



Service du Patrimoine Naturel

Muséum National d'Histoire Naturelle

Loïc Valéry



Puffin cendré (*Calonectris diomedea*) - Cliché S. Siblet ©

Etude de la répartition spatiale des oiseaux marins au large

GUIDE METHODOLOGIQUE

POUR LE

PROGRAMME DE CONNAISSANCES NATURA 2000 mer



Remerciements

Le présent rapport a été établi à partir d'une recherche bibliographique approfondie (Cf. *in fine*), enrichie par de nombreux entretiens avec des spécialistes de l'avifaune marine. A cet égard, nous tenons à remercier chaleureusement toutes les personnes qui ont bien voulu apporter leur concours à ce travail et permettre à cette note méthodologique d'être aussi opérationnelle que possible.

Nous exprimons, en particulier, notre reconnaissance au GISOM (Groupement d'Intérêt Scientifique « Oiseaux Marins ») qui a fourni des informations précieuses pour le choix des colonies de puffins à sélectionner dans le cadre du suivi individuel des oiseaux. Nous adressons, également, nos très vifs remerciements à David GREMILLET (CNRS/CEFE) et Henri WEIMERSKIRCH (CNRS Chizé) pour avoir bien voulu apporter leur expérience sur les méthodes d'appareillage des oiseaux par balises et participer à la rédaction du présent rapport.

Les spécialistes consultés et ayant répondu favorablement à nos sollicitations sont, par ordre alphabétique : Gilles BENTZ (LPO), Bernard CADIOU (Bretagne Vivante/GISOM), Iker CASTEGE (Centre de la Mer de Biarritz), Jacques COMOLET-TIRMAN (MNHN), Patrice CRAMM (GISOM), Léa DAVID (écoOcéan Institut), Gérard DEBOUT (Groupe Ornithologique Normand/GISOM), Nathalie DI-MEGLIO (écoOcéan Institut), Marie-Christine EYBERT (CNRS) Yann FEVRIER (Groupe d'Etudes Ornithologiques en Côtes-d'Armor), David GREMILLET (CNRS/CEFE), Georges HEMERY (MNHN/GISOM), Mélanie LE NUZ (Réserve Naturelle des Sept-Îles), Loïc MARION (CNRS), Jean-Yves MONNAT (Université Bretagne Occidentale/GISOM), Jean-Marc PONS (MNHN), Bernard RECORBET (DREAL Corse), Xavier RUFFRAY (CEN Languedoc-Roussillon/GISOM), Nicolas SADOUL (Les amis des marais du Vigueirat/GISOM), Vincent SCHRICKE (ONCFS), Jean-Philippe SIBLET (MNHN/GISOM), François SIORAT (GIP Bretagne Environnement/GISOM), Henri WEIMERSKIRCH (CNRS Chizé), Pierre YESOU (ONCFS/GISOM).

Qu'ils soient assurés de notre profonde gratitude.

1 – Introduction

Les zones de concentration des oiseaux marins ainsi que les variations saisonnières de leur répartition dans la zone côtière française (i.e., 12 milles marins) sont relativement bien documentées et ont déjà permis la désignation de ZPS dans le cadre de Natura 2000. En revanche, au-delà de la bande côtière, les données disponibles sur ces sujets sont trop fragmentaires pour permettre d'identifier avec une fiabilité suffisante des zones prioritaires de conservation. En l'état, il n'est donc pas possible de répondre à la demande de la Commission Européenne qui envisage la désignation de ZPS au large (au-delà de 12 milles). Le présent rapport a pour objet de combler cette lacune en proposant une méthodologie pour le suivi de la distribution des oiseaux marins en haute mer afin de localiser leurs principales zones de concentration, préalable à la désignation de nouveaux sites au-delà de la mer territoriale.

Bien entendu, les propositions contenues dans ce rapport peuvent faire l'objet d'amendements (e.g., éclaircissements, précisions, modifications dues à des difficultés de mise en œuvre, améliorations), étant précisé que toute disposition supprimée devra être remplacée par une réponse mieux adaptée. A cet égard, les premiers résultats obtenus permettront, le cas échéant, de faire évoluer la méthodologie présentée à ce stade. Cela étant, et dans tous les cas, l'Agence des Aires Marines Protégées et le Muséum National d'Histoire Naturelle devront préalablement être consultés et avoir donné leur accord.

Le présent rapport présentera successivement le protocole d'échantillonnage *stricto sensu*, la collecte d'information par appareillage des oiseaux (balises) et les suivis opportunistes.

Enfin, la liste exhaustive des espèces concernées par tout ou partie de ces suivis est fournie en annexe 1.

2 – La campagne d'échantillonnage dédiée *stricto sensu*

2.1 Choix du vecteur

La désignation éventuelle de nouvelles ZPS au large implique la recherche des zones de concentrations habituelles des oiseaux. Pour effectuer convenablement cette recherche, il est nécessaire de couvrir, à intervalles réguliers, dans un laps de temps restreint (i.e., moins d'une semaine), et avec une finesse de maillage suffisante, l'ensemble des surfaces de la Manche, de l'Atlantique incluse dans la ZEE et de la Méditerranée incluse dans la ZPE.

Compte tenu de la très vaste étendue à échantillonner intégralement (i.e., plusieurs centaines de milliers de km²), les observations doivent être effectuées à une vitesse qui excède, en pratique, les possibilités des navires. Aussi, le recours à ce type de vecteur semble-t-il devoir être écarté *a priori* au profit des moyens aériens satisfaisant à l'exigence d'une couverture rapide des zones à étudier et possédant une autonomie suffisante. Ces derniers sont au nombre de trois : les satellites d'observation, les drones et les avions.

L'utilisation des deux premières catégories de vecteur (i.e., satellite et drone) n'a pas été approfondie dans le cadre de la présente étude, le degré de résolution des satellites n'étant pas suffisant pour remplir l'objectif et l'application des drones au domaine civil étant encore embryonnaire. Cela étant, ces supports sont cités pour mémoire, l'évolution des technologies autorisant peut-être à moyen terme leur utilisation pour des suivis de cette nature, en particulier les drones.

Aussi, le vecteur retenu sera-t-il un avion à utiliser en respectant les règles de l'aviation civile. Il répondra aux caractéristiques suivantes :

- avion bi-moteur à hélices
- avion à voilure haute
- minimum de 4 places, pilote compris (6 places impérativement si observateurs mammifères marins embarqués simultanément)
- capacité à voler en continu à 150 km.h⁻¹ (par rapport au sol) à 150 m d'altitude
- Autonomie la plus large possible (minimum : 1000 km à la vitesse précisée ci-dessus)
- hublots-bulle latéraux
- Appareil offrant le meilleur angle de vision (e.g., Partnavia Observer)

2.2 Méthodologie

Le suivi consistera à mener, **au cours de la première décade de chaque mois**, une campagne d'échantillonnage couvrant la totalité de la zone considérée. L'observation de la distribution spatiale des oiseaux en mer sera effectuée **à l'œil nu** dans une **bande de 250 m de large de chaque côté de l'avion** qui suivra des transects parallèles espacés de 20 km (dont le tracé est donné en annexe 3) à une **altitude de 150 m** (i.e., 500 pieds) et une **vitesse de 150 km.h⁻¹**. Dans ces conditions, la surface échantillonnée représentera approximativement 2,5 % de la surface totale des zones à couvrir.

2.2.1 Les conditions à respecter pour la collecte des données

✓ Conditions environnementales

- vent et mer calmes (≤ 3 sur l'échelle de Beaufort (moins de 11 nœuds de vent) (Cf. Annexe 2).
- couverture nuageuse complète mais légère à une altitude supérieure à celle du vol ou, à défaut, ciel dégagé. Toutefois, dans ce cas, la réverbération du soleil sur l'eau et les hublots risque de gêner les observations.
- La ligne d'horizon (i.e., limite entre le ciel et l'eau) devra pouvoir être distinguée avec netteté. Ce pré-requis est indispensable pour mesurer les angles avec précision. En conséquence, il conviendra de ne pas sortir si du brouillard ou des précipitations sont constatés ou annoncés.

Les conditions météorologiques à prendre en considération sont celles prévues sur l'ensemble de la zone parcourue au cours du vol : ne pas se limiter aux conditions observées au point de départ avant l'envol. Si ces conditions ne sont pas satisfaites, il conviendra de reporter le vol plutôt que de faire des observations inexploitable. Si aucune fenêtre météorologique ne satisfait aux conditions précisées ci-dessus durant toute la première décade d'un mois, aucun vol ne sera effectué au titre de ce mois.

- Les observations seront faites uniquement entre le lever et le coucher du soleil. L'avion pourra, cependant, faire les trajets entre l'aéroport et la zone d'observation en dehors de ces limites.

✓ Observateurs

- Ils seront au nombre de deux par avion, ayant chacun en charge les observations d'un côté de l'aéronef depuis les sièges situés à l'arrière. Ils se consacreront exclusivement à l'observation des oiseaux marins et des paramètres pertinents qui leur sont liés (cf. 2.2.2).
- Pendant toute la durée d'un vol, chacun des observateurs comptera toujours du même côté de l'avion. D'un vol au vol suivant, ils intervertiront leurs places pour des raisons d'ergonomie.
- L'un des observateurs sera désigné comme responsable du vol et de la restitution des données correspondantes.

- Il serait souhaitable que les observateurs désignés soient déjà rompus à l'identification et au comptage des oiseaux de mer depuis des aéronefs. Un rappel ou une initiation sur ce point fera préalablement l'objet d'une séance de travail et de mutualisation.
- Dans toute la mesure du possible, ce sont toujours les deux mêmes observateurs qui interviendront sur la même zone d'observation.

