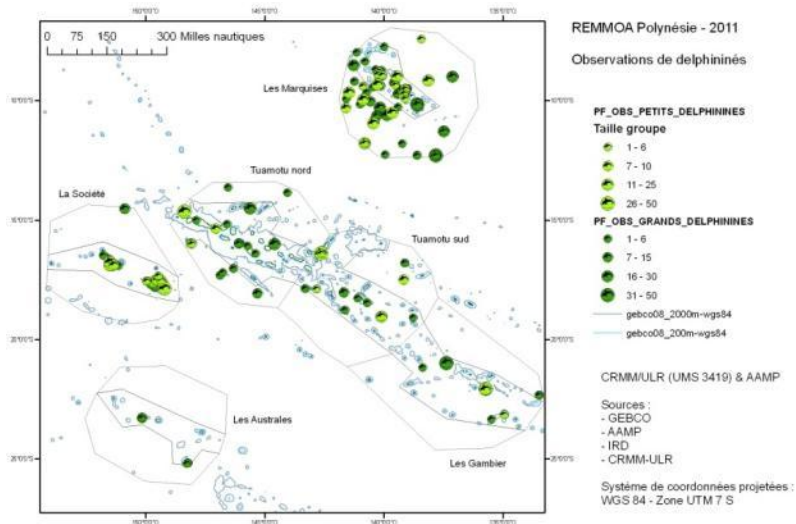


Figure 17. Cartes de distribution des observations de cétacés par groupe taxonomique : delphininés (en haut), globicéphalinés (au milieu) et grands plongeurs (ziphiidés / physétéridés, en bas).

Taux de rencontre des cétacés par secteur et par strate

Un indice simple de la densité des animaux est le taux de rencontre de cétacés, défini comme le nombre d'observations réalisées pour 1 000 km de transects parcourus en effort d'observation. Les taux de rencontre observés en Polynésie française sont faibles en comparaison de ceux réalisés dans les précédentes régions couvertes par les campagnes REMMOA (tableau 7).

En Polynésie française, le taux de rencontre le plus élevé est observé pour le secteur des Marquises, il est 2 à 3 fois plus élevé que dans les autres secteurs (figure 18). Bien que les valeurs de taux de rencontre soient proches dans les autres secteurs, il semble se dégager un gradient latitudinal. Les taux de rencontre les plus faibles sont observés au sud autour des Australes et des Gambier des valeurs intermédiaires sont rapportées pour la Société et les Tuamotu Nord et les taux de rencontre les plus élevés sont obtenus aux Marquises.

Tableau 7. Tableau comparatif des taux de rencontre des cétacés observés lors des campagnes REMMOA, exprimés en nombre d'observations pour 1 000 km de transects.

Régions REMMOA	Taux min.	Taux max.	Taux moyen
Antilles/Guyane	4.0	18.0	12.4
Sud-Ouest océan Indien	4.8	25.3	12.9
Polynésie française	1.3	6.7	2.8

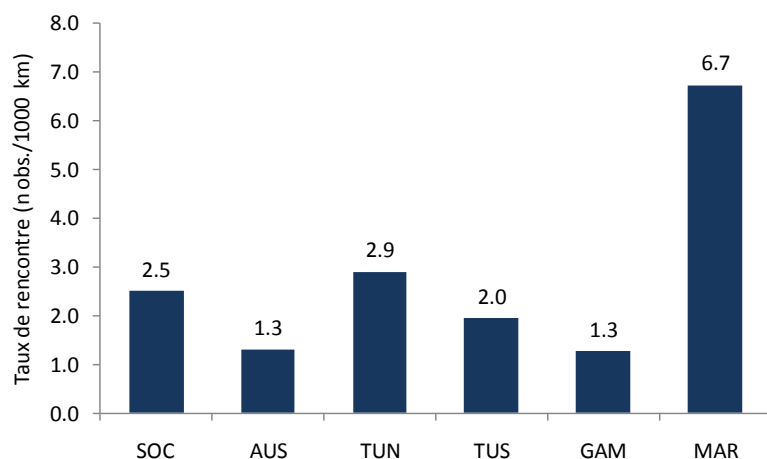


Figure 18. Taux de rencontre des cétacés en fonction des secteurs pour la Polynésie française (nombre d'observations pour 1 000 km).

Les taux de rencontre par strate bathymétrique montrent que la strate de pente présente le plus souvent les taux les plus élevés par rapport à la strate océanique, à l'exception du secteur des Tuamotu Nord (figure 19). Dans les secteurs où un effort a été déployé en côtier (SOC, AUS, GAM, MAR), cette sous strate révèle un taux particulièrement élevé pour le secteur de la Société. Aux Marquises, les taux observés sur la strate de pente et la sous strate côtière sont équivalents. Aux Gambier aucune observation n'a été réalisée dans cette sous strate, mais l'effort n'y est pas été très important.

Les taux de rencontre des groupes taxonomiques (figure 20) révèlent des variations importantes entre les secteurs pour les delphinidés (composés des delphininés et des globicéphalinés). On notera que les taux de rencontre de baleines à bec (ziphiidés) sont relativement stables entre les secteurs et sont parfois plus élevés que les taux de rencontre de delphinidés, notamment dans les Australes et les Gambier.

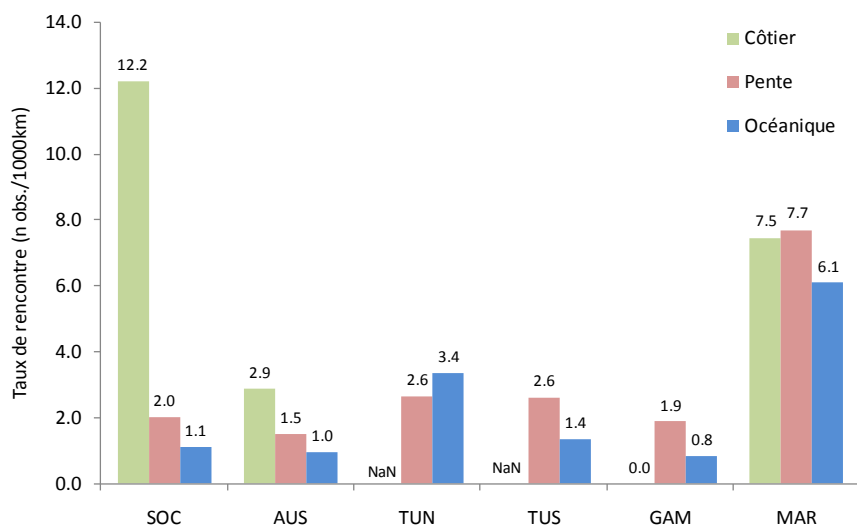


Figure 19. Taux de rencontre des cétacés par strate bathymétrique, en fonction des secteurs (nombre d'observations pour 1 000 km). NaN : indique l'absence d'effort.

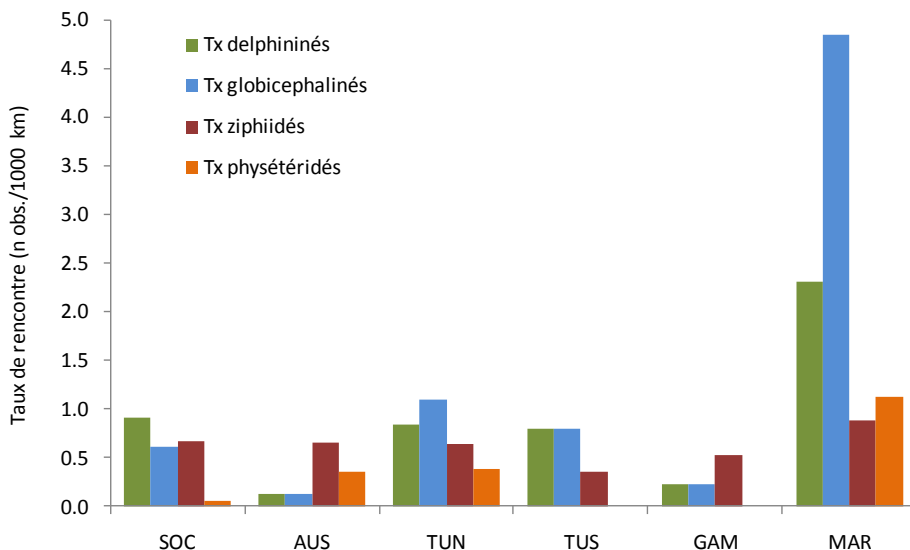


Figure 20. Taux de rencontre des groupes taxonomiques en fonction des secteurs (nombre d'observations pour 1 000 km).

LES OBSERVATIONS D'OISEAUX DE MER

Bilan des observations d'oiseaux de mer

Au cours de la mission REMMOA- Polynésie, 21 489 observations d'oiseaux ont été réalisées (on entend par une observation une détection d'un individu ou groupe, réalisée par un observateur de son côté). Le tableau 8 donne l'ensemble des observations par espèce ou groupe taxonomique. Les espèces observées appartiennent à cinq grands groupes taxonomiques : laridés, sulidés, procellariiformes, frégatidés et phaéthontidés (cf. description paragraphe suivant). Au total 19 taxons (identification au minimum au niveau du genre) ont pu être identifiés, dont 9 taxons ont été identifiés jusqu'au niveau de l'espèce. C'est dans les secteurs des Marquises et des Tuamotu Nord que le nombre d'observations a été le plus élevé ainsi que le nombre de taxons identifiés.

Tableau 8. Détail des observations d'oiseaux de mer et nombre d'individus observés (entre parenthèses).

