



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 2022/040

Région de Terre-Neuve et Labrador

**Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-
Neuve-et-Labrador en 2021**

F. Cyr, S. Snook, C. Bishop, P.S. Galbraith, N. Chen, and G. Han

Directions des sciences
Pêches et Océans Canada
PO Box 5667
St. John's, Terre-Neuve-et-Labrador, Canada A1C 5X1

Avant-propos

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

Publié par:

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

[http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2022
ISSN 2292-4272
ISBN 978--0-660-43822-1 N° cat. Fs70-5/2022-040F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

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.

Also available in English :

Cyr, F., Snook, S., Bishop, C., Galbraith, P.S., Chen, N., and Han, G. 2022. *Physical Oceanographic Conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2021*. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2022/040. iv + 48 p.

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION	1
CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES	3
CONDITIONS DE GLACE DE MER	7
ICEBERGS	15
TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA MER	16
CONDITIONS OCÉANIQUES SUR LES PLATEAUX DE TERRE-NEUVE ET LABRADOR	18
OBSERVATIONS À LONG TERME À LA STATION 27	18
SECTION HYDROGRAPHIQUES STANDARDISÉES	27
Température et salinité	28
Variabilité de la couche intermédiaire froide	32
OBSERVATIONS AU FOND DANS LES SOUS-DIVISIONS DE L'OPANO.....	34
Conditions printanière	35
Conditions automnales.....	39
Sommaire des temperatures au fond.....	42
TRANSPORT DU COURANT DU LABRADOR.....	43
SOMMAIRE	46
FAITS SAILLANTS POUR 2021	49
REMERCIEMENTS	49
RÉFÉRENCES CITÉES	50

RÉSUMÉ

Un sommaire des conditions océanographiques physiques pour la région de Terre-Neuve et Labrador (TNL) en 2021 est présenté dans le cadre du Programme de Monitoring de la Zone Atlantique (PMZA). L'Oscillation Nord-Atlantique (ONA), un indicateur clé pour la direction et l'intensité des champs de vents hivernaux au-dessus de l'Atlantique nord-ouest, était négatif après 7 années consécutives au-dessus de la normale (indicatif de conditions froides), incluant un record en 2015. La grande majorité des indices environnementaux présentés dans ce rapport étaient au-dessus de la normale (définies comme la moyenne sur la période climatologique 1991–2020). La moyenne annuelle de la température de l'air à 5 sites autour de l'océan atlantique était au-dessus de la normale, incluant un record à Bonavista. Lorsque la période hivernale seulement est considérée, des records chauds ont été établis à Iqaluit, Bonavista et Saint-Jean-de-Terre-Neuve. Le deuxième hiver le plus chaud a également été enregistré à Cartwright. Le volume de glace de mer et la durée de la saison de glace sur le plateau de Terre-Neuve et Labrador a atteint son troisième plus bas niveau de sévérité (après 2010 et 2011) depuis le début de la série temporelle en 1969. Seulement un iceberg a ont dérivé au sud de 48°N. Les températures de surface de la mer autour de l'océan Atlantique nord-ouest ont été près de la normale sur l'ensemble de la période de l'année sans glace de mer. Les observations durant les missions hydrographiques estivales du PMZA ont montré que la surface de la couche intermédiaire froide (CIF; définie par des températures <0°C) le long des sections Seal Island, Bonavista et du Bonnet Flamand était à son troisième plus bas niveau jamais enregistré après 1966 et 1965. Ceci contraste avec la période 2014–17 durant laquelle la surface de la CIF était au-dessus de la normale (conditions froides). Les températures de fond moyennées spatialement pour les divisions de l'OPANO 3Ps (printemps) et 2J3K (automne) étaient à leur deuxième niveau le plus chaud jamais enregistré depuis 1980. Ceci inclus un record pour 3Ps. Le transport le long du talus néo-écossais est demeuré sous la normale pour une huitième année consécutive à -1,4 É-T. L'indice du climat de l'Atlantique nord-ouest a atteint un record en 2021 (à égalité avec 2010 et 1966).

INTRODUCTION

Le présent document donne un aperçu de l'environnement océanographique physique en 2021 pour la région de Terre-Neuve-et-Labrador (TNL) (Figure 1). Il complète des études semblables sur les conditions environnementales dans le golfe du Saint-Laurent et le plateau Néo-écossais et le golfe du Maine, préparée dans le cadre du Programme de monitoring de la zone atlantique (PMZA; Therriault *et al.* 1998; Galbraith *et al.* in prep¹; Hebert *et al.* in prep²). Un aperçu des conditions océanographiques physiques pour 2019 a été présenté dans Cyr *et al.* (2021), alors que la conditions pour 2020 ont été présenté dans une publication académique revue par les pairs (Cyr and Galbraith 2021).

L'information présentée provient de différentes sources:

1. Observations faites à un site de monitoring au large de St. John's (TNL) (station 27) tout au long de l'année;
2. Mesures effectuées le long des sections standards de l'OPANO et du PMZA à partir des relevés océanographiques saisonniers (voir Figure 1);
3. Observations océanographiques effectuées lors des relevés d'évaluation des ressources halieutiques faits au printemps et à l'automne;
4. Température de surface (SST) par Galbraith *et al.* (2021). Celles-ci correspondent à un mélange de données provenant de Pathfinder version 5.3 (1982–2014), de l'Institut Maurice-Lamontagne (1985–2013) et de l'Institut d'Océanographie de Bedford (1997–2021);
5. Autres données historiques de sources variées (navires de passage, campagnes internationales, relevés d'autres régions du Pêches et Océans Canada [MPO], programme Argo, etc.);
6. Données du Service canadien des glaces, données météorologiques d'Environnement Canada et autres sources citées dans le texte.

Sauf si spécifié autrement, ces données sont disponibles via les archives du Service des données sur le milieu marin (SDMM) ou via les archives régionales du Centre des pêches de l'Atlantique Nord-ouest (CPANO) à St. John's (TNL).

Des séries chronologiques des anomalies de température, salinité et autres indices climatiques ont été construites à partir d'une période de référence standard de 1991 à 2020. La moyenne des conditions sur cette période est donc dite, « normale ». Des anomalies normalisées ont été obtenues en divisant les anomalies par l'écart-type de la série chronologique des données sur la même période de référence. Par exemple, une valeur de 2 montre que l'indice était supérieur de 2 écarts-types (ET) à sa moyenne à long terme. En règle générale, les anomalies se situant à $\pm 0,5$ ET ne sont pas considérées comme étant différentes de la moyenne à long terme.

Les valeurs normalisées des propriétés de l'eau et les indices climatiques présentés dans ce document sont codé dans des tables de pointages colorées de bleu à rouge avec des gradations de 0,5 ET (Figure 2). Les nuances de bleu représentent les conditions

¹ Galbraith, P.S., Chassé, J., Dumas, J., Shaw, J.-L., Caverhill, C., Lefavre, D. and Lafleur, C. En Préparation. Conditions océanographiques physiques dans le golfe du Saint-Laurent en 2021. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/034

² Hebert, D., Layton, C. and Brickman, D. En Préparation. Conditions océanographiques physiques sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine en 2021. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.

environnementales froides et/ou douces et les nuances de rouge, les conditions chaudes et/ou salées. Dans certains cas (Oscillation Nord-Atlantique, superficies ou volumes des glaces ou de la couche intermédiaire froide, par exemple), des anomalies négatives peuvent indiquer des conditions chaudes et sont donc colorées en rouge. La plupart des palettes de couleur utilisées dans ce rapport proviennent de la librairie *cmocean* (Thyng et al. 2016).

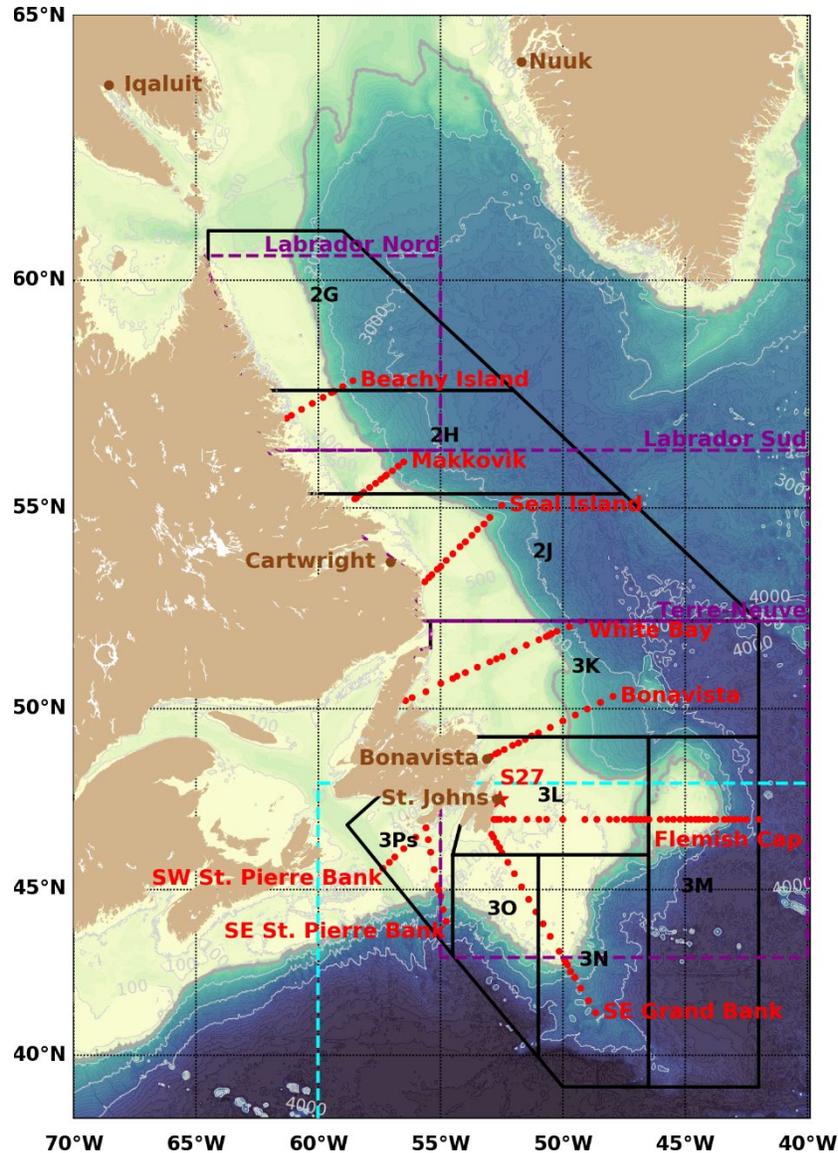


Figure 1 : Carte de l'Atlantique nord-ouest avec contours bathymétrique (lignes grises). Les divisions de l'OPANO (sous-aire 2 et 3) sur le plateau de TNL sont tracées en noir. Les sections hydrographiques standards du PMZA sont présentées avec des points rouges alors que la station 27 est représentée par une étoile rouge. Les stations utilisées pour la température de l'air sont en brun. Les trois régions utilisées pour le calcul de la glace de mer (Nord du Labrador, Sud du Labrador et Terre-Neuve) sont tracées avec des traits tiretés magenta. La région utilisée par la patrouille internationale des glaces (IIP) pour le suivi des icebergs au sud de 48°N est dessinée avec un trait tireté cyan. La limite du plateau continental est délimitée par un trait gris foncé qui correspond à l'isobathe 1000 m (utilisé pour délimiter le calcul de la température de surface de la mer et de la température de fond).

< -3.0	-2.9 to -2.5	-2.4 to -2.0	-1.9 to -1.5	-1.4 to -1.0	-0.9 to -0.5	-0.4 to 0.0	0.0 to 0.4	0.5 to 0.9	1.0 to 1.4	1.5 to 1.9	2.0 to 2.4	2.5 to 2.9	> 3.0

Figure 2 : Palette de couleur utilisée pour la présentation des anomalies standardisées. Les changements de couleur sont par incréments de 0,5 écart-type (É.T.) où le bleu représente des conditions sous la normale et le rouge au-dessus de la normale. Les valeurs entre $\pm 0,5$ É.T. sont laissées en blanc indiquant des conditions normales.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

L'Oscillation Nord-Atlantique (ONA; voir Figure 3 pour les tendances depuis 1951 et Figure 4 pour les valeurs depuis 1980) réfère aux anomalies des différences de pression atmosphérique au niveau de la mer entre la dépression d'Islande et de l'anticyclone des Açores. Plusieurs définitions de l'ONA existent et la définition utilisée ici est celle de la NOAA (National Center for Environmental Information of the National Oceanic and Atmospheric Administration) et disponible en [ligne](#). Ici, l'ONA hivernale est définie par la moyenne des mois de décembre, janvier et février, et est généralement une mesure de la force des vents de l'ouest / nord-ouest à TNL. Une ONA élevée (phase positive) résulte d'une intensification de la dépression d'Islande et de l'anticyclone des Açores. À quelques exceptions près, lorsque le patron des champs de pressions atmosphériques est déplacé (p.-ex. 1999, 2000 et 2018), un indice d'ONA positif favorise des vents forts du nord-ouest, des températures de l'air froides et des conditions de glace abondante sur les plateformes de TNL (Colbourne *et al.* 1994; Drinkwater 1996, Petrie *et al.* 2007). En 2021, l'indice ONA hivernal était légèrement négatif (-0,1; première ligne de la Figure 4) pour la première fois en 7 ans. Alors que cet indice a atteint son point le plus bas en 2010, toutes les entre 2012 et 2020 (à l'exception de 2013) étaient positives, incluant un record pour la plus haute valeur depuis 1950 à + 1,6 en 2015. Comme nous le verrons dans ce rapport, le retour à un indice de l'ONA négatif en 2021 a été accompagné par un hiver beaucoup plus doux qu'à l'habitude, ce qui a eu des conséquences importantes pour la région alors qu'un grand nombre d'indices analysées ici étaient au-dessus de la normale.

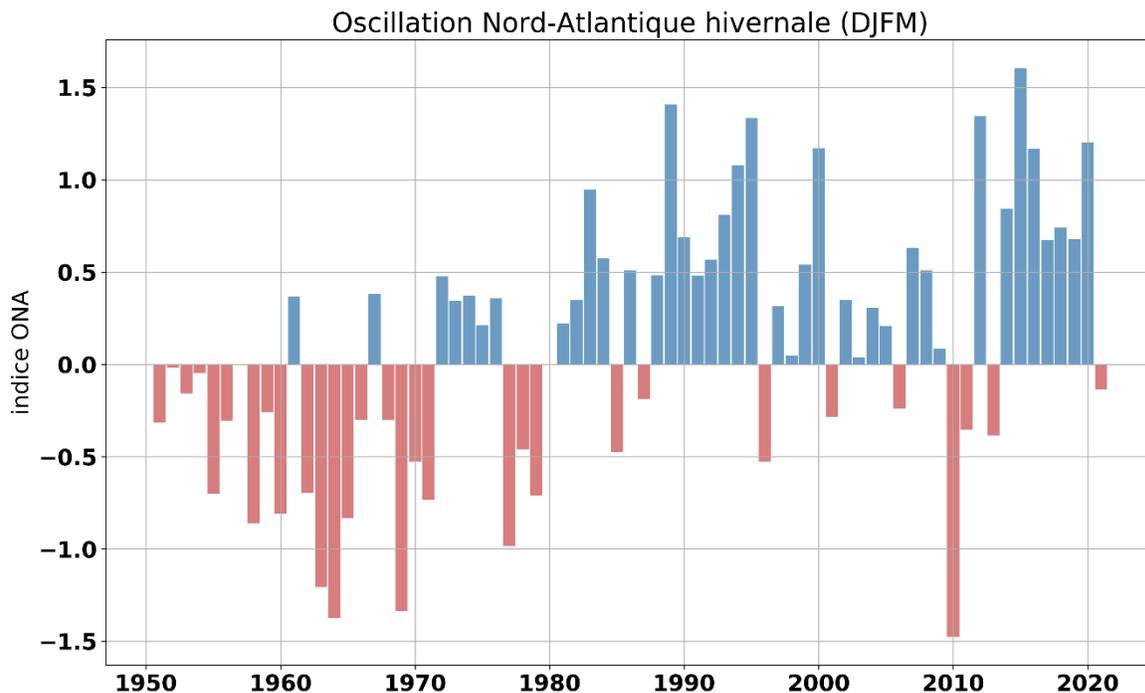
Un autre indice à grande échelle, mais intimement relié à l'OAN, est l'[Oscillation arctique](#) (OA). Dans les phases positives de l'OA, les vents arctiques soufflant sur l'Atlantique nord-ouest augmentent, déplaçant des masses d'air froides aux alentours de la région de TNL. Comme l'ONA, l'indice OA était légèrement négatif en 2021 à -0,1 (Figure 4), suggérant des températures plus chaudes que la normale au-dessus de la région. Au cours des dernières années, l'OA était à son plus haut depuis 1990 en 2015 à +1.6, alors qu'un record bas a été atteint en 2010 à -1.5 (températures chaudes).

Les valeurs annuelles de l'[Oscillation multidécennale atlantique](#) (OMA) sont également présentées à la Figure 4. Cet indice, qui est basée sur la température de surface de l'océan Atlantique, évolue sur un cycle de 65 à 80 ans qui a des conséquences sur la circulation océanique en Atlantique Nord et sur le climat régional (e.g. Kerr, 2000). L'OMA est dans une phase positive depuis la fin des années 1990.

Les anomalies de la température de l'air (valeurs hivernales et annuelles) à cinq endroits de l'Atlantique nord-ouest (Nuuk, Groenland; Iqaluit, île de Baffin; Cartwright, Labrador; Bonavista et St. John's, Terre-Neuve; voir carte Figure 1) sont montrées à la Figure 4 en termes de valeurs normalisées et à la Figure 5 et à la Figure 6 respectivement en termes d'anomalies cumulées mensuelles et annuelles. À l'exception de Nuuk, pour laquelle les données proviennent du Danish Meteorological Institute, la température de l'air pour les sites canadiens proviennent de la deuxième génération des Données climatiques canadiennes ajustées et homogénéisées (DCCA), qui tient compte des changements d'emplacement des stations et des changements dans les méthodes d'observation (Vincent *et al.* 2012). Puisque la mise-à-jour

du produit DCAH n'incluait pas 2021 au moment de préparer ce rapport, les données historique [Sommaires mensuels du climat](#) du gouvernement du Canada ont été utilisé pour cette année.

De façon générale, les températures de l'air étaient au-dessus de la normale pour tous les sites en 2021 (Figure 4). Les températures étaient particulièrement chaudes durant l'hiver pour les sites canadiens au Nord. Par exemple les températures à Iqaluit étaient respectivement 7.8°C et 7.2°C au-dessus de la normale en janvier et février, ainsi que 6.4°C et 5.0°C au-dessus de la normale à Cartwright pour les mêmes mois (Figure 6). Durant l'hiver, les températures à Nuuk était 0,9 É.T. au-dessus de la normale, alors qu'elles étaient de 2,0 à 2,4 É.T. au-dessus de la normale pour les quatre sites canadiens (Figure 4). À noter que des nouveaux records ont été établis durant l'hiver à Iqaluit, Bonavista and Saint-Jean-de-Terre-Neuve (à égalité avec 2011). Pour Cartwright, 2021 a été le deuxième hiver le plus chaud après 2010. Pour le reste de l'année, les températures étaient généralement chaudes, mais plus près de la normale, à l'exception de juillet pour Saint-Jean alors qu'elles étaient froides à -0,1 É.T. (Figure 6). En moyenne sur l'année les températures de l'air étaient au-dessus de la normale pour les 5 sites (Figure 4, rangée du bas), faisant de 2021 la deuxième année la plus chaude en moyenne après 1950 avec +1,3 É.T. (Figure 6). 2010 avait été l'année la plus chaude avec +2,1 É.T.



source données: www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/

Figure 3 : L'oscillation nord-atlantique hivernale (ONA) est issue de la moyenne des mois de décembre à mars depuis 1951 (ce qui correspond à la moyenne de décembre 1950, et janvier-mars 1951). La définition de l'ONA utilisée ici est celle de la NOAA. Cet indice est utilisé pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 40).

		-- Indices climatiques --																				x	ET																					
		80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
ONA _{hiver}	0.0	0.2	0.3	0.9	0.6	-0.5	0.5	-0.2	0.5	1.4	0.7	0.5	0.6	0.8	1.1	1.3	-0.5	0.3	0.0	0.5	1.2	-0.3	0.4	0.0	0.3	0.2	-0.2	0.6	0.5	0.1	-1.5	-0.4	1.3	-0.4	0.8	1.6	1.2	0.7	0.7	0.7	1.2	-0.1		
OA	-0.6	-0.4	0.3	0.0	-0.2	-0.5	0.1	-0.5	0.0	1.0	1.0	0.2	0.4	0.1	0.5	-0.3	-0.5	0.0	-0.3	0.1	0.0	-0.2	0.1	0.2	-0.2	-0.4	0.1	0.3	0.2	-0.3	-1.0	0.5	-0.2	0.0	-0.1	0.6	-0.1	0.3	0.2	-0.1	0.8	-0.1		
OMA	0.0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.0	0.1	0.3	0.2		
		-- Temperature hivernale de l'air --																																										
Nuuk	0.8	0.2	0.0	-3.0	-3.6	0.4	2.2	-0.4	0.4	-1.4	-0.6	-1.1	-1.4	-2.5	-0.7	-1.3	0.4	0.1	-0.1	-0.3	0.1	0.2	0.1	0.9	1.3	0.3	0.6	1.0	-1.5	0.6	2.3	1.3	-0.1	0.5	0.1	-1.0	0.1	0.1	-0.5	1.1	-0.5	0.9	-7.2	2.2
Iqaluit	0.4	0.8	0.9	-2.3	-2.0	0.6	1.7	-1.3	-0.4	-1.7	-1.1	-1.7	-0.9	-2.1	-0.8	-0.2	0.2	0.1	-1.9	-0.3	0.2	0.4	-0.2	0.3	0.8	-0.6	0.4	1.1	-1.0	-0.1	2.2	2.1	0.6	0.6	0.5	-1.2	0.2	0.4	0.1	0.6	0.3	2.4	-23.9	3.0
Cartwright	0.4	0.8	0.1	-1.3	-1.0	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-1.3	-1.3	-1.4	-1.6	-1.5	-1.1	-0.8	0.4	0.1	0.7	0.3	0.2	-0.1	0.3	0.1	1.6	-0.1	0.6	0.8	-0.9	0.1	2.7	2.0	0.0	0.8	-0.8	-1.2	0.3	-0.2	0.2	-0.3	-0.9	2.2	12.0	2.6
Bonavista	-0.3	0.6	-0.2	-0.3	-0.4	-1.0	-0.5	-0.9	-0.2	-1.5	-2.4	-1.5	-1.8	-2.1	-1.7	-1.0	0.4	-0.2	0.1	0.8	1.0	-0.3	0.1	-0.9	0.9	0.4	1.5	0.2	-0.5	0.4	1.0	1.9	0.8	0.6	-1.2	0.1	0.6	0.0	1.1	-0.7	0.0	2.0	-3.2	1.3
StJohns	-0.6	0.6	-0.4	0.6	0.4	-0.8	-0.3	-1.3	-0.4	-1.7	-2.4	-1.3	-1.9	-1.9	-1.5	-1.0	0.1	-0.1	-0.1	1.1	1.2	-0.8	0.0	-1.0	0.7	0.5	1.4	-0.1	-0.4	0.9	0.9	2.0	0.7	0.4	-1.0	0.5	0.6	-0.1	1.2	-0.8	0.0	2.0	-3.0	1.2
		-- Temperature annuelle de l'air --																																										
Nuuk	0.4	-0.2	-1.6	-2.4	-2.7	1.0	-0.2	-0.4	0.0	-1.7	-1.2	-0.7	-2.0	-2.2	-1.1	-0.6	0.1	-0.2	0.0	-0.3	0.1	0.5	-0.1	1.1	0.4	1.0	0.6	0.4	-0.1	0.3	2.8	-0.6	0.9	0.5	0.1	-1.5	1.0	0.2	-0.9	1.0	-0.6	0.8	-1.0	1.3
Iqaluit	0.4	1.2	-1.3	-2.1	-1.6	0.9	-1.1	-1.2	-0.4	-1.6	-1.7	-0.9	-2.3	-2.3	-0.7	0.3	0.3	0.6	-0.2	-0.5	0.2	0.4	-0.5	0.6	-0.2	0.7	1.3	-0.1	-0.4	0.2	2.9	0.3	0.4	0.0	0.2	-1.7	0.1	0.5	-0.6	0.9	0.5	1.5	-8.3	1.5
Cartwright	-0.2	0.9	-1.3	-0.6	-1.1	-0.7	-1.0	0.3	-0.4	-0.6	-1.2	-1.5	-1.3	-1.3	-0.6	-0.5	0.3	-0.4	0.5	0.8	0.4	0.5	-0.4	0.3	0.9	0.7	1.5	0.0	0.0	0.3	2.2	0.5	1.1	0.4	-0.1	-3.0	-0.4	0.1	-0.2	-1.1	0.4	1.5	0.2	1.4
Bonavista	-1.1	0.6	-1.0	0.1	-0.4	-1.3	-0.9	-0.3	0.2	-0.2	-0.7	-1.7	-1.7	-1.6	-0.6	-0.7	0.5	-0.9	0.6	0.5	0.9	0.5	-0.2	0.2	0.7	0.8	1.2	0.6	0.4	0.2	1.3	-1.6	1.4	0.7	-0.1	-0.7	0.3	0.9	-2.1	-0.5	0.9	1.6	5.0	1.0
StJohns	-1.6	0.8	-1.3	0.3	0.1	-2.0	-1.3	-0.9	-0.1	-0.9	-0.8	-1.8	-2.2	-1.8	-0.7	-1.0	0.1	-1.4	0.4	1.8	0.8	0.1	-0.7	0.1	0.3	0.5	1.4	-0.4	0.6	0.7	1.3	0.1	1.5	0.7	0.1	-1.0	0.2	0.1	0.2	-0.7	0.8	1.1	5.5	0.8

Figure 4 : Indices climatiques à grande-échelle (Oscillation nord-atlantique, Oscillation arctique et l'Oscillation multidécennale atlantique) et anomalies normalisées des températures de l'air (hiver et annuel) pour cinq villes entre 1980 et 2021. Les moyennes et écarts-types climatologiques (1991–2020) sont présentées dans les deux dernières colonnes (en °C). Aucune moyenne ou É.T. n'est fournie pour les indices à grande-échelle (boîtes ombragées).

