

LA GLACE DU LAC DELAGE (QUÉBEC) DE 1988 À 2015

HUFTY, A. ⁽¹⁾

(1) Professeur retraité, 3021, rue de Valmont, Québec (QC), G1W 2C2, Canada, [andre.hufty@ggr.ulaval.ca]

Résumé – Les glaces du lac Delage (Québec) ont été observées et simulées pendant 16 ans. Le calcul des épaisseurs des deux types de glace est correct mais l'observation et la prévision des dates de l'englacement sont difficiles à cause de l'irrégularité du temps. On n'observe pas de tendance significative avec ces années mais une grande variabilité qui influence toutes les données qu'il s'agisse des épaisseurs respectives des glaces blanches et noires, de la durée de l'hiver ou de la phénologie glacielle.

Mots-clés : glace de lac, phénologie glacielle, épaisseur, glace blanche, glace noire.

Abstract – *The lake ice of lake Delage (Quebec) from 1988 to 2015.* The study used a daily step conceptual model to simulate the black and the white lake-ices and compare them with observations during 16 years in Quebec-City. The one-dimensional model fits well the measurements although caution is needed to forecast the freeze-up and freeze-off dates. Lake-ice has been shown to be more sensitive to annual climatic variability than to a long-term trend.

Keywords : lake ice, ice phenology, ice thickness, black ice, white ice.

Introduction

Le lac Delage est situé à 25 kilomètres au nord de la ville de Québec. C'est un petit lac d'environ 0,5 km², profond de 25 m au centre, à 160 m d'altitude, alimenté par quatre affluents principaux.

Les études sur la glace de lac prennent de plus en plus d'importance pour la modélisation climatique à cause de leur double rôle : d'indicateur de changement et de composante régionale dans la cryosphère. Nous avons observé et modélisé les couches de glace du lac Delage de 1988 à 2015, soit pendant les 16 hivers dont nous donnons les résultats.

1. L'englacement du lac ou l'engel

Les signes avant-coureurs sont bien illustrés, par la figure 1, trois semaines avant l'engel, des froids de -5 °C gèlent les étendues d'eau peu profondes; suivent pluies et neiges puis une chute thermique brutale.

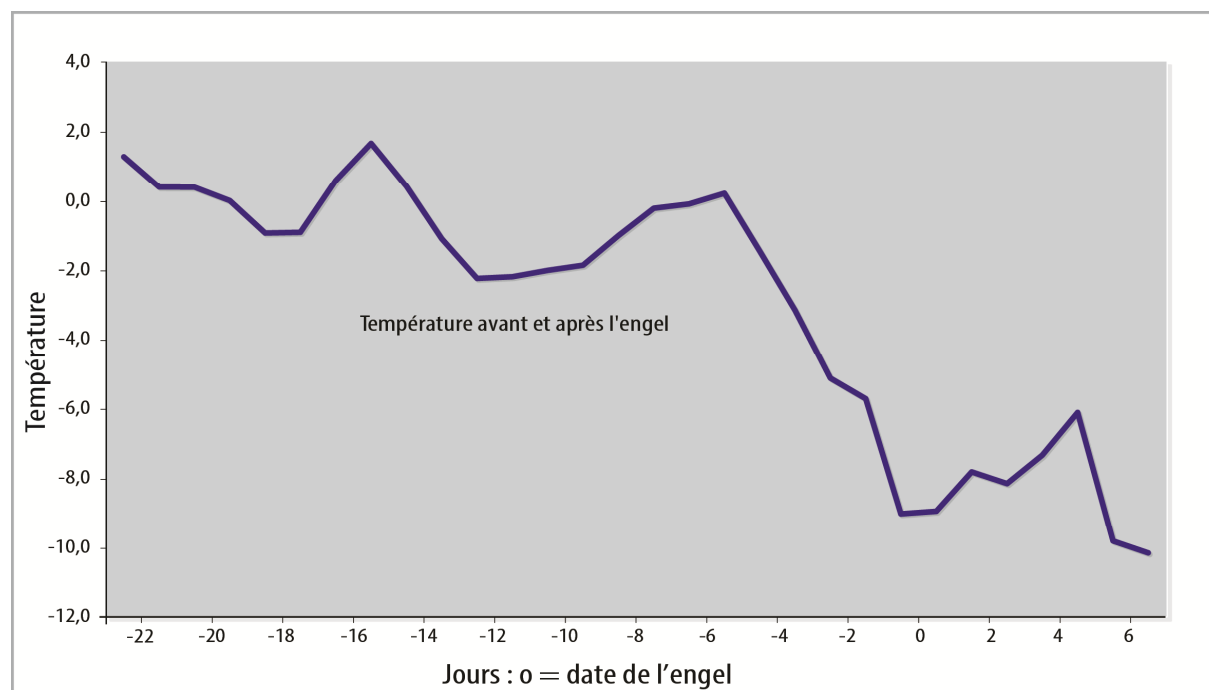


Figure 1. Température moyenne avant l'engel, 0 = 7 décembre (± 7 jours), -2 = 5 décembre...