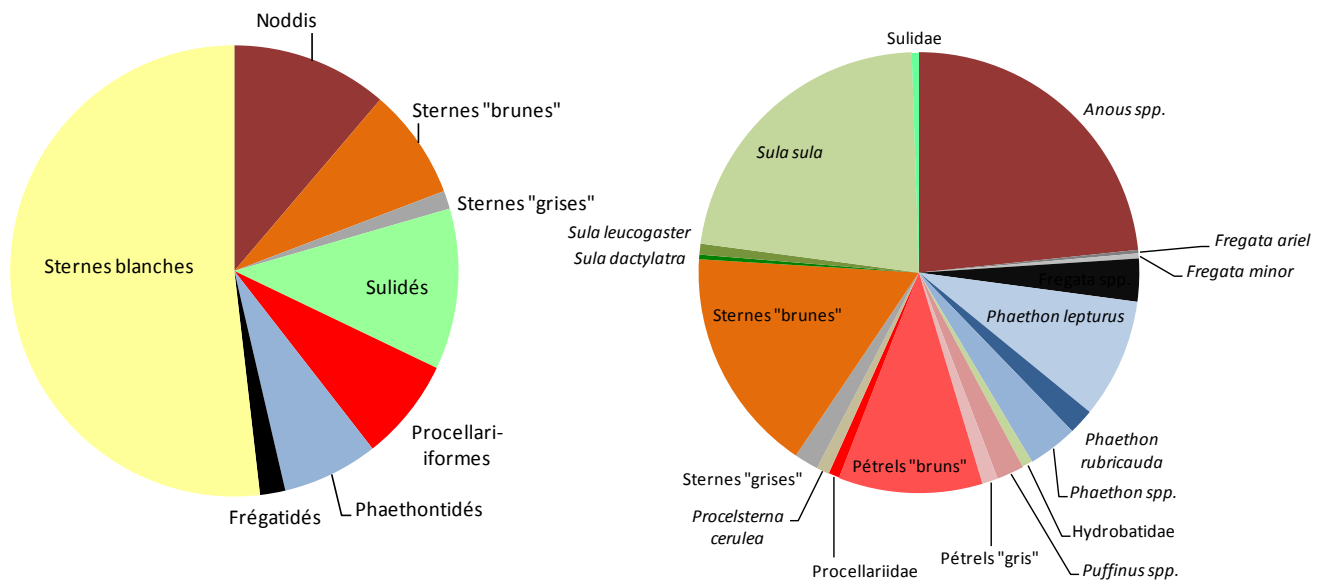
	SOC	AUS	TUN	TUS	GAM	MAR	Total observations	Total individus
Diomédéidés ind.						1 (1)	1	1
Pétrels "gris"	39 (53)	11 (15)	27 (29)	7 (8)	6 (6)	30 (31)	120	142
Pétrels "brun" / grands puffins	319 (467)	47 (60)	320 (403)	83 (140)	42 (53)	280 (392)	1091	1515
<i>Puffinus spp.</i>	22 (32)	1 (1)	51 (56)	3 (3)	48 (51)	82 (89)	207	232
Procellariidés ind.	31 (120)	4 (5)	13 (13)	6 (8)	10 (22)	19 (20)	83	188
Hydrobatidés ind.	4 (4)	-	-	2 (2)	-	73 (78)	79	84
<i>Phaethon lepturus</i>	328 (355)	76 (78)	43 (43)	6 (7)	24 (24)	433 (465)	910	972
<i>Phaethon rubricauda</i>	13 (13)	56 (66)	16 (17)	32 (33)	37 (47)	40 (41)	194	217
<i>Phaethon spp.</i>	43 (49)	150 (161)	63 (73)	27 (29)	14 (14)	81 (84)	378	410
<i>Sula sula</i>	616 (1792)	3 (6)	735 (3955)	362 (1599)	174 (638)	425 (1128)	2315	9118
<i>Sula dactylatra</i>	7 (12)	-	3 (3)	2 (3)	3 (7)	20 (20)	35	45
<i>Sula leucogaster</i>	12 (13)	1 (2)	36 (77)	7 (10)	1 (5)	26 (33)	83	140
<i>Sula spp.</i>	20 (77)	-	5 (5)	6 (63)	-	23 (48)	54	193
<i>Fregata ariel</i>	1 (1)	-	9 (9)	-	-	16 (17)	26	27
<i>Fregata minor</i>	-	-	4 (4)	5 (5)	2 (2)	28 (39)	39	50
<i>Fregata spp.</i>	20 (23)	10 (10)	72 (166)	47 (118)	12 (18)	165 (232)	326	567
<i>Catharacta skua</i>	-	-	-	-	-	3 (3)	3	3
<i>Gygis spp.</i>	1456 (2917)	1346 (1974)	2511 (4317)	2480 (4094)	1160 (1715)	2182 (4122)	11135	19139
Sternes "grises"	28 (52)	2 (2)	79 (108)	29 (32)	3 (4)	42 (113)	183	311
Sternes "brunes"	371 (1648)	15 (50)	318 (1244)	110 (199)	10 (11)	890 (3342)	1714	6494
<i>Anous spp.</i>	297 (1349)	131 (691)	1009 (9221)	293 (1772)	137 (683)	549 (4131)	2416	17847
<i>Procelsterna cerulea</i>	-	-	-	1 (1)	-	96 (233)	97	234
Total	3627 (8977)	1853 (3121)	5314 (19743)	3508 (8126)	1683 (3300)	5504 (14662)	21489	57929

Composition des observations d'oiseaux de mer

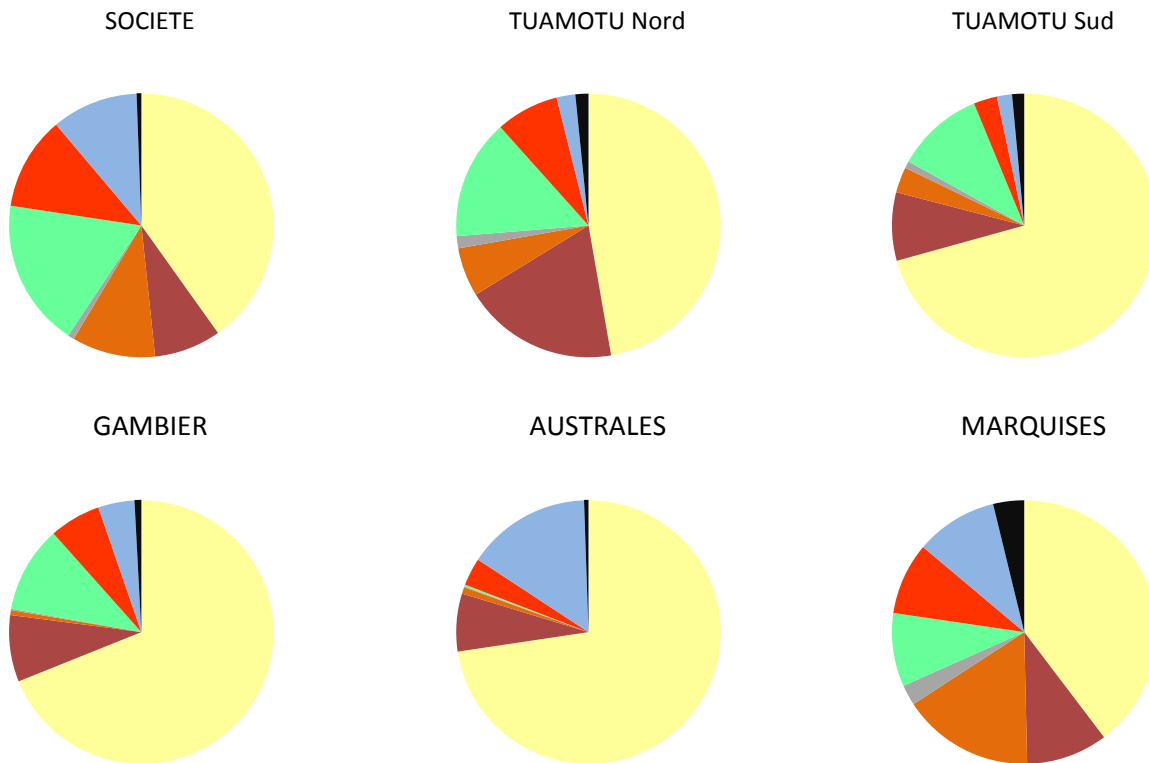
La composition des observations d'oiseaux est représentée par regroupement d'espèces. Ces regroupements reposent à la fois sur des critères taxonomiques et de morphologie ou couleur proches. Dans certains cas l'espèce est identifiée, c'est le cas des sulidés (adultes de fou à pieds rouges, fou brun et fou masqué), des phaéthontidés, du noddin bleu, ou encore de la sterne blanche.

- Les **sternes blanches** (parmi les laridés) : ce groupe concerne deux sous-espèces de gygis : la sterne blanche ou gygis blanche (*Gygis alba candida*) et la gygis des Marquises (*Gygis alba microrhynca*).
- Les **noddins** (parmi les laridés) comprennent les deux espèces de noddin « sombres », le noddin brun (*Anous stolidus*) et le noddin noir (*Anous minutus*).
- Les **sternes "grises"** (parmi les laridés) rassemblent les sternidés d'apparence grises, principalement la sterne huppée (*Sterna bergii*), la sterne à dos gris (*Sterna lunata*) et le noddin bleu (*Procelsterna cerulea*).
- Les **sternes "brunes"** (parmi les laridés) regroupent les sternes à dos brun dont essentiellement la sterne fuligineuse (*Sterna fuscata*).
- Les **sulidés** (fous) rassemblent le fou à pieds rouges (*Sula sula*), le fou brun (*Sula leucogaster*) et le fou masqué (*Sula dactylatra*).
- Les **procellariiformes** comprennent les procellariidés (pétrels et puffins) et les hydrobatidés (océanites).
- Les **frégatidés** sont composés de deux espèces, la frégate ariel (*Fregata ariel*) et la grande frégate (*Fregata minor*).
- Les **phaéthontidés** rassemblent deux espèces, le paille-en-queue à bec jaune (*Phaethon lepturus*) et le paille-en-queue à brins rouges (*Phaethon rubricauda*).

La composition des observations est donnée pour l'ensemble de la région Polynésie (figure 21A) ainsi que pour chacun des secteurs (figure 21B). La composition révèle pour toute la Polynésie la prédominance des sternes blanches qui représentent 52 % des observations. Le second groupe d'oiseaux le plus observé est celui des sulidés (12 %), puis celui des noddins (11 %). Tous les groupes taxonomiques décrits ont été observés sur l'ensemble des secteurs. La composition des observations par secteur montre des similarités entre la Société, les Tuamotu Nord et les Marquises. Dans les secteurs des Tuamotu Sud, Gambier et Australes, les sternes blanches dominent dans la composition des observations avec en moyenne 70 % des observations.



