

ÉTABLIR DES CONDITIONS LIMNOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE À BAKER LAKE, AU NUNAVUT



Neil Hutchinson^{1*}, Kris R. Hadley¹, Richard Nesbitt¹, et Luis Manzo²

¹ Hutchinson Environmental Sciences Ltd., Bracebridge, Ontario, Canada

² Association inuite du Kivalliq, Rankin Inlet, Nunavut, Canada

* neil.hutchinson@environmentalsciences.ca

Résumé

Le gouvernement du Canada et l'Association inuite du Kivalliq ont lancé le Programme de surveillance des effets cumulatifs dans le bassin hydrographique de Baker Lake, ou « Inuu'tuti », afin de documenter les réactions aux multiples facteurs de stress dans le bassin hydrographique de Baker Lake en utilisant la science occidentale et l'Inuit Qaujimagatuqangit. Baker Lake n'a fait l'objet d'aucune étude limnologique systématique au-delà d'une série de profils documentant les eaux salines en profondeur en 1965. Une série de relevés limnologiques (août 2015, eaux libres; mai 2016, fin de l'hiver; août 2017, eaux libres) comprenait des profils de profondeur des paramètres de terrain, des analyses chimiques en laboratoire utilisant des limites de détection modernes et la formation de la communauté d'algues à six endroits à Baker Lake. Le mélange des marées salines de l'inlet Chesterfield avec les eaux de surface a confirmé les observations inuites d'un goût salé dans l'eau potable, tandis que la présence d'algues chrysophytes peut expliquer les observations inuites de goût de poisson épisodique dans les eaux du lac Baker. Les résultats confirment ceux de l'étude de 1965 et fournissent une base de référence améliorée pour les évaluations futures.

Citation suggérée :

Hutchinson, N.J., Hadley, K.R., Nesbitt, R.A. et Manzo, L. 2018. « Établir des conditions limnologiques de référence à Baker Lake, au Nunavut », *Savoir polaire : Aqhaliat* 2018, *Savoir polaire Canada*, p. 78-83. Identificateur d'objet numérique : 10.35298/pkc.2018.26

Introduction

Les changements climatiques et l'industrie en développement ont le potentiel de modifier considérablement les milieux aquatiques au Nunavut. À l'heure actuelle, les programmes de surveillance locaux mis en œuvre par différentes parties prenantes ne sont pas normalisés, et les données ne sont ni interprétées ni présentées de façon régulière. Cela constitue une lacune dans l'information de base sur les eaux douces, limitant ainsi la capacité des collectivités, de l'industrie et des organismes de réglementation de gérer efficacement les ressources aquatiques au Nunavut. Par conséquent, la Kivalliq Inuit Association (KIA) et le Plan de surveillance générale du Nunavut ont lancé un programme visant à développer et à mettre en œuvre un cadre de surveillance des effets cumulatifs dans le milieu aquatique du bassin du lac Baker (programme qui a par la suite été appelé Inuu'tuti) afin de tenir compte du réchauffement climatique documenté (Medeiros et coll., 2012), des mines établies et proposées, ainsi que de l'augmentation de la population.

Le lac Baker est alimenté par trois grands réseaux fluviaux (Thelon, Kazan et Dubawnt), qui à leur tour alimentent une grande partie du centre de l'Arctique. Bien que le bassin hydrographique soit vaste (1877 km²), important sur le

plan culturel pour les Nunavummiut et important pour le programme Inuu'Tuti, les données disponibles pour en caractériser la limnologie sont limitées. Johnson (1965) a recueilli un profil unique d'ions majeurs en avril 1964 près de l'île Christopher et a constaté une augmentation marquée de la salinité sous la profondeur de 20 m (fig. 1). Trois mécanismes possibles ont été suggérés; toutefois, la cause la plus probable semble être les incursions d'eau de mer diluée de la baie d'Hudson (Johnson, 1965). L'Inuit Qaujimagatuqangit (IQ) a documenté un goût salé occasionnel dans les eaux de surface près du hameau de Baker Lake qui coïncidait avec une pleine lune et un faible débit de la rivière dans le lac (HESL 2017; David Owingayak : communication personnelle), suggérant que les incursions salines peuvent être associées à l'influence des marées. L'analyse des diatomées fossiles et des chironomes provenant des carottes de sédiments de lac Baker a révélé une augmentation de 2 °C de la température de l'eau au cours des 50 dernières années. Ces renseignements ont été corroborés par des données instrumentales sur la même période, montrant que le lac a réagi au réchauffement climatique (Medeiros et coll. 2012).

