LES OCÉANS DU CANADA MAINTENANT : ÉTUDES DE CAS TIRÉES DU RAPPORT SUR L'ÉTAT DES MERS ARCTIQUES DU CANADA

2019

Sous la direction d'Andrea Niemi, Pêches et Océans Canada Région du Centre et de l'Arctique 501, University Crescent Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6

Les études de cas sont tirées de :

Niemi, A., Ferguson, S., Hedges, K., Melling, H., Michel, C., et coll. 2019, État des mers arctiques du Canada. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3344 : xv + 189 p.

© SA MAJESTÉ LA REINE DU CHEF DU CANADA, REPRÉSENTÉE PAR LE MINISTRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS DU CANADA, 2019
DES PECHES ET DES OCEANS DU CANADA, 2019 N° DE CAT. Fs23-549/2-2019F-PDF ISBN 978-0-660-33145-4

Table des matières

Table des matières	3
Encadré : Les ours polaires et le déclin de la glace de mer	4
Réponse d'un superprédateur au déclin de l'habitat de la glace de mer dans l'ouest de la d'Hudson	
Encadré : L'océan en fleur	7
Changements dans la phénologie du phytoplancton des plateaux aux bassins	7
Encadré : Le phoque annelé et le déclin de la glace de mer	10
Épisode de chaleur extrême dans la baie d'Hudson et réponse du phoque annelé	10
Encadré : Une année différente	14
Variabilité de l'écosystème dans le sud de la mer de Beaufort au Canada	14
Encadré : Sanctuaire de l'Arctique	18
Les eaux du Nord – Sanctuaire de forte productivité et la biodiversité qui y est associée	: 18
Encadré : Extension des aires de répartition	20
Extension des aires de répartition et présence de nouvelles espèces	20
Encadré : Points chauds de l'Arctique	24
Points chauds des mammifères marins : points focaux de transfert énergétique dans l'A canadien	-
Encadré : Surveillance écologique par les collectivités	28
Lier le savoir écologique traditionnel, la science occidentale, la gestion de l'environner la gestion des pêches dans l'ouest de l'Arctique canadien	
Science participative à la mode de l'Arctique	32
Encadré : Intégration des connaissances	35
Surveillance écologique et gestion du béluga, et relations humaines	35
Références Citées	39

Encadré : Les ours polaires et le déclin de la glace de mer

Réponse d'un superprédateur au déclin de l'habitat de la glace de mer dans l'ouest de la baie d'Hudson

Evan Richardson, Environnement et Changement climatique Canada

À l'échelle mondiale, la perte d'habitat représente l'une des plus grandes menaces pour la conservation des espèces. Dans l'Arctique, on prévoit que le déclin à long terme de l'étendue spatiale et temporelle de la glace de mer aura des répercussions importantes sur les espèces de mammifères marins dépendantes de la glace. Il y a près de 20 ans, les chercheurs ont commencé à voir les effets des changements climatiques sur l'ours polaire (*Ursus maritimus*) (Figure 1), le prédateur de niveau trophique supérieur le plus charismatique de l'Arctique. À ce moment-là, l'état corporel des ours polaires commençait à se détériorer dans l'ouest de la baie d'Hudson en raison



Figure 1. Ours polaire sur les rives de la baie d'Hudson (photo : Evan Richardson).

de la réduction de l'étendue de la glace de mer et de la disponibilité de leurs principales proies, les phoques qui se reproduisent sur la glace (Stirling et coll. 1999). Des tendances semblables liées à l'état corporel des phoques annelés (*Pusa hispida*) et se rapportant à l'étendue de la glace de mer ont depuis été observées dans la baie d'Hudson (Ferguson et coll. 2017), indiquant ainsi que la glace de mer peut non seulement influencer la disponibilité des proies, mais aussi la qualité des proies consommées. Ces interactions interspécifiques importantes ont probablement joué un rôle prépondérant dans le déclin continu et à long terme de l'état corporel des ours blancs à la limite sud de leur aire de répartition (Obbard et coll. 2016; Sciullo et coll. 2016).

Le cycle biologique de l'ours polaire est intimement lié à la glace de mer, qui lui fournit une plateforme sur laquelle il peut chasser, voyager, s'accoupler et creuser sa tanière. Au printemps, les ours polaires s'attaquent surtout aux jeunes phoques annelés qui sont naïfs et qui constituent une source de nourriture très calorique. Cependant, les données récentes indiquent que les taux d'ovulation, et donc les taux de naissance, des phoques annelés pourraient être influencés par les variations à long terme du milieu marin arctique (Ferguson et coll. 2017), remettant ainsi en question le rôle que joue la glace de mer dans les interactions entre ces deux espèces.

En raison de la réduction de l'étendue de la glace de mer (Figure 2), les ours polaires passent maintenant plus de temps sur la terre ferme et ont commencé à utiliser d'autres ressources alimentaires. Cependant, l'évolution du cycle biologique et de la physiologie de l'ours polaire l'a amené à se nourrir de mammifères marins riches en lipides, de sorte que les ressources alimentaires terrestres, comme les œufs d'oiseaux de mer, ne lui permettront probablement pas de maintenir son état corporel dans un contexte marqué par la réduction à long terme de

l'étendue de la glace de mer. Certaines données semblent indiquer, comme pour le phoque annelé, que l'ours blanc subit peut-être plus de stress en raison de la réduction à long terme de la disponibilité de ses proies (Environnement et Changement climatique Canada, données non publiées). On prévoit également que la réduction de l'étendue de la glace de mer augmentera le nombre d'interactions entre l'homme et l'ours polaire (Towns et coll. 2009), ce qui pourrait avoir une incidence sur la survie des individus. Que signifie tout cela pour les populations d'ours polaires?

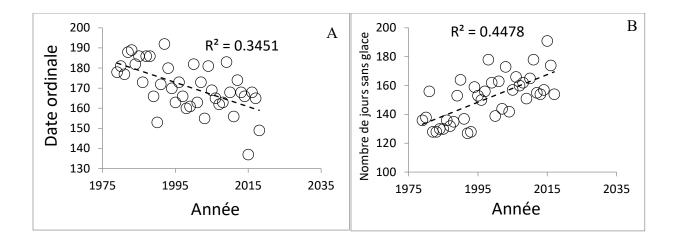


Figure 2. (a) Arrivée précoce de la débâcle à long terme et (b) prolongation de la période sans glace dans l'ouest de la baie d'Hudson au Canada (source des données : Centre national de données sur la neige et la glace, https://nsidc.org/data/NSIDC-0192).

En 2016, Lunn et coll. ont publié une analyse à long terme de la démographie de la population d'ours polaires dans l'ouest de la baie d'Hudson qui se penche sur la variation individuelle de la survie par rapport aux changements de la dynamique de la glace de mer. Ils ont constaté que la survie des ours femelles jeunes et adultes était liée à des changements dans la dynamique de la glace de mer qui ont influé sur la disponibilité et la qualité de l'habitat des ours blancs. En même temps, ils ont pu documenter une diminution de 30 % de la taille de la population d'ours polaires de l'ouest de la baie d'Hudson entre 1987 et 2011 (Figure 3). Des relevés aériens ultérieurs ont confirmé que la population a diminué pour atteindre environ 842 ours (Dyck et coll. 2017).

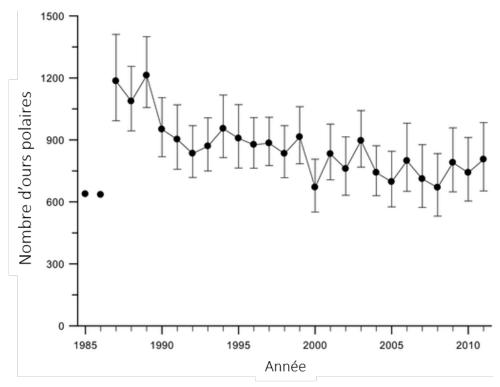


Figure 3. Le déclin à long terme de la taille de la population d'ours blancs de l'ouest de la baie d'Hudson de 1987 à 2011 s'explique par une réduction de la disponibilité de la glace de mer (source : Lunn et coll. 2016).

La relation mécaniste entre la dynamique de la glace de mer, l'état corporel des ours et, ultimement, la survie de l'ours blanc a été observée ailleurs. Des tendances à la baisse semblables en ce qui a trait à l'état corporel ont été observées initialement par Stirling et coll. (1999) dans l'ouest de la baie d'Hudson et ont maintenant été documentées dans le sud de la baie (Obbard et coll. 2016). Plus récemment, un relevé aérien a révélé un déclin d'environ 17 % de la population d'ours blancs du sud de la baie d'Hudson de 2011 à 2016 (Obbard et coll. 2018). Du point de vue énergétique, l'ensemble de ces données soulignent l'importance que revêt la glace de mer pour l'écologie alimentaire des ours polaires et les conséquences démographiques en aval qui peuvent résulter du déclin à long terme de l'état corporel. Des conséquences semblables chez les populations de proies (p. ex. déclin de l'état corporel du phoque annelé entraînant une réduction de la survie) pourraient avoir des effets en cascade sur la longévité à long terme des ours blancs dans toute leur aire de répartition.

Encadré: L'océan en fleur

Changements dans la phénologie du phytoplancton des plateaux aux bassins

Pierre Coupel, Christine Michel, Emmanuel Devred, Pêches et Océans Canada

Le moment des événements du cycle annuel (c.-à-d. la phénologie) influe sur le fonctionnement de l'écosystème marin dans son ensemble. Outre la floraison des algues de glace, la floraison printanière ou estivale du phytoplancton est souvent considérée comme l'événement le plus important du cycle saisonnier de production dans l'Arctique. Le transfert de la production primaire de la floraison phytoplanctonique de courte durée aux niveaux trophiques supérieurs dépend non seulement du couplage temporel et spatial entre le passage des brouteurs et le moment de la floraison, mais aussi de la composition taxonomique de la floraison. Dans un Arctique en plein réchauffement, le recul précoce de la glace de mer et l'englacement tardif modifient la phénologie, de la floraison phytoplanctonique. Les prévisions relatives à une deuxième prolifération automnale due à des saisons d'eaux libres plus longues (Kovacs et Michel 2011) sont maintenant documentées pour l'ensemble de l'Arctique et pour les plateaux canadiens (Ardyna et coll. 2014; Michel et coll. 2015).

La perte de glace pluriannuelle épaisse et l'amincissement général de la glace de mer de l'Arctique sont également à l'origine d'une augmentation marquée de la prévalence des conditions de lumière propices aux floraisons sous la glace. Au cours des dernières décennies, la fonte précoce et importante de la glace de mer a créé des conditions propices au développement de floraisons sous la glace, de sorte que près de 30 % de l'océan Arctique recouvert de glace est devenu un milieu favorable aux floraisons de phytoplanctons sous la glace en plein mois de juillet (Horvat et coll. 2017). L'une des conséquences importantes des floraisons sous la glace est qu'elles consomment une fraction substantielle des éléments nutritifs de surface au détriment de la production primaire dans la zone de glace marginale après le retrait de la glace (Palmer et coll. 2014). Bien que le rayonnement ultraviolet et les brouteurs de zooplancton aient peu d'effet sur la production primaire sous la glace, ils peuvent réduire l'ampleur de la production primaire en eaux libres, ce qui a d'importantes répercussions sur la production transférée aux réseaux trophiques pélagiques ou benthiques. La modification de la période de production primaire peut également avoir une incidence sur la productivité totale de l'écosystème en déséquilibrant la production dans la glace, en dessous de la glace et en eaux libres, et peut nuire aux transferts dans le réseau trophique en entraînant un décalage des cycles biologiques des brouteurs qui peut avoir des répercussions en cascade sur des niveaux trophiques supérieurs.

En plus de ces changements de saisonnalité, on observe également un déplacement de la lisière des glaces du plateau au bassin. Puisque l'emplacement de la lisière des glaces par rapport à la topographie est un paramètre clé de la remontée d'eau profonde et du mélange (Carmack et Chapman 2003), la connaissance de la distribution spatio-temporelle de la lisière des glaces est cruciale pour comprendre et prévoir les changements liés à l'ampleur et au type de producteurs primaires ainsi qu'aux réseaux trophiques qui en dépendent dans un Arctique en pleine évolution. Un schéma illustrant les changements liés à la phénologie de la production primaire sur les plateaux et les bassins, qui sont dus au réchauffement climatique, est présenté à la Figure 4 et décrit ci-dessous.

Sur les plateaux productifs de l'Arctique, la débâcle printanière déclenche habituellement une floraison courte et intense à la lisière des glaces. Cette floraison est dominée par de grandes diatomées, comme les espèces *Chaetoceros* et *Thalassiosira*, qui stockent l'énergie sous forme lipidique et sont très efficaces pour transférer cette énergie aux ressources exploitables, comparativement au phytoplancton de plus petite taille. Dans les régions encore couvertes de glace, la floraison d'algues de glace ou de phytoplancton sous la glace peut survenir lorsque suffisamment de lumière traverse la couverture glaciaire. À la suite de tels événements, la nature de la floraison estivale de phytoplancton change radicalement par rapport à la floraison qui se produit à la lisière des glaces. En réaction au manque d'éléments nutritifs à la surface, la floraison s'étend plus profondément dans la colonne d'eau où elle forme ce qu'on appelle un *maximum de chlorophylle subsuperficiel*. À mesure que les nutriments s'épuisent, de petites cellules phytoplanctoniques remplacent les diatomées, et les espèces adaptées à une faible luminosité, comme les espèces *Micromonas* sp., prennent le dessus lorsque le rayonnement solaire diminue et que l'hiver arrive.

Au cours des dernières années, des floraisons se sont formées à la lisière des glaces, au large des côtes. Bien que les floraisons hauturières soient dominées par les diatomées, l'ordre de grandeur de leur production est d'une fois inférieur à celui des floraisons qui se produisent sur le plateau en raison de la plus petite charge en éléments nutritifs de surface qui caractérise le bassin au départ (Coupel et coll. 2015). Simultanément, sur le plateau, le moment et l'emplacement des points chauds sont susceptibles de changer puisqu'ils dépendent de l'équilibre entre le mélange qui fournit les nutriments et la disponibilité de la lumière, qui sont tous deux liés à l'emplacement de la lisière des glaces. À la bordure du plateau, des conditions de vent favorables à la remontée d'eau profonde peuvent produire des floraisons automnales productives selon l'état de la glace et la lumière du jour.

Les différences régionales relatives au moment et à l'étendue de la superficie d'eaux libres ont d'importantes répercussions sur la phénologie des floraisons phytoplanctoniques (Barber et coll. 2015). Dans la mer de Barents, qui est influencée par l'Atlantique, les floraisons de phytoplancton commencent dès la fin avril alors qu'elles se développent habituellement après la mi-juin (Mundy et coll. 2014) ou la mi-juillet (Arrigo et coll. 2012) dans le secteur canadien. Dans l'ensemble, la dynamique complexe de la glace de mer influe sur le moment, l'emplacement, l'ampleur et la composition des producteurs primaires sur les plateaux et les bassins profonds de l'Arctique. Notre compréhension globale de la phénologie du phytoplancton par rapport à la dynamique des glaces est remise en question par les changements rapides qui sont en cours, et les effets de la cascade trophique ne sont toujours pas bien compris.