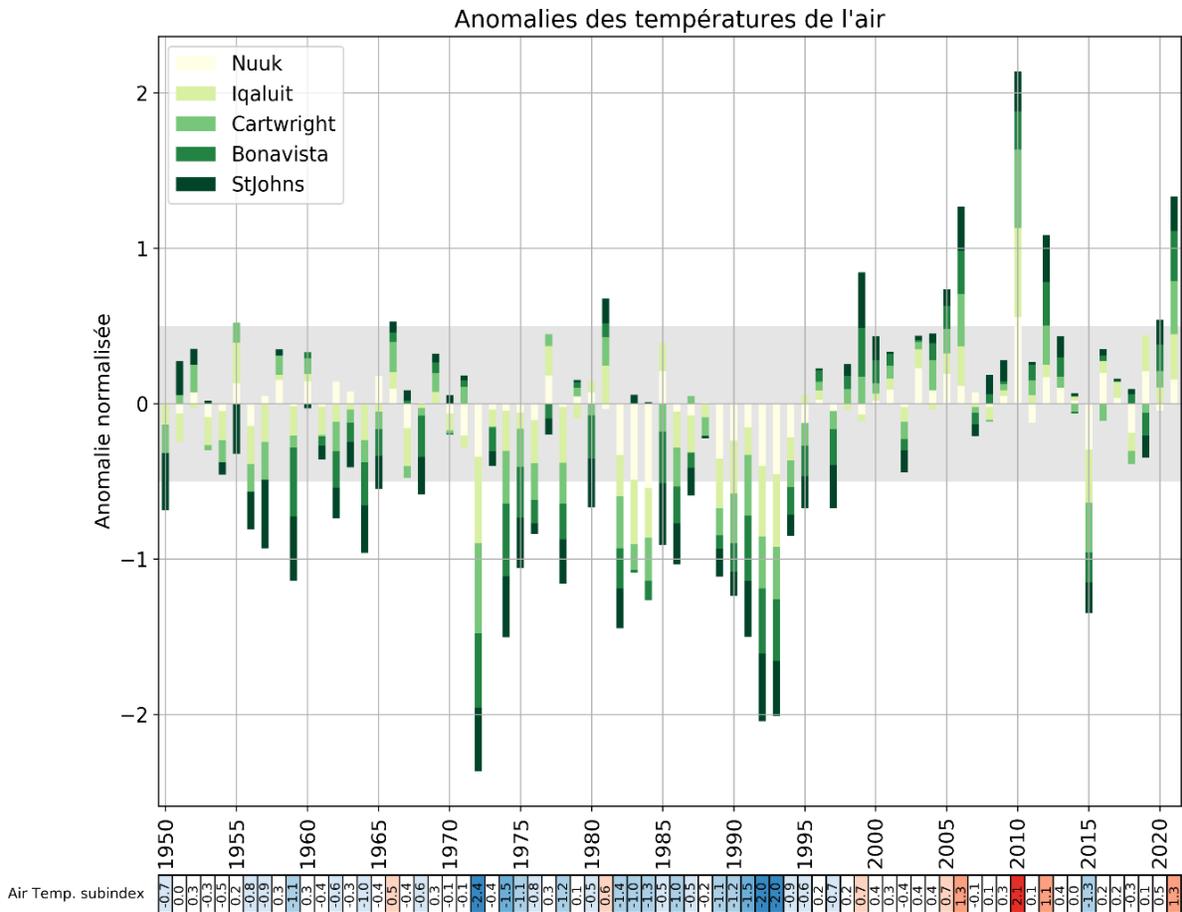


Figure 5 : Anomalies annuelles normalisées des températures de l'air à Nuuk, Iqaluit, Cartwright, Bonavista et St. John's. Cette figure montre la moyenne des 5 stations, pour laquelle la longueur de chaque barre de couleur correspond à la contribution relative de chaque site à la moyenne. La portion ombragée correspond à la moyenne 1991–2020 $\pm 0,5$ É.T. La valeurs moyennes pour chaque années sont rapportées dans un tableau au bas de la figure codé avec des tons de couleurs correspondant à l'anomalie. Celles-ci sont utilisées pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 40).

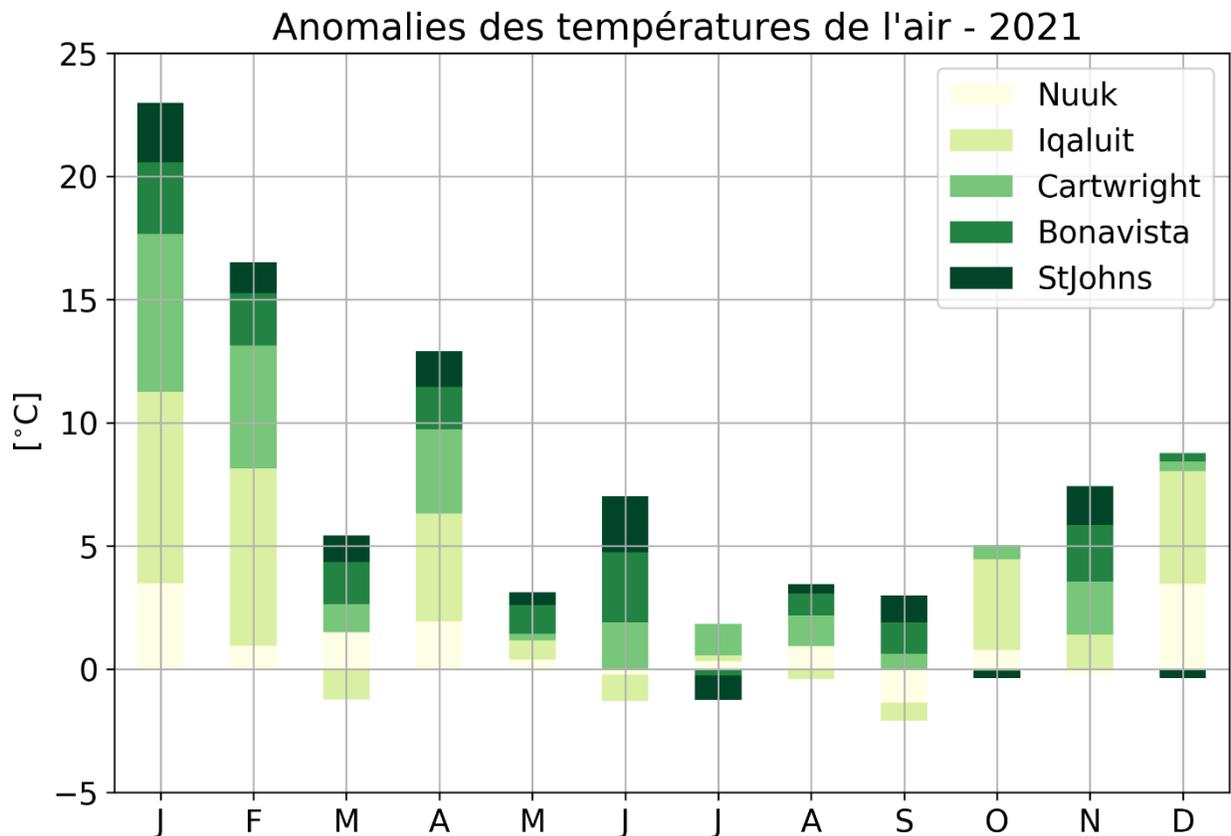


Figure 6 : Anomalies mensuelles cumulatives des températures de l'air à Nuuk, Iqaluit, Cartwright, Bonavista et St. John's pour 2021.

CONDITIONS DE GLACE DE MER

La surface, le volume et la durée de la saison des glaces de mer sont estimés à partir de produits sur le couvert de glace obtenus du Service canadien des glaces (SCG) que nous avons convertis sur une grille pour analyse. Ces produits consistent en un système d'information géographique (SIG) couvrant la côte est et le système de la baie d'Hudson, ce dernier couvrant le nord du plateau du Labrador. La région de la côte est couverte par des cartes hebdomadaires disponibles pour 1969–2021 et des cartes quotidiennes pour 2009–21, tandis que seules des cartes hebdomadaires sont disponibles pour le système de la baie d'Hudson et ce pour la période 1980–2021. Les cartes ont par la suite été transposées sur une grille à intervalles de latitude de 0,01 ° et de longitude de 0,015 ° (résolution de 1 km environ), pour laquelle la concentration et le type de glace sont attribués à chaque point de grille. Les épaisseurs moyennes (et donc les volumes par région) ont été estimés à partir de l'épaisseur standard attribuée à chaque stage de croissance de la glace : glace nouvelle (5 cm), nilas (5 cm), glace grise (12,5 cm), glace grise-blanche (22,5 cm), glace mince de première année (50 cm), glace moyenne de première année (95 cm) et glace épaisse de première année (160 cm). Avant 1983, le SCG rapportait seulement une catégorie de glace de première année avec une épaisseur moyenne de 65 cm. Basés sur les corrélations entre les maximums saisonniers de l'épaisseur et le volume de glace pré- et post-1983, nous avons trouvé que cette valeur sous-estimait l'épaisseur et le volume de glace saisonnier. Issus de cette corrélation, nous avons donc utilisé une épaisseur de 95 cm pour l'épaisseur de la catégorie de glace de première année pour TNL au lieu de 65 cm.

Plusieurs produits ont été calculés pour décrire la variabilité interannuelle du couvert de glace: des cartes indiquant la date de première et de dernière occurrence ainsi que la durée du couvert (Figure 7) et la carte de la répartition de l'épaisseur de la glace pendant la semaine où le volume était maximal (Figure 8). Ces deux figures combinent les informations des cartes de glace de la côte Est et des cartes du système de la baie d'Hudson, entraînant un léger saut dans les cartes climatologiques de première occurrence et de durée. Cela se produit parce qu'il manque souvent des semaines dans les cartes de la baie d'Hudson autour de la période de première occurrence sur le nord du plateau du Labrador. Par conséquent, les anomalies de ces deux paramètres ont plus d'incertitude que les autres. Un tableau des anomalies de première et dernière occurrence de glace, de la durée de la saison de glace ainsi que du volume maximal est présenté à la Figure 9 pour les plateaux du Labrador et de Terre-Neuve. Ici, les zones définies comme les plateaux nord et sud du Labrador et le plateau de Terre-Neuve sont représentées à la figure 8, avec le plateau de Terre-Neuve délimité avec le golfe du Saint-Laurent à l'extrémité est du détroit de Belle Isle. L'évolution du volume de glace au cours de la saison des 2021 est présentée à la Figure 10 pour les trois régions en relation avec la climatologie et les extrêmes historiques. La progression sur le plateau nord du Labrador est illustrée à l'aide de données hebdomadaires extraites des cartes de la baie d'Hudson, tandis que les autres sont illustrées à l'aide de données quotidiennes extraites des cartes de la côte est. Les séries temporelles du volume de glace maximal saisonnier, de la superficie maximale (à l'exclusion de la nouvelle glace mince) et de la durée de la saison des glaces sont présentées pour le nord (panneau du haut) et le sud (milieu) du plateau du Labrador et pour le plateau de Terre-Neuve (bas) à la Figure 11. L'anomalie de température de l'air de décembre à avril à Cartwright est la mieux corrélée avec les propriétés de la glace de mer et est incluse avec une échelle inversée dans le panneau du plateau de Terre-Neuve. Les durées indiquées dans la Figure 9 et la Figure 11 sont des produits différents. Le premier correspond au nombre de semaines où le volume de glace n'importe où dans la région a dépassé 5% du maximum climatologique, tandis que le second est la durée moyenne à chaque pixel de la Figure 7, qui est beaucoup plus courte que la première.

La glace de mer se forme typiquement en décembre le long de la côte du Labrador, mais n'atteint pas la limite sud de la région avant la fin février (Figure 7). La date de dernière occurrence de glace est généralement fin juin ou début juillet sur la côte du Labrador, ce qui se traduit généralement par une saison de 23 semaines ou plus. Il y a eu un déclin dans la sévérité du couvert de glace depuis le début des années 1990s, atteignant les valeurs minimales de la série temporelle en 2011 et 2010, suivie d'un rebond en 2014 (Figure 9 et Figure 11). Les différents paramètres de glace de mer (volume maximum annuel, couvert maximum annuel et durée de la saison) sont généralement bien corrélés les uns avec les autres ($r^2 = 0,70$ to $0,74$; Figure 11). La meilleure corrélation avec la température de l'air est toutefois entre décembre et mai à Cartwright et les paramètres de glace dans la région de Terre-Neuve ($r^2 = 0,64$ – $0,80$), ce qui suggère que la glace à Terre-Neuve est plutôt advectée du nord que formée localement (une forte présence de glace à Terre-Neuve est associée à des températures froides au Labrador). Il est donc possible d'évaluer la sensibilité du couvert de glace à Terre-Neuve en fonction des variations climatiques de la température de l'air à Cartwright. En utilisant les co-variations de ces séries temporelles entre 1969–2021, il est possible de projeter une diminution du couvert de glace de 14 km^3 , $26,000 \text{ km}^2$ et 8 jours dans la durée de la saison pour chaque augmentation de 1°C de la température de l'air hivernale.

En 2021, la couverture de glace de mer est apparue pour la première fois à une date près de la normale sur le plateau nord du Labrador et près des côtes du plateau sud du Labrador, plus tard que la normale de plusieurs semaines au large et sur les parties nord du plateau de Terre-Neuve, et n'est jamais apparue du tout sur parties plus au sud du plateau de Terre-Neuve (Figure 7). Cela a entraîné des dates de première occurrence régionales plus tardives que la

normale (Figure 9). La dernière occurrence a eu lieu beaucoup plus tôt que la normale partout (Figure 7 et Figure 9). Les volumes de glace de mer ont été inférieurs à la normale tout au long de la saison dans les trois régions (Figure 10), atteignant des nouveaux records faibles quotidiens de mai à début juin, de fin avril à mi-mai et de mi à fin avril respectivement dans les trois régions du nord au sud. Les volumes de glace maximaux saisonniers étaient inférieurs à la normale dans les trois régions, à 75 km³ (-1,0 ÉT), 59 km³ (-1,5 ÉT) et 18 km³ (-1,3 ÉT) (Figure 9), tandis que les moyennes saisonnières de décembre à juin étaient les deuxièmes plus faibles des séries temporelles (après 2011 pour les deux régions du plateau du Labrador et 2010). Les durées évaluées par un seuil de 5% (Figure 9) étaient inférieures à la normale à 165 jours (-1,1 ET) sur le plateau du nord du Labrador, 129 jours (-1,8 ET) sur la plateau sud du Labrador et 47 jours (-2,0 ET) sur le plateau de Terre-Neuve, tandis que les moyennes spatiales des durées étaient de 91 (-1,9 ET), 57 (-1,8 ET) et 9 jours (-1,8 ET), respectivement (Figure 7 et Figure 11). Un résumé des conditions de la glace de mer (volume et durée de la saison) pour T.-N.-L. depuis 1969 est présenté à la Figure 12 sous forme de moyenne des anomalies normalisées. En 2021, cet indice était inférieur à la normale à -1,5 ÉT et le troisième plus faible de la série temporelle après 2010 et 2011.

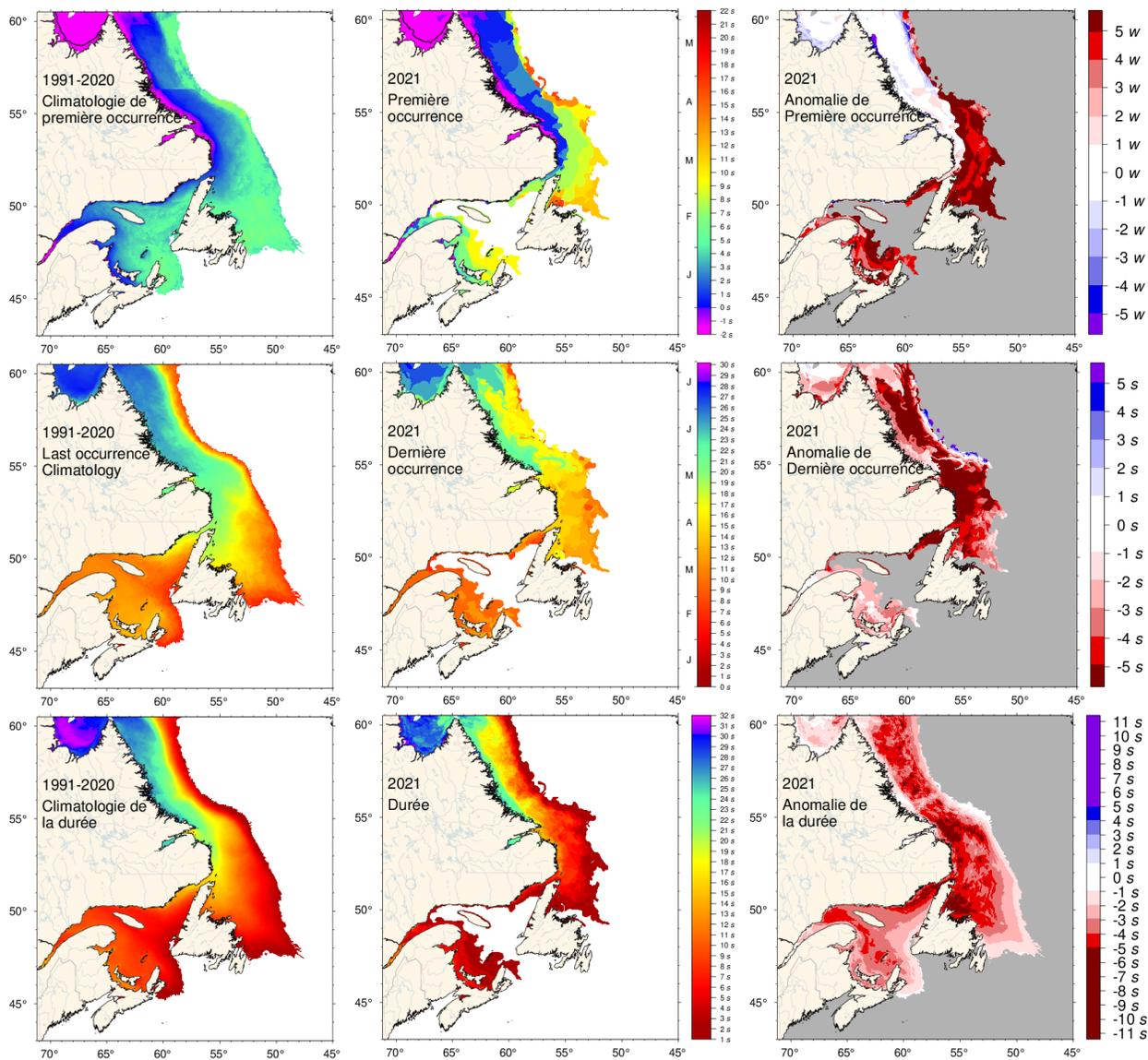


Figure 7 : Première apparition et dernière apparition de glace, et durée de la saison des glaces selon les données hebdomadaires. Les climatologies de 1991–2020 sont indiquées (gauche), de même que les valeurs de 2021 (milieu) et les anomalies (droite). La première apparition et la dernière occurrence sont définies comme la première carte et la dernière carte sur laquelle une quantité de glace est signalée pour chaque pixel et sont indiquées comme un jour de l'année. La durée des glaces est la somme du nombre de semaines où chaque pixel indique un couvert de glace. Les climatologies sont indiquées pour les pixels où la glace de mer est présente au moins 15 années sur 30 et par conséquent, indiquent aussi la zone pour laquelle il existe une probabilité de 50% que de la glace de mer soit présente à un moment donné durant l'année. La carte d'anomalie de la durée inclut des pixels où il n'y avait pas de glace, mais où la climatologie en indique.

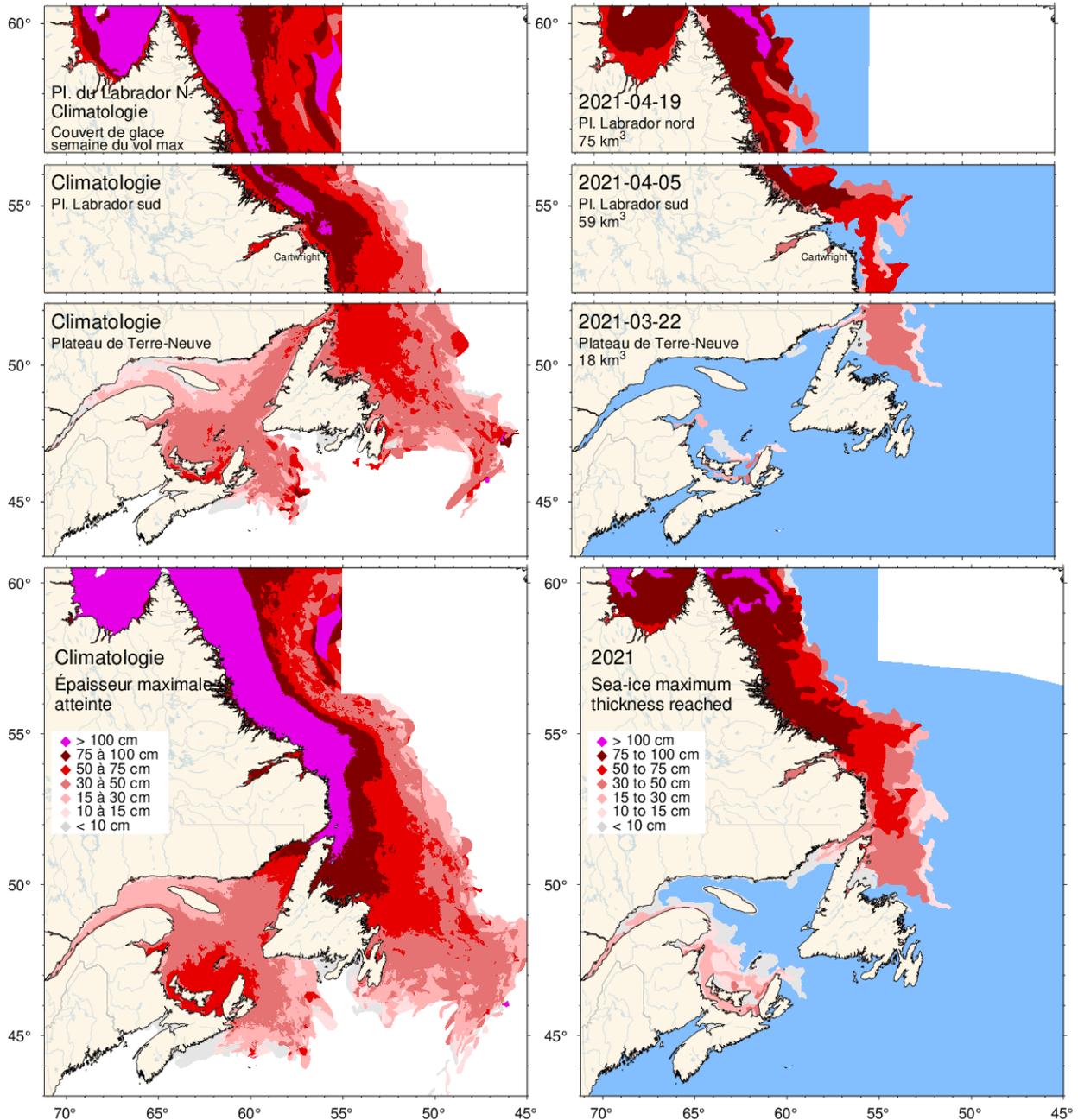


Figure 8 : Carte de glace de la semaine où il y avait le plus grand volume de glace en 2021 sur trois régions du Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador (trois panneaux supérieurs droits) et de même pour la climatologie de 1991–2020 du maximum hebdomadaire (gauche). Noter que ces cartes représentent la répartition de l'épaisseur de la glace pendant la semaine considérée et non le maximum observé à un emplacement donné pendant l'année. Cette information est donnée dans les panneaux inférieurs, qui illustrent la climatologie de 1991–2020 et la répartition en 2021 de la glace la plus épaisse enregistrée pendant la saison dans un emplacement quelconque.

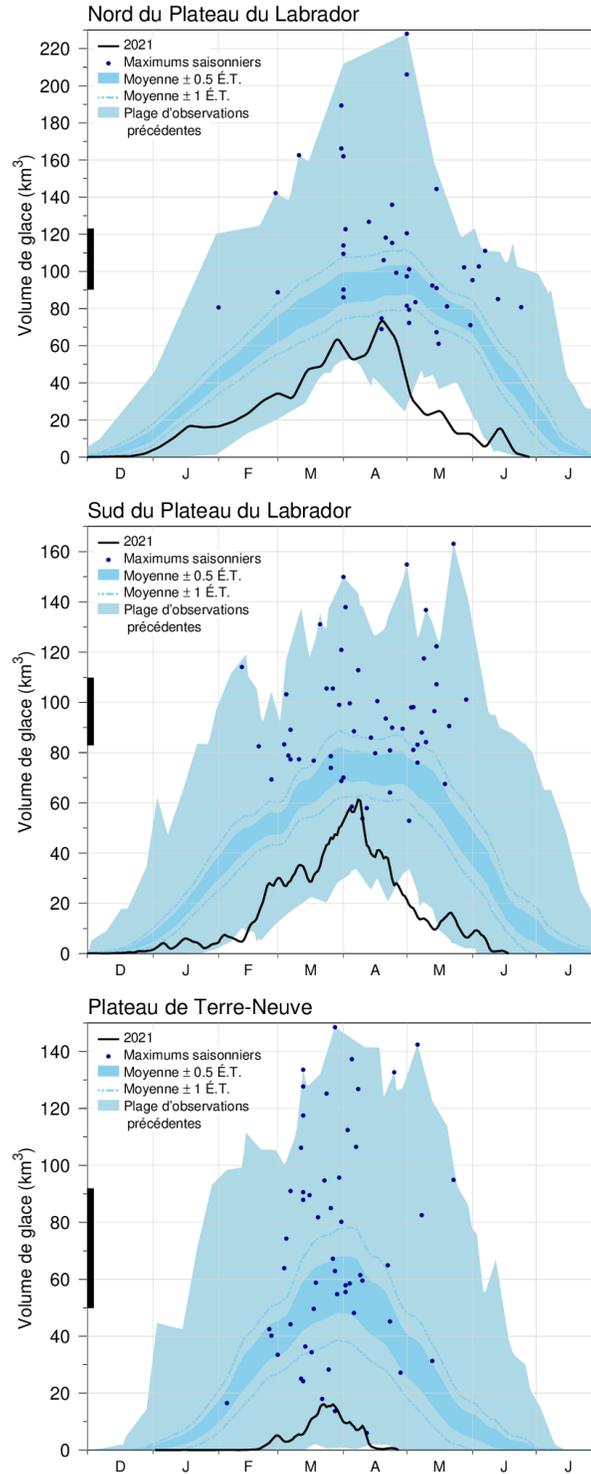


Figure 10 : Série chronologique du volume de glace quotidien moyen en 2020–21 pour le plateau du Labrador et le plateau de Terre-Neuve (trait noir), le volume moyen climatologique de 1991–2020 plus et moins $\pm 0,5$ et $\pm 1,0$ ÉT (zone en bleu foncé et ligne pointillée), les plages minimales et maximales des observations de 1969 à 2020 (bleu clair) ainsi que la date et le volume des maximums saisonniers de 1969 à 2021 (points bleus). La ligne noire épaisse sur la gauche indique le volume moyen plus et moins 0,5 ÉT du volume annuel maximal de glace, qui est supérieur au pic de la répartition du volume quotidien moyen de glace.