Un programme de surveillance exhaustif a donc été entrepris pour (a) établir une base de référence de la qualité de l'eau à lac Baker à des fins de comparaison avec les changements futurs et (b) étudier la dynamique de la salinité dans le lac, dans le cadre du programme de surveillance continu Inuu'Tuti.

Méthodes

Des membres du personnel de Hutchinson Environmental Sciences Ltd. (HESL) et de la KIA ont supervisé sept sites (fig. 1) à Baker Lake lors de deux événements en eaux libres (août 2015 et août 2017) et d'un événement sous la glace (mai 2016), dont quatre sites étaient en eaux profondes (Baker 1, 2, 3, 4), un site était côtier au hameau d'eau potable de lac Baker (Baker 6), et les autres sites se trouvaient aux embouchures des sites Thelon River (Baker 5) et Kazan River (Baker 7). Des profils de la température de l'eau, de l'oxygène dissous (OD), de la conductivité et du pH ont été mesurés à des intervalles de 1 m de profondeur entre la surface et le fond du lac aux sept emplacements à l'aide d'une sonde YSI 6920 MP. Des échantillons ont été prélevés à 0,5 m de la surface et à 1 m du fond à Baker 1, 2, 3, 4, 6 et à 0,5 m à Baker 5 et 7. Les analyses en laboratoire comprenaient des ions majeurs, des éléments nutritifs et des métaux traces pour caractériser la chimie des lacs; le cyanure comme paramètre d'intérêt pour l'exploitation de l'or dans le bassin; une sélection de radionucléides en tenant compte du potentiel d'extraction

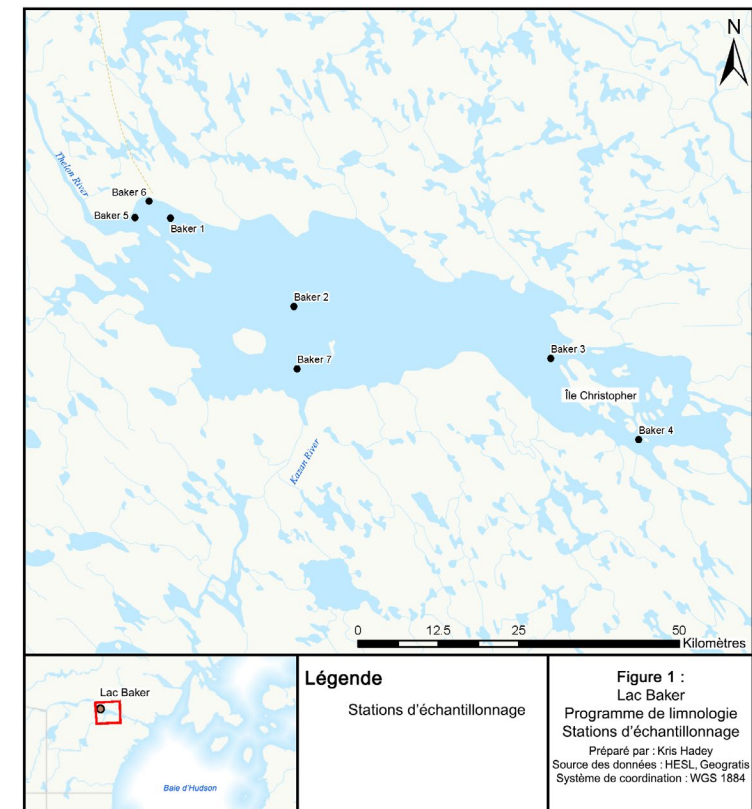


Figure 1 : Stations d'échantillonnage du programme de limnologie de lac Baker.

