

Fisheries and Oceans Canada

Sciences des écosystèmes et des océans

es Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2020/036

Région des Maritimes

Conditions océanographiques physiques sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine en 2018

D. Hebert, R. Pettipas et D. Brickman

Pêches et Océans Canada Division des sciences de l'océan et des écosystèmes Institut océanographique de Bedford Case postale 1006, 1, promenade Challenger Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2



Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

Pêches et Océans Canada Secrétariat canadien de consultation scientifique 200, rue Kent Ottawa (Ontario) K1A 0E6

> http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/ csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2020 ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Hebert, D., Pettipas, R., et Brickman, D. 2020. Conditions océanographiques physiques sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine en 2018. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2020/036. iv + 55 p.

Also available in English:

Hebert, D., Pettipas, R., and Brickman, D. 2020. Physical Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine during 2018. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/036. iv + 52 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉiv
INTRODUCTION1
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
TEMPÉRATURE DE LA SURFACE DE LA MER MESURÉE PAR TÉLÉDÉTECTION
TEMPÉRATURES ET SALINITÉ CÔTIÈRES4
SECTIONS STANDARD
TEMPÉRATURES SUR LE PLATEAU NEO-ECOSSAIS ET DANS LE GOLFE DU MAINE5
TEMPÉRATURES DURANT LES RELEVÉS AU CHALUT DE L'ÉCOSYSTÈME
STRATIFICATION DE LA DENSITÉ
NIVEAU DE LA MER
RÉSULTATS DU MODÈLE DE SIMULATION NUMÉRIQUE
SOMMAIRE
REMERCIEMENTS
RÉFÉRENCES CITÉES12
TABLEAUX
FIGURES16
ANNEXE

RÉSUMÉ

En 2018, l'indice d'oscillation nord-atlantique était au-dessus de la normal par rapport à la moyenne de 1981-2010 (+ 6,7 mb, + 0,8 ÉT [écart-type]) mais inférieur à celui de 2015 qui était la valeur la plus élevée en 145 ans. Les anomalies annuelles movennes de la température de l'air étaient positives pour tous les sites examinés, avec des valeurs allant de + 0,2 °C (+ 0,2 ÉT) à + 0,8 °C (+ 1,3 ÉT) au-dessus de la climatologie. Les anomalies annuelles de température de surface de la mer par satellite avait des valeurs allant de - 0,4 °C (- 0,3 ÉT) au détroit de Cabot à + 1,3 °C (+ 2,0 ÉT) pour la baie de Fundy. Les sites de surveillance côtière à long terme de St. Andrews (Nouveau-Brunswick) et d'Halifax (Nouvelle-Écosse) ont enregistrés des anomalies annuelles de température de surface de + 1.0 °C (+ 1.0 ÉT) et + 0.6 °C (+ 0,8 ÉT) respectivement. Dans d'autres sites sélectionnés de la région, les anomalies annuelles de température de l'eau étaient positives: + 0,9 °C (+ 2,7 ÉT) pour le détroit de Cabot à une profondeur de 200 à 300 m (la troisième plus grande anomalie; 2016 était la plus grande); + 0,7 °C (+ 1,2 ÉT) pour le banc de Misaine à 100 m; + 1,6 °C (+ 1,9 ÉT) pour le bassin d'Emeraude à 250 m (deuxième plus grande anomalie après 2016 qui était un record); + 2,0 °C (+ 3,7 ÉT) pour le bassin de Georges à 200 m (un record qui dépasse 2017) et + 2,0 °C (+ 2,5 ÉT) pour les Bancs de Lurcher à 50 m (la deuxième plus grande anomalie). L'anomalie de température de fond de la division 4X de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO), était de + 1,6 °C (+ 2,2 ÉT). En raison de la non disponibilité des navires, les autres divisions du plateau néo-écossais n'ont pas été échantillonnées. La stratification sur le plateau néo-écossais était significativement plus faible en 2018 gu'en 2017, une fois que le rafraîchissement et réchauffement de surface étaient en place. Depuis 1948, la stratification augmente lentement sur le plateau néo-écossais, principalement en raison de la baisse de la salinité (moitié du changement) et du réchauffement (moitié du changement) des eaux de surface. Un indice composite, composé de 19 séries chronologiques de la température des océans de la région, de la surface jusqu'au fond, indique que 2018 était la quatrième année la plus chaude sur 49 ans (2012 était la plus chaude), avec une anomalie normalisée moyenne de + 1,7 ÉT relative à 1981 à 2010.

INTRODUCTION

Le présent document traite des tendances de la température de l'air, de la couverture de glace, des températures de la surface de la mer (SST) et de la variabilité océanographique physique en 2018 sur le plateau néo-écossais, dans la baie de Fundy et dans le golfe du Maine (figure 1), à partir des observations et des résultats des modèles. Il complète des examens semblables des conditions dans les régions du golfe du Saint-Laurent et de Terre-Neuve-et-Labrador menés dans le cadre du Programme de Monitorage de la Zone Atlantique (PMZA) (voir Cyr *et al.* 2019; Galbraith *et al.* 2018) et qui servent, ensemble, de base à un avis scientifique sur la zone (MPO 2019). Les conditions environnementales sont comparées aux moyennes mensuelles et annuelles à long terme. Ces comparaisons sont souvent exprimées sous forme d'anomalies, qui sont les écarts par rapport aux moyennes à long terme, ou sous forme d'anomalies normalisées, c'est-à-dire les anomalies divisées par l'écart-type (ET). Si les données le permettent, les moyennes à long terme et les ET sont calculés pour la période de référence de 30 ans, soit de 1981 à 2010. L'utilisation des anomalies normalisées et de la même période de référence permet de comparer directement les anomalies entre les sites et les variables.

Les conditions de température et de salinité sur le plateau néo-écossais, et dans la baie de Fundy et dans le golfe du Maine sont déterminées par bon nombre de processus : le transfert de chaleur entre l'océan et l'atmosphère; le débit entrant provenant du golfe du Saint-Laurent complété par l'apport du plateau de Terre-Neuve; les échanges avec les eaux du talus en mer; le mélange local; le ruissellement d'eau douce; les précipitations directes; la fonte de la glace de mer. Le courant de la Nouvelle-Écosse représente le principal débit entrant, provenant du golfe du Saint-Laurent et entrant dans la région par le détroit de Cabot (figure 1). Ce courant, dont la trajectoire est fortement influencée par la topographie, dérive généralement vers le sud-ouest au-dessus du plateau néo-écossais et se poursuit dans le golfe du Maine, où il contribue à la circulation moyenne dans le sens antihoraire. Le mélange avec les eaux du large provenant du talus continental modifie également les propriétés de la masse d'eau sur le plateau. Ces eaux du large sont généralement de deux types : les eaux chaudes du talus continental, avec des températures oscillant entre 8°°C et 12 °C et des salinités de 34,7 à 35,5; les eaux du talus du Labrador, avec des températures s'échelonnant entre 4 °C et 8 °C et des salinités de 34,3 à 35 (Gatien 1976). Les propriétés de l'eau sur la plateau affichent des cycles saisonniers larges, avec des gradients qui existent le long et entre les plateaux, et les variances qui se produit selon la profondeur (Petrie et al. 1996).

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

INDICE DE L'OSCILLATION NORD-ATLANTIQUE

L'indice de l'oscillation nord-atlantique utilisé dans le présent document est la différence entre les pressions atmosphériques au niveau de la mer en hiver (décembre, janvier et février) entre les Açores et l'Islande (Rogers 1984), et est une mesure de la force des vents d'ouest hivernaux sur l'Atlantique Nord-Ouest. Il représente le forçage météorologique dominant, à grande échelle au-dessus de l'océan Atlantique Nord. Plus précisément, l'indice a été calculé en utilisant les pressions mensuelles observées au niveau de la mer à Ponta Delgada (jusqu'en 1997, 2009 à 2015), Santa Maria (1998 à 2005) Lajes (2006 à 2008) aux Açores, et à Akureyri, en Islande. Un petit nombre de données manquantes au début de la série chronologique ont été comblées à l'aide des pressions enregistrées aux stations voisines.

Un indice de l'oscillation nord-atlantique élevé correspond à une augmentation de la différence de pression entre la dépression islandaise et l'anticyclone des Açores. De forts vents du nord-ouest, des températures froides de l'air et de la mer et de la glace abondante dans la mer du Labrador et sur le plateau continental de Terre-Neuve sont habituellement associés à un indice de l'oscillation nord-atlantique positif élevé (Colbourne *et al.* 1994; Drinkwater 1996). La réponse inverse se produit les années où l'indice de l'oscillation nord-atlantique est négatif.

On a montré que l'oscillation nord-atlantique avait une forte incidence sur la répartition des températures au fond dans toute la région, du plateau continental du Labrador au golfe du Maine (Petrie, 2007). La réponse est bimodale, le produit d'effets directs et advectifs, l'oscillation nord-atlantique positive (négative) correspondant généralement à des températures au fond plus froides (plus chaudes) que la normale sur le plateau continental Labrador-Terre-Neuve, dans le golfe du Saint-Laurent et à l'est du plateau néo-écossais, et plus chaudes (plus froides) que la normale dans la partie centrale et occidentale du plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine.

