

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 2019/051

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve- et- Labrador en 2017

F. Cyr, E. Colbourne, J. Holden, S. Snook, G. Han, N. Chen, W. Bailey, J. Higdon, S. Lewis, B. Pye et D. Senciall

> Direction des sciences Pêches et Océans Canada C. P. 5667 St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1



Avant-propos

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

Publié par :

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

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



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019 ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Cyr, F., Colbourne, E., Holden, J., Snook, S., Han, G., Chen, N., Bailey, W., Higdon, J., Lewis, S., Pye, B. et D. Senciall. 2019. Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador en 2017. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/051. iv + 62 p.

Also available in English :

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. iv + 58 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	IV
INTRODUCTION	1
CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET DE LA GLACE DE MER	4
CONDITIONS DE TEMPÉRATURE DE LA SURFACE DE LA MER PAR SATELLITE	.10
SURVEILLANCE À LONG TERME DE LA TEMPÉRATURE DES RÉGIONS CÔTIÈRES	.15
SITE DE SURVEILLANCE FIXE DU PMZA (STATION 27)	.17
BOUÉE VIKING DÉPLOYÉE À LA STATION 27	.22
STRATIFICATION ET PROFONDEUR DE LA COUCHE DE MÉLANGE À LA STATION 27	23
SECTIONS STANDARDS DU PMZA	.27
VARIABILITE DE LA TEMPERATURE ET DE LA SALINITE	.27
	.30
OBSERVATIONS DU FOND DANS LES SOUS-DIVISIONS DE L'OPANO	.33
CONDITIONS AUTOMNALES	.34 38
SOUS-ZONES DES PLATEAUX DE TERRE-NEUVE ET LABRADOR	40
TEMPÉRATURES AU FOND SUR LE PLATEAU CONTINENTAL DU LABRADOR	.42
TEMPÉRATURES AU FOND SUR LE PLATEAU DE TERRE-NEUVE	.44
COUCHE INTERMÉDIAIRE FROIDE ET ÉPAISSEUR DE LA COUCHE DE MÉLANGE DE LA PLATEFORME DE TERRE-NEUVE	: .45
CIRCULATION DANS LA ZONE VISÉE PAR LE PMZA	.46
INDICE DE TRANSPORT DU COURANT DU LABRADOR	.47
VARIABILITÉ DU COURANT DU LABRADOR	.48
TRANSPORT DU COURANT DU LABRADOR	.54
RÉSUMÉ	.58
POINTS RÉCAPITULATIFS POUR 2017	.60
REMERCIEMENTS	.61
RÉFÉRENCES CITÉES	.61

RÉSUMÉ

Un aperçu des conditions océanographiques physiques dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador en 2017 est présenté dans le cadre du Programme de monitorage de la zone Atlantique (PMZA), L'indice d'oscillation de l'Atlantique nord (OAN), un indicateur clé pour la direction et l'intensité des champs de vents hivernaux au-dessus de l'Atlantique Nord-Ouest, était faiblement positif en 2017. Les champs de pression atmosphérique connexes ont entraîné une réduction du courant d'air arctique dans l'Atlantique Nord-Ouest pendant les mois d'hiver. ce qui a donné des températures hivernales de l'air près de la normale, mais ces températures étaient inférieures à la normale au printemps. Bien que supérieure à la normale à la fin du printemps, l'étendue de la glace de mer sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador entre 45 et 55°N était inférieure à la moyenne à long terme en 2017. Dans les régions côtières du littoral est et nord-est de Terre-Neuve, la durée de la glace de mer a été jusqu'à 15 à 60 jours plus longue que la normale. La glace de mer dans ces régions a disparu à la mi-juin, soit de 15 à 45 jours plus tard que la normale selon les régions. Malgré une augmentation d'environ 1 °C depuis le début des années 1980, la température annuelle de la surface de la mer (SST selon l'imagerie satellitaire infrarouge) sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador s'est surtout maintenue sous la normale en 2017, principalement en raison du printemps très froid. En 2017, la température et la salinité annuelles au fond (176 m) au site de surveillance côtier (station 27) étaient inférieures à la normale (écart-type de -0,6; -1,5, respectivement). Les observations tirées du relevé océanographique estival du PMZA ont indiqué que la zone d'eau de la couche intermédiaire froide (CIF <0 °C) qui recouvre le nord-est de Terre-Neuve et le sud du plateau continental du Labrador a augmenté en 2016 pour atteindre environ 1 écart-type au-dessus de la normale, ce qui suggère que l'eau froide hivernale était plus étendue dans la région. Le transport du courant du Labrador dans le secteur du Bonnet Flamand est demeuré élevé au printemps (13,5 Sv), mais est tombé sous la normale pendant l'été (4,6 Sv). Le transport en été dans la section de l'île Seal était plus élevé que la normale en 2017, avec une valeur de 12 Sv. La température printanière au fond movennée dans l'espace, dans la sous-division 3Ps de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO), est demeurée légèrement supérieure à la normale, ce qui constitue une diminution importante par rapport au record de 37 ans établi en 2016. Dans les divisions 3LNO, les températures printanières au fond étaient à peu près normales. La température automnale au fond moyennée dans l'espace dans les divisions 2J et 3K affiche une tendance à la hausse d'environ 1 °C depuis le début des années 1990, atteignant un sommet de >1.8 écart-type audessus de la normale en 2011 avant de revenir à des valeurs proches de la normale. notamment en 2017. Les données océanographiques de l'automne 2017 dans les divisions 3LNO indiquent que les températures au fond étaient inférieures d'environ 1 écart-type à la normale. Dans les divisions 2J et 3K, les températures automnales au fond ont continué à diminuer, par rapport au record de 2011, pour revenir à des conditions à peu près normales en 2017. Un indice climatique composite normalisé pour l'Atlantique Nord-Ouest, dérivé de 28 séries chronologiques de données météorologiques, sur la glace, les superficies des masses d'eau, la température océanique et la salinité depuis 1950, a atteint un creux record (froid) en 1991. Depuis, il affiche une tendance au réchauffement qui a culminé en 2010 et est revenue ensuite essentiellement en dessous de la normale (froid/frais) ces quatre dernières années. La valeur de 2015 était au septième rang des plus faibles en 68 ans d'observations et la plus basse depuis 1993, tandis que la valeur de 2017 était au quinzième rang des plus faibles.

INTRODUCTION

Le présent document donne un aperçu de l'environnement océanographique physique de la région de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.) (Figure 1) en 2017 par rapport aux conditions moyennes à long terme calculées à partir des données archivées. Il complète des études semblables sur les conditions environnementales dans le golfe du Saint-Laurent, la plateforme Néo-Écossaise et le golfe du Maine dans le cadre du Programme de monitorage de la zone Atlantique (PMZA; Therriault *et al.* 1998; Galbraith *et al.* 2018; Hébert *et al.* 2018). Dans la mesure du possible, les moyennes à long terme ont été normalisées par rapport à une période de référence dite « normale » de 1981 à 2010, conformément aux recommandations de l'Organisation météorologique mondiale.



Figure 1. Carte des divisions de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO), des caractéristiques bathymétriques du sud du plateau continental du Labrador et des sites de déploiement des thermographes près de la côte (cercles pleins noirs).

L'information présentée pour 2017 provient de différentes sources :

- 1. Observations faites à un site de monitorage au large de St. John's (T.-N.-L.) (station 27) tout au long de l'année, toutes sources confondues.
- 2. Mesures effectuées le long des sections standardsde l'OPANO et du PMZA à partir des relevés océanographiques saisonniers (Figure 2).
- 3. Observations océanographiques effectuées lors des relevés d'évaluation des ressources multiespèces effectués au printemps et à l'automne (Figure 2).
- 4. Température de surface calculée par imagerie satellitaire infrarouge de l'Atlantique Nord-Ouest.
- Autres données historiques de sources variées (navires de passage, campagne internationale, relevés d'autres régions du MPO, programme Argo, etc.) fournies par le Service des données sur le milieu marin (SDMM) du MPO.

Ces données sont disponibles dans les archives du SDMM et conservées dans les archives régionales du Centre des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (CPANO) à St. John's (T.-N.-L.). Un aperçu des conditions océanographiques physiques pour 2016 a été présenté dans Colbourne *et al.* (2017).

Des séries chronologiques des anomalies de température, salinité et autres indices climatiques ont été construits à partir d'une période de référence standard de 1981 à 2010. 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. Pour les séries chronologiques plus courtes, la période de référence comprenait toutes les données jusqu'en 2016 (c.-à-d. à l'exclusion de l'année en cours). Puisque les estimations mensuelles et annuelles des anomalies calculées à partir d'un nombre variable d'observations peuvent ne pas être représentatives des conditions réelles, il est par conséquent important d'interpréter avec prudence les caractéristiques à court terme de beaucoup de ces indices.

Les valeurs normalisées des propriétés de l'eau et les indices climatiques dérivés des stations fixes et des sections standards échantillonnés dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador en 2017 sont présentés dans des encadrés de couleur avec des gradations de 0,5 ET. Les nuances de bleu représentent les conditions environnementales froides et/ou douces et les nuances de rouge, les conditions chaudes et/ou salées (Figure 3). Si l'ampleur de l'anomalie est ≥1,5 ET, le texte apparaît en blanc. Dans certains cas (OAN, 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. Il convient de noter que pour la section sur les conditions de fond, un nouveau code de couleur est introduit, avec les anomalies de $\pm0,5$ ET colorées en blanc.

Les anomalies de stratification positive et de profondeur de la couche de mélange (plus profondes que les valeurs normales) sont colorées en rouge. Les indices composites sont obtenus en additionnant les valeurs normalisées pour chaque année, en inversant le signe lorsque des anomalies négatives dénotent des conditions plus chaudes que la normale, comme les superficies de masse de glace ou d'eau froide.



Figure 2. Cartes montrant l'effort de monitorage du MPO T.-N.-L. en 2017. Les occupations des sections du PMZA au printemps (en haut à gauche), en été (en haut à droite) et en automne (en bas à gauche), ainsi que la température de la surface de la mer (SST) sont présentées. Le panneau inférieur droit montre les positions des profils CTP montés sur un chalut obtenu lors des relevés d'évluations multi-espèces effectués au printemps (points rouges, avril-juin) et à l'automne (points noirs, octobre-décembre) en 2017. Les cartes de la SST sont une gracieuseté de la Section des écosystèmes marins de l'Institut océanographique de Bedford (IOB).

	•		FROIDE	DOUCE			CHAUDE	SALÉE		•	
<-2.5	-2.5 to -2.0	-2 to -1.5	-1.5 to -1.0	-1.0 to -0.5	-0.5 to 0.0	0.0 to 0.5	0.5 to 1.0	1.0 to 1.5	1.5 to 2	2.0 to 2.5	>2.5

Figure 3. Échelle normalisée du codage de couleur des anomalies, en unités de 0,5 ET.

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES ET DE LA GLACE DE MER

L'indice d'oscillation de l'Atlantique Nord (OAN) tel que défini par Rogers (1984) est la différence des pressions atmosphériques au niveau de la mer en hiver (décembre, janvier et février) entre les Açores et l'Islande et est souvent une mesure de la force des vents de l'ouest et du nord-ouest en hiver dans l'Atlantique Nord-Ouest. Un indice d'OAN élevé (phase positive) résulte d'une intensification de la dépression d'Islande et de l'anticyclone des Açores. Il favorise des vents forts du nord-ouest, des températures froides de l'air et de la mer et des conditions de glace abondante sur les plateformes de Terre-Neuve-et-Labrador (Colbourne *et al.* 1994; Drinkwater 1996, Petrie *et al.* 2007).

Toutefois, il y a des exceptions à ce patron de réponse (p. ex. en 1999 et 2000) en raison des changements d'emplacement des caractéristiques de la pression au niveau de la mer. En 2017, l'OAN a poursuivi sa tendance à la baisse, passant du record de 120 ans atteint en 2015 à une valeur normale de +0,3 ET. En 2010, il se situait à un creux record de 2,9 ET sous la normale. L'oscillation arctique, semblable, mais à plus grande échelle, s'est également rapprochée de la normale en 2017. De ce fait, les vents dominants de l'arctique vers l'Atlantique Nord-Ouest au cours des mois d'hiver 2017 a diminué par rapport à l'année précédente, ce qui a entraîné une hausse des températures de l'air en hiver dans la majeure partie de la zone visée par la convention de l'OPANO à Terre-Neuve-et-Labrador et dans les régions adjacentes du plateau continental.

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) sont indiquées à la figure 4 en termes de valeurs normalisées et à la figure 5 comme des anomalies mensuelles. Les 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 diminué en 2017 par rapport à l'année précédente, sauf à lqaluit et à Cartwright. Tous les sites ont montré des valeurs proches de la normale variant de +0,1 à +0,5 ET. Les valeurs annuelles étaient de +0,6 ET à Nuuk et Iqaluit et proches de la normale aux trois autres stations. 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 ET 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 audessus de la normale en 2017 après avoir diminué à son niveau le plus bas depuis 1994 en 2015 (figure 6).

LIEU/INDICE	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	MOYENNE	SD
OSCILLATION ARCTIQUE (OA)	-0.6	-0.2	-0.4	0.2	0.3	-1.3	-1.8	-0.9	-0.4	2.7	1.3	0.4	1.1	1.8	-0.4	0.7	£.1-	-0.1	-0.8	0.6	1.1	-1.3	0.5	-0.6	-1.0	0.1	-0.8	1.0	0.9	0.3	-3.4	-0.9	0.7	-1.1	0.2	0.6	-0.1	0.3	N/A	N/A
OAN (ISLANDE-AÇORES)	-0.4	0.6	-0.6	0.8	1.2	-1.2	-1.1	-1.0	-0.5	1.6	1.1	0.4	0.3	0.9	0.4	1.3	-1.4	-0.6	-0.3	1.2	1.1	-0.9	-0.3	-0.3	-1.0	0.5	-0.3	0.3	0.5	0.2	-2.9	-1.2	1.3	-0.4	1.3	2.0	0.5	0.3	20.44	8.77
SST AN (OMA)	0.0	- 0.1	-0.2	- 0.1	-0.2	-0.3	-0.3	0.1	0.0	- 0.1	0.0	- 0.1	-0.2	-0.2	-0.2	0.1	- 0.1	0.1	0.4	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.4	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.3	0.3	N/A	N/A
T. AIR HIVER NUUK	1.2	0.5	-0.2	-2.0	-2.3	1.1	1.0	0.0	0.8	-1.3	-0.6	-0.2	-0.8	-1.8	-0.4	-0.9	0.7	-0.2	0.0	-0.2	0.0	0.5	-0.2	0.9	0.7	1.2	0.9	1.0	-0.7	0.6	1.8	0.3	-0.1	1.1	0.3	-0.9	1.0	0.3	-8.41	3.16
T. AIR HIVER IQALUIT	1.3	2.3	0.2	-1.6	-1.2	1.1	0.6	-0.6	0.1	-1.5	-0.8	-1.4	-0.6	-1.7	-0.5	0.0	0.3	0.2	-0.5	0.0	0.3	0.5	0.0	0.5	0.9	-0.3	0.6	1.2	-0.7	0.1	2.2	2.1	0.2	1.2	0.8	-1.3	0.5	0.5	-25.68	3.05
T. AIR HIVER CARTWRIGHT	0.8	1.9	-0.6	-0.6	-0.8	0.4	-0.1	0.5	-0.2	-1.0	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.0	-0.8	0.6	0.2	0.8	0.4	0.3	0.0	0.4	0.2	1.7	0.0	0.7	0.9	-0.8	0.2	2.8	2.1	0.0	1.2	-0.6	-1.7	0.1	0.1	-12.13	2.56
T. AIR HIVER BONAVISTA	0.2	1.4	-0.6	0.4	0.3	-0.8	-0.1	-0.1	0.4	문	-1.7	-0.8	문	-1.7	-1.7	-0.4	1.0	-0.8	9.0	1.9	1.2	0.3	0.1	-1.1	0.8	0.3	1.5	0.2	-0.1	0.4	1.5	1.2	0.7	1.0	-1.0	-0.5	0.7	0.3	-3.96	1.47
T. AIR HIVER ST. JOHN'S	-0.1	1.3	-0.8	0.9	0.7	-1.0	0.0	-0.4	0.3	-1.4	-2.1	55	7.1-	-1.5	-1.2	-0.8	0.4	0.2	0.2	1.2	1.4	-0.6	0.2	-0.6	0.9	0.7	1.6	0.2	- 0.1	1.1	1.2	2.4	1.2	0.9	-0.6	-0.6	0.9	0.3	-4.00	1.43
T. AIR ANNUELLE 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	-0.3	0.9	0.6	0.5	-1.0	1.3	0.6	-1.37	1.53
T. AIR ANNUELLE IQALUIT	1.0	2.4	-1.5	-2.6	-1.9	1.9	-1.3	-1.3	-0.2	-1.9	-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	-1.3	0.3	0.6	-9.07	1.76
T. AIR ANNUELLE CARTWRIGHT	-0.2	1.4	-1.7	-0.7	-1.4	-0.8	-1.2	0.6	-0.4	-0.8	-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	0.05	1.32
T. AIR ANNUELLE 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	4.71	0.89
T. AIR ANNUELLE ST. JOHN'S	-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	1	0.8	0.9	1.7	0.6	2.3	0.8	0.4	-1.0	0.7	0.1	5.03	0.84
NDUE DES GLACES TNL. (Annu	-0.3	-0.9	-0.2	0.9	1.8	1.9	0.3	-0.1	-0.1	0.3	1.2	1.6	1.3	1.6	1.1	0.1	-0.9	-0.2	-0.5	-0.7	-0.4	-0.9	-0.5	-0.2	-1.4	-0.9	-1.4	-0.6	-0.3	-0.1	-1.6	-1.7	-0.9	-1.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	74179	33578
ÉTENDUE DE LA GLACE DE MER TNL. (Hiver)	-0.2	-0.8	-0.6	0.4	1.8	1.8	0.6	-0.1	0.0	0.7	1.1	1.1	1.3	1.7	1.3	0.4	-0.5	0.1	-0.7	-0.5	-0.3	-0.9	-0.6	-0.2	-1.7	-0.7	-1.3	-0.9	-0.1	-0.4	-1.9	-1.9	-0.9	-1.5	0.4	0.0	-0.4	-0.5	196477	81320
ÉTENDUE DE LA GLACE DE MER TNL. (Printemps)	-0.4	-1.0	0.2	1.6	1.6	1.9	-0.4	-0.1	-0.4	-0.2	0.9	1.9	1.2	1.5	1.0	-0.2	-1.2	-0.4	-0.1	-0.9	-0.6	-0.8	-0.5	0.0	-0.9	-1.2	-1.5	-0.1	-0.6	0.5	-1.1	-1.4	-0.7	-1.1	0.1	-0.1	-0.1	0.0	92547	52253
NOMBRE D'ICEBERGS	1.1-	1.1-	-0.9	0.9	2.2	0.5	-0.9	-0.7	-0.9	-0.7	0.0	1.9	0.2	1.5	1.5	1.0	-0.2	0.4	1.0	1.1-	0.1	-1.0	0.2	0.2	-0.8	-1.2	-1.2	-0.7	0.3	0.7	-1.2	-1.2	-0.4	-1.2	1.2	0.6	-0.1	0.4	767	649

