



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)

Document de recherche 2023/044

Région des Maritimes

Conditions océanographiques physiques sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine en 2021

D. Hebert¹, C. Layton¹, D. Brickman¹ et P.S. Galbraith²

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

²Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne,
Case postale 1000
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

Avant-propos

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

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien des avis scientifiques
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 le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2023

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-48876-9 N° cat. Fs70-5/2023-044F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Hebert, D., Layton, C., Brickman, D. et Galbraith, P.S. 2023. Conditions océanographiques physiques sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine en 2021. Secr. can. de avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/044. iv + 67 p.

Also available in English :

Hebert, D., Layton, C., Brickman, D. and Galbraith, P.S. 2023. Physical Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine during 2021. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2023/044. iv + 65 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 SURFACE DE LA MER (SST) MESURÉE PAR TÉLÉDÉTECTION	3
TEMPÉRATURE ET SALINITÉ CÔTIÈRES.....	3
SECTIONS STANDARDS	4
OPÉRATIONS DE PLANEURS SUR LE TRANSECT D'HALIFAX	5
TEMPÉRATURES SUR LE PLATEAU NÉO-ÉCOSSAIS ET GOLFE DU MAINE	6
TEMPÉRATURES DURANT LES RELEVÉS AU CHALUT DE L'ÉCOSYSTÈME.....	7
RELEVÉ HIVERNAL	7
RELEVÉ ESTIVAL	7
STRATIFICATION DE LA DENSITÉ	7
NIVEAU DE LA MER	8
RÉSULTATS DU MODÈLE DE SIMULATION NUMÉRIQUE.....	9
VARIATION DES TRANSPORTS DANS LA RÉGION DU PLATEAU NÉO-ÉCOSSAIS ET DU GOLFE DU MAINE	9
SOMMAIRE	11
REMERCIEMENTS	12
RÉFÉRENCES CITÉES	12
TABLEAUX	15
FIGURES	16
ANNEXE	57

RÉSUMÉ

En 2021, l'indice d'oscillation de l'Atlantique Nord était proche de la normale (-0,1, -0,2 ÉT [écart-type]). Par rapport à la climatologie de 1991-2020, les anomalies de la température de l'air annuelle moyenne ont été positives dans tous les sites, les anomalies allant de +1,0 °C (+1,3 ÉT) pour Saint John à +1,2 °C (+1,7 ÉT) pour Sydney. Les données valides pour Boston portent seulement les trois derniers mois de l'année. Les anomalies annuelles de la température de surface de la mer (SST) mesurée par satellite étaient supérieures à la normale (température moyenne de 1991-2020), affichant des valeurs allant de +0,6 °C (+1,3 ÉT) dans 4Vn à +1,3 °C (+1,9 ÉT) dans l'est du golfe du Maine et la baie de Fundy, soit l'année la plus chaude jamais enregistrée. L'année 2021 s'est classée au second rang de la chaleur annuelle pour 4Vs, 4W et 4X sur le plateau néo-écossais, et au 3^e rang pour 4Vn. La surveillance côtière à long terme à Halifax (Nouvelle-Écosse) a enregistré des anomalies annuelles de la température de surface de la mer de +1,7 °C (+2,8 °C), la deuxième température la plus chaude jamais enregistrée. Dans d'autres sites sélectionnés dans la région, les anomalies annuelles de la température de l'eau étaient supérieures à la normale. Le détroit de Cabot, à une profondeur de 200 à 300 m, a enregistré la deuxième plus grande anomalie, avec une température record en 2020, +1,2 °C (+1,9 écart-type); cinq des six dernières années étaient les plus chaudes jamais enregistrées. La température du bassin d'Émeraude à 250 m était la sixième anomalie la plus élevée (+1,6 °C [+1,1 ÉT]); les six dernières années ont été les plus chaudes jamais enregistrées, 2019 ayant affiché une température record. Le bassin de Georges, à 200 m, était au troisième rang des températures les plus chaudes, à +1,1 °C (+1,6 ÉT); l'année 2018 étant la plus chaude. Les neuf dernières années ont d'ailleurs été les plus chaudes. La stratification en 2021 était plus élevée qu'en 2020 en raison de la dessalure plus grande de la surface. Depuis 1948, la stratification augmente lentement sur le plateau néo-écossais, en raison de la dessalure (moitié du changement) et du réchauffement (moitié du changement) des eaux superficielles. Un indice composite, composé de 17 séries chronologiques de la température océanique de la surface au fond à l'échelle de la région, révèle que 2021 était principalement au-dessus de la normale d'au moins un écart-type.

INTRODUCTION

Le présent document traite des tendances de la température de l'air, de la couverture de glace, des températures de surface de la mer (SST) et de la variabilité océanographique physique en 2020 dans le plateau néo-écossais, la baie de Fundy et le golfe du Maine (figure 1), à partir d'observations et de résultats de modèles. Il s'ajoute aux examens semblables des conditions dans les régions du golfe du Saint-Laurent et de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.) effectués pour le Programme de monitoring de la zone Atlantique (PMZA) (Cyr *et al.* 2021, Galbraith *et al.* 2021a) qui, ensemble, servent de base à un avis scientifique par zone (MPO 2021). 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 (ÉT). Si les données le permettent, les moyennes à long terme et les ÉT sont calculés pour la période de référence de 30 ans, soit de 1991 à 2020. L'utilisation des anomalies normalisées et de la même période de référence permet de comparer directement les anomalies entre les sites et les variables.

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

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

INDICE DE L'OSCILLATION NORD-ATLANTIQUE

À l'origine, l'indice de l'oscillation nord-atlantique était défini comme la différence de pression atmosphérique au niveau de la mer entre les Açores et l'Islande (Rogers 1984), et est une mesure de la force des vents d'ouest sur l'Atlantique Nord-Ouest. Il représente le forçage météorologique dominant, à grande échelle au-dessus de l'océan Atlantique Nord. À partir de cette année, l'indice est basé sur une analyse en composantes principales tournées (Barnston et Livezey 1987) appliquée aux anomalies mensuelles normalisées de 500 mb (Hurrell *et al.* 2003), moyennées sur les mois d'hiver de décembre à mars. Les anomalies sont basées sur la moyenne et l'écart-type de la climatologie 1950-2000. Les données mensuelles ont été obtenues sur le site de la [National Oceanic and Atmospheric Administration](#).

Un indice de l'oscillation nord-atlantique (ONA) élevé correspond à une augmentation de la différence de pression entre la dépression islandaise et l'anticyclone des Açores. De forts vents

du nord-ouest, des températures froides de l'air et de la mer et de la glace abondante dans la mer du Labrador et sur le plateau continental de Terre-Neuve sont habituellement associés à un indice positif élevé (Colbourne *et al.* 1994, Drinkwater 1996). La réponse inverse se produit les années où l'indice ONA est négatif.

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

En 2021, l'indice ONA en hiver (décembre à mars) était inférieur à la moyenne enregistrée de 1991 à 2020, -0,1 (-0,2 ÉT) après sept années de valeurs supérieures à la normale (figure 2A). Les panneaux du bas de la figure 2 montrent les conditions de pression atmosphérique au niveau de la mer pendant l'hiver 2021 par rapport à la moyenne enregistrée pour la période de 1981 à 2010. Le creux en Islande et le pic aux Açores étaient respectivement inférieur et supérieur à la moyenne à long terme de 1981 à 2010.

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 des États-Unis. En 2021, les anomalies annuelles se situaient au-dessus de la normale sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine (figure 3). Dans ces régions, l'anomalie saisonnière a été normale pendant le printemps et supérieure à la normale pendant l'hiver, l'été et l'automne (figure 4). L'anomalie hivernale a été la plus importante.

Les anomalies de la température mensuelle de l'air pour 2020 et 2021 par rapport aux moyennes enregistrées entre 1991 et 2020 dans six sites de la région du plateau néo-écossais et du golfe du Maine sont présentées à la figure 5. Les données sur la température mensuelle moyenne aux sites canadiens proviennent des [données climatiques canadiennes ajustées et homogénéisées \(DCCA\)](#) d'Environnement Canada, lorsqu'elles sont disponibles (Vincent *et al.* 2012). Dans les cas où aucune donnée n'était disponible, les valeurs mensuelles moyennes observées des Sommaires climatologiques mensuels disponibles sur le [site Web d'Environnement Canada](#) ont été utilisées. Des moyennes mensuelles tirées des [Monthly Climatic Data for the World](#) (Menne *et al.* 2017) ont été utilisées pour Boston. En général, tous les sites montrent que 2021 a connu des températures presque normales ou supérieures à la normale pendant la majeure partie de l'année, le mois de juillet étant inférieur à la normale pour Sydney, Saint John et Boston.

En 2021, les anomalies de la température de l'air annuelle moyenne étaient au-dessus de la normale dans tous les sites, allant de +1,3 à +1,7 écart-type (tableau 1). Les données valides pour Boston concernent seulement les trois derniers mois de l'année. 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 soit on n'observe pas de tendance, soit il y a 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 respectivement de +1,2°C (0,8°C,

+1,6°C), +1,4°C (+1,1°C, +1,8°C), +2,0°C (+1,6°C, +2,3°C), +1,2°C (+0,9°C, +1,5°C), +1,2°C (+0,9°C, +1,6°C) et +2,5°C (+2,2°C, +2,9°C) (figure 6).

Les anomalies de la température de l'air pour les six sites du plateau néo-écossais et du golfe du Maine sont résumées à la figure 7 sous forme de somme composite qui illustre deux points. Premièrement, pour la plupart des années, les anomalies affichent le même signe (les barres empilées coïncident). Depuis 1900, sur les 113 années où tous les sites étaient exploités, 99 années présentaient cinq stations ou plus dans lesquelles les anomalies annuelles affichaient les mêmes signes; pendant 92 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 sites. Des analyses précédentes ont donné une échelle de croissance par un facteur de décorrélation de temps de réponse τ 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.

TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA MER (SST) MESURÉE PAR TÉLÉDÉTECTION

Les données de température de surface provenant de satellites utilisées depuis le rapport de l'année précédente sont un mélange de données provenant de Pathfinder version 5.3 (1982-2020), de l'Institut Maurice Lamontagne (1985-2013) et de l'Institut Océanographique de Bedford (1997-2020). Galbraith *et al.* (2021) fournissent des détails sur la façon dont ces produits de données sont fusionnés pour créer les séries chronologiques présentées ici.

Les anomalies de température hebdomadaires, mensuelles et annuelles par rapport à la climatologie de 1991 à 2020 sont présentées pour cinq sous-zones de la région du plateau néo-écossais et du golfe du Maine, selon les divisions de l'OPANO sur le plateau néo-écossais et l'est du golfe du Maine et de la baie de Fundy (figure 8). Les températures de surface de la mer étaient supérieures à la normale au début de 2021, elles ont ensuite été plus proches de la normale pendant l'été, puis a suivi une période de températures supérieures à la normale vers la fin de l'année (figure 9). Les anomalies annuelles ont été calculées à partir des températures moyennes mensuelles pour les cinq sous-zones (tableau 2 et figure 10). Les anomalies annuelles en 2021 variaient de +0,6 °C (+1,3 ÉT) dans 4Vn à +1,3 °C (+1,9 ÉT) dans l'est du golfe du Maine/la baie de Fundy, ce qui en a fait l'année la plus chaude jamais enregistrée. L'année 2021 se trouvait au 2^e rang de la chaleur annuelle pour 4Vs, 4W et 4X sur le plateau néo-écossais, et au 3^e rang pour 4Vn. Les températures les plus chaudes pour ces régions ont été enregistrées en 2012. Au fil des relevés, toutes les zones affichent des tendances à la hausse des températures (figure 10), selon un ajustement linéaire par les moindres carrés, allant de la valeur la plus faible de +0,2 °C/décennie (4Vn) à la valeur la plus élevée observée de +0,4 °C/décennie (est du golfe du Maine/baie de Fundy). Une tendance similaire dans les températures de surface mesurées par l'AVHRR (radiomètre perfectionné à très haute résolution) a été observée dans le golfe du Saint-Laurent (Galbraith *et al.* 2012).

TEMPÉRATURE 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 11). Malheureusement, en raison de travaux sur le quai de St. Andrews, aucune donnée n'a été recueillie en 2021. En 2021, l'anomalie de la SST par rapport à la climatologie de 1991 à 2020 était de +1,7 °C (+2,8 °ÉT) pour Halifax (une augmentation de 1,1 °C par rapport à 2020), soit la deuxième

température la plus chaude enregistrée. En 2020, à St. Andrews, on a eu une anomalie de +0,9 °C (+1,3 ÉT) et la troisième température la plus chaude jamais enregistrée.

Les mesures de la température et de la salinité dans la colonne d'eau ont été échantillonnées chaque mois, pour la plupart 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. Le protocole relatif à la COVID-19 a perturbé l'échantillonnage de la station pendant le printemps 2021. Les séries chronologiques des moyennes par rapport à la profondeur (0 à 90 m) de la température, de la salinité et de la densité sont illustrées à la figure 11. En 2021, l'anomalie de température annuelle était de +1,6 °C (+2,2 ÉT), la deuxième température la plus chaude jamais enregistrée (2012 étant la plus chaude), et l'anomalie de salinité était de +0,2 (+1,0 ÉT). Cela représente des écarts de +0,9 °C et de +0,2 par rapport aux valeurs de 2020. L'anomalie de la densité en dessous de la normale s'explique par l'anomalie positive de température.

Le cycle annuel de 2021 à Prince 5 montre des températures au-dessus de la normale tout au long de l'année, avec peu de dépendance à la profondeur dans l'anomalie (figure 12), lorsque l'échantillonnage était possible. L'arrivée de la crue printanière n'a pu être échantillonnée en raison de la COVID-19. On a utilisé la nouvelle climatologie de 1991-2020. La structure du cycle saisonnier de la climatologie de 1991 à 2020 était semblable à celle de la climatologie de 1981 à 2010, avec un petit changement de température (environ +0,5 °C) tout au long de l'année (figure 13).

Les cycles annuels de température, de salinité et de densité de 2021 à Halifax 2, situé à l'embouchure du port d'Halifax (figure 1), sont présentés à la figure 14. La COVID-19 a restreint la capacité de collecte de données au début de l'année. L'anomalie de température est variable tout au long de l'année, avec une anomalie positive dans l'ensemble de la colonne d'eau au début de la période estivale de réchauffement et dans la couche de mélange durant la période de réchauffement. Cette anomalie de chaleur en été révèle une anomalie de densité inférieure à la normale. On a utilisé la nouvelle climatologie de 1991-2020. La structure du cycle saisonnier de cette climatologie était semblable à celle de la climatologie de 1981-2010, avec des différences de température observées en profondeur tout au long de l'année et au début et à la fin de l'année à toutes les profondeurs (figure 15).

SECTIONS STANDARDS

Les sections au large du détroit de Cabot, une partie du transect de Louisbourg et des transects d'Halifax et du banc de Brown (figure 1) ont été échantillonnées à la fin du printemps 2021 par deux missions (figure 16). Étant donné que l'échantillonnage de ces sections a été effectué après l'échantillonnage printanier normal du PMZA, les anomalies de température, de salinité et de densité ne sont pas indiquées.

À la fin du printemps 2021, la section du détroit de Cabot enregistrait des températures près de la normale en mars, mais légèrement au-dessus de la normale à une profondeur d'environ 300 m (figure 17). L'échantillonnage de la section de Louisbourg a été écourté en raison d'un problème de navire qui exigeait qu'il retourne à Halifax (figure 18). La section d'Halifax affiche des eaux anormalement chaudes dans le bassin d'Émeraude (figure 19). Les eaux du talus continental ne sont pas aussi chaudes et salées que par le passé.

À la fin du printemps, la section du banc de Brown montrait de l'eau anormalement chaude et salée sur le plateau extérieur dans la partie inférieure de la colonne d'eau (figure 20).

À l'automne 2021, une mission plus réussie a été menée à bien : elle a notamment prélevé des échantillons dans le golfe du Maine, Le Gully et au large de l'embouchure du chenal Laurentien (figure 21). À compter de cette année, les anomalies se fondent sur la climatologie de 1991-2020 comparativement aux années précédentes qui utilisaient la climatologie de 1981-2010.

L'occupation de la section du détroit de Cabot s'est faite en collaboration avec l'Institut Maurice-Lamontagne (IML), qui y prélève normalement des échantillons peu après cette période. La section du détroit de Cabot affichait des températures supérieures à la normale entre 200 et 400 m de profondeur, mais pas aussi élevées que ces dernières années. Des températures supérieures à la normale à la surface ont été observées dans la majeure partie du détroit (figure 22).

À l'automne 2021, de l'eau douce anormalement froide était observée sur la partie extracôtière de la section de Louisbourg, ce qui indique la présence d'eau du talus du Labrador sur le talus continental (figure 23). Sur le plateau, les conditions étaient au-dessus de la normale au milieu du plateau et au-dessous de la normale près de la côte.

La section d'Halifax enregistrait des eaux anormalement chaudes près du fond marin, sur la majeure partie du plateau, y compris dans le bassin d'Émeraude et le talus (figure 24). Associé à cette eau, une salinité plus élevée que la normale est observée. Pendant l'automne 2021, la section du banc de Brown affichait une eau anormalement chaude et salée sur la majeure partie du plateau, près du fond marin (figure 25).

L'annexe contient les sections de la région dans lesquelles les relevés ont été réalisés par l'IML pour le détroit de Cabot en hiver (figure A1), en été (figure A2) et en automne (figure A3). Pour la mission d'automne du PMZA, des échantillons ont été prélevés dans des régions supplémentaires : La zone de protection marine du banc de Sainte-Anne (figure A4), l'embouchure du chenal Laurentien (figure A5), le banc de Saint-Pierre (figure A6), la zone de protection marine du Gully (figure A7), le large du chenal Nord-Est à la fin du printemps (figure A8) et à l'automne (figure A9). Deux sections au large du golfe du Maine, le transect de Yarmouth (figure A10) et le transect de Portsmouth (figure A11) ont été terminées pendant l'automne. S'il existe un nombre suffisant d'occupations de stations historiques des sections à la même période de l'année, des sections présentant des anomalies sont également présentées. Bien que ces données ne soient pas traitées dans le présent document, elles sont utilisées dans l'analyse présentée ici.

OPÉRATIONS DE PLANEURS SUR LE TRANSECT D'HALIFAX

En 2018, des opérations de planeurs ont été lancées le long du transect d'Halifax afin d'améliorer les sections normalement occupées trois fois par an. En effet, les données des planeurs fournissent une couverture temporelle et spatiale plus grande que l'échantillonnage fait par les navires (figure 26). Pour faciliter l'analyse, les données des planeurs sont moyennées sur des intervalles d'une heure et des segments de 1 m. Lors des missions régulières, le planeur tente de suivre le transect d'Halifax entre HL2 et HL7. Les courants peuvent cependant influencer sa trajectoire (figure 27). C'est pourquoi seules les données de planeurs recueillies à moins de 15 miles nautiques du transect d'Halifax sont prises en compte, ce qui explique certains trous de données à la figure 26. La station 2 (HL2) est échantillonnée tout au long de l'année à partir d'un petit navire et fournit la résolution temporelle la plus élevée de nos stations (figure 28). Les données des planeurs n'ajoutent pas de renseignements importants pour la station 2, sauf quand il manque des données d'échantillonnage par navire. Par exemple, la COVID-19 a touché toutes les opérations sur le terrain au printemps 2020 et au début de 2021.

Dans le présent document, la variabilité de la température, de la salinité et de la fluorescence liée à la chlorophylle sont présentées pour quelques-unes des stations du transect d'Halifax pendant la période 2020-2021 (figure 29). Il ne s'agit que d'une petite fraction des données disponibles aux fins de l'analyse. À HL3, HL4 et HL5, l'échantillonnage des planeurs était suffisant pour résoudre le cycle saisonnier de la température et les efflorescences de phytoplancton printanières et automnales. Pour HL6, l'échantillonnage était moins fréquent au début de 2020. L'amélioration de la batterie a permis une meilleure couverture en 2021. En raison des limites de batterie et des conditions météorologiques, le planeur ne peut pas atteindre HL7 de manière régulière, surtout en hiver (figure 26).

TEMPÉRATURES SUR LE PLATEAU NÉO-ÉCOSSAIS ET GOLFE DU MAINE

Drinkwater et Trites (1987) ont calculé les températures et les salinités mensuelles moyennes à partir des données disponibles collectées à l'aide de bouteilles d'échantillonnage pour 35 zones du plateau néo-écossais et de l'est du golfe du Maine qui correspondent généralement à des caractéristiques topographiques comme des bancs et des bassins. Petrie *et al.* (1996) ont mis à jour leur rapport en utilisant ces mêmes zones et toutes les données hydrographiques disponibles. Une série chronologique mise à jour des anomalies des températures moyennes annuelles et filtrées (moyennes mobiles sur 5 ans) à des profondeurs choisies pour six secteurs (figure 30) est présentée (figure 31). Les températures dans le détroit de Cabot sont le fait d'un mélange des eaux du courant du Labrador et des eaux chaudes du talus entrant dans le golfe du Saint-Laurent le long du chenal Laurentien (p. ex. Gilbert *et al.* 2005). La série du banc de Misaine caractérise les températures plus froides près du fond dans l'est du plateau néo-écossais, lesquelles sont principalement influencées par les eaux du courant du Labrador sur le littoral ou par les eaux de la couche intermédiaire froide provenant du golfe du Saint-Laurent (Dever *et al.* 2016). Les anomalies de la température dans les eaux profondes du bassin d'Émeraude représentent les intrusions d'eaux plus chaudes du talus sur le plateau, qui sont ensuite emprisonnées dans les bassins profonds intérieurs (observer les « événements » de grandes anomalies à la figure 31, par exemple, vers 1980, 1998 et 2009, indiquant des apports subits d'eau du talus du Labrador). Les observations du haut-fond Lurcher définissent le climat océanique dans le sud-ouest du plateau néo-écossais et dans les eaux peu profondes entrant dans le golfe du Maine par le courant de la Nouvelle-Écosse. Enfin, la série du bassin de Georges représente les eaux du talus entrant dans le golfe du Maine par le chenal Nord-Est. Les anomalies annuelles sont fondées sur les moyennes des anomalies mensuelles; toutefois, les observations peuvent ne pas être disponibles pour tous les mois dans chaque secteur. En ce qui concerne le détroit de Cabot, le banc de Misaine, le bassin d'Émeraude, le bassin de Georges et le haut-fond Lurcher, les anomalies annuelles en 2021 reposaient sur des observations effectuées durant cinq, deux, cinq, six, cinq et un mois, respectivement.

En 2021, l'anomalie annuelle était de +1,2 °C (+1,9 ÉT) pour le détroit de Cabot à 200-300 m de profondeur (la deuxième plus grande anomalie de la série chronologique, la plus importante ayant eu lieu en 2020; cinq des six dernières années ont été les plus chaudes jamais enregistrées). Pour le banc de Misaine peu profond, situé sur la partie est du plateau néo-écossais, l'anomalie annuelle était de +1,3 °C (+2,2 °C) à 100 m, soit la deuxième température la plus chaude jamais enregistrée. Pour les bassins profonds du centre du plateau néo-écossais et du golfe du Maine, les anomalies de 2021 étaient de +1,1 °C (+1,2 ÉT) pour le bassin d'Émeraude à 250 m (6^e valeur la plus élevée; 2019 ayant été le record; les six dernières années ont été les plus chaudes jamais enregistrées) et de +1,1 °C (+1,6 ÉT) pour le bassin de Georges à 200 m (troisième valeur la plus chaude, 2019 ayant été la deuxième année la plus chaude et 2018, la plus chaude; les neuf dernières années ont été les plus chaudes jamais enregistrées). Pour les bancs peu profonds de l'ouest de la Nouvelle-Écosse, les anomalies

étaient de +1,0 °C (+1,5 ÉT) pour l'est du banc de Georges à 50 m et de +1,6 °C (+1,8 ÉT) pour le haut-fond Lurcher à 50 m (2021 était la troisième année la plus chaude, 2018 ayant été la deuxième plus chaude, et 2012, la plus chaude jamais enregistrée). Ces valeurs correspondent à des variations de -0,4 °C, +0,9 °C, -0,2 °C, +0,4 °C, +0,4 °C et +0,9 °C, respectivement, par rapport aux valeurs de 2020. Les anomalies de l'oscillation nord-atlantique enregistrées en hiver en 2010 et 2011 étaient fortement négatives et, d'après des forçages atmosphériques similaires observés dans le passé, notamment au milieu des années 1960, on aurait pu s'attendre à des températures plus froides en profondeur sur le plateau néo-écossais en 2012 (Petrie 2007). Les anomalies étaient très positives cette année-là et ont commencé à revenir à la normale en 2013, mais elles ont augmenté pour atteindre des valeurs record ou près du record en 2014 et sont demeurées élevées en 2020. Le transport du courant plus froid de la rupture de plateau provenant du Labrador est invalidée depuis 2014 (Cyr *et al.* 2022). Les anomalies des températures en profondeur ont continué d'augmenter en raison d'intrusions d'eaux du talus du large. La corrélation entre l'oscillation nord-atlantique et les températures de l'eau en profondeur semble avoir changé.

TEMPÉRATURES DURANT LES RELEVÉS AU CHALUT DE L'ÉCOSYSTÈME

RELEVÉ HIVERNAL

Aucun relevé hivernal n'a été réalisé en 2021, car il n'y avait pas de navire disponible.

RELEVÉ ESTIVAL

Le relevé estival n'a pas été réalisé en 2021 non plus, toujours à cause d'un manque de navire. C'est pourquoi l'on ne dispose d'aucune valeur de température de fond pour les différentes divisions de l'OPANO du plateau néo-écossais. Le volume de la couche intermédiaire froide (CIF), définie comme des eaux dont la température est inférieure à 4 °C, n'a pas pu être estimé non plus pour 2021. Cependant, les anomalies de température de fond passées pour les divisions de l'OPANO du plateau néo-écossais ont été déterminées au moyen de la climatologie de 1991-2020 (figure 32).

Le volume de la CIF est défini comme des eaux dont la température est inférieure à 4 °C. Pour dresser un tableau complet, le volume et la température minimale moyenne de la CIF sont indiqués dans la figure 33.

STRATIFICATION DE LA DENSITÉ

La stratification de la couche près de la surface influe sur les processus physiques et biologiques de l'océan, comme l'étendue du mélange vertical, la réaction de l'océan au forçage par le vent, le moment de la prolifération printanière, les flux verticaux d'éléments nutritifs et la répartition du plancton. En cas de 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. On a examiné la variabilité de la stratification en calculant la différence de densité (σ_t) entre les eaux près de la surface et les eaux profondes de 50 m. Les différences de densité étaient fondées sur les profils de la densité mensuelle moyenne calculés pour plusieurs zones hydrographiques du plateau néo-écossais (voir la figure 36), tels que définis par Petrie *et al.* (1996). Les gradients de densité mensuelle moyenne à long terme pour la période s'échelonnant entre 1991 et 2020 ont été estimés; ils ont été soustraits des valeurs mensuelles individuelles pour 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 pendant des mois où la stratification était faible, alors qu'au cours d'une autre année, l'échantillonnage était effectué pendant des mois où la stratification était importante. Cependant, les premiers résultats produits au moyen des anomalies mensuelles normalisées obtenues en divisant les anomalies par leur ÉT mensuel étaient qualitativement similaires aux graphiques présentés ici. Les anomalies annuelles moyennes pour l'ensemble du plateau néo-écossais et leurs moyennes mobiles sur 5 ans ont ensuite été calculées pour une combinaison pondérée selon la superficie des secteurs 4 à 23 du plateau néo-écossais. 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, qui présente une stratification généralement inférieure à la moyenne, contrairement aux 25 dernières années qui se caractérisent par des valeurs supérieures à la normale (figure 34). Depuis 1948, on assiste à une augmentation de la stratification moyenne sur le plateau néo-écossais, ce qui a entraîné un changement de la différence de densité entre 0 à 50 m de profondeur de $0,38 \text{ kg m}^{-3}$ sur 50 ans. Il convient de souligner le changement qui s'est produit en 1990 ainsi que la nature non graduelle du changement dans le temps. Ce changement dans la stratification moyenne s'explique principalement par la diminution de la densité à la surface, composée à parts égales de réchauffement et de dessalure (figure 35). La stratification en 2021 était plus élevée qu'en 2020 en raison de la dessalure plus grande de la surface. L'examen de l'anomalie de stratification de 2021 pour les zones 4 à 23 du plateau néo-écossais montre que l'anomalie près de la normale pour le plateau néo-écossais (figure 34) est due à une moyenne de secteur positive et négative dans le plateau néo-écossais (figure 36).

NIVEAU DE LA MER

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

Le niveau relatif de la mer à Yarmouth (1967 à 2020), Halifax¹ (1920 à 2020) et North Sydney (1970 à 2020) est représenté sous forme de moyennes mensuelles et de séries filtrées au moyen d'un filtre de la moyenne mobile sur cinq ans (figure 37); La tendance linéaire des données mensuelles moyennes affiche, sur la durée de la série chronologique, une pente positive de $38,0 \text{ cm/siècle}$ (Yarmouth), de $33,5 \text{ cm/siècle}$ (Halifax) et de $39,8 \text{ cm/siècle}$ (North Sydney). Barnett (1984) a constaté une élévation légèrement plus importante du niveau de la mer à Halifax ($36,7 \text{ cm par siècle}$) pour la période 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. Les changements

¹ 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.

du niveau relatif de la mer sur deux périodes, 1981-2010 et 1991-2020, montrent que les changements du niveau relatif de la mer sont plus élevés et augmentent avec le temps. Avec la suppression du rebond post-glaciaire pour Yarmouth (-10,3 cm/siècle), Halifax (-14,7 cm/siècle) et North Sydney (-16,8 cm/siècle), l'élévation absolue du niveau de la mer sur la durée totale de la série chronologique est respectivement de +27,2 cm/siècle, +18,6 cm/siècle et +22,3 cm/siècle. Une caractéristique intéressante des données est la variation à long terme qui s'est produite depuis les années 1920 (figure 38). Les données résiduelles sur le niveau de la mer pour la période commune allant de 1970 à 2021 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 responsables de la variation de basse fréquence du niveau de la mer (Hong *et al.* 2000). Pourtant, les 20 années de transport observé dans le Gulf Stream ne montrent pas de diminution significative (Rossby *et al.* 2014).

RÉSULTATS DU MODÈLE DE SIMULATION NUMÉRIQUE

Les courants et les transports sont dérivés du modèle de l'Atlantique Nord de l'Institut océanographique de Bedford (BNAM, Bedford Institute of Oceanography North Atlantic Model) (Wang *et al.* 2018). Le modèle a une résolution spatiale de $1/12^\circ$ avec 50 niveaux z dans la verticale (22 dans les 100 m supérieurs) et des cellules partielles dans la couche du fond aux fins d'adaptation à la bathymétrie. Il s'agit d'un modèle pronostique, c'est-à-dire qu'il permet l'évolution des champs de température et de salinité. Le forçage atmosphérique est dérivé du forçage par réanalyse des National Centers for Environmental Prediction (NCEP)/National Center for Atmospheric Research (NCAR) (Kalnay *et al.* 1996). Le modèle est exécuté dans différentes configurations. Les analyses présentées ici proviennent d'une version du modèle qui a servi à étudier divers phénomènes dans la zone de surveillance atlantique (Wang *et al.* 2016; Brickman *et al.* 2016, 2018). Cette version possède une représentation simplifiée des principaux réseaux hydrographiques de la région de l'Atlantique et aucun forçage de marée. La simulation est exécutée sur la période allant 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 39.

Certains calculs visant à aider à l'interprétation des données recueillies par le PMZA sont donnés. Les résultats sont présentés sous forme d'anomalies normalisées afin de faciliter la comparaison avec d'autres analyses du PMZA. Le lecteur doit tenir compte du fait que les résultats indiqués ci-dessous ne sont pas des mesures et qu'ils pourraient changer à la suite des simulations et des améliorations apportées au modèle.

