Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada

Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2020/018

Région de Terre-Neuve et Labrador

Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador en 2018

F. Cyr, E. Colbourne, P.S. Galbraith, O. Gibb, S. Snook, C. Bishop, N. Chen, G. Han, D. Senciall

Direction des sciences
Pêches et Océans Canada
C. P. 5667
St. John's (T.-N. L) A1C 5X1

Avril 2020

Avant-propos

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

Publié par :

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

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

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

La présente publication doit être citée comme suit :

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.

Also available in English:

Cyr, F., Colbourne, E., Galbraith, P.S., Gibb, O., Snook, S., Bishop, C., Chen, N., Han, G., and D. Senciall. 2020. Physical Oceanographic Conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2018. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/018 iv + 48 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ IV
INTRODUCTION 1
CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES 3
CONDTITIONS DE GLACE DE MER 7
TEMPÉRATURE DE SURFACE DE LA MER 15
CONDITIONS OCÉANIQUES SUR LES PLATEAUX DE TERRE-NEUVE ET LABRADOR 18
OBSERVATIONS À LONG-TERME À LA STATION 27 18
SECTION HYDROGRAPHIQUES NORMALISÉES 28
Température et salinité 28
Variabilité de la couche intermédiaire froide 32
OBSERVATIONS DE FOND DANS LES SOUS-DIVISIONS DE L'OPANO 35
Conditions printanières 36
Conditions automnales 40
INDICE DU COURANT DU LABRADOR 43
SOMMAIRE 46
FAITS SAILLANTS POUR 2018 47
REMERCIEMENTS 48
RÉFÉRENCES CITÉES 48

RÉSUMÉ

Un survol des conditions océanographiques physiques pour la région de Terre-Neuve et Labrador (TNL) en 2018 est présenté dans le cadre du Programme de monitorage 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 été fortement positif en 2018. Cependant, le déplacement des zone de hautes et basses pressions atmosphériques a entrainé des températures de l'air au-dessus de la normale en 2018, une année caractérisée par un mois de mars chaud, un printemps froid et un été chaud. L'étendue et le volume des glaces de mer pour les plateaux de TNL, bien que près de la normale sur l'ensemble de l'année, ont été caractérisés par de fortes anomalies négatives en mars suite à la forte anomalie de température de l'air observée au-dessus de l'Atlantique Nord-ouest pour ce mois. Malgré la hausse observée de 1°C depuis le début des années 1980, la température de surface de l'eau sur les plateaux de TNL a été principalement sous les normales en 2018, par exemple, -1,6 écart-type (É.T) et -1,9 É.T. pour le Banc Hamilton et le Détroit d'Hudson. Au site d'observation côtier Station 27, l'anomalie de salinité moyenne sur toute la colonne d'eau été à son plus bas depuis 1970. Les observations durant la mission hydrographique estivale du PMZA montre que suite à une prédominance de conditions froides depuis 2012, le volume de la couche intermédiaire froide (CIF; définie par des températures <0°C) a diminué en 2018, spécialement au nord de notre région d'étude où il était -1.6 É.T. en dessous de la normale à la section hydrographique Seal Island (deuxième plus petit volume depuis 1980). Les températures de fond au printemps dans les divisions NAFO 3LNOPs sont demeurées légèrement au-dessus de la normale (+1 É.T.) en 2018. En automne, les températures de fond dans les divisions 2J3KLNO ont aussi été au-dessus de la normale en 2018 (+0,8 É.T.), un retour vers des conditions plus chaudes à la suite de l'anomalie négative de 2017 (la première depuis 1995). En 2018, le transport du courant du Labrador le long du talus du Labrador et du nord de Terre-Neuve a été à son plus haut depuis le début de la série temporelle en 1993 (en égalité avec 1994 à +1,7 É.T.). Le long du talus néo-écossais, le transport du courant du Labrador a été sous la normale pour une cinquième année consécutive. Un nouvel indice climatique pour la région de TNL, calculé à partir des données météorologiques, de glace et de température et de salinité de l'océan depuis 1950 a été introduit. Celui était près des normales en 2018, mais caractérisé par un nombre à peu près égal de sous-indices au-dessus et en dessous de la moyenne.

INTRODUCTION

Le présent document donne un aperçu de l'environnement océanographique physique en 2018 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 monitorage de la zone atlantique (PMZA; Therriault et al. 1998; Galbraith et al. 2019; Hébert et al. in prep[1]). Un aperçu des conditions océanographiques physiques pour 2017 a été présenté dans Cyr et al.(2019).

L'information présentée pour 2018 provient de différentes sources:

1. Observations faites à un site de monitorage 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 multi-espèces faits au printemps et à l'automne;
4. Température de surface calculée par imagerie satellitaire infrarouge de l'Atlantique nord-ouest (voir Figure 1);
5. Autres données historiques de sources variées (navires de passage, campagne internationale, 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.

Lorsque non-spécifiées, 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 ±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 (ONA, superficies ou volumes de masse de glace et de masses d'eau 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 de palettes pour l'océanographie appelé cmocean (Thyng et al., 2016).

[1] Hebert, D., Pettipas, R., et Brickman, D. En préparation. Conditions météorologiques, océanographiques physiques et de la glace de mer sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine en 2018. Document de travail du MPO.

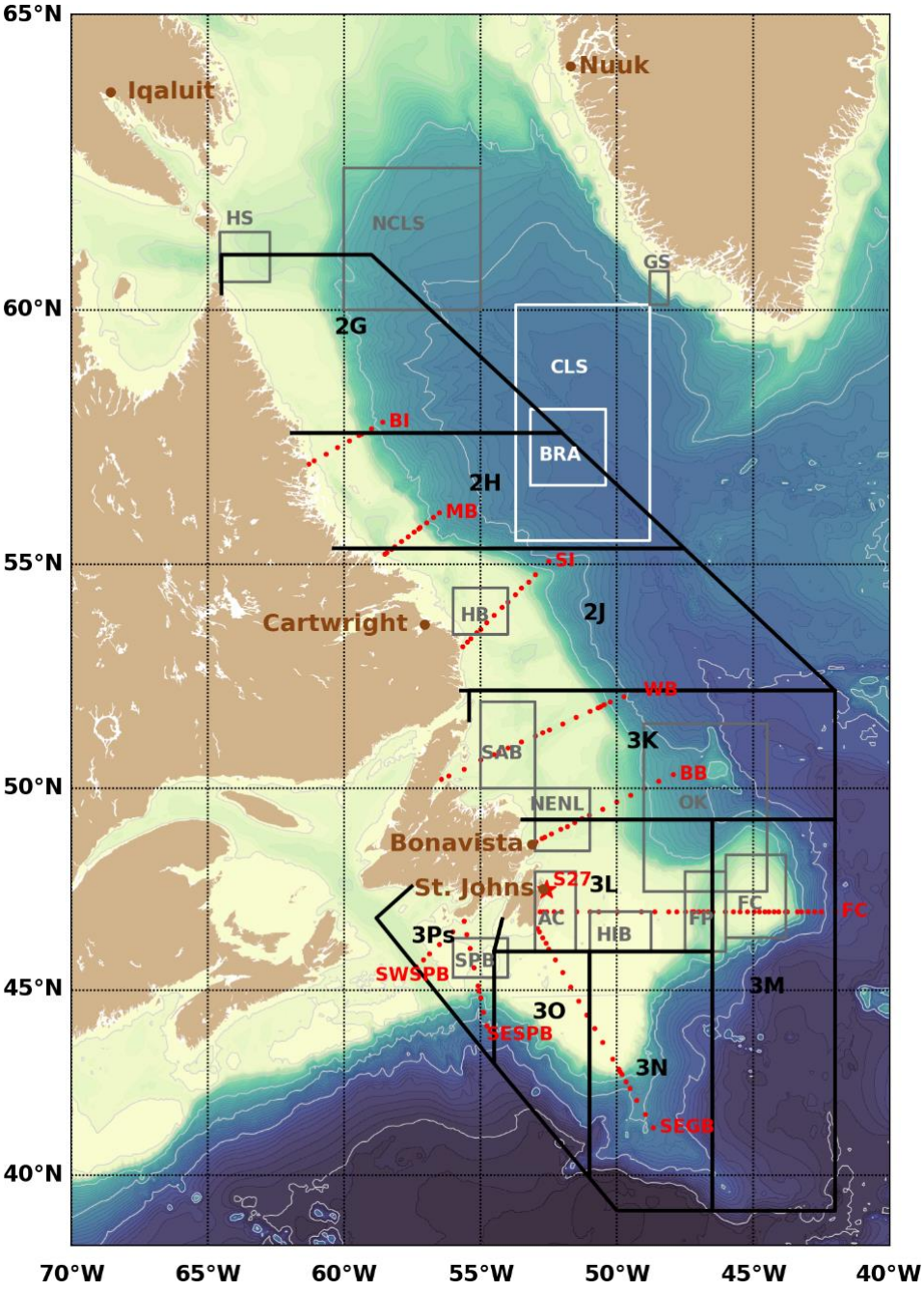

Figure 1. Carte montant les divisions de l'OPANO ainsi que les contours bathymétriques de l'Atlantique Nord-ouest. Les sections hydrographiques standards du PMZA sont présentées avec des points rouges alors que la station 27 est représentée par une étoile rouge. Les stations utilisées pour la température de l'air sont en brun. Les boîtes utilisées pour extraire les températures de surface de l'océan sont tracées en gris ou blanc. C'est régions sont, du nord au sud: 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), Nort-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).

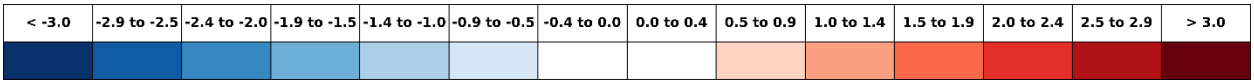

Figure 2. Palette de couleur utilisée pour la présentation des anomalies standardisées. Les changements de couleur sont par incréments de 0,5 écart-type (É.T.) où le bleu représente des conditions sous la normale et le rouge au-dessus de la normale. Les valeurs entre ±0,5 É.T. sont laissées en blanc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

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

L'indice d'oscillation de l'Atlantique Nord (ONA; voir Figure 3 pour les tendances depuis 1950 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 2018, l'indice ONA hivernal était relativement élevé (+1,3 É.T.; première ligne de la Figure 4), mais le patron spatial était inverse en mars (haute pression au-dessus de l'Arctique), ce qui a causé des températures chaudes records en Arctique durant ce mois (non montrée ici). Cette tendance positive de l'ONA hivernale est maintenue depuis 2012 (incluant en 2015 un record pour la plus haute valeur depuis 1950 à +2,0 É.T). En 2010, l'ONA hivernal était à son record négatif avec -3,1 É.T.

Un autre indice à grande échelle, mais intimement relié à l'OAN, est l'oscillation arctique (OA). Dans les phases positives de l'OA,les vents arctiques soufflant sur l'Atlantique nord-ouest augmentent, déplaçant des masses d'air froides aux alentours de la région de TNL. Comme en 2017, l'OA était faiblement positif en 2018 (Figure 4). Ceci contraste avec 2015 alors qu'il était 1,5 É.T. au-dessus de la normale (températures froides) et 2010 alors qu'il était -2,3 É.T. en dessous de la normale (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 (DCCAH), qui tient compte des changements d'emplacement des stations et des changements dans les méthodes d'observation (Vincent et al. 2012).

Les anomalies hivernales ont été normales pour les trois sites au nord, mais ont été au-dessus de la normale pour St. John's et Bonavista (+1,5 et +1,4 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 est demeuré près de la normale pour une deuxième année consécutive en 2018 après avoir diminué à son niveau le plus bas depuis 1994 en 2015 (Figure 5). Ceci masque toutefois des conditions plus chaudes que la normale à toutes les stations en mars (p.-ex. plus de 7°C au-dessus de la normale pour Cartwright et Iqaluit), ainsi qu'un printemps plus froid que la normale en mai et juin à toutes les stations (Figure 6). Le patron mensuel de l'OAN au-dessus de l'Atlantique Nord explique ces différences intra-annuelles.

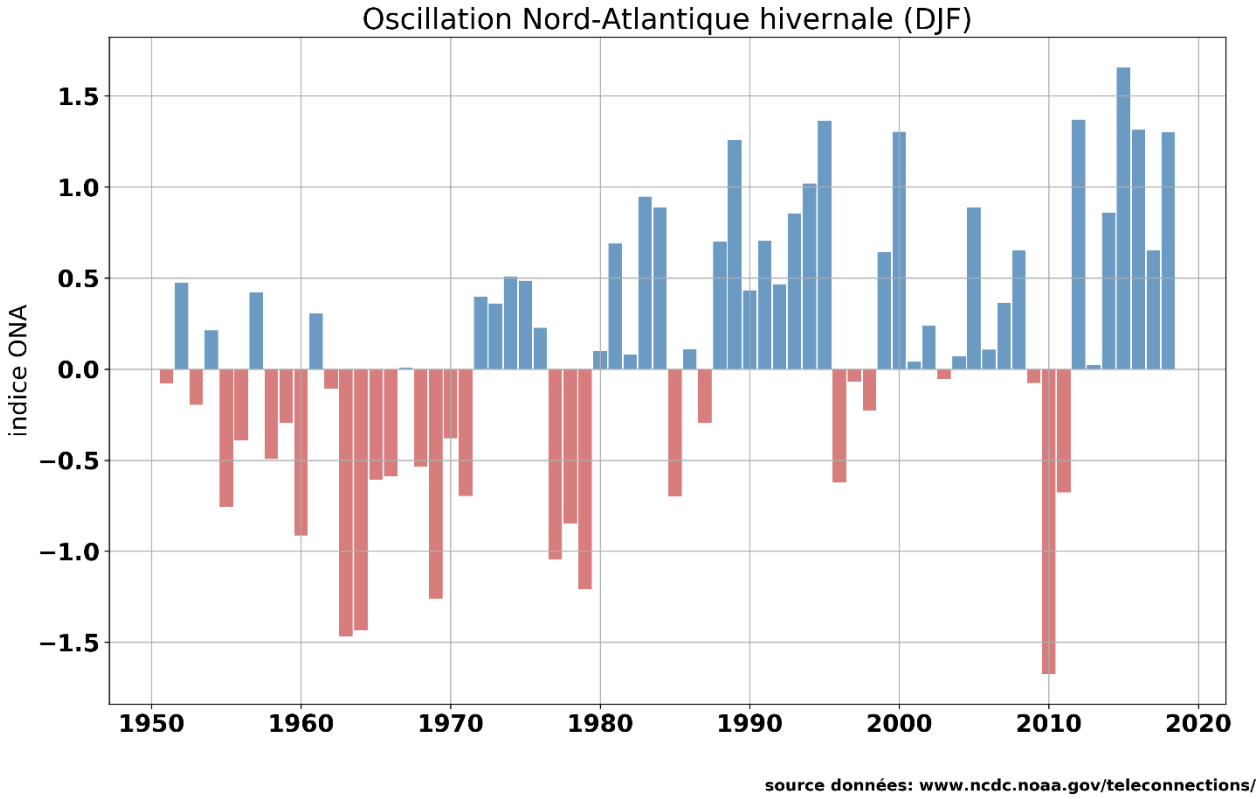

Figure 3. L'oscillation nord-atlantique hivernale (ONA) est issue de la moyenne des mois de décembre, janvier et février depuis 1951 (ce qui correspond à la moyenne de décembre 1950, et janvier/février 1951). La définition de l'ONA utilisée ici est celle de la NOAA. Cet indice est utilisé pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 43).

	-- Indices climatiques --																																							
	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	x̄	ET
ONA_{hiver}	-0.4	0.6	-0.4	0.9	0.9	-1.6	-0.3	-1.0	0.6	1.4	0.2	0.6	0.2	0.8	1.1	1.6	-1.5	-0.6	-0.9	0.5	1.5	-0.4	-0.1	-0.6	-0.4	0.9	-0.3	0.1	0.5	-0.6	-3.1	-1.5	1.6	-0.5	0.8	2.0	1.5	0.5	1.5		
OA	-1.4	-0.9	0.8	0.1	-0.4	-1.1	0.3	-1.2	0.2	2.3	2.4	0.5	1.1	0.3	1.3	-0.6	-1.0	0.0	-0.6	0.3	0.0	-0.3	0.2	0.4	-0.4	-0.8	0.4	0.7	0.5	-0.7	-2.3	1.3	-0.3	0.1	-0.1	1.5	-0.2	0.7	0.5		
OMA	-0.2	-0.5	-1.3	-0.5	-1.2	-1.6	-1.6	0.3	-0.1	-0.6	-0.3	-0.8	-1.3	-1.3	-1.1	0.6	-0.4	0.2	1.9	0.5	0.1	0.5	0.3	1.2	1.0	1.5	1.4	0.7	0.7	0.1	1.8	0.5	1.1	0.8	0.5	0.5	1.8	1.6	0.3		
	-- Temperature hivernale de l'air --																																							
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	-3.7	1.2
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	-3.5	1.3
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	-12.3	2.5
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	-25.0	3.4
Nuuk	0.7	0.3	0.3	-2.0	-2.5	0.5	1.8	-0.2	0.4	-0.8	-0.3	-0.6	-0.9	-1.7	-0.4	-0.8	0.5	0.2	0.1	-0.1	0.2	0.6	0.2	0.9	1.1	0.3	0.6	0.9	-1.0	0.6	1.9	1.2	0.2	0.6	0.2	-0.6	0.1	0.2	-0.3	-7.7	3.0
	-- Temperature annuelle de l'air --																																							
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	5.0	0.8
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	4.7	0.9
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	1.3
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	-9.1	1.8
Nuuk	0.6	0.1	-1.0	-1.8	-2.0	1.2	0.1	0.0	0.3	-1.2	-0.7	-0.4	-1.4	-1.6	-0.6	-0.2	0.4	0.1	0.2	-0.2	0.4	0.8	0.2	1.3	0.6	1.1	0.7	0.5	0.2	0.5	2.6	-0.2	0.9	0.6	0.5	-1.0	1.3	0.4	-0.2	-1.4	1.5

Figure 4. Anomalies normalisées des indices climatiques à grande-échelle (Oscillation nord-atlantique, Oscillation arctique et l'Oscillation multidécennale atlantique) et des températures de l'air (hiver et annuel) pour cinq villes entre 1980 et 2018. 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).

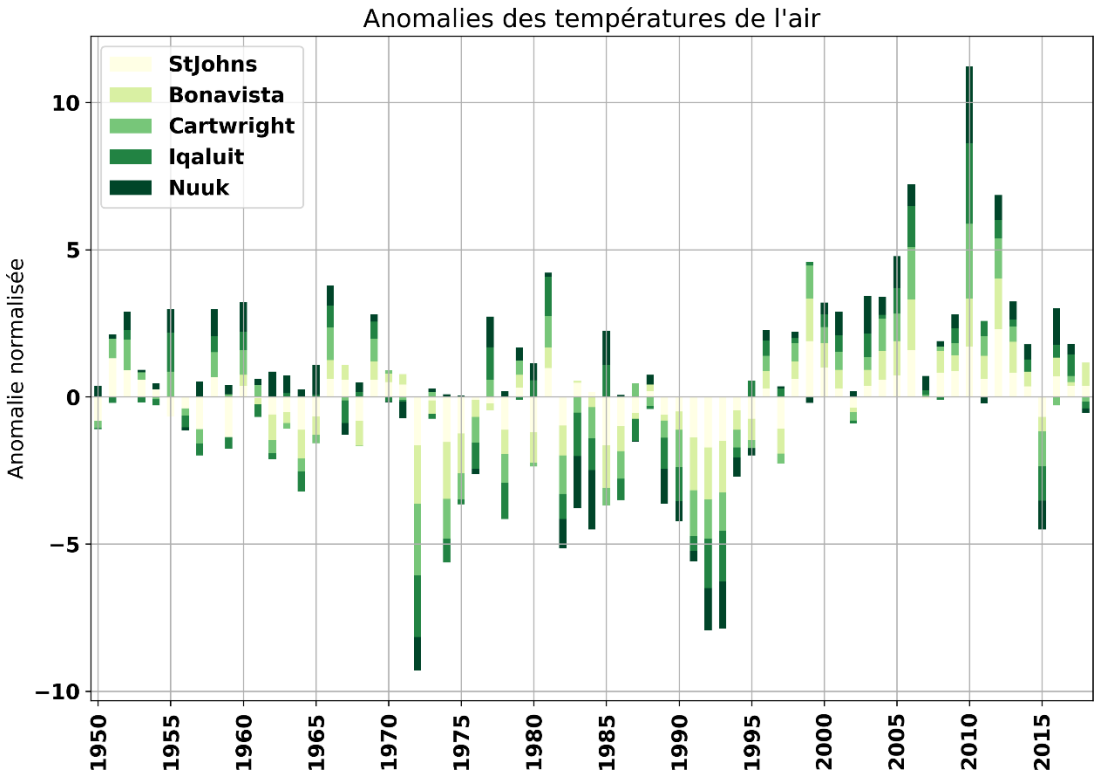

Figure 5. Anomalies annuelles normalisées des températures de l'air à Nuuk, Iqaluit, Cartwright, Bonavista et St. John's. La moyenne de ces 5 séries temporelles est utilisée pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 43).