En 2018, l'indice de l'oscillation nord-atlantique en hiver était près de la normale, s'établissant à + 6,7 mb (+ 0,8 ET) au-dessus de la moyenne enregistrée entre 1981 et 2010, mais beaucoup plus faible qu'en 2015, où l'on a observé la valeur positive la plus élevée en 145 ans d'enregistrements (figure 2, panneau du haut). Les panneaux du bas de la figure 2 montrent les conditions de pression atmosphérique au niveau de la mer durant l'hiver 2018 par rapport à la moyenne enregistrée pour la période allant de 1981 à 2010. La dépression d'Islande et l'anticyclone vdes Açores étaient légèrement moins prononcés que la moyenne à long terme. Les centres se trouvaient presque directement au-dessus des sites de mesure de l'indice de l'oscillation nord-atlantique.

TEMPÉRATURES DE L'AIR

Les cartes des anomalies de la température de l'air à la surface par rapport aux moyennes enregistrées entre 1981 et 2010 pour la région de l'Atlantique Nord sont disponibles sur le <u>site</u> <u>Web interactif</u> de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA 2019) des États-Unis. En 2019, les anomalies annuelles se situaient au-dessus de la normale sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine (figure 3). Dans ces régions, l'anomalie saisonnière a été supérieure à la normale durant l'hiver et l'été 2018 et inférieure à la normale pendant l'automne 2018 sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine. Au printemps, les températures de l'air se trouvaient près de la normale (figure 4).

Les anomalies de la température mensuelle de l'air pour 2017 et 2018, par rapport aux moyennes enregistrées entre 1981 et 2010 à six sites dans la région du plateau néo-écossais et du golfe du Maine sont présentées à la figure 5. Les données sur la température mensuelle moyenne aux sites canadiens proviennent des <u>données climatiques canadiennes ajustées et homogénéisées (DCCA)</u> d'Environnement Canada, lorsqu'elles sont disponibles (Vincent *et al.* 2012). Dans les cas où aucune donnée n'était disponible, les valeurs mensuelles moyennes observées des Sommaires climatologiques mensuels disponibles sur le <u>site Web</u> <u>d'Environnement Canada</u> ont été utilisées, et les anomalies ont été calculées par rapport aux moyennes à long terme des Sommaires climatologiques mensuels. C'est le cas pour les périodes allant de 2009 à 2011 et de 2014 à 2016 à l'île de Sable. Des moyennes mensuelles tirées des <u>Monthly Climatic Data for the World</u> (NOAA 2019) ont été utilisées pour Boston. En général, les données recueillies à tous les sites montrent que 2018 a connu des températures légèrement supérieures à la normale en hiver et en été, et des températures près de la normale ou sous la normale au printemps et à l'automne (figure 5). Les anomalies annuelles observées et normalisées pour ces stations sont énumérées au tableau 1.

En 2018, les anomalies annuelles moyennes de la température de l'air étaient positives à tous les sites, allant de 0,2 à 1,3 ET au-dessus de la climatologie. La série chronologique des anomalies annuelles indique que tous les sites présentent des températures à la hausse à long terme, avec une variabilité décennale superposée (figure 6). Sur des périodes décennales et plus courtes, il y a des moments où l'on n'observe pas de tendance, ou où l'on observe une tendance à la baisse des températures. Les tendances linéaires de 1900 à aujourd'hui pour Sydney, l'île de Sable, Shearwater, Yarmouth, Saint-Jean et Boston correspondent à des changements (et des limites de confiance à 95 %) par siècle de + 0,4 °C (0,0 °C; + 0,8 °C), + 1,3 °C (+ 1,0 °C; + 1,7 °C), + 1,2 °C (+ 0,9 °C; + 1,5 °C), +1,1 °C (+ 0,8 °C; + 1,4 °C); + 0,8 °C (+ 0,4 °C; + 1,2 °C) et + 1,8 °C (+ 1,4 °C; + 2,1 °C) respectivement (Figure 6).

Les anomalies de la température de l'air pour les six sites du plateau néo-écossais et du golfe du Maine sont résumées à la figure 7 sous forme de somme composite qui illustre deux points. Premièrement, pour la plupart des années, les anomalies affichent le même signe, c'est-à-dire que les barres empilées coïncident. Depuis 1900, alors que tous les sites étaient utilisés, 96 des 119 années présentaient cinq stations ou plus auxquelles les anomalies annuelles affichaient le même signe; pendant 67 ans, les six stations présentaient toutes des anomalies affichant le même signe. Cela indique que l'échelle spatiale des régimes de température de l'air est plus grande que l'espacement le plus grand entre les sites. Des analyses précédentes ont donné une échelle de croissance par un facteur de 1 800 km (Petrie *et al.* 2009). Deuxièmement, l'échelle de temps de la variabilité dominante est passée de périodes plus longues pour la première moitié des enregistrements à des périodes plus courtes pour la seconde moitié. L'anomalie annuelle moyenne en 2018 était de + 0,6 °C, ce qui en fait la quatorzième année la plus chaude en 119 ans (2012 étant la plus chaude).

TEMPÉRATURE DE LA SURFACE DE LA MER MESURÉE PAR TÉLÉDÉTECTION

Les données de télédétection de la SST utilisées sont issues de l'ensemble de données sur la SST de la nuit Pathfinder 5.2 à résolution de quatre kilomètres, qui couvre la période s'échelonnant entre novembre 1981 et décembre 2012 (Casey *et al.* 2010) et des dernières données sur la SST recueillies à l'aide du radiomètre avancé à très haute résolution d'un kilomètre qui ont été téléchargées à partir des satellites de la NOAA et de l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT) par le <u>groupe chargé de la télédétection opérationnelle, à l'Institut océanique de Bedford</u>. L'ajustement par les moindres carrés des températures dérivées du Pathfinder et collectées par la NOAA/EUMETSAT au cours de la période allant de septembre 1981 à décembre 2012 pour plusieurs régions a conduit à une équation de conversion SST(Pathfinder) = 0,988*SST(IOB) - 0,02 avec un r²= 0,98. À l'aide de cette régression, on a converti les données de NOAA/EUMETSAT pour qu'elles soient cohérentes avec la série Pathfinder plus longue. Les anomalies étaient fondées sur les moyennes enregistrées entre 1981 et 2010.

Les anomalies mensuelles de la température dans huit sous-zones de la région du plateau néo-écossais et du golfe du Maine (figure 8) étaient au-dessus de la normale au début de 2018, sauf en ce qui concerne le secteur du détroit de Cabot, puis on a enregistré une période de températures près ou en dessous de la normale, puis en dessous de la normale en décembre (figure 9). Les anomalies annuelles ont été calculées à partir des températures mensuelles moyennes pour les huit sous-zones (tableau 2 et figure 10). Les anomalies annuelles en 2018 variaient de + 0,4 °C (- 0,26 ET) dans le détroit de Cabot à + 1,3 °C (+ 2,0 ET) dans la baie de Fundy. Au fil des relevés, toutes les zones affichent des tendances à la hausse des températures, selon un ajustement linéaire par les moindres carrés, allant de + 0,3 °C/décennie (détroit de Cabot), la valeur la plus faible observée, à + 0,6 °C/décennie (centre du plateau néo-écossais, banc Western et baie de Fundy), la valeur la plus élevée observée. Une

tendance similaire dans les SST mesurées à l'aide du radiomètre avancé à très haute résolution a été observée dans le golfe du Saint-Laurent (Galbraith *et al.* 2012) et sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador (Cyr *et al.* 2019). La forte augmentation des SST observées au cours de cette période a probablement été accentuée par la présence d'une période de température de l'air froide au début de la série de données (figure 6) et par une augmentation rapide des SST depuis 1997 (figure 10).

La variabilité cohérente globale des anomalies des SST annuelles dans les huit sous-zones suggère qu'une analyse en composantes principales (ACP) pourrait être révélatrice. Le mode principal, ACP 1, a représenté 82 % de la variance, et toutes les charges affichaient des amplitudes semblables, c'est-à-dire qu'il y avait des contributions à peu près égales de chaque série, et toutes avaient le même signe, indiquant un réchauffement ou un refroidissement en phase dans les huit sous-zones pour ce mode. Ainsi, la variabilité annuelle de la température de surface est dominée par le réchauffement à vaste échelle. L'ACP 2 représentait un autre 7 % de la variance, les charges positives observées dans la moitié est de la région passant à des valeurs négatives à peu près à l'ouest du centre du plateau néo-écossais (figure 11). Comme l'ACP produit des modes orthogonaux, il n'est pas surprenant que le deuxième mode consiste à faire varier l'est et l'ouest du plateau néo-écossais hors phase. Ce mode explique une petite partie de la variabilité observée.

TEMPÉRATURES ET SALINITÉ CÔTIÈRES

Les températures côtières près de la surface sont mesurées à Halifax (Nouvelle-Écosse) et à St. Andrews (Nouveau-Brunswick) depuis les années 1920 (figure 12). En 2018, les anomalies des SST étaient de + 0,6 °C (+ 0,8 ET) pour Halifax, soit une baisse de 0,2 °C par rapport à 2017 et de + 1,0 °C (+ 1,0 ET) pour St. Andrews, soit une hausse de 0,2 °C par rapport à 2017.

Les mesures de la température et de la salinité dans la colonne d'eau ont été échantillonnées mensuellement, pour la plupart d'entre elles, depuis 1924, à Prince 5, à l'entrée de la baie de Fundy (figure 1). Il s'agit du plus ancien site de surveillance hydrographique en exploitation continue dans l'est du Canada. Ses eaux sont généralement bien mélangées de la surface au fond (90 m), sauf au printemps. Les séries chronologiques de la température, de la salinité, et de la densité moyennes selon la profondeur (0 à 90 m) sont illustrées à la figure 12. En 2018, l'anomalie annuelle de la température était de + 1,1 °C (+ 2,0 ET) et l'anomalie de la salinité de + 0,2 (+ 0,8 ET). Cela représente des écarts de + 0,3 °C et + 0,3 par rapport aux valeurs enregistrées en 2017. L'anomalie de la densité près de la normale s'explique par l'anomalie positive de la température, qui est compensée par l'anomalie positive de la salinité.