Il n'y a pas de tendance statistiquement significative mais une succession (figure 2) d'engels tardifs, du 10 au 20 décembre (1998 à 2001, 2012), et hâtifs (2002 à 2008, 2015). Les seules corrélations qui apparaissent avec les températures estivales montrent qu'un mois de juin chaud, qui fait probablement augmenter la température de lac avant la forte évaporation du reste de l'été, favorise un engel tardif. Rien de significatif n'apparaît avec les températures journalières qui le précèdent sauf une faible corrélation avec la somme des degrés-jours négatifs. Le calcul du réchauffement de la masse d'eau lacustre permettrait une meilleure prévision (Bélanger, 2013).

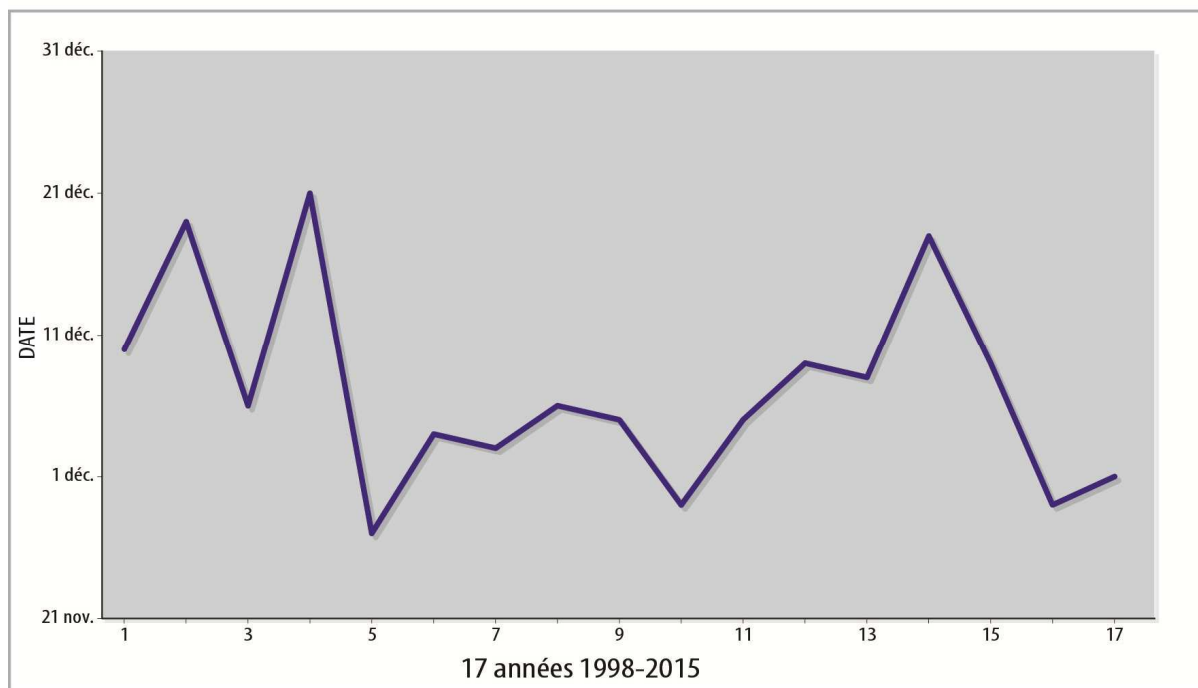


Figure 2. Années et dates de l'englacement, 1 = 1998, 2=1999, ...

2. Le cœur de l'hiver

Nous avons mesuré près d'une centaine de profils de glace et la comparaison avec le programme montre que ce dernier donne des bons résultats.

Vue de loin et par le biais de l'analogie mathématique, la vie hivernale d'un lac peut sembler monotone mais toute autre est la vie journalière qui reflète la grande variabilité des types de temps, principalement une alternance quasi hebdomadaire de dépressions chaudes et d'air arctique glacial. De nombreux phénomènes sont mal prévus (vent, verglas, fortes pluies, conductivité de la bouillie...).

Les statistiques sur cette période ne laissent voir aucune tendance chronologique. Les études récentes se sont intéressées à l'influence des téléconnexions ENSO, NAO... qui causent une bonne part des variations climatiques (George, 2007). Un résultat attendu est la relation entre la durée de l'englacement, les neiges et les températures hivernales, qui fournissent un maigre indice de prévision en cas de réchauffement :

$$\text{Max (cm)} = 33,6 + 0,06 \text{ neige (cm)} - 2,6 t \text{ (t négative!)} \quad R^2 = 0,585 \quad d = 13 \text{ cas.}$$

Des analyses en composantes principales font ressortir la distinction entre les types de glaces : la glace noire va augmenter rapidement si un hiver froid et enneigé commence tôt et que janvier et février restent froids avec peu de neige; la glace blanche est bien corrélée aux neiges annuelles mais principalement à celles de fin de saison, de février à avril.

