



Centre d'expertise
sur les mammifères
marins

Rapport sur la
recherche scientifique

2015-2017



Table des matières

| | |
|--|----|
| Introduction | 2 |
| Utilisation d’images aériennes infrarouges pour dénombrer les phoques annelés sur la glace | 4 |
| Utilisation de véhicules aériens sans pilote (UAV) | 6 |
| 2017 : A Marine Mammal Odyssey, Eh! | 7 |
| Une analyse de marquage-recapture provenant d’une étude à long terme sur l’île de Sable révèle des changements dans les taux démographiques chez le phoque gris de l’Atlantique Nord-Ouest | 9 |
| Réseau OTN – Utilisation des phoques gris (<i>Halichoerus grypus</i>) comme sondes biologiques pour estimer la biomasse de phytoplancton..... | 11 |
| Relevés aériens internationaux de la mégafaune marine du plateau continental dans l’Atlantique Nord-Ouest, du nord du Labrador jusqu’à la baie de Fundy | 15 |
| Surveillance des déplacements des phoques lors de la mise bas sur la banquise dérivante | 18 |
| Recherche en génomique sur les mammifères marins dans la région du Centre et de l’Arctique | 21 |
| Réseau OTN et interactions prédateurs/proies | 23 |
| Écoute en eaux profondes : Surveillance acoustique passive des baleines au large de la Nouvelle-Écosse | 26 |
| Le partage des repas maintient la cohésion des familles d’épaulards: l’approvisionnement des membres de la famille maintient le lien social à long terme et aide à transmettre des gènes communs | 30 |
| Nouveaux progrès dans l’utilisation d’acides gras pour déterminer le régime alimentaire des mammifères marins | 33 |
| Davantage qu’une bouchée – Révéler l’historique de quête de nourriture et de reproduction de la baleine boréale à partir du fanon | 34 |
| Observation du comportement du morse dans les échoueries quasiment en temps réel..... | 37 |
| Vers un dénombrement automatisé | 40 |
| Références | 43 |



Introduction

Pêches et Océans Canada a créé le Centre d'expertise sur les mammifères marins (CEMAM) en 2004 pour fournir l'expertise nationale requise afin de donner des avis scientifiques évalués par des pairs et fondés sur des preuves et pour promouvoir la collaboration entre les chercheurs de partout au pays. Il s'appuyait sur l'historique de coopérations entre les scientifiques spécialistes des mammifères marins qui s'étaient développées au fil des ans. Depuis, le CEMAM a augmenté en passant d'environ 40 professionnels à plus de 60 employés à la suite de nouveaux investissements dans les sciences et du nouveau Plan de protection des océans du gouvernement. De nouveaux professionnels ont rejoint l'équipe du CEMAM et ont contribué à développer notre expertise en apportant au groupe une combinaison saine de nouvelles compétences quantitatives et d'enthousiasme.

Antérieurement, les travaux de recherche sur les mammifères marins au Canada se concentraient sur le rassemblement de données de base sur l'abondance, les indices vitaux, le régime alimentaire, la répartition et la délimitation des stocks. Ces programmes à plus long terme apportent des éclaircissements sur la façon dont les paramètres du cycle biologique répondent à la dépendance à la densité et à la disponibilité des ressources alimentaires, ce qui nous permet de mieux prédire la façon dont les populations réagiront au changement climatique, à la mise en place d'aires marines protégées et aux impacts industriels. Par exemple, les données à long terme recueillies sur le phoque du Groenland, le phoque gris et l'épaulard résident du sud nous ont permis d'identifier et de comprendre les principaux mécanismes qui influencent la dynamique des populations de ces espèces. À partir de ces bases de données, nous avons appris que les phoques du Groenland présentent des changements de taux de

croissance et une réduction de la productivité liés à une combinaison de facteurs incluant des densités de population élevées et la coïncidence du moment de la débâcle. Ces facteurs ont, à leur tour, un effet en cascade sur l'abondance du capelan, une ressource alimentaire primaire des phoques du Groenland. Les populations de phoques gris se sont aussi sensiblement rétablies depuis les années 1960 et des changements similaires dépendants de la densité ont été observés par la réduction de la survie des juvéniles.

Dans le cas des épaulards résidents du sud, des études à long terme ont montré que le saumon quinnat demeure un facteur important de la dynamique de la population. En même temps, nos travaux de recherche se sont étendus au-delà de la collecte de données de base pour inclure la création de nouvelles analyses afin d'améliorer les analyses de données et des études plus complexes sur la sélection des habitats, la pollution sonore dans les océans et les répercussions du bruit sous-marin sur les mammifères marins.

Depuis notre dernier rapport, les progrès technologiques ont donné lieu à l'apparition de nouveaux outils dans la boîte à outils du scientifique. Les véhicules aériens sans pilote (UAV ou drones) ont été mis à l'essai avec succès dans la baie Cumberland (Nunavut) pour photographier des bélugas dans le but de recueillir des données sur le cycle biologique, pour estimer la production de blanchons dans le Canada atlantique et pour recueillir des renseignements sur les loutres de mer en Colombie-Britannique. Le déploiement d'émetteurs et de récepteurs sur les poissons consommés et leurs prédateurs, en collaboration avec des collègues du milieu universitaire, nous aide à acquérir de nouvelles connaissances sur les interactions prédateurs/proies possibles par l'intermédiaire de la participation au



programme Ocean Tracking Network. Le déploiement d'émetteurs satellites équipés d'accéléromètres fournit d'autres indications sur le comportement de recherche de nourriture des mammifères marins.

Outre les études à long terme utilisant des approches biologiques plus traditionnelles, le domaine de l'acoustique a étendu notre capacité à surveiller la présence de mammifères marins dans une zone 24 heures par jour, 365 jours par an et fournit maintenant des indications sur l'occurrence des mammifères marins dans des zones ou à des moments de l'année où l'utilisation d'approches traditionnelles, comme les relevés aériens, s'est avérée difficile. Les zones en question sont notamment les trois océans du Canada, du rivage aux sites extracôtiers.

L'élaboration d'algorithmes de détection automatisée pour identifier les vocalisations d'une espèce particulière a accéléré le traitement des données et notre capacité à obtenir des renseignements sur la répartition de mammifères marins à partir d'ensembles de données acoustiques.

En outre, la collecte de données acoustiques nous permet d'établir des niveaux de bruit de base dans nos océans, de mesurer la façon dont les niveaux de bruit changent avec les activités humaines et de mieux évaluer les impacts potentiels du bruit sur les populations de mammifères marins.

Les coûts et défis logistiques demeurent un obstacle majeur à la réalisation de recherches dans le Nord. Souvent le défi le plus difficile est le déploiement initial de personnes, de nourriture et d'équipement. Une fois ce déploiement effectué, le maintien du campement est relativement facile. En s'appuyant sur ce principe, les collègues dans la région du Centre et de l'Arctique ont organisé un campement principal durant neuf semaines dans le détroit de Tremblay (Nunavut) où ils ont été en mesure de déployer des émetteurs satellites sur des narvals pour améliorer notre compréhension de la structure

des stocks et du comportement des narvals dans la zone nord de l'île de Baffin. La clé du succès de ce programme reposait sur une collaboration avec l'industrie, des organismes non gouvernementaux, des universités et les Inuits (les personnes détenant des connaissances locales). Cela a permis d'étendre le projet à un programme de recherche pluridisciplinaire qui incluait d'autres composantes de l'écosystème, y compris le zooplancton, l'omble chevalier et le requin du Groenland.

Un des points forts du CEMAM est son niveau élevé de collaboration interrégionale. En partie, cette collaboration est nécessaire, car les mammifères marins chevauchent souvent les limites régionales, mais les collaborations s'étendent souvent plus loin, par l'intermédiaire de nos programmes de relevés et de recherche, et en réponse à des événements inhabituels. En 2017, 12 carcasses de baleines noires de l'Atlantique Nord ont été détectées dans le sud du golfe du Saint-Laurent. De nouveaux chercheurs de la région du Golfe se sont réunis avec d'autres chercheurs du CEMAM et ont coordonné l'intervention pour réaliser des nécropsies.

Un soutien provenant de toute la zone Atlantique était requis pour réaliser les nécropsies et obtenir des échantillons biologiques. Le Ministère a également élaboré un programme de surveillance impliquant le soutien de toutes les régions de l'Atlantique afin de coordonner les activités et de fournir du personnel d'aéronef tout au long des mois d'été et d'automne pour la recherche de baleines noires. Il existe plusieurs autres cas où une collaboration étroite entre les régions s'est produite, à l'échelle internationale et avec le milieu universitaire, p. ex., le relevé des cétacés dans le Haut-Arctique (RCHA) mené en 2013, les Relevés aériens internationaux dans l'Atlantique Nord en 2016, ainsi que les relevés de phoques du Groenland du Nord-Ouest de l'Atlantique et des morses du détroit de Davis et de la baie d'Hudson en 2017. En 2018, le tout premier relevé des eaux du Pacifique,



au large de la côte de la Colombie-Britannique, qui comprend une combinaison de plateformes navales et aériennes, sera entrepris.

En 2017, la Society for Marine Mammalogy a organisé sa 22^e conférence biennale à Halifax (Nouvelle-Écosse). C'est la quatrième fois que la réunion se tenait au Canada et la première fois dans le Canada atlantique. Rassemblant plus de 1 700 personnes, la conférence fut un incroyable succès et nous félicitons notre coprésidente de la région des Maritimes, Hilary Moors-Murphy, et d'autres membres du CEMAM qui ont participé à la conférence et aux comités scientifiques, dans le cadre d'un événement extrêmement ambitieux.

Dans notre présent rapport, le quatrième, nous n'avons mis en évidence qu'un petit échantillon du large éventail d'activités entreprises par les scientifiques spécialistes des mammifères marins de Pêches et Océans Canada dans l'ensemble du pays. Nous espérons que vous apprécierez les recherches fascinantes et utiles menées au sein du MPO et que vous en apprendrez un peu plus!

Mike Hammill
Directeur du CEMAM
Institut Maurice-Lamontagne
Mont-Joli (Qc)

Utilisation d'images aériennes infrarouges pour dénombrer les phoques annelés sur la glace

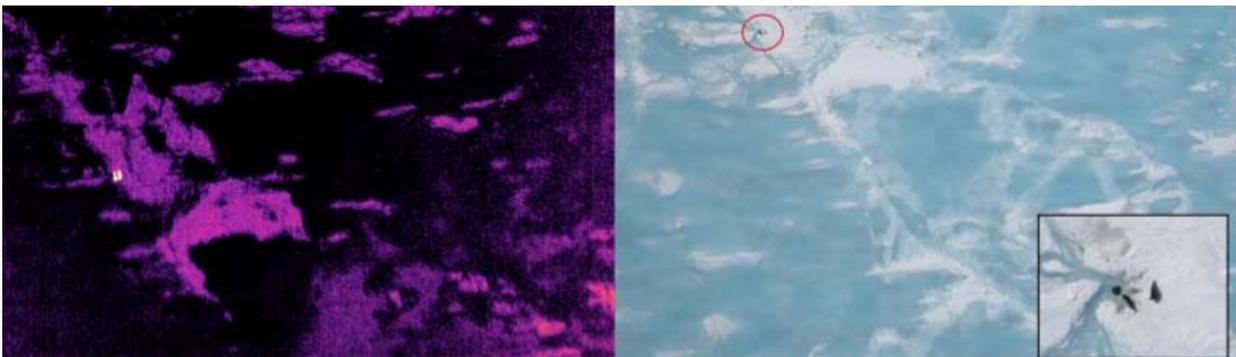
Brent Young et Steve Ferguson

L'estimation de l'abondance de mammifères marins pour évaluer les stocks est difficile. La capacité des observateurs à détecter les animaux de manière fiable à partir d'un aéronef en mouvement est limitée. Bien que des méthodes reposant sur des transects puissent être utilisées pour tenir compte des animaux non détectés, une grande incertitude leur est associée.

Les méthodes reposant sur des transects à double plateforme sont fondées sur un certain nombre d'hypothèses clés qui nécessitent au moins quatre observateurs et une analyse statistique détaillée pour estimer et contrôler les biais. Pour dépasser ces limites, des images aériennes et satellitaires sont de plus en plus souvent utilisées sur les relevés des mammifères marins afin d'essayer d'améliorer les estimations en réduisant le nombre d'animaux non repérés. Cependant, en l'absence de méthodes de détection automatisée fiable, l'analyse de photographies de relevés aériens demande beaucoup de temps et n'est pas toujours pratique.

Dans le cas des relevés de phoques sur la glace, des avancées récentes en matière de technologie infrarouge offrent une solution pour améliorer l'estimation de la densité tout en réduisant les besoins en ressources humaines lors de la réalisation de relevés et de l'analyse de photographies.

Pour réaliser des relevés de phoques annelés sur la glace, nous avons utilisé un appareil photo infrarouge à haute résolution (IR) (FLIR T1030sc) jumelé à un appareil photo reflex mono-objectif numérique à haute résolution (DSLR) (Nikon D810). Les phoques de l'Arctique, comme les phoques annelés et les phoques barbus, se hissent sur la glace au printemps pour la mue (changement de leur pelage) et peuvent être observés depuis un aéronef en vol à bord duquel des relevés sont effectués. Lorsque les phoques se hissent sur la glace de mer, la chaleur de leur corps contraste avec la surface froide de la glace et apparaît comme un « point chaud » évident sur les images infrarouges (voir les photos). Les fichiers vidéo infrarouges ont été analysés pour repérer les points chauds de phoques potentiels et les photographies correspondantes provenant de l'appareil photo DSLR ont été examinées pour vérifier les observations. À l'aide de ces méthodes, les phoques peuvent être détectés de manière efficace avec un degré de confiance élevé, en se conformant aux principales hypothèses d'analyse des relevés en bande et en offrant des avantages considérables par rapport aux méthodes traditionnelles. Pêches et Océans Canada continue à élaborer ces nouvelles méthodes pour permettre une estimation de l'abondance plus efficace, étant donné que les efforts de conservation nécessitent une fréquence et une couverture plus importantes des stocks de mammifères marins pour améliorer l'évaluation.



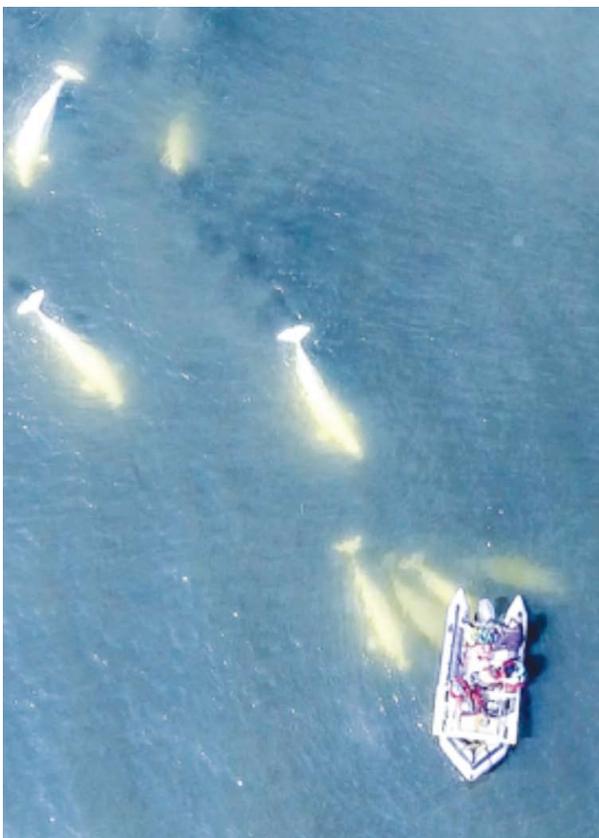
Vue aérienne de deux phoques annelés sortis de l'eau sur la glace de mer dans le détroit d'Eclipse en juin 2016. Les images ont été prises à l'aide d'un appareil photo infrarouge (à gauche) et d'un appareil photo reflex mono-objectif numérique (à droite). L'encadré montre un gros plan des phoques (photos : MPO).

Utilisation de véhicules aériens sans pilote (UAV)

Marianne Marcoux

Les véhicules aériens sans pilote (UAV) (aussi appelés systèmes aériens sans pilote ou drones) ont été de plus en plus utilisés dans l'étude sur les populations d'espèces sauvages. Ils offrent une solution plus sûre, plus rentable et plus discrète que les méthodes de recherche traditionnelles. Pour les mammifères marins, l'utilisation d'UAV est prometteuse dans plusieurs aspects de la recherche, comme l'élaboration d'une méthode pour évaluer la taille et la structure des populations, ainsi que l'observation directe du comportement.

Pour plusieurs populations de mammifères marins au Canada, nous évaluons la taille de la population en dénombrant directement les animaux depuis un aéronef ou sur des photographies prises à partir d'un aéronef. Ces méthodes sont coûteuses et peuvent être dangereuses.



Les UAV équipés d'un appareil photo offrent une nouvelle plateforme pour effectuer l'évaluation de la population à un coût moindre et d'une façon plus sûre. Bien que les UAV ne volent pas aussi vite ou aussi longtemps qu'un petit aéronef, les recherches actuelles portent sur la possibilité d'utiliser des UAV pour évaluer la taille des populations. En outre, les méthodes de dénombrement des animaux sur des photographies sont actuellement améliorées.

Pour gérer une population de mammifères marins, il est important de connaître la proportion de mâles et de femelles dans la population, ainsi que la proportion d'adultes et de non-adultes. Ces renseignements peuvent être recueillis de manière non invasive à l'aide de photographies prises depuis un UAV. Par exemple, chez les narvals il est possible de différencier les mâles des femelles grâce à la présence d'une défense sur les mâles (elle est facilement visible sur des photos aériennes). Nous utilisons des vidéos ou des photos prises à partir d'UAV pour déterminer la proportion de mâles dans la population. De même, à partir de vidéos et de photos, il est possible d'évaluer la proportion de petits, ce qui fournit des renseignements importants sur la santé de la population de narvals.

Les appareils vidéo et appareils photo fixés sur les UAV peuvent également être utilisés pour observer le comportement des mammifères marins d'un point de vue qui était auparavant inaccessible et peuvent améliorer notre compréhension des mammifères marins. Par exemple, à l'aide de vidéos obtenues à partir d'un UAV, nous avons été en mesure de montrer pour la première fois que les narvals utilisent leur défense pour se nourrir de petits poissons à la surface en les assommant puis en les dirigeant vers leur bouche. Nous utilisons aussi les vidéos d'UAV pour établir un lien entre les comportements observés et les enregistrements de sons sous l'eau. Par conséquent, nous pouvons mieux comprendre le comportement des animaux en matière de communications.

Photographie aérienne prise par l'équipe du MPO qui étudie les bélugas dans l'estuaire de la rivière Churchill (Manitoba) à l'aide d'un véhicule aérien sans pilote (photo : MPO).

2017: A Marine Mammal Odyssey, Eh!



Hilary Moors-Murphy

La 22^e conférence biennale de la Society for Marine Mammology (SMM) sur la biologie des mammifères marins s'est tenue au World Trade and Convention Centre à Halifax (Nouvelle-Écosse), du 22 au 29 octobre 2017. Cette réunion internationale est la plus grande conférence sur les mammifères marins au monde et attire plus de 1 700 participants de 70 pays en vue de renforcer la collaboration, de partager des idées et d'améliorer la qualité des recherches sur les mammifères marins. La conférence de 2017 a été coprésidée par la chercheuse du MPO H. Moors-Murphy et plusieurs membres du personnel du MPO ont joué des rôles importants dans la préparation de la conférence, dans le cadre des comités d'organisation et des programmes scientifiques.

Plus de trente membres du personnel du MPO ont participé à cette conférence, nombre d'entre eux ayant présenté leurs recherches à ce public international en vue de favoriser la sensibilisation et

de susciter des discussions concernant les travaux en cours au sein du Ministère.

La conférence a comporté six allocutions en plénière, plus de 450 présentations vidéo, orales et rapides et plus de 500 présentations d'affiches, ainsi que des séances de discussions entre experts, des ateliers et des événements de réseautage. La conservation des mammifères marins était l'objectif principal tout au long de la conférence, avec environ un tiers des présentations qui relevaient de ce thème. Une nouvelle « série de points saillants sur la conservation » comportait des séances de déjeuners débats consacrés à la situation critique de la baleine noire de l'Atlantique Nord, du marsouin de Californie et du phoque moine. L'habitat et la répartition, ainsi que l'acoustique et la communication étaient aussi des thèmes populaires.

Un sujet récurrent tout au long de la conférence était la communication scientifique. Un nouveau format de présentation prometteur a été offert et bien accueilli : les présentations vidéo. Ce format de présentation permet aux scientifiques de distiller l'information



Salle comble pour écouter le discours de bienvenue du secrétaire parlementaire du ministre des Pêches, des Océans et de la Garde côtière canadienne Terry Beech pendant les cérémonies d'ouverture de la conférence (photo : Jarrett Corke).

concernant leurs recherches par l'intermédiaire d'un résumé vidéo qui peut aussi servir d'outil de sensibilisation et son utilisation sera encouragée lors de futures conférences biennales. Une discussion entre experts sur la « communication scientifique en vue de la conservation » a fourni des exemples de succès et d'échecs dans la communication de nos données scientifiques. L'événement très populaire « Fête canadienne » était ouvert au grand public et présentait des scientifiques spécialistes des mammifères marins partageant leurs histoires concernant la réalisation de recherches sur les mammifères marins au Canada.

Cet événement a mis en évidence l'intérêt partagé des participants à la conférence et du public pour l'aspect humain de la science consacrée aux

mammifères marins. Expliquer à quoi ressemble la réalisation de travaux de recherche sur les mammifères marins et pourquoi les spécialistes choisissent cette profession peut susciter l'intérêt du public et, en retour, nous aider à communiquer nos travaux de recherche à un public plus vaste.

De nombreux commentaires positifs ont été reçus de la part du comité exécutif de la Society for Marine Mammology et des participants à propos de leur expérience à la conférence de 2017. Cette conférence s'est révélée être une véritable odyssée réussie avec une touche canadienne!

Une analyse de marquage-recapture provenant d'une étude à long terme sur l'île de Sable révèle des changements dans les taux démographiques chez le phoque gris de l'Atlantique Nord-Ouest.

*Cornelia E. den Heyer¹,
W. Don Bowen¹, Damian Lidgard²
et Shelley Lang¹*

La colonie reproductrice de phoque gris de l'île de Sable est la plus vaste colonie reproductrice de phoques gris au monde. En 2016, elle a produit 85 % de la production totale de blanchons de phoque gris dans les eaux canadiennes.

Après plus de trois décennies de croissance à un taux de 13 %, le taux de croissance a diminué à environ 4 % depuis 1997.

Une hypothèse a été formulée à l'effet que, lorsque confrontés à une limitation en ressources, les populations de grands vertébrés longévifs présentent

d'abord une diminution de la survie des juvéniles, puis de la natalité et enfin, de la survie des adultes. Pour surveiller et mieux comprendre les changements des taux démographiques et l'effet du changement de ces taux sur la dynamique des populations, nous avons besoin d'études à long terme. Depuis 1969, quelque 7 000 phoques gris de la colonie de l'île de Sable ont été marqués au sevrage de façon unique et permanente.

Chaque année, pendant la saison de reproduction de décembre à février, des scientifiques du MPO et leurs collaborateurs effectuent des relevés systématiques de toute la colonie pour repérer les adultes marqués.

Ces données fournissent des historiques d'observations répétées d'individus qui nous



Sur les adultes, les marques individuelles permanentes mesurent au moins 10 cm de haut et sont faciles à repérer à distance (photo : W. Don Bowen).

¹ Pêches et Océans Canada

² Université Dalhousie

permettent d'estimer la survie en fonction de l'âge et du sexe des juvéniles et des adultes. La survie moyenne des adultes était élevée, mais le taux de survie des phoques gris mâles était plus faible à tous les âges (figure 1). Grâce à la philopatrie des phoques gris envers leur colonie d'origine, nous pouvons aussi estimer les taux de reproduction à l'aide des historiques d'observations répétées des femelles. Seules les femelles accompagnées de leurs petits sont observées dans la colonie. Les femelles qui sautent une saison de reproduction ne sont pas observables (émigration temporaire). Un nouveau modèle multi-états ouvert à conception robuste a été utilisé pour estimer les probabilités de transition entre les états de reproduction et de non-reproduction de 1992 à 2016. Les femelles qui ont donné naissance avaient, en moyenne, une probabilité de 85 % de mettre bas l'année suivante. Toutefois, les femelles qui n'ont pas donné naissance avaient une probabilité de 56 % de

mettre bas l'année suivante, ce qui donne à penser que la qualité reproductive des femelles joue un rôle dans la probabilité de reproduction. Même si la probabilité de reproduction variait d'une année à l'autre, aucune tendance n'a été constatée au fil du temps. Par conséquent, ni le taux de survie des adultes, ni le taux de reproduction n'ont contribué à la diminution du taux de croissance de la production de petits. À ce jour, la diminution du taux de croissance semble provenir de la diminution importante de la survie des juvéniles qui est passée de 0,74 (cohortes de 1985 à 1989) à 0,33 (cohortes de 1998 à 2002). Les cohortes récemment marquées (de 2014 à 2016) fourniront les futures estimations pour déterminer comment les indices vitaux varient à mesure que la population se rapproche de la capacité de charge environnementale.