Le cycle annuel de 2018 à Prince 5 montre que les températures ont été plus chaudes que la normale au début de l'année et jusqu'au mois d'avril, et, de nouveau, entre juillet et novembre, avec des anomalies positives supérieures à + 1,5 °C durant les deux périodes, les anomalies affichant peu de dépendance par rapport à la profondeur (figure 13). Le pic de l'anomalie de la salinité observé à Prince 5 s'explique par le moment de l'arrivée de la crue de la rivière Saint-Jean, une source à proximité.

Les cycles annuels de température, de salinité et de densité en 2018 à Halifax 2 sont illustrés à la figure 14. L'anomalie positive de la température observée résulte d'un hiver et d'un automne chauds, après un été froid. La variabilité plus marquée de la salinité est liée à la température et indique que l'eau plus chaude, et plus salée du talus continental pénètre sur le plateau au printemps et à l'automne.

SECTIONS STANDARD

Les sections qui se trouvent à l'aplomb de Louisbourg, d'Halifax et du banc de Browns ont été échantillonnées au printemps et à l'automne 2018 (figure 15). La section du détroit de Cabot a connu des températures près de la normale en avril, sauf en ce qui concerne la température maximale en profondeur (200 à 400 m), qui était supérieure à la moyenne et en deçà des valeurs normales à la surface, respectivement. À la fin de l'automne, la température était supérieure à la moyenne enregistrée en septembre à des profondeurs se situant entre 200 et 400 m et à la surface. On a observé des températures sous la normale en dessous de la surface sur la moitié ouest du détroit (figure 16). Au printemps, l'eau était anormalement chaude et salée au large, le long de la section de Louisbourg, ce qui indique la présence d'eau de pente sur le talus continental (figure 17). Sur le plateau, les conditions étaient près de la normale. À la fin de l'automne, de l'eau douce froide était observée sur le rebord du pleateau, séparant les eaux chaudes et salées du large de l'eau chaude à la surface sur le plateau. Au printemps, la section d'Halifax présentait des eaux anormalement chaudes sur la plus grande partie du plateau (figure 18). De même, de l'eau chaude et salée est toujours présente dans le bassin d'Émeraude et au large à la fin de l'automne. Comme pour les autres sections, les eaux de surface étaient anormalement chaudes. Au printemps 2018, la section du banc de Browns présentait de l'eau anormalement chaude et salée sur la partie extérieure du plateau. laquelle pénétrait en profondeur plus loin sur le plateau (figure 19). À la fin de l'automne, on a observé la présence d'eau salée anormalement chaude au large du plateau dans la couche supérieure de l'océan. Comme pour les autres sections, les eaux de surface sur le plateau étaient anormalement chaudes, ce qui indique que les températures de l'air à la fin de l'été et à l'automne étaient très chaudes dans la région des Maritimes.

Une annexe présente les sections utilisées par l'Institut Maurice-Lamontagne pour le détroit de Cabot (figure A1), la zone de protection marine du banc de Sainte-Anne (figure A2) et l'embouchure du chenal Laurentien (figure A3) dans le cadre de l'exécution du Programme de Monitorage de la Zone Atlantique (PMZA) et, à l'aplomb d'Halifax, le Programme de monitorage de la zone Atlantique au large du plateau continental (PMZAO) (figure A4), au travers du chenal nord-est (figure A5) et dans le golfe du Maine (figure A6). S'il y a un nombre suffisant d'occupations historiques des sections à la même époque de l'année, les sections affichant des anomalies sont également présentées. Bien que ces données ne soient pas traitées dans le présent document, elles sont utilisées dans l'analyse présentée.

TEMPÉRATURES SUR LE PLATEAU NEO-ECOSSAIS ET DANS LE GOLFE DU MAINE

Drinkwater et Trites (1987) ont calculé les températures et les salinités mensuelles moyennes à partir des données disponibles collectées à l'aide de bouteilles d'échantillonnage pour 35 zones du plateau néo-écossais et de l'est du golfe du Maine qui correspondent généralement à des caractéristiques topographiques comme des bancs et des bassins. Petrie *et al.* (1996) ont mis à jour leur rapport en utilisant ces mêmes zones et toutes les données hydrographiques disponibles. Une série chronologique mise à jour des anomalies des températures moyennes annuelles et filtrées (moyennes mobiles quinquennales) à des profondeurs choisies pour cinq secteurs (figure 20) est présentée (figure 21). Les températures dans le détroit de Cabot sont le fait d'un mélange des eaux du courant du Labrador et des eaux chaudes du talus entrant dans le golfe du Saint-Laurent le long du chenal Laurentien (p. ex. Gilbert *et al.* 2005); la série du banc de Misaine caractérise les températures plus froides près du fond dans l'est du plateau néo-écossais, lesquelles sont principalement influencées par les eaux du courant du Labrador sur le littoral ou par les eaux de la couche intermédiaire froide provenant du golfe du Saint-Laurent (Dever *et al.* 2016); les anomalies de la température dans les eaux profondes du

bassin d'Émeraude représentent les intrusions d'eaux plus chaudes du talus sur le plateau, lesquelles sont ensuite emprisonnées dans les bassins profonds intérieurs (noter les « événements » de grandes anomalies à la figure 21C, par exemple, entre 1980 et 2009, indiquant des apports subits d'eau du talus du Labrador); les observations du haut-fond Lurcher définissent le climat océanique dans le sud-ouest du plateau néo-écossais et dans les eaux peu profondes entrant dans le golfe du Maine par le courant de la Nouvelle-Écosse; enfin, la série du bassin de Georges représente les eaux du talus entrant dans le golfe du Maine par le chenal nord-est. Les anomalies annuelles sont fondées sur les moyennes des anomalies mensuelles; toutefois, les observations peuvent ne pas être disponibles pour tous les mois dans chaque secteur. En ce qui concerne le détroit de Cabot, le banc de Misaine, le bassin d'Émeraude, le bassin de Georges, et le haut-fond Lurcher, les anomalies annuelles en 2018 reposaient sur des observations effectuées durant quatre, deux, huit, cinq, et deux mois, respectivement.

En 2018, les anomalies annuelles étaient de + 0,9 °C (+ 2,37 ET) pour le détroit de Cabot à 200 à 300 m (la troisième anomalie en importance; les premières, deuxièmes et quatrièmes anomalies les plus importantes étaient observées en 2016, 2017, et 2012, respectivement), + 0,7 °C (+ 1,2 ET) pour le banc de Misaine à 100 m, + 1,6 °C (+ 1,9 ET) pour le bassin d'Émeraude à 250 m (la deuxième anomalie en importance, un pic record avant été enregistré en 2016 et la troisième anomalie en importance avant été observée en 2017), + 2,0 °C (+ 3.7 ET) pour le bassin de Georges à 200 m (un pic record, 2017 et 2013 étant les deuxième et troisième années les plus chaudes) et + 2,0 °C (+ 2,5 ET) pour le haut-fond Lurcher à 50 m (la deuxième année la plus chaude, un pic record avant été enregistré en 2012). Ces valeurs correspondent à des changements de - 0,2 °C, + 0,3 °C, + 0,1 °C et + 0,5 °C, respectivement, par rapport aux valeurs enregistrées en 2017 (on ne disposait d'aucune donnée pour le haut-fond Lurcher). Les anomalies de l'oscillation nord-atlantique enregistrées en 2010 et 2011 étaient bien en decà de la normale et, d'après des forcages atmosphériques similaires observés par le passé, notamment au milieu des années 1960, on aurait pu s'attendre à des températures plus froides en profondeur sur le plateau néo-écossais en 2012 (Petrie 2007). Les anomalies étaient très positives cette année-là et ont commencé à revenir à la normale en 2013, mais elles ont augmenté pour atteindre des valeurs record ou presque record en 2014 et sont demeurées élevées en 2018. Les anomalies des températures chaudes en profondeur ont continué d'augmenter en raison des intrusions d'eaux du talus du large. La corrélation entre l'oscillation nord-atlantique et les températures de l'eau en profondeur semble avoir changé.

TEMPÉRATURES DURANT LES RELEVÉS AU CHALUT DE L'ÉCOSYSTÈME

Dans la Région des Maritimes, Pêches et Océans Canada (MPO) effectue chaque année deux relevés de recherche au chalut. Pendant l'hiver, le relevé couvre le banc de Georges, la baie de Fundy et l'ouest du plateau néo-écossais. La limite en eau profonde du relevé est marquée, *grosso modo*, par les isobathes de 200 m. La plus grande couverture spatiale de la température et de la salinité sur le plateau néo-écossais est obtenue pendant le relevé au chalut d'été, qui couvre le plateau néo-écossais entre le détroit de Cabot et la baie de Fundy. La limite en eau profonde de ce relevé est également marquée, *grosso modo*, par l'isobathe de 200 m le long du rebord du plateau.