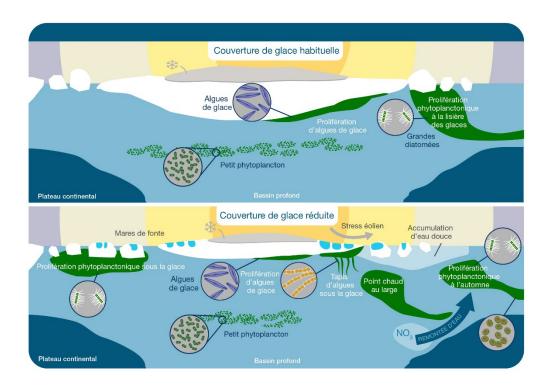


Figure 4. Événements annuels (changements phénologiques) de la production primaire de la glace de mer et de la colonne d'eau dans des conditions habituelles (panneau supérieur) et réduites (panneau inférieur) de couverture de glace sur les plateaux et dans les bassins de l'Arctique.

Encadré : Le phoque annelé et le déclin de la glace de mer

Épisode de chaleur extrême dans la baie d'Hudson et réponse du phoque annelé

Steve Ferguson, Pêches et Océans Canada

L'un des grands événements de l'histoire des changements climatiques est la perte de la glace de mer dans les régions polaires, et plus particulièrement la perte d'habitats essentiels pour les mammifères. Au cours des deux ou trois dernières décennies, les mammifères marins étudiés dans la mer de Beaufort ont réagi différemment aux changements liés à l'étendue et à la persistance de la glace de mer. L'état des jeunes baleines boréales (Balaena mysticetus) s'est amélioré avec le temps, tandis que celui des phoques annelés (Pusa hispida) et des bélugas (Delphinapterus leucas) s'est détérioré (Harwood et coll. 2015a). Toutefois, des questions subsistent quant aux causes réelles de ces réponses divergentes et à ce que ces réponses signifient pour une espèce ou un écosystème marin donné. Une étude récente



Figure 5. Phoque annelé sur la glace de mer (photo : relevé des phoques de la National Oceanic and Atmospheric Administration, domaine public, photo tirée de Wikimedia Commons).

menée dans l'Arctique canadien portait sur les changements démographiques (p. ex. perturbation de la reproduction, faible survie des petits, mortalité élevée) des populations de phoques annelés (Figure 5) liés aux facteurs de stress environnementaux.

La saisonnalité de la glace de mer est essentielle pour les phoques annelés. Ils ont besoin de glace de mer au printemps pour la mue, longue période où ils perdent leur fourrure et leur peau pour développer un nouveau pelage, ainsi que pour la reproduction. Pendant la saison estivale sans glace, ils se nourrissent en eaux libres et accumulent leurs réserves de graisse. Pendant l'hiver, ils donnent naissance et allaitent, mais sont désormais limités à de plus petites étendues de glace. Les phoques sont bien adaptés au caractère saisonnier de la glace de mer, mais la couverture de glace diminue en raison du réchauffement climatique. Ferguson et ses collaborateurs (2017) ont examiné les phoques annelés de la baie d'Hudson, l'une des régions les plus au sud de leur aire de répartition, ainsi que l'étendue de la glace de mer. La région traverse un cycle complet de perte et de reformation de la glace (Figure 6).

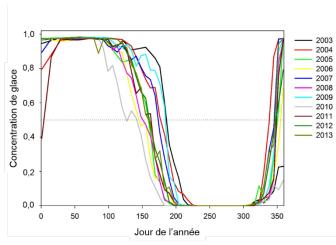


Figure 6. Concentration de glace de mer pour chaque jour de l'année de 2003 à 2013 dans la baie d'Hudson. Les différentes couleurs représentent les différentes années. La concentration de 50 % est indiquée par la ligne horizontale pointillée et est considérée comme le point de rupture de la débâcle (< 50 %) et du gel (> 50 %). Remarquez notamment les années indiquées en gris (la plus faible concentration de 2010 à gauche) et en mauve (la plus faible concentration de 2011 à droite) [source : Ferguson et coll. 2017].

En analysant les données sur la glace de mer et le climat, il est apparu évident que la débacle se produit de plus en plus tôt et le gel de plus en plus tard dans la baie d'Hudson, ce qui indique que la saison des glaces est de plus en plus courte. Entre 1979 et 2014, il n'y a eu aucun lien entre les indices climatiques et les dates de la débâcle ou du gel. Cela signifie que le raccourcissement de la saison de glace de mer n'est pas lié aux régimes climatiques naturels, mais qu'il est vraisemblablement le résultat direct des changements climatiques d'origine humaine. La plus longue saison sans glace s'est produite en 2010, année où la débâcle est survenue en mai et où les eaux n'ont pas regelé avant janvier 2011 (Figure 6).

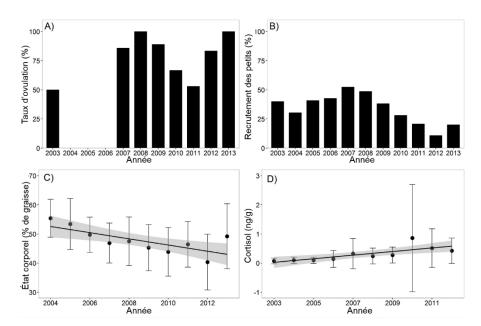


Figure 7. a) Taux annuel d'ovulation pour chaque année (notez le faible taux enregistré en 2011), b) Pourcentage annuel de petits dans le prélèvement (représentation du recrutement des petits; notez la récente tendance à la baisse), c) Relation entre l'état corporel du phoque et l'année (notez la baisse), d) Relation entre le niveau de cortisol (stress) et l'année (notez la hausse au fil du temps) [source : Ferguson et coll. 2017].

En examinant l'état corporel, l'état de reproduction, le recrutement des petits et le niveau de stress de 1 425 phoques capturés dans le cadre de la chasse de subsistance des Inuits dans la baie d'Hudson entre 2003 et 2013, on a constaté que l'état corporel du phoque annelé est passé de 55 % de petit lard en 2004 à seulement 40 % en 2012, mais que cette proportion est remontée à 48 % en 2013. La détérioration de l'état corporel était liée au prolongement de la période sans couverture de la glace (saison de glace de mer plus courte). La concentration de cortisol (une mesure du stress) a augmenté avec le temps chez les phoques annelés. En 2010, les taux de cortisol étaient élevés et montraient une grande variabilité. Les taux d'ovulation ont été faibles l'année suivante (2011), ce qui est probablement attribuable au fait que les phoques annelés ont été soumis à un stress élevé en 2010 (Figure 7).



Figure 8. Blanchon annelé (photo : Shawn Dahle, NOAA, Polar Ecosystems Program research cruise, domaine public, tiré de Wikimedia Commons).

Que signifient ces changements et peut-on dresser un portrait d'ensemble de la situation? Cette étude montre que le déclin de l'état corporel du phoque annelé coïncide avec le déclin de la glace de mer, l'une des nombreuses conséquences des changements climatiques. L'étude établit en outre une relation entre l'événement climatique de 2010 et les changements démographiques liés aux populations de phoques annelés, car l'état corporel des individus s'est détérioré, les phoques ont été stressés et le taux d'ovulation des femelles a diminué, ce qui a entraîné une diminution du nombre de petits (Figure 8) dans les années suivantes. Cet événement climatique est lié à des régimes climatiques à grande échelle qui indiquent que les cycles à climat contrôlé continueront d'avoir une incidence sur l'état corporel et les caractéristiques démographiques des phoques. Dans la baie d'Hudson, l'état des phoques s'est quelque peu amélioré au cours des années suivant 2010. Toutefois, la cohorte de 2010 sera peu nombreuse en raison des conditions extrêmes observées cette année-là.

Par quel mécanisme la perte de glace de mer (ou d'autres facteurs) a-t-elle entraîné la détérioration de l'état corporel et l'augmentation du stress du phoque annelé? Le prolongement de la période sans couverture de la glace en 2010 pourrait avoir nui à l'accès des phoques annelés aux proies ainsi qu'à l'abondance et à la répartition des proies. L'élévation des températures de la mer vers la fin de l'automne pourrait avoir entraîné une hyperthermie chez les phoques gras et les phoques échoués sur les rives. Les phoques présentaient également des signes de léthargie anormale, ce qui peut indiquer la présence d'une maladie susceptible d'avoir été causée par l'interruption de la mue. La maladie a pu à son tour augmenter le risque de prédation par les ours polaires (*Ursus maritimus*) (Figure 9). On voit donc que le mécanisme qui est à l'origine de la détérioration de l'état corporel du phoque pendant les longues périodes sans couverture de la glace n'est pas encore bien compris.

Selon les modèles atmosphériques à long terme, des événements épisodiques comme celui de 2010 devraient se produire tous les 10 à 15 ans, mais de façon imprévisible. C'est la combinaison de la perte graduelle de glace de mer causée par les changements climatiques et de ces événements épisodiques imprévisibles qui est la plus susceptible d'avoir des répercussions majeures sur l'état corporel des phoques annelés et, à long terme, sur leur abondance et leur répartition.

Cette recherche fournit de plus amples renseignements sur ce que nous réserve l'avenir, mais il demeure difficile de faire des prévisions. D'autres recherches seront nécessaires pour déterminer quel est le mécanisme à l'origine du déclin de l'état corporel entraîné par la perte de la glace de mer, comment les populations de phoques s'adapteront aux changements climatiques et comment les écosystèmes plus vastes seront touchés à leur tour.



Figure 9. Ours polaire mangeant un phoque capturé sur le rivage au nord de Churchill, en octobre 2010, pendant l'année inhabituelle où des phoques annelés sont sortis de l'eau et se sont aventurés près des ours polaires en attendant le retour de la glace de mer (photo : Daryl Hedman).

Encadré: Une année différente

Variabilité de l'écosystème dans le sud de la mer de Beaufort au Canada

Andrew Majewski, Andrea Niemi, Jane Eert, Christine Michel, Ellen Lea, Lisa Loseto, Jim Reist, Pêches et Océans Canada Maxime Geoffroy, Université Memorial

Au cours des 15 dernières années, l'écosystème marin de la mer de Beaufort a suscité l'attention de nombreux chercheurs. La recherche administrée par le gouvernement fédéral, y compris le Programme d'études du milieu marin côtier du Nord (MPO 2003-2009), ArcticNet (2003 à ce jour), l'évaluation environnementale régionale de la mer de Beaufort (2011-2015) et l'évaluation actuelle des écosystèmes marins de la mer de Beaufort au Canada (EEM-MBC 2017), ont permis de générer des données biologiques de référence pour le milieu marin hauturier et commencent, pour la première fois, à produire une série chronologique de données biologiques associées aux caractéristiques physiques et chimiques des habitats. Les résultats indiquent une variabilité spatiale et interannuelle importante pour plusieurs composantes clés de l'écosystème, posant ainsi un défi lié à la détermination de la variabilité naturelle dans un environnement qui évolue lui aussi rapidement en raison des changements climatiques. Ce défi touche également d'autres régions de l'Arctique canadien parmi lesquelles plusieurs sont peu étudiées.

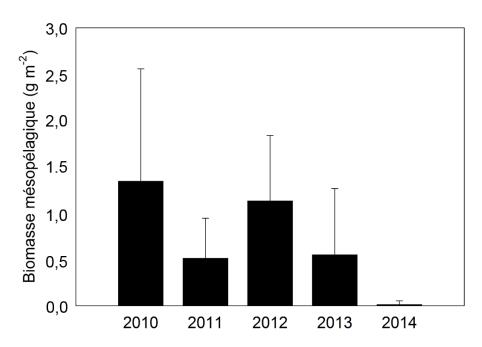


Figure 10. Biomasse mésopélagique de la morue polaire dans le sud de la mer de Beaufort canadienne calculée à partir de données hydroacoustiques (source : M. Geoffroy, données non publiées).

La morue polaire (*Boreogadus saida*) est un élément important de la base fourragère marine de la mer de Beaufort et joue un rôle important à la fois comme brouteur et comme proie des poissons, des phoques, des baleines et des oiseaux (Mueter et coll. 2016). Des relevés

hydroacoustiques conjoints effectués à bord du navire de la Garde côtière canadienne *Amundsen* et du F/V *Frosti* entre 2010 et 2014 ont révélé une variabilité interannuelle importante de la biomasse de la morue polaire, tant pour les spécimens de moins d'un an (âge 0) que pour les spécimens adultes, et une forte diminution de la biomasse des morues adultes a été observée au cours de l'année d'échantillonnage 2014 (Figure 10). Ce déclin a été précédé d'une baisse générale de l'abondance et de la biomasse de la morue d'âge 0 entre 2010 et 2013. Dans une analyse ultérieure, ces données ont été intégrées à des ensembles de données acoustiques provenant de l'ensemble de l'Arctique canadien et ont permis de déterminer que la biomasse de la morue d'âge 0 en août et en septembre était corrélée négativement à la semaine de débâcle et positivement à la température à la surface de la mer (Bouchard et coll. 2017), ce qui indique un contrôle ascendant pour certains niveaux trophiques, comme les poissons pélagiques.

Parallèlement à la faible biomasse de la morue polaire adulte dans la mer de Beaufort canadienne en 2014, des observations remarquables ont été faites dans d'autres secteurs de l'écosystème, y compris en régions côtières. Plus de 30 bélugas ont été capturés près d'Ulukhaktok, seul prélèvement de cette ampleur jamais enregistré pour cette communauté (Loseto et coll. 2018a). Les observations effectuées dans l'estuaire du Mackenzie et dans la baie Darnley dans le cadre des programmes de surveillance écologique indiquent que l'estomac des bélugas était généralement vide au moment du prélèvement (Harwood et coll. 2015b). Le régime alimentaire des bélugas de l'est de la mer de Beaufort a été principalement déduit d'études sur les biotraceurs (Loseto et coll. 2009), d'études sur l'utilisation de l'habitat menées pendant les expériences de marquage (Hauser et coll. 2017) et de relevés aériens (Hornby et coll. 2016, 2017). Toutes ces études montrent que la morue polaire est l'une des proies principales du béluga dans les eaux marines hauturières. Les bélugas capturés à Ulukhaktok



Figure 11. Béluga ayant la bouche pleine de lançons (photo gracieusement fournie par Loseto et coll. 2018a).

en 2014 étaient les seuls à avoir de nombreuses proies dans leur estomac, mais ne semblaient pas se nourrir de morue polaire de façon substantielle. C'est plutôt le lançon (espèces *Ammodytes*) (Figure 11) qui était la proie dominante observée dans les entrailles, avec le calmar (déduit par la présence de becs) et d'autres espèces de poissons dans une bien moindre mesure (Loseto et coll. 2018). Les bélugas capturés dans la région désignée des Inuvialuit en 2014 avaient un indice d'état corporel inférieur à celui des individus observés au cours des trois saisons précédentes, ce qui donne à penser que la variabilité annuelle des proies pourrait être associée à une variation interannuelle de l'état des bélugas (Choy et coll. 2017).