VARIATION DES TRANSPORTS DANS LA RÉGION DU PLATEAU NÉO-ÉCOSSAIS ET DU GOLFE DU MAINE

La circulation générale dans les mers du plateau continental de la Région des Maritimes du Canada peut être caractérisée comme un écoulement général du nord-est au sud-ouest, depuis le détroit de Belle Isle, à travers le détroit de Cabot et le long du plateau néo-écossais vers le golfe du Maine (figure 40). Une partie de l'eau qui s'écoule du golfe du Saint-Laurent, en passant 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, avant de se jeter dans le golfe du Maine. Une autre partie de l'eau suit la rupture du plateau et contribue à l'afflux d'eau dans le golfe du Maine au niveau du chenal Nord-Est. Les variations de ces courants peuvent influencer la répartition de différentes larves de poissons et d'invertébrés, dans la zone allant du sud du golfe du Saint-

Laurent vers l'ouest jusqu'au golfe du Maine. En outre, les courants qui s'écoulent au large de l'île du cap de Sable et dans le chenal Nord-Est apportent des propriétés des eaux situées au large du plateau et sur le plateau jusque 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 1990-2021 ont été extraits de la simulation pour quatre sections de la région des Maritimes : le détroit de Cabot (CS), Halifax (HFX), l'île du cap de Sable/le banc de Brown (CSI) et le chenal Nord-Est (NEC) (figure 37). À partir de ces données, des graphiques des anomalies normalisées (fondés sur une période de calcul de la moyenne de 1991 à 2020) ont été réalisés pour illustrer la variabilité du transport. Les résultats pour les régions littorales à CS, HFX et CSI, la rupture du plateau continental à HFX et l'afflux d'eau à NEC sont présentés dans la figure 41. (Ici, le littoral est considéré comme étant la sous-section située entre le trait de côte et 30 km, 80 km, et l'isobathe de 100 m respectivement pour CS, HFX et CSI.) Le ratio des afflux d'eau dans le golfe du Maine (GdM) CSI/(CSI + NEC) a été calculé à partir des afflux d'eau qui s'écoulent dans les sections de l'île du cap de Sable/banc de Brown et du chenal Nord-Est (voir ci-après). Il faut noter que pour toutes les sections, sauf le 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 le plateau néo-écossais affiche un profil assez cohérent d'anomalies annuelles pour le détroit de Cabot, Halifax (littoral et rupture du plateau) et l'île du cap de Sable/banc de Brown (figure 42). Sur une base mensuelle, en moyenne, les séries littorales (détroit de Cabot, littoral d'Halifax et île du cap de Sable/banc de Brown) et le transport vers le golfe du Maine à la hauteur du chenal Nord-Est présentent un cycle saisonnier, avec des minimas de transport vers le milieu et la fin de l'année, tandis que le transport sur la rupture du plateau le long de la section d'Halifax ne présente pas de saisonnalité claire (figure 41, bien que la variabilité interannuelle soit remarquable).

Aux fins de comparaison qualitative avec les estimations du transport dérivées du modèle numérique, le transport mensuel du courant de la Nouvelle-Écosse au large d'Halifax a été calculé à l'aide de profileurs de courant acoustiques à effet Doppler (ADCP) ancrés 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 sur le transect d'Halifax. T2 est situé à 12 km à l'est de la station 2 (figure 1 et figure 40). T1 et T3 se trouvent à environ 15 km vers le nord-ouest et le sud-est de 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, T2 étant situé près du maximum du courant. Les composantes de la vitesse sont tournées de 58° par rapport au nord vrai pour qu'on puisse obtenir le champ de vitesse avec la variance maximale le long de l'axe principal. Les moyennes quotidiennes de la vitesse le long de la côte ont été quadrillées par interpolation linéaire et multipliées par la superficie de la section transversale entre T1 et T3 pour obtenir des estimations mensuelles du transport par le courant de la Nouvelle-Écosse en $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Sv). Les périodes pour lesquelles des données sont disponibles pour les trois stations servent à établir une relation linéaire entre le transport qui a été estimé au moyen de toutes les stations et celui qui a été estimé au moyen d'une ou deux stations ADCP seulement. 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 le mouillage 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 selon la profondeur à T2 et le transport total. Les anomalies de transport sont fondées sur la moyenne de chaque mois au

moyen de toutes les données disponibles pour ce mois. Les anomalies en rouge indiquent une augmentation du transport vers le golfe du Maine, tandis que les anomalies en bleu indiquent une diminution du transport². Les données indiquent l'existence d'une période d'anomalies négatives (écoulement plus fort vers le sud-ouest) commençant au milieu de 2010 et se poursuivant jusqu'au milieu de 2011, suivie d'un écoulement moyen ou plus faible qui persiste jusqu'à l'été 2016 (figure 40). À l'automne 2016 et l'hiver 2017, l'écoulement était au-dessus de la normale, puis on a constaté un transport très près de la normale jusqu'en septembre 2018. Après cela, un transport supérieur à la normale a été observé jusqu'à la fin de l'année. Le transport a été près de la normale de 2019 à la fin de la série chronologique. Ces tendances sont globalement bien simulées grâce au modèle, bien qu'il existe des différences, particulièrement au cours des dernières années (voir le panneau sur le littoral d'Halifax de la figure 41).

La fraction du transport vers le golfe du Maine par la section de l'île du cap de Sable (ratio des afflux dans le golfe du Maine – figure 44) 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 Brown. D'une année sur l'autre (figure 42), le ratio des afflux d'eau dans le golfe du Maine était presque neutre entre 1990 et 2007 (avec des valeurs au-dessus de la normale seulement en 2001 et 2004), surtout négatif entre 2008 et 2014, et presque neutre de 2015 à 2021 (à l'exception d'une valeur fortement négative en 2020). D'après la simulation du modèle, la tendance générale au réchauffement observée au cours de la dernière décennie dans de nombreuses 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 afflux dans le golfe du Maine.

On a calculé un indice de transport annuel global composite (figure 45) en additionnant les anomalies normalisées (figures 41 et 42) pour cinq des six variables de transport (l'afflux passant par le chenal Nord-Est a été omis, car cette mesure n'est pas indépendante du ratio des afflux dans le golfe du Maine). Si l'on considère cette somme comme étant une mesure du débit sur le plateau, dans le réseau qui s'étend du sud du golfe du Saint-Laurent au golfe du Maine, on constate que le modèle prévoit a posteriori des anomalies généralement négatives de 1990 à 2000, avec de fortes anomalies négatives en 1990, 1993-1994 et 1999-2000, des anomalies positives généralement faibles de 2001 à 2007, suivies d'une alternance de fortes anomalies négatives et de fortes anomalies positives jusqu'en 2015, puis d'anomalies positives jusqu'à la fin de la série chronologique.

SOMMAIRE

En 2021, l'indice d'oscillation de l'Atlantique Nord était proche de la normale (-0,1, -0,2 ÉT). L'analyse des données satellitaires indique que les températures à la surface de la mer étaient au-dessus de la normale dans les régions, qui enregistrent toutes une valeur record ou proche du record.

Un résumé graphique de séries chronologiques sélectionnées déjà présentées indique que les périodes 1987-1993 et 2003-2004 étaient principalement plus froides que la normale, et que les périodes 1999-2000 et 2010-2020 étaient plus chaudes que la normale (figure 46). La période entre 1979 et 1986 a également eu tendance à être plus chaude que la normale. Il apparaît clairement que 2012 a été une année exceptionnelle selon ces séries, avec 17 valeurs

² Ces anomalies sont basées sur une période de moyenne différente de celle utilisée pour les simulations de modèle.

supérieures à deux ÉT. En 2021, 16 des 17 séries présentées présentaient des anomalies positives; 16 variables se situaient à plus d'un ÉT au-dessus de leurs valeurs normales. Parmi ces dernières, 8 étaient de plus de 2 ÉT au-dessus de la normale et une était de plus de 3 ÉT au-dessus de la normale (le bassin d'Émeraude à 0 m). Le bassin d'Émeraude à 0 m et 50 m et Prince 5 à 0 m étaient des valeurs records et l'est du banc de Georges, la deuxième valeur la plus élevée).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient toutes les personnes et institutions qui leur ont fourni des données, en particulier le Groupe de gestion intégrée des données scientifiques à Ottawa, Jack Fife de la Station biologique de St. Andrews pour avoir fourni des données de St. Andrews et de Prince 5, et Edward Horne pour la SST d'Halifax. Ils remercient également Zeliang Wang (Secteur des sciences du MPO, région des Maritimes) et Frédéric Cyr (Secteur des sciences du MPO, région de Terre-Neuve) d'avoir révisé le document et 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.
- Barnston, A.G. and Livezey, R.E. 1987. [Classification, seasonality and persistence of low frequency atmospheric circulation patterns](#). Mon. Weather Rev. 115: 1083–1126.
- Brickman, D., Wang, Z., and DeTracey, B. 2016. [Variability of current streams in Atlantic Canadian waters: A model study](#). Atmosphere-Ocean. 54(3): 218-229.
- 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.
- Colbourne, E., Narayanan, S., and Prinsenber, S. 1994. [Climatic changes and environmental conditions in the Northwest Atlantic, 1970–1993](#). ICES Mar. Sci. Symp. 198: 311–322.
- Craymer, M.R., Henton, J., Piraszewski, M., and Lapelle, E. 2011. [An updated GPS velocity field for Canada](#). EOS Transactions, AGU, 92(51), Fall Meeting Supplement, Abstract G21A-0793.
- Cyr, F., Snook, S., Bishop, Galbraith, P.S., Pye, B., Chen, N., et Han, G. 2021. [Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador en 2019](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/017. iv + 54 p.
- Cyr, F., Snook, S., Bishop, C., Galbraith, P.S., Chen, N. et Han, G. 2022. [Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador en 2021](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/040. iv + 51 p.
- Dever, M. 2017. [Dynamics of the Nova Scotia Current and Linkages with Atlantic Salmon Migration Patterns over the Scotian Shelf](#). Thèse de doctorat. Université Dalhousie.
- Dever, M., Hebert, D., Greenan, B.J.W., Sheng, J., and Smith, P.C. 2016. [Hydrography and Coastal Circulation along the Halifax Line and the Connections with the Gulf of St. Lawrence](#). Atmos-Ocean. 54: 199–217.
- Drinkwater, K.F. 1996. Climate and oceanographic variability in the Northwest Atlantic during the 1980s and early-1990s. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 18: 77–97.

-
- Drinkwater, K.F., and Trites, R.W. 1987. Monthly means of temperature and salinity in the Scotian Shelf region. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 1539.
- Galbraith, P.S., Larouche, P., Chassé, J., and Petrie, B. 2012. [Sea-surface temperature in relation to air temperature in the Gulf of St. Lawrence: Interdecadal variability and long term trends](#). *Deep Sea Res. Part II Vol. 77-80*: 10–20.
- Galbraith, P.S., Chassé, J., Shaw, J.-L., Dumas, J., Caverhill, C., Lefavre, D. et Lafleur, C. 2021a. [Conditions océanographiques physiques dans le golfe du Saint-Laurent en 2020](#). *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/045*. iv + 84 p.
- Galbraith, P.S., Larouche, P., and Caverhill, C. 2021b. [A Sea-Surface Temperature Homogenization Blend for the Northwest Atlantic](#). *Canadian Journal of Remote Sensing*. 47(4): 554–568. doi: 10.1080/07038992.2021.1924645
- Gatien, M.G. 1976. [A study in the slope water region south of Halifax](#). *J. Fish Res. Board Can.* 33: 2213–2217.
- Gilbert, D., Sundby, B., Gobriel, C., Mucci, A., and Tremblay, G.-H. 2005. [A seventy-two-year record of diminishing deep-water oxygen in the St. Lawrence estuary: The northwest Atlantic connection](#). *Limnol. Oceanogr.* 50: 1654–1666.
- Hong, B.G., Sturges, W., and Clarke, A.J. 2000. [Sea level on the U.S. East Coast: Decadal variability caused by open ocean wind-curl forcing](#). *J. Phys. Oceanogr.* 30: 2088–2089.
- Hurrell, J.W., Kushnir, Y., Visbeck, M., and Ottersen, G. 2003. [An overview of the North Atlantic Oscillation](#). In: Hurrell, J.W., Kushnir, Y., Ottersen, G. and Visbeck, M. (Eds), *The North Atlantic Oscillation, Climate Significance and Environmental Impact*. AGU Geophysical Monograph. 134: 1–35.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, M.R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K.C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R., and Joseph, D. 1996. [The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis Project](#). *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 77: 437–470.
- Menne, M.J., Gleason, B.E., Lawrimore, J.H., Rennie, J., and Williams, C.N. 2017. Global Historical Climatology Network - Monthly Temperature, Version 4 BETA. NOAA National Centers for Environmental Information. doi:10.7289/V5XW4GTH [consulté le 2022-01-07].
- MPO. 2021. [Conditions océanographiques dans la zone atlantique en 2020](#). *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2021/026*.
- Petrie, B. 2007. [Does the North Atlantic Oscillation affect hydrographic properties on the Canadian Atlantic Continental Shelf?](#) *Atmos.-Ocean* 45(3): 141–151.
- Petrie, B., Drinkwater, K., Gregory, D., Pettipas, R., and Sandström, A. 1996. [Temperature and salinity atlas for the Scotian Shelf and the Gulf of Maine](#). *Can. Data. Rep. Hydrog. Ocean Sci.* 171.
- Petrie, B., Pettipas, R., and Petrie, W. 2009. [An Overview of Meteorological, Sea Ice and Sea-Surface Temperature Conditions off Nova Scotia and the Gulf of Maine during 2008](#). *Secr. can. consult. sci. du MPO, Doc. rech. 2009/041*.
- Rogers, J.C. 1984. [The Association between the North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation in the Northern Hemisphere](#). *Mon. Wea. Rev.* 112: 1999–2015.
-

-
- Rosby, T., Flagg, C.N., Donohue, K., Sanchez-Franks, A., and Lillibridge, J. 2014. [On the long-term stability of Gulf Stream transport based on 20 years of direct measurements](#). Geophys. Res. Lett. Vol. 41: 114–120.
- Vincent, L.A., Wang, X.L., Milewska, E.J., Wan, H., Yang, F., and Swall, V. 2012. [A second generation of homogenized Canadian monthly surface air temperature for climate trend analysis](#). J. Geophys. Res. Vol. 177, Issue D18.
- Wang, Z., Brickman, D., Greenan, B.J., and 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.
- Wang, Z., Lu, Y., Greenan, B., Brickman, D., and DeTracey, B. 2018. BNAM: [An eddy-resolving North Atlantic Ocean model to support ocean monitoring](#), Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 327. vii + 18 p.

TABLEAUX

Tableau 1. Anomalies de la température annuelle moyenne de l'air en 2021 en degrés et anomalies normalisées (par rapport à la climatologie de 1991 à 2020) et ÉT des anomalies mensuelles pour le plateau néo-écossais et le golfe du Maine. Climatologie 1991-2020 et climatologie 1981-2020 à des fins de comparaison. Aucune donnée n'est disponible pour Boston en 2021.

Site	Anomalie annuelle		Climatologie de 1991-2020		Climatologie de 1981-2010	
	Observée (°C)	Normalisée (ÉT)	Moyenne (°C)	ÉT (°C)	Moyenne (°C)	ÉT (°C)
Sydney	+1,2	+1,7	6,45	0,72	5,87	0,81
Île de Sable	+1,0	+1,4	8,35	0,69	7,88	0,68
Shearwater (Halifax)	+1,0	+1,4	7,16	0,70	6,99	0,74
Yarmouth	+1,1	+1,6	7,69	0,71	7,16	0,62
Saint John	+1,0	+1,3	5,71	0,77	5,19	0,74
Boston	-	-	10,83	0,69	10,91	0,60

Tableau 2. Anomalies de la SST en 2021 et statistiques sur la SST à long terme, incluant le changement de température entre 1982 et 2021 d'après la tendance linéaire.

Site	Anomalie de la SST en 2021 (°C)	Anomalie de la SST normalisée en 2021	Moyenne annuelle de la SST (°C) de 1991 à 2020	Tendance des températures de 1982 à 2021 (°C/décennie)
4Vn	+0,6	+1,3	6,5	0,2
4Vs	+0,9	+1,6	7,6	0,3
4W	+1,0	+1,8	8,7	0,3
4X SS	+1,1	+2,0	8,3	0,3
4X eGdM+BdF	+1,3	+1,9	8,2	0,4

FIGURES

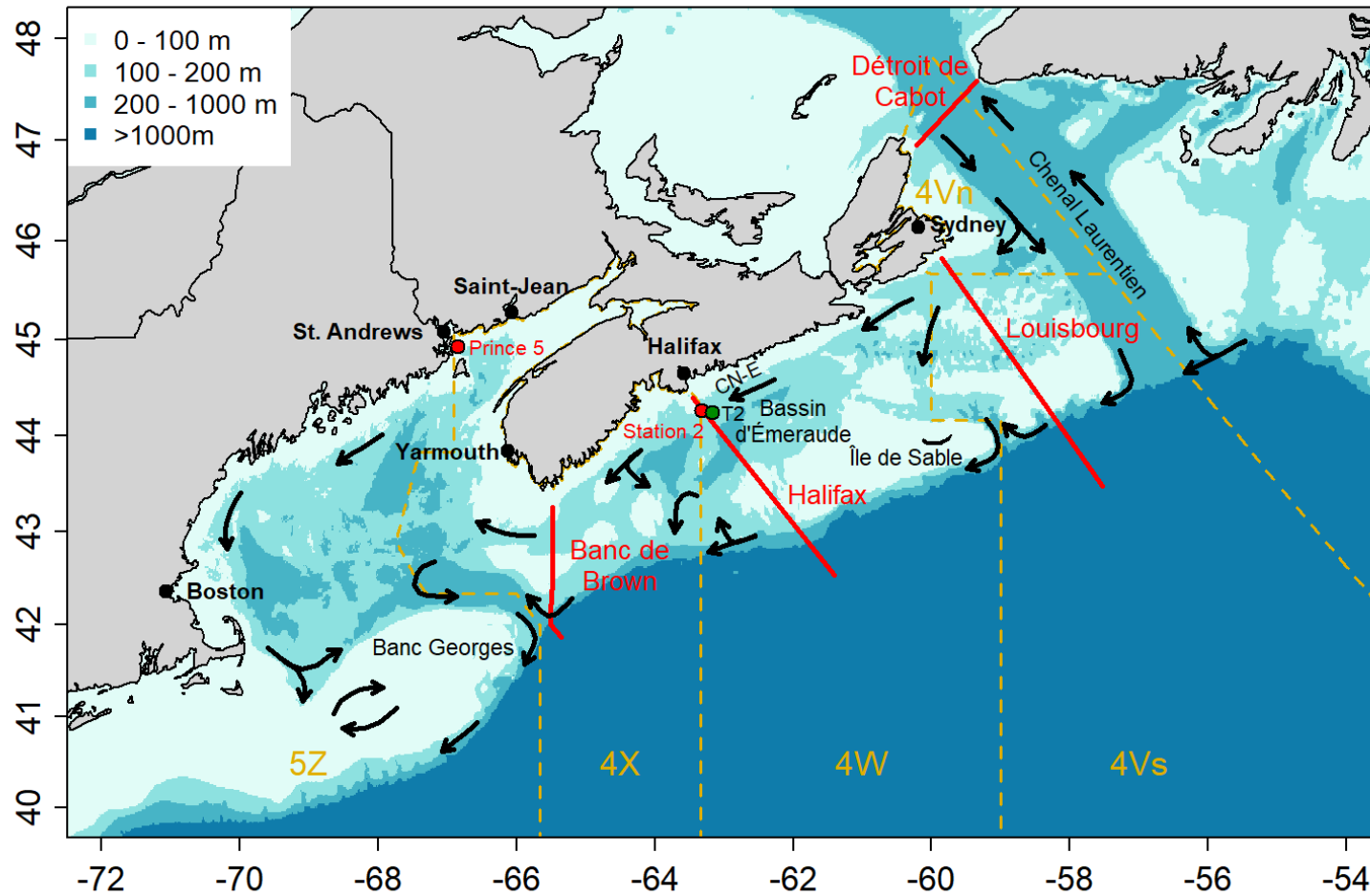


Figure 1. Carte du plateau néo-écossais et du golfe du Maine montrant les stations hydrographiques (cercles rouges), les sections standards (lignes rouges), le mouillage du courantmètre (vert) ainsi que les caractéristiques topographiques. Le Courant de la Nouvelle-Écosse (NSC) est indiqué. Les lignes pointillées indiquent les limites des divisions de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest.

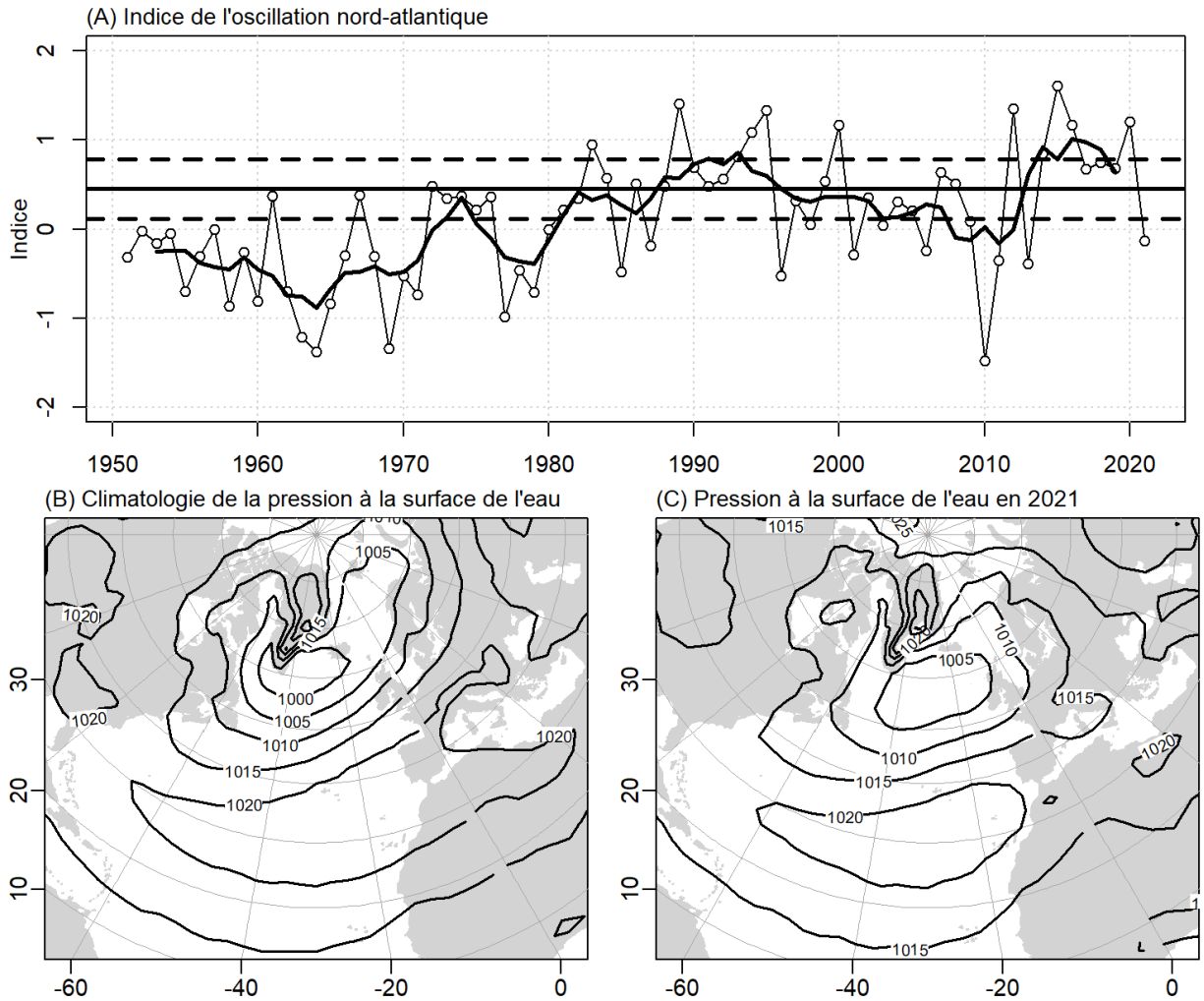


Figure 2. (A) Indice de l'oscillation nord-atlantique, défini comme étant l'analyse en composantes principales de la pression hivernale (décembre, janvier, février, mars) à 500 mb qui est représentative de la différence entre la dépression en Islande et la haute pression aux Açores. La ligne épaisse est une moyenne mobile sur 5 ans. La moyenne climatologique est représentée par une ligne continue. Les lignes pointillées représentent $\pm 0,5$ écart-type. (B) Pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer de décembre à mars pendant la période 1981-2010 et (C) de décembre 2019 à mars 2020 au-dessus de l'Atlantique Nord. (Données fournies par la [Division des sciences physiques de la NOAA/Laboratoire de recherche sur le système terrestre \(ESRL\)](#), Boulder, Colorado).

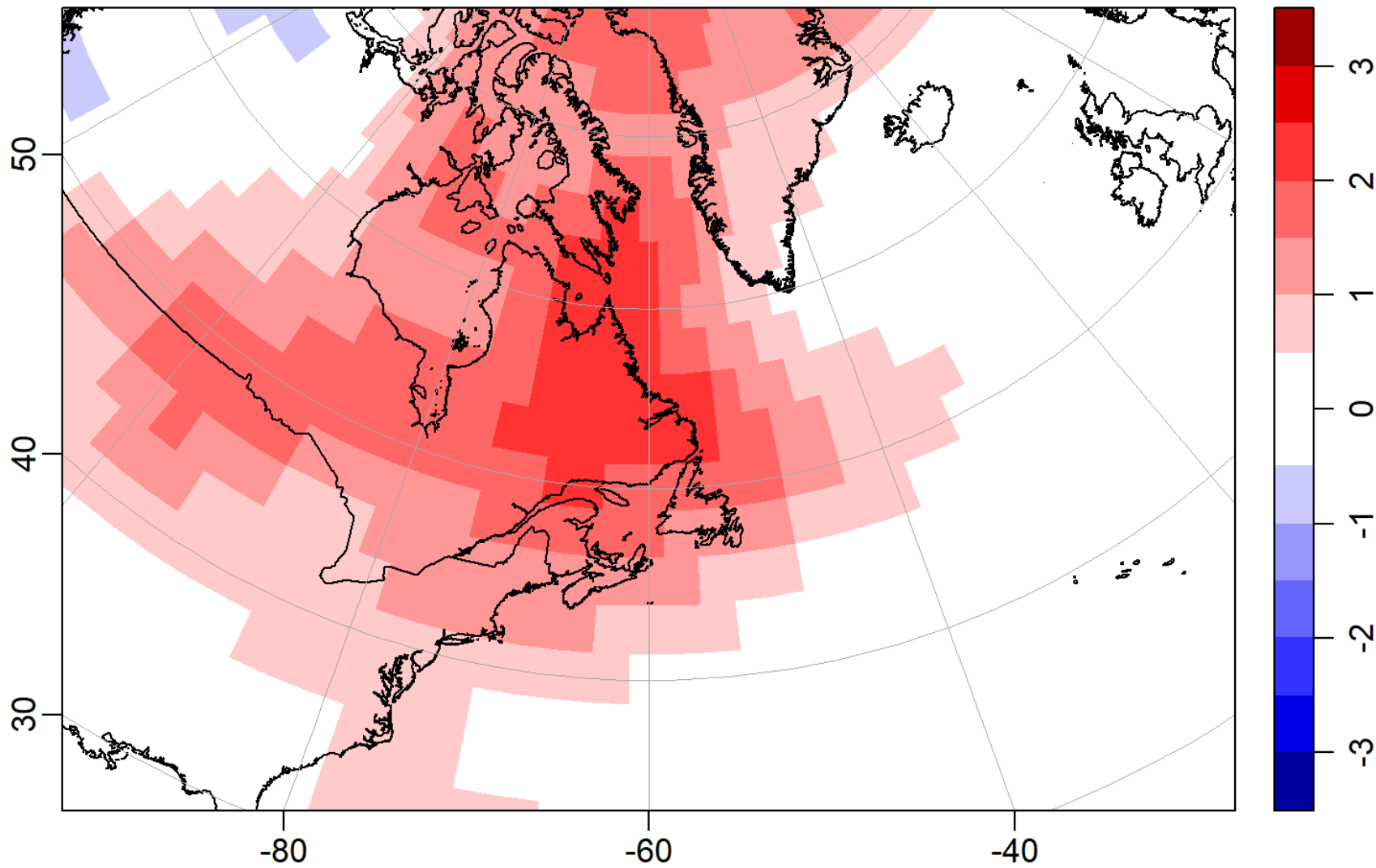


Figure 3. Anomalies annuelles de la température de l'air (°C) au-dessus de l'Atlantique Nord-Ouest par rapport aux moyennes de 1981 à 2010; les données ont été obtenues sur le [site Internet de la NOAA](#) [consulté le 7 janvier 2022].

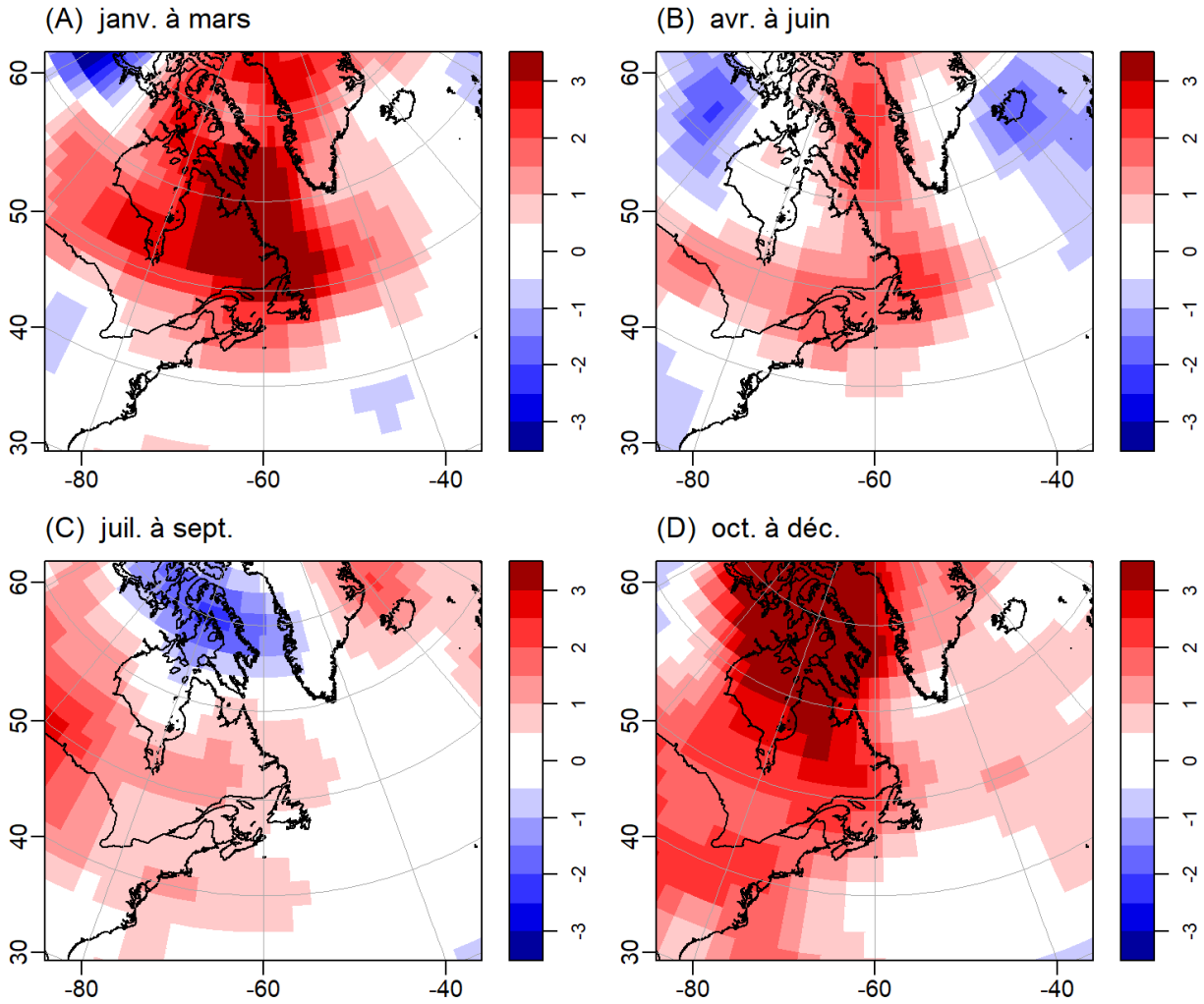


Figure 4. Anomalies annuelles de la température de l'air (°C) au-dessus de l'Atlantique Nord-Ouest par rapport aux moyennes enregistrées de 1981 à 2010; les données ont été obtenues sur le [site Internet de la NOAA](#) [consulté le 7 janvier 2022].