Les températures dérivées de chaque relevé ont été interpolées sur une grille de 0,2° par 0,2° de latitude-longitude à l'aide d'une méthode d'analyse objective appelée estimation optimale (pour plus de détails, voir Petrie *et al.* 1996). La méthode d'interpolation utilise les 15 « voisins les plus proches », avec une échelle de longueur horizontale de 30 km et une échelle de longueur verticale de 15 m dans les 40 m supérieurs et dans les 25 m supérieurs dans les secteurs où l'eau est plus profonde. Les données qui sont proches du point de grille d'interpolation sont proportionnellement plus pondérées que celles qui sont plus éloignées. Les

températures ont été estimées de façon optimale aux profondeurs standards (p. ex. 0 m, 10 m, 20 m, etc.) et près du fond. Seules les températures près du fond sont présentées ici.

RELEVÉ HIVERNAL

Il n'y a pas eu d'échantillonnage océanographique dans le cadre d'un relevé hivernal raccourci en raison du manque de disponibilité du navire.

RELEVÉ ESTIVAL

Le relevé de l'été 2018 s'est déroulé entre le 14 et le 28 juillet. Un nombre total de 84 stations de mesure de la conductivité, de la température et de la profondeur (CTP) ont été échantillonnées (figure 22). En raison du manque de navire approprié disponible, le relevé n'a pu couvrir que la division 4X de l'OPANO. Les anomalies de la température près du fond en 2018 étaient positives dans la plus grande partie de cette région (figure 23). L'anomalie dans la division 4X de l'OPANO était positive en 2018 : + 1,4 °C (+ 2,0 ET) (figure 24D). La division 4X a connu sa 5° année la plus chaude, affichant 0,7 °C de moins que la température record enregistrée en 2012. Sauf dans la division 4X, la température au fond dans les autres divisions a été supérieure à la normale entre le milieu des années 1970 et le milieu des années 1980, lesquelles ont été suivies d'une période de températures inférieures à la normale jusqu'en 2000 environ (figure 24). Toutes les régions, y compris la division 4X, montrent une augmentation constante de la température à partir d'environ 2010.

Le volume de la couche intermédiaire froide (CIF), définie comme étant les eaux dont la température est inférieure à 4 °C, a été estimé à partir des profils de CTP en profondeur maximale pour la région allant du détroit de Cabot au cap de Sable (panneau E de la figure 24). Pour la période allant de 1970 à 1989, le nombre de profils de CTP par année était limité; en conséquence, des blocs de données de cinq ans, par exemple pour la période 1970 à 1974, date centrale 1972, ont été utilisés comme données d'entrée pour la procédure de cartographie des données collectées irrégulièrement dans l'espace sur une grille régulière. Les données ont ensuite été augmentées par paliers d'une année, et un nouvel ensemble d'estimations a été établi (c.-à-d. 1970 à 1974, 1971 à 1975, etc.). Cette procédure est similaire au filtrage (moyenne mobile quinquennale) des données pour la période allant de 1970 à 1989, ce qui réduit efficacement la variance. Ainsi, la moyenne à long terme et particulièrement l'ET (d'après les données pour la période allant de 1981 à 2010 présentées à la figure 24E) pourraient être touchés. On s'attend à ce que l'ET réel soit plus élevé que celui obtenu ici. Le volume de la CIF affiche une variation considérable de 1998 à 2009 (figure 24E). En 2018, on n'a pas pu établir le volume de la CIF.

STRATIFICATION DE LA DENSITÉ

La stratification de la couche près de la surface influe sur les processus physiques et biologiques de l'océan, comme l'étendue du mélange vertical, la réaction de l'océan au forçage par le vent, le moment de la floraison printanière, les flux verticaux d'éléments nutritifs, et la répartition du plancton. Dans le cas d'une stratification accrue, on observe une tendance au recyclage d'une plus grande partie de la production primaire dans la couche supérieure de mélange, ce qui la rend moins disponible dans les couches plus profondes. La variabilité de la stratification a été examinée en calculant la différence de densité (sigma-t) entre les eaux près de la surface et les eaux profondes de 50 m. Les différences de densité étaient fondées sur les profils de la densité mensuelle moyenne calculés pour les secteurs 4 à 23 de le plateau néo-écossais, tels que définis par Petrie *et al.* (1996) (voir la figure 17 dans Hebert *et al.* [2014] pour la carte, et la figure 27). Les gradients de densité mensuelle moyenne à long terme pour la

période s'échelonnant entre 1981 et 2010 ont été estimés; ils ont été soustraits des valeurs mensuelles individuelles pour qu'on puisse obtenir les anomalies mensuelles. Les anomalies annuelles pour chaque secteur ont été estimées en calculant la moyenne de toutes les anomalies mensuelles disponibles au cours d'une année civile. Ces estimations pourraient être biaisées si, au cours d'une année donnée, la plupart des données étaient collectées au cours de mois où la stratification était faible, alors qu'au cours d'une autre année, l'échantillonnage était effectué au cours de mois où la stratification était importante. Cependant, les premiers résultats produits en utilisant les anomalies mensuelles normalisées obtenues en divisant les anomalies par leur ET mensuel étaient qualitativement similaires aux graphiques présentés ici. Les anomalies quinquennales ont ensuite été calculées pour une combinaison pondérée selon la superficie des secteurs 4 à 23 de le plateau néo-écossais. Une stratification de 0,01 (kg m⁻³)/m représente une différence de 0,5 kg m⁻³ au-dessus de 50 m.

La caractéristique dominante est la période allant d'environ 1950 à 1990, avec une stratification généralement inférieure à la moyenne, contrairement aux 25 dernières années qui se caractérisent par des valeurs supérieures à la normale (figure 25). Depuis 1948, on assiste à une augmentation de la stratification moyenne sur le plateau néo-écossais, ce qui a entraîné un changement de la différence de densité entre 0 à 50 m de profondeur de 0,35 kg m⁻³ sur 50 ans. Ce changement dans la stratification moyenne s'explique principalement par une diminution de la densité à la surface, composée à parts égales de réchauffement et de dessalure (figure 26). En 2018, la stratification était significativement moins importante qu'en 2017, où l'on a constaté une dessalure et un réchauffement à la surface. L'examen de l'anomalie de la stratification de 2018 pour les secteurs 4 à 23 du plateau néo-écossais montre que l'anomalie positive pour le plateau néo-écossais (figure 25) est due à des anomalies positives sur l'ouest du plateau et négatives sur l'est du plateau (figure 27). Cela est également évident dans les transects individuels, sur lesquels les données collectées représentent un sous-ensemble des données utilisées.

NIVEAU DE LA MER

Le niveau de la mer est une variable principale du Système mondial d'observation de l'océan. Le niveau relatif de la mer est mesuré par rapport à un point de référence fixe qui se trouve sur terre. En conséquence, le niveau relatif de la mer se compose de deux composantes principales : l'une due aux changements réels du niveau de la mer et l'autre causée par l'affaissement ou l'élévation de la terre. Dans le Canada atlantique, le rebond post-glaciaire fait s'affaisser (s'élever) la zone située à peu près au sud (au nord) de la rive nord du golfe du Saint-Laurent en réaction au recul glaciaire, ce qui entraîne une hausse (une baisse) apparente du niveau de la mer. Les taux de rebond post-glaciaire pour Yarmouth, Halifax et North Sydney ont été obtenus à partir des vitesses verticales GPS maillées de Ressources naturelles Canada (Phillip MacAulay, MPO, communication personnelle 2012; Craymer *et al.* 2011).

Le niveau relatif de la mer à Yarmouth (1967 à 2018), Halifax¹ (1920 à 2018) et North Sydney (1970 à 2018) est représenté sous forme de moyennes mensuelles et de séries filtrées au moyen d'un filtre de la moyenne mobile quinquennale (figure 28). La tendance linéaire des

¹La station historique d'Halifax a interrompu ses opérations au début de 2014. La station marégraphique voisine de l'Institut océanographique de Bedford de Dartmouth, en Nouvelle-Écosse, a été utilisée pour 2014. Durant la période opérationnelle commune, on n'a pas observé de différence significative entre les deux marégraphes.

données mensuelles moyennes affiche une pente positive de 36,3 cm par siècle (Yarmouth). 33,0 cm par siècle (Halifax) et 38,1 cm par siècle (North Sydney). Barnett (1984) a constaté une élévation légèrement plus importante du niveau de la mer à Halifax (36,7 cm par siècle) pour la période s'échelonnant entre 1897 et 1980. Cela est dû à la baisse de l'élévation du niveau de la mer après 1980, comme on le verra plus loin. Avec la suppression du rebond post-glaciaire pour Yarmouth (- 10,3 cm par siècle), Halifax (- 14,7 cm par siècle), et North Sydney (- 16,8 cm par siècle), l'élévation du niveau de la mer est de + 26,0 cm par siècle, + 18,3 cm par siècle, et + 21,3 cm par siècle, respectivement. Une caractéristique intéressante des données est la variation à long terme qui s'est produite depuis les années 1920 (figure 29). Il est évident qu'entre les années 1920 et le début des années 1970, la tendance à l'élévation du niveau de la mer à Halifax a été supérieure à celle observée pour la période allant de 1981 à 2010. Les données résiduelles sur le niveau de la mer pour la période commune allant de 1970 à 2018 montrent que la variabilité affiche une grande structure spatiale étant donné la cohérence entre les trois sites. Plusieurs causes potentielles de cette variabilité à l'échelle décennale ont été examinées, mais la cause de ces changements n'est toujours pas comprise. Plus au sud, près du Delaware, aux États-Unis, les variations du stress éolien dans le tourbillon subtropical semblent être responsables de la variation de basse fréquence du niveau de la mer (Hong et al. 2000); pourtant, 20 ans de transport observé par le Gulf Stream ne montrent pas une diminution significative (Rossby et al. 2014).

