



Pêches et Océans  
Canada

Fisheries and Oceans  
Canada

Sciences des écosystèmes  
et des océans

Ecosystems and  
Oceans Science

## **Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)**

---

**Document de recherche 2020/022**

**Région des Maritimes**

### **Conditions météorologiques, de la glace de mer et de l'océanographie physique sur la plate-forme Néo-Écossaise et dans le golfe du Maine en 2017**

D. Hebert, R. Pettipas et D. Brickman

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

---

## Avant-propos

La présente série documente les bases scientifiques pour l'évaluation des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite ainsi 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](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 météorologiques, de la glace de mer et de l'océanographie physique sur la plate-forme Néo-Écossaise et dans le golfe du Maine en 2017. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2020/022. iv + 55 p.

### **Also available in English:**

*Hebert, D., Pettipas, R., and Brickman, D. 2020. Meteorological, Sea Ice and Physical Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine During 2017. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/022. iv + 54 p.*

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ .....	IV
INTRODUCTION .....	1
OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES .....	1
INDICE DE L'OSCILLATION NORD-ATLANTIQUE .....	1
TEMPÉRATURES DE L'AIR .....	2
TEMPÉRATURE DE LA SURFACE DE LA MER MESURÉE PAR TÉLÉDÉTECTION .....	3
OBSERVATIONS DE LA GLACE DE MER .....	4
RÉGION DE L'ATLANTIQUE .....	4
PLATE-FORME NÉO-ÉCOSSAISE .....	5
TEMPÉRATURES ET SALINITÉ CÔTIÈRES .....	5
SECTIONS STANDARD .....	6
TEMPÉRATURES SUR LA PLATE-FORME NÉO-ÉCOSSAISE ET DANS LE GOLFE DU MAINE .....	6
TEMPÉRATURES DURANT LES RELEVÉS AU CHALUT DE L'ÉCOSYSTÈME .....	7
RELEVÉ HIVERNAL .....	8
RELEVÉ ESTIVAL .....	8
STRATIFICATION DE LA DENSITÉ .....	9
NIVEAU DE LA MER .....	9
CALCULS À PARTIR DU MODÈLE DE SIMULATION NUMÉRIQUE .....	10
VARIATION DES TRANSPORTS DANS LA RÉGION DE LA PLATE-FORME NÉO-ÉCOSSAISE ET DANS LE GOLFE DU MAINE .....	11
SOMMAIRE .....	12
REMERCIEMENTS .....	13
RÉFÉRENCES CITÉES .....	13
TABLEAUX .....	16
FIGURES .....	17

---

## RÉSUMÉ

En 2017, l'indice de l'oscillation nord-atlantique se situait près de la normale comparativement à la moyenne enregistrée entre 1981 et 2010 (+2,7 mb +0,3 écart-type), mais était significativement plus faible qu'en 2015, où l'on a observé la valeur la plus élevée en 122 ans d'enregistrements annuels. Les anomalies de la température annuelle moyenne de l'air étaient positives à tous les sites examinés, avec des valeurs s'échelonnant entre +0,5 °C (+0,8 écart-type) et +1,0 °C (+1,4 écart-type) au-dessus de la climatologie. Des anomalies annuelles positives de la température de la surface de la mer (SST) observée par satellite ont prévalu dans toute la région, avec des valeurs s'échelonnant entre +0,7 °C (+1,2 écart-type) dans le détroit de Cabot et +1,9 °C (+3,0 écart-type) dans l'ouest de la plate-forme Néo-Écossaise. Après des conditions supérieures à la moyenne en 2015, la glace de mer en 2016 et 2017 est revenue à des conditions semblables à celles observées entre 2010 et 2013, caractérisées par une couverture et un volume extrêmement faibles. Aux sites de surveillance côtière à long terme de St. Andrews (Nouveau-Brunswick) et d'Halifax (Nouvelle-Écosse), on a enregistré en 2017 des anomalies annuelles de la SST de +0,8 °C (+1,5 écart-type) et de +0,7 °C (+1,0 écart-type), respectivement. À d'autres sites choisis dans la région, les anomalies annuelles de la température de l'eau étaient positives en 2017 : +1,1 °C (+3,3 écart-type) pour le détroit de Cabot à une profondeur de 200 à 300 m (la deuxième anomalie en importance; 2016 était la plus importante); +0,4 °C (+0,7 écart-type) pour le banc de Misaine Néo à 100 m; +1,5 °C (+1,8 écart-type) pour le bassin d'Émeraude à 250 m (la deuxième plus élevée, avec un pic record en 2016); +1,6 °C (+3,0 écart-type) pour le bassin de Georges à 200 m (pic record dépassant celui de 2016). Les anomalies des températures au fond dans les divisions 4VWX de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) étaient toutes positives en 2017, allant de +0,7 °C (+1,6 écart-type) dans la division 4Vn à +1,6 °C (+2,2 écart-type) dans la division 4X. La stratification sur la plate-forme Néo-Écossaise était à peu près la même qu'en 2016 où la dessalure à la surface était compensée par le refroidissement de la surface. Depuis 1948, la stratification a lentement augmenté sur la plate-forme Néo-Écossaise, principalement en raison de la dessalure et du réchauffement (moitié-moitié) des eaux superficielles. Un indice composite, composé de 18 séries chronologiques des températures de la mer de la surface au fond à l'échelle de la région, révèle que 2017 était la troisième année la plus chaude en 48 ans (2012 était la plus chaude), avec une anomalie moyenne normalisée de +1,7 écart-type par rapport à la période allant de 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 2017 sur la plate-forme Néo-Écossaise, 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 monitoring de la zone atlantique (PMZA) (voir Colbourne *et al.* 2017; Galbraith *et al.* 2017) et qui, ensemble, servent de base à un avis scientifique sur la zone (MPO 2018). 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. Si les données le permettent, les moyennes à long terme et les écarts-types sont calculés pour la période de référence de 30 ans, 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 la plate-forme Néo-Écossaise, dans la baie de Fundy et dans le golfe du Maine sont déterminées par de nombreux processus : le transfert de chaleur entre l'océan et l'atmosphère; le débit entrant provenant du golfe du Saint-Laurent complété par l'apport de la plate-forme de Terre-Neuve; les échanges avec les eaux du talus en mer; le mélange local; le ruissellement d'eau douce; les précipitations directes et la fonte de la glace de mer. Le courant de la Nouvelle-Écosse représente le débit entrant dominant; il provient du golfe du Saint-Laurent et entre 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 de la plate-forme Néo-Écossaise et poursuit son chemin 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 la plate-forme. 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 plate-forme présentent des cycles saisonniers importants, avec des gradients le long et en travers des plates-formes, et varient 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 des pressions atmosphériques au niveau de la mer en hiver (décembre, janvier et février) entre les Açores et l'Islande (Rogers 1984), et c'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, 2009–2015), Santa Maria (1998–2005) et Lajes (2006–2008) 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 la plate-forme continentale 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, de la plate-forme continentale 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 la plate-forme continentale de Labrador-Terre-Neuve, dans le golfe du Saint-Laurent et à l'est de la plate-forme Néo-Écossaise, et plus chaudes (plus froides) que la normale dans la partie centrale et occidentale de la plate-forme Néo-Écossaise et dans le golfe du Maine.

En 2017, l'indice de l'oscillation nord-atlantique en hiver était proche de la normale, s'établissant à +2,7 mb (+0,3 écart-type) 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 122 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 2017 par rapport à la moyenne enregistrée pour la période allant de 1981 à 2010. La dépression islandaise était légèrement inférieure à la moyenne à long terme, tandis que l'anticyclone des Açores était normal. 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 [site Web interactif](#) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA 2018) des États-Unis [consulté en novembre 2018]. En 2017, les anomalies annuelles se situaient au-dessus de la normale sur la plate-forme Néo-Écossaise et dans le golfe du Maine (figure 3). L'anomalie saisonnière a été supérieure à la normale durant l'hiver, l'été et l'automne 2017 sur la plate-forme Néo-Écossaise 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 2016 et 2017 par rapport aux moyennes enregistrées entre 1981 et 2010 à six sites dans la région de la plate-forme néo-écossaise et du golfe du Maine sont présentées à la figure 5. Les données sur la température mensuelle moyenne aux sites canadiens proviennent des [données climatiques canadiennes ajustées et homogénéisées \(DCCA\)](#) d'Environnement Canada [consultées en novembre 2018], 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 [site Web d'Environnement Canada](#) [consulté en novembre 2018] ont été utilisées, et les anomalies sont 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 pour l'île de Sable. Des moyennes mensuelles tirées des [Monthly Climatic Data for the World](#) [consulté en novembre 2018] (NOAA 2018) ont été utilisées pour Boston. En général, les données recueillies à tous les sites montrent que 2017 a connu des températures légèrement supérieures à la normale en hiver (sauf en mars) et en automne, et des températures près de la normale ou sous la normale en été et en décembre (figure 5). Les anomalies annuelles observées et normalisées pour ces stations sont énumérées au tableau 1.

---

En 2017, les anomalies annuelles moyennes de la température de l'air étaient positives à tous les sites, allant de 0,8 à 1,4 écart-type 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), +0,7 °C (+0,3 °C, +1,1 °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 de la plate-forme Néo-Écossaise 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, 95 des 118 années présentaient cinq stations ou plus auxquelles les anomalies annuelles affichaient le même signe; pendant 66 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 2017 était de +0,7 °C, ce qui en fait la neuvième année la plus chaude en 118 ans (2012 étant la plus chaude).

## TEMPÉRATURE DE LA SURFACE DE LA MER MESURÉE PAR TÉLÉDÉTECTION

L'ensemble de données Pathfinder figurant dans la base de données sur les SST de Pathfinder 5.2, avec une résolution de quatre kilomètres (Casey *et al.* 2010), s'étend de novembre 1981 à décembre 2012. Les données récentes proviennent des données sur les SST recueillies au moyen du radiomètre avancé à très haute résolution (AVHRR; résolution de 1 km) et téléchargées à partir des satellites de la NOAA et de l'EUMETSAT (European Organization for the Exploration of Meteorological Satellites) par le [groupe de télédétection opérationnel de l'Institut océanographique de Bedford \(BIO\)](#) [consulté en novembre 2018]. 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  $SST(\text{Pathfinder}) = 0,988 * SST(\text{IOB}) - 0,02$  avec un  $r^2 = 0,98$ . 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 de la plate-forme Néo-Écossaise et du golfe du Maine (figure 8) étaient au-dessus de la normale au début de 2017, puis on a enregistré une période de températures près ou en dessous de la normale, puis au-dessus de la normale à l'automne (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 2017 variaient de +0,7 °C (+1,2 écart-type) dans le détroit de Cabot à +1,9 °C (+3,0 écart-type) sur l'ouest de la plate-forme Néo-Écossaise. 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 (est et centre de la plate-forme néo-écossaise et baie de Fundy), la valeur la plus élevée observée. Une tendance similaire dans les SST mesurées à l'aide de l'AVHRR a été observée dans le golfe du Saint-Laurent

---

(Galbraith *et al.* 2012) et sur la plate-forme continentale de Terre-Neuve et du Labrador (Colbourne *et al.* 2017). 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 83 % de la variance, et toutes les charges affichaient des amplitudes semblables, c'est-à-dire 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 6 % de la variance, les charges positives observées dans la moitié de la région passant à des valeurs négatives à peu près à l'ouest du centre de la plate-forme Néo-Écossaise (figure 11). Comme l'analyse en composantes principales produit des modes orthogonaux, il n'est pas surprenant que le deuxième mode consiste à faire varier l'est et l'ouest de la plate-forme Néo-Écossaise hors phase. Ce mode explique une petite partie de la variabilité observée.

## OBSERVATIONS DE LA GLACE DE MER

Les superficies, les volumes et les étendues des glaces ont été calculés à l'aide des cartes hebdomadaires composites SIG formatées du Service canadien des glaces (SCG) d'Environnement Canada, lesquelles sont disponibles sur le [site Web du SCG](#) [consulté en novembre 2018] pour la période allant de 1962 à 2017. Une concentration de glace supérieure ou égale ( $\geq$ ) à un dixième a été obtenue pour une grille comportant des intervalles de 0,1 degré de latitude et 0,1 degré de longitude à partir de ces cartes des glaces. Les climatologies (1981–2010) de première et dernière apparition et de durée ont été générées pour chaque point de la grille où il y avait au moins cinq années de glace (figure 12) et ont été soustraites des valeurs déterminées pour 2017 pour que l'on puisse générer des cartes d'anomalies. Les points de la grille pour lesquels la climatologie comportait moins de cinq ans avec données ou pour lesquels la durée était inférieure à dix jours ont été exclus de l'analyse ultérieure. La durée de la glace de mer est fonction du nombre de semaines pendant lesquelles la glace est présente, avec une concentration minimale de 10 %. Il ne s'agit pas simplement de la date de la première présence moins la dernière présence, car la glace peut disparaître d'une zone pendant un certain temps puis réapparaître.

Les indices de la couverture de glace et du volume de la glace donnent un aperçu des différents processus physiques et biologiques. Par exemple, l'indice de la couverture de glace peut être lié au début et au maintien de la prolifération printanière du phytoplancton. En revanche, une couverture de glace identique, mais d'épaisseur différente, entraînant des volumes de glace différents, pourrait distinguer un hiver affichant des pertes de chaleur supérieures ou inférieures à la normale. Le SCG ne calcule généralement pas les estimations du volume de glace pour les eaux canadiennes. Néanmoins, nous avons estimé les volumes de glace pour la région en attribuant des épaisseurs caractéristiques à des types de glace particuliers à l'aide des estimations de l'épaisseur de la glace par stade de développement fournies par le [Service canadien des glaces](#) [consulté en novembre 2018].

## RÉGION DE L'ATLANTIQUE

La glace est apparue sur la plate-forme continentale du Labrador près de la côte en janvier, et sur le nord de la plate-forme continentale de Terre-Neuve de la mi-janvier à la mi-février. En février, de la glace s'est formée sur la plate-forme continentale de Terre-Neuve et sur les parties



---

ouest et nord du golfe du Saint-Laurent (figure 13). Sur une bonne partie de cette région, le jour de la première apparition de la glace sur les plates-formes est de Terre-Neuve et du Labrador était à peu près au niveau de la normale alors que, dans l'ouest du golfe du Saint-Laurent, il accusait un retard d'environ 15 à 30 jours par rapport à la normale. Dans l'ouest du golfe du Saint-Laurent, on a trouvé de la glace en mars, mais aucune dans l'est du golfe du Saint-Laurent au large des côtes de Terre-Neuve ou dans le sud de Terre-Neuve durant cette période. La glace est apparue environ un mois et demi plus tard que la normale à l'est de la presqu'île Avalon. Le jour de la dernière apparition de la glace était dans les normales dans l'ouest du golfe du Saint-Laurent et au large de l'est de Terre-Neuve, loin des côtes et du Labrador (figure 14). La glace a persisté durant moins de dix jours dans l'ouest du détroit de Cabot, et il n'y avait pas de glace importante dans l'est du golfe du Saint-Laurent, où la glace est normalement présente pendant environ un mois (figure 15). La durée de la couverture de glace sur la côte est de Terre-Neuve était d'environ un demi-mois plus longue que la normale et la normale au large.

### **PLATE-FORME NÉO-ÉCOSSAISE**

La plus grande partie de la glace de mer sur la plate-forme Néo-Écossaise provient du golfe du Saint-Laurent et est transportée par le détroit de Cabot par les vents du nord-ouest et les courants marins. La baie de Sydney et la côte nord-est du Cap-Breton sont généralement les seules zones fortement touchées par les glaces dans la région. En 2017, il n'y avait pas de glace à la plupart de ces endroits, alors que la glace est normalement présente pendant environ un mois selon les valeurs climatologiques (figure 12). Il y a eu très peu de glace sur la plate-forme Néo-Écossaise et dans le détroit de Cabot d'avril 2009 à 2015 (figure 16) où la couverture de glace était supérieure à la normale.

Les superficies et les volumes de glace pour 2017 sont compilés au tableau 3. Tous les mois affichaient des valeurs nettement inférieures à la normale (p. ex. valeurs climatologiques). De décembre 2016 à avril 2017, la couverture de glace (volume) sur la plate-forme Néo-Écossaise affichait la 12<sup>e</sup> (9<sup>e</sup>) valeur la plus basse en 56 (52) ans d'observations, l'année précédente affichant la 2<sup>e</sup> (3<sup>e</sup>) valeur la plus basse. Après des valeurs supérieures à la normale en 2015, les conditions de la glace sont revenues aux conditions observées au cours de la période allant de 2010 à 2013, où la couverture et le volume étaient extrêmement faibles.

### **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 17). En 2017, les anomalies des SST étaient de +0,7 °C (+1,0 écart-type) pour Halifax, soit une baisse de 0,3 °C par rapport à 2016 et de +0,8 °C (+1,5 écart-type) pour St. Andrews, soit une baisse de 0,6 °C par rapport à 2016.

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 (0–90 m) sont illustrées à la figure 17. En 2017, l'anomalie annuelle de la température était de +0,8 °C (+1,4 écart-type) et l'anomalie de la salinité de -0,1 (-0,6 écart-type). Cela représente des écarts de -0,9 °C et -0,3 par rapport aux valeurs de 2016. L'anomalie de la densité négative s'explique par l'anomalie de la température positive et l'anomalie de la salinité négative.

---

Le cycle annuel de 2017 à Prince 5 montre que les températures étaient plus chaudes que la normale au début et à la fin de l'année, avec les anomalies positives les plus importantes ( $> +2,0$  °C) à la fin de l'année, avec une faible dépendance par rapport à la profondeur (figure 18). Le minimum de salinité observé à Prince 5 est dû à l'arrivée d'une grande quantité d'eau douce dans la partie supérieure de l'océan en provenance du fleuve Saint-Jean, une source proche.

Les cycles annuels de température, de salinité et de densité en 2017 à Halifax 2 sont illustrés à la figure 19. L'anomalie de la température positive observée est due à un automne chaud et à l'advection des eaux de mer ouverte à cet endroit, notamment en profondeur. La variabilité plus marquée de la salinité est liée à la température et indique que l'eau plus chaude et plus salée du talus pénètre sur la plate-forme.

## 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 la fin de l'automne 2017 (figure 20). Comme notre relevé d'automne a été effectué environ deux mois plus tard que d'habitude, aucun graphique sur l'anomalie n'est présenté. La section du détroit de Cabot a connu des températures moyennes en mai, sauf en ce qui concerne la température maximale en profondeur (200 à 300 m), qui était supérieure à la moyenne. Les températures à la fin de l'automne étaient supérieures à la moyenne de septembre à des profondeurs de 150 à 300 m et à la pycnocline dans la moitié ouest du détroit (figure 21). Au printemps, on a constaté la présence d'eau anormalement chaude et salée au large des côtes le long de la section de Louisbourg, ce qui est une preuve de l'intrusion de l'eau du talus, alors que l'eau était froide et douce entre 50 et 100 m dans la même région à la fin de l'automne (figure 22). Les occupations de la section d'Halifax montrent que les températures en profondeur étaient anormalement chaudes dans le bassin d'Émeraude au printemps et sur le talus (figure 23). De même, de l'eau chaude et salée est encore présente dans le bassin d'Émeraude à la fin de l'automne. Sur le talus, l'eau est beaucoup plus chaude et salée. Comparativement aux sections de Louisbourg, les données rendent compte de la présence d'une eau anormalement chaude sur le talus, qui se propage le long du rebord de la plate-forme. Au printemps 2017, la section du banc de Browns présentait de l'eau anormalement froide et douce sur la plate-forme externe, laquelle pénétrait à mi-profondeur plus loin sur la plate-forme (figure 24). À la fin de l'automne, on a trouvé de l'eau anormalement chaude et salée sur la moitié externe de la plate-forme, en profondeur. Cela peut renforcer les preuves voulant que les eaux chaudes et salées se propagent le long du talus de la plate-forme Néo-Écossaise et pénètrent sur la plate-forme.

## TEMPÉRATURES SUR LA PLATE-FORME NÉO-ÉCOSSAISE ET DANS LE GOLFE DU MAINE

Drinkwater et Trites (1987) ont calculé les températures et les salinités moyennes mensuelles à partir des données disponibles collectées à l'aide de bouteilles d'échantillonnage pour 35 zones de la plate-forme Néo-Écossaise et de l'est du golfe du Maine qui correspondent généralement à des caractéristiques topographiques comme des bancs et des bassins. Petrie et ses collaborateurs (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 25) est présentée (figure 26). Les températures dans le détroit de Cabot représentent 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 Néo caractérise les températures plus

---

froides près du fond dans l'est de la plate-forme Néo-Écossaise, principalement influencées par les eaux du talus du Labrador; les anomalies de la température dans les eaux profondes du bassin d'Émeraude représentent les intrusions d'eaux plus chaudes du talus sur la plate-forme, lesquelles sont ensuite emprisonnées dans les bassins profonds intérieurs (noter les grandes anomalies « événements » à la figure 26C); les observations du haut-fond Lurcher définissent le climat océanique dans le sud-ouest de la plate-forme Néo-Écossaise et 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 Néo, le bassin d'Émeraude et le bassin de Georges, les anomalies annuelles de 2017 sont fondées sur des observations sur cinq, cinq, trois et huit mois, respectivement. Il n'y a pas eu d'observations sur le haut-fond Lurcher en 2017.

En 2017, les anomalies annuelles étaient de +1,1 °C (+3,3 écart-type) pour le détroit de Cabot à 200 à 300 m (la deuxième anomalie en importance; les troisième, quatrième et cinquième anomalies les plus importantes étaient observées respectivement en 2016, 2012, 2014 et 2015), +0,4 °C (+0,7 écart-type) pour le banc de Misaine Néo à 100 m, +1,5 °C (+1,8 écart-type) pour le bassin d'Émeraude à 250 m (la deuxième anomalie la plus importante, un pic record étant enregistré en 2016) et +1,5 °C (+2,9 écart-type) pour le bassin de Georges à 200 m (un pic record, 2016 et 2014 étant les deuxième et troisième années les plus chaudes). Ces valeurs correspondent à des variations de -0,2 °C, -0,8 °C, +0,1 °C et +0,2 °C, respectivement, par rapport aux valeurs de 2016. Les anomalies de l'oscillation nord-atlantique enregistrées en 2010 et 2011 étaient bien en deçà de la normale et, d'après des forçages atmosphériques similaires observés par le passé, notamment au milieu des années 1960, on aurait pu s'attendre à des températures plus froides en profondeur dans cette région pour 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 2017. Les anomalies des températures chaudes en profondeur ont continué d'augmenter en raison des intrusions d'eaux du talus du large.

## **TEMPÉRATURES DURANT LES RELEVÉS AU CHALUT DE L'ÉCOSYSTÈME**

Dans la Région des Maritimes, Pêches et Océans Canada (MPO) effectue chaque année deux relevés au chalut par navire scientifique (NS). Pendant l'hiver, le relevé couvre le banc de Georges, la baie de Fundy et l'ouest de la plate-forme Néo-Écossaise. 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 la plate-forme Néo-Écossaise est obtenue pendant le relevé au chalut d'été, qui couvre la plate-forme Néo-Écossaise 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 de la plate-forme.

Les températures dérivées du relevé ont été combinées et 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 standard (p. ex. 0 m, 10 m, 20 m, etc.) et près du fond. Seules les températures près du fond sont présentées ici.

---

## RELEVÉ HIVERNAL

Le relevé hivernal s'est déroulé entre le 2 et le 30 mars. Un nombre total de 48 stations de mesure de la conductivité, de la température et de la profondeur (CTP) ont été échantillonnées au cours du relevé de 2017 (figure 27). Les températures près du fond sont les plus froides sur le banc de Georges en raison des taux de mélange élevés qui font en sorte que la température près du fond est représentative des températures froides de surface en hiver (figure 28). À l'exception de la partie sud-ouest du banc de Georges, cette région présente des températures au fond anormalement chaudes, avec des anomalies atteignant  $> +2$  °C dans la région du chenal nord-est du relevé.