✓ Plan d'échantillonnage

- D'un mois sur l'autre, il conviendra de suivre exactement le même plan de vol. Afin de respecter cette condition, l'itinéraire précis de l'avion qui aura été fourni (i.e., coordonnées GPS du début et de fin de chaque transect) devra être remis le plus tôt possible au pilote pour qu'il prépare son plan de vol et, puisse connaître la zone dont il aura à vérifier la météo avant le décollage.
- Le trajet de l'avion entre deux transects ne donnera pas lieu à des observations. Il pourra être mis à profit par les observateurs pour relâcher leur attention.

2.2.2 Les données à recueillir

Toutes les données seront recueillies à l'aide d'un dictaphone puis retranscrites par chaque observateur, **dans les plus brefs délais**, à l'aide du masque de saisie informatique des données qui aura été fournie par le SPN. A titre d'indication, les données types qui devront être fournies sont présentées en Annexe 5. Le responsable du vol transmettra, **avant le 15 du mois**, sur la base de données en ligne du SPN (à l'adresse suivante : <http://...>), le fichier constitué localement. (NB : bien évidemment, le responsable devra sauvegarder localement – sur CD ou DVD – les fichiers qu'il aura transmis).

✓ Informations générales

- **Pour chaque vol, le responsable indiquera :**

- La date de la sortie
- Le type d'avion utilisé
- Le nom du pilote
- Le nom des observateurs et le code qui leur aura été attribué, en précisant le responsable.
- Le côté de l'avion occupé par chacun des observateurs (droite ou gauche par rapport au sens de la marche). Cf. ci-dessus « partie observateurs ».

¹ La mise en place de la base de données étant en cours d'élaboration par l'équipe informatique du SPN (Matthias Schneider & Laurent Poncet), l'adresse Internet exacte sera fournie ultérieurement.

- **Pour chaque transect :**

- **Chaque observateur** indiquera le numéro du transect et l'heure précise (Heure Minute Seconde) à laquelle il commence ou cesse ses observations (début et fin de transect et, le cas échéant, toute interruption accidentelle en cours de transect).
- **Chaque observateur** mentionnera au début de chaque transect et à l'occasion de tout changement notable dont il conviendra alors de préciser l'heure :
 - Le degré de gêne visuelle éventuellement rencontrée lors de ses observations (éblouissement) selon l'échelle suivante : 0 aucune gêne / 1 Faible / 2 Modéré / 3 Fort.
 - L'état de la mer (en Bft.).
 - La couverture nuageuse (en octas[†]).
 - La visibilité : bonne ou réduite (i.e., ligne d'horizon qui n'est plus visible).

✓ Les observations

Une observation correspond à tout élément détecté à la surface de l'eau ou dans l'air : oiseau, groupe d'oiseaux, embarcation(s), traces de pollution. Toute observation devra être assortie de l'heure précise (Heure Minute Seconde) à laquelle elle aura été faite. Les observations seront effectuées en continu du début à la fin de chaque transect.

Le protocole précisé ci-dessous s'apparente à la méthode du transect par bandes (i.e., band transect methodology). En conséquence, il conviendra de noter toute observation effectuée de chaque côté de l'avion, dans une bande de 250 m de large mesurée à partir du point visible le plus proche de l'avion, elle-même subdivisée en 3 sous-bandes (A : 50, B : 80, C : 120 m) (Cf. Annexe 4).

Chaque observateur indiquera :

- **Pour les traces de pollution**, la nature (hydrocarbures, débris d'engins de pêche, pièces de bois, objets dérivant divers à préciser) et, dans la mesure du possible, leur importance (nombre, superficie).

[†] L'octa est une unité de mesure utilisé en météorologie permettant d'évaluer la couverture nuageuse du ciel. Un octa correspond à une fraction de 1/8^{ème} de la voûte céleste. Ainsi un ciel parfaitement clair est indiqué par la valeur de 0 octa, alors qu'un ciel complètement couvert est estimé à 8 octas. La valeur spéciale de 9 octas est utilisée quand on ne peut observer le ciel (e.g., en cas de brouillard).

- **Pour les sources de dérangement potentiel**, leur type (e.g., bateaux de pêche, de commerce, de plaisance) et leur nombre.
- **Pour les oiseaux**, l'espèce, l'effectif par espèce et leur activité (i.e., posé ou en vol). Lorsque l'identification jusqu'à l'espèce est impossible, les oiseaux observés devront être enregistrés avec la plus grande précision et au niveau taxonomique le plus fin : « petit goéland », « petit plongeon », « alcidés », etc... (cf. annexe 6 pour les tailles)
Indiquer si la présence des oiseaux observés est liée à un événement extérieur (e.g., présence d'un bateau de pêche...)

Chaque observateur précisera, en outre, la sous-bande (A, B ou C) dans laquelle se trouve l'élément détecté. Pour ce faire, les observateurs devront s'aider périodiquement d'un clinomètre en visant depuis l'horizon les angles dont les valeurs sont fonction de l'angle mort sous l'avion, comme indiqué en Annexe 4.

Dans l'hypothèse où la densité des observations ne permettrait pas de noter l'ensemble des informations attendues, il conviendrait de hiérarchiser celles-ci dans l'ordre suivant :

- 1 - Effectif total d'oiseaux dans le champ de vision
- 2 - Effectif par espèce ou groupe d'espèces
- 3 - Effectif par espèce ET par sous-bande

2.2.3 L'équipement préconisé[‡]

- Par observateur :

- Vêtements sombres pour limiter les reflets à l'intérieur de l'avion
- **1 enregistreur Visiontac** (appareil permettant d'enregistrer automatiquement du son et les coordonnées GPS de manière simultanée). Pour assurer la collecte des données, un second enregistreur par observateur est à prévoir.
- 1 dictaphone : **il est indispensable d'utiliser un dictaphone enregistrant automatiquement l'heure du fichier son. Dans la mesure du possible, un fichier son devra être enregistré par observation (i.e., ensemble des événements qui se produisent à la même heure).** Il est également recommandé d'utiliser un dictaphone à carte mémoire car cela permet de changer la carte d'une journée à l'autre afin de "sauvegarder" les données de la veille. **L'utilisation d'un microphone peut s'avérer utile pour assurer une prise de son convenable.** Pour assurer la collecte des données, deux dictaphones par observateur sont à prévoir. **L'horloge des dictaphones devra être calée sur celle du GPS à la seconde près.**
- 1 clinomètre et l'abaque (Cf. Annexe 4)

[‡] Le travail de bancarisation des données étant en cours de développement par l'équipe informatique du SPN (Matthias Schneider & Laurent Poncet), l'équipement préconisé est susceptible d'évoluer légèrement en fonction des solutions techniques retenues pour l'acquisition, le stockage et la conservation des données. En tout état de cause, une fois les solutions techniques arrêtées, il faudra suivre scrupuleusement ces recommandations (modèle de dictaphone, procédure d'enregistrement...).

- 1 montre affichant les heures, minutes et secondes (à caler par chaque observateur et avant chaque sortie sur l'horloge du GPS)
- Des piles de rechange pour le dictaphone et le GPS
- La liste des données à recueillir et le plan de vol (Cf. Annexes 3 et 5)
- 1 tablette (avec pinces à dessin), crayons de papier
- 1 paire de jumelles (pour éventuellement confirmer l'identification d'un oiseau)
- Une paire de lunettes de soleil

- Pour le responsable de la sortie :

- 1 système GPS permettant d'enregistrer simultanément, et en continu (i.e., toutes les secondes), l'heure, les coordonnées GPS (Lat/Long en degrés décimaux), l'altitude et la vitesse de l'avion. Afin d'assurer l'indispensable uniformisation du système de collecte des positions GPS entre les différents opérateurs impliqués dans le suivi, **chaque opérateur devra être équipé d'un petit enregistreur GPS GlobalSat DG100** (2 enregistreurs par avion afin d'assurer la prise des données).
- Il conviendra de prendre toutes dispositions utiles pour que l'alimentation électrique des systèmes GPS soit assurée en continu pendant tout le vol (recharge des batteries ou changement des piles chaque soir).
- 1 moyen de communication direct avec le pilote afin que ce dernier indique aux observateurs le commencement et la fin de chaque transect (NB : les observateurs n'auront, en effet, aucun système GPS à lecture directe à portée de main).
- Le responsable de la sortie s'assurera avant le départ de la parfaite propreté des deux hublots latéraux.

NB : Une réunion de travail préalable permettra de compléter et/ou de préciser le protocole de suivi des oiseaux en mer et de s'assurer qu'il a été bien compris de tous les observateurs.

COMPLEMENT METHODOLOGIQUE

Il serait souhaitable que les données recueillies au cours de ces missions aériennes puissent être corrélées avec des paramètres physiques et biologiques du milieu susceptibles d'expliquer les concentrations d'oiseaux. A cet égard, les images satellitaires montrant la température, la salinité et la concentration en chlorophylle des masses d'eau pourraient compléter et expliquer les observations effectuées. Pour être exploitables, ces images devraient, bien entendu, concerner les mêmes zones que les relevés aériens et avoir été prises à une date aussi proche que possible de ces derniers.

3 – Habitats maritimes des puffins de France métropolitaine – approche par balises et analyses isotopiques

Cette partie a été élaborée par David Grémillet (CEFE-CNRS, Montpellier) et Henri Weimerskirch (CEBC-CNRS, Villiers-en-Bois) qui ont bien voulu mettre leur expérience du domaine à la disposition du SPN-MNHN. Qu'ils en soient, une nouvelle fois, vivement remerciés.

3.1 Méthodes

Les travaux de terrain auront lieu pour chaque espèce et chaque site (voir détails ci-dessous) sur une période de deux mois pendant la période de reproduction des oiseaux en 2011 et 2012. Les colonies, espèces et tailles d'échantillons ont été choisies sur la base du document de synthèse fourni par le GISOM. Dans le cas des Sept-Îles, en accord avec les gestionnaires de la réserve, des tests préliminaires auront lieu sur des puffins des anglais au cours de la saison de reproduction 2010, afin d'évaluer la possibilité de déploiements en 2011-2012. Nous avons donc également inclus cette espèce/ce site au descriptif.