Figure 4. Anomalies normalisées des données atmosphériques et sur les glaces provenant de plusieurs endroits dans l'Atlantique Nord-Ouest de 1980 à 2017.



Figure 5. Anomalies mensuelles cumulatives de la température de l'air à Nuuk, Iqaluit, Cartwright, Bonavista et St. John's pour 2017.



Figure 6. Anomalies annuelles normalisées de la température de l'air à Nuuk, Iqaluit, Cartwright, Bonavista et St. John's.

Les données sur l'étendue spatiale et la concentration de la glace de mer sont disponibles sur les cartes quotidiennes des glaces publiées par le Service canadien des glaces d'Environnement Canada. L'étendue annuelle moyenne de la glace de mer (définie par une couverture de 1/10) sur la plateforme de Terre-Neuve (entre 45° et 55°N) dérivée de ces cartes est présentée à la figure 4 et figure 7. Entre 2014 et 2017, l'étendue annuelle de la glace de mer est revenue près de la normale après une longue période de conditions inférieures à la normale entre 1997 et 2013 (à quelques exceptions près de la normale). En 2011, l'étendue de la glace de mer a diminué à son niveau le plus bas en 49 ans, soit - 1,7 ET (figure 4). Les valeurs mensuelles de l'étendue de la glace de mer pour 2017 ainsi que leurs valeurs climatologiques sont présentées à la figure 8. En 2017, le seul mois où les valeurs étaient supérieures à la moyenne était mai. Dans les régions côtières du littoral est et nord-est de Terre-Neuve, la saison de glace de mer a été jusqu'à 15 à 60 jours plus longue que la normale. La glace de mer dans ces régions a disparu à la mi-juin, soit de 15 à 45 jours plus tard que la normale selon les régions. De plus amples renseignements sur l'étendue spatiale et la durée de la glace de mer sur la plateforme de Terre-Neuve sont présentés dans Hébert *et al.* (2018).



Figure 7. Anomalies saisonnières (janvier-juin) de l'étendue de la glace de mer (définie par une couverture de 1/10) sur la plateforme de Terre-Neuve entre 45 et 55° de latitude Nord.



Figure 8. Étendue mensuelle de la glace de mer (définie par une couverture de 1/10) sur la plateforme de Terre-Neuve entre 45 et 55° de latitude Nord.

Selon la Patrouille internationale des glaces (IIP) de la Garde côtière des États-Unis, 1 008 icebergs (+0,4ET) ont dérivé au sud du 48°N sur le nord du Grand Banc en 2017, contre 687 en 2016. Il n'y en avait que 13 en 2013, 499 en 2012, seulement trois en 2011 et un en 2010. La moyenne sur 118 ans est de 492 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 9). Le nombre mensuel d'icebergs en 2017 est essentiellement proche de la normale, sauf en mars et en avril, où l'on a observé 665 des 1 008 signalés (figure 10).

La figure 11 présente un indice composite calculé à partir des données météorologiques et de glace de mer présentées à la figure 4. Celle-ci montre que les valeurs annuelles pour la dernière décennie étaient proches ou plus chaudes que la normale, 2010 étant l'année la plus chaude de la série chronologique. On constate une baisse importante au cours des dernières années, 2015 affichant des conditions inférieures à la normale semblables à celles de 1994, mais les conditions sont revenues au-dessus de la normale en 2016 et près de la normale en 2017.



Figure 9. Nombre annuel d'icebergs traversant au sud du 48ºN jusqu'au nord du Grand Banc (données fournies gracieusement par l'IIP de la Garde côtière des États-Unis).



Figure 10. Nombre mensuel d'icebergs traversant au sud du 48ºN jusqu'au nord du Grand Banc (données fournies gracieusement par l'IIP de la Garde côtière des États-Unis).



Figure 11. Indice composite météorologique et de la glace de mer obtenu en additionnant les anomalies normalisées de la figure 4.

CONDITIONS DE TEMPÉRATURE DE LA SURFACE DE LA MER PAR SATELLITE

La base de données Pathfinder 5.2 sur la température de surface de la mer (SST) (Casey *et al.* 2010), d'une résolution de 4 km, a été utilisée pour fournir des estimations annuelles de la SST dans des sous-zones définies (figure 12) de l'Atlantique Nord-Ouest, du sud de Terre-Neuve au détroit d'Hudson, à la mer du Labrador et à l'ouest du Groenland. Nous avons utilisé cet ensemble de données de 1981 à 2010 et, pour les dernières années (2011-2017), 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 : SST_{Pathfinder} = 0,989 x SST_{NOAA} - 0,02 avec un r²= 0,98 (Hébert *et al.* 2012). Les données récentes sur la SST 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 SST 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 mensuelles de la SST pour 16 zones, de l'ouest du Groenland au détroit d'Hudson, au banc Green et au banc de Saint Pierre au large du sud de Terre-Neuve, sont présentées sur la figure 13 et la figure 14, et les valeurs annuelles normalisées sur la figure 15 et la figure 16. Les valeurs mensuelles variaient autour de la moyenne dans la plupart des zones, les anomalies négatives les plus importantes étant observées au sud du banc Hamilton en mai et en juin, lorsque les valeurs variaient de 1 à 3 °C sous la normale dans certaines zones. L'anomalie positive la plus importante en 2017 s'est produite en septembre, alors que les valeurs se situaient près de la normale et jusqu'à 1,9 °C au-dessus de la normale au nord-est de la plateforme de Terre-Neuve.

Les anomalies annuelles de la SST étaient proches de la normale dans la plupart des zones, les valeurs déclarées se situant à ±0,5 ET dans 14/16 sous-zones (figure 15). Seuls le détroit d'Hudson (-1,5 ET) et la passe Flamande (+1,1 ET) étaient respectivement plus froid et plus chaud que la normale. Un indice composite associé à des séries individuelles de valeurs annuelles montre une tendance à la hausse des SST depuis le début de la série chronologique, avec des oscillations quasi-décennales superposées (figure 16). Toutefois, depuis 2012, l'indice composite affiche une tendance marquée à la baisse, la valeur de 2015 étant la plus froide depuis 1993. Dans l'ensemble, les conditions de la SST se sont légèrement rétablies en 2016 et 2017, mais sont demeurées sous la normale dans de nombreuses zones (figure 16).



Température de la surface de la mer (AVHRR)

Figure 12. Carte montrant la SST et l'étendue de la glace de mer du 16 au 30 avril, ainsi que les sous-zones où des séries chronologiques de la SST ont été établies pour l'Atlantique Nord-Ouest. (Carte de la SST : gracieuseté de la Section des écosystèmes marins de l'IOB).

ρέοιου		_							•	•		_
REGION	J	F	M	Α	M	J	J	Α	S	0	Ν	D
PLATEFORME DU GROENLAND OCCIDENTAL (GS)	0.0	-0.1	1.0	0.7	0.6	-0.1	-0.8	-0.7	0.5	0.9	0.0	0.3
CENTRE ET NORD DE LA MER DU LABRADOR (NCLS)	-0.3	-0.9	-1.0	-1.4	-1.3	0.1	-0.2	0.7	1.0	-0.2	0.3	0.1
CENTRE DE LA MER DU LABRADOR (CLS)	0.0	0.0	0.0	0.4	0.3	0.9	0.0	0.8	1.0	-0.1	-1.0	-0.7
BRAVO (BRA)	0.0	0.0	0.0	0.5	0.4	1.2	0.0	1.0	1.2	-0.2	-1.3	-0.9
DÉTROIT D'HUDSON (HS)	-0.9			-0.4	-0.3	-0.3	-1.2	-0.7	-0.4	-0.2	-0.7	-0.6
NORD DE LA PLATEFORME DU LABRADOR (NLS)	-0.3	0.0	-0.2	-0.2	-0.4	0.8	0.4	-0.4	0.6	0.1	0.2	-0.2
BANC HAMILTON (HB)	-0.4	-0.2	-0.4	-0.6		0.6	-0.1	0.5	1.2	0.0	0.2	0.2
BASSIN ST. ANTHONY (SAB)	-0.2	-0.6	-0.3	-0.5	-0.6	-1.1	-0.1	0.4	1.4	-0.3	0.2	0.2
PLATEFORME DU NORD-EST DE TERRE-NEUVE-ET-LABRADOR (NENS	0.3	-0.3	-0.4	-0.7	-1.2	-1.7	0.0	1.2	1.9	-1.0	0.3	-0.2
DÔME ORPHAN (OK)	0.8	0.5	-0.2	-0.2	0.1	-1.1	-0.2	0.4	1.2	0.9	0.7	0.0
BONNET FLAMAND (FCAP)	-0.3	-0.4	-0.3	0.2	-0.4	-1.9	-0.9	-0.5	0.1	-0.7	-0.5	-0.3
PASSE FLAMANDE (FP)	1.4	1.1	1.6	2.2	1.3	-0.6	0.1	0.2	1.2	0.4	0.8	1.4
LE PLATIER (SES)	0.0	0.2	-0.4	-0.3	-1.5	-2.6	-1.1	-0.8	0.0	-0.4	-0.7	-1.1
HIBERNIA (HIB)	0.2	-0.2	-0.3	-0.1	-1.4	-2.9	-1.0	-0.3	0.3	-0.9	-0.4	-0.2
CHENAL D'AVALON (AC)	0.8	0.3	-0.2	-0.8	-1.5	-1.7	-0.3	0.6	1.3	0.3	1.3	0.7
BANC À VERT-BANC DE SAINT-PIERRE (SPB)	0.6	0.5	0.1	-0.3	-1.3	-1.7	-0.8	0.4	0.7	1.7	2.4	0.6

Figure 13. Anomalies mensuelles de la SST (en °C) pour 2017, dérivées des données contenues dans les encadrés illustrés à la figure 12. Les anomalies renvoient à la période de référence 1981-2010 et sont codées par couleur en fonction de l'anomalie (Figure 3).



Figure 14. Anomalies cumulatives de la SST, dérivées des données contenues dans les encadrés illustrés à la figure 12 et affichées à la figure 13. Les anomalies renvoient à la période de référence 1981-2010.