d'uranium (Baker 2 seulement, 0,5 m); et la taxonomie de la chlorophylle a et du phytoplancton pour caractériser les algues et la productivité des lacs (0,5 m). Les échantillons ont été entreposés dans des glacières contenant des blocs réfrigérants immédiatement après l'échantillonnage et expédiés aux laboratoires ALS à Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest) pour analyse. Des échantillons de phytoplancton ont été envoyés par ALS de Yellowknife à ALS de Winnipeg pour une analyse taxonomique du genre ou de l'espèce.

Résultats et discussion

Résumé triennal de la qualité de l'eau de référence

Les températures moyennes à la surface de 9 °C à 11 °C en août à lac Baker correspondaient à la valeur de 10,5 °C enregistrée par Medeiros et coll. (2012). Les profils de température en août dans la partie la plus profonde à l'extrémité est du lac Baker (Baker 3) correspondaient à une faible stratification thermique pendant le renversement automnal. Les profils d'OD présentaient des concentrations de 10,1 à 15,9 mg/L, selon la profondeur, la température de l'eau et la salinité (fig. 2).

Le lac Baker est clair (turbidité <1 UTN), composé d'eau

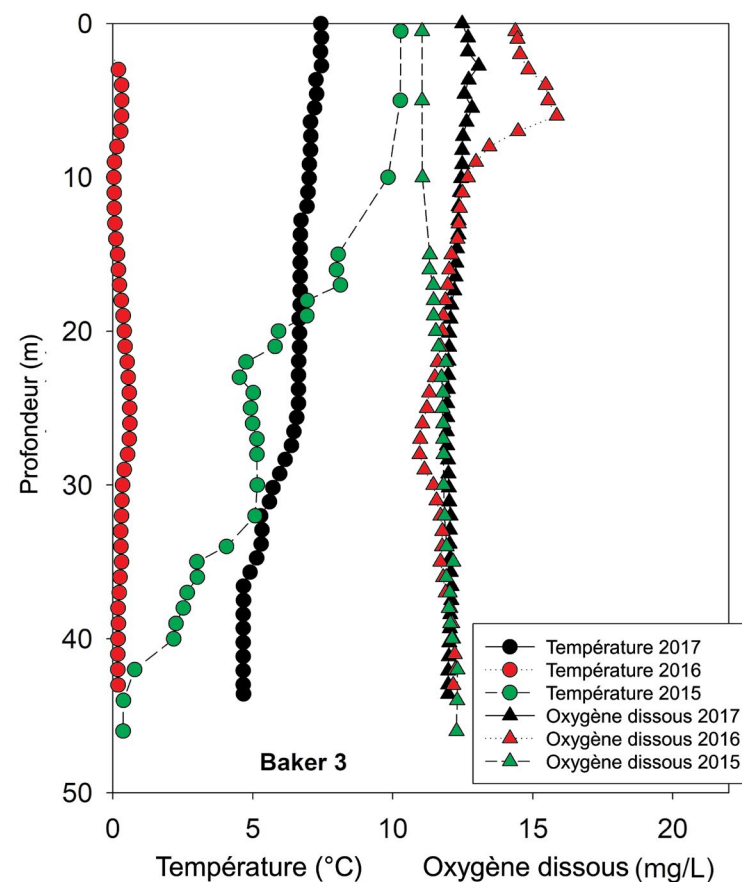


Figure 2 : Profils représentatifs de la température et de l'oxygène dissous à l'extrémité est de lac Baker en août 2015, mai 2016 et août 2017.