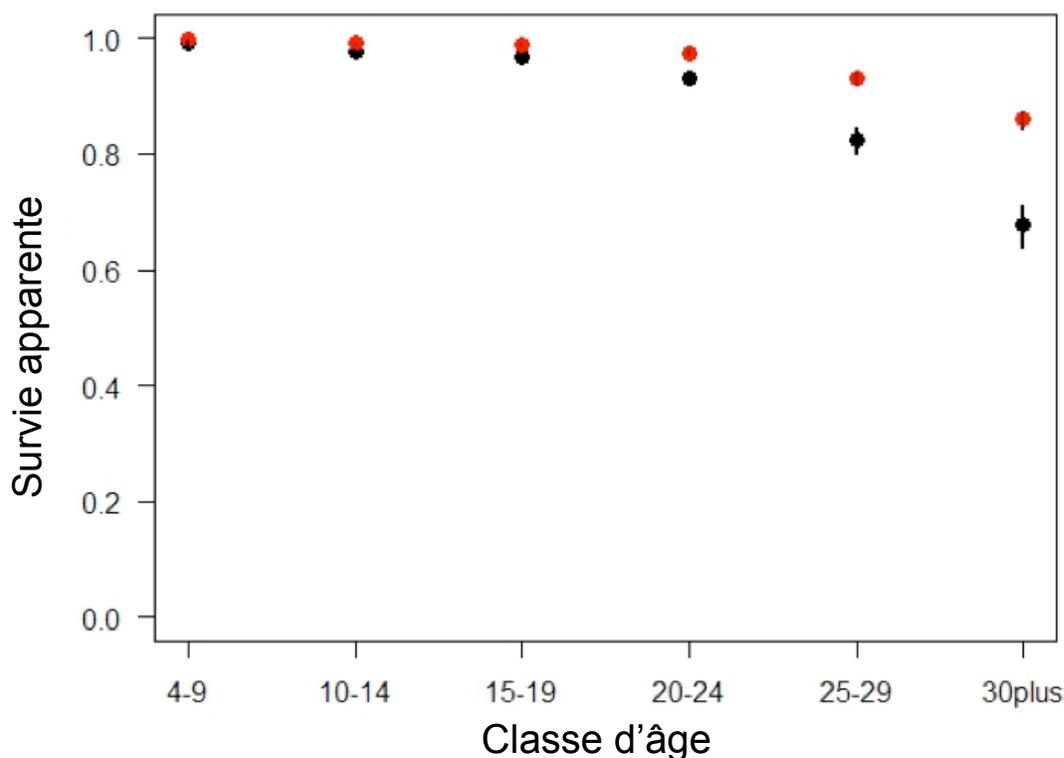


Figure 1.

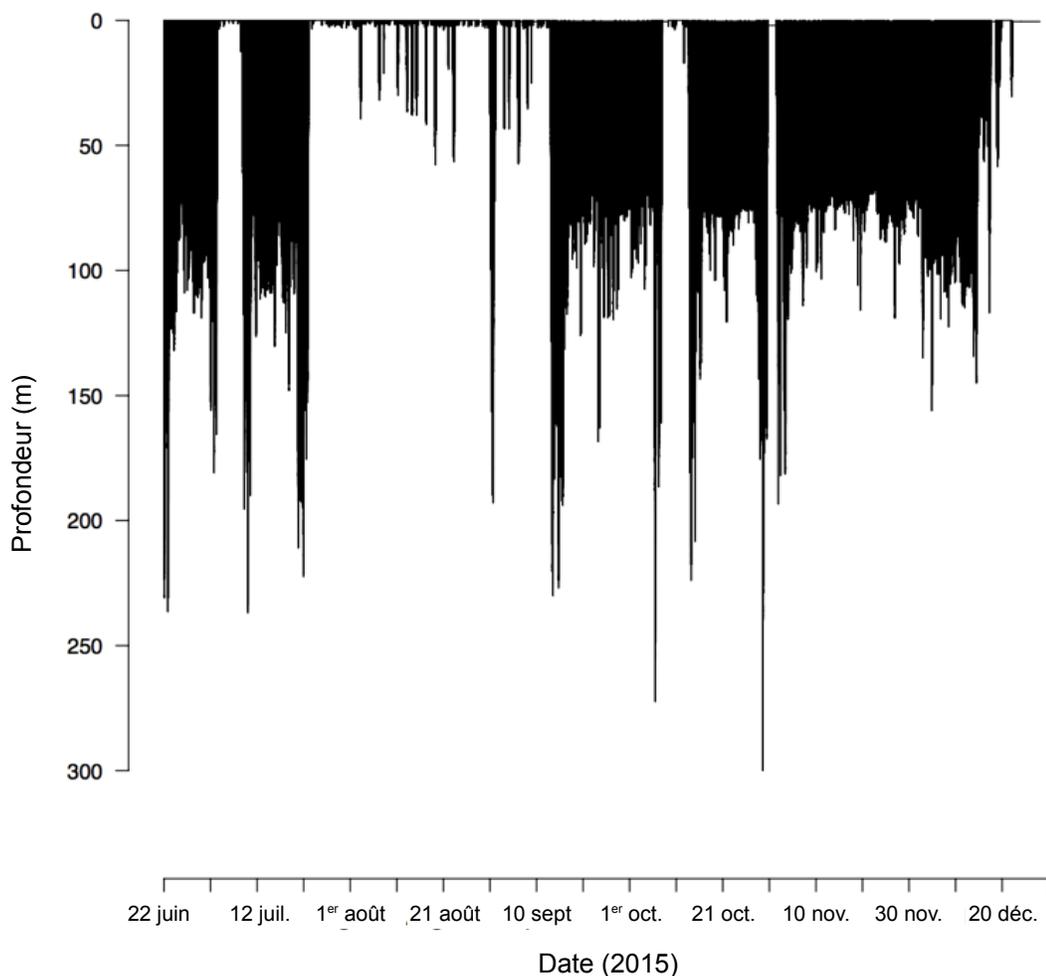
Survie apparente selon l'âge des mâles (noir) et des femelles (rouge) pour six classes d'âge. Les barres verticales représentent les limites inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance.

Réseau OTN : Utilisation des phoques gris (*Halichoerus grypus*) comme sondes biologiques pour estimer la biomasse de phytoplancton

Don Bowen¹, Benia Nowak², Damian Lidgard² et Sara Iverson²

Des consigneurs électroniques de données et des balises télémétriques sont maintenant régulièrement déployés sur des mammifères marins pour étudier leur comportement en mer. Depuis peu, ces instruments peuvent aussi servir à échantillonner des caractéristiques océanographiques (p. ex., température, salinité).

Dans ce contexte, les mammifères marins sont appelés des sondes biologiques, c.-à-d. des animaux utilisés pour échantillonner des propriétés de leur environnement, à savoir l'océan. Un volet canadien du réseau Ocean Tracking Network (OTN) visait à utiliser des phoques gris comme sondes biologiques pour échantillonner les niveaux de température et de lumière dans l'océan qui, ensemble, offraient un moyen d'estimer la répartition spatiale et temporelle de l'abondance du phytoplancton.



¹ Pêches et Océans Canada

² Université Dalhousie

En validant l'utilisation de l'atténuation de la lumière comme indicateur de la biomasse de phytoplancton dans un écosystème du plateau continental, des consigneurs électroniques peuvent être utilisés sur un plus large éventail d'espèces et nous permettre ainsi de recueillir des données à fine échelle sur la productivité primaire dans d'autres écosystèmes. En déterminant la répartition relative de la productivité primaire dans un écosystème en même temps que les aires d'alimentation de grands prédateurs marins, nous pourrions aussi être en mesure de recueillir des données afin de mieux comprendre l'importance de facteurs ascendants pour la structure des écosystèmes.

Le phoque gris est une espèce à distribution étendue, qui peut plonger jusqu'au plancher océanique. Entre 2009 et 2016, nous avons équipé 104 phoques gris

adultes d'un système de positionnement global (GPS) qui enregistrait la localisation à la surface environ toutes les 15 minutes ainsi que la température et la luminosité dans l'océan toutes les 10 secondes pendant chaque plongée.

À partir de ces données, nous avons pu retracer la trajectoire des phoques et l'emplacement précis de la température et de la luminosité enregistrées pendant chaque plongée (figure 2). La luminosité s'atténue avec la profondeur et davantage encore en présence de phytoplancton. Nous avons étalonné les données de luminosité provenant des sondes biologiques avec celles issues d'instruments océanographiques pendant une série d'expériences dans le bassin de Bedford. Ces expériences ont couvert un éventail d'abondances de phytoplancton et ont montré que les sondes biologiques fonctionnaient bien par

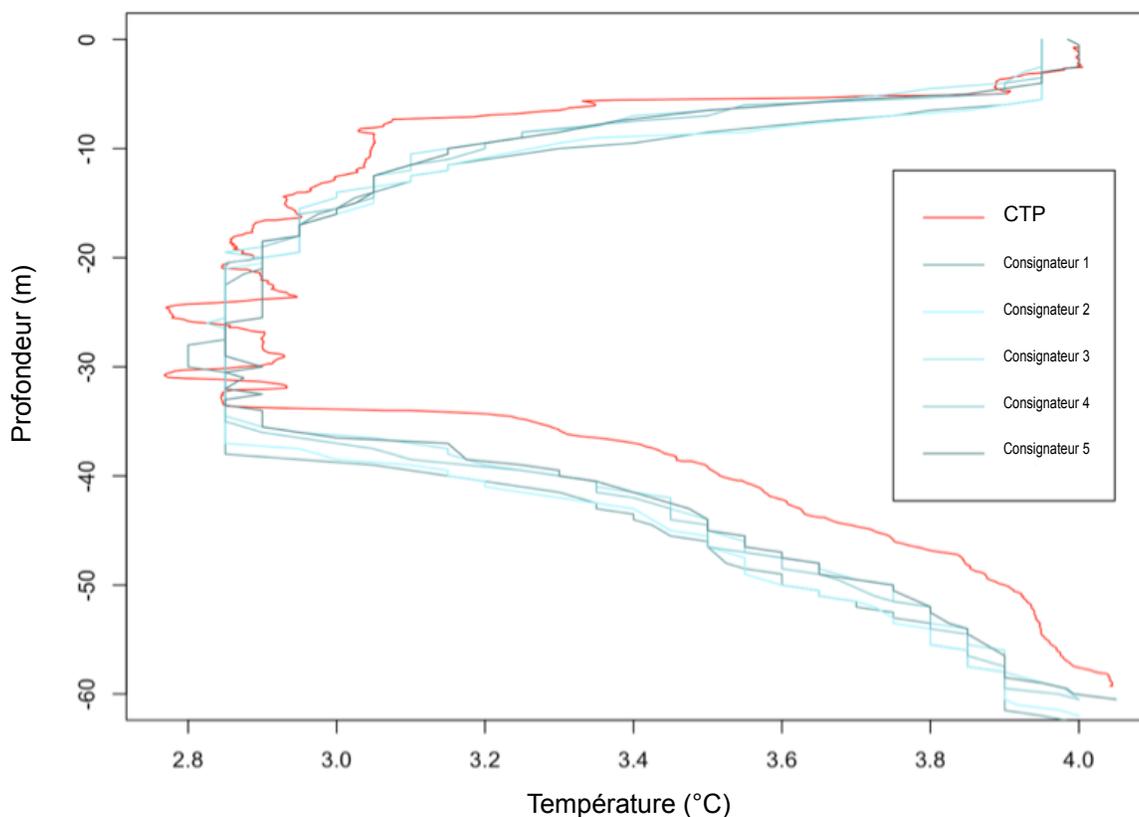


Figure 3.

Comparaison des profils de la température produits par un capteur CTP et cinq consigneurs satellitaires GPS MK-10AF FastlocTM déployées dans le bassin de Bedford le 2 avril 2012.

rapport aux instruments océanographiques (figures 3 et 4). Pour estimer l'abondance du phytoplancton tout au long du suivi des phoques, la phase de la remontée, de la thermocline à la surface, sera utilisée pour mesurer le niveau d'irradiance (atténuation de la lumière).

L'irradiance est ensuite reliée à la concentration de chlorophylle a et à la concentration de matière organique dissoute colorée pour fournir une

relation qui peut servir à estimer l'abondance du phytoplancton.

Outre le lien établi entre le déplacement des phoques et les conditions environnementales (figure 5), les concentrations de chlorophylle a estimées provenant des sondes biologiques peuvent être comparées aux mesures satellitaires de la couleur de l'océan près de la surface et intégrées aux modèles de productivité primaire de l'océan.

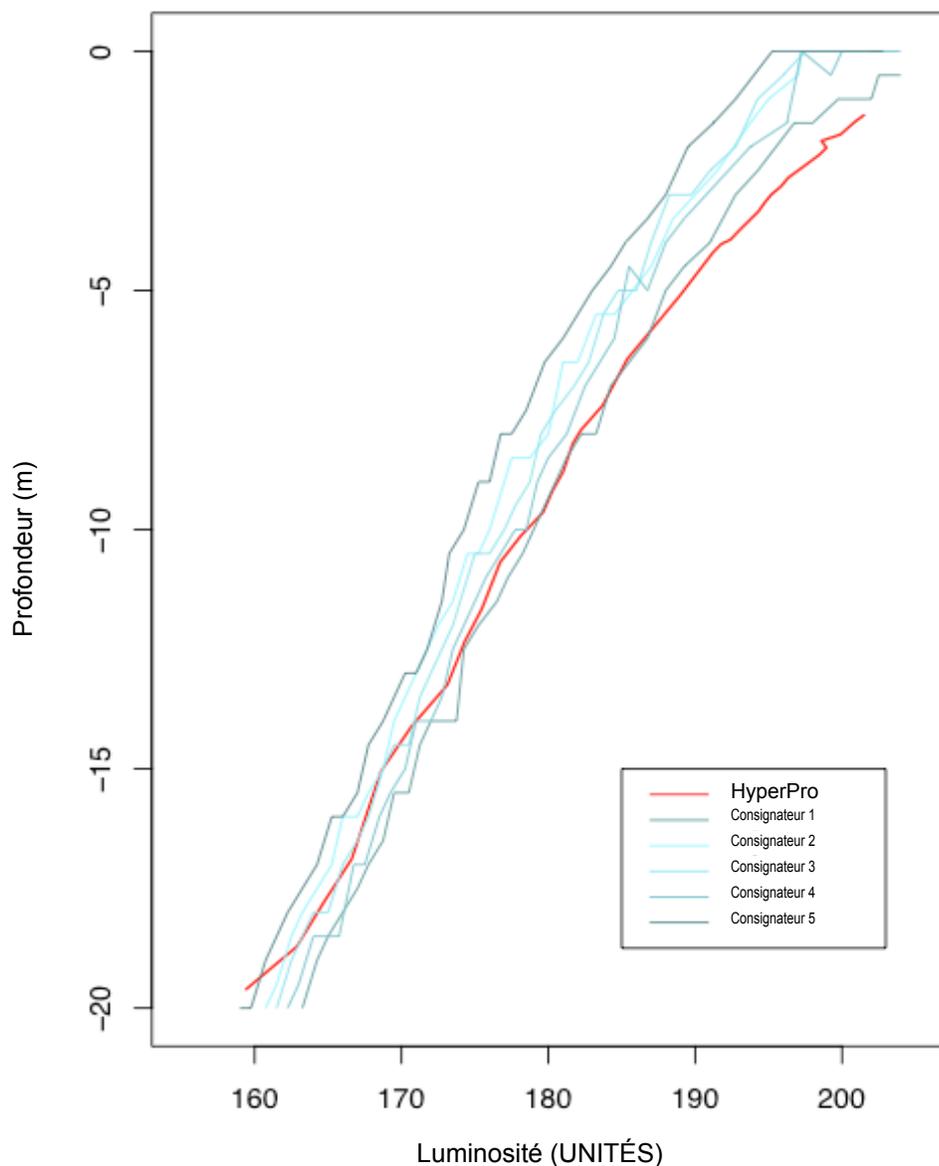


Figure 4.

Comparaison des profils de luminosité d'un système HyperPro et de cinq consigneurs satellitaires GPS MK-10AF Fastloc™ dans des conditions d'irradiance équivalente au bruit du système HyperPro dans le bassin de Bedford le 2012-03-07.



A

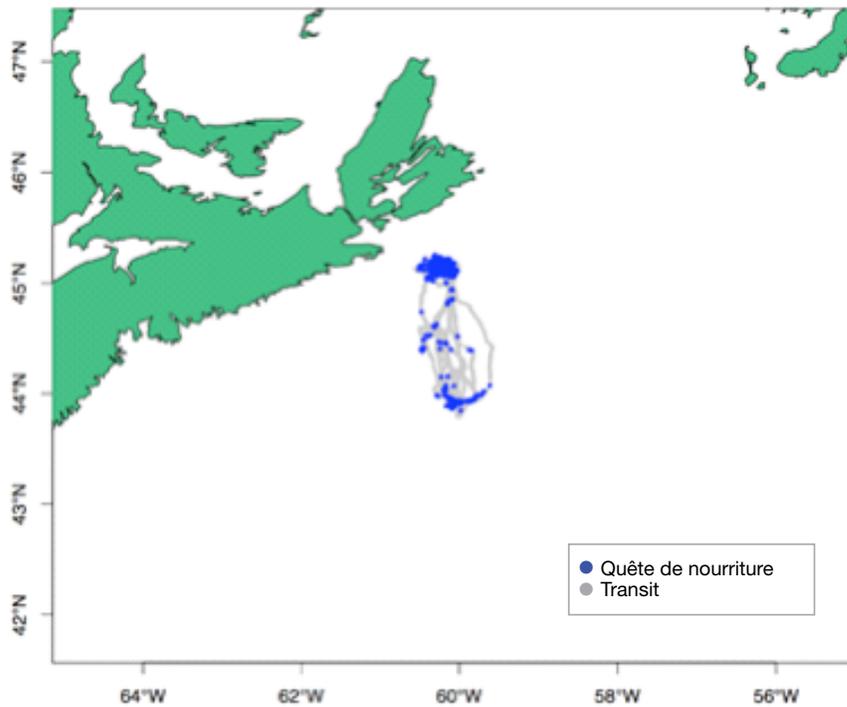


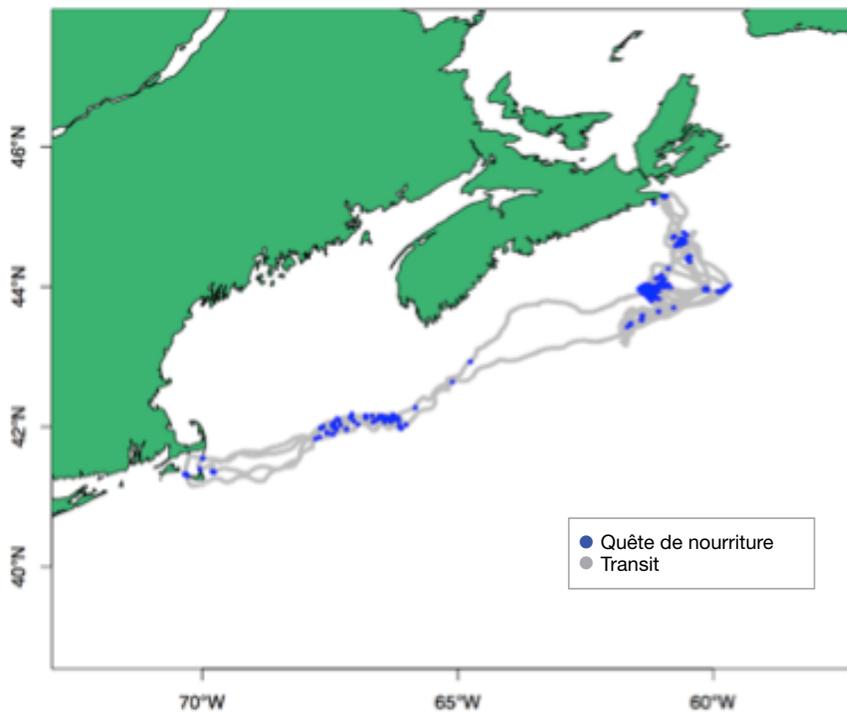
Figure 5.

Localisations par GPS modélisées pour estimer l'état comportemental toutes les heures :

(A) d'un phoque gris femelle (numéro d'identification = 106706) pour une période de déploiement entre 2015-06-20 et 2015-15-22;

(B) d'un phoque gris mâle (numéro d'identification = 106715) pour une période de déploiement entre 2013-06-30 et 2014-01-13

B





Relevés aériens internationaux de la mégafaune marine du plateau continental dans l'Atlantique Nord-Ouest, du nord du Labrador jusqu'à la baie de Fundy

Jack Lawson et Jean-François Gosselin

Simultanément avec des partenaires aux États-Unis, et en faisant appel au personnel de plusieurs de ses régions, le MPO a effectué en 2016 un relevé aérien à grande échelle du littoral de l'Atlantique canadien dans le cadre d'une collecte internationale de données sur la répartition et l'abondance de la mégafaune marine dans l'ouest de l'Atlantique Nord. Ce relevé a été désigné comme le Relevé aérien international dans l'Atlantique Nord (*North Atlantic International Sighting Survey*, NAISS).

Ce relevé était le deuxième relevé systématique à grande échelle, et le premier en neuf ans à se pencher sur les plateaux continentaux le long de Terre-Neuve-et-Labrador, du golfe du Saint-Laurent et du plateau néo-écossais pour les mammifères marins, les tortues luth et d'autres espèces de grande taille que l'on peut détecter près de la surface de la mer. Le MPO et ses partenaires internationaux avaient été très satisfaits de la couverture obtenue dans le cadre du semblable projet *Trans North Atlantic Sightings Survey* (TNASS) de 2007; en 2007 et 2016, le MPO a été en mesure de parvenir à un niveau de couverture de relevé aérien sans pareil.

Les données du relevé NAISS du MPO seront intégrées aux levés marins du National Marine Fisheries Service de 2016 et du European SCANS III et ainsi, elles fourniront un contexte transatlantique pour interpréter les résultats. Par exemple, l'été 2016 a offert une excellente occasion pour le MPO d'accroître la valeur scientifique de nos efforts déployés pour effectuer des relevés en les coordonnant avec les efforts prévus des États-Unis dans les eaux adjacentes. Au cours de la période allant de juillet à septembre 2016, la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) a mené un relevé de la mégafaune marine (baleines, tortues de mer, requins, phoques) couvrant toutes les eaux atlantiques dans le nord des États-Unis, jusqu'à la frontière canadienne à l'aide d'un navire I2 et de deux aéronefs.

En effectuant un relevé dans les eaux atlantiques canadiennes au même moment que la NOAA, les scientifiques ont couvert la majeure partie de l'aire de répartition connue des espèces transfrontalières présentant des préoccupations liées à la conservation et à la réglementation pour le MPO. Cette simultanéité assurait aussi que les anomalies de répartition ne compromettent pas la validité des résultats.

En outre, des pays européens, dont le Royaume-Uni, l'Espagne et la France, ont aussi mené des relevés à grande échelle de la mégafaune durant l'été de 2016, ce qui a permis de renforcer la valeur du relevé NAISS en facilitant les comparaisons à l'échelle de l'océan. Un atelier international au cours de la récente conférence biennale sur les mammifères marins (SMM) a permis de mettre au point des plans afin de poursuivre les efforts visant à comparer et à faire fusionner ces données des relevés dans l'Atlantique Nord.

La seule manière de parvenir à la couverture prévue dans une courte période limitée par les conditions météorologiques et la migration des baleines consistait à utiliser trois aéronefs simultanément, chacun avec une équipe d'observateurs expérimentés. Pour rendre cela possible, nous avons combiné les ressources de trois régions du MPO : les régions du Québec, de Terre-Neuve-et-Labrador et des Maritimes.

Le relevé NAISS a été effectué en volant à une altitude de 183 mètres au-dessus du niveau de la mer (ASL) à l'aide d'un aéronef Twin Otter 300 de DeHavilland et de deux aéronefs Cessna 337 Skymaster. En élargissant légèrement le relevé NAISS de 2007, les lignes de transect de 2016 s'étendaient de la ligne de côte à au moins 20 milles au-delà des rebords du plateau continental et croisaient les profils bathymétriques. Les observateurs ont recueilli des données sur l'identité, la taille des groupes, la localisation et le comportement de grands et petits



cétacés, en plus des covariables environnementales. Chaque aéronef était équipé de fenêtres convexes et l'aéronef Twin Otter était également muni d'un système de caméra vidéo de ligne de vol. Les données d'observation ont été recueillies selon une méthode de relevés en transects. Les données recueillies par les observateurs situés du même côté à l'avant et à l'arrière de l'aéronef Otter seront utilisées pour estimer la proportion d'animaux non détectés par les observateurs (biais de perception) et par conséquent, elles permettront d'améliorer la précision des résultats.

Les renseignements sur les intervalles en surface provenant de données sur le marquage des baleines recueillies entre autres par le MPO serviront à estimer la proportion d'animaux pouvant être observés lors d'un survol (biais de disponibilité).

Entre le 1^{er} août et le 27 septembre 2016, le MPO a couvert 49 591 km de transects, soit presque la même couverture que lors du relevé TNASS de 2007.