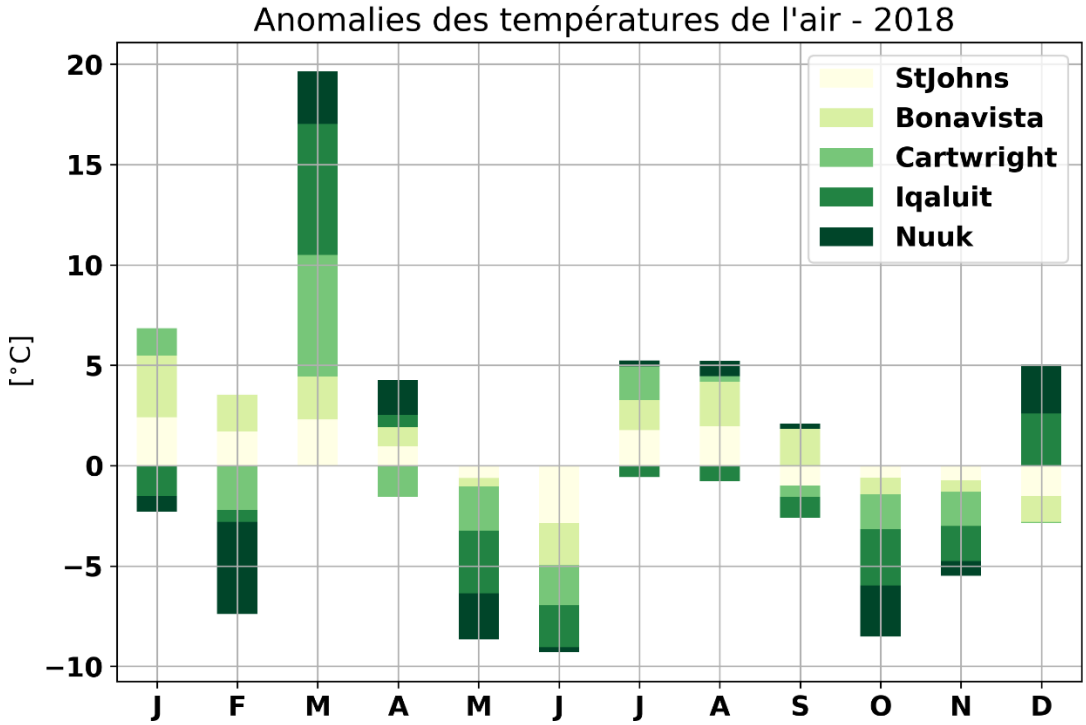

Figure 6. Anomalies mensuelles cumulatives des températures de l'air à Nuuk, Iqaluit Cartwright, Bonavista et St. John's pour 2018.

CONDTITIONS 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 1969-2018 et quotidiennes pour la période 2009-2018, 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 estimé 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 définie 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 = 0,77; 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 = 0,70-0,81), 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 1969-2018, il est possible de projeter une diminution du couvert de glace de 16 km^3, 26,000 km^2 et 17 jours dans la durée de la saison pour chaque augmentation de 1°C de la température de l'air hivernale. Ce résultat est similaire à celui obtenu pour le golfe du Saint-Laurent (Galbraith et al., 2019).

En 2018, 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 plus tôt que la normale pour le Labrador et normale pour Terre-Neuve (Figure 10). La date de fin du couvert de glace a varié de tard près de la côte à tôt au large (Figure 7), pour une moyenne saisonnière normale (Figure 10). Le volume de glace était sous la normale jusqu'en avril pour le plateau du Labrador, et jusqu'en février pour le plateau de Terre-Neuve (Figure 10). Le couvert de glace a cependant rapidement diminué sur le plateau de Terre-Neuve en mars, avant de rebondir à des conditions normales à la fin avril. Le volume saisonnier maximum des deux régions combinées était sous la normale à 94 km^3 (-0.8 É.T.), survenant la semaine du 16 avril (Figure 10), légèrement en retard par rapport à la climatologie. Les durées de 170 et 113 jours respectivement pour les plateaux du Labrador et de Terre-Neuve étaient près de la normale. 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 2018 les conditions étaient légèrement sous la normale, en contraste avec le faible couvert de glace du début des années 2010s.

Selon la Patrouille internationale des glaces (IIP) de la Garde côtière des États-Unis, 208 icebergs (-0,9 É.T) ont dérivé au sud du 48°N sur le nord du Grand Banc en 2018, contre 1008 en 2017. Il n'y en avait que 13 en 2013, 499 en 2012, seulement trois en 2011 et un en 2010. La moyenne sur 119 ans est de 489 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 118 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 (Figure 13). Le nombre mensuel d'icebergs en 2018 a été en dessous de la moyenne pour l'ensemble des mois de l'année (Figure 14).

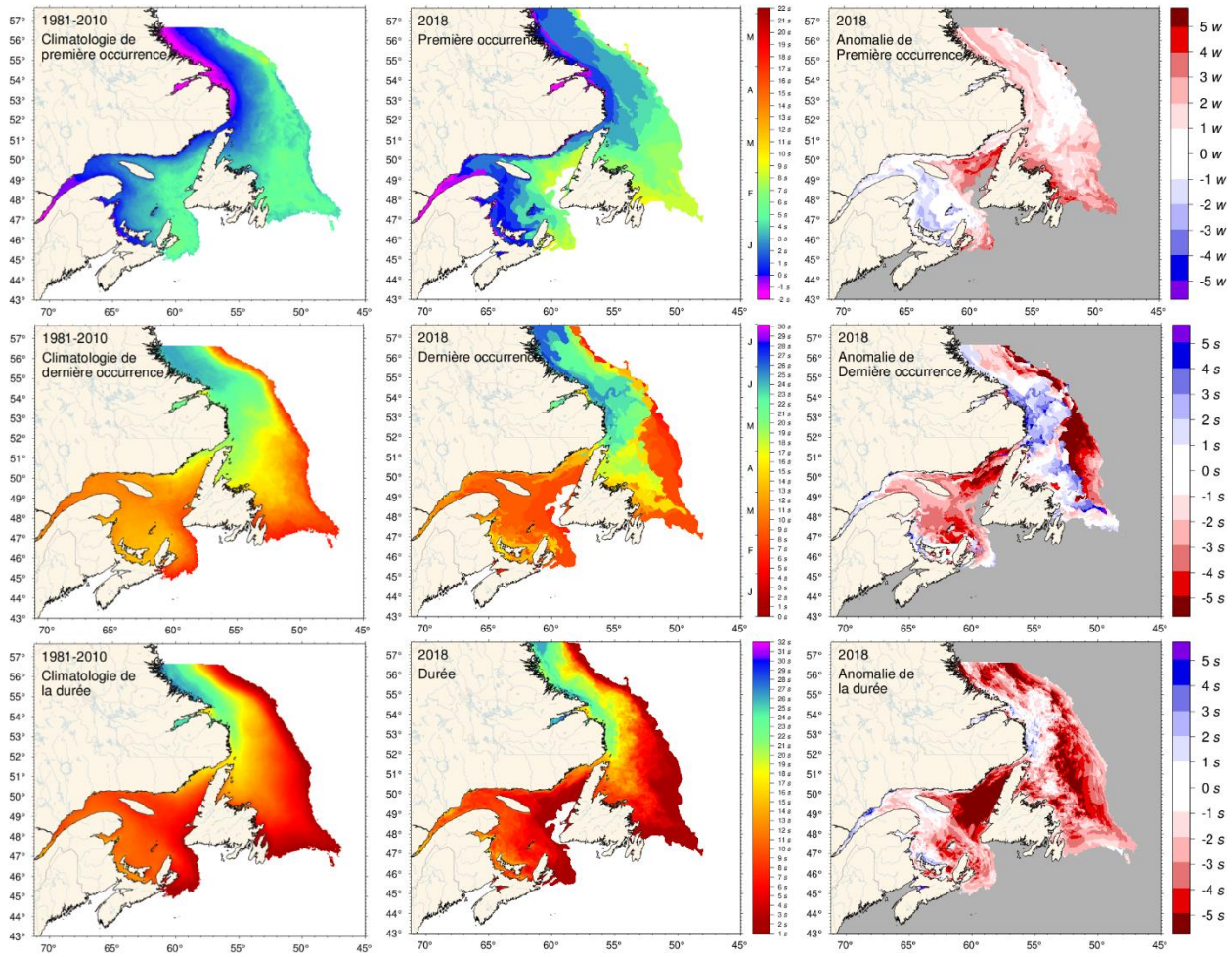

Figure 7. Première apparition et dernière apparition de glace, et durée de la saison des glaces selon les données hebdomadaires. Les climatologies de 1981-2010 sont indiquées (gauche), de même que les valeurs de 2018 (milieu) et les anomalies (droite). La première apparition et la dernière occurrence 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.

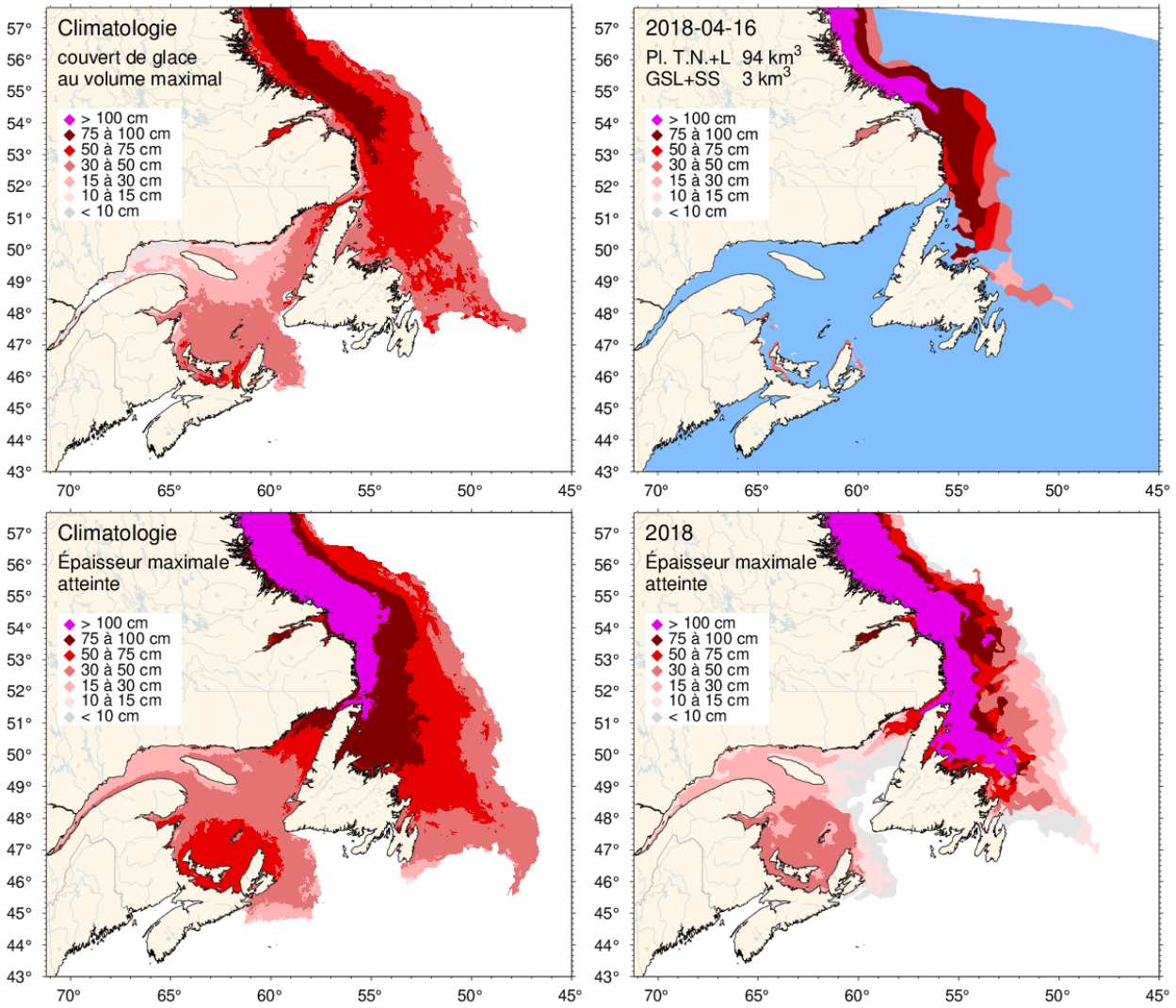

Figure 8. Carte de glace de la semaine où il y avait le grand plus volume de glace en 2018 sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador (panneau supérieur droit) et de même pour la climatologie de 1981-2010 du maximum hebdomadaire (panneau supérieur gauche). Noter que ces cartes représentent la répartition 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 2018 de la glace la plus épaisse enregistrée pendant la saison dans un emplacement quelconque.

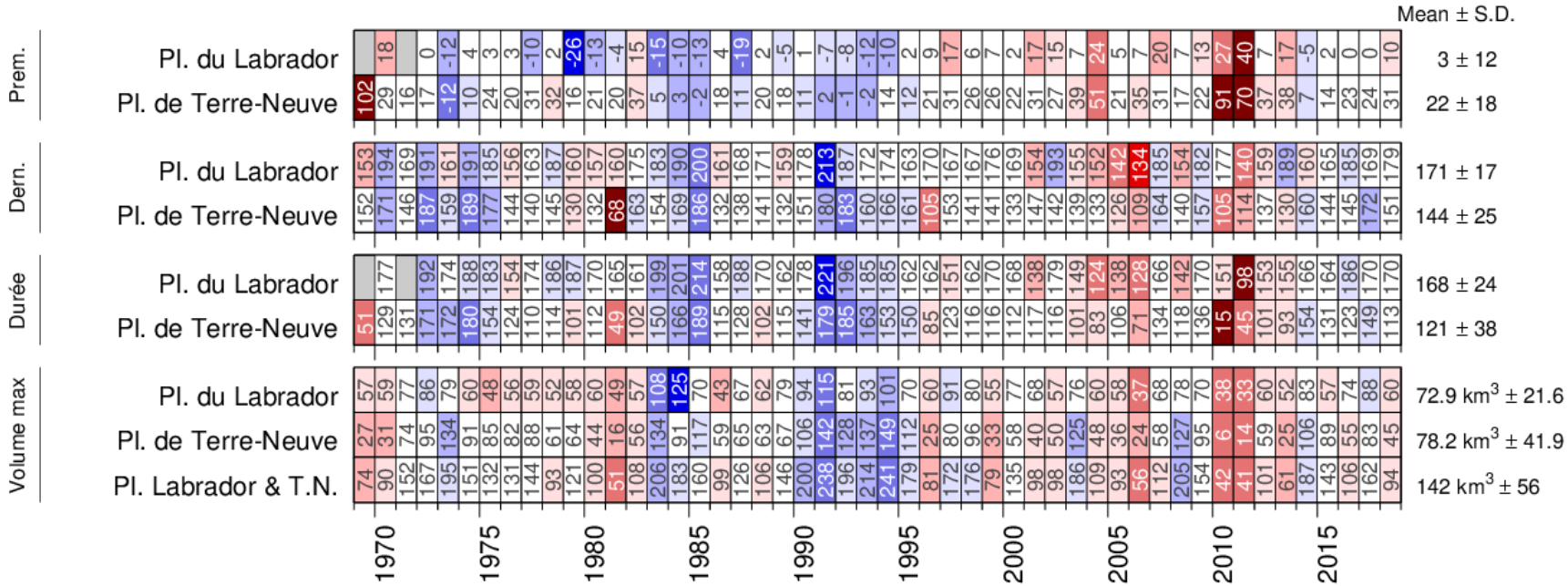

Figure 9. Premier jour et dernier jour d'occurrence de glace, durée du couvert de glace et volume saisonnier maximal de glace, par région. Le moment à lequel la glace a été observée pour la première et la dernière fois, en jours depuis le début de chaque année, est indiquée pour chaque région et le code de couleurs exprime l'anomalie par rapport à la climatologie de 1981-2010, le bleu représentant une première occurrence plus précoce et une dernière occurrence plus tardive. Le seuil d'occurrence est de 5 % de la moyenne climatologique du plus grand volume de glace saisonnier enregistré dans la région. Les nombres dans le tableau indiquent soit le jour réel de l'année ou soit le volume, mais le code de couleurs correspond aux anomalies normalisées d'après la climatologie de chaque région. La durée est le nombre de jours pendant lequel le seuil a été dépassé.

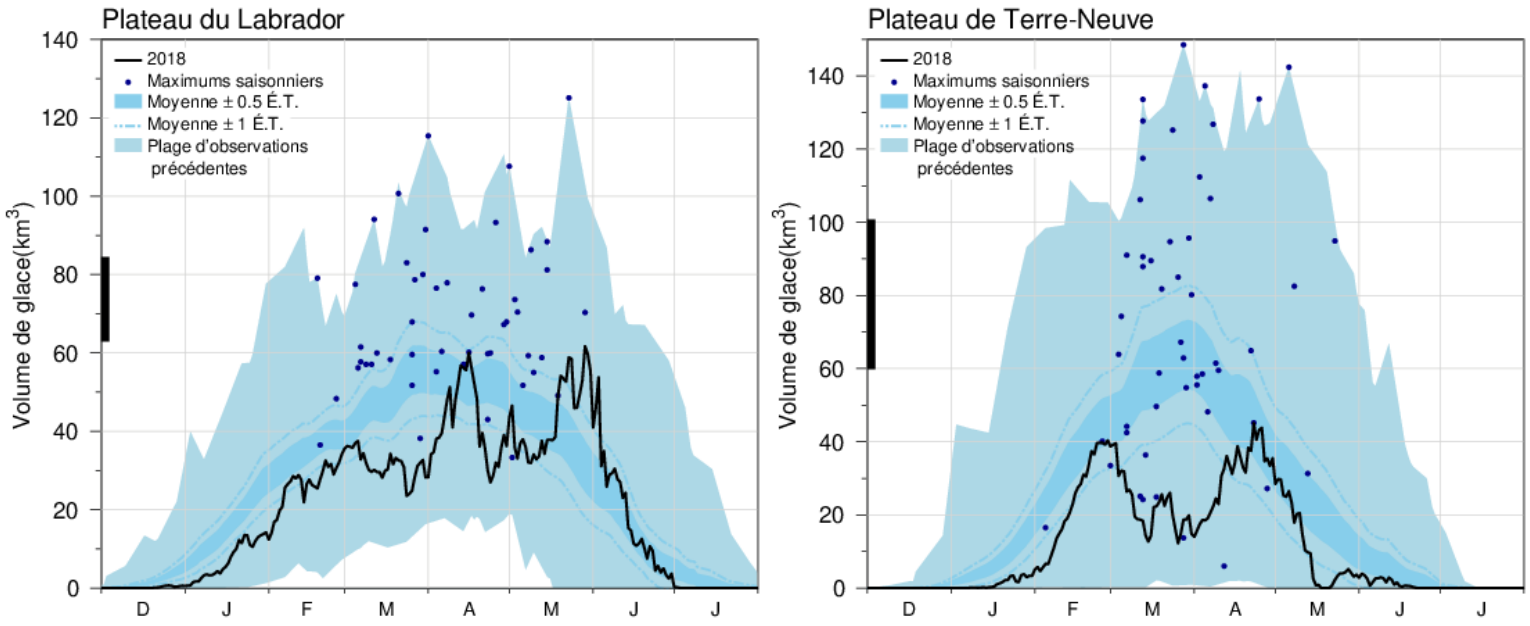

Figure 10. Série chronologique du volume de glace quotidien moyen en 2017-2018 pour le plateau du Labrador et le plateau de Terre-Neuve (trait noir), le volume moyen climatologique de 1981-2010 plus et moins 0,5 et 1 ÉT (zone en bleu foncé et ligne pointillée), les plages minimales et maximales des observations de 1969 à 2018 (bleu clair) ainsi que la date et le volume des maximums saisonniers de 1969 à 2018 (points bleus). La ligne noire épaisse sur la gauche indique le volume moyen plus et moins 0,5 ÉT du volume annuel maximal de glace, qui est supérieur au pic de la répartition du volume quotidien moyen de glace.