douce (conductivité <math><100 \mu\text{S}/\text{cm}</math>), a une faible alcalinité (8,7 à 14,7 mg/L de CaCO_3) et est pauvre en éléments nutritifs et faible en productivité. Les concentrations totales de phosphore étaient en moyenne de 4,8 $\mu\text{g}/\text{L}$ - 1,4 $\mu\text{g}/\text{L}$ dans les échantillons d'eau de surface et de fond, sans différences spatiales marquées dans le lac, et les concentrations d'orthophosphate étaient égales ou inférieures à la détection (<math><1 \mu\text{g}/\text{L}</math>) à tous les sites. Les concentrations d'azote étaient systématiquement faibles, avec des concentrations proches ou inférieures à la détection dans la majorité des échantillons pour l'ammoniac total (<math><0,01 \text{ mg}/\text{L}</math>), le nitrate (<math><0,06 \text{ mg}/\text{L}</math>) et l'azote Kjeldahl total (<math><0,4</math>). Les concentrations de chlorophylle a (chl a) étaient en moyenne de 0,85 \pm 0,55 $\mu\text{g}/\text{L}$, ce qui correspond aux conditions oligotrophes (faible en nutriments et faible productivité primaire) (c.-à-d. chl a <math><2,6 \mu\text{g}/\text{L}</math>, Carlson et Simpson 1996).

Les concentrations de métaux étaient faibles et représentatives des eaux diluées de l'Arctique. Des échantillons d'eau ont été analysés pour une série de 38 métaux, dont 19 ont été détectés et aucun n'a dépassé les recommandations pour la qualité de l'eau potable (Santé

Canada, 2014) ou pour la protection de la vie aquatique en eau douce (CCME, 1999). Les concentrations de sodium dans les échantillons de fond de Baker 3 et de Baker 4 ont dépassé l'objectif esthétique de qualité de l'eau de 200 mg/L en 2015, ce qui concorde avec la présence d'eaux marines salines et la détermination par l'IQ de problèmes de goût de l'eau pendant la saison des eaux libres (HESL, 2017; Tuupik Iyago : communication personnelle).

La communauté algale était dominée par les petites algues dorées (chrysophytes), qui représentaient de 37 % à 84 % des espèces dénombrées dans tous les sites et pour toutes les saisons d'échantillonnage (fig. 3). Les chrysophytes sont des concurrents efficaces dans des conditions difficiles comme de faibles nutriments, des températures basses et des climats imprévisibles, conditions courantes dans l'Arctique canadien (Wilkinson et coll. 1996). Certaines