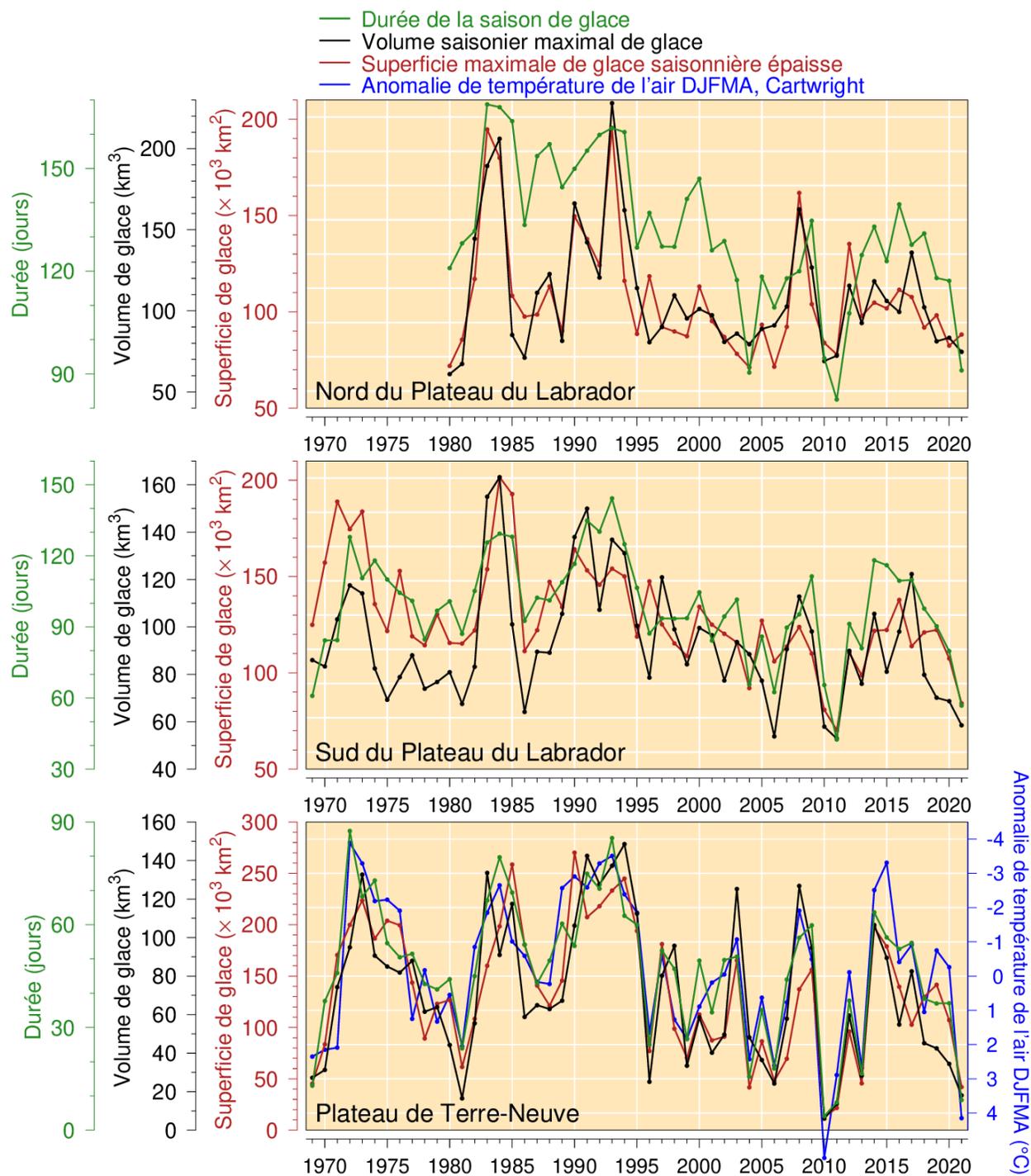


Figure 11 : Volume et superficie saisonniers maximaux de glace (excluant la glace mince de moins de 15 cm) et durée de la saison de glace pour les plateaux du Labrador (en haut et milieu) et Terre-Neuve (en bas). L'anomalie de la température de l'air à Cartwright entre décembre et avril est aussi montrée sur le panneau du bas en bleu.

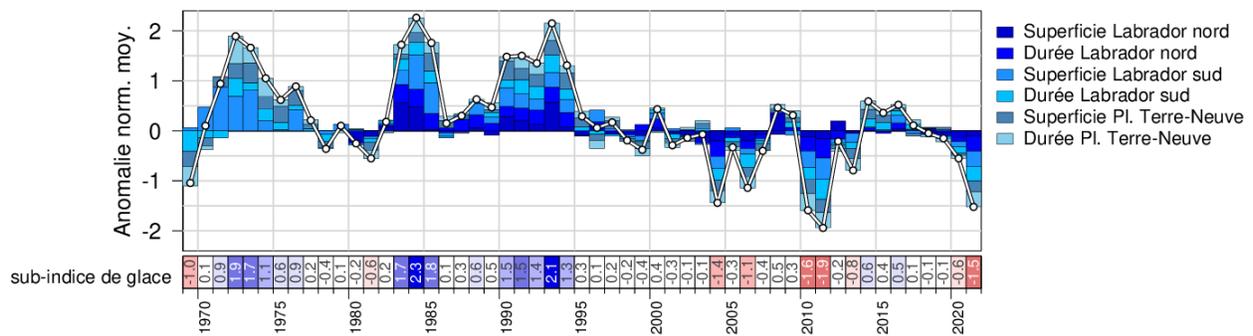


Figure 12 : Indice de glace de mer de Terre-Neuve-et-Labrador établi par la moyenne des anomalies normalisées de volume et de durée de la glace de mer pour les plateaux de Terre-Neuve-et-Labrador (séries chronologiques en noir et vert à la Figure 11). Cet indice de glace de mer contribue à l'indice climatique de T.-N.-L. décrit dans le résumé (Figure 40).

ICEBERGS

Selon la Patrouille internationale des glaces (IIP) de la Garde côtière des États-Unis, seulement 1 iceberg a dérivé au sud du 48°N sur le nord du Grand Banc en 2021, en février (impossible à discerner sur la Figure 13 et la Figure 14). Ce nombre est beaucoup plus bas que la moyenne climatologique (1991–2020) de 771. Certaines années ont aussi eu un aussi faible nombre d'icebergs depuis 1900. Par exemple, seulement un iceberg a également été observé en 2010, alors que deux ont été observés en 2011 et 13 en 2013. Il n'y a eu que deux années (1996 et 2006), sur toute la série chronologique de 120 ans, où aucune dérive d'icebergs au sud du 48°N n'a été signalée. Certaines années, pendant les périodes froides du début des années 1980 et 1990, plus de 1 500 icebergs ont été observés au sud du 48°N, incluant un record de 2202 en 1984, et un récent compte de 1515 en 2019. Les années où le nombre d'icebergs est faible sur les Grands Bancs correspondent généralement à des températures de l'air plus élevées que la normale, à des conditions de glace de mer plus faibles que la normale et à des températures océaniques plus chaudes que la normale sur la plateforme de Terre-Neuve. L'anomalie normalisée du nombre d'icebergs traversant 48°N (tableau coloré au bas de la Figure 13) correspond donc à un sous-indice de l'indice climatique présenté dans le sommaire.

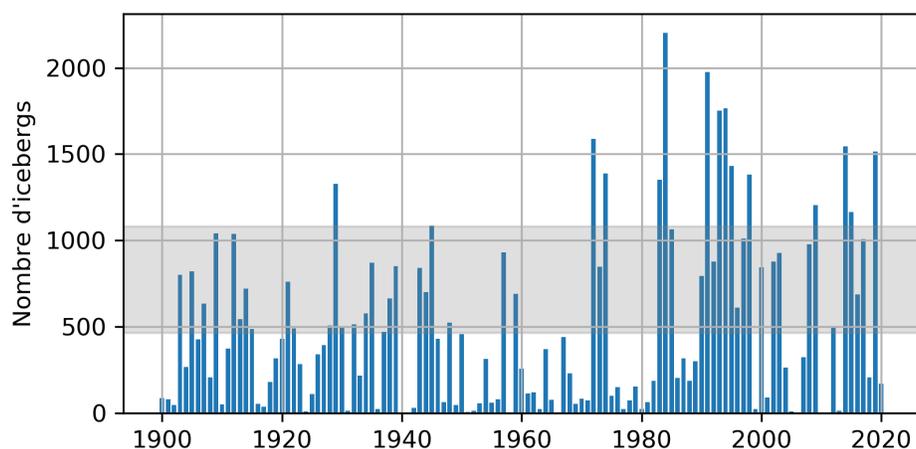


Figure 13 : Série temporelle du nombre d'icebergs traversant au sud de 48°N sur les grands bancs de Terre-Neuve. La partie ombragée correspond à la moyenne 1991–2020 avec $\pm 0,5$ É.T. Les données proviennent de International Ice Patrol (1995). L'anomalie standardisée de cette série temporelle (tableau coloré sous le panneau principal) est utilisé pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 40).

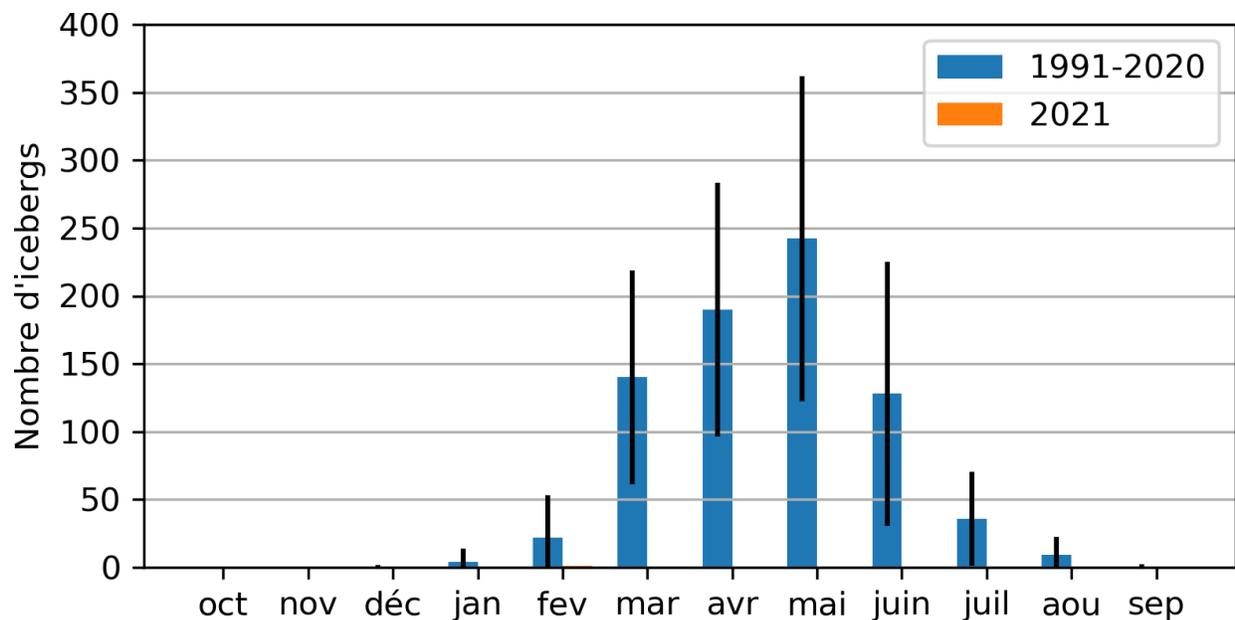


Figure 14 : Nombre d'icebergs traversant au sud de 48°N sur les grands bancs de Terre-Neuve pour chaque mois de l'année durant la saison des icebergs (octobre à septembre). La climatologie 1991–2020 est présentée en bleu (avec les traits verticaux noirs correspondant à $\pm 0,5$ É.T) et les données pour 2021 sont présentés en orange. Seulement un iceberg a été détecté en février (invisible sur cette figure). Les données proviennent de International Ice Patrol (1995).

TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA MER

Le produit de température surface (SST) utilisé est produit à l'aide de données par satellite de détection à radiomètre avancé à très haute résolution (AVHRR) provenant de Pathfinder version 5.3 (résolution de 4 km et couvrant 1982–2021), l'Institut Maurice-Lamontagne (résolution de 1,1 km et couvrant 1985–2013) et de l'Institut océanographique de Bedford (IOB, résolution de 1,5 km et couvrant 1997–2021). Des composites mensuels sont calculés à partir de la moyenne des anomalies quotidiennes disponibles auxquelles sont additionnés les composites climatologiques moyens. Consultez Galbraith *et al.* (2021) pour une description complète du traitement.

La Figure 15 montre l'évolution hebdomadaire des SST (lignes noires dans chaque panneau) par rapport à la climatologie 1991–2020 (tons bleus) pour les divisions OPANO 2GHJ3KLMNOP pour lesquelles les superficies de moyennage ont été restreintes au plateau continental (Figure 1). Les anomalies codées par couleur sont affichées sous chaque panneau sous forme de tableaux hebdomadaires, mensuels et saisonniers. Seules les mesures de SST pendant les périodes de l'année sans glace sont considérées, allant de juin à septembre sur le nord du plateau du Labrador (2H) jusqu'à mars à novembre sur la côte sud de Terre-Neuve (3P).

En 2021, les températures mensuelles moyennes étaient généralement normales à supérieures à la normale dans les endroits et périodes libres de glace de la zone, les seules anomalies mensuelles négatives ayant été atteintes dans les divisions 3LNO en octobre (Figure 15, tableaux du milieu au bas des panneaux). Notez que les températures étaient particulièrement élevées en septembre dans le nord du Labrador (Div. 2GH) et en octobre dans le sud de Terre-Neuve (Div. 3P), avec des records de séries pour le mois et la région (depuis 1981). En termes d'anomalies saisonnières, alors que 3LNO étaient tous normaux, toutes les autres divisions étaient au-dessus de la normale (Figure 15, tableau inférieur dans chaque panneau).

Les SST moyennes saisonnières au cours des mois sans glace étaient normales à supérieures à la normale dans toute la région du plateau de T.-N.-L. et en moyenne supérieures à la normale pour la deuxième année consécutive, à +0,7 et +0,8 ÉT en 2020 et 2021, respectivement (Figure 16, tableaux du bas). Avant cela, la dernière occurrence de SST supérieure à la normale dans la zone remonte à 2014, alors que le record froid de la série remonte à 1992 et 1991 (-2,0 ÉT -1,9 ÉT, respectivement).

Notez que la température de l'air s'est avérée être un bon indicateur de la température de surface de la mer. La tendance au réchauffement observée dans la température de l'air depuis les années 1870 d'environ 1°C par siècle devrait également s'être produite dans les températures des eaux de surface dans tout l'Est canadien (Galbraith et al. 2021).

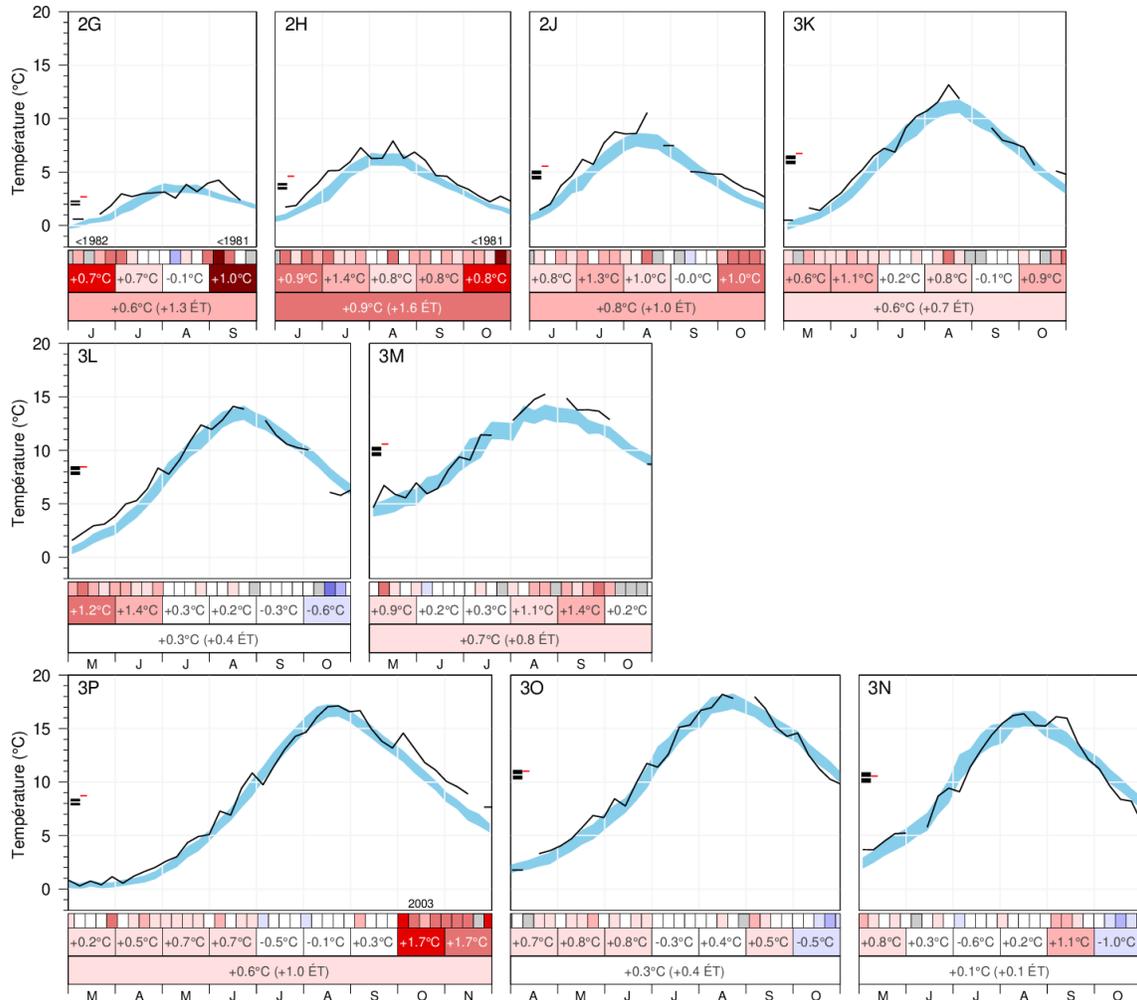


Figure 15 : Évolution hebdomadaire de la température de surface de la mer en 2021 pour les divisions OPANO 2GHJ3KLMNOP (lignes noires) pendant la saison sans glace (variable selon l'endroit). Les lignes discontinues indiquent que le seuil de 10% de bons pixels n'a pas été atteint au cours de ces semaines. La zone bleue représente la moyenne hebdomadaire climatologique de 1991 à 2020 $\pm 0,5$ ÉT. Des tableaux représentant les moyennes hebdomadaires, mensuelles et saisonnières (en °C) apparaissent au bas de chaque panneau (haut, milieu et bas, respectivement) et sont codés par couleur en fonction des anomalies normalisées. Les deux traits noirs le long de l'axe des ordonnées correspondent à la moyenne climatologique saisonnière $\pm 0,5$ ÉT, tandis que le trait rouge représente la moyenne saisonnière de 2021.

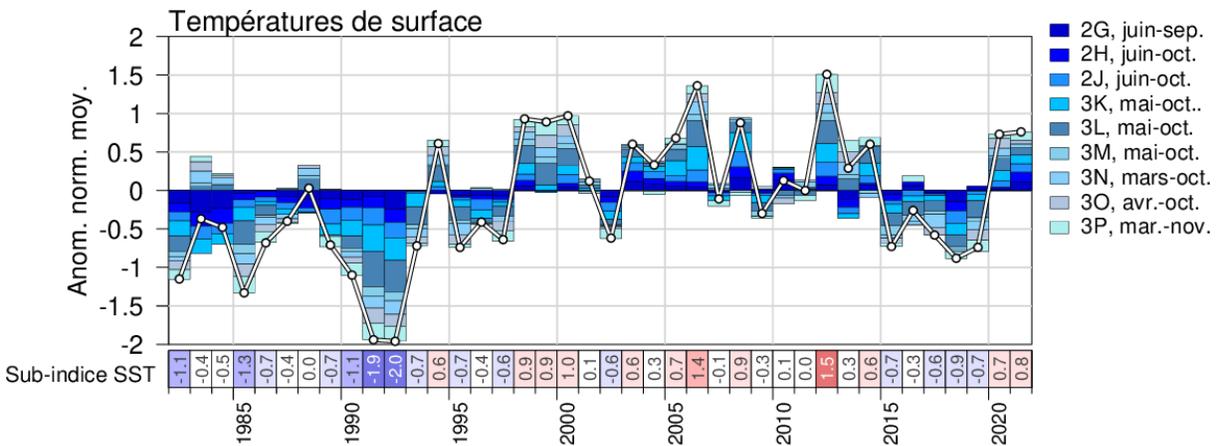


Figure 16 : Indice de SST de l'Atlantique nord-ouest construit à partir de la moyenne des anomalies saisonnières pour toutes les divisions de l'OPANO (lignes inférieures des panneaux de la Figure 15). Cet indice contribue à l'indice climatique de T.-N.-L. décrit dans le résumé (Figure 40).

CONDITIONS OCÉANIQUES SUR LES PLATEAUX DE TERRE-NEUVE ET LABRADOR

Cette section présente différents paramètres océaniques (monitorage à long-terme à la Station 27, section hydrographiques standards, conditions au fond de la mer, etc.).

OBSERVATIONS À LONG TERME À LA STATION 27

La Station 27 (47° 32,8' N, 52° 35,2' O), est située dans le chenal d'Avalon au large du Cap Spear, TNL (Figure 1). C'est l'un des sites d'échantillonnage océaniques actifs parmi les plus vieux au Canada avec une surveillance régulière (quasi-mensuelle) depuis 1948. En 2021, cette station n'a cependant été échantillonnée que 9 fois (23 avril, 29 juin, 19 juillet, 21 août, 25 septembre, 6 et 13 octobre, 22 novembre et 20 décembre), incluant 5 profils de température et salinité (CTD), ainsi que 4 CTD + échantillonnages biogéochimiques et 0 profils de température seulement (XBT). Puisque que la première observation de l'année a été effectuée vers la fin avril, 2021 participe à la perpétuation d'un problème récurrent depuis 2016, à savoir un début tardif de l'échantillonnage annuel à la Station 27. De tels débuts tardifs sont trop tard pour résoudre la re-stratification de la colonne d'eau qui arrive généralement au début avril et qui peut permettre de prédire l'arrivée de la floraison printanière du plancton.

Depuis 2017, une bouée de type *Viking* installée à la Station 27 procède au profilage automatique de la colonne d'eau et permet généralement une meilleure résolution temporelle des champs de température (T) et salinité (S). Malheureusement, le système a été déployé tard en 2021 (avril) et a arrêté de fonctionner au début juin. La bouée a ensuite été récupérée et redéployée, mais la CTD a par la suite souffert de problèmes de bruit électronique qui n'ont pas été corrigés au moment d'écrire ce rapport.

Les occupations de la station par navire et les profils automatiques de la bouée Viking ont été combinés afin d'obtenir l'évolution annuelle de la température et de la salinité à la Station 27, de même que leur anomalies par rapport à la moyenne 1991–2010 (Figure 17 and Figure 18). Ces figures montrent un réchauffement estival de la couche de surface (~20 m) culminant en août avant de disparaître par mélange à l'automne. La couche intermédiaire froide (CIF; Petrie et al. 1988), un reste de la couche de surface froide de l'hiver précédent qui est définie par des températures sous 0°C (contour noir à la Figure 17), est également évidente sous 100 m tout au long de l'été. Il est intéressant de noter que la portion la plus froide de la CIF (ton de bleu le plus

foncé dans le panneau du milieu de la Figure 17) est atteinte durant l'été entre la mi-juin et la mi-août, suggérant une origine advective des eaux froides en provenance du plateau du Labrador et de l'Arctique qui arrivent sur la plateau de Terre-Neuve à ce temps de l'année.

La couche de surface est habituellement plus fraîche entre le début septembre et la mi-octobre, avec des salinités <31 (Figure 18). Ces faibles salinités près de la surface entre le début de l'été et la fin de l'automne sont un signal typique sur le plateau terre-neuvien qui est causé en grande partie par la fonte des glaces près de la côte. La présence de larges volumes d'eau douce tard durant la saison estivale suggère également une origine advective des eaux en provenance des régions plus au nord (Labrador et l'Arctique).

Le refroidissement rapide de la colonne d'eau au-dessus de la CIF en octobre 2021 (ce qui s'apparente à des contours pratiquement verticaux dans le panneau du haut de la Figure 17) est le résultat d'une tempête qui a frappé Saint-Jean dans la nuit du 8 au 9 octobre, c'est-à-dire entre les occupations du 6 et du 13 octobre à la Station 27. Cette tempête a causé un mélange rapide de la colonne d'eau et un approfondissement de la CIF. Ceci s'est traduit par un refroidissement de la partie supérieure de la colonne d'eau et d'un réchauffement de la partie inférieure (voir le déplacement vertical rapide vers le bas de l'anomalie chaude entre septembre et octobre dans le panneau du bas de la Figure 17). Ceci est également accompagné d'un déplacement similaire d'une anomalie négative de salinité (Figure 18, panneau du bas).

De façon générale, la majorité de la colonne d'eau était plus chaude et moins salée que la normale en 2021 (Figure 17 et Figure 18, panneaux du haut et du bas). Dans son ensemble sur 2021, l'anomalie annuelle (définie comme la moyenne des anomalies mensuelles) de la température moyenne verticale (0–176 m) était à son plus chaud depuis le début de la série temporelle en 1951 (Figure 19, panneau du haut). Il est important de noter que bien que le fait que la Station 27 ait été moins bien échantillonnée en 2021 comparativement au passé apporte une certaine incertitude sur ce record, le fait que l'anomalie chaude est cohérente tout au long de l'année (Figure 18) ajoute de la confiance dans ce résultat. De plus, les températures chaudes à la Station 27 sont également attendues lorsque les hivers sont doux comme ce fut le cas en 2021 (voir sections sur les températures de l'air et sur la glace de mer).

