



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2021/017

Région de Terre-Neuve et Labrador

**Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de
Terre-Neuve-et-Labrador en 2019**

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

Direction des sciences
Pêches et Océans Canada
C. P. 5667
St. John's (T.-N. L) 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, 2021
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

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.

Also available in English :

Cyr, F., Snook, S., Bishop, Galbraith, P.S., Pye, B., Chen, N., and Han, G. 2021. Physical Oceanographic Conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2019. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2021/017. iv + 52 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	iv
INTRODUCTION	1
CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES	3
CONDITIONS DE GLACE DE MER.....	7
TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA MER	16
CONDITIONS OCÉANIQUES SUR LES PLATEAUX DE TERRE-NEUVE ET LABRADOR	20
OBSERVATIONS À LONG-TERME À LA STATION 27	20
SECTION HYDROGRAPHIQUES STANDARDS	30
Température et salinité	30
Variabilité de la couche intermédiaire froide	34
OBSERVATIONS DE FOND DANS LES SOUS-DIVISIONS DE L'OPANO	37
Conditions printanières	38
Conditions automnales	42
INDICE DU COURANT DU LABRADOR.....	45
SOMMAIRE	49
FAITS SAILLANTS POUR 2019.....	50
REMERCIEMENTS	52
RÉFÉRENCES CITÉES.....	53

RÉSUMÉ

Un sommaire des conditions océanographiques physiques pour la région de Terre-Neuve et Labrador (TNL) en 2019 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, a au-dessus de la normale pour une sixième année consécutive (depuis 2012, seulement 2013 a été négative). La majorité des paramètres environnementaux présentés dans ce rapport ont toutefois été normaux. Le volume de glace de mer sur le plateau de Terre-Neuve et Labrador a été légèrement sous la normale, mais caractérisé par une grande anomalie négative en mars et avril, ce qui a aussi causé un retrait des glaces tôt sur le plateau continental de Terre-Neuve. Un très grand nombre d'icebergs (1 515) ont dérivé au sud de 48°N, faisant de 2019 l'année avec le septième plus grand nombre depuis 1900. Les températures de surface de la mer autour de l'océan Atlantique nord-ouest, bien que près de la normale sur l'ensemble de l'année, ont été caractérisé par des températures légèrement au-dessus de la normale pour les régions au nord et sous la normale pour les régions du sud, spécialement lors de la première moitié de l'année. Alors que les observations durant les missions hydrographiques estivales du PMZA ont montré une prédominance de conditions froides depuis 2012, le volume de la couche intermédiaire froide (CIF; définie par des températures <0°C) a diminué en 2019 le long des sections Bonavista et du Bonnet Flamand (il avait aussi diminué en 2018 le long de la section Seal Island). Les températures de fond au printemps dans les divisions NAFO 3LNOPs étaient près de la normale, à l'exception des talus autour des grands bancs où elles étaient au-dessus de la normale. En automne, les températures de fond dans les divisions 2HJ3KLNO étaient au-dessus de la normale, spécialement dans 2J (+1.1 É.T.) et 3K (+1.0 É.T.). Le transport par le courant du Labrador le long du talus du Labrador et du nord de Terre-Neuve était de retour à la normale après avoir été à son plus haut depuis le début de la série temporelle en 2018 (série temporelle commencée en 1993). L'indice du climat de l'Atlantique nord-ouest, calculé à partir des données météorologiques, de glace et de température et de salinité de l'océan depuis 1950 a été près de la normale en 2019.

INTRODUCTION

Le présent document donne un aperçu de l'environnement océanographique physique en 2019 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, dans le cadre du Programme de monitoring de la zone atlantique (PMZA; Therriault *et al.* 1998; Galbraith *et al.* 2020; Hebert *et al.* in prep¹). Un aperçu des conditions océanographiques physiques pour 2019 a été présenté dans Cyr *et al.* 2020.

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 calculée par imagerie satellitaire infrarouge de l'Atlantique nord-ouest (AVHRR, ou Advance Very High Resolution Radiometer);
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.) fournies par le Service des données sur le milieu marin (SDMM) du MPO;
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 1981 à 2010. 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 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 document proviennent d'un outil appelé cmocean (Thyng *et al.*, 2016).

¹ Hebert, D., Layton, C. and Brickman, D. In Prep. Physical Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine during 2019. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.

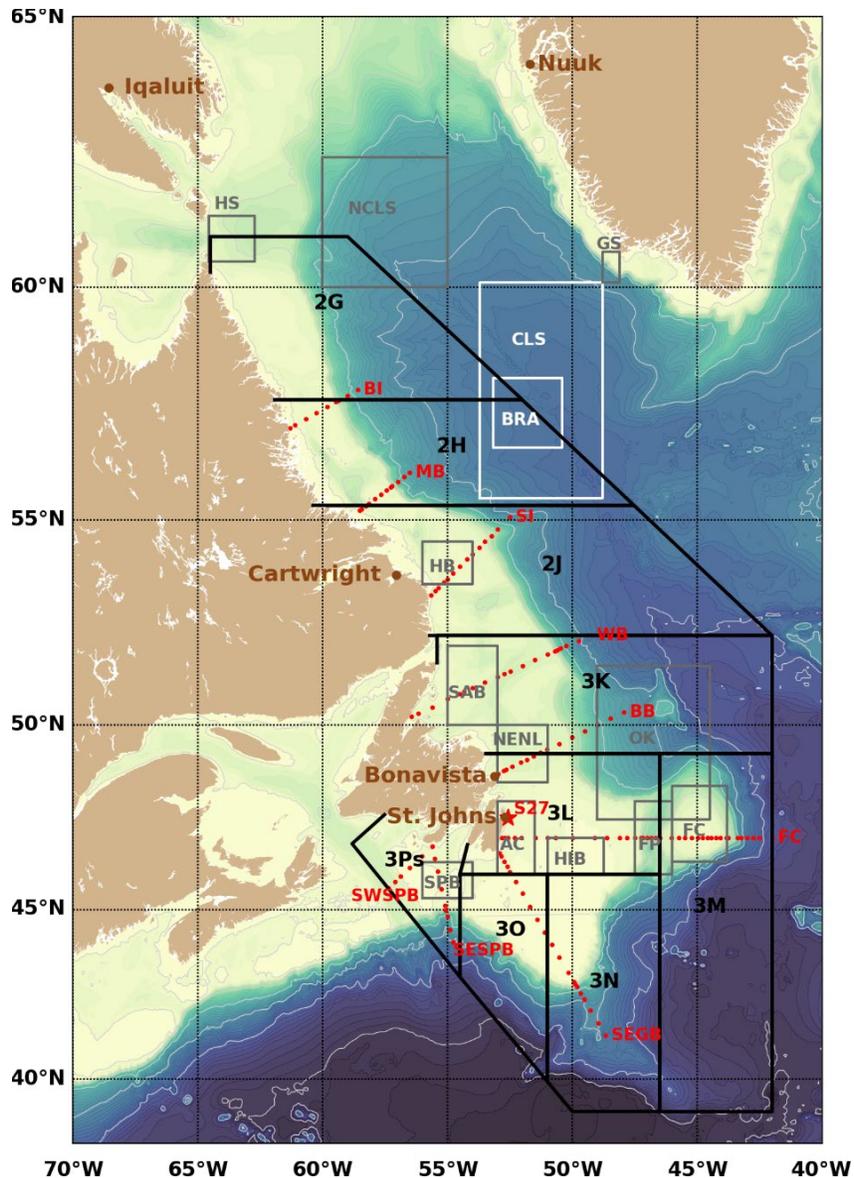


Figure 1. Carte montrant les divisions de l'OPANO ainsi que les contours bathymétriques de l'Atlantique Nord-ouest. Les sections hydrographiques standards du PMZA sont présentées avec des points rouges alors que la station 27 est représentée par une étoile rouge. Les stations utilisées pour la température de l'air sont en brun. Les boîtes utilisées pour extraire les températures de surface de l'océan sont tracées en gris ou blanc. Ces régions sont, du nord au sud: plateau du Groenland (GS), mer du Labrador nord-centre (NCLS), détroit d'Hudson (HS), mer du Labrador centre (CLS), Station Bravo (BRA), Banc Hamilton (HB), Bassin St. Anthony (SAB), Nord-Est du plateau de Terre-Neuve (NENL), Orphan Knoll (OK), Bonnet Flamand (FC), passe Flamande (FP), Hibernia (HIB), chenal d'Avalon (AC) et le Banc Green-St. Pierre (SPB).

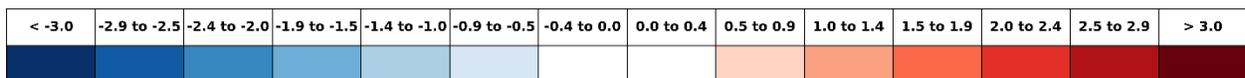


Figure 2. Palette de couleur utilisée pour la présentation des anomalies standardisées. Les changements de couleur sont par incréments de 0,5 écart-type (É.T.) où le bleu représente des conditions sous la normale et le rouge au-dessus de la normale. Les valeurs entre $\pm 0,5$ É.T. sont laissées en blanc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

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

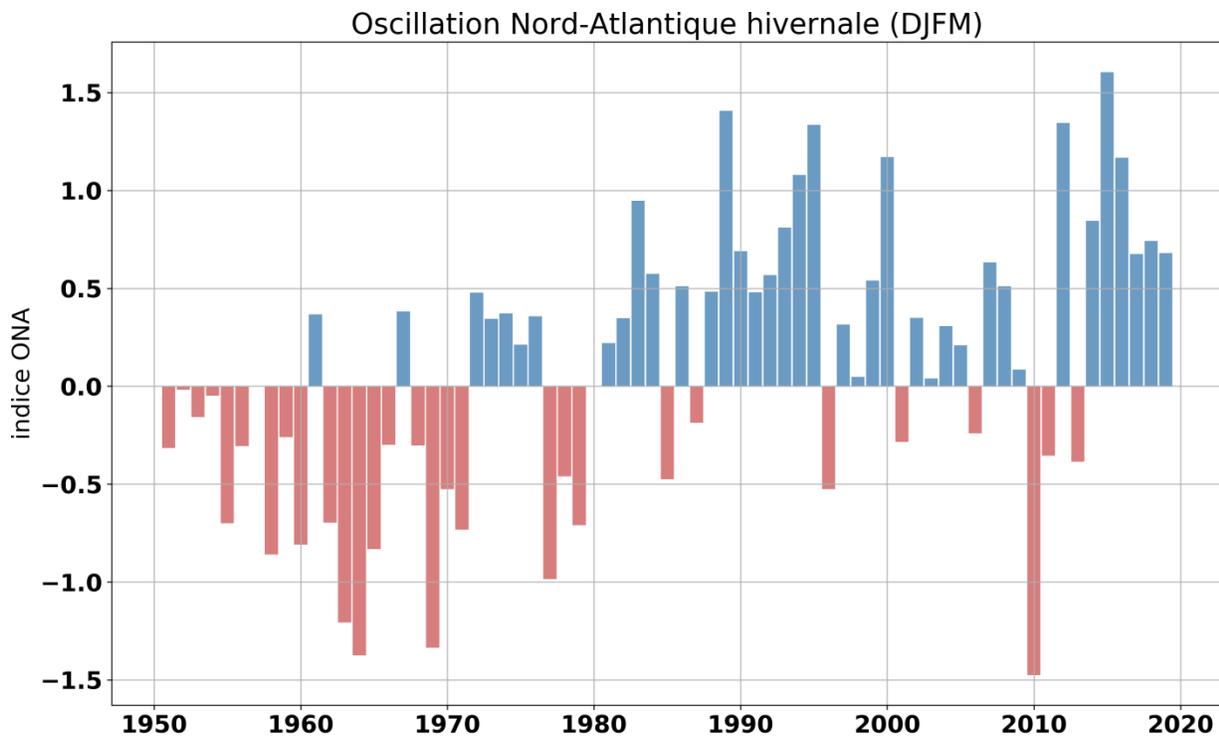
L'Oscillation Nord-Atlantique (ONA; voir Figure 3 pour les tendances depuis 1951 et Figure 4 pour les valeurs depuis 1980) réfère aux anomalies des différences de pression atmosphérique au niveau de la mer entre la dépression d'Islande et de l'anticyclone des Açores. Plusieurs définitions de l'ONA existent 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 2019, l'indice ONA hivernal était positif (+0.68; première ligne de la Figure 4) pour une sixième année d'affilé. Cette tendance positive de l'ONA hivernale est maintenue depuis 2012 (incluant en 2015 un record pour la plus haute valeur depuis 1950 à +1,6). En 2010, l'ONA hivernal était à son record négatif avec -1,5.

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. En 2019, l'OA était positif à +0,5 (Figure 4), suggérant des températures froides. Au cours des dernières années, il 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 index, 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).

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. Ces données de température de l'air proviennent de la deuxième génération des Données climatiques canadiennes ajustées et homogénéisées (DCCAII), qui tient compte des changements d'emplacement des stations et des changements dans les méthodes d'observation (Vincent *et al.* 2012).

En moyenne, les anomalies hivernales ont été normales pour les trois sites au sud, mais ont été au-dessus de la normale pour Iqaluit et Nuuk (+1,3 et +1,2 É.T., respectivement). La prédominance de températures de l'air plus chaudes que la normale à tous les sites entre le milieu des années 1990 et 2013 est évidente, avec des valeurs en 2010 à Cartwright et à Iqaluit atteignant 2,5 et 2,7 É.T. au-dessus de la normale, soit des records sur 77 et 65 ans, respectivement. L'indice annuel cumulatif de la température de l'air pour les cinq sites était au-dessus de la normale pour les deux sites au nord et caractérisé par des valeurs mensuelles moyennes de à Iqaluit de l'ordre de 3.6°C à 4.6°C au-dessus de la normale lors de 5 mois sur 12 en 2019 (Figure 6). Au contraire, les températures sur l'île de Terre-Neuve (Bonavista et St. John's) ont été plus froides que la normale en février et entre mai et juillet.



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

Figure 3. L'oscillation nord-atlantique hivernale (ONA) est issue de la moyenne des mois de décembre, janvier et février depuis 1951 (ce qui correspond à la moyenne de décembre 1950, et janvier/février 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 44).

		-- 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		
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		
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	0.6		
OMA		0.0	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	0.1	-0.1	0.0	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1	0.1	0.0	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1		
		-- Temperature hivernale de l'air --																																									
Nuuk		0.8	0.3	0.2	-2.1	-2.5	0.5	1.8	-0.1	0.4	-0.8	-0.3	-0.7	-0.9	-1.7	-0.4	-0.8	0.5	0.2	0.1	-0.1	0.2	0.3	0.3	0.8	1.2	0.4	0.6	0.9	-1.0	0.6	1.9	1.1	0.1	0.6	0.3	-0.6	0.2	0.2	-0.2	1.0	-7.7	3.0
Iqaluit		0.6	0.9	1.0	-1.8	-1.6	0.8	1.7	-0.9	-0.1	-1.3	-0.8	-1.3	-0.6	-1.7	-0.5	0.1	0.4	0.3	-0.4	0.1	0.4	0.5	0.1	0.5	0.9	-0.3	0.6	1.3	-0.7	0.2	2.3	2.2	0.8	0.8	0.7	-0.8	0.3	0.5	0.3	0.8	-25.0	3.4
Cartwright		0.5	1.0	0.3	-1.2	-0.9	-0.1	0.2	-0.1	0.1	-1.2	-1.2	-1.3	-1.5	-1.4	-1.0	-0.7	0.7	0.3	0.8	0.5	0.3	0.0	0.4	0.3	1.8	0.0	0.7	0.9	-0.8	0.2	2.9	2.2	0.1	0.9	-0.7	-1.2	0.4	-0.1	0.3	-0.2	-12.3	2.5
Bonavista		0.2	0.9	0.0	0.1	0.0	-0.7	-0.1	-0.5	0.2	-1.1	-2.0	-1.1	-1.5	-1.9	-1.5	-0.6	0.8	0.1	0.5	1.1	1.3	0.0	0.6	-0.6	1.2	0.7	1.8	0.3	-0.2	0.7	1.4	2.3	1.0	0.9	-1.0	0.4	1.0	0.3	1.4	-0.4	-3.5	1.3
Stjohns		-0.3	0.9	0.0	0.8	0.6	-0.6	-0.1	-0.9	0.0	-1.4	-2.1	-1.1	-1.6	-1.5	-1.2	-0.8	0.4	0.2	0.3	1.3	1.5	-0.6	0.3	-0.6	1.0	0.7	1.7	0.3	0.0	1.1	1.3	2.5	1.2	0.7	-0.7	0.7	1.0	0.3	1.5	-0.4	-3.7	1.2
		-- Temperature annuelle de l'air --																																									
Nuuk		0.6	0.1	-1.1	-1.8	-2.0	1.2	0.1	0.0	0.3	-1.2	-0.7	-0.4	-1.4	-1.6	-0.6	-0.3	0.4	0.1	0.2	0.0	0.4	0.7	0.2	1.2	0.6	1.1	0.8	0.6	0.2	0.5	2.6	-0.2	1.0	0.7	0.4	-1.0	1.1	0.4	-0.5	1.2	-1.4	1.5
Iqaluit		0.6	1.3	-0.8	-1.5	-1.1	1.1	-0.7	-0.7	-0.1	-1.1	-1.2	-0.5	-1.7	-1.7	-0.4	0.5	0.5	0.3	0.2	0.1	0.4	0.6	-0.1	0.8	0.1	0.9	1.4	0.2	-0.1	0.5	2.7	0.5	0.6	0.2	0.4	-1.2	0.4	0.7	-0.2	1.3	-9.1	1.8
Cartwright		-0.1	1.1	-1.3	-0.5	-1.1	-0.6	-0.9	0.5	-0.3	-0.6	-1.3	-1.6	-1.4	-1.3	-0.6	-0.3	0.5	-0.3	0.6	1.1	0.5	0.6	-0.3	0.4	1.1	0.9	1.8	0.1	0.1	0.4	2.5	0.7	1.4	0.5	0.0	-1.2	-0.3	0.2	-0.2	0.1	0.1	1.3
Bonavista		-1.0	0.7	-1.0	0.1	-0.4	-1.4	-0.9	-0.2	0.2	-0.2	-0.6	-1.8	-1.8	-1.8	-0.7	-0.7	0.6	-0.9	0.6	1.5	0.8	0.6	-0.1	0.5	1.0	1.2	1.7	0.0	0.7	0.5	1.6	0.8	1.7	1.1	0.5	-0.5	0.6	0.1	0.8	-0.3	4.7	0.9
Stjohns		-1.2	1.0	-1.0	0.5	0.2	-1.7	-1.0	-0.5	0.2	-0.6	-0.5	-1.4	-1.7	-1.5	-0.5	-0.7	0.3	-1.1	0.6	1.9	1.0	0.3	-0.4	0.4	0.6	0.7	1.6	-0.1	0.8	0.9	1.7	0.6	2.3	0.8	0.4	-0.7	0.7	0.4	0.4	-0.4	5.0	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 2019. Les moyennes et écarts-types climatologiques (1981-2010) 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).

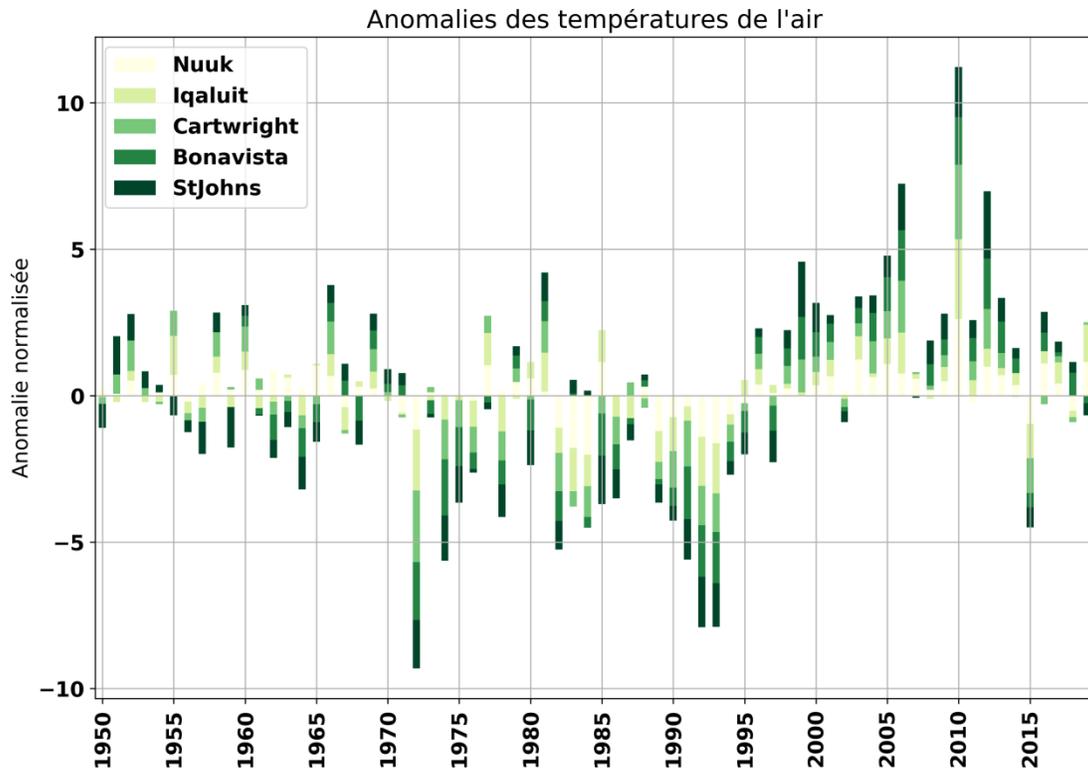


Figure 5. Anomalies annuelles normalisées des températures de l'air à Nuuk, Iqaluit, Cartwright, Bonavista et St. John's. La moyenne de ces 5 séries temporelles est utilisée pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 44).

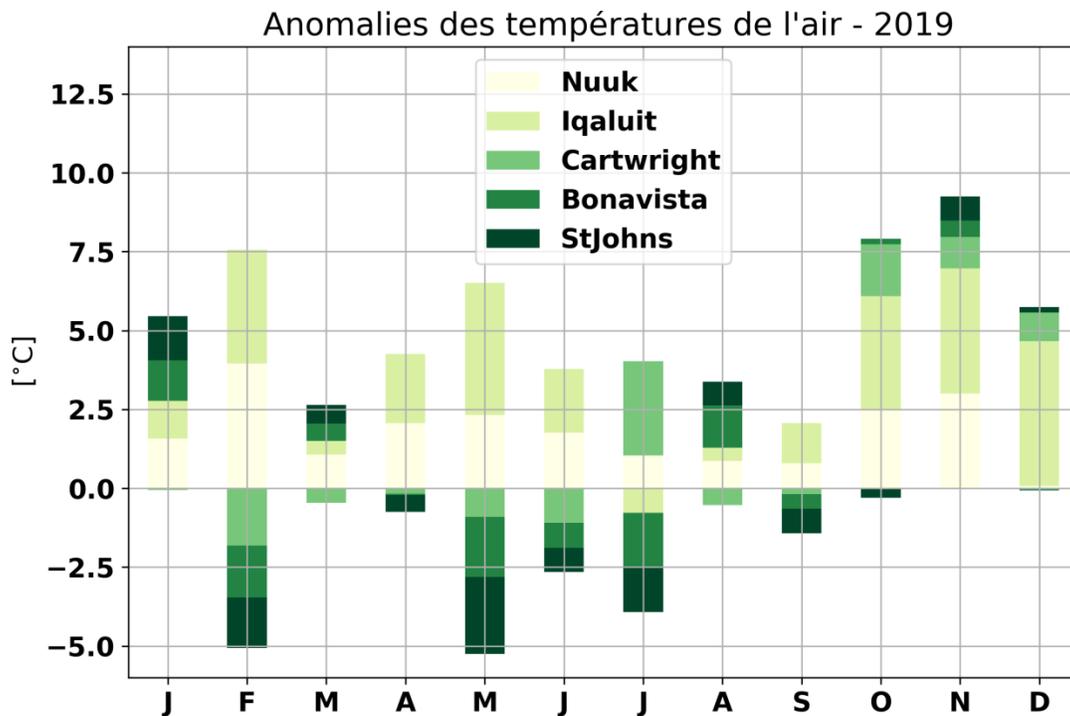


Figure 6. Anomalies mensuelles cumulatives des températures de l'air à Nuuk, Iqaluit, Cartwright, Bonavista et St. John's pour 2019.