Les contenus intestinaux de l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) prélevés à Ulukhaktok en 2014 et en 2015 indiquent que le régime alimentaire de l'espèce peut être très variable et peut être lié à la disponibilité des proies préférées. Comme pour le béluga, le lançon était très répandu dans le régime alimentaire de l'omble chevalier, tout comme les amphipodes marins. Ces

résultats contrastent avec les échantillons recueillis à Ulukhaktok en 1977 et en 1978, qui contenaient surtout de la morue polaire (E. Lea, données non publiées).

Les estimations de la production primaire sont aussi un indicateur de la variabilité interannuelle apparente de l'écosystème de la mer de Beaufort. Malgré une année de biomasse apparemment faible pour la morue polaire en 2014, et malgré des changements simultanés dans la distribution et le régime alimentaire des espèces de subsistance, la biomasse des producteurs primaires, qui est indiquée par les concentrations de chlorophylle a, a atteint des valeurs six fois plus élevées qu'en 2013 ou en 2017, l'accumulation de biomasse étant la plus élevée dans le sud-ouest de l'île Banks (C. Michel, données non publiées) (Figure 12). Ces résultats indiquent que des ressources suffisantes étaient disponibles, du moins à l'échelle locale, pour soutenir une forte productivité secondaire.

Les observations et les résultats tirés de la saison des eaux libres de 2014 fournissent un exemple distinct de la variabilité interannuelle qui s'est produite à de multiples niveaux trophiques et qui a été observée tant au large qu'en milieu côtier. La variabilité influe sur les récoltes de subsistance de la région, entraînant ainsi des avantages et des incertitudes pour différentes collectivités (Loseto et coll. 2018a). Compte tenu du nombre limité d'années où des observations soutenues ont été effectuées dans l'écosystème de la mer de Beaufort canadienne, il n'est pas possible de désigner l'année 2014 à titre d'anomalie écologique. D'autres travaux sont nécessaires pour comprendre les facteurs des changements observés dans les écosystèmes même si l'on reconnaît que ces facteurs peuvent être à l'origine des changements survenus au cours des saisons ou des années précédant la saison des eaux libres de 2014. On s'attend à ce que la variabilité et la survenance d'événements anormaux deviennent plus fréquentes à mesure que la planète se réchauffe (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2014). Par conséquent, la surveillance écologique nécessaire pour comprendre les facteurs de variabilité de l'écosystème, y compris les couplages physiques et biologiques, est essentielle pour prévoir les effets locaux et en aval des changements climatiques dans la mer de Beaufort, ainsi que pour orienter les stratégies d'adaptation dans la région désignée des Inuvialuit (RDI).

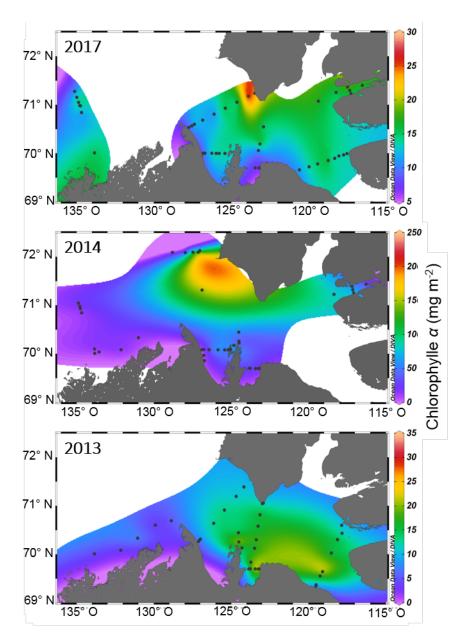


Figure 12. Concentrations intégrées de chlorophylle *a* dans la mer de Beaufort pour la zone euphotique, en 2013, 2014 et 2017 (source : C. Michel, données non publiées, cartes créées avec Ocean Data View, Schlitzer, R., https://odv.awi.de, 2018).

Encadré : Sanctuaire de l'Arctique

Les eaux du Nord – Sanctuaire de forte productivité et la biodiversité qui y est associée

Cortney Watt et Christine Michel, Pêches et Océans Canada

Pendant la période de couverture de la glace, les polynies fournissent des zones fiables d'eaux libres où les mammifères marins et les oiseaux se rassemblent. Les eaux du Nord de la baie de Baffin, entre le Groenland et le Canada, constituent la polynie la plus vaste et la mieux caractérisée de l'Arctique canadien. La polynie doit son existence à un pont de glace qui se forme habituellement dans le détroit de Nares et qui retient la glace dérivant de l'océan Arctique, ainsi qu'à une combinaison de processus thermiques qui reposent sur l'arrivée d'une chaleur latente (poussée par le vent) et sensible (réchauffement des océans).

Avant que s'opèrent les changements rapides qui ont touché la glace de mer dans l'Arctique au cours des deux dernières décennies, les eaux du Nord, aussi appelées Pikialasorsuaq, étaient considérées comme l'une des régions les plus productives de l'Arctique (Deming et coll. 2002). Pikialasorsuaq abrite de grandes populations d'oiseaux de mer et de mammifères marins (Heide-Jørgensen et coll. 2013b), et l'établissement humain sur les côtes adjacentes remonte à 4 500 ans avant notre ère (Jeppesen et coll. 2018), ce qui démontre l'importance et la fiabilité de ce secteur. Quatorze espèces d'oiseaux de mer utilisent régulièrement la polynie pour la reproduction et le Mergule nain, (Alle alle), est l'espèce la plus abondante avec plus de 30 millions de couples nicheurs (Egeyang et coll. 2003; Davidson et coll. 2018). Des colonies reproductrices de centaines de milliers de marmettes de Brünnich (Uria lomvia) et de dizaines de milliers d'eiders à duvet (Somateria molissima) sont également présentes dans la région (Burnhan et coll. 2012; Merkel et coll. 2014). Les mammifères marins dépendent également de cette polynie puisqu'elle est pour eux un refuge contre la couverture de glace et un accès à l'air. Le narval (Monodon monoceros), le béluga (Delphinapterus leucas) et la baleine boréale (Balaena mysticetus) sont des espèces qui fréquentent régulièrement les polynies et les chenaux pendant l'hiver. En 2009 et en 2010, on estimait à plus de 27 000 le nombre de mammifères marins habitant les eaux du Nord au mois de mai, parmi lesquels on comptait des bélugas, des narvals, des morses (Odobenus rosmarus), des phoques annelés (Pusa hispida), des phoques barbus (Erignathus barbatus) et des ours polaires (Heide-Jørgensen et coll. 2013). En avril 2014, plus de 13 500 morses, bélugas, narvals et phoques barbus ont été observés dans la région (Heide-Jørgensen et coll. 2016). Les mammifères marins et les oiseaux de mer dépendent également d'autres polynies de l'Arctique canadien situées dans le sud de la baie de Baffin, le détroit d'Hudson et la baie de Cumberland (Lewis et coll. 2009; Watt et coll. 2016, 2017; Chambault et coll. 2018).

Le dégel précoce des eaux du Nord permet le développement d'une floraison de phytoplancton plusieurs mois plus tôt que dans les eaux voisines couvertes de glace de l'archipel canadien (Tremblay et coll. 2006a; Michel et coll. 2015). Des transferts efficaces vers l'écosystème pélagique (Tremblay et coll. 2006b) soutiennent le réseau trophique marine productive. Une récente analyse chronologique des estimations par télédétection de la biomasse de phytoplancton dans les eaux du Nord au cours des deux dernières décennies (de 1998 à 2014) montre une baisse

importante de l'ampleur de la floraison malgré la variabilité interannuelle de la série d'observations (Marchese et coll. 2017). La grande variabilité interannuelle est attribuable à un équilibre fragile entre les forçages océanographiques et climatiques, qui donne lieu à des floraisons plus longues et plus courtes lors des années où la couverture de glace est plus mince ou plus épaisse, respectivement. Le déclin récent de la biomasse et de la production de phytoplancton est également documenté par des mesures *in situ* (Blais et coll. 2017) (Figure 13) il est attribué à l'évolution des conditions de glace de mer et au retard ou à l'absence de formation du pont de glace dans le détroit de Nares.

Ensemble, ces résultats indiquent que Pikialasorsuaq, une région connue depuis longtemps pour sa productivité élevée, récurrente et prévisible et son abondance de ressources marines, a subi les effets néfastes des changements climatiques au cours de la dernière décennie. En prévision des changements futurs, la Commission Pikialasorsuaq (pikialasorsuaq.org) coordonne les efforts déployés au Nunavut et dans le nord du Groenland pour protéger, surveiller et gérer la santé de la polynie Pikialasorsuaq pour les générations futures. En 2017, la Commission a demandé la création d'une aire protégée délimitée et gérée par les Inuits dans la zone d'importance écologique et culturelle des eaux du Nord (Commission Pikialasorsuaq 2017). Un cadre de mise en œuvre des options de gestion a été établi en 2018.

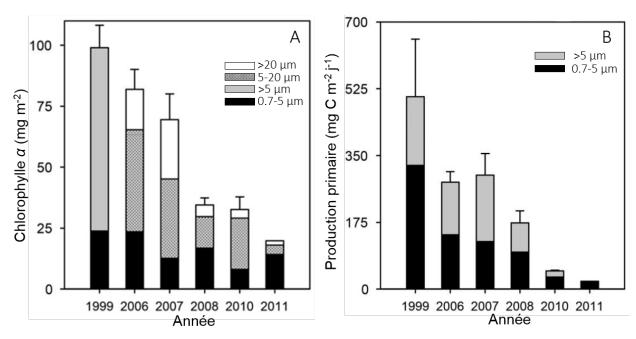


Figure 13. Série chronologique de la biomasse (a) et de la production primaire (b) de chlorophylle a fractionnée par taille de 1999 à 2011, à l'automne, dans la baie de Baffin. Les données ont été intégrées aux données sur la zone euphotique (jusqu'à 0,2 % d'irradiance en surface). En 1999, seules deux fractions de taille ont été mesurées. Les valeurs ont une moyenne de \pm 0,5 au sud-est. Le graphique B indique que la production des grandes cellules a été de 3,2 mg C m $^{-2}$ j $^{-1}$ à l'automne 2011 (source : Blais et coll. 2017).

Encadré: Extension des aires de répartition

Extension des aires de répartition et présence de nouvelles espèces

Karen Dunmall et Cory Matthews, Pêches et Océans Canada

L'Arctique est de toute évidence une région isolée, intrinsèquement dynamique et extrêmement vaste, et certaines régions connaissent des changements rapides à l'égard de leur biodiversité qui ont des répercussions à la fois locales et mondiales. En effet, les changements climatiques sont actuellement la menace la plus importante pour la biodiversité de l'Arctique (CAFF 2013), car le Nord est perçu à la fois comme un havre de conservation mondial pour les espèces qui se déplacent vers le Nord (Yoon et coll. 2015) et comme un danger potentiel pour la conservation mondiale des espèces adaptées au froid dans un environnement en plein réchauffement (Reist et coll. 2006a). L'importance de l'évaluation de la biodiversité est ancrée dans la conciliation du potentiel émergent de l'Arctique avec la protection de son environnement, de ses espèces et de ses cultures autochtones.

Les espèces indicatrices pertinentes sur les plans biologique, culturel et économique fournissent de l'information pour évaluer les répercussions sur l'écosystème des changements environnementaux en cours dans l'Arctique. Ils servent également de guide pour la création de nouvelles possibilités. Toutefois, pour être un indicateur efficace de l'évolution de l'Arctique, les espèces doivent être sensibles aux changements environnementaux et refléter un changement survenu dans un laps de temps défini, détectable dans l'ensemble d'une région éloignée et supérieur à la variabilité ambiante, scientifiquement fondé, mais qui ne provient pas nécessairement de la science, et ayant un rapport direct avec des enjeux plus vastes (MPO 2015).

Le saumon du Pacifique (espèces *Oncorhynchus*) est un bon indicateur de changement parce qu'il a été désigné comme indicateur de l'état de l'océan (Irvine et Riddell 2007), qu'il réagit aux conditions



Figure 12. Charlie Erigaktoak et Danny Gordon Jr. avec un saumon qu'ils ont pêché en 2016 à Shingle Point, au Yukon (photo : Michelle Gruben).

environnementales changeantes (Grebmeier et coll. 2006; Dunmall et coll. 2013; Nielsen et coll. 2013), et qu'il peut être surveillé aux limites de son aire de répartition du Nord dans le cadre d'un programme de surveillance écologique par les collectivités (Dunmall et coll. 2013) (Figures 14 et 15). La répartition des espèces de saumon peut refléter l'évolution des conditions environnementales à la fois directement parce que les poissons, en tant qu'ectothermes, maintiennent leurs préférences thermiques par des choix comportementaux (Reist et coll. 2006a),

mais aussi indirectement en raison du lien qui existe entre une productivité accrue et la disponibilité des proies pour les espèces potentiellement colonisantes (Dunmall et coll. 2013). Bien que la présence du saumon en Arctique ne soit pas une nouveauté (examiné dans Nielsen et coll. 2013), les augmentations actuelles de l'abondance et de la répartition du saumon dans cette région reflètent probablement des changements à plus grande échelle. Le saumon est un indicateur unique des liens entre les océans, les pays, les cultures, les économies et les écosystèmes.

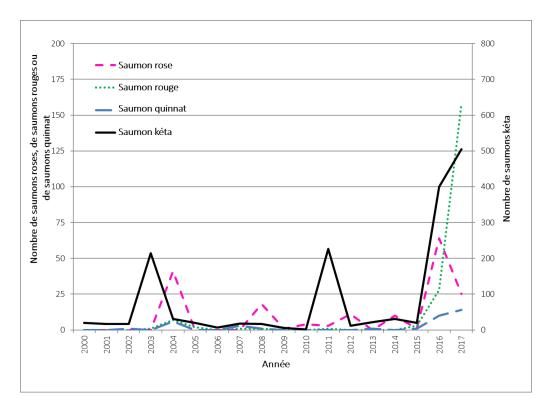


Figure 13. Nombre d'individus de chaque espèce de saumon du Pacifique transmis au programme de surveillance écologique par les collectivités du saumon de l'Arctique par les pêcheurs de l'ensemble de l'Arctique canadien de 2000 à 2017. Un seul saumon coho a été signalé au cours de cette période (en 2011); il n'est donc pas inclus dans le graphique (source : modifié de Dunmall et coll. 2018).

Les épaulards (*Orcinus orca*) représentent également la connectivité entre les océans du Canada et les changements qui s'y produisent. Dans l'est de l'Arctique canadien, les épaulards (Figure 16) sont présents de façon saisonnière de juillet à octobre environ, lorsque les eaux libres leur permettent d'entrer dans les baies et les bras de mer pour chasser divers mammifères marins. Les observations d'épaulards ont augmenté au cours des dernières décennies dans toute leur aire de répartition, soit du nord de l'île de Baffin au sud de la baie d'Hudson (Higdon et Ferguson 2009; Higdon et coll. 2013). Bien que les épaulards soient répartis dans le monde entier et qu'ils soient présents en densités relativement hautes à des latitudes élevées, ils évitent généralement les régions glacielles de l'Arctique (Matthews et coll. 2011). L'augmentation récente des observations a été corrélée à des réductions simultanées de l'étendue et de la persistance de la glace de mer à des endroits où des zones auparavant couvertes de glace qui constituaient des obstacles s'ouvrent maintenant et permettent le passage des épaulards dans des

zones où ils ont rarement, voire jamais été observés (Higdon et Ferguson 2009). Les Inuits de l'est de l'Arctique canadien ont signalé que la présence d'épaulards augmente dans toute la région (Higdon et coll. 2013). La baie d'Hudson, en particulier, a connu une augmentation presque exponentielle du nombre d'observations d'épaulards au cours des dernières décennies, alors que la région a connu des réductions radicales de l'étendue des glaces marines (Higdon et Ferguson 2009). Bien que les données sur les observations, qui ne sont pas recueillies lors d'enquêtes organisées, soient susceptibles d'être faussées en raison d'une sensibilisation accrue au signalement, il semble probable que la hausse du nombre d'observations reflète un changement de répartition, un nombre plus élevé d'individus ou une combinaison des deux.