L'anomalie annuelle de la moyenne verticale de la salinité était quant à elle à son deuxième niveau le plus bas depuis 1971 (après 2018). L'anomalie négative de salinité dans les années 1970 (Figure 19, panneau du bas) est communément appelé *la grande anomalie de salinité* en Atlantique nord (Dickson et al. 1988). Les anomalies normalisées de température et salinité pour toutes les années depuis 1980, et pour différentes plages de profondeurs (0–176 m, 0–50 m and 150–176 m) sont présentées dans un tableau coloré à la Figure 20.

Des statistiques estivales (mai-juin) de la CIF à la Station 27 depuis 1951 sont présentées à la Figure 21. Ici, la température moyenne de la CIF correspond à la moyenne de toutes les températures sous 0°C. L'épaisseur de la CIF, de même que sa profondeur sont également présentées à la Figure 21. Un fait notable avec cette figure ce sont les conditions anormalement chaudes et minces de la CIF entre le début des années 1960 et le milieu des années 1970. Ces anomalies sont toutefois accentuées par le fait que la période de référence (1991–2020) inclus une période relativement froide entre le milieu des années 1980 et 1990 (voir Figure 19). Après une période généralement chaude pour la CIF depuis le début des années 2010 (avec quelques-unes des années les plus chaudes depuis le milieu des années 1970), un refroidissement a eu lieu approximativement entre 2014 et 2017. Au cours des dernières années, la CIF était plus chaude que la normale en 2018, 2019 et 2021, alors qu'elle était normale en 2020. Les écarts-types des différents paramètres de la CIF sont rapportés à la Figure 20.

La profondeur de la couche de la couche de mélange (PCM) à la Station 27 a été estimée à partir des profils de densité et défini comme la profondeur du maximum de fréquence de flottabilité (N) calculée à partir des profils moyens de densité ($\rho[z]$):

$$N^2 = \frac{-g}{\rho_0} \frac{\Delta\rho(z)}{\Delta z},$$

où $g=9,8 \text{ ms}^{-2}$ est l'accélération gravitationnelle, z la profondeur et ρ_0 une densité de référence. Ici, N^2 a été calculé à partir de la librairie *Gibbs-SeaWater (GSW) Oceanographic Toolbox* (McDougall and Barker 2011).

Les valeurs mensuelles climatologiques, de même que les valeurs mensuelles pour 2021, sont présentées à la Figure 22. Le cycle annuel climatologique montre une diminution graduelle de la PCM entre la fin de l'automne et l'été (plus épaisse en décembre-janvier et plus mince en juillet-août). Étant donné le faible nombre d'occupations à la Station 27 en 2021 (la plupart des valeurs mensuelles ne sont basées que sur une seule observation), il est difficile de tirer des conclusions solides de ces observations pour la PCM. De façon générale, la PCM était près de la normale en 2021, sauf en avril (peu profonde), en été (légèrement profonde) et en décembre (beaucoup plus profonde que la normale).

La Figure 23 montre les valeurs annuelles moyennes de la PCM (trait plein gris) ainsi que la moyenne mobile sur 5 ans (tirets noirs). De façon générale, Il y a une oscillation décennale de la PCM, incluant un approfondissement récent depuis le milieu des années 2000s. Une carte codée avec des couleurs contenant les anomalies annuelles et saisonnières de la PCM depuis 1980 est également fournie à la Figure 20.

La stratification est une caractéristique importante de la colonne d'eau qui influence, par exemple, le mélange vertical, le transfert de la chaleur solaire aux couches inférieures et les échanges verticaux de certains paramètres biogéochimiques. Le développement saisonnier de la stratification influence aussi la formation et l'évolution de la couche intermédiaire froide dans les régions du plateau continental du Canada atlantique, puisqu'elle isole les eaux profondes de la couche de surface chauffée de façon saisonnière.

L'indice de stratification à la Station 27 est calculé à partir de la différence de densité (ρ) entre 8 et 50 m pour chaque profil mensuel de densité (c.-à-d. $\Delta\rho/\Delta z$). Les anomalies annuelles sont ensuite calculées comme la moyenne des anomalies mensuelles. L'évolution de la stratification pour 2021, de même que pour le cycle climatologique sont présentées la Figure 24. La colonne d'eau est généralement très faiblement stratifiée entre décembre et avril, avant de rapidement augmenter lors de l'arrivée du printemps pour atteindre son maximum en août. Alors que la stratification était généralement près de la normale pour la majeure partie de 2021, il est intéressant de noter que la forte stratification en août a été suivie par une réduction rapide en septembre (Figure 24). Cette rapide dé-stratification de la colonne d'eau est vraisemblablement une conséquence de l'ouragan Harry qui a frappé Terre-Neuve entre le 10 et 11 septembre 2021, causant des vents forts et des rafales à plus de 145 km/h à l'aéroport de Saint-Jean.

L'évolution interannuelle de la stratification à la Station 27 depuis 1950 est présentée à la Figure 25. Bien qu'une forte modulation décennale soit observée, une augmentation de la stratification est visible entre les années 1950 et les années 2000, cette augmentation est suivie par une légère diminution de la stratification par la suite. En 2021, la moyenne annuelle de la stratification était sous la normale. Les anomalies annuelles normalisées depuis 1980 de toutes les variables discutées dans cette section sont répertoriées à la Figure 20 sous les formes d'une carte de pointage.

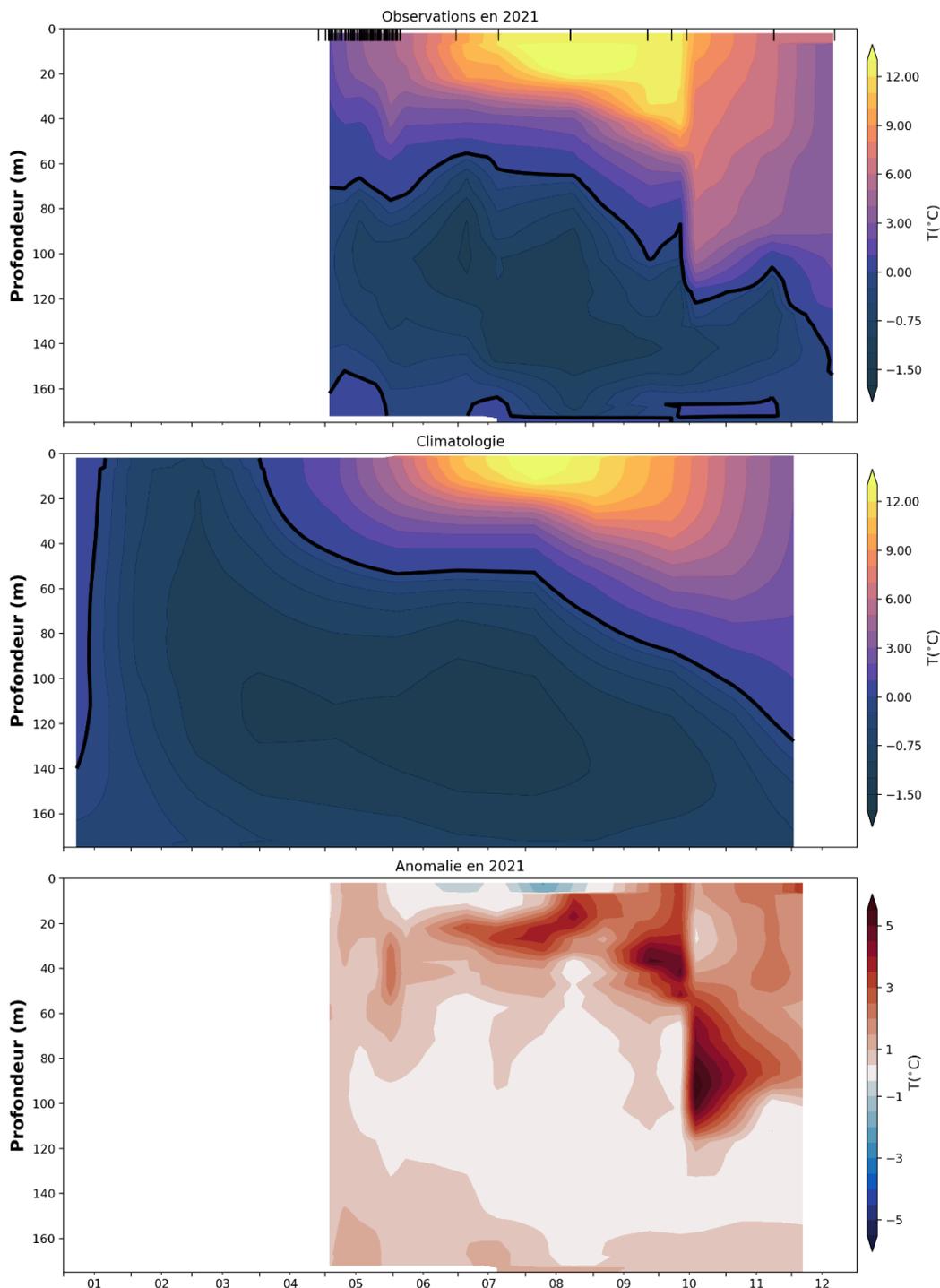


Figure 17 : Évolution annuelle de la température à la Station 27. Le champ pour 2021 (haut) est généré à partir des moyennes hebdomadaires de toutes les données disponibles, incluant les occupations de la station ainsi que les profils par la bouée Viking (chaque observation est annotée avec un trait noir en haut de la figure). Le contour noir délimite la couche intermédiaire froide, CIF, définie par des températures inférieures à 0°C. La climatologie 1991–2020 (centre) est obtenue à partir des moyennes mensuelles. À noter la graduation inégale utilisée dans les deux premiers panneaux, avec des incréments de 0.25°C en-dessous de 0°C et des incréments de 1°C au-dessus de 0°C. L'anomalie de température pour 2021 (bas) est la différence entre l'année en cours et la climatologie.

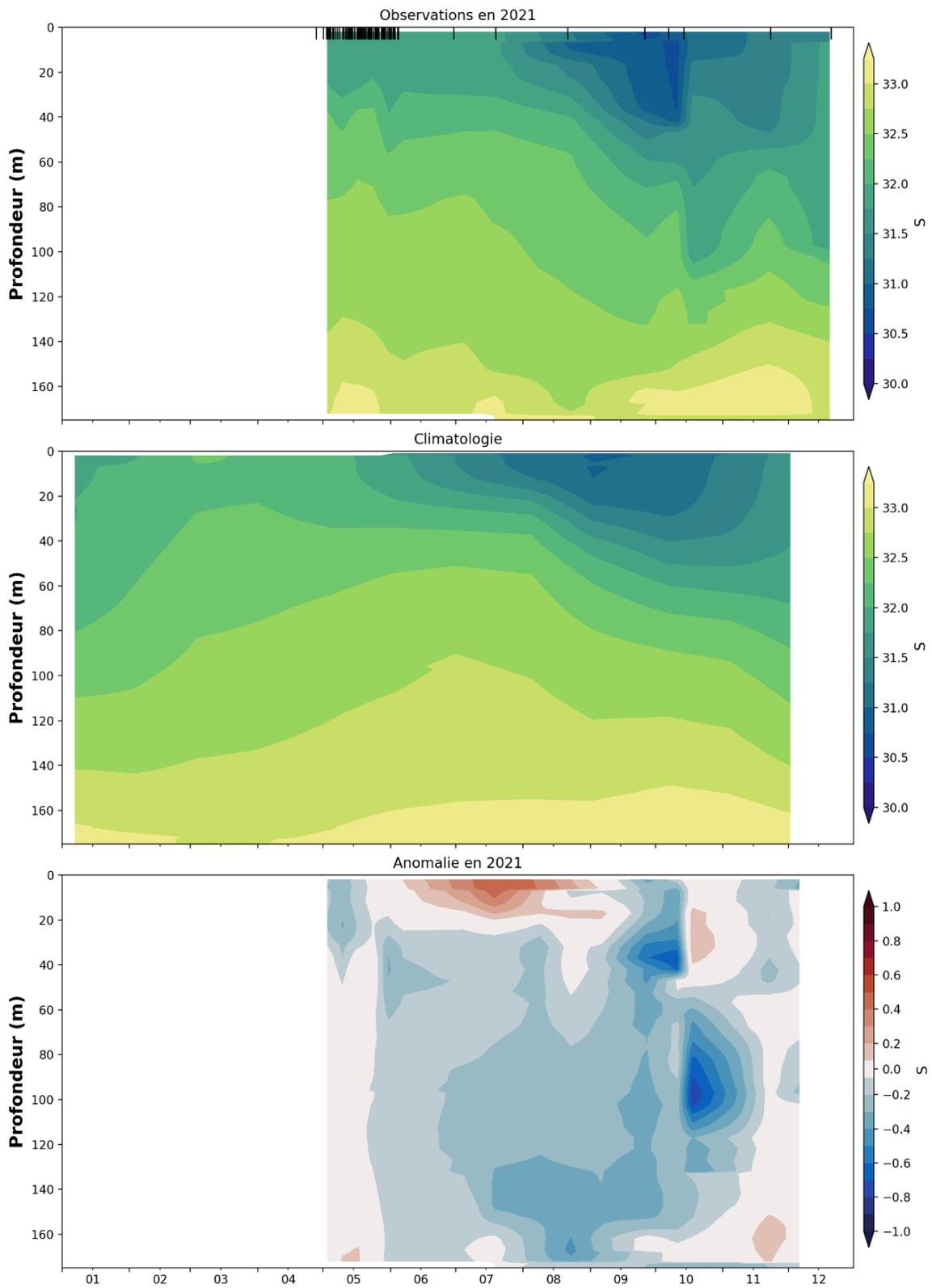


Figure 18 : Similaire à la Figure 17, mais pour la salinité.

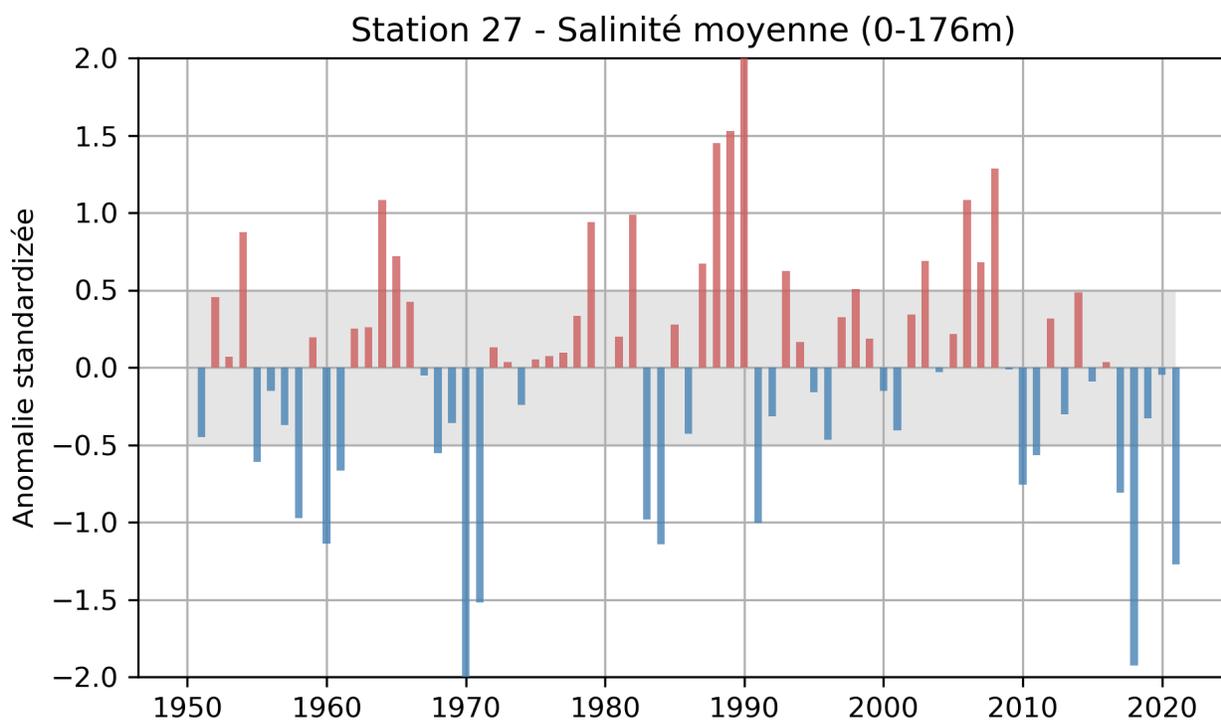
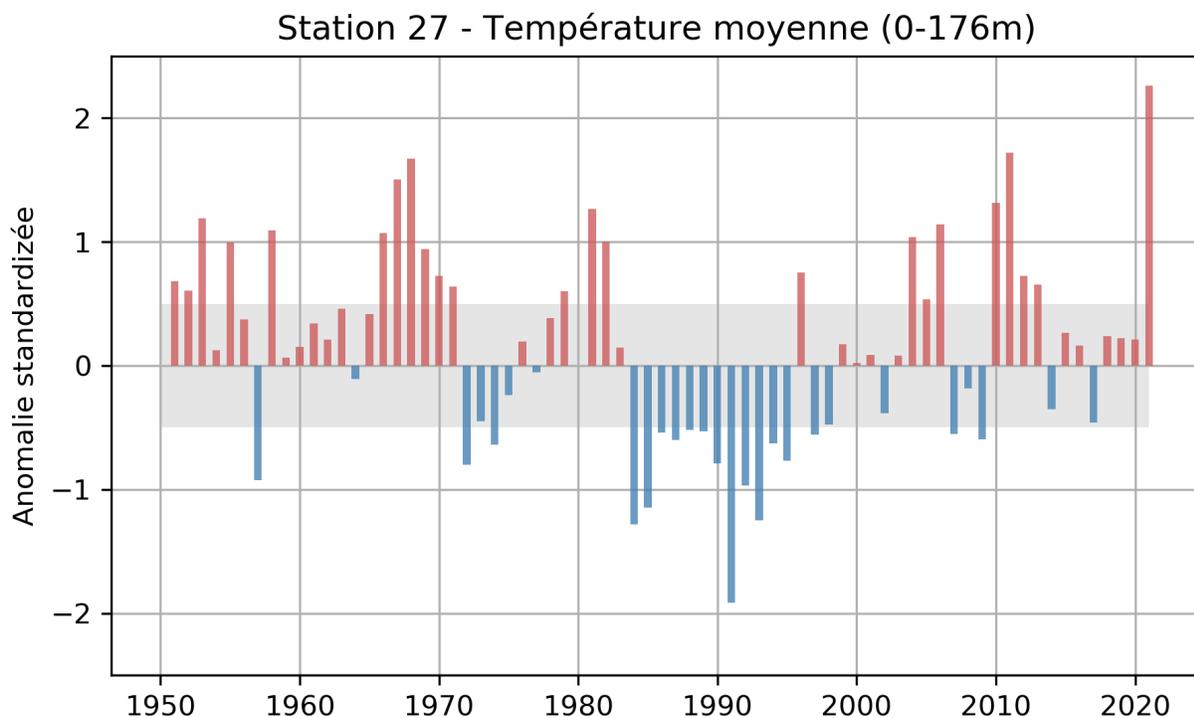


Figure 19 : Anomalies normalisées annuelles de la moyenne verticale (0–176 m) des températures (haut) et salinités (bas) obtenues à partir de toutes les occupation de la Station 27 depuis 1951. Seulement les années pour lesquelles au moins 8 mois sont disponibles sont considérées. Les bandes ombragées représentent une enveloppe dite normale correspondant à la moyenne 1991–2020 $\pm 0,5$ É.T. Ces deux séries temporelles sont utilisées pour la construction de l'indice climatique de TNL (Figure 40).

	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	\bar{x}	ET
-- Moyenne verticale de température --																																											
Temp 0-176m	1.3	1.0	0.1	-1.3	-1.1	-0.5	-0.6	-0.5	-0.5	-0.8	-1.9	-1.0	-1.2	-0.6	-0.8	0.8	-0.6	-0.5	0.2	0.0	0.1	-0.4	0.1	1.0	0.5	1.1	-0.6	-0.2	-0.6	1.3	1.7	0.7	0.7	-0.4	0.3	0.2	-0.5	0.2	0.2	0.2	2.3	0.6	0.5
Temp 0-50m	0.8	0.0	0.0	-1.3	-1.1	-0.5	-0.6	-0.6	-0.7	-0.7	-1.6	-0.8	-1.0	-0.3	-0.6	0.4	-0.6	-0.1	0.3	0.1	0.2	-0.6	0.1	0.6	0.5	1.2	-0.6	0.5	-0.9	0.9	1.1	0.9	0.7	-0.1	0.1	0.5	-0.4	-0.2	-0.4	0.1	1.7	3.5	0.8
Temp 150-176m	0.0	-0.6	-0.5	-1.0	-1.5	-0.6	-0.6	-0.5	-0.7	-1.1	-1.4	-1.1	-1.4	-1.2	-0.8	0.2	-0.2	0.1	0.3	0.1	0.3	-0.2	-0.3	1.3	0.9	1.0	0.1	-0.2	-0.6	1.1	2.5	0.4	0.6	-0.7	-0.7	-0.6	-0.7	0.5	0.2	1.0	1.9	-0.8	0.4
-- Moyenne verticale de salinité --																																											
Sal 0-176m	0.2	1.0	-1.0	-1.1	0.3	-0.4	0.7	1.4	1.5	2.4	-1.0	-0.3	0.6	0.2	-0.2	-0.5	0.3	0.5	0.2	-0.2	-0.4	0.3	0.7	0.0	0.2	1.1	0.7	1.3	0.0	-0.8	-0.6	0.3	-0.3	0.5	-0.1	0.0	-0.8	-1.9	-0.3	0.0	-1.3	32.4	0.1
Sal 0-50m	0.4	1.7	-0.9	-1.4	0.6	0.6	1.0	1.3	1.9	1.9	-1.3	-0.2	0.2	0.0	-0.9	-0.1	0.0	-0.1	0.0	-0.5	-0.6	1.0	1.2	0.4	0.4	0.6	0.4	0.7	0.4	-0.9	-0.4	0.3	0.0	0.1	0.0	0.2	-1.0	-0.8	0.7	0.0	-0.5	31.8	0.1
Sal 150-176m	0.5	1.2	0.2	0.5	0.0	-0.6	0.9	2.0	1.0	2.7	-0.6	-0.5	0.8	0.0	0.2	-0.6	0.3	0.7	0.2	0.3	0.0	0.0	-0.5	0.1	0.3	1.3	0.7	0.9	-0.4	0.1	0.0	0.4	-0.6	0.4	-0.3	-0.6	-0.6	-1.7	-1.1	0.5	-1.1	33.0	0.1
-- Propriétés de la couche intermédiaire froide (CIF) --																																											
CIF temp	1.0	0.4	-0.8	-0.8	-1.4	-0.8	-0.5	-0.2	-0.3	0.0	-1.5	-1.1	-1.5	-1.0	-1.0	1.1	-0.6	-0.8	0.2	0.6	0.5	-0.5	-0.3	1.1	0.1	1.1	-0.6	-0.4	-1.1	2.2	2.1	-0.1	1.0	-0.3	-0.5	-0.1	-0.8	1.3	0.9	-0.1	1.5	-1.0	0.2
CIF T cœur	0.9	0.0	-0.8	-0.8	-1.4	-1.1	-0.8	0.0	-0.3	-0.3	-1.5	-0.8	-1.2	-1.4	-1.1	1.2	-0.4	-0.7	0.0	0.6	0.5	-0.4	-0.4	1.0	-0.1	1.5	-0.5	-0.5	-1.3	2.5	2.0	-0.3	1.3	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	0.7	0.6	-0.2	1.7	-1.4	0.2
CIF prof cœur	-3.0	-1.4	1.9	-1.1	1.9	-0.7	0.6	0.0	1.2	2.9	-1.4	0.6	0.9	-0.1	-0.1	1.5	-1.4	-0.7	0.9	1.2	-0.7	1.2	-0.1	-0.1	-0.7	-0.7	-1.4	-1.4	0.9	0.6	-1.4	-1.1	-0.7	2.2	0.6	0.9	0.0	0.2	0.9	-0.7	-1.4	123.2	15.4
CIF épaisseur	-1.1	-4.5	-0.1	0.7	0.6	0.1	-0.4	0.3	-1.2	-0.8	2.0	-0.2	0.0	1.0	0.3	-1.3	0.7	0.9	0.1	-0.1	0.2	0.4	-1.3	0.0	0.8	-0.2	1.1	0.9	0.9	-2.4	-1.7	-1.4	0.1	0.5	-0.1	-0.4	1.0	-1.6	-0.6	0.3	-1.5	124.3	11.3
-- Profondeur de la couche de mélange (PCM) --																																											
PCM hiver	-0.8	-0.3		0.1	-1.1	-0.6	-0.2		-0.4	0.7	1.2		-0.6	0.6	-1.0	0.3	0.0	0.5	-0.3	0.0	-0.8	0.2	-0.3	0.7	0.3	1.1	0.1	-0.6	-1.8	-1.2	0.1	-0.3	1.9	0.3	0.8	-0.4				-1.1		59.5	7.8
PCM printemps	0.4	-0.9	-0.8	-1.7	-1.4	-0.7	-1.0	-0.7	-0.8	-0.1	0.1	-0.5	-0.3	0.6	-0.8	-0.4	-0.6	-0.6	-0.9	0.2	0.1	0.1	-0.4	-0.2	-0.4	-0.1	0.4	0.0	-0.4	0.1	-0.4	1.3	0.3	0.5	0.0	-0.5	0.2	0.7	1.8		-0.2	37.1	9.0
PCM été	0.7	0.4	-0.3	-0.7	0.1	0.1	-0.6	-0.9	-1.3	-0.4	-0.6	1.4	1.2	0.6	0.7	1.0	0.4	-0.4	-0.3	-0.5	0.4	-0.5	-0.2	-0.7	-0.6	0.3	-0.7	-0.7	-0.3	-0.4	1.6	-1.0	-0.1	-0.9	0.5	0.9	-0.5	0.3	-0.5	-0.6	1.3	21.8	6.1
PCM automne			-0.2	-1.2	0.2	0.6	-0.7	-1.0	-0.4	1.5	-0.2	0.8	-0.7	-0.6	-0.2	-0.7	-0.2	0.3	0.4	0.0	-0.6	0.2	-0.6	0.6	0.5	-0.6	0.3	-0.4	1.0	-0.5	0.5	1.1	-0.5	0.4	0.7	-0.9	-0.7	0.3	0.5	0.0	0.8	57.1	7.3
PCM annuel	0.2	-0.4	-0.4	-1.1	-0.6	-0.2	-0.7	-0.8	-0.7	-0.4	-0.1	0.6	-0.1	0.3	-0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	-0.2	0.0	-0.4	0.1	-0.1	0.1	0.0	-0.4	-0.2	-0.4	0.4	0.3	0.1	0.0	0.5	-0.2	-0.3	0.4	0.4	-0.3	0.6	43.9	17.4
-- Stratification --																																											
strat. hiver	-0.3		-0.1	0.7	-0.3	-0.6		-0.3	-1.0	-1.2		1.5	-1.4	1.5	-0.2	0.5	-0.8	0.4	0.2	0.2	0.5	0.4	-0.3	-0.5	0.0	-0.5	1.0	0.7	0.2	0.1	-0.8	-1.1	-1.0	0.0	-0.6				-0.1			0.008	0.001
strat. printemps	0.8	-0.1	2.6	1.6	-0.9	-0.2	2.4	0.5	-0.3	-1.1	0.4	-0.4	0.4	-0.5	2.2	-0.5	0.2	0.9	1.1	-0.1	0.2	-0.8	-0.7	0.1	0.2	0.6	0.1	-0.2	1.1	-0.3	-0.1	0.0	-0.3	-0.8	0.0	-0.4	0.3	-1.1	-1.1		0.8	0.017	0.009
strat. été	1.4	-1.4	-0.1	1.1	-0.1	-0.8	-1.2	0.0	-0.8	-0.4	-0.5	-0.5	-0.7	1.1	0.5	-1.4	-0.1	0.8	1.0	-0.1	0.4	0.1	-0.6	-0.2	0.3	0.0	0.9	0.1	0.3	-0.5	-1.9	0.0	0.9	1.9	-1.2	-0.5	1.5	-1.2	-1.0	0.5	-0.4	0.059	0.01
strat. automne			-1.0	0.2	-0.9	-1.3	-0.5	0.3	-0.1	0.3	1.8	-0.5	-0.6	0.0	0.6	-0.1	0.1	0.4	-0.2	0.6	1.1	-0.9	0.3	0.0	-0.5	0.8	-0.2	0.8	-1.1	0.6	-0.8	-0.8	0.0	-0.4	-1.0	1.3	0.3	-0.6	-0.9	0.3	-1.0	0.018	0.011
strat. annuel	0.9	-0.6	0.3	0.9	-0.2	-0.6	0.2	0.3	-0.3	-0.6	0.5	-0.4	0.2	-0.1	1.1	-0.6	0.1	0.4	0.6	0.2	0.4	-0.4	-0.2	-0.1	-0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.0	-0.7	-0.4	0.0	0.1	-0.6	0.0	0.7	-1.0	-0.9	0.4	-0.1	0.025	0.022

Figure 20 : Anomalies normalisées de différents paramètres hydrographiques à la Station 27. Les différentes sections de cette table sont (de haut en bas), la température et la salinité moyennée verticalement sur différentes plages de profondeurs (0–176 m, 0–50 m et 150–176 m), les propriétés de la couche intermédiaire froide (CIF), les propriétés de la profondeur de la couche de mélange (PCM) et de la stratification pour les 4 saisons ainsi que la moyenne annuelle. L'échelle de couleur utilisée est celle de la Figure 2. Les cellules ombragées indiquent une absence de données.