Deux exemples (tableau 1) : en 2003 et 2007, avec la Neige des mois, la Température bi-mensuelle, H celle de l'hiver, nH le total nival, DU la durée de la période glacielle et les épaisseurs de glace NOIres et BLAnches. En 2003, la glace noire une fois installée a augmenté rapidement; il y a peu de neige, janvier et février étaient froids (-13,3 °C) et la glace blanche est restée faible. En 2007, la forte épaisseur de neige a empêché la croissance de la glace noire et les fréquents épisodes de bouillie ont alimenté la glace blanche, notamment avec les fortes neiges de mars (152 cm).

Tableau 1. Deux années de composition glacielle différente

Année	Neige (cm)					Température (°C)				Durée (jours)	Glace (cm)		
	Var	DEC	JAN	FEV	MAR	nH	NOV DEC	JAN FEV	MAR AVR		H	DU	NOI
2003		113	41	59	41	284	-3	-13,3	-0,5	-5,5	147	50	19
2007		142	58	125	152	558	-4,8	-9,9	-1	-5,2	154	18	59

Enfin, pour une même quantité de neige tombée pendant une période, le rythme journalier nival influence beaucoup les épaisseurs de glace. Un seul exemple : avec la neige journalière réelle, le maximum glacielle calculé est 47 cm après un mois et avec de la neige chaque jour pour le même total, on a 38 cm; ce qui peut d'ailleurs expliquer la qualité médiocre des corrélations mensuelles qui oublient les rythmes.

Le maximum d'épaisseur de la glace tombe dans les deux dernières semaines de mars, entre le 2 mars et le 6 avril et le lac « cale » un bon mois plus tard; ce dégel arrive en moyenne le 27 avril (± 6 jours). Plus le maximum est tardif, plus il est rapide à cause de l'accroissement du rayonnement solaire et son effet sur la fonte, et de l'apport de chaleur par les affluents du lac.

Conclusion

Les statistiques montrent davantage une grande variabilité des dates de l'engel et du dégel, de l'épaisseur et des types de glaces que des tendances nettes : en bref, aucun réchauffement climatique semblable à celui de l'Arctique ne semble encore visible dans le centre du Québec pendant la période 1998-2014; cependant entre 1970 et 2010, la température a augmenté de 1,1°C.

Les propriétés thermiques, mécaniques et leur mode de formation justifient une distinction entre les types de glace et les modélisations lacustres devraient être davantage prise en compte dans les modèles de circulation globale (GCM et leur focalisation (Brown, 2010)); citons leurs effets sur l'albédo et ondes radar, les échanges thermiques eau-air qui tantôt favorisent l'évaporation et tantôt bloquent les flux à cause de la glace, les inerties saisonnières qui augmentent les températures automnales et les diminuent au printemps avec la fonte glaciaire moment pendant lequel se relâchent le méthane ou le CO₂ accumulés sous la glace hivernale, la conductivité de la bouillie...

Références bibliographiques

Bélanger C., Huard D., Gratton Y., Jong D. I., St-Hilaire A., Auclair J.-C., Laurion I., 2013 : Impacts des changements climatiques sur l'habitat des salmonidés dans les lacs nordiques du Québec. *Rapport Ouranos*, I.N.R.S. Québec, 267 p.

Brown L. C., Duguay C., 2010 : The Response and Role of Ice Cover in Lake Climate Interactions. *Progress in Physical Geography*, **34**(5), 671-704.

George D. G., 2007 : The Impact of The North Atlantic Oscillation on The Development of Ice on Lake Windermere. *Climatic Change*, **81**, 455-488.

Hufty A., 1999 : L'englacement hivernal du Lac Delage (Québec). *Publications AIC*, **12**, 352-358.

Martynov A., Sushama L., Laprise R., 2010 : Simulation of temperate freezing lakes by one-dimensional lake models: performance assessment for interactive coupling with regional climate models, *Boreal Environ. Res.*, **15**, 143-164.

Vavrus S. T., Wynne R. H., Foley J. A., 1996 : Measuring the sensitivity of southern Wisconsin lake ice to climatic variations and lake depth using a numerical model, *Limnol. Oceanogr.*, **4**(15), 822-831.

Wu L., Liu Z., 2005 : North Atlantic decadal variability, *Bull. Amer. Met. Soc.*, 15 January, 331-349.