RÉSULTATS DU MODÈLE DE SIMULATION NUMÉRIQUE

Les courants et les transports sont dérivés d'un modèle numérique de l'océan Atlantique Nord (Brickman *et al.* 2015). Le modèle affiche une résolution spatiale de 1/12° avec 50 niveaux z dans la verticale (22 dans les 100 m supérieurs) et des cellules partielles dans la couche du fond pour une adaptation à la bathymétrie. Il s'agit d'un modèle pronostique, c'est-à-dire qu'il permet l'évolution des champs de la température et de la salinité. Le forçage atmosphérique est dérivé du forçage par réanalyse National Centers for Environmental Prediction (NCEP)/National Center for Atmospheric Research (NCAR) NCEP/NCAR (Kalnay *et al.* 1996). Le modèle est exécuté dans différentes configurations. Les analyses présentées ici reposent sur une version du modèle qui a servi à étudier divers phénomènes dans la zone de surveillance atlantique (Wang *et al.* 2016; Brickman *et al.* 2018). Cette version présente une représentation simple des principaux réseaux hydrographiques de la région de l'Atlantique, sans forçage des marées. La simulation s'étend de 1990 à aujourd'hui, la dernière année étant mise à jour annuellement lorsque le forçage de surface est disponible. Le domaine du modèle est illustré à la figure 30.

Certains calculs destinés à faciliter l'interprétation des données recueillies dans le cadre du PMZA sont présentés. Les résultats sont présentés sous forme d'anomalies normalisées pour faciliter la comparaison avec les résultats des autres analyses effectuées en vertu du PMZA. Rappelons que les résultats présentés ci-après ne sont pas des mesures, et que des simulations ou des améliorations apportées au modèle pourraient entraîner des changements de ces résultats.

VARIATION DES TRANSPORTS DANS LA RÉGION DU PLATEAU NEO-ECOSSAIS ET DU GOLFE DU MAINE

La circulation générale dans les mers du plateau continental de la Région des Maritimes du Canada peut être caractérisée comme un écoulement général du nord-est au sud-ouest, depuis le détroit de Belle-Isle, à travers le détroit de Cabot et le long du plateau néo-écossais vers le golfe du Maine (figure 31). Une partie de l'eau qui s'écoule depuis le golfe du Saint-Laurent par le côté ouest du détroit de Cabot suit le littoral de la Nouvelle-Écosse et prend le nom de courant de la Nouvelle-Écosse, qui se jette finalement dans le golfe du Maine. Une autre partie de l'eau suit le rebord du plateau et contribue à l'apport d'eau dans le golfe du Maine au niveau du chenal nord-est. Les variations de ces courants peuvent influer sur la répartition de diverses larves de poissons et d'invertébrés du sud du golfe du Saint-Laurent vers l'ouest et le golfe du Maine. En outre, les courants qui s'écoulent après l'île du cap de Sable et dans le chenal nord-est influent sur les propriétés de l'eau sur le plateau et hors du plateau dans le golfe du Maine, et le partage des transports est potentiellement important pour les processus qui ont lieu dans le golfe du Maine.

Les transports moyens mensuels pour la période s'échelonnant entre 1999 et 2018 ont été extraits de la simulation à l'aide du modèle pour quatre sections de la Région des Maritimes : le détroit de Cabot (CS), Halifax (HFX), l'île du cap de Sable/le banc de Browns (CSI), et le chenal nord-est (NEC) (figure 31). À partir de ces données, on a élaboré des graphiques des anomalies normalisées pour illustrer la variabilité du transport. Les résultats pour les régions littorales du détroit de Cabot, d'Halifax et de l'île du cap de Sable/banc de Browns (où le littoral est considéré comme étant la sous-section qui s'étend entre l'isobathe de 100 m et le littoral), le rebord du plateau à Halifax et le débit entrant au niveau du chenal nord-est sont présentés à la figure 32. À partir des apports d'eau qui s'écoulent dans les sections de l'île du cap de Sable/banc de Browns et du chenal nord-est, on a calculé le ratio des débits entrants CSI/(CSI + NEC) dans le golfe du Maine (GoM) (voir ci-après). Il est à noter que pour toutes les sections, à l'exception du chenal nord-est, le transport positif indique une direction de l'écoulement à travers le détroit de Cabot vers le golfe du Maine. Pour ce qui est du chenal nord-est, le transport positif indique une direction de

La variabilité du transport sur le plateau néo-écossais affiche un profil assez cohérent d'anomalies annuelles pour le détroit de Cabot, Halifax (littoral et rebord du plateau), et l'île du cap de Sable/banc de Browns (figure 33). Sur une base mensuelle, en moyenne, les séries littorales (détroit de Cabot, littoral d'Halifax et île du cap de Sable/banc de Browns) et le transport vers le golfe du Maine à la hauteur du chenal nord-est présentent un cycle saisonnier, avec des minima de transport du milieu à la fin de l'année, tandis que le transport sur le rebord du plateau le long de la section d'Halifax ne présente aucune saisonnalité claire (figure 32, bien que la variabilité interannuelle soit remarquable).

Aux fins de comparaison qualitative avec les estimations du transport dérivées du modèle numérique, le transport mensuel du courant de la Nouvelle-Écosse au large d'Halifax a été calculé à l'aide de profileurs de courant acoustiques à effet Doppler (ADCP) montés au fond. Trois ADCP à visée ascendante ont été déployés pendant des périodes de six mois, de juillet 2008 à avril 2015, sur les isobathes de 100 m (T1), 170 m (T2), et 180 m (T3) pour surveiller le champ de vitesse associé au courant de la Nouvelle-Écosse à l'aplomb d'Halifax. Le T2 est situé à 12 km à l'est de la station 2 (figure 1). Le T1 et le T3 se trouvent à environ 15 km vers le nord-ouest et le sud-est du T2, respectivement. Les observations commencent à 5 m au-dessus du fond jusqu'à environ 10 m sous la surface, avec une résolution verticale de 4 m. L'espacement horizontal entre les ADCP est d'environ 16 km, le T2 étant situé près du maximum du courant. Les composantes de la vitesse sont tournées de 58° par rapport au nord vrai pour qu'on puisse obtenir le champ de vitesse avec la variance maximale le long de l'axe principal. Les moyennes quotidiennes de la vitesse le long des rives ont été quadrillées par interpolation linéaire et multipliées par la superficie de la section transversale entre le T1 et le T3 pour qu'on puisse obtenir des estimations mensuelles du transport par le courant de la Nouvelle-Écosse en 10⁶ m³ s⁻¹. Les périodes pour lesquelles des données sont disponibles pour les trois stations sont utilisées pour établir une relation linéaire entre le transport estimé en utilisant toutes les stations et le transport estimé en utilisant seulement une ou deux stations ADCP. On a utilisé ces relations pour extrapoler les estimations du transport à des périodes où l'un des ADCP a présenté une défaillance pendant le déploiement. À partir de mai 2015, seul

l'amarrage au T2 a été déployé. Les travaux de Dever (2017) ont montré qu'il existait une forte corrélation (r²= 0,87) entre le courant intégré en profondeur au T2 et le transport total. Un transport négatif signifie un transport vers le sud-ouest en direction du golfe du Maine. Les données indiquent l'existence d'une période d'anomalies négatives (écoulement plus fort vers le sud-ouest) commençant au milieu de 2010 et s'étendant jusqu'au milieu de 2011, suivie d'un écoulement moyen ou plus faible qui persiste jusqu'à environ la fin de 2014, où l'écoulement est moyen ou supérieur à la moyenne jusqu'au printemps 2015 (figure 34). Cette période a été suivie d'une période où l'écoulement était près de la normale ou sous la normale jusqu'en juillet 2016. Pour l'automne 2016 et l'hiver 2017, l'écoulement était au-dessus de la normale, puis on a constaté un transport très près de la normale jusqu'en septembre 2018. Ces tendances sont globalement bien simulées grâce au modèle, bien qu'il existe des différences (voir le panneau sur le littoral d'Halifax de la figure 32).

La fraction du transport dans le golfe du Maine par la section de l'île du cap de Sable (ratio des débits entrants dans le golfe du Maine – figure 35) présente un cycle saisonnier, avec un minimum pendant les mois d'été. En moyenne, le modèle prévoit qu'environ la moitié du transport dans le golfe du Maine passe par la section de l'île du cap de Sable/du banc de Browns. Entre les années (figure 33), le ratio des débits entrants dans le golfe du Maine était presque neutre entre 1999 et 2007 (avec des valeurs au-dessus de la normale en 2001 et 2004 seulement) et surtout négatif entre 2008 et 2018, bien que des valeurs neutres prédominent durant les quatre dernières années. D'après la simulation à l'aide du modèle, la tendance générale au réchauffement observée au cours de la dernière décennie dans bon nombre de séries de données est évidente, comme l'augmentation du transport vers le golfe du Maine à la hauteur du chenal nord-est et la réduction du ratio des débits entrants dans le golfe du Maine.