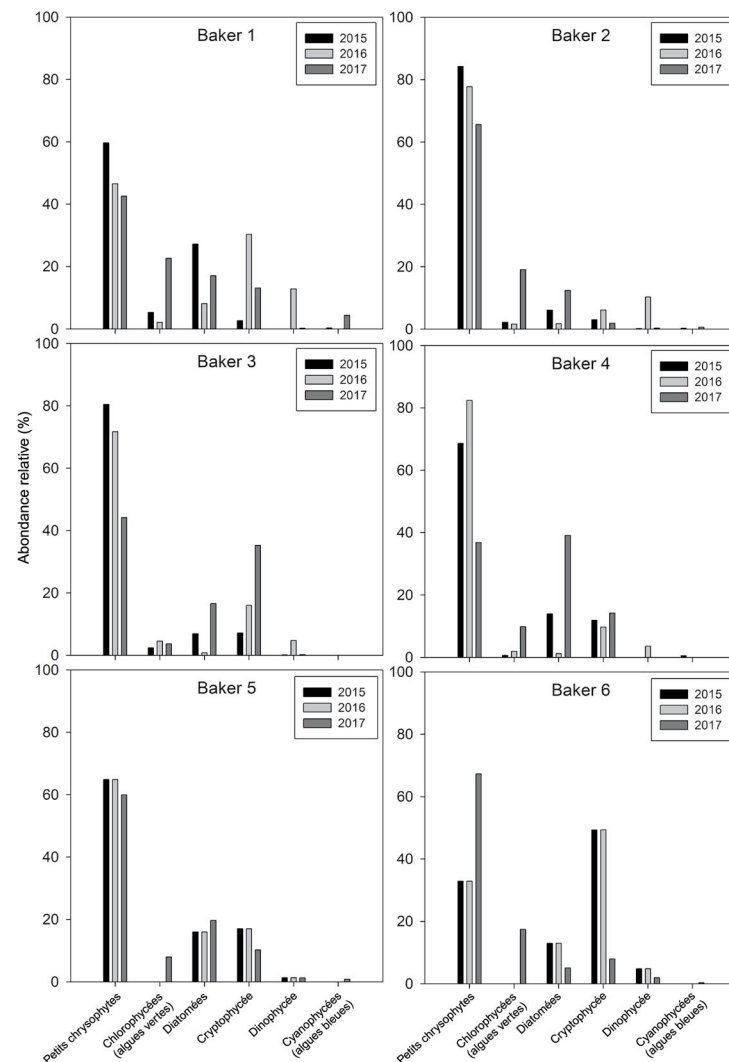


Figure 3 : Composition de la communauté phytoplanctonique à lac Baker en août 2015, mai 2016 et août 2017.

espèces de chrysophytes, en particulier la *Synura petersenii* et l'*Uroglena Americana*, ont été liées à des problèmes de goût et d'odeur (Nicholls, 1995; Watson et coll. 2001), ce qui peut expliquer la présence d'un goût et d'une odeur de poisson dans l'eau de surface, observée par les membres de la collectivité de Baker Lake.

Les diatomées planctoniques *Asterionella* et *Cyclotella* sont d'autres genres notables de phytoplancton qui ont contribué de façon significative (>5 %) aux assemblages de lac Baker. L'*Asterionella formosa* est l'une des diatomées planctoniques les plus courantes dans les lacs de l'hémisphère nord et a été identifiée à lac Baker au cours des deux relevés effectués en août. La présence d'*A. formosa* peut également refléter une stratification améliorée, une période plus longue sans glace et une saison de croissance plus longue en raison du réchauffement climatique, sans égard à l'état trophique (Hadley et coll. 2013; Solovieva et coll. 2008). Aucune espèce d'*Asterionella* n'a été signalée au cours des études limnologiques antérieures sur le lac Baker, ce qui donne à penser que ce changement pourrait s'être produit récemment (Medeiros et coll. 2012). Comme l'*Asterionella*, les espèces de *Cyclotella* sont des algues planctoniques courantes dans les lacs stratifiés à faible teneur en nutriments. Des cyanobactéries ont été décelées dans la majorité des sites du lac Baker, mais elles étaient très rares (2 à 19 cellules/mL).

Incursion saline à lac Baker

Les profils de conductivité (fig. 4) et les concentrations enrichies de chlorure et d'autres ions majeurs en profondeur ont indiqué des influences des eaux marines dans le lac Baker. L'influence marine était la plus prononcée dans les échantillons d'eau profonde à Baker 1, 2, 3, 4, et il n'y avait pas de gradient de profondeur près de la rivière Thelon (Baker 5, 6). Ces données montrent que la couche d'eau de mer décrite par Johnson (1965) est répandue et qu'elle n'est pas localisée dans le bassin le plus profond du lac ni dans la partie est du lac près du point de rejet vers Chesterfield Inlet. La conductivité était plus faible sous la couverture de glace en 2016 qu'en eau libre en 2015 et en 2017, ce qui concorde avec l'IQ selon lequel les problèmes de goût salin de l'eau près du lac Baker étaient plus fréquents pendant l'été (HESL, 2017; Tuupik Iyago : communication personnelle). Les valeurs de conductivité en profondeur étaient uniformes et faibles à l'été 2017, variant de moins de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