## RELEVÉ ESTIVAL

Le relevé de l'été 2017 s'est déroulé entre le 28 juin et le 5 août. Un nombre total de 201 stations de mesure de la conductivité, de la température et de la profondeur ont été échantillonnées (figure 29). Bien qu'on ait observé une variabilité spatiale de la température près du fond, avec les eaux plus froides de l'est de la plate-forme Néo-Écossaise, les anomalies de la température près du fond pour 2017 étaient positives sur la plus grande partie de la plate-forme (figure 30). Les températures au fond ont varié entre 4,6 °C en moyenne dans la division 4Vs de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) et 8,8 °C dans la division 4X en 2017, ce qui illustre la différence importante des conditions environnementales à l'échelle de la plate-forme. Les anomalies étaient positives pour ces divisions de l'OPANO en 2017 : +0,7 °C (+1,6 écart-type) dans la division 4Vn; +1,3 °C (+1,9 écart-type) dans la division 4Vs; +0,8 °C (+1,1 écart-type) dans la division 4W; +1,6 °C (+2,2 écart-type) dans la division 4X (figure 31A-D). Comparativement à l'année chaude record enregistrée en 2014 pour les divisions 4Vn et 4W, la division 4Vn a connu sa 8<sup>e</sup> année la plus chaude, affichant 0,5 °C de moins que la température record, et la division 4W a connu sa 12<sup>e</sup> année la plus chaude, affichant 1,2 °C de moins que la température record. 2017 a été la 5<sup>e</sup> année la plus chaude dans la division 4Vs, et 2015 a été la 2<sup>e</sup> année la plus chaude. La Division 4X a connu sa 4<sup>e</sup> année la plus chaude, affichant 0,6 °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 31). 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 pour la région allant du détroit de Cabot au cap de Sable (panneau E de la figure 31). 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 1970–1974, date centrale 1972, ont été utilisés comme données d'entrée pour la procédure de cartographie des données collectées à intervalles irréguliers 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. 1970–1974, 1971–1975, 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'écart-type (d'après les données pour la période allant de 1981 à 2010 présentées à la figure 31E) pourraient être touchés. On s'attend à ce que l'écart-type réel soit plus élevé que celui obtenu ici. Le volume de la CIF affiche une variation considérable de 1998 à 2009 (figure 31E). En 2017, le volume observé de 4 600 km<sup>3</sup> était de 0,8 écart-type de moins que la valeur moyenne de 5 500 km<sup>3</sup> enregistrée au cours de la période allant de 1981 à 2010 et était le 21<sup>e</sup> volume le plus faible en 44 ans de relevés. Le volume le plus faible a été enregistré en 2012.

---

## 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 l'efflorescence 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 densité mensuels moyens calculés pour les secteurs 4 à 23 de la plate-forme Néo-Écossaise, tels que définis par Petrie et ses collaborateurs (1996) (voir la figure 17 dans Hebert et ses collaborateurs (2014) pour la carte, et la figure 34). Les gradients de densité mensuels moyens 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 écart-type mensuel étaient qualitativement similaires aux graphiques présentés ici. Les anomalies annuelles moyennes pour l'ensemble de la plate-forme Néo-Écossaise et leurs moyennes mobiles quinquennales ont ensuite été calculées pour une combinaison pondérée selon la superficie des secteurs 4 à 23 de la plate-forme Néo-Écossaise. Une stratification de  $0,01 \text{ (kg m}^{-3}\text{)/m}$  représente une différence de  $0,5 \text{ kg m}^{-3}$  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 32). Depuis 1948, on a assisté à une augmentation de la stratification moyenne sur la plate-forme Néo-Écossaise, ce qui a entraîné un changement de la différence de densité entre 0 à 50 m de profondeur de  $0,36 \text{ kg m}^{-3}$  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 33). En 2017, la stratification a été presque la même qu'en 2016, où la dessalure de la surface (une baisse de salinité de 0,1) a été compensée par le refroidissement de la surface (une baisse de température de  $0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ). L'examen de l'anomalie de la stratification de 2017 pour les secteurs 4 à 23 de la plate-forme Néo-Écossaise montre que l'anomalie positive globale pour la plate-forme Néo-Écossaise (figure 32) est due à des anomalies positives sur la moitié intérieure de l'est de la plate-forme et la moitié extérieure de l'ouest de la plate-forme (figure 34). 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 postglaciaire 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 postglaciaire 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 (1967–2016), Halifax<sup>1</sup> (1920–2016) et North Sydney (1970–2016) est représenté sous forme de moyennes mensuelles et de séries filtrées au moyen d'un filtre de la moyenne mobile quinquennale (figure 35). La tendance linéaire des 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 postglaciaire 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. En 2017, le niveau annuel relatif de la mer par rapport à la tendance à l'élévation du niveau de la mer à Yarmouth, Halifax et North Sydney entre 1981 et 2010 a légèrement diminué par rapport à 2016, une année qui a connu une hausse après plusieurs années de baisse (figure 36). Une caractéristique intéressante des données est la variation à long terme qui s'est produite depuis les années 1920. 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 2017 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).

## CALCULS À PARTIR 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 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 37.

---

<sup>1</sup>La 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.

---

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 dans le cadre 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 DE LA PLATE-FORME NÉO-ÉCOSSAISE ET DANS LE GOLFE DU MAINE**

La circulation générale dans les mers de la plate-forme continentale 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 de la plate-forme Néo-Écossaise vers le golfe du Maine (figure 38). 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 de la plate-forme et contribue à l'apport d'eau dans le golfe du Maine au niveau du chenal nord-est. Les variations de ces courants peuvent influencer 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 la plate-forme et hors de la plate-forme 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 2017 ont été extraits de la simulation du modèle pour quatre sections 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 38). 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 la sous-section qui s'étend entre l'isobathe de 100 m et le littoral), le rebord de la plate-forme à Halifax et le débit entrant au niveau du chenal nord-est sont présentés à la figure 39. 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 un écoulement dans le golfe du Maine.

La variabilité du transport sur la plate-forme Néo-Écossaise affiche un profil assez cohérent d'anomalies annuelles pour le détroit de Cabot, Halifax (littoral et rebord de la plate-forme) et l'île du Cap de Sable/banc de Browns (figure 40). 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 de la plate-forme le long de la section d'Halifax ne présente aucune saisonnalité claire (figure 39, bien que la variabilité interannuelle soit remarquable).

Aux fins de comparaison 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 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  $58^\circ$  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  $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . 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 ( $r^2 = 0,87$ ) 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 41). 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 a été supérieur à la normale. Ces tendances sont bien simulées par le modèle, en particulier celles qui concernent les 15 derniers mois de l'enregistrement (voir le panneau sur le littoral d'Halifax de la figure 39).

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 42) 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 40), 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 2017. D'après la simulation 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 43) en additionnant les anomalies normalisées (figures 39 et 40) 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 la plate-forme, 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 1999-2000, généralement de faibles anomalies positives à partir de 2001-2007, suivies d'une alternance de fortes anomalies négatives et de fortes anomalies positives.

## SOMMAIRE

En 2017, l'indice de l'oscillation nord-atlantique est resté positif (+2,7 mb, +0,3 écart-type 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. Il y a eu très peu de glace sur la plate-forme Néo-Écossaise et dans le détroit de Cabot d'avril 2009 à 2014. Après des valeurs supérieures à la normale en 2015, la couverture de glace est depuis bien en deçà de la normale. En 2016 et 2017, la glace était à peine présente à certains endroits (détroit de Cabot, baie de Sydney et nord-est du Cap-Breton) où elle est normalement présente pendant au moins un mois selon les valeurs climatologiques. L'analyse des données satellites indique que les anomalies de la SST étaient au-dessus de la normale au début de l'année, près de la normale ou sous la normale durant la période suivante, puis au-dessus de la normale à l'automne.

Un résumé graphique de certaines séries chronologiques déjà illustrées indique que les périodes allant de 1987 à 1993 et de 2003 à 2004 ont été principalement plus froides que la normale, et que les périodes de 1999 à 2000 et de 2010 à 2017 ont été plus chaudes que la normale (figure 44). 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 14 valeurs supérieures à 2 écarts-types. En 2017, les 20 séries présentées affichaient toutes des anomalies positives; 18 variables étaient supérieures de plus d'un écart-type à leur valeur normale. De ce nombre, six présentaient plus de 2 écarts-types au-dessus de la normale et une, plus de 3 écarts-types au-dessus de la normale (détroit de Cabot profond). En 2017, l'anomalie normalisée moyenne (médiane) était de 1,7 (1,7 écart-type), la troisième plus élevée de la série de 48 ans. Ces statistiques indiquent que 2017 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, 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. [Mechanism for the Recent Ocean Warming Events on the Scotian Shelf of Eastern Canada](#). *Cont. Shelf Res.*, 156: 11-22.
- Brickman, D., Wang, Z., DeTracey, B. 2015. [Variability of Current Streams in Atlantic Canadian Waters: A Model Study](#). *Atmosphere-Ocean Vol. 54, Iss. 3*, 2016.
- Casey, K.S., Brandon, T.B., Cornillon, P., Evans, R. 2010. [The Past, Present and Future of the AVHRR Pathfinder SST Program](#); 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., Prinsenber, S. 1994. Climatic Changes and Environmental Conditions in the Northwest Atlantic, 1970-1993. *ICES Mar. Sci. Symp.* 198: 311-322.
- Colbourne, E., Holden, J., Snook, S., Han, G., Lewis, S., Senciall, D., Bailey, W., Higdon, J., and Chen, N. 2017. [Physical oceanographic conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2016](#). *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2017/079. v + 50 p.

- 
- Craymer, M.R., Henton, J., Piraszewski, M., Lapelle, E. 2011. An Updated GPS Velocity Field for Canada, EOS Transactions, AGU, 92(51), Fall Meeting Supplement, Abstract G21A-0793.
- 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. Northwest Atl. Fish. Sci. 18: 77-97.
- Drinkwater, K.F., 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., 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., Pettigrew, B., Lefavre, D., Brickman, D., Devine, L., and Lafleur, C. 2017. [Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2016.](#) DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/044. v + 91 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., 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. v + 40 p.
- Hong, B.G., Sturges, W., 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: 2088-2089.
- 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., Joseph, D. 1996. The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project. Bull. Am. Meteorol. Soc., 77, 437-470.
- MPO. 2018. [Conditions océanographiques dans la zone Atlantique en 2017.](#) Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2018/039.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2018. [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. 70 (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., Pettipas, R., and Petrie, W. 2009. [An Overview of Meteorological, Sea Ice and Sea-Surface Temperature Conditions off Nova Scotia and the Gulf of Maine during 2008.](#) DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/041. vi + 32 p.
- Petrie, B., Drinkwater, K., Gregory, D., Pettipas, R., Sandström, A. 1996. Temperature and Salinity Atlas for the Scotian Shelf and the Gulf of Maine. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 171.
-

- 
- Rogers, J.C. 1984. The Association Between the North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation in the Northern Hemisphere. *Mon. Weather Rev.* 112: 1999-2015.
- Rosby, T., Flagg, C.N., Donohue, K., Sanchez-Franks, A., 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., 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 moyenne annuelle de l'air en 2017 en degrés, et anomalies normalisées (par rapport à la climatologie pour la période allant de 1981 à 2010) et écarts-types des anomalies mensuelles pour la plate-forme Néo-Écossaise et le golfe du Maine.*

Site	Anomalie annuelle		Climatologie pour 1981–2010	
	Observée (°C)	Normalisée (écart-type)	Moyenne (°C)	Écart-type (°C)
Sydney	+0,72	+0,89	5,87	0,81
Île de Sable	+0,71	+1,04	7,88	0,68
Shearwater (Halifax)	+0,53	+0,79	6,99	0,74
Yarmouth	+0,86	+1,43	7,16	0,62
Saint-Jean	+0,96	+1,12	5,19	0,74
Boston	+0,51	+0,85	10,91	0,60

*Tableau 2. Anomalies de la SST en 2017 et statistiques sur la SST à long terme, y compris le changement de température entre 1982 et 2017 d'après la tendance linéaire.*

Site	Anomalie de la SST en 2017 (°C)	Anomalie normalisée de la SST en 2017	SST annuelle moyenne de 1981 à 2010 (°C)	Écart-type de l'anomalie annuelle de la SST normalisée de 1981 à 2010 (°C)	Tendance de la température entre 1982 et 2017 (°C/décennie)
Détroit de Cabot	+0,7	+1,2	5,9	0,6	0,3
Est de la plate-forme Néo-Écossaise	+1,3	+1,9	7,1	0,7	0,5
Centre de la plate-forme Néo-Écossaise	+1,6	+2,3	8,5	0,7	0,6
Banc Western	+1,4	+1,6	8,9	0,8	0,6
Ouest de la plate-forme Néo-Écossaise	+1,9	+3,0	8,1	0,6	0,5
Haut-fond Lurcher	+1,3	+1,9	7,2	0,7	0,4
Baie de Fundy	+1,6	+2,5	7,2	0,6	0,6
Banc de Georges	+1,1	+2,1	10,0	0,5	0,4

*Tableau 3. Statistiques sur la superficie et le volume de la glace sur la plate-forme Néo-Écossaise*

Mois	Superficie de la glace en 2017 (km <sup>2</sup> )	Anomalie de la superficie en 2017 (km <sup>2</sup> )	Anomalie normalisée de la superficie pour 2017	Volume de la glace en 2017 (km <sup>3</sup> )	Anomalie du volume en 2017 (km <sup>3</sup> )	Anomalie normalisée du volume pour 2017
Janvier	11	-1 220	-0,6	0,00	-0,19	-0,5
Février	190	-11 100	-1,0	0,02	-2,78	-1,0
Mars	5 110	-10 600	-0,7	0,69	-6,19	-0,9
Avril	365	-4 220	-0,9	0,15	-2,87	-0,9

## FIGURES

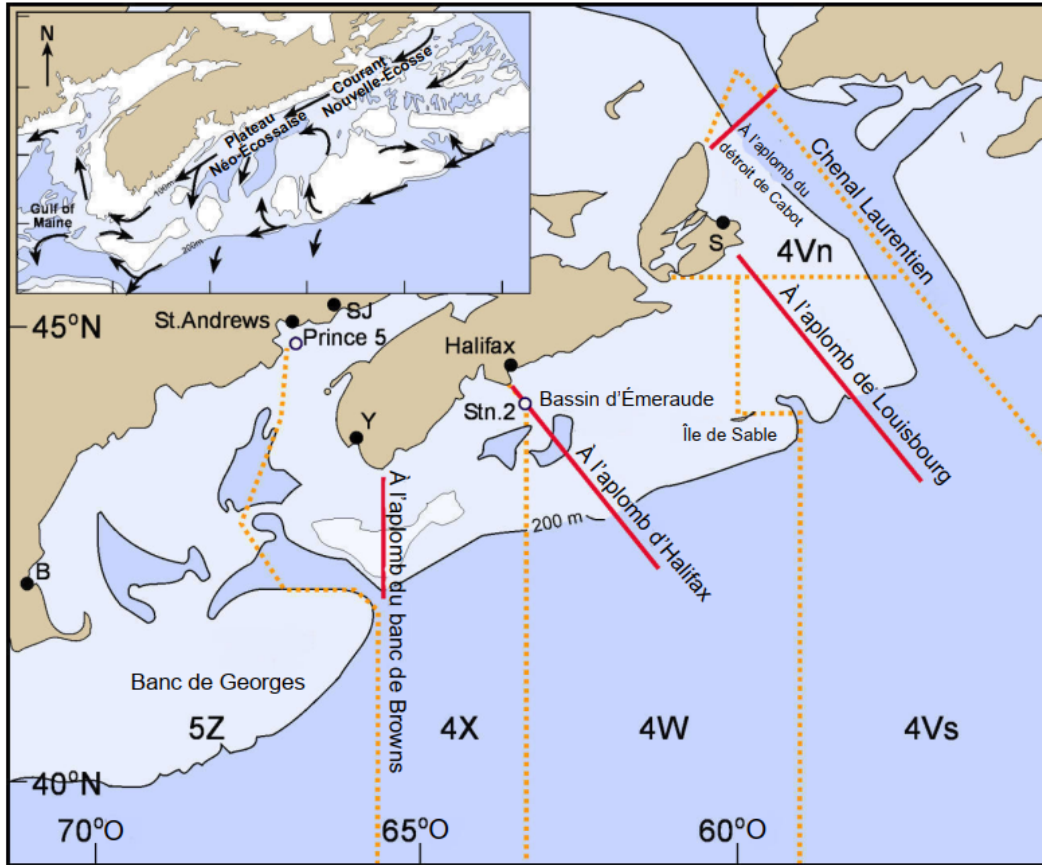


Figure 1. Carte de la plate-forme Néo-Écossaise et du golfe du Maine montrant les stations hydrographiques (cercles blancs), les sections standard (lignes rouges) et les caractéristiques topographiques. Les lignes pointillées indiquent les limites des divisions de l'Organisation des pêches de l'Atlantique 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.

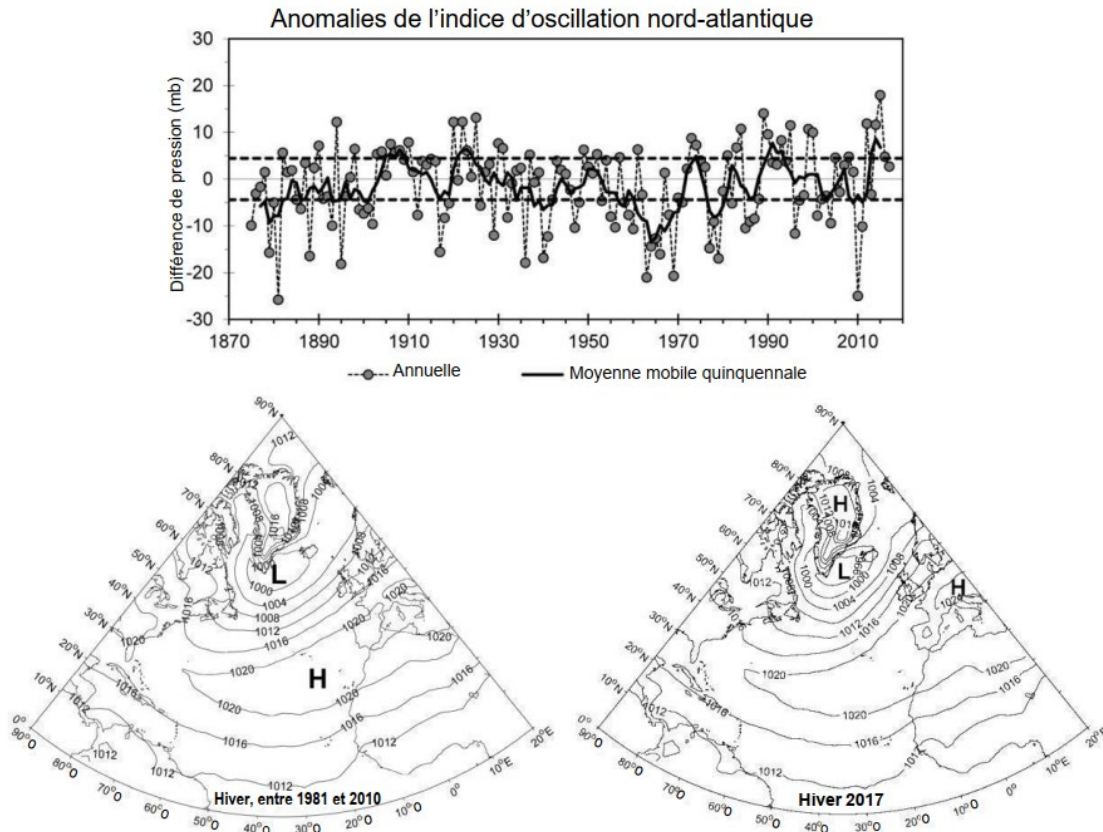


Figure 2. Anomalies de l'indice de l'oscillation nord-atlantique défini comme étant la différence de pression au niveau de la mer en hiver (décembre, janvier, février) entre les Açores et l'Islande, par rapport à la moyenne enregistrée pour la période allant de 1981 à 2010. Les lignes tiretées (panneau du haut) représentent un écart-type de  $\pm 0,5$ . 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 2016 et février 2017 (panneau du bas à droite) sur l'Atlantique Nord (Images fournies par la [division des sciences physiques de la NOAA/ESRL](#), Boulder Colorado à partir de son site Web.)

---

Réanalyse NCEP/NCAR  
Anomalies composites de l'air à 1000mb (C), données climatologiques pour 1981-2010  
Division des sciences physiques de la NOAA/ESRL

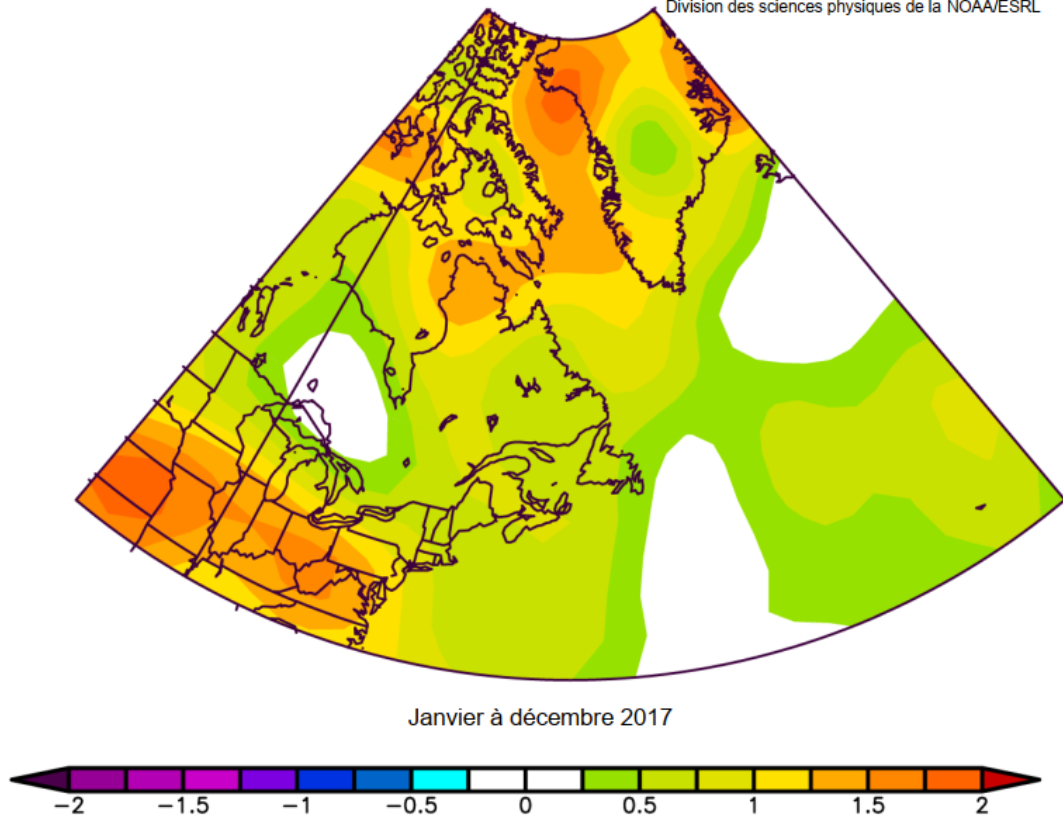


Figure 3. Anomalies annuelles de la température de l'air (°C) au-dessus de l'Atlantique Nord-Ouest par rapport aux moyennes enregistrées entre 1981 et 2010; les données ont été obtenues du [site Internet de la NOAA](#) [consulté en novembre 2018]. (Images fournies par la [division des sciences physiques de la NOAA/ESRL](#), Boulder Colorado à partir de son site Web.)