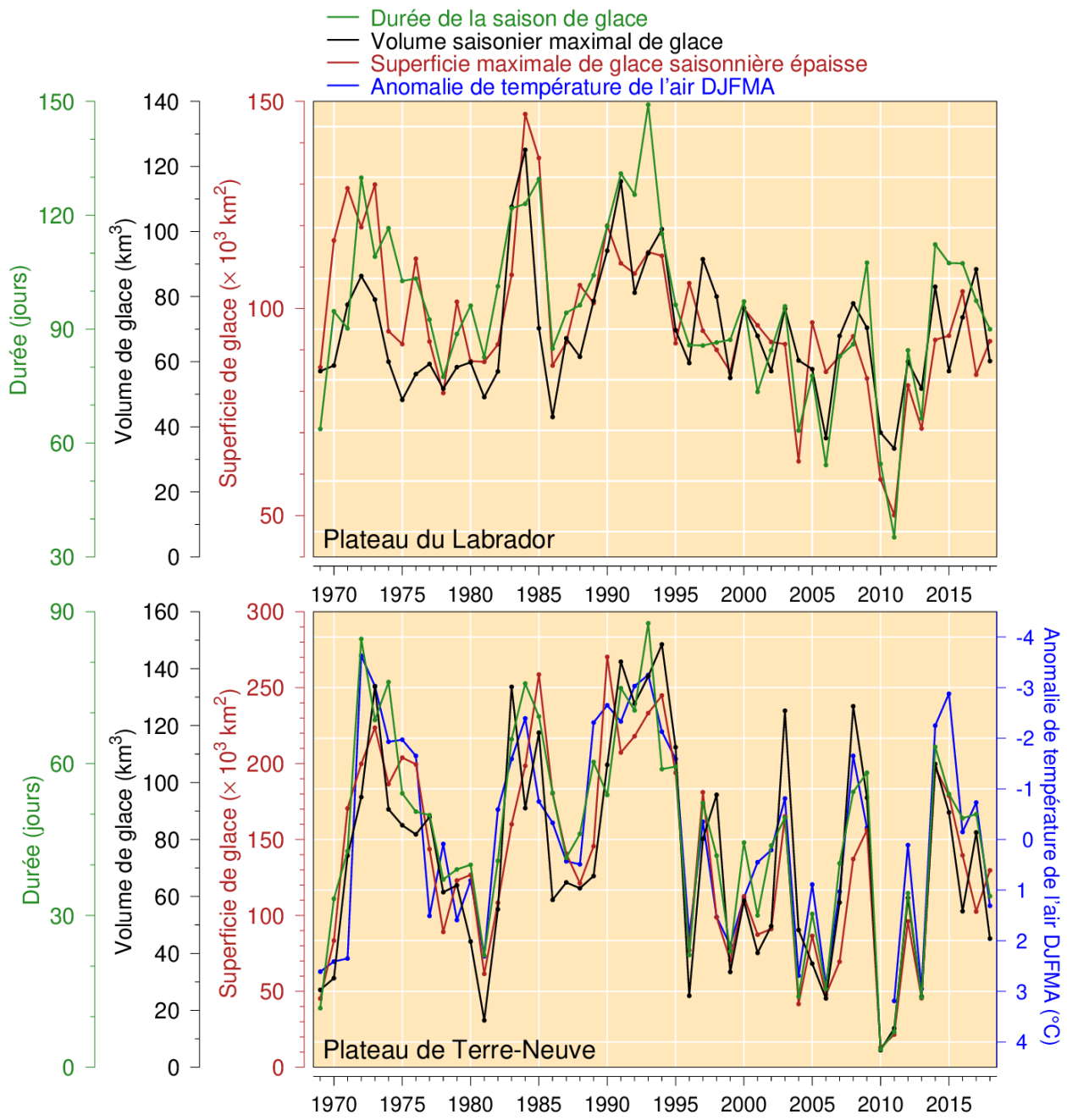

Figure 11. Volume et superficie saisonniers maximaux de glace, durée de la saison de glace et anomalie de la température de l'air de décembre à Cartwright.

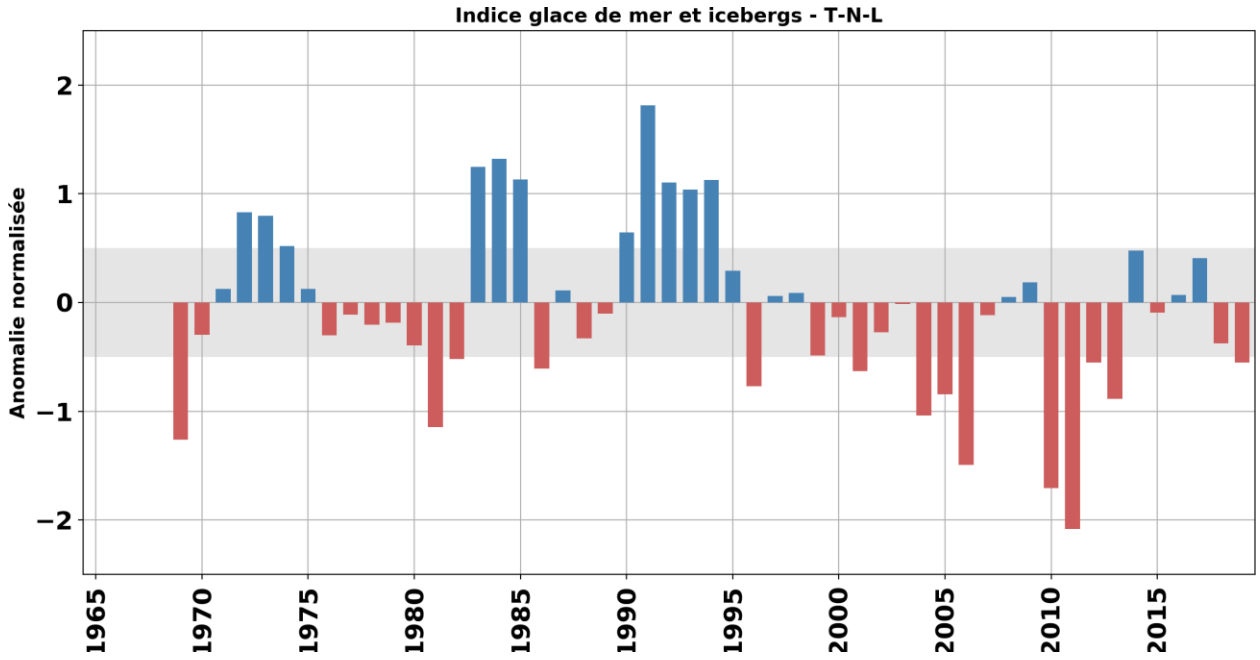

Figure 12. L'indice de glace de mer pour TNL est obtenu en moyennant les anomalies normalisées de volumes et durée du couvert de glace pour les plateaux de Terre-Neuve et du Labrador (lignes noires et vertes de la Figure 11). La bande ombragée représente une enveloppe dite normale correspondant à ±0,5 É.T. Cet indice des glaces de mer est utilisé pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 43).

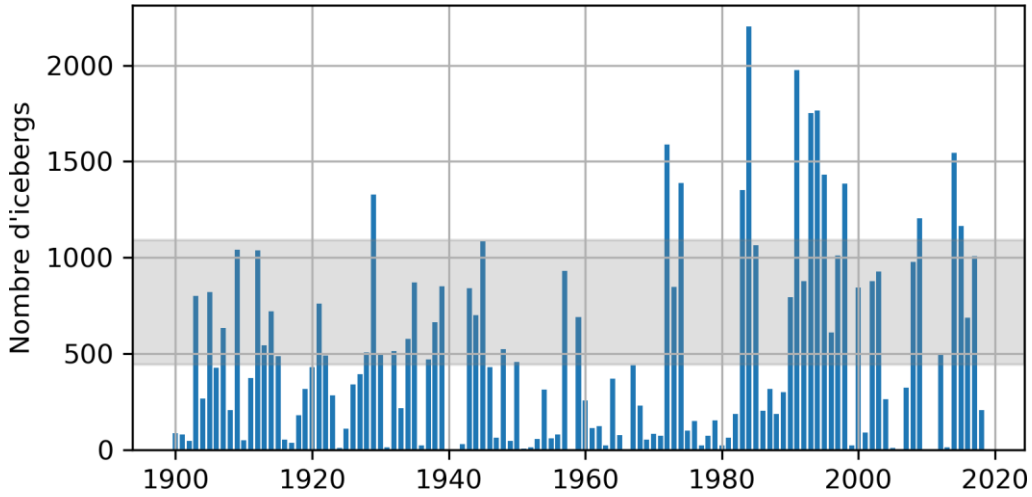

Figure 13. Série temporelle du nombre d'icebergs traversant au sud de 48ºN sur les grands bancs de Terre-Neuve. La partie ombragée correspond à la moyenne 1981-2010 avec ±0,5 É.T. Ces données sont une gracieusetés de IIP/USCG. L'anomalie standardisée de cette série temporelle est utilisé pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 43).

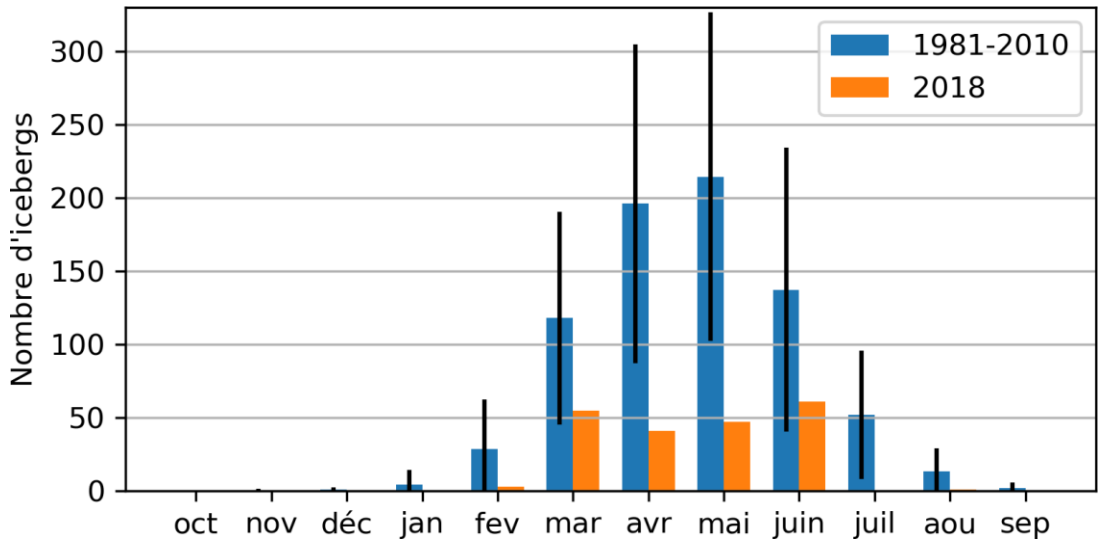

Figure 14. Nombre d'icebergs traversant au sud de 48ºN sur les grands bancs de Terre-Neuve pour chaque mois de l'année durant la saison des icebergs (octobre à septembre). Les traits verticaux noirs représentent la climatologie mensuelle (1981-2010) avec ±0,5 É.T. Ces données sont une gracieusetés de 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 (2011-2018), 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 un régression des moindres de carrés : TSM (Pathfinder) = 0,989*TSM (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.

Les anomalies de mensuelle de TSM pour 2018 pour les 14 régions mentionnées ci-haut sont présentées à la Figure 15. Elles étaient généralement plus sous la normale entre avril et juillet et au-dessus de la normale entre aout et octobre. En novembre, alors que la plupart des régions ont démontré des anomalies froides, la TSM dans la boîte du Groenland était 2,0 É.T. au-dessus de la normale.

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, incluant en 2018 qui a été particulièrement froide le long de la côte du Labrador (p.ex., -1,9, -1,6 et -0,9 É.T. en dessous de la normale respectivement pour le détroit d'Hudson, le banc Hamilton et le bassin de St.

Antony. La moyenne de l’ensemble des anomalies pour sur ces régions est présenté à la Figure 17 qui montre clairement les patrons décennaux décrit plus haut. En moyenne pour ces 14 régions, la TSM était 0,6 É.T. sous la normale en 2018.

	-- Anomalies de température de surface mensuelle en 2018 --											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Plateau Groenland (GS)	-0.7	-0.6	-0.6	-0.2	-0.3	-0.3	-1.1	1.3	1.1	0.9	2.0	0.6
Mer Lab. Nord Cent. (NCLS)	0.1	0.0	-0.1	-0.3	-1.2	-1.3	-0.9	-0.1	-0.1	-0.2	-0.6	0.3
Detroit Hudson (HS)	-0.5		-0.5	-0.4	-1.2	-2.2	-2.0	-0.8	-0.7	-0.2	-1.8	-0.8
Mer Lab. Centrale (CLS)	-0.2	0.0	0.1	0.0	-0.5	-0.2	-0.7	-0.2	-0.5	-0.7	-0.8	-0.8
Bravo (BRA)	0.0	-0.4	0.6	0.2	-0.5	0.1	-0.6	-0.1	-0.5	-0.8	-0.5	-1.3
Banc Hamilton (HB)	-0.6	-0.6	-0.7	-0.9	-0.8	-1.5	-0.5	-0.6	-2.0	-0.9	-0.1	-0.9
Basin St. Anthony (SAB)	-1.0	-0.8	-0.7	-1.6	-0.8	-1.7	-0.2	0.2	-0.4	-0.5	0.2	0.8
Plateau T-N NE (NENL)	0.0	-0.6	-0.7	-1.6	-1.0	-2.1	-0.7	1.1	0.5	-0.3	-0.5	0.1
Orphan Knoll (OK)	0.0	-0.2	0.6	0.0	-0.7	-1.5	-1.4	0.2	0.8	0.6	-0.9	-0.2
Chenal Avalon (AC)	0.9	1.0	0.6	-0.6	-0.3	-1.8	-2.2	1.0	1.1	0.6	-1.1	-0.6
Hibernia (HIB)	0.9	1.2	0.9	-0.1	0.0	-0.9	-2.0	0.8	1.3	0.4	-0.7	-1.1
Passe Flamande (FP)	-0.4	-0.7	-0.1	-0.6	-1.1	-1.5	-1.8	0.9	1.2	0.7	-1.4	-0.1
Bonnet Flammand (FC)	-0.6	-0.1	-0.1	-0.8	-1.4	-1.4	-1.8	0.6	1.2	1.2	-1.6	-1.1
Banc St.Pierre (SPB)	0.0	1.6	0.7	-0.1	-0.2	-1.5	-1.7	1.0	1.7	1.0	-0.9	-1.0

Figure 15. Anomalies normalisées mensuelles de la températures de surface de la mer pour 2018 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	$\bar{x}$	ET
Plateau Groenland (GS)	-1.6	-1.5	-1.8	-1.2	0.7	-0.1	0.3	-0.3	-1.6	-0.8	0.3	-0.7	-0.2	0.3	1.9	0.0	0.6	-0.2	-0.9	-0.3	0.1	0.5	1.8	1.0	1.0	0.0	0.1	-0.1	0.7	2.0	-0.3	0.4	0.4	0.5	-0.3	1.1	0.3	0.2	1.5	0.9
Mer Lab. Nord Cent. (NCLS)	-1.4	-1.1	-1.4	-1.4	-0.3	0.4	-0.8	-0.1	-1.1	-1.1	-0.4	-0.5	-0.9	-0.4	-0.4	0.4	0.7	0.8	-0.5	-0.3	0.9	0.8	1.4	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	-0.4	2.8	1.1
Detroit Hudson (HS)	-1.5	-0.1	-0.3	-1.1	-0.3	1.3	0.6	-0.6	-1.2	0.8	0.5	0.6	1.1	1.2	2.8	0.2	-0.7	-0.8	-1.9	-0.2	-0.2	0.0	-0.2	0.2	0.5	-0.4	-1.1	-0.8	-0.2	1.7	-0.8	0.0	-1.3	-0.6	-1.3	-0.5	-1.6	-1.9	0.1	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	0.8	0.7	0.0	-0.2	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	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	0.5	0.2	1.5	1.1	1.4	1.6	1.0	1.3	0.3	1.7	0.4	1.1	0.5	1.0	0.0	0.5	0.3	-0.4	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	0.4	1.1	2.6	-1.5	-0.2	0.5	-0.5	0.7	0.0	-0.9	0.9	0.8	0.9	1.5	-0.5	1.6	-0.3	1.1	0.7	1.6	-0.6	0.3	-0.3	-0.6	-0.1	-1.6	1.5	0.5
Basin St. Anthony (SAB)	-1.9	-0.8	-0.4	-0.8	-0.5	-0.6	-0.5	-0.2	0.8	-0.8	-1.1	-1.1	-0.8	1.5	-0.5	-0.8	-0.1	0.7	0.3	0.8	0.2	-0.7	0.7	1.1	1.7	2.3	-0.7	1.5	-0.5	1.1	0.6	1.7	-0.3	0.6	-0.8	-0.5	-0.3	-0.9	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	0.2	-0.5	0.3	0.9	1.5	1.9	-0.4	1.2	-0.5	0.8	0.5	1.1	0.3	0.8	-0.8	-0.4	-0.3	-0.5	3.5	0.7
Orphan Knoll (OK)	-1.3	-0.6	-0.3	-1.4	-2.0	-0.5	0.1	0.3	-0.9	-0.8	-1.4	-1.1	-0.9	-0.9	0.2	0.1	0.4	0.8	0.5	0.5	0.6	0.0	0.5	1.3	1.9	1.9	0.7	1.2	-0.1	1.3	0.8	1.7	0.8	0.6	-0.9	0.0	0.4	-0.3	6.0	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	-1.2	0.6	1.2	1.1	0.2	-0.5	0.4	0.8	1.4	1.9	0.0	0.9	0.0	0.6	0.3	1.6	1.0	0.8	0.0	0.3	0.2	-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	0.1	-0.5	0.4	0.5	1.0	2.1	0.7	0.6	-0.4	0.4	0.3	2.3	0.9	0.3	0.0	-0.2	-0.7	-0.1	5.7	0.8
Passe Flamande (FP)	-0.6	-0.7	0.4	-0.5	-2.2	-0.8	0.2	1.0	-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	0.3	1.4	0.4	-0.6	-1.3	-0.7	0.4	-0.7	5.7	0.8
Bonnet Flammand (FC)	-0.4	-0.7	0.5	-0.6	-2.4	-1.0	0.3	0.6	-0.4	-1.0	-1.4	-1.3	-1.2	-1.0	0.1	0.4	0.0	0.7	1.1	0.7	0.3	-0.3	0.4	1.1	1.9	1.7	0.7	1.0	-0.6	0.8	0.6	1.8	0.7	-0.6	-1.5	-0.9	-0.4	-0.7	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	1.6	1.3	0.1	-0.7	0.1	0.3	1.5	1.4	-0.3	0.8	0.1	0.8	0.2	2.4	1.3	1.2	0.2	1.1	0.4	-0.2	6.1	0.7

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

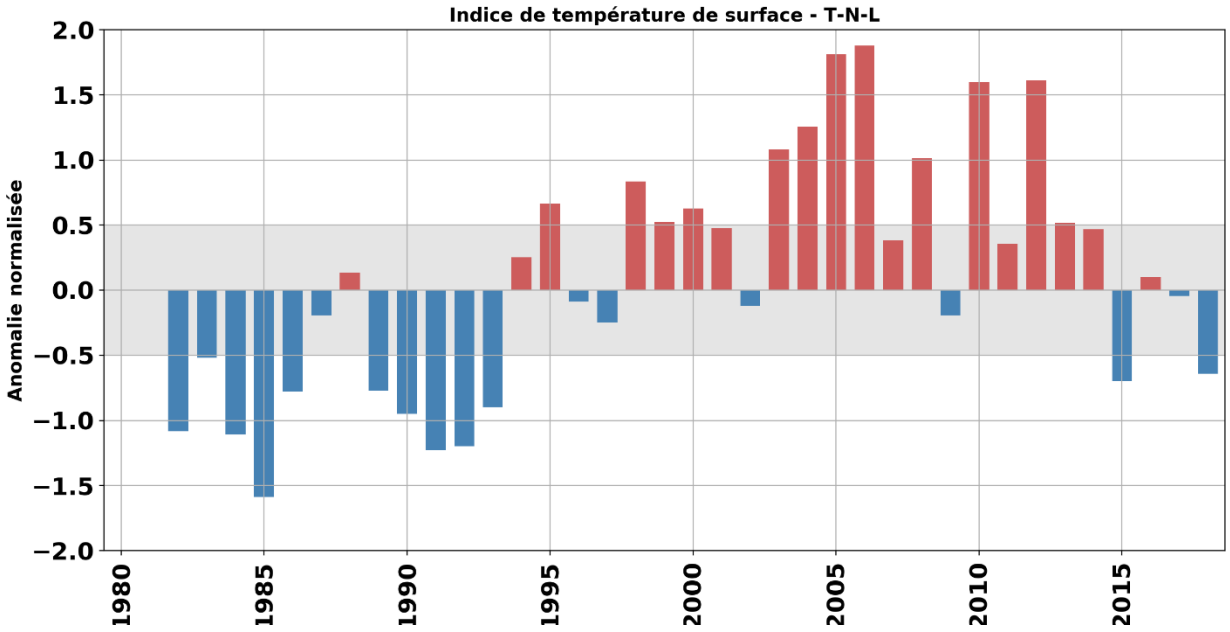

Figure 17. Indice de la températures de surface de la mer pour TNL (moyenne de toutes les rangées de la table de la Figure 16). La bande ombragée représente une enveloppe dite normale correspondant à ±0,5 É.T. Ct indice de la température de surface est utilisé pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 43).