Les conditions météorologiques beaucoup plus mauvaises (c.-à-d. des vents violents et un brouillard étendu) et un exercice naval prolongé de l'OTAN ont fait que le MPO a accompli 89 % des transect prévus en 2016, par rapport à 96 % en 2007 (figure 6).

Au Labrador et à Terre-Neuve, le MPO a observé presque deux fois plus de cétacés qu'en 2007 (1 073 observations = 10 956 animaux), même si les grandes baleines (rorqual commun, rorqual à bosse, petit rorqual) étaient relativement moins nombreuses. Les dauphins à nez blanc étaient les cétacés les plus nombreux et les plus souvent observés. La plupart des autres observations ont été recueillies sur les côtes nord-est du Labrador et de Terre-Neuve, peut-être en raison du lancement intentionnel du relevé deux semaines plus tard par rapport à 2007, de la présence plus tardive et prolongée du capelan en frai ou d'un autre type de changement environnemental. Un plus grand nombre d'observations auraient été recueillies si le MPO avait été en mesure d'effectuer quatre longues lignes de transect au large de la côte sud de Terre-Neuve qui ont été exclues en raison de piètres conditions météorologiques. Les deux équipes des aéronefs Skymaster ont rassemblé légèrement moins d'observations de cétacés dans le golfe du

Saint-Laurent et sur le plateau néo-écossais qu'en 2007 (1 182 observations = 4 819 animaux; moins de dauphins communs et inconnus, principalement). Ce total d'observations plus faible pourrait avoir été dû à des conditions météorologiques généralement plus mauvaises et à l'abandon, en raison de la météo, de plusieurs transects du plateau néo-écossais (figure 6).

Le traitement des données du relevé, qui a commencé en automne 2016, consistait à transcrire, assembler et vérifier les enregistrements effectués par les observateurs, à cartographier les observations, à évaluer les observations effectuées en double parmi les observateurs, à estimer les biais d'observation à l'aide de données de marquage-recapture et à obtenir les estimations de l'abondance de la mégafaune marine à l'aide d'une approche d'échantillonnage à distance. L'analyse des données des relevés visuels sera présentée lors de la réunion annuelle du Comité national d'examen par les pairs sur les mammifères marins au cours de l'hiver 2018.

À partir des données, l'équipe produira les estimations de l'abondance et les cartes de répartition des espèces, incluant les cétacés, les tortues marines et les espèces de grands poissons comme le requin pélerin et le poisson-lune observés dans les eaux de l'Atlantique canadien. Les espèces cibles comprennent de nombreuses espèces en péril, comme le rorqual bleu, la baleine noire de l'Atlantique Nord, le rorqual commun, le béluga de l'estuaire du Saint-Laurent, la baleine à bec commune du plateau néo-écossais, la baleine à bec de Sowerby, la tortue luth et la tortue caouanne et, enfin, le requin pélerin. En outre, ces données seront recueillies d'une manière qui facilite leur intégration, des types de données similaires étant recueillis parallèlement dans les régions adjacentes (p. ex., les levés effectués par la NOAA). Les données sur la densité des observations seront comparées à des caractéristiques physiques et biologiques, comme la bathymétrie, la température de la surface de la mer et la productivité, afin de déterminer s'il existe des relations qui pourraient être utilisées plus tard lors des évaluations de l'habitat (p. ex., pour appuyer la désignation d'habitats essentiels) ou d'affiner les futures conceptions de relevés. En particulier, les données sur les observations pondérées par l'effort serviront à remettre en question



le plan de l'analyse des modèles d'habitats propices MaxEnt du MPO et à créer de nouveaux modèles linéaires mixtes généralisés (MLMG). En outre, le MPO comparera les résultats de 2016 aux patrons de

répartition et aux estimations provenant du relevé de 2007 à l'aide de la cartographie de surface-densité et des modèles d'habitats MaxEnt.

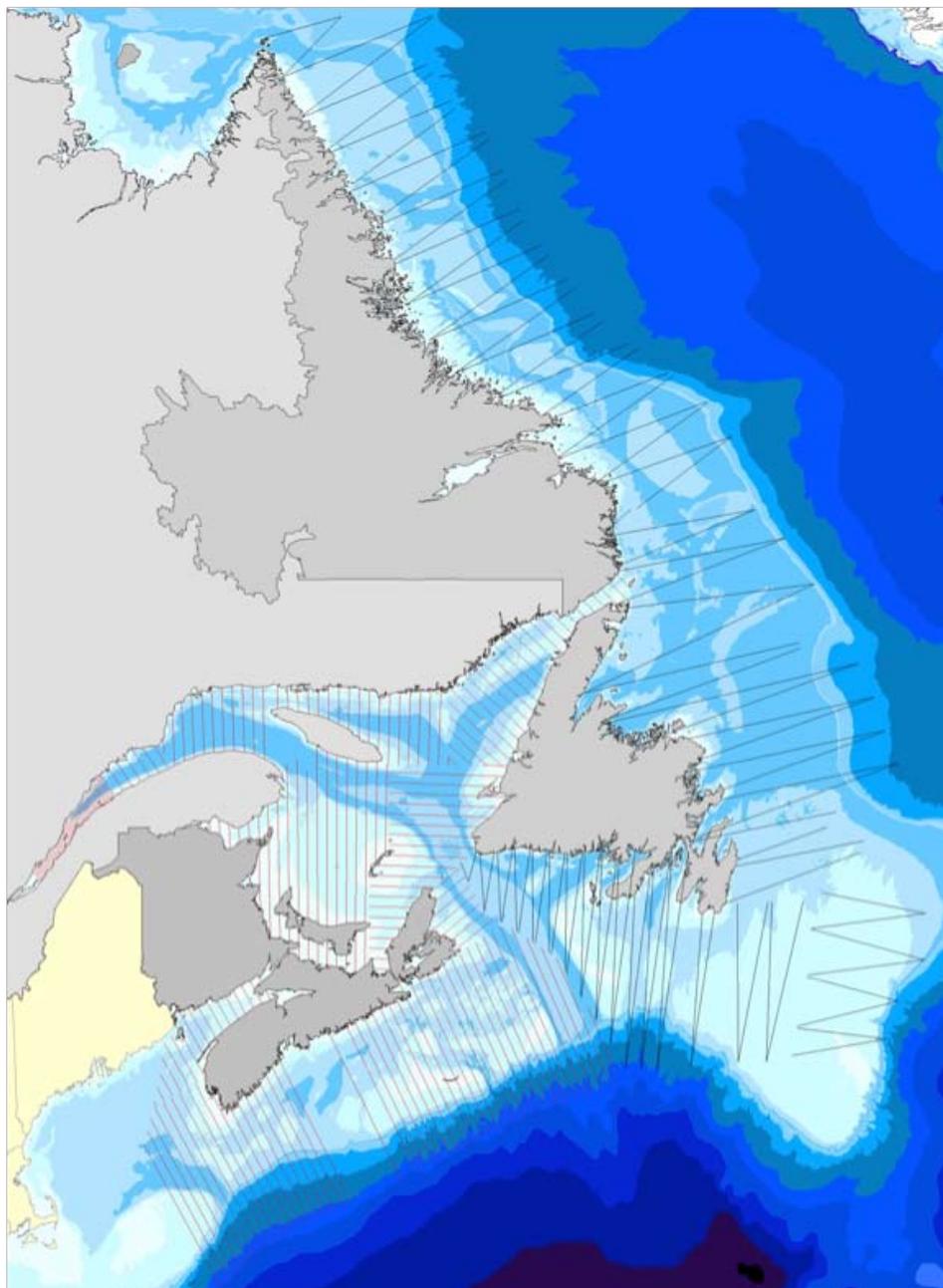


Figure 6.

Relevés réalisés par les régions du MPO du Québec (lignes rouges) et de Terre-Neuve-et-Labrador (lignes noires) durant l'été et l'automne 2016.

Surveillance des déplacements des phoques lors de la mise bas sur la banquise dérivante

Garry Stenson

Les phoques gris, du Groenland et à capuchon donnent naissance sur la banquise dérivante au large de la côte de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent. Pour déterminer l'abondance de ces populations, nous estimons le nombre de petits nés tous les quatre ou cinq ans. La première étape consiste à rechercher la glace dans les aires de mise bas historiques pour trouver les concentrations de phoques qui, dans le cas des phoques du Groenland, correspondent à une zone plus vaste que l'Angleterre et le pays de Galles combinés. Une fois ces concentrations trouvées, nous effectuons des relevés visuels et/ou photographiques pour dénombrer le nombre de petits hissés sur la glace.

Cependant, la principale difficulté à laquelle nous sommes confrontés consiste à veiller à ce qu'une fois que nous trouvons les phoques, nous soyons en mesure de surveiller l'endroit où ils se trouvent, étant donné que la banquise dérive avec le courant et les vents. Ce déplacement peut être très important, en particulier durant une tempête. Même dans des conditions normales, par exemple, la glace se déplace à une vitesse d'un mille marin par heure au large de la côte du Labrador. Nous devons tenir compte de ce déplacement afin de s'assurer que nous sommes capables de retrouver chaque concentration de mises bas afin d'en réaliser des relevés et pour ne pas, sans le savoir, dénombrer les mêmes animaux à deux reprises. Dans le passé, trouver ces groupes



Déploiement d'une balise GPS sur la glace pour surveiller les déplacements des concentrations de mises bas des phoques du Groenland, mars 2017 (photo : A. Buren).



tous les jours à l'aide d'hélicoptères ou d'avions était dispendieux et nécessitait énormément de temps et d'efforts.

Heureusement, de nouvelles technologies ont considérablement facilité la surveillance des déplacements des glaces. Pendant le relevé le plus récent des phoques du Groenland, nous avons testé l'utilisation de petites balises GPS peu coûteuses. Ces appareils déterminent leur localisation avec une imprécision inférieure à 10 mètres, puis transmettent l'information à un satellite où elle peut être téléchargée sur un site Web par les chercheurs. L'utilisateur peut déterminer la fréquence de production de rapports. Dans notre cas, nous avons obtenu la localisation de la balise toutes les

30 minutes pour nous assurer que les batteries fonctionnaient pendant toute la durée du projet (elles ont en effet duré plus de deux mois).

Une ou plusieurs balises ont été déployées dans chacune des concentrations de mises bas et leurs déplacements ont fait l'objet d'un suivi pendant plus de trois semaines. La balise GPS a été placée dans un tube spécialement créé pour la protéger des intempéries et la conserver à la verticale (voir la photo). Les tubes ont ensuite été placés sur la glace et marqués d'un colorant non toxique et très visible, pour qu'ils puissent être récupérés après le relevé.

Les déplacements des balises (figure 7) illustrent le dynamisme de la glace et l'ampleur des dérives qui peuvent se produire.

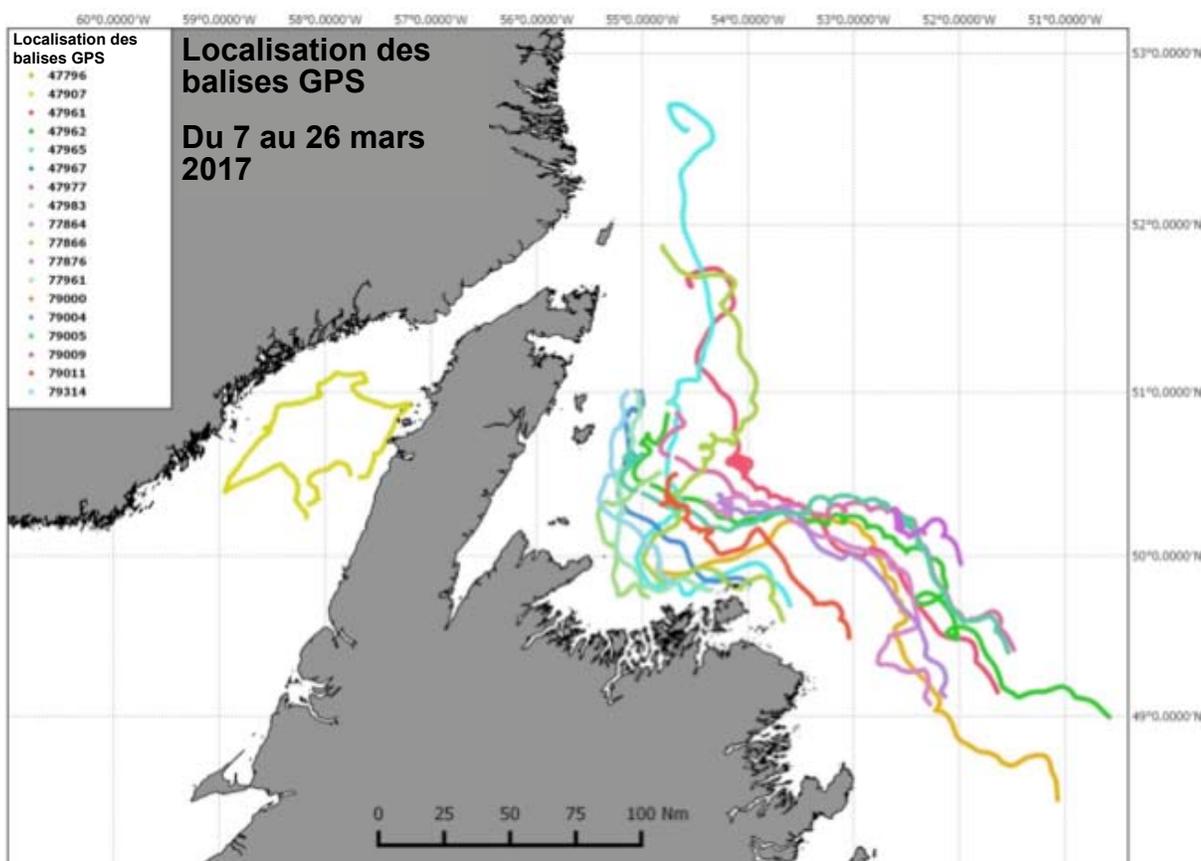


Figure 7.

Déplacements sur la glace des balises déployées pendant le relevé de production de petits du phoque du Groenland, mars 2017.

Le déplacement moyen de toutes les balises au large de Terre-Neuve-et-Labrador était supérieur à 210 km. Bien que généralement, la glace ait tendance à dériver vers le sud, des vents violents peuvent entraîner les déplacements de glace dans des tendances assez complexes (figure 8). Par exemple, dans le nord du golfe du Saint-Laurent, les tempêtes hivernales ont entraîné la glace et les phoques vers le nord au début du mois de mars, tandis que plus tard durant le mois, les courants ont exercé une plus grande influence et la glace a dérivé vers le sud. Après trois semaines, cette balise est arrivée à moins de 10 km de l'endroit où elle a été posée pour la première fois!

Essayer de suivre chacun des groupes et de les garder séparés serait presque impossible et très coûteux à l'aide de méthodes de recherche traditionnelles.

Effectuer des relevés de mises bas de phoques sur la banquise dérivante est une tâche complexe et difficile. Grâce au développement de balises GPS qui peuvent être déployées rapidement et nous transmettre l'information sur leur localisation, la réalisation de ce relevé a été un peu plus facile.

Du 14 au 17 mars 2017

● Début
● Fin
0 1 Nm

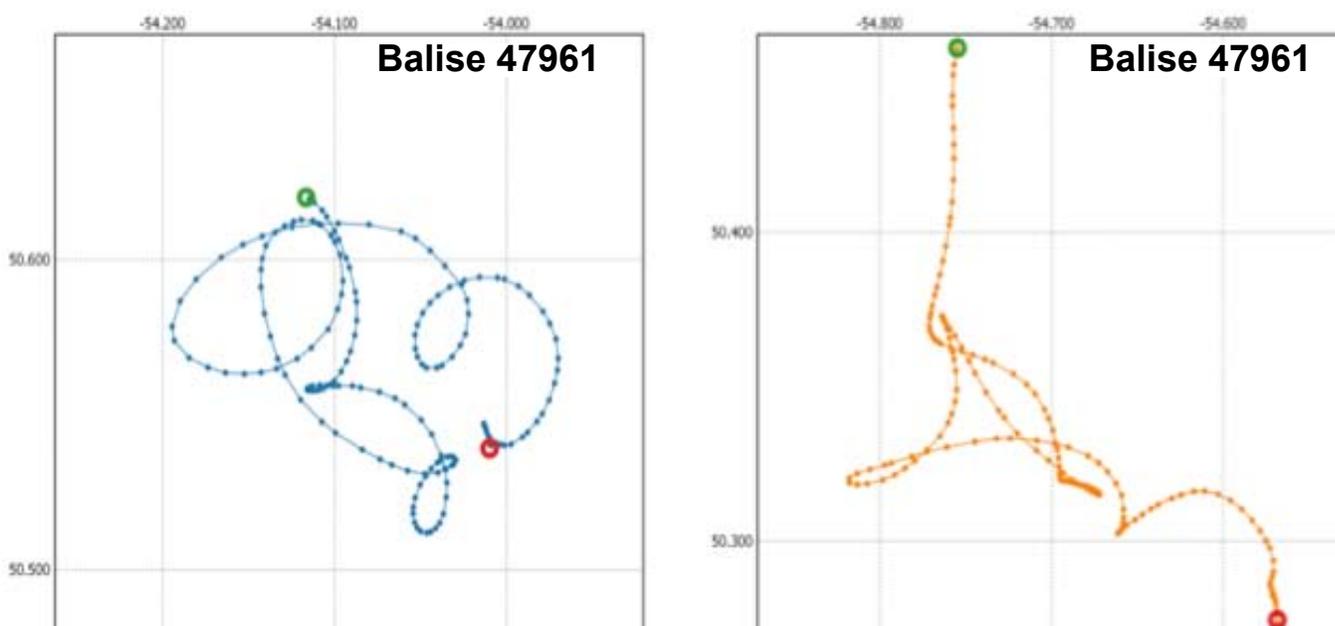


Figure 8.

Exemple des déplacements complexes de deux balises déployées sur la glace.

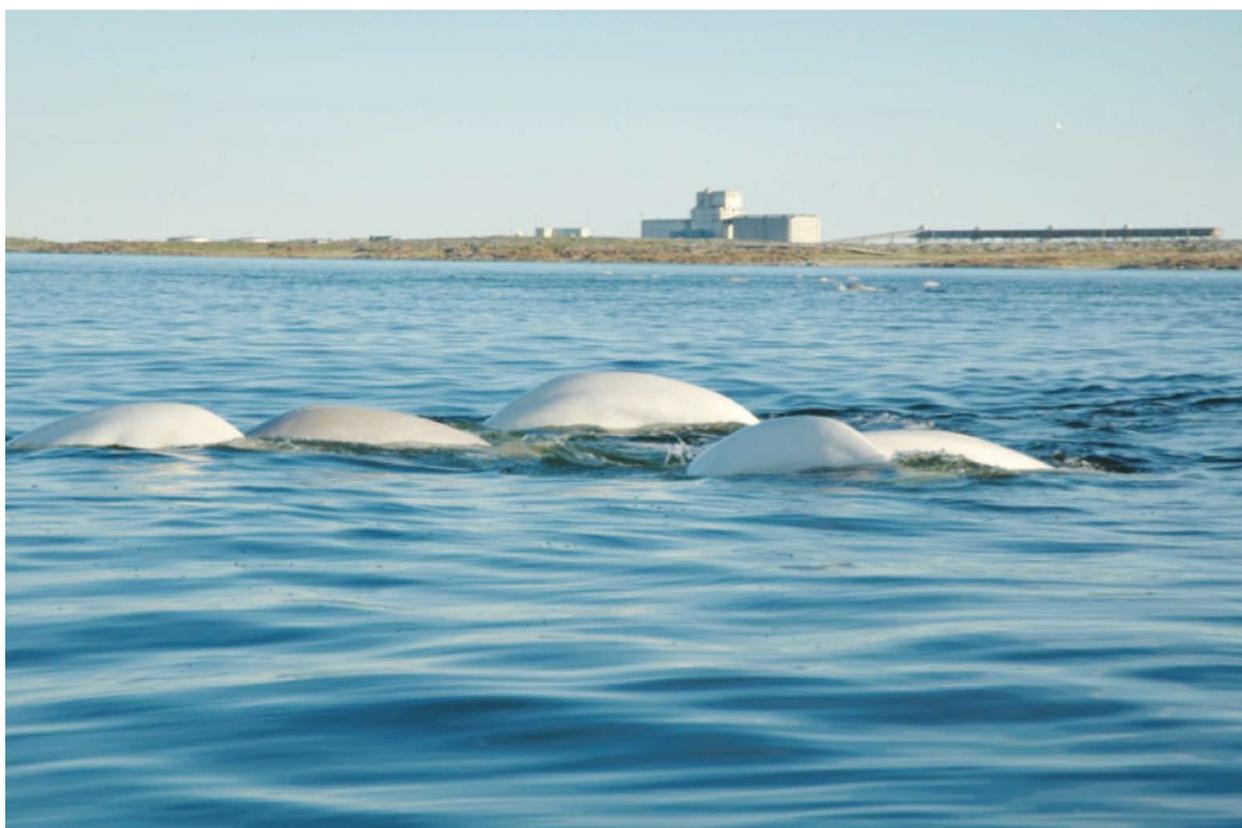
Recherche en génomique sur les mammifères marins dans la région du Centre et de l'Arctique

Lianne Postma et Denise Tenkula

Au cours des dernières décennies, l'utilisation d'outils génétiques (l'étude des gènes) est devenue la méthode par excellence pour définir des unités (populations, stocks) de conservation et de gestion des mammifères marins. En particulier dans l'Arctique, le MPO a été un chef de file dans la recherche en génétique des populations pour identifier des stocks distincts de mammifères marins au Canada, surveiller les répercussions de la chasse de subsistance sur ces stocks et comprendre comment les événements

environnementaux historiques pourraient avoir façonné les patrons de migration et de répartition actuels.

Pendant de nombreuses années, le séquençage de portions de la région de contrôle (RC) de l'ADN mitochondrial (ADNmt) chez les bélugas (*Delphinapterus leucas*) a fourni de précieux renseignements pour la conservation et l'étude de la population de ces baleines. Cependant, les avantages liés à l'augmentation de la quantité globale de séquences d'ADNmt et à l'inclusion de gènes



Bélugas dans l'estuaire de la rivière Churchill (photo : MPO).



de codage de protéines de l'ADNmt pour examiner la structure et la phylogénie des stocks ont été démontrés chez d'autres espèces, y compris d'autres cétacés. Un flux de travail avant-gardiste a été élaboré pour séquencer des génomes mitochondriaux (mitogénomes) entiers pour des études des populations de bélugas et de narvals (*Monodon monoceros*).

Dans une étude récente, au total, 106 bélugas et 94 narvals de toutes les aires de répartition canadiennes de chaque espèce ont été séquencés, ce qui a donné lieu à des mitogénomes complets pour tous les échantillons.

Les analyses de phylogénie et de diversité génétique des mitogénomes de bélugas ont appuyé les résultats obtenus précédemment par le séquençage de la RC, mais une identification plus précise des sous-groupes permettant de mieux comprendre la structure des stocks et les relations évolutives entre les groupes d'échantillons a été obtenue. Les tests de sélection préliminaires ont détecté la présence d'une sélection négative ou purifiante sur tous les gènes de codage de protéines chez les bélugas, en particulier pour les gènes ND1, CO1 et CO2. Cependant, aucun indice de sélection positive n'a été détecté avec les méthodes analytiques utilisées. Contrairement aux bélugas, les mitogénomes des

narvals ont continué à présenter des niveaux de diversité génétique beaucoup plus faibles et n'ont pas apporté d'améliorations comparativement aux approches précédentes pour résoudre les relations phylogénétiques entre les origines géographiques des échantillons. Cela pourrait être dû à un nombre insuffisant d'échantillons pour les analyses.

Les études futures se concentreront aussi sur des méthodes génomiques hautement informatives (l'étude de génomes nucléaires entiers) capables de traiter des questions encore plus complexes concernant le potentiel d'adaptation des mammifères marins aux changements climatiques et leur rôle dans l'écosystème. La recherche en génomique a trouvé des applications dans la compréhension et la surveillance du potentiel des animaux à s'adapter et à subsister dans des habitats pollués, de l'état physiologique et de la santé des individus, des déplacements d'aires de répartition d'espèces en réponse à des changements dans l'environnement et dans la disponibilité des proies et des nouvelles perspectives en matière de processus écosystémiques, comme les flux de nutriments et d'énergie.



Réseau OTN et interactions prédateurs-proies

Don Bowen¹, Damian Lidgard² et Sara Iverson²

Le volet canadien du Réseau de suivi des océans (OTN) était un programme de recherche intégrative d'une durée de sept ans qui a commencé en 2010 et dont le but était de comprendre les écosystèmes du plateau continental, en mutation partout au Canada, en lien avec des problèmes importants en matière de gestion des pêches et des ressources. Le programme a été financé par la Fondation canadienne pour l'innovation, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie et le MPO. L'un des thèmes du Réseau concernait les caractéristiques spatiales et temporelles de la quête de nourriture par les prédateurs et le rôle qu'ils jouent dans la structure des interactions trophiques. À l'aide d'une nouvelle technologie acoustique, cette étude a entrepris de tester des hypothèses concernant les répercussions des prédateurs sur les populations de proies.