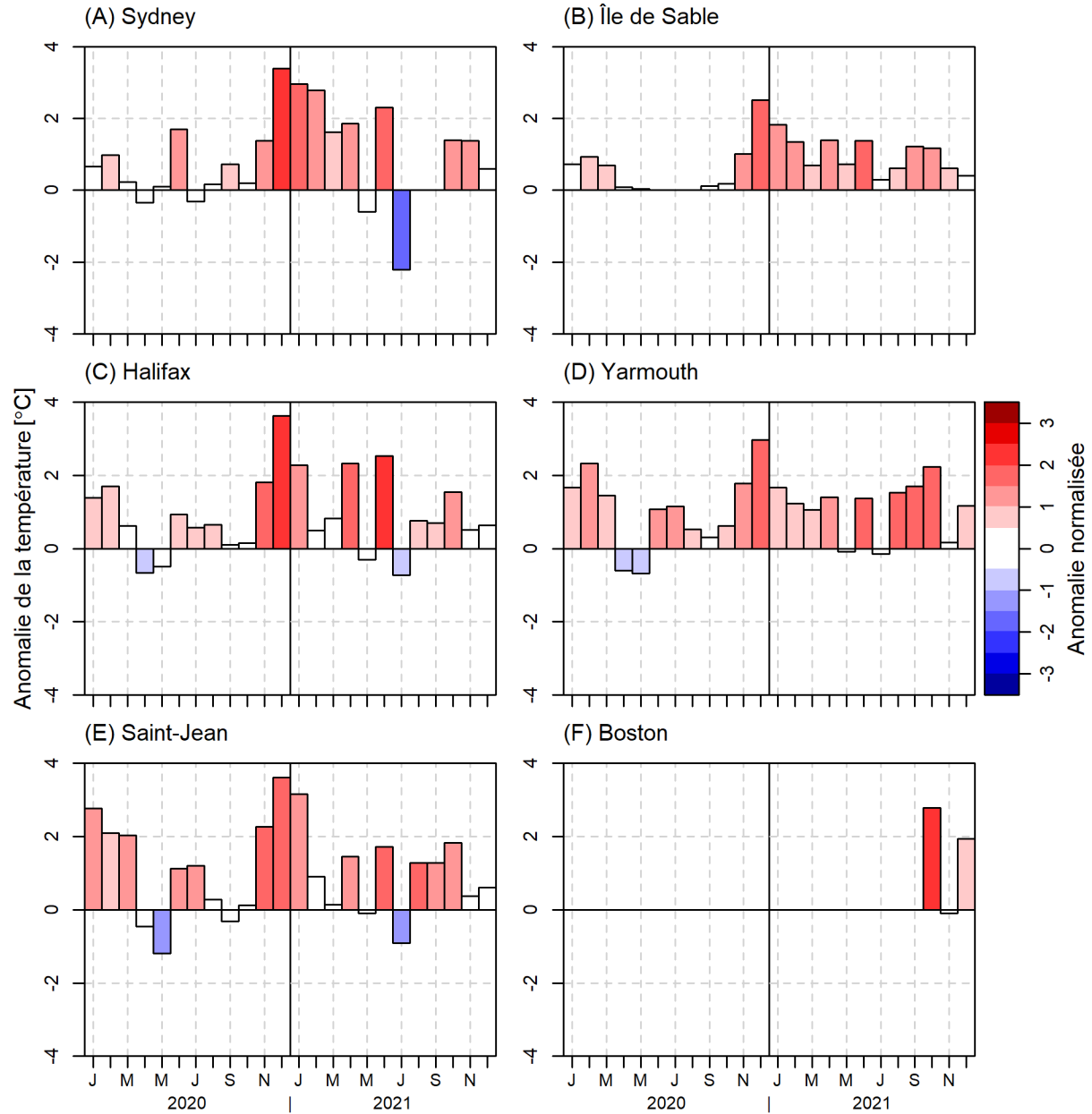


Figure 5. Anomalies mensuelles de la température de l'air (°C) à plusieurs sites du plateau néo-écossais et du golfe du Maine pour 2020 et 2021. Voir les emplacements dans la figure 1. JMMJSN sur l'axe des x représente janvier, mars, mai, juin, septembre et novembre. Les anomalies sont codées par couleur en fonction du nombre d'écart-types supérieurs ou inférieurs à la normale par rapport aux statistiques mensuelles.

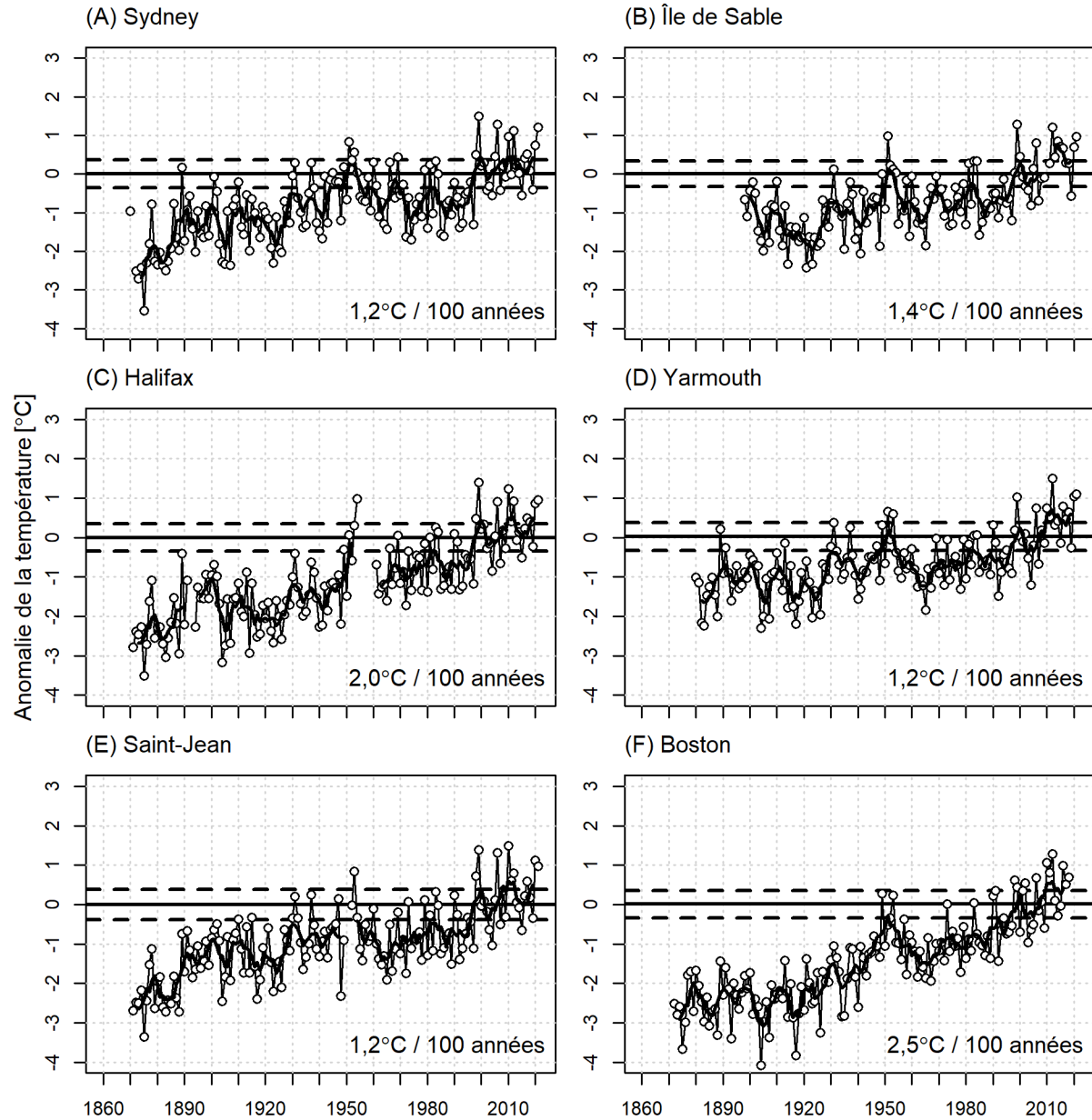


Figure 6. Anomalies annuelles de la température de l'air en °C (ligne pointillée) et moyennes mobiles sur 5 ans (ligne continue) à certains sites (Sydney, île de Sable, Halifax (Shearwater), Yarmouth, Saint John et Boston) dans la région du plateau néo-écossais et du golfe du Maine (années 1860 à 2020). Les lignes horizontales pointillées représentent plus ou moins 0,5 écart-type pour la période allant de 1991 à 2020. Les tendances linéaires de 1900 à l'heure actuelle sont indiquées.

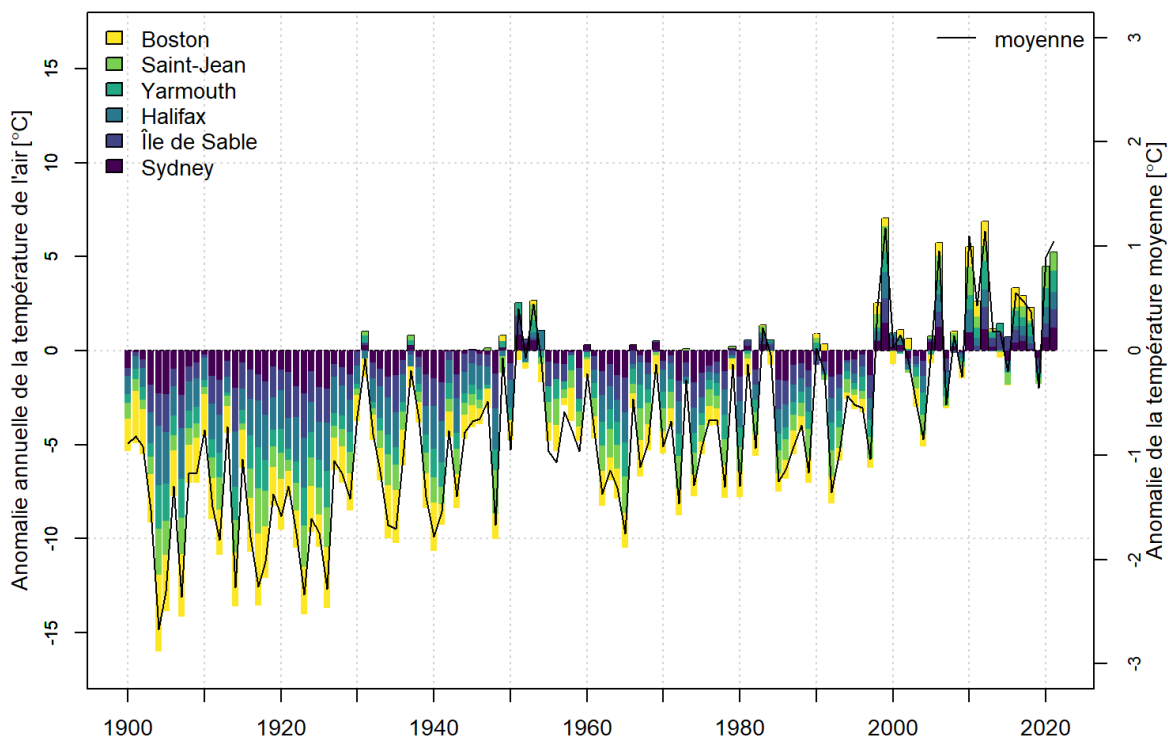


Figure 7. Les contributions de chacune des anomalies annuelles de la température de l'air pour six sites du plateau néo-écossais et du golfe du Maine (Boston, Saint John, Yarmouth, Halifax (Shearwater), île de Sable et Sydney) sont présentées sous forme de diagramme à barres empilées. Les anomalies font référence à la période allant de 1991 à 2020.

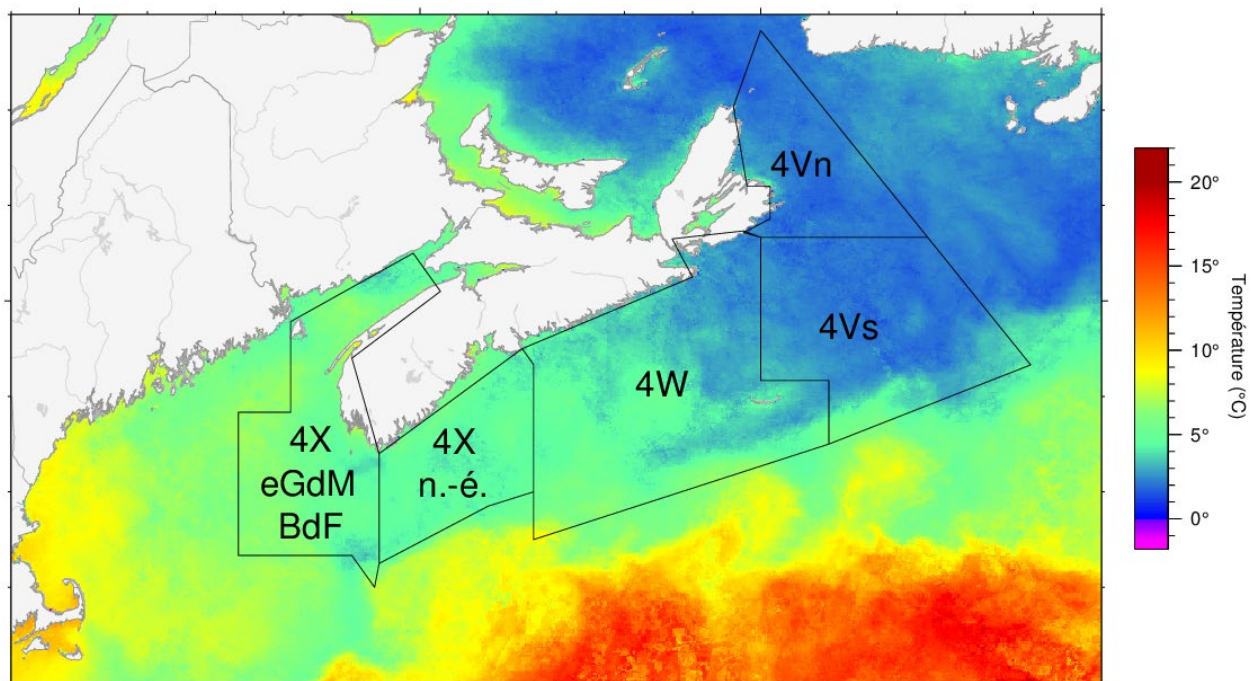


Figure 8. Zones du plateau néo-écossais et du golfe du Maine (4Vn, 4Vs, 4W, 4X SS et 4X eGdM+BdF) utilisées pour l'extraction de la température de surface de la mer.

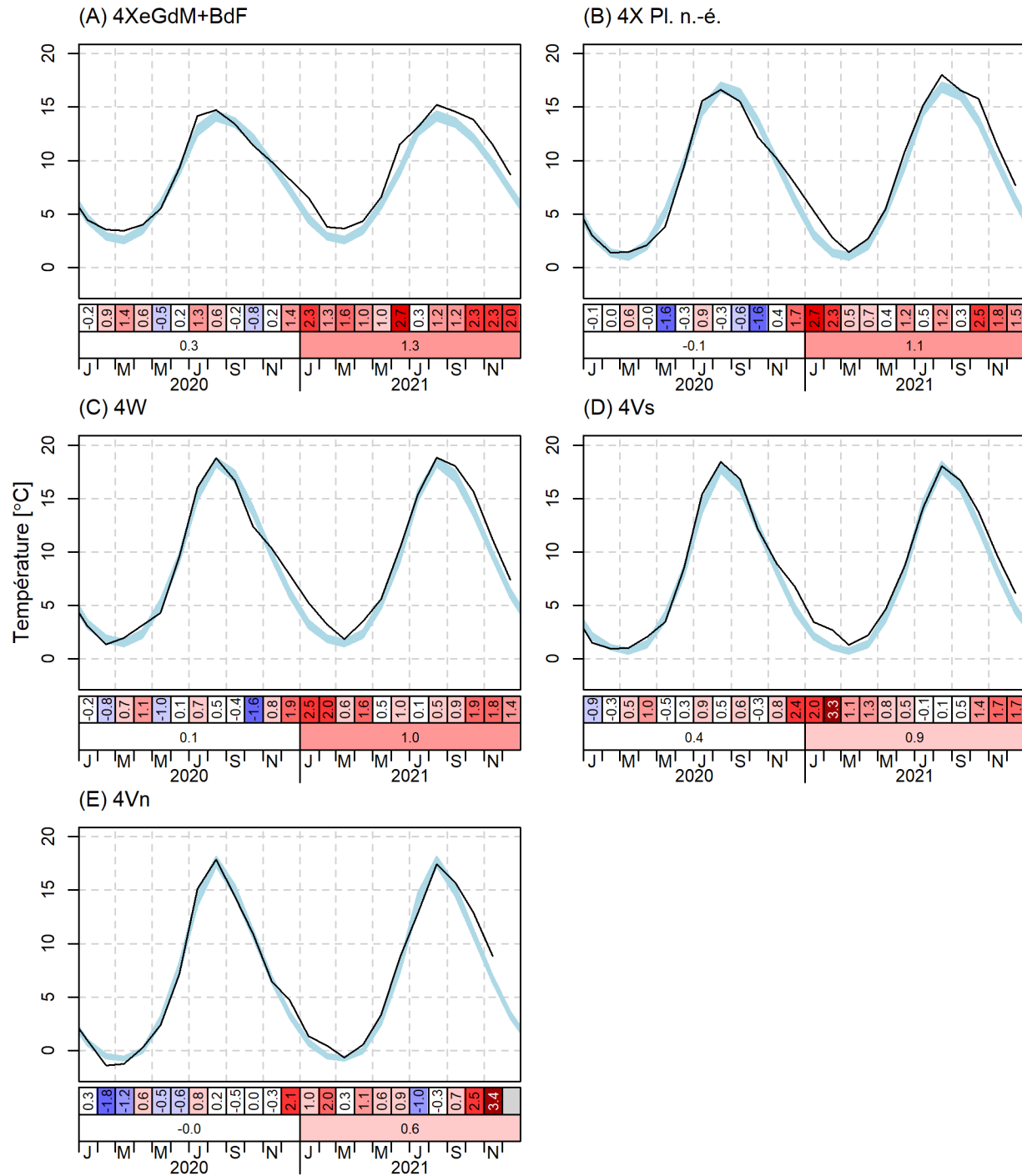


Figure 9. Moyennes hebdomadaires, mensuelles et annuelles de la SST mesurée par l'AVHRR pour les cinq régions du plateau néo-écossais et du golfe du Maine. La zone bleue représente la moyenne hebdomadaire climatologique entre 1991 et 2020 \pm 0,5 ÉT. Les cartes de pointage sont codées par couleur en fonction des anomalies normalisées fondées sur les climatologies de 1991 à 2020 pour chaque semaine (rangée du haut), mois (rangée du milieu) ou année (rangée du bas).

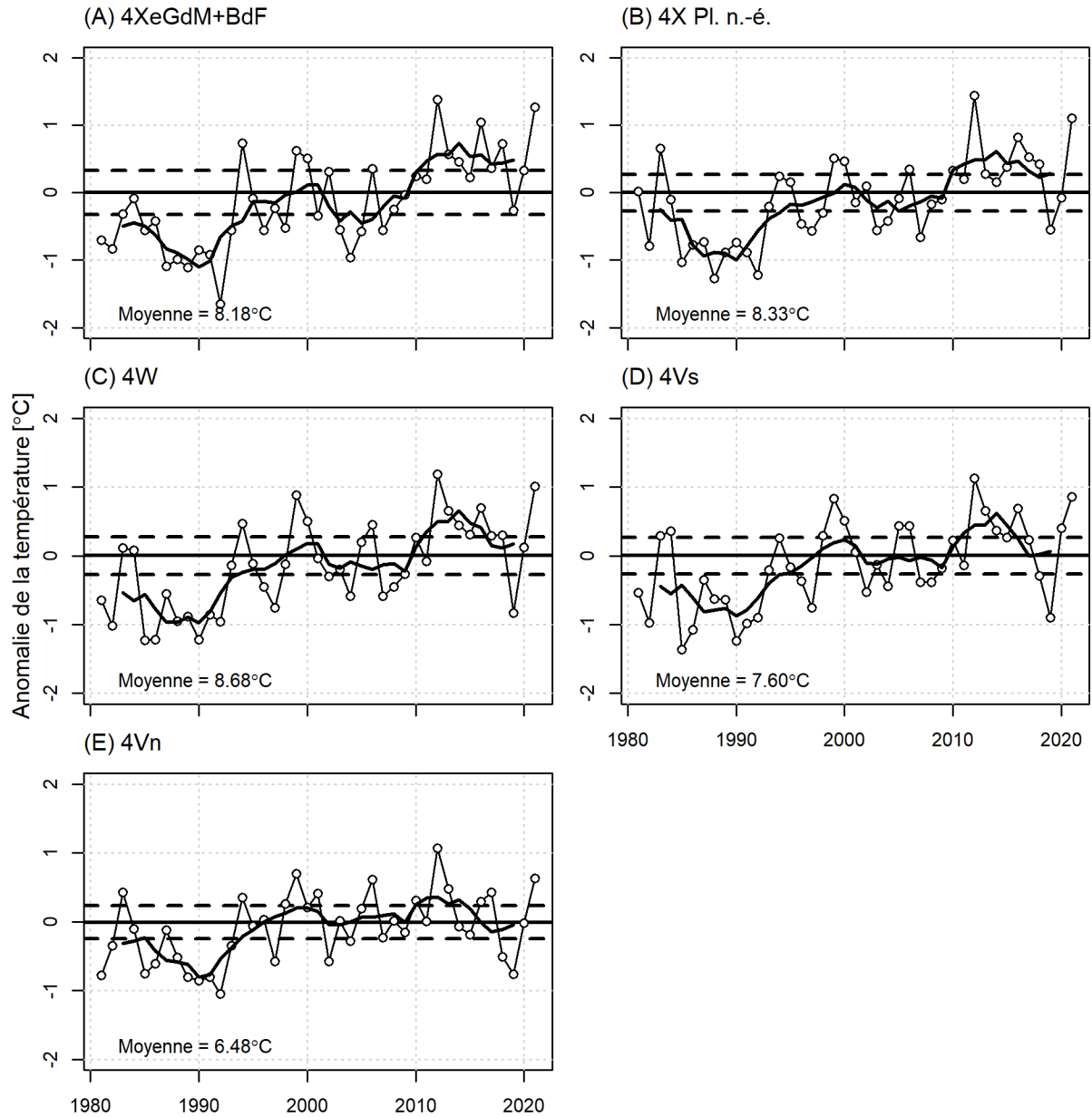


Figure 10. Anomalies annuelles normalisées de la température de surface de la mer calculées à partir de l'imagerie satellitaire et comparées à leurs moyennes mensuelles à long terme (cinq régions du plateau néo-écossais et du golfe du Maine : 4Vn, 4Vs, 4W, 4X SS (plateau néo-écossais) et 4X est du golfe du Maine + Baie de Fundy, figure 8).

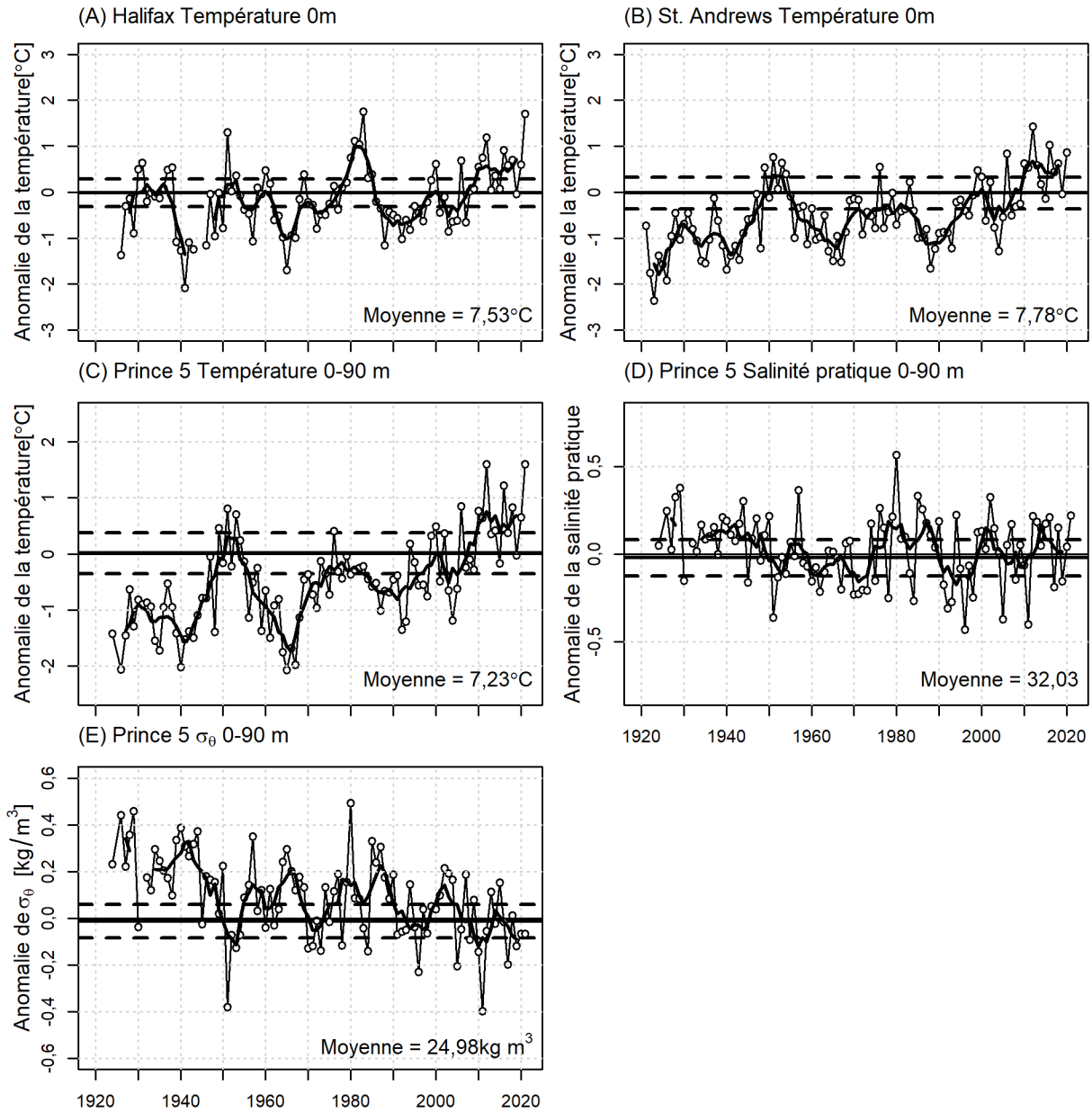


Figure 11. Anomalies annuelles de la température de surface (ligne pointillée avec cercles) et leurs moyennes mobiles sur 5 ans (ligne noire épaisse) pour : (A) port d'Halifax et (B) St. Andrews, et moyenne annuelle selon la profondeur (0 – 90 m) anomalies de la température (C), anomalies de la salinité (D) et anomalies de la densité (E) pour la station de monitoring Prince 5, à l'embouchure de la baie de Fundy. Les lignes horizontales pointillées représentent la moyenne $\pm 0,5$ écart-type.

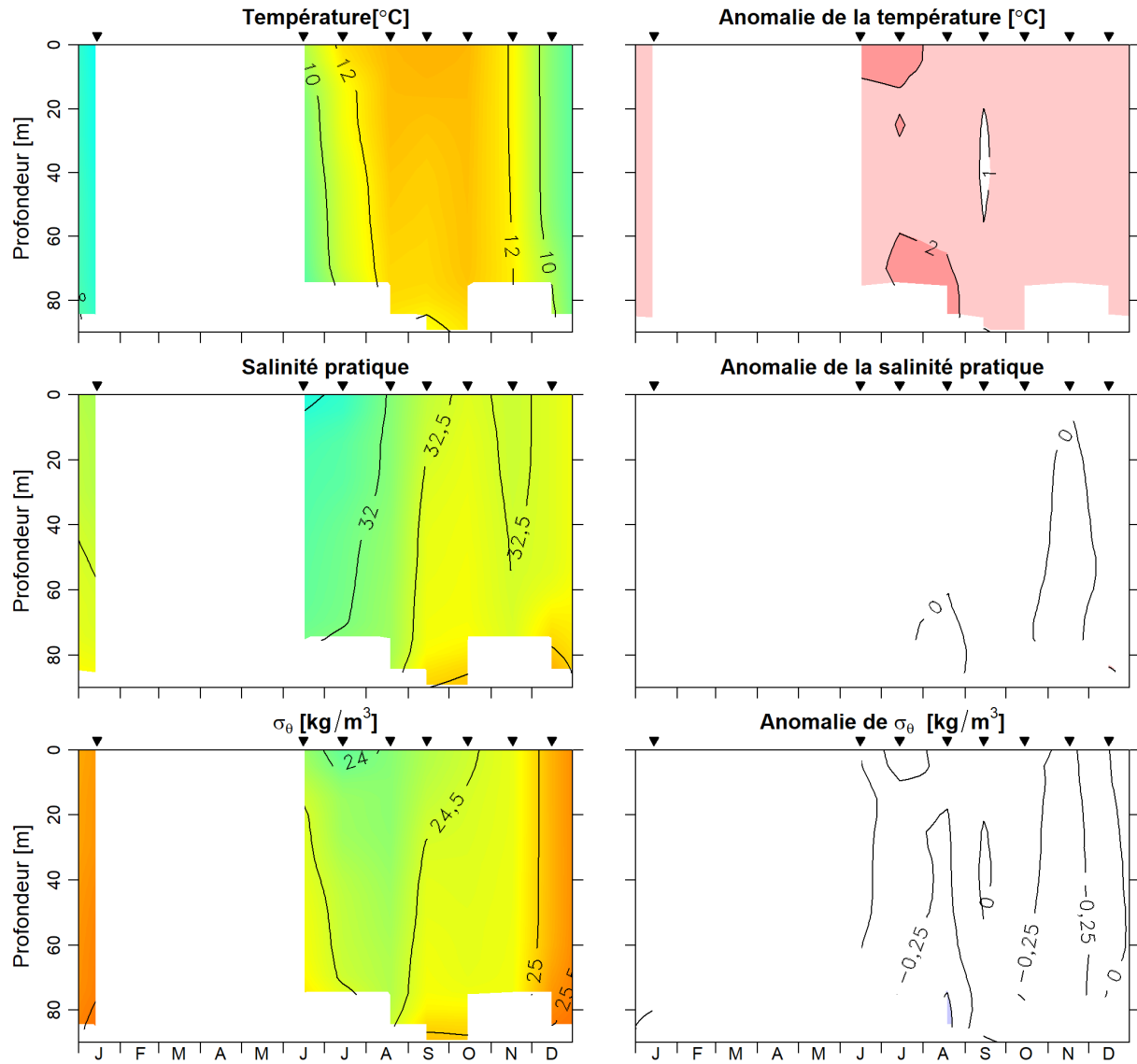


Figure 12. Cycle annuel de la température (panneau du haut), de la salinité (panneau du milieu) et de la densité (panneau du bas) en 2021 et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1991 et 2020 (panneaux de droite) pour la station de monitoring Prince 5, à l'embouchure de la baie de Fundy. Les triangles indiquent les périodes d'échantillonnage.

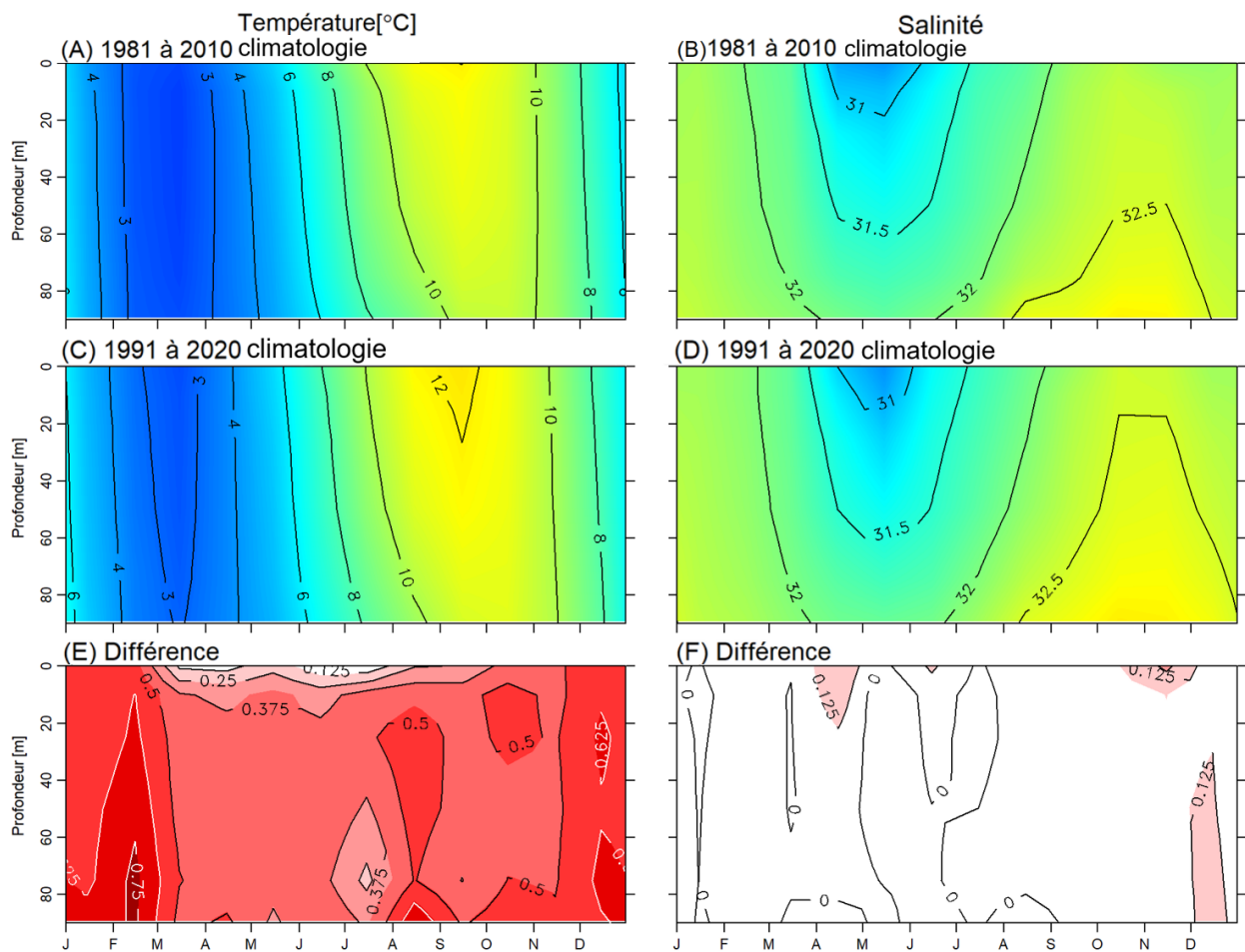


Figure 13. Climatologie de la température de 1981 à 2010 (panneau supérieur gauche) et de la salinité (panneau supérieur droit), climatologie de la température de 1991 à 2020 (panneau central gauche) et de la salinité (panneau central droit). Les panneaux inférieurs présentent la différence entre les deux climatologies ($[1991-2020] - [1981-2010]$) pour la station de surveillance de Prince 5 à l'embouchure de la baie de Fundy. La climatologie quotidienne a été déterminée à partir de toutes les données et du filtre LOESS appliqué.