On a calculé un indice de transport annuel global composite (figure 36) en additionnant les anomalies normalisées (figures 32 et 33) pour cinq des six variables de transport (le débit entrant par le chenal nord-est a été omis, car cette mesure n'est pas indépendante du ratio des débits entrants dans le golfe du Maine). Si l'on considère cette somme comme étant une mesure du débit sur le plateau, dans le réseau qui s'étend du sud du golfe du Saint-Laurent au golfe du Maine, on constate que le modèle prévoit de fortes anomalies négatives rétrospectives en 1999 à 2000, généralement de faibles anomalies positives à partir de 2001 à 2007, suivies d'une alternance de fortes anomalies négatives et de fortes anomalies positives.

SOMMAIRE

En 2018, l'indice de l'oscillation nord-atlantique est resté positif (+ 6,7 mb, + 0,8 ET par rapport à la moyenne enregistrée entre 1981 et 2010), mais très inférieur à celui de 2015, qui affichait la valeur la plus élevée en 122 ans d'enregistrements. Les anomalies annuelles moyennes de la température de l'air étaient positives à tous les sites. L'analyse des données satellites indique que les anomalies de la SST étaient supérieures à la normale au début de l'année, sauf dans le détroit de Cabot, près de la normale ou sous la normale durant la période suivante, puis en dessous de la normale en décembre.

Un résumé graphique de certaines séries chronologiques déjà illustrées indique que les périodes allant de 1987 à 1993 et 2003-2004 ont été principalement plus froides que la normale et que les périodes de 1999-2000 et allant de 2010 à 2018 ont été plus chaudes que la normale (figure 37). La période s'échelonnant entre 1979 et 1986 a également eu tendance à être plus chaude que la normale. Il est évident que 2012 a été une année exceptionnelle selon ces séries, avec 17 valeurs supérieures à deux ET. En 2018, 18 des 19 séries ont affiché des anomalies positives (il n'y avait pas de données pour trois séries); 15 variables se situaient à plus d'un ET au-dessus de leurs valeurs normales. De ce nombre, sept présentaient plus de

deux ET au-dessus de la normale et une, plus de trois ET au-dessus de la normale (bassin de Georges profond, lequel affichait une valeur record). En 2018, l'anomalie normalisée moyenne (médiane) était de 1,7 (1,6 ET), la quatrième plus élevée de la série de 49 ans. Ces statistiques indiquent que 2018 a été une année extrêmement chaude, avec une répartition assez uniforme des anomalies positives dans toute la région.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient tous ceux qui ont fourni des données, en particulier Mathieu Ouellet, du Groupe de gestion des données scientifiques intégrées à Ottawa, et Sarah Scouten, de la Station biologique de St. Andrews pour les données de St. Andrews et Prince 5 et Adam Drozdowski, pour les données sur les SST à Halifax. Ils remercient également Frederic Cyr (Secteur des sciences du MPO, Région de Terre-Neuve) et Peter Galbraith (Secteur des sciences du MPO, Région du Québec) d'avoir examiné le document et d'avoir formulé des commentaires qui ont permis de l'améliorer.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Barnett, T. 1984. The estimation of "global" sea level change: A problem of uniqueness, J. Geophys. Res. 89: 7980–7988.
- Brickman, D., Hebert, D., and Wang, Z. 2018. <u>Mechanism for the recent ocean warming events</u> on the Scotian Shelf of eastern Canada. Cont. Shelf Res., 156:11–22.
- Brickman, D., Wang, Z., and DeTracey, B. 2015. <u>Variability of current streams in Atlantic</u> <u>Canadian waters: A model study</u>. Atmosphere-Ocean Vol. 54, Iss. 3, 2016.
- Casey, K.S., Brandon, T.B., Cornillon, P., and Evans, R. 2010. <u>The past, present and future of the AVHRR Pathfinder SST Program</u>; pp. 273–287. In: Oceanography from space: Revisited. Edited by V. Barale, J.F.R. Gower, and L. Alberotanza. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Colbourne, E., Narayanan, S., and Prinsenberg, S. 1994. Climatic changes and environmental conditions in the Northwest Atlantic, 1970–1993. ICES Mar. Sci. Symp. 198: 311–322.
- Craymer, M.R., Henton, J., Piraszewski, M., and Lapelle, E. 2011. An updated GPS velocity field for Canada, EOS Transactions, AGU, 92(51), Fall Meeting Supplement, Abstract G21A-0793.
- Cyr, F., Colbourne, E., Holden, J., Snook, S., Han, G., Chen, N., Bailey, W., Higdon, J., Lewis, S., Pye, B. et D. Senciall. 2019. Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador en 2017. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/051. iv + 62 p.
- Dever, M., Hebert, D., Greenan, B.J.W., Sheng, J. and Smith, P.C. 2016. Hydrography and Coastal Circulation along the Halifax Line and the Connections with the Gulf of St. Lawrence, Atmos-Ocean, 54:199–217.
- Dever, M. 2017. Dynamics of the Nova Scotia Current and Linkages with Atlantic Salmon Migration Patterns over the Scotian Shelf, Ph.D. Thesis, Dalhousie University.
- Drinkwater, K.F. 1996. Climate and oceanographic variability in the Northwest Atlantic during the 1980s and early-1990s. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 18: 77–97.
- Drinkwater, K.F., and Trites, R.W. 1987. Monthly means of temperature and salinity in the Scotian Shelf region. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1539.

- Galbraith, P.S., Larouche, P., Chassé, J., and Petrie, B. 2012. Sea-surface temperature in relation to air temperature in the Gulf of St. Lawrence: Interdecadal variability and long-term trends. Deep Sea Res. Part II Vol. 77–80: 10–20.
- Galbraith, P.S., Chassé, J., Caverhill, C., Nicot, P., Gilbert, D., Lefaivre, D. et Lafleur, C. 2018. Conditions océanographiques physiques dans le golfe du Saint-Laurent en 2017. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/050. v + 82 p.
- Gatien, M.G. 1976. A study in the slope water region south of Halifax. J. Fish Res. Board Can. 33, 2213–2217.
- Gilbert, D., Sundby, B., Gobriel, C., Mucci, A., and Tremblay, G.-H. 2005. A seventy-two-year record of diminishing deep-water oxygen in the St. Lawrence estuary: The northwest Atlantic connection. Limnol. Oceanogr. 50: 1654–1666.
- Hebert, D., Pettipas, R., Brickman, D., and Dever, M. 2014. Meteorological, sea ice and physical oceanographic conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine during 2013. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/070.
- Hong, B.G., Sturges, W., and Clarke, A.J. 2000. Sea level on the U.S. East Coast: Decadal variability caused by open ocean wind-curl forcing. J. Phys. Oceanogr. 30: 2088–2098.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, M.R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K.C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R., and Joseph, D. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 437–470.
- MPO. 2019. Conditions océanographiques dans la zone Atlantique en 2018. Secr. Can. De consult. Sci du MPO, Avis sci. 2019/034.)
- NOAA. 2019. Monthly climatic data for the world. Prepared in cooperation with the World Meteorological Organization. National Climate Data Center, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, NOAA, Asheville, NC. Vol. 71 (2017-01 to 2017-12). ISSN 0027-0296.
- Petrie, B. 2007. Does the North Atlantic Oscillation affect hydrographic properties on the Canadian Atlantic continental shelf? Atmos.-Ocean 45(3): 141–151.
- Petrie, B., Drinkwater, K., Gregory, D., Pettipas, R., and Sandström, A. 1996. Temperature and salinity atlas for the Scotian Shelf and the Gulf of Maine. Can. Data. Rep. Hydrog. Ocean Sci. 171.
- Petrie, B., Pettipas, R., and Petrie, W. 2009. An Overview of Meteorological, sea ice and physical oceanographic conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine during 2008. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/041.
- Rogers, J.C. 1984. The association between the North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation in the Northern Hemisphere. Mon. Wea. Rev. 112: 1999–2015.
- Rossby, T., Flagg, C.N., Donohue, K., Sanchez-Franks, A., and Lillibridge, J. 2014. On the long-term stability of Gulf Stream transport based on 20 years of direct measurements. Geophys. Res. Lett. Vol. 41: 114–120.
- Vincent, L.A., Wang, X.L., Milewska, E.J., Wan, H., Yang, F., and Swall, V. 2012. A second generation of homogenized Canadian monthly surface air temperature for climate trend analysis. J. Geophys. Res., Vol. 177, Issue D18.

Wang, Z., Brickman, D., Greenan, B.J., Yashayaev, I. 2016. An abrupt shift in the Labrador Current System in relation to winter NAO events, J. Geophys. Res.,Vol. 121, Issue 5338-5440.

TABLEAUX

Tableau 1. Anomalies de la température annuelle moyenne de l'air en 2018 en degrés et anomalies normalisées (par rapport à la climatologie pour la période allant de 1981 à 2010) et ET des anomalies mensuelles pour le plateau néo-écossais et le golfe du Maine.

	Anoma	alie annuelle	Climatologie pour 1981-2010			
Site	Observée (°C)	Normalisée (ET)	Moyenne (°C)	ET (°C)		
Sydney	+0,28	+0,34	5,87	0,81		
Île de Sable	+0,54	+0,79	7,88	0,68		
Shearwater (Halifax)	+0,80	+1,18	6,99	0,74		
Yarmouth	+0,75	+1,24	7,16	0,62		
Saint-Jean	+0,17	+0,20	5,19	0,74		
Boston	+0,78	+1,30	10,91	0,60		

Tableau 2. Anomalies de la SST en 2018 et statistiques sur la SST à long terme, incluant le changement de température entre 1982 et 2018 d'après la tendance linéaire.