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. Il s'agit des cartes hebdomadaires, formatées en Système d'information géographique (SIG), couvrant la période 1969-2019 et quotidiennes pour la période 2009-19, 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. L'épaisseur moyenne (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 et 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). 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, le plateau du Labrador est défini entre 52°15'N et 55°20'N, ce qui correspond aux limites en latitude de la division de l'OPANO 2J. Le plateau de Terre-Neuve est défini par toute glace se trouvant au sud de cette région. L'évolution quotidienne du volume de glace pour ces deux régions est présentée à la Figure 10 pour Labrador (haut) et Terre-Neuve (bas) en fonction de la climatologie et des extrêmes saisonniers historiques. La série temporelle des maximums de volume, surface (excluant la glace nouvelle) et durée de la saison en fonction de la température de l'air entre décembre et mai à Cartwright est présenté à la Figure 11.

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, suivit 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 $0,77$; 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 ($r^2 = 0,65-0,81$), 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 1969-2019, il est possible de projeter une diminution du couvert de glace de 15 km³, 26,000 km² et 9 jours dans la durée de la saison pour chaque augmentation de 1°C de la température de l'air hivernale.

En 2019, le couvert de glace est apparu à une période variant de normal à légèrement en retard par quelques semaines (Figure 7), pour une moyenne régionale normale pour le Labrador et

légèrement en retard pour Terre-Neuve (Figure 10). La date de fin du couvert de glace a varié entre tôt près de la côte à tard au large (Figure 7), pour une moyenne saisonnière normale (Figure 10). Le volume de glace était sous la normale jusqu'à la fin mars pour le plateau du Labrador, et jusqu'à la fin février pour le plateau de Terre-Neuve (Figure 10). Le couvert de glace a rapidement diminué sur le plateau de Terre-Neuve en mars. Il a aussi diminué rapidement sur le plateau du Labrador en avril, avant de rebondir à des conditions normales à la fin avril. Le volume saisonnier maximum des deux régions combinées était sous la normale à 72 km^3 (-1,2 É.T.), survenant la semaine du 11 mars (Figure 8), légèrement en retard par rapport à la climatologie. Les durées de 168 et 101 jours pour les plateaux du Labrador et de Terre-Neuve étaient respectivement près de la normale et légèrement sous la normale (-0,5 É.T.). Un résumé des conditions de volume de glace de mer et de durée du couvert de glace pour TNL depuis 1969 est présenté à la Figure 12. On y voit qu'en 2019 les conditions étaient sous la normale (-0,6 É.T.) pour la première fois depuis 2013.

Selon la Patrouille internationale des glaces (IIP) de la Garde côtière des États-Unis, 1,515 icebergs (+1,2 É.T.) ont dérivé au sud du 48°N sur le nord du Grand Banc en 2019 (Figure 13). Ceci est significativement plus que les 208 de 2018, et fait de 2019 la septième année en importance pour le nombre d'icebergs depuis 1900. Il n'y en avait que 13 en 2013, 499 en 2012, seulement trois en 2011 et un en 2010. La moyenne sur 120 ans est de 498 et celle de 1981 à 2010, de 767. 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 , avec un record de 2,202 en 1984. 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. 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. Le nombre mensuel d'icebergs en 2019 a été spécialement important en mai (Figure 14) avec un nombre presque quatre fois plus grand que l'année 2018 au complet.

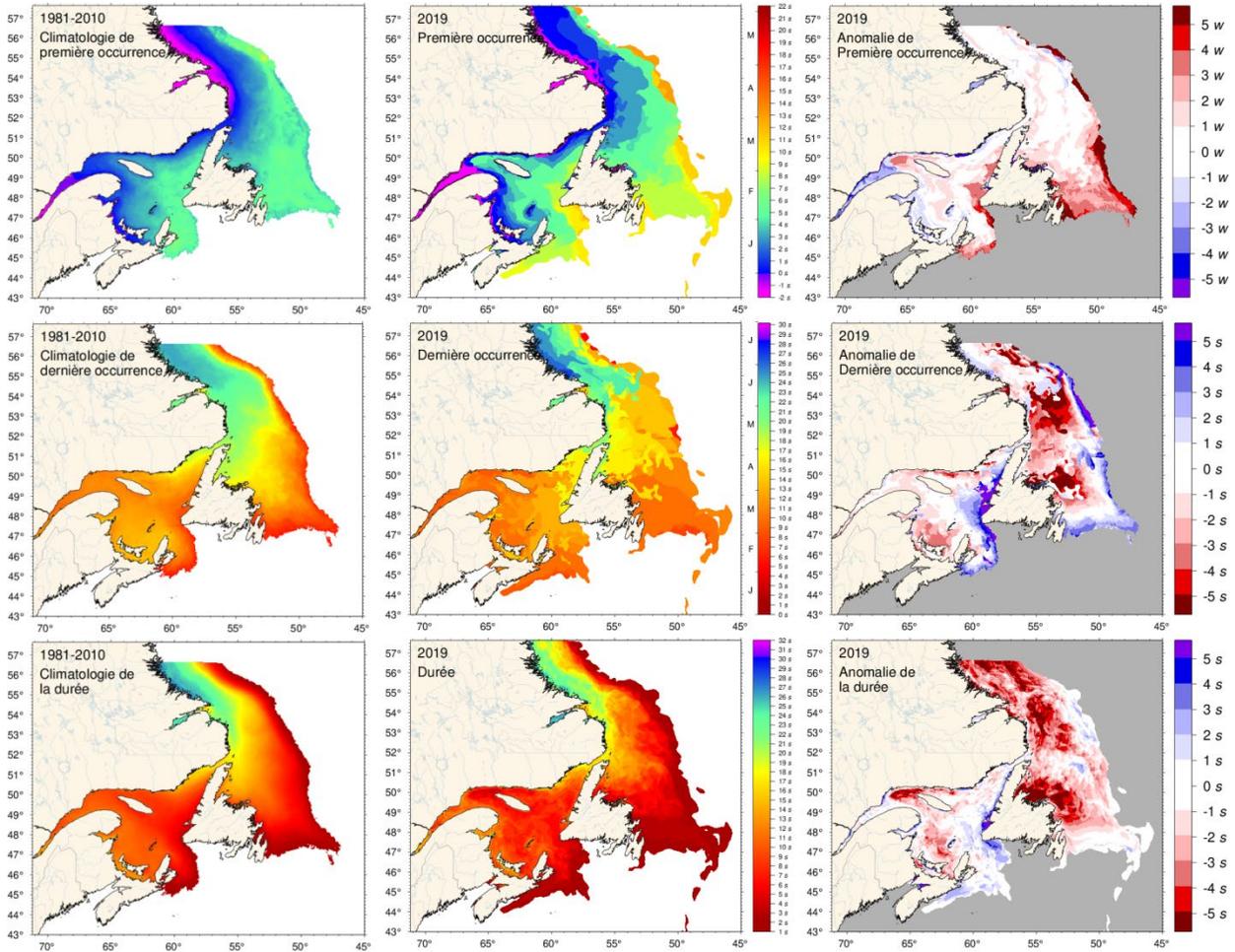


Figure 7. Première apparition et dernière apparition de glace, et durée de la saison des glaces selon les données hebdomadaires. Les climatologies de 1981-2010 sont indiquées (gauche), de même que les valeurs de 2019 (milieu) et les anomalies (droite). La première apparition et la dernière occurrence sont définies comme la première carte et la dernière carte sur lesquelles 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.

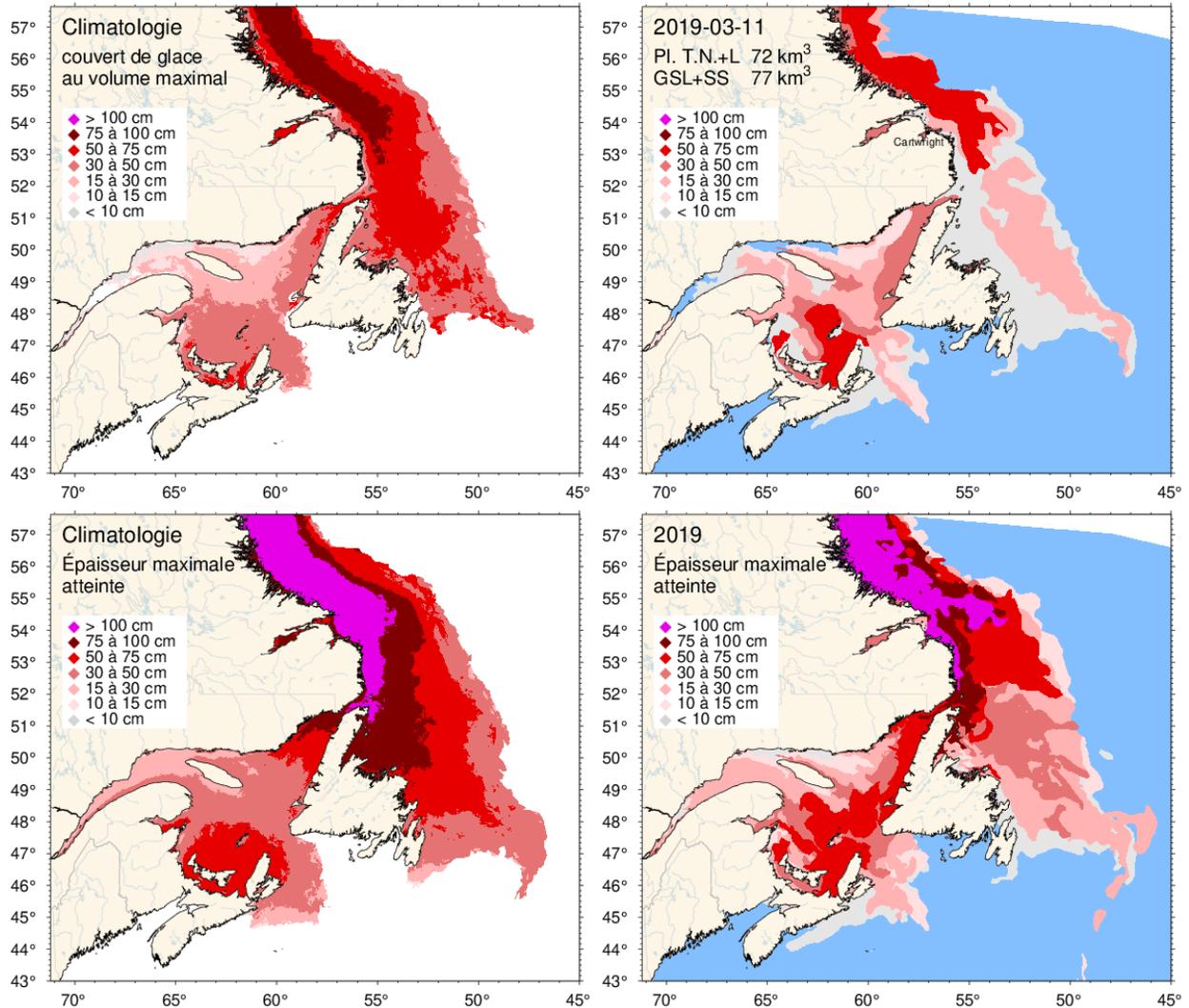


Figure 8. Carte de glace de la semaine où il y avait le grand plus volume de glace en 2019 sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador (panneau supérieur droit) et de même pour la climatologie de 1981-2010 du maximum hebdomadaire (panneau supérieur gauche). Noter que ces cartes représentent la répartition 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 1981-2010 et la répartition en 2019 de la glace la plus épaisse enregistrée pendant la saison dans un emplacement quelconque.

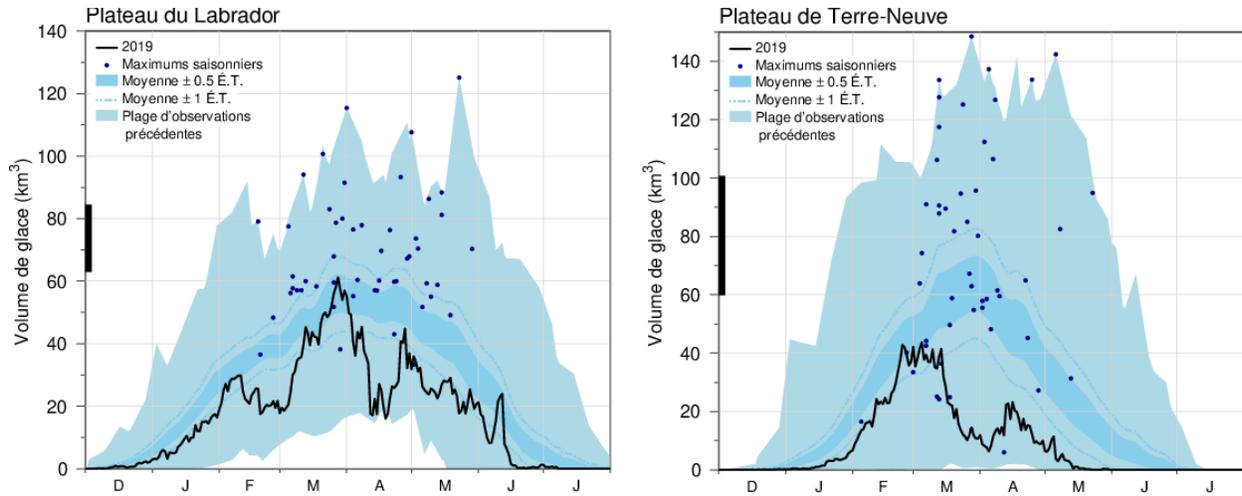


Figure 10. Série chronologique du volume de glace quotidien moyen en 2018-2019 pour le plateau du Labrador et le plateau de Terre-Neuve (trait noir), le volume moyen climatologique de 1981-2010 plus et moins $\pm 0,5$ et $\pm 1,0$ É.T. (zone en bleu foncé et ligne pointillée), les plages minimales et maximales des observations de 1969 à 2019 (bleu clair) ainsi que la date et le volume des maximums saisonniers de 1969 à 2019 (points bleus). La ligne noire épaisse sur la gauche indique le volume moyen plus et moins 0,5 É.T. du volume annuel maximal de glace, qui est supérieur au pic de la répartition du volume quotidien moyen de glace.

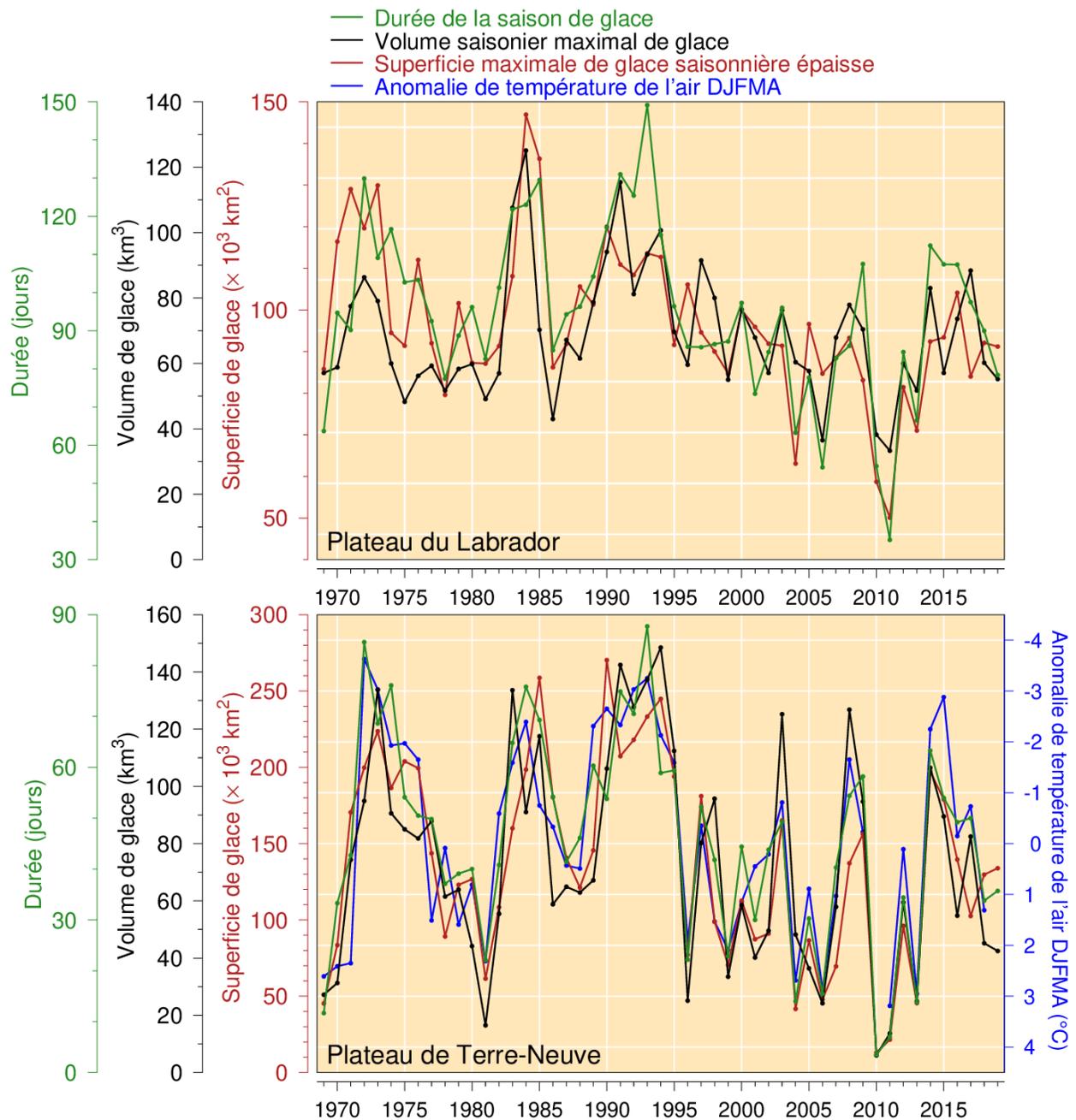


Figure 11. Volume et superficie saisonniers maximaux de glace (excluant la glace mince de moins de 15 cm) et durée de la saison de glace pour les plateaux du Labrador (en haut) et Terre-Neuve (en bas). L'anomalie de la température de l'air à Cartwright entre décembre et avril est aussi montrée sur le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

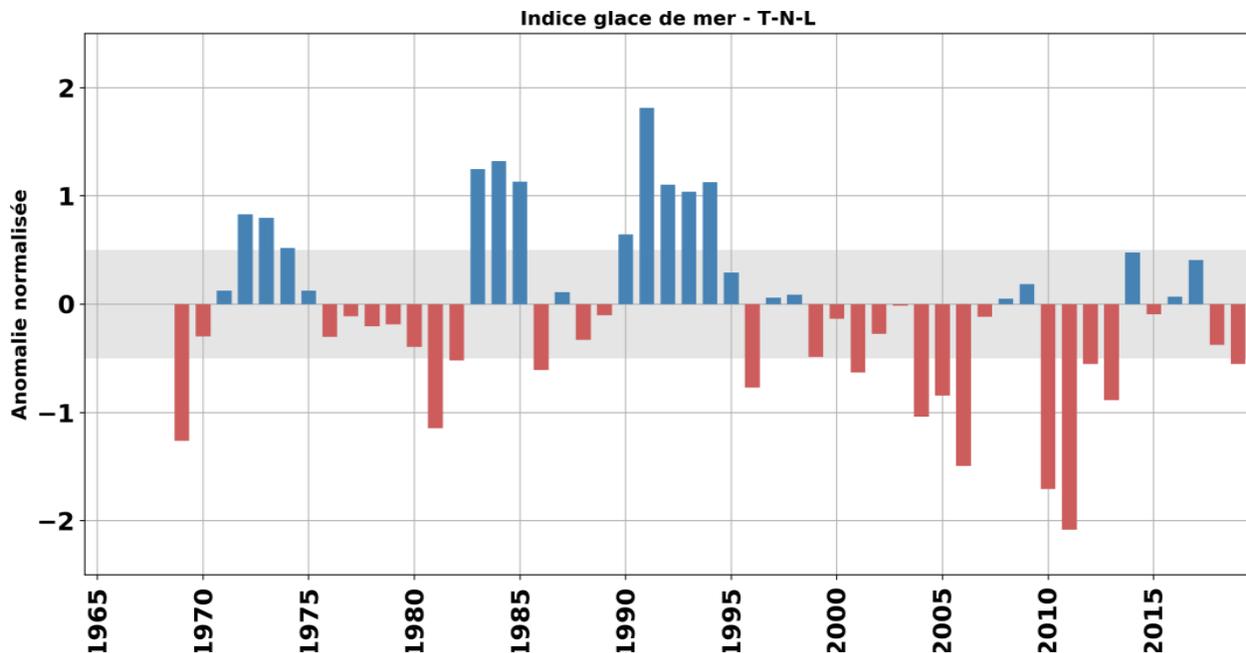


Figure 12. L'indice de glace de mer pour TNL est obtenu en moyennant les anomalies normalisées de volumes et durée du couvert de glace pour les plateaux de Terre-Neuve et du Labrador (lignes noires et vertes de la Figure 11). La bande ombragée représente une enveloppe dite normale correspondant à $\pm 0,5$ É.T. Cet indice des glaces de mer est utilisé pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 44).

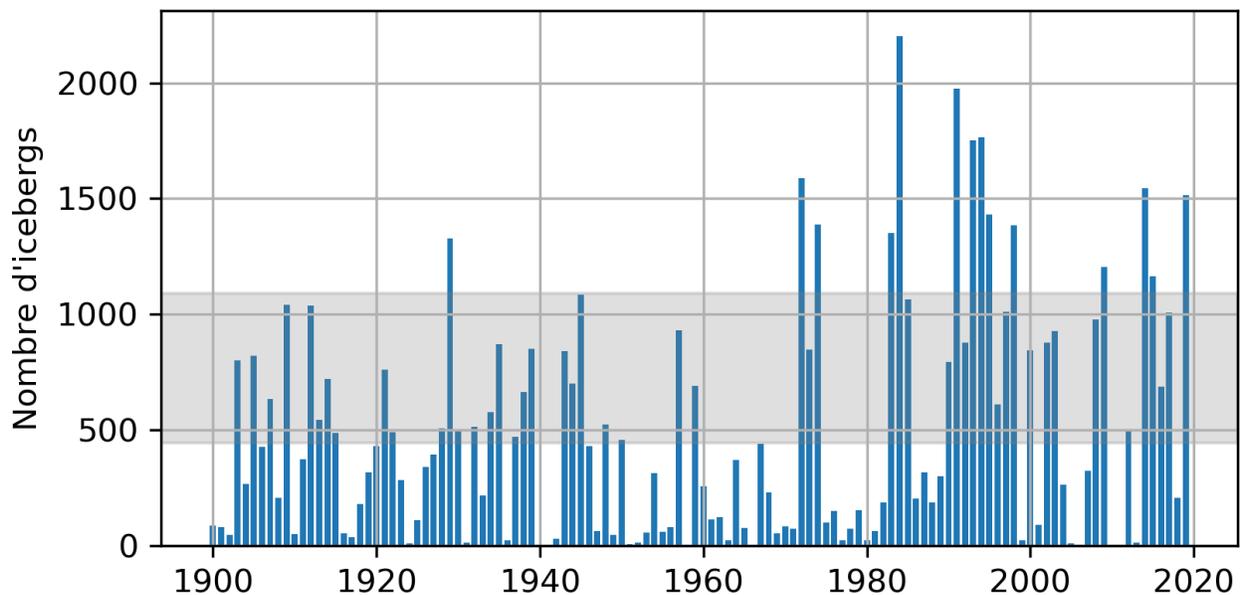


Figure 13. Série temporelle du nombre d'icebergs traversant au sud de 48°N sur les grands bancs de Terre-Neuve. La partie ombragée correspond à la moyenne 1981-2010 avec $\pm 0,5$ É.T. Ces données sont une gracieuseté de l'IIP/USCG. L'anomalie standardisée de cette série temporelle est utilisé pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 44).

