

Capsule no. 20, décembre 2015

Changements climatiques en Arctique, aller au fond des lacs pour y voir plus clair! ^a

par François Lapointe ^b

L'Arctique en pleine mutation

L'Arctique a connu un réchauffement sans précédent au cours de la dernière décennie. Durant l'été, la glace de mer arctique agit comme un miroir en réfléchissant le rayonnement solaire vers l'espace, ce qui a un effet refroidissant important sur le climat. Or, l'étendue de la glace de mer a diminué de façon spectaculaire dans la dernière décennie (Figure 1), bien plus rapidement que les prédictions des modèles climatiques. La mer en remplaçant des espaces auparavant occupés par la glace emmagasine

davantage d'énergie solaire, ce qui accélère le réchauffement. Cette fragilité de l'environnement arctique mérite une attention particulière. Il est donc primordial de mieux comprendre les variations naturelles et anthropiques du climat afin de mieux prévoir le futur. Mais les données météorologiques ne sont mesurées en Arctique que depuis une cinquantaine d'années, ce qui limite notre compréhension du système climatique de cette région.

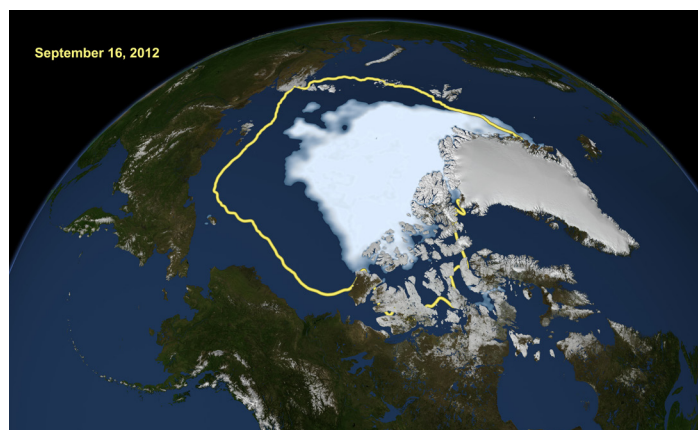


Figure 1: Étendue minimale de la glace de mer en 2012. La ligne jaune correspond à l'étendue minimale moyenne des 30 dernières années. Source : www.nasa.gov/topics/earth/features/2012-seaice.min.html

L'OMA et ses principaux effets sur le climat

L'Oscillation multidécennale de l'Atlantique (OMA) correspond à une variation de la température de surface de la mer observée dans le nord de l'océan Atlantique et qui dure en général plusieurs décennies, entre 40 et 80 ans. Lors des phases positives de l'OMA, les températures de surface de la mer enregistrées dans l'Atlantique Nord sont plus chaudes que la moyenne (anomalie positive) (Figure 2) et l'inverse se produit durant les phases négatives.

^a Cette capsule est disponible en ligne à l'adresse suivante : www.ete.inrs.ca/ete/publications#CapsulesINRSsciences

^b Étudiant au doctorat au Centre Eau Terre Environnement de l'INRS sous la direction du professeur Pierre Francus.
Contact : francois.lapointe@ete.inrs.ca