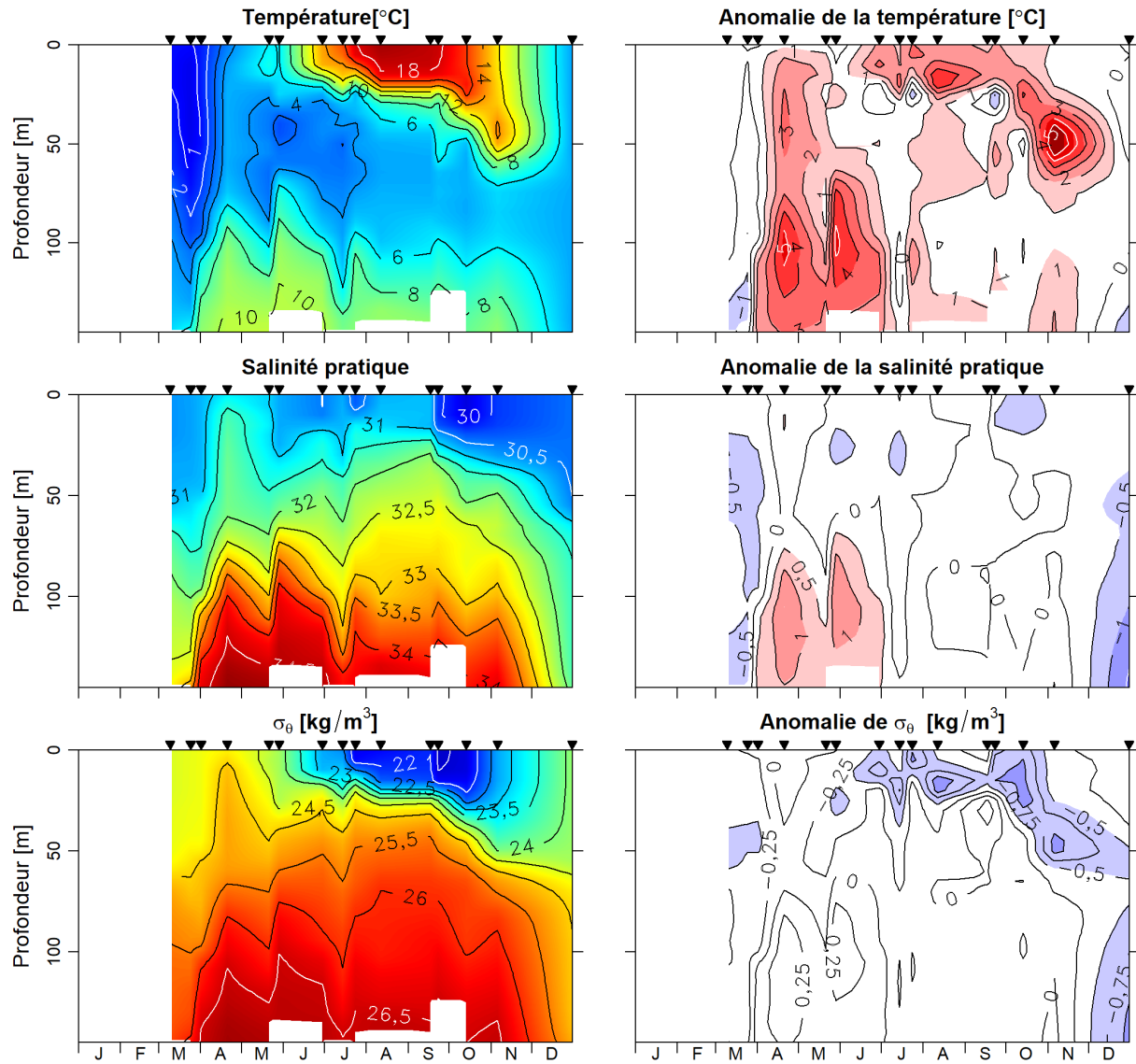


Figure 14. Cycles annuels de la température (panneau du haut), de la salinité (panneau du milieu) et de la densité (panneau du bas) en 2021 et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles enregistrées entre 1991 et 2020 (panneaux de droite) pour la station d'Halifax 2. Les triangles indiquent les périodes d'échantillonnage.

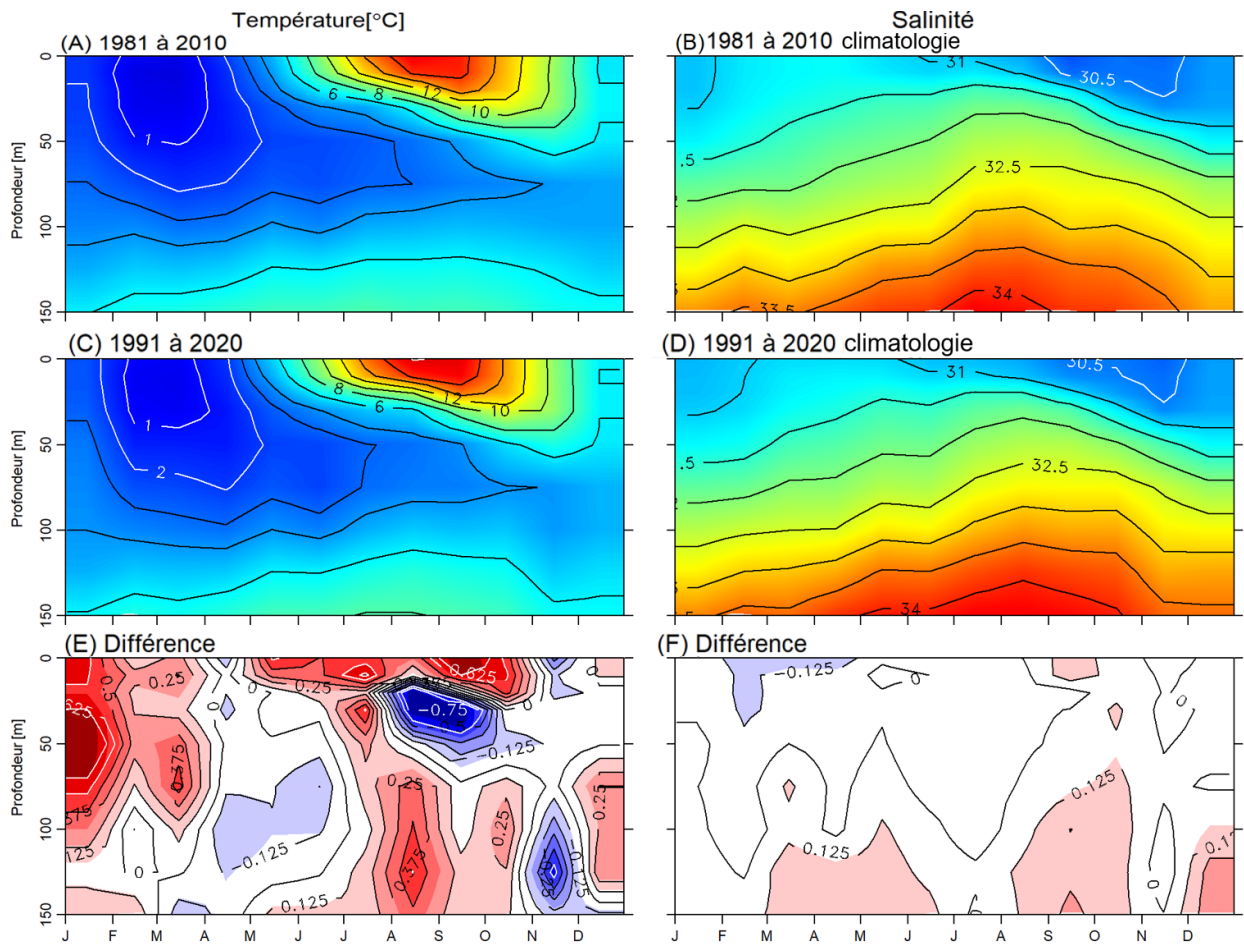


Figure 15. Climatologie de la température de 1981 à 2010 (panneau supérieur gauche) et de la salinité (panneau supérieur droit), climatologie de la température de 1991 à 2020 (panneau central gauche) et de la salinité (panneau central droit). Les panneaux inférieurs présentent la différence entre les deux climatologies ($[1991-2020] - [1981-2010]$) pour la station de monitoring d'Halifax 2 (HL2) à l'embouchure de la baie de Fundy. La climatologie quotidienne a été déterminée à partir de toutes les données et du filtre LOESS appliqué.

NGCC Hudson 127, 20 mai au 01 juin 2021, 14 stations
NGCC Capt. Jacques Cartier 102, 04 juin au 22 juin 2021, 14 stations

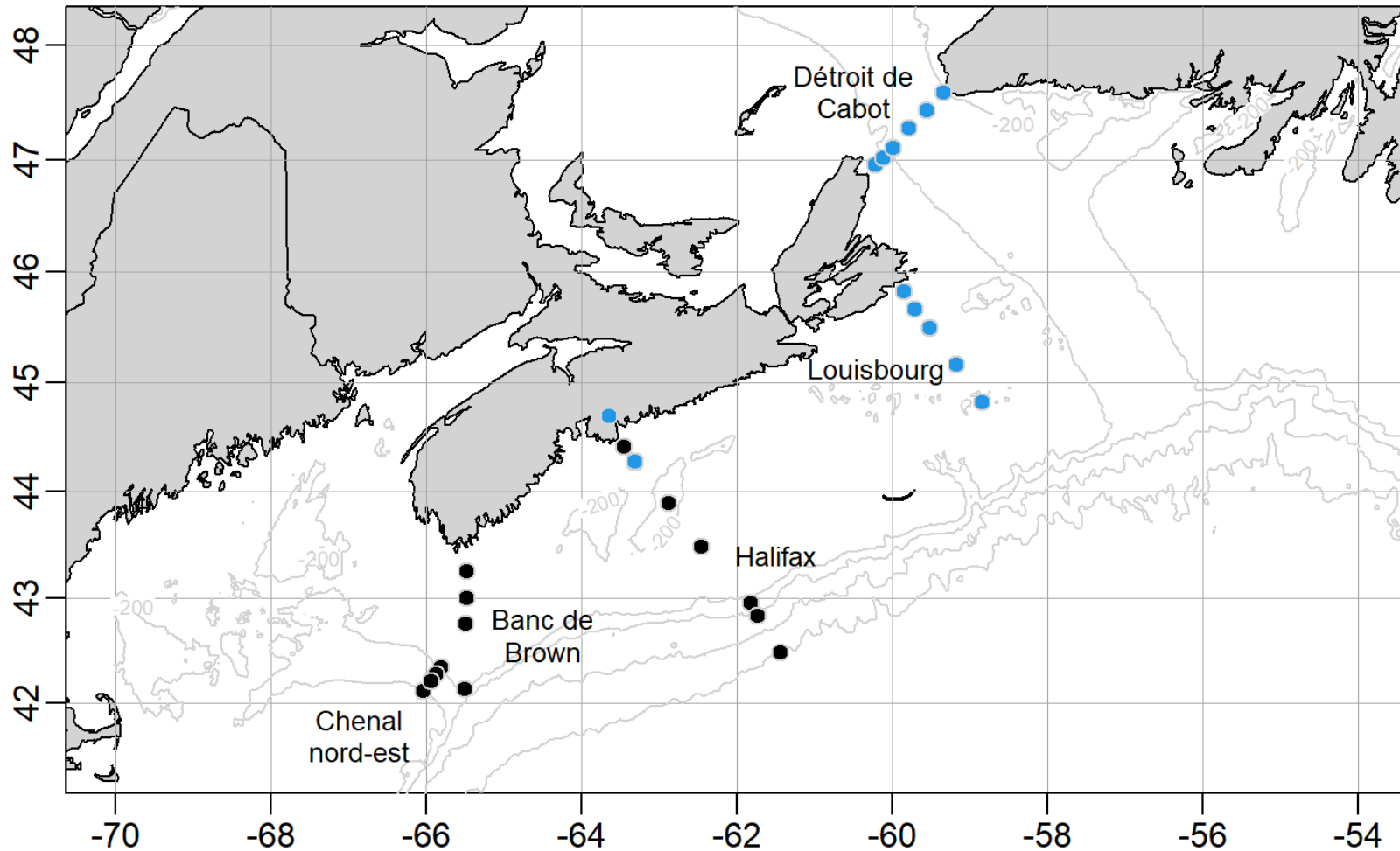


Figure 16. Échantillonnage de 2021 du plateau néo-écossais et du golfe du Maine pour le relevé de la fin du printemps. Ce relevé a été effectué plus tard que d'habitude en raison de la disponibilité du navire.

Détroit de Cabot: 30 mai 2021

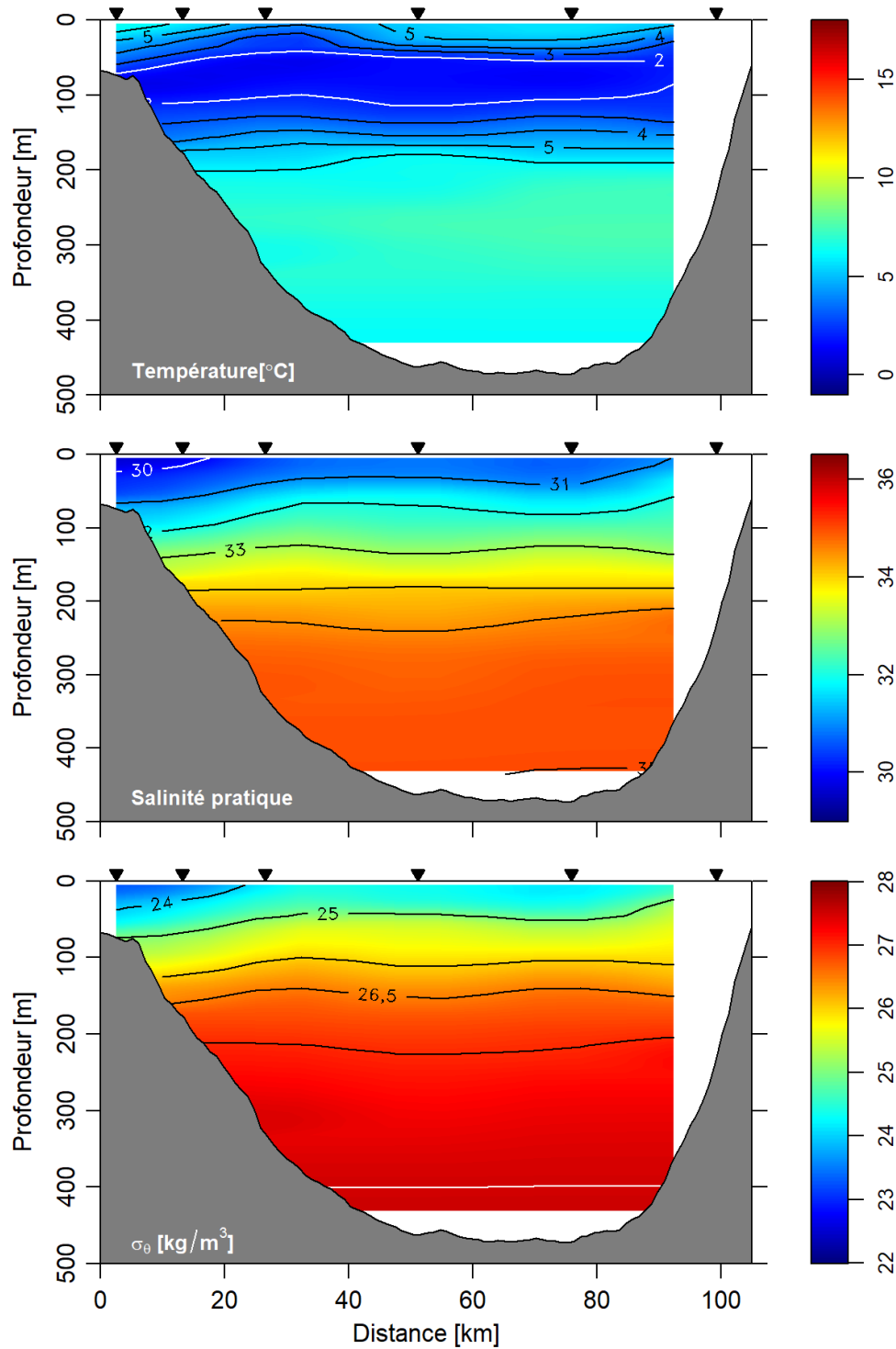


Figure 17. Échantillonnage de 2021 de la section du détroit de Cabot pour le relevé de la fin du printemps. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les anomalies n'ont pas pu être calculées en raison de l'absence de climatologie pour la période 1991-2020. Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Louisbourg: 31 mai au 01 juin 2021

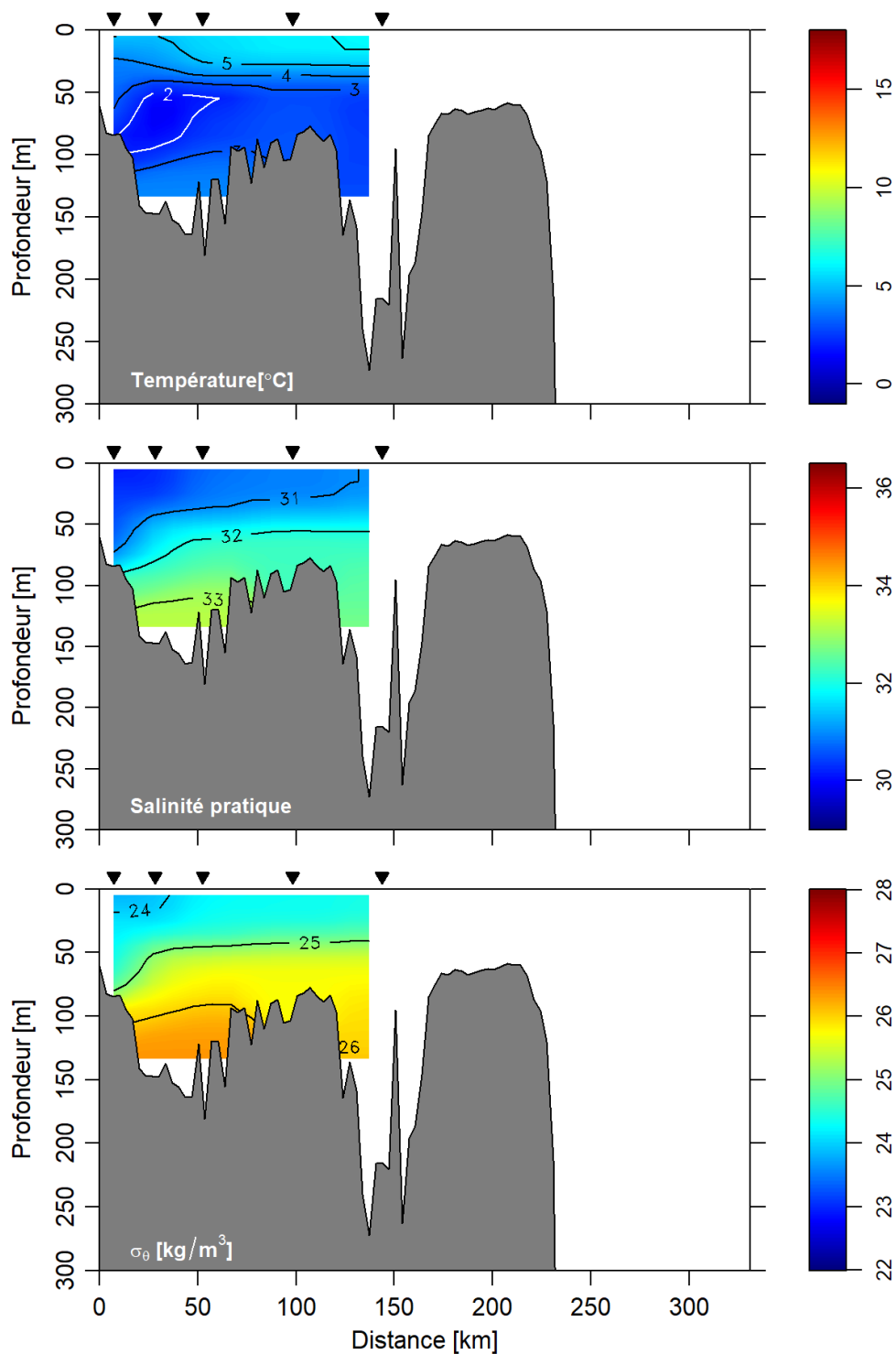


Figure 18. Échantillonnage de 2021 de la section de Louisbourg pour la fin du printemps. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les anomalies n'ont pas pu être calculées en raison de l'absence de climatologie pour la période 1991-2020. Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Halifax: 20 juin au 22 juin 2021

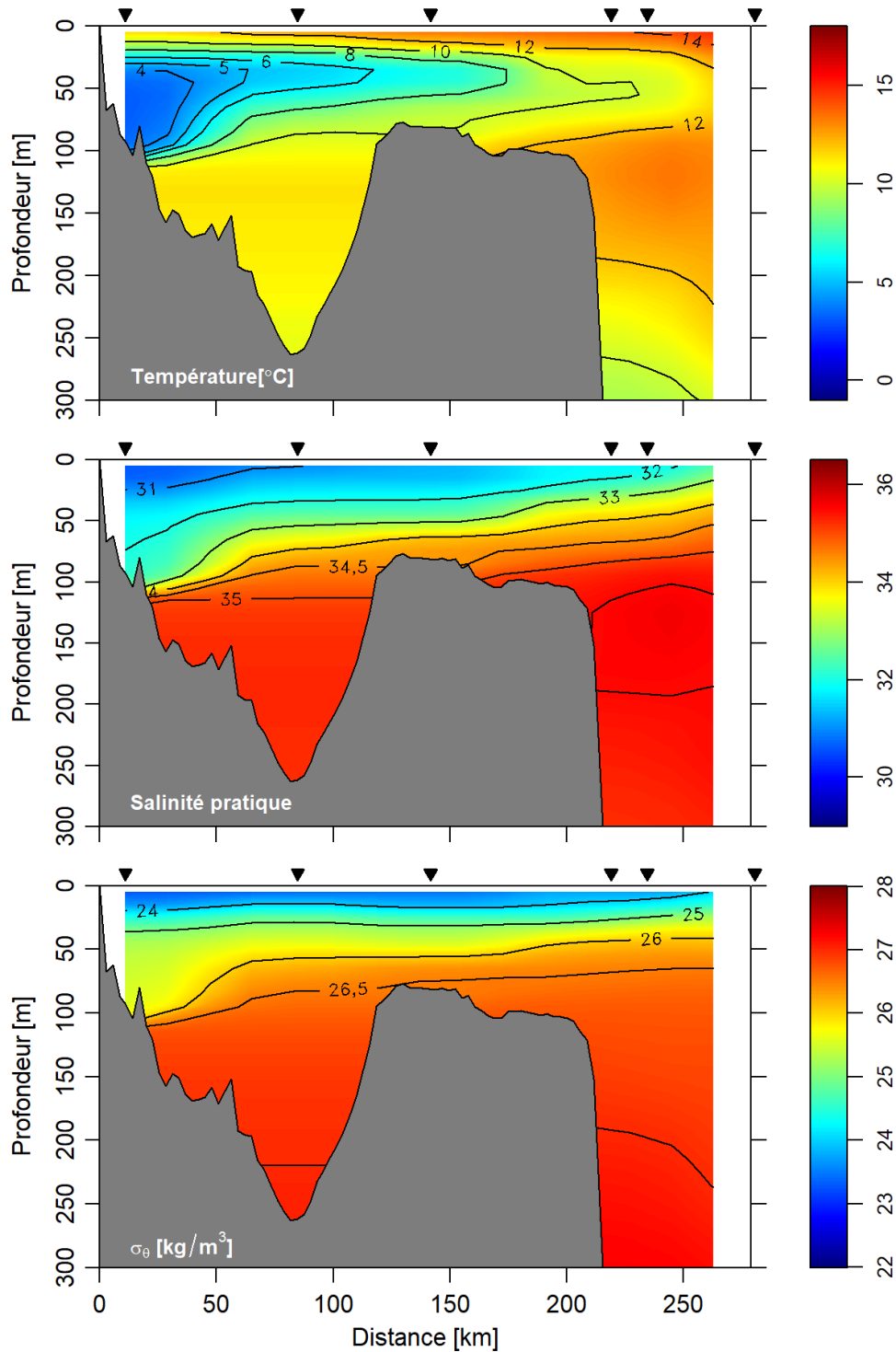


Figure 19. Échantillonnage de 2021 de la section d'Halifax pour le relevé de la fin du printemps. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les anomalies n'ont pas pu être calculées en raison de l'absence de climatologie pour la période 1991-2020. Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Banc de Brown: 05 juin au 06 juin 2021

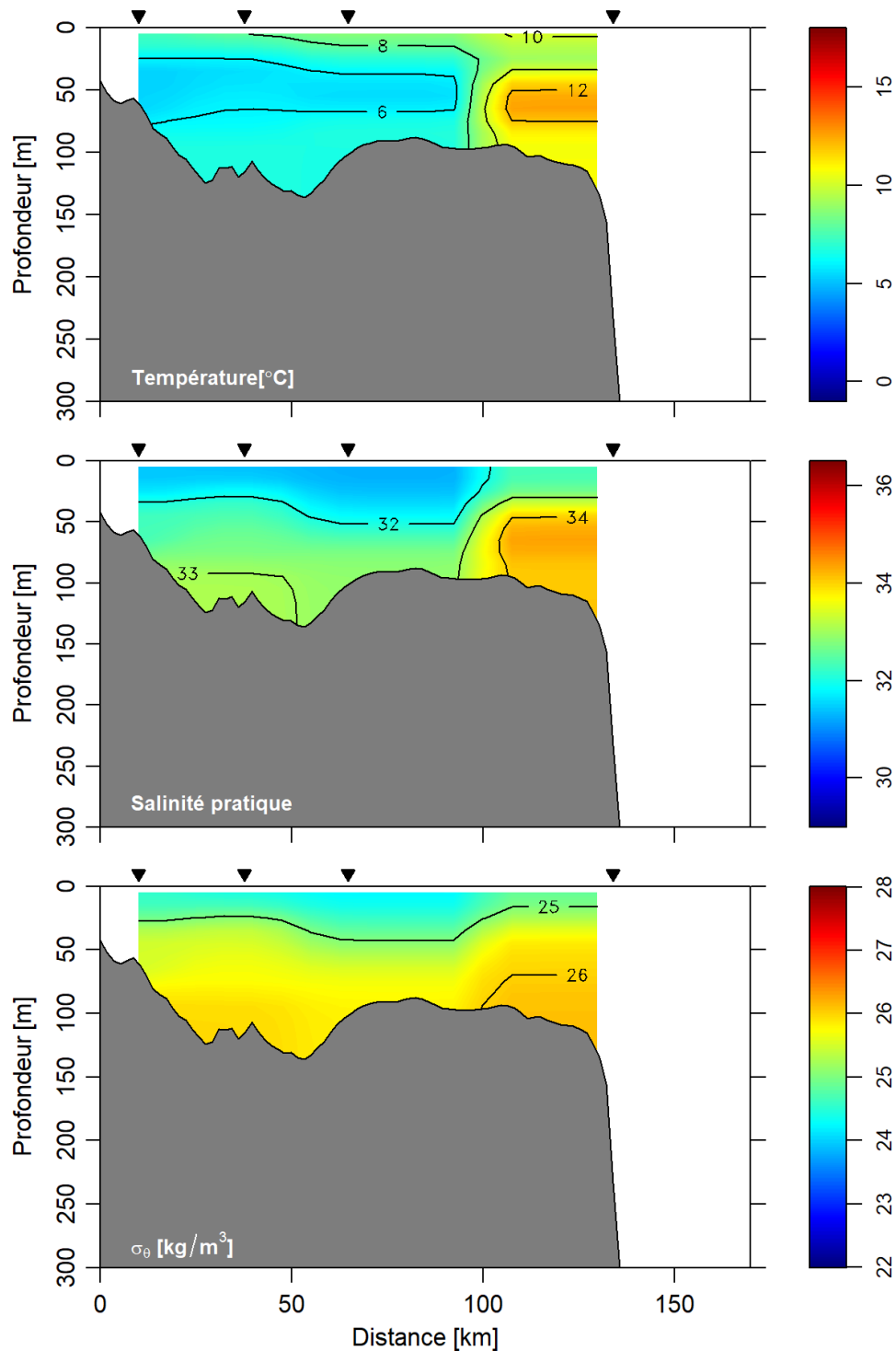


Figure 20. Échantillonnage de 2021 de la section du banc de Brown pour la fin du printemps. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les anomalies n'ont pas pu être calculées en raison de l'absence de climatologie pour la période 1991-2020. Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

NGCC Hudson 185, 17 sept. au 03 oct. 2021, 101 stations

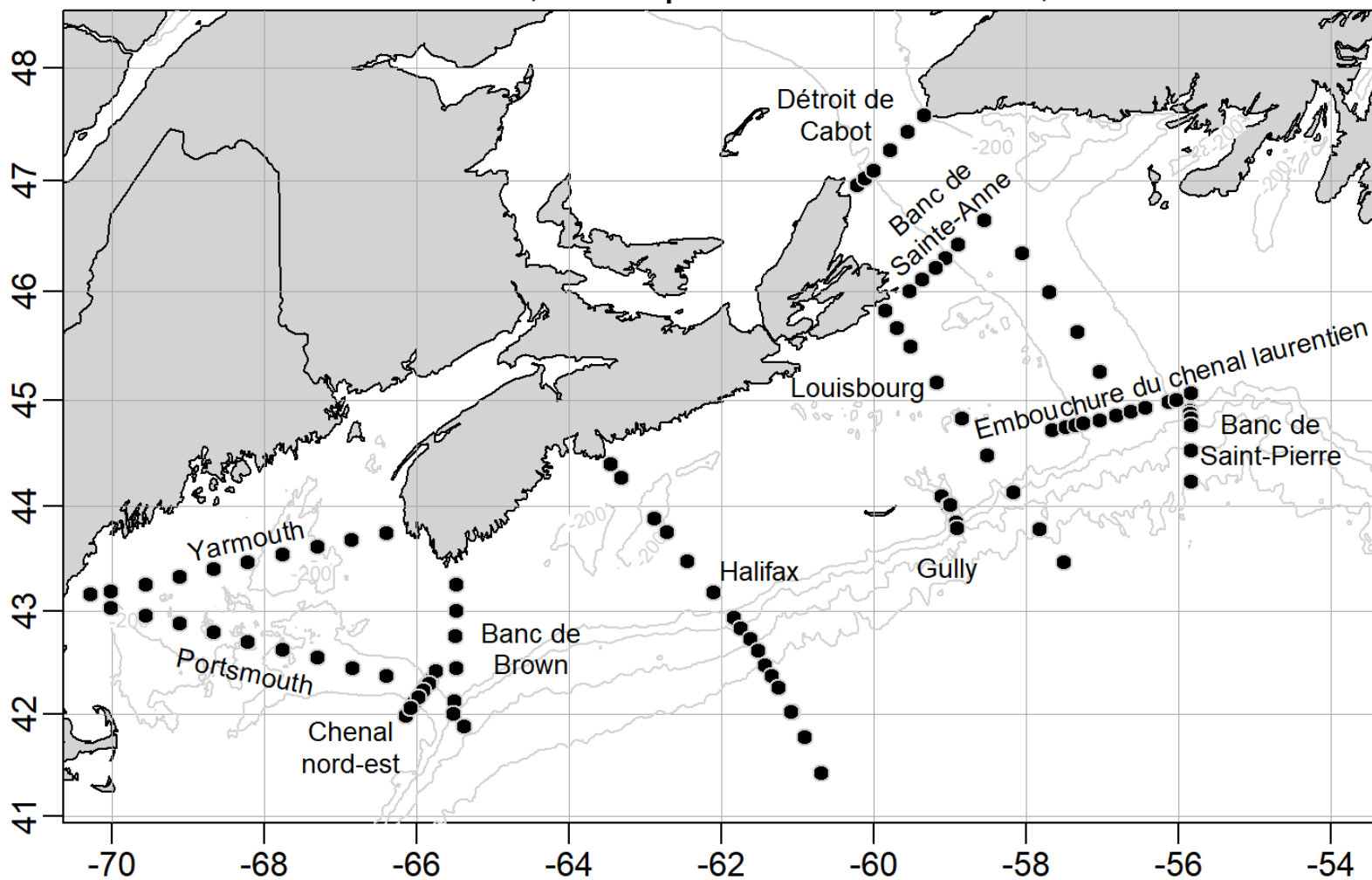


Figure 21. Échantillonnage de 2021 du plateau néo-écossais et du golfe du Maine pour le relevé de l'automne.