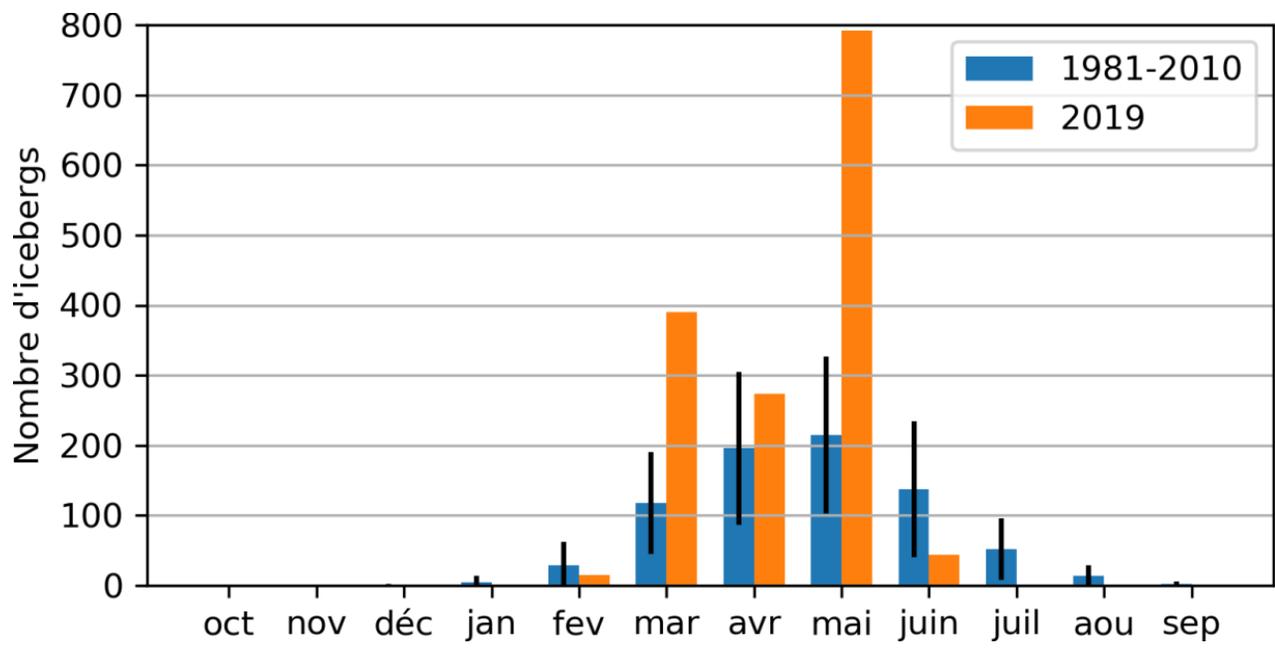


Figure 14. Nombre d'icebergs traversant au sud de 48°N sur les grands bancs de Terre-Neuve pour chaque mois de l'année durant la saison des icebergs (octobre à septembre). Les traits verticaux noirs représentent la climatologie mensuelle (1981-2010) avec $\pm 0,5$ É.T. Ces données sont une gracieuseté de l'IIP/USCG.

TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA MER

La base de données Pathfinder 5.2 sur la température de surface de la mer (TSM) (Casey *et al.* 2010), d'une résolution de 4 km, a été utilisée pour fournir des estimations annuelles de la TSM dans des sous-zones définies de l'Atlantique Nord-ouest (voir carte Figure 1). Nous avons utilisé cet ensemble de données de 1981 à 2010 et, pour les dernières années (2011-2019), les données des satellites de la NOAA et d'EUMETSAT fournies par le groupe de télédétection de la Section de la surveillance et de l'observation des océans de la Division des sciences océaniques à l'Institut océanographique de Bedford (IOB).

L'ajustement des températures de Pathfinder et de la NOAA au cours de la période (1997-2012) est donné par une régression des moindres de carrés : $TSM(\text{Pathfinder}) = 0,989 * TSM(\text{NOAA}) - 0,02$ avec un $r^2 = 0,98$ (Hébert *et al.* 2012). Les données récentes sur la TSM de la NOAA ont ensuite été ajustées en conséquence et les anomalies calculées sur la base des moyennes de 1981 à 2010. Une comparaison des données de Pathfinder et des mesures près de la surface indique que la TSM dérivée des passages nocturnes des satellites était celle qui correspondait le plus aux données sur place. Les données n'étaient pas disponibles pour chaque mois dans certaines des régions nordiques en raison de la couverture de glace de mer (seulement les cartes avec plus de 15% des pixels valides sont gardées).

Les anomalies de mensuelle de TSM pour 2019 pour les 14 régions mentionnées ci-haut sont présentées à la Figure 15 (régions classées du nord au sud). Cette figure montre une transition entre des températures généralement plus froides que la normale en début d'année et des températures plus chaude en fin d'année. Cette transition s'Est également effectuée plus rapidement au nord qu'au sud. Par exemple, presque tous les sites au nord de du banc Hamilton étaient près de la normale ou au-dessus à partir de mai, la plupart des sites au sud du chenal d'Avalon ont été sous la normale jusqu'en aout. Les anomalies les plus chaudes ont été observées sur le plateau du Groenland à +2,4 et +3,0 É.T., respectivement pour aout et novembre (Figure 15).

La Figure 16 montre les anomalies annuelles pour chacune de ces régions. Cette figure montre des conditions généralement plus froide que la normale entre 1981 et 1993, suivit par des conditions plus chaude qui ont duré approximativement jusqu'en 2014. Les années plus récentes ont été généralement plus froides que la normale, sauf 2019 qui a été caractérisé par un mélange de régions plus chaudes (surtout au nord) et plus froides que la normale (p.ex. la région Hibernia sur les grands bancs et la passe flamande).

Un nouveau produit est présenté cette année à la Figure 17. Il s'agit de l'évolution hebdomadaire des TSM déterminée par AVHRR dans les divisions de l'OPNAO 2GHJ3KLMNOP (traits noirs dans chaque panneau) en relation avec la climatologie 1981-2010 (enveloppes bleus). Des grilles de couleur codées en fonction des anomalies hebdomadaires, mensuelles et saisonnières sont présentées sous chaque panneau. L'effet de la tempête Dorian s'est traduit par un refroidissement des températures vers la mi-septembre dans les divisions 3N, 3O et 3P.

La moyenne de l'ensemble des anomalies pour sur ces régions est présentée à la Figure 18 qui montre clairement les patrons décennaux décrit plus haut. En moyenne pour ces 14 régions, la TSM était normale en 2019.

-- Anomalies de température de surface mensuelle en 2019 --												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Plateau Groenland (GS)	0.7	0.4	0.1	0.2	0.7	0.2	0.4	2.4	1.5	1.6	2.7	1.5
Mer Lab. Nord Cent. (NCLS)	0.2	0.5	0.6	1.0	1.0	1.1	0.7	0.9	1.0	1.1	0.9	1.2
Detroit Hudson (HS)						0.7	-0.3	0.2	0.1	0.8	0.4	0.1
Mer Lab. Centrale (CLS)	-0.2	0.5	0.2	0.6	0.8	1.4	0.5	0.6	0.6	0.5	0.2	0.1
Bravo (BRA)	-0.3	-0.2	-0.1	0.3	0.6	-0.3	0.5	0.6	0.4	0.6	-0.4	0.0
Banc Hamilton (HB)	-0.8		-0.4	-0.8	0.7	1.1	0.4	0.0	-0.9	0.2	1.0	1.3
Basin St. Anthony (SAB)	-0.6		-0.9	-1.3	0.0	0.4	0.1	0.2	-0.7	-0.2	0.7	1.6
Plateau T-N NE (NENL)	2.2	-0.5	-1.0	-1.4	-0.7	-1.3	-0.4	0.8	-0.4	-0.6	0.8	0.9
Orphan Knoll (OK)	0.1	0.0	0.7	0.1	-0.2	-0.4	0.0	0.4	0.8	0.4	1.1	1.1
Chenal Avalon (AC)	1.1	-0.5	-0.9	-1.2	-1.2	-0.9	-1.0	0.4	-0.3	-0.1	0.8	0.0
Hibernia (HIB)	0.2	0.0	-0.5	-1.3	-1.4	-1.3	-1.2	0.2	0.4	-0.8	-0.5	0.0
Passe Flamande (FP)	-0.3	0.0	-0.5	-0.6	-1.1	-1.3	-1.1	0.1	0.8	-0.1	0.9	0.1
Bonnet Flammand (FC)	-1.5	0.1	-0.2	-0.3	-1.6	-0.9	-0.6	0.0	0.7	-0.2	0.7	0.2
Banc St.Pierre (SPB)	0.2	-0.4	-0.5	-1.6	-1.1	-0.6	-1.1	0.6	-0.2	-0.3	2.3	0.4

Figure 15. Anomalies normalisées mensuelles des températures de surface de la mer pour 2019 pour les régions de TNL (voir boîtes Figure 1)

-- Anomalies de température de surface --																																									
	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	x̄	ET
Plateau Groenland (GS)	-1.6	-1.5	-1.8	-1.2	0.7	-0.1	0.3	-0.3	-1.6	-0.8	0.2	-0.7	-0.2	0.2	1.8	0.0	0.6	-0.2	-0.9	-0.4	0.1	0.6	1.8	1.0	1.1	0.0	0.1	-0.1	0.7	2.1	-0.3	0.4	0.3	0.5	-0.4	1.1	0.3	0.3	1.4	1.5	0.9
Mer Lab. Nord Cent. (NCLS)	-1.4	-1.1	-1.4	-1.4	-0.4	0.4	-0.8	-0.1	-1.1	-1.1	-0.5	-0.5	-0.9	-0.4	-0.4	0.4	0.8	0.8	-0.4	-0.2	0.9	0.8	1.5	1.6	1.5	1.2	0.7	-0.3	-0.3	2.2	0.0	-0.2	0.0	-0.1	-0.7	0.4	-0.1	-0.3	1.0	2.9	1.1
Detroit Hudson (HS)	-1.8	-0.4	-0.6	-1.4	-0.6	1.1	0.3	-0.9	-1.6	0.6	0.2	0.3	0.8	0.9	2.6	-0.1	-0.9	0.0	-1.3	0.0	-0.1	0.7	0.5	0.0	0.9	-0.5	-0.5	0.1	-0.4	2.3	-0.7	0.9	-1.6	-0.8	-1.7	-0.4	-1.7	-1.3	1.3	0.3	0.4
Mer Lab. Centrale (CLS)	-0.9	-1.4	-1.7	-2.0	-0.9	-0.5	-0.2	-0.2	-0.8	-1.1	-0.3	-0.4	-0.9	-0.1	-0.6	0.0	0.9	0.7	0.0	-0.3	0.7	0.3	1.5	1.2	1.3	1.5	1.0	1.1	0.3	1.8	0.3	0.8	0.6	0.8	-0.1	0.5	0.3	-0.4	0.6	4.2	0.9
Bravo (BRA)	-1.3	-1.1	-2.0	-1.6	-1.1	-0.8	-0.4	-0.4	-0.7	-1.1	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	0.0	0.0	0.8	0.6	0.1	-0.2	0.6	0.2	1.5	1.2	1.4	1.6	1.0	1.4	0.4	1.7	0.4	1.1	0.5	1.0	0.0	0.5	0.3	-0.4	0.2	4.3	0.8
Banc Hamilton (HB)	-1.7	-0.6	-0.5	-1.0	-0.9	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1	0.0	-1.1	-1.1	0.3	1.0	2.5	-1.5	-0.1	0.5	-0.4	0.7	-0.1	-0.8	0.9	0.8	0.9	1.5	-0.4	1.7	-0.3	1.1	0.6	1.6	-0.6	0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-1.1	0.6	1.5	0.5
Basin St. Anthony (SAB)	-1.8	-0.8	-0.4	-0.8	-0.5	-0.6	-0.6	-0.2	0.8	-0.8	-1.1	-1.1	-0.8	1.5	-0.5	-0.8	-0.1	0.8	0.3	1.0	0.2	-0.7	0.7	1.1	1.7	2.2	-0.7	1.6	-0.5	1.0	0.5	1.6	-0.3	0.6	-0.8	-0.5	-0.3	-0.9	0.5	2.6	0.6
Plateau T-N NE (NENL)	-2.3	-0.6	-0.2	-0.5	-0.9	-0.6	-0.2	0.0	-0.1	0.2	-1.7	-1.4	-0.7	1.3	1.9	-0.5	-0.7	0.7	0.4	0.5	0.1	-0.5	0.3	1.0	1.5	1.9	-0.4	1.1	-0.5	0.8	0.5	1.1	0.3	0.8	-0.7	-0.4	-0.3	-0.5	-0.2	3.5	0.7
Orphan Knoll (OK)	-1.3	-0.6	-0.3	-1.4	-2.0	-0.5	0.1	0.2	-0.9	-0.8	-1.4	-1.1	-0.9	-0.9	0.2	0.1	0.5	0.8	0.5	0.6	0.6	0.1	0.5	1.3	1.9	1.8	0.7	1.2	-0.1	1.3	0.8	1.7	0.8	0.5	-0.9	0.0	0.4	-0.4	0.5	6.1	0.8
Chenal Avalon (AC)	-1.8	-0.8	0.8	-0.1	-1.8	-1.4	-0.1	0.9	-0.7	-0.3	-1.6	-1.2	-0.7	1.0	0.4	-0.1	-1.0	0.6	1.2	1.2	0.2	-0.5	0.4	0.8	1.4	1.9	0.0	0.8	0.0	0.6	0.3	1.6	1.0	0.8	0.0	0.3	0.2	-0.4	-0.4	4.9	0.7
Hibernia (HIB)	-0.9	-0.7	1.0	0.0	-2.0	-1.6	-0.4	0.8	0.1	-0.6	-1.5	-1.4	-1.2	0.3	0.6	0.1	-0.9	1.1	1.3	1.3	0.2	-0.5	0.3	0.5	1.0	2.1	0.7	0.7	-0.5	0.3	0.3	2.3	0.9	0.3	0.0	-0.2	-0.7	-0.1	-0.8	5.7	0.8
Passe Flamande (FP)	-0.7	-0.7	0.3	-0.5	-2.2	-0.9	0.2	0.9	-0.5	-1.4	-1.5	-1.4	-1.5	-0.3	0.3	0.0	-0.3	0.9	1.1	1.0	0.3	-0.2	0.8	1.1	1.8	1.5	0.4	1.0	-0.7	0.7	0.4	1.4	0.4	-0.5	-1.3	-0.7	0.4	-0.7	-0.5	5.7	0.8
Bonnet Flammand (FC)	-0.4	-0.7	0.5	-0.6	-2.4	-1.0	0.3	0.6	-0.5	-1.0	-1.4	-1.4	-1.2	-1.1	0.1	0.4	0.1	0.8	1.1	0.8	0.3	-0.2	0.5	1.1	1.9	1.7	0.6	0.9	-0.6	0.8	0.6	1.8	0.7	-0.6	-1.5	-0.9	-0.5	-0.8	-0.4	7.1	0.9
Banc St.Pierre (SPB)	0.3	-0.5	1.1	0.4	-2.5	-1.4	-0.2	-0.2	-0.5	-0.9	-1.5	-1.3	-0.5	1.1	0.0	-0.1	-1.1	0.7	1.7	1.3	0.1	-0.7	0.1	0.3	1.5	1.4	-0.3	0.8	0.2	0.8	0.2	2.4	1.3	1.2	0.2	1.1	0.4	-0.2	-0.2	6.0	0.7

Figure 16. Anomalies normalisées annuelles des températures de surface de la mer pour les régions de TNL (voir boîtes Figure 1).

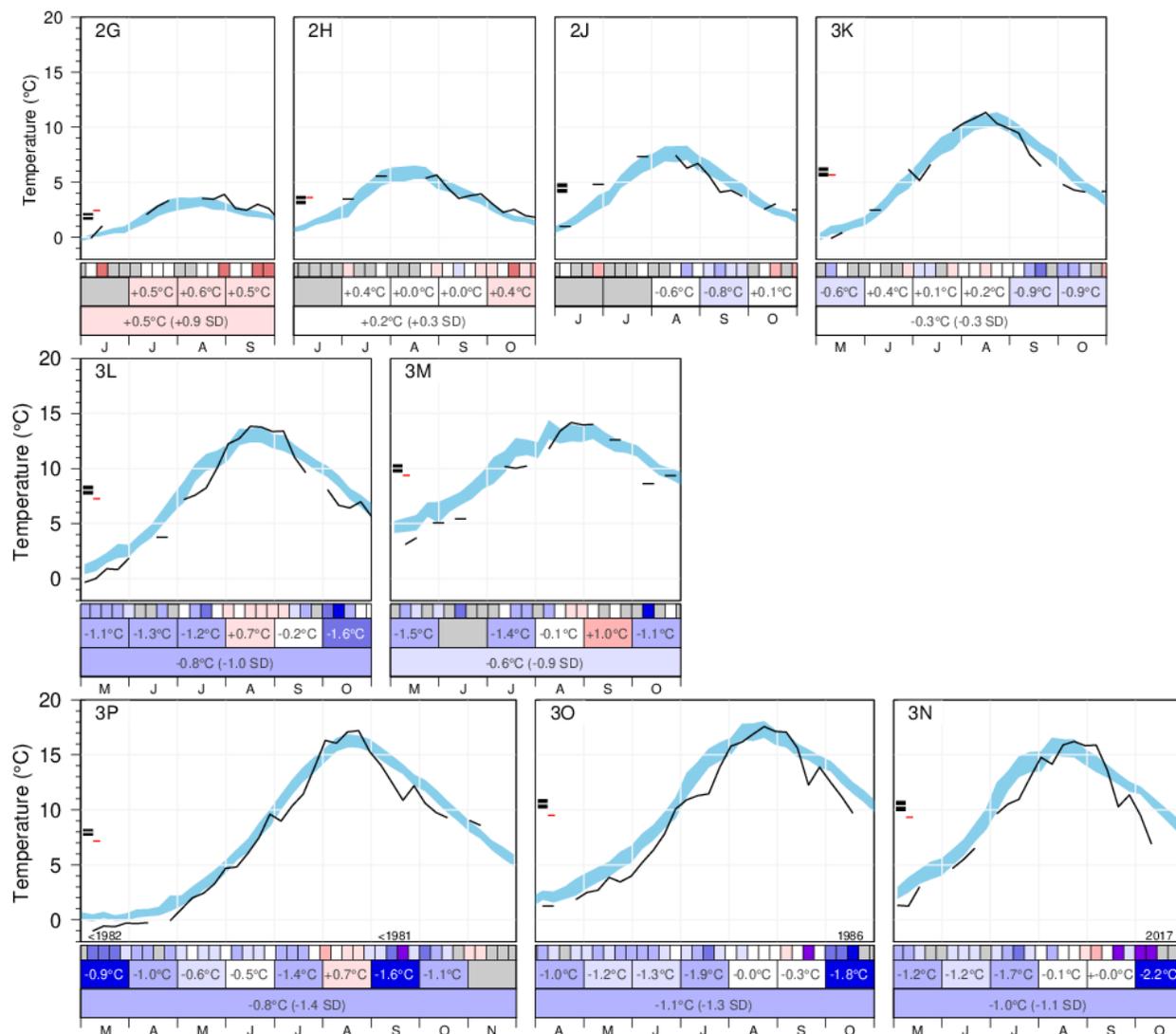


Figure 17. Évolution hebdomadaire de la température de surface de la mer AVHRR dans les divisions 2GHJ3KLMNOP de l'OPANO en 2019 (traits noirs). L'enveloppe bleue représente la moyenne hebdomadaire climatologique $\pm 0,5$ É.T. Les grille de couleurs sous les panneaux sont codées respectivement en fonction des anomalies normalisées hebdomadaire (en haut), mensuelle (au milieu) et saisonnière (en bas), alors que les valeurs rapportés sont les moyennes en °C. La durée de la saison varie d'une région à l'autre en fonction de la saison de glace. Les 2 traits noir le long de l'axe des y correspondent à la moyenne saisonnière climatologique $\pm 0,5$ É.T. Le trait rouge correspond à la valeur saisonnière moyenne en 2019.

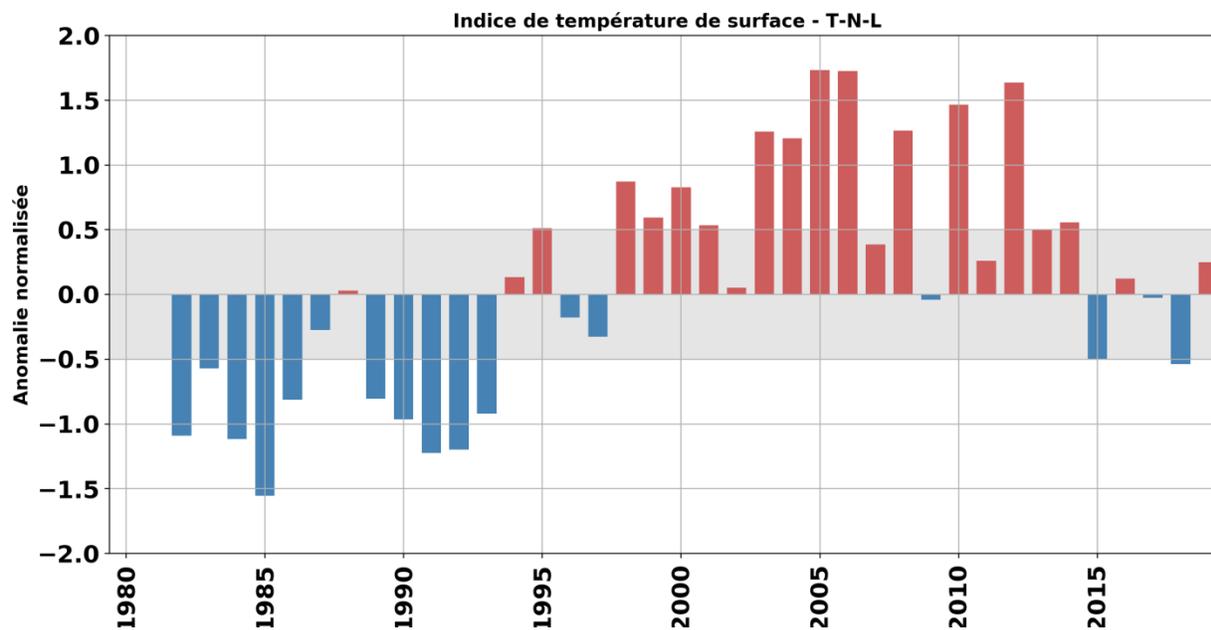


Figure 18. Indice des températures de surface de la mer pour TNL (moyenne de toutes les rangées de la table de la Figure 16). La bande ombragée représente une enveloppe dite normale correspondant à $\pm 0,5$ É.T. Cet indice de la température de surface est utilisé pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 44).

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 de 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 2019, la station a été échantillonnée 44 fois (41 profils CTP, incluant 22 échantillonnages biogéochimiques et 3 profils XBT). Aucune observation n'était disponible pour janvier et février, et la première occupation de l'année a été faite le 31 mars. Il faut retourner en 1949 pour retrouver un début d'échantillonnage aussi tard à la station 27. L'absence d'échantillonnage durant l'hiver est un problème récurrent depuis environ 2016.

En plus de l'échantillonnage hydrographique traditionnel mentionné plus haut, 262 profils CTP ont été recueillis à partir d'une bouée automatique de type *Viking* entre le 27 juillet et le 26 novembre 2019 (voir Figure 19). L'ajout de cette bouée à notre effort d'échantillonnage en 2017 nous permet de détecter des changements rapides des propriétés physico-chimiques à la Station 27. Par exemple, en 2019, la bouée a très bien capturé le rapide refroidissement et approfondissement de la couche de mélange rapide causés par la tempête tropicale Dorian le 7 et 8 septembre 2019.