RÉGION &	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	66	00	01	02	03	04	05	90	07	80	60	10	11	12	13	14	15	16	17	MOYENNE	SD
PLATEFORME DU GROENLAND OCCIDENTAL (GS)		-1.6		-1.3	0.6	-0.2	0.3	-0.4	-1.5	-0.8	0.2	-0.8	-0.3	0.1	1.9	-0.1	0.5	0.0	-0.9	-0.2	0.3	0.9	1.9	0.8	0.9	-0.2	0.1	0.1	0.8	2.1	-0.4	0.3	0.2	0.4	-0.5	1.0	0.2	6.16	0.79
CENTRE ET NORD DE LA MER DU LABRADOR (NCLS)		1.1-			-0.4	0.3	-0.8	-0.2	1.1	$\frac{V}{V_{\rm e}}$	-0.5	-0.5	-1.0	-0.5	-0.6	0.2	0.6	0.7	-0.6	-0.3	0.9	0.8	1.5	1.5	1.4	1.0	0.7	-0.2	-0.3	2.2	-0.1	-0.3	-0.1	-0.2	-0.8	0.3	-0.2	2.85	1.16
CENTRE DE LA MER DU LABRADOR (CLS)		-1.5			-0.9	-0.5	-0.3	-0.2	-0.8	1.1	-0.4	-0.5	-0.9	-0.2	-0.6	0.0	0.7	0.6	- -	-0.3	0.8	0.3	1.6	1.3	1.2	4.1	0.9	1.2	4.0	1.8	0.2	0.6	0.5	0.7	-0.1	0.4	0.2	4.26	0.85
BRAVO (BRA)		1. h-	-1.9		1	-0.8	-0.4	-0.4	-0.7	$\sum_{i=1}^{n}$	-0.4	-0.5	-0.7	-0.4	-0.5	-0.3	0.7	0.4	-0.1	-0.1	0.6	0.3	1.6	1.2	4.1	1.5	0.8	4.1	4.0	1.7	0.3	1.0	0.4	0.9	0.0	0.5	0.2	4.33	0.79
DÉTROIT D'HUDSON (HS)		-0.8	-1.0	-1.9	-0.2	1.2	-0.1	-0.9	-1.6	-0.4	-0.2	-0.7	-0.1	0.4	0.6	0.0	-0.7	-0.2	4.1-	0.6	0.7	4.0	0.7	0.4	1.6	0.2	-0.3	0.4	-0.6		0.0	0.5	-1.4	-0.5	-0.7	-0.5	-1.5	-0.17	0.36
NORD DE LA PLATEFORME DU LABRADOR (NLS)		-0.5	-1.5	-1.8	-0.8	0.0	-0.6	-1.0	-1.0	-0.2	-1.1	-1.2	-0.1	1.0	0.1	-0.7	-0.7	0.7	-0.6	0.7	0.6	-0.8	1.5	1.1	1.1	0.9	-0.1	1.8	-0.1	1.7	1.3	1.3	-0.2	0.7	0.1	0.3	0.1	0.46	0.48
BANC HAMILTON (HB)		-0.9	-0.7	-1.3	-0.7	-0.7	-0.7	-0.2	-0.9	-0.8	-1.3	-0.9	0.2	0.3	1.2	-1.3	-0.6	0.6	-0.4	1.4	0.3	-0.7	1.1	1.0	1.2	1.8	-0.4	1.6	-0.1	1.7	1.0	1.9	-0.4	0.6	0.0	-0.4	0.1	1.44	0.51
BASSIN ST. ANTHONY (SAB)		-0.6	-0.3	-0.6	-0.9	-0.5	-0.4	0.0	-0.4	-0.6		-1.5	-0.6	0.3	-0.7	-0.7	-0.8	0.7	0.2	1.1	0.3	-0.7	0.7	1.1	1.8	2.1	-0.9	1.5	-0.3	1.4	0.6	1.7	-0.2	0.7	-0.7	-0.4	-0.2	2.61	0.58
PLATEFORME DU NORD-EST DE TERRE-NEUVE-ET-L/	ABR	-0.6	-0.1	-0.5		-0.6	-0.1	0.1	0.0	-0.4		-1.5	-0.7	0.3	-0.5	-0.5	-1.0	0.7	0.4	0.9	0.5	-0.5	0.6	1.1	1.9	2.2	-0.8	1.5	-0.4	1.3	0.6	1.3	0.4	1.0	-0.8	-0.4	-0.2	3.49	0.61
DÔME ORPHAN (OK)		-0.7	-0.3	-1.5		-0.5	0.1	0.2	-1.0	-0.9		-1.2	-1.0	-0.9	0.2	0.0	0.3	0.9	0.4	0.6	0.6	0.1	0.6	1.1	2.0	1.7	0.3	1.3	-0.2	1.4	0.7	1.7	0.8	0.5	1.1-	-0.1	0.3	6.15	0.78
BONNET FLAMAND (FCAP)		-0.7	0.5	-0.6		-1.0	0.3	0.6	-0.5	-1.0	-1.4	-1.4	-1.2	-0.9	-0.3	0.4	-0.2	0.6	0.8	1.0	0.4	-0.3	0.5	0.9	2.0	1.7	0.5	1.1	-0.5	0.9	0.4	1.7	0.6	-0.7		-1.0	-0.5	7.20	0.91
PASSE FLAMANDE (FP)		-0.7	0.3	-0.5		6.0-	0.2	0.8	-0.5	-1.4	-1.5	-1.4		-0.2	-0.2	-0.1	-0.5	0.8	0.9	1.1	0.5	0.0	1.0	0.9	1.9	1.4	0.3	1.1	-0.5	1.0	0.2	1.3	0.2	-0.7	-1.4	-0.8	1.1	5.76	0.81
LE PLATIER (SES)		-0.7	1.2	0.3	-1.8	-1.5	-0.4	0.7	0.0	-0.7	-1.1	-1.2	-1.3	0.2	-0.7	0.1	-1.3	0.6	1.1	1.3	-0.1	-0.2	0.2	0.3	0.7	1.8	0.5	1.0	0.3	0.2	0.4	1.9	1.0	0.3	-0.1	0.0	-0.7	7.42	0.98
HIBERNIA (HIB)		-0.7	1.0	0.0	-2.0	-1.6	-0.4	0.8	0.1	-0.6	-1.5	-1.4	-1.2	0.6	-0.4	0.1	-1.2	0.8	1.3	1.4	0.2	-0.5	0.6	0.4	1.1	2.1	0.5	0.6	-0.5	0.6	0.3	2.3	0.9	0.3	0.0	-0.2	-0.7	5.79	0.84
CHENAL D'AVALON (AC)		-0.8	0.8	- 0.1	-1.9	4.1-	-0.1	0.9	-0.8	-0.4		-1.3	-0.8		-0.7	-0.1	-1.6	0.6	1.0	1.0	0.3	-0.5	0.6	0.7	1.4	2.0	-0.3	0.9	0.1	0.8	0.2	1.6	1.0	0.7	-0.1	0.3	0.1	5.01	0.69
BANC À VERT-BANC DE SAINT-PIERRE (SPB)		-0.4	1.0	0.4	-2.2	-1.2	-0.1	-0.2	-0.4	-0.8	-1.3	1.1	-0.5	1.1	-1.0	0.0	-1.2	0.7	1.4	1.2	0.1	-0.6	0.2	0.4	1.4	1.3	-0.5	0.7	4.0	0.9	0.1	2.0	1.1	1.0	0.1	6.0	0.3	6.16	0.75

Figure 15. Anomalies normalisées de la SST, dérivées des données contenues dans les encadrés illustrés à la figure 12. Les anomalies sont normalisées par rapport à leurs écarts-types sur la période 1981-2010.



Figure 16. Anomalies annuelles normalisées de la SST dans les sous-zones de la plateforme de Terre-Neuve présentées à la figure 15. La ligne rouge pleine représente la somme composite.

SURVEILLANCE À LONG TERME DE LA TEMPÉRATURE DES RÉGIONS CÔTIÈRES

Les données sur la température obtenues à partir des thermographes déployés dans 10 sites de surveillance côtière de mai à octobre le long de la côte de Terre-Neuve (voir les emplacements sur la figure 1) à des profondeurs nominales de l'eau de 10 et 15 m sont présentées à la figure 17 en tant qu'anomalies mensuelles, à la figure 18 en tant qu'anomalies standardisées de juillet à septembre et répétées à la figure 19 en tant que sommes cumulatives des anomalies.

Les données des différents sites montrent une variabilité mensuelle et interannuelle considérable, due en grande partie aux effets locaux très variables du vent près de la côte, y compris les remontées d'eau et les températures locales de l'air en été. La variabilité mensuelle est raisonnablement cohérente entre les différents sites, à quelques exceptions près. En 2017, les anomalies mensuelles variaient de - 3,7 °C sous la normale à Comfort Cove (la plus forte anomalie négative de 2017) en juillet, à 2,1 °C audessus de la normale à Upper Gullies, dans la baie Conception, en août. Le mois le plus chaud pour lequel on dispose d'observations a été septembre, lorsque les 10 sites ont signalé des anomalies proches de la normale ou positives, atteignant 1,6 °C au-dessus de la normale à Stock Cove, dans la baie de Bonavista. Le mois le plus froid a été juillet (figure 17).



Figure 17. Anomalies mensuelles de la température (panneau de gauche) et sommes cumulatives (panneau de droite) des données recueillies à l'aide de thermographes le long de la côte de Terre-Neuve (figure 1). Les anomalies (en °C) se réfèrent à la période de référence standard si les données existent, sinon à toute la longueur de la série, et sont codées par couleur selon leur écart-type (Figure 3).

Les températures moyennes durant l'été (juillet-septembre, figure 18) présentent généralement un gradient nord-sud, les valeurs les plus froides étant relevées à Hampden, sur la côte nord-est, avec une température moyenne estivale de 7,9 °C, et les plus chaudes à Arnold's Cove (13,4 °C). Les exceptions sont Melrose et Old Bonaventure, deux sites de la baie de la Trinité qui sont sujets à de fortes remontées d'eau en été.

Les tendances des températures près du rivage (figure 19) indiquent des conditions inférieures à la normale pendant la majeure partie des années 1990, avec une augmentation jusqu'à des conditions supérieures à la normale en 1999 qui se sont poursuivies pendant plusieurs années, culminant en 2006 lorsque tous les sites étaient soit normaux, soit au-dessus de la normale. En 2007, on a enregistré une forte baisse, avec des valeurs qui n'avaient pas été observées depuis le début des années 1990, et huit des neuf sites ayant signalé des températures estivales inférieures à la normale (-0,8 à -2,3 ÉT). En 2008-2010, les températures ont varié autour de la moyenne, sans tendance claire. Toutefois, en 2011, huit des neuf sites ont de nouveau indiqué des températures estivales côtières inférieures à la normale, avec des anomalies d'environ 1-2 ET sous la normale. La seule exception a été observée à Hampden, dans la baie Blanche, où les températures étaient supérieures de 0,7 ET au-dessus de la normale.

En 2012, on a constaté une augmentation globale par rapport à l'année précédente, avec des sommets records à Hampden, dans la baie Blanche (+1,4 ET), et à Arnold's Cove, dans la baie de Plaisance (+2,8 ET). Toutefois, 4 des 10 sites ont signalé des températures inférieures à la normale malgré des SST plus chaudes que la normale dans l'ensemble de la région de l'Atlantique. En 2016, les températures près du rivage étaient soit proches, soit au-dessus de la normale à tous les sites, et les plus chaudes depuis 2006, mais en 2017, les conditions se sont considérablement refroidies (figure 18 et figure 19).

LIEU	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	MOYENNE	SD
HAMPDEN (10 m)			-0.6	0.0	-1.7	-2.4	-0.6	-1.1	0.2	0.0	1.2	-1.1	0.4	0.1	0.7	0.7	1.3	-0.8	0.9	-1.1	0.7	0.7	1.4	0.1	0.8	0.5	1.2	0.2	7.92	1.55
COMFORT COVE (10 m)	1.2	-2.1	-0.8	-1.9	0.1	-1.1	0.8	-0.7	-0.1	1.0	1.2		0.8	0.9		0.4	0.0		-0.1			-1.9	-0.5	-0.6	-1.7	-1.5	1.3	-1.0	10.54	1.76
CAPE FREELS (15 m)									-1.5	0.2	0.1		0.3	0.9	0.4	2.0	1.4	-1.0	-0.5	-1.0	-0.4	-1.3	0.1	1.0	-0.7	-1.0	1.4	-0.3	10.09	1.25
STOCK COVE	0.2	-2.2	-0.7	-2.2	0.8	-0.2	0.3	-1.0	0.7	0.7	1.0	1.1	0.9	1.1	0.8	1.3	1.7	-1.1	0.4	-0.2	-0.1	-1.4	0.5	0.8	0.6	0.7	1.0	0.2	10.72	1.40
MELROSE (15 m)									-0.6	0.3		1.0	0.2	1.2	0.0	1.4	1.7	-0.8	0.7	-0.6	-0.6	-1.5	-0.7	-0.2	-1.6	-0.1	0.8	-0.4	9.38	1.32
OLD BONAVENTURE (10 m)		-1.5	-0.9	-0.8	2.2	0.4	0.8	0.2		-0.3	0.3	1.4	0.5	0.4	-0.2	0.8	1.4	-2.0	-0.3	0.3	0.0	-1.7	-0.4	-0.6	-0.1	0.6	0.9	-0.1	8.64	1.65
WINTERTON (10 m)									-0.2		1.2	0.6	-0.1	2.0	0.1	0.4	1.2	-0.8	-0.5	0.7	-1.1	-1.8	-0.4	-1.0	-0.2	-0.1	0.1	-0.5	11.56	0.90
BRISTOL'S HOPE (10 m)	-0.9	-34		-0.8	0.5	-0 1	0.0	-0.2	-0.8	10	0.7	0.6	0.0	0.9	0.2	0.9	10	-0.8	1.0	0.4	0.5	-1 1	0.8	0.5	0.3	0.6	1.0	0.3	10.04	1.38
LIPPER GUI LIES (10 m)	-1.4	-1.5	0.5	-0.6	0.0	0.0	-1 1	-0.3	-1.2	1.0	-0.4	-0.2	0.0	0.6	-0.3	1.0	11	-2.3	1.3	0.1	0.3		0.5	1.3	1.6	0.9	12	1.2	12 12	1.32
ARNOLDS COVE (10 m)	0.7	-2.1	-1.5	-1.7	0.4	-0.9	0.6	-0.5	0.4	2.3	0.9	0.4	0.4	1.0	-0.3	0.3	1.1	0.5	0.0	1.7	0.4	-1.1	2.8	1.2	0.5	-0.5	0.3	0.0	13.40	1.21

Figure 18. Anomalies de température normalisées dérivées des données recueillies à l'aide de thermographes le long de la côte de Terre-Neuve chaque années de juillet à septembre (figure 1). Les anomalies sont normalisées par rapport à leurs écarts-types sur la période de référence standard si les données existent, sinon sur la durée de la série chronologique. Les cellules grisées indiquent qu'il n'y a aucune donnée.



Figure 19. Anomalies de température normalisées, présentées en tant que sommes cumulatives dérivées des données recueillies à l'aide de thermographes le long de la côte de Terre-Neuve de juillet à septembre, chaque année (figure 1). Les anomalies ont été normalisées par rapport à leurs écarts-types sur la période de référence standard si les données existent, sinon sur la durée de la série chronologique.

SITE DE SURVEILLANCE FIXE DU PMZA (STATION 27)

La station 27 (47° 32,8' N, 52° 35,2' O), située dans le chenal d'Avalon au large du cap Spear (T.-N.-L.) (Figure 1), a été échantillonnée 35 fois (31 profils CTP, 4 profils XBT) en 2017. Aucune observation n'était disponible pour janvier et février, et un seul profil XBT de la température était disponible pour mars. De plus, 29, 93, 83, 20, 63 et 12 profils CTP ont été recueillis lors du déploiement de bouées Viking en juin, juillet, août, septembre, octobre, novembre et décembre, respectivement, mais 31 d'entre elles n'ont profilé qu'à 40 m de profondeur à la fin novembre et au début décembre. Ces données sont présentées dans la sous-section suivante.

Les contours de température, salinité et leurs anomalies en fonction de la profondeur et de la période de l'année sont présentés sur les figures 20 et 21. Elles ont été calculées a partir de toutes les données de température et de salinité CTP et XBT disponibles pour 2017.. Ces données sont basées sur des profils de la colonne d'eau recueillies à une résolution temporelle allant de quotidienne à mensuelle. Par conséquent, une partie de la structure à haute fréquence évidente sur ces cartes peut être due au sous-échantillonnage des effets de la marée et autres effets océanographiques comme les ondes internes.

La colonne d'eau à la station 27 était presque isothermique en mars et avril avec des températures inférieures à 1 °C. Ces valeurs ont persisté tout au long de l'année en dessous de 100 m environ, alors que la couche intermédiaire froide (CIF), que l'on trouve habituellement à mi-profondeur ailleurs dans la région, s'étendait ici jusqu'au fond. Les températures de la couche supérieure se sont réchauffées à environ 3 °C à la fin mai et à environ 15 °C au début août, après quoi le refroidissement automnal a commencé et les températures ont chuté à <4 °C en décembre.

Les températures de la surface inférieures à la normale qui ont été relevées au printemps ont également été observées plus profondément dans la colonne d'eau pendant l'été, atteignant près de 100 m de profondeur au début de l'automne. Ces valeurs résultent de la faible pénétration de la chaleur en profondeur au cours de la même période. Toutefois, les anomalies de température dans la partie supérieure de la colonne d'eau supérieure qui est chauffée de façon saisonnière étaient fortement positives avec des valeurs dans les 100 premiers mètres de la colonne d'eau > 1 °C au-dessus de la normale. Dans les eaux à plus de 100 m, les températures variaient de près de la normale à sous la normale, en particulier pendant les mois d'automne.



Figure 20. Contours de la température (°C) en fonction de la profondeur à la station 27 en 2017. Les symboles en haut indiquent les heures d'échantillonnage.



Figure 21. Contours des anomalies de température (°C) en fonction de la profondeur à la station 27 en 2017. Les symboles en haut indiquent les heures d'échantillonnage.



Figure 22. Contours de la salinité (PSU) en fonction de la profondeur à la station 27 en 2017. Les symboles en haut indiquent les heures d'échantillonnage.



Figure 23. Contours des anomalies de salinité (intervalles de 0,1 PSU) en fonction de la profondeur à la station 27 en 2017. Les symboles en haut indiquent les heures d'échantillonnage.

Les salinités de la couche supérieure (figure 22) allaient de <32,2 à 32,4 pendant le premier semestre et de 32,4 à 33 sur l'ensemble de l'année, à une profondeur de 75 à 175 m environ. La période de faible salinité près de la surface, évidente du début de l'été à la fin de l'automne, est une caractéristique importante du cycle de salinité sur le plateau de Terre-Neuve et est due en grande partie à la fonte de la glace de mer au large de la côte du Labrador plus tôt dans l'année, suivie par une advection vers le sud sur les Grands Bancs. En 2017, cette caractéristique a été particulièrement intense et s'est produite beaucoup plus tôt dans l'année, entraînant d'intenses anomalies de salinité négatives variant de 0,5 à 1 sous la normale pendant les mois d'été, lorsque l'on a observé des salinités minimales d'environ 30. En général, les salinités étaient inférieures à la normale sur la majeure partie de la colonne d'eau en 2017, à l'exception de la couche supérieure à la fin de l'année (figure 23).