Dans l'est du Canada, des phoques gris munis de balises satellites et d'émetteurs-récepteurs acoustiques ont été utilisés pour examiner le patron spatial et temporel des rencontres entre les phoques et la morue franche. Chaque année, au cours de l'étude d'une durée de sept ans, des phoques gris ont été munis d'un instrument (115 sur l'île de Sable et 20 dans le golfe du Saint-Laurent). Pendant la même période, des étiquettes acoustiques ont été placées par intervention chirurgicale sur environ 1 200 morues franches (800 sur le plateau néo-écossais et 400 dans le sud du golfe du Saint-Laurent). Les espèces marquées par d'autres chercheurs dont la présence coïncidait avec celle des phoques gris étaient notamment le thon rouge de l'Atlantique et le saumon de l'Atlantique.

Les détections acoustiques survenaient chez les espèces de poissons, principalement la morue franche et les phoques munis d'étiquettes acoustiques. Les phoques avaient tendance à rencontrer d'autres phoques munis d'étiquettes sur des bancs extracôtiers, vraisemblablement aux endroits où ils s'alimentaient principalement (figure 9). Il n'y avait aucune preuve que les phoques se déplaçaient ensemble vers ces lieux d'alimentation. Les phoques utilisaient plutôt le même nombre limité de zones riches en nourriture. Parmi les 104 phoques pour lesquels les données ont été récupérées, seuls 25 % ont détecté des morues marquées, même si les déplacements de 70 % de ces phoques chevauchaient l'aire de répartition connue de la morue, ce qui remet en question la validité d'utiliser le chevauchement pour inférer le taux de prédation.

La plupart des détections de morue étaient de courte durée (environ 5 minutes comparativement à plusieurs heures si l'étiquette était ingérée) et, par conséquent, elles ne semblaient pas représenter des événements de prédation. La répartition de la morue détectée par les phoques gris sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Saint-Laurent est illustrée à la figure 10. Dans l'ensemble, ces données démontrent la possibilité d'étudier les interactions prédateurs-proies en haute mer, mais elles soulignent aussi l'importance de marquer un grand nombre de proies pour avoir confiance dans les estimations des taux de rencontre de proies et des événements de prédation.

¹ Pêches et Océans Canada

² Université Dalhousie

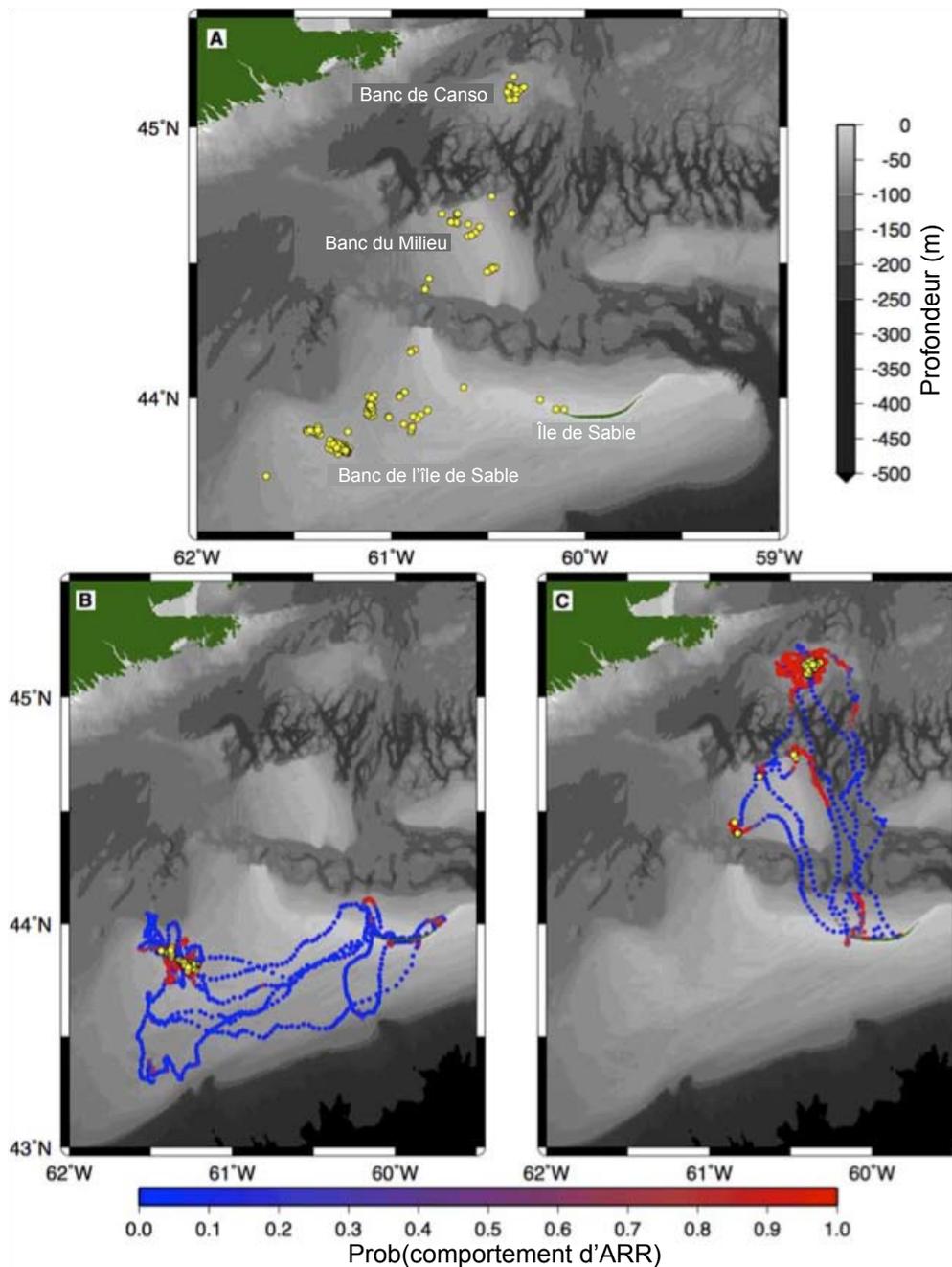


Figure 9.

Les points jaunes représentent l'emplacement des détections acoustiques entre deux phoques. Les images du bas montrent le déplacement de deux phoques gris où les symboles bleus représentent les déplacements et les symboles rouges représentent les sites de quête de nourriture présumés. Encore une fois, les points jaunes montrent l'endroit où un phoque muni d'un appareil a détecté un autre phoque muni d'un instrument acoustique.

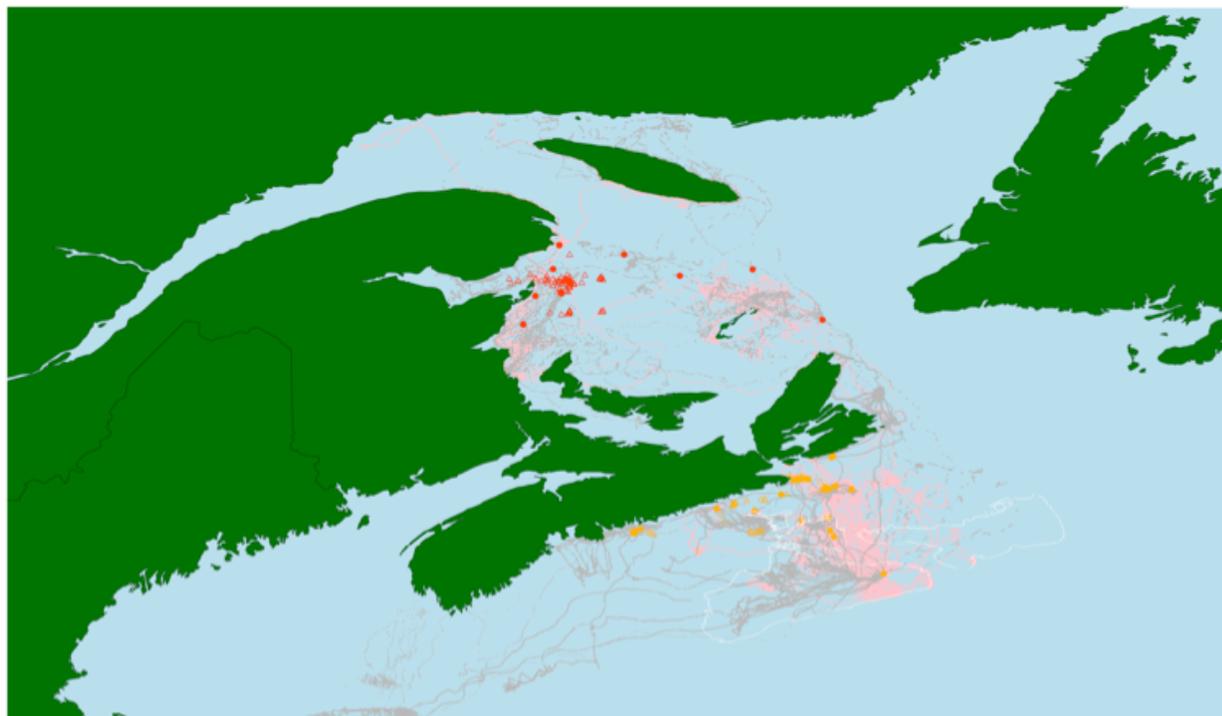
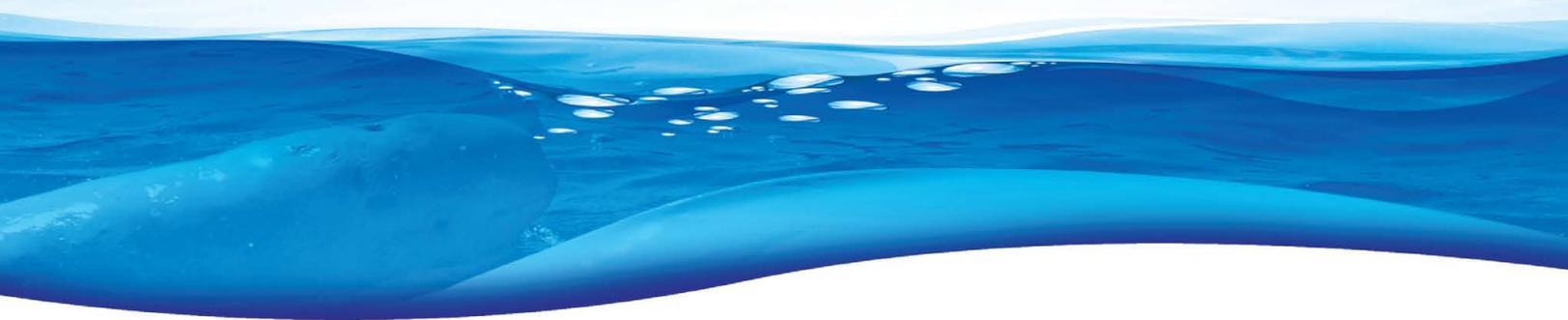


Figure 10.

Détections de morues franches munies d'une étiquette acoustique par des phoques gris munis d'un appareil sur le plateau néo-écossais (symboles orange) et dans le golfe du Saint-Laurent (rouge). Les lignes grises (mâles) et roses (femelles) représentent les trajets de phoques fondés sur les localisations par GPS.

Écoute en eaux profondes : Surveillance acoustique passive des baleines au large de la Nouvelle-Écosse

Hilary Moors-Murphy

Plus de vingt espèces différentes de mammifères marins se retrouvent au large de la Nouvelle-Écosse, incluant de espèces résidentes et migratrices et plusieurs espèces en péril. Malgré cette communauté diversifiée de mammifères marins, on sait relativement peu de choses sur la répartition, les patrons de déplacement et l'utilisation de l'habitat au cours d'une année d'un grand nombre de ces espèces dans la plus grande partie de nos eaux. Parmi les espèces les plus étudiées, la plupart des renseignements sur leur présence proviennent d'études menées à partir de bateaux pendant les mois d'été, lorsque les conditions météorologiques sont favorables et qu'il est le plus faisable, sur le plan logistique, de sortir en Atlantique Nord-Ouest pour étudier les mammifères marins.

La plupart des mammifères marins de nos eaux produisent des vocalises sous l'eau propres à chaque espèce. La surveillance acoustique passive ou l'« écoute » dans le milieu océanique offre un moyen d'acquérir de l'information sur l'utilisation de l'habitat par les mammifères marins qui est moins limité par les conditions météorologiques et les plateformes en mer. Établie à l'Institut océanographique de Bedford dans la région des Maritimes, l'équipe Cétacés utilise des appareils d'écoute sous-marine appelés « enregistreurs acoustiques multicanaux autonomes » (ou AMAR) pour surveiller la présence des baleines dans diverses zones d'intérêt au large de la Nouvelle-Écosse. Ces systèmes sont fixés au fond marin et recueillent et stockent des données de façon autonome. Avec leurs téraoctets d'espace de mémoire et leur grand nombre de batteries, les AMAR

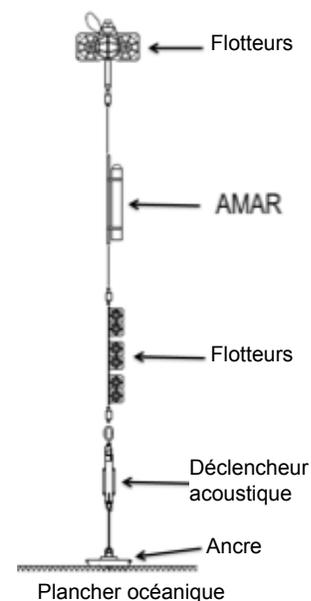
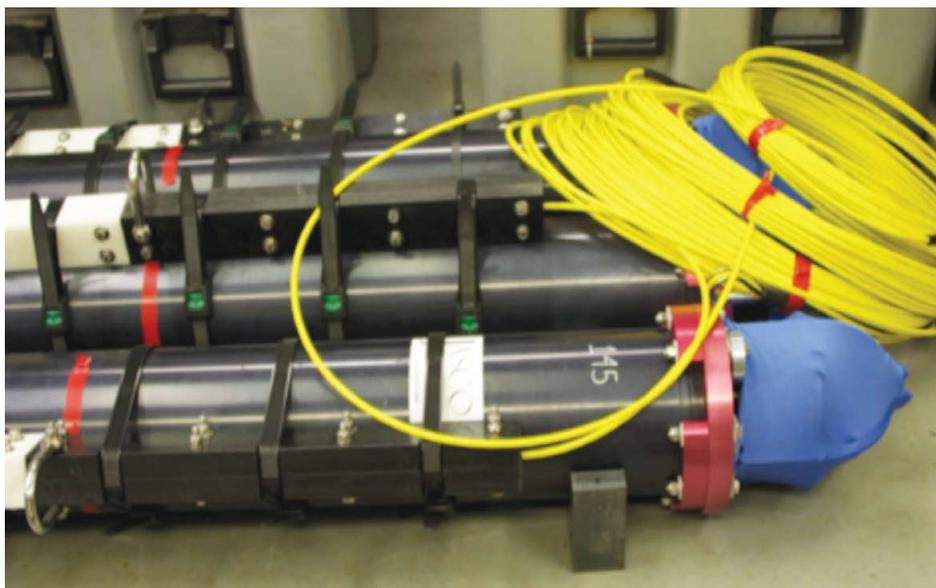


Photo de gauche : Enregistreurs acoustiques multicanaux autonomes (AMAR) fabriqués par JASCO Applied Sciences (photo : H. Moors-Murphy). Photo de droite : schéma de l'amarrage d'un AMAR.

peuvent être déployés pour recueillir des données acoustiques pendant un an ou plus à la fois.

Des AMAR ont été utilisés pour recueillir des données acoustiques depuis la zone de protection marine du Gully et deux zones, situées à proximité, en bordure du plateau pendant la période 2012-2014 (figure 11). Ces systèmes ont été installés sur le plancher océanique à environ 1 500 m de profondeur pendant environ six mois, avec un intervalle de quelques semaines entre chaque période de déploiement pour télécharger les données, changer les batteries et remettre à neuf les systèmes. Cela a donné lieu à un ensemble de données acoustiques sur deux ans pratiquement continu qui pouvait être examiné pour déceler des vocalises de baleines. L'analyse a fourni de l'information sur la présence régulière au cours d'une année de baleines à bec communes dans les canyons et les zones dépourvues de canyons, le long de l'est du talus néo-écossais, et elle contribuera à identifier d'autres zones importantes à l'extérieur de

l'habitat essentiel désigné de ces espèces en voie de disparition.

De nouveaux renseignements sur la présence saisonnière d'autres espèces dans ces zones ont aussi été obtenus, incluant les pics de détection du rorqual bleu et du rorqual commun désignés respectivement en voie de disparition et préoccupant, les chants¹ du rorqual à bosse pendant les mois d'hiver, les pics de détection du rorqual boréal pendant les mois d'été, la présence relativement constante au cours d'une année du cachalot, les clics de la baleine à bec de Sowerby inscrite comme espèce préoccupante, ainsi que la passionnante découverte d'un nouvel utilisateur régulier de la ZPM du Gully, à savoir la baleine à bec de Cuvier! Bien que les baleines à bec de Cuvier aient été détectées de façon acoustique dans le Gully dans environ 25 % des jours d'enregistrement et que leur présence tout au long de l'année² soit constante quoique faible, une seule observation visuelle a déjà été documentée dans



Les clics de la baleine à bec commune du plateau néo-écossais, désignée en voie de disparition, sont régulièrement détectés tout au long de l'année dans la zone de protection marine du Gully et les zones situées à proximité en bordure du plateau (photo : H. Moors-Murphy).

¹ Kowarski, K., Evers, C., Moors-Murphy, H.B., Martin, B. et Denes, S.L. 2017. Singing through winter nights: The seasonal and diel occurrence of humpback whale calls in and around the Gully MPA, offshore eastern Canada. *Revue canadienne de zoologie*. Sous presse.

² Stanistreet, J.E., Nowacek, D.P., Baumann-Pickering, S., Bell, J.T., Cholewiak, D.M., Hildebrand, J.A., Hoidge, L.E.W., Moors-Murphy, H.B., Van Parijs, S.M. et Read, A.J. 2017. Using passive acoustic monitoring to document the distribution of beaked whale species in the western North Atlantic Ocean. *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, E-first article : 1-12 pp.

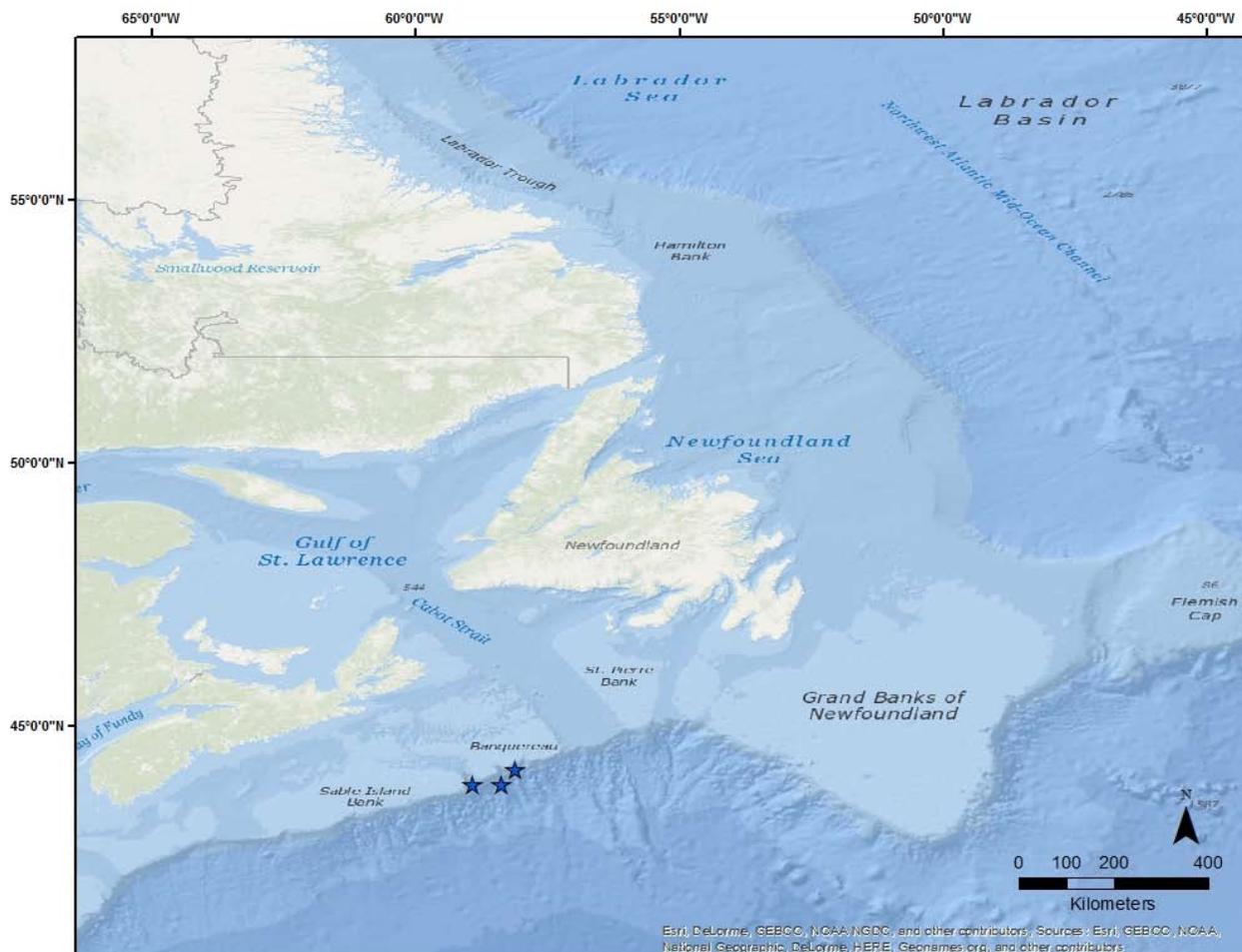


Figure 11.

Trois stations de déploiement de l'appareil AMAR (étoiles bleues) du MPO au cours de la période 2012-2014 le long de l'est du plateau néo-écossais, y compris la zone de protection marine du Gully et deux zones situées à proximité en bordure du plateau.

le canyon, malgré de nombreux relevés ciblant les baleines à bec qui ont été menés à bord de navires dans la zone depuis les années 1980.

Pendant la période 2015-2017 (figure 12), le programme de surveillance acoustique passive de l'équipe Cétacés s'est étendu à cinq stations de déploiement de l'appareil AMAR et est venu compléter une étude acoustique plus vaste menée par JASCO Applied Sciences. Au total, 25 enregistreurs AMAR ont été déployés dans l'ensemble de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve-et-Labrador pendant cette période. L'analyse d'un grand nombre de données acoustiques est en cours en collaboration avec JASCO et le laboratoire Taggart de l'Université Dalhousie.

Des programmes de surveillance passive similaires utilisant des enregistreurs installés sur le fond marin appelés AURAL (Autonomous Underwater Recorder for Acoustic Listening) sont menés par les chercheurs du MPO dans d'autres régions de l'est du Canada.

Yvan Simard de l'Institut Maurice-Lamontagne au Québec dirige des déploiements d'enregistreurs AURAL dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent et Jack Lawson du Centre des pêches de l'Atlantique Nord à Terre-Neuve déploie des enregistreurs AURAL au large du sud de Terre-Neuve et de l'est du Labrador depuis 2009.

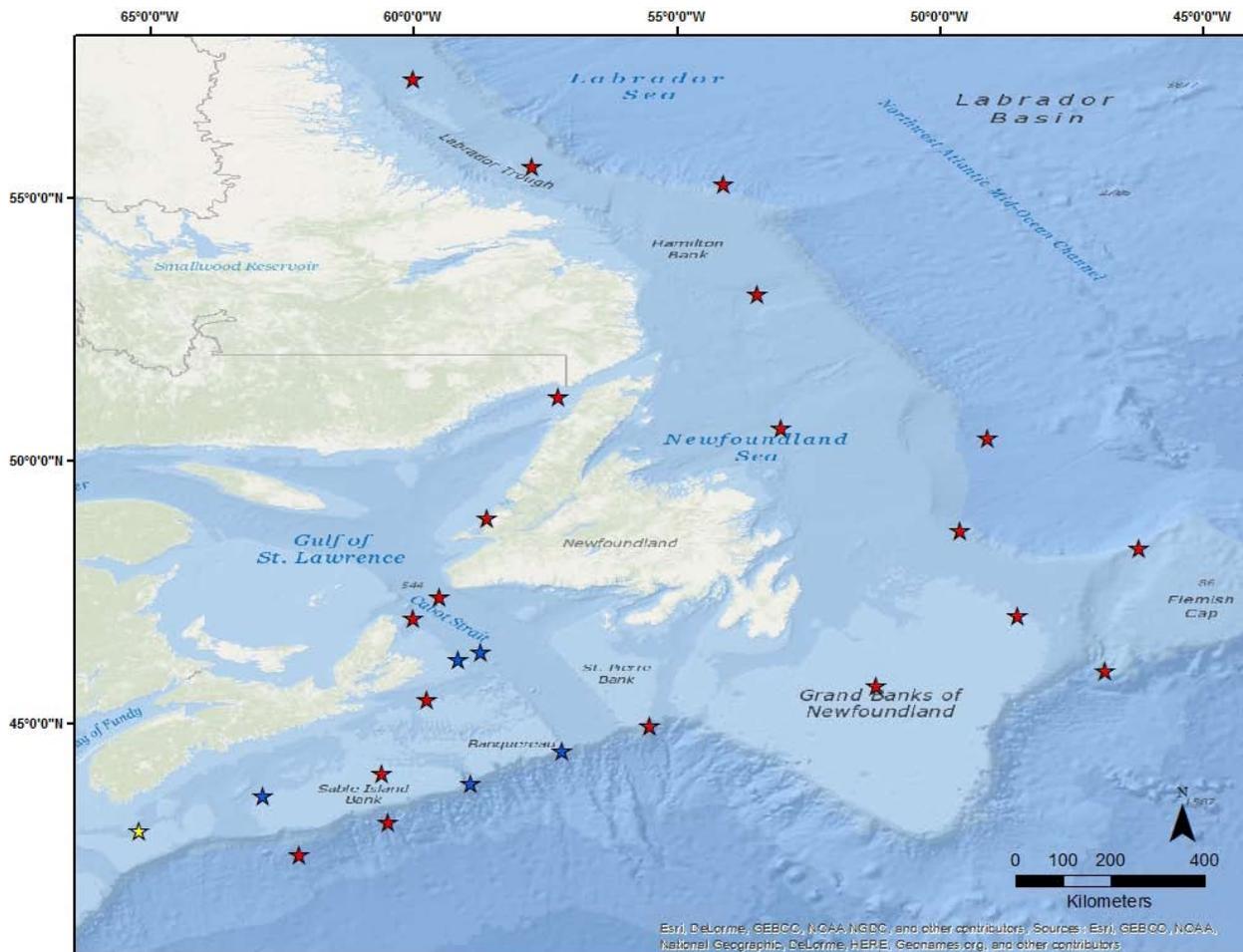


Figure 12.