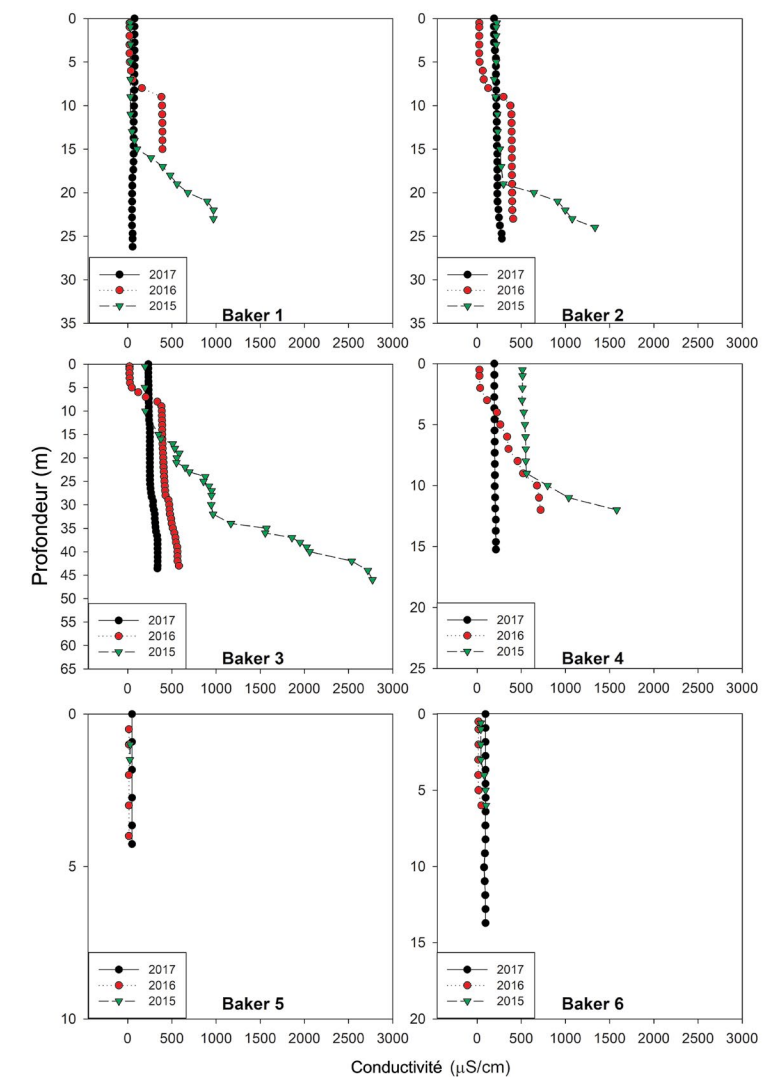


Figure 4 : Profils de conductivité à lac Baker en août 2015, mai 2016 et août 2017.

Source d'eau salée

Johnson (1965) a soulevé trois explications de l'incursion de l'eau de mer dans le lac Baker : (1) il s'agit d'eau de mer ancienne emprisonnée pendant un rebond isostatique après un retrait glaciaire; (2) il s'agit d'eau de mer qui s'infiltre dans le seuil à la sortie du lac; ou (3) en raison de l'incursion d'eau de mer au-dessus du seuil de la sortie, entraînée par les marées et l'activité des tempêtes.

Le mélange de l'eau de mer dans la colonne d'eau (Johnson, 1965) et les changements observés au fil du temps dans le cadre de notre programme de surveillance de trois ans montrent que la salinité n'a pas été isolée dans les eaux de fond du lac Baker et que le degré de salinité a changé au fil du temps. L'origine ancienne de l'eau de mer n'est donc pas probable, car les eaux de fond auraient été appauvries en eau salée en se mélangeant au fil du temps, si les eaux

marines anciennes restantes étaient la seule source de salinité.

Johnson (1965) a laissé entendre que l'infiltration souterraine d'eau de mer était une source improbable en raison de la présence de pergélisol comme barrière à l'incursion saline. Toutefois, la présence des grandes masses d'eau du lac Baker et de Chesterfield Inlet a probablement formé un talik, qui serait perméable à l'infiltration, mais le gradient hydraulique se produirait du lac Baker (18 m au-dessus du niveau de la mer) au Chesterfield Inlet (11 m au-dessus du niveau de la mer), et ce gradient empêche l'infiltration de Chesterfield Inlet par un talik.