[A] : Composition des observations pour l'ensemble des secteurs (à gauche par familles avec les sternes blanches, à droite par espèces sans les sternes blanches).



[B] : Composition des observations pour chacun des secteurs

Figure 21. Compositions des observations d'oiseaux de mer observées sur l'ensemble de la zone ainsi que dans chacun des secteurs.

Distribution spatiale des observations d'oiseaux de mer

La carte globale des observations d'oiseaux de mer (figure 22), révèle une relative homogénéité spatiale dans leur distribution. Cependant certains secteurs semblent montrer des occurrences plus faibles, notamment dans la strate océanique des secteurs Australes et Gambier.

Le premier constat sur les cartes de distribution des observations par groupe taxonomique (figure 23) est l'omniprésence des sternes blanches (gygis) dans tous les archipels et toutes les strates. Pour les autres groupes taxonomiques d'oiseaux de mer, il semble se dégager un gradient latitudinal avec des observations plus fréquentes aux Marquises, Tuamotu Nord et à la Société et moins fréquentes aux Tuamotu Sud, Gambier et Australes (figure 23 et 24).

Les noddis "sombres" semblent être le plus souvent observés dans la strate de pente sauf pour le secteur des Marquises tandis que les sternes "grises" se cantonnent essentiellement à proximité des îles (figure 23). Les observations de sternes "brunes", de procellariidés et de phaéthontidés semblent montrer un gradient latitudinal, caractérisé par des observations plus nombreuses vers les latitudes basses, combiné à une occurrence plus élevée à proximité des îles hautes notamment sur les secteurs de la Société et des Marquises (figure 24). Concernant les sulidés, les observations sont peu nombreuses aux Australes et abondantes dans les Tuamotu Nord et aux Marquises. Enfin, les observations de frégates ont été plus abondantes dans les secteurs des Tuamotu Nord et des Marquises (figure 24).

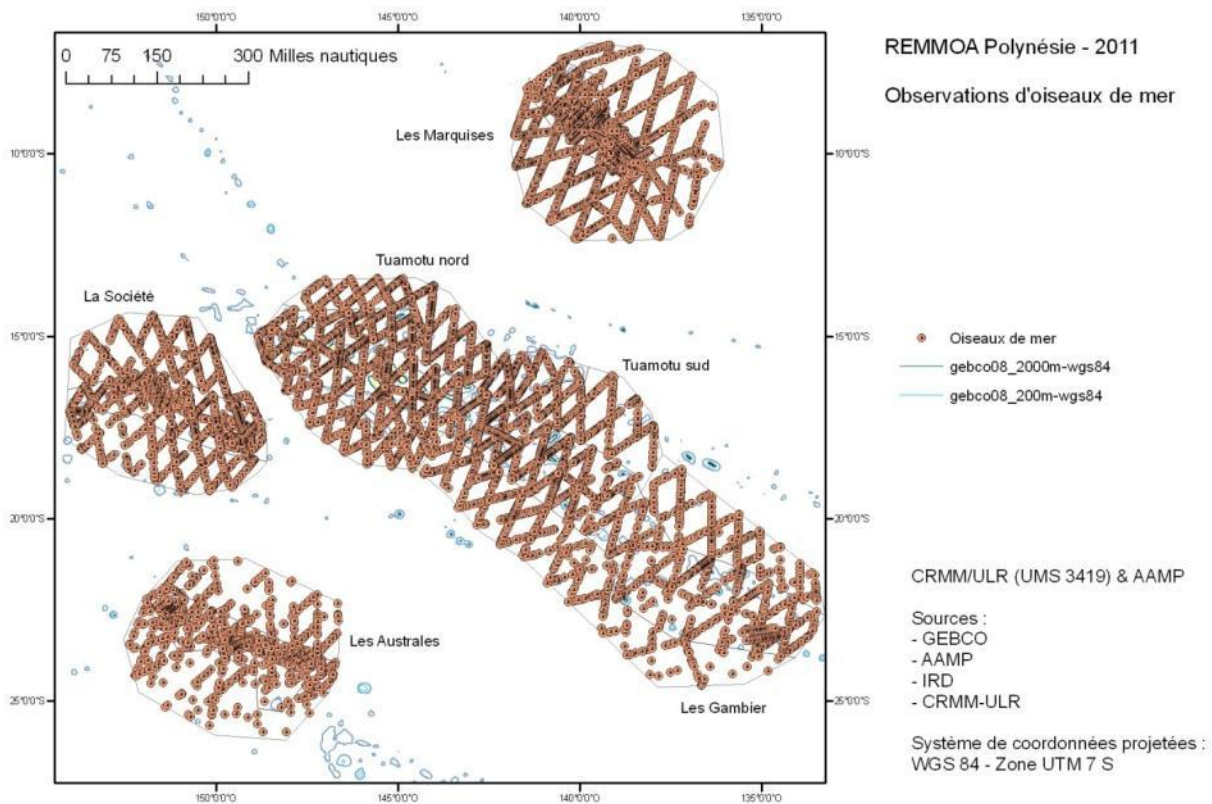


Figure 22. Carte de distribution des observations d'oiseaux de mer (toutes espèces) sur l'ensemble de la zone d'étude.

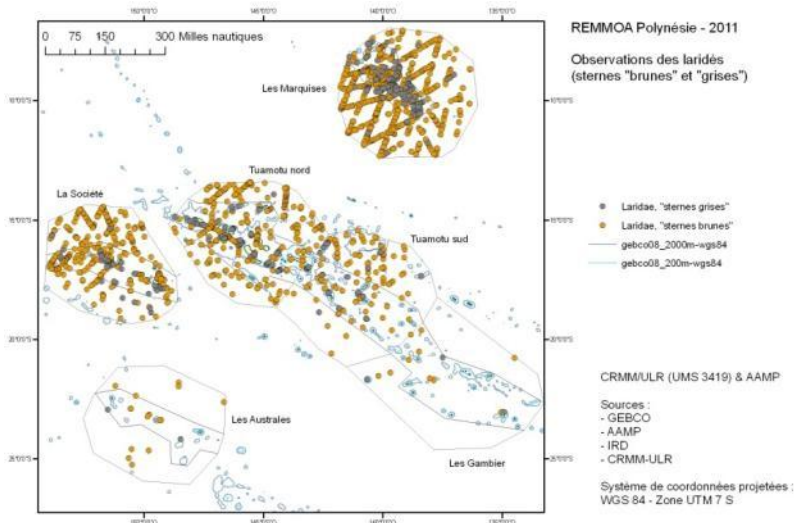
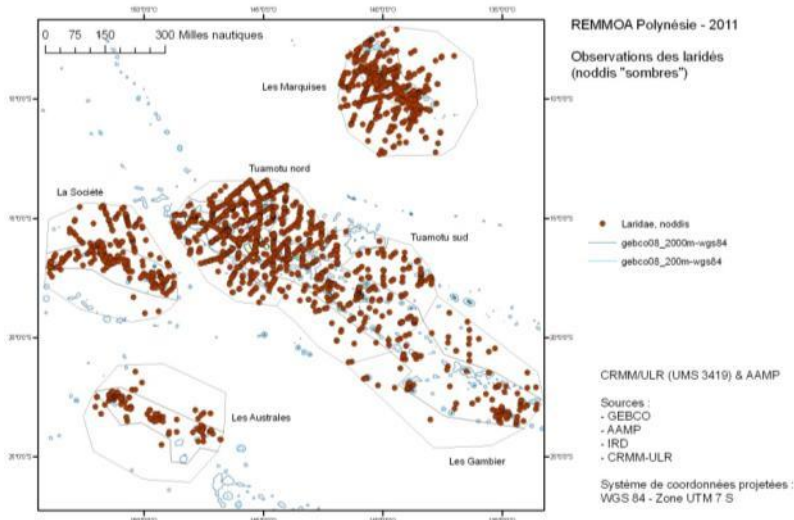
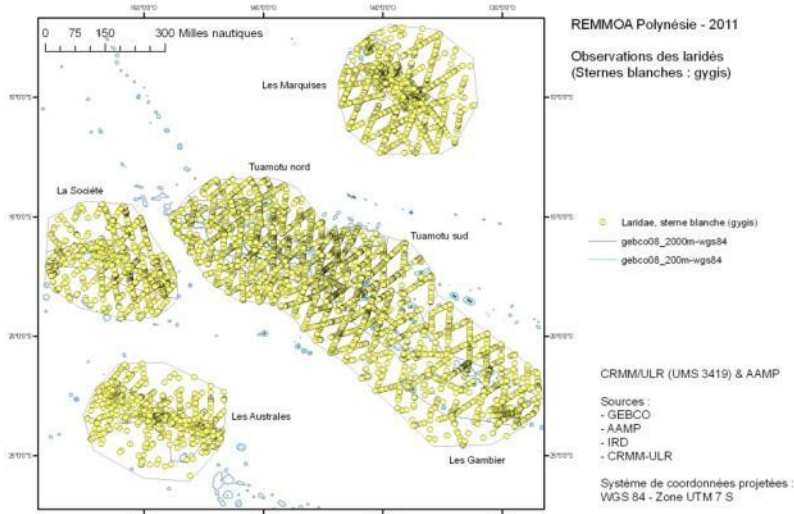


Figure 23. Cartes de distribution des observations d'oiseaux de mer par taxon ou groupe taxonomique : laridés (sternes blanches, noddis, sternes "grises", sternes "brunes").