Détroit de Cabot: 29 sept. 2021

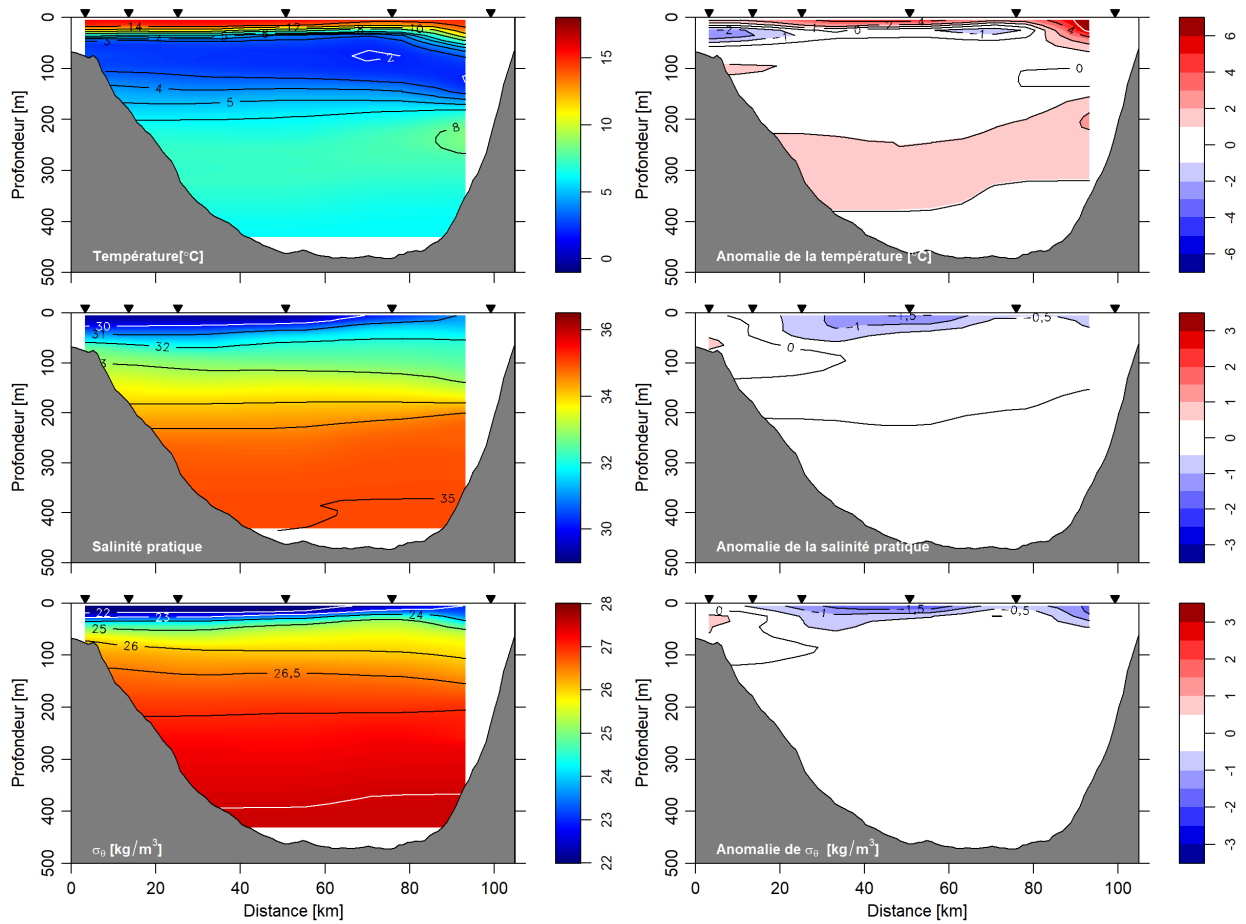


Figure 22. Échantillonnage de 2021 de la section du détroit de Cabot pour le relevé de l'automne. Température (panneau du haut), salinité (panneau du milieu) et densité (panneau du bas) et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles de 1991 à 2020 (panneaux de droite). Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Louisbourg: 27 sept. au 29 sept. 2021

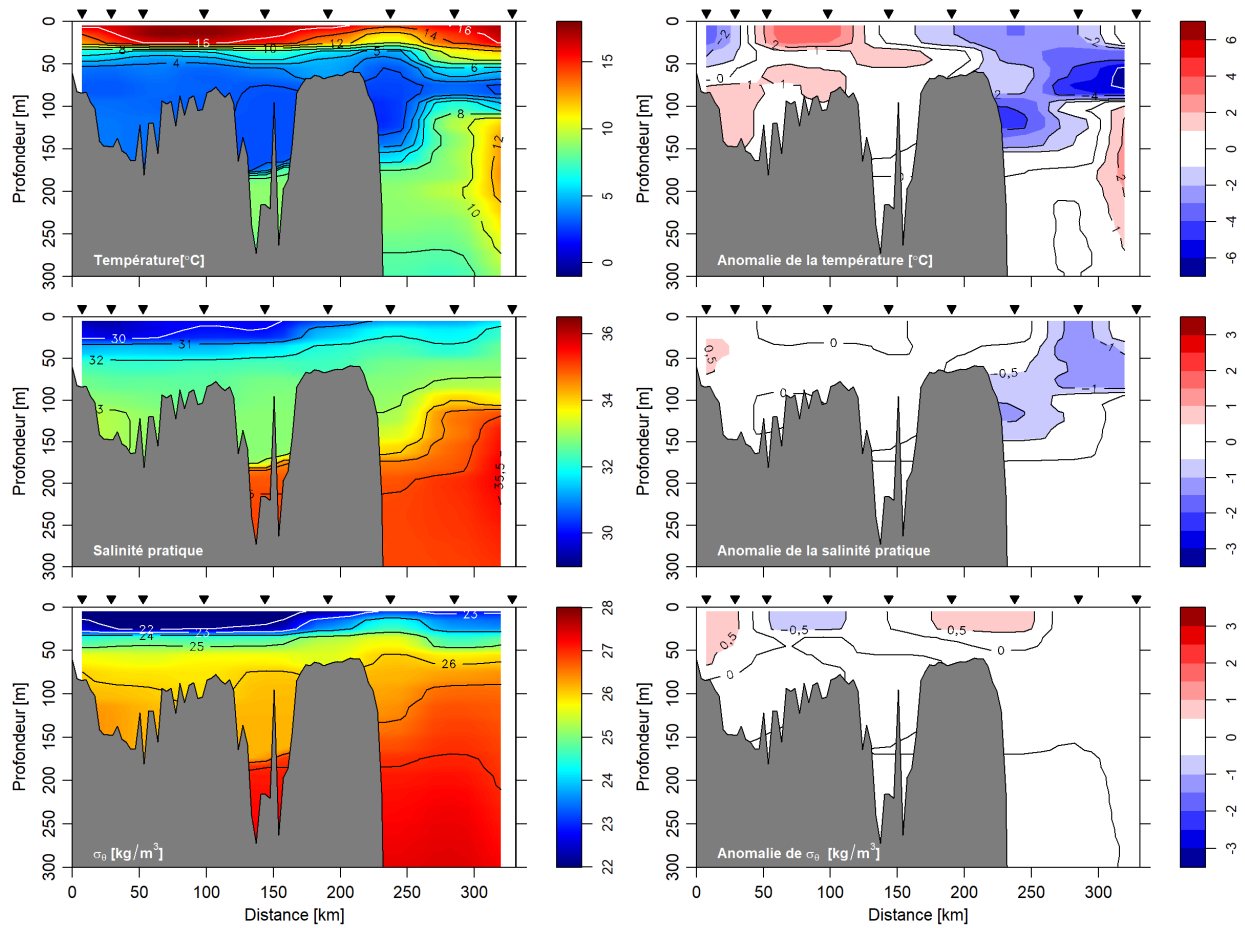


Figure 23. Échantillonnage de 2021 de la section de Louisbourg pour l'automne. Température (panneau du haut), salinité (panneau du milieu) et densité (panneau du bas) et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles de 1991 à 2020 (panneaux de droite). Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Halifax: 17 sept. au 24 sept. 2021

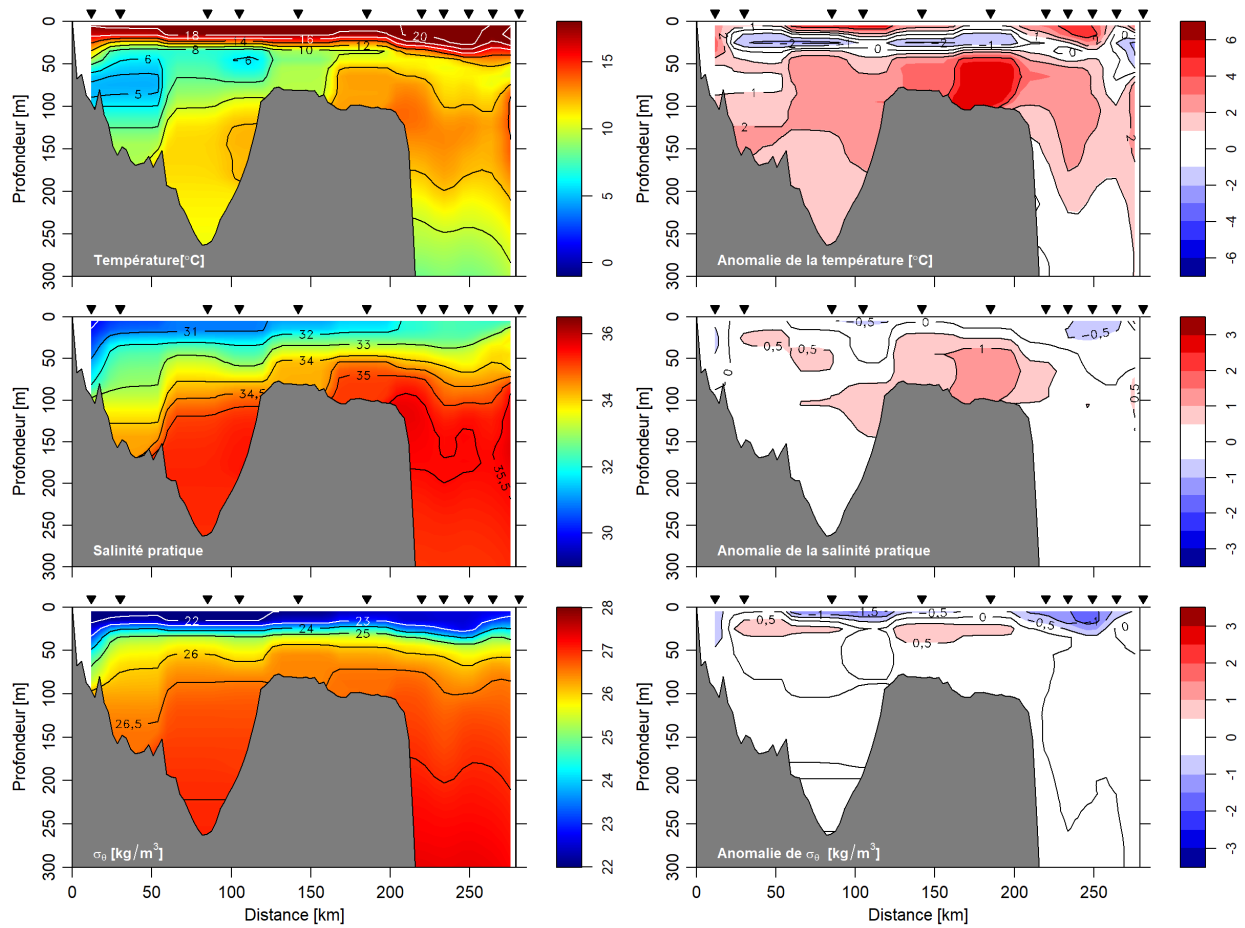


Figure 24. Échantillonnage de 2021 de la section d'Halifax pour le relevé de l'automne. Température (panneau du haut), de la salinité (panneau du milieu) et de la densité (panneau du bas) et leurs anomalies par rapport aux moyennes de 1991 à 2020 (panneaux de droite). Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Banc de Brown: 17 sept. au 18 sept. 2021

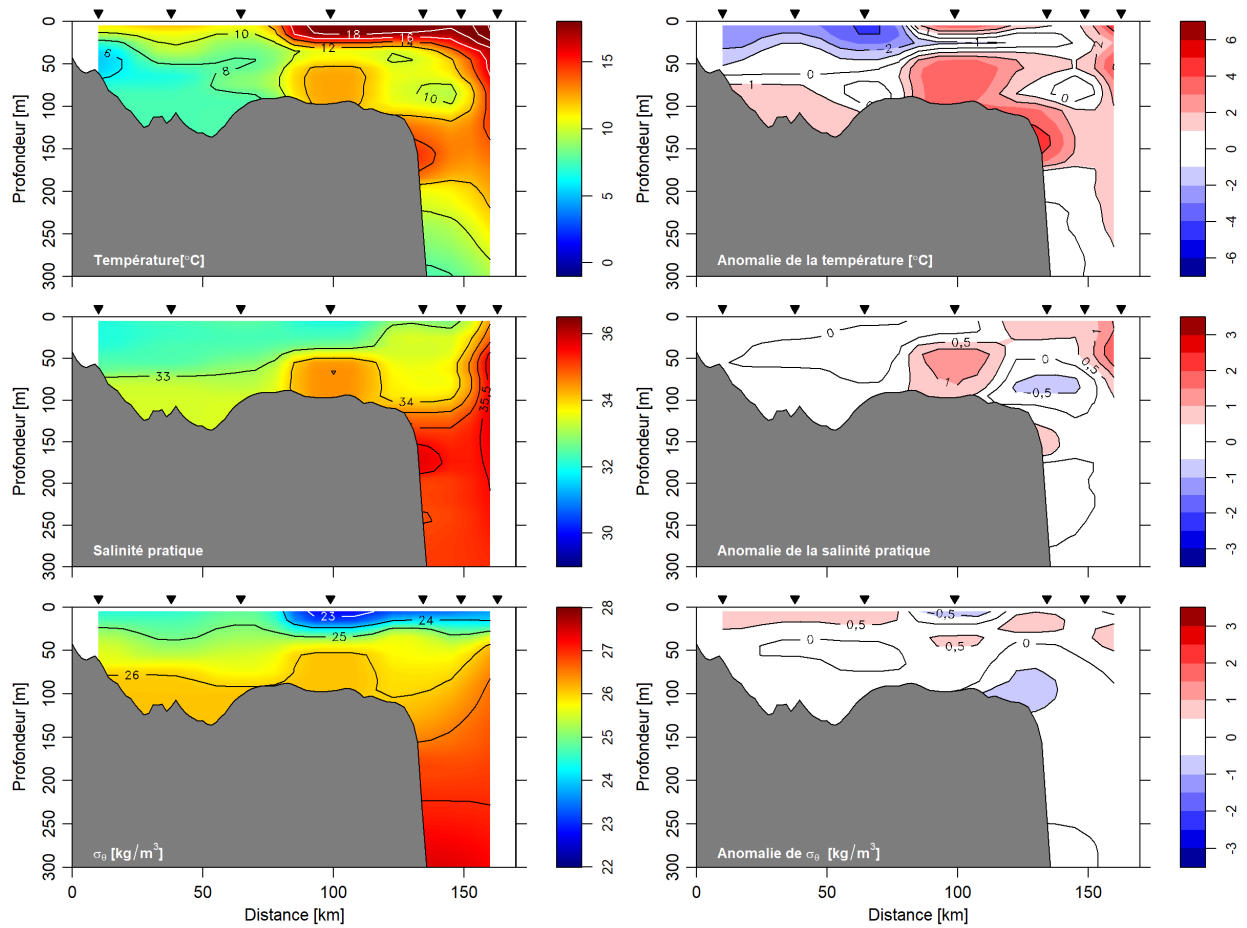


Figure 25. Échantillonnage de 2021 de la section du banc de Brown pour l'automne. Température (panneau du haut), salinité (panneau du milieu) et densité (panneau du bas) et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles de 1991 à 2020 (panneaux de droite). Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

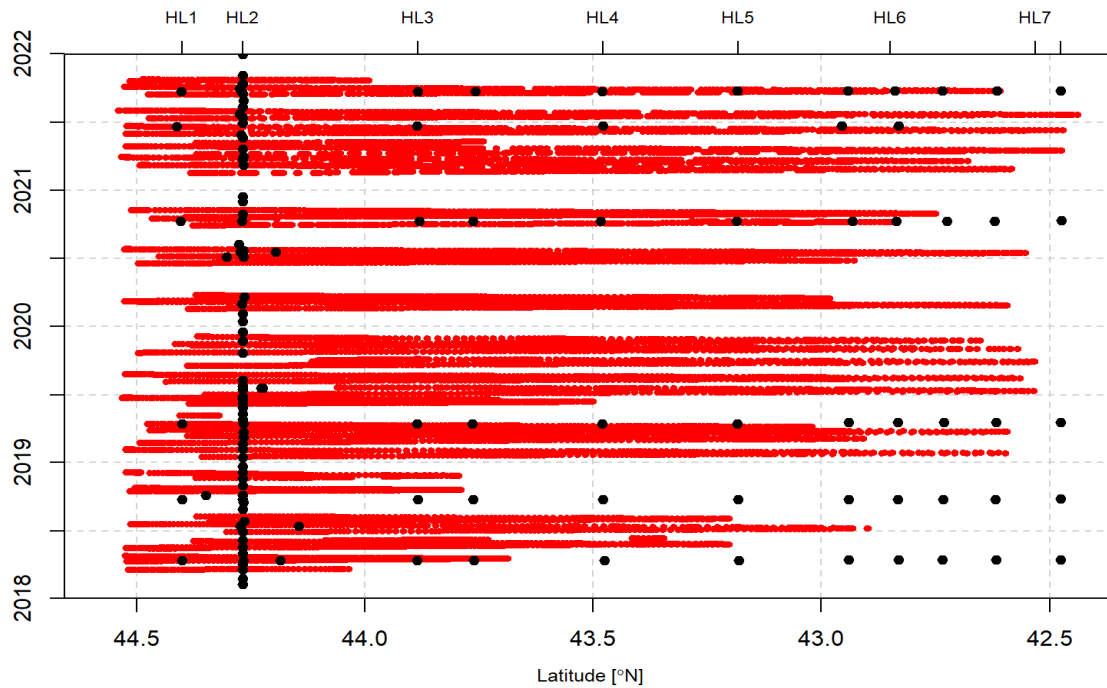


Figure 26. Hodographe d'échantillonnage sur le transect d'Halifax en 2018-2021. Les points noirs représentent l'échantillonnage réalisé à partir d'un navire. Les points rouges représentent l'échantillonnage réalisé à partir de planeurs.

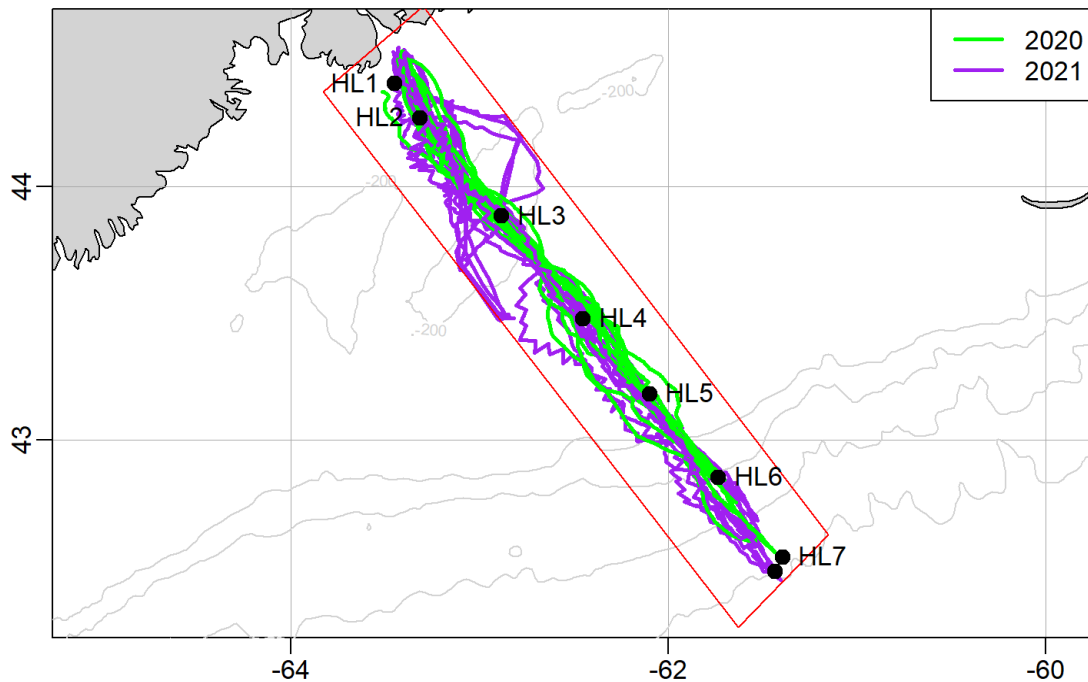


Figure 27. Trajectoires des planeurs sur le transect d'Halifax (HL) pour 2020 et 2021. L'emplacement des stations HL est indiqué par les points noirs. Un encadré rouge montre les limites appliquées aux données des planeurs pour qu'elles soient considérées être sur le transect HL.

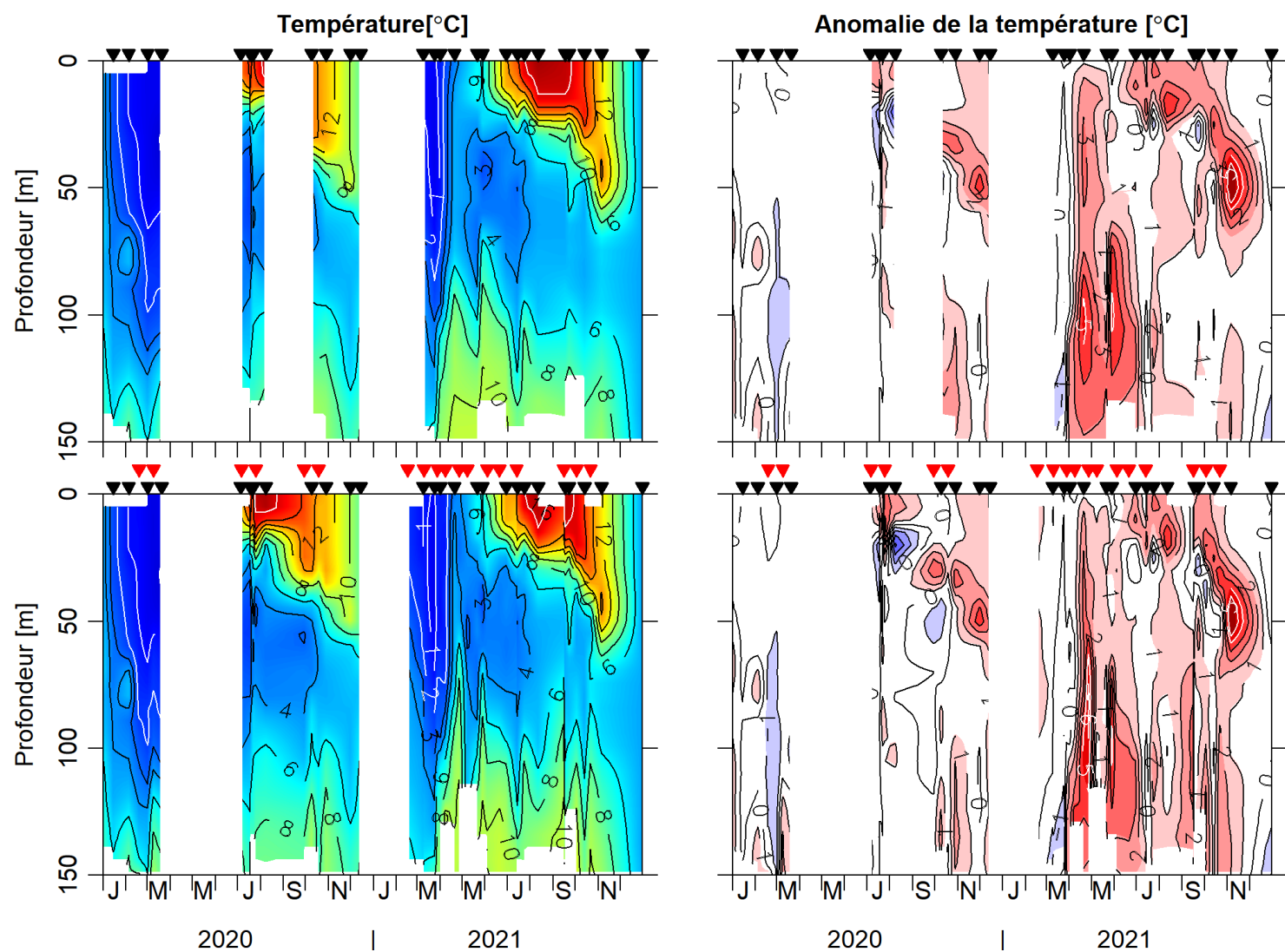


Figure 28. Panneaux supérieurs pour la température (à gauche) et l'anomalie de température (à droite) avec échantillonnage par navire standard à la station 2. Les panneaux du bas contiennent les données supplémentaires provenant des planeurs, moyennées toutes les heures. Les périodes d'échantillonnage des navires (triangles noirs) et des planeurs (triangles rouges) sont indiquées pour chaque panneau.

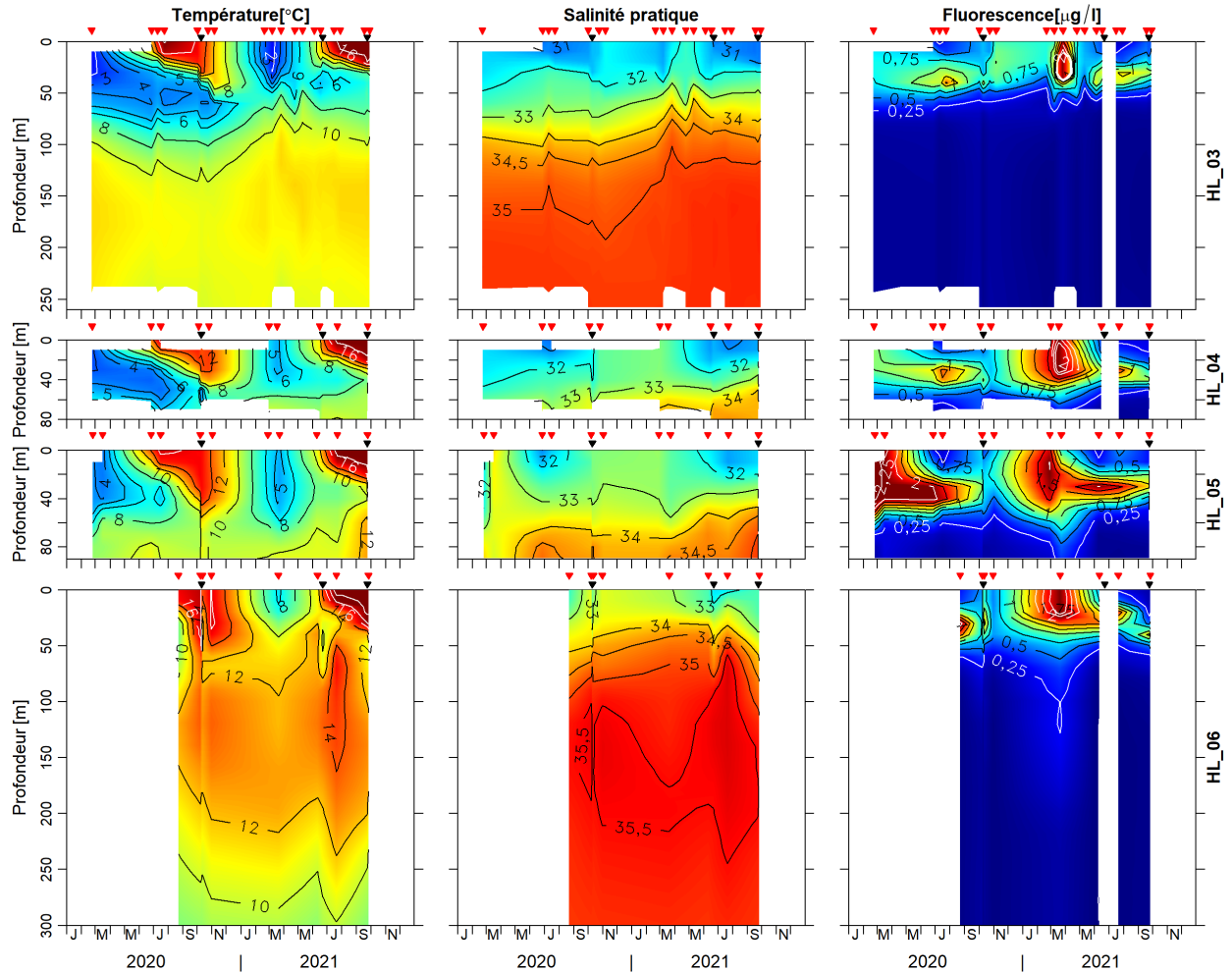


Figure 29. Température (à gauche), salinité (au milieu) et fluorescence chlorophyllienne (à droite) pour les stations hydrographiques standards sur le transect d'Halifax : HL3 (panneau supérieur), HL4 (deuxième panneau à partir du haut), HL5 (troisième panneau à partir du haut) et HL6 (panneau du bas). Seules les données des 300 premiers mètres sont représentées. Les périodes d'échantillonnage des navires (triangles noirs) et des planeurs (triangles rouges) sont indiquées pour chaque panneau.

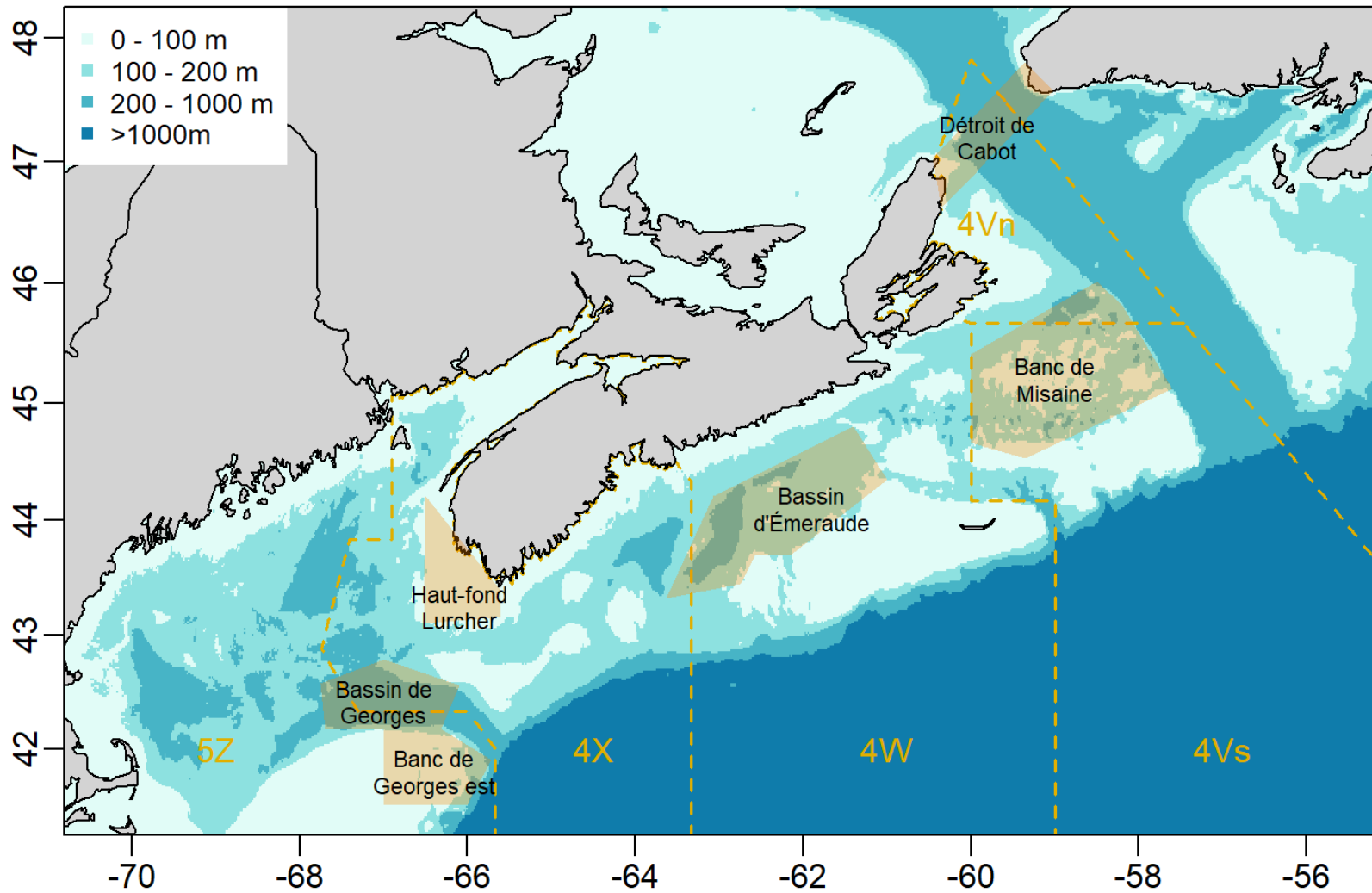


Figure 30. Zones du plateau néo-écossais et de l'est du golfe du Maine affichant les différentes masses d'eau : déroit de Cabot; banc de Misaine; bassin d'Émeraude; haut-fond Lurcher; bassin de Georges; et est du banc de Georges.