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 1981-2010 (Figure 20 et Figure 21). 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), 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 20), est également évidente sous 100 m tout au long de l'été. La couche de surface est habituellement plus fraîche entre le début septembre et la mi-octobre, avec des salinités <31. 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.

En 2019, la couche de surface était plus froide que la normale pour la majeure partie du printemps et du début de l'été, et plus chaude entre octobre et décembre (Figure 20). Jusqu'à l'arrivée de Dorian en septembre, les eaux près de la surface étaient plus salées qu'à la normale et douces en profondeur (Figure 21). La Figure 22 présente la température et la salinité moyennées sur toute la colonne d'eau (0-176 m). En 2019, la température et la salinité moyenne étaient normales. Ceci contraste avec 2018 alors que les eaux montraient l'anomalie douce la plus grande depuis 1970, une période correspondant à ce qui est généralement appelé la *grande anomalie de salinité* en Atlantique nord (Dickson *et al.* 1988).

Les statistiques de la CIF (mai-juillet) à la Station 27 depuis 1950 sont présentées à la Figure 23. 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 (1981-2010) est calculée sur une période relativement froide de cette série temporelle. La profondeur du cœur de la CIF semble de son côté non-corrélé avec sa température et son épaisseur. 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), une tendance au refroidissement

est notable depuis environ 2014. En 2018 et 2019, cependant, la CIF était respectivement 1,7 et 1,2 É.T. au-dessus de la normale.

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) :

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

où $g=9,8 \text{ ms}^{-2}$ est l'accélération gravitationnelle et ρ_0 une densité de référence. Les valeurs mensuelles pour 2019 en fonction de la climatologie sont présentées à la Figure 24. Le cycle annuel climatologique montre une diminution graduelle de la PCM entre la fin de l'automne et l'été (plus épaisse en novembre-décembre et plus mince en juillet-août). En 2019, la PCM était beaucoup plus épaisse que la normale en mai (à noter qu'aucune valeur n'est disponible entre janvier et mars) avec plus de 80 m en moyenne comparativement à moins de 30 m pour la climatologie. La PCM était moins profonde que la normale en septembre et plus profonde en octobre. La Figure 25 montre les valeurs annuelles moyennes de la PCM (trait plein gris) ainsi que la moyenne mobile sur 5 ans (tirets noirs). De façon général, Il y a une oscillation décennale de la PCM, incluant un approfondissement récent depuis le milieu des années 2000s.

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 5 et 50 m pour chaque profil de densité (c.-à-d. $\Delta\rho/\Delta z$). La moyenne de ces valeurs est ensuite calculée par mois, et les anomalies annuelles sont calculées à partir des moyennes mensuelles disponibles (Craig et Colbourne 2002). La moyenne mensuelle de 1981 à 2010 et les valeurs mensuelles de 2019 sont indiquées à la Figure 26. En moyenne, la colonne d'eau est très faiblement stratifiée pendant les mois d'hiver, la stratification augmente au printemps (généralement en mai ou en juin) pour atteindre son maximum en août, puis diminue jusqu'aux valeurs hivernales en décembre. En 2019, la stratification était inférieure à la moyenne à long terme pour la majeure partie de l'année (Figure 26). Il est à noter cependant qu'aucune valeur n'est disponible pour janvier et février, et que mars a été exclus car le premier échantillonnage a été effectué à la fin du mois.

L'évolution interannuelle de la stratification à la Station 27 depuis 1950 est présentée à la Figure 27. Bien qu'une forte modulation décennale soit observée, une tendance à la hausse est présente depuis le milieu des années 1970, avec la plus forte anomalie depuis 1950 observée en 2017 (+0,9 É.T.). En 2019, la stratification moyenne était toutefois plus faible que la normale à -1,0 É.T., un nouveau déclin après l'anomalie de -0,7 É.T. en 2018. Les anomalies annuelles normalisées depuis 1980 de toutes les variables discutées dans cette section sont répertoriées à la Figure 28 sous les formes d'une carte de pointage.

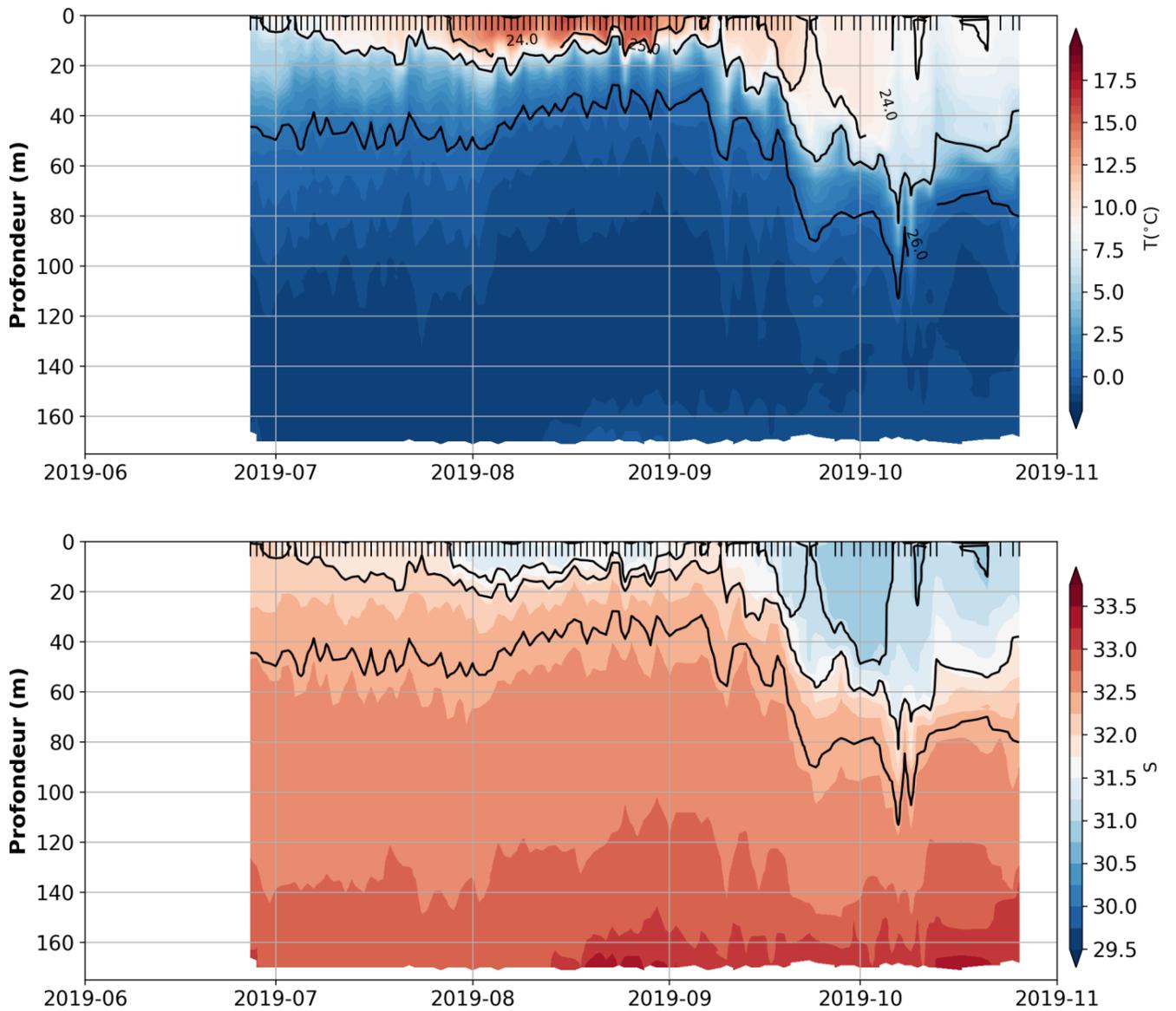


Figure 19. Champs de température (haut) et de salinité (bas) tel que mesuré par la bouée automatique Viking à la Station 27. Les isopycnes (σ_t , lignes noirs) sont identifiés dans le panneau du haut. Tous les profils ont été moyennés en moyennes quotidiennes (voir traits en haut des panneaux) avant d'être interpolé dans le temps pour générer cette figure.

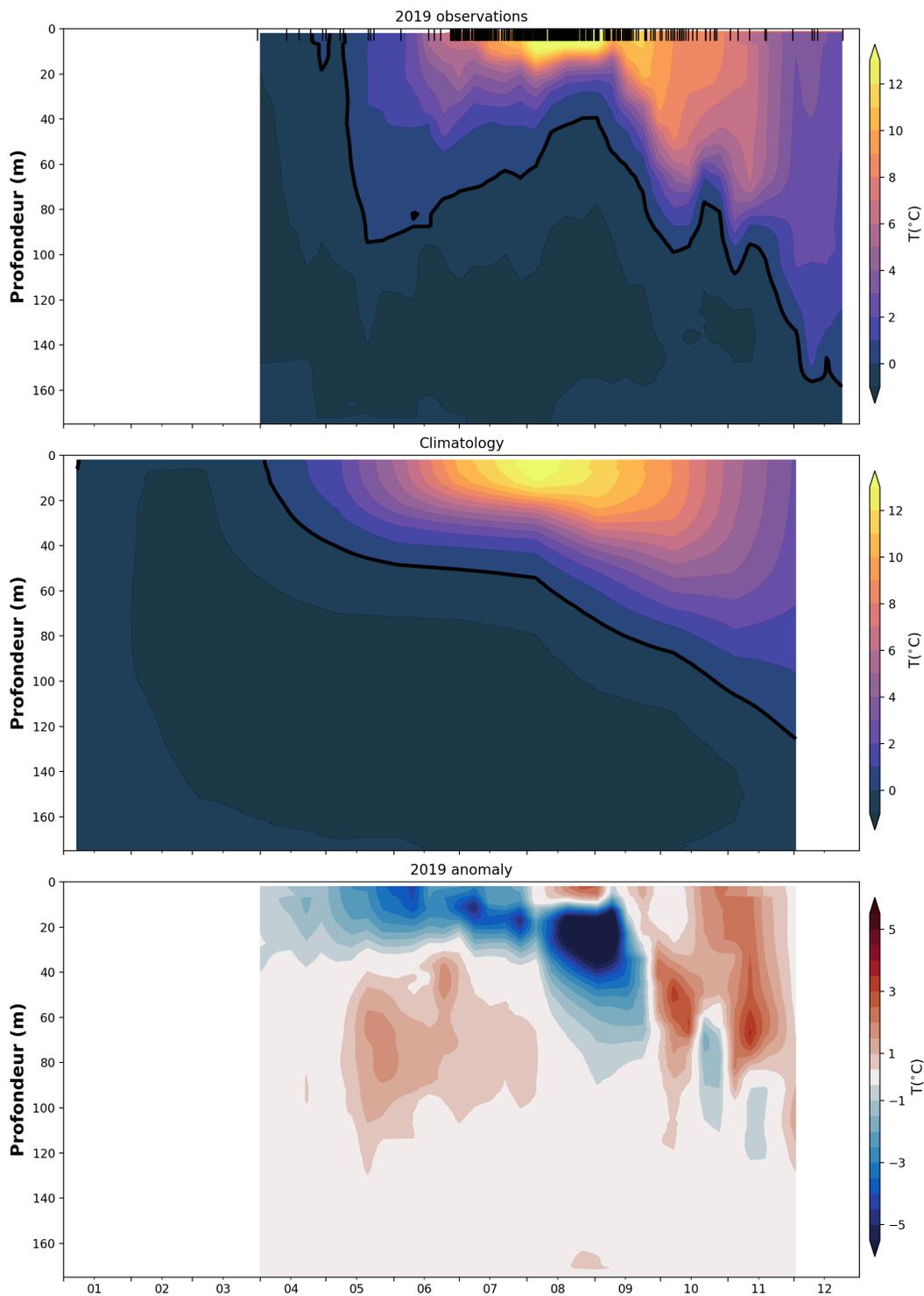


Figure 20. Évolution annuelle de la température à la Station 27. Le champ pour 2019 (haut) est généré à partir des moyennes hebdomadaires de toutes les données disponibles, incluant les occupations de la station ainsi que les profils par la bouée Viking (chaque observation est annotée avec un trait noir en haut de la figure). Le contour noir délimite la couche intermédiaire froide, CIF, définie par des températures inférieures à 0°C . La climatologie 1981-2010 (centre) est obtenue à partir des moyennes mensuelles. L'anomalie de température pour 2019 (bas) est la différence entre l'année en cours et la climatologie.

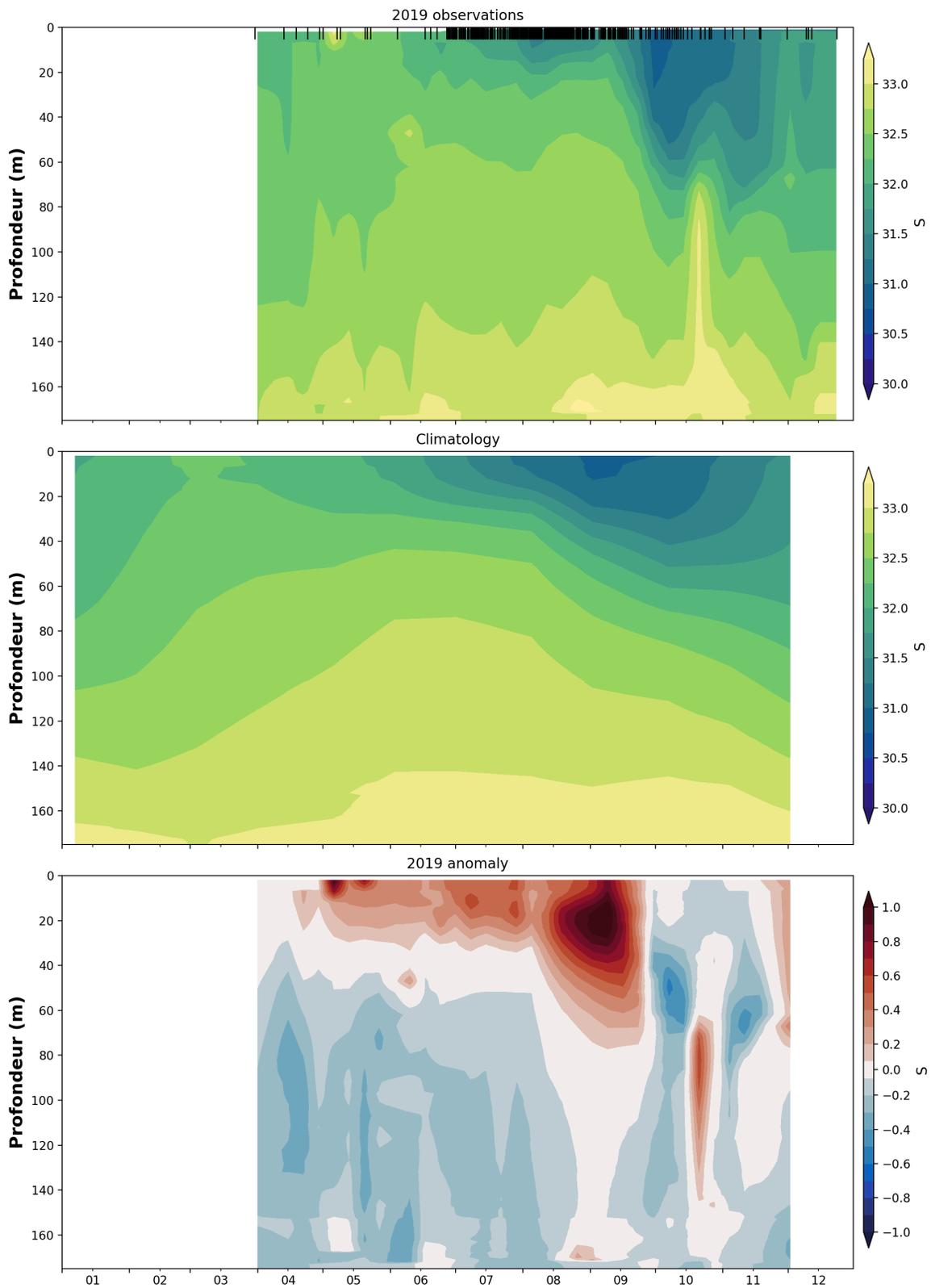


Figure 21. Similaire à la Figure 20, mais pour la salinité.

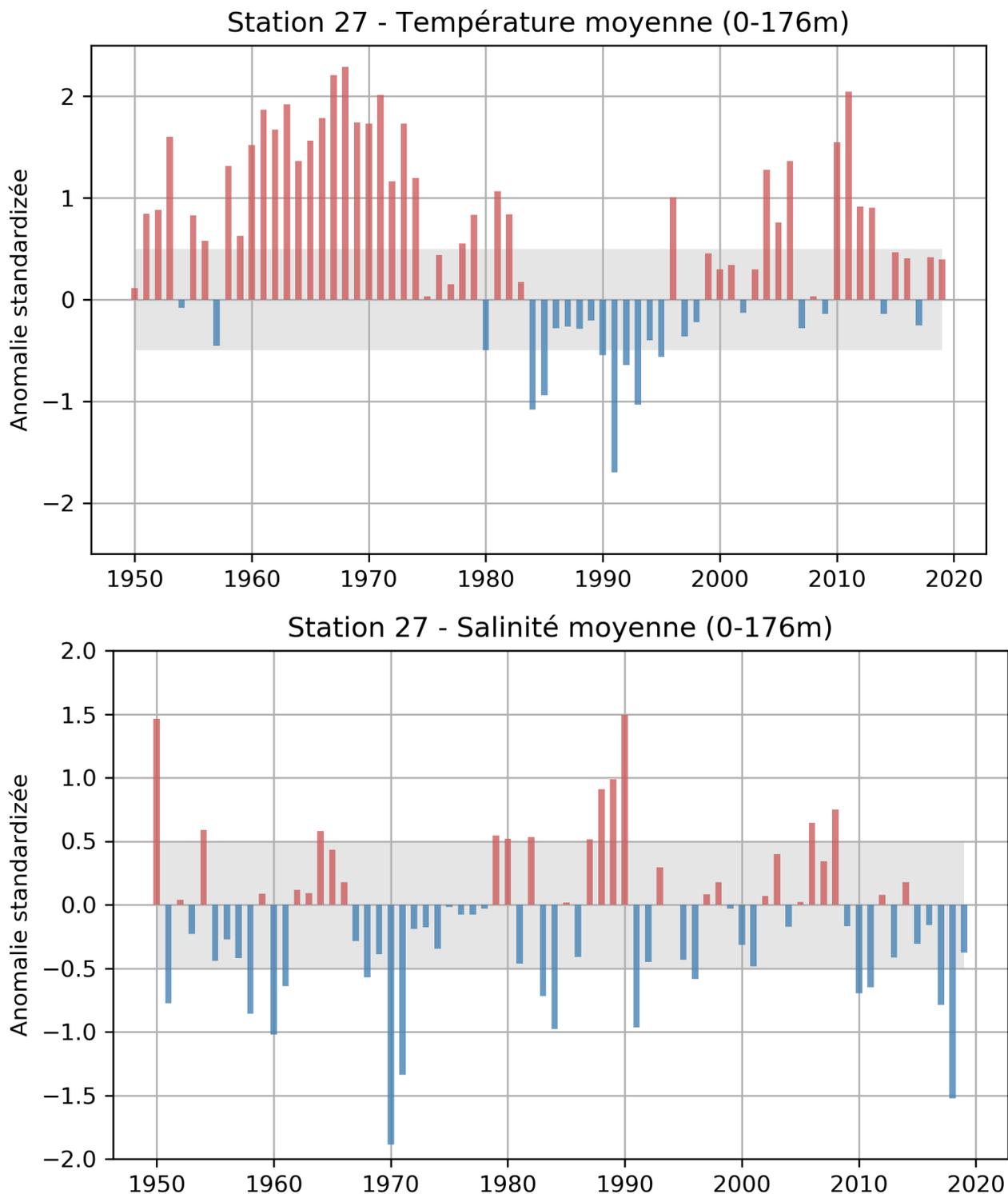


Figure 22. Anomalies normalisées annuelles de la moyenne verticale (0-176 m) des températures (haut) et salinités (bas) obtenues à partir de toutes les occupation de la Station 27 depuis 1950. Les bandes ombragées représentent une enveloppe dite normale correspondant à $\pm 0,5$ É.T. Ces deux séries temporelles sont utilisées pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 44).

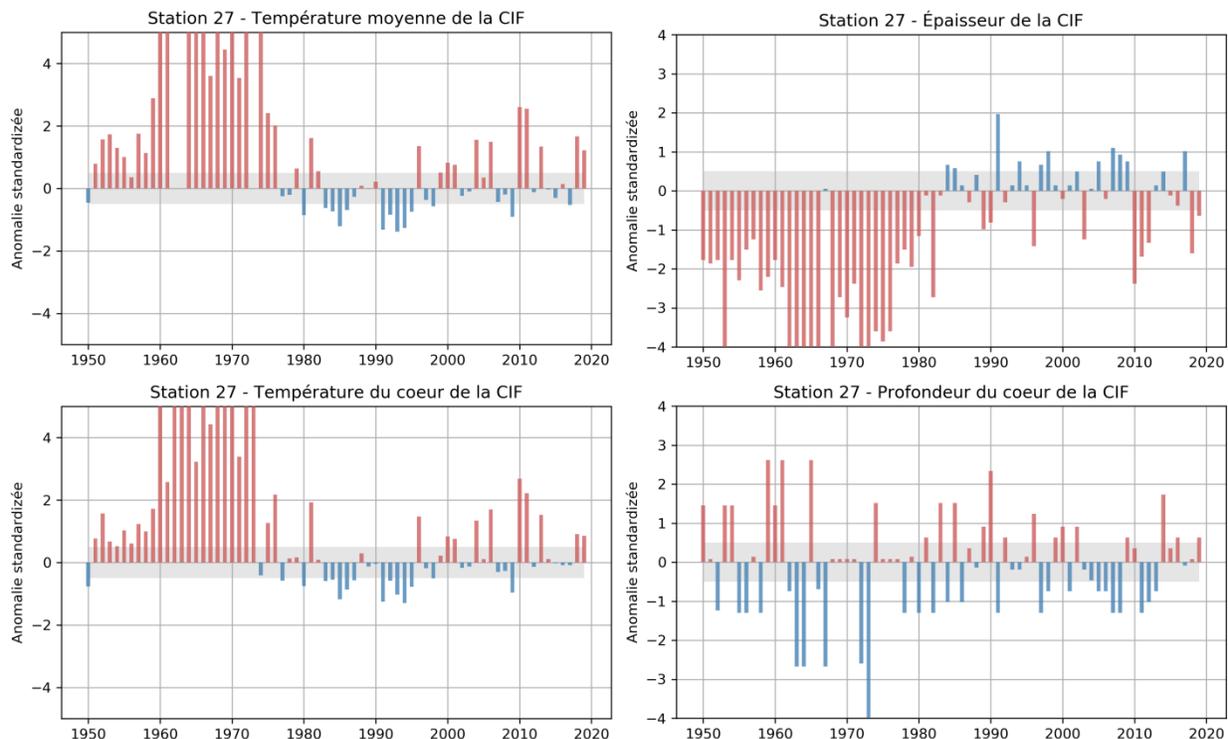


Figure 23. Anomalies normalisées des paramètres de la couche intermédiaire froide (CIF) à la Station 27 en été (mai-juillet) depuis 1950. La rangée du haut montre la température moyenne de la CIF ainsi que son épaisseur, alors que la rangée du bas montre la température du cœur (la température de son point le plus froid) et de sa profondeur. Les bandes ombragées représentent une enveloppe dite normale correspondant à $\pm 0,5$ É.T. Les anomalies de températures moyennes et du cœur sont utilisées pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 44).