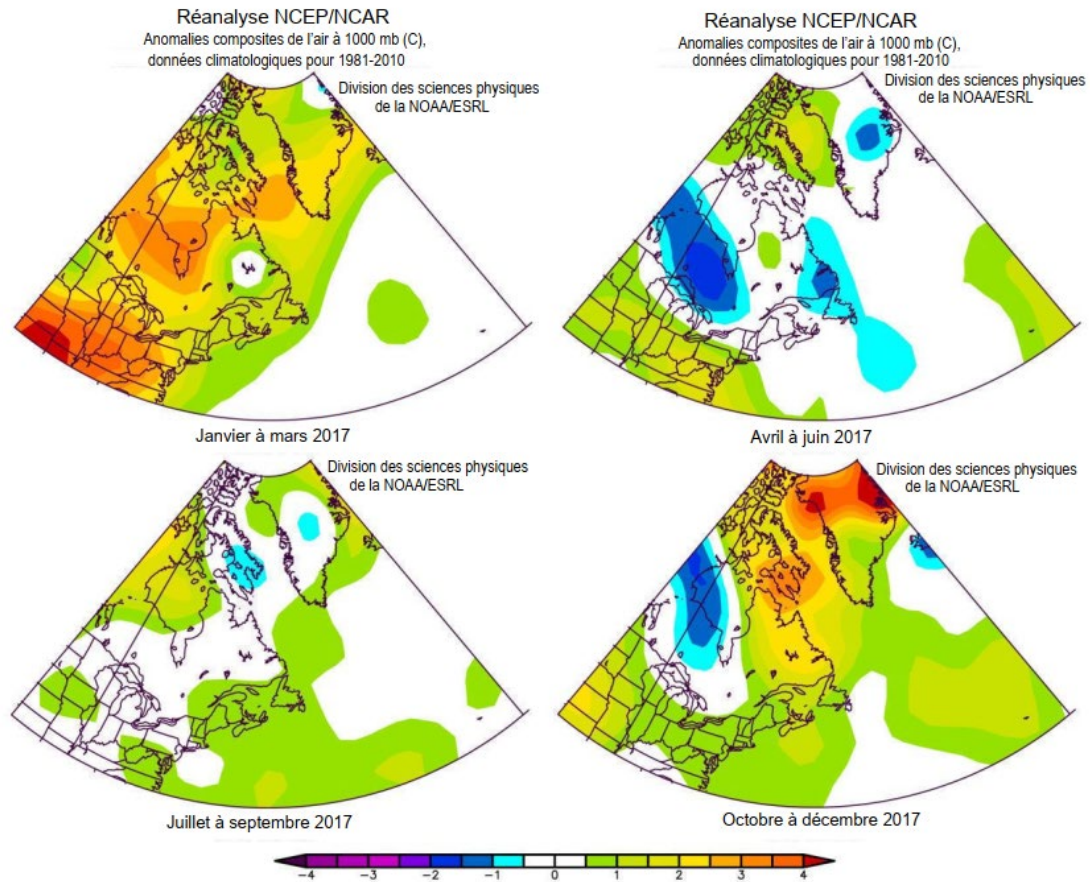


Figure 4. Anomalies saisonnières de la température de l'air (°C) au-dessus de l'Atlantique Nord-Ouest par rapport aux moyennes enregistrées entre 1981 et 2010; les données ont été obtenues du [site Internet de la NOAA](#) [consulté le 10 janvier 2018]. (Images fournies par la [division des sciences physiques de la NOAA/ESRL](#), Boulder Colorado à partir de son site Web.)



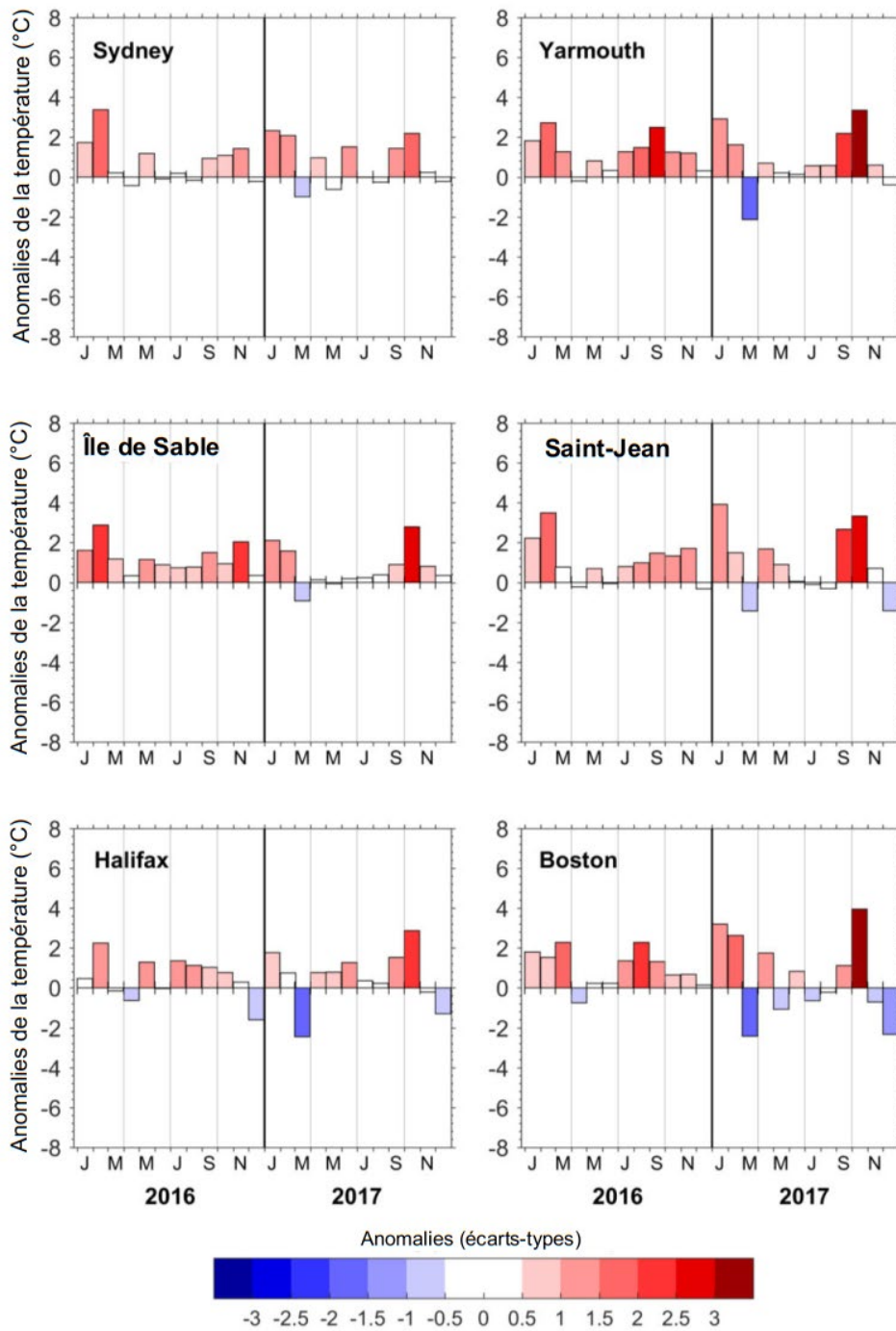


Figure 5. Anomalies mensuelles de la température de l'air ( $^{\circ}\text{C}$ ) pour 2016 et 2017 (JMMJSN sur l'axe des abscisses représentent janvier, mars, mai, juin, septembre et novembre) aux sites côtiers de la région de la plate-forme Néo-Écossaise et du golfe du Maine (voir les emplacements à la figure 1). Les anomalies sont codées par couleur en fonction du nombre d'écart-types supérieurs ou inférieurs à la normale par rapport aux statistiques mensuelles.

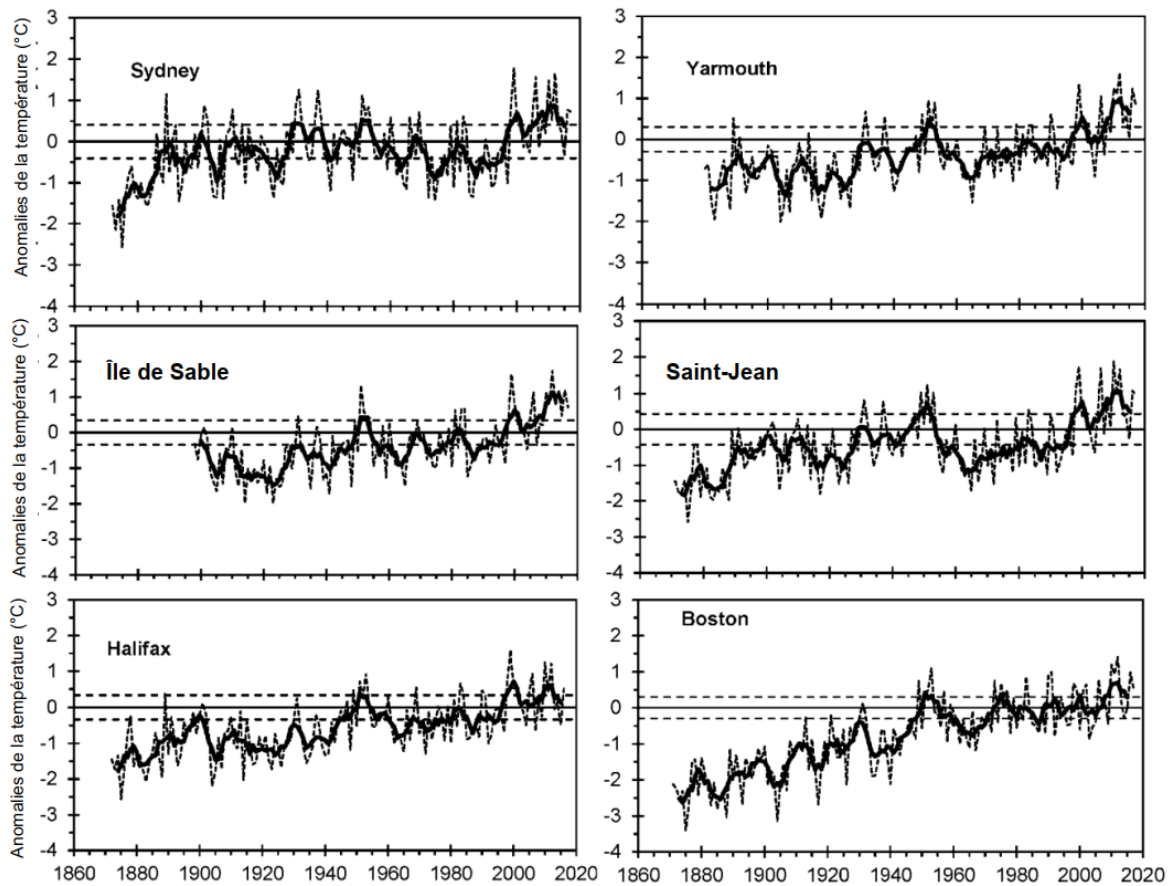


Figure 6. Anomalies annuelles de la température de l'air en °C (ligne tiretée) et moyennes mobiles quinquennales (ligne pleine) à certains endroits (Sydney, île de Sable, Shearwater, Yarmouth, Saint-Jean et Boston) dans la région de la plate-forme Néo-Écossaise et du golfe du Maine (années 1860 à 2017). Les lignes horizontales tiretées représentent plus ou moins 0,5 écart-type pour la période allant de 1981 à 2010.

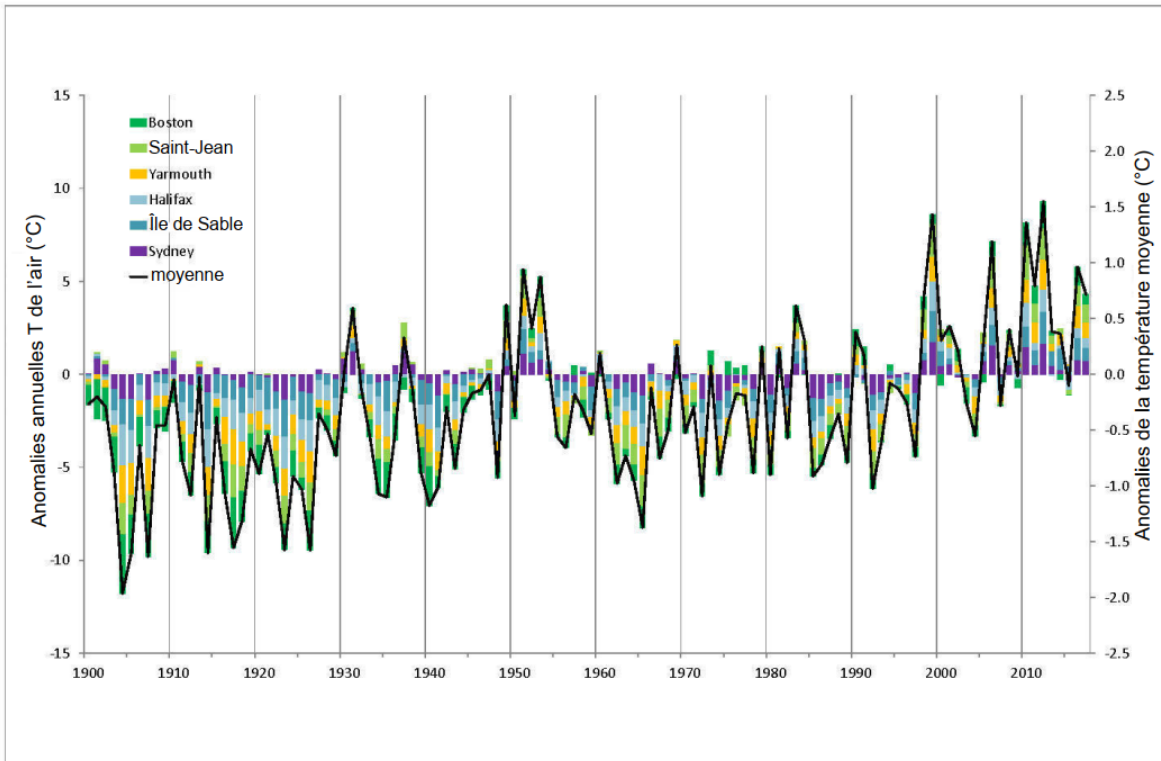


Figure 7. Les contributions de chacune des anomalies annuelles de la température de l'air pour six sites de la plate-forme Néo-Écossaise et du golfe du Maine (Boston, Saint-Jean, Yarmouth, Shearwater, île de Sable et Sydney) sont présentées sous forme de diagramme à barres empilées, et l'anomalie moyenne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

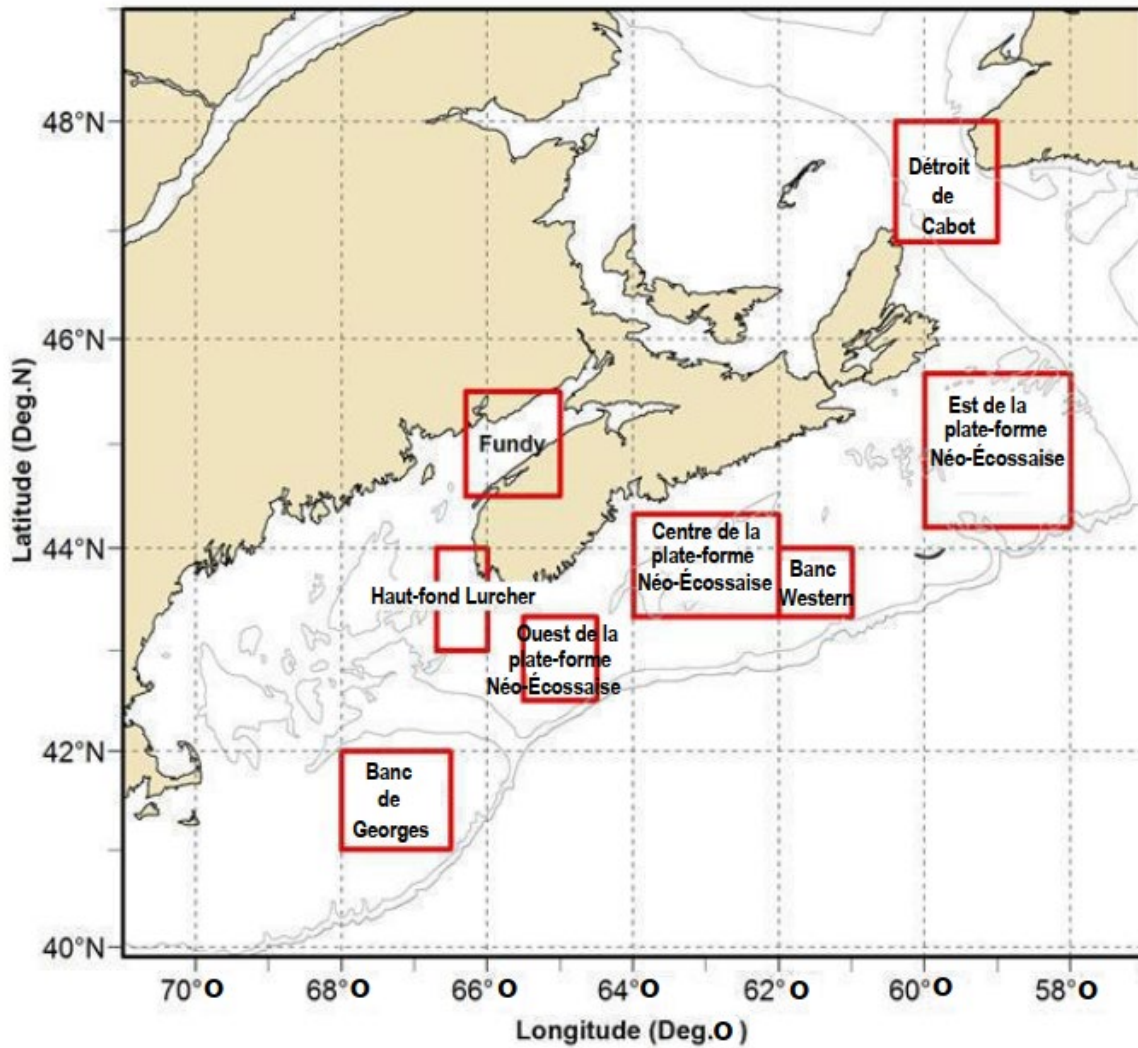


Figure 8. Zones de la plate-forme Néo-Écossaise et du golfe du Maine utilisées pour extraire les températures de la surface de la mer : déroit de Cabot, est de la plate-forme Néo-Écossaise, banc Western, centre de la plate-forme Néo-Écossaise, ouest de la plate-forme Néo-Écossaise, banc de Georges, haut-fond Lurher et baie de Fundy).

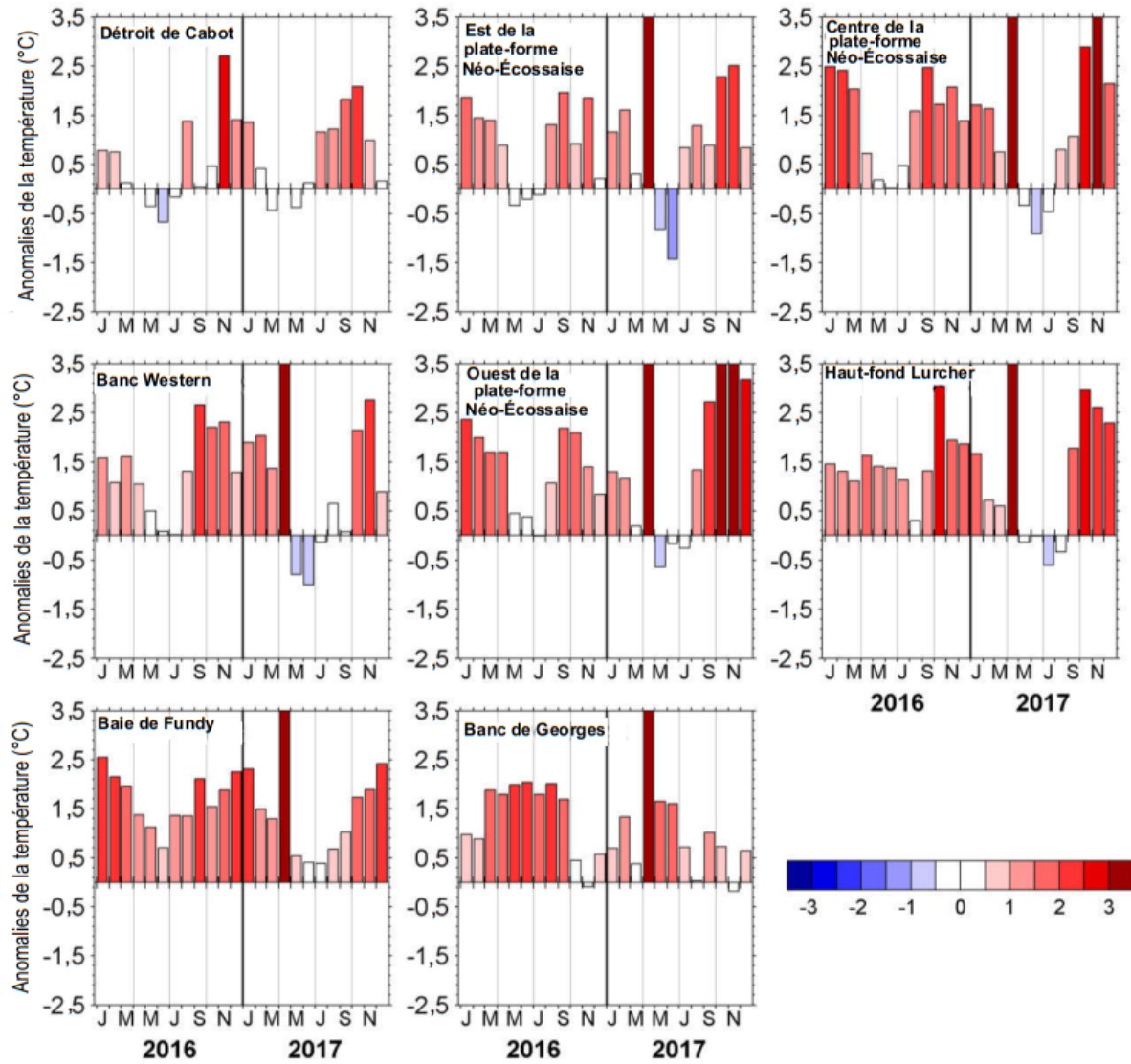


Figure 9. Anomalies mensuelles de la température de la surface pour 2016 et 2017 dans les régions illustrées à la figure 8. Les couleurs des barres représentent les anomalies normalisées.