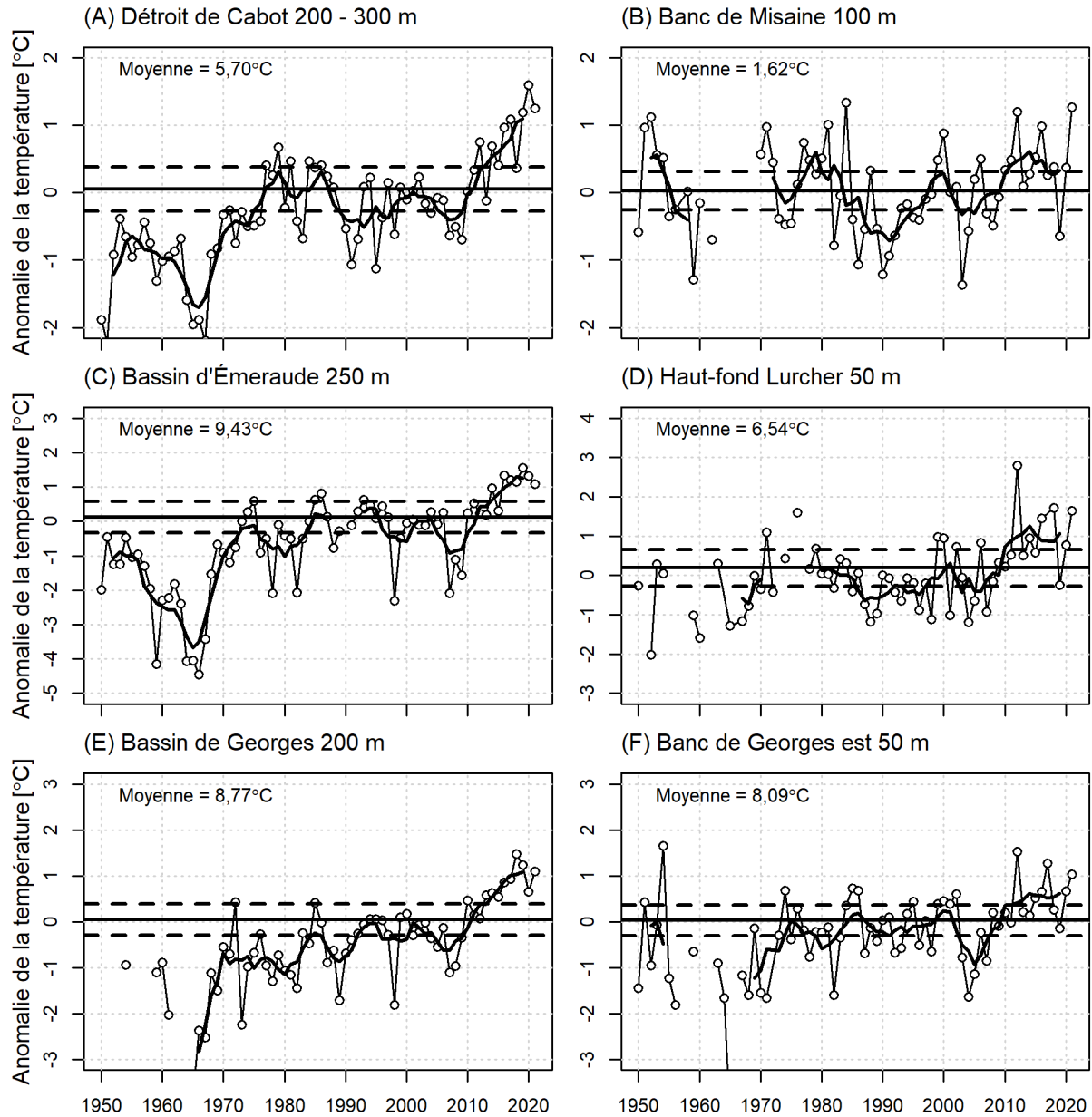


Figure 31. Série chronologique des anomalies de la température annuelle moyenne (ligne avec cercles) et anomalies filtrées à l'aide de la moyenne mobile sur 5 ans (ligne noire épaisse) sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine à : (A) détroit de Cabot, à 200 – 300 m, (B) banc de Misaine, à 100 m, (C) bassin d'Émeraude, à 250 m, (D) haut-fond Lurcher, à 50 m, (E) bassin de Georges, à 200 m et (F) est du banc de Georges, à 50 m (voir les emplacements des régions à la figure 23). Les lignes horizontales pointillées représentent la moyenne $\pm 0,5$ écart-type pour la période 1991-2020.

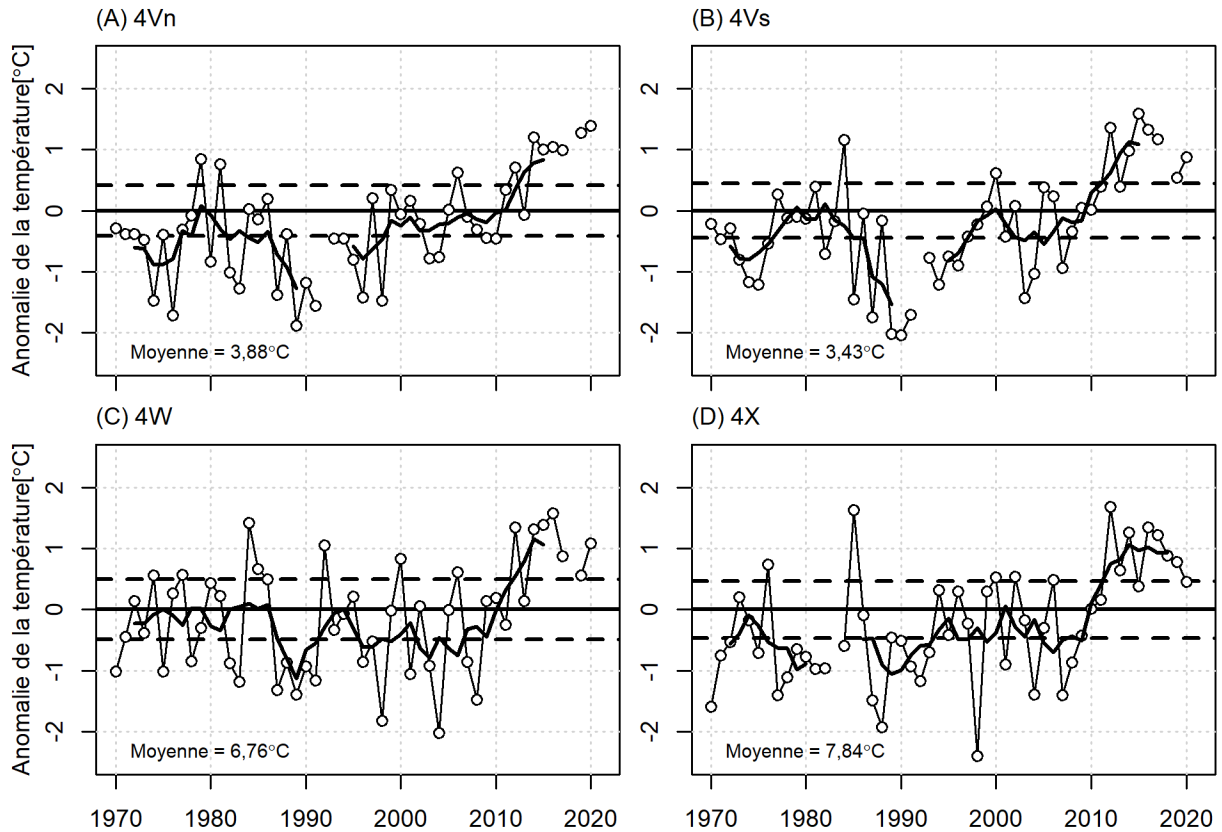


Figure 32. Série chronologique des anomalies de température de fond en juillet (lignes fines avec cercles) et série filtrée au moyen de la moyenne mobile sur cinq ans (ligne épaisse) pour les divisions de l'OPANO : 4Vn, 4Vs, 4W et 4X. En 2018, seule la zone 4X avait eu suffisamment de prélèvements d'échantillon pour le calcul des températures de fond. La ligne horizontale pleine correspond à la moyenne de 1991-2020 et les lignes pointillées représentent $\pm 0,5$ écart-type.

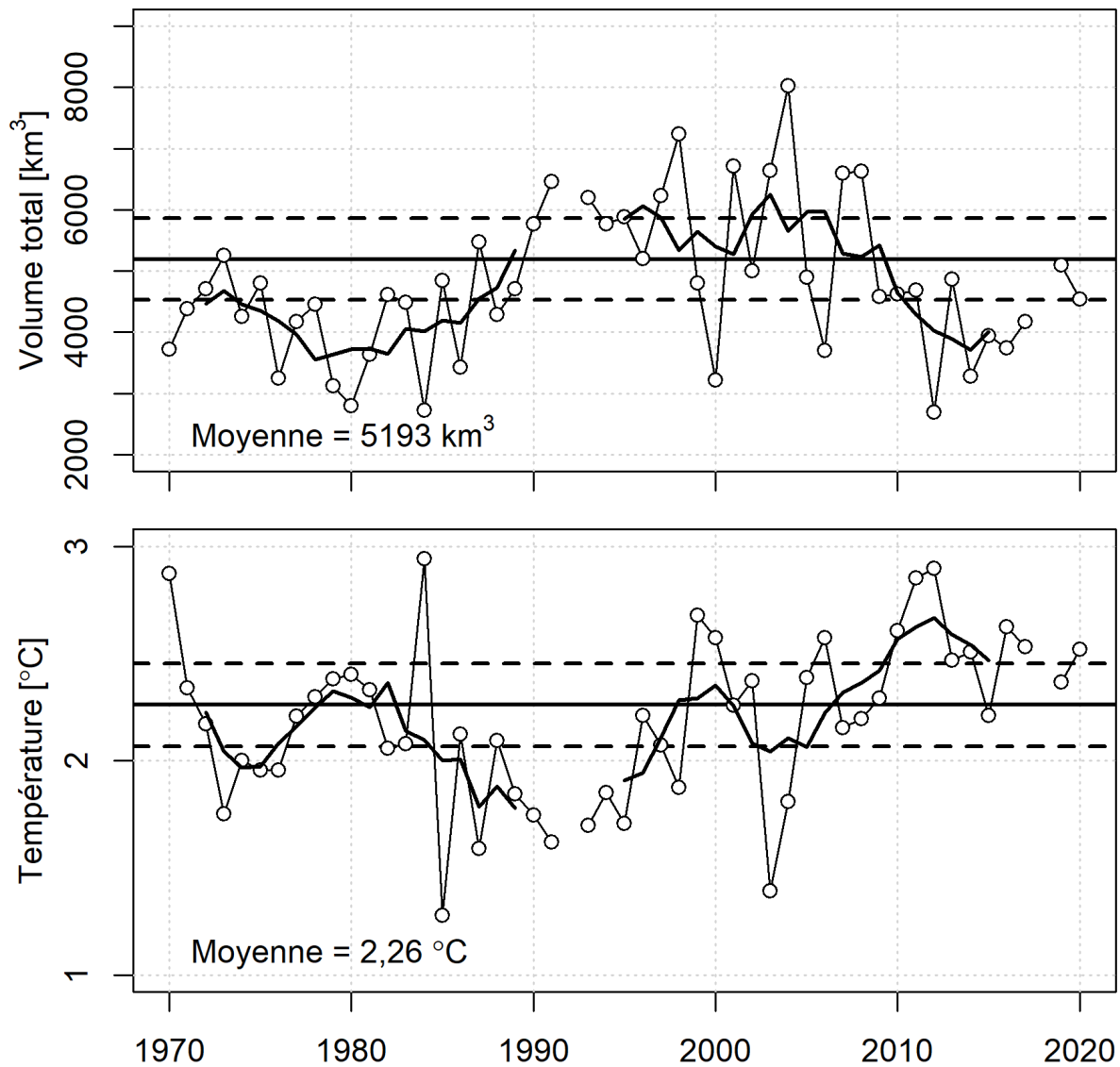


Figure 33. Série chronologique du volume de la couche intermédiaire froide (CIF; définie comme des eaux dont la température est $<4\text{ °C}$) sur le plateau néo-écossais d'après le relevé d'été au chalut du NR du MPO (panneau supérieur). Température minimale moyenne de la CIF, pondérée en fonction de la surface (panneau du bas). Les lignes horizontales pleines représentent les moyennes de 1991 à 2020 et les lignes pointillées représentent $\pm 0,5$ ÉT.

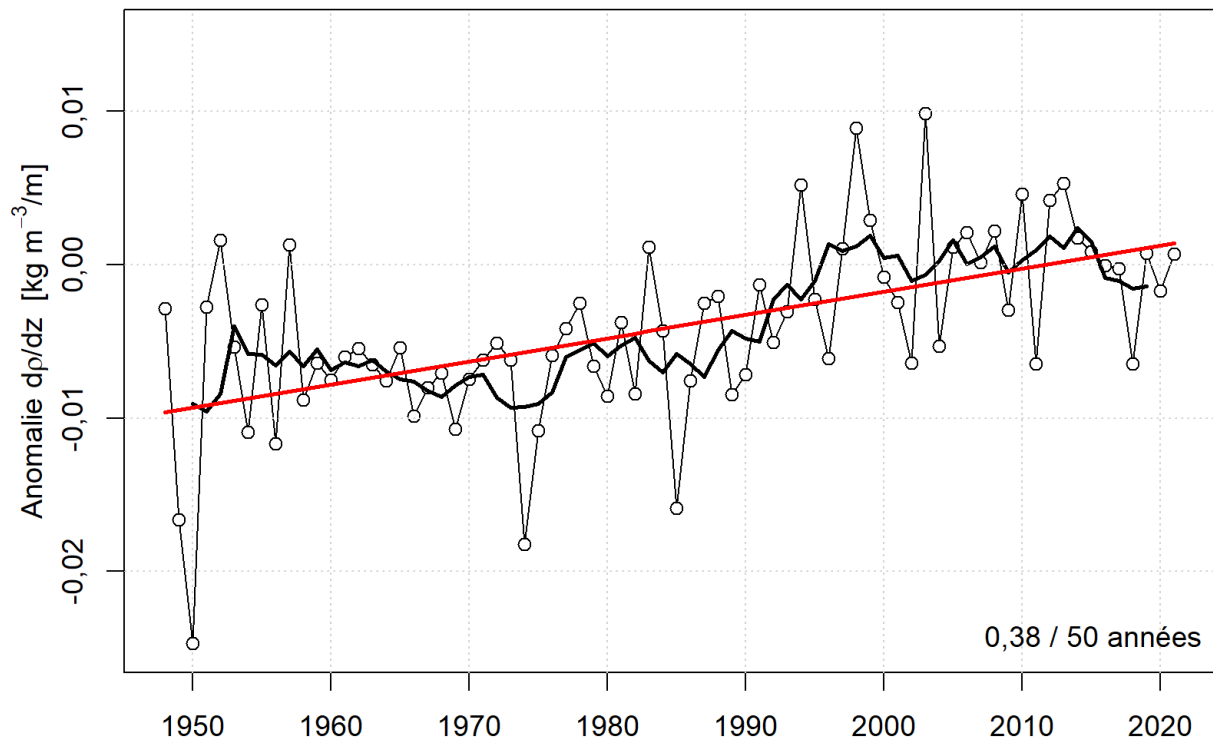


Figure 34. Anomalies annuelles moyennes de l'indice de stratification (gradient de densité entre 0 et 50 m) (ligne noire avec cercles) et moyennes mobiles sur 5 ans (ligne pleine noire épaisse) moyennées sur le plateau néo-écossais. La tendance linéaire (ligne rouge) indique un changement dans la différence de densité entre 0 et 50 m de $0,38 \text{ kg m}^{-3}$ sur 50 ans.

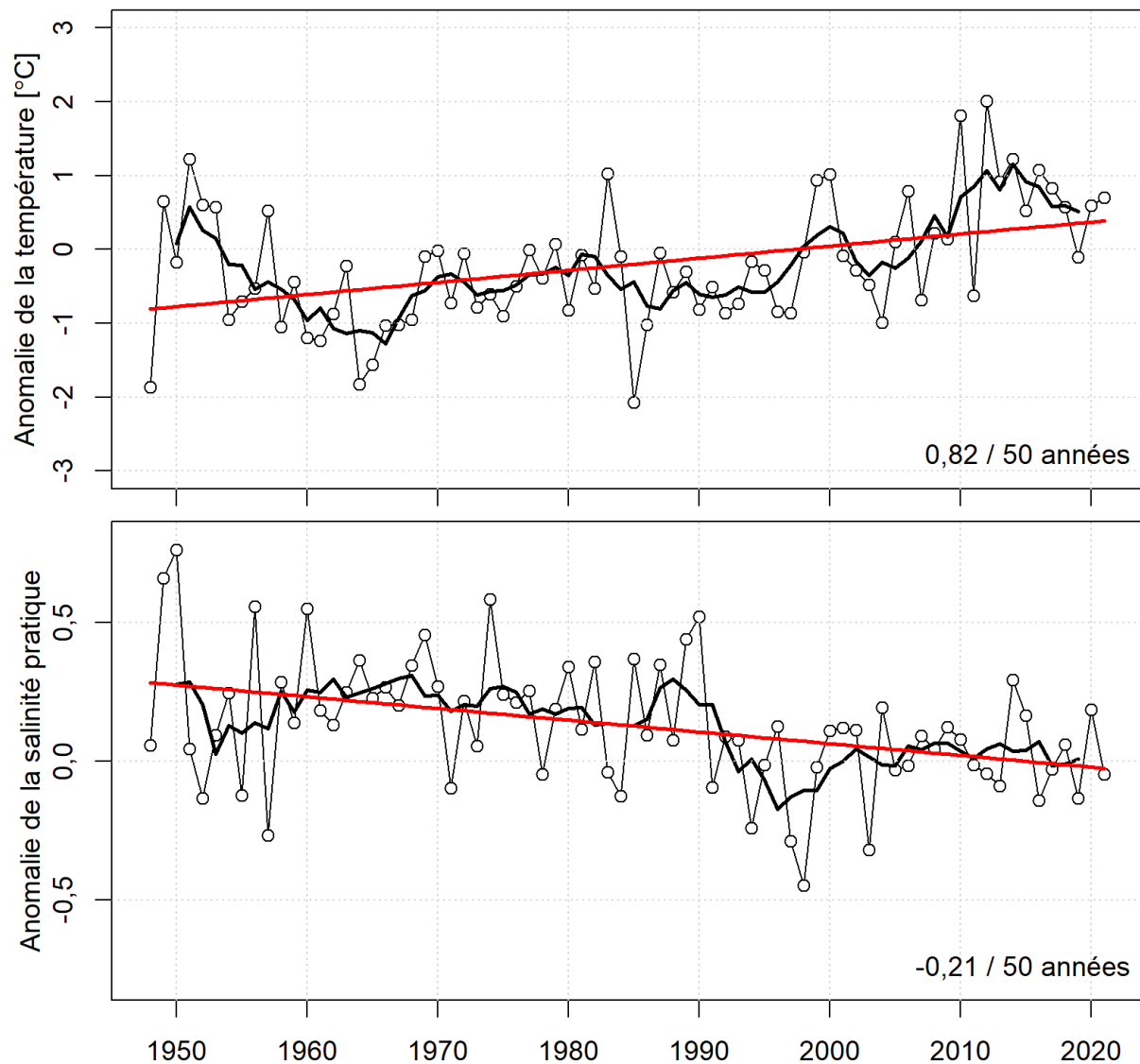


Figure 35. Anomalies annuelles moyennes (ligne noire avec cercles) de la température de la surface (panneau du haut) et de la salinité à la surface (panneau du bas) et moyennes mobiles sur 5 ans (ligne pleine noire épaisse) moyennées sur le plateau néo-écossais. Les estimations des erreurs types pour chaque valeur des anomalies annuelles sont également illustrées. La tendance linéaire (ligne rouge) indique un réchauffement de 0,82 °C et un adoucissement de 0,21 sur une période de 50 ans.

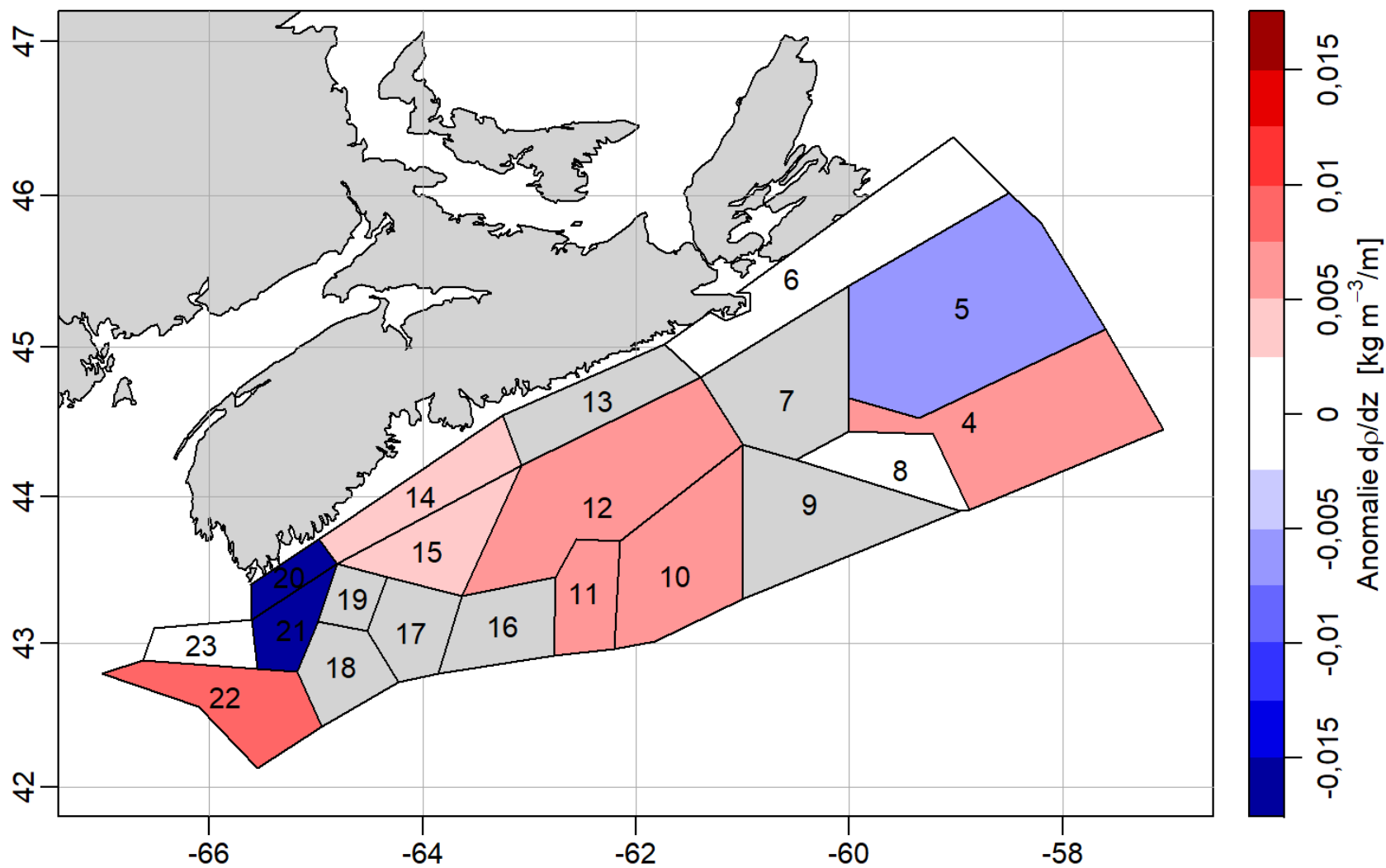


Figure 36. Anomalies annuelles moyennes de l'indice de stratification (gradient de densité entre 0 et 50 m) en 2020 sur le plateau néo-écossais. Les différentes zones ont été définies par Petrie et al. (1996).

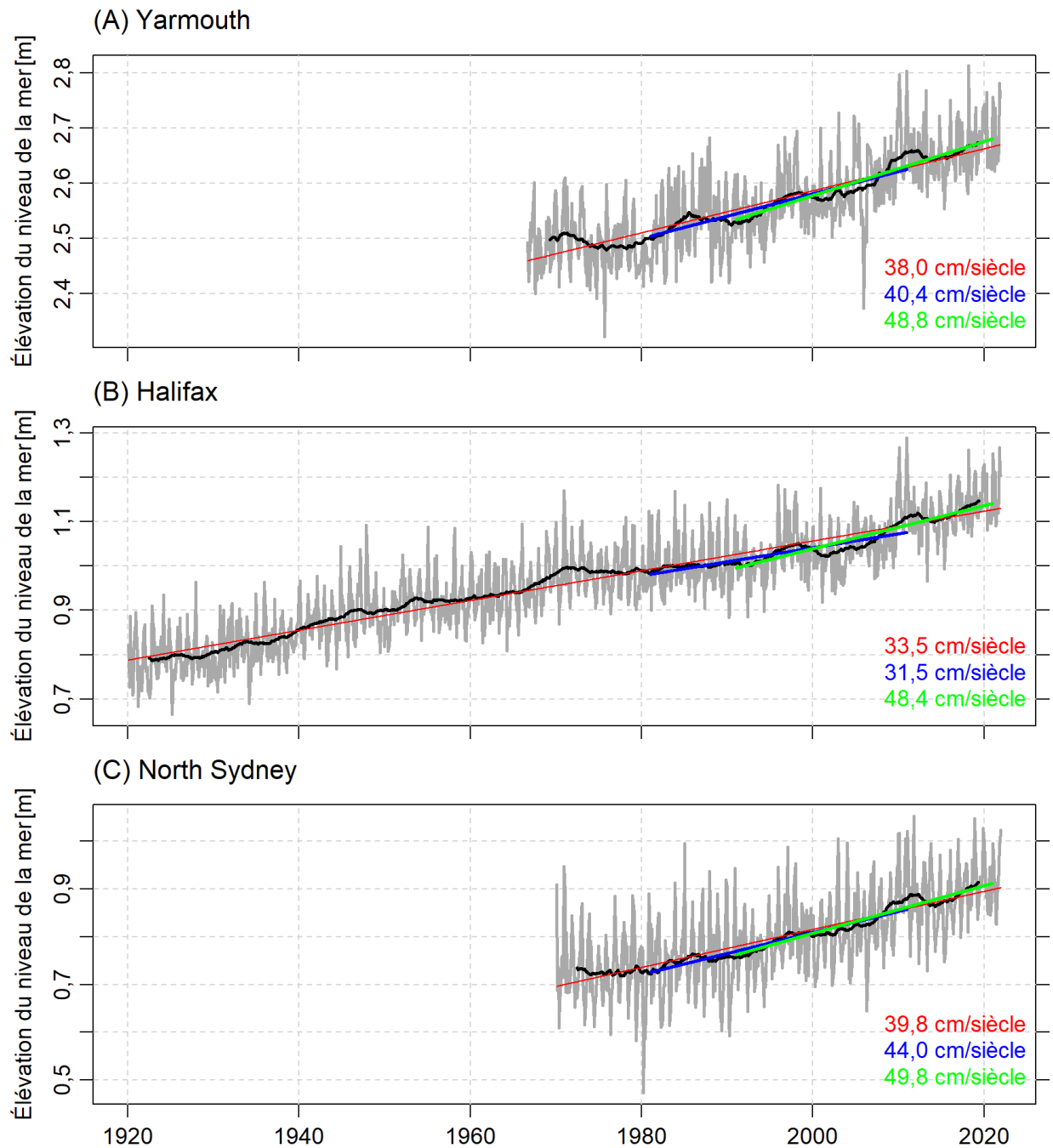


Figure 37. Série chronologique des moyennes mensuelles (ligne grise) et moyennes mobiles sur 5 ans (ligne noire) de l'élévation relative du niveau de la mer à Yarmouth (panneau du haut), Halifax (panneau du milieu) et North Sydney (panneau du bas), avec la tendance linéaire (ligne rouge) enregistrée au cours des périodes d'observation 1981-2010 (ligne bleue) et 1991-2020 (ligne verte).

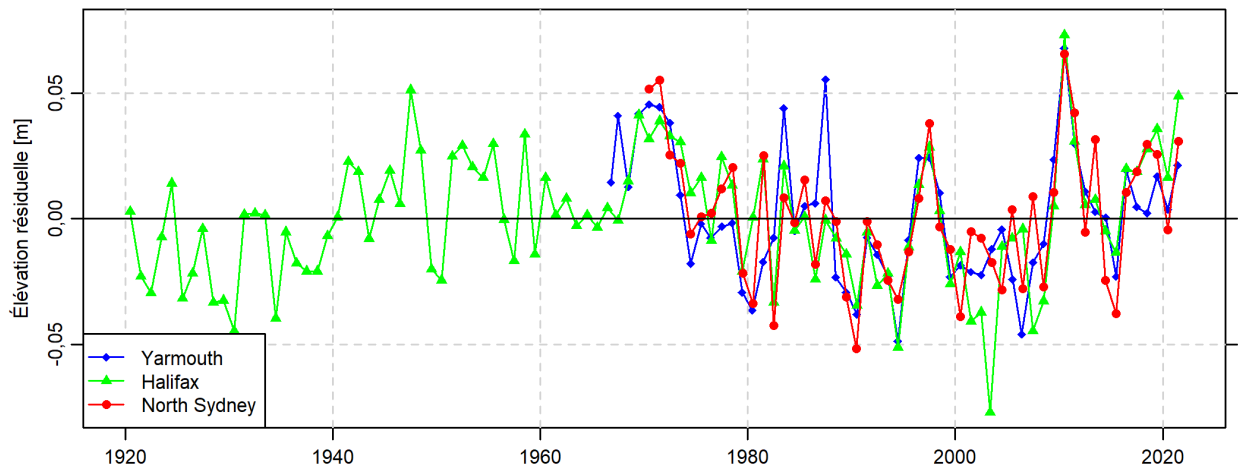


Figure 38. Niveau relatif résiduel de la mer (valeurs annuelles observées – tendance linéaire basée sur la période 1970-2021) pour Yarmouth (ligne bleue avec losanges), Halifax (ligne verte avec triangles) et North Sydney (ligne rouge avec cercles).

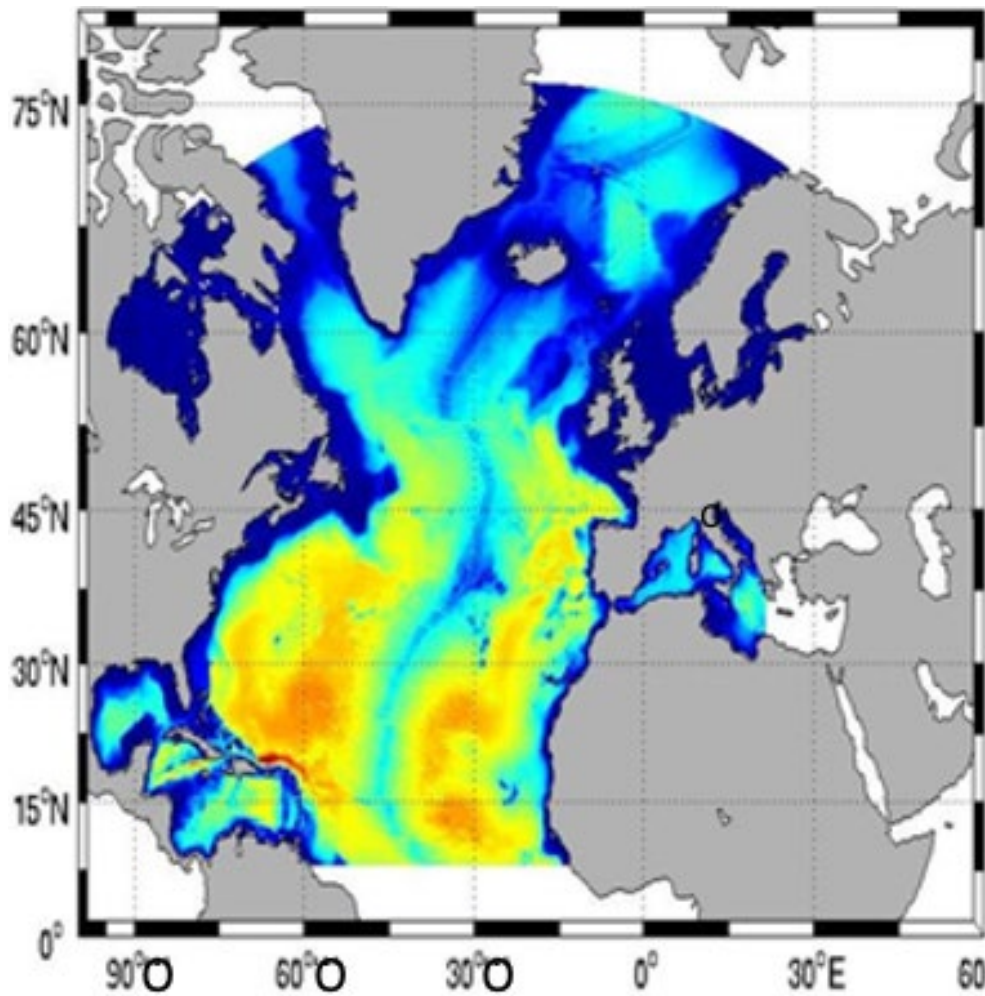


Figure 39. Bathymétrie de domaine du modèle de l'Atlantique Nord de l'Institut océanographique de Bedford (BNAM) avec couleurs allant du rouge (en profondeur) au bleu (eaux peu profondes).