3.1.1 Biotéléométrie

Afin de déterminer les habitats marins des pétrels nicheurs en France métropolitaine nous utiliserons trois techniques biotéléométriques hautement complémentaires :

- Des balises Argos (Platform Terminal Transmitter – PTT) d'une masse totale de 9 à 18g, qui permettent de déterminer la position de l'animal 10-15 fois par jour avec une précision de 1 km. Ces appareils sont moins précis que les GPS mais ils permettent une acquisition de données même s'il est impossible de recapturer l'oiseau. Comme la recapture de pétrels équipés d'appareils peut être difficile pendant la saison de reproduction nous préconisons l'utilisation de PTT en sus des GPS.
- Des enregistreurs GPS d'une masse totale de 10g qui enregistrent la position de l'oiseau toutes les trois minutes avec une précision de +/-5m. Plus précis que les PTT, ces appareils stockent néanmoins les données « à bord » et ils doivent être récupérés après quelques jours afin de télécharger les données.
- Des enregistreurs GLS d'une masse totale de 3,5g qui permettent une géolocalisation deux fois par jour avec une précision de 200km. Ces appareils sont fixés sur la bague de l'oiseau et permettent de suivre ses mouvements à grande échelle sur une période de 12 mois, c'est-à-dire pendant et en dehors de la saison de reproduction. Ils sont en outre munis de capteurs de pression hydrostatique qui permettent d'enregistrer les profils de plongée de l'oiseau.

Les GLS seront donc déployés au cours de la saison de reproduction 2011 et récupérés en 2012. Les PTT et GPS seront, pour leur part, déployés sur des périodes de quelques jours (GPS) à quelques semaines (PTT) au cours des saisons de reproduction 2011 et 2012.

Les GLS seront fixés à l'aide d'un collier Serflex et de colle Loctite directement sur une bague métallique ou plastique posée sur le tarse de l'oiseau.

Les GPS et PTTs seront fixés sur les plumes du dos des pétrels à l'aide d'un scotch spécial (TESA). Lorsque l'appareil est récupéré le scotch est retiré des plumes qui ne seront ainsi pas endommagées.

Par ailleurs, une prospection hors de la période de reproduction sera effectuée à l'aide d'endoscopes (2 par sites) afin d'écarter les terriers qui seraient inaccessibles (i.e., trop profonds et/ou trop coudés). Cela permettra ainsi de minimiser le dérangement sur les sites pendant la période de reproduction en ciblant directement les terriers accessibles.

Le détail des échantillonnages par espèce/colonie est fourni ci-dessous, sachant que l'échantillon indiqué s'appuie sur le document de synthèse du GISOM et correspond au nombre d'oiseaux suivis par PTT/GPS et par GLS. Ainsi, pour n=10, nous prévoyons de suivre 10 oiseaux par PTT/GPS pendant la saison de reproduction ainsi que 10 oiseaux par GLS en dehors de la saison de reproduction.

- Puffin des anglais – Sept Îles : n=10
- Puffin cendré – Îles d'Hyères (deux sites) : n=15
- Puffin cendré – Îles de Marseille (deux sites): n=45 (soit n=10 sur une île et n=35 sur l'autre)
- Puffin cendré – Cap Corse : n=30
- Puffin cendré – Bouches de Bonifacio : n=35
- Puffin Yelkouan – Îles d'Hyères (deux sites): n=30

Soit au total 9 sites/espèces et un $\sum n=165$. Il s'agira donc du plus grand suivi de puffins jamais entrepris en France métropolitaine puisqu'il portera sur 330 puffins toutes espèces confondues.

Des études similaires en Espagne et au Portugal (dirigées par les SPEA et SEO, références des rapports dans la section bibliographie) ont montré qu'un minimum de 5 oiseaux suivis par espèce/site est nécessaire afin de définir leurs habitats marins pendant la saison de reproduction (suivi PTT/GPS), ainsi qu'en dehors de la saison de reproduction (suivi GLS). Ces rapports et de nombreuses publications récentes indiquent également que, dans l'idéal, une vingtaine d'oiseaux doivent être suivis pour chacune des phases du cycle de vie indiquées ci-dessus.

Nos protocoles de terrain ont donc été constitués afin de permettre un échantillonnage minimum de 5 individus pendant, ainsi qu'en dehors de la saison de reproduction, tout en visant un échantillonnage plus conséquent (une vingtaine d'oiseaux) quand les conditions le permettront.

3.1.2 Analyse des données issues de la biotéléométrie et définition des habitats marins des espèces considérées

L'analyse des données spatiales suivra 4 étapes principales :

- Filtrage et traitement : les données de localisation obtenues par balises argos et GPS seront filtrées afin d'identifier et d'éliminer d'éventuelles données aberrantes, puis centralisées dans une base de données Access. Les données des GLS (enregistrements de niveaux de lumière) seront filtrées, corrigées et traitées afin d'en déduire la position des oiseaux d'après la méthode de Wilson et al. (1992). Ces positions seront également stockées sous Access.

- Définition des zones de répartition : les positions issues de la première phase de traitement seront analysées par la méthode des kernels (Wood et al. 2000) afin de définir les zones de répartition globales des oiseaux en mer pour chaque espèce et pour chaque colonie étudiée. Les caractéristiques (tailles, localisations, zones de concentration des oiseaux et zones de recouvrement entre colonies et espèces) de ces zones seront déterminées sous ArcGIS.

- Définition des aires de nourrissage : un second traitement des données basé sur des analyses de sinuosité des tracés (Grémillet et al. 2004), d'ARS (Pinaud 2008), de dimension fractale (Tremblay et al. 2007) et de l'activité de plongée des oiseaux munis de capteurs de pression nous permettront d'identifier leurs zones de nourrissage au sein de leurs zones de répartition par colonie et par espèce. Il est important de définir ces zones car elles présenteront des agrégations importantes de prédateurs marins ; c'est aussi dans ces zones que les oiseaux entreront en contact avec les bateaux de pêche (consommation de déchets de pêche et mortalité accidentelle par contact avec les engins de pêche).

- Modélisation des habitats maritimes des oiseaux : finalement nous développerons, testerons et comparerons divers types de modèles d'habitats

qui seront paramétrés au moyen des données collectées dans le cadre de ce programme de recherche (données issues de la biotéléométrie et des analyses isotopiques du statut trophique des oiseaux, voir ci-dessous), ainsi que des données biotiques et abiotiques relatives à l'environnement marin des oiseaux. Parmi celles-ci des études récentes ont montré que la bathymétrie, l'abondance et la répartition des proies (plancton et poisson), ainsi que l'abondance et la répartition des bateaux de pêche jouent un rôle prépondérant (par exemple Votier et al. 2010). Ce sont donc principalement ces variables dont nous tiendrons compte. Les modèles d'habitat seront développés sur la base de Skov et al. (2008).

3.1.3 Suivi des taux de croissance des poussins et du succès reproducteur

En accord avec les demandes émanant des gestionnaires des sites d'études et afin de vérifier que les manipulations n'ont aucun effet négatif sur le comportement des oiseaux équipés, nous comparerons un certain nombre de paramètres entre les nids où des oiseaux ont été équipés, et des nids contrôles.

Ces paramètres seront :

- le succès reproducteur (% des nids produisant un poussin)
- la durée des voyages en mer
- la croissance des poussins

3.1.4 Suivi du régime alimentaire par analyses isotopiques

Afin de compléter les informations obtenues par téléométrie nous déterminerons pour chaque population le niveau trophique auquel se nourrissent les individus, en utilisant une méthode simple et non invasive pour les oiseaux, les isotopes stables. En prélevant simplement quelques extrémités de plumes il est possible en mesurant les isotopes stables de l'azote et du carbone d'estimer le niveau trophique auquel s'est nourri l'individu (Votier et al. 2010), et d'obtenir des informations sur la zone où l'individu a effectué sa mue.

3.2 Equipe de recherche

Responsables de programme : David Grémillet (CEFE-CNRS) et Henri Weimerskirch (CEBC-CNRS)

Chef de projet : Collaborateur Post Doc recruté sur CDD de deux ans (2011-2012)

Soutien SIG : Ingénieur d'Etude (IE) sur contrat de 6 mois au cours de l'analyse des données en 2012.

Assistants de terrain : Trois équipes de deux assistants de terrain (niveau Assistant Ingénieur AI) sur CDD de deux mois en 2011 et 2012. Une équipe de deux assistants de terrain sur CDD d'un mois en 2011 et 2012.

4 – Campagnes d'échantillonnage opportunistes

Les campagnes aériennes développées ci-dessus doivent permettre d'obtenir une connaissance homogène et assez complète de la distribution des oiseaux marins sur l'ensemble des zones concernées. Les données recueillies doivent suffire pour apporter une réponse pertinente à la problématique qui a motivé cette opération et dont la mise en œuvre a requis des moyens humains, techniques et financiers importants. Aussi, paraît-il difficile d'envisager un suivi continu mobilisant, en permanence, des moyens aussi lourds.

Cela étant, il serait sans doute regrettable de voir les informations recueillies perdre progressivement de leur pertinence en l'absence de toute actualisation des jeux de données. Deux approches non exclusives peuvent être envisagées pour mettre à jour les connaissances acquises sur la distribution au large des oiseaux marins :

- Le renouvellement périodique (tous les 10 ans ?) d'opérations lourdes et coûteuses d'échantillonnage sur la totalité des zones concernées (e.g., avions, drones...),
- L'observation opportuniste de certaines zones couvertes par différents moyens à la mer (e.g., navires scientifiques, de commerce, ferrys, navires des douanes, des affaires maritimes, de la gendarmerie maritime, de la marine nationale...). Cette approche présente l'avantage d'être beaucoup moins onéreuse mais n'autorise que des suivis fragmentaires. Son intérêt augmentera en fonction de la fréquence de sa mise en œuvre et de la diversité des zones géographiques couvertes par ces campagnes. Il conviendra donc d'adapter en conséquence les partenariats avec les organismes précités.