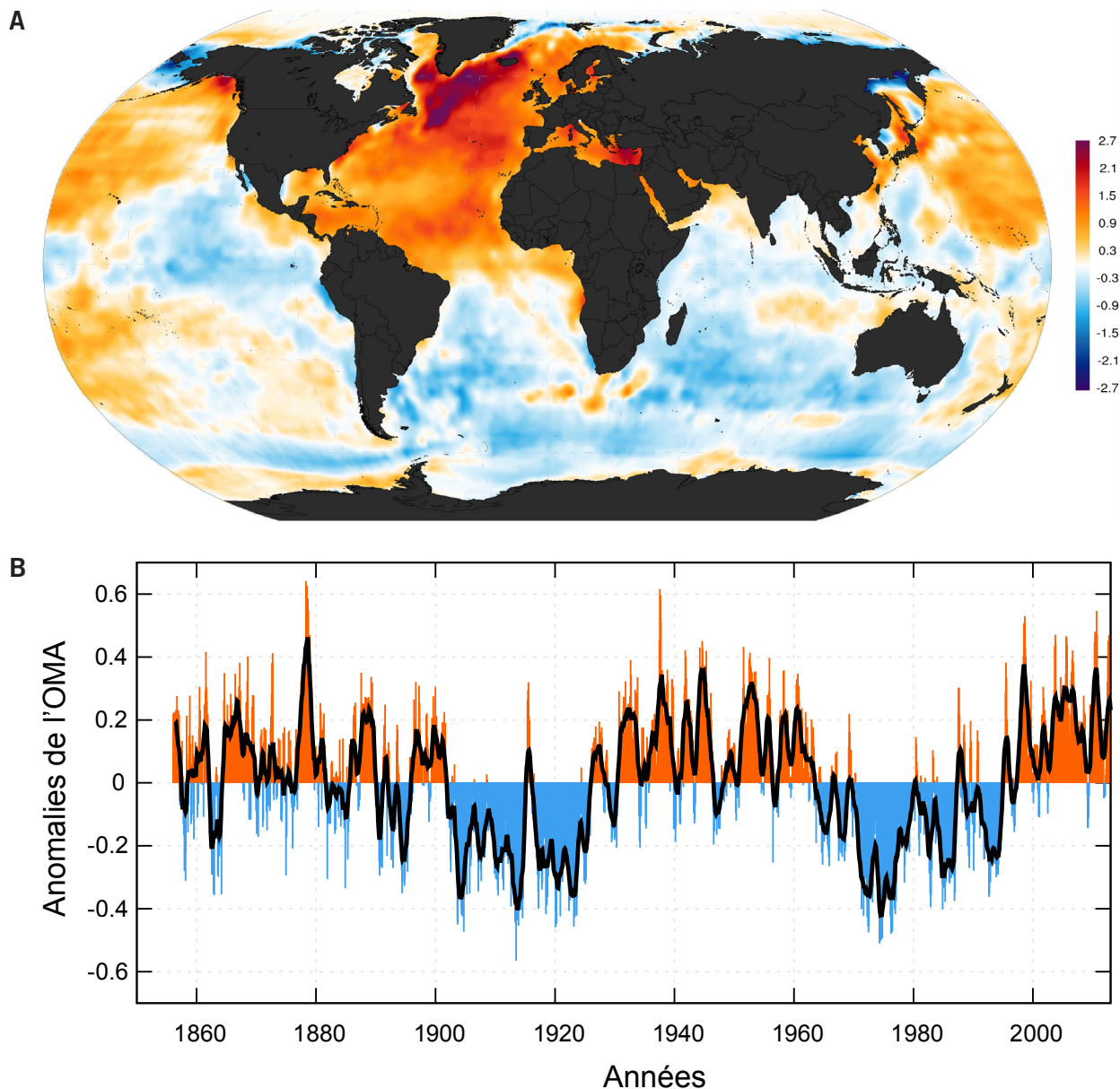


Figure 2 : A) Phase positive de l'Oscillation multidécennale de l'Atlantique (OMA). B) Valeurs mensuelles des anomalies de l'OMA donc des variations de la température de surface de la mer (1856-2013).
Source : https://en.wikipedia.org/wiki/Atlantic_multidecadal_oscillation

Une anomalie positive de l'OMA a plusieurs effets sur le climat de l'Amérique du Nord. Par exemple, des périodes d'intenses sécheresses ont été répertoriées dans le centre et le sud de l'Ouest américain, régions où les ressources en eau sont déjà déficitaires, ce qui constitue un enjeu important. Au contraire, dans l'Atlantique, les fortes anomalies positives ont pour effet

d'intensifier les ouragans qui deviennent alors plus sévères. Les répercussions de ce phénomène climatique ne sont pas bien définies pour l'Arctique puisque le registre des données météorologiques ne couvre pas plus de 50 ans. Néanmoins, la carte de corrélation entre l'OMA et le couvert neigeux montre qu'une bonne partie de l'île d'Ellesmere semble affectée (Figure 3).

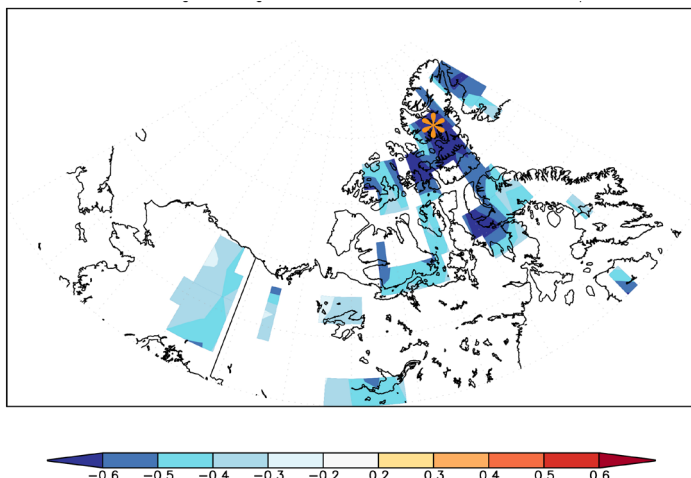


Figure 3: Corrélation entre l'Oscillation multidécennale de l'Atlantique (OMA) et le couvert neigeux (moyenne 1972-2009) dans l'Arctique canadien. L'astérisque orange indique notre site d'étude, le lac Sawtooth sur l'île d'Ellesmere. La corrélation entre l'OMA et la couverture de neige est négative dans l'ensemble de la région (l'intensité du bleu représentant la force de la corrélation).