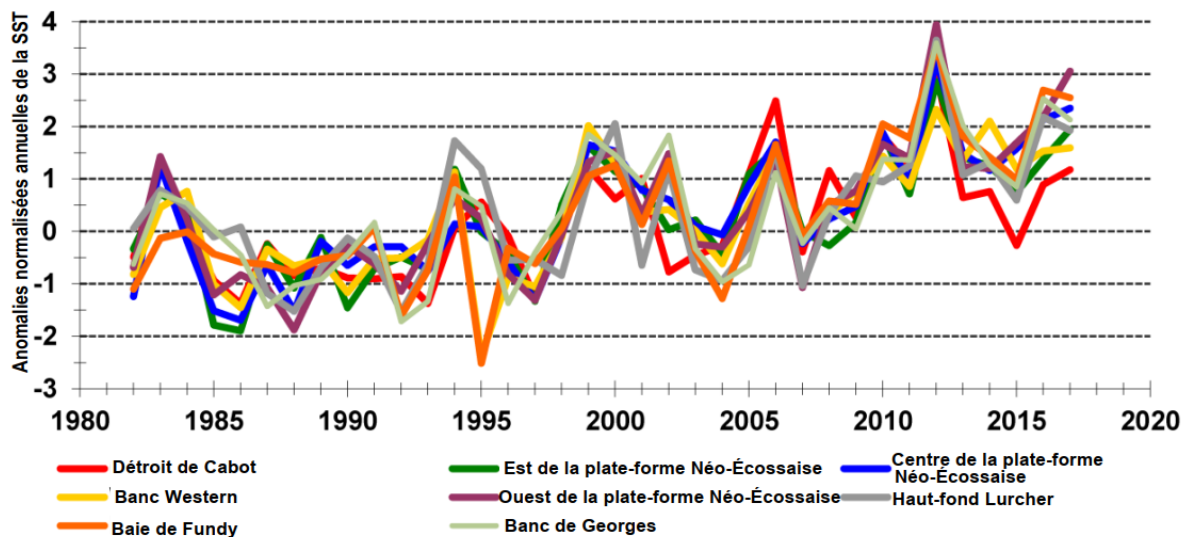


Figure 10. Anomalies annuelles de la température de la surface de la mer dérivées de l'imagerie satellite comparées à leurs moyennes mensuelles à long terme (huit sous-zones de la plate-forme Néo-Écossaise et du golfe du Maine – déroit de Cabot, est de la plate-forme Néo-Écossaise, centre de la plate-forme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

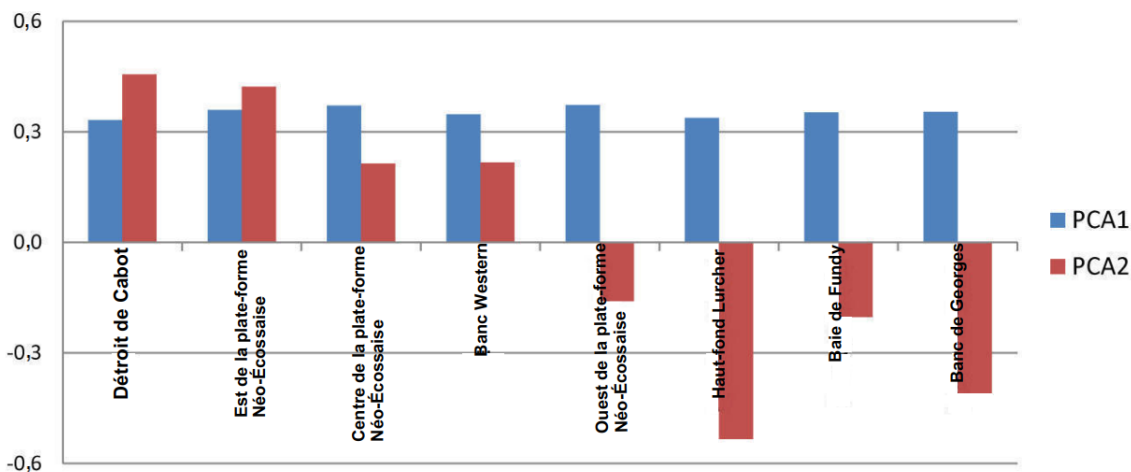


Figure 11. Charges premières (ACP 1 : 83 % de la variance) et secondes (ACP 2 : 6 % de la variance) à partir d'une analyse en composantes principales des anomalies annuelles moyennes de la température (figure 14 pour les huit sous-zones de la plate-forme Néo-Écossaise et du golfe du Maine (déroit de Cabot, est de la plate-forme Néo-Écossaise, banc Western, centre de la plate-forme Néo-Écossaise, ouest de la plate-forme Néo-Écossaise, banc de Georges, haut-fond Lurcher et baie de Fundy – figure 8).

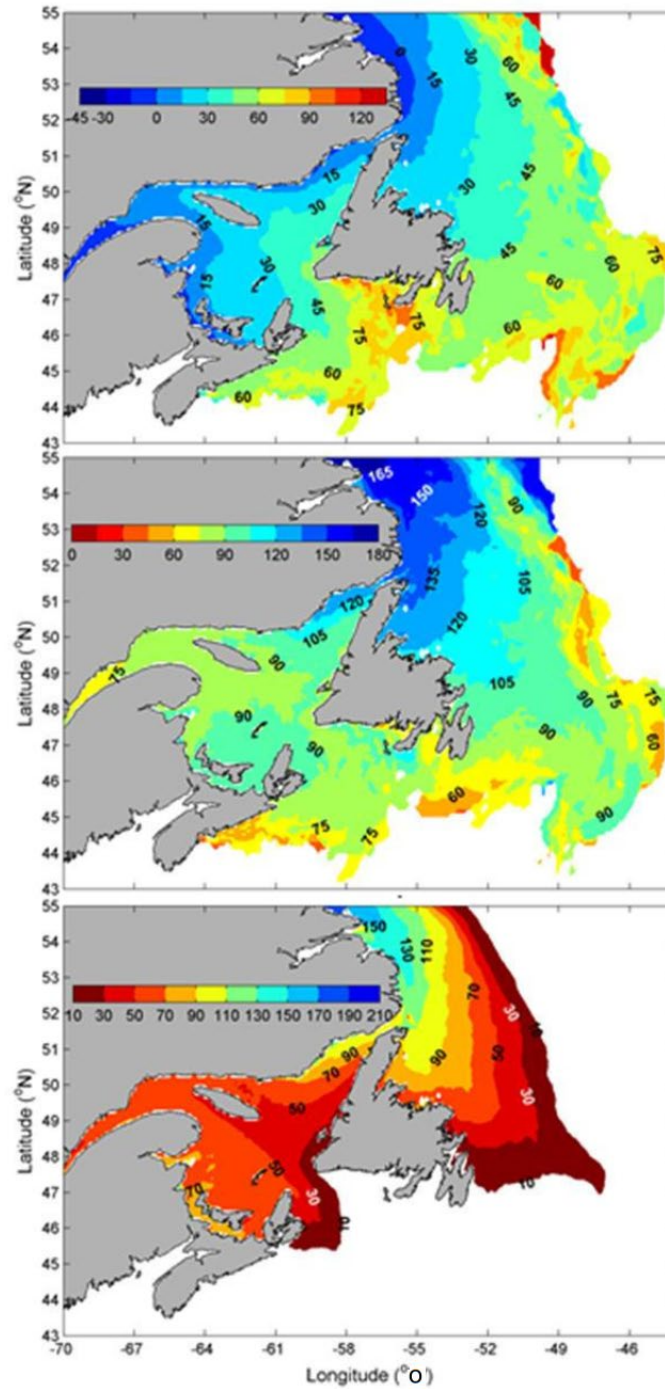


Figure 12. Moment moyen auquel la glace apparaît pour la première fois dans le golfe du Saint-Laurent, sur la plate-forme Néo-Écossaise et sur les plates-formes de Terre-Neuve et du Labrador en jours à partir du début de l'année (panneau du haut), moment où la glace a été observée pour la dernière fois (panneau du milieu) et durée de la couverture de glace (seules les régions pour lesquelles les durées étaient d'au moins dix jours sont illustrées; panneau du bas) pour la période allant de 1981 à 2010. La longitude en degrés figure sur l'axe des abscisses (valeurs négatives indiquant l'Ouest) et la latitude en degrés figure sur l'axe des ordonnées (valeurs positives indiquant le Nord).

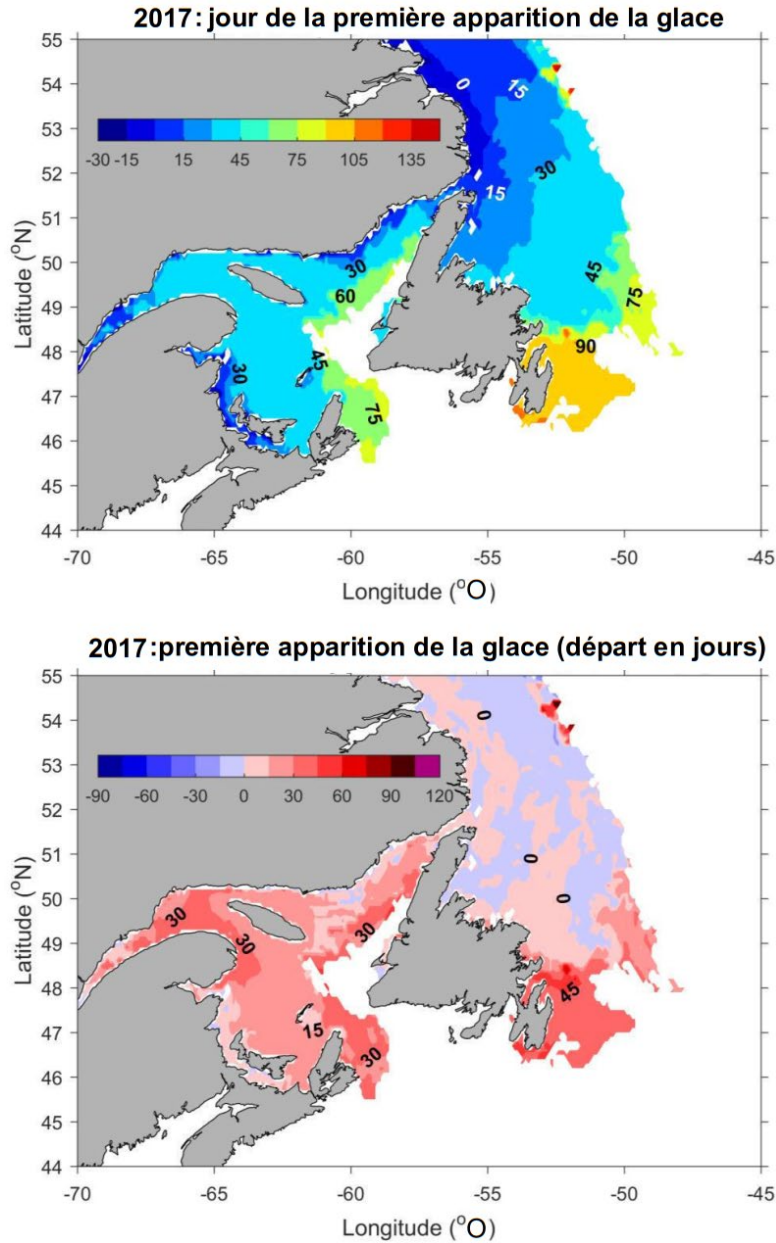


Figure 13. Moment où la glace est apparue pour la première fois en 2017 dans le golfe du Saint-Laurent, sur la plate-forme Néo-Écossaise et sur les plates-formes de Terre-Neuve et du Labrador en jour à partir du début de l'année (panneau du haut) et anomalies par rapport à la moyenne enregistrée pour la période allant de 1981 à 2010 en jours (panneau du bas). Les anomalies négatives (positives) en bleu (rouge) indiquent des apparitions de la glace plus tôt (tard) que la normale. La longitude en degrés figure sur l'axe des abscisses (valeurs négatives indiquant l'Ouest) et la latitude en degrés figure sur l'axe des ordonnées (valeurs positives indiquant le Nord).



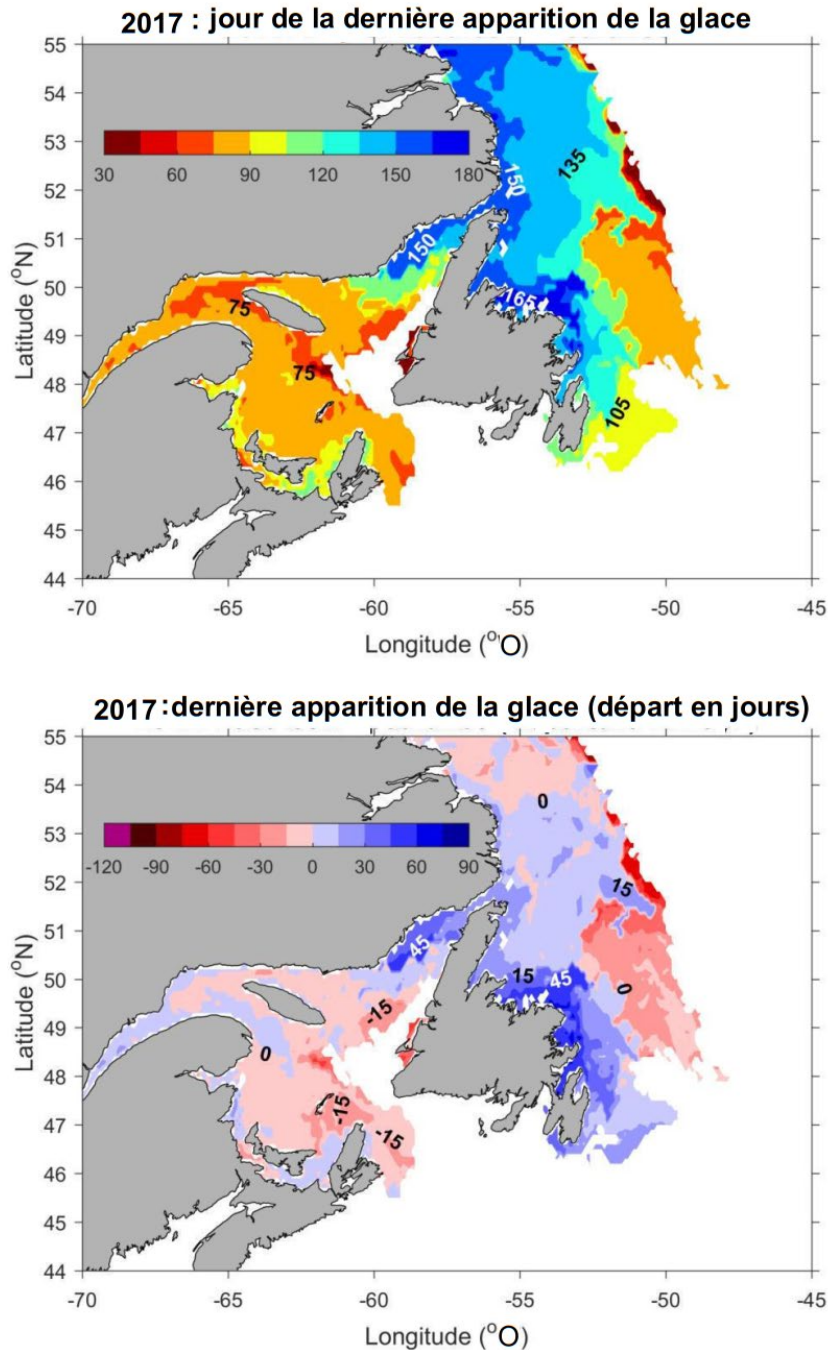


Figure 14. Moment où la glace a été vue pour la dernière fois en 2017 dans le golfe du Saint-Laurent, sur la plate-forme Néo-Écossaise et sur les plates-formes de Terre-Neuve et du Labrador en jour à partir du début de l'année (panneau du haut) et anomalies par rapport à la moyenne enregistrée pour la période allant de 1981 à 2010 en jours (panneau du bas). Les anomalies négatives (positives) en rouge (bleu) indiquent une disparition de la glace plus tôt (tard) que la normale. La longitude en degrés figure sur l'axe des abscisses (valeurs négatives indiquant l'Ouest) et la latitude en degrés figure sur l'axe des ordonnées (valeurs positives indiquant le Nord).

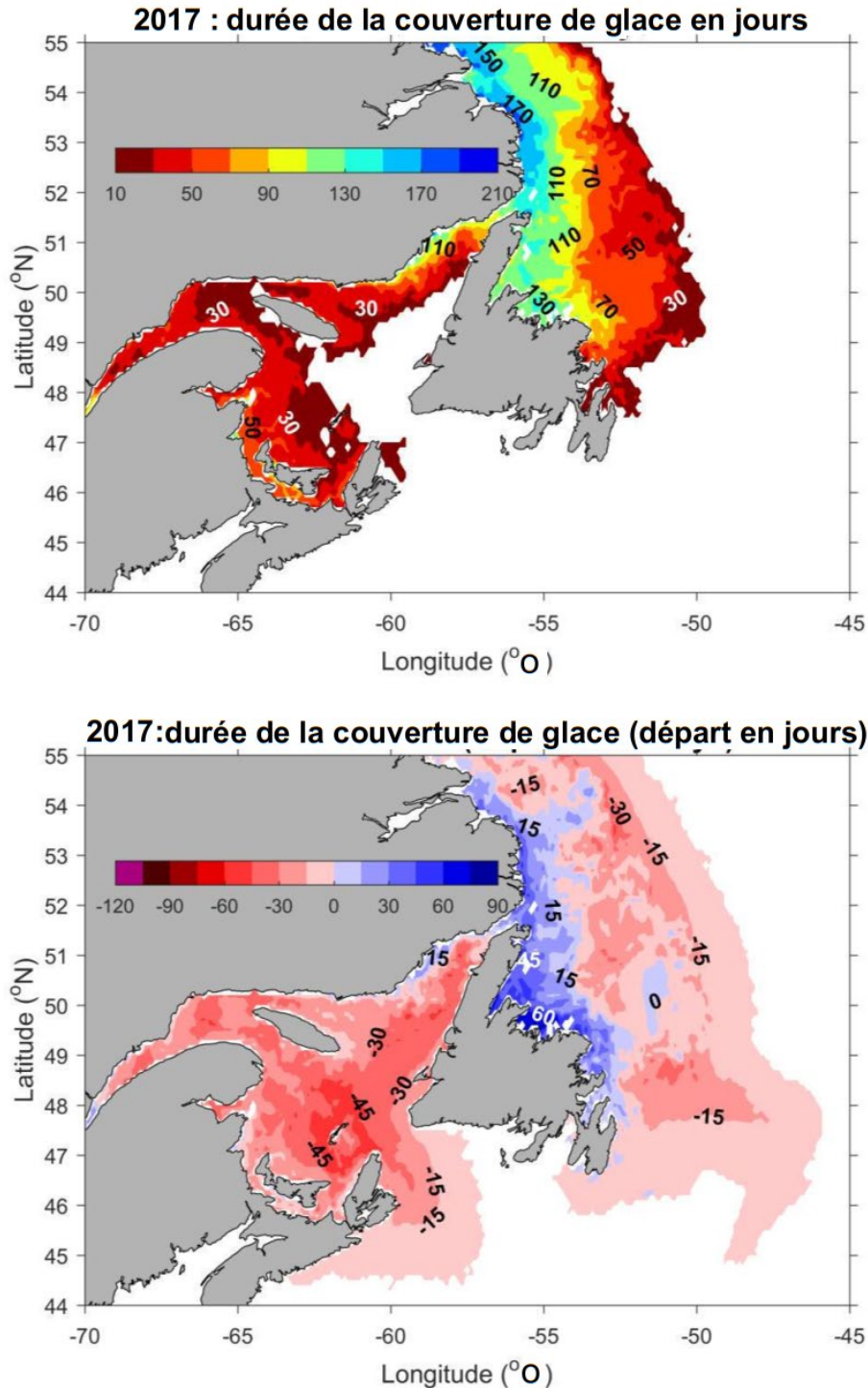


Figure 15. Durée de la couverture de glace dans le golfe du Saint-Laurent, sur la plate-forme Néo-Écossaise et sur les plates-formes de Terre-Neuve et du Labrador en jours (panneau du haut) en 2017 et anomalies par rapport à la moyenne enregistrée pour la période allant de 1981 à 2010 en jours (panneau du bas). Les anomalies positives (négatives) en bleu (rouge) indiquent des durées plus longues (courtes) que la moyenne. Il est à noter que les zones affichant une durée d'environ dix jours ne sont pas illustrées. Le panneau des anomalies montre l'étendue climatologique de la glace. La longitude en degrés figure sur l'axe des abscisses (valeurs négatives indiquant l'Ouest) et la latitude en degrés figure sur l'axe des ordonnées (valeurs positives indiquant le Nord).

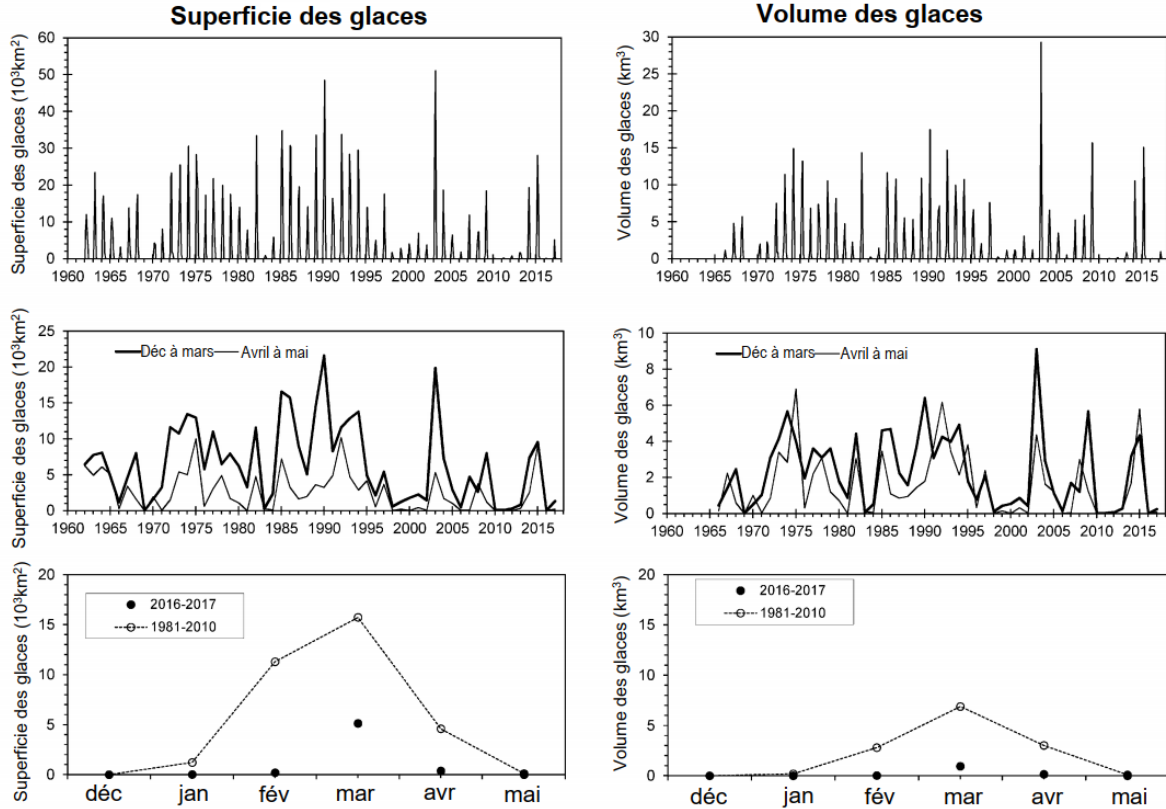


Figure 16. Série chronologique de la superficie et du volume moyens mensuels des glaces sur la plate-forme Néo-Écossaise (panneaux du haut), de la superficie et du volume moyens des glaces pendant les périodes habituelles d'avancement (janvier-mars) et de recul (avril-mai) (panneaux du milieu), et comparaison des superficies et volumes mensuels de 2016-2017 avec les moyennes enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux du bas). Il est à noter que la superficie et le volume des glaces de 2010 à 2013 et en 2016 sont pratiquement nuls.