Site	Anomalie de la SST en 2017 (°C)	Anomalie normalisée de la SST en 2017	SST annuelle moyenne en 1981 à 2010 (°C)	Anomalie annuelle normalisée de la SST en 1981 à 2010 ET (°C)	Tendance de la température en 1982 à 2017 (°C/décennie)
Détroit de Cabot	-0,4	-0,6	5,9	0,6	0,3
Est du plateau néo-écossais	+0,1	+0,2	7,1	0,7	0,4
Centre du plateau néo-écossais	+1,1	+1,6	8,5	0,7	0,6
Banc Western	+1,1	+1,3	8,9	0,8	0,6
Ouest du plateau néo-écossais	+1,2	+2,0	8,1	0,6	0,5
Haut-fond Lurcher	+1,1	+1,6	7,2	0,7	0,4
Baie de Fundy	+1,3	+2,0	7,2	0,6	0,6
Banc de Georges	+0,5	+1,0	10,0	0,5	0,4

FIGURES



Figure 1. Carte du plateau néo-écossais et du golfe du Maine montrant les stations hydrographiques (cercles blancs), les sections standards (lignes rouges) et les caractéristiques topographiques. Les lignes pointillées indiquent les limites des divisions de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest. L'encart présente les grandes caractéristiques de la circulation. Les stations de mesure de la température de l'air de Sydney (S), Yarmouth (Y), Saint-Jean (SJ) et Boston (B) sont désignées par une lettre.



Figure 2. Anomalies de l'indice de l'oscillation nord-atlantique défini comme étant la différence de pression au niveau de la mer en hiver (décembre, janvier, février) entre les Açores et l'Islande, par rapport à la moyenne enregistrée pour la période allant de 1981 à 2010. Les lignes tiretées (panneau du haut) représentent un écart-type de ± 0,5. Les panneaux du bas montrent la pression atmosphérique au niveau de la mer moyenne de décembre à février pour la période allant de 1981 à 2010 (panneau du bas à gauche) et la pression atmosphérique au niveau de la mer moyenne enregistrée entre décembre 2017 et février 2018 (panneau du bas à droite) sur l'Atlantique Nord (images fournies par la division des sciences physiques de la NOAA/ Laboratoire de recherche sur le système terrestre (ESRL), Boulder Colorado, à partir de son <u>site Web</u>.



Figure 3. Anomalies annuelles de la température de l'air (°C) au-dessus de l'Atlantique Nord-Ouest par rapport aux moyennes enregistrées entre 1981 et 2010; les données ont été obtenues du <u>site Internet de</u> <u>la NOAA</u> [consulté le 5 février 2019]. (Images fournies par la division des sciences physiques de la NOAA/ESRL, Boulder Colorado, à partir de son <u>site Web</u>).



Figure 4. Anomalies saisonnières de la température de l'air (°C) au-dessus de l'Atlantique Nord-Ouest par rapport aux moyennes enregistrées entre 1981 et 2010; les données ont été obtenues du <u>site Internet de</u> <u>la NOAA</u> [consulté le 5 février 2019]. (Images fournies par la division des sciences physiques de la NOAA/ESRL, Boulder Colorado, à partir de son <u>site Web</u>).



Figure 5. Anomalies mensuelles de la température de l'air (°C) pour 2017 et 2018 (JMMJSN sur l'axe des abscisses représentent janvier, mars, mai, juin, septembre, et novembre) aux sites côtiers de la région du plateau néo-écossais et du golfe du Maine (voir les emplacements à la figure 1). Les anomalies sont codées par couleur en fonction du nombre d'écarts-types supérieurs ou inférieurs à la normale, par rapport aux statistiques mensuelles.



Figure 6. Anomalies annuelles de la température de l'air en °C (ligne tiretée) et moyennes mobiles quinquennales (ligne pleine) à certains endroits (Sydney, île de Sable, Shearwater, Yarmouth, Saint-Jean et Boston) dans la région du plateau néo-écossais et du golfe du Maine (années 1860 à 2018). Les lignes horizontales tiretées représentent plus ou moins 0,5 écart-type pour la période allant de 1981 à 2010.



Figure 7. Les contributions de chacune des anomalies annuelles de la température de l'air pour six sites du plateau néo-écossais et du golfe du Maine (Boston, Saint-Jean, Yarmouth, Shearwater, île de Sable, et Sydney) sont présentées sous forme de diagramme à barres empilées, et l'anomalie moyenne sous forme de ligne. Les anomalies font référence à la période allant de 1981 à 2010.



Figure 8. Zones du plateau néo-écossais et du golfe du Maine utilisées pour extraire les températures de la surface de la mer : détroit de Cabot, est du plateau néo-écossais, banc Western, centre du plateau néo-écossais, ouest du plateau néo-écossais, banc de Georges, haut-fond Lurcher, et baie de Fundy).



Figure 9. Anomalies mensuelles de la température de la surface pour 2017 et 2018 dans les régions illustrées à la figure 8. Les couleurs des barres représentent les anomalies normalisées.



Figure 10. Anomalies annuelles normalisées de la température de la surface de la mer dérivées de l'imagerie satellite comparées à leurs moyennes mensuelles à long terme (huit sous-zones du plateau néo-écossais et du golfe du Maine – détroit de Cabot, est du plateau néo-écossais, centre du plateau néo-écossais, banc Western, ouest du plateau néo-écossais, haut-fond Lurcher, baie de Fundy et banc de Georges – figure 8).



Figure 11. Charges premières (ACP 1 : 82 % de la variance) et secondes (ACP 2 : 7 % de la variance) à partir d'une analyse en composantes principales des anomalies annuelles moyennes de la température pour les huit sous-zones du plateau néo-écossais et du golfe du Maine (détroit de Cabot, est du plateau néo-écossais, banc Western, centre du plateau néo-écossais, ouest du plateau néo-écossais, banc de Georges, haut-fond Lurcher, et baie de Fundy – figure 8).



Figure 12. Anomalies annuelles de la température de la surface (ligne pointillée et cercles) et leurs moyennes mobiles quinquennales (ligne noire épaisse) pour : (A) port d'Halifax et (B) St. Andrews, avec une moyenne annuelle selon la profondeur (0 - 90 m), (C) anomalies de la température, (D) anomalies de la salinité et (E) anomalies de la densité pour la station de surveillance de Prince 5, à l'embouchure de la baie de Fundy. Les lignes horizontales tiretées représentent la moyenne plus et moins 0,5 écart-type.



Figure 13. Cycle annuel de la température (panneau du haut), de la salinité (panneau du milieu), de la densité (panneau du bas) en 2018, et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite) pour la station de surveillance de Prince 5, à l'embouchure de la baie de Fundy. Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.



Figure 14. Cycle annuel de la température (panneau du haut), de la salinité (panneau du milieu), de la densité (panneau du bas) en 2018, et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite) pour la station 2, Halifax. Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.



Hudson 2018-004, du 6 au 24 avril, 2018, 85 Stations

Figure 15. Relevés pour l'échantillonnage en 2018 sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine au printemps (panneau du haut) et à l'automne (panneau du bas).

63°O

62'0

61'0

60'0

64°O

59'0

58'0

570

56'0

70°O

69°O

68'0

67 0

66'0

65 0



Figure 16. Échantillonnage en 2018 dans la section du détroit de Cabot au printemps (trois panneaux du haut) et à l'automne (trois panneaux du bas). Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe), densité (panneau du bas dans chaque groupe), et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.



Figure 17. Échantillonnage en 2018 dans la section de Louisbourg au printemps (trois panneaux du haut) et à l'automne (trois panneaux du bas). Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe), densité (panneau du bas dans chaque groupe), et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.



Figure 18. Échantillonnage en 2018 dans la section d'Halifax au printemps (trois panneaux du haut) et à l'automne (trois panneaux du bas). Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe), densité (panneau du bas dans chaque groupe), et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.



Figure 19. Échantillonnage en 2018 dans la section du banc de Browns au printemps (trois panneaux du haut) et à l'automne (trois panneaux du bas). Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe), densité (panneau du bas dans chaque groupe), et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.



Figure 20. Zones du plateau néo-écossais et de l'est du golfe du Maine affichant différentes masses d'eau : détroit de Cabot, banc de Misaine, bassin d'Émeraude, haut-fond Lurcher, bassin de Georges.



Figure 21. Série chronologique des anomalies de la température annuelle moyenne (ligne tiretée avec cercles) et anomalies filtrées à l'aide de la moyenne mobile quinquennale (ligne noire épaisse) sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine à : (A) détroit de Cabot, à 200 à 300 m, (B) banc de Misaine, à 100 m, (C) bassin d'Émeraude, à 250 m, (D) haut-fond Lurcher, à 50 m, et bassin de Georges, à 200 m (voir la figure 20 pour les emplacements des régions). Les lignes horizontales tiretées représentent la moyenne plus et moins 0,5 écart-type.



Figure 22. Emplacements de l'échantillonnage de la conductivité, de la température et de la profondeur (CTP) pendant le relevé estival de 2018 (14 et 28 juillet).



Figure 23. Cartes des températures au fond en juillet (panneau du haut) et anomalies (panneau du bas; par rapport à la période allant de 1981 à 2010) pour 2018. Les divisions 4Vn, 4Vs, 4X, et 4W de l'OPANO sont illustrées.