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 site d'échantillonnage océaniques parmi les plus vieux au Canada avec une surveillance régulière (quasi-mensuelle) depuis 1948. En 2018, la station a été échantillonnée 36 fois (27 profils CTP, incluant 16 échantillonnages biogéochimiques et 9 profils XBT). Aucune observation n'était disponible pour janvier et février, et un seul XBT a été réalisé en mars. De plus, un total de 202 profils CTP ont été recueillis à partir d'une bouée automatique de type *Viking* entre le 15 juillet et le 14 novembre 2018 (voir Figure 18). 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 19 et Figure 20). Ces figures montrent un réchauffement estival de la couche de surface (~20 m) culminant an aout 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 0ºC (contour noir à la Figure 19), 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 salinité <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 2018, 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 après la mi-août. À l'exception des eaux près de la surface au milieu de l'été, la colonne d'eau était plus fraîche que la normale tout au long de l'année en 2018. La Figure 21 présente la température et la salinité moyennées sur toute la colonne d'eau (0-176 m). En 2018, la température moyenne verticale était au-dessus de la normale par environ 0,3ºC, en accord avec la prédominance d'anomalies chaudes observées depuis le début des années 2000. La salinité moyenne était quant à elle à son niveau le plus faible 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 présentés à la Figure 22. 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, cependant, la CIF était 1,6 É.T. au-dessus de la normale.

La profondeur de la couche de la couche de mélange (PCM) à la Station 27 a été estimé 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 ms^{-2} est l'accélération gravitationnelle et ρ_0 une densité de référence. Les valeurs mensuelles pour 2018 en fonction de la climatologie sont présentées à la Figure 23. 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-aout). En 2018, la PCM était beaucoup plus épaisse que la normale en avril (à noter qu'aucune valeur n'est disponible entre janvier et mars) avec 70 m en moyenne comparativement à moins de 40 m pour la climatologie. La PCM était également plus profonde que la normale en mai et juin, mais plus faible de juillet à septembre. La Figure 24 montre les valeur annuelles moyenne 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, bien qu'une décroissance semble visible depuis la fin des années 1990. En 2018, la CPM était toutefois normale.

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. Il isole essentiellement la colonne d'eau inférieure des couches supérieures chauffées de façon saisonnière.

L'indice de stratification à la Station 27 est calculé à partir de la différence de densité (σ_t) 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 2018 sont indiquées à la Figure 25. 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 2018, la stratification était inférieure à la moyenne à long

terme pour la majeure partie de l'année (à noter qu'aucune valeur n'est disponible entre janvier et mars), à l'exception de septembre et octobre où elle était normale (voir différence entre les bandes bleu clair et bleu foncé à la Figure 25).

L'évolution interannuelle de la stratification à la Station 27 depuis 1950 est présenté à la Figure 26. 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 2018, la stratification moyenne était toutefois plus faible que la normale à -0,7 É.T. Les anomalies annuelles normalisées depuis 1980 de toutes les variables discuté dans cette section sont répertoriées à la Figure 27 sous les forme d'une carte de pointage.

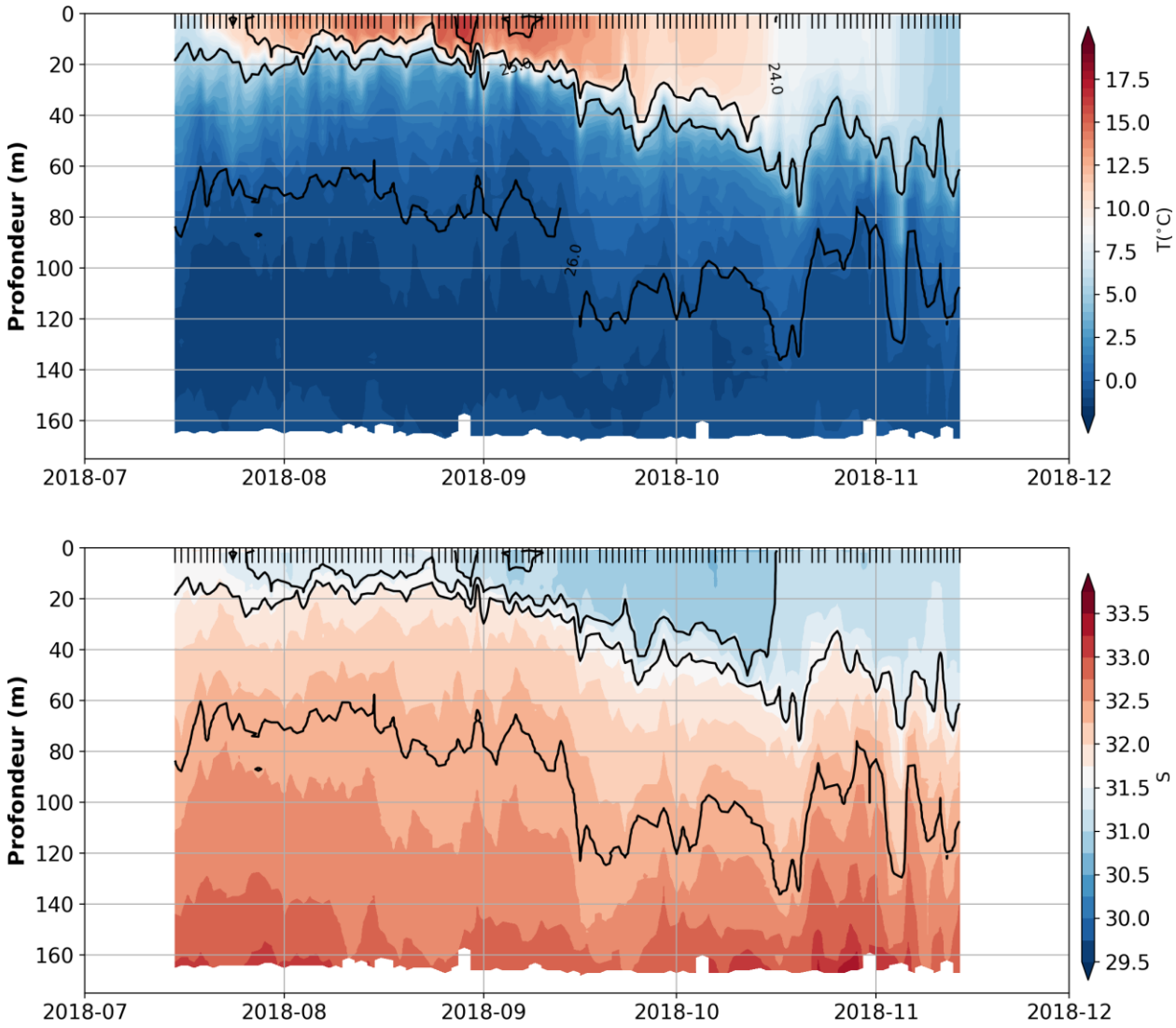

Figure 18. Champs de température (haut) et de salinité (bas) tel que mesuré par la bouée automatique Viking à la Station 27. Les isopycnes (σ_t, lignes noirs) sont identifiés dans le panneau du haut. Tous les profils ont été moyennés en moyennes quotidiennes (voir traits en haut de la figures) avant d'être interpolé dans le temps pour générer cette figure.

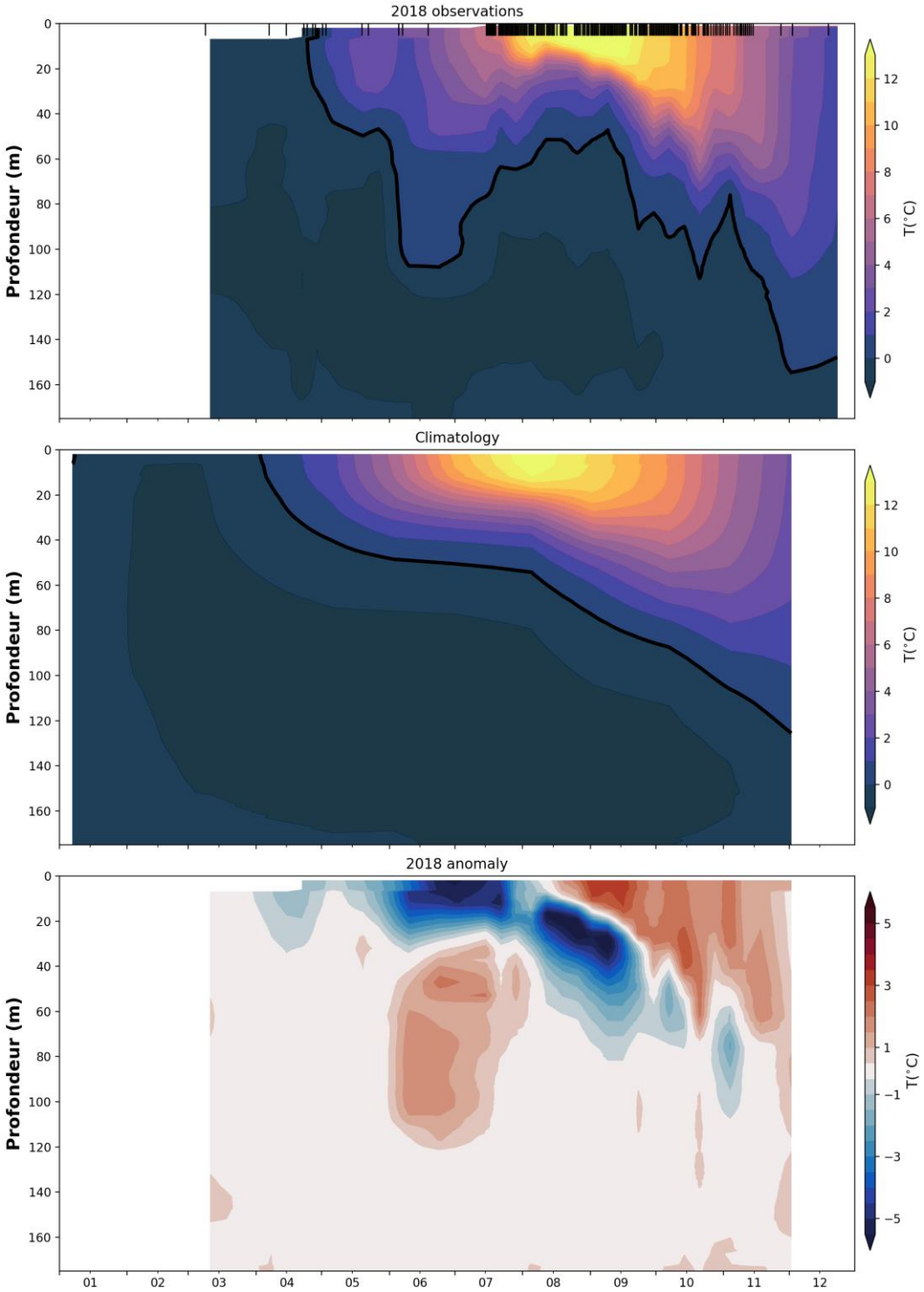

Figure 19. Évolution annuelle de la température à la Station 27. Le champ pour 2018 (haut) est généré à partir des moyennes hebdomadaires de toutes les données disponibles, incluant les occupations de la station ainsi que les profils par la bouée Viking (chaque observation est annotées avec un trait 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 2018 (bas) est la différence entre l'année en cours et la climatologie.

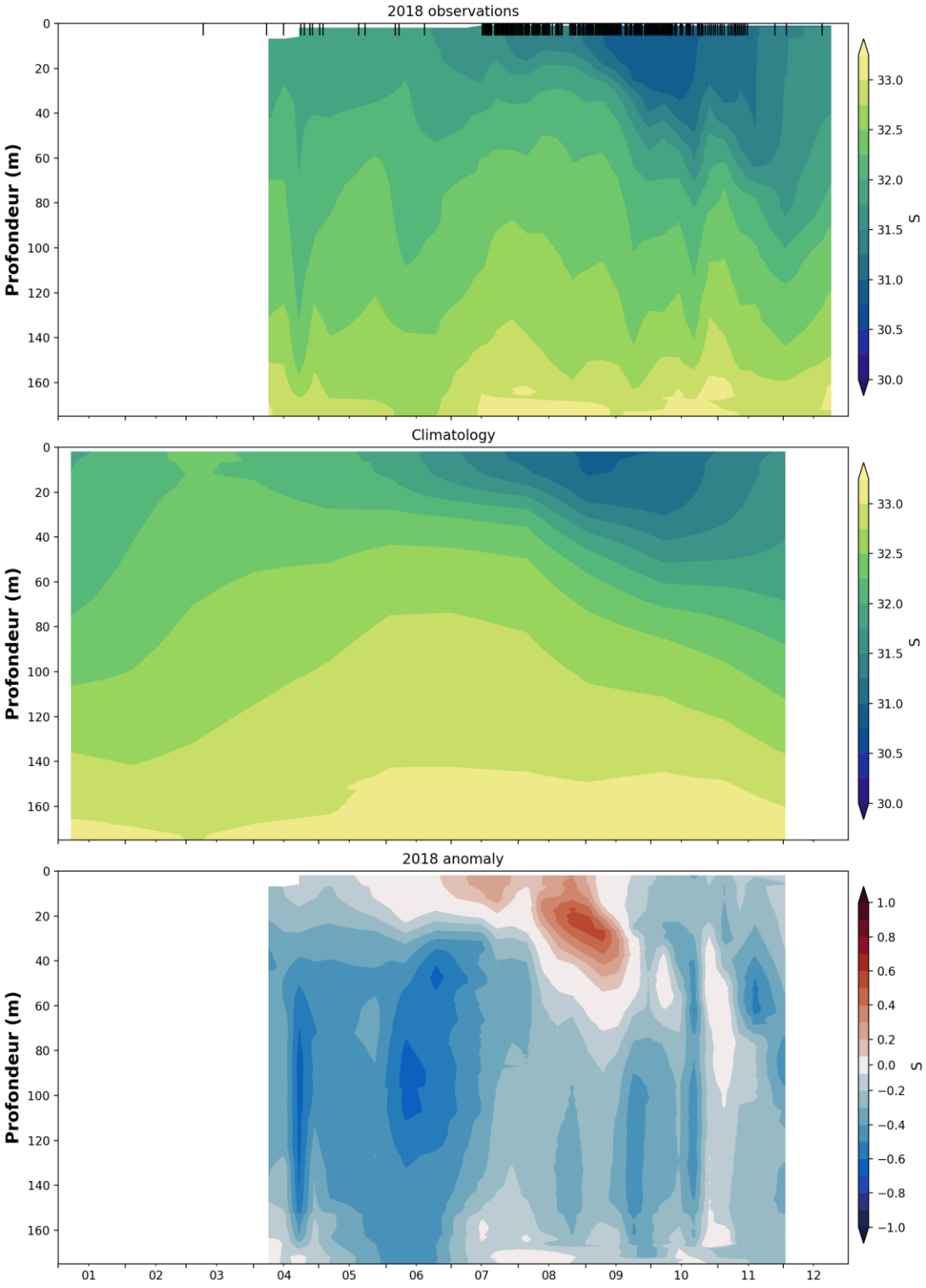

Figure 20. Similaire à la Figure 19, mais pour la salinité.

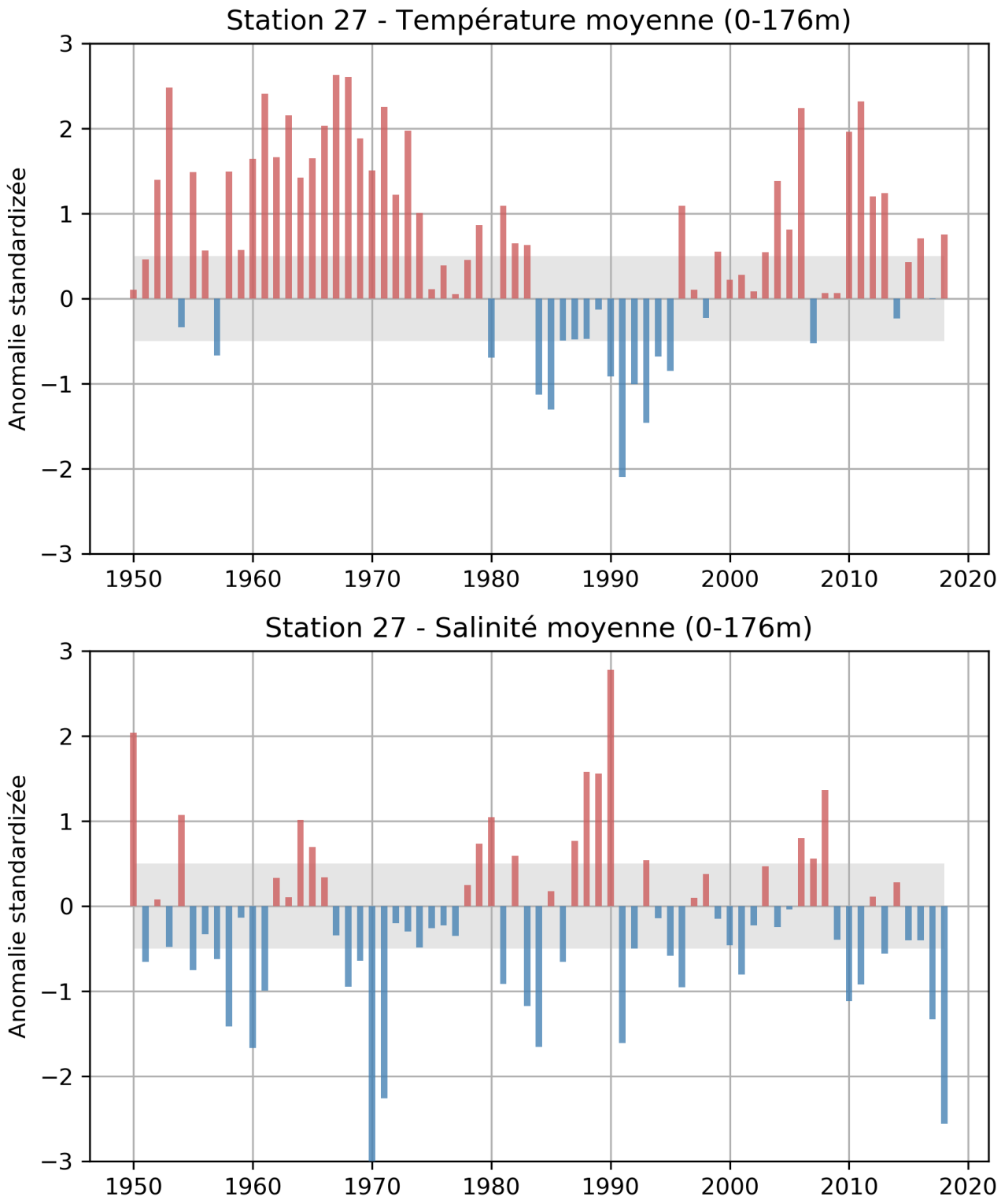

Figure 21. Anomalies normalisées annuelles de la moyenne verticale (0-176 m) des températures (haut) et salinités (bas) obtenues à partir de toutes les occupation de la Station 27 depuis 1950. Les bandes ombragées représentent une enveloppe dite normale correspondant à ±0,5 É.T. Ces deux séries temporelles sont utilisées pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 43).

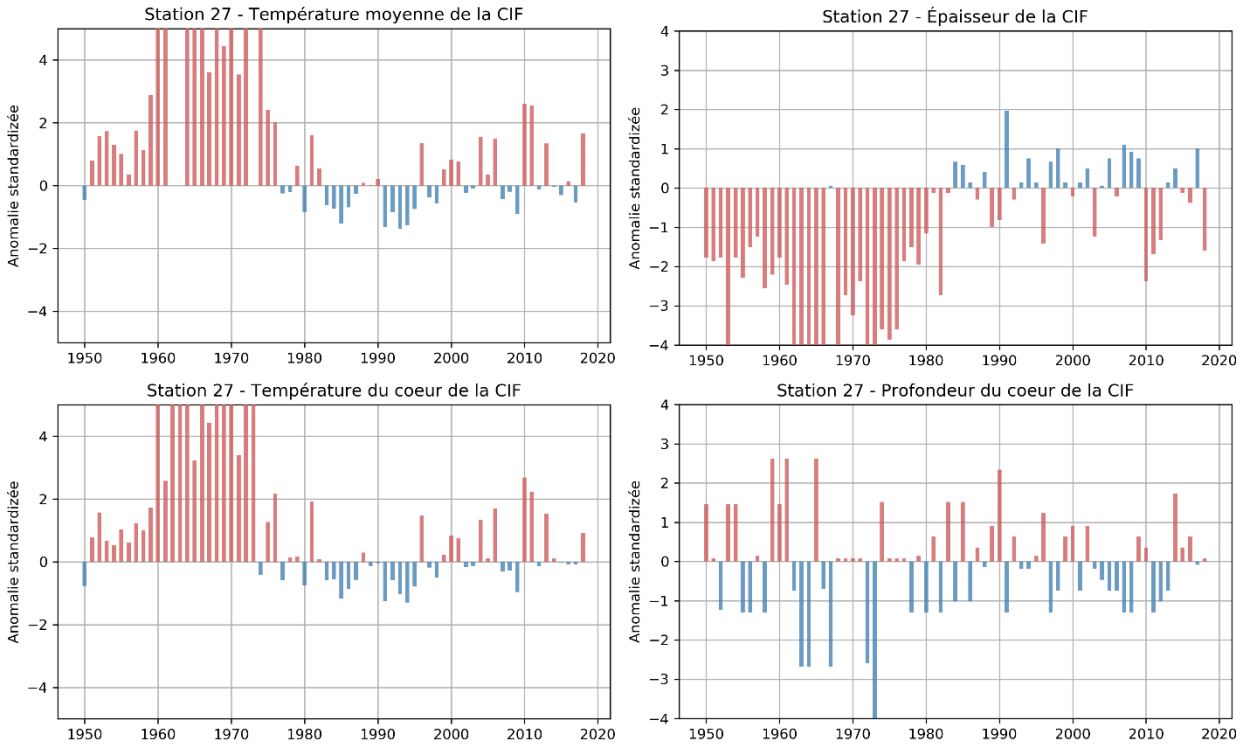

Figure 22. Anomalies normalisées des paramètres de la couche intermédiaire froide (CIF) à la Station 27 en été (mai-juillet) depuis 1950. La rangée du haut montre la température moyenne de la CIF ainsi que son épaisseur, alors que la rangée du bas montre la température du cœur (la température de son point le plus froid) et de sa profondeur. Les anomalies de températures moyennes et du cœur sont utilisées pour la construction de l'indice climatique de TNL présenté dans le sommaire (Figure 43).