Les conséquences de l'accroissement de la présence des épaulards et de la diminution de la glace de mer de l'Arctique ont fait l'objet de recherches à Pêches et Océans Canada (MPO) au cours de la dernière décennie. Les connaissances écologiques inuites et les rapports d'observations historiques qui portent sur des événements de prédation indiquent que les mammifères marins sont les principales proies, sinon les seules, des épaulards de l'Arctique (Higdon et coll. 2013; Westdal et coll. 2016a). Les exercices de modélisation indiquent que la mortalité due à la prédation des épaulards pourrait être suffisamment élevée pour avoir une incidence sur d'autres populations de mammifères marins de l'Arctique (Ferguson et coll. 2012). D'autres études récentes menées par le MPO montrent que les effets négatifs de la prédation des épaulards vont au-delà de la mortalité directe des proies. Les épaulards, par exemple, ont une incidence importante sur le comportement et la distribution des narvals. En l'absence d'épaulards, les narvals préfèrent vivre en eaux libres et profondes, alors qu'en leur présence, ils préfèrent les zones littorales peu profondes (Breed et coll. 2017). Bien que ce comportement soit connu depuis longtemps des Inuits, cette étude est unique parce qu'elle montre que la réaction du narval est maintenue tant et aussi longtemps qu'il partage le bras de mer relativement grand avec les épaulards, et qu'elle persiste au-delà d'événements ponctuels de prédation. Le comportement de la baleine boréale (Balaena mysticetus) et le choix de l'habitat de la glace de mer sont également grandement influencés par la présence des épaulards. Les baleines boréales du golfe de Boothia préfèrent également un habitat en eaux libres en l'absence d'épaulards, mais elles se retirent rapidement sous la couverture de glace et près des rives en présence de tels prédateurs (C. Matthews, données non publiées). Encore une fois, le comportement a été observé à l'échelle du golfe pour toutes les baleines boréales marquées pendant toute la durée de leur présence. Cette réaction n'avait jamais été documentée à si grande échelle pour des vertébrés marins. Les changements prononcés liés au comportement et à l'utilisation de l'habitat des proies des mammifères marins de l'Arctique, qui sont entraînés par la présence des épaulards, pourraient se traduire par des effets coûteux non liés à la prédation, comme la perte de possibilités alimentaires ou un stress accru. Ces changements pourraient avoir un effet néfaste sur les populations de proies, et ces répercussions sont susceptibles d'être exacerbées par les changements climatiques (Breed et coll. 2017; C. Matthews, données non publiées).

L'extension prévue de l'aire de répartition des épaulards dans l'Arctique, cependant, n'est peut-être pas sans équivoque. Certes, les observations d'épaulards ont augmenté dans l'est de l'Arctique canadien, mais le nombre d'emprisonnements d'épaulards dans les glaces s'est lui aussi accru. Hidgon et Ferguson (2014) et Westdal et coll. (2016b) font état de plusieurs emprisonnements mortels d'épaulards dans l'est de l'Arctique canadien depuis le début des années 1950, ce qui est plus que le nombre d'événements semblables



Figure 14. Épaulard dans le détroit d'Éclipse, au Nunavut, à l'été 2018 (photo : Maha Ghazal).

déclarés au cours du siècle dernier. Au cours du plus récent de ces événements, en 2016, on a observé des épaulards hivernant dans le sud-est de la baie d'Hudson, mais on les a retrouvés morts le printemps suivant. Matthews et coll. (2019) ont émis l'hypothèse selon laquelle les baleines seraient entrées dans la baie d'Hudson à la poursuite des bélugas l'été précédent, mais n'auraient pas réussi à en sortir avant la formation des glaces et seraient mortes de faim après avoir été incapables de satisfaire leurs besoins énergétiques pendant l'hiver. Les quatre décès confirmés à la suite de l'événement le plus récent, combinés aux décès causés par les précédents emprisonnements dans les glaces, représentent une portion importante de la population estimée d'épaulards dans l'est de l'Arctique canadien (Young et coll. 2011). L'emprisonnement de l'épaulard dans les glaces est presque toujours mortel, et peut anéantir des groupes familiaux entiers et avoir des incidences démographiques à long terme (Higdon et coll. 2013). L'emprisonnement dans les glaces pourrait donc ralentir l'expansion de l'aire de répartition des épaulards de l'Arctique, notamment dans les régions où les épaulards qui ne sont pas habitués à la configuration de la glace de mer ne parviennent pas à sortir avant la formation des glaces en hiver (Matthews et coll. 2019).

Encadré: Points chauds de l'Arctique

Points chauds des mammifères marins : points focaux de transfert énergétique dans l'Arctique canadien

Dave Yurkowski, Pêches et Océans Canada

La quantification des attributs biogéographiques, comme les déplacements des prédateurs marins de l'Arctique et leur répartition, a d'importantes répercussions sur notre compréhension de la structure et du fonctionnement de l'écosystème arctique (Moore et Huntington 2008). Les prédateurs marins très mobiles (p. ex. les mammifères marins, les oiseaux de mer et les gros poissons) intègrent des ressources à de nombreuses échelles spatiales et temporelles et peuvent donc servir de sentinelles pour les zones à productivité élevée et les changements saisonniers dans des environnements très dynamiques comme l'Arctique (Boyce et coll. 2015). Il est difficile d'observer les animaux dans l'environnement dynamique du milieu marin arctique, mais l'utilisation de dispositifs de télémétrie animale a révolutionné notre compréhension de l'écologie du mouvement des espèces marines (Hussey et coll. 2015). Traditionnellement, les études de télémétrie sur les prédateurs marins de l'Arctique se sont concentrées sur une seule espèce ou quelques espèces, mais étant donné la quantité de données de télémétrie actuellement disponibles pour les prédateurs marins de l'Arctique, on peut maintenant quantifier les points chauds liées à la diversité des espèces et déduire l'emplacement des zones d'importance biologique supérieure (c.-à-d. des points chauds) pendant la période été-automne et hiverprintemps.

Une compilation des données existantes sur le suivi des animaux a été recueillie entre 1989 et 2016 pour 1 283 individus de 21 espèces marines arctiques emblématiques comprenant des cétacés, des pinnipèdes, des oiseaux de mer, des ours polaires (Ursus maritimus) et des poissons. Parmi les espèces emblématiques, on compte les bélugas (Delphinapterus leucas), les narvals (Monodon monoceros), les phoques annelés (Pusa hispida), les morses de l'Atlantique (Odobenus rosmarus rosmarus), les eiders à duvet (Somateria mollissima), les fulmars boréaux (Fulmarus glacialis), les marmettes de Brünnich (Uria lomvia) et les requins du Groenland (Somniosus microcephalus). Les points chauds se trouvaient généralement le long du plateau continental et du talus continental tout au long de l'été et de l'automne et se situaient généralement au large des zones connues de banquise en mouvement pendant l'hiver et le printemps, ce qui correspond généralement aux modèles de productivité saisonnière (Figures 17 et 18). Ces déplacements présentent une connectivité saisonnière et une connectivité entre les chenaux d'énergie hauturiers et littoraux pendant la période hiver-printemps et été-automne, respectivement. Plus précisément, à l'ouest, les eaux riches en nutriments de l'océan Pacifique et de la mer de Béring s'écoulent vers le nord à travers le détroit de Béring et le sud de la mer des Tchouktches, ce qui accroît la biomasse faunique pélagique et benthique dans la région et le long du plateau continental et du méridien vers le Delta du Mackenzie (Grebmeier et coll. 2006). Au cours de l'hiver et du printemps, des points chauds ont été observées dans les zones situées à l'ouest de la polynie du cap Bathurst. Dans l'Est, l'île de Baffin se compose de nombreux fjords productifs en raison de l'augmentation de la teneur en carbone organique de la colonne d'eau (Syvitski et coll. 1990). Pendant l'hiver, les points chauds liées à la diversité des espèces étaient concentrées dans les zones de banquise mobile dense de la baie de Baffin et du détroit de Davis.

Dans le Sud, les points chauds liées à la diversité des espèces coïncidaient avec les modèles de productivité du complexe de la baie d'Hudson (Harvey et coll. 2006). Les régions d'hivernage se trouvaient quant à elles à l'intérieur de la banquise en mouvement et dans les zones d'eaux libres du détroit d'Hudson. Dans l'ensemble, les points chauds de la période hivernale soulignent l'importance écologique des polynies et des zones de banquise pour la structure et la fonction des écosystèmes arctiques (Stirling 1997). Ainsi, la détermination des zones où les densités de prédateurs sont les plus élevées fournit des renseignements essentiels pour comprendre la dynamique du transfert énergétique dans l'Arctique et démontre ainsi l'importance de la connectivité pour les efforts de conservation.

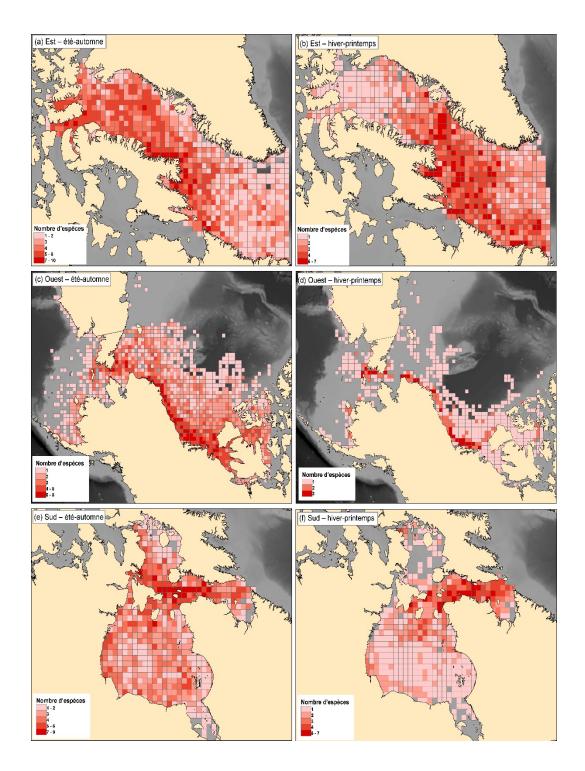


Figure 15. Répartition spatiale de la densité du nombre d'espèces pour 21 espèces réparties sur une carte quadrillée de 50 km × 50 km illustrant les trois zones géographiques pendant la période été-automne (a, c, e) et hiver-printemps (b, d, f). La légende de la période hiver-printemps est différente de celle de la période été-automne, et les légendes varient d'une zone géographique à l'autre (source : Yurkowski et coll. 2019).

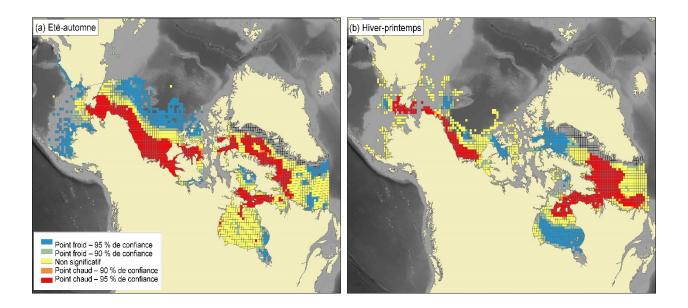


Figure 16. Points chauds (rouge) et improductives (bleu) liées à la diversité de toutes les espèces pistées pour la période été-automne (a) et hiver-printemps (b) sur une carte quadrillée de 50 km × 50 km illustrant la zone d'étude. Les cellules de la grille ont été masquées le long du plateau continental de l'ouest du Groenland en raison du nombre moins élevé d'emplacements de marquage dans ces zones que dans les eaux canadiennes, ce qui réduit la confiance liée à la détermination des points chauds et improductives de la côte ouest du Groenland (source : Yurkowski et coll. 2019).

Encadré: Surveillance écologique par les collectivités

Lier le savoir écologique traditionnel, la science occidentale, la gestion de l'environnement et la gestion des pêches dans l'ouest de l'Arctique canadien

Burton Ayles, Comité mixte de gestion de la pêche

Les ententes sur les revendications territoriales globales conclues dans l'Arctique canadien reconnaissent le droit des Inuits d'utiliser les ressources renouvelables de la région et de participer à la gestion de ces ressources. Ils reconnaissent également les cultures traditionnelles des Inuits et la nécessité que les connaissances et les pratiques des Inuits se reflètent dans la gestion de la faune. Les gouvernements ont réagi à ces ententes et à de nombreuses affaires judiciaires en modifiant les lois, les politiques et les pratiques pour faire en sorte que le savoir autochtone et la science occidentale contribuent à appuyer la prise de décisions en matière de gestion des ressources. Toutefois, la voie à suivre pour appliquer les nombreux textes législatifs à la réalité quotidienne de la gestion et de la protection des pêches, de la faune et des habitats connexes est loin d'être claire (p. ex. Laidlaw 2015).

Au cours des dernières années, des efforts continus ont été déployés pour documenter et cataloguer les connaissances écologiques traditionnelles de l'écosystème¹ (connaissances écologiques traditionnelles [CET]; p. ex. le Catalogue des connaissances traditionnelles et locales de la RDI, la plateforme de cartographie SIKU de la baie d'Hudson, l'inventaire des ressources côtières du Nunavut, Byers et coll. 2019). Nous décrivons ici un modèle de gestion de l'environnement et des pêches (Dorcey et Hall 1981) qui a été élargi pour inclure les CET. Il est ici appliqué à la région désignée des Inuvialuit (RDI) (Canada 1984), mais pourrait être utilisé ailleurs.

Le modèle (Figure 19) est une schématisation du lien qui existe entre la production de connaissances (CET et science occidentale) et la prise de décisions liées à l'environnement et à la gestion des pêches en vertu du cadre de cogestion établi par les revendications territoriales. L'objectif est de fournir une approche pour intégrer les CET en tant qu'outil utile de gestion des pêches et de l'environnement en reconnaissant l'importance de l'ensemble des connaissances qu'ont les Inuits à l'égard de l'environnement.

Les décisions en matière d'environnement et de gestion des pêches peuvent être perçues comme étant réparties selon un spectre ou un continuum composé de décisions à but unique, de décisions complexes à buts multiples ou de décisions intégrées. La flèche horizontale tracée au bas de la Figure 19 illustre ce continuum et fournit des exemples de processus décisionnels de la RDI qui

désignée des Inuvialuit, ou « Inuit Qaujimajautuqangit », qui est utilisé au Nunavut, seraient tout aussi appropriées aux fins de la présente étude de cas.