Station 27 - Profondeur couche de mélange

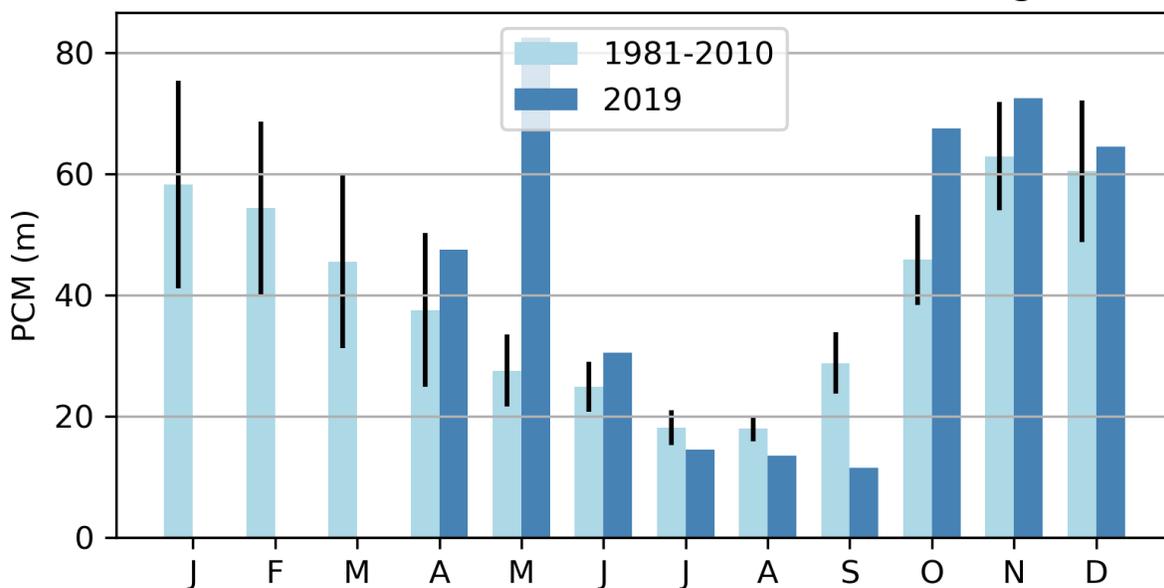


Figure 24. Évolution mensuelle de la profondeur de la couche de mélange (PCM) à la Station 27. La climatologie est en bleu clair et les valeurs pour l'année 2019 en bleu foncé. Les traits verticaux noirs représentent $0,5$ É.T. de chaque côté de la moyenne climatologique.

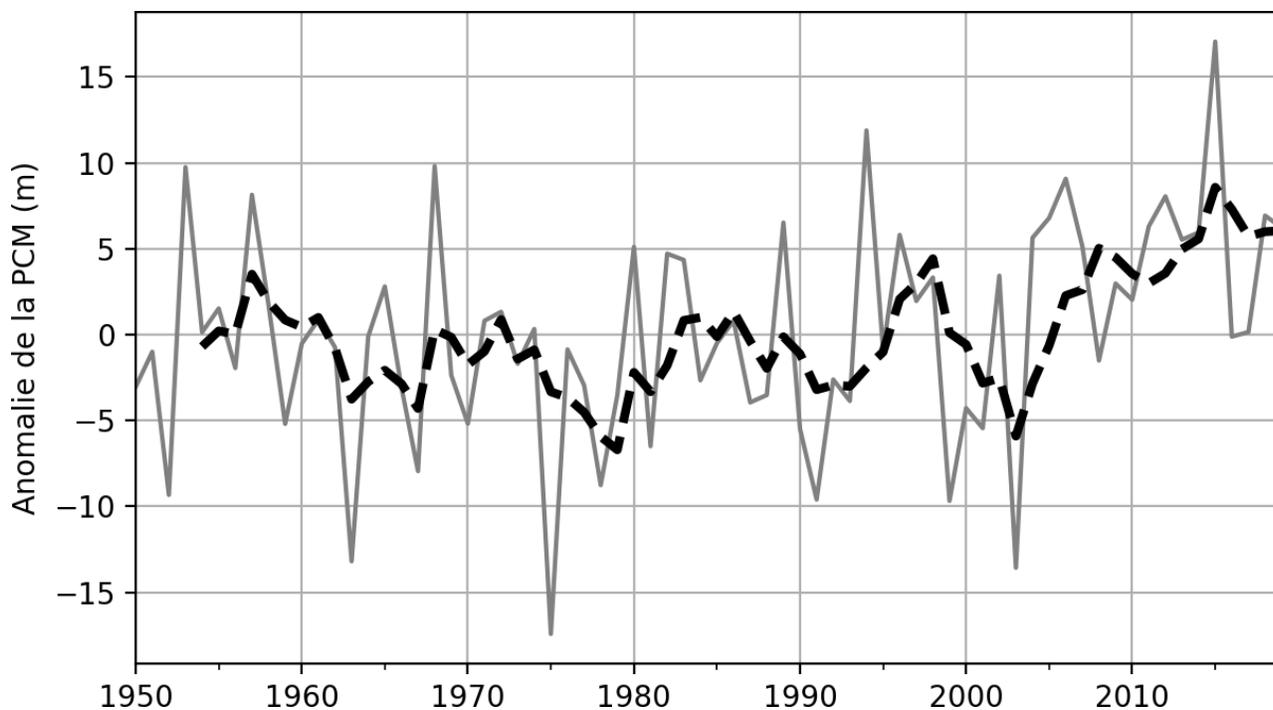


Figure 25. Série temporelle annuelle de la profondeur de la couche de mélange (PCM) à la Station 27 depuis 1950 (en gris), ainsi que sa moyenne mobile sur 5 ans (tirets noirs).

Station 27 - Stratification

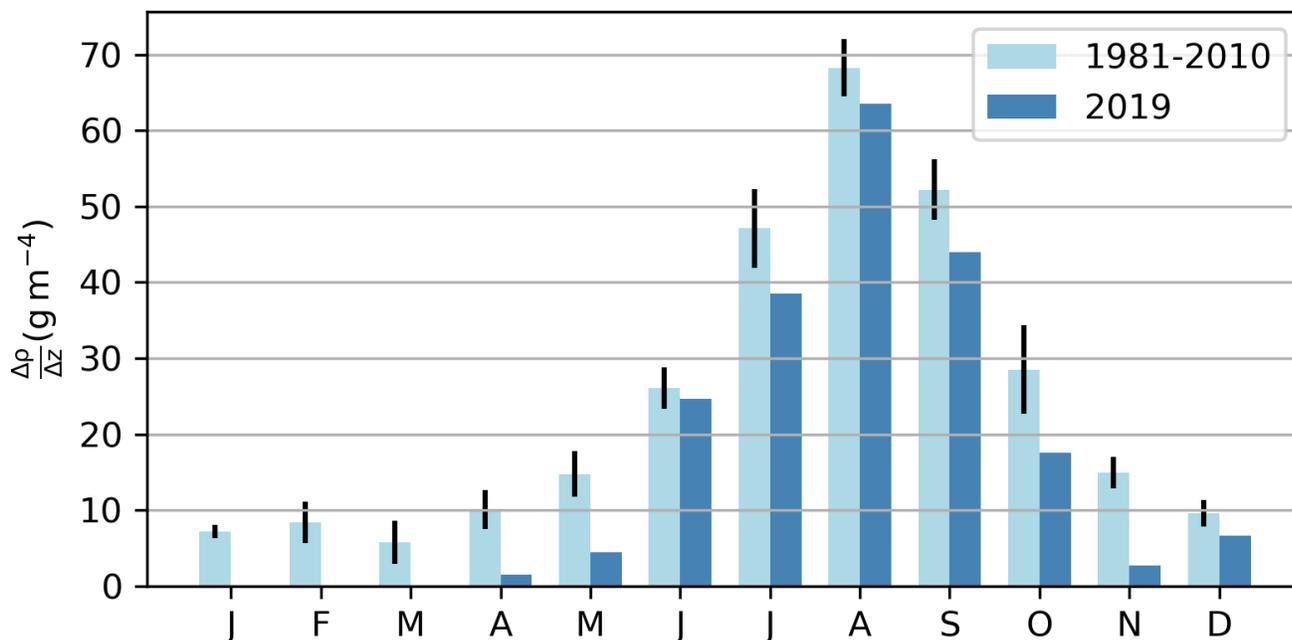


Figure 26. Évolution mensuelle de la stratification à la Station 27. La climatologie est en bleu clair) alors que les valeurs pour l'année 2019 sont en bleu foncé. Les traits verticaux noirs représentent 0,5 É.T. de chaque côté de la moyenne climatologique.

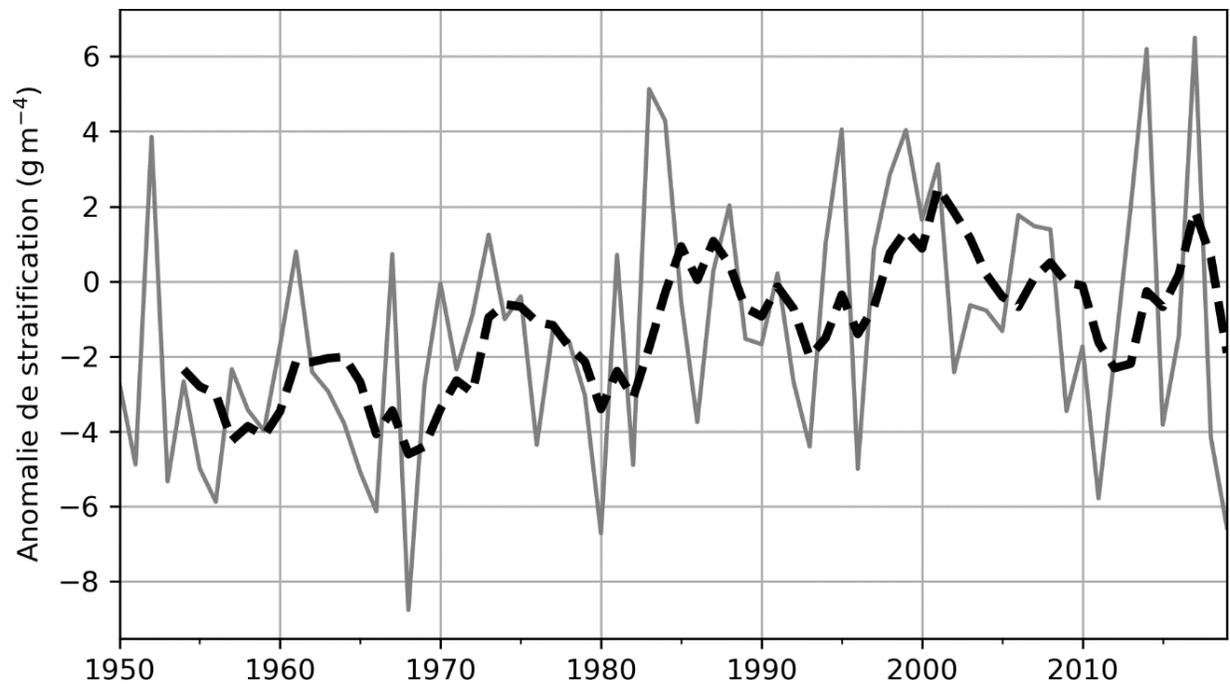


Figure 27. Série temporelle de la stratification annuelle moyenne à la Station 27 depuis 1950 (en gris), ainsi que sa moyenne mobile sur 5 ans (tirets noirs).

		-- Moyenne verticale de température --																																									
		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	x	ET
Temp 0-176m		-0.5	1.1	0.8	0.2	-1.1	-0.9	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.5	-1.7	-0.6	-1.0	-0.4	-0.6	1.0	-0.4	-0.2	0.5	0.3	0.3	-0.1	0.3	1.3	0.8	1.4	-0.3	0.0	-0.1	1.5	2.0	0.9	0.9	-0.1	0.5	0.4	-0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
Temp 0-50m		-0.8	0.7	0.1	0.2	-1.1	-0.8	-0.2	-0.2	-0.4	-0.3	-0.5	-1.5	-0.5	-0.8	0.0	-0.4	0.7	-0.4	0.1	0.5	0.4	0.5	-0.3	0.3	0.9	0.8	1.5	-0.4	0.6	-0.3	1.1	1.4	1.0	0.8	0.1	0.4	0.7	-0.2	0.0	-0.2	3.2	0.7
Temp 150-176m		-0.1	0.4	-0.1	-0.4	-0.8	-1.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.5	-0.8	-1.2	-0.9	-1.3	-1.1	-0.6	0.5	0.2	0.5	0.7	0.5	0.7	0.1	0.0	1.9	1.3	1.5	0.4	0.1	-0.3	1.6	3.2	0.8	1.1	-0.5	-0.5	-0.4	-0.5	0.9	0.5	-1.0	0.3
		-- Moyenne verticale de salinité --																																									
Sal 0-176m		0.5	-0.5	0.5	-0.7	-1.0	0.0	-0.4	0.5	0.9	1.0	1.5	-1.0	-0.5	0.3	0.0	-0.4	-0.6	0.1	0.2	0.0	-0.3	-0.5	0.1	0.4	-0.2	0.0	0.6	0.3	0.7	-0.2	-0.7	-0.6	0.1	-0.4	0.2	-0.3	-0.2	-0.8	-1.5	-0.4	32.5	0.1
Sal 0-50m		0.5	-0.2	1.0	-0.7	-1.2	0.2	0.4	0.8	0.9	1.1	1.4	-1.3	-0.4	-0.1	-0.1	-0.9	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.6	-0.7	0.6	0.8	0.1	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	-0.8	-0.5	0.1	-0.2	-0.1	-0.2	0.0	-1.0	-0.8	0.4	31.9	0.2
Sal 150-176m		-0.1	0.4	-0.1	-0.4	-0.8	-1.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.5	-0.8	-1.2	-0.9	-1.3	-1.1	-0.6	0.5	0.2	0.5	0.7	0.5	0.7	0.1	0.0	1.9	1.3	1.5	0.4	0.1	-0.3	1.6	3.2	0.8	1.1	-0.5	-0.5	-0.4	-0.5	0.9	0.5	33.1	0.1
		-- Propriétés de la couche intermédiaire froide (CIF) --																																									
CIF temp		-0.9	1.6	0.6	-0.6	-0.7	-1.2	-0.7	-0.3	0.1	0.0	0.2	-1.3	-0.8	-1.4	-1.3	-0.7	1.3	-0.4	-0.6	0.5	0.8	0.8	-0.2	-0.1	1.6	0.3	1.5	-0.4	-0.2	-0.9	2.6	2.6	-0.1	1.3	0.0	-0.3	0.1	-0.5	1.7	1.2	-1.0	0.2
CIF T coeur		-0.8	1.9	0.1	-0.6	-0.5	-1.2	-0.9	-0.6	0.3	-0.1	0.0	-1.3	-0.6	-1.0	-1.3	-0.8	1.5	-0.2	-0.5	0.2	0.8	0.8	-0.2	-0.1	1.3	0.1	1.7	-0.3	-0.3	-1.0	2.7	2.2	-0.1	1.5	0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.9	0.9	-1.4	0.2
CIF prof coeur		-1.3	0.6	-1.3	1.5	-1.0	1.5	-1.0	0.4	-0.1	0.9	2.3	-1.3	0.6	-0.2	-0.2	0.1	1.2	-1.3	-0.7	0.6	0.9	-0.7	0.9	-0.2	-0.5	-0.7	-0.7	-1.3	-1.3	0.6	0.4	-1.3	-1.0	-0.7	1.7	0.4	0.6	-0.1	0.1	0.6	125.5	18.1
CIF épaisseur		-1.2	-0.1	-2.7	-0.1	0.7	0.6	0.1	-0.3	0.4	-1.0	-0.8	2.0	-0.3	0.1	0.8	0.1	-1.4	0.7	1.0	0.1	-0.2	0.1	0.5	-1.2	0.1	0.8	-0.2	1.1	0.9	0.8	-2.4	-1.7	-1.3	0.1	0.5	-0.1	-0.4	1.0	-1.6	-0.6	124.4	11.5
		-- Profondeur de la couche de mélange (PCM) --																																									
PCM hiver		0.6	-0.3	1.0	0.8	0.3	-1.0	-0.6	-0.2		0.3	-0.2	-0.5	0.0	-1.1	0.8	-0.1	0.1	1.2	0.7	-0.2	-0.5	-0.1	0.1	-1.3	0.6	0.8	1.3	0.7	0.3	-1.1	-0.8	0.3	0.6	1.6	1.2	0.8	0.0			-0.6	54.8	23.4
PCM printemps		-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-1.3	0.3	-0.2	0.0	-0.3	0.8	0.4	-0.8	0.3	-0.3	1.1	-0.5	0.0	0.7	-0.8	-0.6	0.6	-0.3	0.4	-0.7	0.5	-0.4	0.2	-0.3	-0.2	0.4	1.9	-0.4	1.5	0.6	0.1	1.3	0.2	0.3	1.7	1.9	30.1	10.5
PCM été		-0.7	-0.5	0.1	0.0	-0.4	0.2	0.6	-0.3	0.0	0.9	0.1	-0.3	0.1	1.0	0.8	1.1	0.3	0.3	-0.8	-0.4	-1.1	0.2	0.0	0.0	-0.8	-0.7	0.2	-0.3	-0.8	0.9	-0.4	1.6	-1.0	-0.1	-1.1	1.4	0.9	-0.6	-0.6	-1.1	21.7	3.9
PCM automne		0.8	-0.2	-0.8	0.6	0.3	1.1	1.1	-0.2	-0.7	-0.2	1.5	-0.8	-0.4	0.9	-0.2	0.0	0.9	-0.6	0.4	-0.7	0.0	-0.7	0.1	0.7	0.3	0.7	-0.4	0.1	0.1	1.3	-0.3	0.8	0.7	-0.6	0.4	0.3	-0.3	0.2	0.1	0.7	55.8	13.3
PCM annuel		0.1	-0.3	0.1	0.2	-0.3	0.1	0.2	-0.2	-0.3	0.5	-0.2	-0.6	0.0	0.1	0.6	0.1	0.3	0.2	-0.2	-0.5	-0.3	-0.2	0.2	-0.6	0.2	0.0	0.3	0.1	-0.2	0.5	0.3	0.6	0.4	0.2	-0.1	0.9	0.2	0.0	0.4	0.4	39.4	6.3
		-- Stratification --																																									
strat. hiver		1.4		0.1		-0.2	0.3	-0.1	-0.6		-0.2	1.5	-0.6	3.9	-1.9	-0.8	-1.5	-0.4	0.4	0.3	0.2	0.6	0.5	0.9	0.0	-0.2	-0.5	-0.3	0.1	0.1	0.2	0.5	0.2	-0.6	-0.2	-0.4	-0.2	-0.8			0.4	0.008	0.005
strat. printemps		-0.7	0.3	-0.5	2.6	1.5	-0.8	-0.3	1.6	0.0	-0.6	-0.3	0.1	-1.1	-0.7	-0.5	1.2	-0.7	0.0	0.6	0.8	-0.4	-0.1	-0.9	-1.0	-0.4	-0.1	0.4	0.2	-0.4	0.1	-0.9	-0.3	-0.6	-0.3	-0.7	-0.2	-0.7	1.4	-1.1	-1.2	0.017	0.005
strat. été		-0.9	0.3	-0.5	0.8	1.3	0.6	-0.6	-0.7	0.1	-0.6	-0.3	-0.8	-1.4	-0.5	1.2	0.3	-1.3	0.0	0.7	0.9	0.2	0.5	0.1	-0.8	0.2	0.2	0.1	1.0	0.3	-1.2	-0.4	-2.0	0.1	0.9	2.9	-1.1	-0.5	1.8	-0.5	-0.8	0.055	0.007
strat. automne		-1.6	-0.7	-1.6	-0.9	-0.1	-0.5	-1.1	-0.4	0.5	0.3		1.3	0.5	-0.4	0.0	1.7	-0.5	0.3	0.0	0.1	0.5	1.0	-0.9	0.1	-0.3	-0.5	0.5	-0.3	1.2	-0.9	0.2	-0.8	-0.9	-0.1	-0.2	-1.1	1.3	-0.2	-0.5	-1.6	0.018	0.005
strat. annuel		-0.5	0.0	-0.5	0.8	0.7	-0.1	-0.5	0.0	0.2	-0.2	-0.1	0.1	-0.2	-0.7	0.0	0.6	-0.7	0.1	0.4	0.6	0.2	0.5	-0.3	-0.4	-0.2	-0.2	0.2	0.2	-0.4	-0.3	-0.7	-0.5	0.1	0.6	-0.6	-0.1	0.9	-0.7	-1.0	0.026	0.004	

Figure 28. 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.

SECTION HYDROGRAPHIQUES STANDARDS

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 2019, SWSPB et SEGB ont été échantillonnés au printemps (avril) et en automne (novembre/décembre), WB, SI, MB et BI en été (juillet) et BB et FC lors des 3 campagnes annuelles (bien que seulement la portion de BB près de la côte fût échantillonnée durant le relevé du printemps). Dans ce rapport, le résultat des relevés hydrographiques (température et salinité) effectué durant l'été 2019 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 subsurface 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 (47°N), de Bonavista et de Seal Island en 2019 sont présentées respectivement de la Figure 29 à la Figure 31. 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). Cette masse d'eau froide hivernale est communément appelée couche intermédiaire froide ou CIF (Petrie *et al.* 1988) et sa 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 2019, les températures étaient généralement au-dessus de la normale pour les sections Seal Island et Bonavista, à l'exception des eaux près de la surface (Figure 29 et Figure 30, en bas à gauche). Pour la section du Bonnet Flamand, les températures étaient plus froides que la normale par plus de 3°C à certains endroits (Figure 31, en bas à gauche). En profondeur, les eaux étaient légèrement au-dessus de la normale, ce qui signifie des conditions plus chaudes que la normale au fond sur une grande partie des grands bancs (voir sections sur les observations au fond).

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 29 à Figure 31, panneaux de droite). En 2019, 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 2019 comparativement à la climatologie. Ceci est surtout évident pour les sections Bonavista et du Bonnet Flamand (voir différence des champs de salinité entre 2019 et la climatologie pour ces 3 sections).