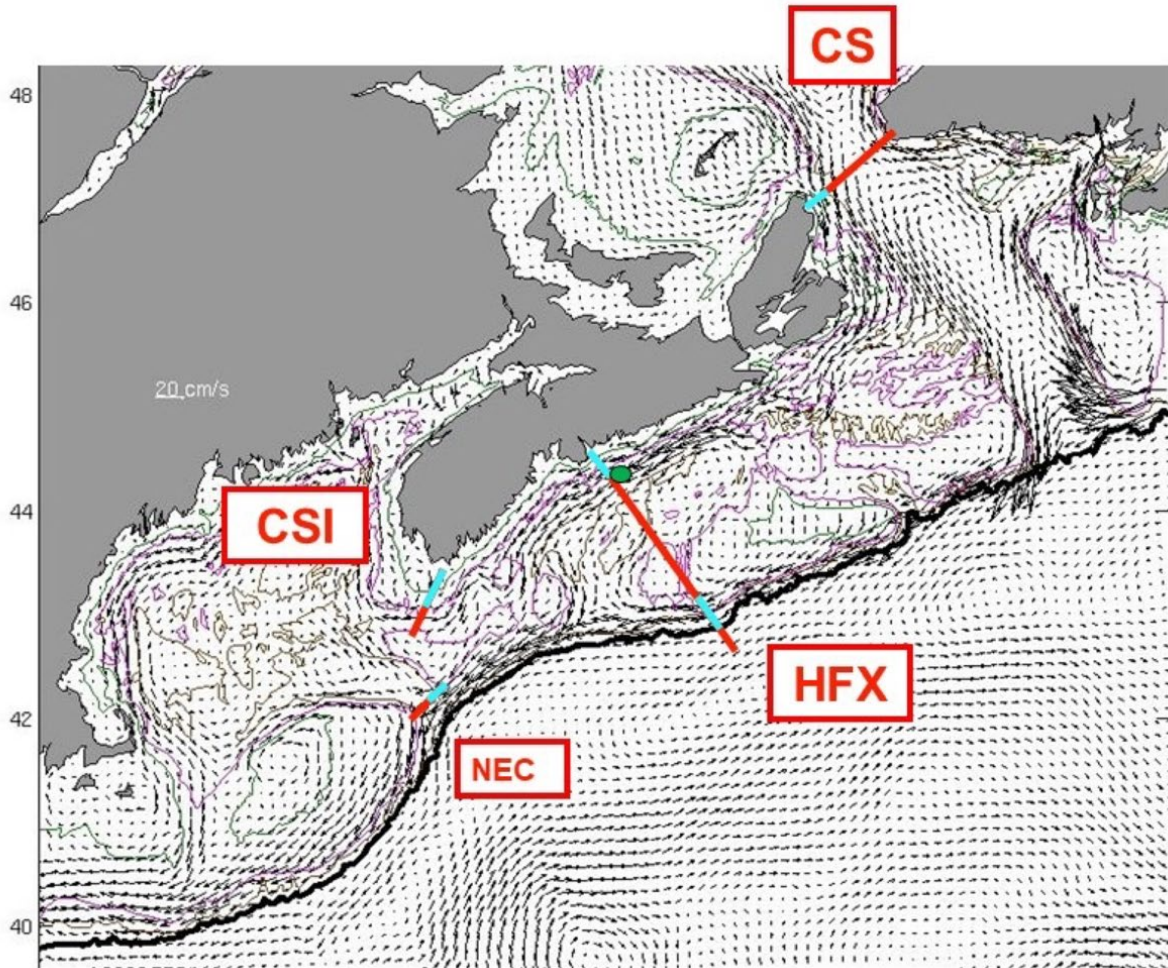


Figure 40. Circulation climatologique annuelle moyennée sur la profondeur illustrant les principaux régimes d'écoulement entre le sud du golfe du Saint-Laurent et le golfe du Maine et les sous-sections pour lesquelles des calculs de transport ont été effectués (cyan). CS = détroit de Cabot; HFX = Halifax; CSI = île du cap de Sable/banc de Brown; NEC = chenal Nord-Est. Le cercle vert indique l'emplacement au large de T2.

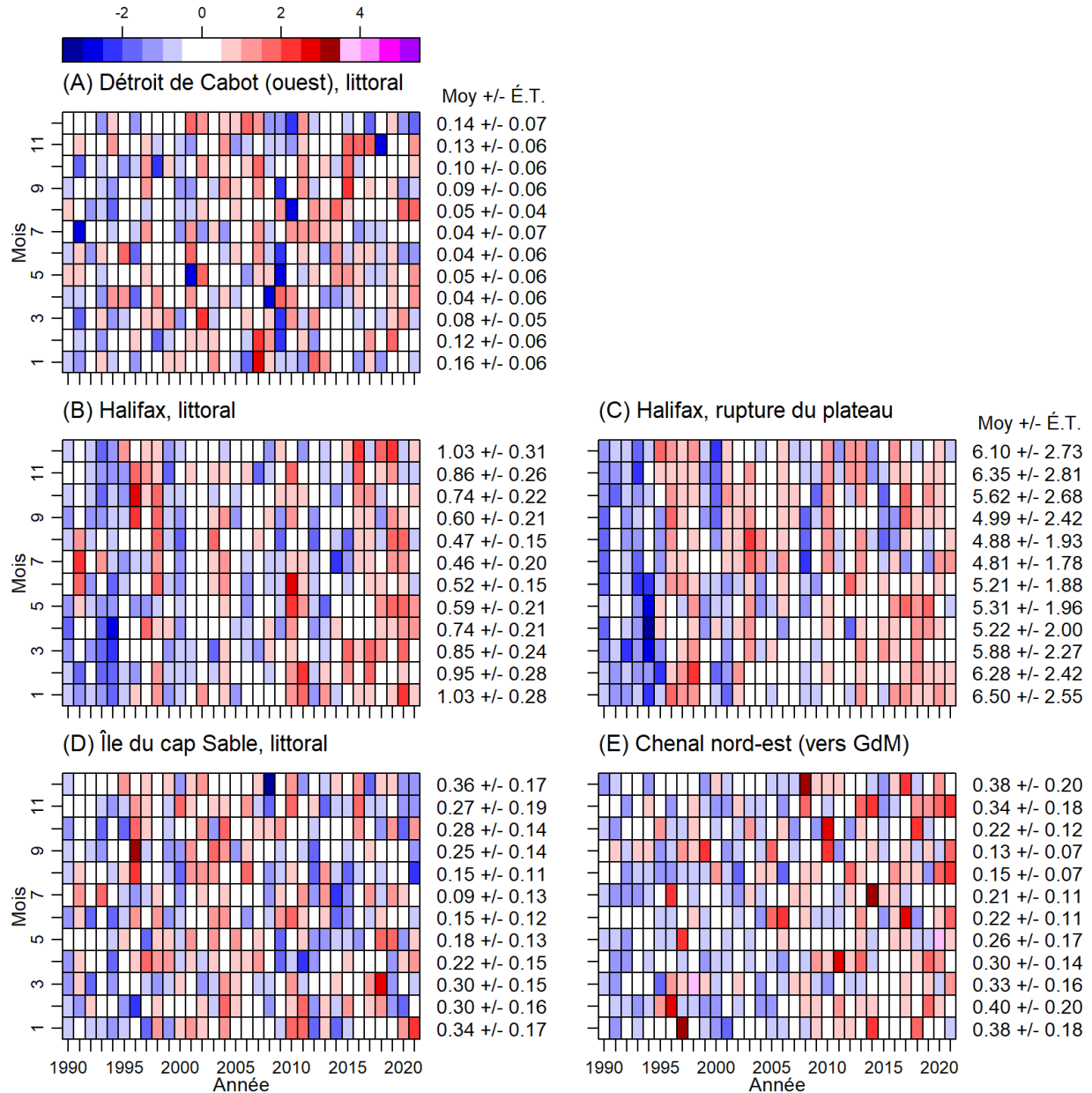


Figure 41. Anomalies normalisées du transport mensuel pour la période 1991-2020 pour quatre sections des Maritimes : (A) le littoral ouest du détroit de Cabot (CS); (B) le littoral d'Halifax (HFX); (C) la rupture du plateau; (D) le littoral de l'île du cap de Sable (CSL); et (E) le chenal Nord-Est (NEC). Les chiffres présentés sur la droite sont les moyennes mensuelles et les écarts-types en sverdrups ($1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$).

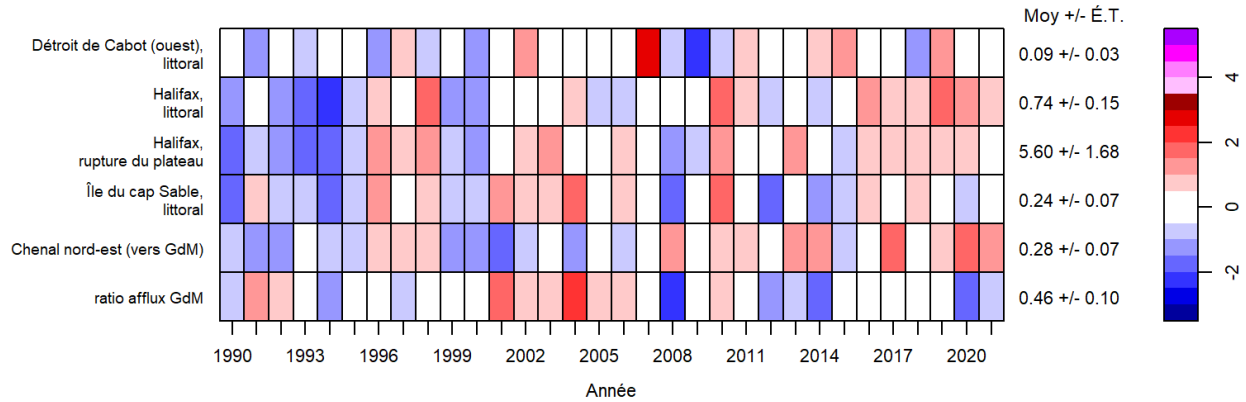


Figure 42. Anomalies annuelles du transport mises à l'échelle à l'aide de l'écart-type (ÉT) pour les variables présentées aux figures 41 et 44. Les chiffres présentés sur la droite sont les moyennes climatologiques annuelles (1999-2020) et les écarts-types (en sverdrups).

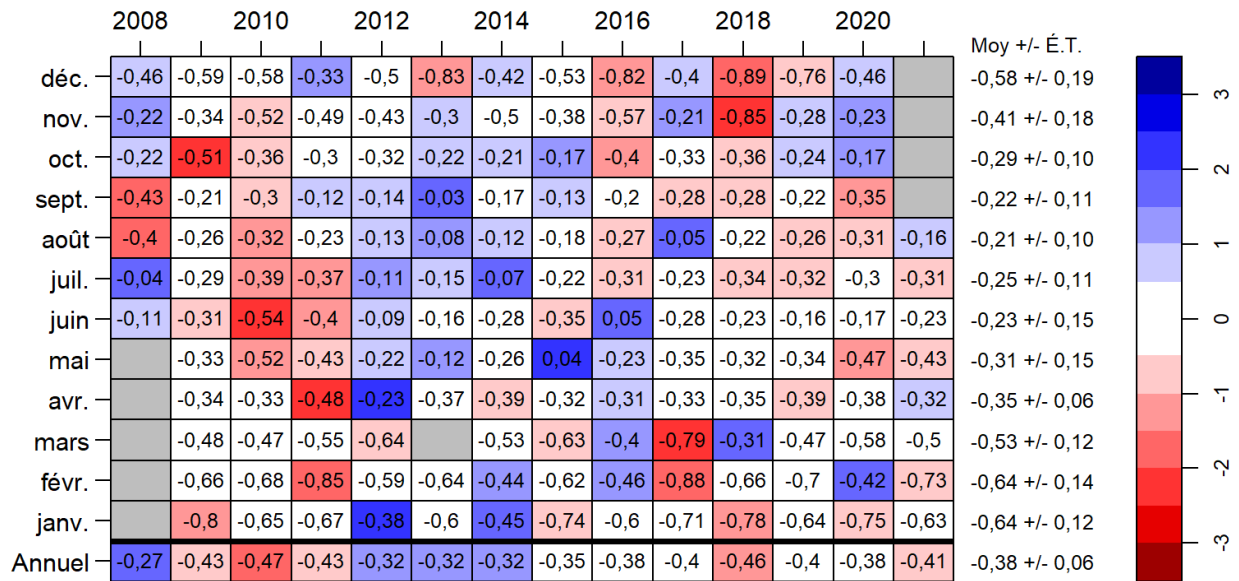


Figure 43. Transport mensuel (en Sv) durant la période 2008-2020 pour le courant de la Nouvelle-Écosse, au sud d'Halifax, selon les mesures prises grâce à des ADCP. Les transports négatifs sont en direction du sud-ouest. Les transports mensuels sont codés à l'aide de couleurs pour qu'on puisse indiquer s'ils se situent au-dessus, c'est-à-dire moins sud-ouest (bleu) ou en dessous, c'est-à-dire plus 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.

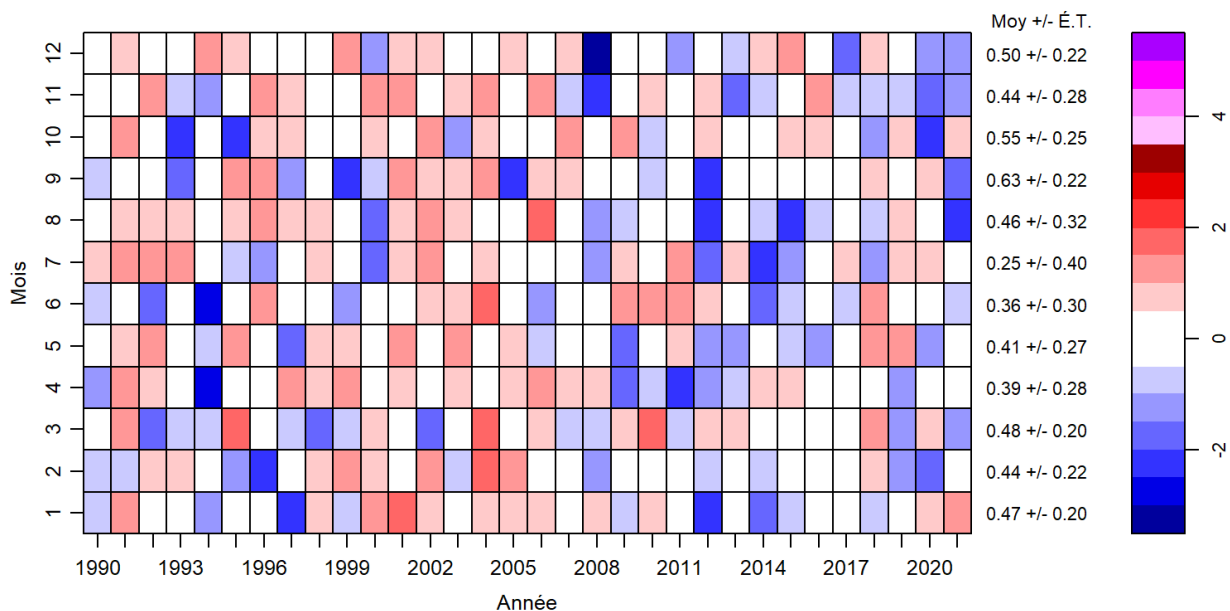


Figure 44. Anomalies normalisées du ratio des afflux dans le golfe du Maine (GdM). Les chiffres présentés sur la droite sont les moyennes climatologiques mensuelles (1991-2020) et les écarts-types.

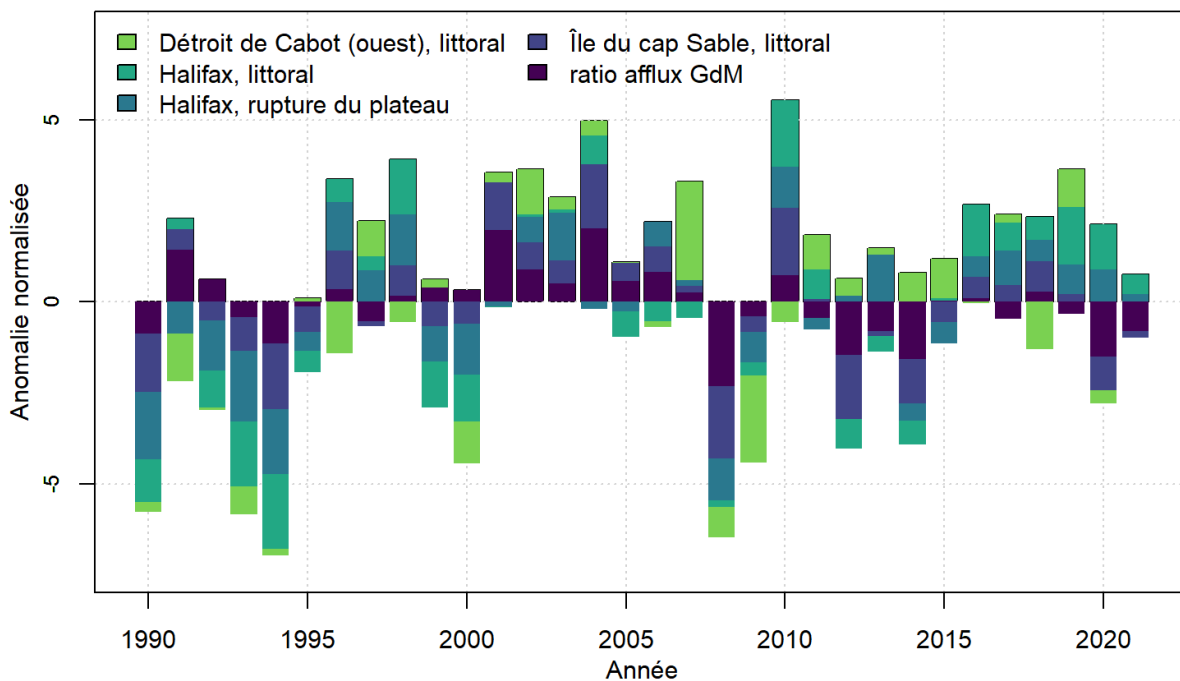


Figure 45. Somme des anomalies de transport normalisées pour les variables de la figure 42.

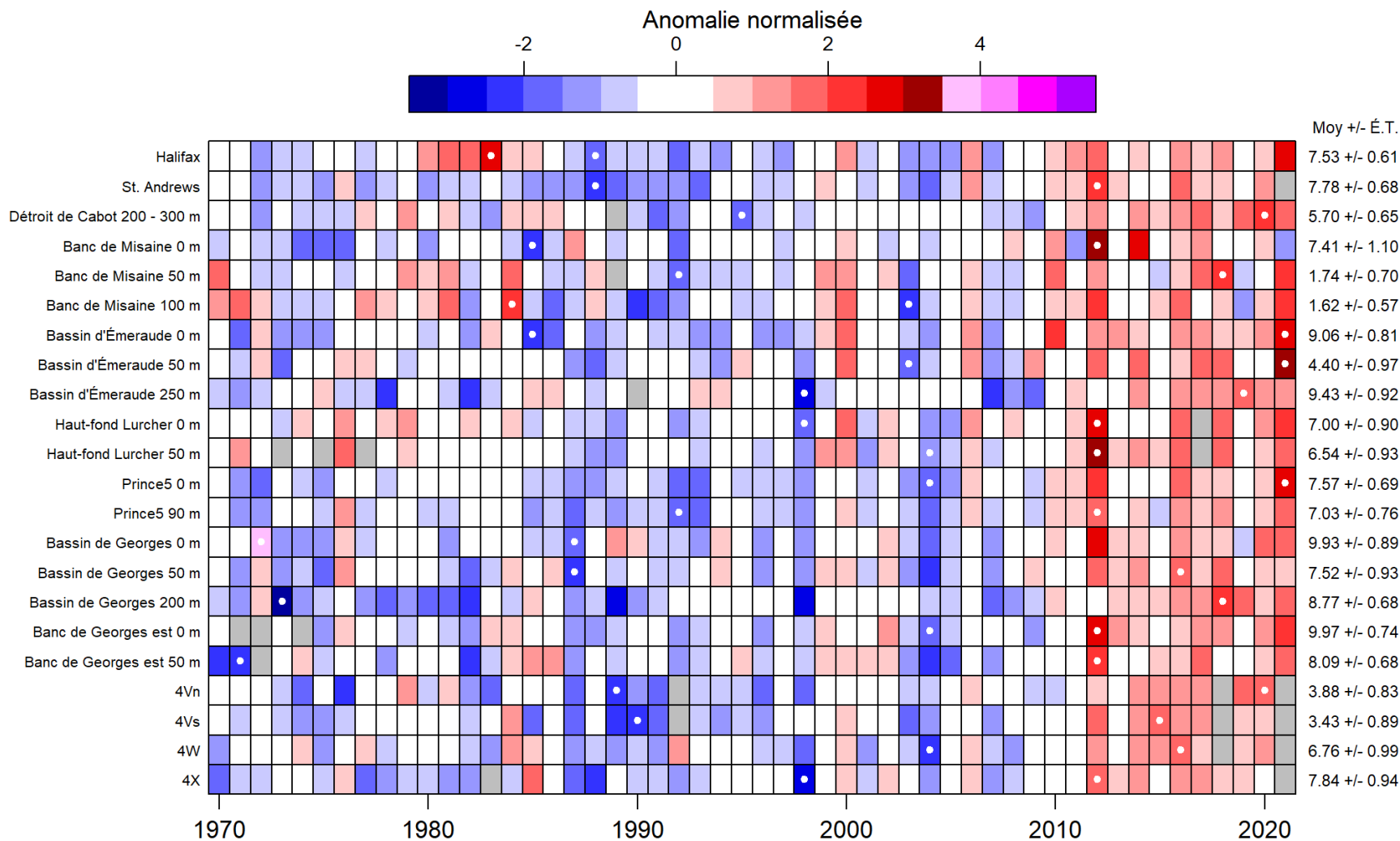


Figure 46. Anomalies annuelles normalisées de la température au fond et à des profondeurs précisées dans la région du plateau néo-écossais et du golfe du Maine. Ces anomalies sont basées sur les moyennes 1991-2020 divisées par l'écart-type. Les couleurs bleues indiquent des anomalies inférieures à la normale, et les couleurs rouges indiquent des anomalies supérieures à la normale. Les points blancs représentent des années où des records minimum et maximum ont été observés pour chaque paramètre. Le gris indique un manque de données.

ANNEXE

Détroit de Cabot: 07 mars 2021

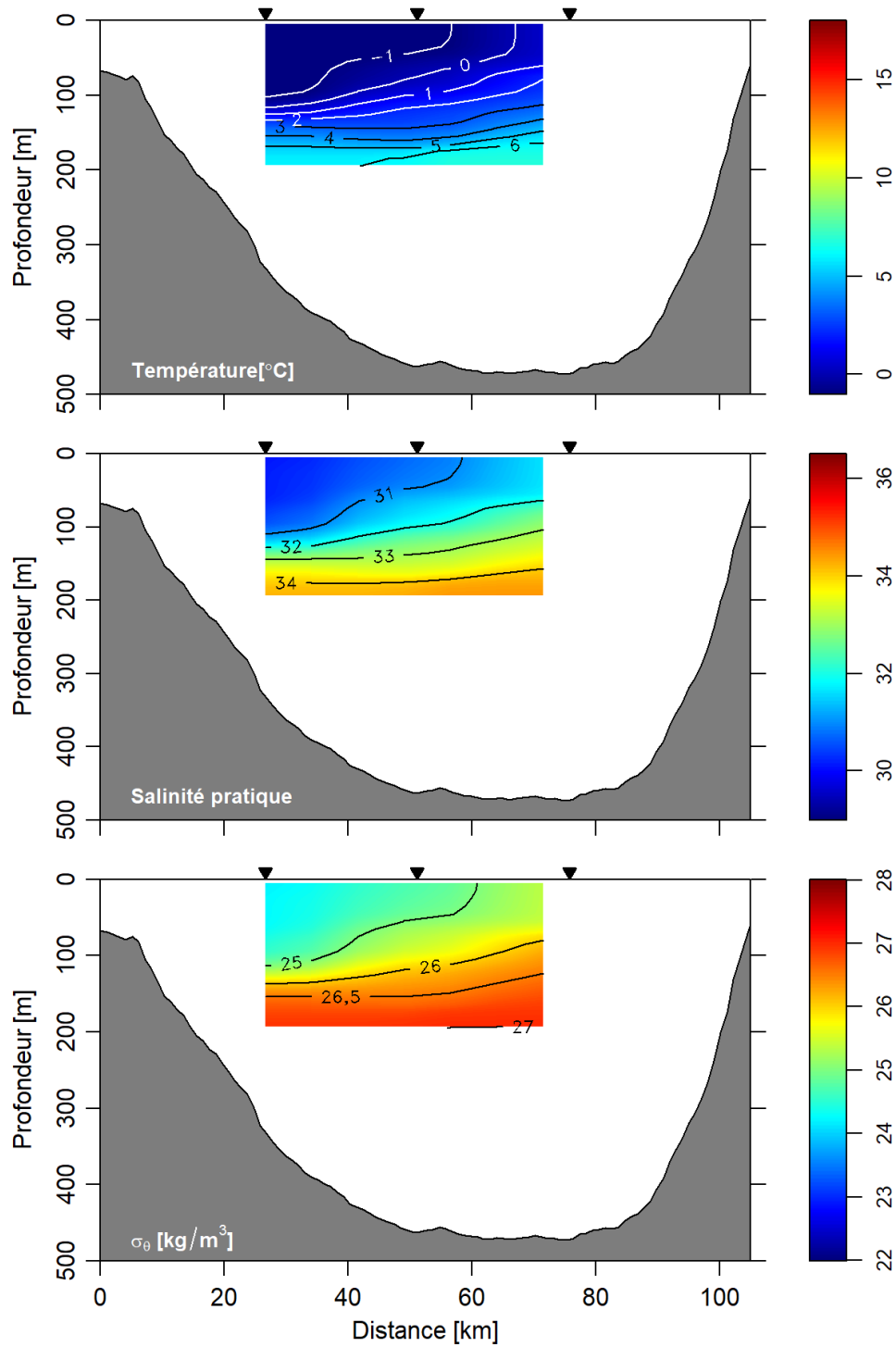


Figure A1. Échantillonnage réalisé l'hiver 2021 par le PMZA de la Région de Québec sur la section du détroit de Cabot. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Détroit de Cabot: 09 juin au 10 juin 2021

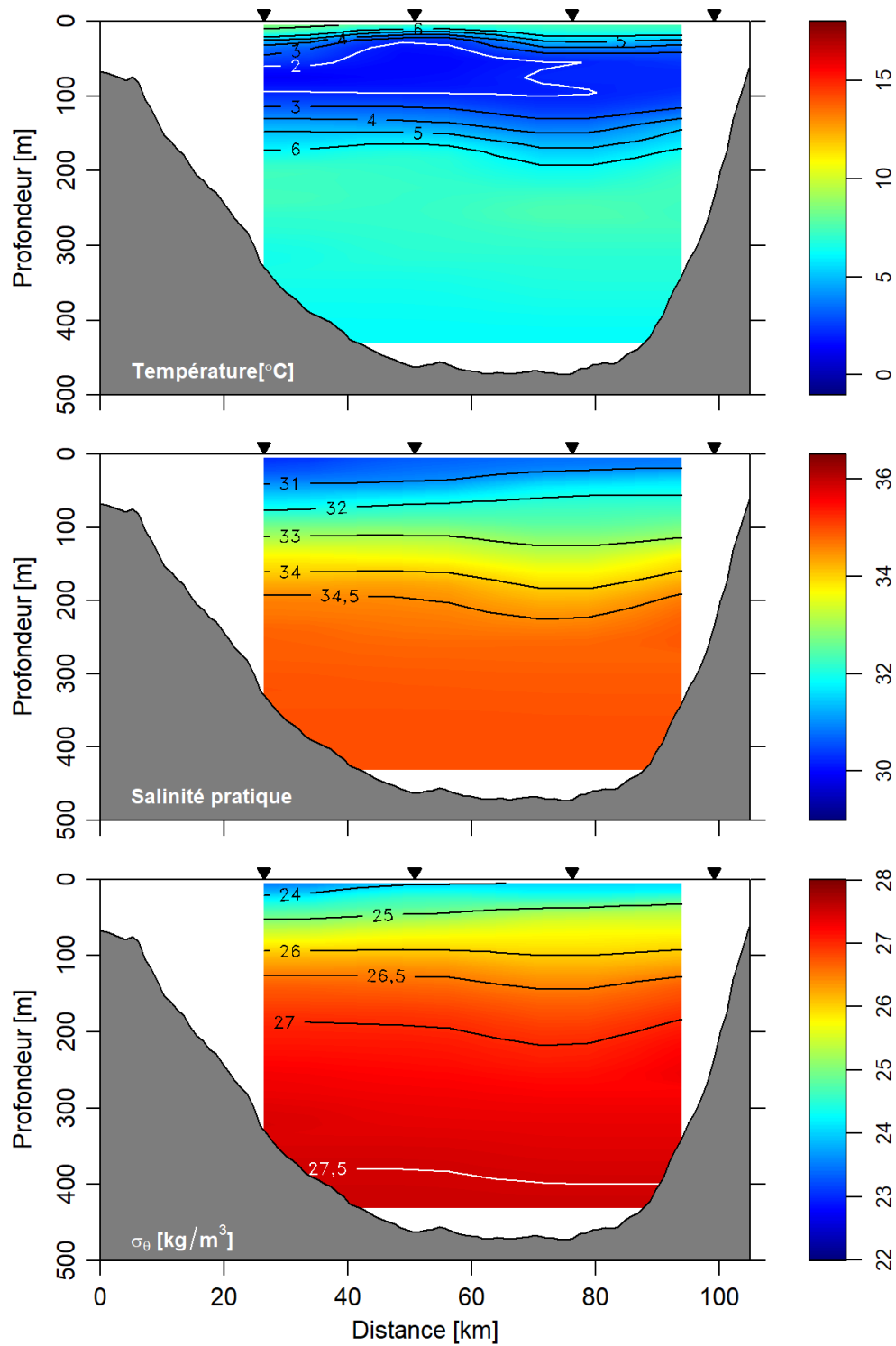


Figure A2. Échantillonnage réalisé l'été 2021 par le PMZA de la Région de Québec sur la section du détroit de Cabot. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Détroit de Cabot: 17 oct. 2021

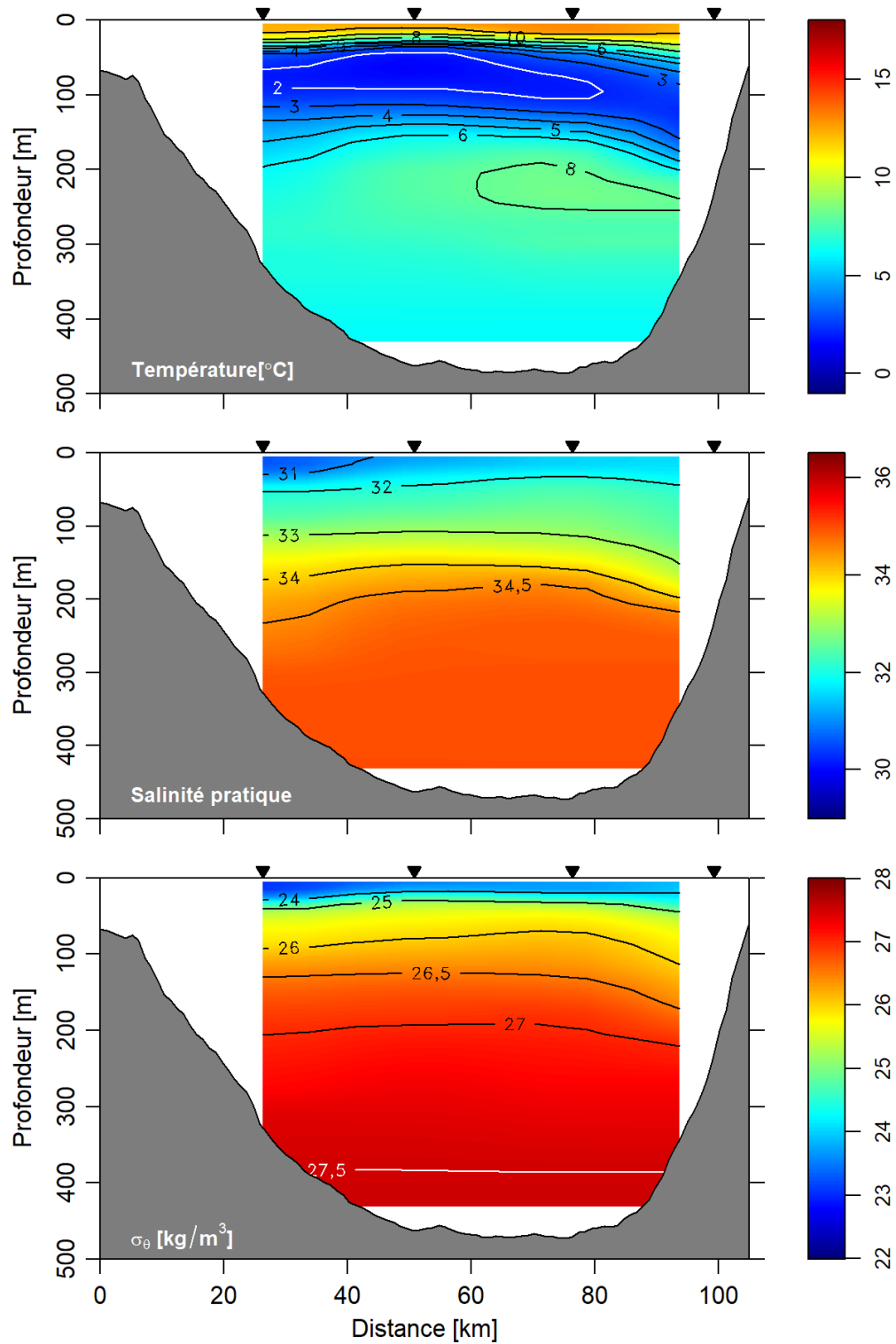


Figure A3. Échantillonnage réalisé l'automne 2021 par le PMZA de la Région de Québec sur la section du détroit de Cabot. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Banc de Sainte-Anne: 29 sept. au 30 sept. 2021