La température annuelle de surface à la station 27 était de 0,4 °C (0,6 ET) au-dessus de la normale, soit une valeur semblable à celle de 2016. En 2006, la température de la surface a atteint un record sur 67 ans de +1,5 °C (+2,2 ET) au-dessus de la moyenne à long terme et est demeurée essentiellement au-dessus de la normale depuis (figure 24). Les anomalies annuelles de la température du fond à la station 27 ont été les plus élevées jamais enregistrées en 2011, à 3,6 ET au-dessus de la normale. Depuis, les températures du fond affichent une tendance à la baisse et ont été inférieures à la normale (environ 0,5 ET) ces quatre dernières années (figure 24). La moyenne verticale des températures (0-176 m), qui a également atteint des sommets records en 2011 à +2,7 ET au-dessus de la normale, est à peu près revenue à la normale en 2014, a augmenté à 0,7 ET au-dessus de la normale en 2015 et 2016 et était environ normale en 2017 (figure 25).

La couche d'eau froide dont les températures sont inférieures à 0 °C sur la majeure partie du plateau de Terre-Neuve, communément appelée la couche intermédiaire froide (CIF), dont il est question dans la section suivante, s'étend jusqu'à la surface pendant les mois d'hiver et dans les zones peu profondes comme le nord des Grands Bancs et près du littoral, notamment à la station 27, et descend jusqu'au fond pendant l'année. L'étendue verticale de la colonne d'eau avec des températures <0,0 °C a atteint une anomalie remarquablement basse de 58 m sous la normale (-4,3 ET, normale de 118 m et ET de 17 m) en 2011, mais est revenue à 7 m (+0,5 ET) au-dessus de la normale en 2014; depuis, elle fluctue légèrement autour de la moyenne (+0,3 ET en 2017) (figure 25).

Les salinités annuelles en surface et au fond à la station 27 étaient inférieures de 1,6 ET à la normale en 2017, soit les valeurs les plus faibles depuis le début des années 1990 (figure 26). Les valeurs moyennes étaient également inférieures d'environ 1,5 ET à la normale pour la couche de surface (0 à 50 m) et sur toute la colonne d'eau (0 à 176 m) (figure 27). En général, les salinités moyennes de la colonne d'eau ont légèrement varié par rapport à la moyenne de certaines années, mais elles sont surtout demeurées inférieures à la moyenne à long terme depuis le début des années 1990.



Figure 24. Anomalies annuelles de la température près de la surface et près du fond à la station 27 par rapport à la moyenne de 1981-2010.



Figure 25. Moyenne verticale annuelle (0-176 m) des anomalies de la température et de l'épaisseur de la CIF (<0 °C) à la station 27 par rapport à la moyenne de 1981-2010.



Figure 26. Anomalies annuelles de la salinité près de la surface et près du fond à la station 27 par rapport à la moyenne de 1981-2010.



Figure 27. Moyenne verticale annuelle (0-50 m, 0-176 m) des anomalies de la salinité à la station 27 par rapport à la moyenne de 1981-2010.

				-	_	_				-	-	-	-				_											-			-	-	-									
INDICE	80	81	82	83	3 8	4	85	86	87	88	89	90	91	92	9	3 9	4	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	2 13	14	15	1	6 17	MOYEN	IE SD
T surface	-1.1	1.0	-0.7	7 0.:	3 -0	.9 -	1.2	-0.6	-0.3	0.5	-0.3	-0.4	-2.1	-1.6	6 -1.	5 -0.	.2 -0).9	0.2	-0.8	0.4	1.2	1.0	0.7	-0.4	0.6	1.3	1.3	2.2	-0.3	1.0	-0.1	1.0	0.0	8 1.	7 1.	6 0.	-0.	2 0	.5 0.	6 4.8	88 0.68
T fond	0.4	0.6	-0.1	1 -0.	9 -1	.2 -	1.5	-0.4	-0.2	-0.3	-0.5	-1.0	-1.4	-1.0	0-1.4	4 -1.	.3 -0).7	0.6	0.2	0.7	0.8	0.6	0.7	0.1	0.1	2.0	1.7	1.7	0.7	0.3	-0.4	1.	7 3.0	5 1.	2 1.	1 -0.	6 -0.	7 -0	.4 -0	6 -0.8	9 0.44
T 0-50 m	-1.0	1.0	0.5	5 O.:	2 -1	.6 -	1.0	-0.2	-0.3	0.1	-0.5	-0.8	-2.5	-0.8	3-1.	0 -0.	.1 -0	0.5	1.1	-0.6	-0.2	0.6	0.4	0.9	-0.4	0.8	1.0	1.1	2.3	-0.9	0.9	-0.6	1.4	1 1.8	3 1.	4 1.	0 0.	1 0.	7 1	.2 -0	1 2.8	6 0.62
T 0-176 m	-0.4	1.0	0.5	. -0.	1 -1	.2 -	1.1	-0.3	-0.6	0.0	-0.5	-0.7	-2.2	-1.0)-1.3	3 -0.	.6 -0).7	1.5	-0.3	-0.3	0.5	0.5	0.5	0.0	0.6	1.7	1.1	2.0	-0.3	0.2	-0.3	1.9	2.1	1.	3 1.	1 -0.	2 0.	7 0	.7 -0	1 0.3	0.43
CIF (<-1,0 °C)	-0.3	-1.3	0.2	2 0.0	6 1.	.3	1.5	0.5	0.8	-0.1	0.4	0.5	1.6	0.9) 1.	3 0.	.8 0).4 -	1.5	0.1	-0.1	-1.1	-0.4	-0.4	0.0	-0.2	-1.9	-0.7	-1.5	0.0	0.2	0.2	-2.	3 -2.:	- 0 .	4 -1.	8 0.	4 -0.	1 -0	.3 0	8 73.5	32.03
CIF (<-0,5 °C)	0.0	-0.4	0.1	0.8	8 1.	.1	1.2	0.8	0.9	0.4	0.6	0.4	1.5	0.6	5 1.0	0 0.	.5 (0.6 -	1.3	0.0	0.2	-0.8	-0.6	0.1	-0.3	-0.6	-2.4	-0.8	-1.7	-0.4	0.5	0.2	-2.0	6 -3.0	6 -0.	8 -1.	3 0.	5 -0.	4 -0	.2 0	5 101.7	7 25.00
CIF (<0 °C)	-0.1	0.4	0.1	0.0	6 1.	.0	0.8	0.4	0.7	0.2	0.5	0.7	1.6	0.8	8 0.	B 0.	.4 ().7 -	0.8	-0.1	0.3	-0.7	-1.0	-0.1	-0.5	-1.1	-2.4	-0.6	-2.6	0.5	0.6	0.4	-1.8	3 -4.:	3 -1.	7 -0.	2 0.	5 -0.	8 -0	.2 0	3 118.2	16.88
CIF (<0,5 °C)	-0.4	0.2	0.3	s 0.:	3 1.	.4	0.7	0.0	0.4	0.2	0.4	0.8	2.1	0.5	5 O.4	4 0.	.4).7 -	1.3	0.2	0.3	0.0	-0.9	0.0	-0.8	-0.8	-1.4	-0.9	-2.9	0.8	0.7	0.0	-2.0) -4.3	7 -2.	6 -0.	1 0.	5 -1.	0 0	.2 0	2 128.3	9 10.95
CIF (<1 °C)	-0.3	-0.2	-0.4	4 -0.	2 1	.4	1.5	-0.1	0.4	0.1	0.1	1.0	2.1	0.1	0.	1 0.	.1 0).3 -	1.7	0.2	0.7	-0.2	-0.4	0.1	1.0	-1.1	-1.6	-0.9	-2.0	0.6	0.7	-0.2	-2.	1 -4.1	-3.	4 -0.:	2 0.	4 -1.	6 -0	.4 -0.	2 135.0	9 8.23
S surface	1 1	0.2	1.6	_1	1_2		0.3	0.8	0 0	0.6	1 5	0.9	-27	-0/		2 0	0		• •	-0.6	-0.5	-0.5	-0 4	-0.7	1 1	1.0	0.6	0.5	0.7	0.1	0.6	0.5	-0.	10.		8 0	0_0	2 0	4 -0	1 -1	316	4 0 25
S fond	19	1.5	1.0	-0	4 -0	1	0.5	-1 2	1.4	1 1	1.3	1.3	-2.1	-0		6 -0	4.0	12	1.5	-0.3	0.5	0.5	-0.4	-0.7	-0.4	-1.0	-0.4	0.3	1.7	0.1	0.0	-1 2	-0.	2 0 2	2-0	1.1	4 -0	4 -1	4 -1	4 1	6 33 1	3 0.08
S 0-50 m	1.0	-0.4	1.3	-1	1 -1	•	0.2	0.4	0.0	1 2	1.9	2.1	-2.0	-0.6	0.	0_0	2 .		0.5	-0.2	-0.2	-0.3	-0.0	-1.0	1 1	1.0	0.7	0.0	0.5	0.0	0.7	0.3	1.1	2_0/		2_0	2 -0	1_0	2 -0	1 1	5 31 0	0.00
S 0-176 m	1.0	0.0	1.7	-0.	4 -1	.2	0.2	-0.4	1.0	1.4	2.0	2.3	-1.5	-0.0	0.	4 -0.	.3 -).6	1.2	-0.2	0.1	-0.3	-0.7	-1.1	0.5	0.3	-0.5	-0.3	0.3	0.3	1.0	-0.4	-1.	5 -1.3	2 -0.	1 -0.	9 0.	1 -0.	6 -0	.5 -1	6 32.5	io 0.10
			_			_				_							_			••••	••••																		-			-
PCM (annuelle)												1.0	0.5	1.7	-0.	1 0.	.7 -2	2.2 -	0.3	-0.7	-1.2	-1.0	-0.7	-0.7	0.1	-1.1	1.3	-0.2	0.5	1.2	-0.7	0.8	-1.	1 1.	0.	0 0.	9 0.	7 1.	4 0	.5 0.	2 58.1	9 9.16
PCM (hiver)												0.3	-0.8	-0.1	-0.	6 0.	.5 -1	1.1 -	0.2	0.4	-1.0	-0.5	-0.2	-0.2	-1.2	-0.9	1.3	0.6	1.3	1.0	-1.5	0.9	-2.	3 0.7	0.	4 1.	9 -0.	5 1.	51	.9	97.4	1 30.74
PCM (printemps)												-0.3	1.8	-0.1	0.:	2 -0.	.5 -	.6	0.1	-1.5	0.0	-1.6	-0.1	0.7	0.3	-0.4	0.4	-1.1	-0.6	0.5	1.4	-1.2	0.	0 1.	-0.	8 1.	4 1.	4 -0.	7 -0	.2 0	9 43.8	37 15.16
PCM (été)												2.1	1.9	2.8	0.	3 0.	.4 ().4	0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.7	0.1	-0.5	-0.6	-0.5	-0.4	0.0	-0.5	-0.5	6-0.5	-0.:	3 0.	5 -0.	7 -0.:	3 -0.	4 0.	6 0	.0 -0	4 23.4	0 8.72
PCM (automne)												0.8	-0.6	1.7	0.:	2 1.	.0 -	.9	0.6	0.0	-0.9	0.3	-0.7	-2.0	1.5	-0.4	0.2	0.1	-0.4	0.8	-0.8	2.0	-0.4	4 0.:	B 0.	6 -0.	8 0.	5 0.	7 -1	.3 -0.	2 66.0	16.27
			-	-												-													<u> </u>				1						-	_		1
Stratification (annuelle)	-1.8	-0.3	-1.2	2 0.*	1 1.	.1 -	0.8	-1.7	-0.1	1.4	0.1	-1.0	1.4	-0.2	2 -0.	7 0.	.1	2.6	1.1	1.0	1.6	0.9	0.2	0.6	-1.4	-0.4	-0.8	-0.6	0.2	-0.1	0.1	-0.5	-1.0) -2.() -1.	1 0.2	2 1.	-1.	6 -0	.3 1.	<u>6</u> 20.7	1 3.62
Stratification (hiver)			-0.3	3	0.	.0 -	0.6	-0.6	-1.0		-0.3	1.3	-0.8	3.0	0.	8 -1.	.0	.9	0.6	-0.2	-0.8	0.7	1.6	-0.3	-0.1	-0.4	-0.9	-0.9	-0.7	-1.0	0.2	-0.4	-0.4	4 -0.0	6-1.	0 -1./	5 -1.	<mark>1 -0.</mark>	7 -1	.0	5.5	6.92
(printemps)	-1.0	-0.1	-0.7	2.:	2 1.	.7	1.0	-0.4	1.4	-0.2	-0.7	-1.6	1.9	0.1	-0.:	2 -0.	.7	.8	0.5	1.0	0.4	0.9	-0.7	-0.2	-1.1	-1.1	-0.5	-0.2	0.4	-0.2	-0.6	0.2	-1.:	2 -0.	5 -0.	7 -0.:	2 -1.	<mark>)</mark> -0.	4 -0	.9 0.	6 12.8	4.87
Stratification (été)	-1.3	0.1	-2.0	0-0.	4 1	.8	0.1	-1.4	-1.3	0.4	0.6	-1.0	-0.3	8-1.4	-0.	9 1.	.2 ().8	1.5	0.2	1.0	1.7	0.1	0.5	-1.1	-0.5	-0.1	0.5	0.0	1.3	0.5	0.2	-0.9	9 -2.9	0-0.	4 1.	3 4.	-1.	9 -1	.0 2	7 50.5	5.84
Stratification (automne)		-0.6		-1.	2 -0	.6 -	0.6	-1.5	0.0	0.5	0.2	0.4	1.9	-0.4	-0.	<mark>8</mark> -0.	.2	2.2	0.8	0.9	2.4	-0.4	0.4	1.2	-1.0	0.6	-0.7	-1.1	0.3	-0.5	0.3	-1.2	0.	1 -1.1	-0.	9 -0.	1 -0.	5 -1.	0 1	.2 -0	2 13.8	6.45

Figure 28. Anomalies normalisées de la température et de la salinité, épaisseur de la CIF, épaisseur de la couche de mélange et stratification à la station 27, de 1980 à 2017. Les anomalies sont normalisées par rapport à leurs écarts-types sur la période de référence standard. Les cellules grises indiquent qu'aucune donnée n'est disponible.

BOUÉE VIKING DÉPLOYÉE À LA STATION 27

En juin 2017, une nouvelle bouée (de type Viking) a été déployée à la station 27. En plus des capteurs atmospheriques et de surface de l'océan (vitesse du vent, hauteur des vagues, température et humidité de l'air, température et salinité de la surface de la mer, pH, etc.), cette bouée profile automatiquement la colonne d'eau avec un CTP lorsque les conditions sont favorables (hauteur des vagues sous un certain seuil et température de l'air au-dessus du point de congélation). Les données de cette bouée ont déjà été incluses dans les graphiques de la section précédente. Puique ces données apparaîtront graduellement dans les rapports du PMZA sur l'ensemble de la zone, un aperçcu des champs de température et de salinité pour 2017 est présenté ici. La figure 29 montre le champ de température tiré des moyennes quotidiennes des 334 profils automatiques réalisés en 2017. Malheureusement, des problèmes mécaniques ont empêché la bouée de réaliser des profils entre la mi-septembre et le début novembre. Peu après la réparation, le câble s'est emmêlé et a empêché le CTP de réaliser des profils à plus de 40 m de profondeur. Néanmoins, l'échantillonnage à haute résolution présenté ici offre une nouvelle vue synoptique des conditions à la station 27, y compris la résolution des déplacements internes des isothermes, surtout pendant la période stratifiée (avant la panne intervenue à la miseptembre). Le plus grand de ces déplacements s'est produit durant les premiers jours de septembre entre 20 et 50 m de profondeur.



Figure 29. Champ de température (contours colorés) tel que mesuré par le système de profilage automatique de la bouée Viking. Les isopycnes (σ_t , lignes noires) sont indiqués sur la figure. Les profils instantannés ont été regroupés en moyenne quotidienne (représentés par les marques noires en haut de la figure) avant d'être interpolés de façon linéaire dans le temps.



Figure 30. Champ de salinité (contours colorés) tel que mesuré par le système de profilage automatique de la bouée Viking. Les isopycnes (σ_t) sont les mêmes que sur la Figure 29 (voir la figure pour l'identification). Les profils instantannés ont été regroupés en moyenne quotidienne (représentés par les marques noires en haut de la figure) avant d'être interpolés de façon linéaire dans le temps.

STRATIFICATION ET PROFONDEUR DE LA COUCHE DE MÉLANGE À LA STATION 27

La stratification est une caractéristique importante de la colonne d'eau qui influence le mélange vertical, le transfert de la chaleur solaire aux couches inférieures et des processus biochimiques importants. 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, ralentissant ainsi le flux thermique vertical de la couche superficielle chauffée de façon saisonnière.