Bien entendu, pour ne pas perdre le bénéfice de l'effort actuel d'harmonisation, il conviendra de respecter *mutatis mutandis* pour toutes ces opérations le mode opératoire mis en place pour le suivi des ZPS par navire[§] et de conclure avec les prestataires privés et publics des conventions définissant les obligations des deux parties (liberté de circulation sur le navire, information sur la vitesse du navire et la hauteur de la plateforme d'observation).

Il ne faut pas non plus écarter *a priori* le recours éventuel à des moyens aériens (e.g., avion des douanes...) pour des observations opportunistes. Dans ce cas, les observateurs se reporteront utilement à la méthodologie exposée dans le présent rapport.

[§] Valéry L. 2010. Evaluation de l'état de conservation des habitats d'oiseaux marins au sein des ZPS – Guide méthodologique. Rapport MEEDDM/MNHN/SPN 2010/5, 40 p.

Références

- Arcos J.M., Bécarea J. & Ruiz A.** 2009. Areas importantes para la conservación de las aves marinas en España. LIFE04NAT/ES/000049-Sociedad Española de Ornitología (SEO/Birdlife). Madrid, 380 p.
- Balance L.T.** 2008. Understanding seabirds at sea: why and how? *Marine Ornithology* **35**: 127-135.
- Barbraud C. & Thiebot J-B.** 2009. On the importance of estimating detection probabilities from at-sea surveys of flying seabirds. *Journal of Avian Biology* **40**: 584-590.
- Briggs K.T., Tyler W.B. & Lewis D.B.** 1985. Comparison of ship and aerial surveys of birds at sea. *Journal of Wildlife Management* **49**: 405-411.
- Briggs K.T., Tyler W.B. & Lewis D.B.** 1985. Aerial surveys for seabirds: methodological experiments. *Journal of Wildlife Management* **49**: 412-417.
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P. & Laake J.P.** 1993. Distance sampling: estimating abundance of biological populations. Chapman and Hall, New York, New York.
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.P., Borchers D.L. & Thomas L.** 2001. Introduction to distance sampling. Oxford University Press.
- Burnham K.P. & Anderson D.R.** 1984. The need for distance data in transect counts. *Journal of Wildlife Management* **48**: 1248-1254.
- Burnham K.P., Anderson D.R. & Laake J.L.** 1980. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife Monographs* **72**: 3-202.
- Burnham K.P., Anderson D.R. & Laake J.L.** 1985. Efficiency and bias in strip and line transect sampling. *Journal of Wildlife Management* **49**: 1012-1018.
- Camphuysen C.J.** 1998. Beached bird surveys indicate decline in chronic oil pollution in the North Sea. *Marine Pollution Bulletin* **36**: 519-526.
- Camphuysen C.J.** 2004. Recording foraging seabirds at sea – standardized recording and coding of foraging behavior and multi-species foraging associations. *Atlantic Seabirds* **6**: 1-32.
- Camphuysen C.J. & Heubeck M.** 2001. Marine oil pollution and beached bird surveys: the development of a sensitive monitoring instrument. *Environmental Pollution* **112**: 443-461.
- Camphuysen C.J., Fox A.D., Leopold M.F. & Petersen I.K.** 2004. Towards standardized seabirds at sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U.K. COWRIE Report, 38 p.
- Castège I.** 2009. Evolution des populations d'oiseaux et de mammifères marins dans le golfe de Gascogne en relation avec les changements environnementaux. Thèse de doctorat de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, 182 p.
- Castège I. & Hémerly, G.** 2009. Oiseaux marins et cétacés du golfe de Gascogne. Répartition, évolution des populations et éléments pour la définition des aires marines protégées. Editions Biotope, Mèze & Editions du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 176 p.
- Caughley G.** 1974. Bias in aerial survey. *Journal of Wildlife Management* **38**: 921-933.
- Caughley G., Sinclair R. & Scott-Kemmis D.** 1976. Experiments in aerial survey. *Journal of Wildlife Management* **40**: 290-300.

Certain G. 2007. Distribution, abondance et stratégie de recherche alimentaire chez les prédateurs supérieurs du Golfe de Gascogne : une étude spatialisée. Thèse de doctorat de l'Université de La Rochelle, La Rochelle, 202 p.

Comolet-Tirman J., Hindermeier X. & Sibley J-P. 2007. Liste des oiseaux marins susceptibles de justifier la création de Zones de Protection Spéciale. Convention MEDD/MNHN 2007 – fiche n°4 - Rapport SPN 2007/4, 10 p.

De Seynes, A. 2008. De l'inventaire des connaissances à la définition de protocoles de suivi des oiseaux en mer en prévision du développement des parcs éoliens offshore. Programme National « Eolien-Biodiversité ». Rapport ADEME/MEEDDAT/SER/FEE/LPO, 46 p.

Di-Méglio N. 1999. Distribution comparée des cétacés et des oiseaux marins de Méditerranée nord-occidentale en période estivale. Relation avec les conditions environnementales. Thèse de doctorat de l'EPHE, Montpellier, 377 p.

Eberhardt L.L. 1978. Transect methods for population studies. *Journal of Wildlife Management* **42**: 1-31.

Garthe S. & Hüppop O. 1999. Effect of ship speed on seabird counts in areas supporting commercial fisheries. *Journal of Field Ornithology* **70**: 28-32.

Gottschalk T.K., Huettmann F. & Ehlers M. 2005. Thirty years of analysing and modeling avian habitat relationships using satellite imagery data: a review. *International Journal of Remote Sensing* **26**: 2631-2656.

Graham A. & Bell R. 1989. Investigating observer bias in aerial survey by simultaneous double-counts. *Journal of Wildlife Management* **53**: 1009-1016.

Grémillet, D., Dell'Omo, G., Ryan, P.G., Peters, G., Ropert-Coudert, Y. & Weeks, S. 2004. Offshore diplomacy, or how seabirds mitigate intra-specific competition: a case study based on GPS tracking of cape gannets from neighbouring breeding sites. *Marine Ecology Progress Series* **268**: 265–279.

Grémillet D., Pichegru L., Siorat F. & Georges J-Y. 2006. Conservation implications of the apparent mismatch between population dynamics and foraging effort in French northern gannets from the English Channel. *Marine Ecology Progress Series* **319**: 15-25.

Grier J.W., Gerrard J.M., Hamilton G.D. & Gray P.A. 1981. Aerial-visibility bias and survey techniques for nesting bald eagles in northwestern Ontario. *Journal of Wildlife Management* **45**: 83-92.

Guilford T., Meade J., Freeman R., Biro D., Evans T., Bonadonna F., Boyle D., & Perrins C.M. 2008. GPS tracking of the foraging movements of Manx shearwaters *Puffinus puffinus* breeding on Skomer Island, Wales. *Ibis* **150**: 462-473.

Guilford T., Meade J., Willis J., Phillips R.A., Boyle D., Roberts S., Collett M., Freeman R. & Perrins C.M. 2009. Migration and stopover in a small pelagic seabird, the Manx shearwater *Puffinus puffinus*: insights from machine learning. *Proceedings of the Royal Society B* **276**: 1215-1223.

Haney J.C. 1985. Counting seabirds at sea from ships: comments on interstudy comparisons and methodological standardization. *The Auk* **102**: 897-898.

Haney J.C. 1989. Iterative techniques for characterizing marine bird habitats with time-series of satellite images. *Colonial Waterbirds* **12**: 78-89.

Henkel L.A., Ford R.G., Tyler W.B. & Davis J.N. 2007. Comparison of aerial and boat-based survey methods for marbled murrelets *Brachyramphus marmoratus* and other marine birds. *Marine Ornithology* **35**: 145-151.

- Hyrenbach K.D., Henry M.F., Morgan K.H., Welch D.W. & Sydeman W.J.** 2007. Optimizing the width of strip transects for seabird surveys from vessels of opportunity. *Marine Ornithology* **35**: 29-38.
- Igual M., Forero M.G., Tavecchia G., González-Solís J., Martínez-Abraín A., Hobson K.A., Ruiz X. & Oro D.** 2005. Short term effects of data-loggers on Cory's shearwater (*Calonectris diomedea*). *Marine Biology* **146**: 619-624.
- Joiris C.R.** 1996. At-sea distribution of seabirds and marine mammals around Svalbard, summer 1991. *Polar Biology* **16**: 423-429.
- Joiris C.R., Tahon J., Holsbeek L. & Vancauwenberghe M.** 1996. Seabirds and marine mammals in the eastern Barents Sea: late summer at-sea distribution and calculated food intake. *Polar Biology* **16**: 245-256.
- Komdeur J., Bertelsen J. & Cracknell G.** 1992. Manual for aeroplane and ship surveys of waterfowl and seabirds. IWRB Special Publication 19, Slimbridge, U.K., 37 p.
- Laake J.L., Calambodikis J., Osmek S.D. & Rugh D.J.** 1997. Probability of detecting harbor porpoise from aerial surveys: estimating $g(0)$. *Journal of Wildlife Management* **61**: 63-75.
- Leatherwood S., Gilbert J.R. & Chapman D.G.** 1978. An evaluation of some techniques for aerial censuses of bottlenosed dolphins. *Journal of Wildlife Management* **42**: 239-250.
- Louzao M., Bécares J., Rodriguez B., Hyrenbach K.D., Ruiz A. & Arcos J.M.** 2009. Combining vessel-based surveys and tracking data to identify key marine areas for seabirds. *Marine Ecology Progress Series* **391**: 183-197.
- Maclean I.M.D., Wright L.J., Showler D.A. & Rehfisch M.M.** 2009. A review of assessment methodologies for offshore windfarms. BTO & COWRIE Report, 76 p.
- Marsh H. & Sinclair D.F.** 1989. Correcting for visibility bias in strip transect aerial surveys of aquatic fauna. *Journal of Wildlife Management* **53**: 1017-1024.
- McSorley C.A., Wilson L.J., Dunn T.E., Gray C., Dean B.J., Webb A. & Reid J.B.** 2008. Manx shearwater *Puffinus puffinus* evening rafting behaviour around colonies on Skomer, Rum and Bardsey: its spatial extent and implications for recommending seaward boundary extensions to existing colony Special Protection Areas in the UK. JNCC Report No. 406, 43 p.
- Moulton V.D. & Mactavish B.D.** 2004. Recommended seabird and marine mammal observational protocols for Atlantic Canada. LGL Report, Calgary, 71 p.
- Pebesma E.J., Duin R.N.M. & Burrough P.A.** 2005. Mapping sea bird densities over the North Sea : spatially aggregated estimates and temporal changes. *Environmetrics* **16**: 573-587.
- Petrides G.A.** 1953. Aerial deer counts. *Journal of Wildlife Management* **17**: 97-98.
- Pinaud D.** 2008. Quantifying search effort of moving animals at several spatial scales using first-passage time analysis: effect of the structure of environment and tracking systems. *Journal of Applied Ecology* **45**: 91-99.
- Pollock K.H. & Kendall W.L.** 1987. Visibility bias in aerial surveys: a review of estimation procedures. *Journal of Wildlife Management* **51**: 502-510.
- Pollock K.H., Marsh H.D., Lawler I.R. & Alldredge M.W.** 2006. Estimating animal abundance in heterogeneous environments: an application to aerial surveys for dugongs. *Journal of Wildlife Management* **70**: 255-262.
- Quang P.X. & Becker E.F.** 1996. Line transect sampling under varying conditions with application to aerial surveys. *Ecology* **77**: 1297-1302.