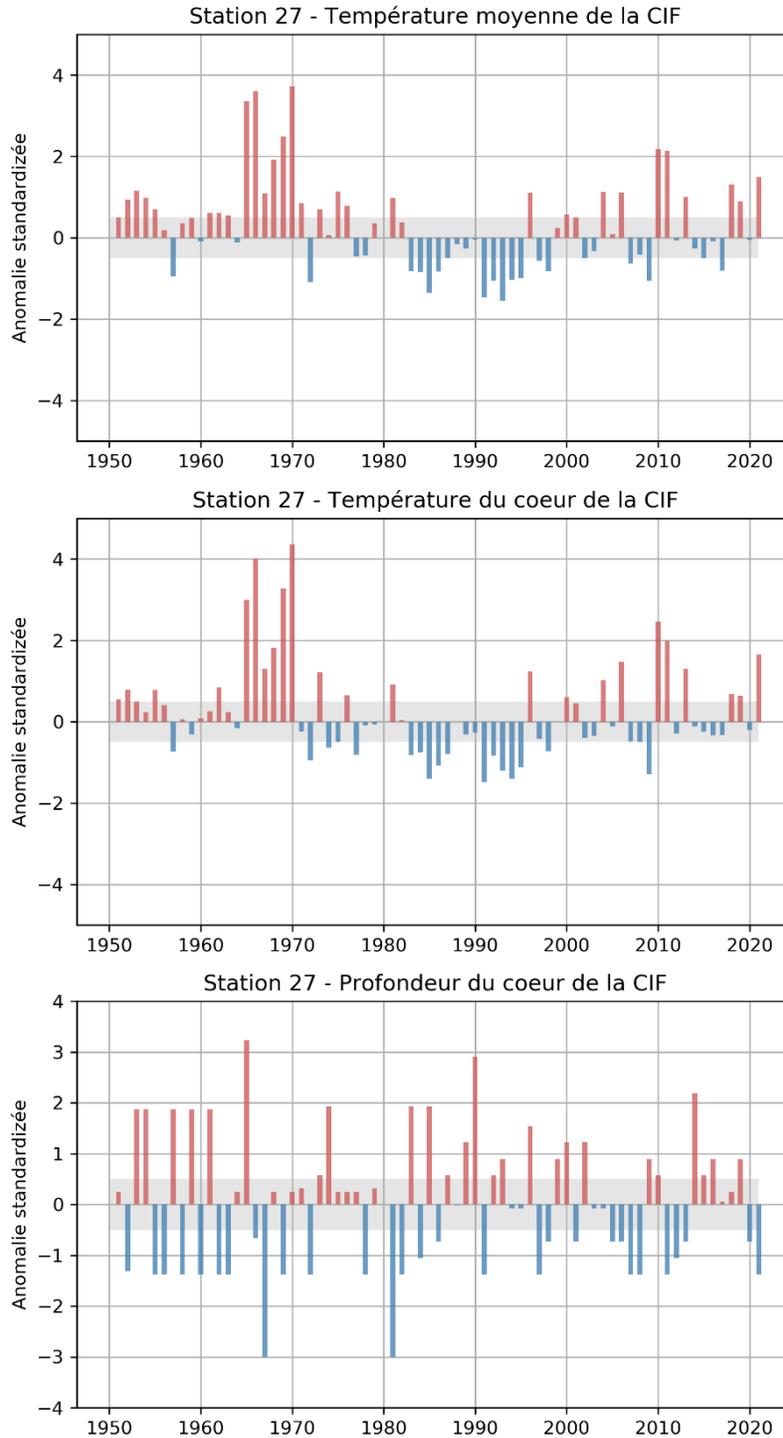


Figure 21 : Anomalies normalisées des paramètres de la couche intermédiaire froide (CIF) à la Station 27 en été (mai-juillet) depuis 1951. Seulement les années pour lesquelles au moins 8 mois sont disponibles sont considérées. Le panneau du haut montre la température moyenne de la CIF, le panneau du milieu montre la température du coeur de la CIF (la température de son point le plus froid) et le panneau du bas sa profondeur. Les bandes ombragées représentent une enveloppe dite normale correspondant à la moyenne 1991–2020 $\pm 0,5$ É.T. Les anomalies de températures du coeur de la CIF (panneau du milieu) sont utilisées pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 40).

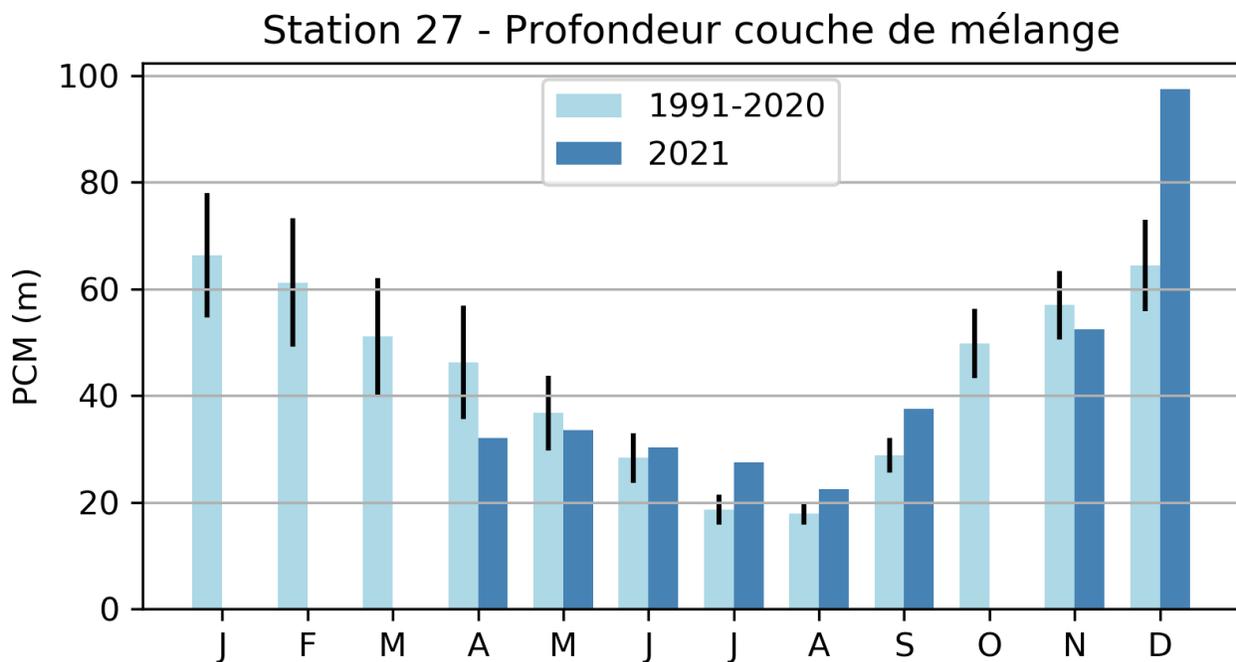


Figure 22 : Évolution mensuelle de la profondeur de la couche de mélange (PCM) à la Station 27. La climatologie 1991–2020 est en bleu clair et les valeurs pour l'année 2021 en bleu foncé. Les traits verticaux noirs représentent 0,5 É.T. de chaque côté de la moyenne climatologique. Aucune observation n'était disponible entre janvier et mars 2021.

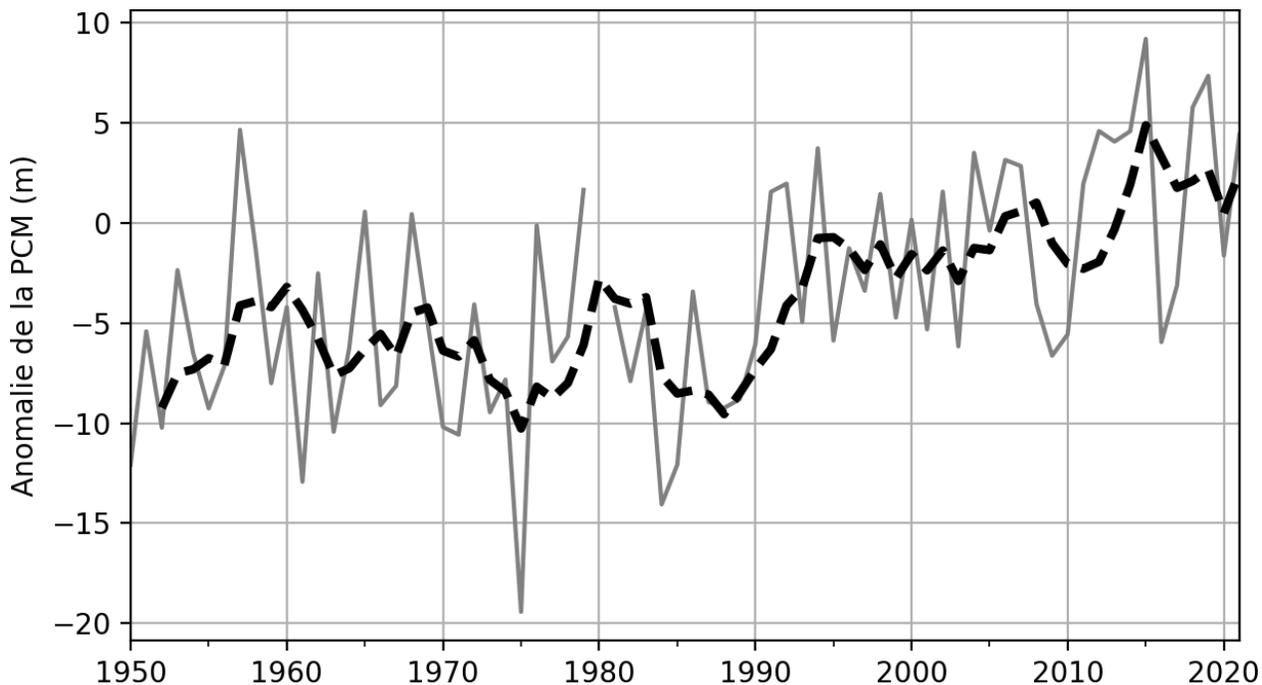


Figure 23 : Série temporelle annuelle de la profondeur de la couche de mélange (PCM) à la Station 27 depuis 1950 (en gris), ainsi que sa moyenne mobile sur 5 ans (tirets noirs).

Station 27 - Stratification

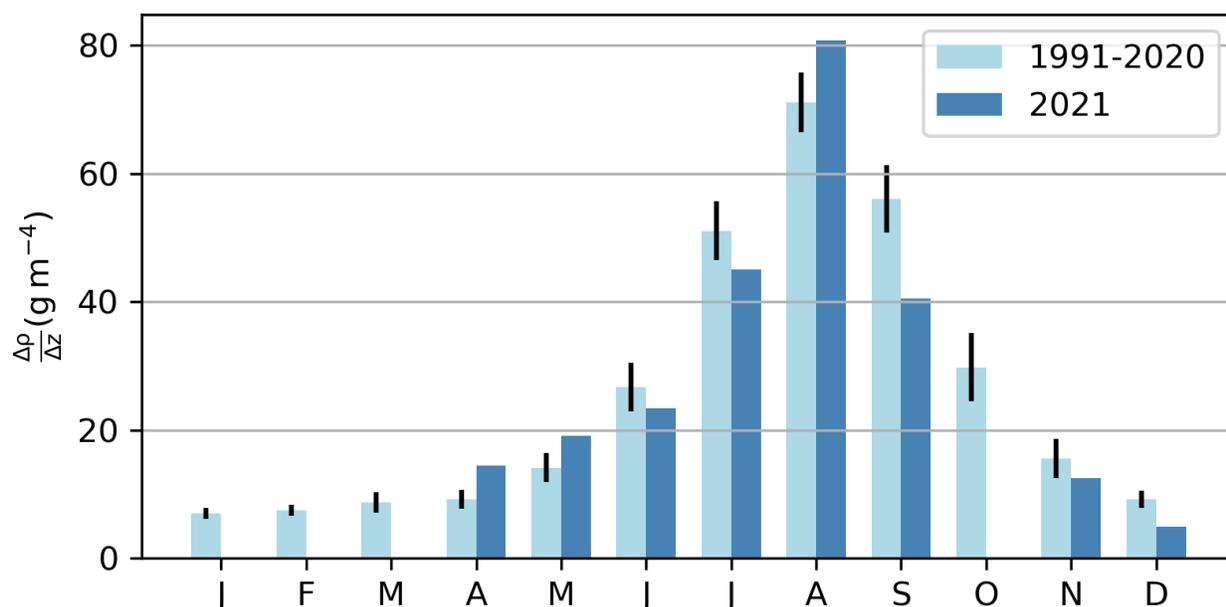


Figure 24 : Évolution mensuelle de la stratification à la Station 27. La climatologie 1991–2020 est en bleu clair alors que les valeurs pour l'année 2021 sont en bleu foncé. Les traits verticaux noirs représentent 0,5 É.T. de chaque côté de la moyenne climatologique. Aucune observation n'était disponible entre janvier et mars 2021.

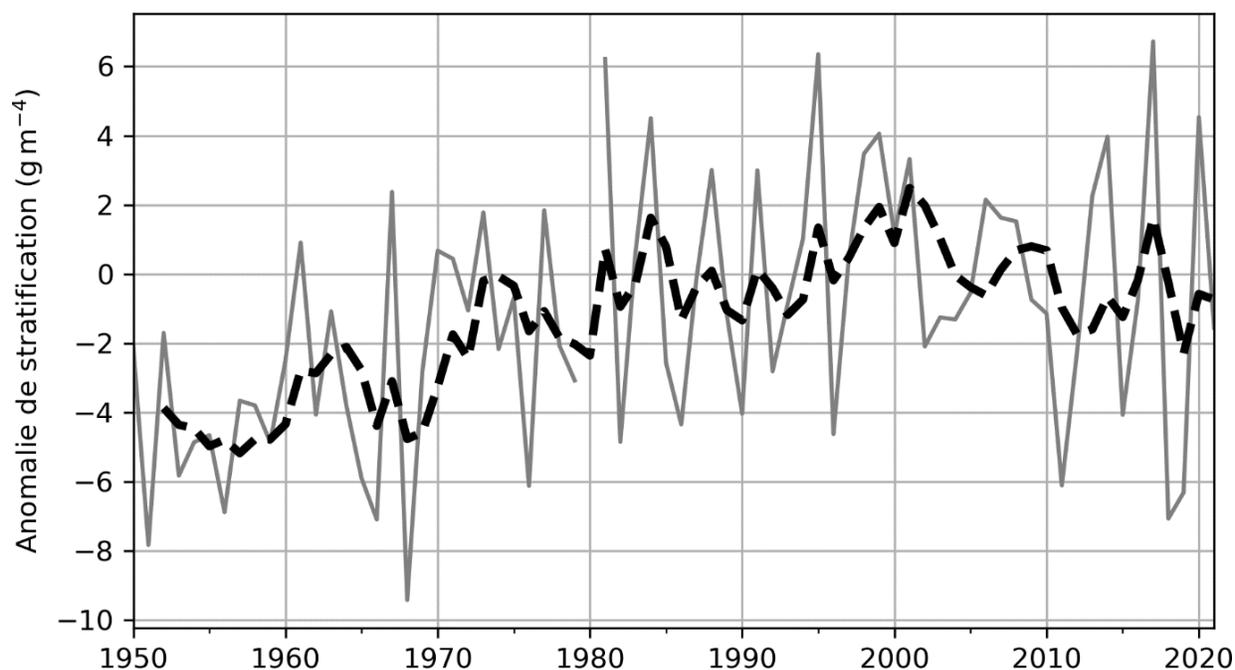


Figure 25 : Série temporelle de la stratification annuelle moyenne à la Station 27 depuis 1950 (en gris), ainsi que sa moyenne mobile sur 5 ans (tirets).

SECTION HYDROGRAPHIQUES STANDARDISÉES

Au début des années 1950, sous les auspices de la Commission internationale des pêches de l'Atlantique Nord-ouest (CIPANO), plusieurs pays ont effectué une surveillance hydrographique

systématique des eaux de TNL. En 1976, la CIPANO a normalisé une série de stations de monitoring le long de sections hydrographiques dans les eaux de l'océan Atlantique Nord-ouest, de Cape Cod (États-Unis) à Egedesminde (Groenland occidental) (ICNAF, 1978). En 1998, dans le cadre du Programme de Monitoring de la Zone Atlantique (PMZA) du MPO, les stations historiques de Seal Island (SI), de Bonavista (BB), du Bonnet Flamand (FC; 47°N) et du sud-est des Grands Bancs (SEGB) ont été choisies comme principales sections de monitoring. On a poursuivi l'échantillonnage de la section White Bay (WB) au cours de l'été dans le cadre d'une longue série chronologique de la CIPANO/OPANO (voir carte Figure 1).

Deux sections de la CIPANO du centre du plateau continental du Labrador, Beachy Island (BI) et le banc Makkovik (MB), ont été choisies pour être échantillonnées pendant l'été si la période du relevé le permet. Depuis le printemps 2009, une section allant jusqu'au sud-ouest du banc de Saint-Pierre (SWSPB) et une autre jusqu'au sud-est du banc de Saint-Pierre (SESPB) ont été ajoutés aux relevés du PMZA.

En 2021, les campagnes du printemps et de l'automne ont été annulées. En 2020, la campagne du printemps fut également annulée en raison de la pandémie de COVID-19. Durant la campagne de l'été 2021 (29 juin au 19 juillet), les sections FC, BB, WB, SI et MB ont été échantillonnées. Dans ce rapport, le résultat des relevés hydrographiques (température et salinité) effectué durant l'été 2021 sur les sections SI, BB et FC seront présentés.

Température et salinité

Les caractéristiques des masses d'eau observées sur les sections standards du plateau de Terre-Neuve sont typiques des eaux subpolaires avec une plage de températures en sub-surface comprise entre -1,5°C et 2°C et des salinités entre 31,5 et 33,5. Les eaux du talus du Labrador s'écoulent vers le sud le long de la bordure du plateau et dans les régions de la passe Flamande et du Bonnet Flamand. Cette masse d'eau est généralement plus chaude et plus salée que les eaux subpolaires du plateau avec des températures de 3°–4°C et des salinités de l'ordre de 34–34,75. Les températures de la surface atteignent normalement 10° à 12°C à la fin de l'été, tandis que les températures au fond demeurent <0°C sur la majeure partie des Grands Bancs. Elles augmentent toutefois à 1°–3,5°C près du bord du plateau en dessous de 200 m et dans les cuvettes profondes entre les bancs. Dans les eaux plus profondes (>1000 m) de la passe Flamande et sur le Bonnet Flamand, les températures au fond varient généralement de 3° à 4°C. En général, les caractéristiques de la masse d'eau près de la surface des sections standards subissent des modifications saisonnières dues aux cycles annuels du flux de chaleur air-mer, au mélange causé par le vent et à la formation et à la fonte de la glace de mer. Ces mécanismes provoquent un intense gradient vertical et horizontal de température et de salinité, en particulier le long des limites frontales séparant les masses d'eau du plateau et du talus. Les changements saisonniers des champs de température et de salinité le long de la section Bonavista sont présentés dans Colbourne *et al.* (2015).

Les structures estivales de température et de salinité des sections du Bonnet Flamand (FC, le long de 47°N), de Bonavista (BB) et de Seal Island (SI) en 2021 sont présentées respectivement de la Figure 26 à la Figure 28. La caractéristique thermique dominante de ces sections est la masse d'eau froide et relativement douce qui recouvre le plateau, séparée de l'eau plus chaude et plus dense de la région du talus continental par de forts fronts de température et de salinité (donc de densité). La section transversale (ou volume), délimitée par l'isotherme 0°C. La CIF est généralement considérée comme un indice fiable des conditions climatiques océaniques sur le plateau continental de l'est du Canada. Bien que la section transversale de la CIF connaisse une variabilité interannuelle importante, les changements sont très cohérents entre le plateau continental du Labrador et les Grands Bancs. Après sa

formation, la CIF reste présente pendant la majeure partie de l'année jusqu'à son mélange complet l'hiver suivant.

Pendant l'été 2021, les températures étaient au-dessus de la normale pour toutes les sections et pour la plupart des plages de profondeur (Figure 26 à la Figure 28, en bas à gauche). Les conditions étaient également plus chaude du nord au sud, atteignant plus de 3.5°C au-dessus de la normale pour la section du Bonnet Flamand. Des températures au-dessus de la normale étaient également présentes près du fond pour toutes les sections. Cette information est pertinente dans les circonstances puisque, comme mentionné dans la section suivante, la réduction du couvert spatial lors des relevés scientifiques multi-espèces en 2021 a empêché le calcul des températures de fond au printemps et à l'automne sur une grande partie de la région, incluant sur les Grands Bancs de Terre-Neuve, une région traversée par la section FC. Les observations durant les missions du PMZA montrant une anomalies chaudes répandue sur toute la région est donc une information importante qui sera discutée plus loin.

Les sections transversales correspondantes de la salinité montrent une eau relativement douce dans la couche supérieure sur le plateau avec des sources de courant arctique avec des valeurs <33 qui contrastent avec les eaux plus salées du talus du Labrador plus au large avec des valeurs >34 (Figure 26 à la Figure 28, panneaux de droite). En 2021, les salinités correspondantes à la position de la CIF étaient plus faibles que la normale pour toutes les sections. Ceci peut s'expliquer par une excursion plus grande du courant du Labrador sur le plateau continental en 2021 comparativement à la climatologie. Ceci est surtout évident pour les sections de Seal Islands et du Bonnet Flamand (voir différence des champs de salinité entre 2021 et la climatologie pour ces 3 sections). Les eaux moins salées sur le plateau continental (voir aussi l'anomalie négative de salinité à la Station 27; Figure 19 en bas), peuvent être dues aux températures de l'air plus chaudes observées au Labrador et dans l'Arctique en 2021.

