

Etude des populations d'Oiseaux Marins Nicheurs sur l'île du Grand Colombier (Saint Pierre & Miquelon)



Mission du 15 juin au 12 juillet 2016

Hervé LORMEE¹, Bruno LETOURNEL², Karine DELORD³ & Christophe BARBRAUD³

1 ONCFS – Unité Avifaune Migratrice – Station ONCFS de Chizé

2 ONCFS – Service Départemental de Saint Pierre & Miquelon

3 CNRS – CEBC/CNRS UMR7372

Rappel du contexte de la mission et des objectifs visés

Au sein de l'archipel de Saint-Pierre et Miquelon (SPM), l'îlot du Grand Colombier accueille une bonne part des populations nicheuses d'oiseaux marins, voir la totalité pour certaines espèces comme l'Océanite cul-blanc, *Oceanodroma leucorhoa*, plusieurs espèces d'alcidés, comme le Macareux moine, *Fratercula arctica*, le Pingouin torda, *Alca torda*, le Guillemot de Troïl, *Uria aalge*.

En 2008, la Direction de l'agriculture et de la Forêt de Saint-Pierre et Miquelon (devenue depuis la Direction des territoires, de l'Alimentation et de la mer de St Pierre & Miquelon – DTAM) a souhaité dans un premier temps disposer d'une évaluation réactualisée et rigoureuse des effectifs des différentes populations nichant sur le Grand Colombier, sur la base de protocoles scientifiques éprouvés et standardisés. Ces dénombrements ont permis de montrer que certaines de ces populations s'avéraient être les plus importantes au niveau national (Macareux moine ; Lormée et al 2008), voire très importantes au niveau international (Océanite cul-blanc ; Lormée et al. 2008, 2012).

Cette demande s'inscrivait à l'époque dans l'optique d'un possible classement en réserve naturelle de l'île du Grand Colombier. Ce projet a été cependant abandonné suite aux conclusions négatives émanant de l'enquête publique sur ce sujet, et mise en œuvre en 2010 (rapport accessible sur le lien suivant : <http://www.saint-pierre-et-miquelon.gouv.fr/Nos-Publications/Enquetes-publiques/Rapport-et-conclusions-du-commissaire-enqueteur-projet-de-creation-de-la-reserve-naturelle-nationale-des-Grand-et-Petit-Colombier>).

A l'issue de cette première étude, des perspectives à plus ou moins long terme avaient été proposées par l'ONCFS pour poursuivre l'amélioration des connaissances sur les colonies d'oiseaux marins se reproduisant sur l'île. En 2015, sur la base de ces propositions, et avec l'appui financier de la DTAM, une nouvelle étude a été initiée suite à trois constatations:

- Depuis 2008, certaines populations avaient manifestement fortement augmenté (Guillemot de Troïl, Pingouin Torda), il était donc nécessaire de refaire des dénombrements pour ces 2 espèces.

- Il était par ailleurs nécessaire d'acquérir des informations sur les zones marines prospectées par les populations nicheuses du Grand Colombier, l'objectif étant de disposer d'informations pertinentes quant à la délimitation des zones marines d'importance pour les populations d'oiseaux nichant sur le Grand Colombier.

- Dans le cadre des études développées au niveau régional sur l'exposition des oiseaux marins aux polluants dans les régions arctiques et subarctiques, il semblait pertinent et complémentaire aux études canadiennes réalisées sur le même sujet, d'évaluer le degré d'exposition au mercure des populations d'oiseaux marins dans le secteur de St Pierre & Miquelon, pour lesquelles aucune donnée n'est pour l'instant disponible.

Au cours de l'été 2015, une 1^{ère} mission a donc permis de réaliser les dénombrements des colonies de Guillemots de Troïl et Pingouins torda, débiter l'échantillonnage des oiseaux marins pour doser les taux de mercure, et tester le déploiement de GPS sur 3 espèces d'alcidés (Macareux moine, Guillemot de Troïl, Pingouin torda). Les résultats de cette mission ont fait l'objet d'un 1^{er} rapport (Lormée et al. 2016). La 2^{ème} mission, se déroulant au cours de l'été 2016, avait donc pour objectif de compléter l'échantillonnage de la communauté d'oiseaux marins pour évaluer leur exposition au mercure, et procéder au déploiement à plus grande échelle de GPS sur les alcidés. Le présent rapport décrit les opérations réalisées et les résultats obtenus.

Rappel résumé des objectifs fixés dans le cadre de la mission 2016

I – Suivi de la dynamique temporelle de la population d'océanites cul-blanc (*Oceanodroma leucorhoa*)

Entre chaque dénombrement de la population nicheuse d'océanite du Grand Colombier, il peut être mis en œuvre un suivi annuel sur un échantillon de cette population, qui permet de répondre à deux objectifs :

- 1 estimer la variation interannuelle de la taille des colonies
- 2 estimer certains traits démographiques (proportion de reproducteurs, succès reproducteur) afin d'être en capacité de déterminer leur implication dans l'évolution numérique des colonies.

II - Evaluation des zones d'alimentation en période de reproduction des oiseaux marins.

La pérennisation des colonies d'oiseaux marins sur l'île du Grand Colombier implique également la prise en compte du milieu marin environnant. En effet, l'utilisation par les oiseaux du Grand Colombier comme site de reproduction résulte aussi de sa proximité avec des ressources alimentaires, indispensables à l'élevage des poussins (stocks de lançons, de capelans et de crevettes...). Il apparaît donc pertinent de mieux connaître les zones prospectées par les adultes en période de reproduction. La connaissance des zones d'alimentation permet à la fois de rendre plus facile le suivi de la disponibilité alimentaire, mais aussi d'affiner le périmètre géographique où peuvent éventuellement être instaurées des mesures de gestion visant à viabiliser les ressources alimentaires. Cet objectif peut être rempli grâce au déploiement de GPS sur les adultes en cours de reproduction. Dans la configuration initiale du projet, cette étude visait les 3 principales espèces d'alcidés (Guillemot de Troïl, Pingouin torda, Macareux moine).

Au cours de l'été 2015, il a d'abord été procédé à un test de déploiement sur un individu de chaque espèce visée par l'étude. Nous avons ainsi pu évaluer les réponses comportementales des oiseaux à la capture et l'équipement (comportement de stress, assiduité au nid...). A l'issue de ce test, il s'est avéré que la recapture des Macareux moines équipés serait délicate, les oiseaux devenant très méfiants vis-à-vis des observateurs après avoir été capturés une 1^{ère} fois. Nous avons donc décidé de déployer sur cette espèce des GPS UHF (voir annexe I pour la description du matériel), qui ne nécessitent pas d'être récupérés pour télécharger les données. En effet, les données sont transmises par voie UHF depuis les GPS vers une station d'enregistrement installée sur place. Ainsi, lorsque l'oiseau est présent sur la colonie, le GPS peut transmettre les données à la station, qui sont ensuite transférées par connexion manuelle sur un ordinateur portable.

Ce matériel n'étant pas prévu dans le budget initial, nous avons financé l'acquisition de celui-ci via un financement complémentaire que nous avons pu obtenir auprès du programme BEST 2.0 (voir annexe pour une description du dossier).

Nous avons également décidé de déployer des GPS en 2016, à titre exploratoire, sur quelques Océanites en cours de reproduction (voir annexe XXX pour la description du matériel). L'objectif était le même que pour les alcidés : identifier les trajets et zones marines prospectées par les adultes reproducteurs. Là encore ce volet n'était pas prévu dans le projet initial et nous l'avons financé au travers de la demande de subvention déposée auprès de BEST 2.0.

III – Evaluation de l'exposition aux polluants des oiseaux se reproduisant sur le site

Malgré sa position à l'écart de la majorité des activités humaines, l'Arctique est soumis à une exposition croissante d'une large gamme d'éléments polluants. L'Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) a identifié parmi ceux-ci le mercure comme l'un des polluants ayant le plus significativement augmenté, en particulier au Canada.

Notre objectif est donc d'échantillonner la communauté d'oiseaux marins du Grand Colombier, cette communauté incluant aussi bien des espèces côtières que pélagiques, sujettes à prospecter des régions marines distinctes.

Les taux de mercure ont été mesurés spécifiquement dans le sang, afin d'évaluer l'exposition des oiseaux à ce métal lourd dans un pas de temps court (quelques semaines), pendant la période de reproduction. En 2016, nous avons également mesuré sur certaines espèces les taux de mercure contenus dans les plumes, afin d'évaluer l'exposition des oiseaux dans un pas de temps plus large (plusieurs mois) et surtout en dehors du contexte reproducteur. Les résultats obtenus sur les plumes devraient donc permettre de savoir quelle est l'exposition au mercure des oiseaux marins du Grand Colombier lorsque ceux-ci se trouvent sur leur zone de mue, en période inter-nuptiale.