La nature dynamique de la salinité observée à lac Baker donne à penser que la source la plus probable d'eau salée est l'incursion périodique au-dessus du seuil qui sépare le lac de Chesterfield Inlet. Chesterfield Inlet a des courants de marée plus forts, des amplitudes de marée plus élevées et plus de mélange qu'ailleurs dans la baie d'Hudson (Dohler, 1968; Budgell, 1976, 1982), et les marées pourraient donc contribuer à l'eau salée du lac Baker (Stewart et Lockhart, 2005). Les observations de l'IQ concernant l'eau au goût salée associé aux cycles lunaires et aux faibles débits fluviaux suggèrent également que l'influence des marées est un facteur important de l'apport d'eau de mer dans le lac Baker.

La dynamique de la salinité au lac Baker a varié entre les relevés en eau libre d'août 2015 à août 2017 et le relevé sous la glace de mai 2016. Un important rinçage du lac aurait eu lieu entre les échantillonnages de 2015 et de 2017 à la suite des crues de 2016 et de 2017. La fonte des neiges représente la même quantité de ruissellement pendant la période de crue de deux semaines que pendant les sept à huit mois de précipitation, ce qui entraîne des débits de pointe saisonniers spectaculaires dans les systèmes des rivières Thelon, Kazan et Quoich (Budgell, 1976), et aurait pour effet de vidanger le lac et d'empêcher les eaux salines de s'accumuler d'une année à l'autre. La baisse des niveaux d'eau en été à lac Baker augmenterait l'influence des apports de marées. L'amortissement des marées par la glace limiterait l'entrée d'eau de mer de Chesterfield Inlet en hiver (NOAA, 2011; Georgas, 2011), et une réduction du mélange des vents sous la glace limiterait l'étendue de toute intrusion saline. L'expression de l'influence marine dans le lac Baker est donc une dynamique complexe entre les niveaux d'eau dans le lac, l'influence des marées de Chesterfield Inlet, le mélange des vents, les apports d'eau douce dans le lac Baker et la couverture de glace sur le lac et Chesterfield Inlet.

Conclusions

La qualité de l'eau de surface du lac Baker indiquait une faible teneur en éléments nutritifs, une faible alcalinité et une eau douce dans le lac Arctique. Le lac a été faiblement stratifié pendant l'échantillonnage du mois d'août et bien oxygéné, indiquant des concentrations d'oxygène dissous supérieures à 10 mg/L à tous les sites et à toutes les profondeurs. Tous les paramètres et indicateurs de la qualité de l'eau étaient conformes aux lignes directrices fédérales pour la protection de la vie aquatique en eau douce, à l'exception du chlorure et du sodium dans les eaux de fond associés aux incursions dans l'eau de mer. L'assemblage phytoplanctonique à lac Baker était dominé par les algues chrysophytes, dont certaines espèces peuvent produire des composés qui créent des problèmes de goût et d'odeur (c.-à-d. odeur de poisson). Certains membres de la collectivité ont signalé une odeur et un goût de poisson (HESL, 2017), ce qui laisse entendre que les espèces responsables du goût et des odeurs peuvent être présentes à des concentrations suffisamment élevées pour créer un problème de goût à lac Baker.

L'eau salée en profondeur dans le lac Baker, comme l'a observé Johnson (1965), était la plus prononcée pendant la période des eaux libres en 2015 et était moins prononcée sous la glace à l'hiver 2016 et à l'été 2017. Les incursions salines périodiques des eaux marines de Chesterfield Inlet en réaction aux cycles de marée, aux vents et aux niveaux d'eau relatifs, ainsi que les changements de la couverture de glace et le mélange des eaux du lac Baker causé par la crue, créent un environnement dynamique de salinité dans le lac Baker.