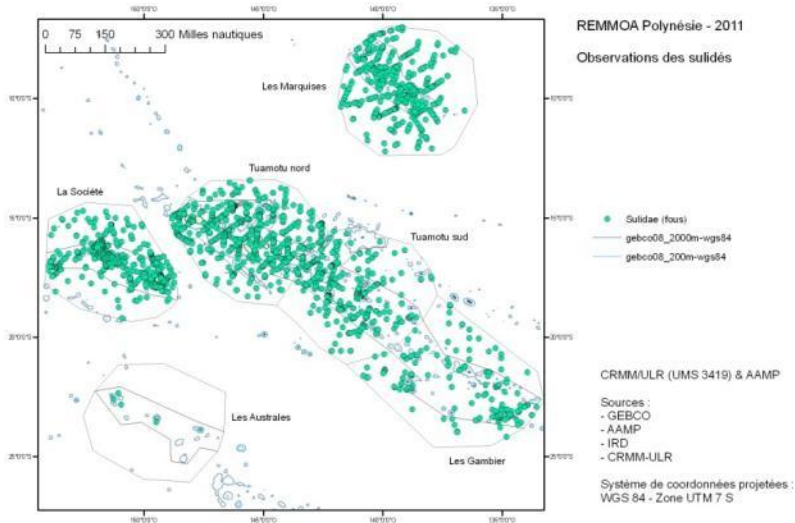
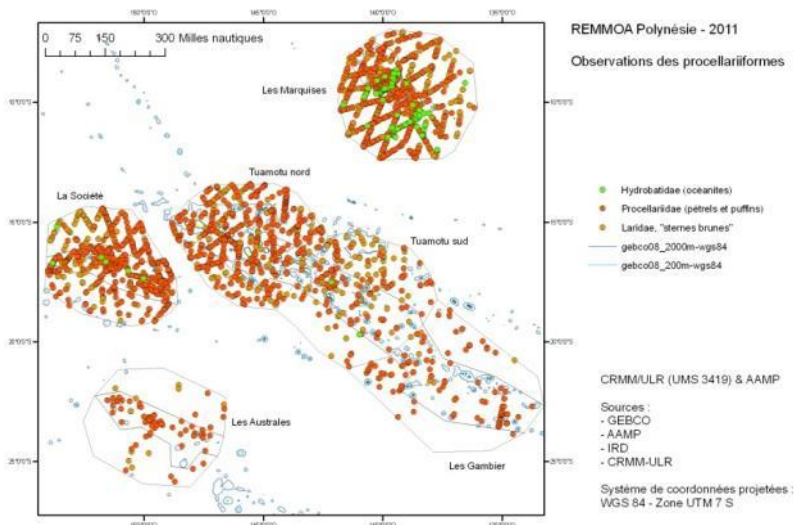
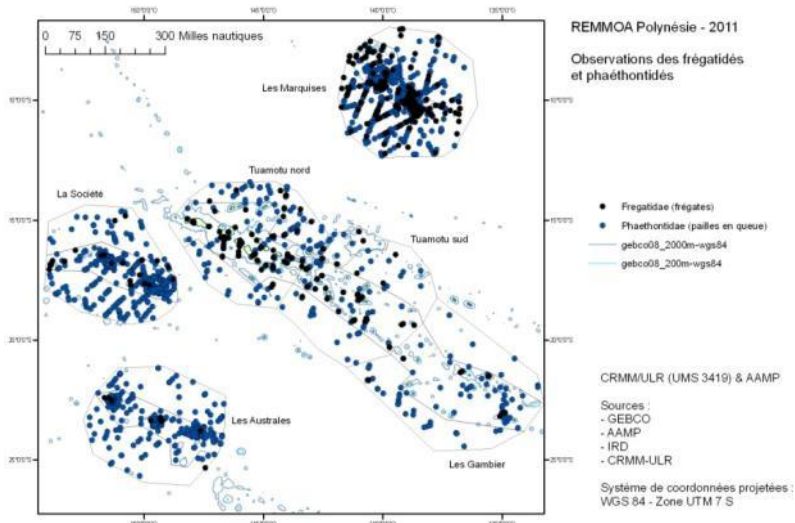


Figure 24. Cartes de distribution des observations d'oiseaux de mer par taxon ou groupe taxonomique : frégatidés et phaéthontidés, procellariiformes, sulidés.

Taux de rencontre des oiseaux de mer par secteur et par strate

L'abondance relative est ici exprimée par le taux de rencontre d'oiseaux de mer, défini comme le nombre d'observations totalisé pour 1 000 km de transects parcourus en effort d'observation. Les taux de rencontre par secteur observés en Polynésie française sont comparés à ceux obtenus dans les régions Antilles-Guyane et sud-ouest océan Indien (tableau 9). Le taux de rencontre moyen est cinq fois plus élevé que celui de la région Antilles-Guyane et il est relativement semblable à celui obtenu pour la région océan Indien.

Il semble se dégager un gradient latitudinal dans les taux de rencontre observé en Polynésie avec les valeurs les plus faibles observées au sud pour les Australes et les Gambier et les valeurs les plus hautes pour le nord notamment pour les Tuamotu Nord (figure 25). Les taux de rencontre sont relativement proches pour les secteurs Société et Tuamotu Sud.

Tableau 9. Tableau comparatif des taux de rencontre d'oiseaux de mer observés lors des campagnes REMMOA, exprimé en nombre d'observations pour 1 000 km de transects.

Régions REMMOA	Taux min.	Taux max.	Taux moyen
Antilles/Guyane	45	100	40
Sud-Ouest Océan Indien	90	450	250
Polynésie française	81	344	220

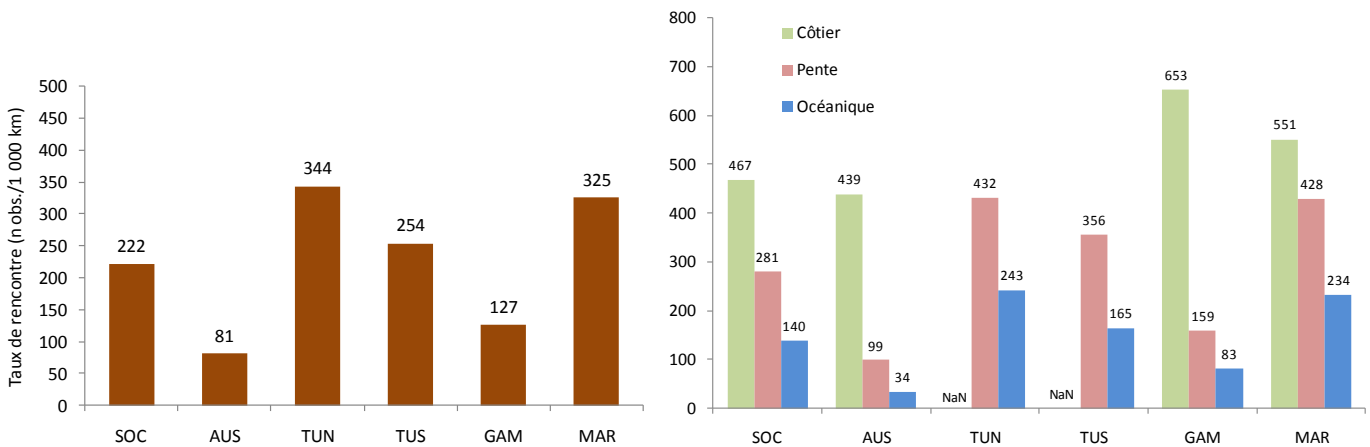


Figure 25. Taux de rencontre des oiseaux de mer en fonction des secteurs (à gauche) ainsi que dans chacune des strates bathymétriques (à droite, nombre d'observations pour 1 000 km).

La strate de pente présente des taux de rencontre généralement deux fois plus élevés que la strate océanique (figure 25). Dans les secteurs où un effort a été déployé en côtier (SOC, AUS, GAM, MAR), cette sous-strate révèle des taux particulièrement élevés pour le secteur des Gambier et des Marquises. Aux Australes, le taux de rencontre des oiseaux de mer est incontestablement plus élevé dans la sous-strate côtière. Les taux de rencontre sont particulièrement bas et sont similaires dans les strates océaniques des Australes et des Gambier.

Les taux de rencontre des groupes taxonomiques révèlent des variations importantes entre les secteurs (figure 26A et 26B). On notera que les taux de rencontre des sternes blanches sont les plus élevés et quels que soient les secteurs. Les sternes "brunes" et les procellariiformes présentent les taux les plus élevés pour la Société, les Tuamotu Nord et les Marquises. Les taux de rencontre des phaéthontidés les plus élevés sont observés pour les Marquises, la Société et les Australes (présence d'îles hautes). Les taux de rencontre de sulidés sont faibles au Gambier et quasi nuls aux Australes. Le taux de rencontre des frégates le plus élevé concerne les Marquises, mais ils sont faibles d'une manière générale.

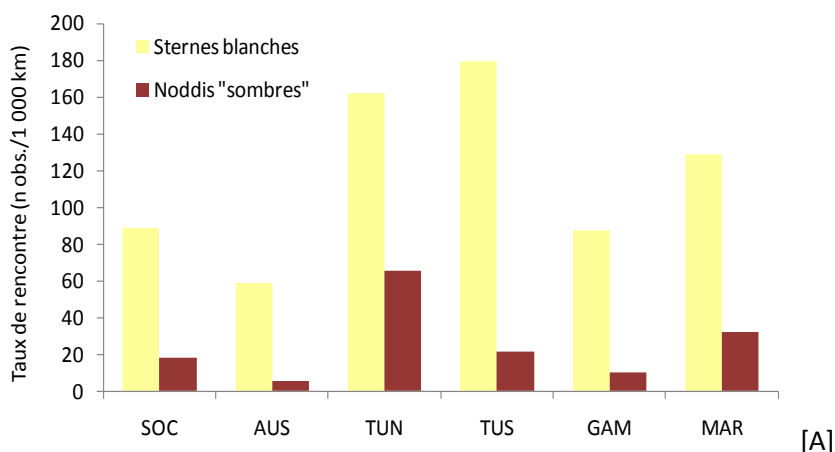
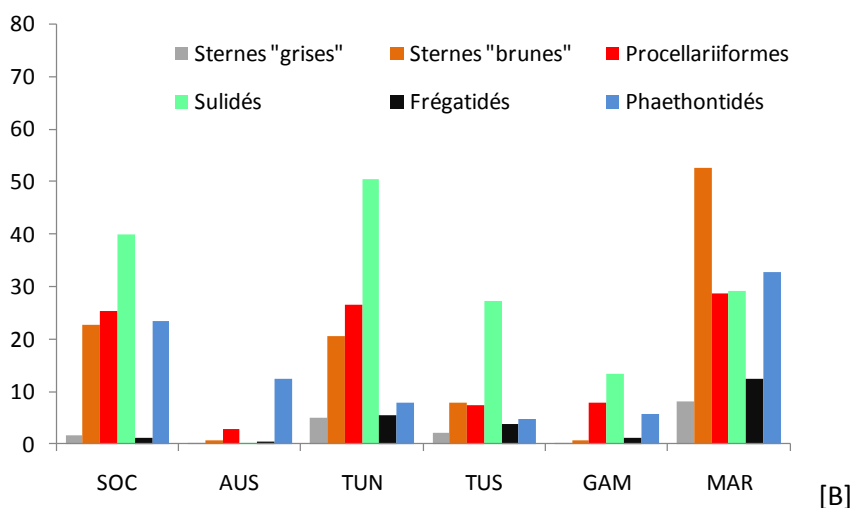


Figure 26. Taux de rencontre des groupes taxonomiques d'oiseaux de mer en fonction des secteurs (nombre d'observations pour 1 000 km), (A) sternes blanches et noddis "sombres"; (B) les autres groupes.