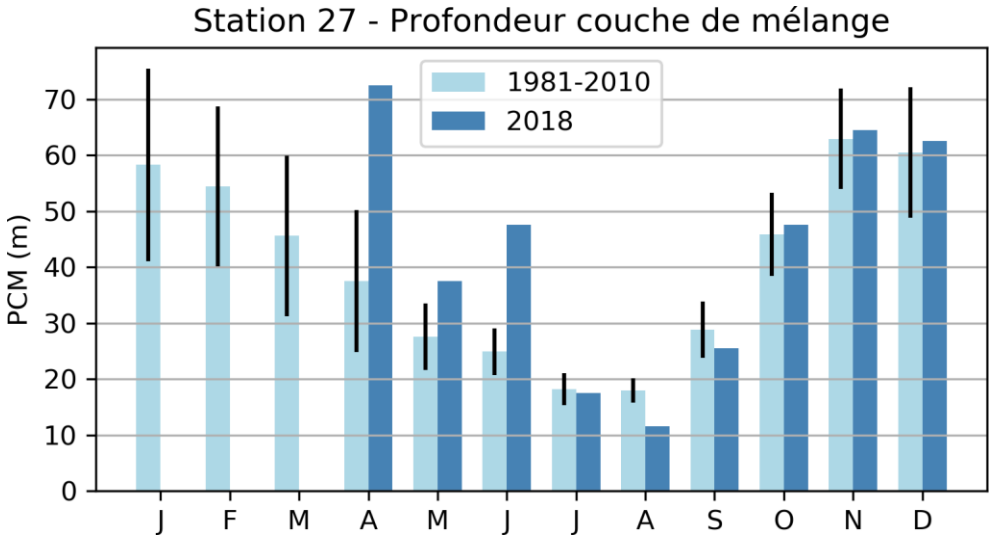

Figure 23. Évolution mensuelle de la profondeur de la couche de mélange (PCM) à la Station 27. La climatologie est en bleu clair et les valeurs pour l'année 2018 en bleu foncé. Les traits verticaux noirs représentent 0,5 É.T. de chaque côté de la moyenne climatologique.

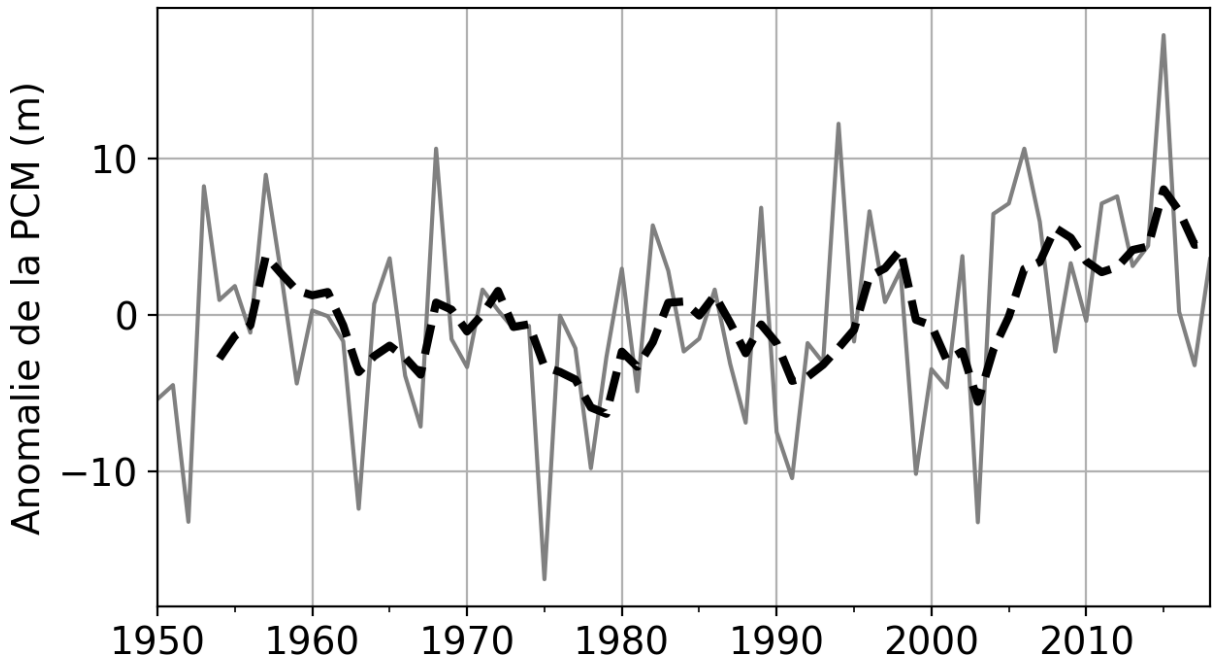

Figure 24. Série temporelle annuelle de la profondeur de la couche de mélange (PCM) à la Station 27 depuis 1950 (en gris), ainsi que sa moyenne mobile sur 5 ans (tirets noirs).

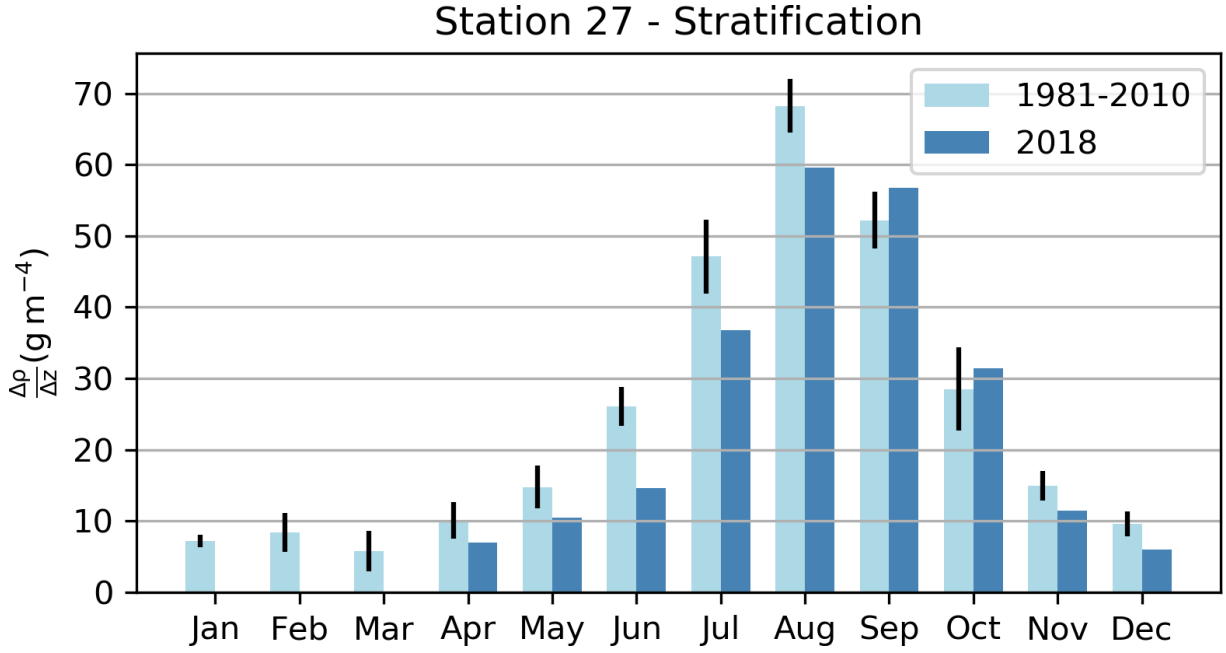

Figure 25. Évolution mensuelle de la stratification à la Station 27. La climatologie est en bleu clair) alors que les valeurs pour l'année 2018 sont en bleu foncé. Les traits verticaux noirs représentent 0,5 É.T. de chaque côté de la moyenne climatologique.

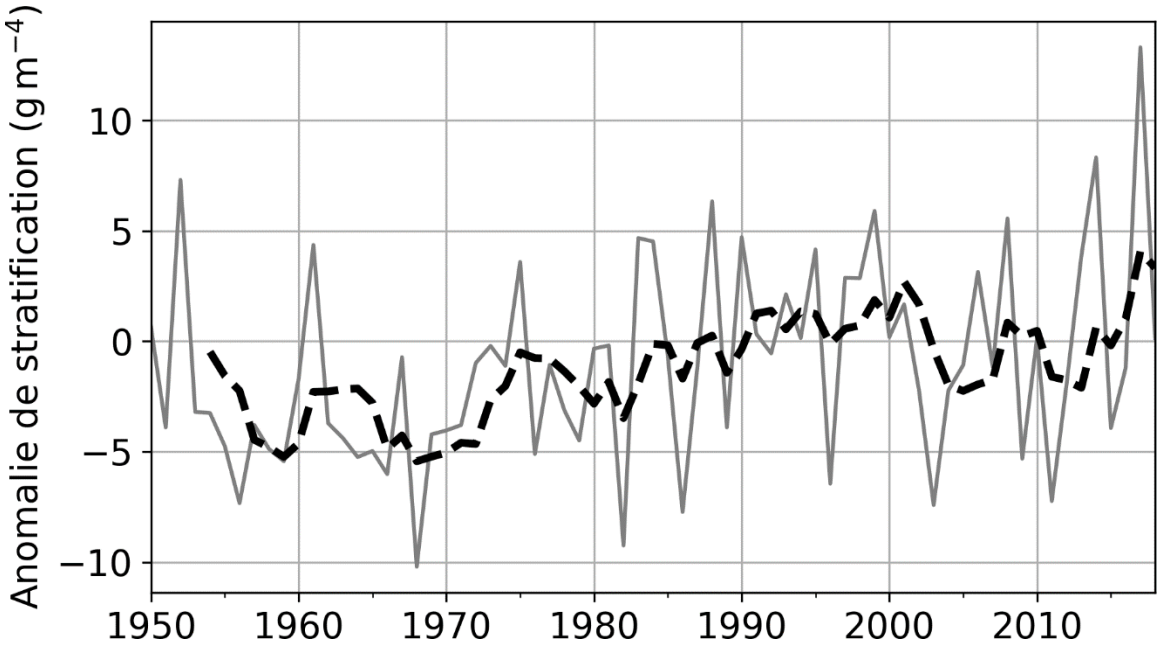

Figure 26. Série temporelle annuelle de la profondeur de la couche de mélange (PCM) à la Station 27 depuis 1950 (en gris), ainsi que sa moyenne mobile sur 5 ans (tirets noirs).

	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	$\bar{x}$	ET
-- Moyenne verticale de température --																																									
Temp 0-176m	-0.7	1.1	0.6	0.6	-1.1	-1.3	-0.5	-0.5	-0.5	-0.1	-0.9	-2.1	-1.0	-1.5	-0.7	-0.8	1.1	0.1	-0.2	0.6	0.2	0.3	0.1	0.5	1.4	0.8	2.2	-0.5	0.1	0.1	2.0	2.3	1.2	1.2	-0.2	0.4	0.7	0.0	0.8	0.4	0.4
Temp 0-50m	-1.6	0.6	-0.6	1.0	-1.2	-1.1	-0.4	-0.4	-0.8	-0.2	-1.0	-2.0	-0.9	-1.2	-0.2	-0.7	0.7	0.3	0.1	0.8	0.1	0.5	0.0	0.8	0.7	0.7	2.6	-1.0	1.0	-0.1	1.9	1.3	1.5	1.7	0.3	0.3	1.4	0.5	0.6	3.2	0.7
Temp 150-176m	-0.1	0.5	-0.1	-0.6	-1.0	-1.6	-0.4	-0.2	-0.3	-0.5	-1.0	-1.6	-1.0	-1.5	-1.3	-0.7	0.7	0.1	0.5	0.7	0.7	0.8	0.2	0.1	2.2	1.6	1.8	0.6	0.1	-0.3	1.5	3.8	1.0	0.9	-0.6	-0.5	-0.4	-0.8	0.7	-1.0	0.3
-- Moyenne verticale de salinité --																																									
Sal 0-176m	1.0	-0.9	0.6	-1.2	-1.7	0.2	-0.7	0.8	1.6	1.6	2.8	-1.6	-0.5	0.5	-0.1	-0.6	-1.0	0.1	0.4	-0.2	-0.5	-0.8	-0.2	0.5	-0.2	0.0	0.8	0.6	1.4	-0.4	-1.1	-0.9	0.1	-0.6	0.3	-0.4	-0.4	-1.3	-2.6	32.5	0.1
Sal 0-50m	1.0	-0.3	1.4	-1.3	-1.9	0.3	0.6	1.2	1.1	1.6	2.2	-1.9	-0.3	0.1	-0.4	-1.4	-0.4	-0.5	-0.2	-0.4	-0.5	-0.9	0.8	0.9	0.3	0.1	0.1	0.3	0.7	0.0	-1.3	-0.4	0.2	-0.4	-0.4	-0.1	-0.2	-1.9	-1.5	31.9	0.2
Sal 150-176m	1.2	-0.1	0.1	-0.4	-0.2	-0.5	-1.2	0.8	1.9	0.7	3.4	-1.5	-1.5	0.7	-0.3	-0.1	-1.2	0.0	0.6	0.0	-0.1	-0.4	-0.5	-0.8	-0.5	0.0	1.3	0.3	0.8	-0.8	-0.2	-0.4	0.2	-1.0	0.2	-1.0	-1.1	-0.9	-2.3	33.1	0.1
-- Propriétés de la couche intermédiaire froide (CIF) --																																									
CIF temp	-0.4	0.9	0.4	-0.1	-1.0	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.1	-1.3	-0.7	-1.2	-0.7	-1.2	1.1	-0.3	-0.2	1.0	0.7	1.1	-0.3	-0.2	1.8	0.7	1.2	-0.4	-0.5	-0.9	3.0	3.2	0.3	1.9	0.0	0.0	0.2	-0.4	1.6	-1.0	0.2
CIF T coeur	-0.3	1.2	0.0	-0.5	-0.8	-1.2	-0.8	-0.6	-0.1	-0.2	-0.3	-1.2	-0.4	-0.8	-1.1	-1.0	1.2	-0.1	-0.2	0.5	1.0	1.0	-0.3	-0.4	1.8	0.2	1.2	-0.1	-0.6	-0.6	3.2	3.1	-0.1	2.3	-0.1	0.4	-0.1	0.0	0.7	-1.4	0.2
CIF prof coeur	-0.8	-0.8	0.5	-2.1	-1.1	1.9	0.2	0.2	-0.8	-0.8	2.6	-0.8	1.3	0.0	0.5	-0.5	0.5	-0.8	-1.1	0.8	0.2	0.0	0.2	1.0	0.2	-0.3	-0.8	0.8	-1.3	-0.5	0.8	-0.8	-0.5	-1.3	0.8	0.5	0.8	-0.8	0.5	117.4	19.1
CIF épaisseur	-0.1	-1.2	-1.7	-0.6	1.4	1.3	0.0	0.1	1.0	0.1	-1.1	2.1	-0.5	-0.1	0.4	0.7	-1.1	0.7	0.6	-0.2	-0.2	-0.3	0.5	-1.6	-0.8	0.6	0.3	0.7	0.7	0.7	-2.4	-2.3	-1.3	-0.1	0.1	-0.4	-0.4	0.6	-1.4	127.9	10.9
-- 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			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	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	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	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	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			0.008	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	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	0.055	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	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	0.2	-0.4	-0.3	-0.7	-0.5	0.1	0.6	-0.6	-0.1	0.9	-0.7	0.026	0.004

Figure 27.Anomalies normalisées de différents paramètre hydrographique à la Station 27. Les différentes section de cette tables 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 propriété 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 utilisé des celle de la Figure 2. Les cellules ombragées indique une absence de données.

SECTION HYDROGRAPHIQUES NORMALISÉES

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 monitorage 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 Monitorage 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 monitorage. 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 choisis pour être échantillonnés 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 2018, 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 lots des 3 campagnes annuelles (bien que seulement la portion de BB près de la côte fut échantillonnée durant le relevé du printemps). Dans ce rapport, le résultat des relevés hydrographiques (température et salinité) effectué durant l'été 2018 sur les sections SI, BB et FC seront présenté.

Température et salinité

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

Les structures estivales de température et de salinité des sections du Bonnet Flamand (47ºN), de Bonavista et de Seal Island en 2018 sont présentées respectivement de la Figure 28 à la Figure 30. 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 de 0°C.

Celle-ci 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 masse d'eau 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 2018, les températures étaient généralement au-dessus de la normale pour les section Seal Island, à l'exception des eaux au large qui étaient près de la normale (Figure 28, en bas à gauche).Le long de la section Bonavista, les températures étaient généralement au-dessus de la normale en profondeur près de la côte, mais plus froides que la normale en sub-surface au-dessus du plateau continental et au large (Figure 29, en bas à gauche). Pour la section du Bonnet Flamand, les températures étaient beaucoup plus chaudes que la normale en sub-surface (plus de 2,5°C au-dessus de la normale juste au-dessus de la CIF) et beaucoup plus froide que la normale en surface (par plus de 2,5°C en dessous de la normale à quelques endroits; Figure 30, en bas à gauche). Les température plus froides près de la surface sont en accord avec les TSM froides observées par satellite sur la plupart des région de TNL tel que discutée dans une section précédente. Comme nous le verrons plus loin, les conditions plus chaudes observées en profondeur vont se traduire par des températures du fond de la mer plus chaudes sur une grande partie des grands bancs de Terre-Neuve.

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 28 à Figure 30, panneaux de droite). En 2018, les salinité en sub-surface le de la section Seal Island étaient généralement plus faible que la normale, à l'exception d'une zone au-dessus du plateau (entre 50-100km sur la section, Figure 28, en bas à droite). Les salinités sur les section Bonavista et du Bonnet Flamand montraient des anomalies de salinité contrastées entre le plateau (plus doux que la normale) et le large (plus salées). Ceci peut s'expliquer par une excursion plus grande du courant du Labrador sur le plateau continental en 2018 comparativement à la climatologie (voir différence des champs de salinité entre 2018 et la climatologie sur la Figure 29).

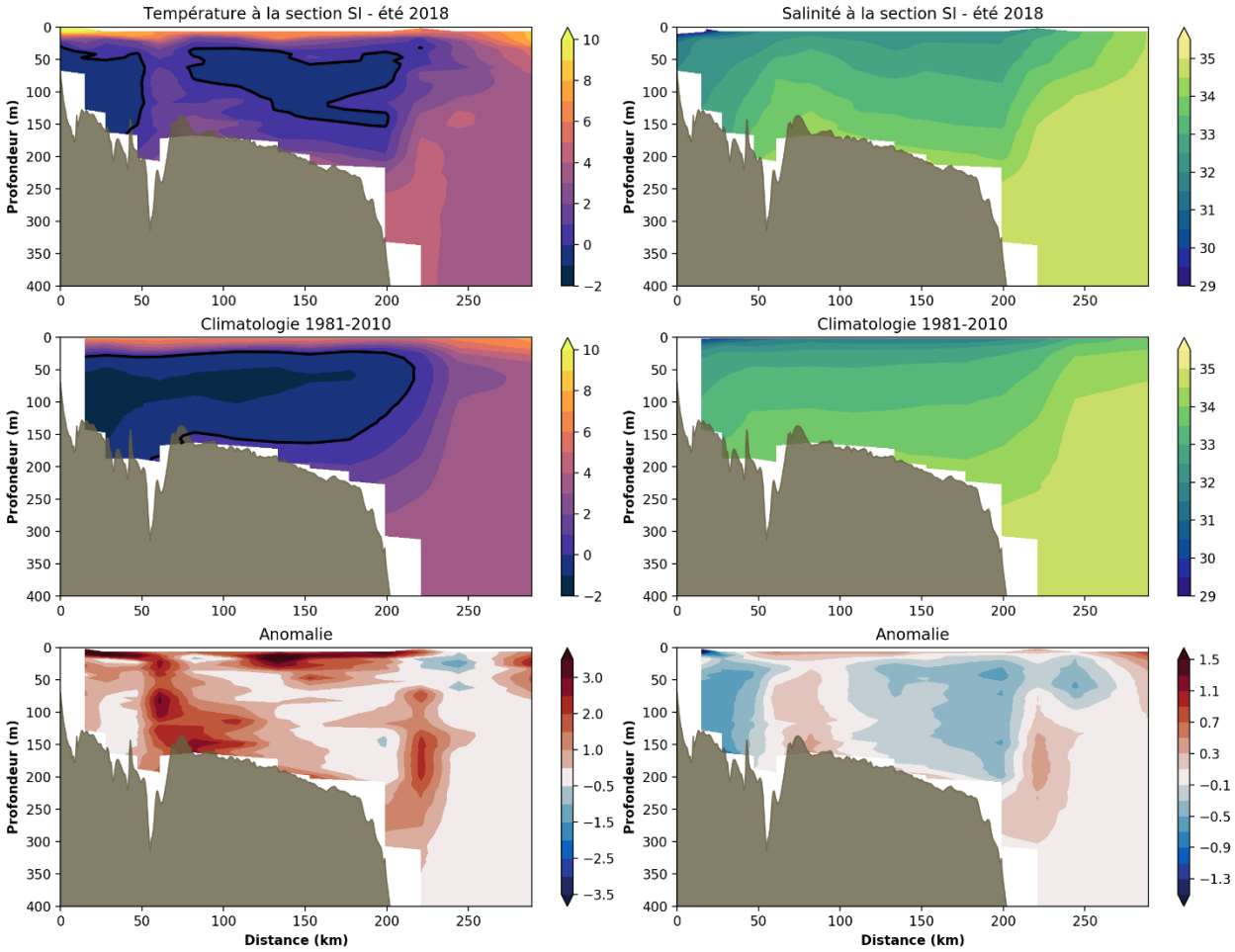

Figure 28. Contours des champs de température (°C) et salinité à la Section hydrographique Seal Island (SI, voir carte Figure 1 pour la location) pour 2018 (rangée du haut) ainsi que leur climatologies (rangée du centre) et leur anomalies respectives (rangée du bas).