¹ Le concept de CET n'est pas facile à définir ou à catégoriser. Voici la définition de Berkes et coll. (2000): « Un ensemble de connaissances, de pratiques et de croyances liées aux relations qu'ont les plantes et les animaux (y compris les humains) entre eux et avec leur milieu, qui évolue selon des processus adaptatifs et qui est transmis de génération en génération par le véhicule de la culture. » [Traduction libre] D'autres définitions et nomenclatures, comme celles des termes « Connaissances locales ou connaissances des pêcheurs », « Connaissances inuvialuites », qui est utilisé dans la région

sont régulièrement invoqués dans l'Arctique canadien. Les plans de conservation communautaires (PCC) (Comité d'étude des répercussions environnementales 2018), qui sont établis par les comités de chasseurs et de trappeurs (CCT), sont des processus clés pour la prise de décisions environnementales. Les PCC reflètent les valeurs et les objectifs de la collectivité et catégorisent l'utilisation des terres et des ressources dans la région. L'information scientifique est incluse pour compléter les CET, mais les PCC naissent dans les collectivités et sont ensuite directement liés à la planification du développement industriel proposé. Les divers processus de gestion liés au continuum décisionnel sont appuyés par des activités de recherche qui couvrent tout le spectre, allant de la description (p. ex. quelles espèces et à quel endroit) aux connaissances fonctionnelles (p. ex. les relations systémiques comme la façon dont la survie des blanchons varie en fonction de la formation de glace ou de la réponse des populations d'ombles à la pêche).

Dans le modèle, les flèches verticales noires montrent le lien qui existe entre le spectre des connaissances scientifiques et le spectre des décisions de gestion. La position relative des cinq activités de recherche et des décisions de gestion est importante. Les connaissances descriptives contribuent principalement à l'objectif et à la finalité uniques du spectre des décisions de gestion, tandis que les nouvelles connaissances fonctionnelles sont essentielles aux décisions intégrées, mais contribuent également à l'autre extrémité du spectre. Dorcey et Hall (1981) soutiennent que si l'on veut améliorer la gestion, le processus décisionnel doit être déplacé vers la droite du spectre et mettre davantage l'accent sur le soutien à l'amélioration des connaissances fonctionnelles, et donc sur la vérification d'hypothèses précises.

Les CET peuvent aussi être considérées comme s'inscrivant dans un spectre de complexité allant de simples observations individuelles à des visions et à des valeurs universelles, en passant par la gouvernance et les connaissances locales. Le long de la flèche horizontale supérieure, certaines activités relatives aux CET qui sont appuyées par la cogestion sont présentées comme un continuum de complexité. Les flèches bleues (verticale) indiquent les liens et les parallèles entre les CET et les spectres de la science, puis les liens indirects avec le spectre de gestion. Il existe également des liens directs (flèches bleues, verticale) entre le spectre des CET et le spectre de gestion. Cinq exemples sont fournis pour illustrer le flux des CET dans le modèle de gestion. La flèche bleue située à l'extrême droite indique que les récits, les croyances et les pratiques culturelles inuites peuvent influer directement sur les décisions de gestion. Dans l'ouest de l'Arctique, des aînés influents, dont Alex Aviugana et Billy Day, ont aidé à négocier la Convention définitive des Inuvialuit (Canada 1984) et ont servi avec efficacité et distinction de nombreux Inuvialuit et organismes de cogestion en apportant leurs connaissances traditionnelles aux négociations encadrées principalement par une administration publique bureaucratique occidentale (Beck 1994; Bell 2009). Plus récemment, les Inuits s'adressent directement à un public plus large sur Facebook et Twitter et dans des documentaires vidéo pour raconter leur vie et leur culture. Dans « Angry Inuk », la réalisatrice inuite Alethea Arnaguq-Baril (Arnaguq-Baril 2016) conteste l'interdiction décrétée par l'Union européenne (UE) à l'égard de l'importation du phoque. Ce faisant, elle a contribué à sensibiliser les Européens et les autres Nord-Américains au désir des Inuits d'avoir une économie durable et une source de nourriture fondées sur les ressources traditionnelles que sont le poisson et les mammifères marins plutôt que sur l'aide sociale et les produits importés du Sud. Bien que la campagne n'ait finalement pas porté ses fruits, des approches comme celle-ci peuvent tirer parti de la vision du monde que nourrissent quelque 132 000 Inuits pour aider à influencer le

comportement de plus d'un milliard de personnes en Europe et en Amérique du Nord afin d'améliorer la durabilité et la protection environnementales de l'ensemble de l'Arctique.

On reproche souvent au modèle d'être fondé sur une approche bureaucratique occidentale typique de l'intégration des CET dans la gestion qui ne reflète pas adéquatement les différences réelles entre les cultures autochtones et l'idéologie dominante. Comme le soutient Stevenson (2004), cette approche peut être perçue comme une simple réappropriation des CET dans la pensée et la pratique scientifiques occidentales. C'est peut-être vrai, mais la réalité est que le système de cogestion utilisé dans l'Arctique est principalement un système étatique occidental qui exige le recours au spectre complet des CET et de la science occidentale. Le modèle proposé met en évidence les relations potentielles entre les spectres de connaissances et la façon dont ils peuvent ensemble contribuer à l'éventail des pratiques requises pour la gestion de l'environnement et des pêches dans l'Arctique. Un tel modèle devrait faciliter la communication entre les participants (p. ex. les chasseurs et pêcheurs, les scientifiques, les politiciens) et aider à concentrer les efforts des CET et de la science occidentale sur des activités précises qui sont nécessaires pour améliorer le processus décisionnel.

Le modèle présenté ici, qui est mis en œuvre dans un cadre de cogestion, promet d'améliorer l'interface entre les CET, la science occidentale et la gestion de l'environnement et des pêches. On peut affirmer, en paraphrasant White (2006), que les conseils de cogestion de l'Arctique jouent un rôle très important dans l'évaluation de l'influence des CET et qu'ils représentent la meilleure occasion d'inculquer les CET aux institutions gouvernementales publiques non autochtones. En d'autres termes, si les conseils de cogestion ne parviennent pas à intégrer les CET dans leurs processus et leurs décisions, il est peu probable qu'une autre institution publique obtienne de meilleurs résultats.

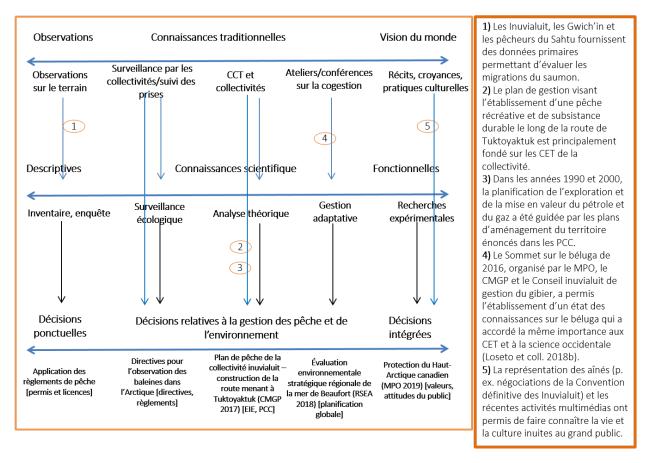


Figure 17. Modèle visuel de la relation entre les CET, les connaissances scientifiques occidentales et la prise de décisions en matière de gestion de l'environnement et des pêches.

Science participative à la mode de l'Arctique

Karen Dunmall et Kim Howland, Pêches et Océans Canada

L'évolution rapide de l'Arctique comporte des défis tant pour les scientifiques qui évaluent les répercussions et les possibilités que pour les peuples autochtones qui entretiennent de très étroites relations avec l'environnement et ses ressources. La biodiversité de l'Arctique est irrévocablement liée à la culture des peuples autochtones du Nord, et leur perception du changement est enracinée dans leur dépendance à l'égard de l'environnement et dans leur incarnation des valeurs sociales axées sur la protection des moyens de subsistance (CAFF 2013). En fait, le manque d'information scientifique sur les espèces et leurs habitats dans



Figure 8. Brandon Green et Steve Illasiak en train de traiter des échantillons de poissons et d'enregistrer des données biologiques dans la zone de protection marine d'Anguniaqvia niqiqyuam, Territoires du Nord-Ouest, 2018 (photo : Darcy McNicholl).

l'Arctique (Reist et coll. 2006a) contraste avec l'étendue des connaissances des Inuits sur l'environnement. Par conséquent, le fait d'offrir la possibilité novatrice d'évaluer le changement à ceux qui observent directement les effets immédiats sur l'environnement constitue une approche puissante pour renforcer l'influence humaine sur le rythme de la science et le rythme du changement. Dans l'Arctique canadien, la science participative peut être un important outil de surveillance écologique par les collectivités permettant de faire le pont entre le savoir autochtone et la recherche scientifique en vue d'aboutir ultimement à la coproduction du savoir (Dunmall et Reist 2018).

L'utilisation commune d'indicateurs précis et faciles à documenter pour évaluer les changements environnementaux dans les systèmes de connaissances autochtones et scientifiques constitue le fondement de la science participative dans l'Arctique canadien (Dunmall et Reist 2018). Les connaissances contemporaines acquises grâce à la surveillance de l'environnement au moyen d'indicateurs peuvent se traduire par l'établissement de données de référence et la surveillance quantitative des changements écologiques, à petite comme à grande échelle spatiale. Bien que la vaste série d'indicateurs habituellement recueillis par le savoir autochtone soit souvent différente des indicateurs précis qui sont utilisés dans la recherche scientifique, ces deux méthodes de surveillance sont liées et peuvent mettre en évidence des changements similaires au niveau des écosystèmes (Riedlinger et Berkes 2001; Berkes et coll. 2007; Tremblay et coll. 2008). La communication et la sensibilisation sont essentielles au succès de la science participative dans l'Arctique et sont facilitées en partie par l'utilisation des médias sociaux (p. ex. Facebook) pour diffuser l'information et interagir avec les participants et les observateurs (Dunmall et Reist 2018).

La prévalence de la surveillance écologique par les collectivités augmente dans l'Arctique canadien. Le programme sur le saumon arctique (www.facebook.com/arcticsalmon) utilise une approche axée sur la surveillance par les collectivités pour faire la pistage de l'augmentation de l'abondance et de l'élargissement de la répartition du saumon du Pacifique (espèces Oncorhynchus) et des changements liés à la répartition des poissons dans l'Arctique canadien (Dunmall et coll. 2013, 2017, 2018). La surveillance écologique des bélugas (Delphinapterus leucas) basée sur la chasse fournit des données importantes sur la santé et l'état corporel des bélugas grâce au prélèvement d'échantillons et à la mesure d'indicateurs particuliers (Loseto et coll. 2018c). La surveillance de l'environnement physique par les collectivités, y compris l'acquisition de connaissances inuites, se fait également dans la baie d'Hudson (p. ex. https://arcticeider.com/siku). La surveillance de l'écosystème côtier par les collectivités, y compris la collecte de données sur les paramètres environnementaux, la production primaire, les habitats benthiques et la biodiversité des poissons, se poursuit dans la baie Darnley (Territoires du Nord-Ouest) depuis 2012 (McNicholl et coll. 2017) et a récemment été transformée en un cadre de surveillance écologique par les collectivités dont la transférabilité aux environnements côtiers situés près de Kugluktuk (Nunavut) de Sachs Harbour (Territoires du Nord-Ouest) a été mise à l'essai en 2017 et 2018, respectivement (McNicholl et Dunmall 2018a). Dans les collectivités où l'activité maritime est relativement élevée et où le risque d'espèces envahissantes est donc plus important, des techniques d'enquête portuaire communautaire et d'échantillonnage de l'ADN environnemental (ADNe) ont été introduites (2015-2018 : Churchill [Manitoba], Salluit [Nunavik], Iqaluit et Pond Inlet [Nunavut] (Polar Knowledge Canada 2017). Ces efforts ont été combinés à des ateliers éducatifs axés sur les jeunes pour les sensibiliser et leur fournir des guides d'identification et une formation pratique sur la façon de signaler de nouvelles observations et de distinguer les espèces envahissantes qui présentent un risque élevé des espèces indigènes similaires.

La surveillance par les collectivités est en train d'émerger dans l'Arctique canadien. Il s'agit là d'un changement subtil, mais très important, lié au rôle de leadership qu'exercent les peuples autochtones dans tous les aspects des efforts de surveillance déployés sur le terrain en vertu d'un cadre de collaboration fondé sur la science. La transition vers cet effort entrepris par les collectivités est un processus qui exige du temps et une communication efficace, de la motivation et l'établissement d'un commun accord en ce qui a trait aux indicateurs et aux objectifs, ainsi que le renforcement des capacités grâce à la mise en place de protocoles, d'équipement et de formation. Les efforts de surveillance menés par la collectivité dans la zone de protection marine d'Anguniaqvia niqiqyuam, près de Paulatuk (Territoires du Nord-Ouest), ont permis en 2018 de recueillir des données sur des indicateurs couvrant plusieurs niveaux trophiques, ainsi que des données environnementales concernant l'écosystème côtier (McNicholl et Dunmall 2018b) (Figure 20). Le leadership en matière de surveillance écologique des bélugas a été constant chez les Inuvialuit, et la récente acquisition de CET (Ostertag et coll. 2018; Waugh et coll. 2018) complète ces efforts en fournissant un contexte écosystémique à des indicateurs précis (Loseto et coll. 2018c).

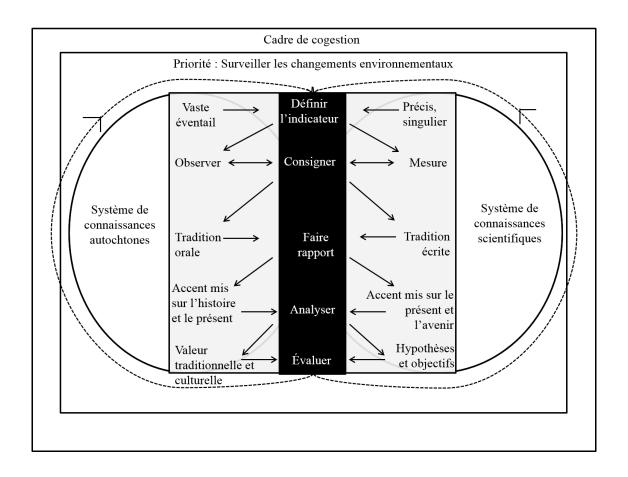


Figure 9. Modèle établi pour la science participative afin de surveiller l'évolution de l'Arctique canadien. Dans le cadre d'une priorité commune de surveillance des changements environnementaux, la science participative (carré gris) peut faire le pont entre les systèmes de connaissances autochtones et scientifiques (cercles blancs). Les flèches représentent le flux contributif d'information provenant du cadre général de la science participative (rectangle noir) qui est dirigé vers chaque système de connaissances et de nouveau vers le cadre à chaque étape du processus, ce qui égalise la valeur de l'information tirée des connaissances scientifiques et des connaissances autochtones et contribue à la coproduction du savoir. Un élément clé du modèle est le processus interactif d'établissement de rapports et les communications continues entre les participants (source : Dunmall et Reist 2018).