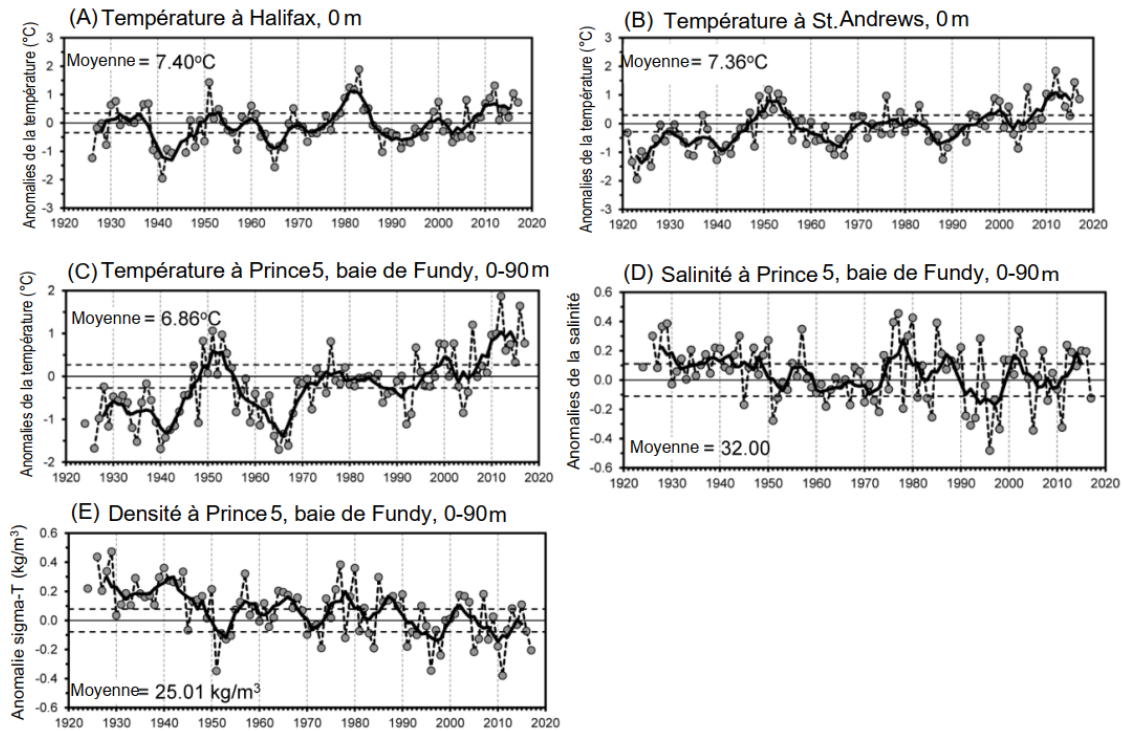


Figure 17. Anomalies annuelles de la température de la surface (ligne pointillée et cercles) et leurs moyennes mobiles quinquennales (ligne noire épaisse) pour : (A) port d'Halifax et (B) St. Andrews, avec une moyenne annuelle selon la profondeur (0–90 m), (C) anomalies de la température, (D) anomalies 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.

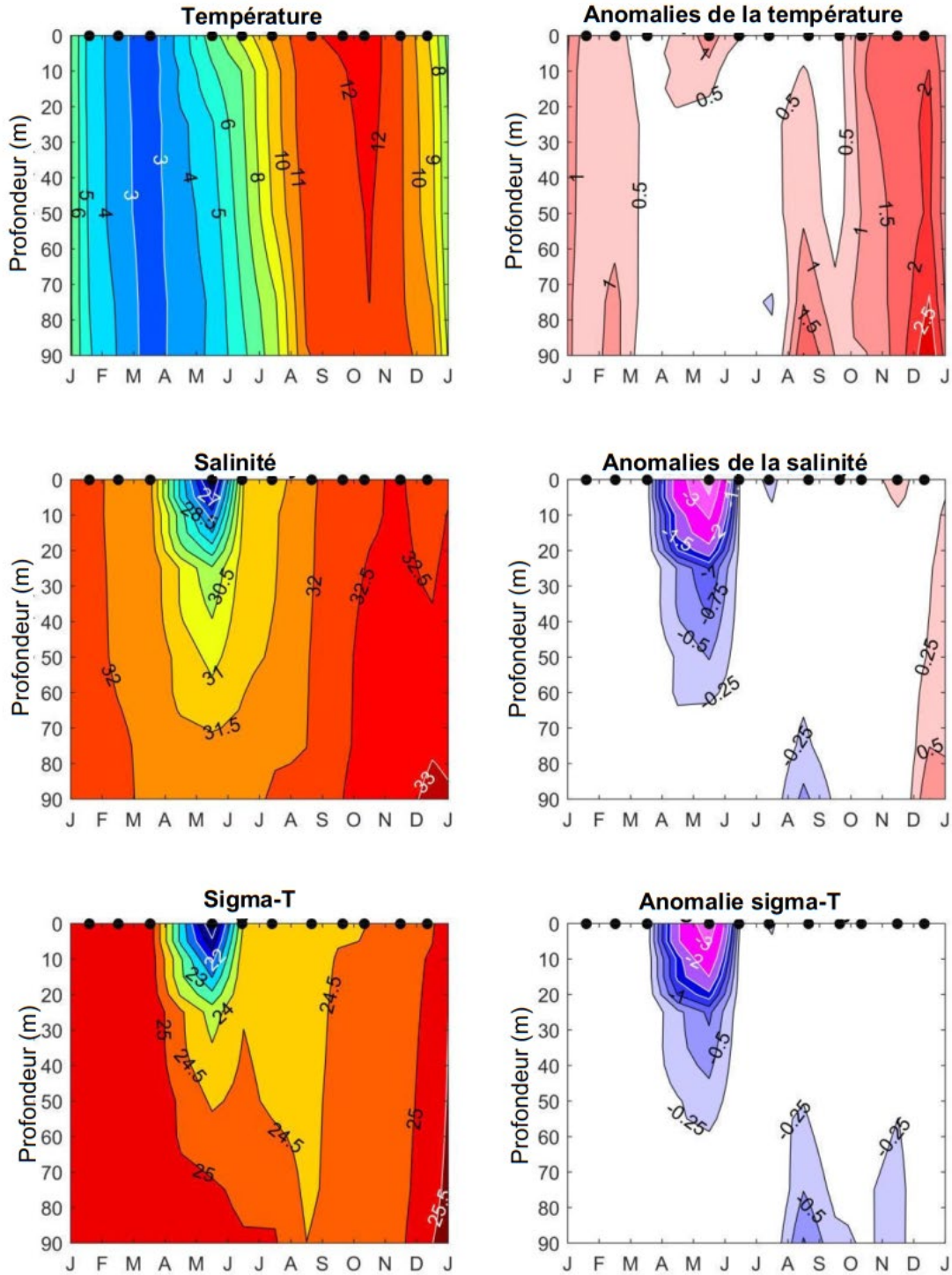


Figure 18. Cycle annuel de la température (panneau du haut), de la salinité (panneau du milieu) et de la densité (panneau du bas) en 2017 et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite) pour la station de surveillance de Prince 5, à l'embouchure de la baie de Fundy. Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.

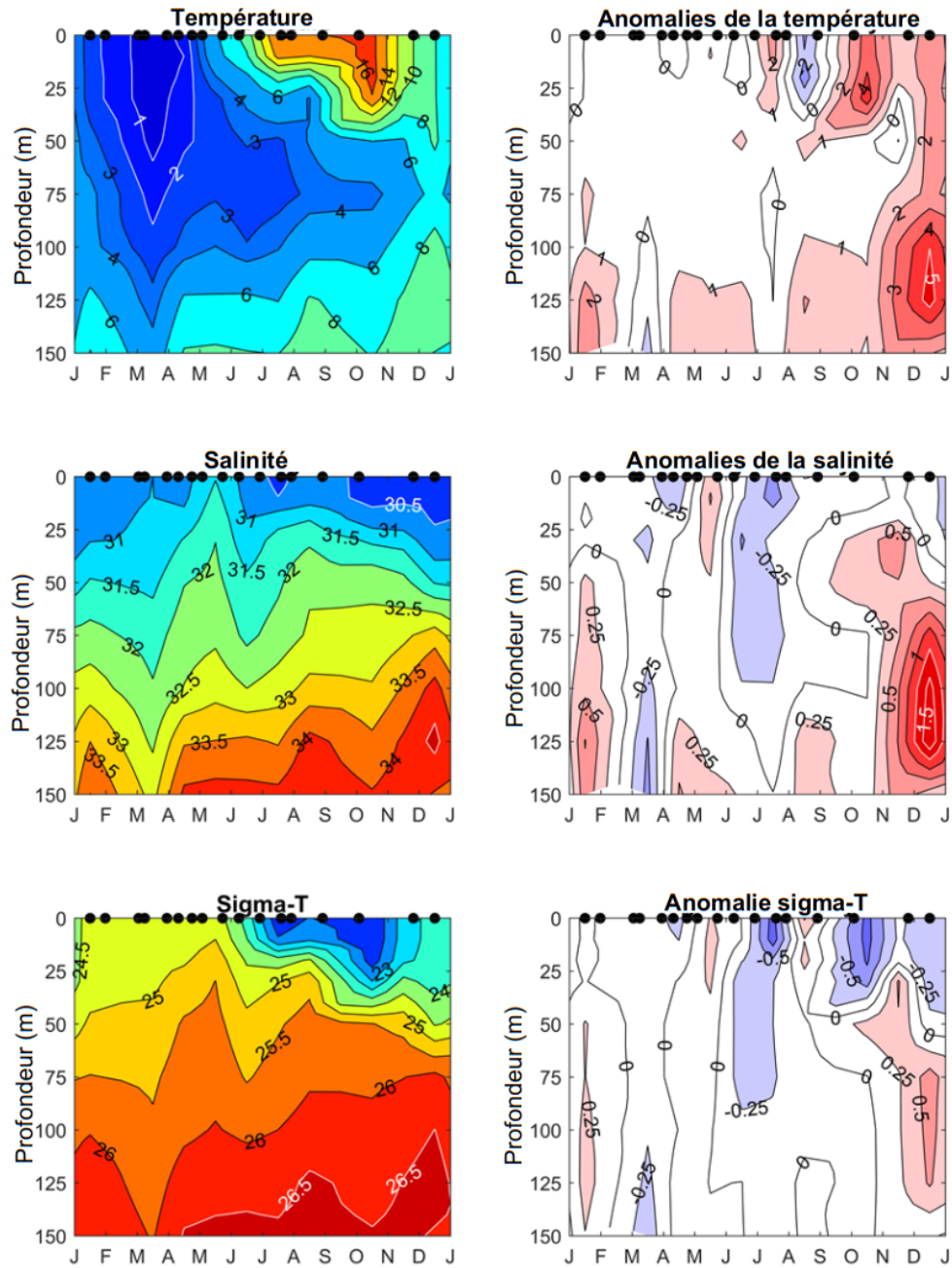
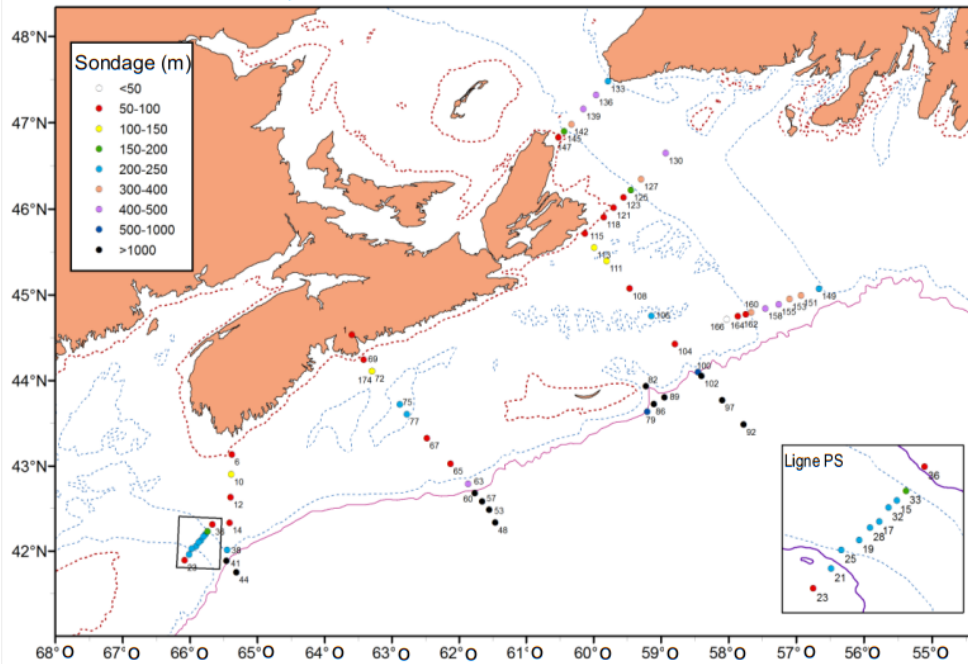


Figure 19. Cycle annuel de la température (panneau du haut), de la salinité (panneau du milieu) et de la densité (panneau du bas) en 2017 et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite) pour la station 2, Halifax. Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.

Coriolis 2017-001, du 18 avril au 3 mai 2017, 65 stations



Endeavor EN606, du 24 novembre au 16 décembre 2017, 79 stations

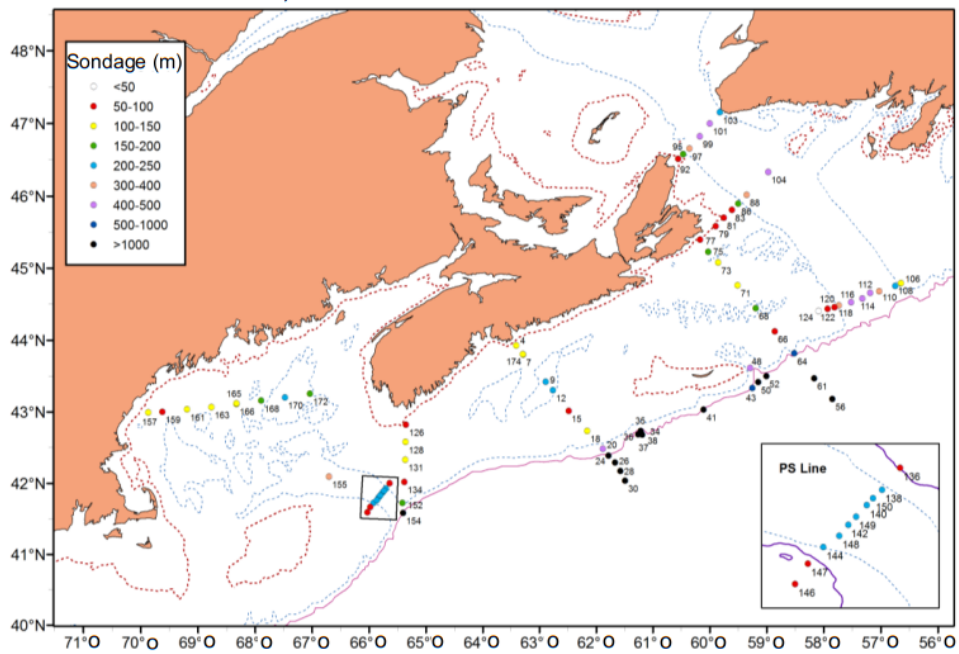


Figure 20. Relevés pour l'échantillonnage en 2017 sur la plate-forme Néo-Écossaise et dans le golfe du Maine au printemps (panneau du haut) et à l'automne (panneau du bas).

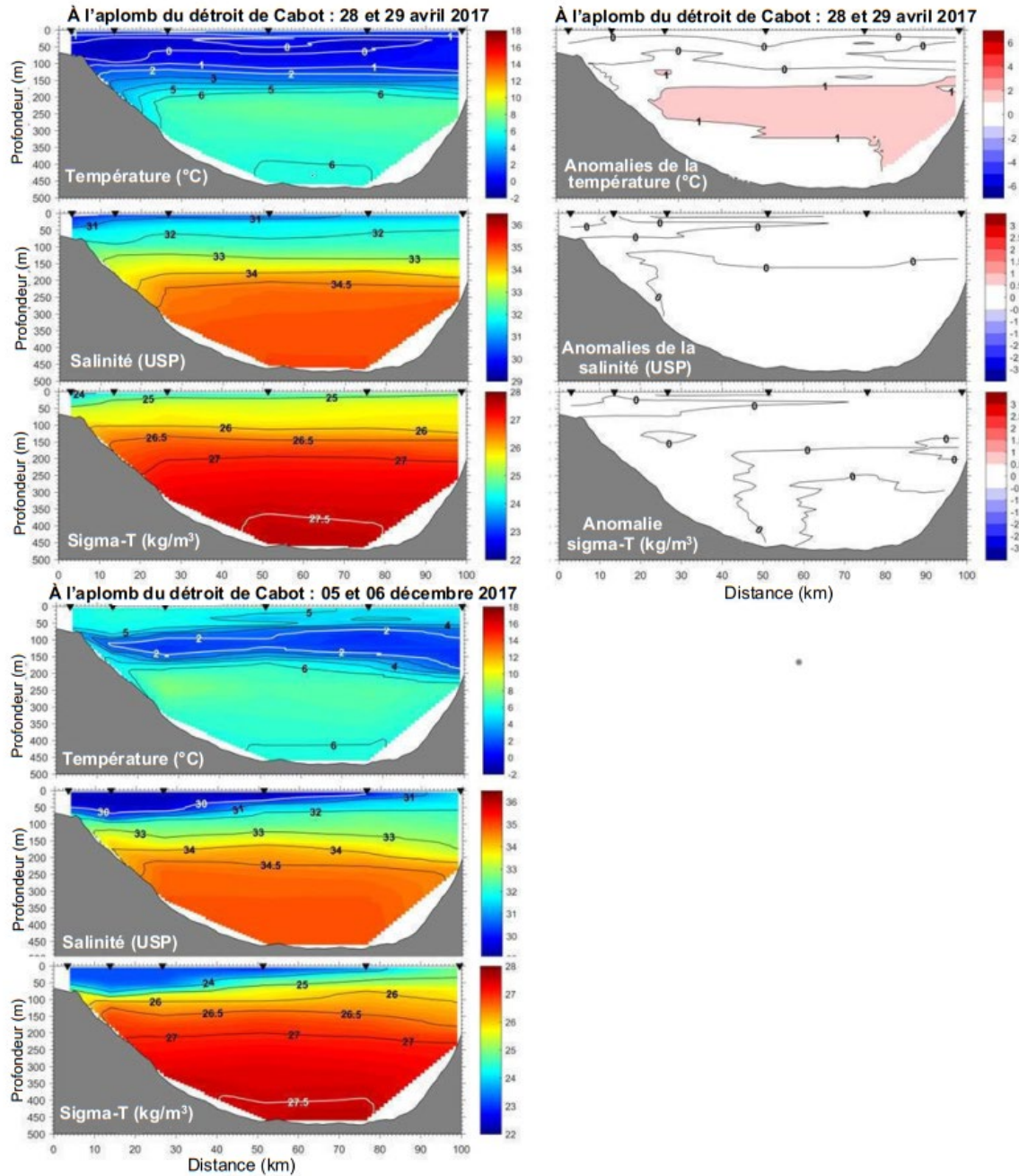


Figure 21. Échantillonnage en 2017 à l'aplomb du détroit de Cabot au printemps (trois panneaux du haut) et à l'automne (trois panneaux du bas). Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe) et densité (panneau du bas dans chaque groupe) et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Comme le relevé d'automne s'est déroulé beaucoup plus tard que la normale, il n'a pas été possible de déterminer les anomalies. Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.



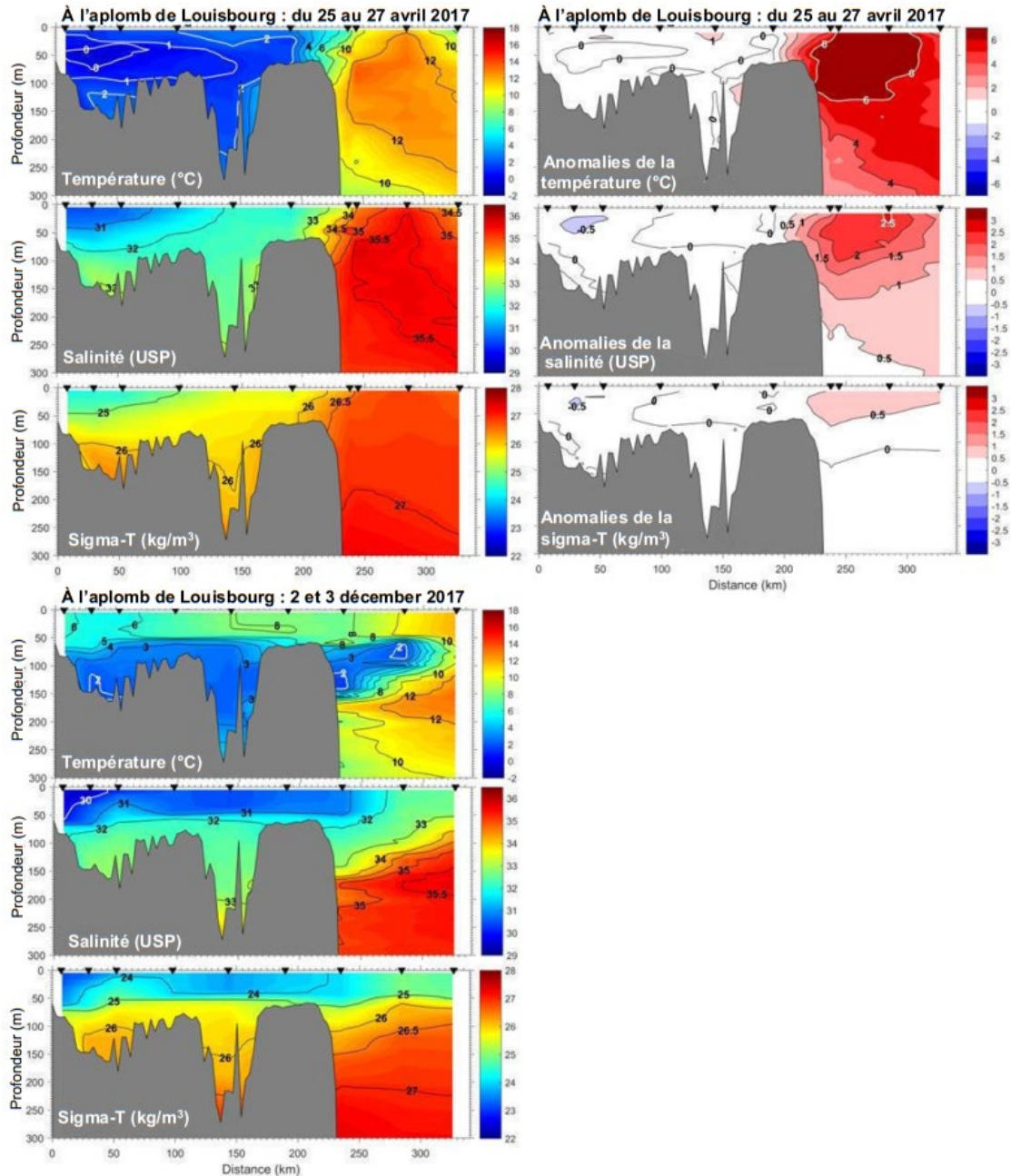


Figure 22. Échantillonnage en 2017 à l'aplomb de Louisbourg au printemps (trois panneaux du haut) et à l'automne (trois panneaux du bas). Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe) et densité (panneau du bas dans chaque groupe) et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Comme le relevé d'automne s'est déroulé beaucoup plus tard que la normale, il n'a pas été possible de déterminer les anomalies. Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.