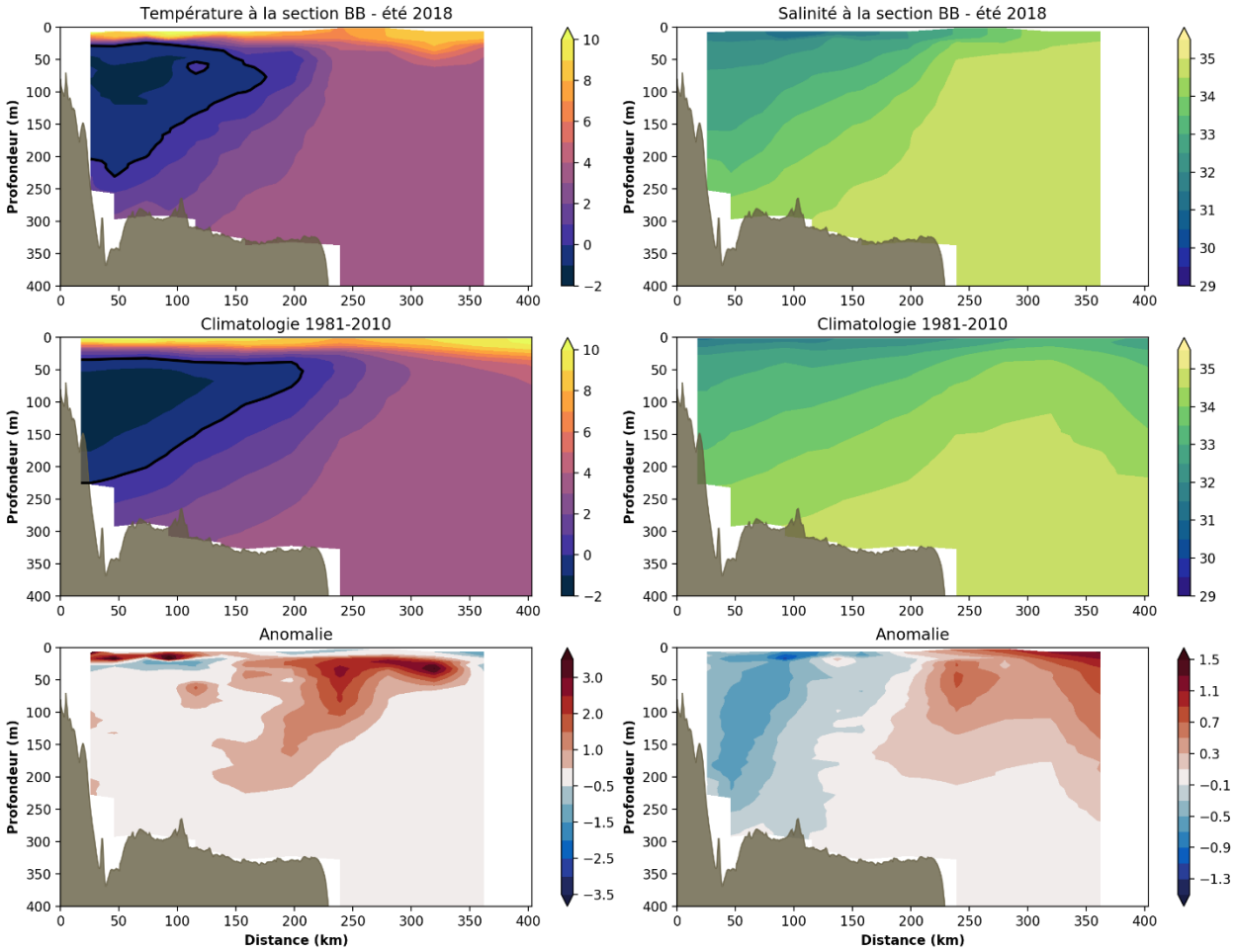

Figure 29. Similaire à la Figure 28, mais pour la section hydrographique Bonavista (BB; voir carte Figure 1 pour la location).

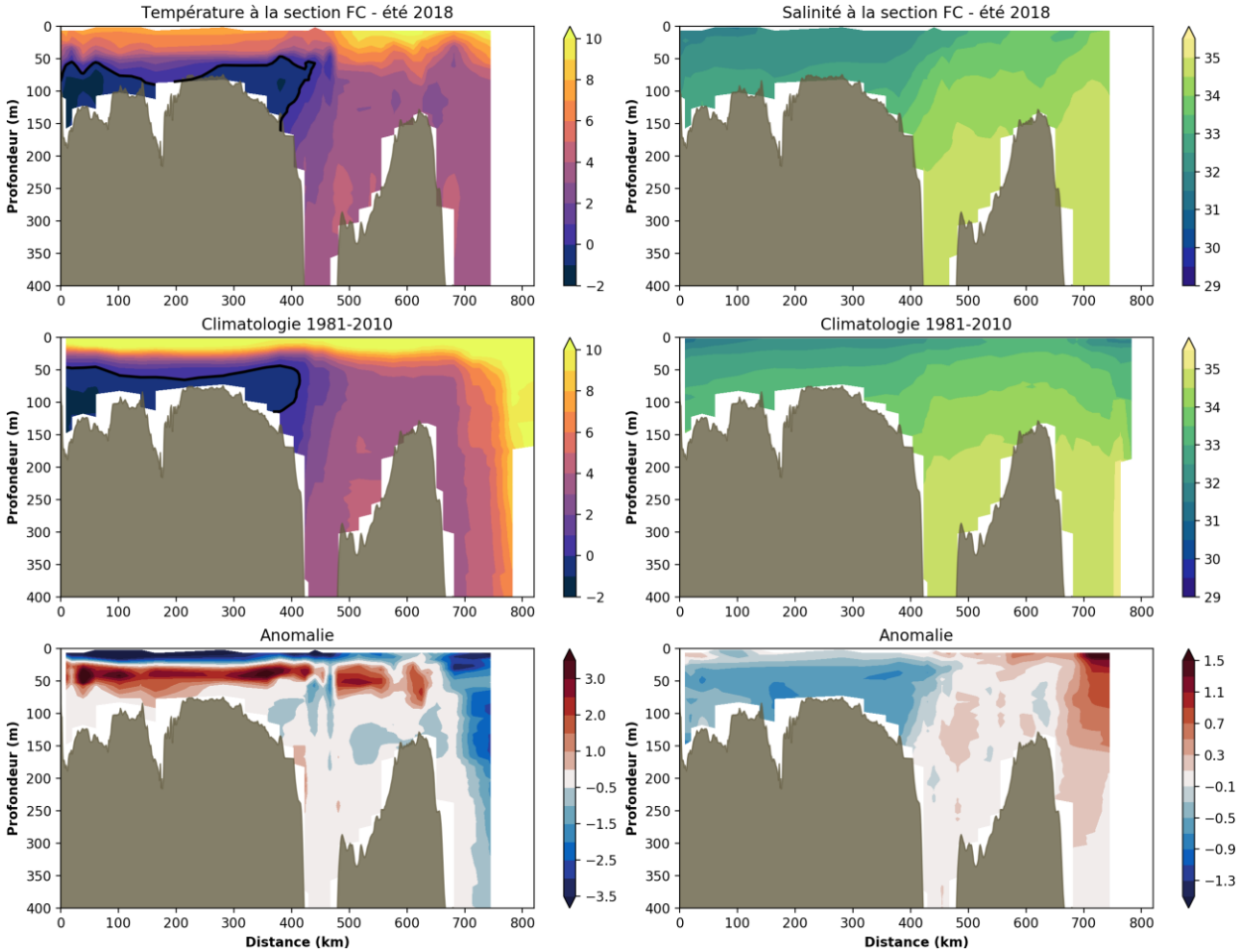

Figure 30. Similaire à la Figure 28, mais pour la section hydrographique du Bonnet Flamand (FC; voir carte Figure 1 pour la location).

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 31. 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 ± 4,5 km^2, 23,8 ± 8,2 km^2 et 11,7 ± 8,9 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 32 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 2018, les propriétés moyennes de la CIF pour les trois sections étudiées ici sont redevenus au-dessus de la normale après 4 ans de conditions plus froides (Figure 31). Ce changement semble toutefois dominé par un rétrécissement de la CIF (volume plus petit) provenant de la partie nord du bassin (grande anomalie de surface pour Seal Island, modérée pour Bonavista et

normale pour le Bonnet Flamand). Fait intéressant, bien que la température du cœur de la CIF pour la section Seal Island soit de 2,5°C supérieure à la moyenne, elle est normale pour les sections de Bonavista et du Bonnet Flamand.

	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	x̄	sd
-- section Seal Island --																																									
surface CIF (km²)	-0.1	-1.5	0.3	-0.9	1.6	0.5	-0.3	-0.1	0.1	-3.2	1.5	1.6	1.0	1.3	-0.1	-0.3	0.2	-0.6	0.0	-1.4	-0.2	0.8	-0.1	0.6	-0.9	0.0	-0.2	-0.1	-0.3	0.9	-0.1	-0.9	1.6	-0.7	0.1	1.5	-0.5	1.3	-1.6	20.3	4.5
coeur CIF (°C)	0.3	0.5	0.0	-1.2	-1.2	-0.9	0.6	0.1	-0.1	3.0	-0.8	-1.1	-0.9	-1.2	-0.7	1.6	-0.4	-0.6	-0.5	0.7	-0.6	0.8	-0.6	0.4	1.8	0.7	0.8	-0.2	-0.7	-0.4	0.9	2.2	-0.5	0.9	-1.2	0.0	-0.4	-0.7	2.5	-1.5	0.2
coeur prof. (m)	0.2	0.6	-0.7	0.6	-0.7	-0.5	1.6	1.7	0.0	1.2	1.6	1.6	-0.3	0.0	1.0	-0.3	-0.9	0.2	0.4	-0.7	-1.5	-1.3	0.0	0.4	-0.2	-1.3	-0.2	0.8	-0.2	-1.3	-1.7	-0.9	0.0	0.0	2.6	-0.2	0.2	-0.9	0.6	70.4	25.4
-- section Bonavista --																																									
surface CIF (km²)	-0.8	-0.2	-2.8	0.6	2.7	1.2	-0.3	-0.4	0.5	0.2	1.5	2.0	0.1	0.6	0.4	-0.5	-0.1	-0.7	-0.2	-0.3	0.2	-0.4	-0.3	0.2	-1.2	-0.7	-0.9	-0.3	-0.8	0.1	-0.2	-2.0	-0.1	-0.5	1.2	0.7	0.3	0.1	-0.5	23.8	8.2
coeur CIF (°C)	1.6	0.7	4.1	-1.3	-0.9	-0.7	0.0	0.1	0.6	-0.8	-0.7	-0.9	-0.3	-0.5	-0.8	-0.3	0.4	-0.4	-0.5	-0.2	-0.3	0.1	-0.2	-0.3	1.2	0.4	1.5	0.4	-0.3	-0.6	0.4	1.5	-0.6	0.1	-0.8	-0.7	-0.5	-0.7	0.4	-1.5	0.2
coeur prof. (m)	-0.3	-0.6	0.9	1.3	-1.2	-0.8	0.1	0.5	-0.3	0.3	1.7	0.5	0.7	0.9	0.3	2.7	-0.1	-0.1	-1.0	0.7	0.3	-1.0	1.1	0.3	-0.3	-1.4	-0.6	-1.8	0.1	-1.4	-1.4	0.3	1.1	-0.6	0.7	1.9	-1.0	-0.3	-0.1	90.2	24.8
-- section Bonnet Flamand --																																									
surface CIF (km²)	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	11.7	8.9
coeur CIF (°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	-1.3	0.5
coeur prof. (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	83.4	18.0

Figure 31. Tableau des statistiques estivales de la couche intermédiaire froide (CIF) le long des section 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 28 à la Figure 30). 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.

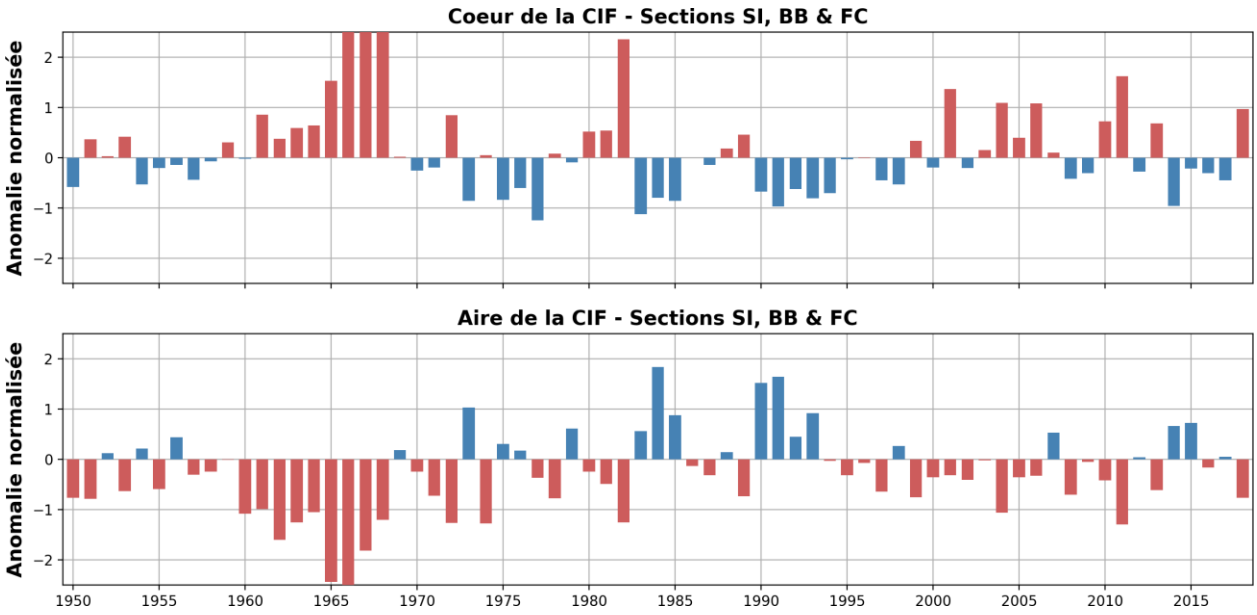

Figure 32. Anomalies normalisées de la température du cœur (haut) et de la surface (bas) de la couche intermédiaire froide (CIF) moyennée sur les sections hydrographique Seal Island (SI), Bonavista (BB) et du Bonnet Flamand (FC) depuis 1950 (les anomalies annuelles pour chaque section depuis 1980 sont présentes dans la Figure 31). 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 43).

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 effectué dans les divisions 3LNOPs au printemps et 2J3KLNO 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.

Dans des documents de recherche antérieurs du SCCS (p. ex. Colbourne et al. 2017), ces données ont été combinées à celles des relevés hydrographiques du PMZA pour obtenir la température et la salinité au fond. Une nouvelle méthode pour le calcul des température de fond a été introduite dans Cyr et al. (2019). Bien que la plupart des données utilisées pour ce calcul ait été prise par le MPO à TNL durant les relevés multi-espèces et les campagnes du PMZA, ces observations sont complétés par d'autres données fournies par le SDMM (relevés provenant d'autres régions du MPO, campagnes océanographiques internationales, programme Argo, etc.).

De plus, la méthode de calcul des conditions au fond diffère légèrement. Alors que les calculs précédents consistaient en une interpolation des observations les plus proches du fond dans un plan 2D, cette nouvelle méthode tient maintenant compte de la bathymétrie pour déterminer les conditions au fond des champs observés (p. ex. les conditions seront probablement différentes dans une cuvette ou sur un mont sous-marin par rapport aux zones voisines). Par souci d'uniformité, les séries chronologiques historiques présentées dans cette section ont été recalculées selon la même méthode. Il peut donc y avoir de légers écarts entre les résultats présentés ici et les mêmes quantités indiquées dans les rapports des années précédentes.

Cette nouvelle méthode est semblable à l'approche utilisée dans les conditions océanographiques physiques annuelles du golfe du Saint-Laurent (p. ex. Galbraith et al. 2019), et des détails sont donnés ici. Tout d'abord, tous les profils annuels disponibles de température et de salinité sont calculés en moyenne verticale par intervalles de 5 m et interpolés verticalement pour remplir les intervalles manquants. Ensuite, pour chaque saison (avril-juin pour le printemps et octobre-décembre pour l'automne), on calcule la moyenne de toutes les données sur une grille régulière de 0,1° x 0,1° (latitude x longitude) afin d'obtenir un profil saisonnier par cellule. Les données manquantes dans certaines cellules de la grille sont interpolées horizontalement à chaque niveau de profondeur. Pour chaque point de la grille, les données à la profondeur la plus proche de la bathymétrie 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 2018 dont est dérivée la climatologie de 1981 à 2010. Les anomalies pour 2018 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 2018 pour les divisions 3LNOP de l'OPANO, sont présentées respectivement à la Figure 33 et à la Figure 34 (voir le panneau central pour la couverture des stations échantillonnées). En 2018, 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 6°C. Les anomalies de température au fond étaient généralement au-dessus de la normale dans 3LNO où des anomalies de 0,5 to 3,5°C ont été observées. Sur le banc de Saint-Pierre (est de la division 3Ps), les températures étaient généralement inférieures à 0° et supérieures à 5°C dans le chenal Laurentien. Les anomalies de température au fond étaient également plus chaudes que la normale de 0,5 à 2,5°C.

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 se étaient de 32 à 33 sur les zones moins profondes et au-dessus de 34,5 dans le chenal laurentien. En 2018, une anomalie fraîche généralisée est observée sur l'ensemble de 3LNOP, atteignant 0,4 à 0,6 unité de salinité inférieure à la normale.

Les indices climatiques basées sur les anomalies normalisées de température printanière depuis 1980 sont présentées à la Figure 35. 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 dessur 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, la température moyenne au fond du 3LNO était de nouveau au-dessus de la normale par 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 2018 ont été plus chaudes que la normale, avec 2016 l'année la plus chaude à +1,9 É.T. 2018 était 1,4 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. en dessous de la normale, ce qui correspond également à peu ou pas d'eaux de fond avec des températures <0°C. La superficie d'eau <0°C a quelque peu augmenté ces dernières années, y compris en 2018 (+1,0 É.T.).

La Figure 36 intègre les différents paramètres de la Figure 35 en moyennant toutes les rangées de cette table ayant des température 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, 2018 était d'environ 1,0 É.T. au-dessus de la normale pour l'ensemble de 3LNOPs.