LES OBSERVATIONS DE TORTUES MARINES, D'ELASMOBRANCHES ET DE POISSONS PELAGIQUES

Bilan des observations de tortues, d'élasmobranches et de poissons pélagiques

Au cours de la mission REMMOA Polynésie, 66 observations de tortues marines ont été réalisées, dont 42 en effort d'observation et 24 en transit. Parmi ces 66 observations, 65 étaient des tortues à écailles, dont l'espèce n'a pu être identifiée, et une tortue luth (*Dermodochelis coriacea*), observée dans le secteur de la Société (tableau 10). De même, ont été relevés 912 observations d'élasmobranches ont été réalisées en effort (tableau 10), dont 287 observations de requins, et 625 observations de raies. Parmi les espèces qui peuvent être identifiées par avion, la raie manta (*Manta birostris*) cumule 414 observations, soit 66 % des observations de raies. Le requin baleine (*Rhincodon typus*), avec 20 observations, représente 7 % des observations de requins, tout comme les requins marteaux (*Sphyrna spp.*), et le requin océanique ou requin longimane (*Carcharhinus longimanus*) avec 7 observations représente 2,5 % des observations de requins. D'autres espèces ont pu être parfois identifiées comme le diable de mer (*Mobula spp.*), la raie léopard (*Aetobatus narinari*) et dans de rares cas le requin tigre (*Galeocerdo cuvier*). Les observations d'autres grands poissons pélagiques comme les thonidés ou les espadons/marlins/voiliers ont aussi été relevés mais les observations ont été assez peu nombreuses. Quelques observations de poissons lunes ont aussi été relevées. Les observations de méduses ont été quant à elles rares sur l'ensemble des secteurs couverts (tableau 10).

Tableau 10. Détails des observations de tortues, d'élasmobranches et de poissons pélagiques.

	SOC	AUS	TUN	TUS	GAM	MAR	Transit	Total
Tortue à écailles ind.	8	4	13	1	12	3	24	65
Tortue luth	1							1
Raie manta	20	9	7	3	1	203	171	414
Raie diable de mer ind.		6		7	2	7	2	24
Raie léopard			3	3			6	12
Raie ind.	115		13	5	1	5	36	175
Requin baleine	4	3	6	1		5	1	20
Requin marteau ind.	2			2		13	3	20
Requin océanique	1		1			4	1	7
Requin ind.	64	14	70	13	16	10	53	240
Poissons ind. (en bancs)	7	6	9	4	14	4	5	49
Type thonidés (en bancs)	6		1	1	2		4	14
Type espadon / marlin / ...	4	5	5	1	6	2	2	25
Poisson lune	1	3	2			2		8
Méduse ind.			1		1	2		4

Distribution spatiale des observations de tortues et d'élasmobranches

La carte de distribution des observations de tortues marine (figure 27) montre que les observations ont été réalisées dans tous les secteurs. Elles semblent néanmoins plus légèrement plus abondantes dans les secteurs de la Société et des Tuamotu Nord et principalement dans la strate de pente.

La carte de distribution des observations d'élasmobranches (figure 28) révèlent d'une part des observations abondantes de raies, principalement la raie Manta aux Marquises, et dans une moindre mesure à la Société. Les requins ont été plus souvent observés aux Marquises, dans les Tuamotu Nord et à la Société. On remarquera une quasi-absence d'observation dans une large partie ouest du secteur des Gambier. Les requins baleines ont été observés dans les Tuamotu Nord et Sud, la Société, les Australes et les Marquises, avec des observations plus nombreuses dans la partie ouest des Tuamotu Nord.

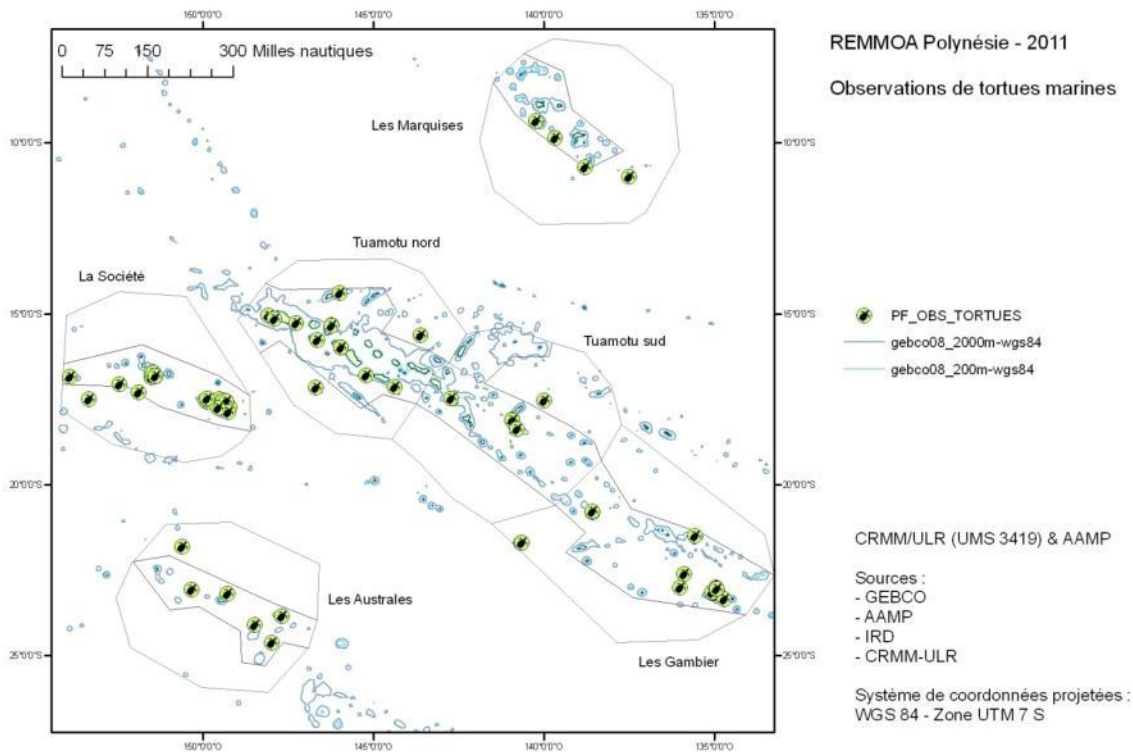


Figure 27. Carte de distribution des observations de tortues marines sur l'ensemble de la zone d'étude.

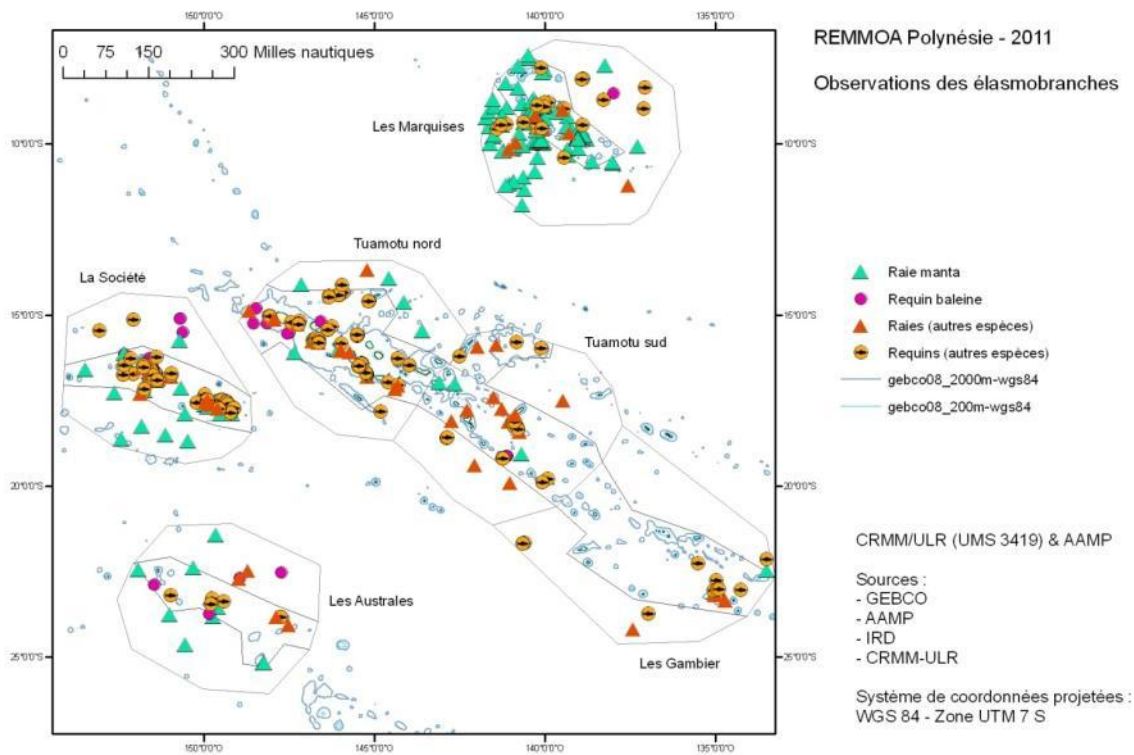


Figure 28. Carte de distribution des observations d'élasmobranches sur l'ensemble de la zone d'étude.