- Ramírez I., Geraldes P., Meirinho A., Amorim P. & Paiva V.** 2008. Áreas marinhas importantes para as aves em Portugal. Projecto LIFE04NAT/PT/0000213-Sociedade Portuguesa para o estudo das aves. Lisboa, 240 p.
- Recorbet B.** 1996. Composition, abondance, distribution et vulnérabilité aux pollutions par hydrocarbures de l'avifaune marine côtière du Sud Bretagne/Nord Gascogne. Thèse de doctorat de l'EPHE, Montpellier, 248 p.
- Reul N., Saux-Picart S., Chapron B., Vandemark D., Tournadre J. & Salisbury J.** 2009. Demonstration of ocean surface salinity microwave measurements from space using AMSR-E data over the Amazon plume. *Geophysical Research Letters* **36**: 1-5.
- Ronconi R.A. & Burger A.E.** 2009. Estimating seabird densities from vessel transects: distance sampling and implications for strip transects. *Aquatic Biology* **4**: 297-309.
- Skov, H., Humphreys, E., Garthe, S., Geitner, K., K. Hamer, Hennicke, J., Parner, H., Grémillet, D. & Wanless S.** 2008. Application of habitat suitability modelling to tracking data of marine animals as a means of analyzing their feeding habitats. *Ecological Modelling* **212**: 504-512.
- Spear L.B., Nur N. & Ainley D.G.** 1992. Estimating absolute densities of flying seabirds using analyses of relative movement. *The Auk* **109**: 385-389.
- Spear L.B., Ainley D.G., Hardesty B.D., Howell S.N.G. & Webb S.W.** 2004. Reducing biases affecting at-sea surveys of seabirds: use of multiple observer teams. *Marine Ornithology* **32**: 147-154.
- Stone C.J., Webb A., Barton C. Ratcliffe N. Reed T.C., Tasker M.L., Camphuysen C.J. & Pienkowski M.W.** 1995. An atlas of seabird distribution in north-west European waters. JNCC Report, Peterborough, 325 p.
- Tasker M.L., Jones P.H., Dixon T. & Blake B.F.** 1984. Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. *The Auk* **101**: 567-577.
- Tremblay Y., Roberts, A.J. & Costa, D.P.** 2007. Fractal landscape method: an alternative approach to measuring area-restricted searching behaviour. *Journal of Experimental Biology* **210**: 935-945.
- Valéry L.** 2010. Evaluation de l'état de conservation des habitats d'oiseaux marins au sein des ZPS – Guide méthodologique. Rapport MEEDDM/MNHN/SPN 2010/5, 40 p.
- Van der Meer J. & Camphuysen C.J.** 1996. Effect of observer differences on abundance estimates of seabirds from ship-based strip transect surveys. *Ibis* **138**: 433-437.
- Van Franeker J.A.** 1994. A comparison of methods for counting seabirds at sea in the southern ocean. *Journal of Field Ornithology* **65**: 96-108.
- Votier, S.C., Bearhop, S., Witt, M.J., Inger, R., Thompson, D., Newton, J.** 2010. Individual responses of seabirds to commercial fisheries revealed using GPS tracking, stable isotopes and vessel monitoring systems. *Journal of Applied Ecology* **47**: 487-497.
- Wilson L.J., McSorley C.A., Gray C.M., Dean B.J., Dunn T.E., Webb A. & Reid J.B.** 2009. Radio-telemetry as a tool to define protected areas for seabirds in the marine environment. *Biological Conservation* **142**: 1808-1817.
- Wilson, R. P., Duchamp, J. J., Rees, W. G., Culik, B. M. & Niekamp, K.** 1992 Estimation of location: global coverage using light intensity. In: *Wildlife telemetry: remote monitoring and tracking of animals* (ed. I. M. Priede & S. M. Swift), pp. 131-134. Chichester: Ellis Howard.
- Wilson R.P., Grémillet D., Syder J., Kierspel M.A.M., Garthe S., Weimerskirch H., Schäfer-Neth C., Sclaro J.A., Bost C.-A., Plötz J. & Nel D.** 2002. Remote-sensing systems and seabirds: their use, abuse and potential for measuring marine environmental variables. *Marine Ecology Progress Series* **228**: 241-261.

Wood, A.G., Naef-Daenzer, B., Prince, P.A. & Croxall, J.P. 2000. Quantifying habitat use in satellite-tracked pelagic seabirds: application of kernel estimation to albatross locations. *Journal of Avian Biology* **31**: 278–286.

Zucco C., Wende W., Merck T., Köchling I. & Köppel J. 2006. Ecological Research on offshore wind farms: international exchange of experiences- part B: literature review of ecological impacts. BfN Report, pp. 131-198.

Voir aussi les travaux menés dans le cadre des programmes LIFE :

– programme LIFE marine IBAs mené par la SEO en Espagne
http://www.seo.org/programa_intro.cfm?idPrograma=32

– programme LIFE marine IBAs mené par la SPEA au Portugal
<http://programamarinho.spea.pt/>

– programme LIFE yelkouan mené par BirdLife Malta
<http://www.lifeshearwaterproject.org.mt/>

ANNEXES

Annexe 1

Liste des oiseaux marins pouvant être observés au large et susceptibles de justifier la création de ZPS

(39 espèces)

Nom vernaculaire	Nom Scientifique	code	Directive Oiseaux
Procellariidae			
Pétrel fulmar (fulmar boréal)	<i>Fulmarus glacialis</i>	A009	Migrateur art.4.2
Puffin cendré	<i>Calonectris diomedea</i>	A010	Annexe 1
Puffin majeur	<i>Puffinus gravis</i>	A011	Migrateur art.4.2
Puffin fuligineux	<i>Puffinus griseus</i>	A012	Migrateur art.4.2
Puffin des Anglais	<i>Puffinus puffinus</i>	A013	Migrateur art.4.2
Puffin des Baléares	<i>Puffinus mauretanicus</i>	A384	Annexe 1
Puffin yelkouan	<i>Puffinus yelkouan</i>	A464	Annexe 1
Hydrobatidae			
Pétrel tempête (Océanite tempête)	<i>Hydrobates pelagicus</i>	A014	Annexe 1
Pétrel culblanc (Océanite culblanc)	<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	A015	Annexe 1
Sulidae			
Fou de Bassan	<i>Morus bassanus (Sula bassana)</i>	A016	Migrateur art.4.2
Phalacrocoracidae			
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	A017	Migrateur art.4.2
Anatidae			
Macreuse noire	<i>Melanitta nigra</i>	A065	Migrateur art.4.2
Scolopacidae			
Phalarope à bec large	<i>Phalaropus fulicarius</i>	A171	Migrateur art.4.2
Stercorariidae			
Labbe pomarin	<i>Stercorarius pomarinus</i>	A172	Migrateur art.4.2
Labbe parasite	<i>Stercorarius parasiticus</i>	A173	Migrateur art.4.2
Labbe à longue queue	<i>Stercorarius longicaudus</i>	A174	Migrateur art.4.2
Grand Labbe	<i>Catharacta skua (Stercorarius skua)</i>	A175	Migrateur art.4.2
Laridae (Larinae)			
Mouette mélanocéphale	<i>Larus melanocephalus</i>	A176	Annexe 1
Mouette pygmée	<i>Larus minutus</i>	A177	Annexe 1
Mouette de Sabine	<i>Larus sabini</i>	A178	Migrateur art.4.2
Mouette rieuse	<i>Larus ridibundus</i>	A179	Migrateur art.4.2
Goéland railleur	<i>Larus genei</i>	A180	Annexe 1
Goéland d'Audouin	<i>Larus audouinii</i>	A181	Annexe 1
Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>	A183	Migrateur art.4.2
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	A184	Migrateur art.4.2
Goéland leucophée	<i>Larus michahellis</i>	A604	Migrateur art.4.2
Goéland bourgmestre	<i>Larus hyperboreus</i>	A186	Annexe 1
Goéland marin	<i>Larus marinus</i>	A187	Migrateur art.4.2
Mouette tridactyle	<i>Rissa tridactyla</i>	A188	Migrateur art.4.2
Laridae (Sterninae)			
Sterne caugek	<i>Sterna sandvicensis</i>	A191	Annexe 1
Sterne de Dougall	<i>Sterna dougallii</i>	A192	Annexe 1
Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>	A193	Annexe 1
Sterne arctique	<i>Sterna paradisaea</i>	A194	Annexe 1
Sterne naine	<i>Sterna albifrons</i>	A195	Annexe 1
Guifette noire	<i>Chlidonias niger</i>	A197	Annexe 1
Alcidae			
Guillemot de Troïl	<i>Uria aalge</i>	A199	Migrateur art.4.2
Pingouin torda (Petit Pingouin)	<i>Alca torda</i>	A200	Migrateur art.4.2
Mergule nain	<i>Alle alle</i>	A203	Migrateur art.4.2
Macareux moine	<i>Fratercula arctica</i>	A204	Migrateur art.4.2

Tableau simplifié adapté d'après Comolet-Tirman J., Hindermeier X. & Sibley J-P. 2007. Liste des oiseaux marins susceptibles de justifier la création de Zones de Protection Spéciale. Convention MEDD/MNHN 2007 – fiche n°4 - Rapport SPN 2007/4, 10 p.