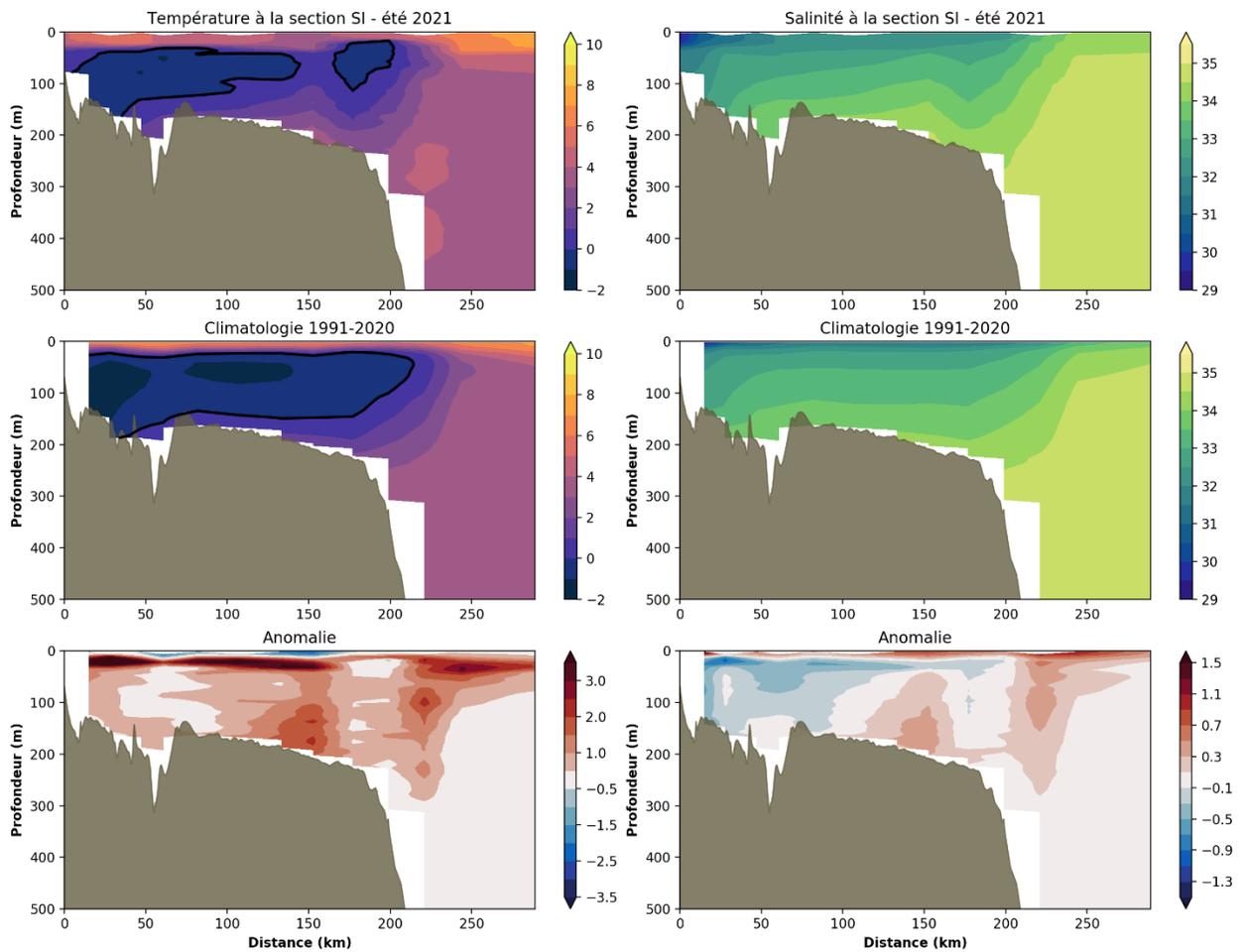


Figure 26 : Contours des champs de température (°C) et salinité à la Section hydrographique Seal Island (SI, voir carte Figure 1 pour la location) pour 2021 (rangée du haut) ainsi que leur climatologies (rangée du centre) et leur anomalies respectives (rangée du bas).

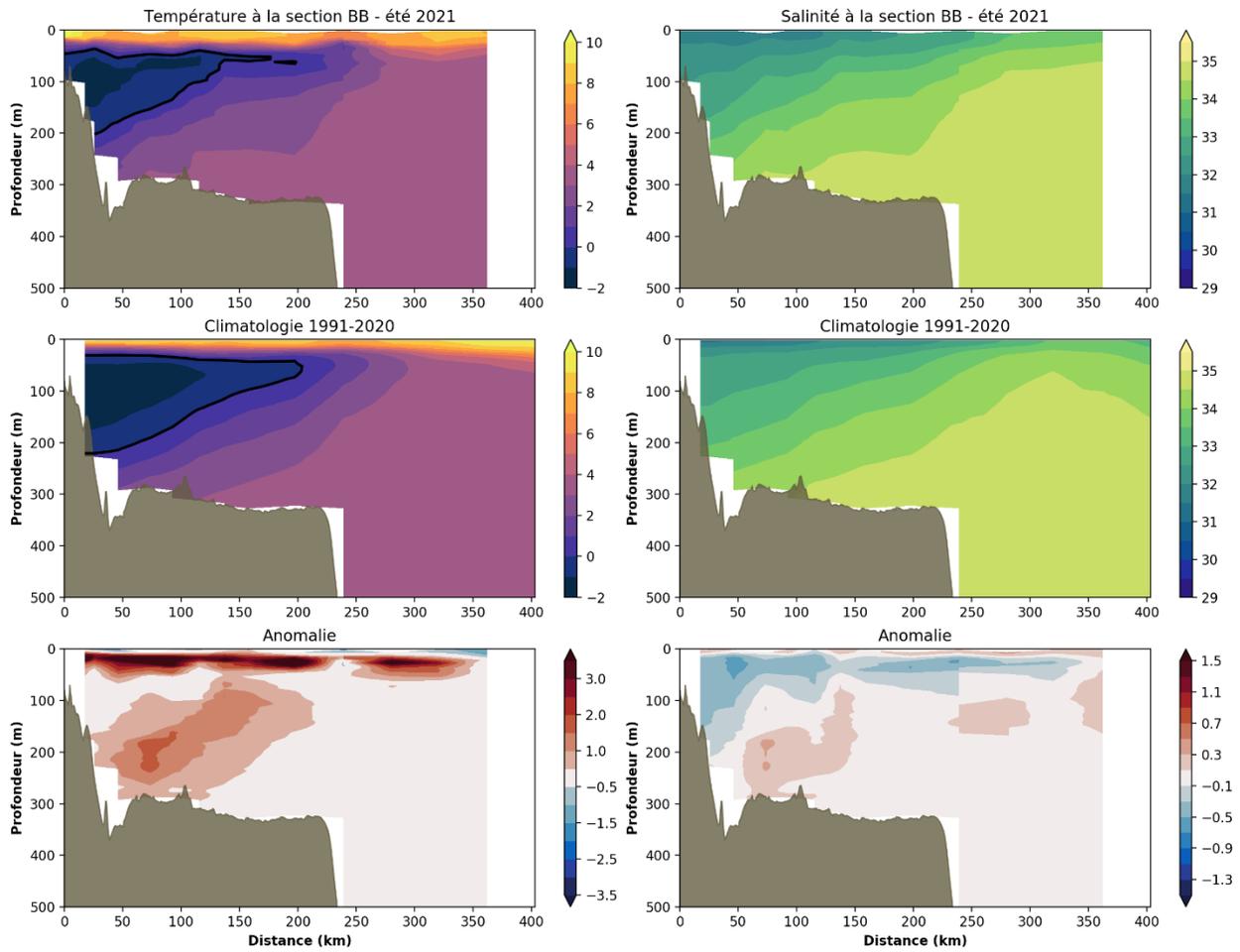


Figure 27 : Similaire à la Figure 26, mais pour la section hydrographique Bonavista (BB; voir carte Figure 1).

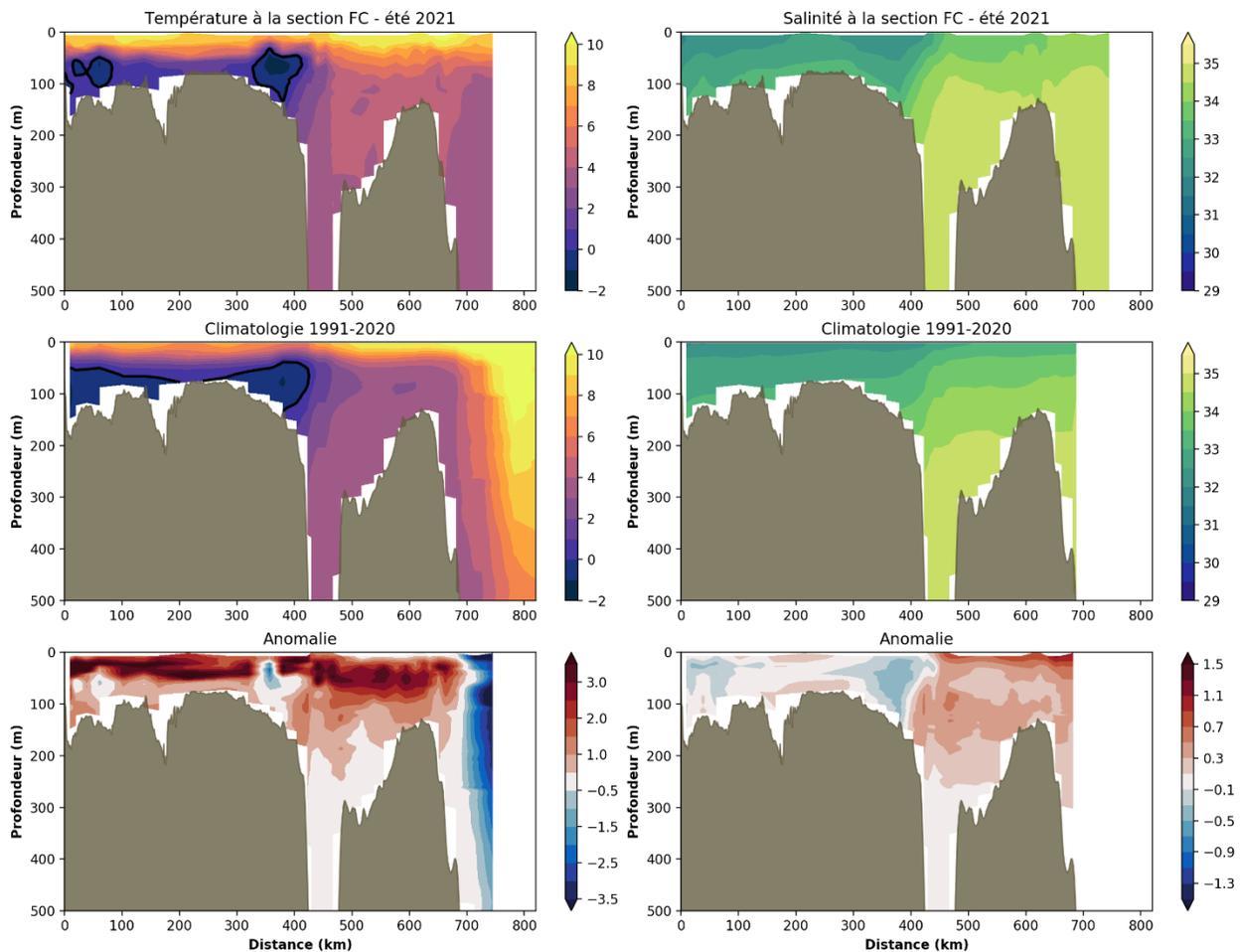


Figure 28 : Similaire à la Figure 26, mais pour la section hydrographique du Bonnet Flamand (FC; voir carte Figure 1).

Variabilité de la couche intermédiaire froide

Les statistiques des anomalies estivales de la CIF pour les trois sections discutées ci-dessus (Seal Island, Bonavista et du Bonnet Flamand) sont présentées à la Figure 29. La moyenne climatologique de la section transversale (i.e. l'aire) de la CIF le long des sections Seal Island, Bonavista et Bonnet Flamand est respectivement de $19.9 \pm 4.1 \text{ km}^2$, $22.9 \pm 7.6 \text{ km}^2$ et $16.5 \pm 6.4 \text{ km}^2$. Les anomalies moyennées de l'aire de la CIF pour ces trois sections sont résumées à la Figure 30 sous forme de série chronologique remontant à 1950. En général, la CIF a été plus chaude et plus mince que la moyenne entre le milieu des années 1990 et le milieu des années 2010, avec une tendance au refroidissement apparaissant entre environ 2012 ou 2014 jusqu'en 2017. L'aspect le plus frappant de cette longue série chronologique est toutefois les conditions très chaudes qui prévalaient dans les années 1960 (caractéristique unique pour cette série chronologique de près de 70 ans), suivie par une période froide allant du milieu des années 1980 au milieu des années 1990. En 2021, les conditions de la CIF étaient beaucoup plus chaudes que la normale, incluant un gradient nord-sud des anomalies montrant des conditions plus chaudes à la section la plus au nord, SI. En moyenne sur ces trois sections, 2021 était l'année avec la plus petite section de la CIF depuis 1966 à -1.7 É.T. (Figure 30).

		-- section Seal Island --																																												
		80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	\bar{x}	sd	
surface CIF (km ²)	0.0			0.2	-0.3	2.0	0.7	-0.4	-0.1	-0.7		1.2	1.4	-0.1	1.7	0.0	-0.3	0.2	-0.7	0.5	-1.6	-0.1	0.5	0.0	0.9	-0.9	0.0	-0.5	0.1	0.2	0.6	-0.6	-1.2	0.6	-0.5	0.4	2.0	-0.1	1.9	-2.1	-0.4	-1.9	-2.1	19.9	4.1	
coeur CIF (°C)	0.9			1.2	-0.4	-0.8	-0.1	2.2	1.7	1.3		-0.5	-0.5	0.0	-0.6	-0.5	-0.5	0.7	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	2.6	-0.5	1.8	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	2.6	-0.5	-0.5	2.6	-0.1	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	0.5	-0.5	3.7	-1.7	0.1
coeur prof. (m)	1.1			1.3	0.0	1.3	-1.4	1.1	1.3	-0.3		0.4	0.4	0.0	-1.2	0.4	0.4	-1.8	0.4	0.4	0.4	0.4	-2.3	0.4	0.6	0.4	0.4	1.3	0.4	0.4	0.4	-2.7	0.4	1.1	-0.7	-1.2	1.1	0.4	0.4	0.4	-1.6	0.4	-1.6	87.4	22.5	
		-- section Bonavista --																																												
surface CIF (km ²)	-0.4	-0.2	1.5	1.7	3.2	2.0	-0.4	-0.7	0.9	0.7	1.8	2.4	1.2	1.4	1.0	-0.2	0.2	-0.4	0.3	-0.4	0.7	-0.4	-0.4	0.1	-1.4	-0.8	-1.2	-0.3	-0.9	0.5	-0.3	-2.1	-0.2	-0.6	1.8	1.0	0.8	0.5	-0.4	-0.9	-1.2	-1.4	22.9	7.6		
coeur CIF (°C)	1.2	0.6	-0.3	-1.7	-1.2	-1.0	0.3	-0.7	0.5	-1.0	-0.9	-1.3	-1.1	-1.1	-1.2	-0.6	0.8	-0.6	-0.6	0.0	-0.2	0.5	-0.1	-0.3	1.8	0.9	2.0	0.0	-0.3	-0.7	0.8	2.5	-0.8	0.4	-0.9	-1.0	-0.6	-0.8	0.8	0.4	1.2	1.5	-1.6	0.1		
coeur prof. (m)	0.5	-0.8	0.4	1.4	-1.5	-1.3	-0.1	1.4	-0.1	0.2	1.9	-1.3	0.4	1.1	0.4	-0.1	-0.3	-0.5	-1.3	0.7	0.9	-1.3	1.1	0.2	-0.5	-1.7	0.7	0.7	-0.1	-1.7	-1.7	0.2	1.1	-0.8	0.7	2.1	0.4	-0.5	-0.3	1.4	-0.1	-0.1	92.7	20.8		
		-- section Bonnet Flamand --																																												
surface CIF (km ²)	-1.6	-0.3	-1.5	2.0	2.3	0.8	0.2	-1.2	-0.8	1.0	0.8	2.0	-0.5	1.7	0.0	-0.5	0.0	0.4	0.8	0.5	-1.1	-0.6	0.2	-0.5	-0.4	0.2	-1.5	-0.1	-1.1	0.4	-1.9	-0.9	0.8	-0.7	-0.2	-0.2	2.6	-0.9	0.1	1.3	0.2	-1.5	16.5	6.4		
coeur CIF (°C)	0.0	1.1	-0.3	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	-0.9	0.4	-1.2	-0.5	-1.1	-0.8	-1.1	-0.6	-1.4	1.2	0.1	-0.5	0.4	0.2	1.4	-0.8	-0.2	0.7	0.3	0.6	-0.4	-0.2	-0.9	2.4	1.9	-1.0	2.3	-0.8	-1.0	-0.2	0.2	-0.4	0.3	-0.7	-0.2	-1.5	0.2		
coeur prof. (m)	1.4	2.9	1.4	-0.4	-1.0	0.1	0.6	0.9	3.0	-0.2	0.3	-1.0	-1.7	-0.4	0.6	1.4	-1.0	-1.0	0.3	1.1	-0.2	1.1	-0.4	0.9	0.6	-0.4	0.6	-0.2	-1.0	2.2	-1.0	-0.7	-0.2	1.1	-1.0	0.9	0.3	-1.7	1.6	-0.4	-0.4	-0.7	75.0	19.3		

Figure 29 : Tableau des statistiques estivales de la couche intermédiaire froide (CIF) le long des sections hydrographiques Seal Island (SI), Bonavista (BB) et du Bonnet Flamand (FC) La surface de la CIF est définie par la portion du transect occupée par des eaux sous 0°C (voir contours noirs de la Figure 26 à la Figure 28). Le cœur de la CIF et sa profondeur correspondent respectivement au minimum de température de la CIF et la profondeur à laquelle celui-ci est rencontré. Le code de couleur pour la surface et la profondeur de la CIF a été inversé (bleu est positif) puisqu'il représente des conditions froides. Les cellules grises indiquent une absence de données.

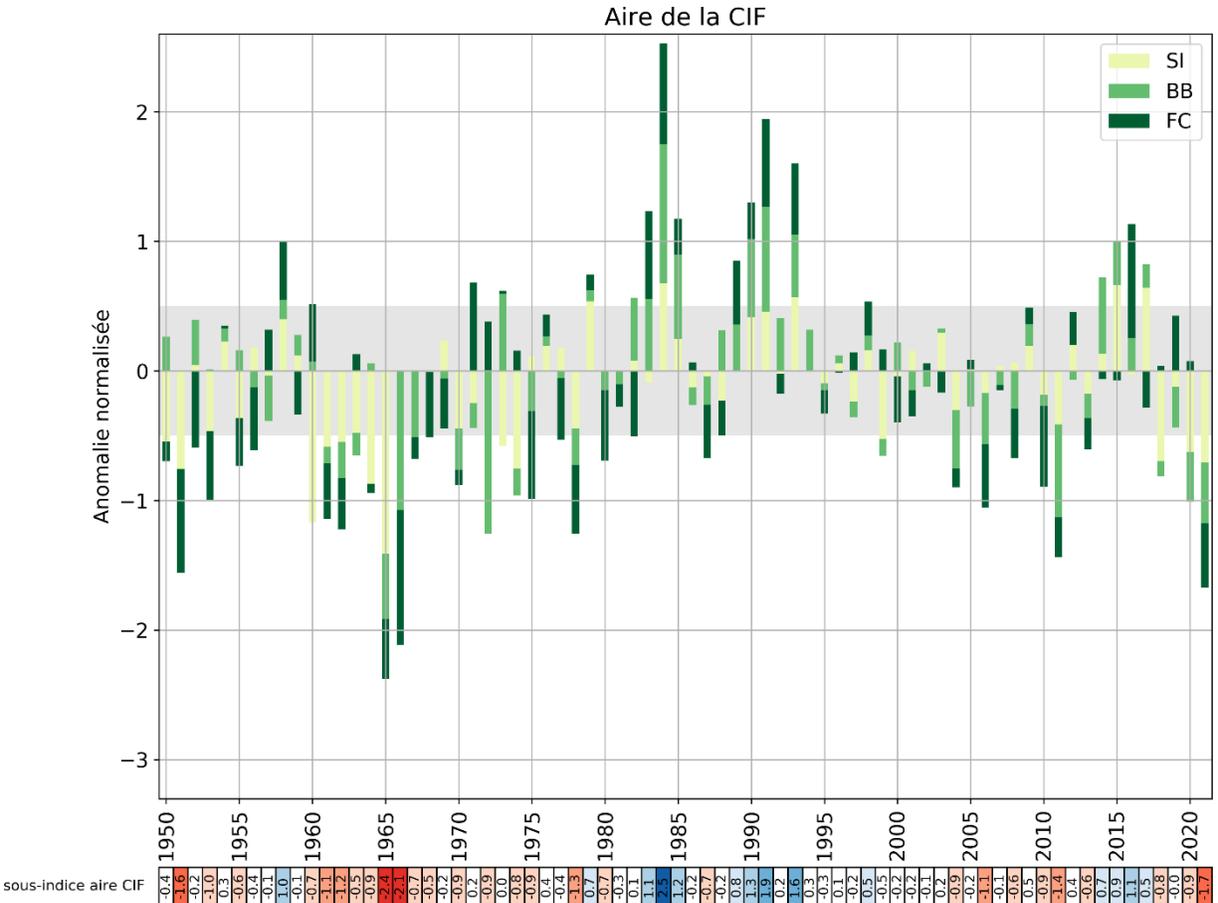


Figure 30 : Anomalies normalisées de la surface de la couche intermédiaire froide (CIF) moyennée sur les sections hydrographique Seal Island (SI), Bonavista (BB) et du Bonnet Flamand (FC) depuis 1950 (les anomalies annuelles pour chaque section depuis 1980 sont présentes dans la Figure 29). La bande ombragé représente une enveloppe dite normale correspondant à la moyenne 1991–2020 $\pm 0,5$ É.T. Les valeurs numériques de cette série temporelle sont rapportées dans une carte à pointage colorée au bas de la figure. Ici, les anomalies négatives (indiquant généralement des conditions chaudes) sont colorés en rouge et les anomalies positive en bleu. Cette série temporelle est utilisée pour la construction de l'indice climatique de TNL présent dans le sommaire (Figure 40).

OBSERVATIONS AU FOND DANS LES SOUS-DIVISIONS DE L'OPANO

Depuis 1971, le Canada effectue des relevés au chalut dans des strates aléatoires des sous-divisions 2 et 3 de l'OPANO sur le plateau de TNL. Chaque division a été divisée en strates représentant une certaine fourchette de profondeur et le nombre de trait de chalut dans une strate est basé sur une allocation proportionnelle pondérée en fonction sa superficie (Doubleday 1981). Les profils de température (et de salinité depuis 1990) sont disponibles pour la plupart des traits de pêche dans chaque strate. Ces relevés fournissent un ensemble de données océanographiques à grande échelle spatiale pour le plateau de TNL. Les relevés sont effectués dans les divisions 3LNO (Grand Bancs) et 3Ps au printemps et 2H, 2J, 3K, et 3LNO à l'automne. Les données hydrographiques recueillies dans le cadre de ces relevés sont régulièrement utilisées pour évaluer la variabilité spatiale et temporelle de la température du fond de la mer. Un certain nombre de produits basés sur des données servent à caractériser l'habitat écologique au fond de l'océan. Il s'agit notamment de cartes des contours de température au fond et de leurs anomalies, de la superficie du fond recouverte d'eau à

différentes plages de températures, etc. De plus, des indices « d'habitat thermique » propres à chaque espèce sont souvent utilisés dans les évaluations des ressources marines pour le crabe des neiges et la crevette nordique.

La méthode actuelle pour le calcul des températures de fond a été introduite dans Cyr *et al.* (2019) et est semblable à celle utilisée dans les conditions océanographiques physiques annuelles du golfe du Saint-Laurent (p. ex. Galbraith *et al.* in prep¹). Tout d'abord, tous les profils annuels disponibles de température et de salinité (campagnes du PMZA, relevés de l'évaluation des ressources halieutiques, relevés provenant d'autres régions du MPO, campagnes océanographiques internationales, programme Argo, etc.) sont moyennés verticalement aux 5 m et interpolés verticalement pour remplir les intervalles manquants. Ensuite, pour chaque saison (avril-juin pour le printemps et septembre-décembre pour l'automne), on calcule la moyenne de toutes les données sur une grille régulière de 0,1° x 0,1° (latitude x longitude) afin d'obtenir un profil saisonnier par cellule. Les données manquantes dans certaines cellules de la grille sont interpolées horizontalement à chaque niveau de profondeur. Pour chaque point de la grille, les données à la profondeur la plus proche de la bathymétrie GEMCO_2014 ([version 20141103](#)), sont considérées comme l'observation au fond, sauf si la différence excède 50 m. Dans ce qui suit, les observations au fond à plus de 1 000 m de profondeur sont ignorées. Cette méthode est appliquée pour toutes les années comprises entre 1980 et 2021 dont est dérivée la climatologie de 1991 à 2020. Les anomalies pour 2021 sont calculées comme la différence entre les observations annuelles et la climatologie.

Conditions printanière

Les cartes climatologiques printanières de la température et de la salinité au fond, ainsi que les observations et anomalies de 2021 pour les divisions 3LNOPs de l'OPANO, sont présentées respectivement à la Figure 31 et à la Figure 32 (voir le panneau central pour la couverture des stations échantillonnées). À cause de la pandémie de COVID-19, la région n'a pas été échantillonnée au printemps 2020, alors qu'au printemps 2021 seulement la division 3Ps a été échantillonnée.

Sur le banc de Saint-Pierre (est de la division 3Ps), les températures étaient généralement supérieures à 0° et supérieures à 6°C dans le chenal Laurentien, causant des anomalies chaudes sur toute la division, spécialement pour la partie la moins profonde où les températures ont été de 1.5 à 2.5°C au-dessus de la moyenne climatologique (Figure 31, panneau de droite).

La salinité au fond au printemps dans 3LNO est généralement de 32 à 33 au centre des grands bancs et de 33 à 35 plus près du talus (Figure 32, panneau de gauche). Dans 3Ps, les salinités étaient de 32 à 33 sur les zones moins profondes et au-dessus de 34,5 dans le chenal laurentien. En 2021, la salinité était près de la normale dans 3Ps (Figure 32, panneau de droite).

Les indices climatiques basés sur les anomalies normalisées de température printanière (température moyenne et température moyenne dans les fonds de 200 m et moins), de même que la surface du fond couvert par des eaux au-dessus de 2°C et en-dessous de 0°C entre 1980 et 2021 sont présentées dans une carte de pointage à la Figure 33.

Dans l'ensemble, les couleurs du tableau mettent en évidence deux grandes périodes de cette série chronologique, à savoir la période froide de la fin des années 80 et du début des années 90 (principalement des cellules bleues) et la période chaude du début des années 2010 (principalement des cellules rouges). Cette période chaude a duré entre 2010 et 2013 (2011 étant la plus chaude à 2,1 É.T. au-dessus de la normale dans 3LNO) avant de revenir à des valeurs normales. Entre 2015 et 2017, la surface du fond recouverte par une température inférieure à 0°C n'était que de -0,2 à 0,4 É.T. au-dessus de la normale.

Dans la division 3Ps, les températures au fond présentent certaines similitudes avec 3LNO, avec des périodes chaudes de 1999–2000 et de 2005–06 séparées par une période plus froide entre 2001–04 (2003 est l'année la plus froide jamais enregistrée depuis 1991 avec -2.1 É.T.). À l'exception de 2014 et 2017 (toutes deux normales), toutes les années entre 2010 et 2021 ont été plus chaudes que la normale. Tel que mentionné précédemment, peu d'information est disponible pour 2020 et 2021. Dans 3Ps, la seule division avec des données disponibles, 2021 a été l'année la plus chaude enregistré depuis le début de ces mesures avec +2.0 É.T. 2021 a également été l'année avec la plus petite surface du fond avec des eaux inférieure à 0°C avec -1.5 É.T. (à égalité avec 2011).