Personnes ayant participé à cette mission

Bruno Letournel	(ONCFS – Service territorial de St Pierre & Miquelon)
Richard Martin	(ONCFS – Service territorial de St Pierre & Miquelon)
Jean Bouilleau	(ONCFS – Service territorial de St Pierre & Miquelon)
Hervé Lormée	(ONCFS – Direction Recherche & Expertise - Unité Avifaune Migratrice)
Christophe Barbraud	(CNRS – Centre d'Etudes Biologiques de Chizé)
Karine Delord	(CNRS – Centre d'Etudes Biologiques de Chizé)

Résumé des activités réalisées

- Suivi des terriers d'océanites cul-blanc dans les cadrats témoins et remise en état du système de balisage des terriers
- Repérage de nids d'océanites cul-blanc, identification et marquage des partenaires, suivi des relèves entre partenaire, en vue du déploiement de GPS
- Repérage de nids de Guillemots de Troil, Pingouins torda, et Macareux moine, en vue de la pose de GPS
- Pose et récupération de GPS sur les Guillemots de Troil et les Pingouins torda
- Installation de la station automatique et pose de GPS sur les Macareux moine
- Réalisation de mesures biométriques, de prises de sang et de prélèvements de plumes sur les Guillemots de Troil, Pingouins torda, et Mouettes tridactyles

Description des protocoles

Les opérations réalisées sur l'île du Grand Colombier et décrites ci-dessous ont été réalisées dans le cadre d'un arrêté préfectoral pour l'Océanite Cul-blanc, et la Mouette tridactyle, d'un arrêté ministériel en date du 17 juin 2016 pour les alcidés (Guillemot de Troïl, Pingouin torda, Macareux moine (voir annexe IV).

Dans la suite de ce rapport, les différentes espèces seront mentionnées dans le corps du texte par les acronymes suivant : Océanite cul-blanc – OCB, Guillemot de Troïl – GT, Pingouin torda – PT, Macareux moine – MM, Mouette tridactyle – MT.

I – Suivi de la dynamique temporelle de la colonie d'océanites cul-blanc (*Oceanodroma leucorhoa*)

Depuis 2015, deux cadrats ont été définis sur l'île du Grand Colombier, au sein desquels environ 50 terriers d'océanites actifs (2 x 25) ont été identifiés et géolocalisés. Chaque terrier est contrôlé 2 fois dans la saison : une première fois après le pic de ponte, afin de connaître la proportion de terriers utilisés par des reproducteurs (oiseaux couvant un œuf), une 2^{ème} fois quelque temps avant l'envol des juvéniles, afin d'estimer le succès reproducteur. Selon les années, en fonction du temps disponible, un contrôle intermédiaire peut être réalisé vers la période des éclosions, afin d'évaluer le taux d'échec survenu pendant l'incubation. Le contrôle des terriers a été réalisé à la main, sans que cela ne nécessite d'extraire les adultes.



Contrôle d'un terrier d'océanite cul-blanc

II - Evaluation des zones d'alimentation en période de reproduction des oiseaux marins.

Il était initialement d'équiper, à titre exploratoire, 5 OCB adultes d'un GPS « Pathtrack » d'une masse de 1g. Malheureusement, suite à une erreur de la compagnie de transport, ce matériel a été acheminé au Nouveau Brunswick, et n'a pu être récupéré avant la fin de la mission. Ce volet de l'étude n'a donc pu être assuré et l'étude ne concerne donc que les 3 alcidés (PT, GT, MM).

Capture des oiseaux

Dans un 1^{er} temps nous avons prospecté et localisé les nids d'alcidés pouvant convenir pour cette opération. Ces nids devaient être facilement accessibles, situés dans des zones où les groupes étaient peu nombreux, afin de limiter le dérangement. Nous avons capturé et équipé des oiseaux en fin d'incubation/début d'élevage, afin de maximiser nos chances de recapture. En effet, passée la période de « brooding » (période pendant laquelle les adultes couvent le jeune non thermiquement émancipé), les adultes ne viennent plus à terre que de manière fugace, pour nourrir les jeunes. Leur assiduité au nid décroît alors fortement et ils fuient beaucoup plus facilement à l'arrivée d'un observateur.

Dans le cas des oiseaux nichant en terrier ou dans des cavités rocheuses fermées, la capture s'est faite à la main. Les GT étant agglomérés en groupes de parfois plusieurs dizaines d'individus, nous avons utilisé une canne en fibre de carbone de 5 m muni d'un nœud coulant. Le nœud coulant est passé autour de la tête de l'oiseau et se resserre via la traction exercée par l'observateur sur la canne. Le nœud ne reste serré tant que l'on exerce cette traction mais se détend dès que la traction cesse. L'oiseau est ainsi tiré hors de la colonie et manipulé hors de vue de la colonie.



Guillemot de Troil adulte avec son poussin (le 8 juillet). Les poussins sont rapidement laissés seuls à la colonie, les adultes ne faisant que de courtes visites pour les nourrir.

Préparation des GPS

- GT et PT : les GPS sont configurés de la même manière pour ces 2 espèces. La fréquence des localisations est programmée toutes les 5 min lorsque la vitesse de déplacement des oiseaux est inférieure à 20km/h, toutes les minutes lorsque la vitesse dépasse ce seuil. Les GPS sont enfermés dans une gaine thermo rétractable, scellée à chaud, qui garantit l'étanchéité du matériel, jusqu'à une profondeur d'environ 80 m.

- MM : la fréquence des localisations est programmée toutes les 10 min lorsque la vitesse de déplacement des oiseaux est inférieure à 20km/h, toutes les 5 minutes lorsque la vitesse dépasse ce seuil. Ces GPS sont étanches et ne nécessitent pas d'ajout de gaine thermo rétractable.

Manipulation et équipement des oiseaux

Les oiseaux capturés sont immédiatement introduits dans un sac en toile afin de limiter le stress. Le GPS est positionné dans la portion basse du dos pour les GT et PT afin de minimiser l'impact sur l'hydrodynamisme lors de la plongée. Pour les MM, le GPS est posé dans la partie haute du dos afin que les panneaux solaires du GPS soient exposés à la lumière pour assurer la recharge de la batterie. Les GPS sont fixés à l'aide d'un adhésif (Tésa marin) de couleur noire sur les plumes du dos

Ce système de fixation présente l'avantage, si l'oiseau n'est pas recapturé, de permettre au dispositif de tomber lors de la mue qui suit la reproduction. Afin de limiter le temps de contention et donc de stress de l'oiseau équipé, toutes les mesures biométriques, à l'exception de la masse faite en début et fin de suivi, et la prise de sang, sont effectuées lors de la recapture de l'oiseau. Un morceau d'adhésif (Tésa) bleu est collé sur les plumes du crâne et une marque bleue est faite avec un marqueur gras sur le ventre (blanc) de l'oiseau afin de pouvoir observer l'oiseau à distance et le repérer lors de ses séjours au terrier. Ces 2 types de marquage sont temporaires, l'adhésif finissant par se décoller et le marquage par s'effacer dans les semaines qui suivent.



Pose des émetteurs GPS ; à gauche un GPS Catnip sur une Guillemot de Troil, à droite un GPS Pathtrack avec panneaux solaires sur un macareux moine.

Récupération des GPS

- Les opérations de récupération des GPS sont initiées au plus tôt 3 jours après leur pose.

- GT et PT : Chaque terrier utilisé par un oiseau équipé est contrôlé 2 à 3 fois par jour. Dans certains cas une veille est effectuée à distance afin de détecter le retour de l'oiseau. Enfin, pour les oiseaux les plus méfiants, la récupération peut se faire de nuit, ou en installant devant l'entrée du terrier des lacets à patte. Dans ce dernier cas, cela implique une présence continue d'un observateur, de manière à intervenir aussitôt l'oiseau capturé.

Une fois en main, l'oiseau est aussitôt déséquipé. Les mesures biométriques sont alors réalisées (masse, longueur aile pliée, longueur tarse, longueur tête-bec) et une prise de sang effectuée afin de pouvoir par la suite sexer l'oiseau par sexage moléculaire (à partir de l'ADN contenu dans les hématies). Pour les GT nous privilégions la capture d'adultes sur poussin car, la plupart du temps, il est trop risqué de manipuler un adulte sur œuf lorsque les oiseaux nichent en groupes denses. En revanche, pour les PT, les oiseaux nichent souvent de manière isolée ou en colonies lâches, nous pouvons capturer aussi bien des adultes sur œuf ou sur poussin.