Annexe 2

Echelle de Beaufort à utiliser pour caractériser l'état de la mer

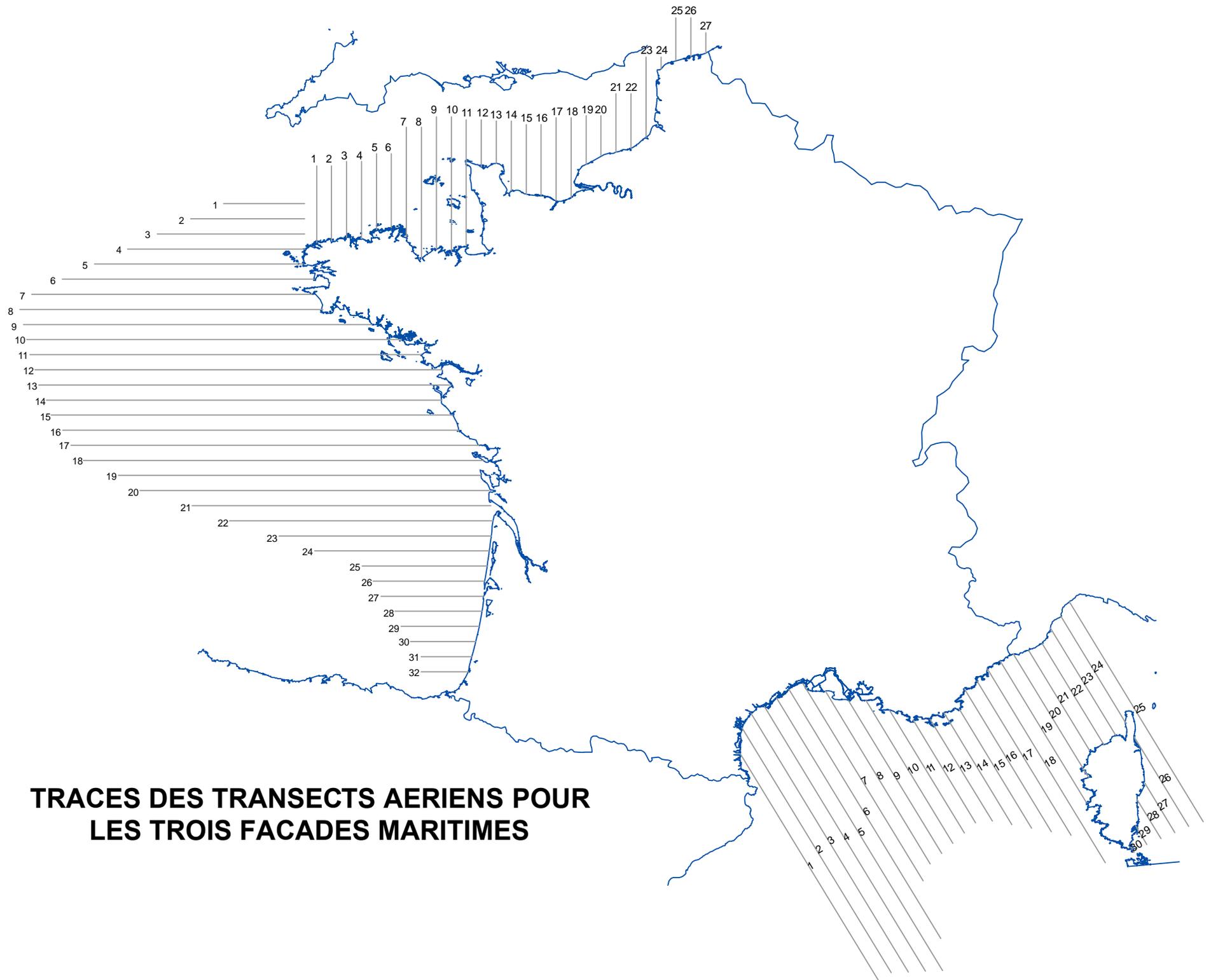
Vent (Echelle de Beaufort)			Etat de la mer	
Force (Beaufort)	Terme descriptif	Vitesse moyenne en nœuds	Terme descriptif	Hauteur moyenne des vagues en mètres
0	Calme	Inf. à 1	Calme (sans rides)	0
1	Très légère brise	1-3	Calme (ridée)	0 à 0.1
2	Légère brise	4-6	Belle (vaguelettes)	0.1 à 0.5
3	Petite brise	7-10	Peu agitée	0.5 à 1.25
4	Jolie brise	11-16	Agitée	1.25 à 2.5
5	Bonne brise	17-21	Forte	2.5 à 4.0
6	Vent frais	22-27	Très forte	4 à 6
7	Grand frais	28-33	Grosse	6 à 9
8	Coup de vent	34-40	Très grosse	9 à 14
9	Fort coup de vent	41-47	Enorme	Dépassant 14
10	Tempête	48-55	Rappel	
11	Violente tempête	56-63	1 nœud	1 mille.h ⁻¹
12	Ouragan	Sup. à 64	1 mille	1852 m

Source : Almanach du marin breton

Annexe 3

**TRACES, LONGUEURS ET COORDONNEES GEOGRAPHIQUES DES
TRANSECTS**

(1 FIGURE ET 3 TABLEAUX SUR 3 PAGES)