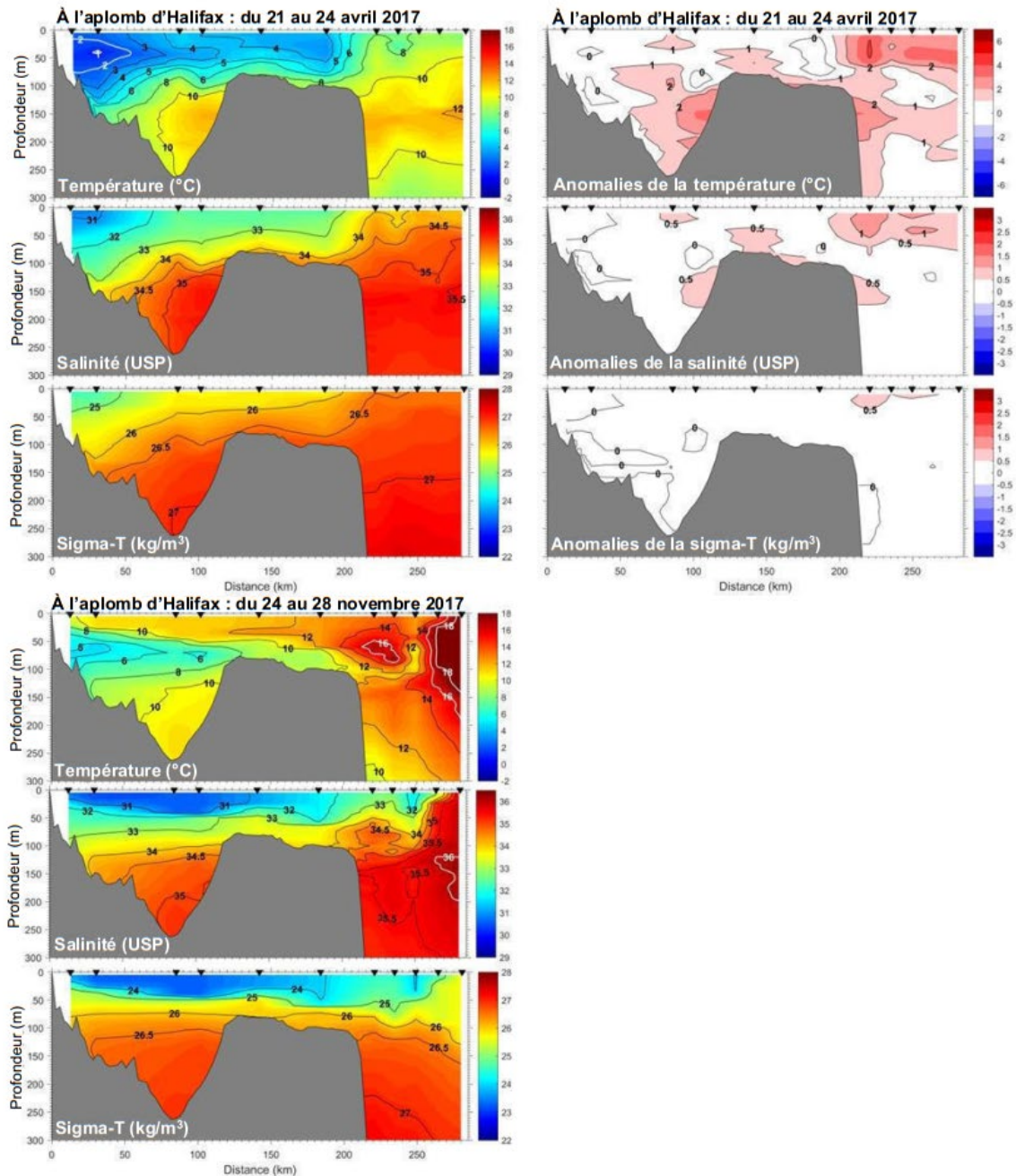


Figure 23. Échantillonnage en 2017 à l'aplomb d'Halifax au printemps (trois panneaux du haut) et à l'automne (trois panneaux du bas). Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe) et densité (panneau du bas dans chaque groupe) et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Comme le relevé d'automne s'est déroulé beaucoup plus tard que la normale, il n'a pas été possible de déterminer les anomalies. Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.

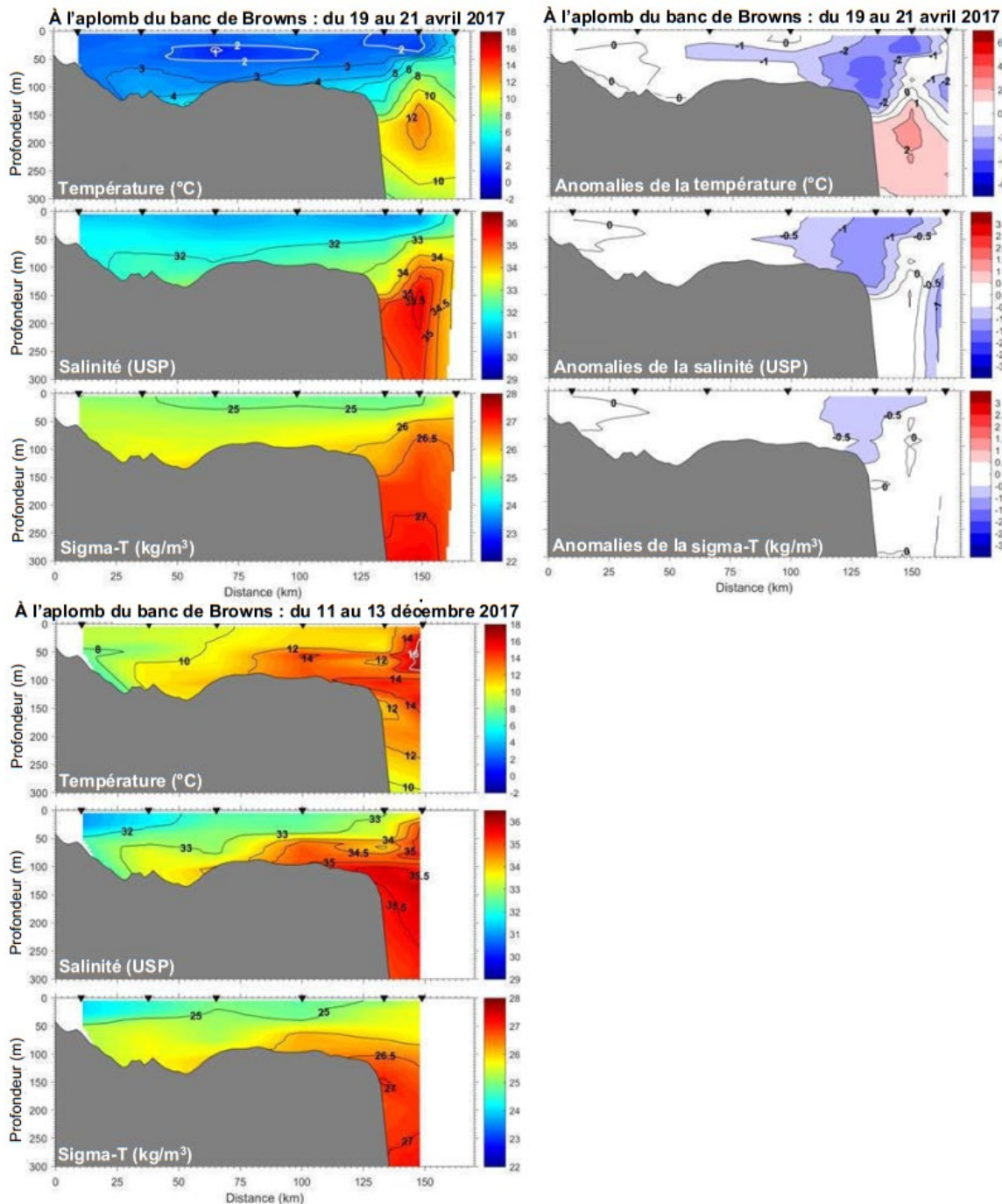


Figure 24. Échantillonnage en 2017 à l'aplomb du banc de Browns au printemps (trois panneaux du haut) et à l'automne (trois panneaux du bas). Température (panneau du haut dans chaque groupe), salinité (panneau du milieu dans chaque groupe) et densité (panneau du bas dans chaque groupe) et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1981 et 2010 (panneaux de droite). Comme le relevé d'automne s'est déroulé beaucoup plus tard que la normale, il n'a pas été possible de déterminer les anomalies. Les puces indiquent les périodes d'échantillonnage.

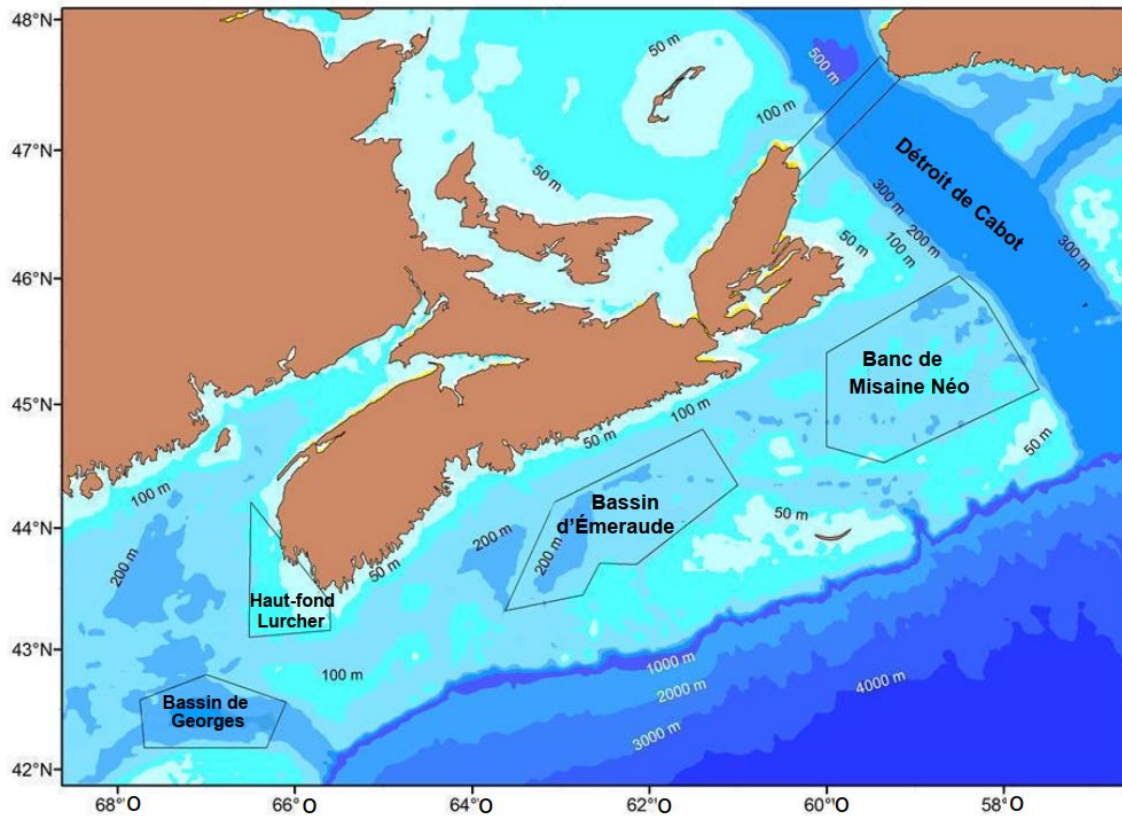


Figure 25. Zones de la plate-forme Néo-Écossaise et de l'est du golfe du Maine affichant différentes masses d'eau : déroit de Cabot, banc de Misaine Néo, bassin d'Émeraude, haut-fond Lurcher, bassin de Georges.

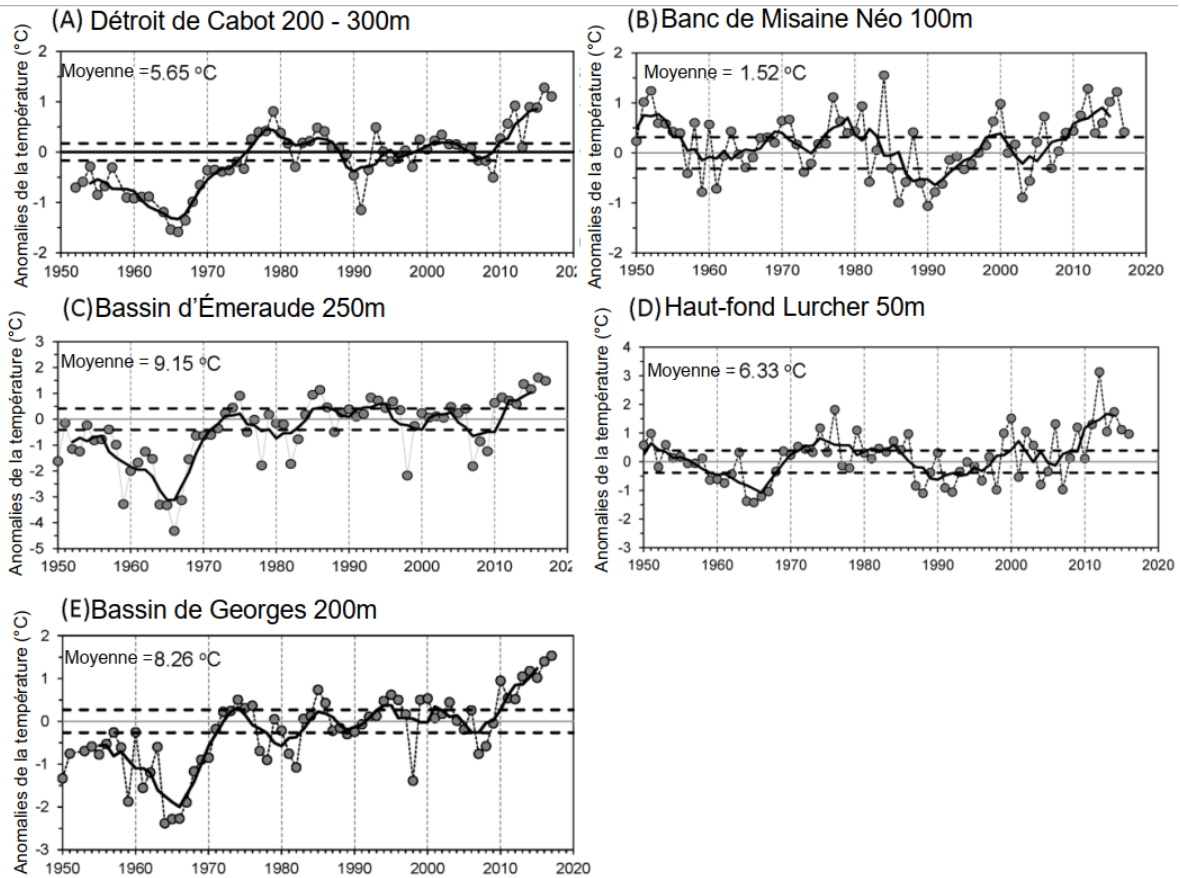


Figure 26. Série chronologique des anomalies de la température annuelle moyenne (ligne tiretée avec cercles) et anomalies filtrées à l'aide de la moyenne mobile quinquennale (ligne noire épaisse) sur la plate-forme Néo-Écossaise et dans le golfe du Maine à : (A) déroit de Cabot, à 200 à 300 m, (B) banc de Misaine Néo, à 100 m, (C) bassin d'Émeraude, à 250 m, (D) haut-fond Lurher, à 50 m, et bassin de Georges, à 200 m (voir la figure 25 pour les emplacements des régions). Les lignes horizontales tiretées représentent la moyenne plus et moins 0,5 écart-type.

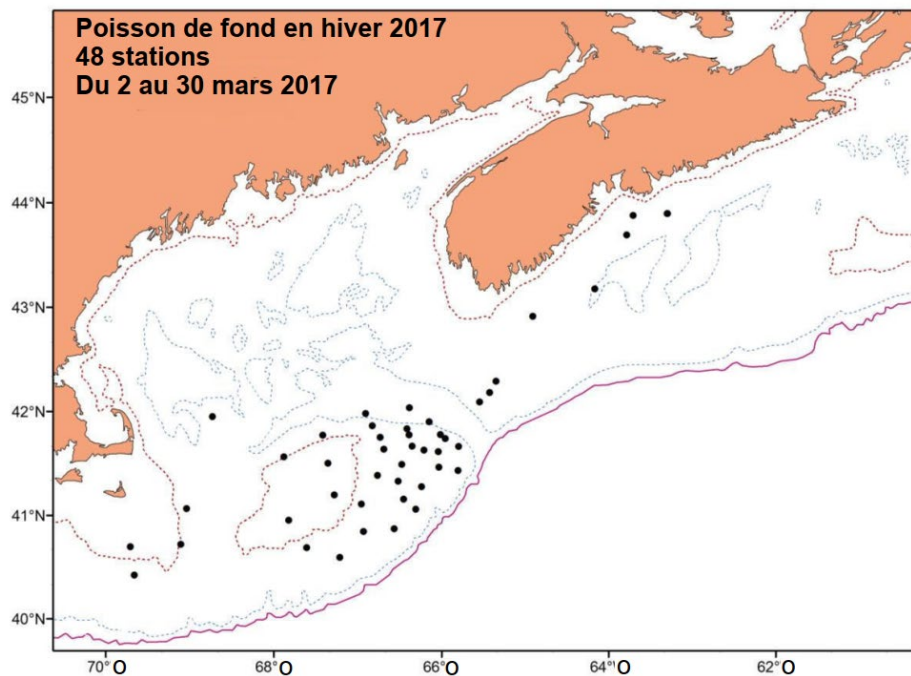


Figure 27. Emplacements de l'échantillonnage de la conductivité, de la température et de la profondeur durant les relevés.

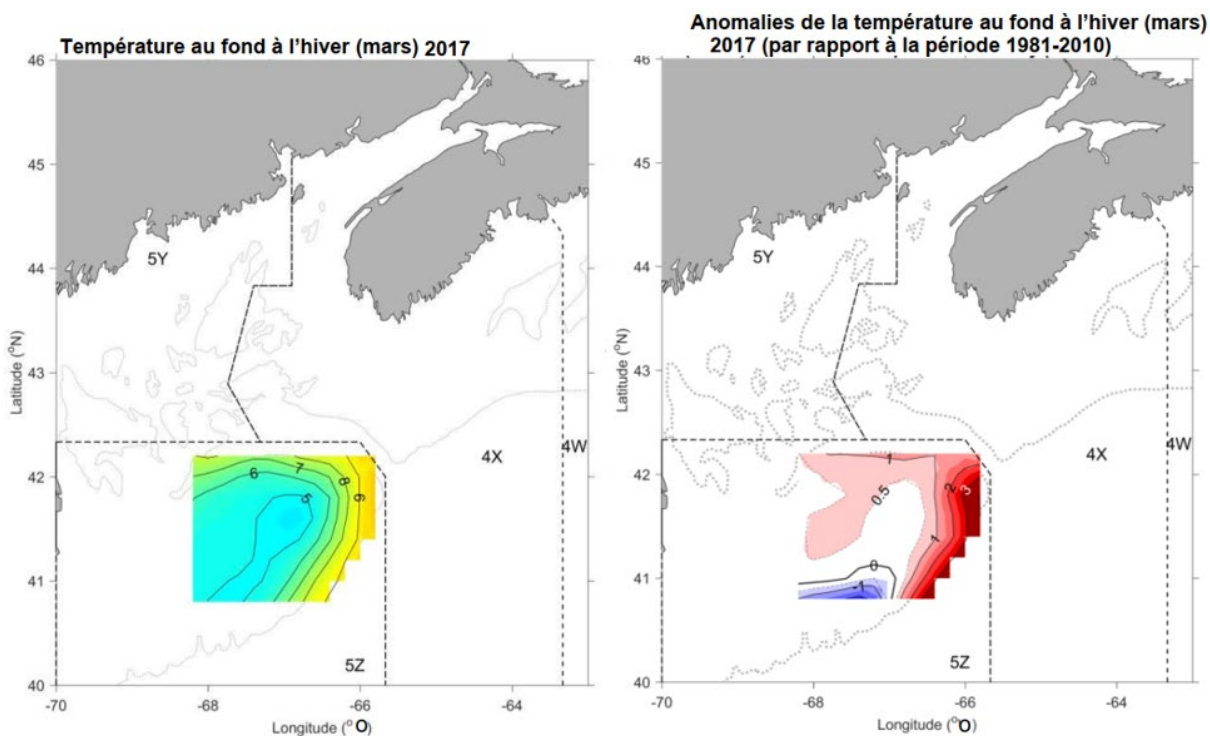


Figure 28. Cartes des températures au fond en hiver (panneau de gauche) et des anomalies (panneau de droite; par rapport à la période allant de 1981 à 2010) pour 2017. Les divisions 4W, 4X, 5Y et 5Z de l'OPANO sont illustrées.

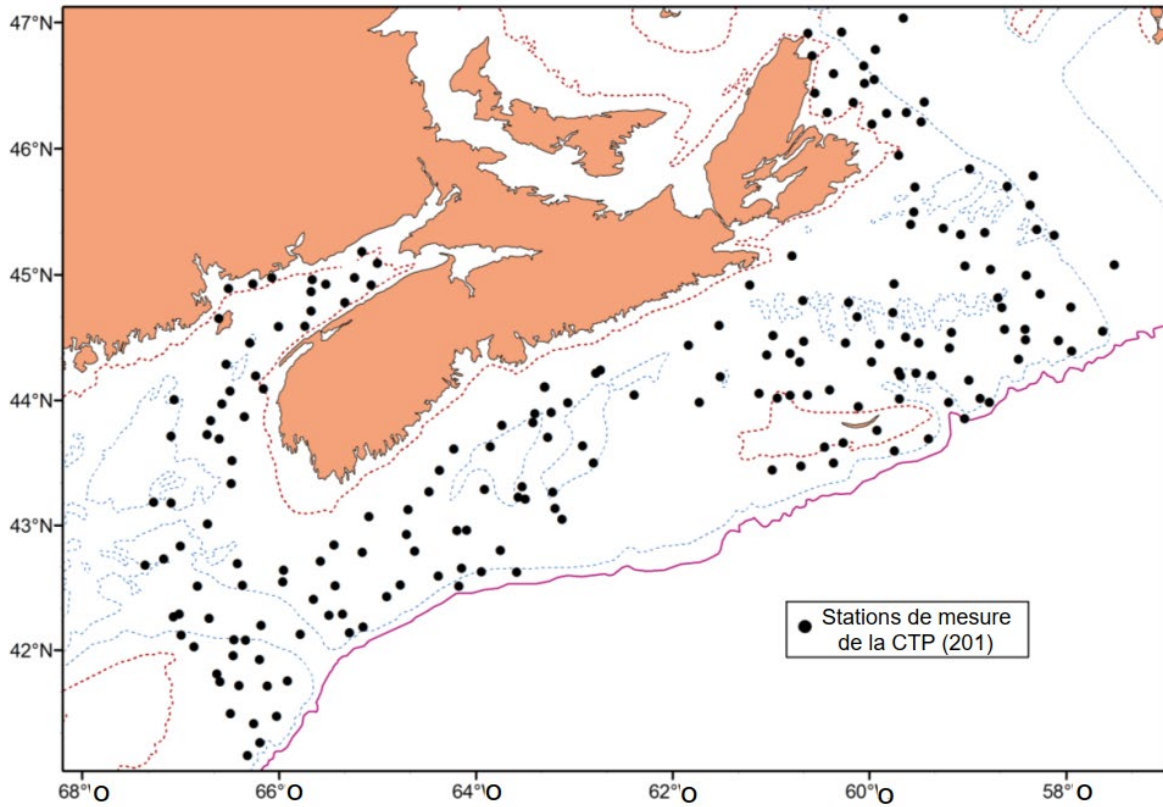


Figure 29. Emplacements de l'échantillonnage de la conductivité, de la température et de la profondeur durant les relevés.