- MM : il n'est pas nécessaire de recapter les oiseaux équipés pour accéder aux données ; tous les 5 jours environ, nous téléchargeons les données collectées par la station automatique, via une connexion avec un câble USB à un ordinateur portable.

III – Evaluation de l'exposition aux polluants des oiseaux se reproduisant sur le site

Echantillonnage sur le terrain

Les prises de sang ont été effectuées sur la veine brachiale sous-alaire : la veine est piquée à l'aide d'une aiguille, et le sang récupéré dans 2 microcapillaires pré-héparinés. Le volume maximal de sang récupéré est de 0.4 ml, et le temps de manipulation entre le début de la capture et la fin de la prise de sang de 2 minutes en moyenne. L'oiseau est immédiatement remis au nid/terrier après la manipulation. Dans la même journée le sang est centrifugé, le plasma séparé du culot par pipetage, et l'ensemble des échantillons rapatriés sur St Pierre pour être congelés en attente de leur renvoi en métropole.

Les plumes sont prélevées sur le dos de l'oiseau, toujours au même emplacement, puis placées dans un sac plastique hermétique ziploc et stockées à température ambiante, à l'abri du soleil.

Analyse des échantillons

Le dosage du mercure est réalisé par le laboratoire Littoral Environnement et Sociétés (LIENSs – Université de la Rochelle). Les plumes sont préalablement nettoyées dans un bain à ultrason contenant une solution de chloroforme-méthanol, puis séchées en étuve à moins de 50°C, et enfin réduites en poudre. Les culots sanguins (globules rouges) sont lyophilisés. Les mesures du mercure sont finalement réalisées sur ces échantillons auparavant pesés, par spectrophotométrie d'absorption atomique (Bustamante et al. 2006). Les résultats sont exprimés en nanogramme par microgramme de matière sèche.

Capture d'un Pingouin torda adulte pour mesurer les taux de mercure dans le sang et les plumes.



Résultats

I – Suivi de la dynamique temporelle de la population d'océanites cul-blanc (*Oceanodroma leucorhoa*)

Données brutes présentées en annexe V.

Cinquante huit terriers, répartis à quasi parité entre les 2 quadrats ont été suivis en 2016. Bien qu'il soit initialement prévu de faire seulement 2 sessions, il s'est avéré qu'au premier passage (le 19 juin), un certain nombre de couples n'avaient pas encore débuté la reproduction (présence de couples ou individus seuls et sans œuf dans le terrier). Nous avons donc effectué un second contrôle des terriers le 1^{er} juillet, après la fin de la période de ponte. La dernière session de contrôle a été réalisée le 11 septembre. Sur l'ensemble de ces terriers :

- 7 n'ont jamais été retrouvés ou lors d'une seule session et n'ont donc pas été inclus dans l'estimation du succès reproducteur.

- 11 n'ont pas été occupés

- 17 ont échoué

- 22 ont produit un poussin à l'envol

Le succès reproducteur a donc été calculé sur la base de 39 nids actifs, et s'établit à $56.9\% \pm 7.9\%$ (moyenne \pm ET). Le succès en 2016 est donc supérieur à celui estimé en 2015 ($41.7\% \pm 7\%$). Ces valeurs se situent dans la fourchette normale mentionnée pour cette espèce (48 à 73% selon les années, Brooke 2004).

Le système de balisage mis en place en 2015 a été amélioré afin de limiter au maximum le risque de ne pas retrouver les terriers identifiés (remplacement par des piquets plus haut dépassant des fougères, doublement des étiquettes, réactualisation des coordonnées GPS des terriers).

II - Evaluation des zones d'alimentation en période de reproduction des oiseaux marins.

Les résultats présentés ici résultent d'un dépouillement préliminaire des données collectées grâce aux GPS. Des analyses approfondies des résultats, en particulier la délimitation des zones d'alimentation et des principaux couloirs de vol, seront réalisées dans le cadre d'un stage de Master 2 qui se déroulera sur le 1^{er} semestre 2017.

Un total de 34 oiseaux ont été équipés de GPS, soit 13 GT, 8 PT et 14 MM. Sur l'ensemble de ces GPS, trois ont été posés en 2015 (un par espèce).

En 2015, les 3 GPS ont été déployés le 8 juillet, tandis qu'en 2016, le déploiement s'est échelonné du 21 juin au 2 juillet pour les PT et GT, du 24 au 27 juin pour les MM.

Le tableau page suivante illustre différentes caractéristiques des données obtenues par GPS. La cartographie des trajets est illustrée pour chaque individu en annexe III.

Principales caractéristiques des données obtenues lors des déploiements de GPS. Les valeurs présentées sont les moyenne \pm Ecart Type (ET) et (min-max).

	Pingouin torda	Guillemot de Troïl	Macareux moine
Nombre de GPS déployés	8	13	14
Nombre de GPS récupérés	7	7	-*
Taux de récupération (%)	87.5	53.8	-
Nombre de GPS analysés	6**	7	4
Durée du déploiement (en jours)	3.4 \pm 1.1 (1.18 – 4.21)	3.6 \pm 1.8 (0.88 – 5.4)	-
Nb de trajets	31	49	22
Nb de trajets par individu	5.7 \pm 2.4 (2-9)	7 \pm 4.4 (1-13)	5.5 \pm 2.6 (2-8)
Durée des trajets (en hr:mn)	6:18 \pm 4:43 (0 :34 – 15 :55)	6:04 \pm 4:48 (0 :22 – 18 :42)	12 :06 \pm 9:30 2 :59 – 39 :05)
Distance maximale à la colonie (en km)	10.6 \pm 10 (1.2 – 33.1)	8.11 \pm 6.8 (1 – 33.5)	19.63 \pm 13.20 (4 – 51.4)

* Les GPS – UHF ne sont pas recapturés, les données sont téléchargées à distance.

** un GPS a subi une infiltration d'eau en début de déploiement et n'a donc pas pu enregistrer de données.

Taux de récupération et nombre de GPS analysés

Pingouin torda et Guillemot de Troïl :

La récupération des GPS s'est avérée assez difficile pour ces 2 espèces mais reste cependant supérieure à 50%. Cette difficulté de recapture résulte principalement de la grande méfiance que développent les oiseaux après leur 1^{ère} capture. En revanche elle n'a pas résulté d'un taux d'échec important de la reproduction car seul un guillemot a perdu de manière certaine son poussin après équipement. Un autre guillemot a été considéré à tort comme reproducteur lors de sa capture et n'a pas été revu par la suite.

Sur l'ensemble des GPS déployés, très peu ont fait l'objet de défaillances : 2 ont subi des infiltrations d'eau, occasionnant la mise hors service de la batterie mais sur l'un d'eux, les données ont néanmoins pu partiellement être récupérées par la suite.

Macareux moine

Des données ont pu être téléchargées à partir de 6 GPS sur 13, mais seulement 4 présentaient des données utilisables (pour deux d'entre eux, il n'apparaissait aucune donnée de trajet en mer). Bien que l'utilisation de GPS ait donc pu permettre de collecter des données de trajets en mer, nous avons été confrontés à plusieurs écueils :

- ces GPS fonctionnent d'abord à partir d'une batterie, puis à l'aide de panneaux solaires qui fournissent l'énergie lorsque la batterie n'est plus capable de le faire. Or, à la lecture de l'évolution du voltage, il apparaît d'une part que la

batterie s'est vidée rapidement de son énergie, et d'autre part que les panneaux solaires n'ont pas réussi à maintenir un voltage permettant le fonctionnement du GPS sur plus d'une semaine. Contrairement aux GPS Catnip utilisés sur les PT et GT, les GPS UHF de Pathtrack n'ont pas la possibilité de se mettre temporairement en sommeil quand le GPS n'arrive pas à recevoir de signaux des satellites. Il est donc probable que les stationnements prolongés dans les terriers, conjugués à la recherche simultanée des satellites par les GPS, ont contribué à l'épuisement rapide des appareils. Nous avons signalé cet inconvénient au fabricant afin qu'il puisse à l'avenir essayer d'inclure cette option « économie d'énergie » dans les GPS (mais qui augmenterait sensiblement la masse de l'appareil...).

Par ailleurs un individu au moins a perdu son GPS. Enfin, 15% (n = 2) et 23% (n = 3) des terriers suivis ont échoué respectivement pendant l'incubation et l'élevage. Il est donc possible que certains reproducteurs malchanceux aient quitté la colonie après leur échec.