L'indice de stratification à la station 27 est calculé à partir de la différence de densité (sigma-t) entre 5 et 50 m pour chaque profil de densité (c.-à-d. $\Delta p/\Delta z$). 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). Les valeurs annuelles et saisonnières sont indiquées à la figure 28 sous forme d'anomalies normalisées. La moyenne mensuelle de 1981 à 2010 et les valeurs mensuelles de 2017 sont indiquées à la figure 31. 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 2017, la stratification était inférieure à la moyenne à long terme en avril et en mai, supérieure à la normale pendant les mois d'été et proche de la normale vers la fin de l'année (figure 31).

La stratification moyenne annuelle de 1950 à 2017 à la station 27 est indiquée à la figure 32. L'indice annuel était généralement inférieur à la moyenne avant les années 1980, après quoi il a commencé à augmenter, avec de fortes fluctuations autour de la moyenne. En général, la stratification sur le plateau côtier de Terre-Neuve à la station 27 affiche une tendance long-terme à la hausse entre le milieu des années 1960 et la fin des années 1990. Après une diminution de l'anomalie entre 2000 et 2011 environ, la stratification augmente de nouveau, 2017 étant l'anomalie positive la plus élevée depuis 1998 (figure 32).

Les profondeurs mensuelles moyennes de la couche de mélange (PCM) à la station 27 ont également été estimées à partir des profils de densité comme étant la profondeur du gradient de densité maximal. Il n'y avait pas suffisamment de profils de données à haute résolution disponibles avant 1990 pour calculer des moyennes annuelles fiables. Les valeurs mensuelles, saisonnières et annuelles de la PCM sont indiquées à la figure 33, à la figure 28, et à la figure 34, respectivement. Les valeurs mensuelles moyennes varient d'environ 120 à 170 m en hiver à <25 m en été et jusqu'à 80 m à la fin de l'automne (figure 33). En 2017, les valeurs indiquaient de plus grandes profondeurs que la normale en avril (aucune donnée de janvier à mars), se rapprochaient de la normale de juin à septembre, étaient audessus de la normale en octobre, mais inférieures à la profondeur normale en novembre et décembre (figure 33). En général, une légère tendance à la hausse, d'environ 0,7 m/an dans la moyenne annuelle, semble se dégager depuis 1995, bien que la valeur de 2017 ait été proche de la normale à +0,2 ET (figure 28 et figure 34).



Figure 31. Moyenne mensuelle de 1981 à 2010 et valeurs mensuelles moyennes de la stratification de 2017 à la station 27.



Figure 32. Anomalies annuelles de l'indice de stratification à la station 27 par rapport à la moyenne de 1981 à 2010. La ligne rouge indique la moyenne mobile sur cinq ans.



Figure 33. Moyenne de 1990 à 2010 et moyenne mensuelle de 2017 des profondeurs moyennes de la couche de mélange à la station 27.



Figure 34. Anomalies annuelles de la profondeur de la couche de mélange à la station 27 par rapport à la moyenne de 1990 à 2015.

SECTIONS STANDARDS DU PMZA

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 Terre-Neuve et du Labrador. 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) (CIPANO 1978). En 1998, dans le cadre du PMZA du MPO, les stations historiques de l'île Seal (SI), de la baie de Bonavista (BB), du Bonnet Flamand (47°N) (FC) et du sud-est du Grand Banc (SEGB) ont été choisies comme principales sections de monitorage. On a poursuivi l'échantillonnage de la section de la baie Blanche (WB) au cours de l'été dans le cadre d'une longue série chronologique de la CIPANO/OPANO.

Deux sections de la CIPANO du centre du plateau continental du Labrador, l'île Beachy (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 2017, les sections SWSPB, SESPB et SEGB ont été échantillonnés en avril, les sections FC et BB en avril, juillet et novembre/décembre, la section BB en juillet et la section SI en juillet et novembre. La plupart des sections d'automne, y compris une partie de la section BB, normalement échantillonnés, n'ont pas été occupés en 2017 en raison du temps de navire limité. Dans ce manuscrit, nous présentons les coupes transversales estivales de la température et de la salinité ainsi que leurs anomalies pour les sections FC, BB et SI pour représenter la structure verticale de la température et de la salinité sur le plateau continental de Terre-Neuve et du Labrador en 2017 (voir les emplacements sur la figure 2).

VARIABILITÉ DE LA TEMPÉRATURE ET DE LA SALINITÉ

Les caractéristiques des masses d'eau observées dans les sections standards du plateau de Terre-Neuve sont typiques des eaux subpolaires, avec une plage de températures en subsurface comprise entre -1,5 °C et 2 °C et des salinités entre 31,5 et 33,5. Les eaux du talus du Labrador s'écoulent vers le sud le long de la bordure du plateau et dans les régions de la passe Flamande et du Bonnet Flamand. Cette masse d'eau est généralement plus chaude et plus salée que les eaux subpolaires du plateau avec des températures de 3°-4 °C et des salinités de l'ordre de 34-34,75. Les températures de la surface atteignent normalement 10°à 12 °C à la fin de l'été, tandis que les températures au fond demeurent <0 °C sur la majeure partie des Grands Bancs.Elles augmentent toutefois à 1°-3,5 °C près du bord du plateau en dessous de 200 m et dans les cuvettes profondes entre les bancs. Dans les eaux plus profondes (>1 000 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 structures estivales de température et de salinité des sections du Bonnet Flamand (47°N), de Bonavista et de l'île Seal en 2017 sont présentées à la figure 35, 36, et 37, respectivement. 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 (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, est généralement considérée comme un indice fiable des conditions climatiques océaniques sur le plateau continental de l'est du Canada.



Figure 35. Contours de la température (°C), de la salinité et de leurs anomalies pour la section du Bonnet Flamand (47°N) (figure 2) pendant l'été 2017. L'emplacement des stations sur la section est indiqué par les symboles sur les panneaux supérieurs.

Bien que la section transversale de la masse d'eau de la CIF connaisse une variabilité annuelle 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.



Figure 36. Contours de la température (°C), de la salinité et de leurs anomalies pour la section Bonavista (figure 2) pendant l'été 2017. L'emplacement des stations sur la section est indiqué par les symboles sur les panneaux supérieurs.

Pendant l'été 2017 pour la section du Bonnet Flamand, des anomalies de température allant jusqu'à 2 °C sous la normale ont été observées à la surface ainsi qu'en profondeur dans la colonne d'eau à l'est du Bonnet et dans la région de la passe Flamande (figure 35, panneau supérieur droit). Les températures de l'eau de la couche intermédiaire sur les Grands Bancs étaient supérieures à la normale alors que les températures au fond étaient proches de la normale pour la section. Pour la section de la baie de Bonavista, les températures étaient surtout inférieures à la normale dans les régions côtières. Au large, les températures de la couche supérieure étaient plus chaudes que la normale (igure 36). Contours de la température (°C), de la salinité et de leurs anomalies dans le secteur de Bonavista (figure 2) pendant l'été 2017. L'emplacement des stations sur cette section est indiqué par les symboles sur les panneaux supérieurs. Pour la section de l'île Seal, les températures étaient de 1° à 2 °C sous la normale. Sur le talus extracôtier, les températures à la normale dans la couche intermédiaire sur le plateau et dans le courant extracôtier du Labrador, où elles étaient de 1° à 2 °C sous la normale. Sur le talus extracôtier, les températures à la normale, jusqu'à 2 °C de plus près de la surface (figure 37, en haut à droite).

Les coupes transversales correspondantes de la salinité montrent une eau relativement douce dans la couche supérieure sur le plateau avec des sources de courant arctique (<33) contrastant avec les

eaux plus salées du talus du Labrador, plus au large (>34). En 2017, les salinités sur la sectiob du Bonnet Flamand variaient autour de la moyenne avec des valeurs atteignant 0,5 au-dessous de la normale dans les zones du Bonnet Flamand et de la passe Flamande (figure 35, panneau inférieur droit). Pour la section de la baie de Bonavista, les anomalies de salinité étaient généralement proches de la normale en profondeur, avec quelques zones isolées de valeurs supérieures et inférieures dans la couche proche de la surface (figure 36). Pour la section de l'île Seal, les salinités près de la surface variaient autour de la moyenne avec une anomalie négative importante le long de la bordure du plateau, dans la branche extracôtière du courant du Labrador (figure 37, panneau inférieur droit).



Figure 37. Contours de la température (°C), de la salinité et de leurs anomalies pour la section de l'île Seal (Figure 2) pendant l'été 2017. L'emplacement des stations sur la section est indiqué par les symboles sur les panneaux supérieurs.

VARIABILITÉ DE LA COUCHE INTERMÉDIAIRE FROIDE

Les séries chronologiques d'anomalies de la superficie de la section transversale de la CIF (<0 °C) en été dans les sections allant du sud du Labrador aux Grands Bancs sont illustrées à la figure 38. L'été, la superficie moyenne de la section transversale de la CIF est de $26,5 \pm 6,6$ km² pour la section du Bonnet Flamand, de $25,6 \pm 9,3$ km² pour la section de la baie de Bonavista et de $55,3 \pm 14,2$ km² e t $27,3 \pm 7,5$ km² pour les sections de la baie Blanche et de l'île Seal, respectivement. En général, les valeurs estivales de la CIF étaient inférieures à la normale pour la plupart des années depuis 20 ans. Les anomalies de superficie de la CIF à l'été 2017 étaient au-dessus de la normale pour les sections de la baie Blanche et de l'île Seal plupart des années depuis 20 ans.

proches de la normale pour la sectionde la baie de Bonavista, mais au-dessous de la normale sur les Grands Bancs pour la section du Bonnet Flamand.

Les indices dérivés des données de température et de salinité des sections de l'île Seal, de la baie de Bonavista et du Bonnet Flamand échantillonnés pendant l'été sont présentés à la figure 39 en tant que valeurs normalisées et à la figure 40 et à la figure 41 en tant que séries chronologiques composites. La plupart des indices de température et de salinité représentés, sauf pour la section du Bonnet Flamand, étaient proches de la normale ou inférieurs à la normale, jusqu'à -1,6 ET en salinité dans la baie de Bonavista. Cela contraste avec la majeure partie des années 2000, où les conditions étaient généralement plus chaudes et plus salées que la normale. L'indice composite de la température (figure 40) montre que les conditions les plus froides depuis 1995 ont été observées en 2014, l'indice demeurant sous la normale jusqu'en 2017, alors que la valeur record a été atteinte en 2011. L'indice composite de la salinité (figure 41) montre, sauf pour 2016, des conditions plus douces que la normale au cours des huit années précédentes, la valeur de 2017 étant la plus basse depuis 1991.



Figure 38. Superficie de la couche intermédiaire froide pendant l'été pour les sections de l'île Seal (SI), de la baie Blanche (WB), de la baie de Bonavista (BB) et du Bonnet Flamand (FC), représentée en tant qu'anomalies cumulatives normalisées par rapport à 1981-2010.

	00	04	0		0	0 4	05	0.0	07	0.0	0		•		^	~~		0.0				^	00	00	~	00	00		0.5	00	07	00	00	40	1	π	40	40	44	45	40	47	
SECTEUR ILE SEAL	80	81	8ž	2 8	53	84	82	80	ð/	ŏŏ	8	9 9	0 5	J 1	92	93	94	95) 9	5 9	91	98	99	00	U1	02	03	04	05	Ub	U/	80	09	10	1	11	12	13	14	15	16	1/	MOYENNESD
SUPERFICIE CIF	-0.2	-0.4	1 0.	.8	1.0	1.8	0.9	-0.8	3 0.	7 -0.	3	1	.5	1.6	0.8	0.9	0.8	8 -1.	1 -0	4	1.4	-0.5	-1.8	0.5	-0.4	4 -0.9	-0.3	3 -1.3	3 -1.0) -0.	5 -0.	7 0.2	2 0.8	3 -1.3	3 -1	.5 -	0.4 -	0.6	0.5	0.4	-0.8	0.8	27.27 7.46
TEMPÉRATURE MOYENNE CIF	-0.4	0.9	9	-	1.4	-1.1	-1.6	0.0	- 0.	5 -0.	2	-1	.5 -	0.9	-1.1	-1.4	-0.8	8 1.	70	.5 (0.6	0.3	1.6	-0.4	0.9	9 0.9	0.1	0.9	9 1.4	4 0.	0.2	3 -0.4	4 -1.0	0.8	3 1	.6	0.2	0.9	-1.1	0.0	0.2	-1.0	-0.88 0.21
TEMPÉRATURE MINIMALE CIF	0.0	1.3	B 0.	.1 -	1.3	-1.2	-1.0	0.8	3 0.	2 0.	1	-().9 -	1.2	-0.9	-1.3	-0.7	1.	9 -0	.4 -(0.6	-0.4	1.0	-0.6	0.9	9 -0.6	6 0.0	6 2.	2 0.	9 1.	-0.	2 -0.7	7 -0.3	3 1.1	2	.6 -	0.5	1.4	-1.0	0.1	-0.5	-0.7	-1.50 0.17
TEMPÉRATURE MOYENNE SECTEUR	-0.5	-0.1			·	-1.9	-0.8	3 0.1	-1.	0 -0.	1	-1		1.6	-1.4	-1.4	-0.9	0.	.3 0	.0 (0.6	0.5	0.9	0.0	0.2	2 0.4	1 0.1	7 1.	6 1.) 1.:	2 0.	8 1.1	1 0.1	2 1.2	2 1	.6	0.6	0.6	-0.2	-0.7	0.8	-0.5	1.81 0.50
SALINITÉ MOYENNE SECTEUR	-0.1	3.2	2				-0.4	0.3	3 -0.	1 -0.	7	-1	.3 -	1.5	0.9	-0.7	-1.0	0.	.6 -0	.7 (0.6	0.1	0.7	-1.0	0.1	1 1.1	-0.1	1 1.3	3 0.0	6 0.4	1 0.	0-0.2	2 -0.3	3 -0.2	2 -1	.0 -	0.3 -	0.5	-0.3	-0.9	0.9	-1.2	33.87 0.14
ALINITÉ ZONE CÔTIÈRE PLATEFORM	0.4	2.9	9	-(0.7	-0.6	0.3	3 -0.	0.	4 -1.	4	-().1 -	1.1	0.9	1.0	-0.8	8 0.	.6 -0	.8 (0.5	0.3	1.0	-1.4	0.1	1 0.5	5 0.0	0.0) 1.	1 0.1	2 0.	1 0.4	4 -0.	5 -2.4	-0	.8 -	0.4 -	1.4	-0.4	0.6	0.2	-0.8	32.54 0.24
SECTEUR BONAVISTA																																											
SUPERFICIE CIF		-0.2	2		1.3	2.6	1.1	-0.	5 -0.	7 0.4	4 0	3 1	.9	2.0	0.3	0.8	0.3	3 -0.	.6 -0	.2 -(0.7	0.0	-0.6	0.2	-0.9	9 -0.6	6 -0.1	2 -1.3	3 -1.) -1.:	3 -0.	7 -1.1	1 0.0	-0.6	i -2	.0	0.5 -	0.7	1.0	0.5	0.1	0.1	25.56 9.35
TEMPÉRATURE MOYENNE CIF		0.7	7	-	1.4	-1.3	-0.3	3 0.4	1.	0 1.	0 -1	0 -1	.1 -	1.6	-0.5	-1.2	-0.6	6 0.	.5 1	.2 -(0.5	-1.1	-0.3	-0.1	1.2	2 -0.4	4 -0.4	4 1.4	1.	3 1.	0.	7 -0.3	3 -0.4	1.4	1	.6	0.5	1.8	-1.5	-0.3	-0.4	-0.3	-0.93 0.15
TEMPÉRATURE MINIMALE CIF		1.5	5	-	1.8	-1.5	-0.8	8 0.1	0.	7 0.	8 -0	9 -().8 -	1.1	-0.6	-1.1	-0.8	3 -0.	.2 0	.4 -(0.5	-0.5	0.1	-0.1	0.7	7 0.1	-0.1	2 2.0) 1.	2.	0.	1 -0.2	2 -0.	5 1.0) 2	.8	0.7	0.6	-0.8	-0.9	-0.5	-0.8	-0.93 0.15
TEMPÉRATURE MOYENNE SECTEUR		0.2	2	-	1.1	-1.8	-1.4	0.1	I 0.	5 0.	0 0	1 -1	.6 -	1.6	-1.3	-1.0	-0.9	0.	.0 -0	.4 (0.5	0.4	0.8	0.3	0.2	2 0.2	2 0.	5 1.	1.	1.	6.	8 1.0	- 0.1	0.4	1	.9	1.0	0.0	-0.9	-0.6	-0.2	0.4	-1.60 0.13
SALINITÉ MOYENNE SECTEUR		-0.4	1	-	1.0	-1.7	-1.0	0.3	3 1.	1 -0.	1 0	2 -1	.3 -	1.3	-0.7	-0.4	0.0	0.	.8 -1	.6 (0.7	-0.4	-0.1	-0.1	-0.2	2 1.6	0.4	4 1.	0.	1.	0.	8 2.1	-0.3	-0.9	9 0	.8	0.0 -	0.4	-1.2	-1.0	0.3	-0.7	33.94 0.11
		-0.2	2	(0.7	-0.8	0.2	2 -0.9	0.	4 1.	1 1	0 0).4 -	1.5	-1.4	0.0	0.2	2 -1.	5 -0	.2 -(0.2	-0.6	-2.1	0.4	-0.7	7 1.9	-0.;	3 0.6	6 0.1	7 1.	1.	0 1.1	7 -1.3	-0.1	1 -0).3 -	0.1 -	1.3	0.3	-0.8	-0.1	-1.6	32.97 0.12
SECTEUR BONNET FLAMAND																																											
SUPERFICIE CIF	-0.5	-0.5	0			1.4	0.9	9 1.	-0.	1 0.	5 0	9 ().2	1.6	0.8	1.3	0.3	3 0.	.5 -0	.4 (0.5	-0.3	-0.8	-0.7	-0.2	2 -0.4	4 -0.1	1 -1.9	-0.	6 -1.	0.	1 -0.5	5 0.1	-2.9	9 -2	.9 -	0.2	1.5	0.3	-0.1	-0.1	-0.6	26.52 6.63
TEMPÉRATURE MOYENNE CIF	0.9	1.1		-(0.9	-0.7	-0.5	5 -1.4	-0.	2 -0.4	4 -0	8 -1	.0 -	1.7	-1.2	-1.6	-0.2	2 -0.	.8 0	.9 (0.3	0.6	1.4	1.0	0.9	9 0.2	2 -0.3	3 1.3	3 0.9	9 1.	6.0	3 0.2	2 -0.1	1.7	72	.3	0.8	1.6	-0.4	-0.2	0.0	0.6	-0.79 0.23
TEMPÉRATURE MINIMALE CIF	-0.4	1.6	6			-0.9	-0.9	9 -0.8	3 -0.	9 1.	0-0	8 -0).5 -	1.2	-0.6	-1.1	-0.9	-0.	.4 1	.3 (0.2	-0.5	0.5	0.4	1.	-0.8	3 -0.1	1 0.1	2 0.0	6 0.	3 0.	2 -0.2	2 -0.9	2.8	82	.2	1.0	2.7	-0.7	-1.0	-0.1	0.4	-1.54 0.17
TEMPÉRATURE MOYENNE SECTEUR	0.4	0.8	3	-(0.2	-0.4	-1.2	-0.	5 -0.	5 0.	6 -0	7 -0).7 -	1.3	-1.5	-2.3		-0.	.8 -0	.1 -(0.3	0.5	1.1	0.2		-0.4	1.	3 0.9	9 0.	3 1.	7	0.7	7 0.1	1.0) 1	.7	0.4	0.7	-0.9	-1.0	-0.4	-1.1	3.49 0.49
SALINITÉ MOYENNE SECTEUR	0.1	0.1		-	1.7	-2.7	-1.5	-0.4	1	0.	6 0	6	-	0.5	-0.3	-0.2		0.	.1 0	.0 (0.7	0.3	0.4	-0.4		0.9	9 1.	3 0.1	-0.8	3 1.	2	0.9	-0.4	1 0.6	3 1	.0	0.0	0.0	-0.1	-1.7	-0.9	-0.2	33.93 0.11
	0.8	0.5	5		1.4	-3.3	0.7	-0.7	7	1.	32	0		0.5	-0.8	-0.3	-0.1	-0.	.3 -0	.6	0.2	0.3	0.0	-0.8	-0.8	8 0.6	6 0.1	2 0.0) -0.1	2 1.	0.	7 0.6	6 -0.	5 -0.8	3 -0	.9 -	0.1 -	0.3	-0.1	-0.3	-0.4	-0.7	32.69 0.16