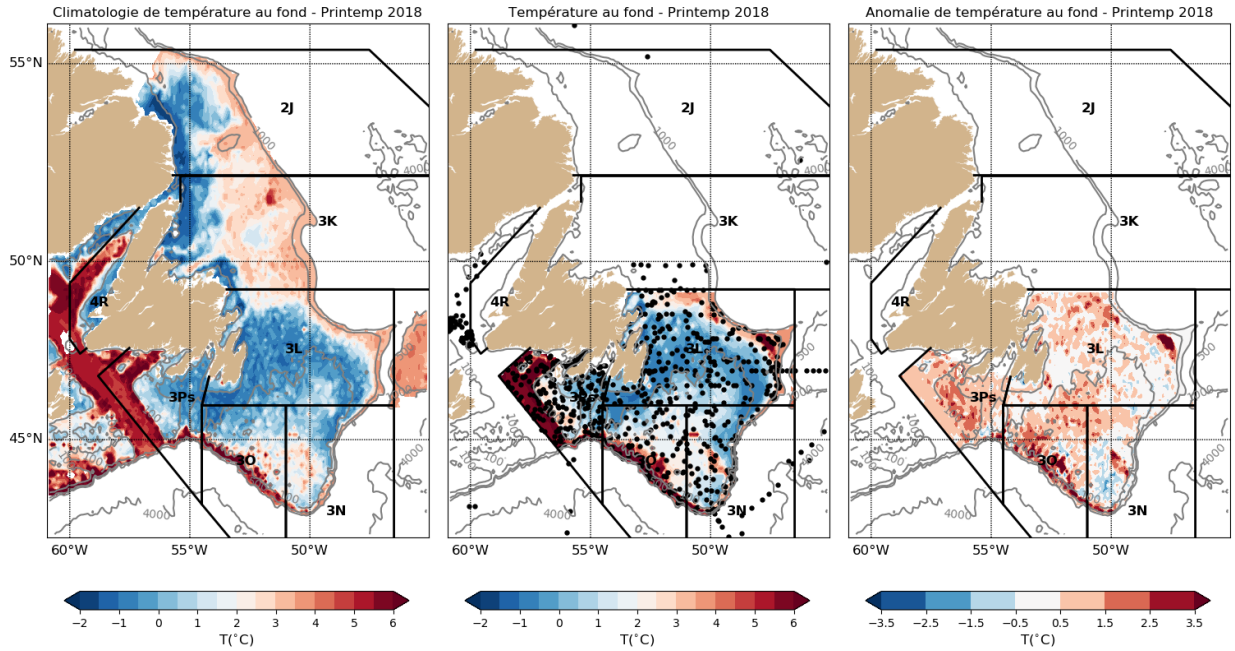

Figure 33. Cartes des températures de fond au printemps pour les divisions de l'OPNAO 3LNOPs. La moyenne climatologique 1981-2010 est présentée à gauche, les valeurs pour 2018 au centre et l'anomalie pour 2018 à droite. Les position des observations utilisées pour interpoler le champs de 2018 sont indiqués par des points noirs dans le panneau du milieu.

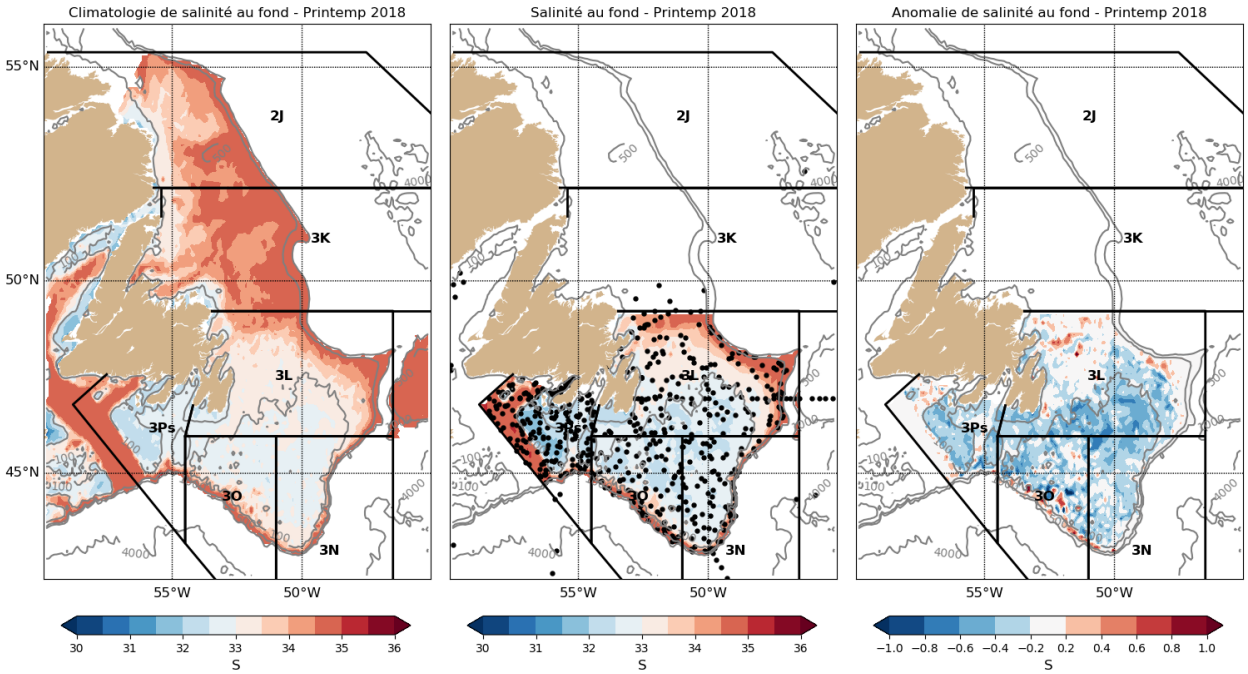

Figure 34. Cartes des salinité de fond au printemps pour les divisions de l'OPNAO 3LNOPs. La moyenne climatologique 1981-2010 est présentée à gauche, les valeurs pour 2018 au centre et l'anomalie pour 2018 à droite. Les position des observations utilisées pour interpoler le champs de 2018 sont indiqués 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	x̄	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	0.8	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	0.9	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	0.4	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	0.5	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	-0.8	-1.1	-0.2	0.1	-0.5	0.5	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	64.9	22.7
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	-0.1	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	-0.1	-0.5	105.9	44.7
	-- Division 3Ps de l'OPANO --																																							
T_{fond}	0.7	2.8	0.0	0.5	0.5	-1.3	-0.3	-1.8	0.3	-0.8	-1.8	-1.6	-0.2	-0.5	-0.6	-0.2	0.3	-0.5	0.2	1.0	1.3	-0.4	0.1	-1.0	0.3	1.0	1.0	-0.6	0.3	0.8	0.9	1.5	1.3	1.1	0.9	1.1	1.9	0.7	1.4	2.1	0.6
$T_{fond_{<200m}}$	0.4	3.2	0.2	0.4	0.8	-0.6	-0.2	-1.1	1.1	-0.3	-1.0	-1.0	1.0	-1.4	-1.1	-0.7	0.0	-1.0	0.2	0.9	1.1	-0.7	-0.4	-1.5	0.1	0.9	0.7	-0.7	0.1	0.5	0.4	1.2	0.8	0.7	0.3	0.4	1.0	-0.2	0.8	0.8	0.8
Aire $_{>2°C}$	0.4	3.2	0.3	0.8	-0.4	-2.0	-0.4	-1.3	0.3	-0.5	-1.8	-1.7	-0.5	0.0	-0.2	0.3	-0.1	-0.3	0.2	1.3	1.2	-0.4	0.0	-0.4	0.0	0.5	0.7	-0.2	0.5	0.4	0.4	1.1	0.2	0.5	0.4	0.5	0.7	0.1	1.2	26.5	6.3
Area $_{<0°C}$	-0.4	-1.6	-0.4	-0.6	-0.9	0.9	0.1	1.3	-1.2	0.0	0.9	0.6	-0.5	1.6	1.2	1.1	-0.4	1.3	-0.1	-0.7	-1.1	0.6	0.2	2.1	-1.1	-1.4	-1.4	0.6	0.0	-0.3	-0.9	-1.7	-1.4	-1.4	-0.4	-0.8	-1.1	0.2	-1.0	16.3	9.6

Figure 35. 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 3LNO (haut) et 3Ps (bas). Le code de couleur suis celui de la Figure 2.

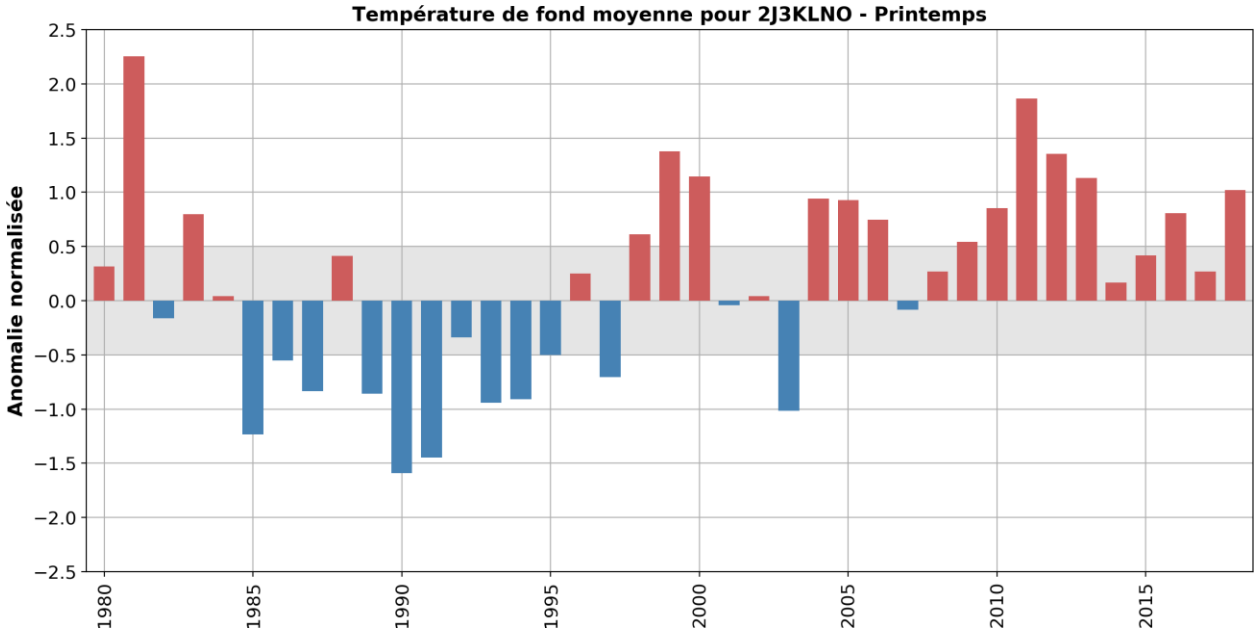

Figure 36. Moyennes des anomalies de températures des eaux de fond au printemps pour les divisions de l'OPANO 3LNOPs. Cette série temporelle est construite à partir de toutes les valeurs d'anomalies de température de fond de la Figure 35 (anomalies de surface ignorés). La bande ombragée représente une enveloppe dite normale correspondant à ±0,5 É.T. Ces anomalies de printemps combinées à ceux de l'automne (Figure 40) sont utilisées pour construire l'indice climatique de TNL présent dans le sommaire (Figure 43)..

Conditions automnales

Les cartes climatologiques des températures de fond et de salinité à l'automne, ainsi que les observations et anomalies de 2018 pour les divisions 2J3KLNO de l'OPANO sont présentées respectivement à la Figure 37 et à la Figure 38 (voir le panneau central pour l'occupation des stations). Il y a 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 3KL 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 +2,5°C.

Les salinités au fond dans les divisions 2J et 3K présentent généralement un gradient côtier-hauturier 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 2018, cependant, une anomalie fraîche généralisée a diminué la salinité sous 33 dans sur la majeure partie des grands bancs, avec des anomalies de plus de 0,6 unité inférieures à la normale dans la plupart des 3NO (y compris des anomalies proches de 1 dans certaines régions) et de 0,4. unité dans la plupart des 3L. Alors que 3K était proche de la normale, une nouvelle anomalie est également observée dans les zones côtières de 2J.

La Figure 39 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 redevenues supérieure à la normale et normale en 2018.

La Figure 40 intègre les différents paramètres de la Figure 39 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 était toutefois au-dessus de la normale à 0,8 SD pour 2J3KLNO, l'année la plus chaude depuis le record de température atteint en 2011.

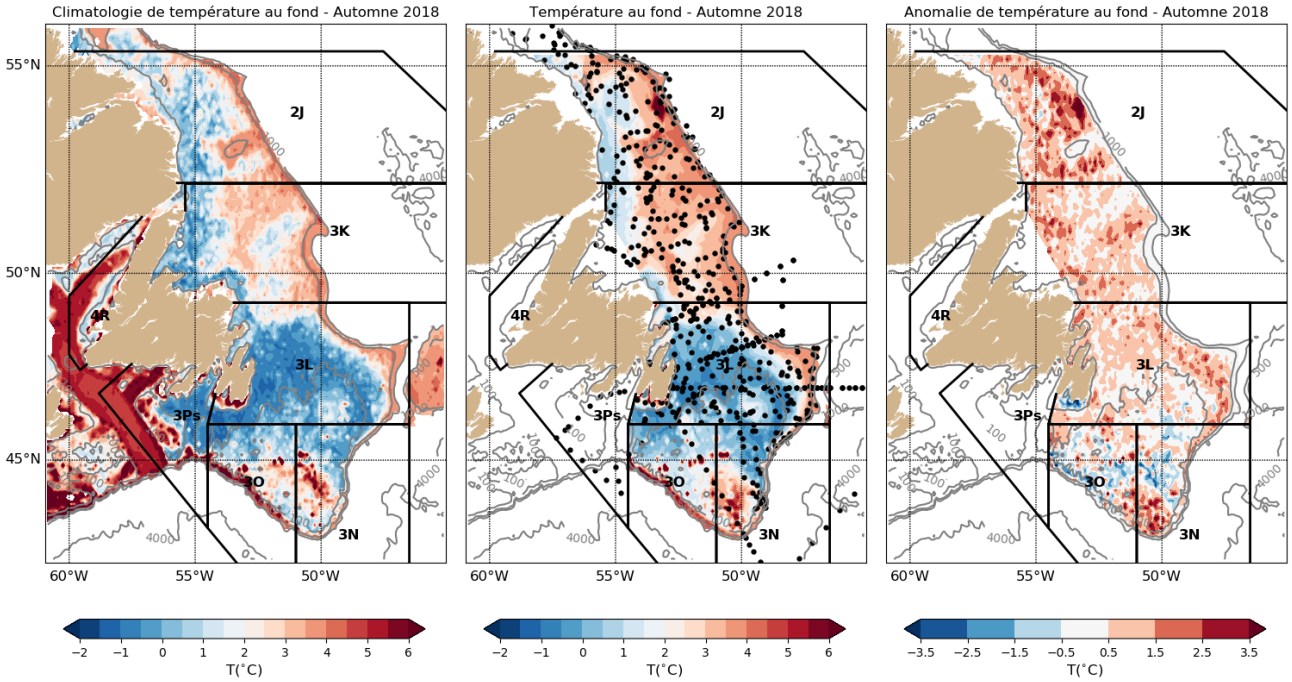

Figure 37. Cartes des températures de fond à l'automne pour les divisions de l'OPNAO 2J3KLNO. La moyenne climatologique 1981-2010 est présentée à gauche, les valeurs pour 2018 au centre et l'anomalie pour 2018 à droite. Les position des observations utilisées pour interpoler le champs de 2018 sont indiqués par des points noirs dans le panneau du milieu.

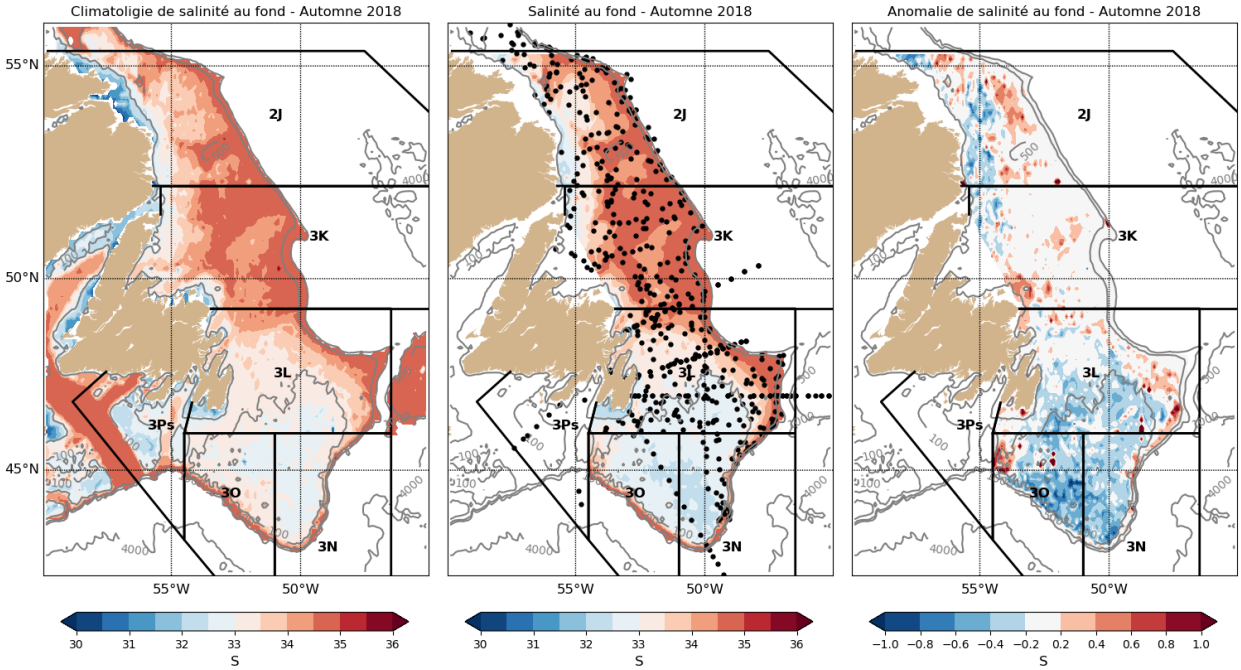

Figure 38. Cartes des salinités de fond à l'automne pour les divisions de l'OPNAO 2J3KLNO. La moyenne climatologique 1981-2010 est présentée à gauche, les valeurs pour 2018 au centre et l'anomalie pour 2018 à droite. Les position des observations utilisées pour interpoler le champs de 2018 sont indiqués par des points noirs dans le panneau du milieu.

	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	$\bar{x}$	ET
-- Division 2J de l'OPANO --																																									
T_{fond}	-0.2	0.3	-1.1	-0.9	-1.9	-1.5	0.3	-1.2	0.1	-0.4	-1.1	-0.7	-1.4	-1.4	-0.8	0.0	0.7	0.4	0.4	0.7	0.1	0.9	0.6	1.0	1.3	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	2.0	0.6
$T_{fond<200m}$	0.1	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	-0.8	0.0	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	2.0	0.2	0.1	-0.5	-0.3	1.1	0.1	1.0	0.7	0.8
Aire $>2°C$	0.0	0.2	-1.4	-0.5	-1.4	-1.3	0.3	-0.9	0.0	-0.7	-1.0	-0.6	-1.0	-1.1	-0.7	-1.6	1.0	0.6	0.3	0.2	0.2	0.9	0.7	1.0	1.2	1.6	0.2	1.8	-0.1	0.1	2.0	2.2	0.0	0.2	-0.1	0.0	0.6	0.1	0.9	46.4	16.3
Aire $<1°C$	0.1	-0.4	1.2	1.1	1.5	1.3	-0.5	1.4	-0.5	0.5	1.2	1.0	1.2	1.4	0.9	-1.0	-0.7	-0.4	-0.2	-1.1	0.1	-1.0	-0.7	-1.1	-0.9	-1.5	0.3	-1.4	0.1	-0.4	-1.5	-1.5	0.1	0.0	0.4	0.3	-1.4	0.0	-0.9	26.1	17.0
-- Division 3K de l'OPANO --																																									
T_{fond}	0.1	0.1	-0.2	-0.5	-1.1	-2.0	-0.1	-0.9	-0.3	-0.2	-1.6	-0.7	-1.6	-1.6	-1.1	-0.6	0.1	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	0.6	0.7	0.0	0.3	0.0	-0.3	0.9	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	0.5	0.1	-0.3	0.3	1.3	0.1	1.2	0.2	0.8
Aire $>2°C$	0.1	0.4	-0.1	-0.7	-0.9	-2.1	0.2	-0.9	-0.3	-0.4	-1.5	-0.5	-1.4	-1.5	-1.2	-0.9	0.0	0.9	0.8	0.9	0.7	0.2	1.1	0.8	1.3	1.2	0.4	1.1	0.9	-0.2	1.8	1.6	0.4	0.8	-0.2	0.3	-0.3	-0.4	1.1	73.4	14.9
Aire $<1°C$	-0.1	-0.2	0.1	0.7	0.9	2.0	-0.8	0.3	-0.2	-0.1	2.1	0.9	1.4	1.9	1.3	-0.2	-0.8	-0.3	-0.2	-0.6	0.0	-0.4	-0.9	-1.0	-1.4	-1.2	0.0	-1.2	-0.2	-0.1	-1.6	-1.6	-0.2	-0.5	0.1	-0.3	-1.0	0.3	-1.2	17.5	10.3
-- Divisions 3LNO de l'OPANO --																																									
T_{fond}	0.5	0.0	1.3	0.3	-0.4	-1.1	0.2	-0.7	-1.1	0.4	-1.0	-1.5	-1.4	-2.2	-1.4	-0.2	0.2	0.1	1.0	2.2	-0.2	0.3	0.2	-0.1	1.2	0.5	0.8	0.1	-0.4	0.8	1.8	3.1	0.7	0.9	0.5	0.1	0.7	-1.0	0.4	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	0.9	2.3	-0.5	0.2	0.0	-0.3	1.0	0.4	0.8	-0.1	-0.8	0.8	1.8	3.1	0.6	0.9	0.6	-0.2	0.7	-1.1	0.3	0.7	0.5
Aire $>2°C$	0.2	-0.1	0.6	0.7	0.3	-1.4	0.3	-0.6	-1.6	0.9	-1.0	-1.0	-1.4	-1.9	-1.3	-0.4	0.0	0.0	1.3	2.6	0.1	0.2	-0.1	-0.2	1.0	0.4	0.4	0.1	-0.5	0.8	1.5	2.9	1.0	1.1	0.9	0.3	0.8	-0.7	0.0	71.2	20.0
Area $<0°C$	-1.0	0.7	-0.1	0.8	1.1	0.2	-0.3	0.3	0.2	-0.1	0.5	1.5	1.2	2.2	1.5	-0.5	-0.2	0.1	-0.6	-1.7	0.7	-0.2	-0.7	-0.2	-2.3	-0.8	-1.4	-0.1	0.3	-0.3	-1.7	-3.4	0.0	-0.3	-0.2	-0.1	0.1	1.3	-0.8	100.9	27.2

Figure 39. 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 2J (haut) et 3K (centre) et 3LNO (bas). Le code de couleur suis celui de la Figure 2.