Taux de rencontre des tortues marines et élasmobranches par secteur

Comme pour les cétacés et les oiseaux de mer, l'abondance relative est ici exprimée en taux de rencontre, c'est-à-dire en nombre d'observations réalisé pour 1 000 km de transects parcourus en effort d'observation.

Les taux de rencontre de tortues marines observés en Polynésie française sont faibles (10 à 20 fois inférieurs) en comparaison à ceux obtenus dans les précédentes régions des campagnes REMMOA (tableau 11). En revanche, les taux de rencontre d'élasmobranches présentent des écarts beaucoup moins importants d'une région à l'autre. Pour la Polynésie, le taux moyen de rencontre des élasmobranches est plus élevé que dans le sud-ouest de l'Océan Indien.

Les taux de rencontre de tortues marines par secteur (figure 29) présentent peu de variation d'un secteur à l'autre, mais sont particulièrement bas. On notera toutefois que les taux le plus élevés ont été observés dans les secteurs de Tuamotu Nord et des Gambier alors que le taux le plus faible a été relevé dans le secteur des Tuamotu Sud. Des tortues ont aussi été observées aux Australes et aux Marquises.

Tableau 11. Tableau comparatif des taux de rencontre de tortues et d'élasmobranches observés lors des campagnes REMMOA, exprimé en nombre d'observations pour 1 000 km de transects.

Régions REMMOA	Taux min.	Taux max.	Taux moyen
TORTUES			
Antilles/Guyane	2.1	4.6	3.3
Sud-Ouest Océan Indien	1.2	26.7	11.2
Polynésie française	0.1	0.9	0.5
ELASMOBRANCHES			
Antilles/Guyane	0.8	19.2	9.6
Sud-Ouest Océan Indien	1.0	11.4	4.9
Polynésie française	1.4	14.6	6.5

Les taux de rencontre d'élasmobranches par secteur sont donnés pour les raies manta d'une part et les autres espèces de raies d'autre part, ainsi que pour les requins baleines et autres espèces de requins (figure 30). Concernant les raies d'une manière générale les taux de rencontre montrent des variations importantes d'un secteur à l'autre, ils sont particulièrement élevés aux Marquises et à la Société et faibles dans les autres secteurs, notamment aux Australes et aux Gambier. Le taux de rencontre de raies manta le plus élevé a été observé dans le secteur des Marquises. Dans cet archipel, il est 10 fois plus élevé que dans le secteur de la Société, second archipel où a été observé aussi un grand nombre de raies Manta. Les taux de rencontre de raies manta sont très faibles aux Australes, aux Tuamotu Nord et Sud, et il est quasi nul aux Gambier. Les taux de rencontre de requins, toutes espèces confondues, présentent des variations plus faibles d'un secteur à l'autre comparativement au groupe des raies. C'est néanmoins dans les secteurs de la Société et des Tuamotu Nord qu'ils sont les plus élevés. Les requins baleines ont été observés dans la plupart des secteurs couverts à l'exception de celui des Gambier. Les taux de rencontre sont néanmoins faibles et présentent peu de variation. C'est dans le secteur des Tuamotu Nord que le taux de rencontre des requins baleines a été le plus élevé.

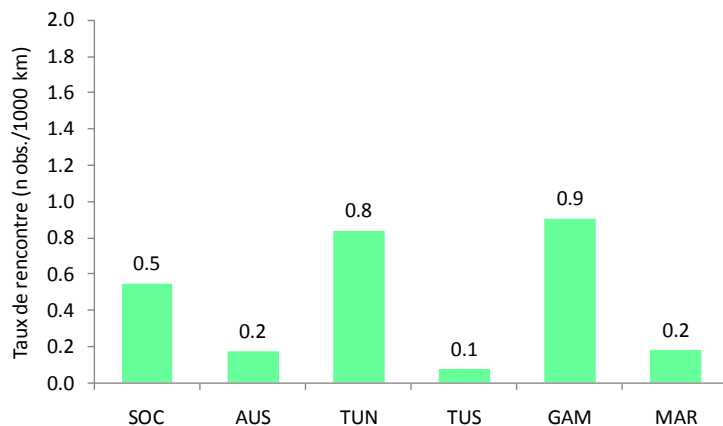
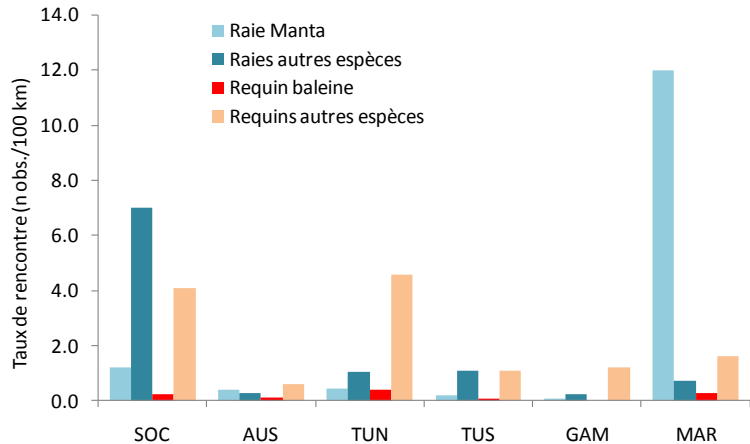


Figure 29. Taux de rencontre des tortues marines en fonction des secteurs (nombre d'observations pour 1 000 km).

Figure 30. Taux de rencontre des élasmobranches en fonction des secteurs (nombre d'observations pour 1 000 km).



LES OBSERVATIONS DE BATEAUX ET DECHETS

Bilan des observations de bateaux et déchets

Pendant les survols REMMOA, les observations de bateaux et de déchets sont collectées de manière systématique. Les observations de bateaux sont répertoriées selon plusieurs catégories : bateaux de pêche, plaisance, commerce, transport de passagers et navire de l'Etat. On entend par déchet, tout objet visible depuis l'avion et identifié en tant que tel, qui présente une forme et une dimension d'un sac plastique par exemple. Ne sont pas considérés comme déchets, les pièces de bois qui semblent naturelles (branches) et les amas de végétaux en surface. La plupart des déchets sont généralement des objets en plastiques. Lorsque c'est possible ces objets peuvent être classés en déchets de pêche lorsqu'il s'agit de bouts, de morceaux de filet, de plateformes (DCP) à la dérive, de bouées à la dérive, etc. Les déchets de pêche représentent environ 4 % des déchets enregistrés. Ce sont dans les secteurs de la Société et des Australes que les détections de déchets ont été les plus nombreuses (tableau 12).

Les observations de bateaux concernent principalement l'archipel de la Société, avec 85 % des observations (tableau 12). Sur l'ensemble de la zone d'étude, les bateaux de pêche représentent 36 % des observations de bateaux. La majorité de ces bateaux sont des petits bateaux de pêche artisanaux appelés « *poti marara* ». Les bateaux de plaisance représentent 58 % des observations dont 74 % sont des bateaux à moteur. Un grand nombre de ces bateaux à moteur peuvent être considérés comme des bateaux de pêche de loisir. Peu de bateaux de commerce ont été observés, la plupart des observations font référence à des cargos mixtes qui ravitaillent les îles des différents archipels. Le secteur des Australes n'a fait l'objet d'aucune observation de bateau.

Tableau 12. Détails des observations de déchets et de bateaux par secteur.

	SOC	AUS	TUN	TUS	GAM	MAR	Total
Déchet	398	368	67	55	172	146	1206
Déchet de pêche	13	3	3	8	8	10	45
Pirogue de pêche	16	-	-	-	-	-	16
Bateau de pêche	93	-	5	-	1	9	108
Bateau de plaisance à moteur	145	-	3	-	-	-	148
Bateau de plaisance à voile	32	-	2	2	2	13	51
Ferry	1	-	-	-	-	-	1
Navire de l'Etat	-	-	-	1	-	-	1
Bateau de commerce	3	-	3	1	1	2	10
Bateau indéterminé	2	-	-	-	-	1	3
Total des bateaux	292	0	13	4	4	25	343

Distribution spatiale des observations de bateaux et déchets

La distribution des déchets (figure 31) est hétérogène sur l'ensemble de la zone d'étude. Néanmoins, cette carte doit être décrite avec prudence car la détectabilité des déchets en surface est fortement corrélée à l'état de la mer. Notamment pour les Australes et les Gambier, secteurs où ont été rencontrées les meilleures conditions d'observation (beaufort 0-1). Toutefois, les déchets semblent se concentrer à proximité des îles, comme par exemple les îles sous le vent du secteur de la Société. Dans les secteurs des Tuamotu la distribution des déchets ne révèle pas de zone de densité remarquable.

La carte de distribution des observations de bateaux (figure 32) fait apparaître aussi une répartition très hétérogène. Ce sont les îles sous le vent de la Société et des Marquises qui semblent ici les plus fréquentées. Malgré l'effort d'observation déployé aux Australes, aucune observation de bateau n'a été relevée durant les survols. D'une manière générale, la distribution des bateaux semble relativement côtière.