Figure 39. Anomalies normalisées de température et de salinité dérivées des données recueillies le long des sections transversales standards pendant l'été (Figure 2). Les anomalies sont normalisées par rapport à leurs écarts-types sur la période de référence standard. Les cellules grisées indiquent les années pour lesquelles aucune observation n'était disponible.



Figure 40. Indice composite de la température dérivé des données recueillies le long des sections transversales représentées sur la figure 39. Toutes les lignes présentant des anomalies de température sont prises en compte et les signes des superficies de la CIF ont été inversés.



Figure 41. Indice composite de la salinité, dérivé des données recueillies le long des sections transversales représentées sur la figure 39. Toutes les lignes présentant des anomalies de salinité sont prises en compte.

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

Depuis 1971. Le Canada effectue des relevés au chalut de fond dans des strates aléatoires dans les sous-divisions 2 et 3 de l'OPANO du plateau de Terre-Neuve. Les zones à l'intérieur de chaque division ont été divisées en strates représentant une certaine fourchette de profondeur et le nombre de trait de chalut dans une strate a été basé sur une allocation proportionnelle pondérée en fonction de la 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 des ensembles de données océanographiques à grande échelle spatiale pour le plateau de Terre-Neuve et du Labrador. Un relevé est effectué au printemps dans la subdivision 3P de l'OPANO, sur la côte Sud de Terre-Neuve-et-Labrador, et dans les divisions 3LNO, sur les Grands Bancs, et à l'automne dans la division 2HJ, au large du Labrador au nord, dans la division 3KL, au large à l'est de Terre-Neuve-et-Labrador, et dans la division 3NO, sur le sud du Grand Banc. Les données hydrographiques recueillies dans le cadre de ces relevés sont régulièrement utilisées pour évaluer la variabilité spatiale et temporelle de l'habitat thermique de plusieurs espèces de poissons et d'invertébrés. 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, de la variabilité spatiale du volume de la couche intermédiaire froide et de la stratification de la colonne d'eau, ainsi que des cartes spatiales de profondeur de la couche de mélange. 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. Nous présentons ici une nouvelle méthode de calcul de ces paramètres. Bien que la plupart des données employées ici utilisent également des données acquises par le MPO-T.-N.-L. lors des relevés multi-espèces et des campagnes hydrographiques du PMZA, les observations sont

complétées par des données d'autres origines 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.* 2018), 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. Comme les données manquantes de façon linéaire entre les points de grille, et ce pour 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, site web), 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 2017 dont est dérivée la climatologie de 1981 à 2010. Les anomalies pour 2017 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 2017 pour les divisions 3LNOP de l'OPANO, sont présentées à la figure 42 et à la figure 43, respectivement (voir le panneau central pour la couverture de l'occupation des stations). En 2017, les températures au fond dans la division 3L sont généralement inférieures à 0 °C, sauf dans la partie nord et près du talus, où elles varient de 2° à 4 °C. Au centre et au sud du Grand Banc (3NO), les températures au fond ont varié de 0° à 6 °C. Les anomalies de température au fond étaient généralement faibles sur les Grands Bancs, à l'exception de la division 3O, où des anomalies de 1,5 à 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 généralement faibles.



Figure 42. Cartes de la température printanière moyenne au fond de 1981 à 2010 (à gauche), de la température printanière au fond en 2017 (au centre) et des anomalies (à droite), uniquement pour les divisions 3LNOPs de l'OPANO. L'emplacement des observations utilisées pour dériver le champ de température est indiqué par des points noirs dans le panneau central.

Les salinités printanières au fond sont présentées à la figure 43. Dans les divisions 3LNO, elles varient généralement de 32 à 33 au centre du Grand Banc, et de 33 à 35 plus près de la bordure de la plateforme. Dans la division 3Ps, les salinités se situent entre 32 et 33 dans les zones peu profondes et au-dessus de 34,5 dans le chenal Laurentien. Les anomalies de salinité au fond étaient généralement inférieures à ±0,4 dans toute la zone.



Figure 43. Cartes de la salinité printanière moyenne au fond de 1981 à 2010 (à gauche), de la salinité printanière au fond en 2017 (au centre) et des anomalies (à droite), uniquement pour les divisions 2J3KLNO de l'OPANO. L'emplacement des observations utilisées pour dériver le champ de salinité est indiqué par des points noirs dans le panneau central.

Les indices climatiques basés sur les anomalies normalisées de températures printanières entre 1980 et 2017 sont indiqués dans un tableau à codage de couleur sur la figure 44. Dans l'ensemble, les couleurs du tableau mettent en évidence visuellement les deux périodes principales de cette série chronologique, soit la période froide de la fin des années 1980 et du début des années 1990 (cellules essentiellement bleues) et la période chaude du début des années 2010 (cellules essentiellement rouges). Au printemps 2011, dans les divisions 3LNO, aucune partie du fond n'était recouverte d'eau à <0 °C; c'est la seule fois où cela s'est produit depuis que les relevés ont commencé, au début des années 1970 (statistiques non présentées). Cela correspondait à 3,4 ET sous la normale pour une superficie avec de l'eau à moins de 1 °C, soit la plus grande anomalie chaude de la figure 44. Cette période chaude a duré entre 2010 et 2013 avant de revenir à des valeurs normales : entre 2015 et 2017, la superficie du fond couverte par de l'eau à <0 °C n'était que de 0 à 0,2 ET au-dessus de la normale.

Les températures printanières au fond dans les divisions 3LNO étaient généralement inférieures à la normale de 1989 à 1995, les anomalies atteignant plus de 1,5 ET sous la moyenne. Entre 1996 et 2010, les conditions de la température au fond ont alterné entre des températures proches de la normale (1996 et 2001-2003) et légèrement au-dessus de la normale (1998-2000 et 2004-2006). Cette tendance au réchauffement a culminé au printemps 2011 (2,3 ET au-dessus de la normale) avant de redescendre à des valeurs proches de la normale entre 2014 et 2017 (toutes les années à ±0,4 ET de la normale).

Dans la division 3Ps, les températures au fond présentent certaines similitudes avec celles des divisions 3LNO, les années chaudes de 1999-2000 et 2005-2006 étant séparées par une période plus froide entre 2001 et 2004 (2003 étant l'année la plus froide enregistrée depuis 1991 à -1,1 ET). À l'exception de 2007 (froide à -0,7 ET) et 2008 (normale), toutes les années entre 2005 et 2017 ont été

plus chaudes que la normale, l'année la plus chaude étant 2016, à 1,6 ET au-dessus de la normale. L'année 2017 se situait légèrement au-dessus de la normale, à +0.4 ET. Au printemps 2011, la superficie au fond avec de l'eau à <0 °C était la plus petite depuis 1981, à 1,5 ET sous la normale, ce qui correspond également à peu ou pas d'eau au fond à des températures <0 °C. La superficie d'eau <0 °C a augmenté quelque peu ces dernières années, mais elle était près de la normale en 2017 (+0,4 ET).



Figure 44. Indices de température dérivés des données recueillies dans les divisions 3LNO (en haut) et 3Ps (en bas). Les anomalies moyennes de température fond (totale et dans la zone avec des profondeurs sous 200m) et la superficie du fond couverte d'eau au-dessus de 2 °C et en dessous de 1 °C sont présentées. Les anomalies sont normalisées par rapport à leurs écarts-types. Il convient de noter que contrairement au code de couleur de la figure 3, les anomalies de ± 0.5 ET sont affichées sur fond blanc, indiguant des conditions normales. En dessous ou au-dessus de ±0,5 ET, les couleurs sont réglées pour apparaître en bleu plus foncé (négatif) ou rouge (positif) pour chaque incrément de 1 ET.

L'anomalie normalisée moyenne dérivée de la figure 44 est présentée à la figure 45 sous la forme d'un diagramme à barres intégrant les lignes du tableau représentant les des températures moyennes au fond (c.-à-d. sans tenir compte des superficies thermiques). On observe une tendance générale à la hausse de la température au fond du début des années 1990 jusqu'en 2011, mais avec une variabilité interannuelle importante (par exemple, le refroidissement le plus important des deux dernières décennies s'est produit en 2003). Les températures au fond ont atteint des valeurs record en 2011, mais ont connu une tendance à la baisse pour se rapprocher de la normale en 2015. En moyenne, 2017 a été à environ 0,1 ET au-dessus de la normale pour l'ensemble des divisions 3LNOPs.



Température de fond moyenne pour 2J3KLNO - Printemps

Figure 45. Anomalies moyennes normalisées de la température printanière au fond dans les divisions 3LNOPs de l'OPANO. Les valeurs sont la moyenne des lignes de la figure 44 représentant les températures au fond (les superficies des habitats thermiques sont ignorées).

CONDITIONS AUTOMNALES

Les cartes climatologiques automnales de la température et de la salinité au fond, ainsi que les observations et anomalies de 2017 pour les divisions 2J3KLNO de l'OPANO, sont présentées à la figure 46 et à la figure 47, respectivement (voir le panneau central pour la couverture de l'occupation des stations). Alors que les températures au fond demeurent essentiellement proches de la moyenne en 2017 dans les divisions 3K et 3L, les observations montrent des températures légèrement chaudes dans les divisions 2J et 30 (anomalie de + 2,5 °C pour cette dernière) et une anomalie légèrement froide pour l'est du Grand Banc (division 3N) et la partie orientale de la division 3L. Les salinités au fond sont présentées à la figure 47. Dans les divisions 2J et 3K, le gradient de salinité entre les eaux côtières et extracôtières est généralement compris entre <33 dans les eaux côtières et 34 à 35 près de la bordure de la plateforme. La salinité au fond sur les Grands Bancs a varié de <33 à 35, les valeurs les plus faibles se trouvant le long du talus. Les anomalies de salinité au fond étaient généralement inférieures à la normale dans les divisions 2J3KL (anomalie de faible salinité dépassant -0,6 unité dans certains sections) et supérieures à la normale dans les divisions 3NO, en particulier à l'extrémité et dans la partie sud-ouest du Grand Banc.



Figure 46. Cartes de la température automnale moyenne au fond de 1981 à 2010 (à gauche), de la température automnale au fond en 2017 (au centre) et des anomalies (à droite), uniquement pour les divisions 2J3KLNO de l'OPANO. L'emplacement des observations utilisées pour dériver le champ de température est indiqué par des points noirs dans le panneau central.



Figure 47. Cartes de la salinité automnale moyenne au fond de 1981 à 2010 (à gauche), de la salinité automnale au fond en 2017 (au centre) et des anomalies (à droite), uniquement pour les divisions 2J3KLNO de l'OPANO. L'emplacement des observations utilisées pour dériver le champ de salinité est indiqué par des points noirs dans le panneau central.

Les anomalies normalisées de la température au fond et d'autres indices dérivés sont présentés à la Figure 48. Les patrons de variation à basse fréquence temporelle sont généralement cohérents d'une région à l'autre, avec quelques exceptions selon les années. Dans la division 2J, les températures au fond étaient généralement inférieures à la normale de 1980 à 1995, les anomalies les plus froides ayant été observées en 1984-1985 (-2,1 à -1,7 ET) et en 1992-1993 (-1,6 ET). L'anomalie la plus chaude s'est produite en 2010-2011 avec des valeurs atteignant un sommet record de 1,8 ET audessus de la normale. En 2016, les températures au fond étaient de 0,6 ET au-dessus de la normale, mais elles sont revenues à la normale en 2017. Dans la division 3K, les températures au fond ont atteint un niveau record en 2011 (+2,3 ET), mais elles ont diminué ces dernières années pour s'établir à environ -0,4 ET sous la normale en 2017. En 2017, les températures au fond étaient légèrement froides dans les divisions 3LNO (-1,1 ET), le niveau le plus froid depuis 1994.



Figure 48. Indices de température dérivés des données recueillies dans les divisions 2J (en haut), 3K (au milieu) et 3LNO (en bas). Les anomalies sont normalisées par rapport à leurs écarts-types. Il convient de noter que contrairement au code de couleur de la figure 3, les anomalies de ± 0.5 ET sont affichées sur fond blanc, indiquant des conditions normales. Le code de couleur est similaire à celui de la figure 44.