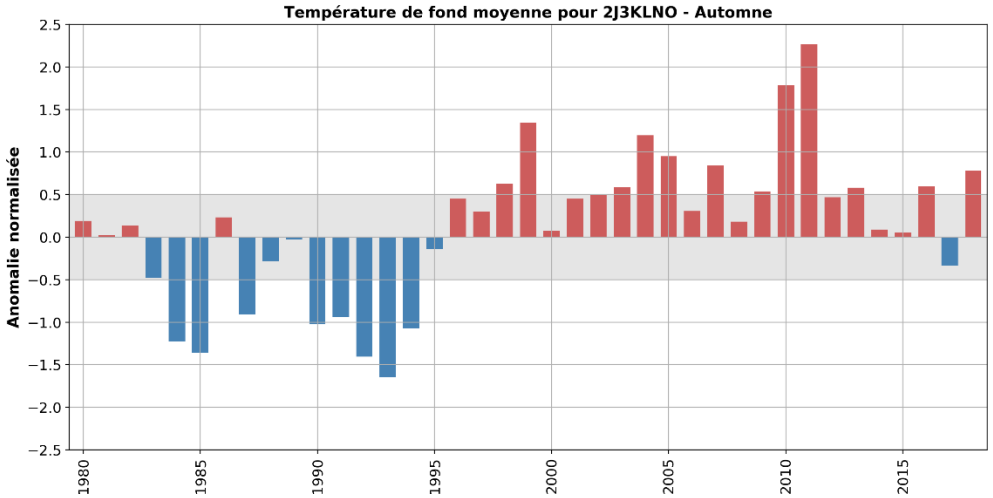

Figure 40. Moyennes des anomalies de températures des eaux de fond à l'automne pour les divisions de l'OPANO 2J3KLNO. Cette série temporelle est construite à partir de toutes les valeurs d'anomalies de température de fond de la Figure 39 (anomalies de surface ignorés). La bande ombragée représente une enveloppe dite normale correspondant à ±0,5 É.T. Ces anomalies d'automne sont combinées à celles du printemps (Figure 36) pour construire l'indice climatique de TNL présent dans le sommaire (Figure 43).

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. 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 de la 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 large du 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. 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 limites 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 du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve entre 47° et 58°N (voir la carte de la Figure 41). 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 du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve et entre 200 et 2 000 m sur le talus néo-écossais, avec des profondeurs nominales comprises entre 0 et 500 m.

Une analyse en fonctions orthogonales empiriques (EOF) des anomalies de transport annuelles moyennes du courant du Labrador 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 Labrador et du nord-est de Terre-Neuve (Han et al. 2008) et sur le talus néo-écossais (Han et al.1997). Le transport moyen sur les pentes du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve est de 13 Sv avec un écart type de 1,4 Sv et de 0,6 Sv sur le talus néo-écossais. 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.

L'indice de transport moyen annuel du courant du Labrador indique que la portion sur la plateau du Labrador et du Nord de Terre-Neuve est en déphasage par rapport au transport le long du talus néo-écossais pour la plupart des années de 1993 à 2018 (Figure 42). Le transport était le plus fort au début des années 1990 et le plus faible au milieu des années 2000 sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve et opposé sur le talus néo-écossais. L'indice de transport du Courant du Labrador présentait une corrélation positive et négative avec l'indice ONA hivernal, respectivement sur les pentes du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve et sur le talus néo-écossais. Au cours des trois dernières années, le transport annuel moyen du courant du Labrador était supérieur à la normale d'environ 1 É.T. sur les pentes du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve (+1,2, +1,0 et +1,7, respectivement, en 2016, 2017 et 2018), tandis que sur le plateau néo-écossais le transport est inférieur à la normale depuis 5 ans (entre -0,7 to -1,3 É.T.).

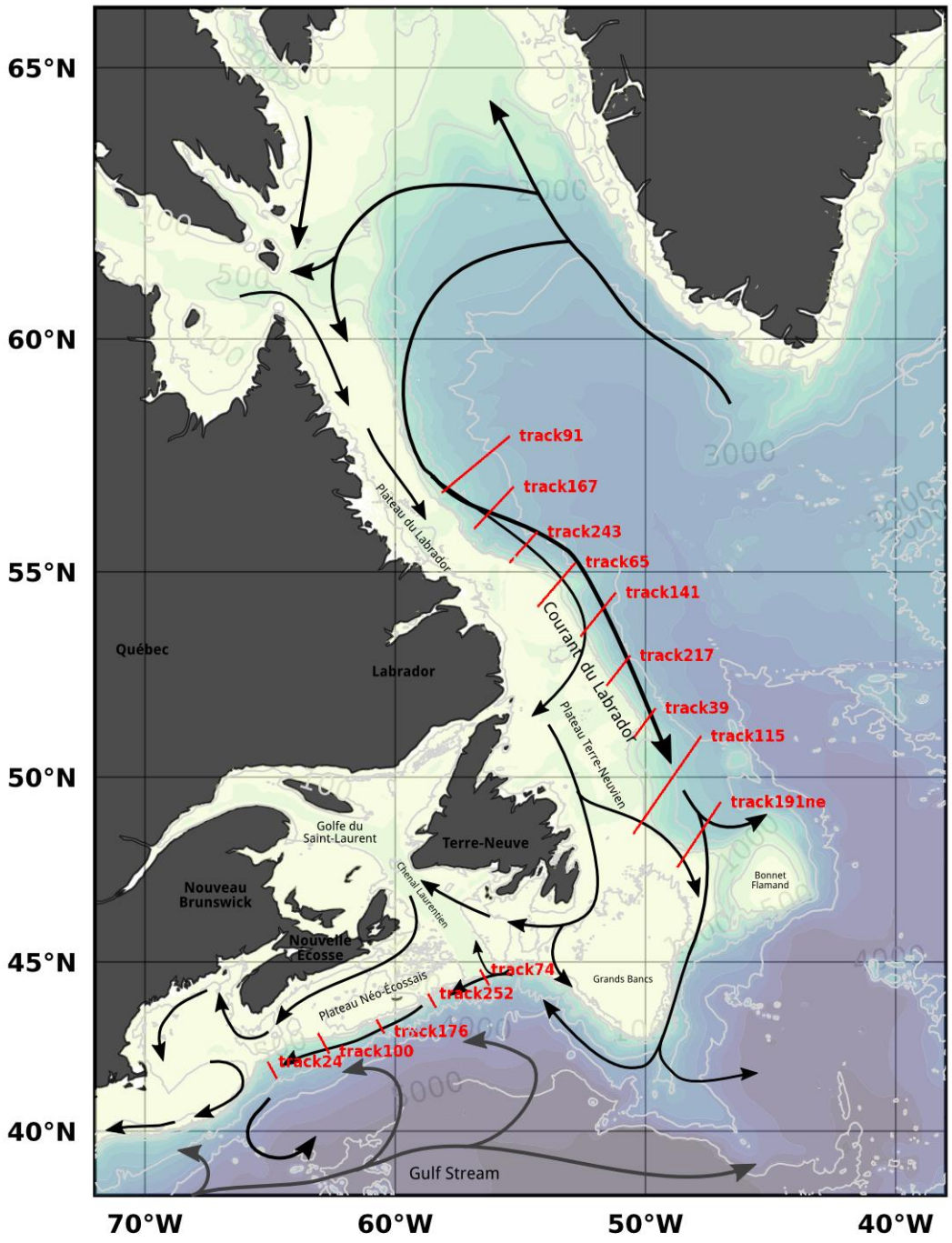

Figure 41. Carte montrant la topographie du fond de l'Atlantique Nord-ouest (contours tracés en gris clair) et un schéma des courants (flèches noires). Le transport du courant du Labrador est calculé au travers une série de sections transversales (en rouge) identifiées par le nombre de trajectoires satellitaires au sol (track). Les trajectoires au nord sont utilisé pour le calcul du transport sur le talus du Labrador et du nord de Terre-Neuve, alors que celles au sud sont utilisée pour le calcul du transport le long du talus Néo-écossais.

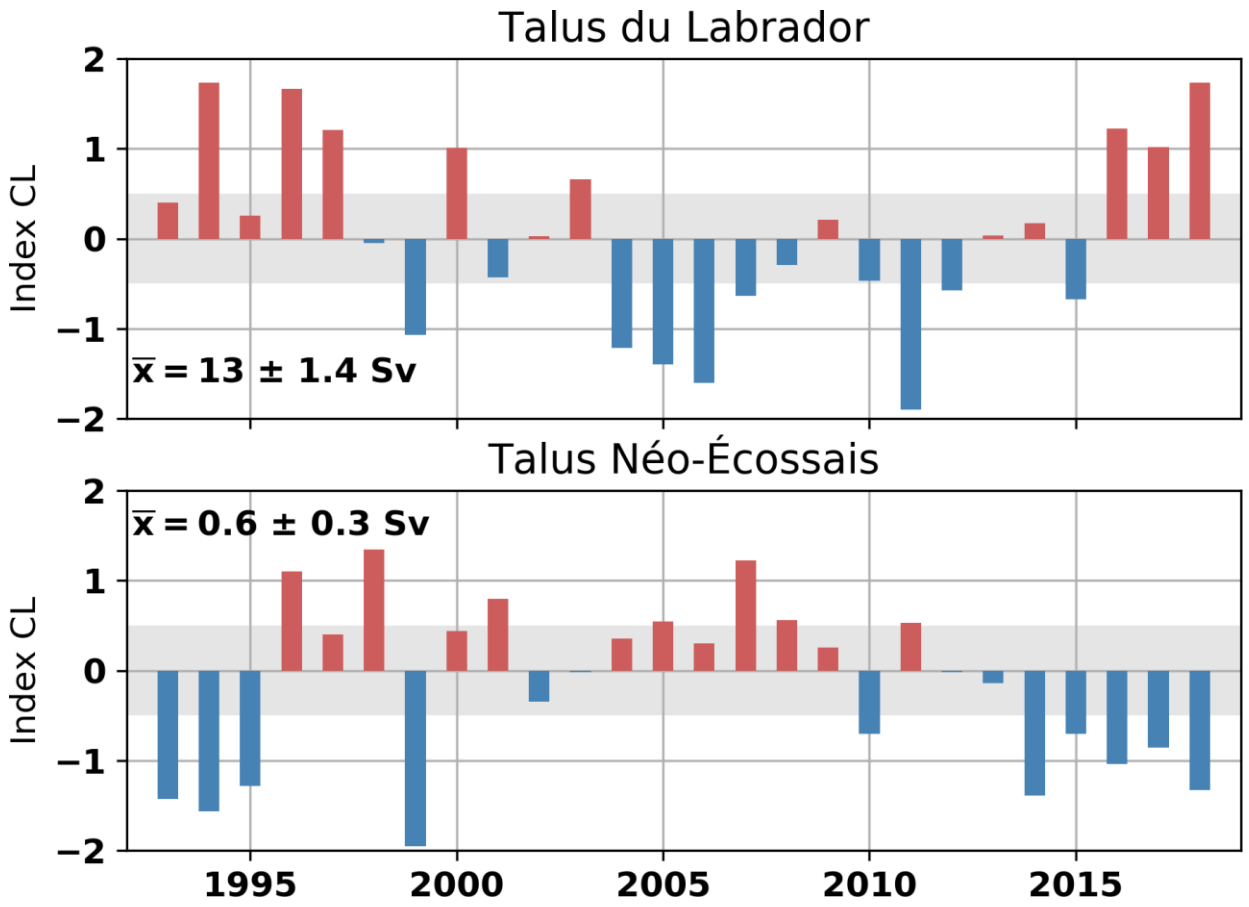

Figure 42. Indice normalisé du transport annuel moyen du courant du Labrador pour le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve (haut) ainsi que sur le talus Néo-écossais (bas). Les moyennes à long-terme (1993-2018) respectives du transport ainsi que leur écart-type sont inscrites sur chaque panneau. Les bandes ombragées représentent une enveloppe dite normale correspondant à ±0,5 É.T.

SOMMAIRE

La Figure 43 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 2018. Cet indice, est constitué de10 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 présent (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 2018 les différentes séries chronologiques constituant l'indice climatique

de TNL ont été réparties presque également entre les anomalies positives et négatives, la salinité étant la plus négative (son plus bas niveau depuis 1970).

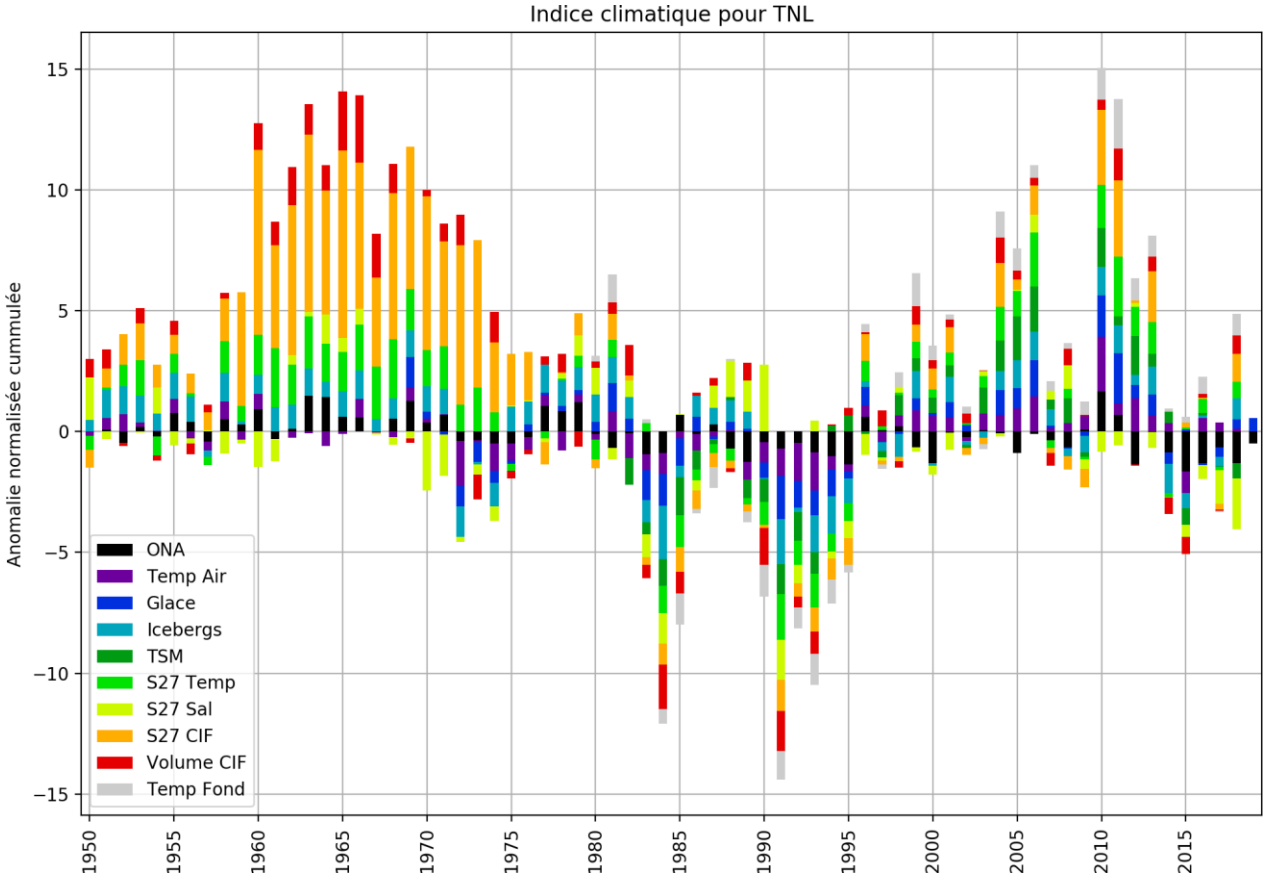

Figure 43. Indice climatique pour Terre-Neuve et Labrador. Cet indice est obtenu à partir d'une combinaison de différentes séries temporelles présentées plus tôt dans ce rapport. Ces séries temporelles sont (sauf si précisées, celles-ci commencent en 1950): indice ONA (voir Figure 3), les températures 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 17; commence en 1982), la température et la salinité verticale moyenne à la Station 27 (voir Figure 21), la température moyenne de la CIF à la Station 27 et celle de son cœur CIL (voir Figure 22), Le volume (ou surface) de la CIF en été le long de 3 section hydrographiques (voir Figure 32) et les températures de fond dans les divisions de l'OPANO 3LNOPs (printemps) et 2J3KLNO (automne) (voir Figure 36 et Figure 39; commencent en 1980).

FAITS SAILLANTS POUR 2018

- L'indice ONA était relativement haut à +1,3 au-dessus de la normale, mais un patron spatial inhabituel de la pression atmosphérique au niveau de la mer a causé de grandes variations saisonnières (mois de mars très chaud au-dessus de l'Arctique, un printemps froid aux latitudes moyennes et un été chaud généralisé).
- Les températures autour de l'Atlantique nord-ouest étaient généralement normales.
- Le cycle saisonnier du volume de glace de mer a montré une forte anomalie en milieu de saison causé par les températures de l'air chaudes en mars, mais les valeurs moyennes annuelles étaient près des normales pour TNL.

- Les températures de surface de la mer étaient généralement sous la normale pour l'ensemble de TNL (avec seulement quelques sites près des normales).
- Des anomalies chaudes de température de l'eau ont été observées à la Station 27, où l'anomalie de salinité était à son plus bas depuis 1970.
- Des anomalies chaudes de température de fonds ont été observés dans la sous-division 2 de l'OPANO sur le plateau du Labrador. Les températures de fond étaient légèrement chaudes sur presque l'ensemble de la sous-division 3, à l'exception du centre des grands bancs qui était légèrement froid.
- La couche intermédiaire froide était légèrement plus chaude que la normale en été, tout comme la majeure portion des sections hydrographiques de Seal Island, de Bonavista et du Bonnet Flamand
- Des anomalies de salinité négatives ont été observées en été sur les parties côtières des sections hydrographiques de Seal Island, de Bonavista et du Bonnet Flamand.
- Le transport du courant du Labrador mesuré par altimétrie satellitaire était plus grand que la normale le long du talus du Labrador et au nord de Terre-Neuve (le plus haut depuis le début de la série chronologique, à égalité avec 1994) et plus faible que la normale le long du talus Néo-écossais.
- L'index climatique de TNL était près de la normale avec environ le même nombre de paramètres en dessous et au-dessus de la normale.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les nombreux scientifiques et techniciens du Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest d'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. Environnement Canada a fourni les données météorologiques. Nous remercions Michael Hicks du Service international de recherche des glaces de la Garde côtière des États-Unis de nous avoir fourni des données mensuelles sur les icebergs des Grands Bancs. Nous remercions également les capitaines et les équipages du NGCC *Teleost*, du R/V Coriolis II et du CCGS Hudson pour la collecte de données océanographiques en 2018. Enfin, nous remercions David Hebert et Nancy Soontiens d'avoir révisé le 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. DOI: 10.1007/978-90-481-8681-5_16.

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.

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., Holden, J., Snook, S., Han, G., Lewis, S., Senciall, D., Bailey, W., Higdon, J., and N. Chen. 2017. Physical oceanographic conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2016 – Erratum. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/079. v + 50 p.

Craig, J.D.C., and E.B. Colbourne. 2002. Trends in stratification on the inner Newfoundland Shelf. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2002/071.

Cyr, F., Colbourne, E., Holden, J., Snook, S., Han, G., Chen, N., Bailey, W., Higdon, J., Lewis, S., Pye, B. and D. Senciall. 2019. Physical oceanographic conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2017. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/051.

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., Caverhill, C., Nicot, P., Gilbert, D., Lefaivre, D. and C. Lafleur. 2019. Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence during 2018. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/046. iv + 79 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., and B. Petrie. 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.

International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries. 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., Lefaivre, 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, XL., 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.