Comment améliorer les connaissances du système climatique arctique?

Pour pallier le manque de données climatiques en Arctique, des indicateurs climatiques issus d'archives naturelles, telles que des carottes de glace et de sédiments de lacs peuvent être utilisés. Les sédiments sont déposés au fond des lacs en couches annuelles (que l'on appelle varves) en raison de la forte saisonnalité de l'Arctique. Pendant l'hiver, une épaisse couche de glace recouvre les lacs ce qui réduit la turbulence des eaux et permet le dépôt de fines particules argileuses, alors que l'été l'ensoleillement continu et la fonte du couvert de glace permettent le dépôt d'éléments plus grossiers. En effet, les températures estivales en région arctique dépassent généralement $\sim 3^{\circ}\text{C}$ faisant fondre la neige dont l'eau de ruissellement aboutit dans les lacs. L'absence d'oxygène au fond du lac restreint l'activité des microorganismes (allant jusqu'à la réduire à néant) favorisant ainsi la préservation des couches sédimentaires. Cette saisonnalité permet donc de retracer les événements hydroclimatiques à une résolution annuelle. Dans les bassins versants dépourvus

d'activité glaciaire, le couvert de neige est la source principale des apports sédimentaires. Notre site d'étude, le lac Sawtooth (Figures 3 et 4), constitue un bel exemple d'un bassin versant alimenté par des précipitations neigeuses.

Pour extraire les carottes sédimentaires du fond du lac Sawtooth, profond de 82 m, on utilise un carottier muni d'un système à poulie installé sur la glace (Figure 5). Cela permet de creuser plus profondément dans le sédiment grâce aux poids attachés au carottier. La poulie est d'abord tirée vers le bas, puis le carottier redescend par gravité permettant d'atteindre une plus grande profondeur dans le fond du lac. Au retour dans le sud, les carottes obtenues sont minutieusement analysées afin de reconstituer le climat du passé.



Figure 4 (haut): Lac Sawtooth, île d'Ellesmere, à la fin mai.
Figure 5 (bas) : Extraction des carottes de sédiments pour notre étude.

La figure 6 montre une carotte prélevée au lac Sawtooth. Les dépôts récents sont situés au sommet (près de la styromousse verte). Il est possible de compter les années (varves) en reculant dans le passé (du haut vers le bas).

Bien que peu utilisées dans le domaine de la sédimentologie, des mesures au tomodensitomètre (Figure 7) permettent d'obtenir une estimation de la densité sédimentaire avec une très haute résolution. Cet appareil effectue un balayage avec un faisceau de rayons X pour estimer la densité d'un échantillon grâce à l'atténuation du rayonnement par la matière. En plus de sa résolution élevée, l'autre grand avantage de cette technique est que l'échantillon analysé n'est pas altéré. Dans le cas des carottes varvées, cette technique permet d'obtenir des densités à une échelle annuelle (Figure 6).

Une influence de l'OMA à une latitude aussi élevée que la région d'Ellesmere?

Les données de densité annuelles ont été comparées aux données reconstituées de la température de la mer dans l'Atlantique depuis environ 500 ans. On y observe une corrélation négative entre les données annuelles de la densité des sédiments de notre site d'étude et l'Oscillation multidécennale de l'Atlantique (OMA) (Figure 8). Puisque le couvert neigeux est la principale source d'apport sédimentaire au lac Sawtooth, cette corrélation négative suggère un plus faible couvert de neige en période d'anomalie positive de l'OMA. Cette relation est corroborée par les données d'observation de l'OMA et

Figure 6: Carotte de 94 cm prélevée au fond du lac Sawtooth à une profondeur d'eau de 82 m. Les varves (couches annuelles de sédiments) ont été datées.

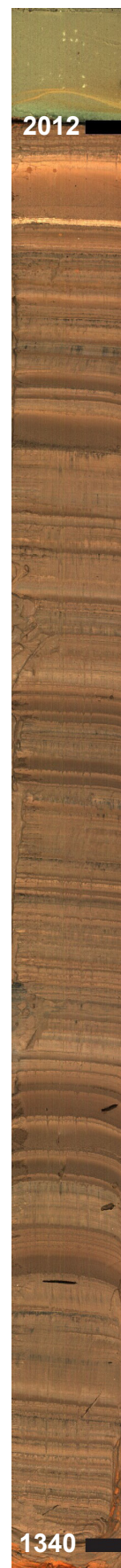
du couvert neigeux qui sont aussi fortement corrélées négativement (Figure 3). Ces résultats suggèrent que la densité des sédiments lacustres peut être utilisée comme un indicateur des conditions de précipitation dans cette région.