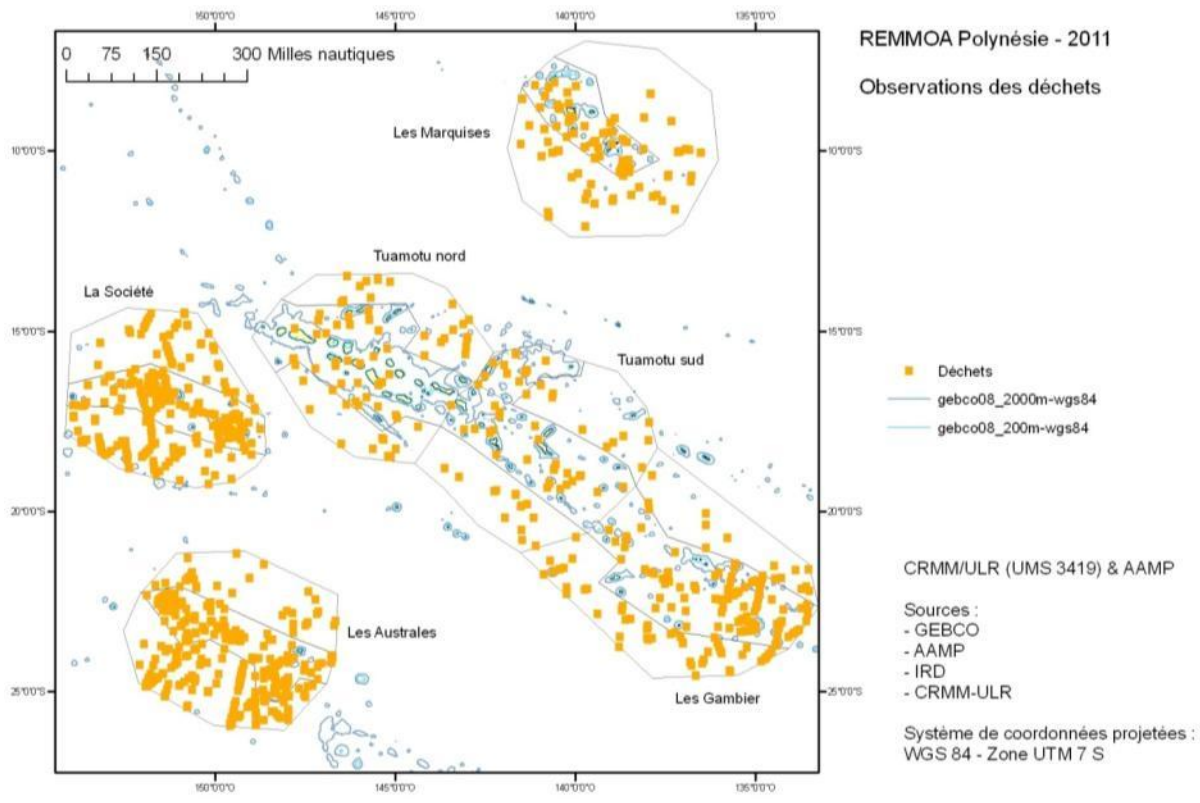


Figure 31. Carte de distribution des observations de déchets sur l'ensemble de la zone d'étude.

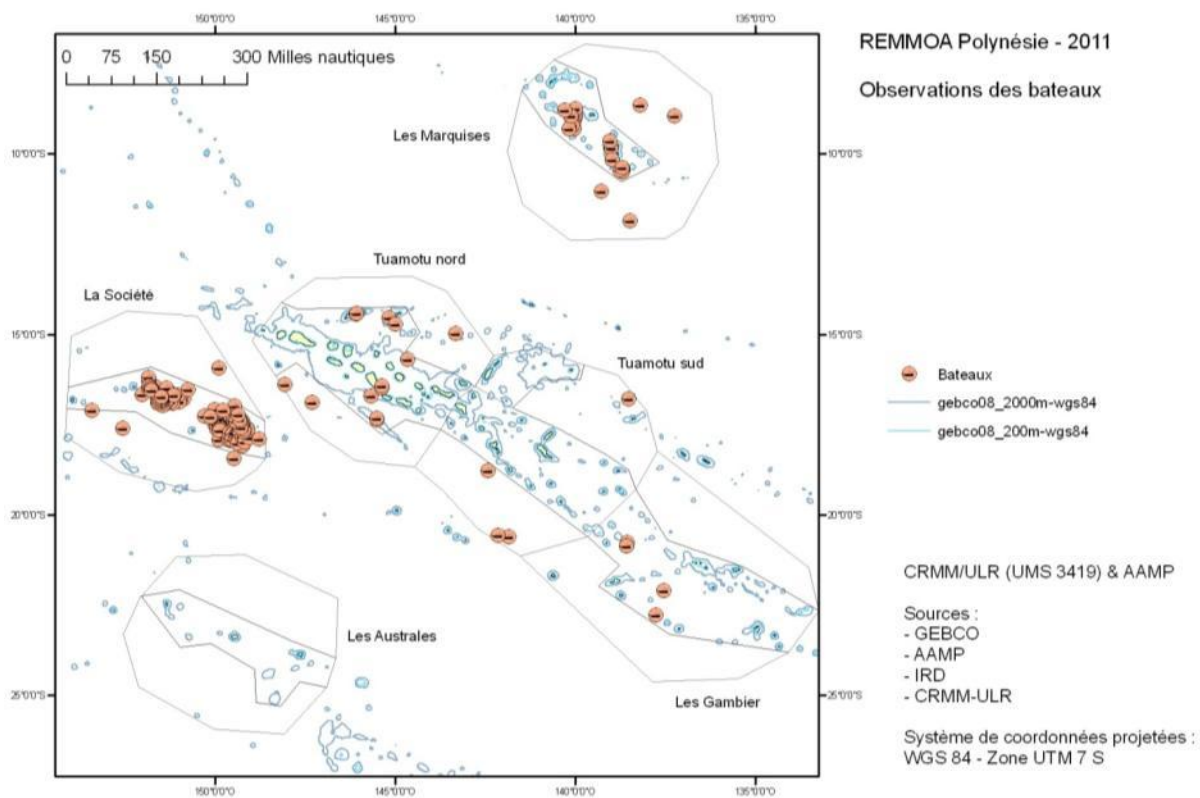


Figure 32. Carte de distribution des observations de bateaux sur l'ensemble de la zone d'étude.

Taux de rencontre des déchets et bateaux par secteur

Le taux de rencontre des déchets (nombre d'observations pour 1 000 km de transects) est faible en comparaison de ceux enregistrés lors des précédentes campagnes (tableau 13). Il est environ deux fois inférieur à celui de la campagne REMMOA Antilles-Guyane et sept fois inférieur à celui de la campagne océan Indien. Les taux par secteur sont variables. Ils sont faibles et semblables pour les deux secteurs couvrant les Tuamotu, ils sont le plus élevés pour les secteurs de la Société et des Marquises (figure 33).

Les taux de rencontre de bateaux étaient relativement proches lors des deux précédentes campagnes REMMOA (tableau 13), il est quatre à fois inférieur pour la campagne REMMOA Polynésie. La Société présente le taux de rencontre de navires le plus élevé (figure 33).

Tableau 13. Tableau comparatif des taux de rencontre de déchets et de bateaux observés lors des campagnes REMMOA, exprimés en nombre d'observations pour 1 000 km de transects.

Régions REMMOA	Taux min.	Taux max.	Taux moyen
DECHETS			
Antilles/Guyane	27.6	35.8	31.5
Sud-Ouest Océan Indien	23.4	230.6	86.5
Polynésie française	4.5	25.1	12.7
BATEAUX			
Antilles/Guyane	7.8	20.7	14.6
Sud-Ouest Océan Indien	3.5	18.3	12.9
Polynésie française	0.0	18.1	3.5

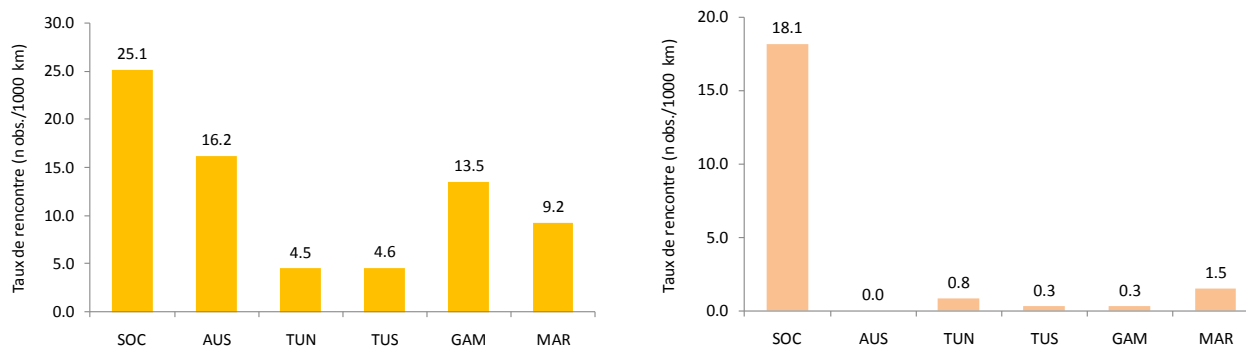


Figure 33. Taux de rencontre des déchets (à gauche) et des bateaux (à droite) en fonction des secteurs (nombre d'observations pour 1 000 km).

Bilan opérationnel

Cette nouvelle campagne d'observation aérienne réalisée en Polynésie française est le troisième volet du programme REMMOA qui en comptera quatre, et permettra de couvrir les territoires français d'Outre-mer des régions tropicales (Atlantique, sud-ouest de l'océan Indien et Pacifique sud). A chaque nouveau volet la dimension opérationnelle (nombre avions et d'équipes) des campagnes évolue afin de faire face aux étendues prospectées et aux caractéristiques des secteurs couverts (géographiques, météorologiques, logistiques, etc.).

Pour la campagne REMMOA Polynésie française, le choix s'est porté sur la mise en place de 3 avions et 3 équipes d'observateurs (contre 1 pour la campagne Antilles/Guyane et 2 dans le sud-ouest de l'océan Indien). Ce choix a été orienté (1) d'une part par l'étendue de la zone d'étude (1,75 million de km²), (2) d'autre part par la durée de la campagne qui ne devait pas excéder 4 mois afin de limiter les variations climatiques et les biais liés à d'éventuels déplacements de certaines espèces, (3) et enfin par la météorologie dont les fenêtres avec de bonnes conditions pour l'observation étaient estimées courtes sur la plupart des secteurs (archipels).

Cette dimension opérationnelle de campagne s'est révélée adaptée pour répondre aux objectifs, mais elle a demandé une capacité humaine d'encadrement importante, qui a été sous dimensionnée dans le cas présent. Si cette dimension opérationnelle devait être reconduite sur les prochaines campagnes, il sera nécessaire de repenser les moyens à mettre en œuvre pour leur organisation, gestion et coordination. Néanmoins, ce choix a permis de réaliser le plan d'échantillonnage prévu tout en respectant le calendrier prévisionnel. De même, ce sous dimensionnement d'encadrement a été en partie compensé par l'intégration d'observateurs ayant participé aux précédentes campagnes et donc déjà opérationnels.