Stations de déploiement d'enregistreurs AMAR en 2015-2017 au large de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve-et-Labrador par le MPO (étoiles bleues), JASCO Applied Sciences (étoiles rouges) et le laboratoire Taggart de l'Université Dalhousie (étoile jaune – système perdu/non récupéré).

Au cours des quelques prochaines années, le programme de surveillance acoustique passive du MPO au large de l'est du Canada continuera de s'étendre dans le cadre du nouveau Programme de protection des océans (PPO).

Le financement par le PPO appuie l'achat d'un équipement d'enregistrement acoustique supplémentaire et l'embauche de personnel ayant une expertise en acoustique pour aider à mieux comprendre les répercussions du bruit d'origine humaine, en particulier le bruit généré par les navires, sur des espèces de baleines désignées en voie de disparition comme la baleine noire de l'Atlantique

Nord, le béluga du Saint-Laurent et l'épaulard résident du sud dans le Pacifique.

L'amélioration des efforts de surveillance acoustique passive nous permettra de continuer à élargir nos connaissances sur le moment et l'endroit où les baleines sont présentes au large de l'est du Canada, nous aidera à surveiller le bruit sous-marin dans nos eaux et contribuera à améliorer notre compréhension des répercussions du bruit d'origine humaine sur les baleines pour mieux évaluer la façon d'atténuer ces impacts et de protéger les baleines dans nos eaux.

Le partage des repas maintient la cohésion des familles d'épaulards : L'approvisionnement des membres de la famille maintient le lien social à long terme et aide à transmettre des gènes communs

Brianna Wright, Eva Stredulinsky, Graeme Ellis et John Ford

Une étude menée par des chercheurs à la Station biologique du Pacifique (MPO, région du Pacifique) a reçu le prix de l'article scientifique de l'année 2016 du sous-ministre adjoint. Ce prix récompense un article scientifique novateur et inspirant, qui marque une avancée dans un domaine d'étude pertinent pour le mandat du MPO, et qui est publié dans un périodique évalué par les pairs. L'article, intitulé « Kin-directed food sharing promotes lifetime natal philopatry of both sexes in a population of fish-eating killer whales, *Orcinus orca* », a été publié dans le journal *Animal Behaviour*. L'étude a révélé que les épaulards résidents du Nord partagent souvent du poisson avec les

membres de leurs groupes familiaux (connus sous le nom de matrilignages).

Au cours d'une période de 12 ans (de 2002 à 2014), des chercheurs ont observé des épaulards de cette population attraper 685 saumons et partager plus de 70 % de cette quantité avec d'autres individus. Les animaux de tout âge (à l'exception des très jeunes baleineaux) et des deux sexes ont adopté ce comportement. Lorsqu'une proie était partagée, un épaulard avait habituellement effectué une longue plongée en quête de nourriture, tandis que les autres individus demeuraient à la surface. Une fois l'individu pourvoyeur remonté avec une proie, il transportait le poisson en direction des individus demeurés en surface et était rejoint par eux. Les épaulards parcouraient fréquemment jusqu'à 400 m pour le rejoindre, même si, plus souvent encore, ils se trouvaient à moins de 100 à 200 m lorsque le saumon était remonté à la surface. Des écailles et des morceaux de tissus du poisson étaient habituellement trouvés à la surface de l'eau où les épaulards se rassemblaient, ce qui indique que le poisson avait été rompu pour être partagé. Les chercheurs ont déterminé l'espèce et l'âge des poissons ainsi partagés en recueillant ces « restes ». Ce comportement de partage d'une proie a également été filmé à l'aide d'une caméra sous-marine fixée sur un mât qui a été abaissé depuis le flanc du navire de recherche.

Les épaulards résidents s'attaquent presque exclusivement au saumon et dépendent en particulier du saumon quinnat (l'espèce de saumon la moins commune dans le nord-ouest du Pacifique) qui représente la majeure partie de son régime alimentaire connu. Malgré l'importance du saumon quinnat pour la survie individuelle des épaulards, ceux-ci choisissent souvent de partager cette ressource essentielle avec les membres de leur famille. Ce comportement est assez remarquable étant donné que tous ces poissons pourraient facilement



A34, un épaulard résident du Nord adulte femelle (30 ans), passe une partie du poisson à A80, son baleineau mâle (1 an), lors d'un événement de partage de la nourriture enregistré dans le détroit Blackfish (Colombie-Britannique) au Canada, le 26 octobre 2005.

(Photo : © Programme de recherche sur les cétacés, Pêches et Océans Canada).

être consommés en entier par un seul épaulard. Au lieu de cela, ils choisissent de les rompre en morceaux et de les partager. Dans la grande majorité des cas, les saumons ont été partagés entre des parents maternels proches (84 %). Les poissons étaient rarement partagés entre individus appartenant à des matrilignages différents.

Ce type de comportement d'abnégation peut en réalité finir par bénéficier aux épaulards qui cèdent une partie de leur repas. Premièrement, cela limite le niveau de concurrence entre les membres de la famille pour accéder au saumon et deuxièmement, en aidant des parents proches et en veillant à leur santé et à leur survie, cela aide à transmettre des gènes aux générations futures. En d'autres termes, adopter un comportement d'entraide qui favorise le succès de la reproduction de parents proches donne lieu à la prolifération de gènes communs au pourvoyeur et au bénéficiaire. Il s'agit d'une stratégie évolutive connue sous le nom de « sélection de parentèle ». Les comportements de sélection de parentèle offrent le meilleur avantage aux pourvoyeurs qui aident les individus qui leur sont le plus étroitement apparentés et dont le potentiel reproducteur est le plus élevé.

Le partage de la nourriture est un comportement de sélection de parentèle qui contribue à révéler la façon dont la structure sociale exceptionnellement stable de l'épaulard résident pourrait avoir évolué. Habituellement, les mammifères mâles quittent leurs groupes sociaux lorsqu'ils atteignent l'âge de se reproduire, afin de prévenir la consanguinité et pour réduire la concurrence entre les proches parents. Cependant, chez les épaulards résidents, ni les mâles ni les femelles ne quittent le groupe social de leur mère. Ce patron a été documenté chez seulement quelques espèces à l'échelle mondiale. Les épaulards résidents demeurent avec leur mère pendant toute leur vie car le partage de la nourriture avec des parents maternels proches offre d'importants avantages, p. ex., la prolifération de l'ADN en commun. Ces avantages ne sont offerts qu'aux épaulards qui restent avec le groupe dans lequel ils sont nés. Les épaulards résidents sont capables d'éviter la consanguinité sans quitter de façon permanente

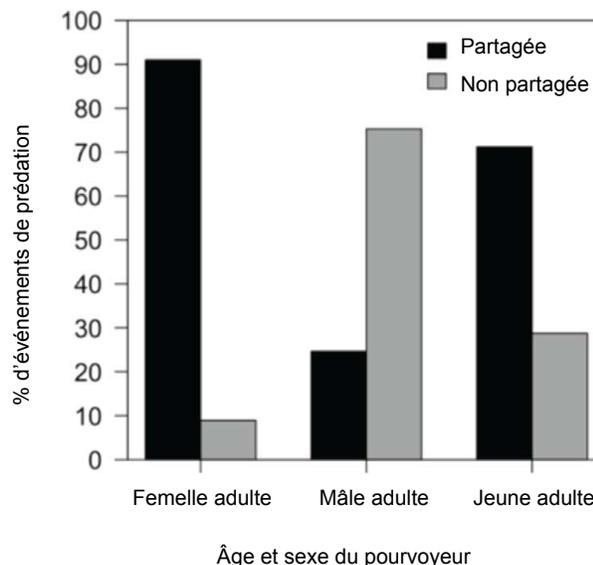


Figure 13.

Occurrence relative des partages de proies selon l'âge et le sexe du pourvoyeur (c.-à-d. l'individu ayant tué la proie). Comprend seulement les proies tuées par un seul pourvoyeur, photo-identifié et dont la probabilité de partage était certaine (N = 466). Adulte : ≥ 12 ans; jeune adulte : individu des deux sexes < 12 ans.

le groupe de leur mère, car ils ont des dialectes acoustiques complexes qui les aident à reconnaître et à prévenir un accouplement avec un proche.

Bien que les épaulards résidents des deux sexes demeurent avec le groupe de leur mère tout au long de leur vie, l'étude a révélé une différence importante dans la façon dont les mâles et les femelles partagent le poisson avec les membres de leur famille (figure 13).

Les femelles adultes partageaient presque tout le poisson qu'elles attrapaient (91 %) et le plus souvent avec leur progéniture. Contrairement aux femelles, les mâles adultes partageaient le poisson beaucoup moins souvent (25 % du poisson capturé). Ceci pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs. La première explication est le fait que la progéniture d'un mâle est née d'une femelle n'appartenant pas

à son matrilineage et, par conséquent, les mâles sont habituellement moins liés aux membres du groupe familial et donc moins susceptibles de partager le poisson avec eux. Les mâles adultes ont aussi des besoins nutritionnels plus importants en raison de leur grande taille et, par conséquent, ils ont probablement besoin de constituer de plus grandes réserves alimentaires pour répondre à ces besoins.

Lorsque les mâles adultes partageaient du poisson, ils le faisaient souvent avec leur mère.

Étant donné que ces femelles étaient habituellement plus âgées, des matriarches ayant dépassé l'âge de procréer (figure 14), ce comportement est surprenant, car aider un individu qui ne peut plus se reproduire ne permet pas de perpétuer des gènes en commun. Cette forme de sélection de parentèle ne présente aucun avantage évident. En revanche, les matriarches ayant dépassé l'âge de procréer favorisaient leurs fils lorsqu'elles partageaient du saumon (figure 14) et d'autres recherches ont montré que les fils adultes dont les mères étaient mortes sont moins susceptibles de survivre eux-mêmes. Les mâles adultes partagent probablement le poisson avec leur mère pour veiller à ce que cette dernière survive et continue à leur fournir de la nourriture.

À l'inverse, l'étude a révélé que les mères cessent de partager les proies avec leurs filles à peu près au moment où celles-ci ont atteint l'âge adulte et ont donné naissance à leurs premiers baleineaux. Cela est probablement dû au fait que les filles se concentrent davantage sur l'approvisionnement de leurs baleineaux que sur le partage de la nourriture avec leurs mères. Les mères pourraient aussi choisir de favoriser leurs fils adultes plutôt que leurs filles, car l'efficacité de reproduction prévue de leurs fils tout au long de leur vie est plus importante (les épaulards femelles donnent naissance à environ cinq à sept baleineaux au cours de leur vie, tandis qu'un mâle dont l'efficacité de reproduction est élevée pourrait se reproduire beaucoup plus). Les mères qui partagent le poisson avec leurs fils pour améliorer leur survie bénéficient de plus grands avantages en retour (en ce qui concerne les gènes communs transmis à la génération future). La diminution du partage de la nourriture avec les filles pourrait aider à expliquer pourquoi des groupes d'épaulards résidents se séparent de leur lignée maternelle : les filles dont la

Âge et sexe du bénéficiaire

- Mâle ayant atteint la maturité sexuelle (12 à 17 ans)
- ▨ Mâle ayant atteint la maturité physique (> 17 ans)
- Femelle reproductrice (12 à 39 ans)
- ▩ Femelle ayant dépassé l'âge de procréer (> 39 ans)
- Jeune adulte (< 12 ans)

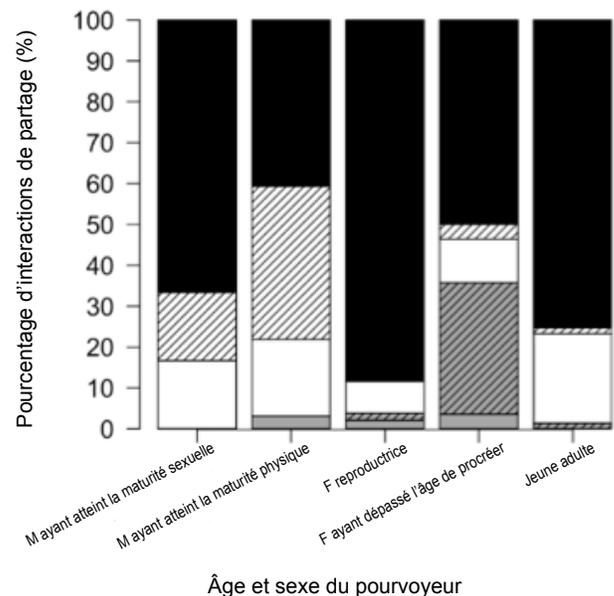


Figure 14.

Pourcentage d'interactions de partage selon l'âge et le sexe des bénéficiaires pour chaque catégorie d'âge et de sexe de l'animal pourvoyeur : mâle ayant atteint la maturité sexuelle (12 à 17 ans, N = 12 interactions); mâle ayant atteint la maturité physique (> 17 ans, N = 32); femelle reproductrice (12 à 39 ans, N = 286); femelle ayant dépassé l'âge de procréer (> 39 ans, N = 28); jeune adulte (< 12 ans, des deux sexes, N = 73). Comprend un total de N = 431 interactions de partage observées au cours de 341 différents événements de prédation lors desquels le partage de nourriture a été confirmé avec le niveau de certitude le plus élevé.

mère ne leur fournit plus de saumon pourraient partir seules avec leur progéniture.

Le document de recherche avec la vidéo montrant des épaulards résidents du Nord partageant un saumon est disponible en ligne, gratuitement, à l'adresse suivante: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003347216000737>



Nouveaux progrès dans l'utilisation d'acides gras pour déterminer le régime alimentaire des mammifères marins

Shelley Lang¹, Connie Stewart², Don Bowen¹ et Sara Iverson²

Déterminer le régime alimentaire des mammifères marins est difficile, car leur alimentation se déroule principalement en plongée dans des endroits éloignés dans l'océan et, par conséquent, ne peut pas être observée directement. Les méthodes traditionnelles utilisant des structures solides des proies récupérées dans les matières fécales ou dans l'estomac peuvent fournir de l'information utile, mais les sources connues d'erreurs et de biais ont poussé à élaborer de nouvelles méthodes afin de déterminer le régime alimentaire des mammifères marins. L'analyse quantitative de la signature des acides gras est l'une de ces nouvelles méthodes.

Les acides gras constituent les éléments constitutifs des matières grasses. Dans l'océan, il existe environ 67 éléments constitutifs de ce type dans les matières grasses de la plupart des espèces de poissons marins et d'invertébrés comme la morue franche et les calmars, respectivement. Bien que les mêmes acides gras soient présents chez la plupart des espèces, leur abondance relative diffère grandement et joue le rôle d'empreintes digitales. Par exemple, la morue peut se distinguer du hareng et d'autres espèces de poissons et d'invertébrés. Une caractéristique importante des acides gras des proies est qu'ils se déposent dans les réserves de graisse des prédateurs d'une manière prévisible. Ainsi, en comparant le profil d'acides gras du prédateur à une collection d'acides gras d'espèces proies, nous pouvons estimer la proportion

de chaque espèce proie qui a dû être mangée pour produire le profil du prédateur. La composition du régime alimentaire du prédateur peut alors être estimée.

Bien que la méthode soit utilisée depuis plus d'une décennie, des progrès continuent à être réalisés. Ces progrès concernent la classification des acides gras des espèces proies et les coefficients d'étalonnage nécessaires pour tenir compte du métabolisme des acides gras des proies chez le prédateur. Bien que 87 espèces proies soient représentées dans la collection des acides gras, 21 espèces sont désormais utilisées pour estimer le régime alimentaire des phoques gris sur le plateau néo-écossais. Les estimations sont maintenant fondées sur un sous-ensemble d'acides gras alimentaires (c.-à-d. ceux qui ne peuvent provenir que du régime alimentaire et qui ne peuvent pas être synthétisés par le prédateur) qui sont estimés de manière fiable. Enfin, les coefficients d'étalonnage qui sont associés à ces 28 acides gras ont été validés en comparant les résultats des modèles avec des régimes alimentaires administrés à des phoques communs et des phoques gris en captivité. Ces améliorations apportées à l'analyse quantitative de la signature des acides gras devraient fournir des estimations plus précises des régimes alimentaires des phoques gris, mais également de ceux d'autres mammifères marins.

¹ Pêches et Océans Canada

² Université du Nouveau-Brunswick



Plus qu'une simple bouchée : Révéler l'histoire de quête de nourriture et de reproduction de la baleine boréale à partir du fanon

Cory Matthews¹, Nadine Lysiak², Kathleen Hunt³, Conny Willing¹, Claire Hornby¹, Mads Peter Heide Jørgensen⁴ et Steve Ferguson¹

La gestion efficace des populations de mammifères marins nécessite de connaître leur utilisation de l'habitat, par exemple, où se nourrissent-ils et où élèvent-ils leurs petits? Comprendre les taux de reproduction, ce qui permet de prévoir la croissance de la population par rapport aux niveaux actuels, est également important. Les baleines boréales, réparties en deux populations dans l'est et l'ouest de l'Arctique canadien, se rétablissent actuellement de la forte baisse de leur population causée par la chasse commerciale pratiquée durant plusieurs siècles. Bien que les deux populations se portent désormais bien, une bonne compréhension du moment et de l'endroit auxquels les baleines boréales se nourrissent tout au long de l'année, ainsi que les taux de vêlage des femelles matures, peuvent nous aider à comprendre comment les populations de baleines boréales pourraient réagir aux agents de stress liés au changement climatique, comme la réduction de la disponibilité des proies, l'augmentation des activités de navigation et l'exploration pétrolière.

Étudier l'écologie et la reproduction des grandes baleines est difficile, notamment dans le cas des baleines boréales qui migrent sur de longues distances dans une région inaccessible à la recherche durant la majeure partie de l'année. Des études scientifiques récentes ont montré que l'analyse de la composition des fanons, ces structures de kératine (similaire aux ongles) poussant sous forme de longues plaques fines sur la mâchoire supérieure des baleines et rorquals, peut servir à reconstituer l'histoire de leur régime alimentaire, de leurs déplacements et de leurs cycles de reproduction. Les fanons, qui sont étroitement regroupés et recouverts de longs poils,

permettent aux baleines de filtrer les minuscules organismes zooplanctoniques qui constituent leur régime alimentaire.

Les fanons poussent de manière continue à raison d'environ 20 centimètres par an et peuvent atteindre une longueur de 3 à 4 mètres chez les baleines boréales. Un fanon peut donc représenter jusqu'à 20 ans de croissance!

Une des avancées les plus intéressantes en matière de recherche sur les mammifères marins durant la dernière décennie est la mesure de la composition chimique de structures en croissance permanente, comme les fanons, pour connaître le régime alimentaire et les patrons de migration passés ainsi que l'histoire de reproduction. Les fanons se forment directement à partir de métabolites alimentaires, leur composition reflète celle du régime alimentaire de la baleine au moment de leur croissance. La composition en azote et en carbone des tissus de l'animal, et des fanons en particulier, peut révéler ce que l'animal mange et à quel moment, car les rapports des isotopes stables de ces deux éléments varient en fonction du niveau trophique d'un animal et de son habitat. De même, les pics de concentration sanguine en progestérone qui se produisent durant la gestation laissent des traces dans les fanons pendant leur croissance. Les fanons agissent donc comme une archive de l'histoire de l'alimentation et de la reproduction d'un animal à laquelle on peut accéder en analysant leur composition en isotopes et en hormones sur toute leur longueur.

Pêches et Océans Canada et l'Institut des ressources naturelles du Groenland ont recueilli les fanons de plus de 20 baleines ayant fait l'objet de chasses de subsistance dans les deux pays au cours des dix à quinze dernières années. Les chercheurs ont foré de petits échantillons de fanon par incrément de 2 cm sur la longueur de chaque fanon, ce qui correspond à une période de croissance d'environ un à deux mois,

¹ Pêches et Océans Canada

² Université du Massachusetts, Boston

³ Northern Arizona University

⁴ Institut des ressources naturelles du Groenland

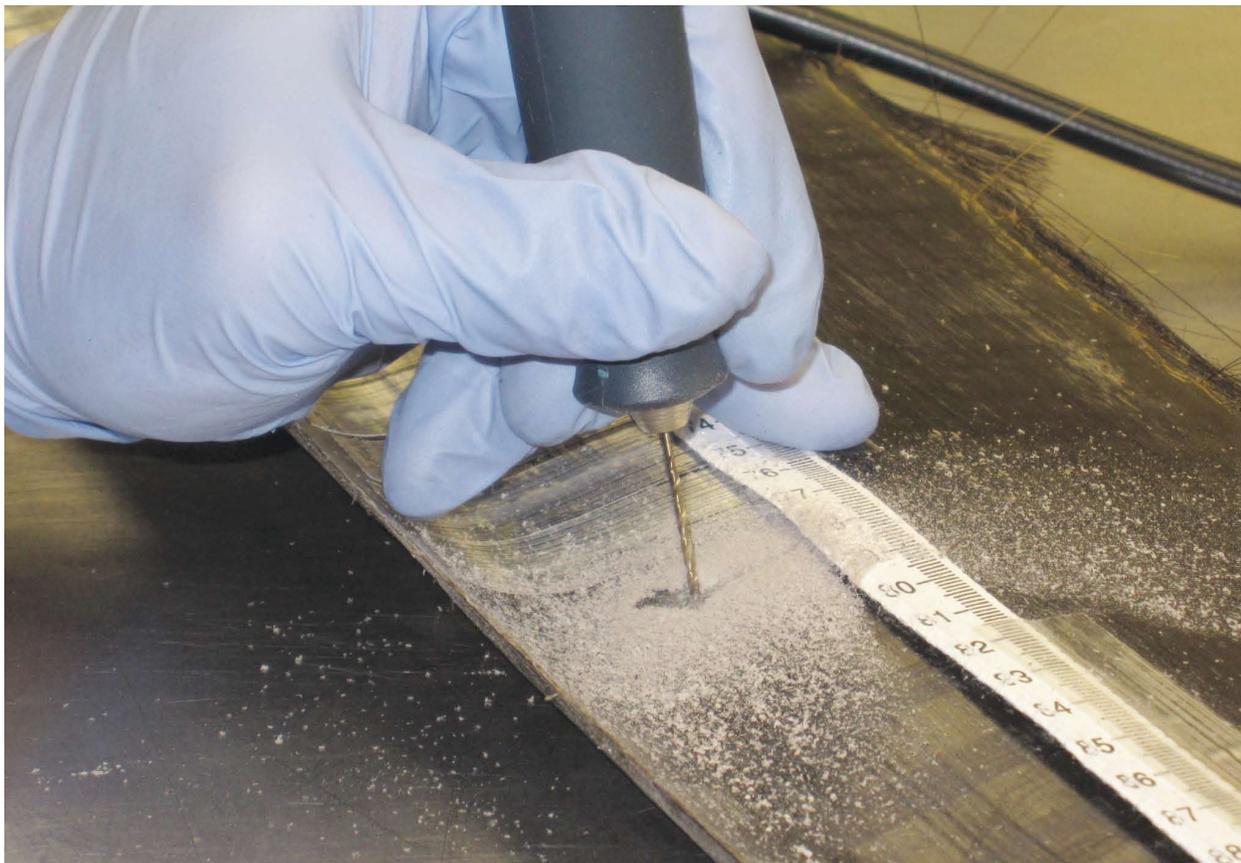
et y ont effectué des mesures pour connaître les concentrations d'isotopes stables et d'hormones.