Figure 24. Série chronologique des anomalies de la température au fond au mois de juillet (lignes minces avec cercles) et séries filtrées à l'aide de la moyenne mobile quinquennale (ligne épaisse) pour les divisions de l'OPANO : (A) 4Vn, (B) 4Vs, (C) 4W et (D) 4X. (E) Série chronologique du volume de la couche intermédiaire froide (CIF; définie comme étant les eaux affichant une température inférieure à 4 °C) sur le plateau néo-écossais d'après le relevé de recherche estival du MPO. Seule la division 4X a été échantillonnée suffisamment pour qu'on puisse calculer les températures au fond. La ligne horizontale pleine représente le volume moyen de la CIF pour la période allant de 1981 à 2010, et les lignes tiretées représentent ± 0,5 écart-type.



Figure 25. Anomalies annuelles moyennes de l'indice de stratification (gradient de densité entre 0 et 50 m) (ligne noire tiretée avec cercles) et moyennes mobiles quinquennales (ligne pleine noire épaisse) rapportées à la moyenne sur le plateau néo-écossais. Les estimations des erreurs types pour chaque valeur des anomalies annuelles sont également illustrées. La tendance linéaire (ligne rouge) indique un changement dans la différence de densité entre 0 et 50 m de 0,35 kg m⁻³ sur 50 ans.



Figure 26. Anomalies de la température de la surface (panneau du bas) et de la salinité (panneau du haut) annuelles moyennes (ligne tiretée noire avec cercles) et moyennes mobiles quinquennales (ligne pleine noire épaisse) rapportées à la moyenne sur le plateau néo-écossais. Les estimations des erreurs types pour chaque valeur des anomalies annuelles sont également illustrées. La tendance linéaire (ligne rouge) indique un réchauffement de 0,96 °C et une dessalure de 0,16 sur une période de 50 ans.



Figure 27. Anomalies annuelles moyennes de l'indice de stratification (gradient de densité entre 0 et 50 m) en 2018 sur le plateau néo-écossais. Les zones en gris montrent les régions pour lesquelles on ne disposait pas de données en 2018.



Figure 28. Série chronologique des moyennes mensuelles (ligne grise) et moyennes mobiles quinquennales (ligne noire) de l'élévation relative du niveau de la mer à Yarmouth (panneau du haut), Halifax (panneau du milieu), et North Sydney (panneau du bas), de pair avec la tendance linéaire (ligne rouge) enregistrée au cours de la période d'observation.



Figure 29. Tendance linéaire du niveau relatif résiduel de la mer (valeurs mensuelles observées pour la période allant de 1981 à 2010) rapportée à la moyenne de l'estimation annuelle pour Yarmouth (ligne bleue avec losanges), Halifax (ligne verte avec triangles), et North Sydney (ligne rouge avec carrés).



Figure 30. Bathymétrie de domaine du modèle de l'Atlantique Nord de l'IOB avec couleurs allant du rouge (en profondeur) au bleu (eaux peu profondes).



Figure 31. Circulation climatologique annuelle rapportée à la moyenne de la profondeur illustrant les principaux régimes d'écoulement entre le sud du golfe du Saint-Laurent et le golfe du Maine et les sous-sections pour lesquelles des calculs sur les transports ont été effectués (cyan). CS = détroit de Cabot; HFX = Halifax; CSI = île du cap de Sable/banc de Browns; NEC = chenal nord-est.







Figure 32. Anomalies normalisées du transport mensuel pour la période allant de 1999 à 2018 pour quatre sections des Maritimes : (en haut) le littoral ouest du détroit de Cabot (CS); (au milieu) le littoral d'Halifax (HFX) et le rebord du plateau; (en bas) le littoral de l'île du cap de Sable (CSI) et le chenal nordest (NEC). Les chiffres présentés sur la droite sont les moyennes mensuelles et les écarts-types.



Figure 33. Anomalies annuelles du transport mises à l'échelle à l'aide de l'écart-type (ET) pour les variables présentées aux figures 32 et 35 pour la période s'échelonnant entre 1999 et 2018 (panneau du haut). Les chiffres présentés sur la droite sont les moyennes annuelles et les ET. Remarque : le débit entrant dans le chenal nord-est (NEC) a été omis, car il ne s'agit pas d'une variable indépendante. CS = détroit de Cabot; HFX = Halifax; CSI = île du cap de Sable/banc de Browns; NEC = chenal nord-est.

Transport (SV)												
Mois/Année	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total général
12	-0,46	-0,59	-0,58	-0,33	-0,50	-0,83	-0,42	-0,53	-0,82	-0,40		-0,55
11	-0,22	-0,34	-0,52	-0,49	-0,43	-0,30	-0,50	-0,38	-0,57	-0,21		-0,40
10	-0,22	-0,51	-0,36	-0,30	-0,32	-0,22	-0,21	-0,17	-0,40	-0,33		-0,30
9	-0,43	-0,21	-0,30	-0,12	-0,14	-0,03	-0,17	-0,13	-0,20	-0,28	-0,25	-0,21
8	-0,40	-0,26	-0,32	-0,23	-0,13	-0,08	-0,12	-0,18	-0,27	-0,05	-0,22	-0,21
7	-0,04	-0,29	-0,39	-0,37	-0,11	-0,15	-0,07	-0,22	-0,31	-0,23	-0,34	-0,23
6		-0,31	-0,54	-0,40	-0,09	-0,16	-0,28	-0,35	0,05	-0,28	-0,23	-0,26
5		-0,33	-0,52	-0,43	-0,22	-0,12	-0,26	0,04	-0,23	-0,35	-0,32	-0,27
4		-0,34	-0,33	-0,48	-0,23	-0,37	-0,39	-0,32	-0,31	-0,33	-0,35	-0,35
3		-0,48	-0,47	-0,55	-0,64		-0.53	-0,63	-0,40	-0,79	-0,31	-0,53
2		-0,66	-0,68	-0,85	-0,59	-0,64	-0,44	-0,62	-0,46	-0,88	-0,66	-0,65
1		-0,80	-0,65	-0,67	-0,38	-0,60	-0.45	-0,74	-0,60	-0.71	-0,78	-0,64
Total général	-0,30	-0,43	-0,47	-0,43	-0,32	-0,32	-0,32	-0,35	-0,38	-0,40	-0,38	-0,38

Figure 34. Transport mensuel (1 SV = 10⁶ m³ s⁻¹) durant la période allant de 2008 à 2018 pour le courant de la Nouvelle-Écosse, au sud d'Halifax, selon les mesures prises grâce à l'ADCP. Les transports négatifs sont en direction du sud-ouest. Les transports mensuels sont codés à l'aide de couleurs en bleu s'ils se situent au-dessus (moins au sud-ouest) ou en rouge s'ils se situent en-dessous (plus au sud-ouest) de la moyenne mensuelle des observations pendant la période d'observation (les chiffres sont présentés sur la droite) de plus d'un demi écart-type.



Figure 35. Anomalies normalisées du ratio des débits entrants dans le golfe du Maine (GoM) pour les années allant de 1999 à 2018. Les chiffres présentés sur la droite sont les moyennes mensuelles et les écarts-types. CSI = île du cap de Sable; NEC = chenal nord-est.



Figure 36. Somme des anomalies normalisées pour la période allant de 1999 à 2018, pour les variables présentées à la figure 33.



Figure 37. Anomalies annuelles normalisées de la température au fond à des profondeurs précisées dans la région du plateau néo-écossais et du golfe du Maine. Ces anomalies reposent sur les moyennes enregistrées entre 1981 et 2010 divisées par l'écart-type. Les couleurs bleues indiquent des anomalies inférieures à la normale, et les couleurs rouge et violet (pour 2012, l'échelle des couleurs a dû être élargie au-dessus de + 3,5 écart-type et on a utilisé des zones ombrées violettes) indiquent des anomalies supérieures à la normale. Les points blancs représentent des années où des creux et des pics record ont été observés pour chaque paramètre. Le gris représente un manque de données.



ANNEXE

Figure A1. Échantillonnage réalisé en 2018 dans la section du détroit de Cabot en hiver (trois panneaux du haut à gauche), en été (trois panneaux du bas à gauche) et à l'automne (trois panneaux du bas à droite) dans le cadre de l'exécution du PMZA pour la Région de Québec. Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe), et densité (panneau du bas dans chaque groupe) et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.



À l'aplomb du banc de Sainte-Anne : Du 18 avril 2018 au 21 avril 2018

Figure A2. Échantillonnage réalisé en 2018 dans la section du banc de Sainte-Anne au printemps (trois panneaux du haut) et à l'automne (trois panneaux du bas) dans le cadre de l'exécution du PMZA pour les Maritimes. Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe) et densité (panneau du bas dans chaque groupe) et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.



Figure A3. Échantillonnage réalisé en 2018 dans la section de l'embouchure du chenal Laurentien au printemps (trois panneaux du haut) et à l'automne (trois panneaux du bas) dans le cadre de l'exécution du PMZA pour les Maritimes. Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe) et densité (panneau du bas dans chaque groupe), et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.



Figure A4. Échantillonnage réalisé en 2018 dans la section d'Halifax au printemps dans le cadre de l'exécution du PMZAO pour les Maritimes. Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe) et densité (panneau du bas dans chaque groupe), et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.



Figure A5. Échantillonnage réalisé en 2018 dans la section du chenal nord-est au printemps dans le cadre de l'exécution du PMZA pour les Maritimes. Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe), et densité (panneau du bas dans chaque groupe) et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.



Figure A6. Échantillonnage réalisé en 2018 pour la section de Portsmouth (panneaux du haut) et de Yarmouth (panneaux du bas) au printemps (panneaux de gauche) et à l'automne (panneaux de droite) dans le cadre de l'exécution du PMZA. Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe), et densité (panneau du bas dans chaque groupe) et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.