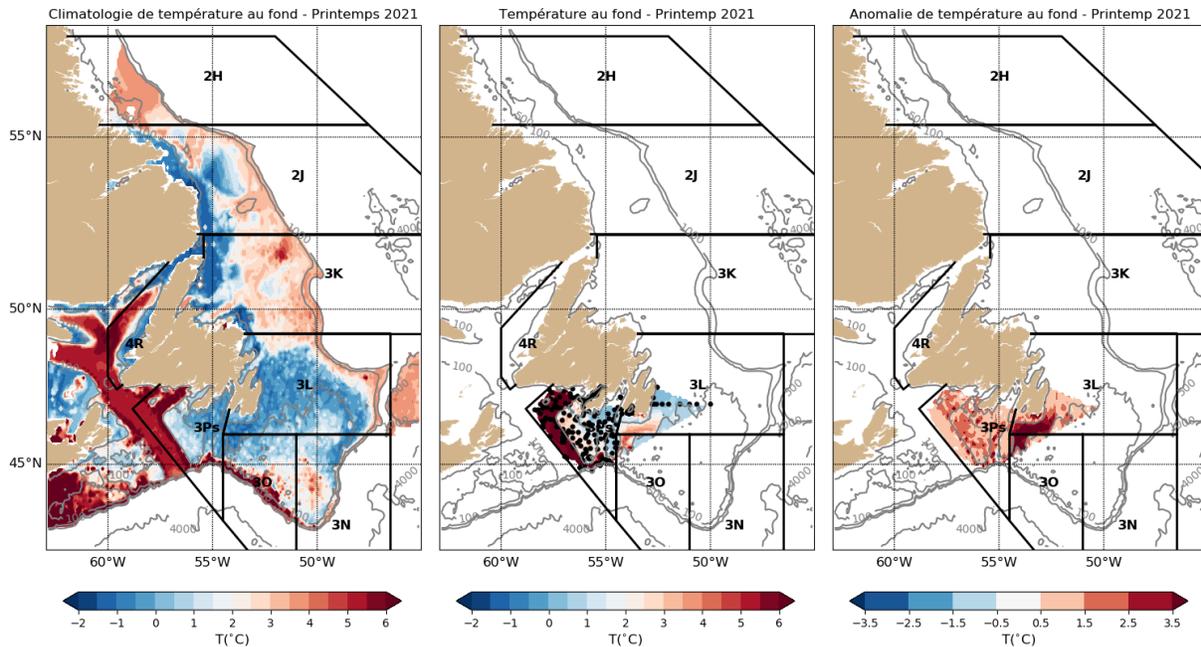


Figure 31 : Cartes des températures de fond au printemps pour les divisions de l'OPNAO 3LNOPs. La moyenne climatologique 1991–2020 est présentée à gauche, les valeurs pour 2021 au centre et l'anomalie pour 2021 à droite. Les positions des observations utilisées pour interpoler la température en 2021 sont indiquées par des points noirs dans le panneau du milieu.

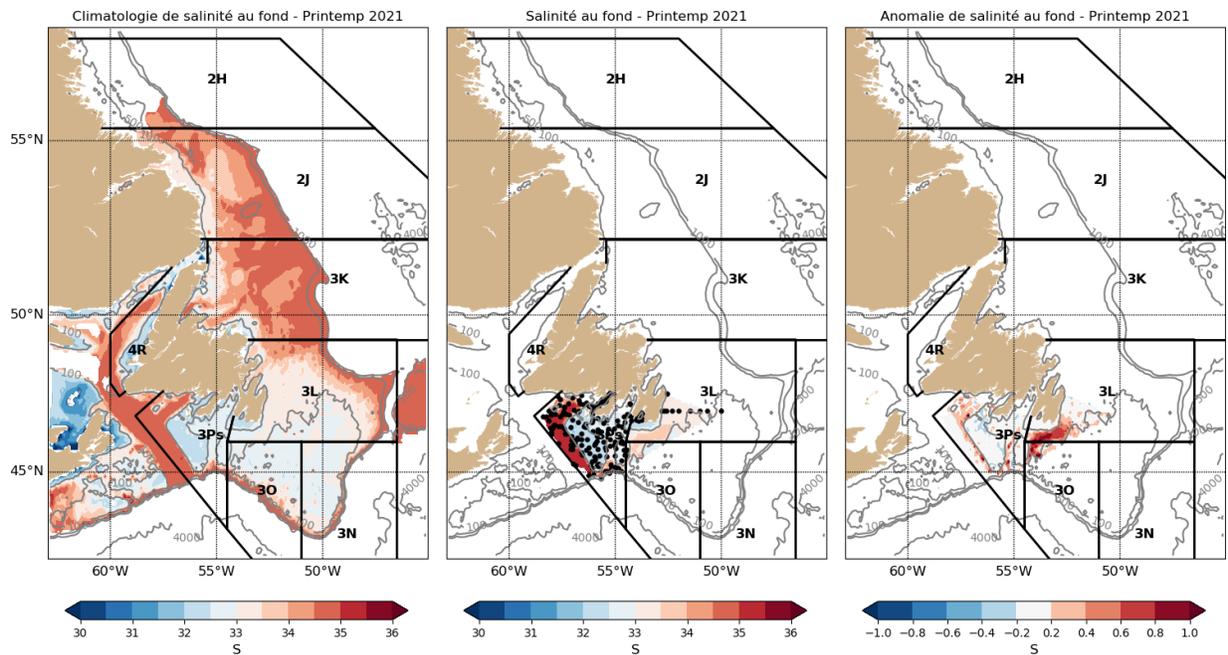


Figure 32 : Cartes des salinités de fond au printemps pour les divisions de l'OPNAO 3LNOPs. La moyenne climatologique 1991–2020 est présentée à gauche, les valeurs pour 2021 au centre et l'anomalie pour 2021 à droite. Les positions des observations utilisées pour interpoler la salinité en 2021 sont indiquées par des points noirs dans le panneau du milieu.

Conditions automnales

Les cartes climatologiques des températures et de salinité au fond à l'automne, ainsi que les observations et anomalies pour 2021 pour les divisions 2HJ3KLNO de l'OPANO sont présentées respectivement à la Figure 34 et à la Figure 35 (voir le panneau central pour l'occupation des stations). Tel qu'au printemps printemps, les Divisions 3LNO (Grands Bancs) n'ont pas été échantillonnées à cause de problèmes de disponibilité des navires. Pour les divisions où des données sont disponibles, une anomalie chaude de grande envergure a été observée (Figure 34, panneau de droite).

Les salinités au fond dans les divisions 2HJ et 3K présentent généralement un gradient côte-large compris entre <33 près de la côte et 34–35 sur le talus (Figure 35, panneau de gauche). La salinité au fond sur les grands bancs allait de <33 à 35, les valeurs les plus faibles se trouvant sur le haut-fond sud-est (*Southeast shoal*). En 2021, la salinité était au-dessus de la normale dans la plupart de 2HJ3K (Figure 35, panneau de droite), suggérant que l'anomalie négative de salinité observée à la Station 27 (Figure 19, panneau du bas) a été causé par les parties les plus haute dans la colonne d'eau.

Les anomalies de température de fond normalisées (température moyenne et température moyenne dans les fonds de 200 m et moins), de même que la surface du fond couvert par des eaux au-dessus de 2°C et en-dessous de 1°C entre 1980 et 2021 sont présentées dans une carte de pointage à la Figure 36. Cette figure met clairement en lumière la période froide du milieu des années 1980 au milieu des années 1990, avec les anomalies les plus froides atteintes dans les divisions 2J et 3K. Cette période fut suivit d'un réchauffement généralisé qui a atteint son apogée en 2010 et 2011, les années les plus chaudes jamais observées pour ces divisions. Suite à un bref retour à des anomalies froides entre 2012 et 2017, les températures au fond ont généralement été au-dessus de la normale par la suite. En 2021, elle étaient respectivement de 0.8, 0.8 et 0.7 É.T. au-dessus de la normale pour les division 2H, 2J et 3K.

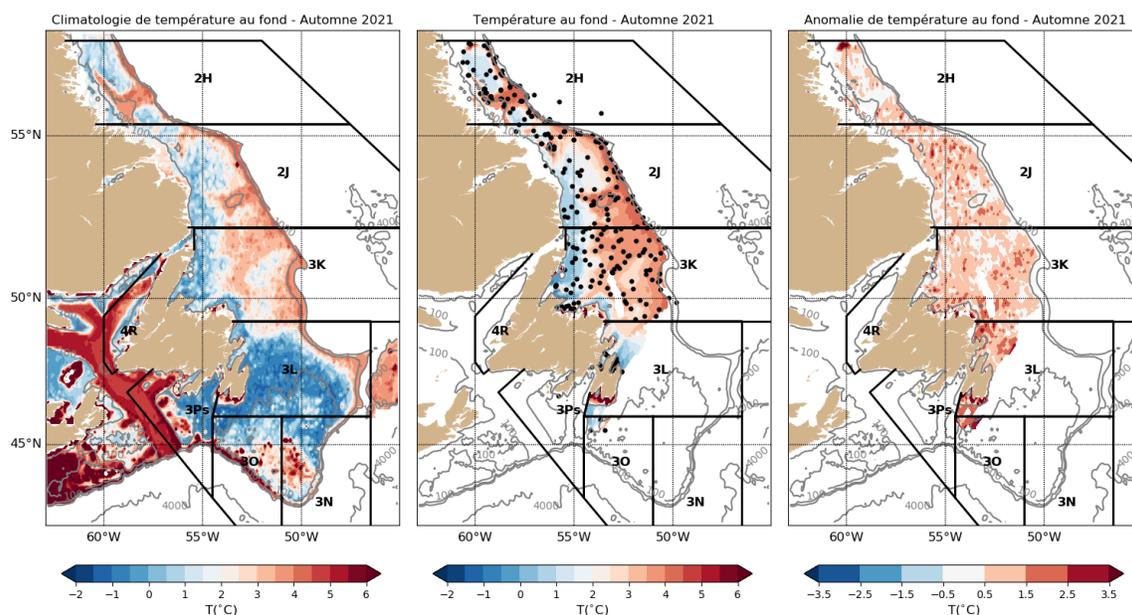


Figure 34 : Cartes des températures de fond à l'automne pour les divisions de l'OPNAO 2HJ3KLNO. La moyenne climatologique 1991–2020 est présentée à gauche, les valeurs pour 2021 au centre et l'anomalie pour 2021 à droite. Les positions des observations utilisées pour interpoler la température en 2021 sont indiquées par des points noirs dans le panneau du milieu.

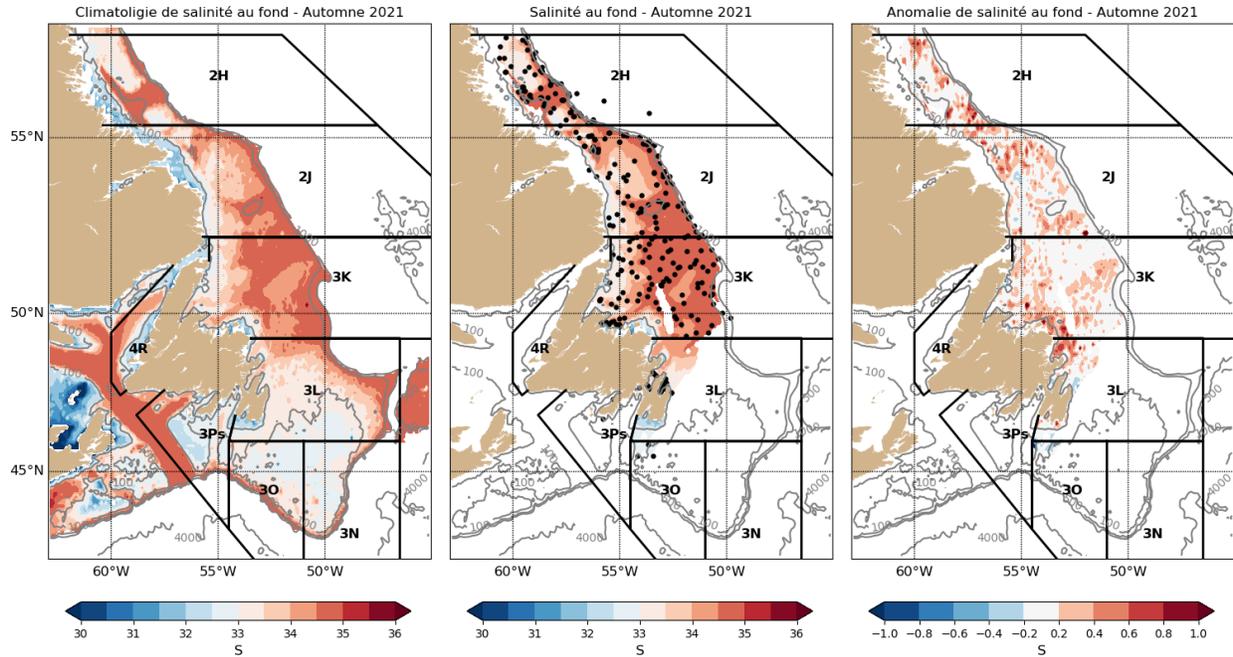


Figure 35 : Cartes des salinités de fond à l'automne pour les divisions de l'OPNAO 2HJ3KLNO. La moyenne climatologique 1991–2020 est présentée à gauche, les valeurs pour 2021 au centre et l'anomalie pour 2021 à droite. Les positions des observations utilisées pour interpoler la salinité en 2021 sont indiquées par des points noirs dans le panneau du milieu.

		-- Division 2H de l'OPANO --																																											
		80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	x̄	ET
T _{fond}													-2.2						-0.2	-0.2	0.2		-0.5			1.2	-0.3	0.1		1.8	2.0	0.3	-0.4	-0.1	-0.6	-0.4	-1.6	0.2	0.2	0.3	0.8	2.3	0.4		
T _{fond < 200m}			0.4		-2.7								-2.0					0.6	0.2	0.4		-1.5			1.0	-0.6	-0.6		1.5	1.9	0.4	-0.8	-0.5	0.1	0.0	-1.4	0.3	0.4	0.7	0.8	1.1	0.5			
Aire > 2°C			-0.3		-1.4								-1.0					0.7	0.7	0.3		-1.2			1.5	0.0	-0.2		1.6	2.0	-0.2	-0.2	-0.5	-1.6	-0.4	-1.6	0.2	0.0	-0.2	0.1	20.9	4.1			
Aire < 1°C			-0.9		2.9								2.6					-0.9	0.6	-0.6		0.4			-0.7	0.9	0.9		-1.3	-1.4	-0.2	0.9	0.1	-0.1	-0.1	1.0	-0.5	-0.7	-1.0	-1.0	9.9	7.3			
		-- NAFO division 2J --																																											
T _{bot}		-0.8	-0.2	1.7	-1.6	-2.9	-2.4	-0.2	-2.1	-0.4	-0.9	-1.9	-1.4	-2.3	-2.3	-1.6		0.3	0.0	0.0	0.3	-0.5	0.5	0.1	0.6	1.0	1.2	-0.4	1.2	-0.1	0.1	1.7	1.7	-0.1	0.0	-0.7	-0.7	0.2	-0.3	0.8	0.8	0.0	0.8	2.3	0.5
T _{bot < 200m}		-0.4	0.0	-1.3	-1.8	-2.5	-1.8	0.0	-1.8	-0.3	-0.9	-1.5	-1.5	-2.1	-2.0	-1.3		0.5	-0.2	-0.2	0.4	-0.5	0.7	0.3	0.6	0.7	1.2	-0.7	1.2	-0.2	0.1	1.5	1.7	-0.3	-0.4	-1.0	-0.8	0.8	-0.3	0.6	1.2	0.0	0.6	1.0	0.7
Area > 2°C		-0.5	-0.3	1.8	-1.1	-2.2	-2.0	-0.1	-1.7	-0.4	-1.0	-1.8	-1.2	-1.6	-1.9	-1.3		0.7	0.1	-0.2	-0.3	-0.5	0.6	-0.6	0.5	0.9	1.4	-0.3	1.5	-0.7	-0.3	1.9	2.2	-0.6	-0.3	-0.7	-0.5	0.2	-0.4	0.6	0.9	0.1	0.4	52.4	13.3
Area < 1°C		0.5	-0.1	1.8	1.7	2.2	2.0	-0.1	2.1	-0.1	1.0	1.8	1.6	1.9	2.0	1.4		-0.4	-0.1	0.3	-0.8	0.5	-0.7	-0.5	-0.7	-0.5	-1.3	0.7	-1.2	0.6	-0.1	-1.3	-1.3	0.5	0.4	1.0	0.8	-1.1	0.4	-0.6	-1.3	-0.2	-0.7	19.5	14.6
		-- Division 3K de l'OPANO --																																											
T _{fond}		-0.3	-0.4	-0.6	-1.0	-1.7	-2.6	-0.5	-1.5	-0.8	-0.7	-2.2	-1.3	-2.2	-2.2	-1.7	-1.1	-0.4	0.3	0.2	0.6	0.2	-0.2	0.4	0.5	1.3	0.7	0.0	0.8	0.5	0.0	1.4	2.1	0.1	0.3	-0.5	-0.2	-0.5	-0.9	0.6	0.7	0.5	0.7	2.6	0.4
T _{fond < 200m}		-0.2	-0.5	-2.2	-1.9	-2.1	-2.0	-0.2	-1.8	-1.1	-0.9	-1.8	-1.7	-1.8	-2.0	-1.6	0.0	0.4	0.3	-0.6	0.3	-0.6	0.2	0.4	0.4	1.1	0.7	-0.3	0.9	-0.3	-0.2	1.8	1.6	-0.1	-0.5	-0.9	-0.3	0.9	-0.5	0.8	1.5	1.0	0.8	0.6	0.7
Aire > 2°C		-0.3	-0.1	-0.3	-1.1	-1.4	-2.7	-0.2	-1.5	-0.8	-0.8	-2.1	-1.0	-2.1	-2.1	-1.8	-1.5	-0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	-0.2	0.8	0.2	1.0	0.9	0.0	0.8	0.5	-0.5	1.6	1.4	0.0	0.5	-0.7	-0.1	-0.8	-0.9	0.8	0.8	0.9	-0.3	77.7	13.0
Aire < 1°C		0.3	0.1	0.6	1.2	1.4	2.6	-0.4	0.8	0.2	0.3	2.8	1.4	2.0	2.5	1.8	0.2	-0.5	0.1	0.2	-0.3	0.4	0.0	-0.6	0.0	-1.2	-0.9	0.4	-1.0	0.2	0.3	-1.3	-1.4	0.3	-0.2	0.6	0.1	-0.7	0.8	-0.9	-1.3	-0.9	-0.6	13.3	9.0
		-- Divisions 3LNO de l'OPANO --																																											
T _{fond}		0.3	-0.1	1.0	0.1	-0.5	-1.0	0.0	-0.7	-1.1	0.1	-1.0	-1.4	-1.3	-2.0	-1.4	-0.3	0.1	-0.1	0.7	1.7	-0.3	0.0	0.0	-0.3	0.8	0.2	0.5	-0.1	-0.5	0.5	1.3	2.4	0.4	0.6	-0.8	-0.1	0.2	-2.1	0.2	0.1	1.1		1.2	0.5
T _{fond < 200m}		0.5	-0.1	1.2	0.2	-0.4	-0.9	0.2	-0.7	-1.0	0.2	-0.7	-1.3	-1.1	-2.0	-1.3	-0.2	0.2	-0.2	0.7	1.8	-0.5	0.1	-0.1	-0.4	0.7	0.2	0.6	-0.3	-0.8	0.6	1.4	2.4	0.3	0.6	-0.9	-0.3	0.3	-2.0	0.1	0.2	1.2		0.8	0.5
Aire > 2°C		0.1	-0.3	0.5	0.5	0.1	-1.4	0.1	-0.6	-1.5	0.7	-1.1	-1.0	-1.3	-1.8	-1.3	-0.5	-0.1	-0.1	1.0	2.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	0.5	0.1	0.2	-0.1	-0.7	0.5	1.2	2.3	0.7	0.7	-1.0	0.0	0.3	-2.0	-0.1	0.1	1.3		73.5	22.3
Area < 0°C		-0.6	0.8	0.1	0.8	1.1	0.4	0.0	0.5	0.4	0.2	0.6	1.4	1.1	2.0	1.4	-0.2	0.1	0.3	-0.2	-1.2	0.7	0.1	-0.3	0.0	-1.6	-0.5	-0.9	0.1	0.5	-0.1	-1.1	-2.5	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	2.0	-0.4	-0.1	-1.3		91.6	33.2

Figure 36 : Tableau des anomalies normalisées des températures de fond (respectivement la température moyenne, la température moyenne pour les profondeurs inférieures à 200 m et les surfaces du fond recouverte d'eau au-dessus de 2°C et au-dessous de 1°C ou 0°C selon les divisions) pour les divisions de l'OPANO 2H, 2J, 3K et 3LNO.

Sommaire des températures au fond

Lorsque les anomalies normalisées des températures au fond au printemps et à l'automne (première rangée de la carte à pointage de la Figure 33 et de la Figure 36) sont combinées dans un même graphique, les changements à basse fréquence des températures au fond sur le plateau de TNL devient clair (Figure 37). La période la plus froide est celle du milieu des années 1980 au milieu des années 1990. De telles anomalies froides ne sont pas observées ailleurs dans cette série temporelle. Par exemple, malgré un indice ONA hivernal négatif ayant causé des conditions froides entre 2012 et 2017 (voir section sur les conditions météorologiques), les températures au fond durant ces années sont seulement retournée vers la normale suite aux conditions plutôt chaudes du milieu des années 1990 au milieu des années 2010. Alors que 2011 a été l'année la plus chaude enregistrée pour la moyenne des températures au fond (+1,8 É.T.), 2021 se classe au deuxième rang avec +1,4 É.T.

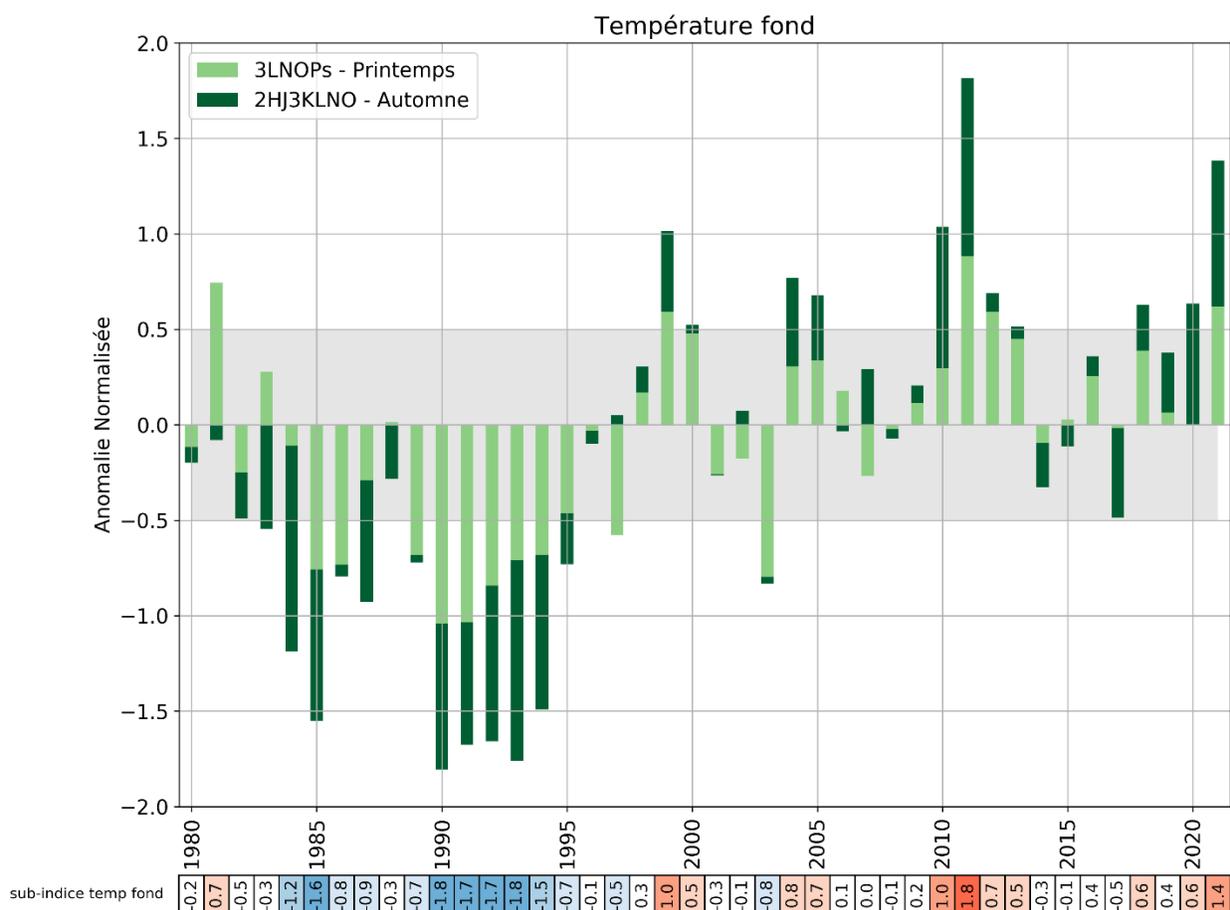


Figure 37 : Moyennes des anomalies de températures des eaux de fond à l'automne pour les divisions de l'OPANO 3LNOPs (printemps) et 2HJ3KLNO (automne). Cette série temporelle correspond à la moyenne des deux saisons, pour laquelle la contribution relative de chacune est représentée par la longueur de la barre. La bande ombragé représente une enveloppe dite normale correspondant à la moyenne 1991–2020 $\pm 0,5$ É.T. Les valeurs numériques de cette série temporelle sont rapportées dans une carte à pointage au bas de la figure. Cette série temporelle est utilisée pour construire l'indice climatique de TNL présent dans le sommaire (Figure 40).

TRANSPORT DU COURANT DU LABRADOR

La circulation dans région de TNL est dominée par le courant du Labrador qui coule vers le sud-est, apportant des eaux froides et relativement fraîches sur le plateau continental (Figure 38). Ce flux peut affecter de manière significative les environnements physiques et biologiques au large du Canada Atlantique sur des échelles de temps saisonnières et interannuelles. Sur le plateau, le courant côtier du Labrador (Florindo-Lopez *et al.* 2020) commence près de la pointe nord du Labrador, où le courant sortant du détroit d'Hudson se combine avec le courant Est de l'île de Baffin. Il descend ensuite vers le sud-est sur le plateau du Labrador. La branche hauturière du courant du Labrador coule le long du talus. Ce courant fait partie de la grande circulation de l'Atlantique Nord-ouest constituée du courant ouest du Groenland qui se dirige vers le nord le long de la côte ouest du Groenland et dont une branche tourne vers l'ouest et traverse la partie nord de la mer du Labrador, formant la partie nord du gyre subpolaire.