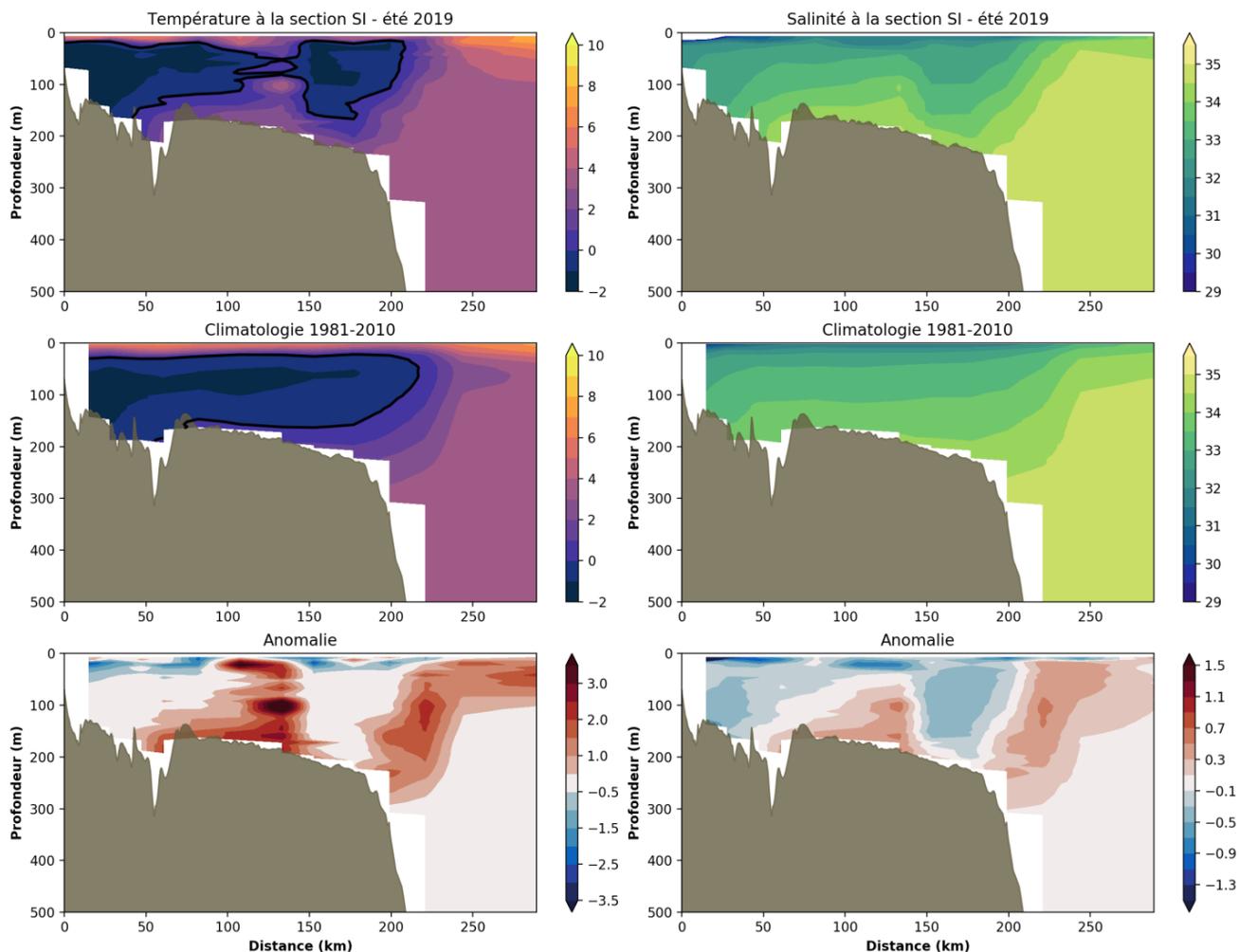


Figure 29. Contours des champs de température ($^{\circ}\text{C}$) et salinité à la Section hydrographique Seal Island (SI, voir carte Figure 1 pour la location) pour 2019 (rangée du haut) ainsi que leur climatologies (rangée du centre) et leur anomalies respectives (rangée du bas).

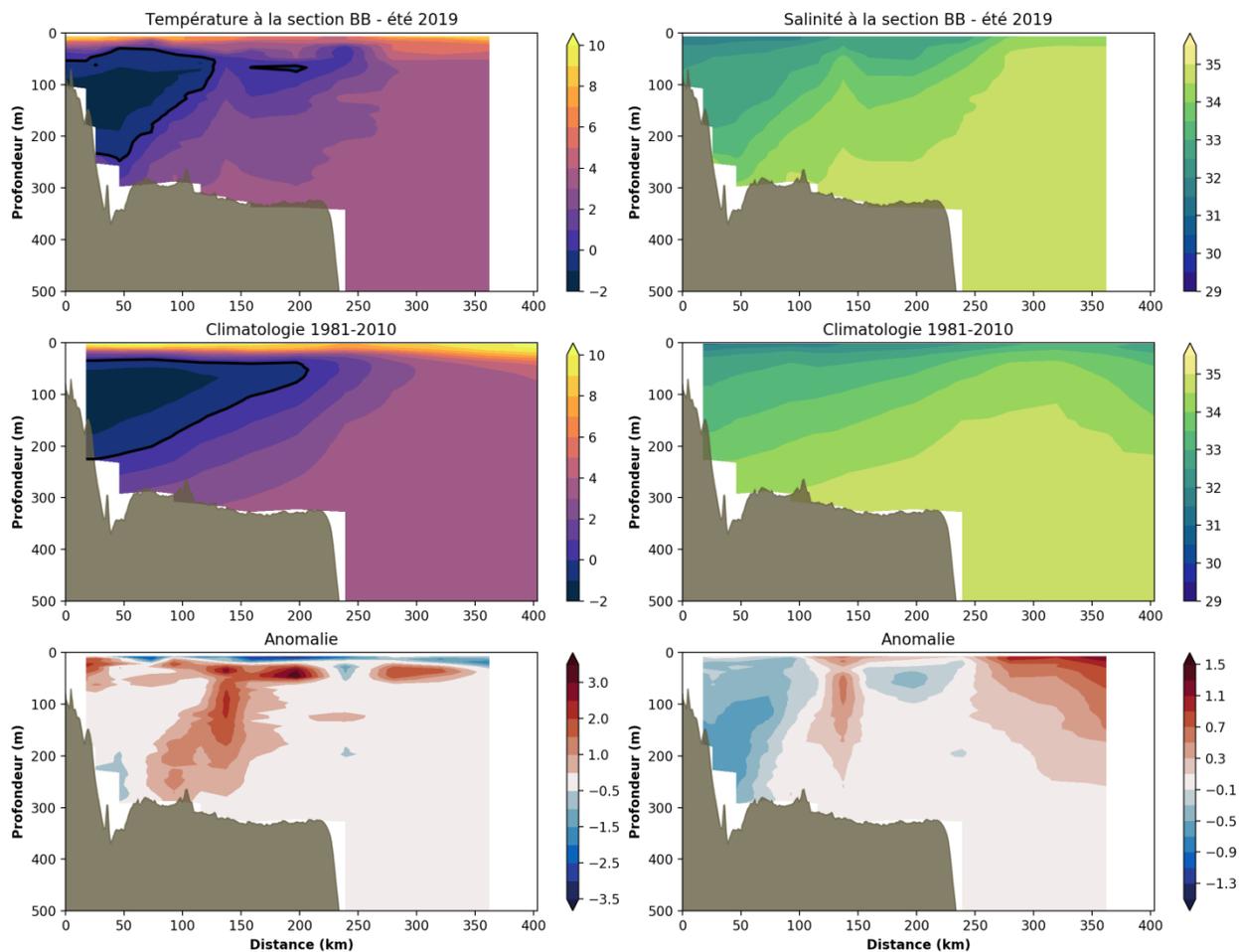


Figure 30. Similaire à la Figure 29, mais pour la section hydrographique Bonavista (BB; voir carte Figure 1 pour la location).

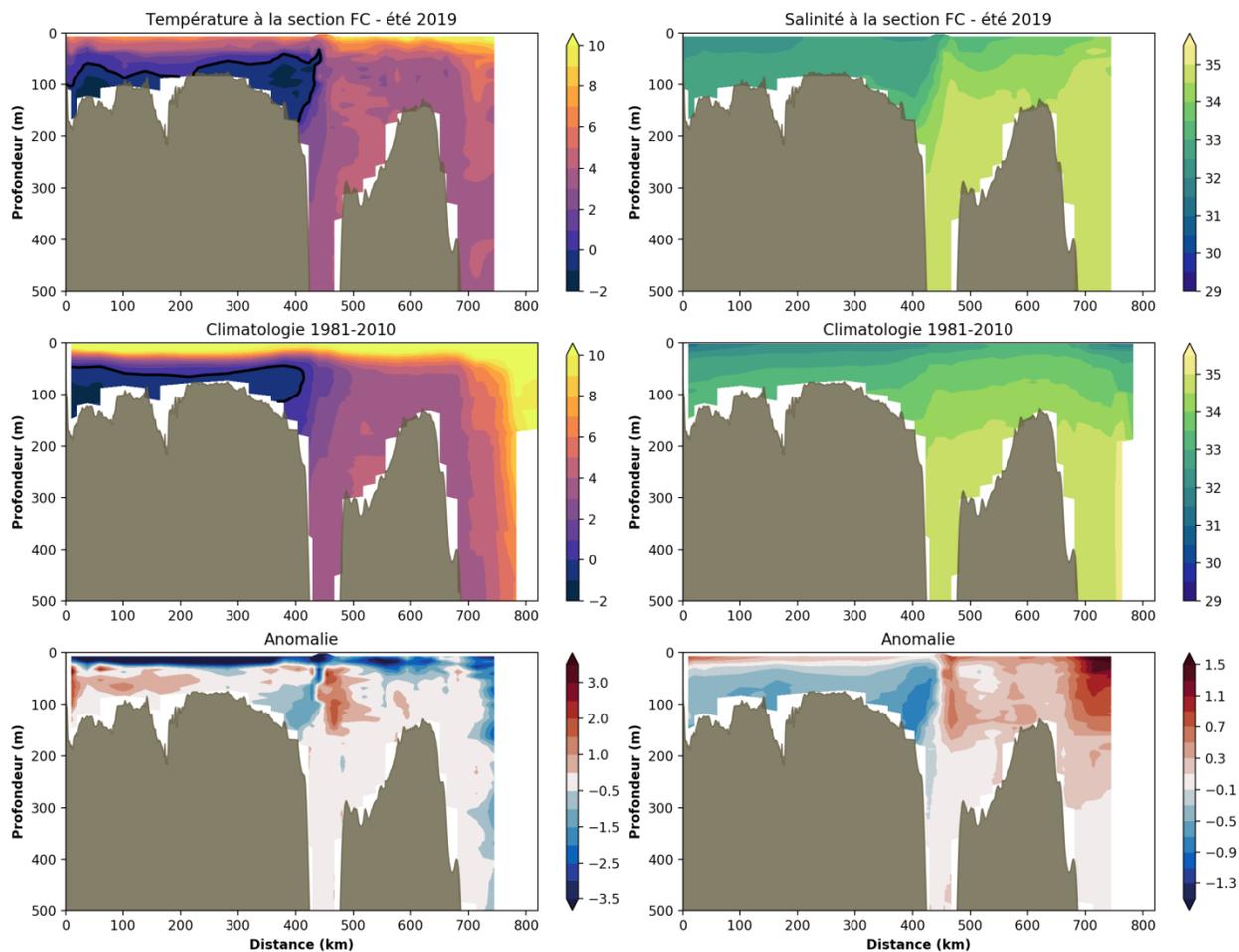


Figure 31. Similaire à la Figure 29, mais pour la section hydrographique du Bonnet Flamand (FC; voir carte Figure 1 pour la location).

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 32. 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 $20,3 \pm 4,5 \text{ km}^2$, $23,8 \pm 8,2 \text{ km}^2$ et $11,7 \pm 8,9 \text{ km}^2$. Les anomalies moyennées du cœur de la CIF (température minimale de cette couche) et du volume (défini comme la section transversale) pour ces trois sections sont résumées à la Figure 33 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 depuis environ 2012 ou 2014. 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 2019, les propriétés moyennes de la CIF pour les trois sections étudiées étaient généralement au-dessus de la normale (à l'exception du cœur de la CIF à la section Seal Island). Ceci va dans le même sens que pour l'année 2018 qui avait vu les paramètres retourner au-dessus de la normale après 4 ans de conditions plus froides (Figure 32). Il est à

noter que la température très chaude du cœur de la CIF à la section Seal Island en 2018 (+2.5 É.T.) était de retour sous la normale (-0.5 É.T.) en 2019.

-- Seal Island section --																																										
	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	\bar{x}	sd
CIL area (km ²)	-0.3	-2.0	0.3	-1.3	1.8	0.5	-0.5	-0.2	0.0		1.7	1.8	1.1	1.5	-0.2	-0.6	0.1	-0.9	-0.1	-1.8	-0.4	0.8	-0.2	0.7	-1.3	-0.1	-0.3	-0.3	-0.5	1.0	-0.3	-1.2	1.8	-1.0	0.0	1.7	-0.8	1.5	-2.1	-0.3	20.8	3.7
CIL core (°C)	0.5	0.7	0.2	-1.3	-1.3	-1.0	0.8	0.2	0.0		-0.8	-1.2	-1.0	-1.3	-0.7	2.0	-0.3	-0.6	-0.4	1.0	-0.6	1.1	-0.6	0.6	2.3	1.0	1.1	-0.1	-0.7	-0.3	1.1	2.7	-0.4	1.1	-1.3	0.1	-0.3	-0.7	3.1	-0.5	-1.5	0.2
core depth (m)	0.3	0.7	-0.7	0.7	-0.7	-0.5	1.7	1.7	0.1		1.7	1.7	-0.3	0.1	1.1	-0.3	-0.9	0.3	0.5	-0.7	-1.5	-1.3	0.1	0.5	-0.1	-1.3	-0.1	0.9	-0.1	-1.3	-1.7	-0.9	0.1	0.1	2.7	-0.1	0.3	-0.9	0.7	0.9	69.3	25.1
-- Bonavista section --																																										
CIL area (km ²)	-1.0	-0.4		0.6	3.0	1.3	-0.4	-0.6	0.5	0.1	1.6	2.2	0.0	0.5	0.3	-0.7	-0.2	-0.9	-0.3	-0.5	0.2	-0.6	-0.5	0.1	-1.5	-1.0	-1.1	-0.4	-1.0	0.0	-0.3	-2.4	-0.3	-0.7	1.3	0.7	0.2	0.0	-0.6	-1.5	24.5	7.1
CIL core (°C)	2.7	1.3		-1.8	-1.2	-0.9	0.3	0.4	1.2	-1.0	-0.9	-1.1	-0.2	-0.6	-1.0	-0.3	0.8	-0.4	-0.6	0.0	-0.2	0.4	-0.1	-0.3	2.0	0.9	2.6	0.9	-0.3	-0.7	0.8	2.5	-0.8	0.4	-1.0	-0.9	-0.6	-0.9	0.8	0.4	-1.6	0.1
core depth (m)	-0.3	-0.5		1.3	-1.1	-0.7	0.1	0.5	-0.3	0.3	1.7	0.5	0.7	0.9	0.3	2.7	-0.1	-0.1	-0.9	0.7	0.3	-0.9	1.1	0.3	-0.3	-1.3	-0.5	-1.7	0.1	-1.3	-1.3	0.3	1.1	-0.5	0.7	1.9	-0.9	-0.3	-0.1	1.3	89.4	24.9
-- Flemish Cap section --																																										
CIL area (km ²)	0.2	0.3	-1.3	2.0	1.2	0.9	0.2	-0.4	-0.2	0.8	1.7	1.3	0.3	0.9	-0.4	0.0	-0.3	-0.6	0.9	-0.6	-1.1	-1.3	-0.8	-0.9	-1.0	-0.4	0.0	2.0	-1.0	-1.2	-0.9	-1.1	-1.3	-0.6		0.0	-0.2	-1.3	-0.3	-1.1	11.7	8.9
CIL core (°C)	-0.4	0.5	2.9	-0.9	-0.3	-0.9	-0.6	-0.7	0.0	-0.8	-0.5	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-1.4	0.0	-0.3	-0.6	0.4	0.3	3.1	0.2	0.4	0.3	0.1	0.9	0.1	-0.2	0.0	0.9	1.2	0.3	1.1		0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1	-1.3	0.5
core depth (m)	-1.5	-2.1	-0.4	-0.7	-0.1	-0.1	1.6	-0.9	-0.7	-0.9	0.2	-0.9	-0.9	1.3	-0.9	1.0	2.1	0.2	0.7	1.6	-0.1	1.3	-0.1	-0.7	-0.7	-0.9	-0.1	1.1	0.2	-0.9	1.0	-1.2	1.6	1.0		-0.7	-0.1	1.6	1.6	2.1	83.4	18.0

Figure 32. 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 29 à la Figure 31). 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.

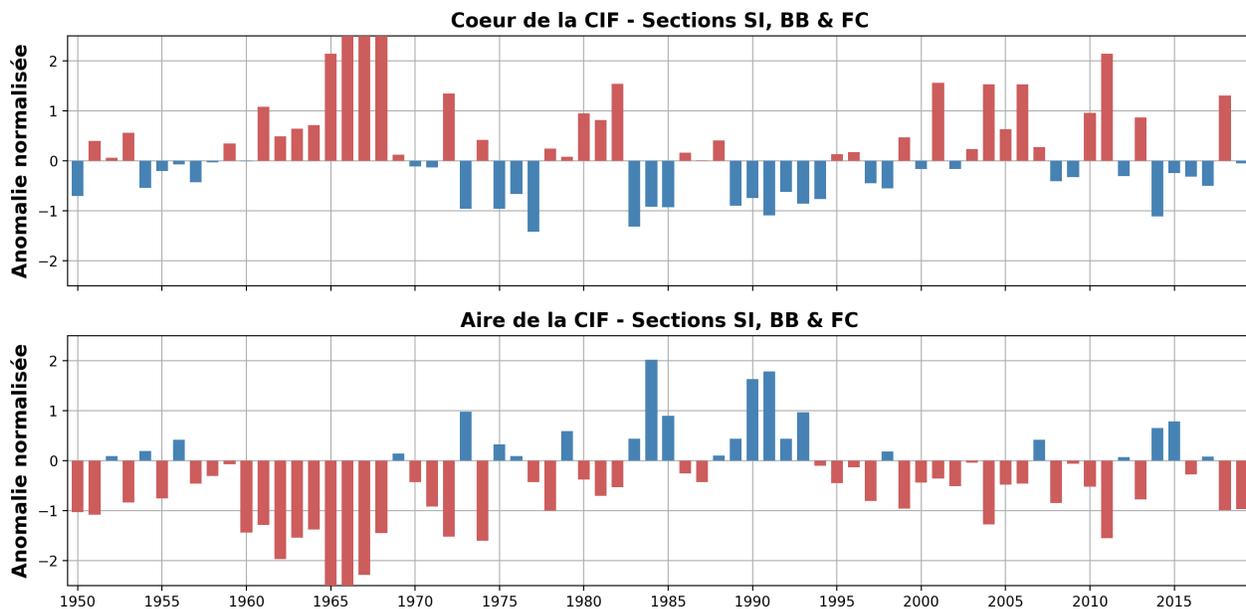


Figure 33. Anomalies normalisées de la température du cœur (haut) et de la surface (bas) de la couche intermédiaire froide (CIF) moyennée sur les sections hydrographique Seal Island (SI), Bonavista (BB) et du Bonnet Flamand (FC) depuis 1950 (les anomalies annuelles pour chaque section depuis 1980 sont présentes dans la Figure 32). Les anomalies de surface de la CIF pour les 3 sections (panneau du bas) est utilisé pour la construction de l'indice climatique de TNL présent dans le sommaire (appelé Volume de la CIF dans la Figure 44).

OBSERVATIONS DE 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 3LNOPs au printemps et 2HJ3KLNO à l'automne (voir carte Figure 1). 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.* 2019). 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 $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ (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 GEBCO_2014 ([version 20150318](#)), 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 2019 dont est dérivée la climatologie de 1981 à 2010. Les anomalies pour 2019 sont calculées comme la différence entre les observations annuelles et la climatologie.

Conditions printanières

Les cartes climatologiques printanières de la température et de la salinité au fond, ainsi que les observations et anomalies de 2019 pour les divisions 3LNO de l'OPANO, sont présentées respectivement à la Figure 34 et à la Figure 35 (voir le panneau central pour la couverture des stations échantillonnées). En 2019, les températures au fond dans la division 3L étaient généralement inférieures à 0°C, sauf dans la partie nord et près du talus où elles étaient de 2° à 4°C. Au centre et au sud des grands bancs (3NO), les températures au fond étaient de 0° à <4°C le long des talus nord et est, et entre 0° et >6°C le long du talus sud de 3O et 3Ps où les eaux étaient plus chaudes que la normale par plus de 3.5°C par endroit. Sur le banc de Saint-Pierre (est de la division 3Ps), les températures étaient généralement inférieures à 0° et supérieures à 6°C dans le chenal Laurentien. Pour le reste de 3LMOPs, les températures au fond étaient légèrement au-dessus de la normale.

La salinité printanière au fond dans 3LNO était généralement de 32 à 33 au centre des grands bancs et de 33 à 35 plus près du talus. 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 2019, une anomalie fraîche généralisée est observée au centre des grands bancs (anomalie de -0.2 à -0.4 unités de salinité), alors qu'une anomalie positive a été observée le long du talus sud-ouest de 3O et 3Ps, ainsi que le long du chenal Laurentien.

Les indices climatiques basés sur les anomalies normalisées de température printanière depuis 1980 sont présentées à la Figure 36. 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 2,4 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 -0,1 à 0,1 É.T. au-dessus de la normale. En 2018 et 2019, la température moyenne au fond du 3LNO était de nouveau au-dessus de la normale, respectivement par 0,7 et 0,5 É.T.

Dans la division 3Ps, les températures au fond présentent certaines similitudes avec 3LNO, avec des périodes chaudes de 1999-2000 et de 2005-2006 séparées par une période plus froide entre 2001-2004 (2003 est l'année la plus froide jamais enregistrée depuis 1991 avec -1,0 É.T.). À l'exception de 2007 (froid à -0,6 É.T.) et de 2008 (normale), toutes les années entre 2005 et 2019 ont été plus chaudes que la normale, avec 2016 l'année la plus chaude à +1,9 É.T. Le printemps 2019 était 1,5 É.T. au-dessus de la normale. Au printemps 2011, la surface du fond avec des eaux <0°C se situait à -1,7 É.T., ce qui correspond également à peu ou pas d'eaux de fond avec des températures <0°C. La superficie d'eau <0°C était normale en 2019.

La Figure 37 intègre les différents paramètres de la Figure 36 en moyennant toutes les rangées de cette table ayant des températures du fond (c'est-à-dire sans tenir compte des zones d'habitat thermique). On observe une tendance générale à la hausse de la température du fond

depuis le début des années 90 jusqu'en 2011, avec toutefois une importante variabilité interannuelle (par exemple 2003, le refroidissement le plus important des deux dernières décennies). Les températures au fond ont atteint des valeurs record en 2011, mais ont affiché une tendance à la baisse pour atteindre des valeurs proches de la normale en 2015. En moyenne, 2019 juste au-dessus de la normale pour l'ensemble de 3LNOPs (+0,53 É.T.).

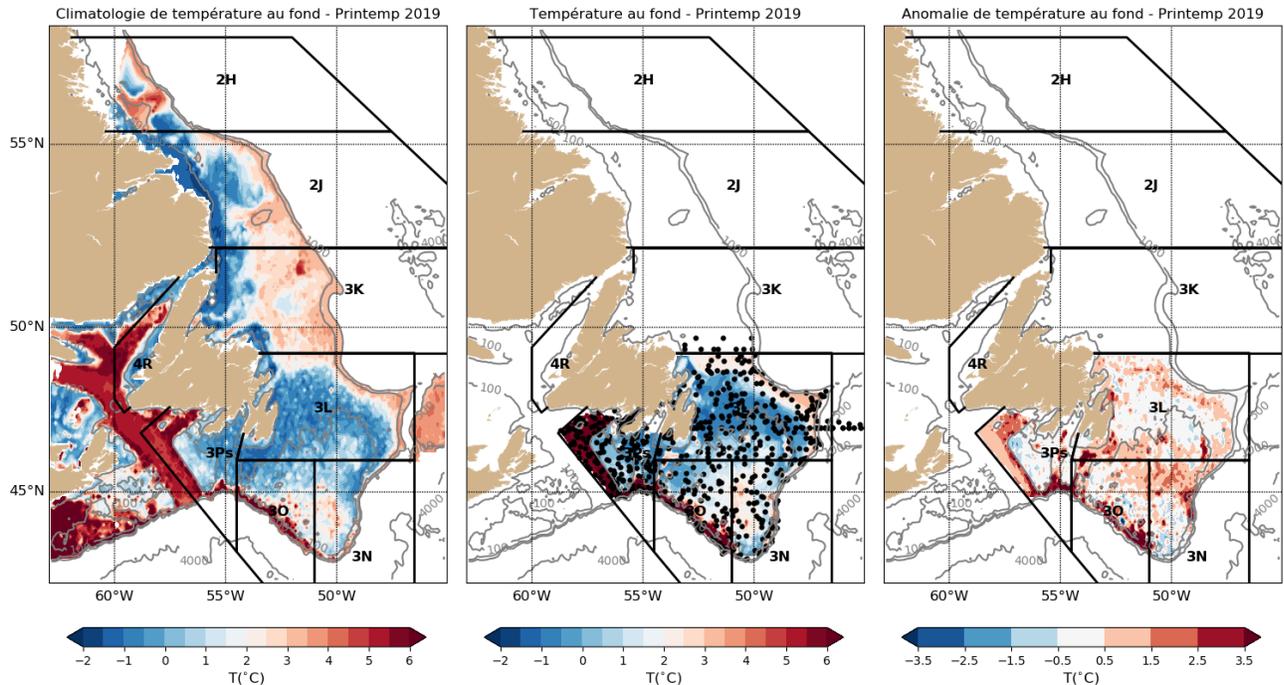


Figure 34. Cartes des températures de fond au printemps pour les divisions de l'OPNAO 3LNOPs. La moyenne climatologique 1981-2010 est présentée à gauche, les valeurs pour 2019 au centre et l'anomalie pour 2019 à droite. Les positions des observations utilisées pour interpoler la température en 2019 sont indiquées par des points noirs dans le panneau du milieu.