Remerciements

Nous aimerions remercier Savoir polaire Canada et le Plan général de surveillance du Nunavut pour leur financement, ainsi que Jeff Hart de la KIA à lac Baker pour son aide en matière de logistique et de programme d'échantillonnage. Des tableaux de données et des figures détaillées ont été omises de ce manuscrit en raison de contraintes d'espace, mais des rapports techniques complets et des résumés peuvent être obtenus auprès de la KIA ou de Hutchinson Environmental Sciences Ltd.

Références

Bengtsson, L. 1996. Mixing in ice-covered lakes. *Hydrobiologia* 322: 91–97.

Budgell, W.P. 1976. Tidal propagation in Chesterfield Inlet, NWT. Fisheries and Environment Canada, Canada Centre for Inland Waters. Manuscript Report Series No. 3: xiv + 99 pp.

Budgell, W.P. 1982. Spring-neap variation in the vertical stratification of Chesterfield Inlet, Hudson Bay. *Naturaliste Canadien* 109:709–718.

Canadian Council of Ministers of the Environment. 2003. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life.

Dohler, G.C. 1968. Tides and currents. In *Science, history, and Hudson Bay*, vol. 2, Beals, C.S. and Shenstone, D.A. (eds.), Department of Energy, Mines, and Resources, Ottawa. pp. 824–837.

Georgas, N. 2011. Large seasonal modulation of tides due to ice-cover friction in a midlatitude estuary. *Journal of Physical Oceanography* 42:352–369.

Hadley, K.R., Paterson, A.M., Hall, R.I., and Smol, J.P. 2013. Effects of multiple stressors on lakes in south-central Ontario: 15 years of change in lakewater chemistry and sedimentary diatom assemblages. *Aquatic Sciences* 75 (3):349–360.

Health Canada. 2014. Guidelines for Canadian drinking water quality summary table. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa.

Holm, N.P. and Armstrong, D.E. 1981. Role of nutrient limitation and competition in controlling the populations of *Asterionella formosa* and *Microcystis aeruginosa* in semi-continuous culture. *Limnology and Oceanography* 26:622–634.

Hutchinson Environmental Sciences Ltd. (HESL). 2017. One Voice Year 2. Prepared for the Kivalliq Inuit Association.

Johnson, L. 1965. The salinity of Baker Lake, NWT, Canada. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 22:239–241.

Medeiros, A.S., Friel, C.E., Finkelstein, S.A., and Quinlan, R. 2012. A high-resolution multi-proxy record of pronounced recent environmental change at Baker Lake, Nunavut. *Journal of Paleolimnology* 47 (4):661–676.

National Oceanic and Atmospheric Administration. 2011. Tides under the ice: Measuring water levels at Barrow, Alaska, 2008–2010. NOAA Technical Report NOS CO-OPS 062.

Nicholls, K.H. 1995. Chrysophyte blooms in the plankton and neuston of marine and freshwater systems. In *Chrysophyte algae: Ecology, phylogeny, and development*, Sandgren, C.D., Smol, J.P., and Kristiansen, J. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge. pp. 181–213.

Solovieva, N., Jones, V., Birks, J.H., Appleby, P., and Nazarova, L. 2008. Diatom responses to 20th century climate warming in lakes from the northern Urals, Russia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 259 (2–3):96–106.

Stewart, D.B. and Lockhart, W.L. 2005. An overview of the Hudson Bay marine ecosystem. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences. 2586: vi + 487 pp.

Watson, S.B., Satchwill, T., Dixon, E., and McCauley, E. 2001. Under-ice blooms and source-water odour in a nutrient-poor reservoir: Biological, ecological, and applied perspectives. *Freshwater Biology* 46:1–15.

Wilkinson, A.N., Zeeb, B.A., Smol, J.P., and Douglas, M.S.V. 1996. Chrysophyte stomatocyst assemblages associated with periphytic High Arctic pond environments. *Nordic Journal of Botany* 16:95–112.

Zeeb, B.A. and Smol, J.P. 2001. Chrysophyte scales and cysts In *Tracking environmental change using lake sediments*, vol. 3, Terrestrial, algal, and siliceous indicators, Smol, J.P., Birks, H.J.B., and Last, W.M. (eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.