Tous les individus ont présenté des cycles de concentration en isotopes stables tous les 20 cm, soit l'équivalent du taux de croissance annuel du fanon. En faisant correspondre les valeurs isotopiques du zooplancton avec les pics d'isotopes dans le fanon, qui survenaient en été, et les creux, qui survenaient en hiver, les chercheurs ont montré que les baleines boréales se nourrissaient tout au long de l'année (figure 15). Bien que l'on sache que les baleines boréales se nourrissent abondamment de zooplancton appelé « copépodes » durant les mois d'été, on a longtemps supposé que les baleines boréales jeûnaient et puisaient dans leurs réserves de graisse durant l'hiver, lorsque la couverture de glace limite la productivité de l'océan.

Cependant, les résultats des recherches sur les isotopes des fanons ont indiqué que les baleines boréales se nourrissent dans une certaine mesure pendant l'hiver, peut-être de copépodes qui hibernent sur le plancher océanique. Ces recherches indiquent donc que les baleines boréales pourraient choisir un habitat hivernal dans des régions qui leur permettent d'atteindre le fond marin pour se nourrir et que cette alimentation en hiver représenterait une partie de leur bilan énergétique annuel qui serait plus importante que ce que l'on croyait auparavant.

Des analyses des hormones dans les fanons sont en cours et les premiers résultats ont montré qu'il s'agit d'une technique prometteuse pour en apprendre davantage sur le comportement reproducteur des femelles et des mâles.

Par exemple, des pics de concentration de progestérone, indicateurs d'une gestation, ont été



Forage d'un fanon par incrément de 2 cm (photo : Cory Matthews).

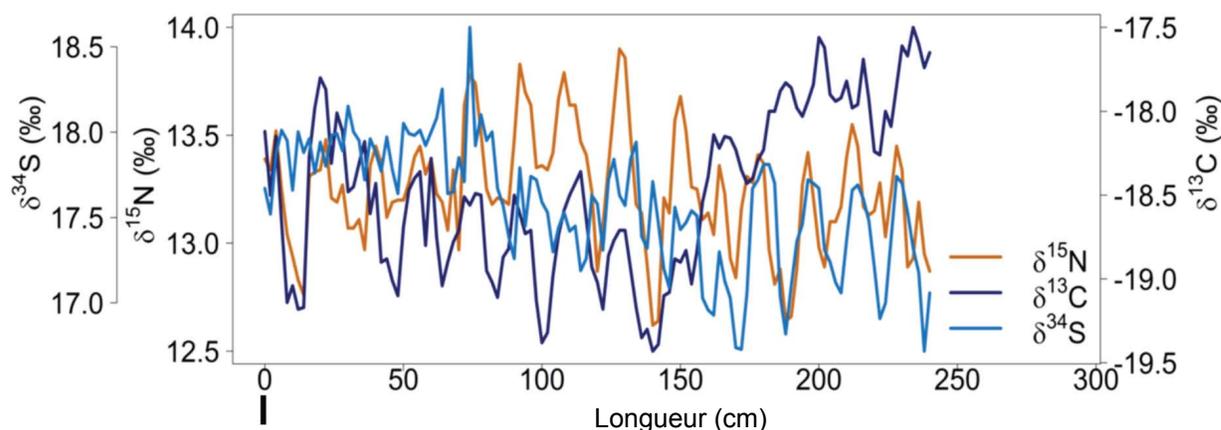


Figure 15.

Les fluctuations des rapports isotopiques sur la longueur du fanon d'une baleine boréale sont liées à la quête de nourriture et aux déplacements saisonniers. Les valeurs isotopiques du zooplancton, dont se nourrissent les baleines boréales, varient entre les aires d'alimentation estivales et hivernales. Étant donné que les baleines migrent et se nourrissent entre ces aires d'alimentation, la signature isotopique distincte de chaque région est enregistrée comme un cycle annuel dans leurs fanons.

détectés sur les fanons de dix femelles. La prochaine étape, l'analyse de la position de ces pics par rapport aux cycles isotopiques annuels, permettra aux chercheurs de déterminer l'intervalle entre les mises bas ou la fréquence à laquelle chaque femelle était gestante et donnait naissance (par opposition aux gestations interrompues de manière prématurée).

Une mesure simultanée de l'hormone de stress, la corticostérone, a montré que tous les pics de progestérone étaient associés à un stress élevé qui reflétait probablement les efforts supplémentaires que les femelles devaient déployer en matière d'allocation des ressources pour le fœtus en développement. Les chercheurs ont aussi été en mesure de détecter des pics annuels de testostérone chez les baleines boréales mâles, ce qui indique qu'ils se reproduisent chaque année. En outre, les pics de testostérone étaient compensés par les pics d'isotopes d'azote et de carbone qui survenaient en été, ce qui est conforme aux observations de baleines boréales se reproduisant durant le printemps.

Les longs fanons de la baleine boréale en font une espèce idéale pour appliquer cette nouvelle méthode de reconstitution des historiques alimentaires et de reproduction.

Les recherches ont déjà révélé des patrons de recherche de nourriture qui étaient auparavant inconnus et une analyse plus poussée des données sur les hormones reproductrices permettra aux chercheurs de mettre au point de meilleurs modèles de croissance de la population de baleines boréales. Enfin, les profils d'isotopes et d'hormones dans les fanons individuels, y compris les vestiges de la chasse commerciale à la baleine pratiquée il y a des centaines d'années qui sont actuellement abrités dans des musées, peuvent être combinés pour examiner les changements dans le régime alimentaire et la reproduction au cours de périodes beaucoup plus longues. Par exemple, une baisse nette des valeurs des isotopes stables a été observée au cours des trois décennies représentées par l'échantillon de 20 baleines qui ont été mesurées jusqu'à maintenant. Ceci pourrait être lié à des changements de régime alimentaire. À mesure que le climat dans l'Arctique se modifie, l'analyse future des variations du régime alimentaire et de la variation concomitante des paramètres de reproduction et des niveaux de stress pourrait être utilisée pour détecter des répercussions négatives sur la santé et les tendances des populations.

Observation du comportement du morse dans les échoueries quasiment en temps réel

Arnaud Mosnier et Mike Hammill

En matière de cycle biologique, le morse suit la stratégie typique des pinnipèdes en combinant l'alimentation en mer et en se hissant sur la terre ou sur la glace pour se reposer et se reproduire. Les effets du changement climatique ont déjà une incidence sur la couverture de glace saisonnière. Dans le futur, le morse devrait avoir moins de possibilités d'échoueries étant donné que la banquise se retire en été. Ceci obligerait les morses à utiliser plus intensivement un nombre limité d'échoueries terrestres et limiterait la disponibilité des aires d'alimentation à celles situées à proximité de ces échoueries.

Au Canada, la diminution de la couverture de glace pourrait avoir une incidence sur le morse, mais ces répercussions pourraient ne pas être aussi graves que

dans le Pacifique où les morses utilisent davantage la banquise au large.

Un avantage possible est qu'à mesure que la couverture de glace diminue en été, les animaux utiliseront plus souvent les îles et les régions côtières, ce qui pourrait faciliter les relevés effectués pour calculer les estimations de l'abondance. À l'heure actuelle, les relevés côtiers sont caractérisés par une incertitude importante du nombre quotidien de morses dans les échoueries à un moment donné et par une incertitude quant à la proportion de la population présente dans les échoueries. Notre approche pour mieux comprendre les changements dans le dénombrement des morses dans les échoueries consiste à augmenter le nombre de survols de sites clés pendant les relevés, ce qui est long et coûteux.



Première photo prise par la caméra montée sur une tour montrant son champ de vision et l'équipe d'installation (remarque : la photo a été prise à 22 h) (photo : MPO).

Le déploiement d'appareils photo à distance dans les principales échoueries pourrait fournir de l'information sur le nombre de morses utilisant une échouerie au quotidien et cette information pourrait être intégrée aux relevés.

En même temps, les appareils photo pourraient enregistrer les patrons d'utilisation quotidienne et saisonnière des échoueries. Les données peuvent être stockées et téléchargées sur place plus tard durant la saison. Cependant, cette approche est complexe et signifierait que les données ne seraient pas disponibles pendant un an, jusqu'à la prochaine visite du site. La transmission de données à distance par l'intermédiaire d'un téléphone cellulaire et de réseaux VHF est courante, mais elle n'est pas possible sur les échoueries des morses car celles-ci se trouvent généralement loin de toute installation humaine. Le recours à la communication par satellite est devenu plus abordable et certaines entreprises mettent au point des systèmes plus petits qui peuvent tirer profit d'une telle technologie.

Un appareil photo numérique monté sur une tour a été installé au début du mois d'août dans une échouerie située le long de la côte de l'île Nottingham dans le détroit d'Hudson, au nord de la collectivité inuite d'Ivujivik au Nunavut. Le choix de cette échouerie était fondé sur les connaissances locales des chasseurs et l'installation a été menée en collaboration avec ces derniers. L'appareil est alimenté



Appareil photo installé sur l'île (photo : Samuel Turgeon).

par un panneau solaire et un bloc-piles rechargeable fournit de l'électricité à l'appareil et au modem satellite, ce qui permet la transmission des données.

Une petite station météorologique installée sur une autre partie de la tour enregistre aussi la vitesse et la direction du vent ainsi que la température. L'appareil photo est programmé pour prendre plusieurs photos par jour afin de couvrir les patrons quotidiens

d'occupation du site par le morse. Parmi ces photos, trois sont transmises par satellite à un site Web auquel il est possible d'accéder depuis l'Institut Maurice-Lamontagne du MPO.

Cela nous permet de récupérer les données recueillies quasiment en temps réel (les photos sont téléchargées quotidiennement). Les photos sont aussi accessibles aux chasseurs locaux, ce qui leur permet d'observer ce qu'il se passe avec les morses.

Cette première installation est une mise à l'essai à plusieurs points de vue. Le projet consiste à déployer le système pendant un an à titre d'essai pour voir comment il réagira aux conditions très difficiles qui prévalent dans cette région.



De gauche à droite : Jusipi Padlayat, Charlie Paningajak, Adamie Paningajak, Paulusie Tarriasuk, Samuel Turgeon (MPO région du Québec), Tivi Alaku, Arnaud Mosnier (MPO région du Québec), Jusi Sala (photo : MPO).

Vers un dénombrement automatisé

Garry Stenson, Mike Hammill

L'obtention d'une estimation de l'abondance des animaux est nécessaire pour définir les objectifs de conservation, établir les limites de récolte et évaluer l'effet du développement. Pour cela, nous effectuons souvent des relevés visuels et photographiques, afin de déterminer le nombre d'animaux dans une zone. Pendant les relevés visuels, des observateurs entraînés repèrent et dénombrent les animaux alors qu'ils passent le long d'un transect prédéterminé à bord d'un bateau ou d'un aéronef. Les avantages de tels relevés résident dans le fait que des observations peuvent être effectuées rapidement et que les données peuvent être saisies et analysées afin de produire une estimation en quelques jours ou semaines seulement.

Cependant, les observations visuelles sont momentanées. L'observateur aperçoit rapidement l'animal, identifie l'espèce, le nombre et peut parfois enregistrer d'autres données, mais il n'est en aucun cas possible de revenir plus tard sur les lieux pour vérifier si les données sont exactes.

L'approche privilégiée consiste à utiliser un capteur, p. ex., un appareil photo, pour photographier la zone. Cependant, chaque photographie doit être examinée, ce qui peut être difficile et long. La détection d'animaux sur une photo dépend de la qualité de l'image et de la capacité du lecteur à détecter l'animal sur la photographie (figure 16).

Cette capacité à détecter un animal varie d'un lecteur à l'autre, mais étant donné qu'il est possible de vérifier de nouveau l'image, des protocoles peuvent être mis au point et la qualité des identifications peut être

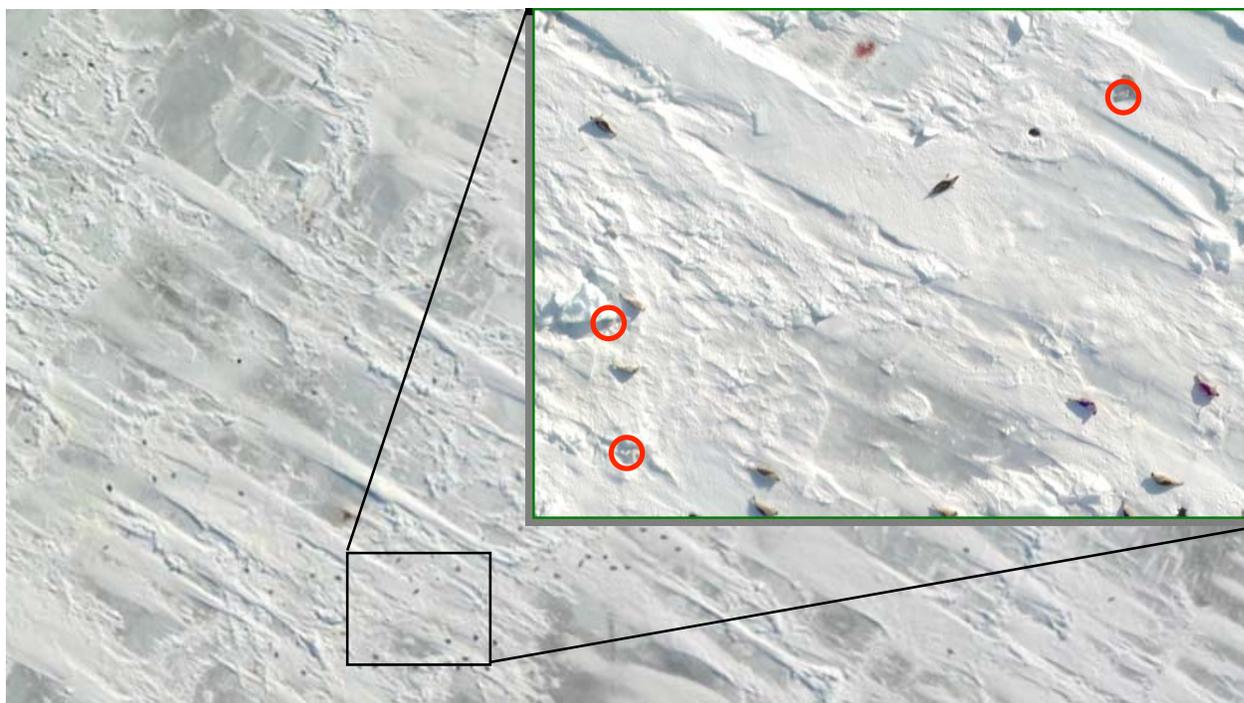


Figure 16.

Photographie de la glace prise pendant le relevé de production de blanchons du phoque du Groenland. Les blanchons sont encerclés. Le dénombrement des adultes au pelage foncé n'est pas utilisé dans l'évaluation. Le processus de dénombrement est laborieux en raison du nombre d'images et du temps nécessaire pour inspecter chaque image. Pour de nombreux phoques qui se reproduisent sur les glaces, cela est encore plus compliqué en raison du manque de contraste entre un blanchon et l'arrière-plan blanc.



évaluée. Au cours des trois dernières décennies, nous avons été témoins d'améliorations considérables en matière de qualité de l'image, étant donné que les appareils ont intégré des mécanismes de stabilisation et sont passés de la pellicule au numérique. Grâce aux systèmes numériques actuels, la résolution est tellement bonne que les lecteurs peuvent s'attarder sur une seule image, l'agrandir et déterminer s'il s'agit d'un animal ou d'un autre objet. Cela a permis de réduire la quantité de corrections appliquées aux dénombrements afin de compenser le nombre d'animaux manquants. L'intégration d'images aux systèmes d'information géographique (SIG) a aussi aidé à accélérer le dénombrement, étant donné que chaque animal est géoréférencé à l'écran et saisi automatiquement dans une base de données. Toutes les identifications incertaines peuvent être de nouveau vérifiées et la saisie physique de données, une étape fastidieuse, peut ainsi être évitée. Les données géolocalisées peuvent aussi être utilisées pour d'autres études, comme l'identification des types de glace utilisés pour la mise bas. Cependant, de nombreux relevés, en particulier ceux de mammifères marins, couvrent de vastes zones. Le nombre de photographies à examiner peut donc être considérable. Dans le cadre des relevés du phoque du Groenland, nous produisons 25 000 à 35 000 images chaque année lorsqu'un relevé aérien est mené. À l'heure actuelle, l'examen de toutes les images nécessite trois personnes travaillant à temps plein pendant un an.

Un système de détection et de dénombrement automatisé accélérerait le traitement des photographies et réduirait le temps et la quantité d'énergie nécessaires pour dénombrer les animaux sur les images. Une telle approche pourrait être partiellement ou totalement automatisée. Dans le cas d'un système entièrement automatisé, le nombre d'animaux figurant sur une image est détecté et compilé par le système. Cela réduit le degré d'effort nécessaire et accélère les résultats finaux, mais est très difficile à mettre au point en réalité. Un système semi-automatisé, où les animaux potentiels sont mis en évidence et un observateur formé décide s'il s'agit d'un mammifère marin ou non, est plus réaliste.

Au fil des ans, diverses tentatives ont été faites pour créer un système semi-automatisé afin de dénombrer

les blanchons, mais ce n'est que durant la dernière décennie, grâce à des améliorations considérables réalisées en matière de puissance de calcul et à des avancées importantes dans les systèmes de reconnaissance faciale, que certains progrès ont été accomplis. Ces caractéristiques, combinées à une approche qualifiée d'apprentissage profond, ont ouvert des possibilités en matière de création de nouveaux systèmes de détection automatisés. L'apprentissage profond correspond au moment où l'ordinateur, alors exposé à des centaines d'images de mammifères marins (p. ex., phoques sur la glace), apprend lentement à reconnaître un phoque sur la glace. Cela s'oppose aux approches précédentes, plus traditionnelles, où les scientifiques tentaient de définir la forme d'un phoque à l'aide d'algorithmes très complexes.

Les scientifiques du MPO collaborent avec des chercheurs de l'Institut norvégien de recherche marine et le centre informatique norvégien afin de mettre au point un programme qui détermine automatiquement des blanchons potentiels du phoque du Groenland et du phoque à capuchon sur des images aériennes à l'aide d'un réseau neuronal convolutionnel (CNN) profond. Bien que cette approche soit encore au stade de développement, les premiers résultats semblent indiquer qu'elle est utile. La méthode a été élaborée à l'aide d'images provenant de relevés canadiens et norvégiens plus anciens et elle est maintenant mise à l'essai par rapport aux images obtenues pendant le relevé du phoque du Groenland effectué en mars 2017. On espère que le programme sera opérationnel au moment du prochain relevé.

Le plus grand défi lors de l'identification de mammifères marins, notamment celle de phoques donnant naissance à des blanchons comme les phoques du Groenland et les phoques gris, sur les images obtenues à l'aide de capteurs normaux est le manque de contraste entre les blanchons et l'arrière-plan. Par le passé, des appareils photo équipés d'un filtre ultraviolet ont été utilisés pour améliorer le contraste des phoques du Groenland, mais de tels appareils étaient coûteux et difficiles à obtenir. Cependant, au cours des dernières années, des capteurs qui fonctionnent en utilisant d'autres longueurs d'onde sont devenus facilement

accessibles. Les capteurs thermiques capables de mesurer la différence entre la chaleur émise par un animal et son environnement plus froid sont un exemple du potentiel offert par un capteur.

En collaborant avec des chercheurs du Duke University Marine Laboratory, nous avons récemment déployé un capteur thermique dans un petit véhicule aérien sans pilote (UAV) pour recueillir des images de blanchons du phoque gris nés sur de petites îles en janvier dans le Canada atlantique.

Un modèle de détection du phoque a été élaboré pour numériser des images thermiques, détecter les phoques et les dénombrer. Les dénombrements obtenus à l'aide du système automatisé ont été comparés aux dénombrements manuels obtenus à partir de deux sites de mise bas insulaires dans le Canada atlantique. L'outil utilisait des seuils de température et effectuait un tri de la taille en fonction du groupe de pixels pour détecter les adultes et les blanchons du phoque gris. Les images ont été examinées manuellement une première fois pour fournir un dénombrement de référence. Elles ont ensuite été examinées à l'aide du modèle de détection thermique automatisé. Sur une île, le

système de dénombrement automatisé a détecté 5 % moins de phoques par rapport au dénombrement effectué manuellement.

Sur la deuxième île, le système de dénombrement automatisé a seulement détecté 2 % moins de phoques par rapport au dénombrement effectué manuellement (figure 17).

Dans nos analyses, la méthode automatisée a mieux fonctionné que les dénombrements manuels sur le site de prévision (site deux) où les températures ambiantes étaient plus faibles, ce qui permettait d'obtenir un meilleur contraste entre les phoques et l'environnement. Cependant, le modèle n'a pas réussi à détecter les jeunes animaux dont la température n'était pas suffisamment chaude. Ces animaux « froids » étaient probablement des animaux morts qui n'avaient plus de signature thermique mais qui ont été repérés par les lecteurs humains. Ce système automatisé est relativement facile à configurer et à utiliser à l'aide d'un logiciel de SIG couramment utilisé. Dans les zones où plusieurs capteurs sont utilisés, il offre un moyen clair d'améliorer le dénombrement et la compilation d'images obtenues à partir de nos relevés.

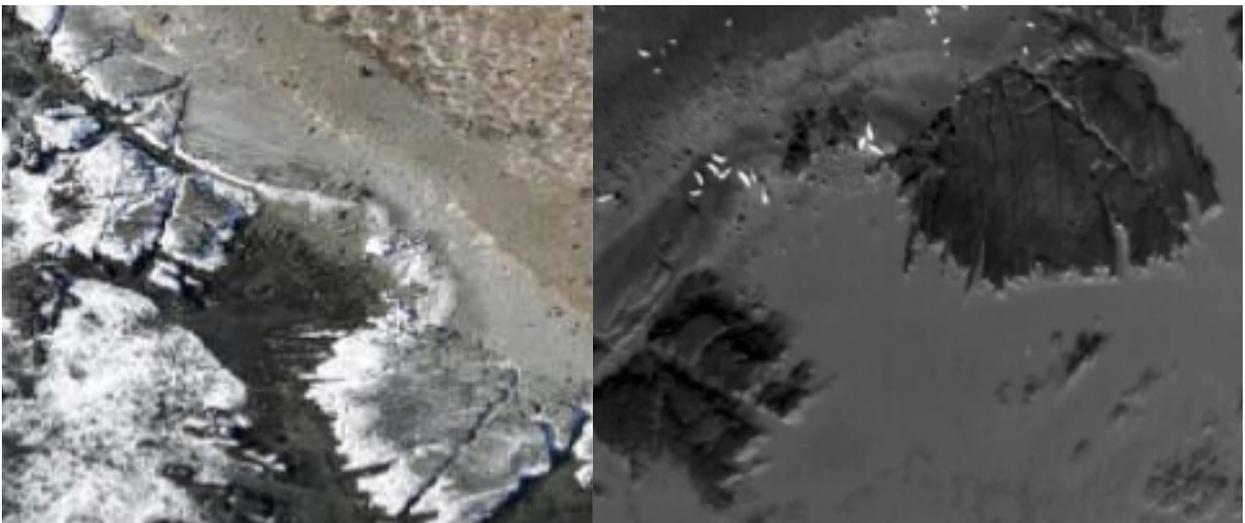


Figure 17.