L'anomalie normalisée moyenne dérivée de la figure 48 est présentée à la figure 49 sous forme d'un diagramme à barres intégrant toutes les lignes des tableaux, sauf l'habitat thermique >2 °C. Présentée de cette façon, la figure illustre bien les tendances à basse fréquence mentionnées plus haut (demicycle d'environ 15 ans) avec une température plus froide entre le début des années 1980 et le milieu des années 1990, suivie d'une période plus chaude jusqu'à la fin des années 2010. Depuis le sommet record atteint en 2011, les températures ont diminué sensiblement pour revenir à des valeurs proches de la normale en 2014 et en 2015, quelque peu chaudes en 2016, mais elles ont baissé jusqu'à la normale au printemps et sous la normale à l'automne 2017 (le plus froid depuis 1994, comme nous l'avons déjà mentionné). Il sera intéressant de voir si le retour vers des anomalies de froid après le pic de 2010 et 2011 se poursuivra dans les prochaines années.



Figure 49. Anomalies moyennes normalisées de la température automnale au fond dans les divisions 3LNOPs de l'OPANO. Les valeurs sont la moyenne de toutes les lignes de la figure 47, sauf pour l'habitat thermique >2 °C.

SOUS-ZONES DES PLATEAUX DE TERRE-NEUVE ET LABRADOR

Drinkwater et Trites (1986) ont examiné les températures et salinités sur le plateau de Terre-Neuve à partir de données historiques mensuelles moyennées à l'intérieur de boites de forme irrégulière correspondant généralement à des caractéristiques topographiques comme les berges, les bassins et les régions en pente. L'Institut océanographique de Bedford (IOB) a affiné ces zones et les a étendues au plateau continental du Labrador dans le cadre de la base de données sur le climat océanique. Il y a 25 zones définies sur le plateau continental du Labrador (figure 50) et 40 sur le plateau de Terre-Neuve (figure 51).

En utilisant une approche similaire à celle de la section précédente, p. ex. en utilisant toutes les données disponibles dans la base de données du SDMM, la température au fond pour chaque profil est calculée en tant que valeurs proches du fond si elle se situe à moins de 20 % de la profondeur de l'eau à l'endroit en question, sans quoi elle est rejetée. Contrairement à la section précédente, cette méthode n'utilise pas la bathymétrie GEBCO, mais plutôt la profondeur mesurée par l'échosondeur du navire et saisie manuellement dans les fichiers de données. La moyenne mensuelle des données sélectionnées dans chaque zone a été calculée, et les anomalies annuelles ont ensuite été calculées à partir des valeurs mensuelles et normalisées selon l'écart-type des anomalies annuelles pendant la même

période de référence. Les données n'étaient pas disponibles pour chaque mois dans chaque région, et certaines zones ne disposaient pas de données suffisantes pour établir une série chronologique. En fait, certaines estimations annuelles sont basées sur seulement trois valeurs mensuelles. Par conséquent, la série chronologique peut montrer des pics qui correspondent à une variabilité temporelle ou spatiale à haute fréquence et peuvent mal représenter les moyennes annuelles d'une année donnée.



Figure 50. Zones du plateau continental du Labrador où les températures au fond ont été analysées. Les chiffres de chaque zone correspondent aux zones énumérées ci-dessous dans la figure 32.



Figure 51. Zones du plateau de Terre-Neuve où les températures au fond ont été examinées. Les chiffres correspondent aux zones énumérées ci-dessous dans la figure 50.

TEMPÉRATURES AU FOND SUR LE PLATEAU CONTINENTAL DU LABRADOR

Une série chronologique des anomalies annuelles normalisées de la température au fond pour les zones du plateau continental du Labrador sont présentées dans la figure 52 et répétées dans la figure 53 sous forme de graphique cumulatif pour toutes les zones. Au cours de la dernière décennie, la plupart des zones présentaient des anomalies positives comparativement à la plupart des anomalies négatives de la décennie précédente. En 2017, seulement 3 des 21 zones pour lesquelles on disposait de données suffisantes affichaient des valeurs supérieures à la normale (anomalies avec un écart-type > 0,5), tandis que 11 des 21 zones affichaient des valeurs proches de la normale (anomalies avec un écart-type \pm 0,5), comparativement à 2011 où 19 des 21 zones affichaient des températures nettement supérieures à la normale (anomalies positives avec un écart-type > 0,5). En général, les températures au fond sur le plateau continental du Labrador affichaient une tendance à la hausse depuis le début des années 1990, étant les plus froides en 1993 et les plus chaudes en 2011, la plupart des années depuis 1997 affichant des valeurs cumulatives supérieures à la normale (figure 53). Depuis le sommet

SOUS-SECTEUR	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	MOYENNE	SD
02 Nord de la plateforme du Labrador	-0.4	0.3	0.8	-2.4				-0.1				-1.0		-1.5			-0.4	1.	4 -0.4	0.	4 -1.3	-0.9		-1.5	0.2	0.7	-0.1	0.2	1.7	-0.6	0.3	2.8	1.1	-0.4	1.0	0.7	-0.1	0.7	3.45	0.41
U3 Centre de la zone cotiere du	-0.8	-0.1	-0.3	-0.7	-0.8	-1.6	-0.8							-1.()		0.2	2 0.1	2 0.3	0.	7 -0.1	0.7	-0.8	2.1	-0.5	0.1	0.7		2.8	-0.8	-0.3	2.0	0.2	0.1	-0.5	0.2		-1.1	-0.06	0.45
05 Zone côtière du Labrador	-0.1	1.1	0.4	-1.3	-1.4	-1.6	0.5	-1.2	-0.1	-0.5	-1.0	-0.9	-1.3	-1.1	-0.8	3 1.	0.4	0.	3 1.9	0.	3 0.2	0.3	0.1	0.2	1.9	1.2	0.0	0.8	0.9	1.4	1.2	2.2	0.1	1.2	-0.7	0.1	0.9	0.8	-0.61	0.52
06 Fosse du Labrador	0.2	0.4	-1.1	-0.9	-0.8	-1.6	0.0	-0.8	0.9	-0.4	-1.1	0.0	-0.9	-2.4	-0.5	-0.	5 0.0	1.	2 1.	1.	4 0.1	0.4	1.2	0.6	1.0	0.3	0.4	2.0	-0.4	-0.9	1.0	1.8	0.2	1.6	0.5	-0.2	0.1	-0.3	1.02	0.57
07 Banc de Belle-Isle	-0.1	0.4	-0.6	-0.1	-2.1	-2.6	-0.5	-0.7	0.5	-0.6	-0.7	0.3	0.2	-0.7	-0.6	-0.4	4 0.4	0.1	8 0.8	1.	2 0.9	0.7	-0.1	0.8	1.4	0.9	0.1	0.9	1.0	2.0	-1.5	2.1	1.3	0.4	-0.3	0.3	-0.1	-0.2	2.79	0.56
08 Ensellement Hawke	0.7	0.4	-0.1	0.5	1.0	-1.5	-0.8	-1.6	0.1	-0.9	-0.1	-0.7	0.7	-1.9	-13	0.	3 -0.2	2 0.1	7 1.8	0.	7 1.5	0.9	0.2	0.2	0.6	0.5	1.3	1.0	1.3	1.6	-1.0	2.8	1.8	1.7	1.4	-0.2	0.7	0.2	3.22	0.31
09 Banc Hamilton	-0.4	0.7	-1.3	-1.8	-1.0	-1.2	0.7	-1.1	0.9	1.4	-1.0	0.2	-0.5	-1.6	-0.9	-0.	3 0.0	1.	3 0.8	0.	2 -0.6	0.9	-0.1	0.4	1.6	1.4	0.4	1.2	0.3	-0.3	1.9	2.0	0.0	0.7	-0.2	0.6	1.0	-0.7	1.36	0.64
10 Ensellement Cartwright	0.7	0.0	-0.7	-1.0	-1.5	-1.2	0.6	-0.5	-0.2	0.6	-0.9	-0.7	-0.3	-12	1.0)	0.2	2 1.4	4 0.9	0.	B 1.0	1.2	-1.0	1.4	2.2	0.9	1.1	1.6	0.3	0.2	1.2	2.3	1.8	0.6	-0.6	0.7	0.2	-0.6	2.14	0.78
11 Fosse centrale du Labrador	-0.4	-0.3	0.3	-0.2	-0.2	-1.9	0.3	0.2	0.1	-0.4	-0.2	-0.4	-0.1	-0.9	-0.5	5 1.	3 -0.1	-17	4 1.2	0.	0 -0.9	-1.8	-1.6	0.4	0.7	-0.2	2.5	1.9	1.1	0.1	1.2	0.7	0.4	0.0	-1.2	0.0	1.1	-0.6	0.92	0.59
12 Banc Makkovik	-0.2	1.0	-0.1	-1.5	-2.6	-0.4	0.3	-0.4	0.1	-0.2	-0.5	0.9	-0.6	-1.6	-0.7	7	-1.1	0.8	8 0.1	0.	7 0.4	-0.5	2.2	-0.2	1.9	1.3	-0.2	0.7	0.6	-0.1	0.7	2.4	0.0	-0.2	-0.2	0.1	0.8	-0.1	0.78	0.71
13 Ensellement Hopedale	0.6	1.0	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.2	-0.9	0.7		-2.1	0.9		1.			-0.2	2 -1.	0 -0.4	-0.	1 -2.2	-0.3	0.9		-0.6		-0.2		0.6	1.3	1.5	0.7	-0.6	1.0	-0.6	-0.4	-1.9	-0.4	2.60	0.45
14 Nord de la fosse du Labrador	0.7	0.4	0.0	0.0	0.1	-1.4	0.5	0.0	0.3	-0.4	0.3	-0.7		-2.4			0.3	3 0.5	5 0.7	-0.	1 -1.0	0.1	-1.8	0.1	1.2	1.1	0.6	-2.4	0.6	1.7	1.1	1.4	0.8	1.1	1.2	0.9	0.8	0.8	2.73	1.01
15 Banc Nain	1.2	0.6	-1.2	-2.2	-1.9	-0.4	2.3	-0.9	0.0		-0.1	-0.7	1.3	-0.4			1.4	0.4	4 0.3	0.	4 0.3	0.4	0.4	0.5	1.5	-0.3	-0.6	0.0	-0.4	-0.7	1.5	2.6	0.1	-1.4	3.6	2.3	3.0	0.2	0.02	0.58
16 Banc Okak	0.5	0.4	-1.0	-1.7		-0.3	3	0.6	0.3			-1.2	-1.9				0.4	-0.1	1 1.	0.	3					0.8	-1.7	0.7	1.1	0.0	0.3	0.9	0.9	-1.1	-1.0	-0.1	-0.7	-1.2	1.66	1.03
17 Banc Saglek	0.1	1.6	-1.0	-2.3		1.4	0.4	0.3	0.1			-1.1	-1.3				-0.8	8 0.9	9 1.1	0.	1					0.3	-0.4	0.8	1.1	-0.4	0.4	1.8	0.1	-0.7	1.2	1.4	1.5	-0.8	0.72	0.66
18 Talus Saglek	-2.3	0.4	-1.1	-0.1	-1.4	-0.7	-2.2	0.0	-0.1		-0.3	-0.6	-0.6				-0.8	8 0.1	7 0.3	2.	1 2.0		-1.3		0.3	-0.6	-0.1	1.1	1.1	0.4	0.5	2.0	1.0	-0.8	0.7	-0.4	-0.3	-1.8	3.71	0.30
21 Talus Nain	-0.2	-0.7	-1.3	-0.6	0.2	-1.7	-0.1	-0.5	-0.5	-1.1	-2.7	-0.7	0.9	0.2			-0.5	5 -0.0	6 1.0	1.	0 -0.2	0.2	-0.4	0.9	0.9	0.2	0.8	1.4	0.6	1.9	0.7	1.4	1.5	1.0	-0.2	1.0	-0.1	-0.3	3.49	0.32
22 Talus Makkovik	-0.8	0.0	-1.5	0.5	-1.3	-0.3	0.4	0.2	-0.4	-0.5	-0.7	0.2	-0.8	-3.9	-0.5	5 -1.	3 0.1	0.	3 0.4	1.	2 0.2	0.3	0.4	0.8	0.9	0.7	0.5	0.3	0.5	1.2	0.7	1.2	1.1	1.3	0.8	0.0	0.1	0.3	3.39	0.30
23 Zone hauturière Makkovik	-1.1	0.2	1.1	0.7	1.3	0.4	0.1	0.2	0.0	-2.3	-0.1	-0.3	-1.0	-3.2	- 1.2	2 0.1	1 0.5	5	0.1	-0.	2 1.8	1.1	0.3	0.2	0.4	-0.4	-0.9	-0.2	-0.3	0.4	-1.1	-0.7	-1.0	-0.6	-0.6	0.0	-0.5	0.0	3.19	0.35
24 Zone hauturière Hamilton	-0.1	0.8	-5.2	-0.5	0.1	0.5	i 0.2	0.0	0.4	0.0	-0.2	-0.4	-0.4	-0.7		-0.	3 -0.2	2 0.0	0 0.1	-0.	1 0.0	0.6	-0.3	0.2	-0.1	0.2	0.1	-0.2	0.1	0.1	0.0	-0.1	0.2	0.1	0.0	-0.1	-0.2	0.3	3.07	0.65
25 Talus Hamilton	-1.4	0.9	-0.9	0.8	-1.4	-0.8	-0.3	-1.1	-0.1	-0.8	-0.1	-0.4	-0.1	-0.3	-0.3	3 -0.3	2 -0.8	8 0.1	1 0.4	0.	0.0	0.3	-0.5	0.6	1.1	0.8	1.2	1.9	3.3	2.2	0.3	1.2	1.4	0.6	0.7	-0.4	1.1	0.2	3.45	0.25

atteint en 2011, les températures au fond sur le plateau continental du Labrador ont diminué, 2017 affichant des conditions inférieures à la normale pour la première fois depuis 2003.

Figure 52. Anomalies normalisées de la température au fond pour le plateau continental du Labrador obtenues à partir des données provenant de la plupart des zones indiquées dans la figure 31. Les anomalies sont normalisées par rapport à leurs écarts-types sur la période de référence standard 1981-2010 et codées par couleurs selon la figure 3. Les cellules grisées indiquent les années pour lesquelles il n'y a pas eu d'observations.



Figure 53. Anomalies cumulatives des températures de fond basées sur les valeurs présentées dans la figure 32 pour le plateau continental du Labrador.

TEMPÉRATURES AU FOND SUR LE PLATEAU DE TERRE-NEUVE

De même, les anomalies annuelles normalisées de la température près du fond pour les zones du plateau de Terre-Neuve sont présentées dans la figure 54 et répétées dans la figure 55 sous forme de série chronologique cumulative. Les tendances sont semblables à celles du plateau continental du Labrador, les températures au fond étant pour la plupart supérieures à la normale depuis 1999. En 2017, 17 des 35 zones présentaient des températures proches de la normale (anomalies avec un écart-type ± 0,5), comparativement à 2011 où 31 des 35 zones présentaient des valeurs nettement supérieures à la normale (anomalies positives avec un écart-type > 0,5). Le graphique composite (figure 55) montre une tendance à la hausse depuis le début des années 1990, atteignant le sommet record de la série en 2011 lorsque 20 des 35 zones étaient au-dessus de la normale avec un écart-type de plus de 2. En 2012, les températures au fond de la plateforme de Terre-Neuve étaient au deuxième rang des plus élevées depuis 1980 et au quatrième rang en 2013. Les valeurs de 2014-2017 ont diminué mais sont demeurées légèrement supérieures à la moyenne à long terme.