La science participative est un outil très attrayant pour évaluer les changements environnementaux dans l'Arctique. Lorsqu'elle est appliquée avec soin dans le cadre d'un modèle qui met l'accent sur la communication continue et efficace et qui assure la production concertée de connaissances (Figure 21), la science participative peut fournir l'information essentielle nécessaire pour prévoir les répercussions et les possibilités associées aux changements de la biodiversité et à l'évolution rapide des écosystèmes dans l'Arctique. De plus, si elle est appliquée de façon cohérente à l'aide d'un cadre commun, la science participative pratiquée par les peuples autochtones offre une vaste couverture géographique et une surveillance écologique à long terme, ce qui permet de mieux comprendre la nature, les tendances et les conséquences des changements qui ont cours dans l'Arctique. Il en résultera une cogestion des ressources et une gérance environnementale plus efficaces.

Encadré: Intégration des connaissances

Surveillance écologique et gestion du béluga, et relations humaines

Lisa Loseto, Elizabeth Worden, Pêches et Océans Canada

Chaque été, des milliers de bélugas de l'est de la mer de Beaufort, les *qilalukkaqs* (*Delphinapterus leucas*), se regroupent dans l'estuaire du Mackenzie, dans les eaux canadiennes de la mer de Beaufort. Cette population est reconnue comme étant l'une des plus importantes au Canada, avec environ 40 000 individus (Harwood 1996; Hill et Demaster 1999). La chasse de subsistance de ces bélugas par les Inuvialuit, les Inuits de l'ouest de l'Arctique canadien, a eu et continue d'avoir une grande importance économique, alimentaire et culturelle. Les bélugas de l'est de la mer de Beaufort sont cogérés par Pêches et Océans Canada (MPO) et le Comité mixte

de gestion de la pêche (CMGP) sous la direction du Conseil inuvialuit de gestion du gibier, conformément à la Convention définitive des Inuvialuit (Canada 1984). La Convention définitive des Inuvialuit, le Plan de gestion du béluga de la mer de Beaufort et les efforts antérieurs de gestion de la conservation ont appuyé la collecte de données sur les prises de bélugas grâce à l'établissement de partenariats entre les organismes de cogestion et à la collaboration avec les comités locaux de chasseurs et de trappeurs (CCT).

Par conséquent, des données sur le béluga de l'est de la mer de Beaufort ont été recueillies pendant plus de 40 ans dans le cadre du programme de surveillance écologique des prises, un programme de surveillance écologique par les collectivités (Harwood et coll. 2002). Le programme a évolué pour devenir un point central réunissant des scientifiques, des membres de la collectivité et des conseils de cogestion qui travaillent en équipe pour répondre aux préoccupations de la collectivité et définir l'orientation de la recherche. En 2010, les zones de gestion du béluga désignées 1a sont devenues la première zone de protection marine de l'Arctique, la zone de protection marine (ZPM) de Tarium Niruitait (Loseto et coll. 2010). Une partie du cadre de surveillance et de gestion de la ZPM comprend le recours à des indicateurs qui sont utilisés pour mesurer et communiquer la santé de la ZPM. Au cours des 10 dernières années, le programme de surveillance écologique par les collectivités existant a pris de l'ampleur et de la profondeur pour inclure des indicateurs sur l'état du béluga, son régime alimentaire et sa santé, ce qui comprend la surveillance écologique des contaminants et des maladies et d'autres indicateurs

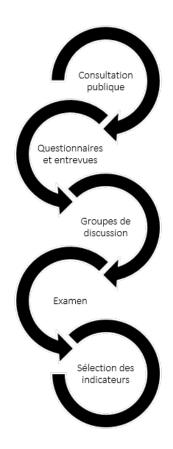


Figure 10. Processus suivi pour sélectionner les indicateurs de santé des bélugas avec les localités d'Inuvik, de Tuktoyaktuk et de Paulatuk (source : Ostertag et coll. 2019).

physiologiques qui peuvent également être extrapolés à la santé des écosystèmes (Loseto et coll. 2018b). Même si la surveillance s'est élargie pour inclure de multiples indicateurs de santé et indicateurs écologiques, on a noté que le programme de surveillance écologique par les collectivités ne disposait d'aucun mécanisme pour inclure les vastes connaissances inuites, appelées connaissances écologiques locales et traditionnelles (CEL, CET), détenues par les Inuvialuit dans la RDI.

Les Inuvialuit et leurs ancêtres gèrent la population de façon durable depuis des centaines d'années (McGhee 1988; FJMC 2013). Ils ont acquis une connaissance approfondie du comportement et des caractéristiques liées à la santé des bélugas de la RDI. Grâce à l'établissement de relations de travail à long terme lors des activités de collaboration menées dans le cadre de divers projets liés au béluga, un projet a été lancé pour combler les lacunes relatives à l'intégration des CEL et des CET au programme de surveillance écologique par les collectivités axé sur le béluga (S. Ostertag, données non publiées). Dans le cadre d'un vaste processus de consultation (2012-2017), des indicateurs de l'état de santé et de la présence de maladies chez les bélugas ont été établis par les détenteurs de connaissances sur les bélugas dans les trois collectivités les plus actives dans la RDI : les localités d'Inuvik, de Tuktoyaktuk et de Paulatuk (S. Ostertag, données non publiées). Ce processus a mis l'accent sur le partage des connaissances des Inuvialuit, la communication fréquente et la rétroaction collaborative à diverses étapes de la recherche (S. Ostertag, données non publiées) (Figure 22). Voici des exemples d'indicateurs établis par les trois collectivités : la couleur et la texture de la graisse ou ugsuq, la forme du corps (dos large ou rond, rouleaux de graisse décrits comme des « poignées d'amour ») et les signes d'infection. Ces indicateurs ont maintenant été intégrés au programme de surveillance écologique par les communautés des poissons et des mammifères marins du CMGP afin de garantir que les observations des Inuits sur la santé et l'état corporel des bélugas sont consignées pour les bélugas prélevés (Figure 23).

Renseignements sur les baleines		Numéro de	la baleine prise : AREW - DL - 18	
Couleur: Brun Gris foncé Gris Blanc Jaune Cette baleine a-t-elle des « poignées d'amour »? Oui Non Sa colonne vertébrale est-elle saillante? oui non Je ne sais pas. Veuillez indiquer sur le diagramme ci-dessous la forme qui correspond au dos de la baleine.				
Signes d'infection, blessures ou anomalies				
Avez-vous vu un signe d'infection (cà-d. blessure infectée, maktak en désintégration, masse dans le maktak)?□ Oui □ Non → Si oui, prenez une photo et prélevez un échantillon de la zone infectée et de la zone saine située à côté de la plaie. → Échantillon prélevé? □ Oui □ Non Prise de photos? □ Oui □ Non Zone d'infection indiquée sur le digramme ci-dessous? □ Oui □ Non				
Des taches ont-elles été observées sur le foie de l'animal? □ Oui □ Non Une odeur « différente » ou inhabituelle s'est-elle dégagée quand la baleine a été ouverte? □ Oui □ Non Le chasseur a-t-il dit que la baleine semblait fatiguée? □ Oui □ Non → Si oui, veuillez essayer de prélever des échantillons des organes suivants. Mettre les échantillons dans des sacs refermables, inscrire le numéro d'identification des baleines sur les sacs et les congeler. → Échantillon prélevé : foie (zones avec et sans taches) □ Oui □ Non Rein □ Oui □ Non Rate □ Oui□ Non Poumon □ Oui □ Non Cœur □ Oui □ Non → Photos d'organes qui semblaient anormaux □ Oui □ Non				
Dessiner les anomalies sur les diagrammes ci-dessous			Lequel de ces dessins ressemble le plus à l'arrière de la baleine quand on	
Vue de dessus :	Description et commentai	res	la regarde de face et de dos?	
			Vue de face :	
Vue du côté droit :	Description et commentai	res		
\(\tag{\tau} \)			☐ Oui ☐ Non ☐ Oui ☐ Non ☐ Je ne sais pas ☐ Je ne sais pas ☐ Vue de l'arrière :	
Vue du côté gauche :	Description et commentai	res		
			/ \ □ Oui □ Non □ Oui □ Non □ Je ne sais pas □ Je ne sais pas	

Figure 11. Fiche de surveillance des bélugas du CMGP/MPO (feuille 1 de 2) qui comprend des indicateurs basés sur les CET.

Le succès des indicateurs de santé des bélugas établis par les collectivités est en grande partie attribuable aux observations annuelles répétées des pêcheurs actifs sur le terrain et à leurs interactions avec les bélugas. Les connaissances des Inuvialuit sur la chasse au béluga sont dynamiques et bien ancrées dans la tradition transmise par l'histoire orale, mais aussi dans les observations locales en constante évolution. Cependant, malgré ces activités intergénérationnelles de chasse au béluga, des changements récents – tant environnementaux que sociaux – ont eu des répercussions sur les relations entre l'homme et le béluga dans la région. Par exemple, la communauté d'Aklavik, qui a une longue tradition de chasse au béluga active, a connu un déclin marqué de ses prises annuelles de baleines (Worden 2018) (Figure 24).

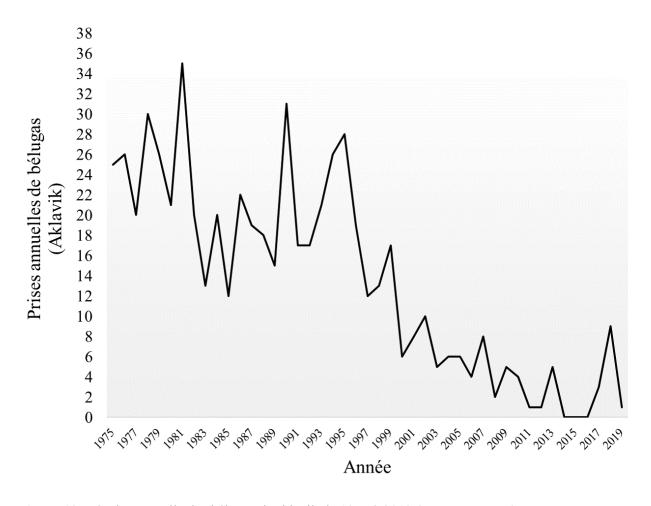


Figure 12. Récolte annuelle des bélugas d'Aklavik de 1975 à 2013 (source : CMGP).

Une autre étude sur les CET a été menée pour tenter de comprendre les causes du déclin de la chasse au béluga. La collecte de CET a démontré que les aînés et les adultes expérimentés d'Aklavik continuent de savoir comment chasser avec succès. Cependant, les changements environnementaux et sociaux se conjuguent pour créer une nouvelle réalité où la chasse au béluga est impossible pour de nombreux membres de la collectivité. L'évolution de l'environnement (augmentation des tempêtes et érosion ou effondrement des deltas) nuit à l'accès à la côte et à la sécurité sur l'océan et influe sur l'érosion des terres où sont situés les camps de chasse côtiers de prédilection. Parmi les autres facteurs clés, mentionnons le coût de la chasse et du carburant, ainsi que le faible nombre d'emplois stables disponibles à Aklavik pour couvrir le coût de la chasse au béluga. Enfin, les valeurs changent à Aklavik avec le décès des aînés et l'influence de la culture du Sud. Parce que la chasse au béluga est basée sur le partage, le travail d'équipe et la patience et que ces valeurs changent, la façon de chasser les baleines et le choix de le faire ou non changent aussi. Shingle Point est maintenant le principal campement utilisé en été pour la pêche côtière, mais il ne s'agit pas d'un lieu idéal pour la chasse à la baleine. La vie est trop bruyante au campement et les baleines restent loin en eau profonde, ce qui rend la chasse dangereuse, difficile et coûteuse (Worden 2018). Avec les changements climatiques et la modernisation qui prévalent dans l'Arctique, les changements observés à l'égard de l'utilisation des ressources marines par la communauté d'Aklavik peuvent être observés ou se manifester de différentes façons dans les collectivités arctiques.

Références Citées

- Ardyna, M., Babin, M., Gosselin, M., Devred, E., Rainville, L., et Tremblay, J.-É. 2014. Recent Arctic Ocean sea ice loss triggers novel fall phytoplankton blooms. Geophys. Res. Lett. 41:6207–6212. doi:10.1002/2014GL061047.
- Arnaquq-Baril, A. 2016. Angry Inuk. https://www.nfb.ca/film/angry_inuk/ [Video].
- Arrigo, K.R., Perovich, D.K., Pickart, R.S., Brown, Z.W., van Dijken, G.L., Lowry, K.E., Mills, M.M., Palmer, M.A., Balch, W.M., Bahr, F., Bates, N.R., Benitez-Nelson, C., Bowler, B., Brownlee, E., Ehn, J.K., Frey, K.E., Garley, R., Laney, S.R., Lubelczyk, L., Mathis, J., Matsuoka, A., Mitchell, B.G., Moore, G.W.K., Ortega-Retuerta, E., Pal, S., Polashenski, C.M., Reynolds, R.A., Scheiber, B., Sosik, H.M., Stephens, M., et Swift, J.H. 2012. Massive phytoplankton blooms under Arctic sea ice. Science 336: 1408. doi: 10.1126/science.1215065.
- Barber, D.G., Hop, H., Mundy, C.J., Else, B., Dmitrenko, I.A., Tremblay, J.-É., Ehn, J.K., Assmy, P., Daase, M., Candlish,L.M., et Rysgaard, S. 2015. Selected physical, biological and biogeochemical implications of a rapidly changing arctic marginal ice zone. Prog. Oceanogr. 139: 122–150. doi: 10.1016/j.pocean.2015.09.003.
- Beck, T. 1994. Alexander Charles Aviugana (1945–1994). Arctic 47: 319. doi: 10.14430/arctic1302.
- Bell, R. 2009. Billy Joseph Day, whale hunter, trapper, environmentalist, September 15, 1930–July 16, 2008. Globe and Mail, Lives Lived. 2009, 21 January.
- Berkes, F., Colding, J., et Folke, C. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. Ecol. Appl. 10: 1251–1262. doi: 10.2307/2641280.
- Berkes, F., Berkes, M.K., et Fast, H. 2007. Collaborative integrated management in Canada's North: The role of local and traditional knowledge and community-based monitoring. Coast. Manage. 35: 143–162. doi: 10.1080/08920750600970487.
- Blais, M., Ardyna, M., Gosselin, M., Dumont, D., Bélanger, S., Tremblay, J.-É., Gratton, Y., Marchese, C., et Poulin, M. 2017. Contrasting interannual changes in phytoplankton productivity and community structure in the coastal Canadian Arctic Ocean. Limnol. Oceanogr. 62: 2480–2497. doi: 10.1002/lno.10581.
- Bouchard, C., Geoffroy, M., LeBlanc, M., Majewski, A., Gauthier, S., Walkusz, W., Reist, J.D., et Fortier, L. 2017. Climate warming enhances polar cod recruitment, at least transiently, Prog. Oceanogr. 156: 121–129. doi: 10.1016/j.pocean.2017.06.008