Images d'une colonie de mise bas du phoque gris sur une île dans le Canada atlantique prises à l'aide d'un appareil photo normal (à gauche) et d'un appareil photo à infrarouge thermique (à droite). De Seymour et al. 2017 (Seymour, A.C., J. Dale, M. Hammill, P.N. Halpin, et D.W. Johnston. 2017. Automated detection and enumeration of marine wildlife using unmanned aircraft systems (UAS) and thermal imagery. *Rapports scientifiques* 7 :000-000. <http://dx.doi.org/10.1038/srep45127>. Publiés en ligne le 24 mars 2017)

Références

- Allard, K., Cochrane, N., Curran, K., Fenton, D., Koropatnick, T., Gjerdrum, C., Greenan, B.J.W., Head, E., Macnab, P., Moors-Murphy, H., Serdyska, A., Trzcinski, M.K., Vaughan, M., and Whitehead, H. 2015. The Gully Marine Protected Area Data Assessment. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/056. vi + 167 p.
- Auger-Methe, M., Albertsen, C. M., Jonsen, I. D., Derocher, A. E., Lidgard, D., Studholme, K. R., Crossin, G.T., Bowen, W.D., Mills Flemming, J. 2017. Template Model Builder: a promising tool to model the movement of marine animals. *Marine Ecology Progress Series* 565: 237-249. doi: 10.3354/meps12019
- Aulancier, F., Simard, Y., Roy N., Gervaise, C., and Bandet, M. 2016. Ground-truthed probabilistic shipping noise modeling and mapping: Application to blue whale habitat in the Gulf of St. Lawrence. In: *Proceedings of Meeting on Acoustics 27, 07006*. pp. 1-14. Fourth International Conference on the Effects of Noise on Aquatic Life, Dublin, Ireland. 10-15 July. <http://dx.doi.org/10.1121/2.0000258>
- Aulancier, F., Simard, Y., Roy N., Gervaise, C., and Bandet, M. 2016. Spatial-temporal exposure of blue whale habitats to shipping noise in St. Lawrence system. DFO Can. Sc. Adv. Sec. Res. Doc. 2016/090. vi + 26 p. http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/ResDocs-DocRech/2016/2016_090-eng.pdf
- Aulancier, F., Simard, Y., Bandet, M., Roy N., and Gervaise, C. In press. Effects of shipping on marine acoustic habitats in Canadian Arctic estimated via probabilistic modelling and mapping. *Marine Pollution Bulletin*
- Baker, L. L., J. Mills-Fleming, I. D. Jonsen, D. C. Lidgard, S. J. Iverson, W. D. Bowen. 2015. A novel approach to quantifying the spatiotemporal behavior of instrumented grey seals used to sample the environment. *Movement Ecology* 20153:20 <https://doi.org/10.1186/s40462-015-0047-4>
- Bellehumeur, C., Nielsen, O., Measures, L., Harwood, L., Goldstein, T., Boyle, B., and Gagnon, C. 2015. Herpesviruses including novel gammaherpesviruses are widespread among phocid seal species in Canada. *Journal of Wildlife Disease* 52 (1): 70-81
- Binnington, M.J., Lei, Y.D., Pokiak, L., Pokiak, J., Ostertag, S.K., Loseto, L.L., Chan, H.M., Yeung, L.W.Y., Huang, H., Wania, F. 2017. Effects of preparation on nutrient and environmental contaminant levels in Arctic beluga whale (*Delphinapterus leucas*) traditional foods. *Environmental Science: Processes & Impacts*: 19, 1000-1015
- Bowen, W. D., C. E. den Heyer, McMillan, JI, Iverson SJ. 2015. Offspring size at weaning affects survival to recruitment and reproductive performance of primiparous gray seals. *Ecology and Evolution* 5(7): 1412-1424
- Bowen, D. 2016. *Halichoerus grypus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T9660A45226042. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T9660A45226042.en>
- Bowen, D. 2016. *Phoca vitulina ssp. vitulina*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T17020A66991409. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T17020A66991409.en>
- Breed, GA, CJD Matthews, M Marcoux, JW Higdon, B LeBlanc et al (2017) Sustained disruption of narwhal habitat use and behavior in the presence of Arctic killer whales. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114 (10), 2628-2633
- Breed GA, Matthews CJD, Marcoux M, Higdon JW, Orr J, Reinhart, NR, and Ferguson SH. 2017. Sustained disruption of habitat use and behavior of narwhals in the presence of Arctic killer whales. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114: 2628–2633. doi: 10.1073/pnas.1611707114
- Breton-Honeyman, Kaitlin, C. M. Furgal and M. O. Hammill. 2016. Systematic Review and Critique of the Contributions of Traditional Ecological Knowledge of Beluga Whales in the Marine Mammal Literature. *Arctic*. 69:37-46
- Breton-Honeyman, K., M. Hammill, C. Furgal, and B. Hickie. 2016. Inuit knowledge of beluga whale (*Delphinapterus leucas*) foraging ecology in Nunavik (Arctic Quebec), Canada. *Canadian Journal of Zoology* 94:713-726

- Brewster, J.D, Giraldo, C., Swanson, H., Reist, J.D., Stern, G.A., Loseto, L.L. 2016. Ecological niche of coastal Beaufort Sea fishes defined by biotracers: Recommendations for a marine protected area monitoring program. *Marine Ecology Progress Series*, 559:159-173
- Brown, TM, DCG Muir, SH Ferguson, BG Young, AT Fisk, KJ Reimer, X Wang. 2016. Mercury and cadmium in ringed seals in the Canadian Arctic: influence of location and diet. *Science of the Total Environment* 545–546: 503–511
- Brown, T.A., Chrystal, E., Ferguson, S.H., Yurkowski, D.J., Watt, C.A., Hussey, N.E., and Belt, S.T. (2017) Coupled changes between the H-Print biomarker and $\delta^{15}\text{N}$ indicates a variable sea ice carbon contribution to the diet of Cumberland Sound beluga whales. *Limnology and Oceanography*. Doi: 10.1002/lno.10520
- Burns, L. D., S.D. Petersen and S.H. Ferguson, 2016. Exploring the use of citizen science to process aerial photographs: challenges and next steps. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3165: vi + 11 p.
- Carr, S.M., A.T. Duggan, G.B. Stenson and H.D. Marshall. 2015. Quantitative phylogenomics of within-species mitogenome variation: Monte Carlo and non-parametric analysis of phylogeographic structure among discrete transatlantic breeding areas of harp seals (*Pagophilus groenlandicus*). *PLoS ONE* 10(8): e0134207. doi:10.1371/journal.pone.0134207
- Choy, E.S., Roth, J.D., Loseto, L.L. 2016. Lipid removal and acidification affect nitrogen and carbon stable isotope ratios of beluga whales and their potential prey species in the Beaufort Sea ecosystem. *Marine Biology*. 163: 220. doi:10.1007/s00227-016-2992-x
- Choy, E.S., Rosenberg, B., Roth, J.D., Loseto, L.L. 2017. Inter-annual variations in environmental factors affect prey and body condition of eastern Beaufort Sea beluga whales (*Delphinapterus leucas*). *Marine Ecology Progress Series*
- Citta, J.J., S. Okkonen, L.T. Quakenbush, W. Maslowski, R. Osinski, J. C. George, R.J. Small, H. Brower, M.P. Heide-Jørgensen, and L. A. Harwood. 2017. Oceanographic characteristics associated with autumn movements of bowhead whales in the Chukchi Sea. *Deep Sea Research Part II Topical Studies in Oceanography*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.03.009>
- Citta, JJ, P Richard, LF Lowry, G O’Corry-Crowe, M Marcoux, R Suydam, et al (2017) Satellite telemetry reveals population specific winter ranges of beluga whales in the Bering Sea. *Marine Mammal Science* 33 (1), 236-250
- Davis, G., Baumgartner, M.F., Bonnell, J.M., Bell, J., Berchok, C., Bort Thornton, J., Brault, S., Buchanan, G., Charif, R.A., Cholewiak, D., Clark, C., Corkeron, P., Delarue, J., Dudzinski, K., Hatch, L., Hildebrand, J.A., Hodge, L., Klinck, H., Kraus, S., Martin, B., Mellinger, D., Moors-Murphy, H., Nieukirk, S., Nowacek, D., Parks, S., Read, A., Rice, A.N., Risch, D., Sirovic, A., Soldevilla, M., Stafford, K., Stanistreet, J., Summers, E., Todd, S., Warde, A. and van Parijs, S. In press. Long-term passive acoustic recordings track the changing distribution of North Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*) from 2004 to 2014. *Scientific Reports* XX: XX-XX
- den Heyer, C. E., and W. D. Bowen. 2017. Estimating changes in vital rates of Sable Island grey seals using mark-recapture analysis. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2017/054. v + 27 p.
- den Heyer, C.E., S.L.C. Lang, W.D. Bowen, and M.O. Hammill. 2017. Pup production at Scotian Shelf grey seal (*Halichoerus grypus*) colonies in 2016. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2017/056. v + 35 p.
- Doniol-Valcroze, T, J-F Gosselin, D Pike & J Lawson. 2015. Spatial modelling of narwhal density in fiords during the 2013 High Arctic Cetacean Survey (HACS). *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2015/059. v + 31 p.
- Doniol-Valcroze, T, J-F Gosselin, D Pike, J Lawson, N Asselin, K Hedges & SH Ferguson. 2015. Abundance estimate of the Eastern Canada - West Greenland bowhead whale population based on the 2013 High Arctic Cetacean Survey. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2015/058. v + 27 p.
- Doniol-Valcroze, T, J-F Gosselin, D Pike, J Lawson, N Asselin, K Hedges & SH Ferguson. 2015. Abundance estimates of narwhal stocks in the Canadian High Arctic in 2013. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2015/060. v + 36 p.
- Doniol-Valcroze, T, MO Hammill, S Turgeon & LD Postma. 2016. Updated analysis of genetic mixing among Nunavik beluga summer stocks to inform population models and harvest allocation. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2016/008. iv + 13 p.

- Doniol-Valcroze, T, A Mosnier & MO Hammill. 2016. Testing estimators of walrus abundance: insights from simulations of haul-out behavior. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/40. v + 18 p.
- Edwards, A.M., Haigh, R., Tallman, R., Swain, D.P., Carruthers, T.R., Cleary, J.S., Stenson, G. and Doniol-Valcroze, T. 2017. Proceedings of the Technical Expertise in Stock Assessment (TESA) National Workshop on 'Incorporating an ecosystem approach into single-species stock assessments' 21-25 November 2016, Nanaimo, British Columbia. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3213: vi + 53 p.
- Escajeda E, KL Laidre, EW Born, Ø Wiig, S Atkinson, M Dyck, SH Ferguson, NJ Lunn. 2017. Identifying shifts in maternity den phenology and habitat characteristics of polar bears (*Ursus maritimus*) in Baffin Bay and Kane Basin. Polar Biology DOI 10.1007/s00300-017-2172-6
- Ferguson SH, BG Young, DJ Yurkowski, R Anderson, C Willing, O Nielsen. 2017. Demographic, ecological, and physiological responses of ringed seals to an abrupt decline in sea ice availability. PeerJ 5:e2957; DOI 10.7717/peerj.2957
- Ford JKB, Pilkington JF, Riera A, Otsuki M, Gisborne B, Abernethy R, Stredulinsky EH, Towers JR, Ellis G (2017) Habitats of Special Importance to Resident Killer Whales (*Orcinus orca*) off the West Coast of Canada. Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/035
- Frasier, T.R., Petersen, S.D., Postma, L.D., Johnson, L., Jorgensen, M.P.H., Ferguson, S.H. 2015. Abundance estimates of the Eastern Canada-West Greenland bowhead whale (*Balaena mysticetus*) population based on genetic capture-mark-recapture analyses. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/0008. vii + 25p.
- Galicia, M.P., G.W. Thiemann, M.G. Dyck, S.H. Ferguson. 2015. Characterization of polar bear (*Ursus maritimus*) diets in the Canadian High Arctic. Polar Biology 38: 1983–1992
- Galicia, M.P., Thiemann, G.W., Dyck, M.G., Ferguson, S.H. and Higdon, J.W., 2016. Dietary habits of polar bears in Foxe Basin, Canada: possible evidence of a trophic regime shift mediated by a new top predator. Ecology and Evolution, 6(16), pp.6005-6018
- Gervaise, C., Aulanier, F., Simard, Y., and Roy, N. 2015. Mapping probability of shipping sound exposure level. The Journal of the Acoustical Society of America 137: EL429-EL435. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4921673>
- Gomez, C., J.W. Lawson, A.J. Wright, A.D. Buren, D. Tollit, V. Lesage. 2016. A systematic review on the behavioural responses of wild marine mammals to noise: the disparity between science and policy. Canadian Journal of Zoology, 2016, 94(12): 801-819, <https://doi.org/10.1139/cjz-2016-0098>
- Gomez, C., J. Lawson, A. L. Kouwenberg, H. Moors-Murphy, A. Buren, C. Fuentes-Yaco, E. Marotte, Y. F. Wiersma & T. Wimmer, 2017. Predicted distribution of whales at risk: identifying priority areas to enhance cetacean monitoring in the Northwest Atlantic Ocean. Endangered Species Research 32:437-458
- Gosselin, J.-F., Hammill, M.O. and Mosnier, A. 2017. Indices of abundance for beluga (*Delphinapterus leucas*) in James Bay and eastern Hudson Bay in summer 2015. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/019. vi + 28 p.
- Gosselin, J.-F., Hammill, M.O., Mosnier, A. and Lesage, V. 2017. Abundance index of St. Lawrence Estuary beluga, *Delphinapterus leucas*, from aerial visual surveys flown in August 2014 and an update on reported deaths. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/019. v + 28 p.
- Gregg, E.J., Gryba, R., James, M.C., Brotz, L., and Thornton, S.J. 2015. Information relevant to the identification of critical habitat for Leatherback Sea Turtles (*Dermochelys coriacea*) in Canadian Pacific waters. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/079. vii + 32p.
- Hammill, M.O., G.B. Stenson, T. Doniol-Valcroze and A. Mosnier. 2015. Conservation of Northwest Atlantic harp seals: past success, future uncertainty? Biological Conservation. 192:181-191
- Hammill, M.O., Stenson, G.B. and Mosnier, A. 2016. Science Advice on Theoretical Harvest Reduction Scenarios and Sustainable Catches of NWA harp seals? DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/055. v + 32 p.
- Hammill, M.O., P. Blanchfield, J.W. Higdon, D.B. Stewart, S.H. Ferguson. 2016. Estimating abundance and total allowable removals for walrus in Foxe Basin. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/014. iv + 20 p.

- Hammill M.O., J. Dale, G.B. Stenson, C.E. den Heyer, J-F Gosselin, and D. Johnston. 2016. Comparison of methods to estimate grey seal pup production at different colonies DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/041. iv + 19 p.
- Hammill, MO, T Doniol-Valcroze, A Mosnier & J-F Gosselin. 2016. Modelling walrus population dynamics: A direction for future assessments. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/50. v +47 p
- Hammill, M.O., den Heyer, C.E., and Bowen, W.D. 2016. Grey Seal Population Trends in Canadian Waters, 1960-2016 and Harvest Advice. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/052. vi + 30 p.
- Hammill, M.O., Young, R.A. and Mosnier, A and 2016. Evaluating impacts of flexible quota system on walrus harvesting. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/112
- Hammill, MO, A Mosnier, J-F Gosselin, JW Higdon, DB Stewart, T Doniol-Valcroze, SH Ferguson & JB Dunn. 2016. Estimating abundance and total allowable removals for walrus in the Hudson Bay-Davis Strait and south and east Hudson Bay stocks. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/036. v + 37p.
- Hammill, M.O., and C. Sauvé. 2017. Growth and condition in harp seals-evidence of density dependent and density independent influences. ICES J. of Marine Science 74:1395-1407
- Hammill, M.O., J-F. Gosselin and G.B. Stenson. 2017. Pup production of Northwest Atlantic grey seals in the Gulf of St. Lawrence. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/043. iv + 14 p.
- Hammill MO, Mosnier A, Gosselin J-F, Matthews CJD, Marcoux M, and Ferguson SH. 2017. Abundance of belugas in Hudson Bay. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/nnn. vi + xx p.
- Hammill, M.O., Stenson, G.B., and Doniol-Valcroze, T. 2017. A management framework for Nunavik beluga. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/060. v + 34 p.
- Harvey, J. and Bowen, D. 2016. *Phoca vitulina ssp. concolor*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T17021A66991505. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T17021A66991505.en>
- Harwood, L. A., Kingsley, M.C.S. and Pokiak, F. 2015. Monitoring beluga harvests in the Mackenzie Delta and near Paulatuk, NT, Canada: harvest efficiency and trend, size and sex of landed whales, and reproduction: 1970 to 2009. Canadian Manuscript Report Fisheries and Aquatic Sciences 3059
- Harwood, L. A., Smith, T. G., Auld, J. C., Melling, H. and Yurkowski, D. 2015. Seasonal movements and diving of ringed seals, *Pusa hispida*, in the western Canadian Arctic, 1999-2002 and 2010-2011. Arctic 68(2): 193-209
- Harwood, L.A., Smith, T.G., George, J.C., Sandstrom, S.J., Wojciech, W., and Divoky, G. J. 2015. Changes in the Beaufort Sea ecosystem: diverging trends in the body condition of marine mammals, seabirds and anadromous char revealed through long-term monitoring. Progress in Oceanography, Special Issue, Synthesis of Arctic Research (SOAR). <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2015.05.003>
- Harwood, L. A., Quakenbush L. T, Small R. J, George J. C., Pokiak, J., Pokiak, C. Heide-Jørgensen M. P., and Brower H. 2017. Movements, habitat use, and inferred foraging by bowhead whales in the Canadian Beaufort Sea during August-September, 2006-2012. Arctic 70(2): 161 - 176. <https://doi.org/10.14430/arctic4648>
- Harwood, L.A., Zhu, X., Angasuk, L., Emaghok, L., Ferguson, S., Gruben, C., Gruben, P., Hall, P., Illasiak, J., Illasiak, J., Inglangasuk, G., Lea, E.V., Loseto, L., Norton, P., Pokiak, C., Pokiak, F., Rogers, H., Snow, K., and Storr, W. 2017. Research, monitoring and hunter knowledge in support of the 2017 assessment of the status of Eastern Beaufort Sea Beluga stock. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/nnn. vi + 16 p.
- Hays, G. C., L. C. Ferreira, et al. 2016. Key Questions in Marine Megafauna Movement Ecology. Trends in Ecology & Evolution 31(6): 463-475, doi:10.1016/j.tree.2016.02.015
- Higdon JW and SH Ferguson. 2017. Database of aerial surveys and abundance estimates for beluga whales (*Delphinapterus leucas*) and narwhals (*Monodon monoceros*) in the Canadian Arctic. Canadian technical report of fisheries and aquatic sciences no. 3211 <http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/4058544x.pdf>
- Hoover, C., Ostertag, S., Hornby, C., Parker, C., Hansen-Craik, K., Loseto, L.L, Pearce, T. 2016. The Continued Importance of the Hunting for Inuit Food Security. Solutions, 7 (4): 40-51

- Hornby, C., Iacozza, J., Hoover, C., Barber, D., Loseto, L.L. 2016. Spring habitat use of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) during arrival to the Mackenzie River Estuary. *Polar Biology*. DOI 10.1007/s00300-16-1899-9
- Hornby, C., Iacozza, J., Hoover, C., Barber, D., Loseto, L.L. 2017. Beluga whale *Delphinapterus leucas* late summer habitat use and support for foraging areas in the Canadian Beaufort Sea. *Marine Ecology Progress Series* 574: 243-257
- Houde, M., Wang, X., Ferguson, S.H., Gagnon, P., Brown, T.M., Tanabe, S., Kunito, T., Kwan, M. and Muir, D.C.G., 2017. Spatial and temporal trends of alternative flame retardants and polybrominated diphenyl ethers in ringed seals (*Phoca hispida*) across the Canadian Arctic. *Environmental Pollution* 223: 266-276
- Hussey, N.E., Hedges, K.J., Barkley, A.N., Treble, M.A., Peklova, I., Webber, D.M., Ferguson, S.H., Yurkowski, D.J., Kessel, S.T., Bedard, J.M. and Fisk, A.T., 2017. Movements of a deep-water fish: establishing marine fisheries management boundaries in coastal Arctic waters. *Ecological Applications* 27(3), pp.687-704
- Ford, John K. B., James F. Pilkington, Brian Gisborne, Timothy R. Frasier, Robin M. Abernethy and Graeme M. Ellis. 2016. Recent observations of critically endangered North Pacific right whales (*Eubalaena japonica*) off the west coast of Canada. *Marine Biodiversity Records* 9:50
- Ford, JKB., James F. Pilkington, Amalis Riera, Mayuko Otsuki, Brian Gisborne, Robin M. Abernethy, Eva H. Stredulinsky, Jared R. Towers, and Graeme M. Ellis. 2017. Habitats of Special Importance to Resident Killer Whales (*Orcinus orca*) off the West Coast of Canada. CSAS Research Document 2017/035. viii + 57 p.
- Kelley TC, Stewart REA, Yurkowski DJ, Ryan A, Ferguson SH. 2015. Mating ecology of beluga (*Delphinapterus leucas*) and narwhal (*Monodon monoceros*) as estimated by reproductive tract metrics. *Mar Mamm Sci* 31: 479-500. DOI: 10.1111/mms.12165
- Kinda, B., Simard, Y., Gervaise, C., Mars, J.I., and Fortier, L. 2015. Arctic underwater noise transients from sea ice deformation: characteristics, annual time-series, and forcing in Beaufort Sea. *The Journal of the Acoustical Society of America* 138(4): 2034-2045. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4929491>
- Koski WR, Gamage G, Davis AR, Mathews T, LeBlanc B, Ferguson SH. 2015. Evaluation of UAS for photographic re-identification of bowhead whales, *Balaena mysticetus*. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*. 3: 22-29
- Kowarski, K., Evers, C., Moors-Murphy, H.B., Martin, B. and Denes, S.L. In press. Singing through winter nights: The seasonal and diel occurrence of humpback whale calls in and around the Gully MPA, offshore eastern Canada. *Canadian Journal of Zoology*
- Laidre KL, Stern H, Kovacs KM, Lowry L, Moore SE, Regehr EV, Ferguson SH, Wiig O, Boveng P, Angliss RP, Born EW, Litovka D, Quakenbush L, Lydersen C, Vongraven D, and Ugarte F. 2015. A circumpolar assessment of Arctic marine mammals and sea ice loss, with conservation recommendations for the 21st century. *Conservation Biology* 29: 724-737
- Lavoie, D., Chassé, J., Simard, Y., Lambert, N., Galbraith, P.S., Roy, N., Brickman, D. 2016. Large-scale atmospheric and oceanic control on krill transport into the St. Lawrence estuary evidenced with 3D numerical modelling. *Atmosphere-Ocean* 54: 299-325. <http://dx.doi.org/10.1080/07055900.2015.1082965>
- Lawson, J.W., and Gosselin, J.-F. In press. Distribution and preliminary abundance estimates for cetaceans seen during Canada's 2016 NAISS marine megafauna survey. Department of Fisheries and Oceans. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/in press
- Lawson, J.W., and Lesage, V. 2016. Modelling ship strike risks for marine mammals and sea turtles. Department of Fisheries and Oceans. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/in press
- LeBot, O., Mars, J.I., Gervaise, C., and Simard, Y. 2015. Cross recurrence plot analysis-based method for TDOA estimation of underwater acoustic signals on hydrophone array. *IEEE Proceedings of the International Workshop on Computational Advances in Multi-Sensor Adaptive Processing (CAMSAP)*. Cancun Mexico, Dec. 13-16. pp. 325-328
- LeBot, O., Mars, J.I., Gervaise, C., and Simard, Y. 2015. Rhythmic analysis for click train detection and source separation with examples on beluga whales. *Applied Acoustics* 95:37-49. DOI: 10.1016/j.apacoust.2015.02.005

- LeBot, O., Simard, Y., Roy, N., Mars, J.I., and Gervaise, C. 2016. Whistle source levels of free-ranging beluga whales in Saguenay-St. Lawrence marine park. *Journal of the Acoustical Society of America* 140: EL89-EL93
- Lesage, V., Gavrilchuk, K., Andrews, R.D., and Sears, R. 2016. Wintering areas, fall movements and foraging sites of blue whales satellite-tracked in the Western North Atlantic. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2016/078. v + 38 p.
- Lesage, V., Gosselin, J.-F., Lawson, J.W., McQuinn, I., Moors-Murphy, H., Plourde, S., Sears, R., Simard, Y. 2016. Information relevant to the assessment of the critical habitat of blue whales (*Balaenoptera musculus*) in the Northwest Atlantic. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2016/nnn. vi + xx p.
- Lesage V, Gavrilchuk K, Andrews RD, Sears R (2017) Foraging areas, migratory movements and winter destinations of blue whales from the western North Atlantic. *Endangered Species Research* 34:27-43. <https://doi.org/10.3354/esr00838>
- Lesage, V., Omrane, A., Doniol-Valcroze, T., & Mosnier, A. 2017. Increased proximity of vessels reduces feeding opportunities of blue whales in the St. Lawrence Estuary, Canada. *Endangered Species Research* 32:351-361
- Lillie, M.A., A.W. Vogl, S. Raverty, M. Haulena, W.A. McLellan, G.B. Stenson and R.E. Shadwick. In press. Controlling Thoracic Pressures in Cetaceans During a Breath Hold Dive: Importance of the Diaphragm. *Journal of Experimental Biology*
- Loseto, L.L., Stern, G.A., Macdonald, R.M. 2015. Distant drivers or local signals: where do mercury trends in western Arctic belugas originate? *Science of the Total Environment*, 509-510 (226-236)
- Maps, F., Plourde, S., McQuinn, I. H., St-Onge-Drouin, S., Lavoie, D., Chassé, J. and Lesage, V. (2015), Linking acoustics and finite-time Lyapunov exponents reveals areas and mechanisms of krill aggregation within the Gulf of St. Lawrence, eastern Canada. *Limnology & Oceanography* 60: 1965–1975. doi:10.1002/lno.10145
- Marcoux, M., V. Lesage, G.W. Thiemann, S.J. Iverson, S.H. Ferguson. 2015. Age estimation of belugas, *Delphinapterus leucas*, using fatty acid composition: A promising method. *Marine Mammal Science* 31: 944-962. DOI: 10.1111/mms.12212
- Marcoux, M., Ferguson, S.H., Roy, N., Bédard, J., and Simard, Y. 2016. Seasonal marine mammal occurrence detected from passive acoustics in Scott Inlet, Nunavut. *Polar Biology* 1-12. (on line 2016-10-19) DOI 10.1007/s00300-016-2040-9
- Marcoux, M., and Hammill, M.O. 2016. Model estimates of Cumberland Sound beluga (*Delphinapterus leucas*) population size and total allowable removals. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2016/077. iv + 35 p.
- Marcoux, M, SH Ferguson, N Roy, JM Bedard, Y Simard (2017) Seasonal marine mammal occurrence detected from passive acoustic monitoring in Scott Inlet, Nunavut, Canada. *Polar Biology* 40 (5), 1127-1138
- Marcoux, M., Young, B., Asselin, N.C., Watt, C.A., Dunn, J.B., and Ferguson, S.H. (2016) Estimate of Cumberland Sound beluga (*Delphinapterus leucas*) population size from the 2014 visual and photographic aerial survey. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2016/037. iv + 19 p.
- Martinez-Levasseur, L.M., C.M. Furgal, M.O. Hammill and G. Burness. 2016. Towards a Better Understanding of the Effects of UV on Atlantic Walruses, *Odobenus rosmarus rosmarus*: a Study Combining Histological Data with Local Ecological Knowledge. *PLoS ONE* 11(4): e0152122. doi:10.1371/journal.pone.0152122
- Martinez-Levasseur, L.M., C.M Furgal, M.O. Hammill. 2017. Challenges and strategies when mapping local ecological knowledge in the Canadian Arctic : the importance of defining the geographic limits of participant's common areas of observations. *Polar Biology* DOI 10.1007/s00300-016-2071-2
- Matthews C.J.D. and Ferguson S.H. 2015. Seasonal foraging behavior of Eastern Canada-West Greenland bowhead whales: an assessment of seasonal isotopic cycles along baleen. *Marine Ecology Progress Series* 522: 269-286
- Matthews C.J.D. and Ferguson S.H. 2015. Weaning age variation in beluga whales (*Delphinapterus leucas*). *Journal of Mammalogy* 96: 425-437
- Matthews, C.J., Longstaffe, F.J. and Ferguson, S.H., 2016. Dentine oxygen isotopes ($\delta^{18}O$) as a proxy for odontocete distributions and movements. *Ecology and Evolution*, 6(14), pp.4643-4653