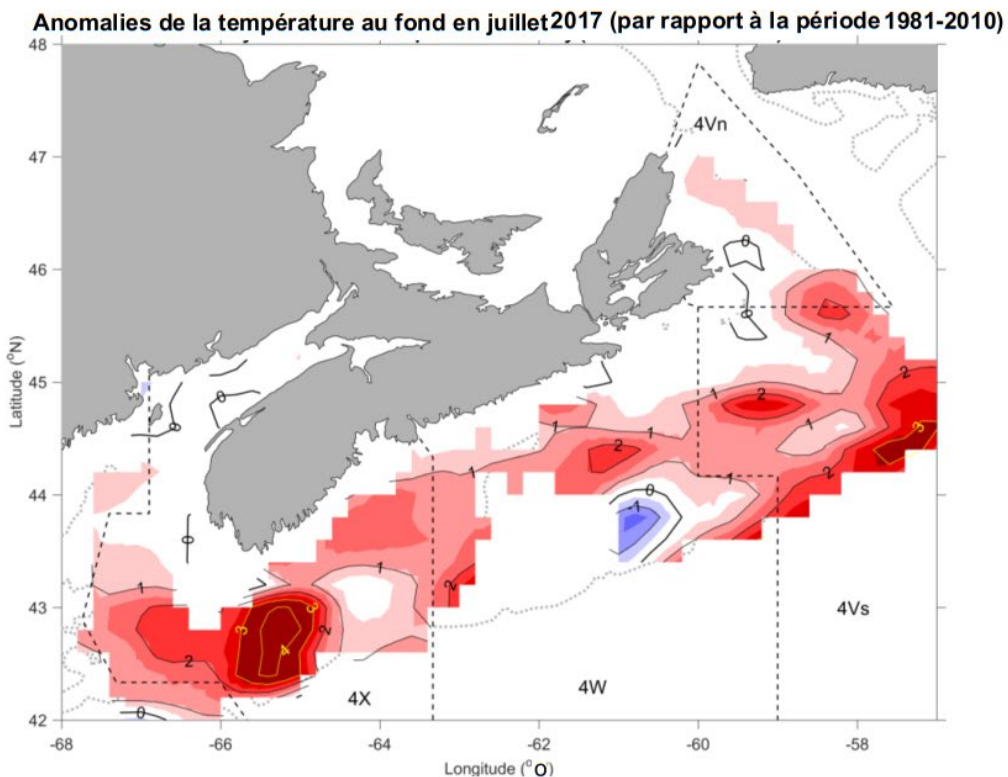
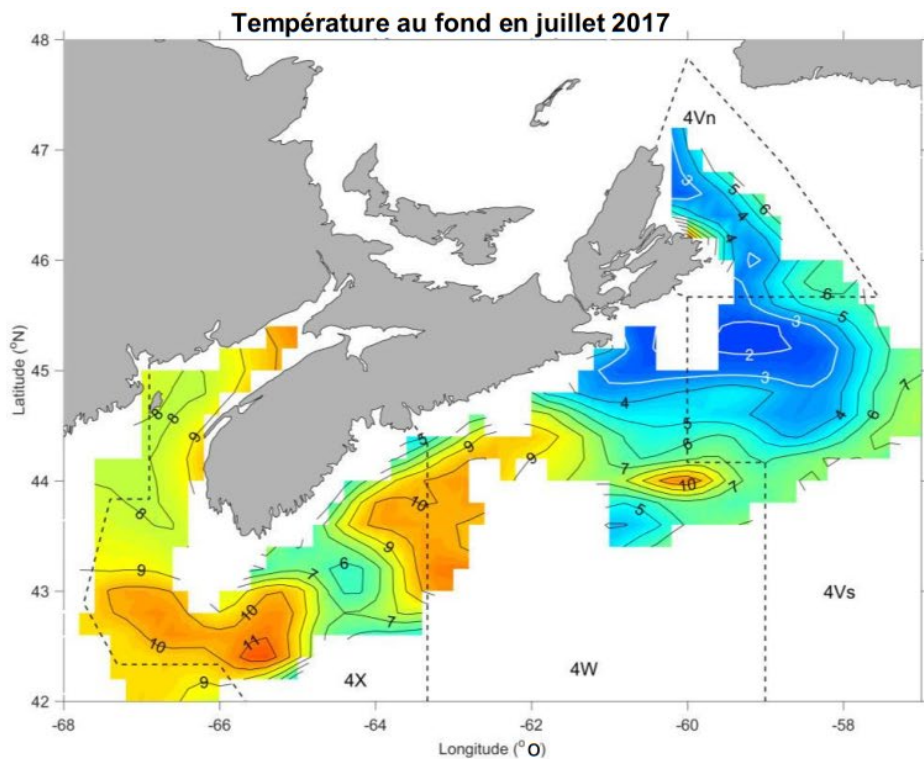


Figure 30. Cartes des températures au fond en juillet (panneau du haut) et anomalies (panneau du bas; par rapport à la période allant de 1981 à 2010) pour 2017. Les divisions 4Vn, 4Vs, 4X et 4W de l'OPANO sont illustrées.



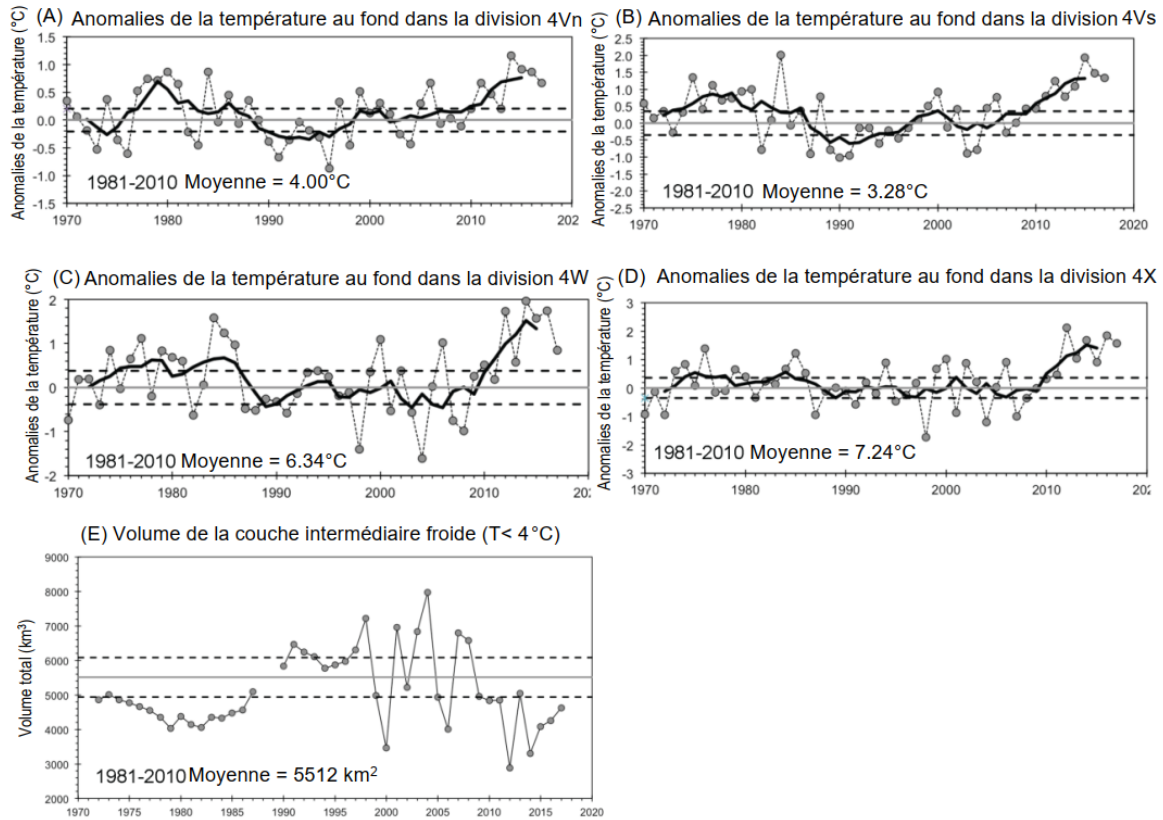


Figure 31. Série chronologique des anomalies de la température au fond au mois de juillet (lignes minces avec cercles) et séries filtrées à l'aide de la moyenne mobile quinquennale (ligne épaisse) pour les divisions de l'OPANO : (A) 4Vn, (B) 4Vs, (C) 4W et (D) 4X. (E) Série chronologique du volume de la couche intermédiaire froide (CIF; définie comme étant les eaux affichant une température inférieure à 4 °C) sur la plate-forme Néo-Écossaise d'après le relevé estival au chalut par navire scientifique du MPO. La ligne horizontale pleine représente le volume moyen de la CIF pour la période allant de 1981 à 2010, et les lignes tiretées représentent  $\pm 0,5$  écart-type.

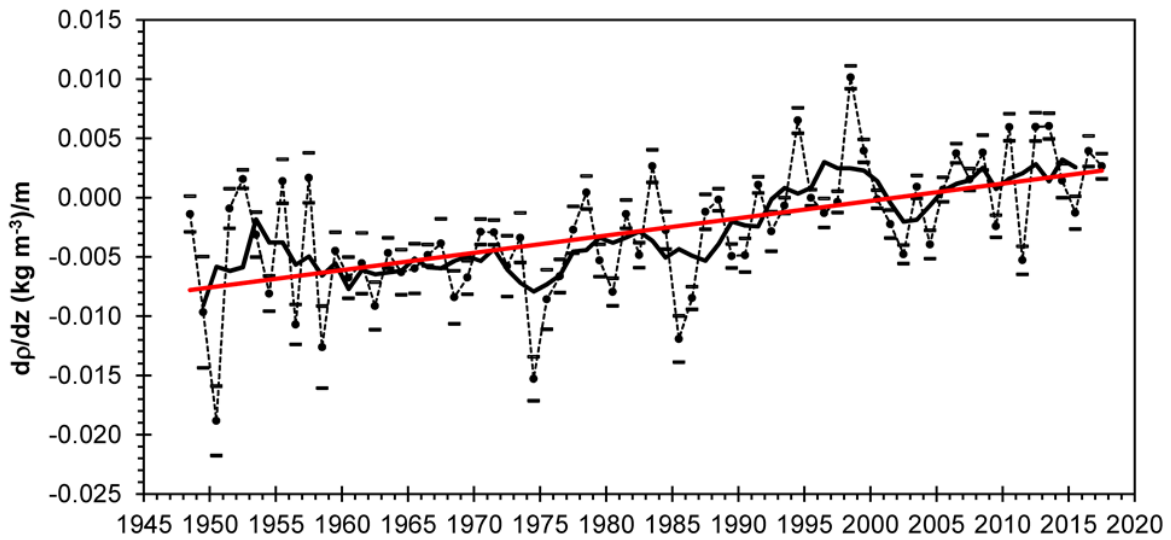


Figure 32. Anomalies annuelles moyennes de l'indice de stratification (gradient de densité entre 0 et 50 m) (ligne noire tiretée avec cercles) et moyennes mobiles quinquennales (ligne pleine noire épaisse) rapportés à la moyenne sur la plate-forme Néo-Écossaise. Les estimations des erreurs types pour 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  $0,36 \text{ kg m}^{-3}$  sur 50 ans.

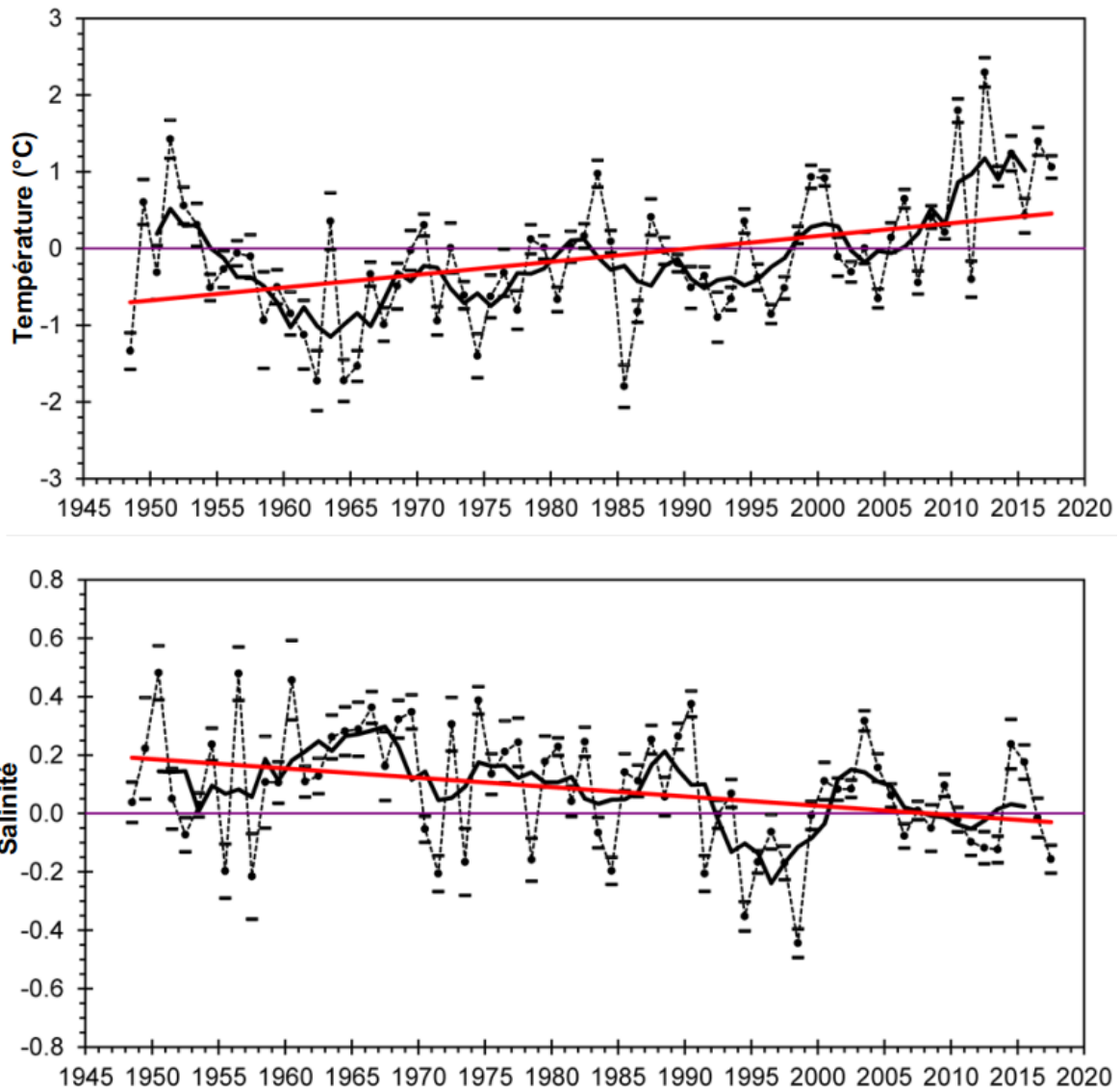


Figure 33. Anomalies de la température de la surface (panneau du haut) et de la salinité (panneau du bas) annuelles moyennes (ligne tiretée noire avec cercles) et moyennes mobiles quinquennales (ligne pleine noire épaisse) rapportées à la moyenne sur la plate-forme Néo-Écossaise. Les estimations des erreurs types pour chaque valeur des anomalies annuelles sont également illustrées. La tendance linéaire (ligne rouge) indique un réchauffement de 0,84 °C et une dessalure de 0,16 sur une période de 50 ans.

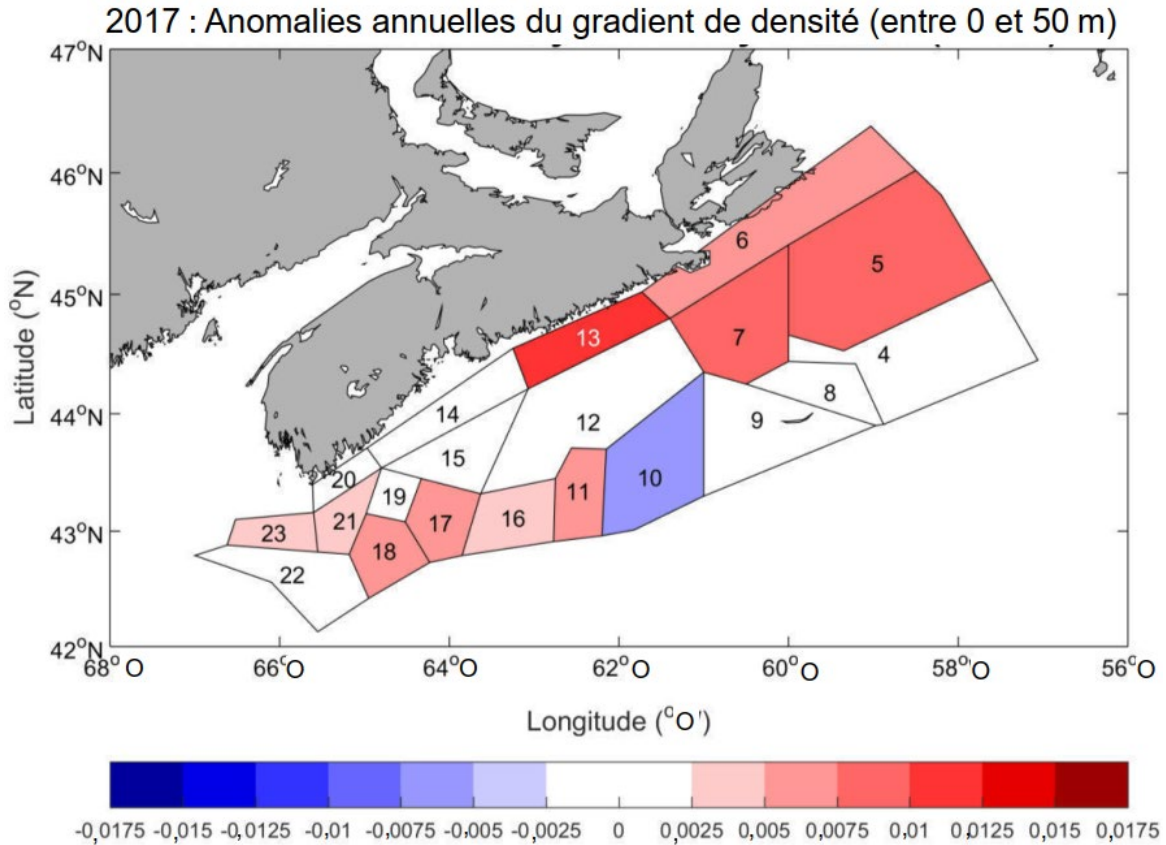


Figure 34. Anomalies annuelles moyennes de l'indice de stratification (gradient de densité entre 0 et 50 m) en 2017 sur la plate-forme Néo-Écossaise.

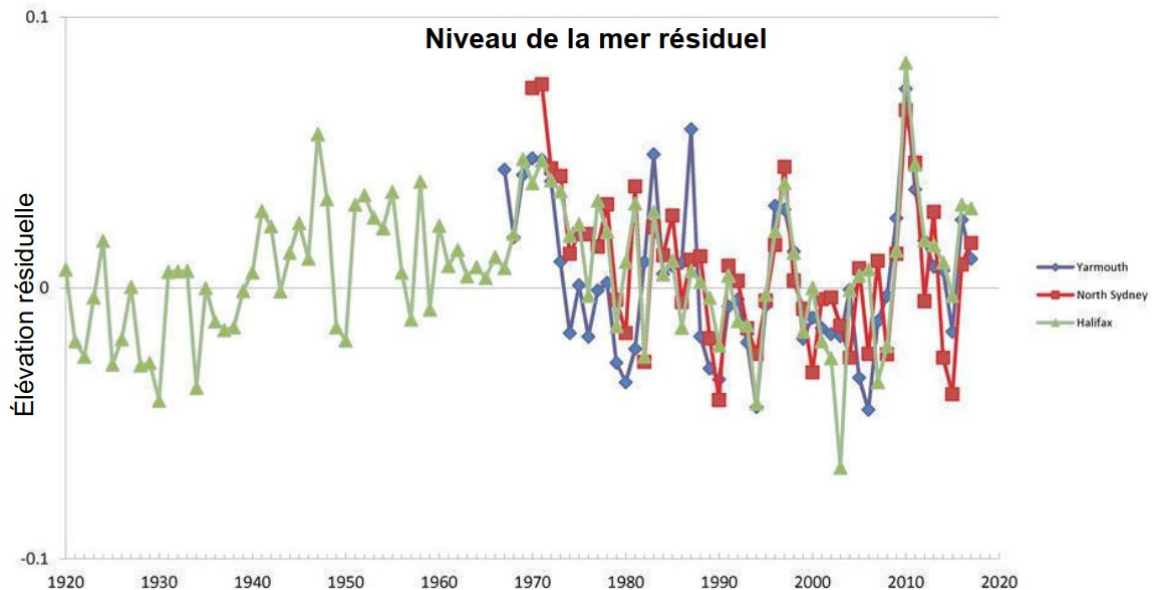


Figure 35. Série chronologique des moyennes mensuelles (ligne grise) et moyennes mobiles quinquennales (ligne noire) de l'élévation relative du niveau de la mer à Yarmouth (panneau du haut), Halifax (panneau du milieu) et North Sydney (panneau du bas), de pair avec la tendance linéaire (ligne rouge) enregistrée au cours de la période d'observation.

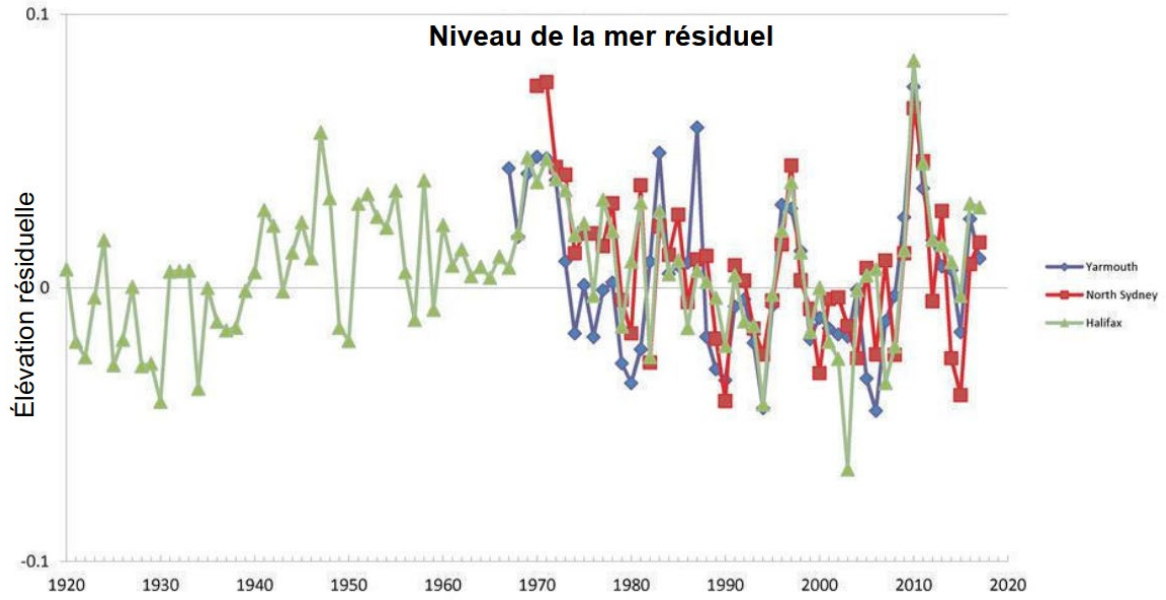


Figure 36. Tendence linéaire du niveau relatif résiduel du niveau de la mer (valeurs mensuelles observées pour la période allant de 1981 à 2010) rapportée à la moyenne de l'estimation annuelle pour Yarmouth (ligne bleue avec losanges) et North Sydney (ligne rouge avec carrés).