- Boyce, D.G., Frank, K.T., Worm, B., et Leggett, W.C. 2015. Spatial patterns and predictors of trophic control in marine ecosystems. Ecol. Lett. 18: 1001–1011. doi: 10.1111/ele.12481
- Breed, G.A., Matthews, C.J.D., Marcoux, M., Higdon, J.W., LeBlanc, B., Petersen, S.D., Orr, J., Reinhart, N.R., et Ferguson, S.H. 2017. Sustained disruption of narwhal habitat use and behaviour in the presence of Arctic killer whales. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 114: 2628–2633. doi: 10.1073/pnas.1611707114.
- Burnham, K.K., Johnson, J.A., Konkel, B., et Burnham, J.L. 2012. Nesting common eider (*Somateria mollissima*) population quintuples in Northwest Greenland. Arctic 65: 456–464. doi: 10.14430/arctic4243.
- Byers, T., Reist, J.D., et Sawatzky, C.D. 2019. Compilation and synopsis of literature on the traditional knowledge of Indigenous peoples in the Northwest Territories concerning Dolly Varden. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3177: vi + 63 p. Accessible sur le site http://publications.gc.ca/site/eng/9.873211/publication.html [consulté le 8 octobre 2019].
- CAFF. 2013. Arctic biodiversity assessment: Status and trends in Arctic biodiversity. Conservation of Arctic Flora and Fauna, Akureyri, Iceland. 674 p. Accessible sur le site https://oaarchive.arctic-council.org/handle/11374/223 [consulté le 20 février 2019].
- Canada. 1984. The Western Arctic claim: The Inuvialuit Final Agreement. Indian and Northern Affairs Canada, Ottawa. 259p. Accessible sur le site http://webarchive.bac-lac.gc.ca http://www.ainc-inac.gc.ca/pr/agr/inu/wesar_e.pdf [consulté le 8 février 2019].
- Carmack, E.C., et Chapman, D.C. 2003. Wind-driven shelf/basin exchange on an Arctic shelf: The joint roles of ice cover extent and shelf-break bathymetry. Geophys. Res. Lett. 30: 1778. doi: 10.1029/2003GL017526.
- Chambault, P., Albertsen, C.M., Patterson, T.A., Hanse, R.G., Tervo, O., Laidre, K.L., et Heide-Jørgensen, M.P. 2018. Sea surface temperature predicts the movements of an Arctic cetacean: The bowhead whale. Sci. Rep. 8: 9658. doi: 10.1038/s41598-018-27966-1.
- Choy, E.S., Rosenberg, B., Roth, J.D., et Loseto, L.L. 2017. Inter-annual variation in environmental factors affect the prey and body condition of beluga whales in the eastern Beaufort Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 579: 213–225. doi: 10.3354/meps12256.
- Coupel, P., Matsuoka, A., Diana, R.P., Gosselin, M., Marie, D., Tremblay, J.-É., et Babin, M. 2015. Pigment signatures of phytoplankton communities in the Beaufort Sea. Biogeosciences 12:991–1006. doi:10.5194/bg-12-991-2015.
- Davidson, T.A., Wetterich, S., Johansen, K.L., Grønnow, B., Windirsch, T., Jeppesen, E., Syvaranta, J., Olsen, J., González-Bergonzoni, I., Strunk, A., Larsen, N.K., Meyer, H., Søndergaard, J., Dietz, R., Eulears, I., et Mosbech, A. 2018. The history of seabird

- colonies and the North Water ecosystem: Contributions from palaeoecological and archaeological evidence. Ambio 47: 175–192. doi: 10.1007/s13280-018-1031-1.
- Deming, J.W., Fortier, L., et Fukuchi, M. 2002. The International North Water Polynya Study (NOW): A brief overview. Deep-Sea Res. II 49: 4887–4892. doi: 10.1016/S0967-0645(02)00168-6.
- MPO. 2015. Zone d'intérêt Anguniaqvia Niqiqyuam : surveillance des indicateurs, protocoles et stratégies. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/025.
- Dorcey, A.H.J., et Hall, K.J. 1981. Setting ecological research priorities for management: The art of the impossible in the Fraser estuary. Westwater Research Centre, The University of British Columbia. Vancouver, B.C. 78p.
- Dunmall, K.M., et Reist J.D. 2018. Developing a citizen science framework for the Arctic using the 'Arctic Salmon' initiative. *In* Impacts of a Changing Environment on the Dynamics of High-latitude Fish and Fisheries. *Edited by* F.J. Mueter, M.R. Baker, S.C. Dressel, et A.B. Hollowed. Alaska Sea Grant, University of Alaska Fairbanks. pp. 31–47. doi: 10.4027/icedhlff.2018.02.
- Dunmall, K.M., Reist, J.D., Carmack, E.C., Babaluk, J.A., Heide-Jørgensen, M.P., et Docker, M.F. 2013. Pacific salmon in the Arctic: Harbingers of change. *In* Responses of Arctic Marine Ecosystems to Climate Change. *Edited by* F.J. Mueter, D.M.S. Dickson, H.P. Huntington, J.R. Irvine, E.A. Logerwell, S.A. MacLean, L.T. Quakenbush, et C. Rosa. Alaska Sea Grant, University of Alaska Fairbanks. pp. 141–163. doi: 10.4027/ramecc.2013.07.
- Dunmall, K.M., Gruben, M., McNicholl, D., et Reist, J. 2017. Arctic Salmon: Linking subsistence and science to track and predict changing biodiversity of fishes in the Canadian Arctic. Integrated Regional Impact Study of the western and central Canadian Arctic (IRIS 1), December 2017 newsletter. ArcticNet. Accessible sur le site http://www.arcticnet.ulaval.ca/media/iris reports.php [consulté le 8 février 2019].
- Dunmall, K.M., McNicholl, D.G., et Reist, J.D. 2018. Community-based monitoring demonstrates increasing occurrences and abundances of Pacific salmon in the Canadian Arctic from 2000 to 2017. North Pacific Anadromous Fish Commission Technical Report 11:87–90. Accessible sur le site https://npafc.org/technical-report/ [consulté le 8 février 2019].
- Dyck, M., Campbell, M., Lee, D.S., Boulanger, J., et Hedman, D. 2017. 2016 Aerial survey of the western Hudson Bay polar bear sub-population. Final Report. Government of Nunavut, Department of Environment, Wildlife Research Section, Status Report 2017-xx, Igloolik, NU. 82 pp + 2 Supplements. Accessible sur le site https://www.gov.nu.ca/sites/default/files/pb_wh_2016_population_assessment_gn_report_27_june_2017.pdf [consulté le 8 février 2019].

- Egevang, C., Boertmann, D., Mosbech, A., et Tamstorf, M.P. 2003. Estimating colony area and population size of little auks *Alle alle* at Northumberland Island using aerial images. Polar Biol. 26: 8–13. doi: 10.1007/s00300-002-0448-x.
- EISC. 2018. Inuvialuit Environmental Impact Screening Committee. Community Conservation Plans. Accessible sur le site http://www.screeningcommittee.ca/resources/inuvialuit.html [consulté le 13 septembre 2018].
- Ferguson, S.H., Kingsley, M.C.S., et Higdon, J.W. 2012. Killer whale (*Orcinus orca*) predation in a multi-prey system. Popul. Ecol. 54: 31–41. doi: 10.1007/s10144-011-0284-3.
- Ferguson, S.H., Young, B.G., Yurkowski, D.J., eterson, R., Willing, C., et Nielsen, O. 2017. Demographic, ecological, et physiological responses of ringed seals to an abrupt decline in sea ice availability. PeerJ 5: e2957. doi: 10.7717/peerj.2957. PMID:28168119.
- FJMC [Fisheries Joint Management Committee]. 2013. Beaufort Sea beluga management plan. 4th amended printing. Accessible sur le site https://www.beaufortseapartnership.ca/wp-content/uploads/2015/04/Beaufort-Sea-Beluga-Management-Plan-2013.pdf [consulté le 15 septembre 2018].
- FJMC [Fisheries Joint Management Committee]. 2017. One people one plan: Inuvialuit plan for fishing on the Inuvik to Tuktoyaktuk highway. 5 p. Accessible sur le site https://fjmc.ca/wp-content/uploads/2017/11/ITH-Community-Fishing-Plan-2017-02.pdf [consulté le 15 septembre 2018].
- Grebmeier, J.M., Cooper, L.W., Feder, H.M., et Sirenko, B.I. 2006. Ecosystem dynamics of the Pacific-influenced Northern Bering and Chukchi Seas in the Amerasian Arctic. Prog. Oceanogr. 71: 331–361. doi: 10.1016/j.pocean.2006.10.001.
- Harvey, M., Starr, M., Therriault, J.C., Saucier, F., et Gosselin, M. 2006. MERICA-Nord Program: Monitoring and research in the Hudson Bay complex. AZMP Bulletin 5: 27–32. Accessible sur le site http://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/365692.pdf [consulté le 8 février 2019].
- Harwood, L.A., Innes, S., Norton, P., et Kingsley, M.C.S. 1996. Distribution and abundance of beluga whales in the Mackenzie estuary, southeast Beaufort Sea, et west Amundsen Gulf during late July 1992. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 2262–2273. doi: 10.1139/f96-180.
- Harwood, L.A., Norton, P., Day, B., et Hall, P.A. 2002. The harvest of beluga whales in Canada's western Arctic: Hunter-based monitoring of the size and composition of the catch. Arctic 55: 10–20. doi: 10.14430/arctic687.
- Harwood, L.A., Smith, T.G., Georges, C., Sandstrom, S., Walkusz, W., et Divoky, G.J. 2015a. Change in the Beaufort Sea ecosystem: Diverging trends in body condition and/or production in five marine vertebrate species. Progr. Oceanogr. 136: 263–273. doi: 10.1016/j.pocean.2015.05.003.

- Harwood, L., Kingsley, M.C.S., et Pokiak, F. 2015b. Monitoring beluga harvests in the Mackenzie Delta and near Paulatuk, NT, Canada: Harvest efficiency and trend, size and sex of landed whales, et reproduction, 1970–2009. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.. 3059: vi + 32 p. Accessible sur le site http://publications.gc.ca/collections/collection_2015/mpo-dfo/Fs97-4-3059-eng.pdf [consulté le 8 février 2019].
- Hauser, D.D.W., Laidre, K.L., Stern, H.L., Moore, S.E., Suydam, R.S., et Richard, P.R. 2017. Habitat selection by two beluga whale populations in the Chukchi and Beaufort seas. PLoS ONE 12: e0172755. doi: 10.1371/journal.pone.0172755.
- Heide-Jørgensen, M.P., Strander Sinding, M.-H., Nielsen, N.H., Rosing-Asvid, A., et Hansen, R.G. 2013. The significance of the North Water polynya to arctic top predators. Ambio 42:596–610. doi: 10.1007/s13280-012-0357-3.
- Heide-Jørgensen, M.P., Sinding, M.H.S., Nielsen, N.H., Rosing-Asvid, A., et Hansen, R. G. 2016. Large numbers of marine mammals winter in the North Water polynya. Polar Biol. 39: 1605–1614. doi: 10.1007/s00300-015-1885-7.
- Higdon, J.W., et Ferguson, S.H. 2009. Loss of Arctic sea ice causing punctuated change in sightings of killer whales (*Orcinus orca*) over the past century. Ecol. Appl. 19: 1365–1375. doi: 10.1890/07-1941.1.
- Higdon, J.W., et Ferguson, S.H. 2014. Inuit recollections of a 1950s killer whale (*Orcinus orca*) ice entrapment in Foxe Basin, Nunavut, Canada. Aquat. Mamm 40: 9–19. doi: 10.1578/AM.40.1.2014.9.
- Higdon, J.W., Westdal, K.H., et Ferguson, S.H. 2013. Distribution and abundance of killer whales (*Orcinus orca*) in Nunavut, Canada an Inuit knowledge survey. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 94: 1293–1304. doi: 10.1017/S0025315413000921.
- Hill, P.S., et DeMaster, D.P. 1999. Alaska marine mammal stock assessments, 1999. NOAA Techinical Memorandum NMFS-AFSC-110: iii + 174 p. Accessible sur le site ftp://ftp.library.noaa.gov/noaa_documents.lib/NMFS/AFSC/TM_AFSC/TM_NMFS_AFSC_110.pdf [consulté le 8 février 2019].
- Hornby, C.A., Hoover, C., Iacozza, J., Barber, D.G., et Loseto, L.L. 2016. Spring conditions and habitat use of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) during arrival to the Mackenzie River Estuary. Polar Biol. 39: 2319–2334. doi: 10.1007/s00300-016-1899-9.
- Hornby, C.A., Iacozza, J., Hoover, C., Barber, D.G., et Loseto, L.L. 2017. Beluga whale *Delphinapterus leucas* late summer habitat use and support for foraging areas in the Canadian Beaufort Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 574: 243–257. doi: 10.3354/meps12178.

- Horvat, C., Jones, D.R., Iams, S., Schroeder, D., Flocco, D., et Feltham, D. 2017. The frequency and extent of sub-ice phytoplankton blooms in the Arctic Ocean. Sci. Adv. 3: e1601191. doi:10.1126/sciadv.1601191.
- Hussey, N.E., Kessel, S.T., Aarestrup, K., Cooke, S.J., Cowley, P.D., Fisk, A.T., Harcourt, R.G., Holland, K.N., Iverson, S.J., Kocik, J.F., Mills Flemming, J.E., et Whoriskey, F.G. 2015. Aquatic animal telemetry: A panaromic window into the underwater world. Science 348: 1221. doi: 10.1126/science.1255642.
- IPCC. 2014. Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri et L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. 151 p. Accessible sur le site https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/ [consulté le 8 février 2019].
- Irvine, J.R., et Riddell, B.E. 2007. Salmon as status indicators for North Pacific ecosystems. N. Pac. Anadr. Fish Comm. Bull. 4: 285–287. Accessible sur le site https://npafc.org/wp-content/uploads/2017/09/bulletin4.pdf [consulté le 8 février 2019].
- Jeppesen, E., Appelt, M., Hastrup, K., Grønnow, B., Mosbech, A., Smol, J.P., et Davidson, T.A. 2018. Living in an oasis: Rapid transformations, resilience, and resistance in the North Water Area societies and ecosystems. Ambio 47: 296–309. doi: 10.1007/s13280-018-1034-y.
- Kovacs, K., et Michel, C. 2011. Biological impacts of changes to sea ice in the Arctic. *In* Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA): Climate Change and the Cryosphere. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. pp. 9-32–9-51. Accessible sur le site https://www.amap.no/documents/doc/snow-water-ice-and-permafrost-in-the-arctic-swipa-climate-change-and-the-cryosphere/743 [consulté le 8 février 2019].
- Laidlaw, D. 2015. Challenges in using Aboriginal traditional knowledge in the courts. *In* A Symposium on Environment in the Courtroom: Evidentiary Issues in Environmental Prosecutions and Hearings, March 6-7, 2015. University of Calgary.
- Lewis, A.E., Hammill, M.O., Power, M., Doidge, D.W., et Lesage, V. 2009. Movement and aggregation of eastern Hudson Bay beluga whales (*Delphinapterus leucas*): A comparison of patterns found through satellite telemetry and Nunavik traditional ecological knowledge. Arctic 62: 13–24. doi: 10.14430/arctic109.
- Loseto, L.L., Stern, G.A., Connelly, T.L., Deibel, D., Gemmill, B., Prokopowicz, A., Fortier, L., et Ferguson, S.H. 2009. Summer diet of beluga whales inferred by fatty acid analysis of the eastern Beaufort Sea food web. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 374: 12–18. doi: 10.1016/j.jembe.2009.03.015.