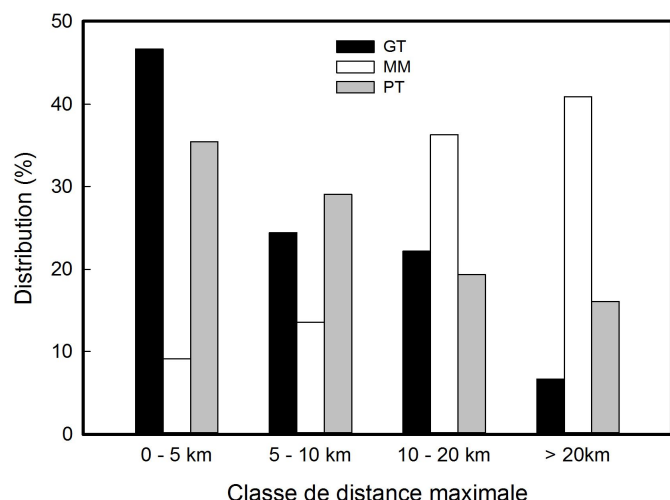
Durée des trajets

Ne sont considérés ici que les trajets incorporant plusieurs localisations consécutives où l'oiseau est immobile en mer et peut donc potentiellement s'alimenter. Par conséquent, nous excluons dans ce rapport un certain nombre de « boucles » réalisées par les oiseaux équipés, qui ont comme caractéristiques générales une faible durée (≤ 1 heure), un rayon de dispersion limité (≤ 1 km) et qui consistent en un déplacement rapide en vol quasi ininterrompu tout au long du trajet.

Les paramètres décrivant les durées des trajets en mer (moyenne, variation, valeurs minimales et maximales) sont assez similaires entre les GT et les PT. Ces trajets durent en moyenne 6 heures, au maximum 16 heures (PT) à 19 heures (GT). En revanche, ils diffèrent nettement chez les MM où les durées de trajet (en moyenne 12 heures) sont globalement 2 fois plus longues que pour les PT et GT. C'est la seule espèce où certains trajets peuvent dépasser 24 heures (maximum 39 heures). Pour les 3 espèces, les trajets peuvent aussi bien être entrepris de jour que de nuit.

Rayon de prospection alimentaire

Ce rayon est estimé pour chaque trajet, comme la distance entre la colonie et le point le plus éloigné du trajet. Là encore les résultats sont relativement homogènes entre les PT et les GT, avec un rayon maximal de 8 (GT) à 10 km (PT) en moyenne. Cette valeur est multipliée par deux chez les MM et atteint presque 20 km avec une distance maximale de 51 km. Pour les 3 espèces, il y a cependant une forte variabilité dans l'éloignement maximal par rapport à la colonie.



Distribution des rayons maximaux de prospection alimentaire chez les 3 espèces étudiées.

La figure ci-contre montre que les 3 espèces ont des rayons de prospection alimentaire très variables au cours des différents trajets, mais avec là encore des patrons distincts. Les GT réalisent près

de la moitié de leurs trajets à moins de 5 km de la colonie, et près de 80% à moins de 10 km. La distribution est assez similaire chez le PT mais avec une distribution moins déséquilibrée entre classes de distance. Par contre les MM ont une distribution inverse, avec plus de 70% des trajets dépassant 10 km de rayon. Il semble donc que les MM n'exploitent pas la même zone maritime que les 2 autres espèces.

Une rapide comparaison avec les données issues d'autres études sur la dispersion en mer des oiseaux pendant la reproduction (cf tableau ci-dessous) montre que l'on retrouve à peu près la même hiérarchie entre espèces en terme de rayon de dispersion en mer autour des colonies pendant la reproduction : le MM reste celle avec l'éloignement le plus important. En revanche le GT se retrouve en position intermédiaire. Globalement les valeurs mentionnées dans ces études sont nettement plus importantes que celles obtenues à partir des oiseaux équipés sur le Grand Colombier. Dans la région de Terre Neuve, une étude réalisée par Schneider et al. (1990) donne un rayon maximal de prospection de 70 km chez le MM. Il ne faut cependant pas oublier que (i) nous n'avons couvert qu'une courte période de la reproduction, réduisant donc la possibilité de détecter de plus grands trajets, et (ii) nous avons équipé des adultes en fin d'incubation / début d'élevage, période à laquelle les oiseaux réduisent sensiblement la durée de leur absence en mer afin d'optimiser la fréquence de nourrissage des jeunes poussins. Or dans les autres études mentionnées ici, les suivis ont pu couvrir une plus longue période de la reproduction et surtout couvrir plus largement la période d'incubation, où les adultes peuvent alors couramment s'absenter sur plus de 24 heures, n'ayant alors pas à nourrir de poussins.

Valeurs moyennes des rayons maximaux de prospection alimentaire observés au sein de différentes colonies d'alcidés au Royaume Uni (Thaxter et al. 2012)

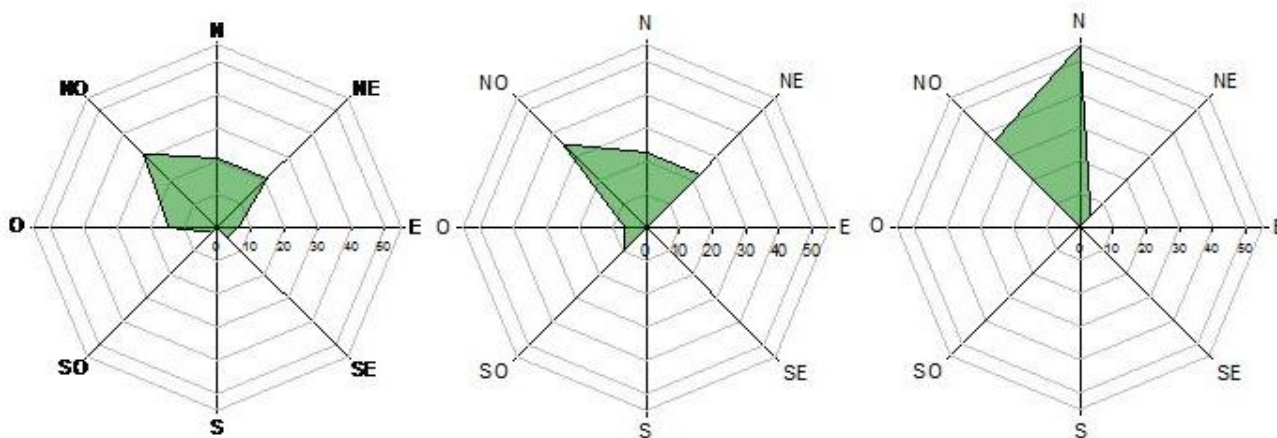
Espèce	Distance max moyenne (km)
Pingouin torda	48.5 ± 35 (ET)
Guillemot de Troïl	84.2 ± 50.1 (ET)
Macareux moine	105.4 ± 46 (ET)

Axes de dispersion

De manière générale, les oiseaux équipés ont privilégié le secteur marin situé au nord du Grand colombier, délimité à l'ouest par la côte est de Miquelon et Langlade, à l'est par la péninsule de Burin (Terre Neuve), au nord par l'île Brunette (Terre Neuve). Certains secteurs, comme l'ouest de Miquelon et Langlade, et le sud de Saint Pierre sont totalement évités. On distingue cependant des patrons différents entre espèces.

Ainsi, lorsqu'ils sont le plus éloignés du Grand Colombier, les GT et PT présentent une distribution plus large de leur axe de dispersion que les MM. En effet, plus de 70% des distances maximales de dispersion chez le GT, et 80% chez les PT, sont concentrées dans un arc de 90° (Nord-ouest à Nord-est). En revanche les MM concentrent 90% de cette dispersion maximale dans un arc plus resserré, de seulement 45° (Nord-ouest à Nord).

Figure : diagramme de distribution (en %) des axes de dispersion des oiseaux lors de leurs trajets en mer. L'axe illustré ici correspond à celui estimé entre la colonie et la localisation la plus lointaine au sein d'un trajet. De gauche à droite : Guillemot de Troil, Pingouin torda, Macareux moine.



III – Evaluation de l'exposition aux métaux lourds (mercure) des oiseaux se reproduisant sur le site

Prises de sang

En 2015 et 2016, la période d'échantillonnage correspond pour les alcidés à la période de transition entre l'incubation et l'élevage (période de « brooding » pendant laquelle les jeunes non thermiquement émancipés sont couvés par les adultes à tour de rôle). Tous les océanites échantillonnés étaient en pleine incubation. Pour les mouettes tridactyles, 4 des 6 prélèvements ont été réalisés pendant l'incubation, et 2 autres bien après la fin de la mission, fin juillet, pendant l'élevage. Aucun n'incident n'a été déploré lors de ces manipulations.