Au plan technique le choix des appareils s'est de nouveau porté sur des Britten Norman 2 (BN-2). Comme cela a été détaillé lors de la précédente campagne, ces appareils sont adaptés pour ce type de mission. Ils offrent une capacité d'emport de passagers et des équipements nécessaires aux besoins de la mission, un niveau de sécurité recommandé et une autonomie adaptée au travail dans ce type d'environnement.

Le choix de la période d'observation, de janvier à avril, résultait de la volonté d'optimiser les temps d'utilisation des avions dans des conditions favorables d'observation, c'est-à-dire un état de la mer de préférence égal à 1 ou 2 Beaufort, et dans tous les cas inférieur ou égal à 4 Beaufort. Ce choix impliquait d'éviter la saison des alizés qui s'étend approximativement de juin à octobre, pendant l'hiver austral. Le corolaire de ce choix était l'impossibilité d'observer les mysticètes migrateurs qui quittent la région en été pour se nourrir sous des latitudes plus sud. Les conditions d'observations n'ont pas été uniformes. Les meilleures conditions furent celles rencontrées dans le sud de la région, aux Australes et aux Gambier, alors qu'au nord, notamment aux Marquises, le vent était plus soutenu et donc l'état de la mer plus dégradé.

Bilan des données collectées

Sur le plan des observations, il apparaît que les taux d'observation (nombre d'observations par 1 000 km parcourus) de cétacés et de tortues sont beaucoup plus faibles que ceux observés lors des précédentes

campagnes dans l'Atlantique et dans l'océan Indien (4 fois inférieur en moyenne pour les cétacés et 6 à 20 fois inférieur pour les tortues). Alors que pour les oiseaux de mer, le taux de rencontre moyen est semblable à celui estimé dans le sud-ouest de l'océan Indien, de même pour les élasmobranches (raies et requins). Enfin les taux de rencontre de déchets et bateaux se sont révélés très bas en comparaison des autres régions.

Quelques soient les espèces, les taux de rencontre varient entre les secteurs et entre les strates bathymétriques. D'une manière générale pour les cétacés et les oiseaux de mer un gradient latitudinal important apparaît dans les taux de rencontre, avec des valeurs qui augmentent du sud vers le nord de la région d'étude.

Concernant les cétacés, les taux de rencontre varient de 1,3 observation par 1 000 km dans les secteurs des Australes et Gambier contre 6,7 aux Marquises, alors que les conditions d'observations se sont révélées globalement moyennes sur ce dernier secteur. Les mêmes indices par strate bathymétrique montrent que la strate de pente, et en particulier la sous-strate de pente dite « côtière », héberge le plus souvent des taux de rencontre élevés. Un groupe d'espèces est présent dans chacun des secteurs avec peu de variations dans les taux de rencontre, il s'agit des baleines à bec (ziphiidés). Les delphinidés (delphininés et globiphalinés) présentent les variations les plus importantes dans les taux de rencontre et la distribution spatiale des observations.

Au vu des résultats obtenus lors des précédentes campagnes, on s'attendait à obtenir des taux de rencontre plus faibles en Polynésie que dans les secteurs plus productifs. Notamment un taux de rencontre pour les cétacés 4 fois inférieur à ceux observés en Guyane ou dans le sud-ouest de l'Océan Indien était estimé. Les premiers résultats corroborent ces estimations empiriques. Ces informations sont importantes pour dimensionner les efforts à déployer dans les prochaines campagnes.

Ce rapport intermédiaire intervient alors que la campagne REMMOA en Nouvelle-Calédonie est en cours de conception. A ce stade, l'expérience acquise dans l'océan Indien et en Polynésie, de part la dimension des zones d'étude, est donc essentielle pour la préparation des prochaines étapes du programme REMMOA.

Perspectives d'analyses de données

L'analyse de ces données s'orientera vers la détermination des densités relatives de cétacés et d'oiseaux de mer en tenant compte des paramètres influençant la capacité de détection. L'utilisation des données des missions précédentes, notamment dans l'ajustement des modèles de détection, devrait permettre de compenser le faible nombre d'observations pour certains groupes d'espèces. Ainsi pour les principales espèces l'analyse tentera de produire des données de densité par secteur et par strate bathymétrique. Dans une deuxième étape, l'analyse spatiale des observations croisées avec les principaux paramètres physiographiques, géographiques et biologiques de l'habitat (ex : profondeur, pente, distance à la côte, latitude, température et chlorophylle) tentera de caractériser les habitats préférentiels des principales espèces rencontrées. Ces modèles seront ensuite appliqués à l'ensemble des eaux de Polynésie française, et pourront alors être testés et affinés par de futures campagnes. Ces résultats dans leur ensemble contribueront à la base scientifique pour la gestion de l'environnement marin dans la région.

BILAN DES RENCONTRES PUBLIQUES ET INTERVENTIONS AUPRES DES SCOLAIRES

Durant la campagne REMMOA Polynésie française, mission itinérante qui a pris place sur 7 îles différentes, les équipes ont systématiquement présenté les objectifs de la campagne ainsi qu'une première restitution à chaud des secteurs couverts lors de réunions publiques organisées en collaboration avec les maires. Ces présentations publiques, organisée à Tahiti, Tubuai, Fakarava, Hao, Tureia, Nuku Hiva et Hiva Oa ont permis d'informer près de 300 personnes sur les objectifs des campagnes REMMOA.

De même, des présentations pédagogiques (sous formes de diaporamas) ont été réalisées par les équipes d'observateurs dans les établissements scolaires. Elles étaient adaptées aux enfants des écoles primaires, collèges et lycées et couvraient les thèmes de l'observation aérienne, des espèces de cétacés, des espèces d'oiseaux de mer, de la chaîne alimentaire, etc.

Cette initiative, qui n'était pas prévue au départ de la campagne, a eu un vif succès auprès des enfants et enseignants. Et s'est révélé être un bon moyen de communiquer localement sur le travail des observateurs, et de diffuser des connaissances tout en intéressant les enfants à la conservation des espèces marines qui vivent au large de leurs îles.



Bilan des interventions dans les écoles :

- 6 écoles primaires et 5 collèges et lycées ont été visités par les équipes d'observateurs à Tubuai, Hao, Tureia, Fakarava, Hiva Oa, Nuku Hiva
- 22 classes d'école primaires pour un total de 450 élèves (du CE1 au CM2) et 39 classes d'enseignement secondaire pour un total de 700 élèves (de la 6^{ème} à la terminale) ont pu assister à ces présentations pédagogiques sur la campagne REMMOA.



REFERENCES

- BUCKLAND S.T., ANDERSON D.R., BURNHAM K.P., LAAKE J.L., BORCHERS D.L. & THOMAS L. 2001. Introduction to distance sampling: Estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, Oxford.
- CAMPHUYSEN, C. J., FOX, A. D., LEOPOLD, M. F. & KRAG PETERSEN, I. 2004. Towards standardised seabirds at sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U.K. *Royal Netherlands Institute for Sea Research, Texel*.
- CERTAIN, G. & BRETAGNOLLES, V. 2008. Monitoring seabirds population in marine ecosystem: The use of strip-transect aerial surveys. *Remote Sensing of Environment*, 112, 3314-3322.
- DEAN, B. J., Webb, A., Mcorley, C. A. & Reid, J. B. 2003. Aerial surveys of UK inshore areas for wintering seaduck, divers and grebes: 2000/01 and 2001/02. . In: REPORT, J. (ed.) No. 333
- HIBY, A.R. & Lovell, P. 1998. Using aircraft in tandem formation to estimate abundance of harbour porpoise. *Biometrics* 54: 1280-1289.
- HIBY, L. 1999. The objective identification of duplicate sightings in aerial survey for porpoise. In: Garner, G. W., Amstrup, S. C., Laake, J. L., Manly, B. F. J., McDonald, L. L. & Robertson, D. G. (eds.) *Marine Mammal Survey and Assessment Methods*. Netherlands: Balkema.
- GANNIER A. 2009. Comparison of odontocete populations of the Marquesas and Society Islands (French Polynesia). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2009, 89(5), 931–941.
- LARAN, S., DOREMUS, G., FALCHETTO, H., MANOCCI, L., VAN CANNEYT, O., WATREMEZ, P. & RIDOUX V. 2011. Progress of the REMMOA aerial surveys conducted in the french EEZ and adjacent waters: south-west indian ocean and french polynesia. Paper SC/63/WP3 presented at the Scientific Committee meeting of the International Whaling Commission, June 2011, Tromso, Norway.
- RIDOUX, V., CERTAIN, G., DOREMUS, G., LARAN, S., VAN CANNEYT, O., & WATREMEZ, P. 2010. Mapping diversity and relative density of cetaceans and other pelagic megafauna across the tropics: general design and progress of the REMMOA aerial surveys conducted in the French EEZ and adjacent waters. Paper SC/62/E14 presented at the Scientific Committee meeting of the International Whaling Commission, May 31st –June 11th, 2010, Agadir, Maroc.
- SCANS 2006. Small Cetaceans in the European Atlantic and North Sea (SCANS-II). Final Report of the project LIFE04NAT/GB/000245.
- VAN CANNEYT, O., DORÉMUS, G., LARAN, S., RIDOUX, V., & WATREMEZ, P. 2010 (1). Distribution et abondance des Mammifères marins et autre Méga-faune marine dans le Sud-Ouest de l’Océan-indien tropical. Rapport intermédiaire pour l’Agence des aires marines protégées, 74p.
- VAN CANNEYT, O., CERTAIN, G., DOREMUS, G., LARAN, S., RIDOUX, V., BOLAÑOS, J., JEREMIE, S. & WATREMEZ, P. 2010 (2). Distribution et abondance des Mammifères marins et autre Méga-faune marine en Guyane française. Rapport final pour l’Agence des aires marines protégées, 42p.
- VAN CANNEYT, O., DOREMUS, G., CERTAIN, G., RIDOUX, V., JEREMIE, S., RINALDI, R. & WATREMEZ, P. 2009. Distribution et abondance des Mammifères marins et autre Méga-faune marine aux Antilles française. Rapport final pour l’Agence des aires marines protégées, 45p.