**TRACES DES TRANSECTS AERIENS POUR
LES TROIS FACADES MARITIMES**

Zone Géographique	Numéro des transects	Longueur des transects (km)	Coordonnées projetées - Lambert 2 étendu				Coordonnées géographiques - WGS 1984			
			Début		Fin		Début		Fin	
			Latitude (N)	Longitude	Latitude (N)	Longitude	Latitude (N)	Longitude	Latitude (N)	Longitude
Manche / Mer du Nord	1	101.7	2424597.06564	91497.24207	2526258.11188	91497.24207	48.61891	-4.56661	49.52882	-4.68968
	2	98.3	2427997.42966	111497.24207	2526258.11188	111497.24207	48.66843	-4.30031	49.54454	-4.41471
	3	100.2	2431803.14724	131497.24207	2531975.93320	131497.24207	48.71378	-4.03398	49.61082	-4.14609
	4	102.4	2429616.39696	151497.24207	2531975.93320	151497.24207	48.70843	-3.76084	49.62530	-3.87052
	5	100.7	2441564.03236	171497.24207	2542268.01160	171497.24207	48.82914	-3.50200	49.73132	-3.60555
	6	97.9	2444389.48593	191497.24207	2542268.01160	191497.24207	48.86750	-3.23315	49.74457	-3.32919
	7	145.1	2432238.71629	211497.24207	2577337.31573	211497.24207	48.77096	-2.95018	50.07130	-3.08621
	8	173.8	2403525.52775	231497.24207	2577337.31573	231497.24207	48.52516	-2.65400	50.08336	-2.80787
	9	175.3	2415799.39945	251497.24207	2591060.08691	251497.24207	48.64639	-2.39381	50.21771	-2.54128
	10	177.6	2413507.52724	271497.24207	2591060.08691	271497.24207	48.63632	-2.12118	50.22853	-2.26201
	11	167.0	2420230.15802	291497.24207	2587248.20605	291497.24207	48.70655	-1.85518	50.20454	-1.97969
	12	62.0	2525208.07843	311497.24207	2587248.20605	311497.24207	49.65782	-1.65632	50.21408	-1.70038
	13	56.1	2529616.74806	331497.24207	2585723.45367	331497.24207	49.70617	-1.38283	50.20931	-1.41996
	14	92.8	2492956.06056	351497.24207	2585723.45367	351497.24207	49.38540	-1.08407	50.21756	-1.14053
	15	92.4	2488774.32744	371497.24207	2581149.19662	371497.24207	49.35356	-0.80678	50.18416	-0.85841
	16	94.2	2486919.60453	391497.24207	2581149.19662	391497.24207	49.34558	-0.53098	50.19114	-0.57905
	17	109.9	2480002.64178	411497.24207	2589916.52267	411497.24207	49.28972	-0.25301	50.27612	-0.30372
	18	105.4	2484473.98662	431497.24207	2589916.52267	431497.24207	49.33547	0.01976	50.28183	-0.02378
	19	64.6	2528389.57813	451497.24207	2592966.02737	451497.24207	49.73476	0.27879	50.31426	0.25510
	20	53.2	2539758.38997	471497.24207	2592966.02737	471497.24207	49.84121	0.55224	50.31870	0.53531
	21	77.4	2544537.30934	491497.24207	2621936.32211	491497.24207	49.88787	0.82859	50.58237	0.80767
	22	72.4	2549584.55956	511497.24207	2621936.32211	511497.24207	49.93631	1.10539	50.58554	1.08943
	23	106.8	2563706.10460	531497.24208	2670537.80341	531497.24208	50.06557	1.38118	51.02388	1.36272
	24	15.8	2654690.21633	551497.24208	2670537.80341	551497.24208	50.88370	1.64898	51.02578	1.64701
	25	56.4	2665945.16387	571497.24209	2722379.38345	571497.24209	50.98585	1.93165	51.49160	1.92746
	26	51.4	2670984.24436	591497.24209	2722379.38345	591497.24209	51.03163	2.21561	51.49221	2.21447
	27	26.7	2675810.93192	611497.24209	2702557.60284	611497.24209	51.07486	2.50009	51.31457	2.50088
Golfe de Gascogne	1	108.4	2476071.43457	75699.36943	2476071.43457	-32710.59159	49.06697	-4.84358	48.96910	-6.31620
	2	152.5	2456071.43457	75699.36943	2456071.43457	-76810.77695	48.88799	-4.81871	48.74555	-6.82005
	3	197.0	2436071.43457	75699.36943	2436071.43457	-121343.31707	48.70898	-4.79401	48.51880	-7.44883
	4	237.2	2416071.43457	76095.48308	2416071.43457	-161119.95485	48.53025	-4.76415	48.29492	-7.94716
	5	278.8	2396071.43457	73628.78376	2396071.43457	-205220.14021	48.34918	-4.77294	48.06358	-8.49868
	6	336.4	2376071.43457	88405.19332	2376071.43457	-248023.26130	48.18189	-4.55079	47.83133	-9.02821
	7	374.3	2356071.43457	85244.45550	2356071.43457	-289096.96335	48.00024	-4.56952	47.59901	-9.53036
	8	404.8	2336071.43457	100088.64174	2336071.43457	-304746.60431	47.83258	-4.34858	47.39987	-9.69547
	9	465.4	2316071.43457	165185.70150	2316071.43457	-300214.16689	47.69973	-3.46178	47.22824	-9.59605
	10	500.8	2296071.43457	204900.57688	2296071.43457	-295878.79197	47.54538	-2.91605	47.05625	-9.49982
	11	523.0	2276071.43457	231418.46681	2276071.43457	-291543.41705	47.38122	-2.54797	46.88417	-9.40421
	12	544.1	2256071.43457	259272.28489	2256071.43457	-284843.29217	47.21657	-2.16453	46.71514	-9.27861
	13	550.9	2236071.43457	271269.58583	2236071.43457	-279675.60168	47.04299	-1.99163	46.54396	-9.17357
	14	527.8	2216071.43457	258337.26244	2216071.43457	-269472.41744	46.85683	-2.14675	46.37922	-9.00442
	15	536.5	2196071.43457	273433.67381	2196071.43457	-263041.28275	46.68473	-1.93480	46.20941	-8.88468
	16	529.3	2176071.43457	281315.14125	2176071.43457	-247992.60532	46.50885	-1.81809	46.05033	-8.65544
	17	545.2	2156071.43457	308239.88429	2156071.43457	-236930.44266	46.34138	-1.45508	45.88588	-8.47841
	18	534.6	2136071.43457	314191.73969	2136071.43457	-220403.85582	46.16420	-1.36561	45.72777	-8.23289
	19	484.4	2116071.45937	311166.90445	2116071.43469	-173215.96033	45.98317	-1.39244	45.60459	-7.99199
	20	466.4	2096071.43469	321681.03751	2096071.43469	-144731.85716	45.80783	-1.24513	45.45771	-7.20576
	21	399.5	2076071.43469	324503.02604	2076071.43469	-74968.14771	45.62923	-1.19730	45.35137	-6.29134
	22	352.1	2056071.43469	327195.87324	2056071.43469	-24917.85930	45.45056	-1.15143	45.21990	-5.63025
	23	284.0	2036071.43469	325174.23505	2036071.43469	41128.85548	45.27001	-1.16585	45.09765	-4.77100
	24	233.4	2016071.43469	322183.35892	2016071.43469	88787.20117	45.08908	-1.19248	44.95543	-4.14685
	25	196.0	1996071.43476	319366.36173	1996071.43475	152438.38754	44.90822	-1.21673	44.82025	-3.32437
	26	149.0	1976071.43476	315960.83495	1976071.43475	166996.59699	44.72712	-1.24825	44.65007	-3.12329
	27	137.1	1956071.43479	314546.74538	1956071.43478	177432.53438	44.54686	-1.25455	44.47705	-2.97509
	28	116.4	1936071.43479	312480.36430	1936071.43478	196032.16136	44.36634	-1.26897	44.30862	-2.72578
	29	104.5	1916071.43479	308874.42856	1916071.43478	204347.52424	44.18519	-1.30252	44.13391	-2.60611
	30	87.3	1896071.43479	304184.43934	1896071.43478	216933.68283	44.00360	-1.34934	43.96142	-2.43413
	31	67.6	1876071.43482	298904.85134	1876071.43481	231262.61046	43.82176	-1.40318	43.78960	-2.24160
	32	63.0	1856071.43482	294237.78299	1856071.43481	231262.61046	43.64019	-1.44910	43.61013	-2.22719
Méditerranée	1	352.8	1747353.28881	657691.03259	1446732.95379	842246.24788	42.72728	3.03935	39.99544	5.15555
	2	380.7	1781678.08645	660086.73890	1457196.72319	859290.58800	43.03538	3.07244	40.08333	5.35833
	3	401.4	1800270.75707	672140.62776	1458209.18432	882137.22426	43.20130	3.22262	40.08418	5.62472
	4	411.4	1809861.32656	689721.03806	1459221.64545	904983.86059	43.28547	3.44017	40.08434	5.89112
	5	423.5	1821173.09707	706244.77795	1460234.10659	927830.49698	43.38482	3.64570	40.08380	6.15751
	6	387.3	1832691.98599	722641.36471	1502586.12087	925298.17768	43.48568	3.85041	40.46355	6.15199
	7	307.1	1840663.63878	741215.65162	1578989.97930	901860.93389	43.55385	4.08180	41.15726	6.151784
	8	268.6	1830580.41320	770874.09209	1601692.20099	911391.90938	43.56773	4.44483	41.35660	6.04344
	9	237.8	1817910.90084	802120.29186	1615235.58088	926545.63165	43.33472	4.82517	41.47133	6.23152
	10	222.1	1818049.15251	825503.61812	1628778.96075	941699.35387	43.32893	5.11291	41.58574	6.42033
	11	191.2	1805284.47031	856808.24400	1642322.34066	956853.07614	43.20370	5.49163	41.69982	6.60988
	12	159.3	1791615.51643	888668.01549	1655865.72056	972006.79841	43.06883	5.87499	41.81358	6.80016
	13	158.3	1792927.26591	911330.91431	1658019.80147	994152.57761	43.07108	6.15314	41.82126	7.06680
	14	173.8	1801409.19386	929591.93584	1653292.80313	1020522.75198	43.13899	6.38196	41.76424	7.37879
	15	185.0	1806245.55154	950091.02619	1648565.80478	1046892.92635	43.17261	6.63632	41.70630	7.69018
	16	222.3	1833306.82940	956945.91342	1643838.80643	1073263.10072	43.41199	6.75892	41.64744	8.00094
	17	240.1	1843756.62227	973998.83394	1639111.80810	1099633.27505	43.49696	6.96384	41.58766	8.31108
	18	301.0	1859666.17650	987699.92723	1603118.80114	1145198.10885	43.63232	7.13715	41.23360	8.81815
	19	220.3	1870450.19662	1004547.66073	1682709.57475	1119804.37120	43.71961	7.35372	41.96353	8.59270
	20	192.1	1879724.43719	1022322.26998	1715971.04284	1122852.87107	43.79237	7.58118		

ESTIMATION DE LA DISTANCE À PARCOURIR CHAQUE MOIS

	Longueur cumulée des transects (km)	Estimation de la distance cumulée inter-transects (km)	* Estimation de la distance totale à parcourir (km)
Manche/Mer du Nord	2577.4	520	3097.4
Golfe de Gascogne	10458.9	620	11078.9
Méditerranée	6737.8	580	7317.8

* Hors trajets de liaison depuis l'aérodrome.

ESTIMATION DU NOMBRE D'AVIONS ET D'OBSERVATEURS

	Nombre minimal d'avions	Nb observateurs nécessaires pour couvrir la zone	Nb d'observateurs "remplaçants"	Nb jours nécessaires pour couvrir la zone chaque mois
Manche/Mer du Nord	1 ou 2	2 ou 4	1 ou 2	2 ou 3
Golfe de Gascogne	3	6	3	3.5
Méditerranée	3	6	3	3

La couverture mensuelle et exhaustive de l'ensemble des zones nécessite, chaque mois, l'utilisation simultanée de 7 à 8 avions et de 14 à 16 observateurs (21 à 24 observateurs avec les suppléants).

Annexe 4

ABAQUE POUR LES MESURES D'ANGLES DEPUIS L'HORIZON

(TABLEAU ET FIGURE SUR 2 PAGES)

ANGLE (en degrés) entre l'horizon et la limite			
de vision au plus près de l'avion (angle alpha / point M)	entre les bandes A et B (point N)	entre les bandes B et C (point P)	extérieure de la bande C (Point Q)
80	63	44	28
79	62	43	28
78	61	43	28
77	61	42	28
76	60	42	28
75	59	41	27
74	58	41	27
73	57	40	27
72	57	40	27
71	56	40	26
70	55	39	26
69	54	39	26
68	54	38	26
67	53	38	26
66	52	37	25
65	51	37	25
64	51	36	25
63	50	36	25
62	49	36	24
61	48	35	24
60	48	35	24
59	47	34	24
58	46	34	24
57	45	33	23
56	45	33	23
55	44	33	23
54	43	32	23
53	43	32	22
52	42	31	22
51	41	31	22
50	40	30	22

Par exemple, si l'angle de vision au plus près de l'avion par rapport à l'horizon est de 57 degrés, il conviendra de noter toutes les observations effectuées jusqu'à un point Q qui forme avec la ligne d'horizon un angle de 23 degrés : la bande d'observation de 250 mètres de large est ainsi comprise entre la limite de l'angle mort et ce point Q. En outre, il conviendra de répartir ces observations entre 3 sous bandes dont les limites forment avec l'horizon des angles de 45 et 33 degrés dans le cas pris en exemple.