Plumes

Les plumes ont toutes été prélevées en 2016 et sur seulement 3 espèces (GT, PT, MT). Ce prélèvement était effectué en même temps que la prise de sang ou lors de la recapture des oiseaux équipés de GPS.

Résultats

Espèces échantillonnées :

Espèce	année	Plumes				Prises de sang			
		incubation	élevage	inconnu	Total	incubation	élevage	inconnu	Total
Océanite cul blanc	2015	-	-	-	-	19	-	5	24
	2016	-	-	-	-	-	-	-	-
Pingouin torda	2015	-	-	-	-	-	1	-	1
	2016	6	8	4	18	6	8	4	18
Guillemot de Troil	2015	-	-	-	-	1	15	4	20
	2016	-	-	5	5	1	5	-	5
Macareux moine	2015	-	-	-	-	4	15	3	22
	2016	-	-	-	-	-	-	-	-
Mouette tridactyle	2015	-	-	-	-	-	-	-	-
	2016	1	1	2	4	2	2	2	6

Teneur en mercure (en ng/mg de matière sèche) des échantillons des plumes et culots sanguins (les tailles d'échantillons figurent sur les histogrammes qui suivent)

Espèce	Plumes			Prises de sang		
	Moyenne ± ET	Min-max	Variance	Moyenne ± ET	Min-max	Variance
Océanite cul blanc	-	-	-	4.691 ± 1.054	2.982 – 8.211	1.109
Pingouin torda	2.907 ± 1.360	1.117 – 5.911	1.848	3.067 ± 0.522	2.363 – 4.113	0.272
Guillemot de Troil	1.526 ± 0.566	1.091 – 2.268	0.320	2.468 ± 0.474	1.737 – 3.407	0.225
Macareux moine	-	-	-	1.687 ± 0.508	0.898 – 3.247	0.258
Mouette tridactyle	4.258 ± 1.768	2.978 - 6.801	3.125	1.488 ± 0.543	0.904 – 2.229	0.295

Mercure dans le sang

L'examen des résultats montre une variation importante entre les espèces dans les valeurs de contamination du mercure total dans le sang. Les valeurs moyennes se situent dans une gamme assez proche et basse (< 2ng/mg) pour 2 espèces (MM et MT), intermédiaire pour 2 autres (entre 2 et 3 ng/mg chez les GT et les PT) et les plus élevées chez les OCB (> 4ng/mg). La variation interindividuelle des teneurs en mercure est relativement homogène entre les espèces, à l'exception des OCB où elle est notablement plus élevée.

Mercure dans les plumes

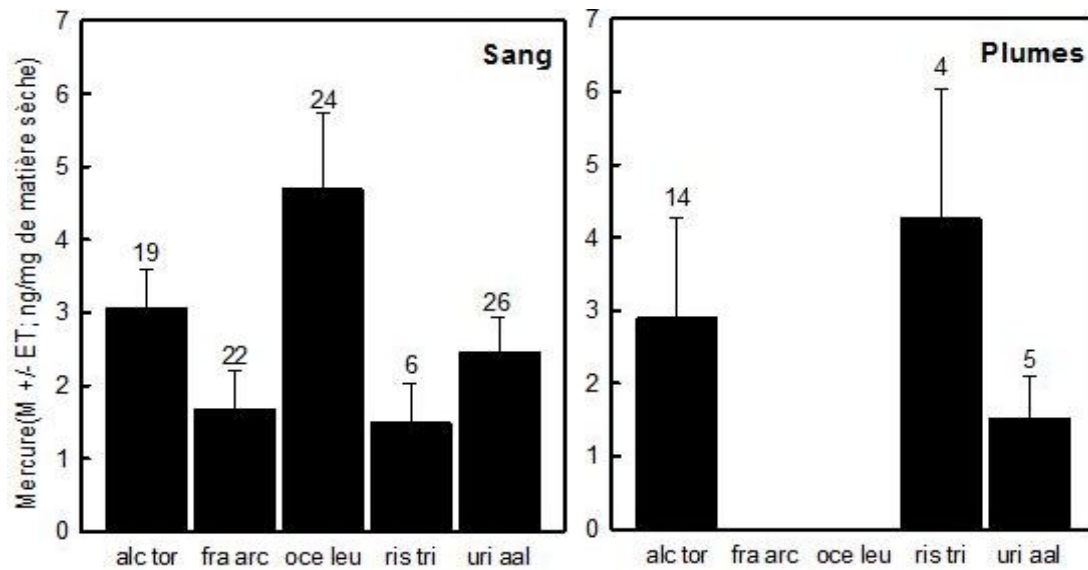
Chez le PT on retrouve des valeurs très proches de celles mesurées dans le sang mais avec une variation interindividuelle plus forte. Inversement chez le GT, elles sont plus faibles dans les plumes que dans le sang. Enfin chez les MT, les valeurs sont près de 3 fois supérieures à celles mesurées dans le sang, ce constat reposant sur une très faible taille d'échantillons.

Interprétation des résultats

Bien qu'un certain nombre d'études similaires aient déjà été réalisées sur ces mêmes espèces, y compris à l'échelle régionale (Goodale et al. 2008, Bond & Diamond 2009, Bond 2007), la comparaison des résultats est souvent rendue très difficile voire impossible en raison de l'utilisation de méthodes de mesure différentes, propres à chaque étude. Ainsi le dosage peut être effectué dans différents types de matériel biologique (plumes, sang, œuf...), avec, dans le cas du sang, des analyses portant sur le sang total ou uniquement les globules rouges. Enfin le choix des unités de mesure diffère également : par masse de tissu frais ou sec, en ng.ml⁻¹ ou en partie par billion...

En revanche la méthode de mesure que nous avons utilisée ici permet de comparer nos résultats avec plusieurs études réalisées sur une large gamme d'espèces d'oiseaux marins en milieu arctique, antarctique, austral et tropical.

Teneurs en mercure dans les plumes et le sang par espèce (PT : Pingouin torda, MM : Macareux moine, OCB : Océanite cul-blanc, MT : Mouette tridactyle, GT : Guillemot de troïl).



Globalement, les taux de mercure dans le sang présentés par les espèces échantillonnées sur le Grand Colombier témoignent d'une exposition significative au mercure présent dans l'environnement, pendant la reproduction. Ceci est particulièrement vrai pour 3 espèces (OCB, PT et GT) et dans une moindre mesure pour les 2 espèces restantes (MM et MT). Ces teneurs s'inscrivent dans la gamme de valeurs obtenues sur différentes espèces d'oiseaux marins échantillonnées selon la même méthode en zone arctique (Mouette tridactyle, grand labbe, *Catharacta skua* ; Tartu et al. 2013, Tartu 2014). Le résultat le plus spectaculaire, est que les OCB présentent des niveaux très proches de ceux mesurés chez des oiseaux positionnés plus haut dans la chaîne trophique, comme le grand labbe, qui consomme des proies plus grosses, plus âgées, et qui ont donc potentiellement accumulé plus de mercure (Tartu 2014). Les valeurs élevées observées chez les OCB peuvent résulter du fait qu'ils consomment des poissons méso-pélagiques, connus pour accumuler du mercure dans leurs tissus (Bond & Diamond 2009).

Pour les 3 espèces avec des teneurs supérieures à 2 ng/mg, et particulièrement les OCB, les niveaux de contamination mesurés dans le sang sont supérieurs ou équivalents à des niveaux pour lesquels on a pu constater des effets négatifs sur la physiologie et la reproduction dans d'autres espèces d'oiseaux marins ; ainsi on a mis en évidence des abandons de reproduction chez les Mouettes tridactyle nichant au Svalbard, présentant une teneur en mercure dans le sang de 1.8 à 2 pg/g (Tartu et al. 2013). De tels effets ont également été mis en évidence pour des niveaux de mercure comparables chez des oiseaux marins antarctiques comme le pétrel des neiges (Tartu et al 2015).

Néanmoins il est prématuré de conclure que les teneurs affichées par les espèces nichant sur le Grand Colombier affectent forcément la physiologie et/ou leur reproduction ; en effet cet impact peut être modulé par le biais de certains phénomènes physiologiques. Ainsi il a été montré chez certaines espèces d'oiseaux marins que parallèlement à des taux élevés en mercure, leur organisme présentait également des concentrations importantes en sélénium, un oligo-élément qui permet une détoxification du mercure dans l'organisme et donc d'en limiter les effets

toxiques (Gonzalez-Solis et al. 2002, Ikemoto et al. 2004), l'empêchant alors d'avoir des effets délétères sur l'organisme.