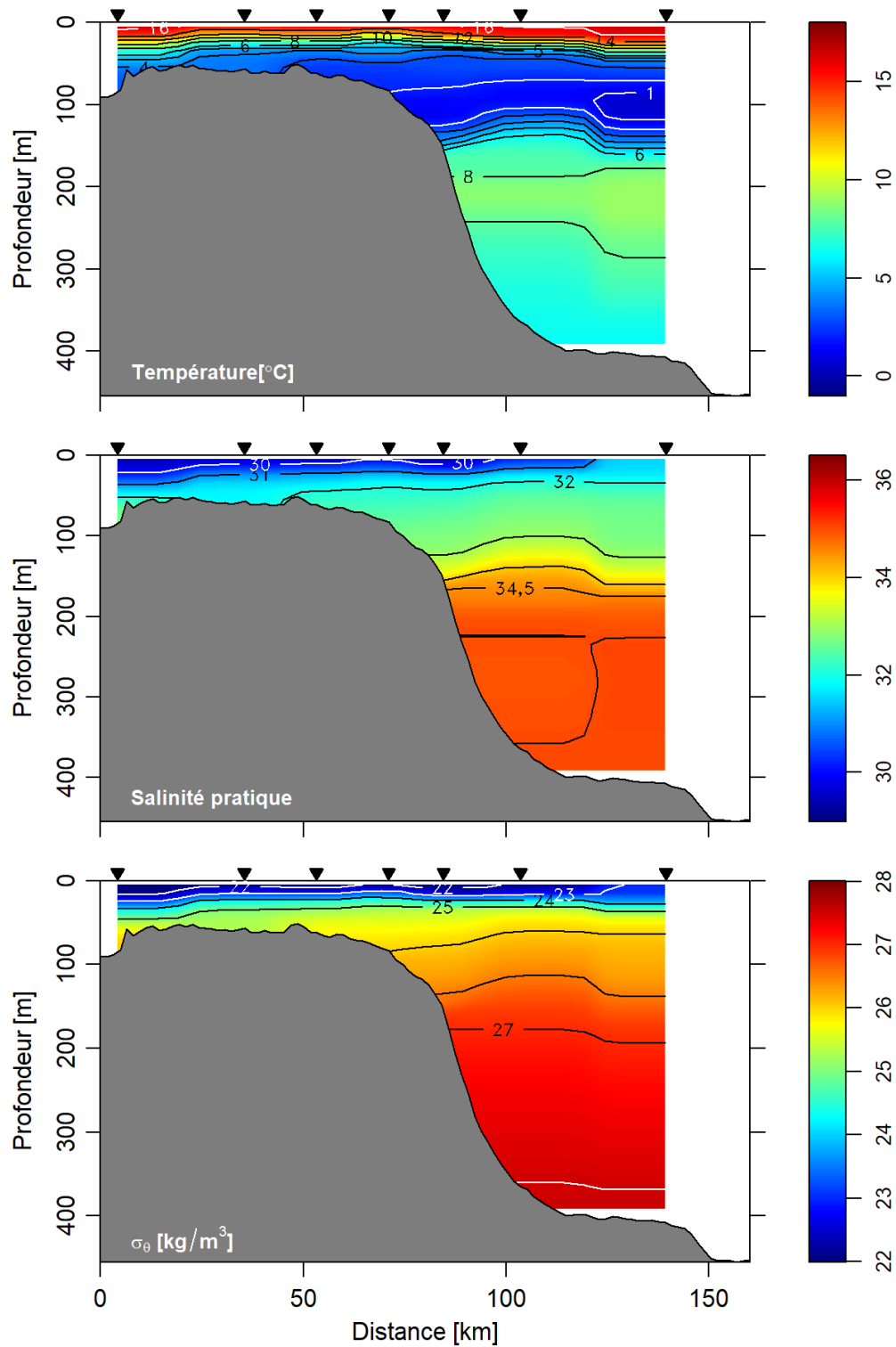


Figure A4. Échantillonnage réalisé en automne 2021 dans la section du banc de Sainte-Anne par le PMZA des Maritimes. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Embouchure du chenal laurentien: 01 oct. 2021

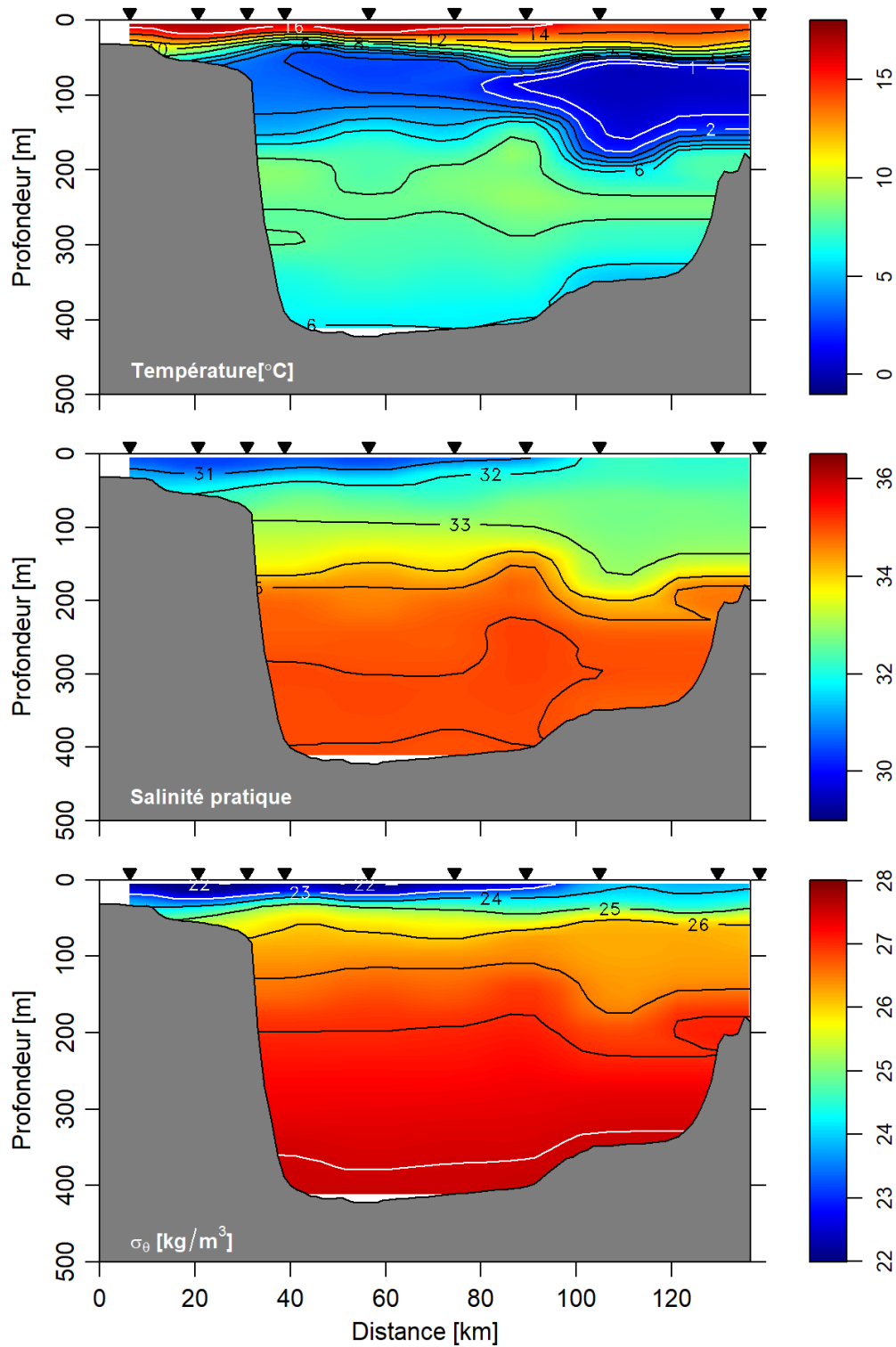


Figure A5. Échantillonnage réalisé en automne 2021 dans la section de l'embouchure du chenal Laurentien par le PMZA des Maritimes. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

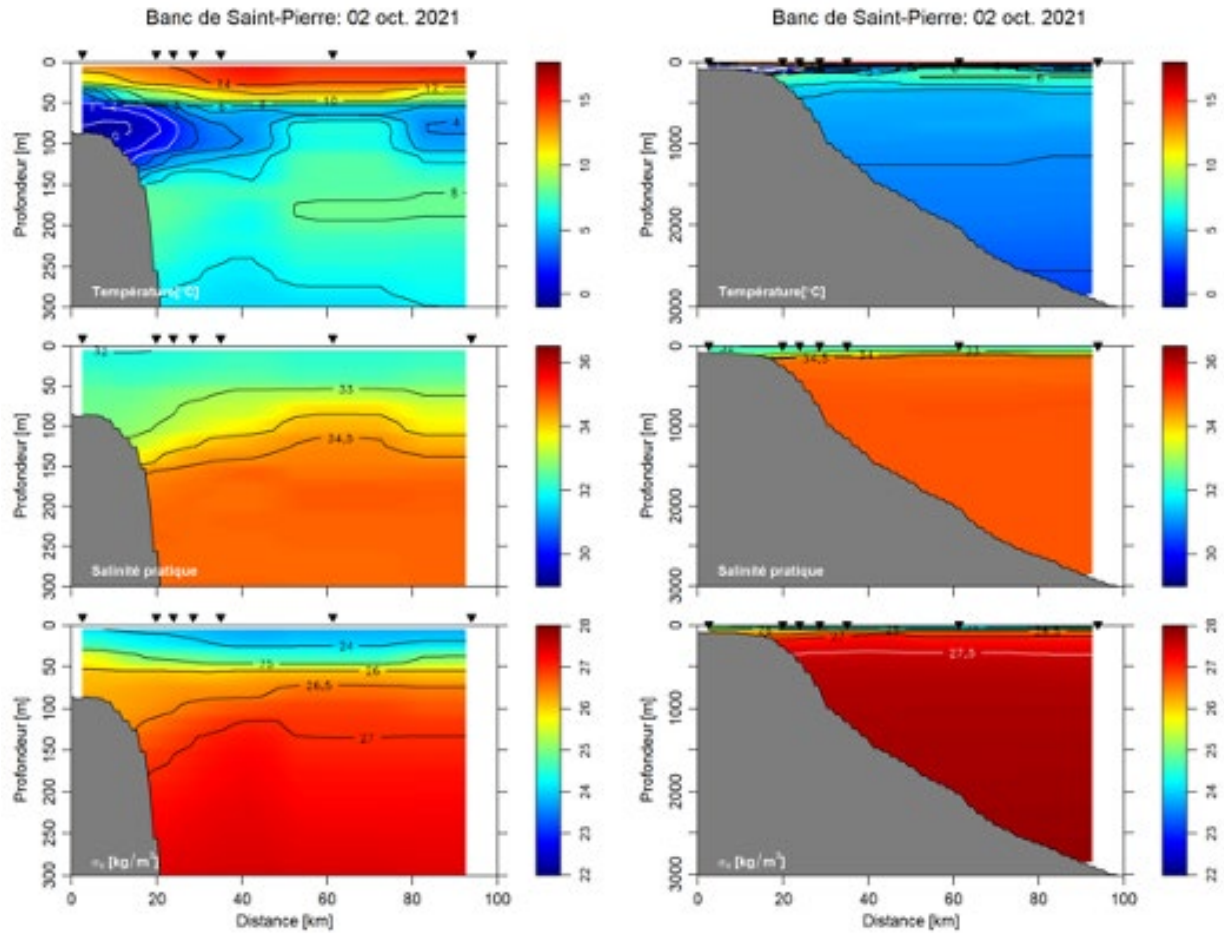


Figure A6. Échantillonnage réalisé en automne 2021 dans la section du banc de Saint-Pierre par le PMZA des Maritimes. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

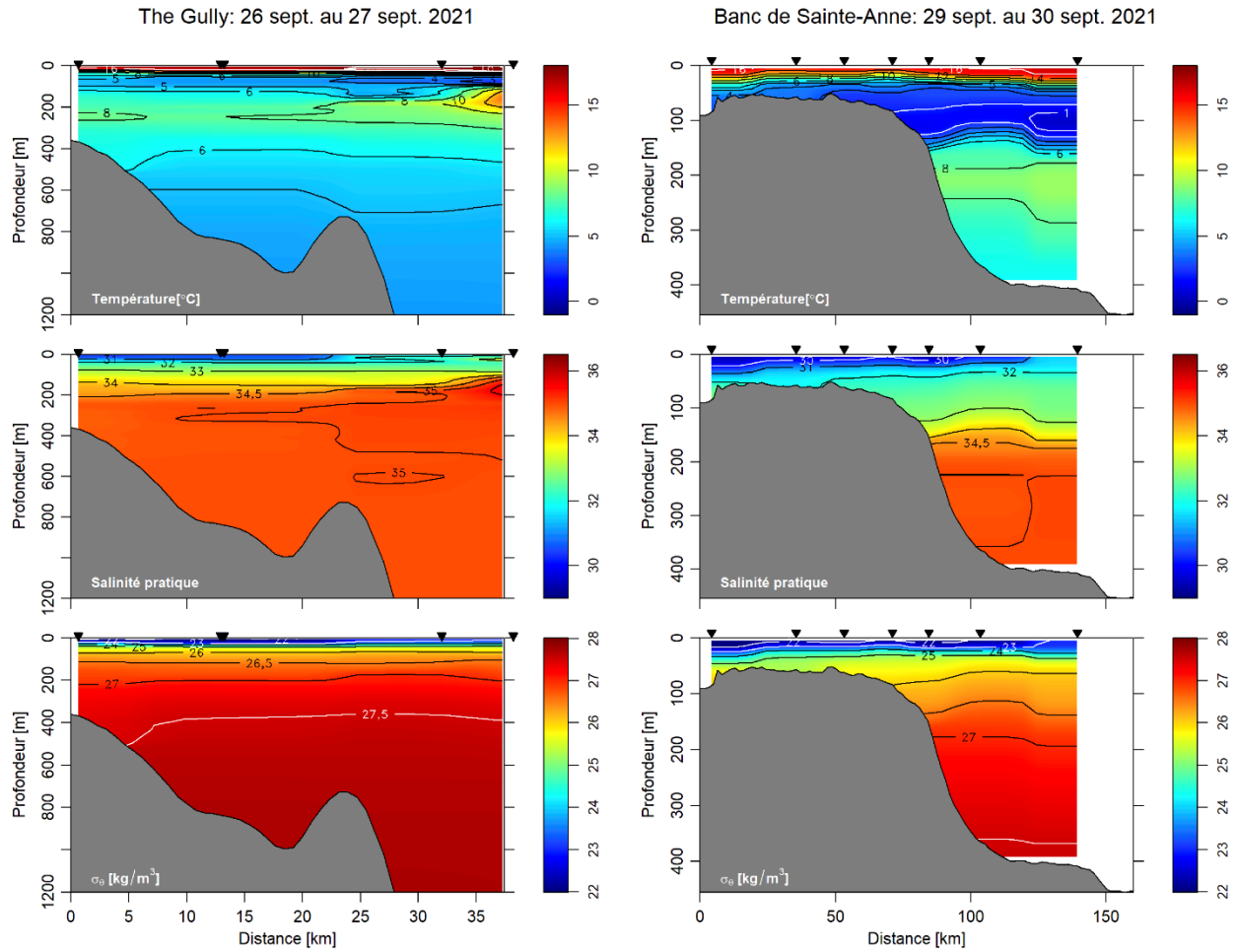


Figure A7. Échantillonnage réalisé en automne 2021 dans la section du Gully par le PMZA des Maritimes. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Chenal nord-est: 04 juin au 05 juin 2021

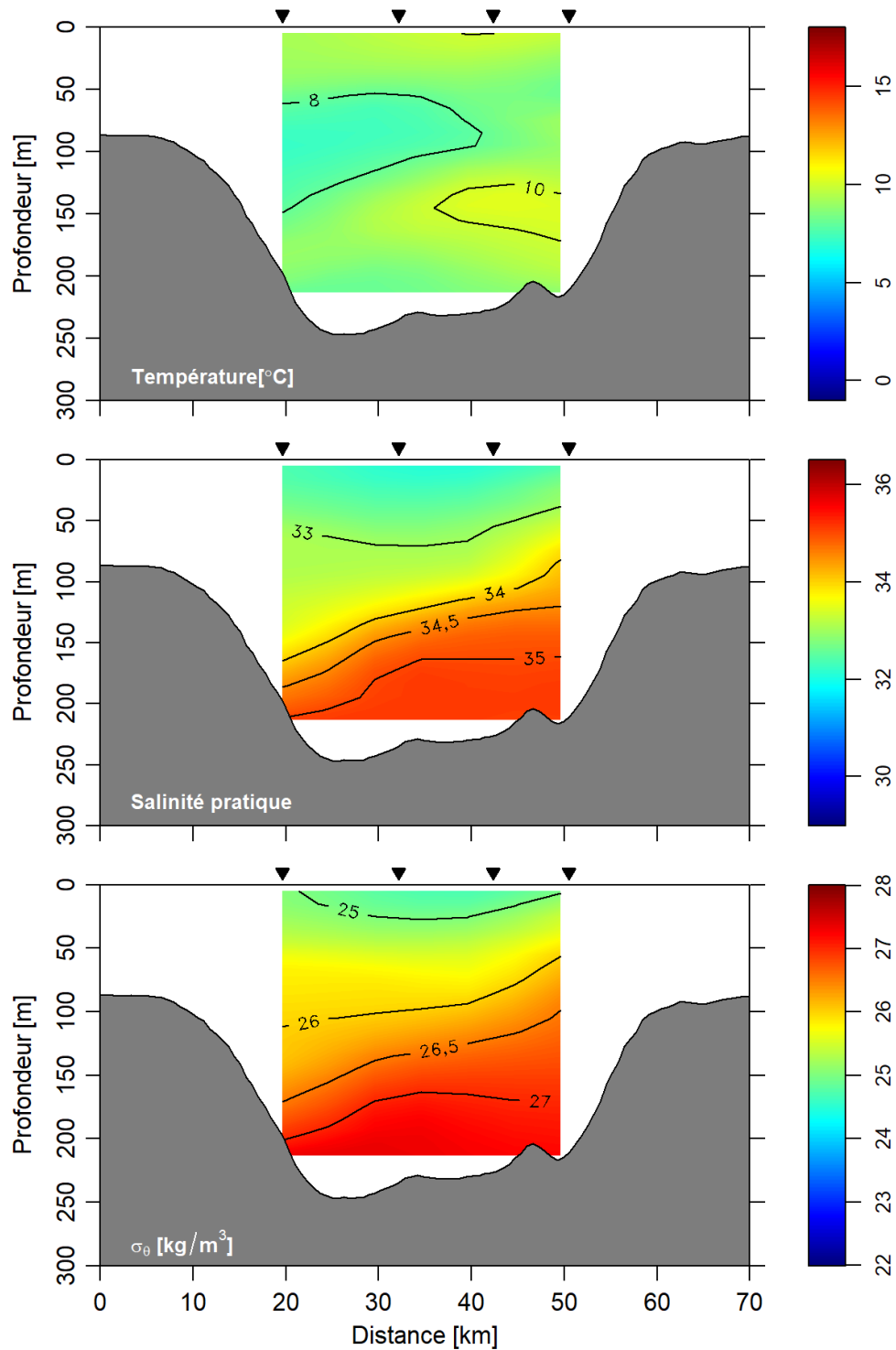


Figure A8. Échantillonnage réalisé en été 2021 dans la section du chenal Nord-Est par le PMZA des Maritimes. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les anomalies n'ont pas pu être calculées en raison de l'absence de climatologie pour la période 1991-2020. Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Chenal nord-est: 18 sept. au 19 sept. 2021

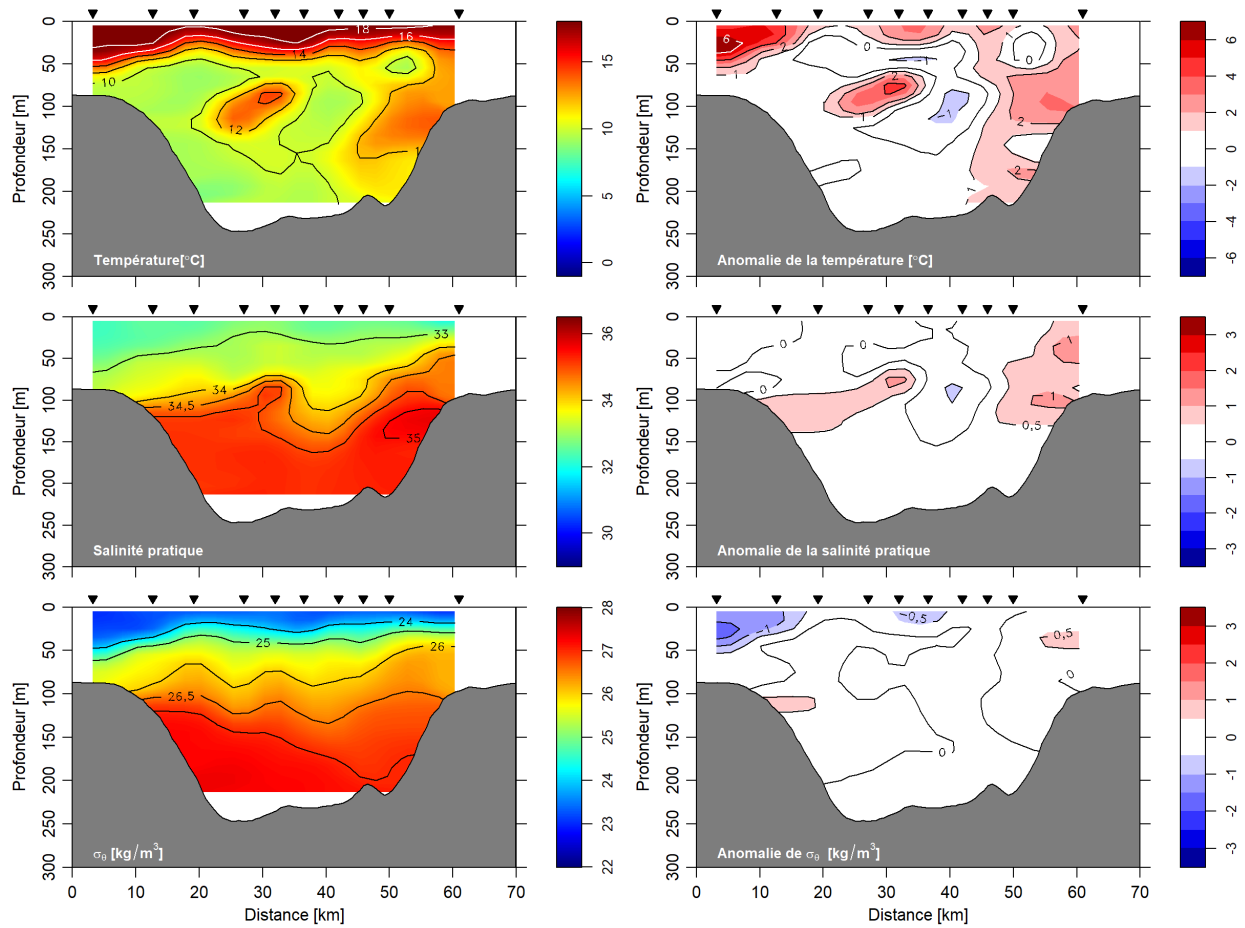


Figure A9. Échantillonnage réalisé en automne 2021 dans la section du chenal Nord-Est par le PMZA des Maritimes. Température (panneau du haut), salinité (panneau du milieu) et densité (panneau du bas) et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles de 1991-2020 (panneaux de droite). Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Yarmouth: 20 sept. au 21 sept. 2021

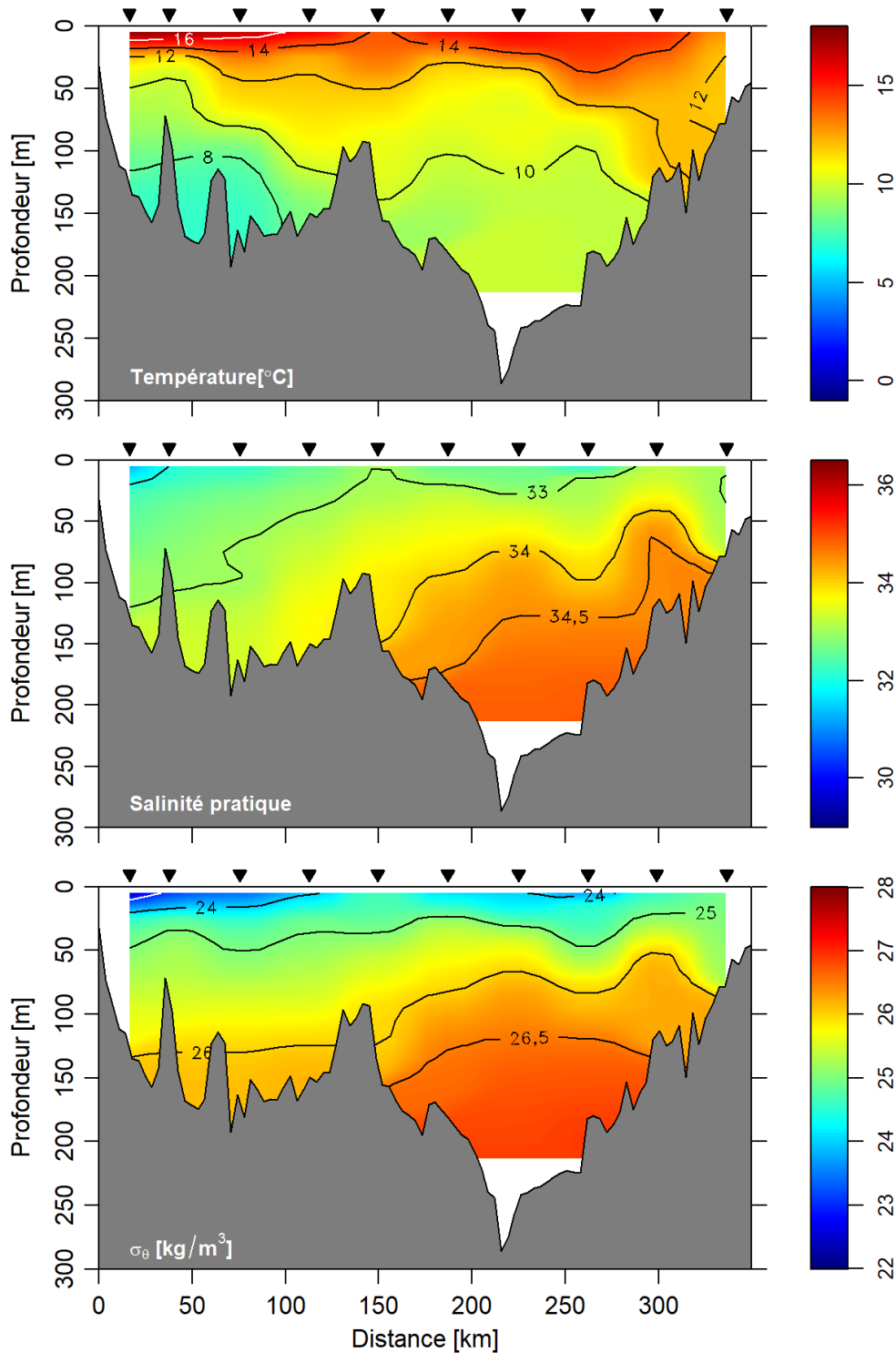


Figure A10. Échantillonnage réalisé en automne 2021 dans la section de Yarmouth par le PMZA des Maritimes. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les anomalies n'ont pas pu être calculées en raison de l'absence de climatologie pour la période 1991-2020. Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.

Portsmouth: 19 sept. au 20 sept. 2021

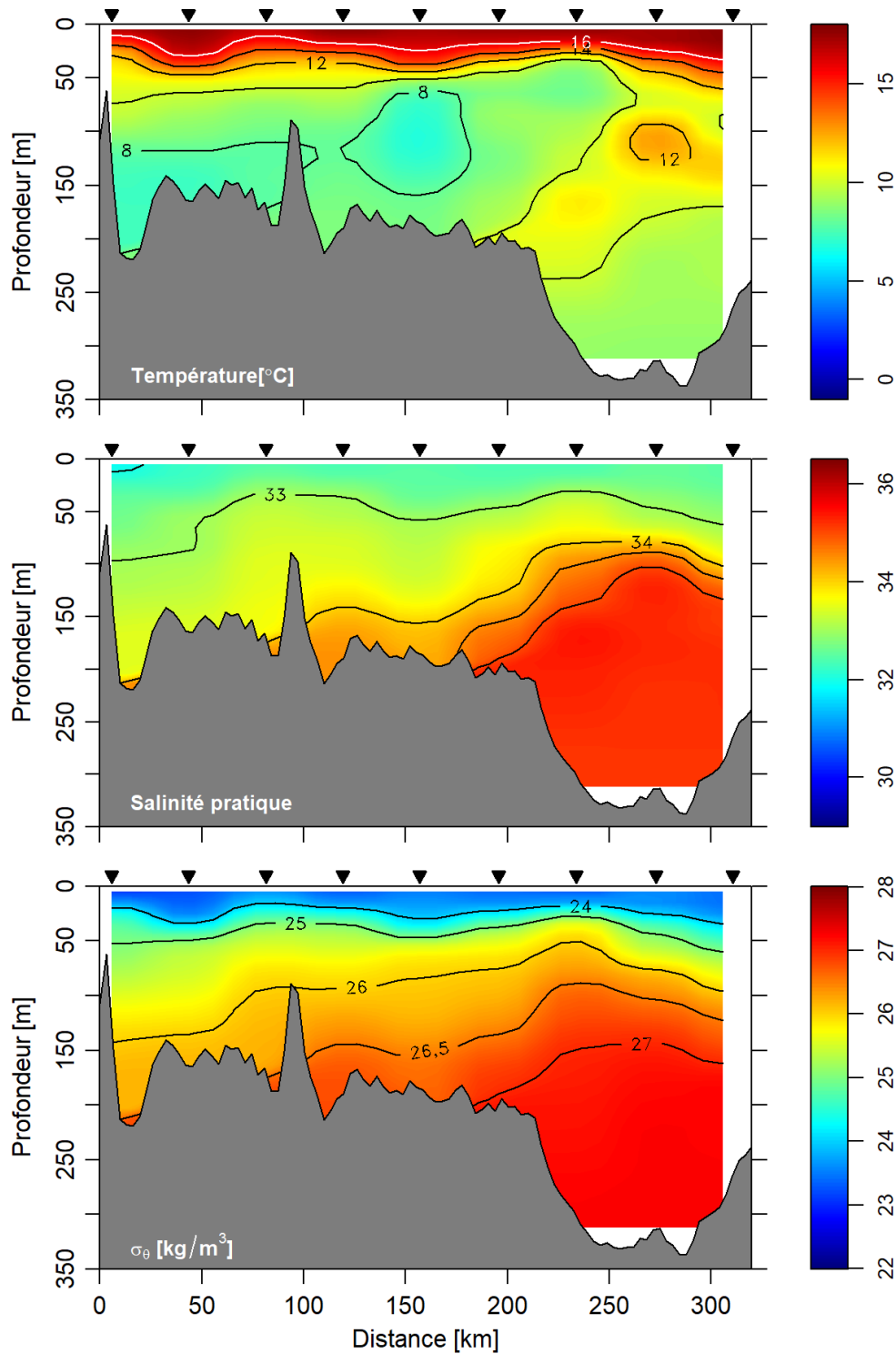


Figure A11. Échantillonnage réalisé en automne 2021 dans la section de Portsmouth par le PMZA des Maritimes. Température (panneau du haut), salinité (panneau central) et densité (panneau du bas). Les anomalies n'ont pas pu être calculées en raison de l'absence de climatologie pour la période 1991-2020. Les triangles indiquent les sites d'échantillonnage.