Plus au sud, près du nord des grands bancs, la branche côtière devient plus large et moins définie. Dans cette région, la majeure partie du flux côtier se combine avec la branche au large et se dirige vers l'est, avec une partie du flux combiné suivant la bathymétrie vers le sud autour des grands bancs et le reste se poursuivant vers l'est, puis vers le sud autour du Bonnet Flamand (Figure 38). Une composante côtière plus petite traverse le chenal d'Avalon, autour de la péninsule d'Avalon, puis vers l'ouest le long de la côte sud de Terre-Neuve. Au sud des grands bancs, la branche hauturière se dirige vers l'ouest le long du talus continental, dont une partie se jette dans le chenal Laurentien, puis sur le plateau néo-écossais. Cette extension du courant du Labrador est appelée le courant de bord du plateau néo-écossais. De plus, il existe de fortes interactions entre la branche hauturière du courant de Labrador et la circulation à grande échelle. Une partie importante de celle-ci se combine avec la dérive nord-atlantique et forme la partie sud du gyre subpolaire. Plus à l'est, le Bonnet Flamand est situé dans la zone de confluence des courants de bords ouest subpolaires et subtropicaux de l'Atlantique Nord. L'eau du courant de Labrador coule à l'est le long des pentes nord du Cap et au sud autour des pentes est du Cap. Dans la région est de la Passe Flamande, les eaux de la dérive nord-atlantique s'écoulant vers le nord contribuent à la formation d'un gyre anticyclonique induit par la topographie dans la partie centrale du Cap.

Les données altimétriques satellitaires sont utilisées sur une vaste zone spatiale pour calculer les anomalies de moyenne annuelle du transport du courant du Labrador (Han *et al.* 2014). Au total, neuf traces altimétriques satellites transversales sont utilisées pour couvrir les pentes de TNL entre 47° et 58°N (voir la carte de la Figure 38). De la même façon, cinq traces situées entre 55° et 65°O sont utilisées pour le talus néo-écossais. Les plages de profondeur nominales utilisées pour calculer le transport sont comprises entre 200 et 3,000 m sur les pentes de TNL et entre 200 et 2,000 m sur le talus néo-écossais.

Une analyse en fonctions orthogonales empiriques (EOF) des anomalies de transport annuelles moyennes a été réalisée. L'indice a été développé à partir de la série temporelle du premier mode EOF, normalisée en divisant la série temporelle par son écart type. Les valeurs moyennes de transport sont fournies en fonction d'une sortie du modèle de circulation océanique sur les pentes du plateau de TNL (Han *et al.* 2008) et sur le talus néo-écossais (Han *et al.* 1997). Le transport moyen pour le courant du Labrador est de 13 Sv ($1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) avec un écart type de 1,4 Sv, et le transport du courant de bord du plateau néo-écossais est de 0,6 Sv avec un écart-type de 0,3 Sv. Les valeurs d'écart type seront mises à jour à mesure que les connaissances sur la profondeur nominale s'amélioreront.

Le courant du Labrador sur les pentes de TNL est en déphasage par rapport au transport le long du talus néo-écossais pour la plupart des années de 1993 à 2021 (Figure 39). Le transport du courant du Labrador sur les pentes de TNL était le plus fort au début des années 1990 et le

plus faible au milieu des années 2000 et au début des années 2010, et est re-devenu fort vers la fin des années 2010. Une tendance généralement opposée est observée sur le talus néo-écossais. Les transports du courant du Labrador et du courant de bord du plateau néo-écossais sont respectivement corrélés de manière positive et négative avec l'indice ONA hivernal.

En 2021, le transport moyen annuel du courant du Labrador sur le plateau de TNL a continué sa tendance au ralentissement observée depuis 2019 pour devenir normal. Le transport du courant sur le talus néo-écossais est demeuré quant à lui au-dessous de la normale pour une huitième année consécutive à -1,4 É.T.

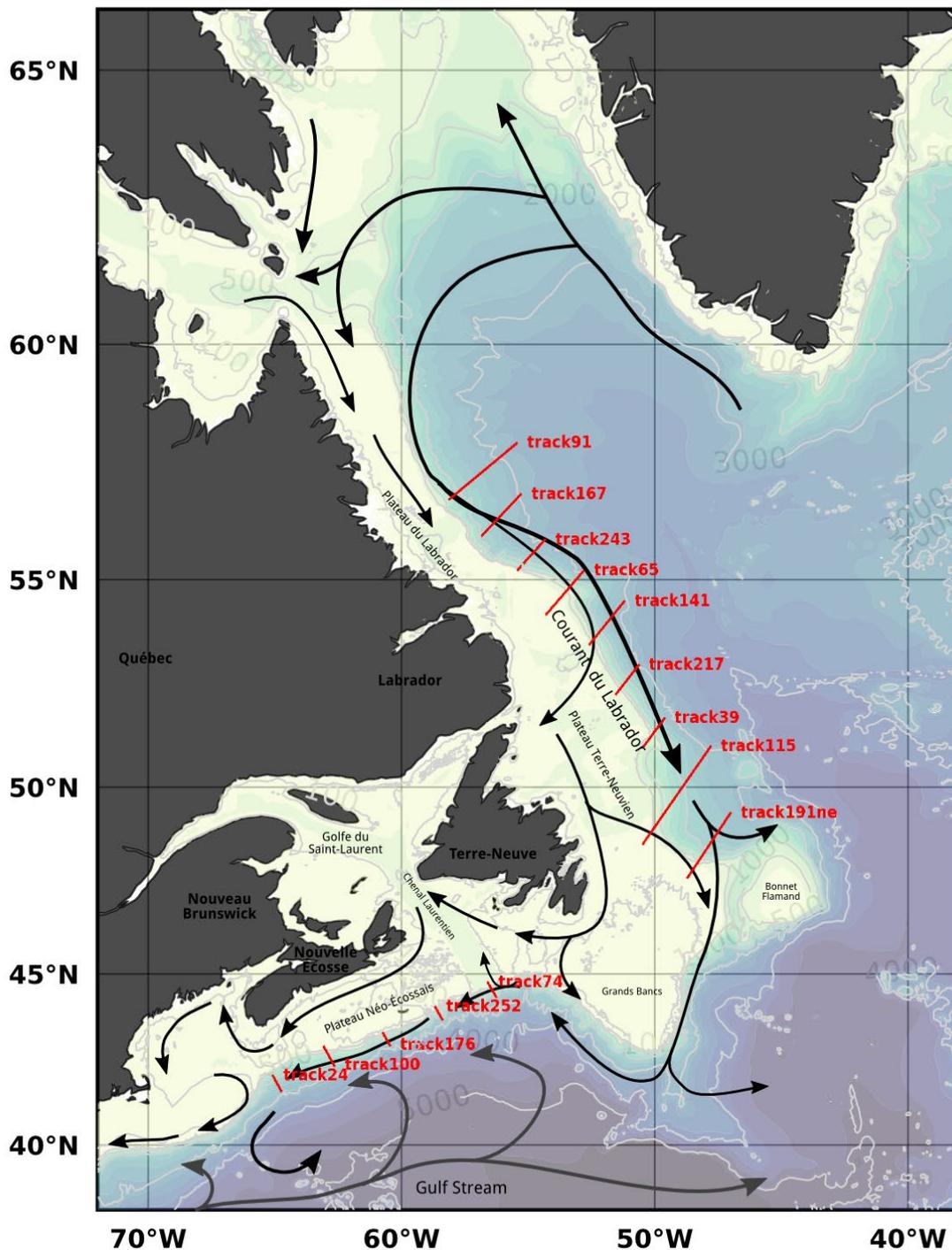


Figure 38 : Carte montrant la topographie du fond de l'Atlantique Nord-ouest (contours tracés en gris clair) et un schéma des courants (flèches noires). Le transport de courant est calculé au travers une série de sections transversales (en rouge) identifiées par le nombre de trajectoires satellitaires au sol (track). Les trajectoires au nord sont utilisées pour le calcul du transport du courant du Labrador sur le talus de TNL, alors que celles au sud sont utilisées pour le calcul du transport le du courant de bord du plateau néo-écossais.

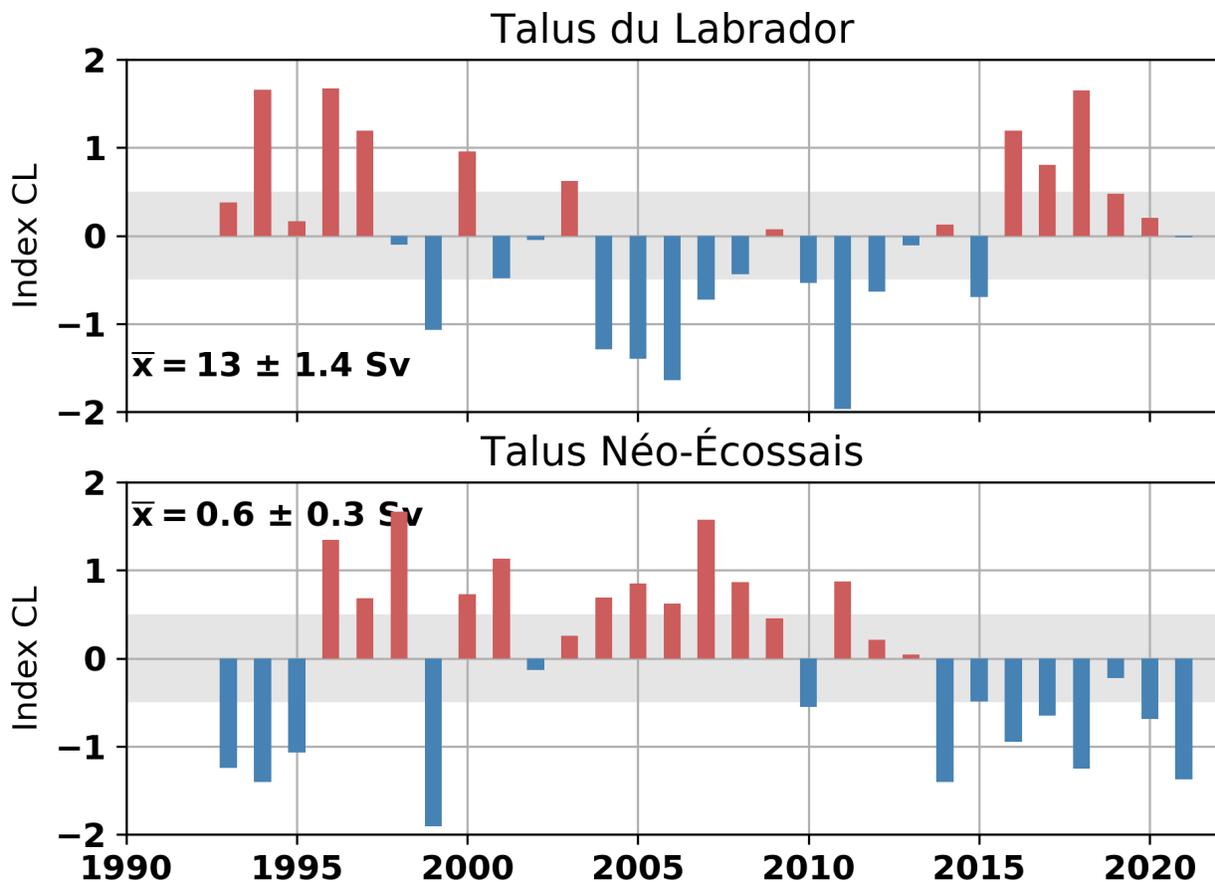


Figure 39 : Indice normalisé du transport annuel moyen du courant du Labrador pour le talus de TNL (haut) ainsi que le transport du courant de bord du plateau néo-écossais (bas). Les moyennes à long-terme (1993–2021) ainsi que les écarts-types sont de $13 \pm 1.4 \text{ Sv}$ pour le talus de TNL et de $0.6 \pm 0.3 \text{ Sv}$ pour le talus du plateau néoécossais. Celles-ci sont représentées par une bande ombragée sur les figures.

SOMMAIRE

L'indice climatique de TNL (NLCI; Cyr and Galbraith 2021), est un sommaire de plusieurs séries temporelles discutées dans ce rapport (Figure 40). L'indice NLCI va de 1951 à de nos jours. Cet index, présenté ici sous la forme d'une carte à pointage suivie d'un graphique à barres, est le résultats de 10 séries temporelles avec un même poids:

- Indice ONA hivernal (commence en 1951; Figure 3);
- Températures de l'air à 5 sites (commence en 1950; Figure 5);
- Durée et étendue maximale du couvert saisonnier de la glace de mer pour les plateaux du nord et sud du Labrador, ainsi que pour le plateau de Terre-Neuve (commence en 1969; Figure 12)
- Le nombre d'icebergs traversant 48°N (commence en 1950; Figure 13);
- SSTs dans les divisions 2GHJ3KLNOP de l'OPANO (commence en 1982; Figure 16);
- Température moyennée verticalement à la Station 27 (commence en 1951; Figure 19);
- Salinité moyennée verticalement à la Station 27 (commence en 1951; Figure 19);

-
- Coeur de la CIF à la Station 27 (commence en 1951; Figure 21);
 - Aire de la CIF le long des sections hydrographiques Seal Island, Bonavista et Flemish Cap (commence en 1950; Figure 30); et
 - Températures au fond au printemps et à l'automne dans les divisions 3LNOPs et 2HJ3KLNO de l'OPANO, respectivement (commence en 1980; Figure 37).

L'indice NLCI peut être interprété comme une mesure de l'état général du système climatique, avec les valeurs positives indiquant des conditions chaudes et fraîches avec moins de glace de mer, alors qu'inversement les valeurs négatives indiquent des conditions froides et plus salées. Cet indice remplace l'*indice environnemental composite* (CEI) présenté dans les rapports similaires à celui-ci jusqu'à récemment (e.g., Cyr et al 2019).

L'indice NLCI met en lumière les différents régimes climatiques qui ont prévalu depuis le début des années 1950. Par exemple, les années 1960 ressortent comme la période la plus chaude de la série temporelle, alors que le début des années 1990 est la plus froide. La tendance au réchauffement du début des années 1990 qui a culminé en 2010 a été suivie par une période plutôt froide qui a culminé en 2015. Alors que l'indice NLCI pour les années 2016 à 2020 était normal (avec certaines années positives et certaines années négatives), 2021 était l'une des années les plus chaudes jamais enregistrées, à égalité avec 2010 et 1966. L'indice NLCI ainsi que ses sous-indices sont disponibles à l'adresse <https://doi.org/10.20383/101.0301> (Cyr and Galbraith, 2020b).

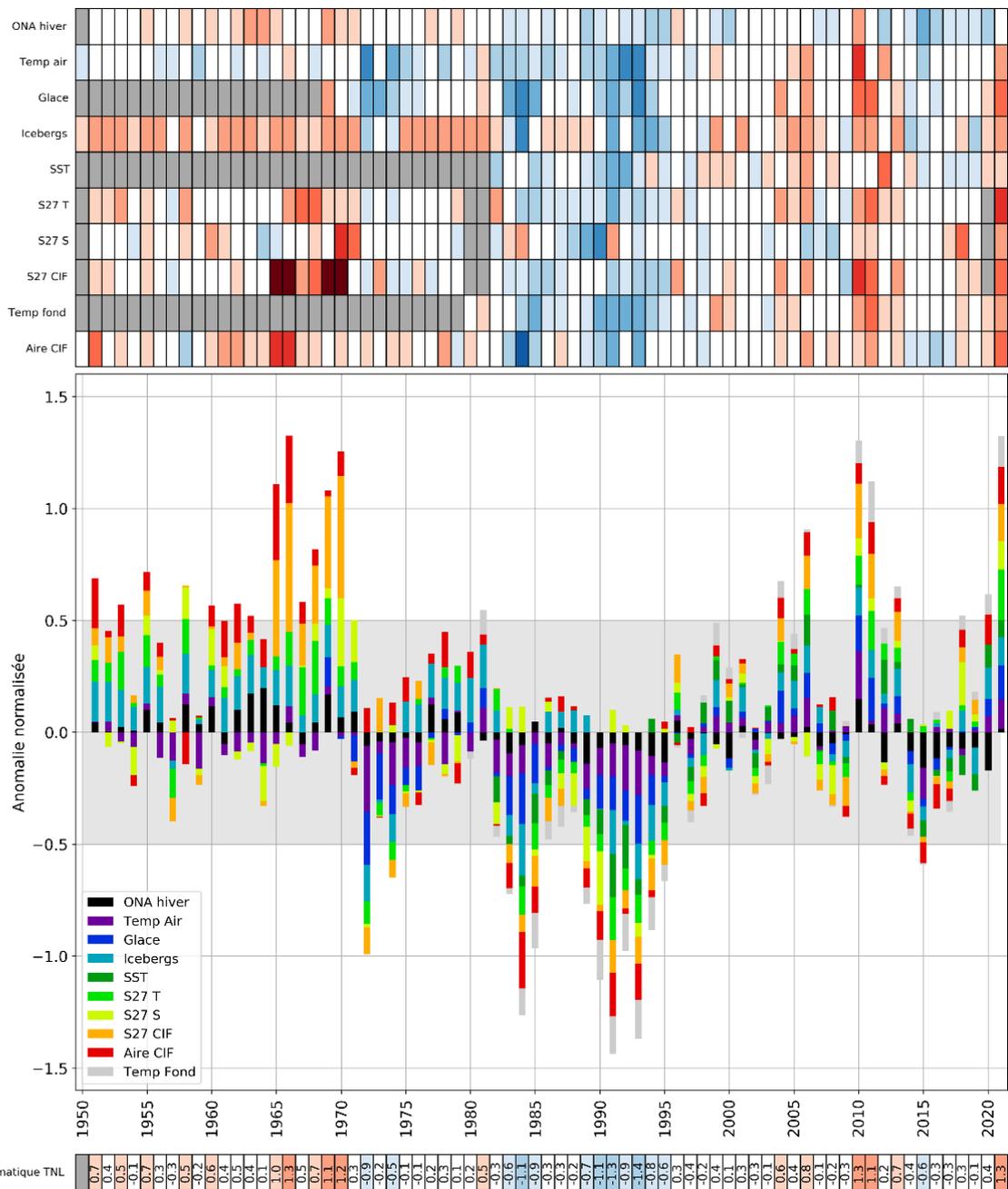


Figure 40 : L'indice climatique pour Terre-Neuve et Labrador est obtenu en faisant la moyennes de plusieurs séries temporelles normalisées présentées dans ce rapport. La carte à pointage dans le panneau du haut présentes les 10 sous-indices utilisés pour construire cet indice climatique, avec un code de couleur correspondant à leur valeur (bleu négatif, rouge positif, blanc neutre). Le signe de certain sous-indices (ONA, glace, icebergs, salinité et CIF) ont été inversés puisque les anomalies positives signifient généralement des conditions froides. Les cellules en gris indiquent une absence de données. Le panneau du milieu représente l'indice climatique dans un graphique dans lequel la grandeur de chaque barre correspond à la moyenne des 10 sous-indices, et où la chaque couleur est ajustée proportionnellement à la contribution de chaque sous-indice à la moyenne. La carte à pointage au bas de la figure montre les valeurs numérique de cet indice climatique, colorées en fonction de leur signe.

FAITS SAILLANTS POUR 2021

- Basé sur l'indice climatique de TNL, 2021 a été l'une des années les plus chaudes jamais enregistré (à égalité avec 2010 et 1966).
- La température annuelle de l'air à 5 sites autour de l'Atlantique nord-ouest a été à son deuxième niveau le plus chaud enregistré (depuis 1950), après 2010. De nouveaux records ont toutefois été établis pour la température hivernale à Iqaluit, Bonavista et Saint-Jean-de-Terre-Neuve (à égalité avec 2011).
- Les conditions de glace de mer (durée de la saison et couvert maximal) étaient à leur troisième plus faible niveau (depuis 1969) après 2010 et 2011.
- Seulement un iceberg a dérivé au sud de 48°N, un des plus bas nombre jamais observé (un iceberg a aussi été observé en 2010, alors qu'aucun n'a été observé en 2006 et 1966).
- La température moyennée verticalement à la Station 27 était à son plus haut niveau jamais observé (depuis 1951).
- La salinité moyennée verticalement à la Station 27 était à son second niveau le plus faible (après 2018) depuis la *grande anomalie de salinité* des années 1970.
- L'aire de la CIF moyennée le long de trois sections hydrographiques sur le plateau de TNL était à son troisième niveau le plus faible jamais observé (série qui commence en 1950), après 1966 et 1965, respectivement.
- Les températures moyennes au fond au printemps (3Ps) et à l'automne (2HJ3K) étaient à leur deuxième niveau le plus chaud après 2011 (série qui commence en 1980).
- Le transport sur la talus du plateau néo-écossais est demeuré sous la normale pour une huitième années consécutives.

REMERCIEMENTS

Ce travail est une contribution au programme scientifique du Programme de Monitoring de la Zone Atlantique. Nous remercions les nombreux scientifiques et techniciens du Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest pour avoir recueilli et fourni une grande partie des données figurant dans cette analyse, ainsi que la Section des données sur le milieu marin de Pêches et Océans Canada à Ottawa pour avoir fourni la plupart des données historiques. Nous remercions également le capitaine et l'équipage du NGCC *Teleost* pour la collecte de données océanographiques en 2021. Enfin, nous remercions Heather Andres et Jared Penney pour avoir révisé ce document.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Colbourne, E., Holden, J., Senciall, D., Bailey, W., Craig, J., and S. Snook. 2015. [Physical Oceanographic Conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2014](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/053. v + 37 p.
- Colbourne, E.B., Narayanan, S., and Prinsenber, S. 1994. Climatic changes and environmental conditions in the Northwest Atlantic, 1970-1993. ICES Mar. Sci. Symp. 198:311–322.
- Cyr, F., Colbourne, E., Holden, J., Snook, S., Han, G., Chen, N., Bailey, W., Higdon, J., Lewis, S., Pye, B. et D. Senciall. 2019. [Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador en 2017](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/051. iv + 62 p.
- 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. and Galbraith, P. 2020a. Newfoundland-Labrador Shelf. Ch. 4.3 in: [ICES Report on Ocean Climate 2019](#) (González-Pola, C., Larsen, K.M.H., Fratantoni, P., and Beszczynska-Möller, A. [Eds.]). 2020. ICES Cooperative Research Reports No. 350. 136 pp.
- Cyr, F. and Galbraith, P. 2020b. [Newfoundland and Labrador climate index](#). Federated Research Data Repository. Version 2021.
- Cyr, F. and Galbraith, P.S. 2021. [A climate index for the Newfoundland and Labrador shelf](#). Earth Syst. Sci. Data. 13(5):1807–1828.
- Dickson, R.R., Meincke, J., Malmberg, S-A., and Lee, A.J. 1988. [The “great salinity anomaly” in the Northern North Atlantic 1968–1982](#). Prog. Oceanogr. 20(2):103–151.
- Doubleday, W.G., Editor. 1981. Manual on Groundfish Surveys in the Northwest Atlantic. NAFO. Sci. Coun. Studies. 2:7–55.
- Drinkwater, K.F. 1996. Atmospheric and Oceanic Variability in the Northwest Atlantic During the 1980s and Early 1990s. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 18:77–97.
- Florindo-López, C., Bacon, S., Aksenov, Y., Chafik, L., Colbourne, E., and Holliday, N.P. 2020. [Arctic Ocean and Hudson Bay Freshwater Exports: New Estimates from Seven Decades of Hydrographic Surveys on the Labrador Shelf](#). J. Clim. 33(20):8849–8868.
- Galbraith, P.S., Larouche, P., and Caverhill, C. 2021. [A Sea-Surface Temperature Homogenization Blend for the Northwest Atlantic](#). Can. J. Remote Sens. 47(4):554–568.
- Han, G., Chen, N., and Ma, Z. 2014. [Is there a north-south phase shift in the surface Labrador Current transport on the interannual-to-decadal scale?](#) J. Geophys. Res. Oceans. 119(1):276–287.
- Han, G., Lu, Z., Wang, Z., Helbig, J., Chen, N., and de Young, B. 2008. [Seasonal variability of the Labrador Current and shelf circulation off Newfoundland](#). J. Geophys. Res. Oceans. 113(C10):1–23.
- Han, G., Hannah, C.G., Loder, J.W., and Smith, P.C. 1997. [Seasonal variation of the three-dimensional mean circulation over the Scotian Shelf](#). J. Geophys. Res. Oceans. 102(C1):1011–1025.
- ICNAF. 1978. List of ICNAF standard oceanographic sections and stations. ICNAF selected papers #3. NAFO.

-
- International Ice Patrol. 1995. [International Ice Patrol \(IIP\) Iceberg Sightings Database, Version 1](#). Boulder, Colorado USA. NSIDC: National Snow and Ice Data Center. [doi](#). [Accessed 2022-01-18].
- Kerr, R.A. 2000. [A North Atlantic Climate Pacemaker for the Centuries](#). Science 288(5473):1984–1985.
- McDougall, T.J. and Barker, P.M. 2011: Getting started with TEOS-10 and the Gibbs Seawater (GSW) Oceanographic Toolbox, 28pp., SCOR/IAPSO WG127, ISBN 978-0-646-55621-5.
- Petrie, B., Pettipas, R.G., and Petrie, W.M. 2007. [An Overview of Meteorological, Sea Ice and Sea-Surface Temperature Conditions off Eastern Canada during 2006](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2007/022. iii + 38 p.
- Petrie, B., Akenhead, S., Lazier, J., and Loder, J. 1988. The Cold Intermediate Layer on the Labrador and Northeast Newfoundland Shelves, 1978–86. NAFO Sci. Coun. Studies. 12:57–69.
- Therriault, J.-C., Petrie, B., Pepin, P., Gagnon, J., Gregory, D., Helbig, J., Herman, A., Lefaivre, D., Mitchell, M., Pelchat, B., Runge, J., and Sameoto, D. 1998. Proposal for a Northwest Atlantic Zonal Monitoring Program. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 194: vii+57 p.
- Thyng, K.M., Greene, C.A., Hetland, R.D., Zimmerle, H.M., and DiMarco, S.F. 2016. [True colors of oceanography: Guidelines for effective and accurate colormap selection](#). Oceanography. 29(3):9–13.
- Vincent, L.A., Wang, X.L., Milewska, E.J. Wan, H., Yang, F., and Swail, V. 2012. [A second generation of homogenized Canadian monthly surface air temperature for climate trend analysis](#). J. Geophys. Res. Atmospheres. 117(D18).