Il serait judicieux pour interpréter les différences interspécifiques dans les concentrations de mercure, d'intégrer l'écologie trophique des espèces et des individus. Une méthode indirecte, l'étude des isotopes stables du carbone ($\delta^{13}C$) et de l'azote ($\delta^{15}N$) peut renseigner sur les aires d'alimentation (isotopes du carbone) et sur le niveau trophique (isotopes de l'azote) des prédateurs marins (Cherel et al. 2008).

La lecture des taux de mercure contenus dans les plumes fournit des informations complémentaires à celles obtenues via le sang. Pendant que les oiseaux muent et « fabriquent » leurs nouvelles plumes, une partie du mercure accumulé dans l'organisme dans les mois qui précèdent va migrer dans ces plumes, ce qui permet à l'oiseau en quelque sorte de se débarrasser d'une partie du mercure qu'il a accumulé, et qui sera définitivement évacué lorsque la vieille plume tombera. Il est donc possible là aussi d'estimer quelle a été l'ampleur de l'exposition au mercure des oiseaux, au delà du contexte restreint de la reproduction (cela permet d'avoir une idée de la contamination au mercure en période inter-nuptiale) sur toutefois un pas de temps moins précis que ce que l'on mesure avec le sang (plusieurs mois).

Chez nombre d'alcidés cette mue des plumes de contour (ventre, dos...) se déroule souvent en fin de période de reproduction et s'étire pendant l'automne (d'août à novembre), et peut donc s'effectuer sur une zone géographique assez large, couvrant aussi bien le site de reproduction que le site d'hivernage. En revanche chez la MT, cette mue de contour a lieu plus tard, en mars-avril, peu de temps avant le retour sur les sites de reproduction. Chez les PT et GT, les teneurs en mercure des plumes très proches ou légèrement inférieures aux teneurs trouvées dans le sang ne suggèrent pas de variation importante dans l'exposition à ce métal lourd au cours de l'année. En revanche on note une nette augmentation de ces valeurs dans les plumes des mouettes tridactyles, ce qui peut suggérer que cette contamination plus importante résulte d'une période inter-nuptiale passée dans des régions de l'Océan Atlantique riches en mercure.

Globalement, cette première étude suggère que tous les oiseaux marins échantillonnés sur le Grand Colombier présentent des teneurs significatives en mercure, avec toutefois des différences marquées entre espèces, et pour certaines de ces espèces des variations marquées de ces concentrations au cours du temps. En ce qui concerne les valeurs élevées mesurées dans le sang des OCB, et les plumes des MT, on peut suggérer un lien : ces espèces fréquentent à un moment ou un autre de leur cycle annuel la même région Nord-Atlantique : l'Est de Terre Neuve, en bordure du plateau continental. En effet une étude conduite par Frederiksen et al. (2011) a montré que la grande majorité des MT se reproduisant en atlantique nord allait hiverner dans ce secteur. Par ailleurs, l'étude des trajets en mer des OCB pendant la reproduction dans les colonies de Terre Neuve montrent que les adultes prospectent également cette même zone (Pollet et al. 2014). Enfin, Fort et al. (2014) ont montré sur un autre alcidé, le mergule nain, *Alle alle*, que parmi tous les oiseaux hivernant dans l'atlantique nord-ouest, ceux stationnant sur l'est de Terre Neuve présentaient les plus fortes valeurs en mercure dans le sang. Ces différentes études concourent donc à identifier cette zone au large de Terre Neuve comme un secteur où le mercure se concentre de manière significative dans la chaîne trophique.

Remerciements

Cette mission a bénéficié d'un financement octroyé par la DTAM de St Pierre & Miquelon, ainsi que d'un financement complémentaire issu du programme BEST 2.0.

Nous tenons à remercier ici tout particulièrement Jean BOUILLEAU ET Richard MARTIN (ONCFS – Service Départemental de St Pierre & Miquelon) pour leur appui technique et logistique sans faille et enthousiaste sur le terrain tout au long de la mission.

Merci à Nicole NINGRE (secrétariat du Service Départemental de St Pierre & Miquelon) pour son aide et sa gentillesse. Nous remercions également le Délégué Interrégional Dominique GAMON et tout le personnel administratif de la Délégation Interrégionale ONCFS Outremer (Chantal BRONCHY, Corinne DOL) de la direction administrative et financière de l'ONCFS (Florence OMNES, Florence DEPASSE, Isabelle RIVAULT, Isabelle PINARD-GAUDIN, Valérie ROPARS, du secrétariat de l'Unité Avifaune Migratrice (Valérie GUERINEAU), de la Direction Générale (Catherine JOCHUM) pour leur appui logistique lors de l'élaboration de cette mission ainsi que toute la gestion administrative et financière des différents dossiers liés aux missions sur St Pierre & Miquelon. Merci enfin à notre Correspondant Informatique ONCFS Eric MILLET pour son aide dans la préparation du matériel informatique de terrain.

Référence

- Brooke M. 2004. Albatrosses and petrels of the world. Oxford University Press, Oxford.
- Bustamante, P., Lahaye, V., Durnez, C., Churlaud, C., Caurant, F. 2006. Total and organic Hg concentrations in cephalopods from the North East Atlantic waters: influence of geographical origin and feeding ecology. *Sci. Total Environ.* 368 (2-3): 585–596.
- Cherel Y, Corre Ml, Jaquemet S, Menard F, Richard P, Weimerskirch, H (2008). Resource partitioning within a tropical seabird community: New information from stable isotopes. *Mar Ecol Prog Ser.* 366:281-29.
- Fort, J., Robertson, G., Grémillet, Traisnel, G. & P. Bustamante. 2014. Migratory Arctic Seabirds Are Exposed to Mercury Contamination While Overwintering in the Northwest Atlantic. *Spatial Ecotoxicology: Environmental Science and Technology*, American Chemical Society, 2014, 48, pp.11560 - 11567.
- Frederiksen M, Moe B, Daunt F, Phillips RA and others. 2012. Multi-colony tracking reveals the non-breeding distribution of a pelagic seabird on an ocean basin scale. *Divers Distrib* 18: 530–542.
- González-Solís, J.; Sanpera, C.; Ruiz, X. 2002. Metals and selenium as bioindicators of geographic and trophic segregation in giant petrels *Macronectes* spp. *Marine Ecology Progress Series* 244: 257–264.
- Ikemoto, T., Kunito, T., Tanaka, H., Baba, N., Miyazaki, N. & S. Tanabe. 2004. Detoxification mechanism of heavy metals in marine mammals and seabirds: interaction of selenium with mercury, silver, copper, zinc, and cadmium in liver. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology.* 47 : 402–413.
- Kuepfer, A. 2012. Foraging patterns and home ranges of breeding razorbills (*Alca torda*) from two colonies in North Wales, UK, as revealed by GPS tracking in the seasons of 2011 and 2012. *Mémoire de Thèse*, Bangor University
- Pollet, I. L., R. A. Ronconi, I. D. Jonsen, M. L. Leonard, P. D. Taylor, and D. Shutler. 2014. Foraging movements of Leach's Storm-petrels *Oceanodroma leucorhoa* during incubation. *Journal of Avian Biology* 45:305-314.
- Schneider, D., Pierotti, R. & W. Threlfall. 1990. Alcid patchiness and flight direction near a colony in eastern Newfoundland. *Stud. Avian Biol.* 14: 23-25.
- Stone, C.J., Webb, A., Barton, T.R. & Gordon, J.R.W. 1992. Seabird distribution around Skomer and kirkholm Islands, June 1992. JNCC Report No.152: 23pp. + Tables, Figures & Appendix.
- Tartu S, Goutte A, Bustamante P, Angelier F, Moe B, Clement-Chastel C, Bech C, Gabrielsen GW, Bustnes JO, Chastel O. 2013. To breed or not to breed: endocrine response to mercury contamination by an Arctic seabird. *Biol. Lett.* 9, (4), 20130317.
- Tartu, S. 2014. Effets des polluants organiques persistants et des métaux lourds sur la physiologie du stress des oiseaux polaires. *Mémoire de thèse de Doctorat.*
- Tartu S, Angelier F, Wingfield JC, Bustamante P, Labadie P, Budzinski H, Weimerskirch H, Bustnes JO, Chastel O. 2015. Corticosterone, prolactin and egg neglect behaviour in relation to mercury and legacy POPs in a long-lived Antarctic. *Science of the Total Environment* 505,180-188. Université de La Rochelle.
- Thaxter, C., Lascelles, B., Sugar, K., Cook, A.S., Roos, S., Bolton, M., Langston, R., Burton, N.H., 2012. Seabird foraging ranges as a preliminary tool for identifying candidate Marine Protected Areas. *Biological Conservation*, this issue