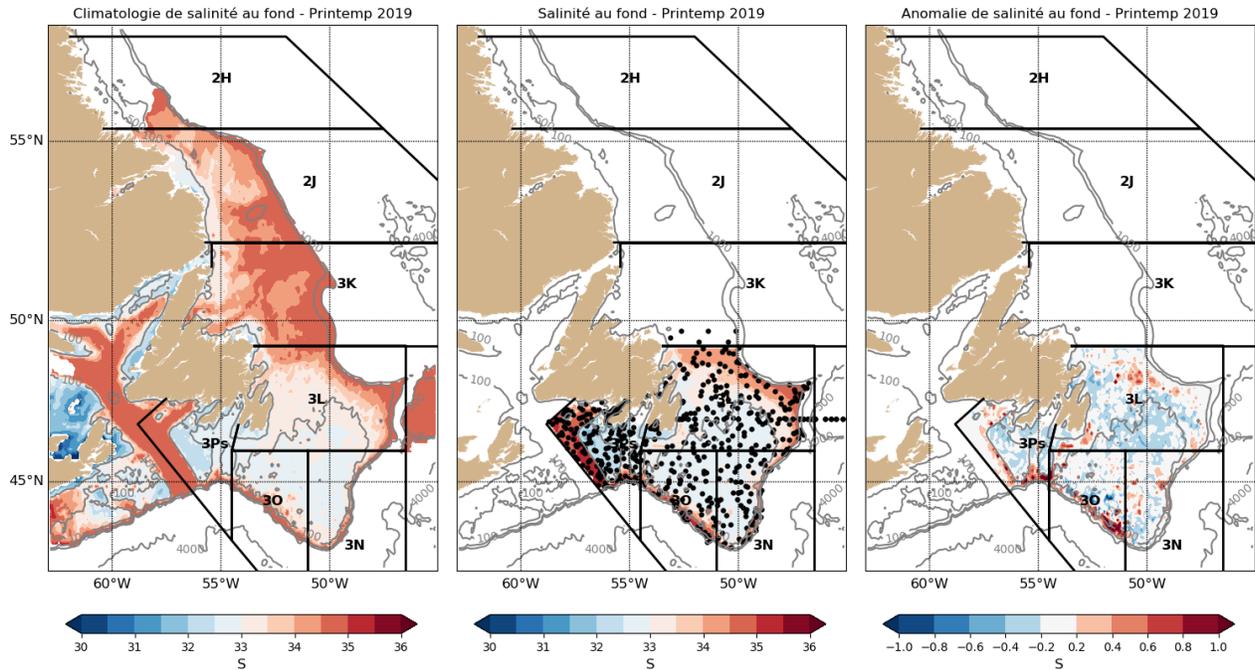


Figure 35. Cartes des salinités de fond au printemps pour les divisions de l'OPNAO 3LNOPs. La moyenne climatologique 1981-2010 est présentée à gauche, les valeurs pour 2019 au centre et l'anomalie pour 2019 à droite. Les positions des observations utilisées pour interpoler la salinité en 2019 sont indiquées par des points noirs dans le panneau du milieu.

		-- Divisions 3LNO 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	\bar{x}	ET
T _{fond}		0.2	1.7	-0.4	0.7	-0.6	-1.1	-0.9	-0.2	0.3	-1.0	-1.7	-1.7	-1.4	-0.9	-1.2	-0.5	0.3	-0.5	0.9	1.6	0.9	0.4	0.2	-0.7	1.6	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	1.2	2.4	1.7	1.4	-0.2	0.3	0.0	0.2	0.7	0.5	0.9	0.6
T _{fond < 200m}		0.1	1.8	-0.3	1.0	-0.5	-1.1	-1.0	-0.1	0.3	-0.8	-1.7	-1.7	-1.4	-0.9	-1.2	-0.5	0.3	-0.7	0.9	1.7	1.0	0.3	0.1	-0.9	1.5	0.8	0.7	0.4	0.3	0.5	1.1	2.4	1.6	1.4	-0.3	0.2	0.0	0.1	0.5	0.6	0.5	0.6
Aire > 2°C		0.1	1.5	-1.1	0.8	-0.4	-1.2	-0.9	-0.1	0.2	-1.1	-1.7	-1.4	-1.5	-0.7	-1.1	-0.2	0.1	-0.5	0.6	1.7	0.7	-0.1	0.1	-0.6	2.0	0.9	0.8	0.7	0.9	0.9	0.6	2.8	1.7	0.8	-0.2	0.8	-0.1	0.3	0.3	0.2	63.7	22.4
Area < 0°C		-0.6	-1.4	-0.1	0.0	0.7	1.0	0.9	0.6	0.2	0.8	1.3	1.5	1.1	1.0	1.0	0.5	-0.4	0.6	-0.9	-1.4	-0.4	-0.4	0.7	-2.0	-1.1	-1.8	-0.1	-0.1	0.2	-1.9	-2.2	-1.1	-1.3	0.5	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.5	04.4	43.9	
		-- Division 3Ps de l'OPANO --																																									
T _{fond}				-0.3	0.5	0.6									-1.1	-1.1	-0.6	0.1	-1.0	0.1	1.5	1.8	-0.9	-0.1	-1.8	0.2	1.2		-1.2	0.2	0.9	1.2	2.0	1.7	1.4	1.2	1.3	2.6	0.8	1.9	1.5	2.2	0.4
T _{fond < 200m}				0.4	0.7	1.1									-1.6	-1.3	-0.7	0.1	-1.1	0.3	1.3	1.5	-0.8	-0.4	-1.8	0.2	1.2		-0.7	0.2	0.8	0.6	1.7	1.1	1.0	0.5	0.6	1.4	-0.1	1.1	0.3	0.8	0.6
Aire > 2°C				0.3	1.1	-1.2									-0.5	-0.8	0.2	-0.7	-0.9	0.3	2.5	1.9	-1.2	-0.5	-1.1	-0.4	0.4		-0.9	0.6	0.4	0.3	1.7	-0.1	0.6	0.4	0.5	1.0	-0.4	1.8	0.1	27.4	3.3
Area < 0°C				-0.4	-0.6	-0.9									1.6	1.1	1.1	-0.5	1.3	-0.1	-0.8	-1.2	0.6	0.2	2.0	-1.1	-1.5		0.6	0.0	-0.3	-0.9	-1.7	-1.4	-1.4	-0.4	-0.8	-1.2	0.2	-1.0	0.2	16.3	9.5

Figure 36. Tableau des anomalies normalisées des températures de fond (total ou seulement pour les profondeurs inférieures à 100 m) et de la surface recouverte par des eaux sous 0°C ou au-dessus de 2°C au printemps dans les divisions de l'OPANO 3LNOPS. Le code de couleur suit celui de la Figure 2.

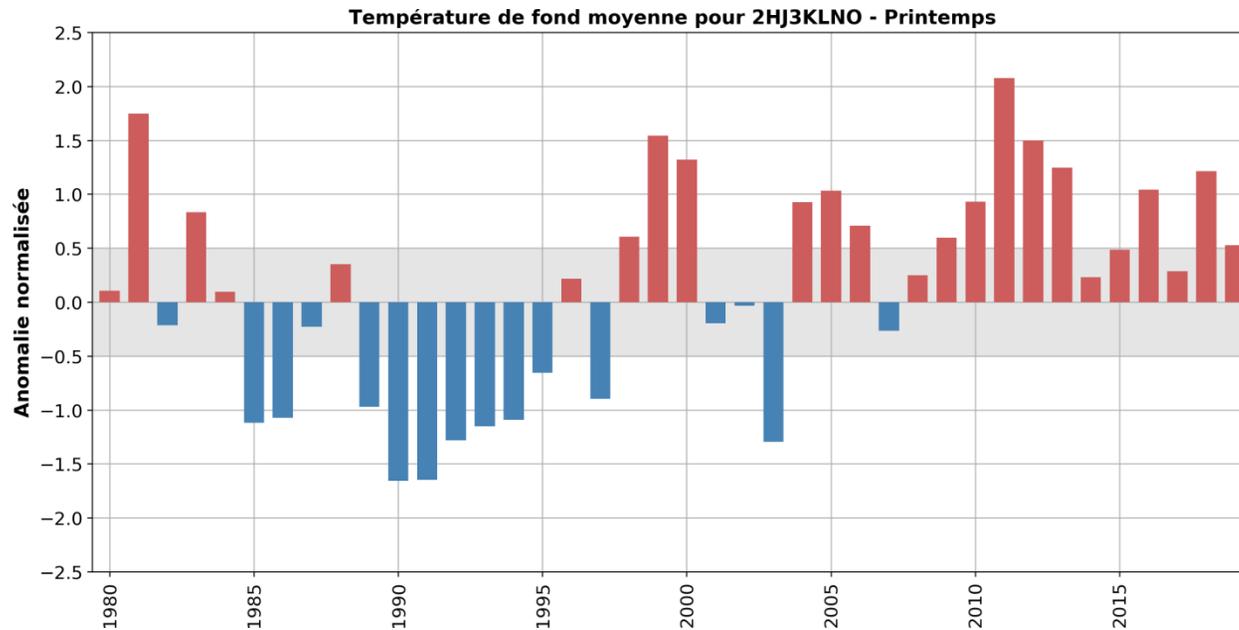


Figure 37. Moyennes des anomalies de températures des eaux de fond au printemps pour les divisions de l'OPANO 3LNOPS. Cette série temporelle est construite à partir de toutes les valeurs d'anomalies de température de fond de la Figure 36 (anomalies d'habitats thermiques ignorées). La bande ombragée représente une enveloppe dite normale correspondant à $\pm 0,5$ É.T. Ces anomalies de printemps combinées à ceux de l'automne (Figure 41) sont utilisées pour construire l'indice climatique de TNL présent dans le sommaire (Figure 44).

Conditions automnales

Les cartes climatologiques des températures de fond et de salinité à l'automne, ainsi que les observations et anomalies de 2019 pour les divisions 2HJ3KLNO de l'OPANO sont présentées respectivement à la Figure 38 et à la Figure 39 (voir le panneau central pour l'occupation des stations). À l'exception de 2H qui était à peu près normal, il y avait un gradient nord-sud d'anomalies de la température de fond dans 2J3KLNO, avec des conditions plus chaudes que la normale dans le nord: jusqu'à +2,5°C dans la plupart des 2J; de +0,5°C à +2,5°C dans 3K, +0,5°C à +1,5°C dans 3L, et un mélange d'anomalies froides et chaudes dans 3NO (sauf à la pointe des grands bancs qui était plus chaude que la normale à +3,5°C).

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. 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 2019, la salinité était près de la normale dans la plupart de 2HJ3KLN, à l'exception d'une partie de 3L près de la Passe Flamande qui montrait une anomalie positive. La salinité au fond dans 3O était légèrement plus faible que la normale au centre et plus forte que la normale le long du talus sud-ouest des grands bancs.

La Figure 40 présente les anomalies de température de fond normalisées et d'autres indices dérivés. Alors que la température de fond pour 2017 était normale dans 2J3K et inférieure à la normale dans 3LNO (premier événement négatif en une décennie), elles étaient au-dessus de la normale partout dans 2HJ3KLNO en 2019, une nouvelle augmentation après celle de 2018.

La Figure 41 intègre les différents paramètres de la Figure 40 en moyennant toutes les rangées de cette table ayant des de température du fond (c'est-à-dire sans tenir compte des zones d'habitat thermique). Présentée de cette façon, il devient clair qu'un patron d'évolution à basse fréquence émerge (demi-cycle de 15 ans environ) avec des températures plus froides entre le début des années 80 et le milieu des années 90, suivies d'une période plus chaude jusqu'à la fin de 2010. Depuis le record enregistré en 2011, les conditions de température ont considérablement diminué, pour atteindre des valeurs proches de la normale en 2014 et en 2015, mais relativement chaudes en 2016. Alors qu'en 2017 était l'année la plus froide depuis 1994 (tel que mentionné précédemment), 2018 et 2019 étaient toutefois de retour au-dessus de la normale respectivement à 0,7 et 0,9 É.T. au-dessus de la normale. L'année 2019 montre aussi l'anomalie moyenne la plus chaude depuis 2011.

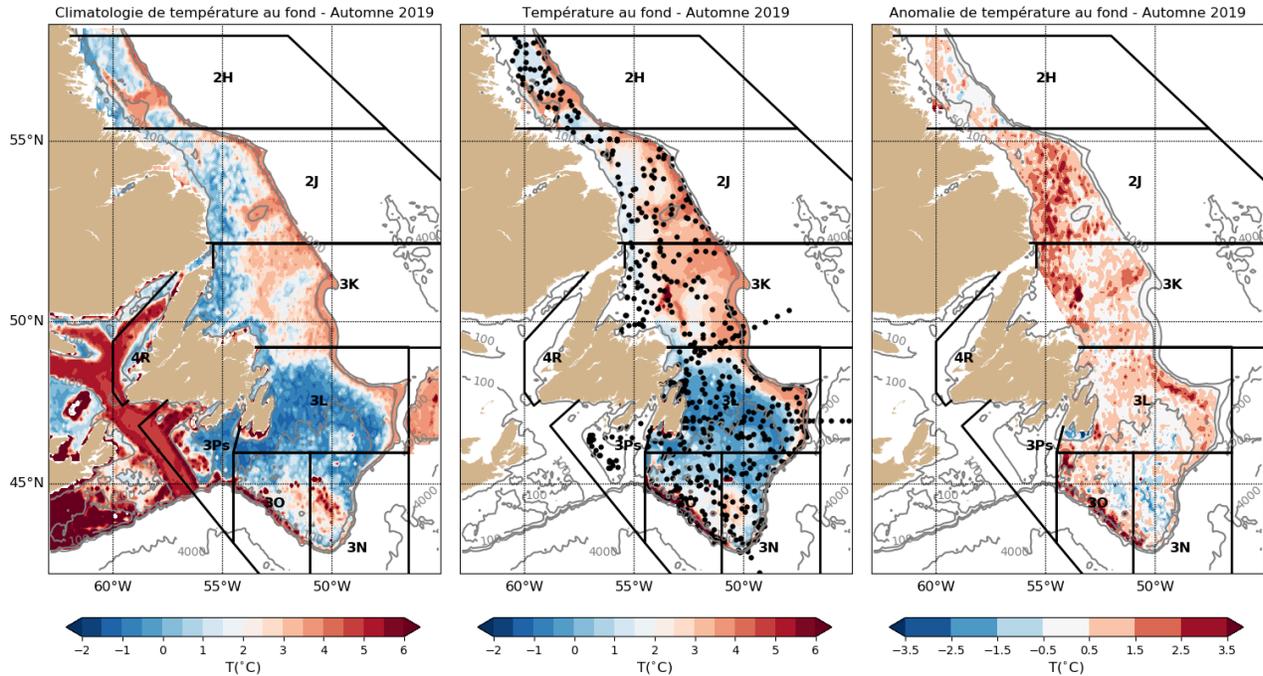


Figure 38. Cartes des températures de fond à l'automne pour les divisions de l'OPNAO 2J3KLNO. La moyenne climatologique 1981-2010 est présentée à gauche, les valeurs pour 2019 au centre et l'anomalie pour 2019 à droite. Les positions des observations utilisées pour interpoler la température en 2019 sont indiquées par des points noirs dans le panneau du milieu.

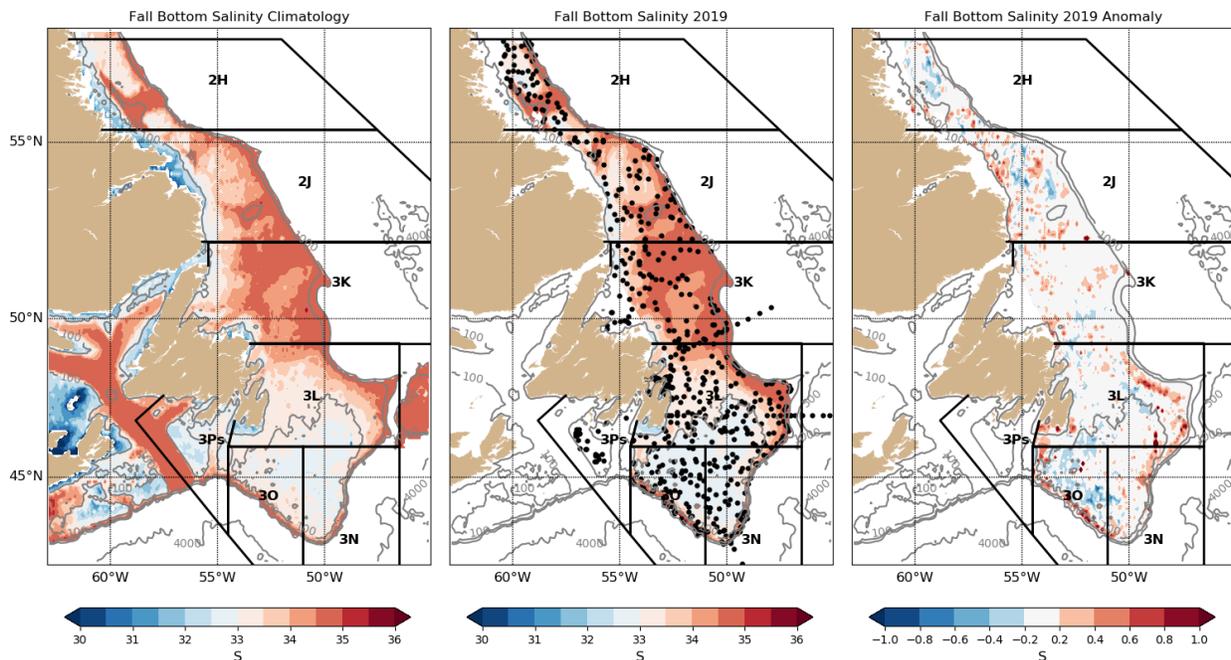


Figure 39. Cartes des salinités de fond à l'automne pour les divisions de l'OPNAO 2J3KLNO. La moyenne climatologique 1981-2010 est présentée à gauche, les valeurs pour 2019 au centre et l'anomalie pour 2019 à droite. Les positions des observations utilisées pour interpoler la salinité en 2019 sont indiquées 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	\bar{x}	ET
T _{fond}		0.0			-2.0														0.2	0.2	0.5		-0.6			1.0	0.0		0.5		1.5	1.6	0.4	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.9	0.4	0.5	2.1	0.5	
T _{fond < 200m}		0.5			-1.8														0.6	0.3	0.4		-1.1			1.0	0.0		0.1		1.4	1.6	0.5	-0.1	-0.1	0.3	0.2	-0.6	0.4	0.7	1.0	0.7	
Aire > 2°C		-0.6			-1.4														0.2	0.2	0.0		-1.2			1.5	0.2		0.4		1.7	1.7	-0.4	-0.1	-0.6	-1.2	-0.5	-1.3	-0.2	0.0	22.7	5.4	
Aire < 1°C		-0.9			-1.7														-0.9	0.1	-0.7		0.4			-0.8	0.5		0.4		-1.2	-1.2	-0.4	0.5	0.1	-0.3	-0.2	0.6	-0.6	-0.8	13.1	10.6	
		-- NAFO division 2J --																																									
T _{bot}		-0.2	0.3	-0.9	-0.8	-1.9	-1.5	0.2	-1.2	0.1	-0.3	-1.1	-0.7	-1.4	-1.4	-0.8		0.7	0.4	0.4	0.7	0.1	0.8	0.6	1.0	1.2	1.4	0.1	1.5	0.4	0.5	1.8	1.8	0.4	0.4	-0.1	-0.1	0.6	0.2	1.1	1.1	2.0	0.6
T _{bot < 200m}		0.0	0.4	-0.8	-1.2	-1.8	-1.2	0.4	-1.2	0.1	-0.4	-0.9	-0.9	-1.5	-1.4	-0.7		0.8	0.3	0.2	0.8	0.0	1.0	0.7	1.0	1.1	1.5	-0.3	1.5	0.2	0.5	1.8	1.9	0.2	0.0	-0.5	-0.3	1.1	0.1	1.0	1.4	0.7	0.8
Area > 2°C		-0.1	0.1	-1.2	-0.6	-1.5	-1.4	0.3	-1.1	0.0	-0.5	-1.2	-0.7	-1.1	-1.3	-0.8		1.0	0.5	0.2	0.2	0.1	0.9	0.6	1.0	1.2	1.6	0.1	1.9	-0.2	0.1	2.1	2.3	-0.1	0.1	-0.2	-0.1	0.6	0.0	0.9	1.2	46.9	15.1
Area < 1°C		0.0	-0.5	1.2	1.1	1.5	1.3	-0.5	1.4	-0.5	0.4	1.1	1.0	1.3	1.3	0.8		-0.7	-0.5	-0.2	-1.1	0.1	-1.0	-0.7	-1.1	-0.9	-1.5	0.2	-1.4	0.1	-0.5	-1.6	-1.6	0.1	-0.1	0.3	0.2	-1.4	-0.1	-1.0	-1.5	26.4	16.9
		-- Division 3K de l'OPANO --																																									
T _{fond}		0.2	0.1	-0.2	-0.5	-1.1	-2.0	-0.1	-0.9	-0.3	-0.2	-1.6	-0.8	-1.6	-1.6	-1.2	-0.6	0.0	0.7	0.6	1.0	0.6	0.3	0.8	1.0	1.6	1.1	0.4	1.2	0.9	0.5	1.7	2.3	0.5	0.7	0.0	0.2	0.0	-0.3	0.9	1.0	2.4	0.5
T _{fond < 200m}		0.3	0.1	-1.4	-1.2	-1.4	-1.3	0.4	-1.1	-0.5	-0.3	-1.1	-1.0	-1.1	-1.3	-0.9	0.5	0.9	0.2	0.0	0.8	0.0	0.7	0.9	1.1	1.5	1.2	0.2	1.4	0.2	0.3	2.2	2.0	0.4	0.1	-0.3	0.3	1.3	0.1	1.2	1.8	0.2	0.8
Aire > 2°C		0.2	0.3	0.1	-0.6	-0.9	-2.0	0.2	-1.0	-0.3	-0.4	-1.5	-0.5	-1.5	-1.5	-1.3	-0.9	0.0	0.9	0.8	0.9	0.7	0.2	1.1	0.7	1.3	1.2	0.4	1.1	0.9	-0.2	1.8	1.6	0.4	0.8	-0.2	0.3	-0.4	-0.4	1.1	1.1	72.2	14.5
Aire < 1°C		-0.1	-0.2	0.1	0.7	0.9	2.0	-0.8	0.4	-0.2	-0.1	2.1	0.9	1.4	1.9	1.3	-0.2	-0.8	-0.3	-0.2	-0.7	0.0	-0.4	-0.9	-1.0	-1.4	-1.2	0.0	-1.3	-0.2	-0.1	-1.6	-1.7	-0.1	-0.5	0.1	-0.3	-1.0	0.3	-1.2	-1.6	17.1	10.0
		-- Divisions 3LNO de l'OPANO --																																									
T _{fond}		0.5	0.0	1.3	0.3	-0.3	-1.0	0.2	-0.6	-1.1	0.3	-1.0	-1.4	-1.3	-2.2	-1.5	-0.2	0.3	0.1	1.0	2.2	-0.2	0.3	0.1	-0.1	1.2	0.5	0.9	0.1	-0.4	0.8	1.8	3.1	0.7	0.9	0.5	0.1	0.6	-1.0	0.4	0.5	1.1	0.4
T _{fond < 200m}		0.8	0.1	-1.6	0.4	-0.3	-0.9	0.4	-0.7	-1.0	0.4	-0.7	-1.4	-1.1	-2.2	-1.4	0.0	0.4	-0.1	1.0	2.3	-0.5	0.2	0.0	-0.3	1.0	0.4	0.8	-0.2	-0.8	0.8	1.8	3.1	0.6	0.9	0.6	-0.2	0.7	-1.1	0.3	0.6	0.7	0.5
Aire > 2°C		0.2	-0.2	0.7	0.7	0.3	-1.4	0.3	-0.5	-1.6	0.9	-1.0	-1.0	-1.3	1.8	-1.3	-0.4	0.0	0.0	1.3	2.6	0.0	0.1	-0.1	-0.2	1.0	0.4	0.5	0.1	-0.5	0.7	1.6	2.8	0.9	1.0	0.8	0.3	0.8	-0.8	0.0	0.4	70.4	19.9
Area < 0°C		-1.1	0.7	-0.1	0.8	1.1	0.2	-0.3	0.3	0.2	0.0	0.5	1.5	1.1	2.2	1.5	-0.5	-0.2	0.1	-0.6	-1.8	0.7	-0.2	-0.7	-0.2	-2.3	-0.9	-1.3	-0.1	0.3	-0.3	-1.7	-3.4	0.0	-0.3	-0.2	-0.1	0.1	1.3	-0.8	-0.4	99.0	26.6

Figure 40. Tableau des anomalies normalisées des températures de fond (total ou seulement pour les profondeurs inférieures à 100 m) et de la surface recouverte par des eaux sous 0°C ou au-dessus de 2°C à l'automne dans les divisions de l'OPANO 2HJ3KLNO. Le code de couleur suit celui de la Figure 2.