Bande et sous bandes d'observation depuis l'avion

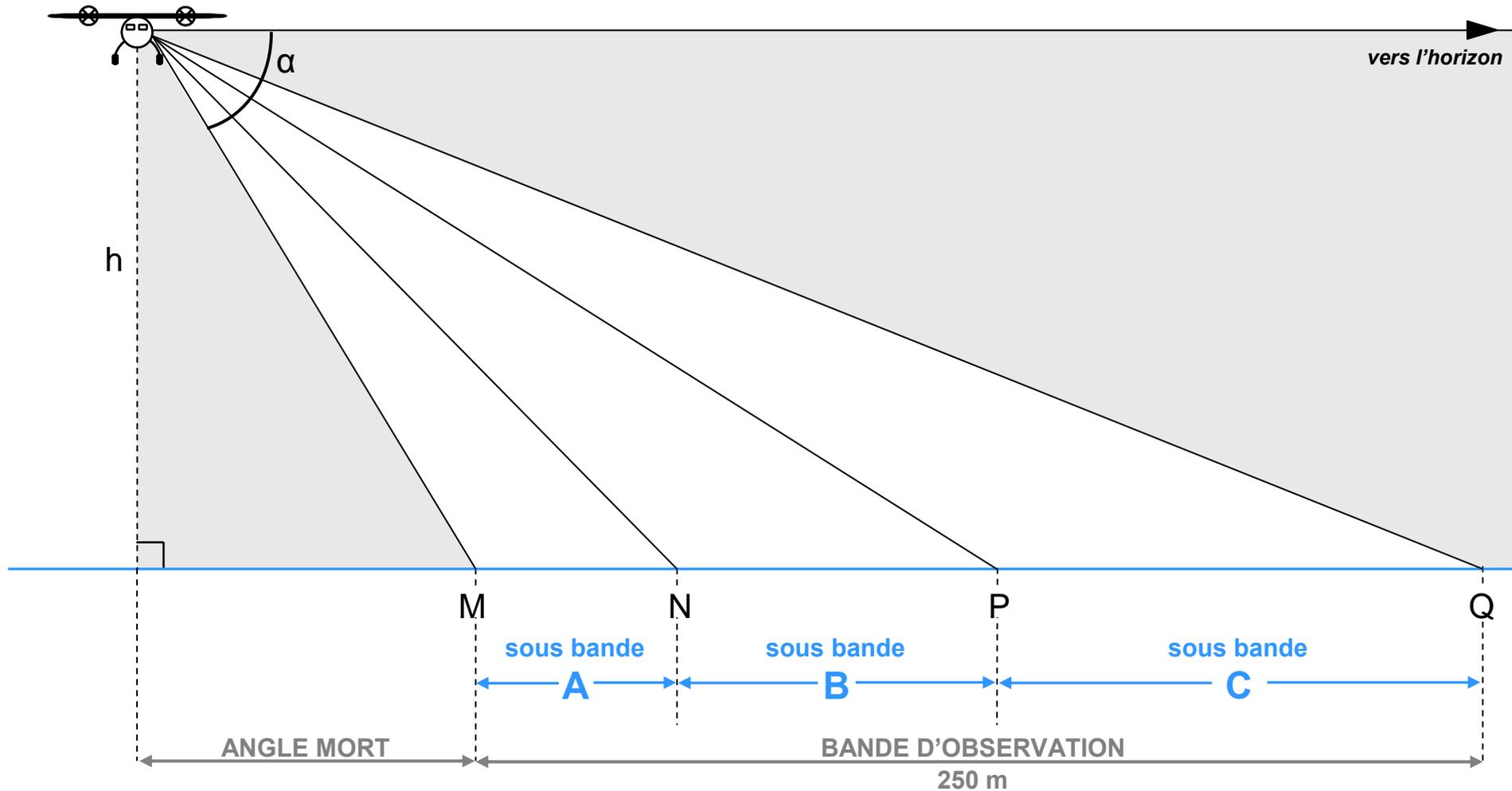
$h = 150 \text{ m}$

α : à mesurer avant le départ

$A = 50 \text{ m}$

$B = 80 \text{ m}$

$C = 120 \text{ m}$



Annexe 5

**FICHES DE SAISIE DE DONNEES POUR LE SUIVI DE LA DISTRIBUTION
SPATIALE DES OISEAUX EN MER**

(SUR 2 PAGES)

Annexe 6

Liste indicative des tailles d'oiseaux marins pouvant être observés au large et qualificatif à employer par Famille ou Sous-Famille

Nom vernaculaire	Nom Scientifique	Longueur (cm)	Envergure (cm)	Qualificatif
Procellariidae				
Pétrel fulmar (fulmar boréal)	<i>Fulmarus glacialis</i>	43-52	101-117	grand
Puffin cendré	<i>Calonectris diomedea</i>	45-56	112-126	grand
Puffin majeur	<i>Puffinus gravis</i>	43-51	105-122	grand
Puffin fuligineux	<i>Puffinus griseus</i>	40-50	93-106	moyen
Puffin des Anglais	<i>Puffinus puffinus</i>	30-35	72-82	petit
Puffin des Baléares	<i>Puffinus mauretanicus</i>	31-38	76-89	petit
Puffin yelkouan	<i>Puffinus yelkouan</i>	34-39	78-90	petit
Hydrobatidae				
Pétrel tempête (Océanite tempête)	<i>Hydrobates pelagicus</i>	15-16	37-41	-
Pétrel culblanc (Océanite culblanc)	<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	18-21	43-48	-
Sulidae				
Fou de Bassan	<i>Morus bassanus (Sula bassana)</i>	85-97	170-192	-
Phalacrocoracidae				
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	77-94	121-149	-
Anatidae				
Macreuse noire	<i>Melanitta nigra</i>	44-54	70-84	-
Scolopacidae				
Phalarope à bec large	<i>Phalaropus fulicarius</i>	20-22	36-41	-
Stercorariidae				
Labbe pomarin	<i>Stercorarius pomarinus</i>	42-50	110-125	moyen
Labbe parasite	<i>Stercorarius parasiticus</i>	37-44	100-115	moyen
Labbe à longue queue	<i>Stercorarius longicaudus</i>	35-41	88-105	moyen
Grand Labbe	<i>Catharacta skua (Stercorarius skua)</i>	50-58	125-140	grand
Laridae (Larinae)				
Mouette mélanocéphale	<i>Larus melanocephalus</i>	37-40	94-102	moyen
Mouette pygmée	<i>Larus minutus</i>	24-28	62-69	petit
Mouette de Sabine	<i>Larus sabini</i>	30-36	80-87	moyen
Mouette rieuse	<i>Larus ridibundus</i>	35-39	86-99	moyen
Goéland railleur	<i>Larus genei</i>	37-42	90-102	moyen
Goéland d'Audouin	<i>Larus audouinii</i>	44-52	117-128	grand
Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>	48-56	117-134	grand
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	54-60	123-148	grand
Goéland leucophée	<i>Larus michahellis</i>	52-58	120-140	grand
Goéland bourgmestre	<i>Larus hyperboreus</i>	63-68	138-158	grand
Goéland marin	<i>Larus marinus</i>	61-74	144-166	grand
Mouette tridactyle	<i>Rissa tridactyla</i>	37-42	93-105	moyen
Laridae (Sterninae)				
Sterne caugek	<i>Sterna sandvicensis</i>	37-43	85-97	grand
Sterne de Dougall	<i>Sterna dougallii</i>	33-36	67-76	grand
Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>	34-37	70-80	grand
Sterne arctique	<i>Sterna paradisaea</i>	33-39	66-77	grand
Sterne naine	<i>Sterna albifrons</i>	21-25	41-47	petit
Guifette noire	<i>Chlidonias niger</i>	22-26	56-62	petit
Alcidae				
Guillemot de Troïl	<i>Uria aalge</i>	38-46	61-73	grand (corps plus élancé vu de dessus)
Pingouin torda (Petit Pingouin)	<i>Alca torda</i>	38-43	60-69	grand (corps plus rond vu de dessus)
Mergule nain	<i>Alle alle</i>	19-21	34-38	très petit
Macareux moine	<i>Fratercula arctica</i>	28-34	50-60	petit

NB : lors des observations, les tailles ne seront pas toujours faciles à évaluer. En conséquence, cette indication ne doit être renseignée que lorsque les conditions de visibilité le permettent afin d'assurer un bon niveau de fiabilité dans la collecte des données.



Pour répondre au besoin de connaissances dans le cadre de NATURA 2000 mer, le présent rapport propose une méthodologie pour le suivi de la distribution des oiseaux marins au large afin de localiser leurs principales zones de concentration, préalable à la désignation éventuelle de nouveaux sites au-delà de la mer territoriale.

Ce document technique présente deux approches complémentaires pour remplir cet objectif : l'échantillonnage par avion et l'équipement d'oiseaux par balises. Pour chacune de ces approches, il détaille le protocole en indiquant les principaux paramètres à mesurer ainsi que le matériel nécessaire pour y parvenir.

Il pose, par ailleurs, les bases et les principes généraux qui doivent présider à la récolte des données lors de campagnes opportunistes.

Enfin, ce rapport mentionne, autant que nécessaire, les conditions requises pour assurer la standardisation de la collecte des données et optimiser leur gestion et leur exploitation.