ANNEXE I

Description des GPS déployés

● Guillemots de Troil et Pingouins torda:

Modèle :

CatLog-S, fabriqué par Catnip Technologies (<http://catniptech.com/>)

Fonctionnement :

batterie rechargeable

Récupération des données :

par connexion USB entre GPS et ordinateur

Masse :

8g



● Macareux moines

Modèle :

nanoFix GPS tag (NF_GEO+RF_LP_1B_12PD), fabriqué par Pathtrack Ltd (<http://www.pathtrack.co.uk/>)

Fonctionnement :

batterie rechargeable + panneaux solaires

Récupération des données :

par transmission UHF vers une station automatique

Masse :

5g



● Océanites cul-blanc

Modèle :

nanoFix-mini GPS tag (nanoFix-mini2m), fabriqué par Pathtrack Ltd (<http://www.pathtrack.co.uk/>)

Fonctionnement :

batterie rechargeable

Récupération des données :

par connexion USB entre GPS et ordinateur

Masse :

1g

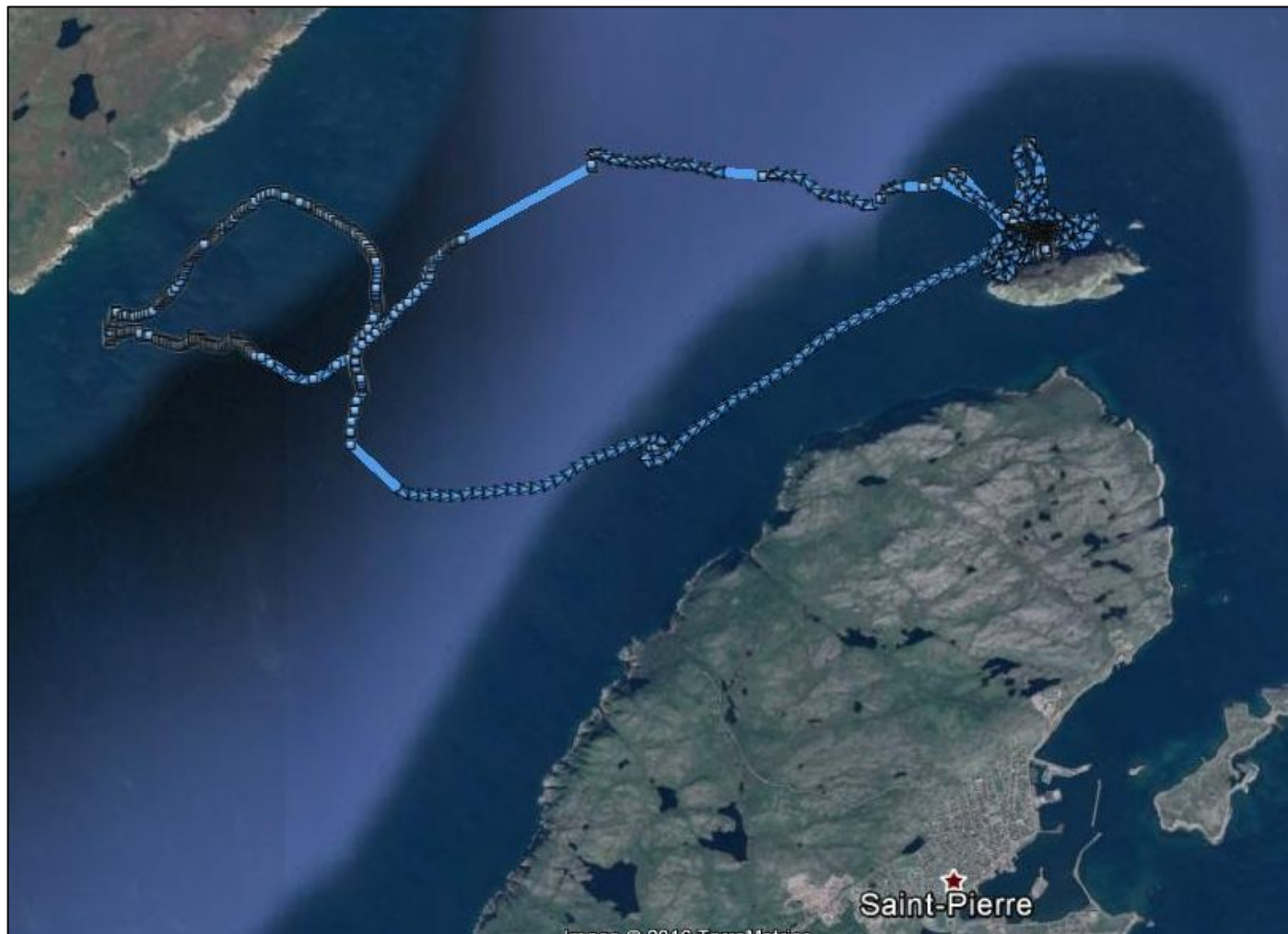
ANNEXE II

Cartographie des trajets réalisés par les différents individus équipés

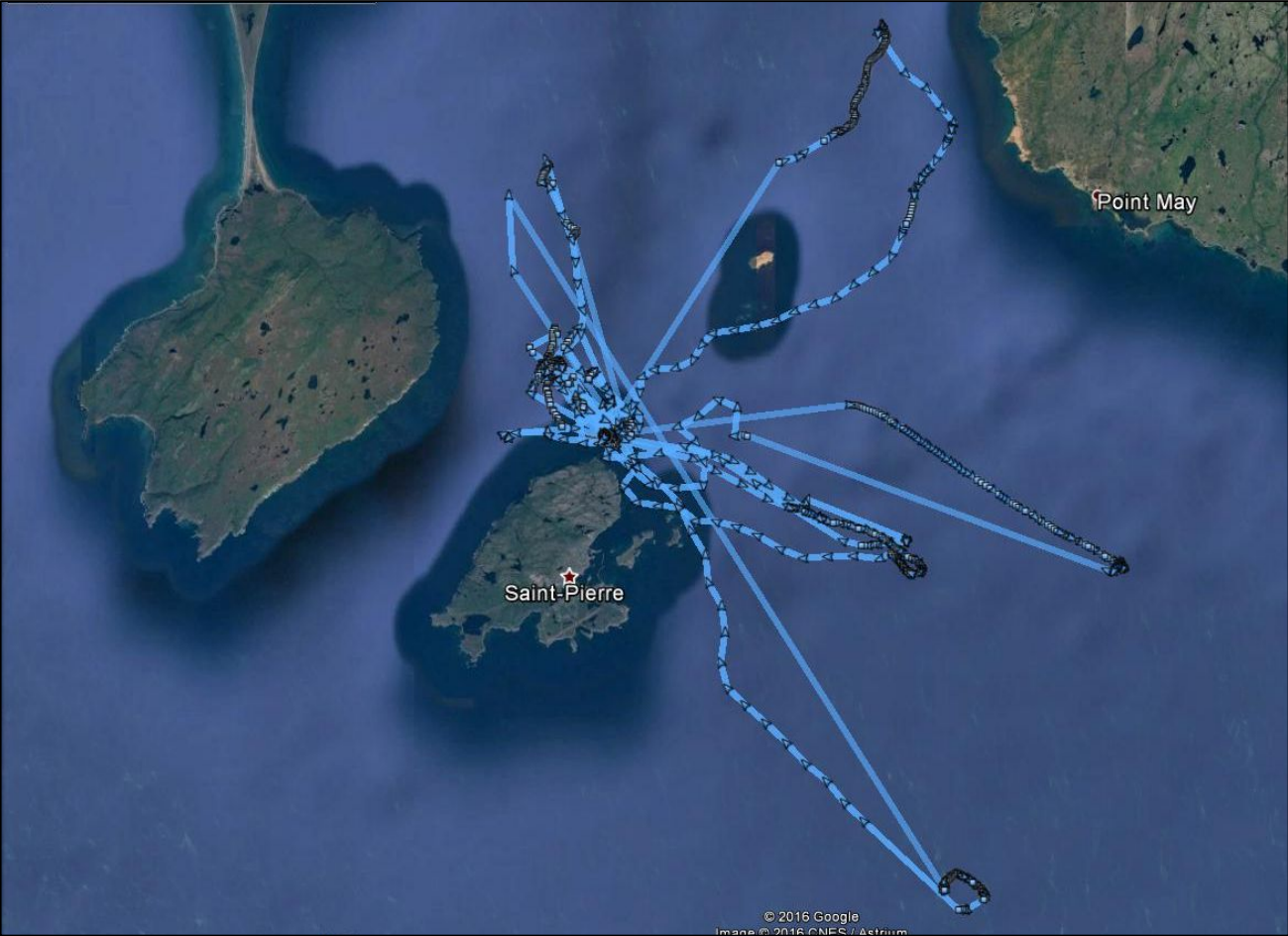
Chaque carte illustre l'ensemble des trajets réalisés par un individu, entre son équipement et sa recapture. Les localisations obtenues lorsque la vitesse de déplacement est supérieure à 20 km.h⁻¹ apparaissent sous forme de flèche, celles en deçà de 20 km h⁻¹ sous forme de carré. La pointe de la flèche indique le sens de déplacement.