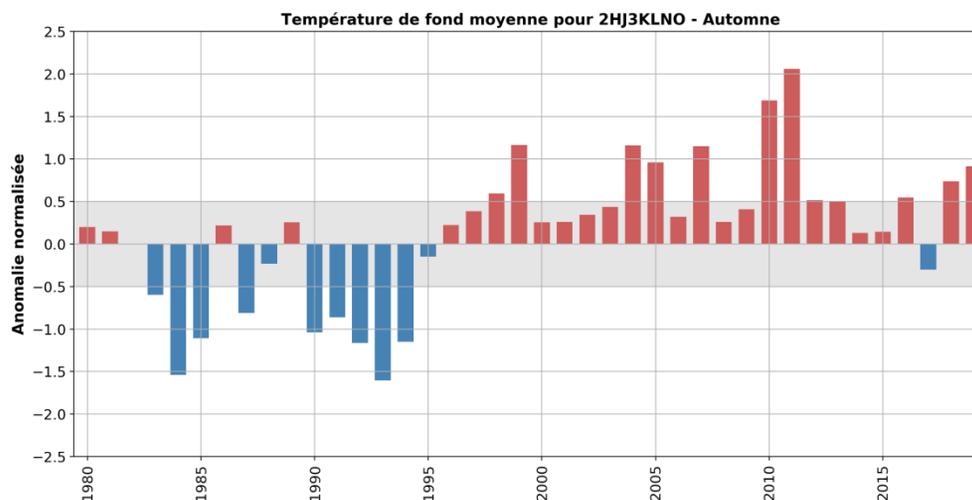


Figure 41. Moyennes des anomalies de températures des eaux de fond à l'automne pour les divisions de l'OPANO 2HJ3KLNO. Cette série temporelle est construite à partir de toutes les valeurs d'anomalies de température de fond de la Figure 40 (anomalies d'habitats thermiques ignorées). La bande ombragée représente une enveloppe dite normale correspondant à $\pm 0,5$ É.T. Ces anomalies d'automne sont combinées à celles du printemps (Figure 37) pour construire l'indice climatique de TNL présent dans le sommaire (Figure 44).

INDICE 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 42). 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. La partie côtière de ce courant 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. 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 42). 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 avec un écart type de 1,4 Sv, et le transport du courant de bord du plateau néo-écossais est de 0,6 Sv. Les valeurs de transport moyennes seront mises à jour lorsque la nouvelle sortie du modèle sera disponible. 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 2019 (Figure 43). 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, alors que la tendance 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. Après trois années (2016-18) avec un transport au-dessus de la normale pour le courant du Labrador et en dessous de la normale pour le courant de bord du plateau néo-écossais, le transport était de retour à la normale pour les deux régions (respectivement +0.53 et -0.46 É.T.).

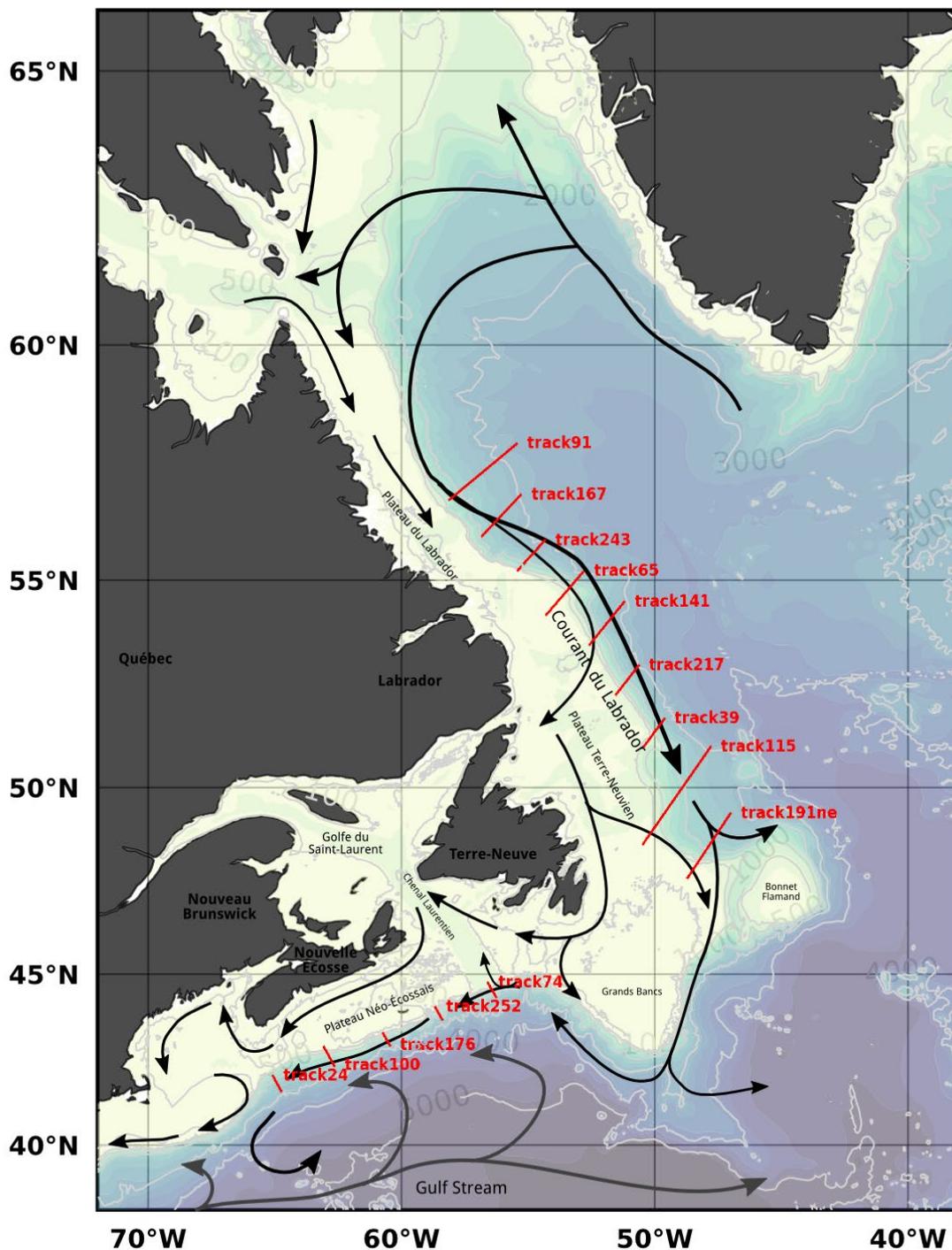


Figure 42. Carte montrant la topographie du fond de l'Atlantique Nord-ouest (contours tracés en gris clair) et un schéma des courants (flèches noires). Le transport du courant est calculé au travers une série de sections transversales (en rouge) identifiées par le nombre de trajectoires satellitaires 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.

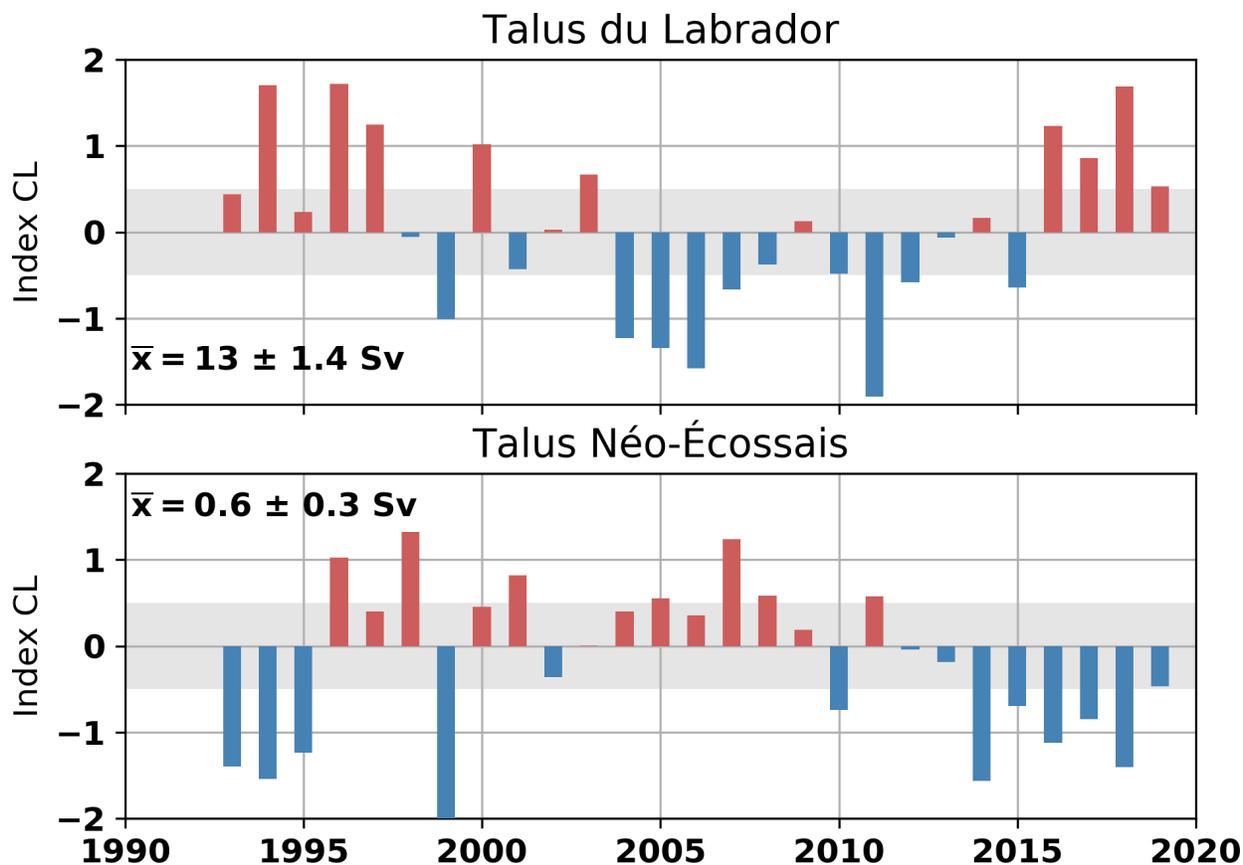


Figure 43. Indice normalisé du transport annuel moyen du courant du Labrador pour le talus de TNL (haut) ainsi que le transport du courant de bord du plateau néo-écossais (bas). Les moyennes à long-terme (1993-2019) respectives du transport ainsi que leur écart-type sont inscrites sur chaque panneau. Les bandes ombragées représentent une enveloppe dite normale correspondant à $\pm 0,5 \text{ É.T.}$

SOMMAIRE

La Figure 44 présente un résumé de certaines séries chronologiques introduites précédemment dans ce rapport sous la forme d'un nouvel indice climatique pour TNL entre 1950 et 2019. Cet indice, est constitué de 10 séries chronologiques à pondération égale (ONA, température de l'air, glace de mer, icebergs, TSM, température, salinité et CIF à la Station 27, volume de CIF le long des sections hydrographiques et température de fond de la mer) et peut être interprété comme une mesure de l'état général du système climatique avec des valeurs positives représentant conditions généralement chaudes-salées et avec moins de glace de mer. Inversement des valeurs négatives représentent des conditions froides-fraîches. Il remplace l'indice environnemental composite (IEC) de Petrie *et al.* (2007) et présentés dans un rapport similaire sur les conditions physiques de la région de TNL jusqu'à récemment (par exemple, Cyr *et al.* 2019).

La Figure 43 illustre les différents régimes prévalant depuis 1950. Par exemple, les années 1960 se distinguent comme la période la plus chaude de la série chronologique, alors que le début des années 1990 est la plus froide. La tendance au réchauffement observée depuis la fin des années 90 (et qui a culminé en 2010) a été suivie par un récent refroidissement, qui a culminé en 2015. En 2019, seulement l'oscillation nord-Atlantique hivernale et le nombre d'icebergs étaient du côté froid.

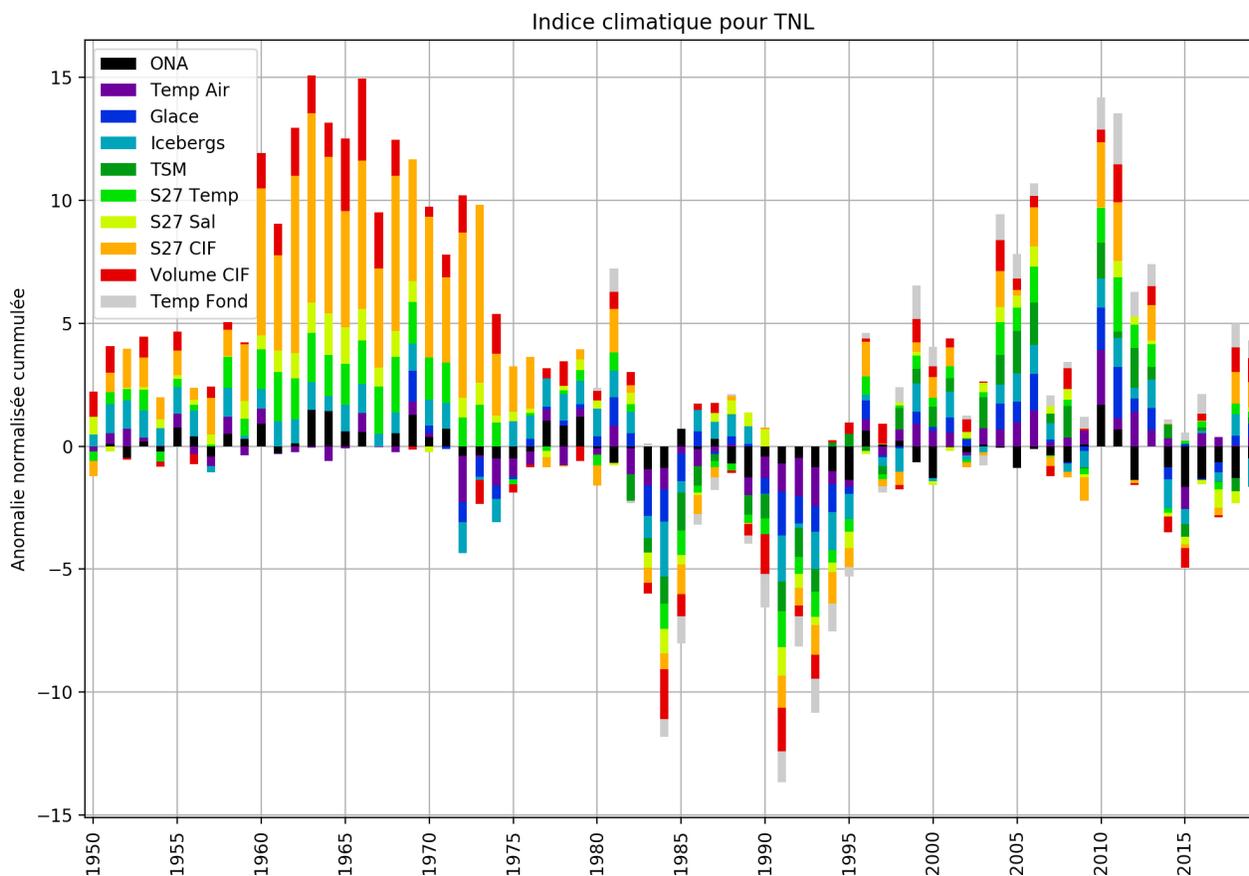


Figure 44. Indice climatique pour Terre-Neuve et Labrador. Cet indice est obtenu à partir d'une combinaison de différentes séries temporelles présentées plus tôt dans ce rapport. Ces séries temporelles sont (sauf si précisées, celles-ci commencent en 1950): indice ONA (voir Figure 3), les températures de l'air à 5 sites (voir Figure 5), le volume de glace de mer et la durée de la saison des glaces à TNL (voir Figure 12; commence en 1969), le nombre d'icebergs (voir Figure 13), la température de surface (TSM) dans 14 sous-régions (voir Figure 18; commence en 1982), la température et la salinité verticale moyenne à la Station 27 (voir Figure 22), la température moyenne de la CIF à la Station 27 et celle de son cœur CIL (voir Figure 23), Le volume (ou surface) de la CIF en été le long de 3 section hydrographiques (voir Figure 33) et les températures de fond dans les divisions de l'OPANO 3LNOPs (printemps) et 2HJ3KLNO (automne) (voir Figure 37 et Figure 40; commencent en 1980). Certains indices (ONA, glace, icebergs et CIF) ont été inversés puisque les anomalies positives signifient généralement des conditions froides.

FAITS SAILLANTS POUR 2019

- La plupart des indices climatiques, atmosphériques et océaniques présentés dans ce rapport étaient de retour près des normales. Ceci fait suite à une période froide qui a duré environ entre 2014 et 2017.
- Les températures de l'air étaient généralement plus froide que la normale pour les sites sur l'île de Terre-Neuve (St. John's et Bonavista), et beaucoup plus chaude que la normale pour les sites Arctique d'Iqaluit (Ile de Baffin) et de Nuuk (Groenland).
- Le cycle saisonnier du volume de glace de mer pour TNL a montré une forte anomalie en milieu de saison. Le retrait des glaces a été à peu près normal sur le plateau du Labrador et tôt pour celui de Terre-neuve.

-
- Le nombre d'icebergs qui a dérivé au sud de 48°N a été de 1515 (+1,2 É.T.), le septième plus grand nombre depuis 1900.
 - Les températures de surface de la mer étaient généralement au-dessus de la normale pour la partie septentrionale de l'Atlantique nord-ouest et au-dessous des normales pour la partie au sud (p.-ex. le plateau terre-neuvien), spécialement durant la première moitié de l'année.
 - La tempête Dorian a causé un approfondissement rapide de la couche de mélange au début septembre.
 - La stratification à la Station 27 a été plus faible que la normale pour la majeure partie de l'année, pour une anomalie annuelle moyenne négative pour la deuxième année consécutive.
 - La surface (ou *volume*) de la couche intermédiaire froide (CIF) a été sous la normale le long des sections hydrographiques Seal Island, Bonavista et du Bonnet Flamand durant l'été.
 - Le volume d'eau correspondant à la CIF a été caractérisé moins salé que la normale
 - Bottom temperatures were above normal for most of NAFO divisions 2HJ3KLNO during the fall (especially warm for 2J and 3K). This marks a return to significant warmer anomalies le long des sections hydrographiques Seal Island, Bonavista et du Bonnet Flamand durant l'été.
 - L'index climatique de TNL était normal (+0,24 É.T. en moyenne sur l'ensemble des 10 paramètres étudiés).

REMERCIEMENTS

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 Michael Hicks du Service international de recherche des glaces de la Garde côtière des États-Unis de nous avoir fourni les données d'icebergs. Nous remercions également les capitaines et les équipages du NGCC *Teleost*, du RRS James Cook pour la collecte de données océanographiques en 2019. Enfin, nous remercions Nancy Soontiens et David Hebert pour avoir révisé ce document.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Casey, K.S., Brandon, T.B., Cornillon, P., and R. Evans. 2010. [The Past, Present, and Future of the AVHRR Pathfinder SST Program](#). In *Oceanography from space: Revisited*. Edited by V. Barale, J.F.R. Gower, and L. Alberotanza. Springer, Dordrecht, The Netherlands. 273-287 p.
- 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 S. Prinsenberg. 1994. Climatic change and environmental conditions in the Northwest Atlantic during the period 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., Colbourne, E., Galbraith, P.S., Gibb, O., Snook, S., Bishop, C., Chen, N., Han, G., et D. Senciall. 2020. [Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve et Labrador en 2018](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/018 iv + 50.
- Dickson, R.R., Meincke, J., Malmberg, S.A., and A.J. Lee. 1988. The “great salinity anomaly” in the northern North Atlantic 1968-1982. *Progress in Oceanography*, 20(2), pp. 103-151.
- Doubleday, W.G., Editor. 1981. *Manual on groundfish surveys in the Northwest Atlantic*. NAFC. Sco. Coun. Studies, 2: 56p.
- Drinkwater, K.F. 1996. Climate and oceanographic variability in the Northwest Atlantic during the 1980s and early-1990s. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 18: 77-97.
- Galbraith, P.S., Chassé, J., Shaw, J.-L., Dumas, J., Caverhill, C., Lefavre, D. et C. Lafleur. 2020. [Conditions océanographiques physiques dans le golfe du Saint-Laurent en 2019](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2020/030. iv + 88 p
- Han, G., Chen, N., and Z. Ma. 2014. [Is there a north-south phase shift in the surface Labrador Current transport on the interannual-to-decadal scale?](#) *Geophys. Res.* 119: 276-287.
- Han, G., Lu, Z., Wang, Z., Helbig, J., Chen, N., and B. deYoung. 2008. [Seasonal variability of the Labrador Current and shelf circulation off Newfoundland](#). *Geophys. Res.* 113.
- Han, G., Hannah, C.G., Smith, P.C., and J.W. Loder. 1997. [Seasonal variation of the three-dimensional circulation over the Scotian Shelf](#). *Geophys. Res.* 102:1011-1025.
- Hebert, D., Pettipas, R., Petrie, B., and Brickman, D. 2012. [Meteorological, Sea Ice and Physical Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine during 2011](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/055. iv + 42 p.
- ICNAF. 1978. List of ICNAF standard oceanographic sections and stations. ICNAF selected papers #3.
- Kerr, R.A. 2000. [A North Atlantic Climate Pacemaker for the Centuries](#). *Science* 288 (5473), 1984-1985.
- Petrie, B., Pettipas, R.G., and W.M. Petrie. 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.

-
- Petrie, B., Akenhead, S., Lazier, J., and J. Loder. 1988. The cold intermediate layer on the Labrador and Northeast Newfoundland Shelves, 1978-1986. NAFO Sci. Coun. Studies 12: 5769.
- Therriault, J.-C., Petrie, B., Pepin, P., Gagnon, J., Gregory, D., Helbig, J., Herman, A., Lefavre, D., Mitchell, M., Pelchat, B., Runge, J., and D. Sameoto. 1998. [Proposal for a Northwest Atlantic Zonal Monitoring Program](#). Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 194: vii+57 pp.
- Thyng, K.M., Greene, C.A., Hetland, R.D., Zimmerle, H.M., and S.F. DiMarco. 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 V. Swail. 2012. [A second generation of homogenized Canadian monthly surface air temperature for climate trend analysis](#). Geophys. Res. 117.