- Loseto, L., Wazny, T., Cleator, H., Ayles, B., Cobb, D., Harwood, L., Michel, C., Nielsen, O., Paulic, J., Postma, L., Ramlal, P., Richard, P., Ross, P.S., Solomon, S., Walkusz, W., Weilgart, L., et Williams, B. 2010. Information in Support of Indicator Selection for Monitoring the Tarium Niryutait Marine Protected Area (TN MPA). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/094. iv + 42 p. Accessible sur le site www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/Publications/ResDocs-DocRech/2010/2010_094-eng.html [consulté le 8 février 2019].
- Loseto, L.L., Brewster, J.D., Ostertag, S.K., Snow, K., MacPhee, S.A., McNicholl, D.G., Choy, E.S., Giraldo, C., et Hornby, C.A. 2018a. Diet and feeding observations from an unusual beluga harvest in 2014 near Ulukhaktok, Northwest Territories, Canada. Arctic Science 4: 421–431. doi: 10.1139/as-2017-0046.
- Loseto, L.L., Lam, J., et Iacozza, J. (eds.). 2018b. Beluga Summit: knowledge sharing of the eastern Beaufort Sea beluga whale. Arctic Science 4: i–iv. doi: 10.1139/as-2018-0011.
- Loseto, L.L., Hoover, C., Ostertag, S., Whalen, D., Pearced, T., Paulic, J., Iacozza, J., et MacPhee, S. 2018c. Beluga whales (*Delphinapterus leucas*), environmental change and marine protected areas in the Western Canadian Arctic. Estuar. Coast. Shelf Sci. 212: 128–137. doi: 10.1016/j.ecss.2018.05.026.
- Lunn, N. J., Servanty, S., Regehr, E.V., Converse, S.J., Richardson, E. and Stirling, I. 2016. Demography of an apex predator at the edge of its range: Impacts of changing sea ice on polar bears in Hudson Bay. Ecol. Appl. 26: 1302–1320. doi: 10.1890/15-1256.
- Marchese, C., Albouy, C., Tremblay, J.-É.., Dumont, D., D'Ortenzio, F., Vissault, S., et Bélanger, S. 2017. Changes in phytoplankton bloom phenology over the North Water (NOW) polynya: A response to changing environmental conditions. Polar Biol. 40: 1721–1737. doi: 10.1007/s00300-017-2095-2.
- Matthews, C.J.D., Luque, S.P., Petersen, S.D., etrews, R.D., et Ferguson, S.H. 2011. Satellite tracking of a killer whale (*Orcinus orca*) in the eastern Canadian Arctic documents ice avoidance and rapid, long-distance movement into the North Atlantic. Polar Biol. 34:1091–1096. doi: 10.1007/s00300-010-0958-x.
- Matthews, C.J.D., Raverty, S.A., Noren, D.P., Arragutainaq, L., et Ferguson, S.H. 2019. Ice entrapment mortality may slow expanding presence of Arctic killer whales. Polar Biol. 42: 639–644. doi: 10.1007/s00300-018-02447-3.
- McGhee, R. 1988. Beluga hunters: An archaeological reconstruction of the history and culture of the Mackenzie Delta Kittegaryumiut. Institute of Social and Economic Research, Memorial University of Newfoundland, St. John's. 124 p.
- McNicholl, D., et Dunmall, K. 2018a. Sachs Harbour coastal baseline July 2018. Accessible sur le site

- https://www.facebook.com/arcticsalmon/photos/a.140681756049965/1850298851754905/?type=3&theater [consulté le 8 février 2019].
- McNicholl, D., et Dunmall, K. 2018b. Darnley Bay Coastal fish survey July 3rd-18th, 2018. Accessible sur le site https://tinyurl.com/Darnley-Bay-2018 [consulté le 8 février 2019].
- McNicholl, D.G., Johnson, J.D., et Reist, J.D. 2017. Darnley Bay nearshore survey: Synthesis of 2012 and 2014–2016 field programs. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3229: ix + 101 p. Accessible sur le site http://publications.gc.ca/collections/collection_2017_mpo-dfo/Fs97-6-3229-eng.pdf [consulté le 8 février 2019].
- Merkel, F., Labansen, A.L., Boertmann, D., Mosbech, A., Egevang, C., Falk, K., Linnebjerg, J.F., Frederiksen, M., et Kampp, K. 2014. Declining trends in the majority of Greenland's thick-billed murre (*Uria lomvia*) colonies 1981–2011. Polar Biol. 37: 1061–1071. doi: 10.1007/s00300-014-1500-3.
- Michel, C., Hamilton, J., Hansen, E., Barber, D., Reigstad, M., Iacozza, J., Seuthe, L., et Niemi, A. 2015. Arctic Ocean outflow shelves in the changing Arctic: A review and perspectives. Prog. Oceanogr. 139: 66–88. doi: 10.1016/jpocean.2015.08.007.
- Moore, S.E., et Huntington, H.P. 2008. Arctic marine mammals and climate change: Impacts and resilience. Ecol. Appl. 18: S157–S165. doi: 10.1890/06-0571.1.
- Mueter, F., Nahrgang, J., Nelson, R.J., et Berge, J. 2016. The ecology of gadid fishes in the circumpolar Arctic with a special emphasis on the polar cod (*Boreogadus saida*). Polar Biol. 39: 961–967. doi: 10.1007/s00300-016-1965-3.
- Mundy, C.J., Gosselin, M., Gratton, Y., Brown, K., Galindo, V., Campbell, K., Levasseur, M., Barber, D., Papkyriakou, T., et Bélanger, S. 2014. Role of environmental factors on phytoplankton bloom initiation under landfast sea ice in Resolute Passage, Canada. Mar. Ecol. Prog. Ser. 497: 39–49. doi: 10.3354/meps10587.
- Nielsen, J.L., Ruggerone, G.T., et Zimmerman, C.E. 2013. Adaptive strategies and life history characteristics in a warming climate: Salmon in the Arctic? Environ. Biol. Fish. 96: 1187–1226. doi: 10.1007/s10641-012-0082-6.
- Obbard, M.E., Cattet, M.R.L., Howe, E.J., Middel, K.R., Newton, E.J., Kolenosky, G.B., Abraham, K.F., et Greenwood, C.J. 2016. Trends in body condition in polar bears (*Ursus maritimus*) from the southern Hudson Bay subpopulation in relation to changes in sea ice. Arctic Science 2: 15–32. doi: 10.1139/as-2015-0027.
- Obbard, M.E., Stapleton, S., Szor, G., Middel, K.R., Jutras, C., et Dyck, M. 2018. Re-assessing abundance of southern Hudson Bay polar bears by aerial survey: Effects of climate change at the southern edge of the range. Arctic Science 4: 634–655. doi: 10.1139/as-2018-0004.

- Ostertag, S., Loseto, L., Snow, K., Lam, J., Hynes, K., et Gillman, V. 2018. "That's how we know they're healthy": The inclusion of Indigenous Knowledge in beluga health monitoring in the Inuvialuit Settlement Region. Arctic Science 4: 292–320. doi: 10.1139/as-2017-0050.
- Palmer, M.A., Saenz, B.T., et Arrigo, K.A. 2014. Impacts of sea ice retreat, thinning, et meltpond proliferation on the summer phytoplankton bloom in the Chukchi Sea, Arctic Ocean. Deep Sea Res. II 105: 85–104. doi: 10.1016/j.dsr2.2014.03.016.
- Pikialasorsuaq Commission. 2017. People of the ice bridge: The future of the Pikialasorsuaq. Report of the Pikialasorsuaq Commission. November 2017. 119 p. Accessible sur le site http://www.pikialasorsuaq.org/en/Resources/Reports [consulté le 8 février 2019].
- Polar Knowledge Canada. 2017. Advancing polar science and collaboration: Polar Knowledge Canada report 2015–2017. Polar Knowledge Canada, Ottawa, ON. 28 p. Accessible sur le site https://www.canada.ca/content/dam/polar-polaire/documents/pdf/polar-annual-report-2015-2017-EN.pdf [consulté le 13 février 2019].
- Reist, J.D., Wrona, F.J., Prowse, T.D., Power, M., Dempson, J.B., King, J.R., et Beamish, R.J. 2006a. An overview of effects of climate change on selected Arctic freshwater and anadromous fishes. Ambio 35: 381–387. doi: 10.1579/0044-7447(2006)35%5B381:AOOEOC%5D2.0.CO;2.
- Reist, J.D., Wrona, F.J., Prowse, T.D., Power, M., Dempson, J.B., Beamish, R.J., King, J.R., Carmichael, T.J., et Sawatzky, C.D. 2006b. General effects of climate change on Arctic fishes and fish populations. Ambio 35: 370–380. doi: 10.1579/0044-7447(2006)35[370:GEOCCO]2.0.CO;2.
- Riedlinger, D., et Berkes, F. 2001. Contributions of traditional knowledge to understanding climate change in the Canadian Arctic. Polar Rec. 37: 315–328. doi: 10.1017/S0032247400017058.
- RSEA. 2018. Beaufort Sea Regional Strategic Environmental Assessment. https://rsea.inuvialuit.com.
- Sciullo, L., Thiemann, G.W., et Lunn, N.J. 2016. Comparative assessment of metrics for monitoring the body condition of polar bears in western Hudson Bay. J. Zool. 300: 45–58. doi: 10.1111/jzo.12354.
- Stevenson, M.G. 2004. Decolonizing co-management in northern Canada. Cultural Survival Quarterly 28-1:68.
- Stirling, I. 1997. The importance of polynyas, ice edges, et leads to marine mammals and birds. J. Mar. Syst. 10: 9–21. doi: 10.1016/S0924-7963(96)00054-1.

- Stirling, I., Lunn, N. J., et Iacozza, J. 1999. Long-term trends in the population ecology of polar bears in Western Hudson Bay in relation to climatic change. Arctic 52: 294–306. doi: 10.14430/arctic935.
- Syvitski, J.P.M., LeBlanc, K.W.G., et Cranston, R.E. 1990. The flux and preservation of organic carbon in Baffin Island fjords. Geol. Soc. London Spec. Publ. 53: 177–199. doi: 10.1144/GSL.SP.1990.053.01.10.
- Towns, L., Derocher, A.E., Stirling, I., Lunn, N.J., et Hedman, D. 2009. Spatial and temporal patterns of problem bears in Churchill, Manitoba. Polar Biol. 32: 1529–1537. doi: 10.1007/s00300-009-0653-y.
- Tremblay, J.-É., Michel, C., Hobson, K.A., Gosselin, M., et Price, N.M. 2006a. Bloom dynamics in early-opening waters of the Arctic Ocean. Limnol. Oceanogr. 51:900–912. doi: 10.4319/lo.2006.51.2.0900.
- Tremblay, J-É., Hattori, H., Michel, C., Ringuette, M., Mei, Z.-P., Lovejoy, C., Fortier, L., Hobson, K.A., Amiel, D., et Cochran, K. 2006b. Trophic structure and pathways of biogenic carbon flow in the eastern North Water Polynya. Prog. Oceanogr. 71: 402–425. doi: 10.1016/j.pocean.2006.10.006.
- Tremblay, M., Frugal, C., Larrivee, C., Annanack, T., Tookalook, P., Qiisik, M., Angiyou, E., Swappie, N., Savard, J., et Barrett, M. 2008. Climate change in northern Quebec: Adaptation strategies from community-based research. Arctic 61: 27–34. doi: 10.14430/arctic99.
- Watt, C.A., Orr, J., et Ferguson, S.H. 2016. A shift in foraging behaviour of beluga whales *Delphinapterus leucas* from the threatened Cumberland Sound population may reflect a changing Arctic food web. Endanger. Species Res. 31: 259–270. doi: 10.3354/esr00768.
- Watt, C.A., Orr, J., et Ferguson, S.H. 2017. Spatial distribution of narwhal (*Monodon monoceros*) diving for Canadian populations helps identify important seasonal foraging areas. Can. J. Zool. 95: 41–50. doi: 10.1139/cjz-2016-0178.
- Waugh, D., Pearce, T, Ostertag, S.K., Pokiak, V., Collings, P., et Loseto, L. 2018. Inuvialuit traditional ecological knowledge of beluga whale (*Delphinapterus leucas*) under changing climatic conditions in Tuktoyaktuk, NT. Arctic Science 4: 242–258. doi: 10.1139/as-2017-0034.
- Westdal, K.H., Davies, J., MacPherson, A., Orr, J., et Ferguson, S.H. 2016a. Behavioural changes in belugas (*Delphinapterus leucas*) during a killer whale (*Orcinus orca*) attack in Southwest Hudson Bay. Can. Field-Nat. 130: 315–319. doi: 10.22621/cfn.v130i4.1925.
- Westdal, K.H., Higdon, J.W., et Ferguson, S.H. 2016b. Review of killer whales (*Orcinus orca*) ice entrapments and ice-related mortality events in the northern hemisphere. Polar Biol. 40: 1467–1473. doi: 10.1007/s00300-016-2019-6.

- White, G. 2006. Cultures in collision: Traditional knowledge and Euro-Canadian governance processes in native land-claim boards. Arctic 59: 401–414. doi: 10.14430/arctic289.
- Worden, E. 2018. "Everything is changing so much": Community Perspectives on the Declining Beluga Whale Harvest in Aklavik, NT. Thesis (M.Sc.) University of Manitoba, Winnipeg, MB. viii + 188 p. Accessible sur le site https://mspace.lib.umanitoba.ca/xmlui/handle/1993/33654 [consulté le 13 février 2019].
- Yoon, S., Watanabe, E., Hiromichi, U., et Kishi, M.J. 2015. Potential habitat for chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in the Western Arctic based on a bioenergetics model coupled with a three-dimensional lower trophic ecosystem model. Prog. Oceanogr. 131: 146–158. doi: 10.1016/j.pocean.2014.12.009.
- Young, B.G., Higdon, J.W., et Ferguson, S.H. 2011. Killer whale (*Orcinus orca*) photo-identification in the eastern Canadian Arctic. Polar Res. 30: 7203. doi: 10.3402/polar.v30i0.7203.
- Yurkowski, D.J., Auger-Méthé, M., Mallory, M.L., Wong, S.N.P., Gilchrist, G., Derocher, A.E., Richardson, E., Lunn, N.J., Hussey, N.E., Marcoux, M., Togunov, R.R., Fisk, A.T., Harwood, L.A., Dietz, R., Rosing-Asvid, A., Born, E.W., Mosbech, A., Fort, J., Grémillet, D., Loseto, L., Richard, P.R., Iacozza, J., Jean-Gagnon, F., Brown, T.M., Westdal, K.H., Orr, J., LeBlanc, B., Hedges, K.J., Treble, M.A., Kessel, S.T., Blanchfield, P.J., Davis, S., Maftei, M., Spencer, N., McFarlane-Tranquilla, L., Montevecchi, W.A., Bartzen, B., Dickson, L., eterson, C., et Ferguson, S.H. 2019. Abundance and species diversity hotspots of tracked marine predators across the North American Arctic. Divers. Distrib. 25: 328–345. doi: 10.1111/ddi.12860.