- Matthews, C.J.D., Watt, C.A., Asselin, N.C., Dunn, J.B., Young, B.G., Montsion, L.M., Westdal, K.H., Hall, P.A., Orr, J.R., Ferguson, S.H., and Marcoux, M. 2017. Estimated abundance of the Western Hudson Bay beluga stock from the 2015 visual and photographic aerial survey. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/061. v + 18 p.
- McQuinn, I.H., Gosselin, J.-F., Bourassa, M.-N., Mosnier, A., St-Pierre, J.-F., Plourde, S., Lesage, V., Raymond, A. 2016. The spatial association of blue whales (*Balaenoptera musculus*) with krill patches (*Thysanoessa* spp. and *Meganctiphanes norvegica*) in the estuary and northwestern Gulf of St. Lawrence. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/104. iv + 19 p.
- Moore, S.E., E. Logerwell, L. Eisner, E. Farley, L. Harwood, K. Kuletz, J. Lovvorn, J. Murphy, L. Quakenbush. 2014. Pg. 337-392, Marine Fishes, Birds and Mammals as Sentinels of Ecosystem Variability and Reorganization in the Pacific Arctic Region. Pg. 337-392, in: Grebmeier, J. M. and Maslowski, W. Eds., The Pacific Arctic Sector: Status And Trends. Springer.
- Moors-Murphy, H.B., Lawson, J.W., Gomez, C., Rubin, B., Marotte, E., and Renaud, G. 2016. Occurrence of blue whales (*Balaenoptera musculus*) off Nova Scotia, Newfoundland, and Labrador. DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document. 2016/in press.
- Moors-Murphy, H.B. and J.A. Theriault. 2017. Review of Mitigation Measures for Cetacean Species at Risk During Seismic Survey Operations. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/008. Vi + 38 p.
- Morgan, J., M. Koen-Alonso, R. Rideout, A.D. Buren & D. Maddock Parsons. In Press. Growth and condition in relation to the lack of recovery of the Northern cod. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil
- Morin, P.A., Parsons, K.M., Archer, F.I., Ávila-Arcos, M.C., Barrett-Lennard, L.G., Dalla Rosa, L., Duchêne, S., Durban, J.W., Ellis, G., Ferguson, S.H., Ford, J.K., Ford, M., Garilao, C., Gilbert, M.T.P., Kaschner, K., Matkin, C.O., Petersen, S.D., Robertson, K.M., Visser, I.N., Wade, P.R., Ho, S.Y.W., Foote, A.D., 2015. Geographic and temporal dynamics of a global radiation and diversification in the killer whale. *Molecular Ecology* 24, 3964-3979
- Mosnier, A, T. Doniol-Valcroze, J.-F. Gosselin, V. Lesage, L.N. Measures and M.O. Hammill . 2015. Insights into processes of population decline using an integrated population model: the case of the St. Lawrence Estuary beluga (*Delphinapterus leucas*). *Ecological Modelling* 314:15-31
- Mosnier, A., Gosselin, J.-F., Lawson, J.W., Plourde, S., and Lesage, V. In press. Predicting seasonal occurrence of leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) in eastern Canadian waters from turtle and sunfish (*Mola mola*) sighting data and habitat characteristics. *Canadian Journal of Zoology*
- Mosnier, A., Larocque, R., Lebeuf, M., Gosselin, J.-F., Dubé, S., Lapointe, V., Lesage, V., Lefavre, D., Senneville, S., Chion, C. 2016. Définition et caractérisation de l'habitat du béluga (*Delphinapterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent selon une approche écosystémique. *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2016/052. vi + 93 p.
- Mosnier, A., Hammill, M.O., Turgeon, S., and Postma L. 2017. Updated analysis of genetic mixing among beluga stocks in the Nunavik marine region and Belcher Islands area: information for population models and harvest allocation. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/016. v + 15 p.
- Moxley, J.H., Bogomolni, A., Hammill, M., Moore, K., Polito, M. Sette, L., Sharp, B., Waring, G., Gilbert, J., Halpin, P., and Johnston, D.W. 2017. Google Haul Out: Earth-Observation Imagery and Digital Aerial Surveys in Coastal Wildlife Management and Abundance Estimation. *Bioscience* 67:760-768
- Newsome, S.D., Tinker, M.T., Gill, V.A., Hoyt, Z.N., Doroff, A., Nichol, L., Bodkin, J. 2015. The interaction of intraspecific competition and habitat on individual diet specialization: a near range-wide examination of sea otters. *Oecologia*, 178 (1): 45-59
- Nichol, L.M. Abernethy, R.M. Wright, B.M., Heaslip, S. Spaven L.D., Towers, J.R., Pilkington J.F., Stredulinsky E.H. and Ford J.K.B. 2017. Distribution, movements and habitat fidelity patterns of Fin Whales (*Balaenoptera physalus*) in Canadian Pacific Waters. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/004. vii + 50 p.
- Nichol, L.M. Conservation in Practice. In: Sea Otter Conservation. Larson, S., Bodkin, J., VanBlaricom, G. Elsevier Inc. 2015. pp 365-389
- Nichol, L.M., Watson J.C., Abernethy, R, Rechsteiner, E., Towers, J. 2015. Trends in the abundance and distribution of sea otters (*Enhydra lutris*) in British Columbia updated with 2013 survey results. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/039. vii + 31 p.

- Nichol, L.M., Ford, J.K.B. 2016. Information in Support of the Identification of Critical Habitat for Fin Whales (*Balaenoptera physalus*) in Canadian Pacific Waters. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/nnn. vii + 35 p.
- Nichol, L.M., Wright, B.M., O'Hara, P., and Ford, J.K.B. 2017. Assessing the risk of lethal ship strikes to humpback (*Megaptera novaeangliae*) and fin (*Balaenoptera physalus*) whales off the west coast of Vancouver Island, Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/007. vii + 33 p.
- Nichol, L.M., Wright, B.M., O'Hara, P., and Ford, J.K.B. 2017. Risk of lethal vessel strikes to humpback and fin whales off the west coast of Vancouver Island, Canada. *Endangered Species Research* 32: 373-390
- O-Corry-Crowe, G., Mahoney, A. Suydam, R. Quakenbush, L., Whiting, A., Lowry, L., Ferreira, L., Tazruk, J., Saccheus, C., Harwood, L. 2016. Genetic profiling links changing sea ice to shifting beluga whale migration patterns. *Biology Letters* 12: 20160404. <http://rsbl.royalsocietypublishing.org>
- Payne, J.F., Andrews, C.D., Hanlon, J., Lawson, J.W., Mathieu, A., Wadsworth, A., and French, B. 2015. Effects of seismic air-gun sounds on lobster (*Homarus americanus*): Pilot laboratory studies with (i) a recorded track from a seismic survey and (ii) air-gun pulse exposures over 5 days. *Environmental Studies Research Fund*. 197: 38 p.
- Pedro S, A Fisk, G Tomy, SH Ferguson, N Hussey, ST Kessel, MA McKinney. 2017. Mercury and persistent organic pollutants in native and invading forage species of the Canadian Arctic: Consequences for food web dynamics. *Environmental Pollution* 229: 229-240
- Perry, E., G.B. Stenson & A.D. Buren. 2016. Attendance and nursing patterns of harp seals in the harsh environment of the northwest Atlantic. *Polar Biology*. DOI: 10.1007/s00300-016-1938-6
- Pike, D & T Doniol-Valcroze. 2015. Identification of duplicate sightings from the 2013 double-platform High Arctic Cetacean Survey. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/034. v + 22 p.
- Pilkington, James, Eva Stredulinsky, Robin M. Abernethy, John K. B. Ford. Patterns of Fin Whale (*Balaenoptera physalus*) Seasonality and Relative Distribution in Canadian Pacific Waters Inferred from Passive Acoustic Monitoring. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/XXX. vii + 29 p.
- Pleskach, K., Hoang, W., Chu, M., Haldorson, T., Loseto, L.L., Ferguson, S., Tomy G. 2016. Use of mass spectrometry to measure aspartic acid racemization for ageing beluga whales. *Marine Mammal Science* 32: 1370-1380
- Plourde, S., Lehoux, C., McQuinn, I.H., and Lesage, V. 2016. Describing krill distribution in the western North Atlantic using statistical habitat models. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/111. v + 34 p.
- Pomerleau C, Heide-Jørgensen, MP, Ferguson, SH, Stern, H., Høyer, J.L., Stern, GA. 2017. Reconstructing variability in West Greenland ocean biogeochemistry and bowhead whale (*Balaena mysticetus*) food web structure using amino acid isotope ratios. *Polar Biology* in press doi:10.1007/s00300-017-2136-x
- Puryear, Wendy B., M. Keogh, N. Hill, J. Moxley, E. Josephson, K.R. Davis, C. Bandoro, D. Lidgard, A. Bogomolni, M. Levin, Lang S., Hammill, M., Bowen, W.D., Johnston, D.W., Romano, T., Waring, G., and Runstadler. 2016. Prevalence of influenza A virus in live-captured North Atlantic gray seals: a possible wild reservoir. *Emerging Microbes and Infections* 5. e81; doi:10.1038/emi.2016.77
- Rice, Ally, Volker B. Deecke, John K. B. Ford, James F. Pilkington, Erin M. Oleson, John A. Hildebrand, Ana Sirovic. 2017. Spatial and temporal occurrence of killer whale ecotypes off the outer coast of Washington State, USA. *Marine Ecology Progress Series* 572: 255-268
- Roy, N., et Simard, Y. 2015. Bruit ambiant et fréquentation de la région de Cacouna par le béluga du Saint-Laurent à l'été 2014 par monitoring acoustique continu. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 3141: vi+22 pp. http://publications.gc.ca/collections/collection_2015/mpo-dfo/Fs97-6-3141-fra.pdf
- Salewski, V., and Watt, C.A. (2016) Bergmann's rule – a biophysiological rule examined in birds. *Oikos*. Doi: 10.1111/oik.03698
- Sauvé, CC, G Beuplet, MO Hammill, and I Charrier. 2015. Acoustic analysis of airborne, underwater, and amphibious mother attraction calls by wild harbor seal pups (*Phoca vitulina*). *Journal of Mammalogy* DOI:10.1093/jmammal/gyv064

- Sauvé, C.C., G. Beuplet, M.O. Hammill, and I. Charrier. 2015. Mother-pup vocal recognition in harbour seals: influence of maternal behaviour, pup voice and habitat sound properties. *Animal Behaviour* 105:109-120
- Savenkoff, Claude, Jacques A. Gagné, Michel Gilbert, Martin Castonguay, Denis Chabot, Joël Chassé, Sophie Comtois, Jean-Denis Dutil, Peter S. Galbraith, Jean-François Gosselin, François Grégoire, Richard Larocque, Pierre Larouche, Diane Lavoie, Michel Lebeuf, Véronique Lesage, Frédéric Maps, Ian H. McQuinn, Arnaud Mosnier, Claude Nozères, Patrick Ouellet, Stéphane Plourde, Bernard Sainte-Marie, Louise Savard, Michael Scarratt, Michel Starr. Le concept d'approche écosystémique appliqué à l'estuaire maritime du Saint-Laurent (Canada). 2017. *Environmental Reviews* 25(1): 26-96, <https://doi.org/10.1139/er-2015-0083>
- Scheuhammer, A., Braune, B., Chan, H.-M., Frouin, H., Krey, A., Letcher, R., Loseto, L., Noel, M., Ostertag, S., Ross, P., Wayland, M. 2015. Recent progress on our understanding of the biological effects of mercury in fish and wildlife in the Canadian Arctic. *Science of the Total Environment*, 509-510: 91-103
- Sciullo L, GW Thiemann, NJ Lunn, SH Ferguson. In press. Intraspecific and temporal variability in the diet composition of female polar bears in a seasonal sea ice regime. *Arctic Science*
- Seymour, A.C., J. Dale, M. Hammill, P.N. Halpin, and D.W. Johnston. 2017. Automated detection and enumeration of marine wildlife using unmanned aircraft systems (UAS) and thermal imagery. *Scientific Reports* 7 :000-000. <http://dx.doi.org/10.1038/srep45127>. Published online 24 March 2017
- Simard, Y., Bandet, M., Gervaise, C., Roy N., and Aulancier, F. 2016. Soundscape cube: A holistic approach to explore and compare acoustic environments. In: *Proceedings of Meeting on Acoustics* 27(1):070012. pp. 1-8. Fourth International Conference on the Effects of Noise on Aquatic Life, Dublin, Ireland. 10-15 July. <http://dx.doi.org/10.1121/2.0000319>
- Simard, Y., Roy N., Aulancier, F., and Giard, S. 2016. Blue whale continuous frequentation of the St. Lawrence system from multi-year PAM time series. *DFO Can. Sc. Adv. Sec. Res. Doc.* 2016/091. v + 14 p. http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/ResDocs-DocRech/2016/2016_091-eng.pdf
- Simard, Y., Roy, N., Gervaise, C., Giard, S. 2016. A seaway acoustic observatory in action: The St. Lawrence Seaway. Chapter 128. In: Popper, A. N. and Hawkins, A. eds. *The effects of noise on aquatic life II*. Springer Science+Business Media, LLC, New York. Series: *Advances in Experimental Medicine and Biology*, Vol. 875. Chapter 128. pp. 1031-1040. (Proc. Third International Conference on The Effects of Noise on Aquatic Life, August 11-16, 2013, Budapest, Hungary.) DOI 10.1007/978-1-4939-2981-8
- Simard, Y., Roy, N., Gervaise, C., Giard, S. 2016. Analysis and modeling of 255 ship source levels from an acoustic observatory along St. Lawrence Seaway. *Journal of the Acoustical Society of America* 140(3):2002-2018. <http://dx.doi.org/10.1121/1.4962557>
- Simond, A.E., Magali Houde Véronique Lesage Jonathan Verreault. 2017. Temporal trends of PBDEs and emerging flame retardants in belugas from the St. Lawrence Estuary (Canada) and comparisons with minke whales and Canadian Arctic belugas. *Environmental Research* Volume 156: 494-504
- Smith AJ, JW Higdon, P Richard, J Orr, W Bernhardt, SH Ferguson. In press. Beluga whale summer habitat associations in the Nelson River Estuary, western Hudson Bay, Canada. *PlosOne*
- Stanistreet, J.E., Nowacek, D.P., Baumann-Pickering, S., Bell, J.T., Cholewiak, D.M., Hildebrand, J.A., Hoidge, L.E.W., Moors-Murphy, H.B., Van Parijs, S.M. and Read, A.J. 2017. Using passive acoustic monitoring to document the distribution of beaked whale species in the western North Atlantic Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. E-first article: 1-12 pp.
- Stanistreet, J.E., Nowacek, D.P., Read, A.J., Baumann-Pickering, S., Moors-Murphy, H.B. and Van Parijs, S.M. 2016. Effects of duty-cycled passive acoustic recordings on detecting the presence of beaked whales in the Northwest Atlantic. *Journal of Acoustical Society of America*. 140: EL31, 7 pp.
- Stenson, G.B., A.D. Buren and M. Koen-Alonso. 2016. The impact of changing climate and abundance on reproduction in an ice-dependent species, the Northwest Atlantic harp seal, *Pagophilus groenlandicus*. *ICES. Journal of Marine Science* 73:250-262

- Stewart, R.E.A., Stewart, D.B. and Higdon, J.W. 2017. Report of the 2016 workshop to inform the DFO five-year research plan for Atlantic walrus in Canada. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 3200: vi + 90 p.
- Stocki, T.J., Gamberg, M., Loseto, L., Pellerin, E., Bergman, L., Mercier, J., Genovesi, L., Cooke, M., Todd, B., Whyte, J., Wang, X. 2016. Measurements of cesium in Arctic beluga and caribou before and after the Fukushima accident of 2011. *Journal of Environmental Radioactivity* 2016: 162-163: 379-387
- Stredulinsky EH (2016) Determinants of group splitting: an examination of environmental, demographic, genealogical and state-dependent factors of matrilineal fission in a threatened population of fish-eating killer whales (*Orcinus orca*). MSc thesis, University of Victoria.
- Swain, DP, H Benoit and MO Hammill. 2015. Spatial distribution of fishes in a Northwest Atlantic ecosystem in relation to risk of predation by a marine mammal. *Journal of Animal Ecology* 84: 1286-1298. DOI: 10.1111/1365-2656.12391
- Themelis, D., Harris, L., and Hayman, T. 2016. Preliminary analysis of human-induced injury and mortality to cetaceans in Atlantic Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/085. v + 15 p.
- Theriault, J.A. and Moors-Murphy, H.B. 2015. Species at Risk criteria and seismic survey noise thresholds for cetaceans. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/078. v + 42 p.
- Trana, M.R., Roth, J.D., Tomy, G.T., Anderson, W.G. and Ferguson, S.H., 2016. Increased blubber cortisol in ice-entrapped beluga whales (*Delphinapterus leucas*). *Polar Biology*, 39(9), pp.1563-1569
- Trzcinski, M. K. and W. D. Bowen 2016. The recovery of Atlantic halibut: a large, long-lived, and exploited marine predator. *ICES Journal of Marine Science* 73(4): 1104-1114
- Ure, D.L., W.D. Bowen, and C.E. den Heyer. 2016. Grey seal population status and trends, Sable Island National Park Reserve, in State of Park Assessment Technical Report
- Watt CA, and SH Ferguson. 2015. Fatty acids and stable isotopes ($\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$) reveal temporal changes in narwhal (*Monodon monoceros*) diet linked to migration patterns. *Marine Mammal Science* 31: 21-44
- Watt CA, JR Orr, MP Heide-Jorgensen, NH Nielsen, SH Ferguson. 2015. Differences in dive behavior among the world's three narwhal *Monodon Monoceros* populations correspond with dietary differences. *Marine Ecology Progress Series* 525: 273-285
- Watt, C.A., Orr, J.R., and Ferguson, S.H. 2015. A shift in foraging behaviour of beluga whales *Delphinapterus leucas* from the threatened Cumberland Sound population may reflect a changing Arctic food web. *Endangered Species Research*. 31: 259-270. Doi: 10.3354/esr00768.
- Watt, C.A., Marcoux, M., Asselin, N.C., Orr, J.R., and Ferguson, S.H. 2015. Instantaneous availability bias correction for calculating aerial survey abundance estimates for narwhals (*Monodon monoceros*) in the Canadian High Arctic. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/044. vi +13 p.
- Watt, C.A., Marcoux, M., Leblanc, B., and Ferguson, S.H. 2015. Instantaneous availability bias correction for calculating aerial survey abundance estimates for bowhead whales (*Balaena mysticetus*) in the Canadian High Arctic. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/046. vi +21 p.
- Watt, C.A., Orr, J.R., Heide-Jørgensen, M.P., Nielsen, N.H., and Ferguson, S.H. 2015. Differences in dive behaviour among the world's three narwhal (*Monodon monoceros*) populations correspond with dietary differences. *Marine Ecology Progress Series* 525: 273-285
- Watt, C.A., Petersen, S.D., and Ferguson, S.H. 2015. Genetics and fatty acids assist in deciphering narwhal (*Monodon monoceros*) social groupings. *Polar Biology* 38: 1971-1981. DOI: 10.1007/s00300-015-1756-2
- Watt, C.A., Orr, J.R., and Ferguson, S.H. 2017. Spatial distribution of narwhal (*Monodon monoceros*) diving for Canadian populations helps identify important seasonal foraging areas. *Canadian Journal of Zoology* 95: 41-50
- Watt, C.A., Marcoux, M., Dunn, J.B., Hodgson, R., Moore, R., and Ferguson, S.H. In press. Effect of the 2015 narwhal (*Monodon monoceros*) entrapment on the Eclipse Sound narwhal stock. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/XXX

- Watt CA, Witting, L., Marcoux, M., Doniol-Valcroze, T., Guldborg Hansen, R., Hobbs, R., Lee, D.S., Ferguson, S.H., and Heide-Jørgensen, M.P. 2017. Harvest allocation modelling for narwhal (*Monodon monoceros*) stocks shared between eastern Canada and West Greenland. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/nnn. vi + xx p.
- Weitzman, J., C. den Heyer, and W. D. Bowen 2017. Factors influencing and consequences of breeding dispersal and habitat choice in female grey seals (*Halichoerus grypus*) on Sable Island, Nova Scotia. *Oecologia* 183: 367-378, doi:10.1007/s00442-016-3764-5
- Wells, N.J., G.B. Stenson, P. Pepin and M. Koen-Alonso. 2017. Identification and Descriptions of Ecologically and Biologically Significant Areas in the Newfoundland and Labrador Shelves Bioregion. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/013
- Wells, N.J., Warren, M.A., Gullage, L., Pretty, C., Koen-Alonso, M., Lawson, J.W., Wareham, V., Tucker, K., Allard, K., Robertson, G., Fifield, D., Gjerdrum, C., Hedd, A., and Wilhelm, S. In press. Recommended design strategies for the development of a marine protected area network in the Newfoundland and Labrador shelves bioregion. Department of Fisheries and Oceans. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/XXX
- Westdal KH, Davies J, MacPherson A, Orr J, Ferguson SH. 2016. Behavioural changes in belugas (*Delphinapterus leucas*) during a killer whale (*Orcinus orca*) attack in southwest Hudson Bay. *Canadian Field-Naturalist* 130(4): 315-319
- Westdal, K.H., Higdon, J.W. and Ferguson, S.H., Review of killer whale (*Orcinus orca*) ice entrapments and ice-related mortality events in the Northern Hemisphere. *Polar Biology* pp.1-7.
- Williams, R., Lacy, R.C., Ashe, E., Hall, A., Lehoux, C., Lesage, V., McQuinn, I., Plourde, S. 2017. Predicting responses of St. Lawrence beluga to environmental change and anthropogenic threats to orient effective management actions. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/027. v + 44 p.
- Wright BM, Stredulinsky EH, Ellis GM, and Ford JKB. 2016. Kin-directed prey sharing promotes lifetime natal philopatry of both sexes in a population of fish-eating killer whales, *Orcinus orca*. *Animal Behaviour* 115:81-95
- Wright BM, Ford JKB, Ellis GM, Deecke VB, Shapiro AD, Battaile BC, Trites AW. 2017. Fine-scale foraging movements by fish-eating killer whales (*Orcinus orca*) relate to the vertical distributions and escape responses of salmonid prey (*Oncorhynchus* spp.). *Movement Ecology* 5:3
- Young, B.G., SH Ferguson, NJ Lunn. 2015. Variation in indices of ringed seal density and abundance in western Hudson Bay determined from aerial surveys, 1995 to 2013. *Arctic* 68: 301-309
- Young, B.G. and Ferguson, S.H. 2016. Comparison of photographic and visual surveys of ringed seals in western Hudson Bay. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3153: iii + 11 p.
- Yurkowski DJ, NE Hussey, C Semeniuk, SH Ferguson, and AT Fisk. 2015. Effects of lipid-extraction and the utility of lipid-normalization models on $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ values in arctic marine mammal tissues. *Polar Biology* 38: 131–143
- Yurkowski, D.J., Ferguson, S., Choy, E.S., Loseto, L.L., Brown, T.M., Muir, D.C., Semeniuk, C.A. and Fisk, A.T., 2016. Latitudinal variation in ecological opportunity and intraspecific competition indicates differences in niche variability and diet specialization of Arctic marine predators. *Ecology and Evolution* 6(6), pp.1666-1678
- Yurkowski DJ, SH Ferguson, CAD Semeniuk, TM Brown, DCG Muir, AT Fisk. 2016. Spatial and temporal variation of an ice-adapted predator's feeding ecology in a changing Arctic marine ecosystem. *Oecologia* 180: 631–644. DOI 10.1007/s00442-015-3384-5
- Yurkowski, D.J., Semeniuk, C. A. D., Harwood, L.A., Asvid-Rosing, A., Dietz, R., Brown, T. M., Clackett, S. Grgicak-Mannion, A. G., Fisk, A., and Ferguson, S. H. 2016. The influence of sea ice phenology on the movement ecology of ringed seals across their latitudinal range. *Marine Ecology Progress Series* 562: 237-250. doi: 10.3354/meps11950