Guillemot de Troïl

2015 : GPS n° 5580



2016 : GPS n° 5569



2016 : GPS n° 5581



2016 : GPS n° 5589



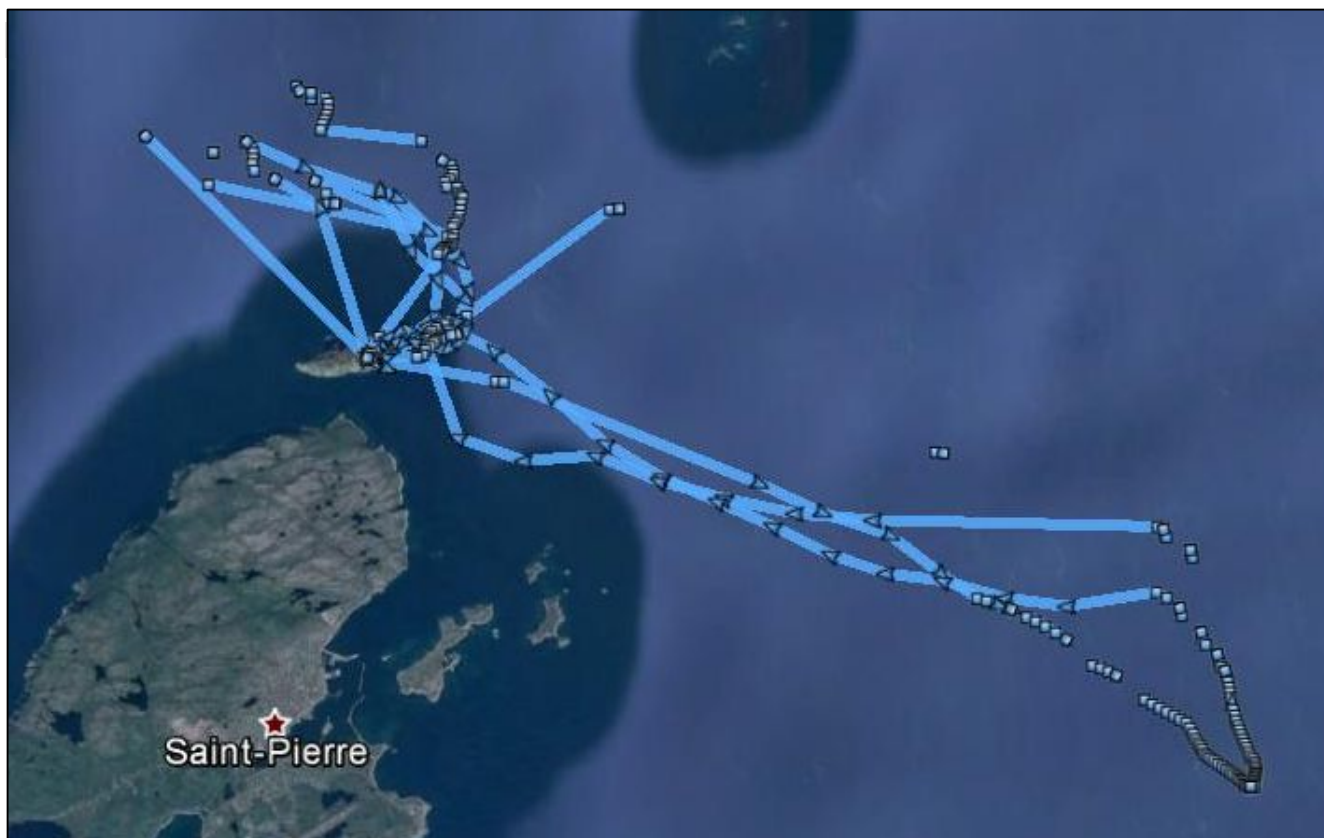
2016 : GPS n° 5592



2016 : GPS n° 5601



2016 : GPS n° 5564 (données altérées suite à l'infiltration d'eau)



Pingouin torda

2015 : GPS n° 5585



2016 : GPS n°5571



2016 : GPS n°5575



2016 : GPS n°5588



2016 : GPS n°5591



2016 : GPS n°5600

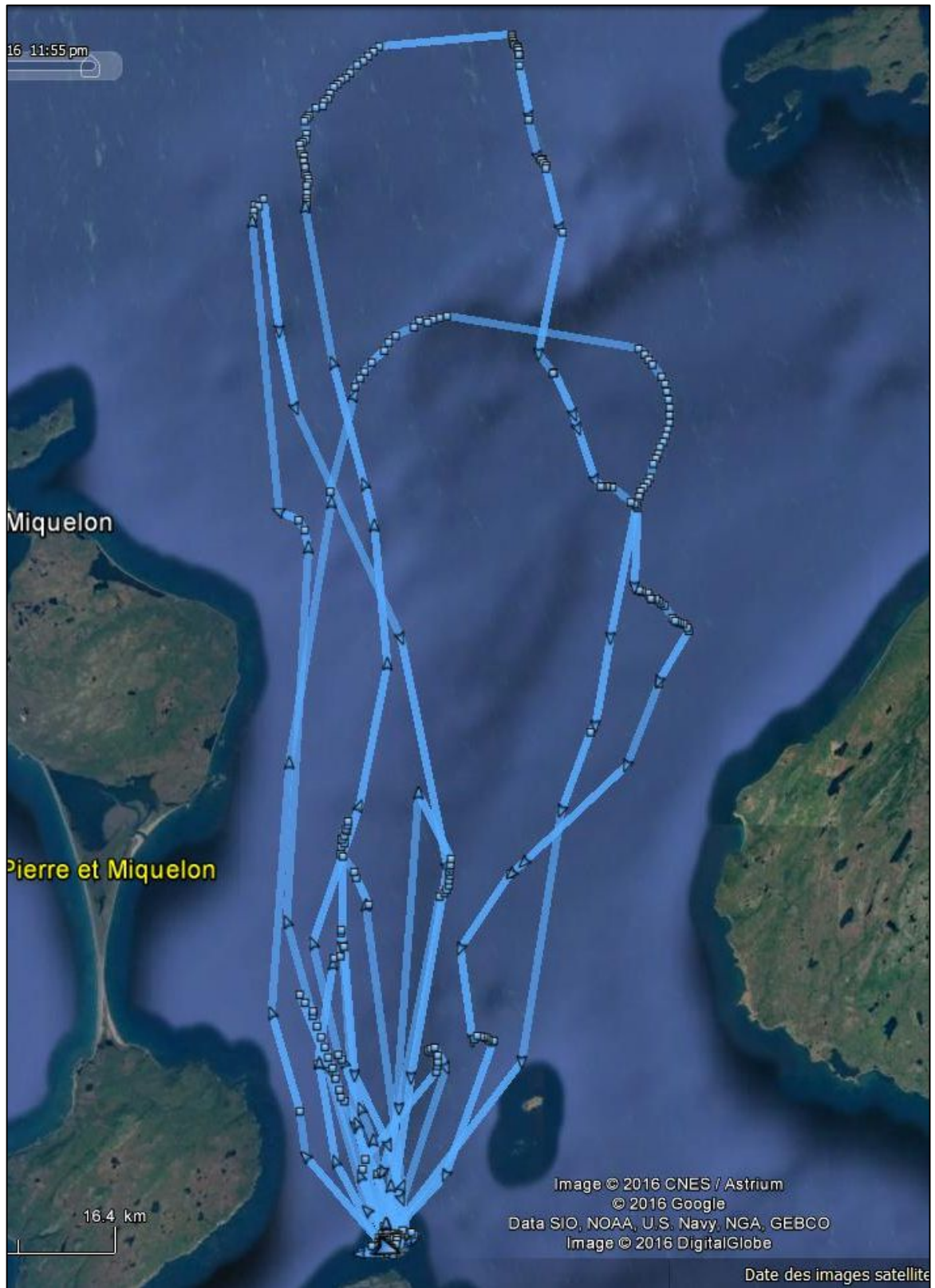


Macareux moine

2016 : GPS n°16337



2016 : GPS n°16380



2016 : GPS n°16384



2016 : GPS n°16386