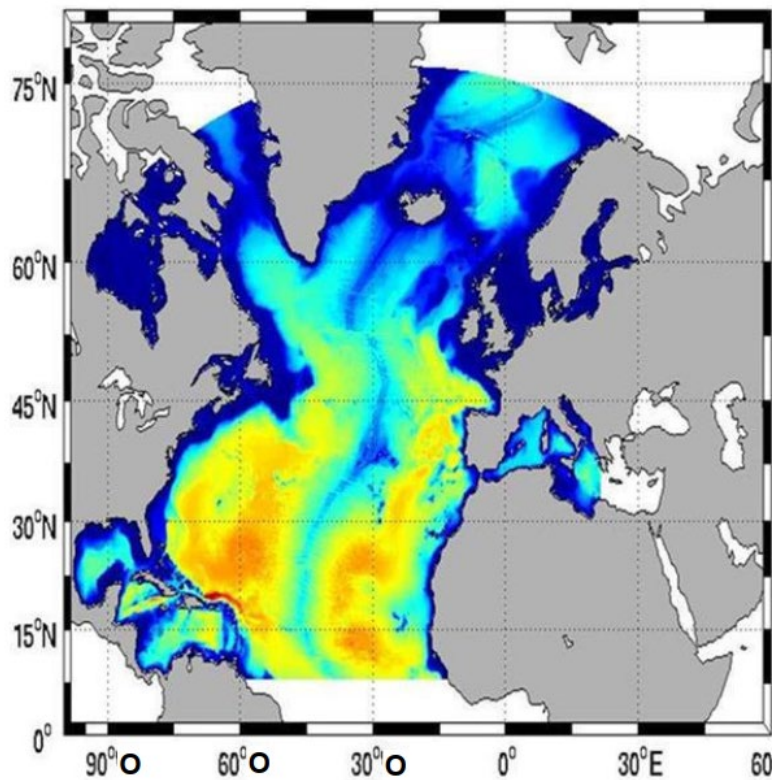


Figure 37. Bathymétrie de domaine du modèle de l'Atlantique Nord de l'IOB avec couleurs allant du rouge (en profondeur) au bleu (eaux peu profondes).

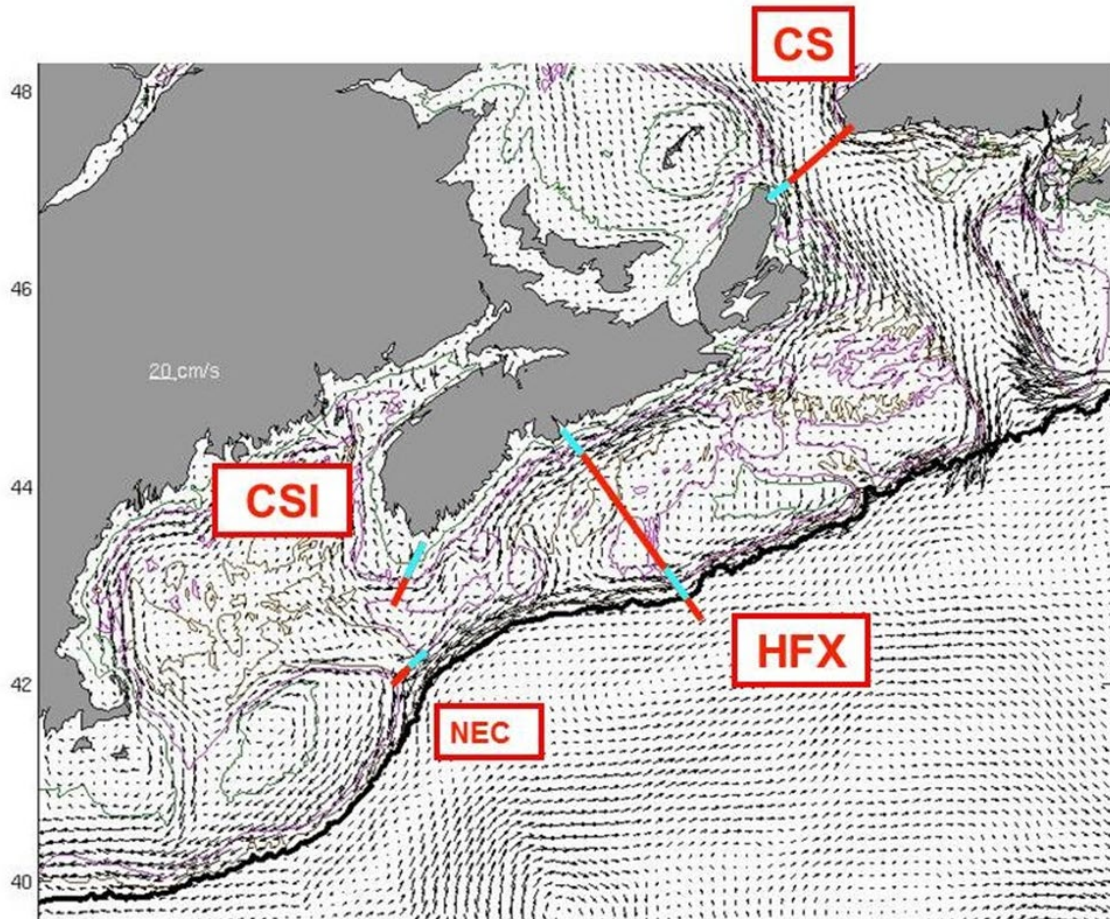


Figure 38. Circulation moyenne annuelle selon la profondeur illustrant les principaux régimes d'écoulement entre le sud du golfe du Saint-Laurent et le golfe du Maine et sous-sections pour lesquelles des calculs sur les transports ont été effectués (cyan). CS = détroit de Cabot; HFX = Halifax; CSI = île du Cap de Sable/banc de Browns; NEC = chenal nord-est.

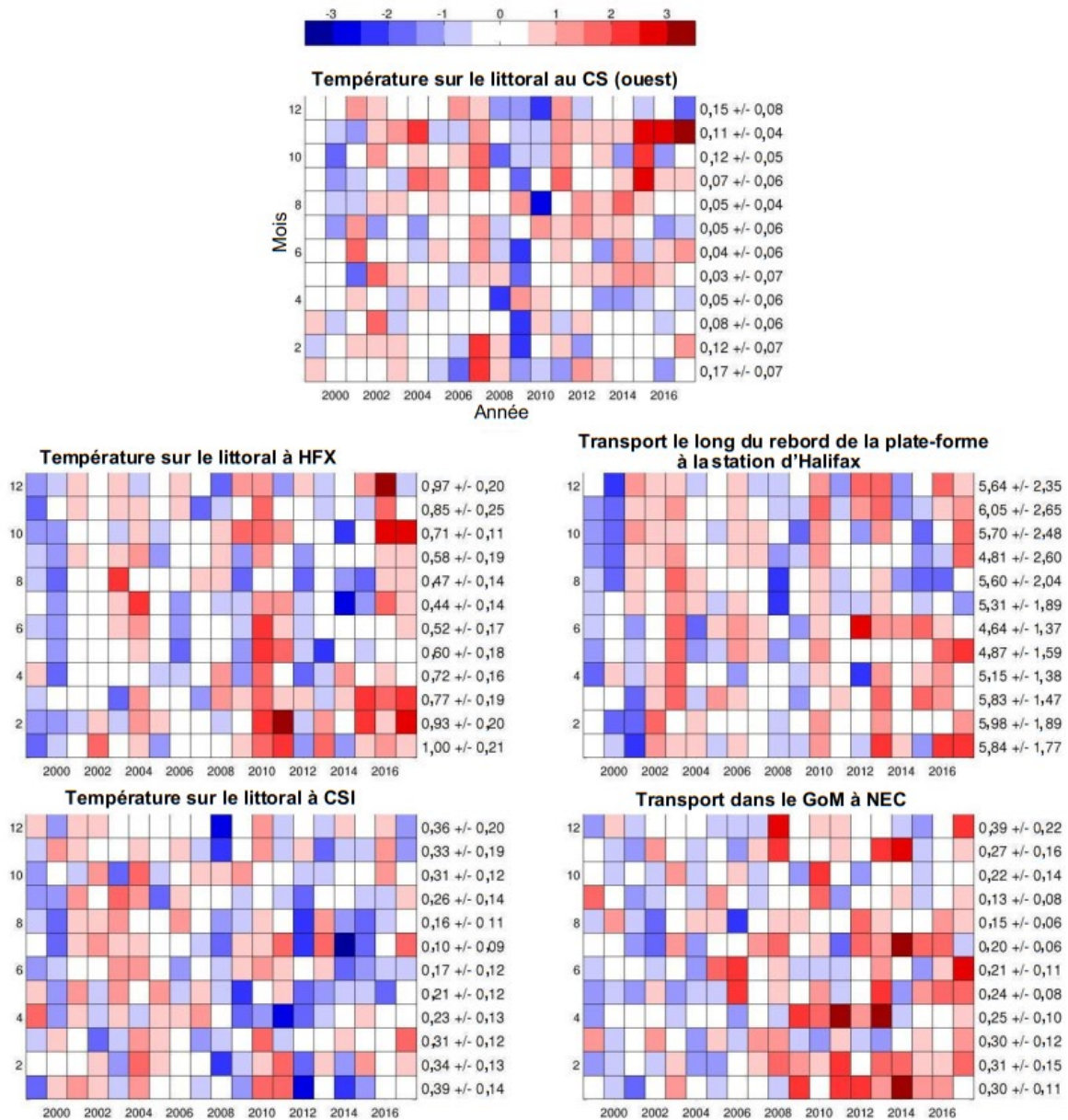


Figure 39. Anomalies normalisées du transport mensuel pour la période allant de 1999 à 2017 pour quatre sections des Maritimes : (en haut) le littoral ouest du détroit de Cabot (CS); (au milieu) le littoral de Halifax (HFX) et le rebord de la plate-forme; (en bas) le littoral de l'île du Cap de Sable (CSI) et le chenal nord-est (NEC). Les chiffres présentés sur la droite sont les moyennes mensuelles et les écarts-types.

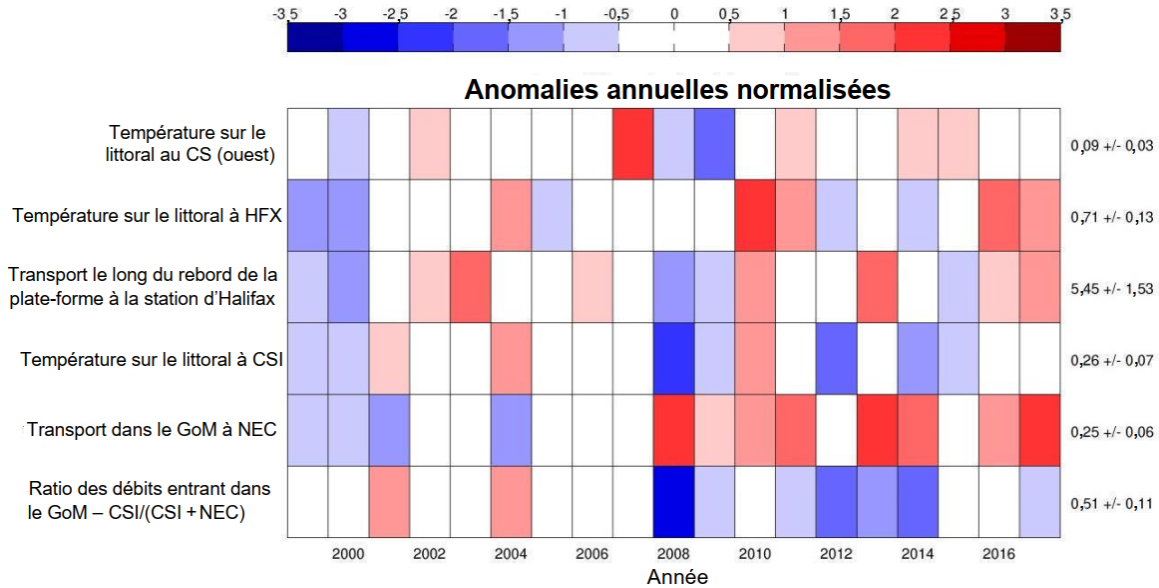


Figure 40. Anomalies annuelles du transport mises à l'échelle à l'aide de l'écart-type pour les variables présentées aux figures 38 et 41 pour la période s'échelonnant entre 1999 et 2017 (panneau du haut). Les chiffres présentés sur la droite sont les moyennes annuelles et les écarts-types. Remarque : 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 (navire scientifique)												Total général
Mois/année		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
12		-0,46	-0,59	-0,58	-0,33	-0,50	-0,83	-0,42	-0,53	-0,82		-0,56
11		-0,22	-0,34	-0,52	-0,49	-0,43	-0,30	-0,50	-0,38	-0,57	-0,20	-0,39
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	-0,20
8		-0,40	-0,26	-0,32	-0,23	-0,13	-0,08	-0,12	-0,18	-0,27	-0,05	-0,20
7		-0,04	-0,29	-0,39	-0,37	-0,11	-0,15	-0,07	-0,22	-0,31	-0,23	-0,22
6			-0,31	-0,54	-0,40	-0,09	-0,16	-0,28	-0,35	0,05	-0,28	-0,26
5			-0,33	-0,52	-0,43	-0,22	-0,12	-0,26	0,04	-0,23	-0,35	-0,27
4			-0,34	-0,33	-0,48	-0,23	-0,37	-0,39	-0,32	-0,31	-0,33	-0,34
3			-0,48	-0,47	-0,55	-0,64		-0,53	-0,63	-0,40	-0,79	-0,56
2			-0,66	-0,68	-0,85	-0,59	-0,64	-0,44	-0,62	-0,46	-0,88	-0,65
1			-0,80	-0,65	-0,67	-0,38	-0,60	-0,45	-0,74	-0,60	-0,71	-0,62
<b>Total général</b>		<b>-0,30</b>	<b>-0,43</b>	<b>-0,47</b>	<b>-0,43</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,32</b>	<b>-0,35</b>	<b>-0,38</b>	<b>-0,40</b>	<b>-0,38</b>

Figure 41. Transport mensuel ( $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) durant la période allant de 2008 à 2017 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 pour qu'on puisse indiquer s'ils se situent au-dessus, c'est-à-dire moins au sud-ouest (bleu) ou en dessous, c'est-à-dire plus au sud-ouest (rouge) 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.



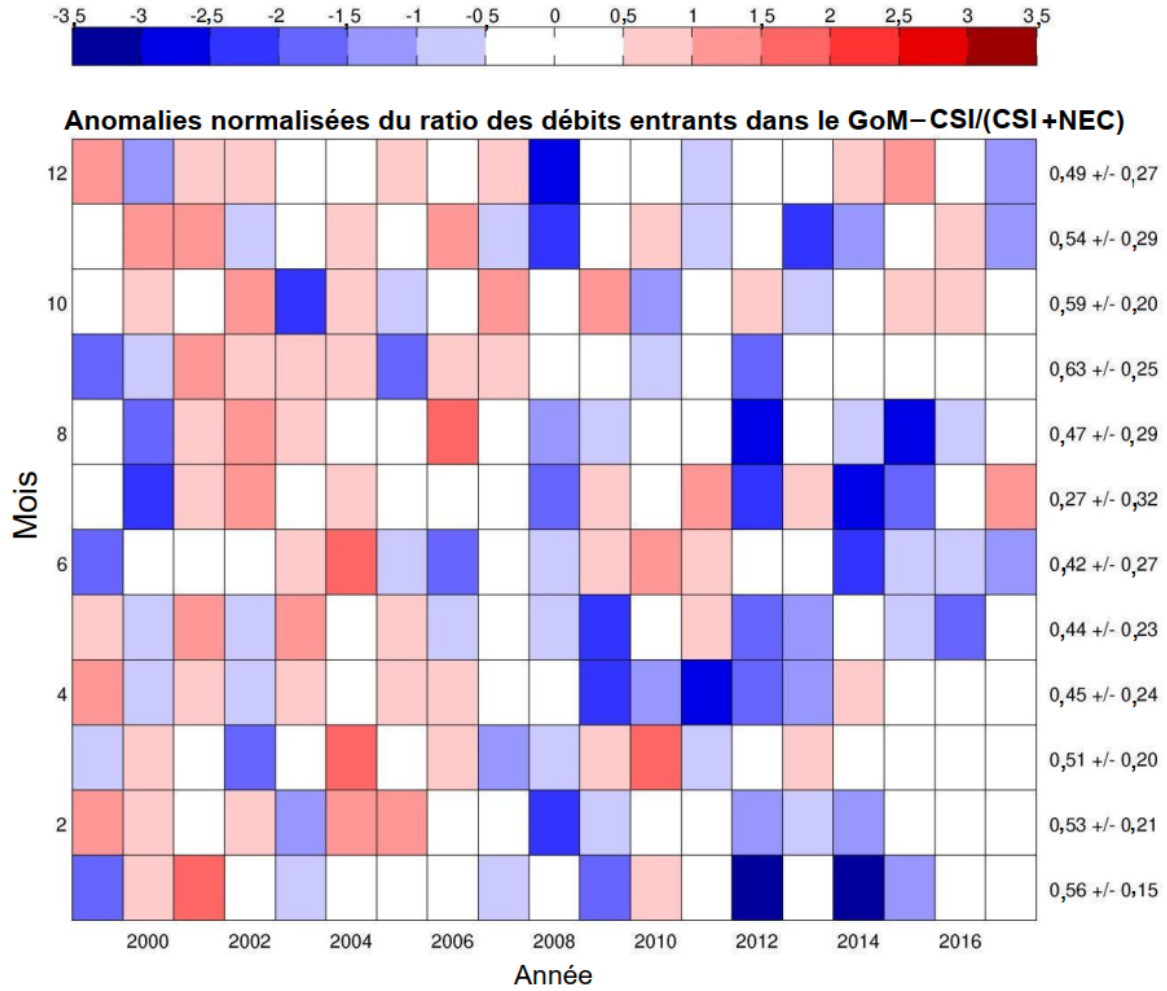


Figure 42. Anomalies normalisées du ratio des débits entrants dans le golfe du Maine (GoM) pour les années allant de 1999 à 2017. Les chiffres présentés sur la droite sont les moyennes mensuelles et les écarts-types. CSI = île du Cap de Sable; NEC = chenal nord-est.

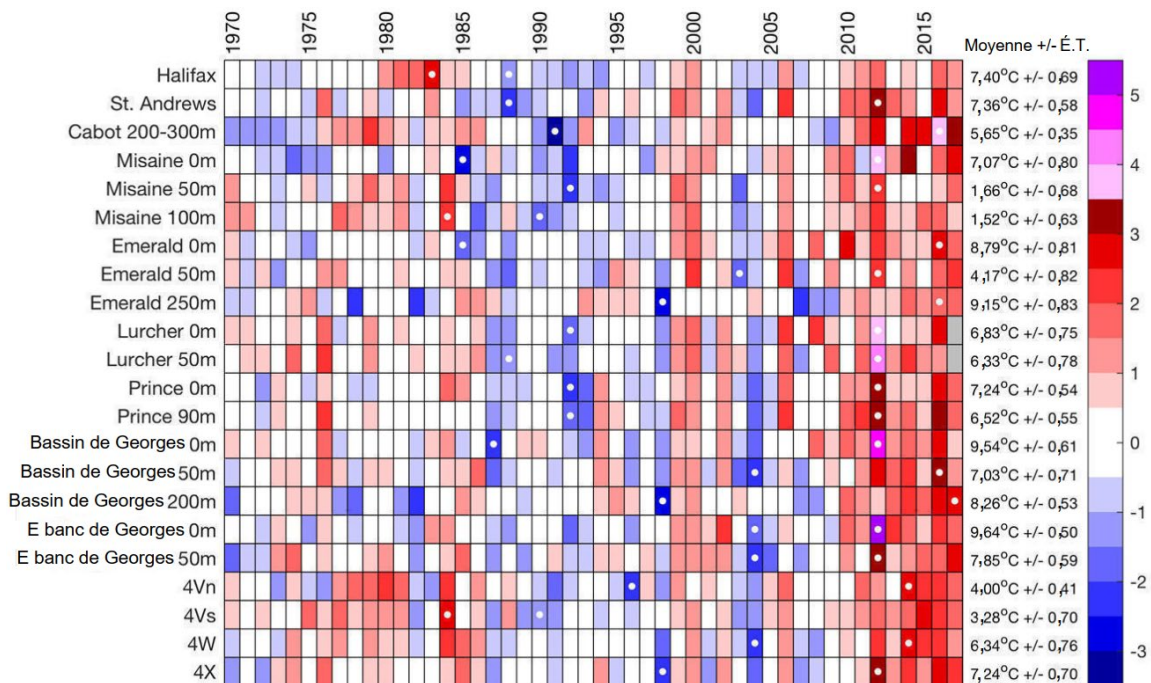


Figure 43. Somme des anomalies normalisées pour la période allant de 1999 à 2017, pour les variables présentées aux figures 38 et 39.

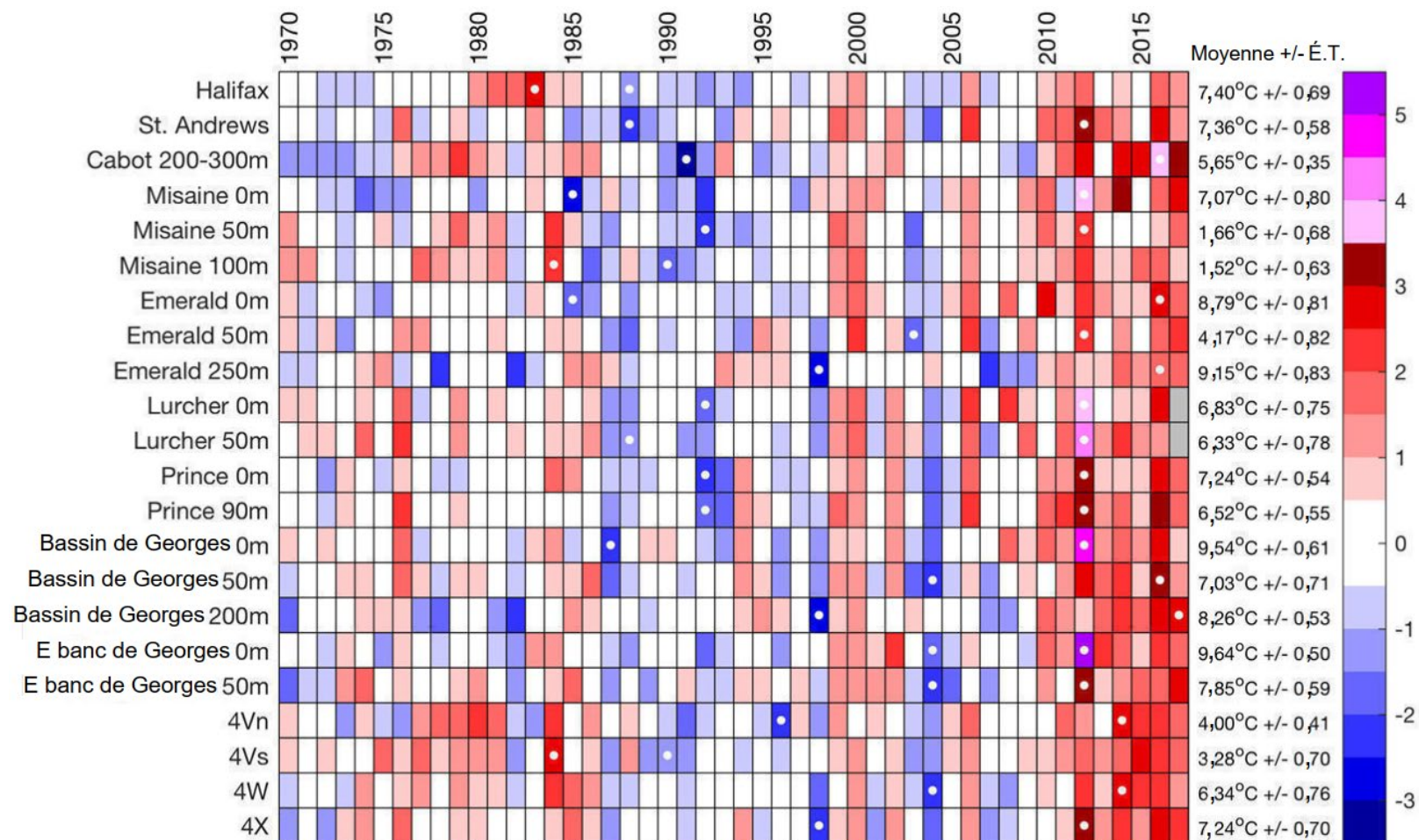


Figure 44. Anomalies annuelles normalisées de la température au fond à des profondeurs précisées dans la région de la plate-forme Néo-Écossaise et du golfe du Maine. Ces anomalies reposent sur les moyennes enregistrées entre 1981 et 2010 divisées par l'écart-type. Les couleurs bleues indiquent des anomalies 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.