Quel futur pour le climat d'Ellesmere?

Actuellement, l'OMA est en phase positive. En supposant que la variabilité historique de l'OMA se poursuive, on s'attend à ce que ce mode positif atteigne un pic vers 2020. Selon les données présentées aux figures 3 et 8, cela signifierait moins de neige sur l'île d'Ellesmere. Par conséquent, le sol de la région serait exposé plus tôt au printemps aux rayons du soleil, favorisant un dégel plus profond du



Figure 7: Tomodensitomètre dans les laboratoires de l'INRS.



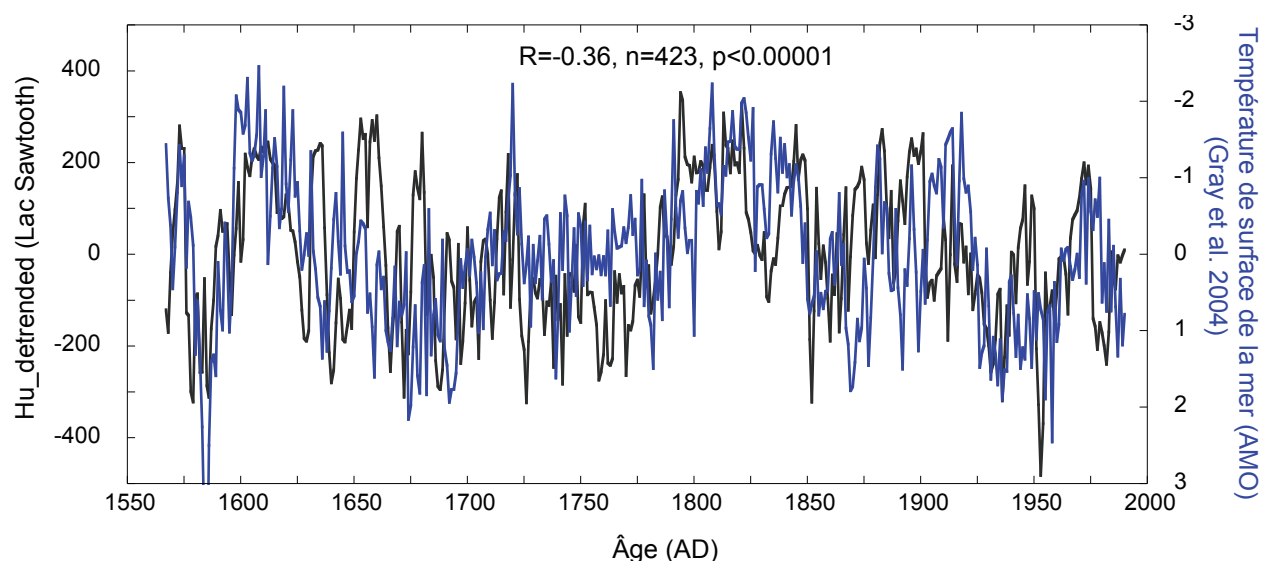


Figure 8: Corrélation négative entre l'Oscillation multidécennale de l'Atlantique (ligne bleue) et les données de densité (ligne noire) provenant de notre étude au lac Sawtooth.

pergélisol durant l'été. Combiné au réchauffement des températures de l'air observé, on pourrait s'attendre à ce que davantage de méthane, un puissant gaz à effet de serre emprisonné dans le pergélisol, soit relâché dans l'atmosphère. Cette boucle de rétroactions positives (fonte de la banquise arctique, diminution du couvert neigeux et relargage du méthane) devrait accélérer le réchauffement climatique dans les années à

venir. Toutefois, le système climatique étant fort complexe, il est nécessaire d'obtenir d'autres archives naturelles de haute résolution, comme celles du lac Sawtooth, afin de mieux définir l'influence spatiotemporelle des oscillations naturelles du climat. Nous serons ainsi en mesure de mieux évaluer les effets du réchauffement planétaire en prenant en compte la variabilité naturelle du climat.

Pour en savoir plus...

Système de carottage (en anglais) : www.uwitec.at/html/corer.html

Tomodensitométrie à l'INRS : ctscan.ete.inrs.ca

L'Oscillation multidécennale de l'Atlantique (OMA)

https://fr.wikipedia.org/wiki/Oscillation_atlantique_multid%C3%A9cennale

Données climatiques (en anglais)

Couvert de neige : www.natice.noaa.gov/ims/

OMA : www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/AMO/

Les processus sédimentaires au lac Sawtooth (en anglais)

www.geo.umass.edu/climate/papers2/francus2008.pdf