SOUS-SECTEUR	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	80	09	10	11	12	13	14	15	16	17	MOYENN	IE SD
26 Talus Funk	-0.1	0.0	-0.5	1.1	-0.5	-2.1	-1.0	-0.4	-0.9	-1.8	0.0	0.1	-0.9	0.2	0.8	-1.0	-0.8	-0.1	0.2	3.3	0.3	-0.4	-0.8	-0.3	0.9	1.0	0.5	0.8	0.9	-0.1	0.5	1.3	0.3	0.8	0.4	0.8	-0.	4 0.0	3.4	1 0.23
27 Île Funk	0.7	0.4	0.3	-0.9	-0.7	-1.9	-1.8	-0.3	0.1	-0.9	-1.1	-0.2	-0.6	1.4	-1.2	-0.4	-1.0	0.5	0.6	0.9	1.1	1.0	0.3	1.2	2.6	0.9	0.4	0.8	1.2	-0.3	-0.2	2.5	0.7	1.4	0.9	0.8	0.1	1 -0.5	2.8	2 0.41
28 Baie Blanche	0.5	1.4	0.3	-0.2	-0.3	-0.7	1.5	-0.7	-0.2	-0.5	-1.2	-0.7	-1.9	-0.8	-0.8	-1.1	-0.9	0.0	0.6	1.2	-1.7	-0.5	-0.5	0.4	0.8	2.3	1.1	1.3	0.7	-0.9	-0.5	3.0	0.1	1.5	-0.4	0.1	-1/	0-0.7	0.7	6 0.46
29 Bonavista	1.5	1.4	0.5	-1.3	1.6	-0.9	-0.4	1.1	0.4	-1.8	-1.0	-1.0	-0.9	-2.0	-1.2	-0.9	-0.2	0.5	-0.4	0.7	0.2	0.2	0.7	-0.4	1.1	0.1	1.0	2.0	0.0	0.5	0.6	2.7	0.6	0.1	-0.5	0.0	-1.	2 0.3	0.9	1 0.50
30 Plateforme du nord-est de Terre-																																								
Neuve	0.6	-0.4	-0.1	-0.2	-2.0	-1.9	-1.4	-0.3	-0.6	-0.4	-1.1	0.0	-0.5	-0.9	-1.3	-0.1	0.2	0.7	1.1	1.2	0.7	0.9	0.6	0.3	1./	1.2	1.2	1.2	1./	-0.6	0.7	2.5	1.4	0.7	-0.3	0.4	-0.	(0.1	2.5	4 0.52
31 Baccaliu	1.2	0.7	-0.1	-0.9	-1.0	-0.9	0.0	-0.3	-0.2	-1.1	-1.2	-1.4	-1.0	-1.2	-1.0	-0.4	2.1	1.7	1.4	1.1	0.9	0.0	0.3	-0.2	1.1	0.8	1.2	0.9	-0.4	-0.8	1.5	2.1	1.1	0.3	-1.0	-0.6	-0.	9 -0.3	-0.3	2 0.61
32 Talus Nord	0.2	1.4	0.0	-0.7	-1.1	-1.2	0.1	-0.7	1.0	-1.0	-1.3	-0.8	-0.9	-1.3	-0.6	-0.7	0.6	0.9	1.0	1.4	0.4	0.0	0.4	-0.4	1.3	1.6	2.0	0.5	1.0	-1.1	1.3	2.6	0.8	0.3	-0.6	-1.1	-1.	-0.3	-0.1	7 0.51
33 Talus Nord-Est	0.4	-0.5	-0.1	-1.0	-1.5	-2.4	-1.0	0.3	-1.1	-0.1	-0.9	-0.9	-0.8	-0.9	-0.2	0.7	0.0	1.0	0.9	1.0	0.9	0.7	0.6	0.6	1.6	1.2	1.4	0.9	1.2	0.9	1.1	2.1	1.4	0.3	0.3	0.2	0.4	4 -0.2	2.5	1 0.65
34 Zone hauturière Funk	-0.3	0.4	-0.1	0.7	0.3	-0.1	-0.4	0.1	-0.2	-0.5	-1.3	0.2	-0.4	0.2	0.0	-0.5	-0.5	-0.1	-0.3	2.5	-0.2	-0.5	-0.2	4.4	0.0	-0.6	-0.1	-0.1	-0.3	0.0	-0.2	0.0	1.6	0.0	-0.4	-0.1	0.0) -0.5	3.4	8 0.55
35 Passe Flamande	0.2	0.2	0.0	0.5	0.6	0.9	-2.0	-0.3	0.2	-2.5	-1.1	0.3	-0.5	0.1	0.3	-1.6	-0.5	-0.6	0.3	0.6	0.7	0.1	0.2	-0.3	0.0	0.8	1.4	1.5	1.2	2.0	1.6	1.3	1.4	1.4	1.5	0.6	0.	5 1.0	3.5	4 0.27
36 Bonnet Flamand (talus Ouest)	0.5	0.0	-0.4	1.1	1.7	0.5	-0.2	-0.6	0.0	-0.6	-2.4	0.5	-1.4	-0.5	-0.8	-1.5	-1.0	-0.8	0.2	0.8	1.1	-0.1	-0.3	-0.5	0.4	0.3	0.6	0.2	1.6	2.5	0.5	6.6	2.4	2.5	0.7	2.0	1.	3 0.8	3.7	5 0.28
37 Bonnet Flamand (talus Nord)	0.5	0.3	-0.2	1.1	1.5	-0.3	-0.1	-0.3	0.5	-1.4	-1.1	-0.8	-1.7	-0.8	-0.2	-0.7	-0.8	-0.4	-0.4	2.0	0.8	0.2	-0.1	-0.7	-0.1	0.1	0.8	0.4	1.9	1.7	2.2	2.6	1.6	1.2	1.2	0.9	0.	8 0.3	3.6	5 0.31
38 Centre du Bonnet Flamand	0.4	0.3	-0.2	0.3	0.1	-0.2	-1.1	-0.4	0.4	-2.2	-1.6	-1.3	-1.0	-0.4	-1.9	-0.8	-0.3	-0.1	0.7	1.4	0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.9	1.7	0.8	0.0	1.1	0.7	2.2	1.0	0.3	0.6	-1.2	-1.2	-0.	3 -0.3	3.3	4 0.62
39 Bonnet Flamand (talus Est)	-0.2	-0.6	-0.1	0.5	1.2	-0.5	-0.2	-0.6	-0.5	-0.6	-1.4	3.2	-0.5	-0.7	-1.3	-0.9	-1.3	-0.8	-0.2	0.2	0.3	0.2	-0.1	-0.5	0.0	0.5	0.6	0.6	0.9	1.3	2.2	1.2	1.4	1.5	0.9	1.1	0.	<mark>8</mark> 0.5	3.7	1 0.37
44 Talus Est	1.5	0.7	0.8	1.1	-0.1	-2.0	-1.0	-0.4	-1.2	-0.1	-2.5	-0.7	-0.8	0.6	-1.0	0.1	-0.7	0.0	1.5	0.5	1.0	0.9	0.6	1.0	1.4	1.4	-0.1	0.5	0.9	0.8	1.0	1.6	0.4	0.5	1.1	0.8	1.	5 1.0	2.4	4 0.62
45 Bordure Nord-Est	-0.3	0.2	0.2	-0.9	-1.0	-1.2	1.3	0.3	-0.3	-0.6	-1.3	-1.1	-1.1	-1.6	-1.0	-0.8	0.5	1.4	0.8	1.2	0.0	0.6	-0.4	-0.1	1.7	0.6	1.8	0.8	0.3	-0.8	1.8	3.4	1.0	0.7	-0.6	-0.8	-1/	0-0.7	-0.2	8 0.51
46 Nord-Est du Grand Banc	0.1	0.6	0.7	0.0	-1.0	-0.4	-0.7	-0.2	0.0	-0.4	-0.1	-0.8	-0.7	-1.1	-1.0	-0.3	0.2	-0.5	0.2	1.2	-0.3	-0.1	0.3	-0.1	4.4	0.0	0.8	-0.4	-0.2	0.9	1.0	1.2	0.3	0.8	-0.1	0.3	1,	3 -0.9	0.1	6 0.87
47 Nord-Est du chenal d'Avalon	0.5	1.2	0.5	-0.4	-0.8	-0.7	-0.7	0.5	-0.1	-0.9	-1.4	-1.4	-1.2	-1.7	-1.2	-0.7	0.5	0.7	0.9	1.3	0.4	0.2	-0.1	-0.4	2.1	1.0	1.8	0.3	0.3	-0.3	1.8	2.9	1.9	1.0	-1.0	-0.7	-0.	5 -0.3	-0.6	5 0.43
48 Nord du chenal d'Avalon	0.1	0.8	-0.3	-0.8	-1.0	-1.5	-0.6	0.1	-0.4	-0.7	-1.1	-1.4	-1.1	-1.5	-1.4	-0.5	0.4	0.8	0.7	1.0	0.5	0.6	-0.1	0.2	1.9	1.5	2.1	0.6	0.1	-0.3	1.5	3.3	1.2	1.0	-0.7	-0.7	-0.	2 -0.7	-0.8	2 0.38
49 Sud du chenal d'Avalon	0.1	-0.1	0.6	-1.5	-0.8	-1.0	-0.8	-0.8	0.8	-1.2	-0.8	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	0.1	1.3	-0.3	1.1	-0.5	0.7	0.6	-0.3	-0.6	1.5	1.4	2.5	-0.7	-0.1	0.3	1.0	3.1	2.1	1.3	-0.5	0.3	0.	4 -0.4	-0.7	6 0.45
50 Nord-Ouest du Grand Banc	0.5	1.8	0.1	1.5	-0.8	-0.3	0.7	0.1	-0.2	-0.5	-0.5	-1.7	-1.5	-2.0	-1.5	0.4	0.3	-0.8	1.0	1.6	0.0	0.5	0.1	-0.8	1.3	1.2	1.1	-0.1	-0.7	0.2	1.0	2.0	0.8	1.5	-0.4	0.6	1,	4 0.4	0.1	6 0.50
51 Sud-Ouest du Grand Banc	0.3	0.1	0.1	3.5	-0.1	-0.8	-0.2	0.0	-0.2	-0.5	-1.0	-0.7	-1.1	-0.6	-0.9	0.4	0.2	-0.8	0.0	0.8	0.4	0.0	-0.4	-0.4	3.3	0.0	0.3	0.4	-0.2	0.1	0.6	0.8	0.8	0.7	0.3	0.0	0.	3 0.0	2.1	5 1.46
52 Sud-Est du Grand Banc	0.6	1.1	0.1	2.1	0.1	-0.6	-0.3	-0.4	-0.9	0.7	-0.9	-0.5	-1.7	-1.7	-0.5	-0.2	0.1	-0.3	1.1	2.1	0.2	-0.4	-0.8	-1.0	1.4	-0.3	0.7	0.3	-1.2	1.6	1.2	2.1	0.6	0.6	-0.7	0.2	-0.	7 0.0	2.1	.1 0.63
53 Talus Sud	0.5	0.8	-0.8	3.0	-0.8	-0.2	0.7	0.0	-0.1	0.4	-1.6	-1.7	-1.8	0.3	0.5	0.1	-0.6	-0.9	1.2	0.8	1.6	0.0	-0.3	0.5	0.6	1.0	-0.1	-0.1	-0.6	1.1	0.3	1.7	1.3	0.6	0.8	1.5	-0.	5 0.8	3.6	9 1.05
54 Talus Sud-Ouest	-0.3	-0.1	-1.8	0.0	1.0	-1.1	0.9	0.2	1.4	-0.4	-1.4	-2.5	-0.9	1.6	-0.1	1.3	0.9	-0.6	-0.3	1.4	0.4	0.6	0.0	0.0	-0.5	0.9	1.2	-0.6	-0.8	1.3	0.3	2.5	1.7	3.0	0.5	1.5	0.	J 1.1	4.9	2 0.85
55 Banc de la Baleine	-0.1	1.7	0.0	3.5	1.1	-0.7	1.4	-1.0	1.6	-0.6	-0.6	-0.8	-0.8	-0.3	-1.5	-0.6	0.3	-0.5	0.3	1.2	0.0	-0.2	0.0	-0.6	0.3	0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.1	0.2	1.7	1.8	0.7	-0.5	-0.4	0.	4 0.5	0.3	.9 0.83
56 Chenal de l'Aiglefin	-1.0	-0.1	0.1	0.1	-0.1	-1.4	1.0	-0.5	0.5	0.5	-1.2	-0.5	-0.9	0.6	-1.7	0.5	-0.5	0.3	-0.2	1.2	-0.5	2.0	-0.7	0.2	3.4	-0.4	0.3	-1.0	-0.1	0.8	0.8	6.1	3.4	2.0	-2.3		0.1	3 -0.1	-0.3	6 0.56
58 Talus du chenal du Flétan	-2.9	0.8	-0.8	0.4	1.0	-0.4	0.1	-0.5	0.0	-0.4	-1.3	-0.6	0.3	-0.9	-0.4	-0.7	0.7	-0.1	0.6	1.7	0.7	3.6	-0.1	-0.9	-1.1	0.8	-1.7	-0.1	-0.4	0.2	0.1	0.9	0.9	1.3	0.4	0.0	0.	7 2.1	4.6	1 1.20
59 Banc à Vert	1.1	2.7	0.0	0.2	1.8	-1.4	-1.1	-0.3	-0.3	-0.7	-1.5	-1.1	-0.8	-1.2	-1.6	0.2	0.4	-0.3	0.6	0.5	1.5	0.8	0.0	-0.5	0.9	0.5	1.2	0.6	-0.2	0.2	1.1	5.5	1.2	1.8	-0.4	0.9	0.	9 0.5	-0.6	4 0.54
60 Chenal du Flétan	-0.9	0.7	-0.8	0.5	0.5	0.2	-0.1	-0.9	-0.1	-0.1	-1.0	-0.5	-0.4	-0.9	-1.5	-1.1	2.0	0.0	0.0	0.9	2.3	1.3	1.2	-0.7	-0.2	0.5	-1.5	-0.9	-1.0	1.8	-0.3	0.0	-0.3	0.2	1.4	2.0	0.	5 -0.3	0.9	2 1.41
61 Chenal de Saint-Pierre	-0.5	-0.2	-1.2	0.6	0.0	-0.7	-1.0	-0.7	0.8	-0.2	-1.2	-0.9	-0.2	-1.2	-1.2	-1.5	0.3	3.3	-0.5	0.4	0.8	-0.5	-0.2	-1.3	0.6	0.4	0.5	0.4	0.7	0.8	1.3	2.1	1.5	0.7	1.4	4.5	0.1	0 -0.1	-0.5	7 0.43
62 Banc de Saint Pierre	-1.6	-0.1	-0.9	0.0	1.5	-0.8	-1.3	-1.0	0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.0	-0.6	-0.4	-0.3	0.0	-2.0	-1.2	1.5	0.1	-0.6	0.5	-1.6	-0.5	1.5	1.6	-0.8	-0.1	0.4	2.4	1.5	-1.7	-0.5	-0.1	-0.3	0.	ô -0.4	1.6	2 0.66
63 Chenal Hermitage	-2.3	2.6	-0.3	-0.3	0.6	1.4	1.7	0.3	-2.1	-1.7	-0.6	-1.6	-0.3	0.6	0.7	0.1	-0.1	0.6	-0.8	0.3	0.8	-1.0	0.6	-1.4	0.2	0.1	0.4	-0.4	0.5	0.0	1.0	0.4	1.1	0.0	2.1	1.3	1,	8 1.8	5.2	5 0.79
64 Banc Burgeo	-5.0	0.6	1.0	0.3	0.4	1.7	1.8	-0.2	-0.4	-1.1	-0.1	-1.4	-1.9	-0.3	0.6	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	0.8	-0.8	-1.6	0.0	-2.8	-0.9	0.4	1.2	0.1	0.0	0.9	-0.1	2.1	1.6	1.1	0.9	-0.2	0.0	0 -1.4	3.5	9 0.71
65 Chenal Laurentien	-1.0	1.6	-2.9	0.5	1.8	-0.3	-1.3	-0.3	0.4	-0.9	-1.3	-0.3	-0.1	0.3	-1.3	1.0	1.3	-0.6	0.5	-0.4	1.1	0.6	-0.1	-0.5	-1.3	-0.3	0.8	-1.4	-0.4	0.5	0.1	-0.2	2.8	4.0	1.7	2.5	1.	2 2.4	4.9	5 0.44

Figure 54. Anomalies normalisées de la température au fond de la plateforme de Terre-Neuve pour la période de 1981 à 2010.



Figure 55. Anomalies cumulatives des températures au fond basées sur les valeurs présentées dans la figure 50 pour les zones du plateau de Terre-Neuve indiquées dans la figure 34.

COUCHE INTERMÉDIAIRE FROIDE ET ÉPAISSEUR DE LA COUCHE DE MÉLANGE DE LA PLATEFORME DE TERRE-NEUVE

Les profils de température et de densité disponibles pour chaque sous-zone ont également été utilisés pour calculer l'étendue verticale de la couche intermédiaire froide (CIF) et l'épaisseur de la couche de mélange. L'épaisseur de la masse d'eau de la CIF a été estimée à partir de la profondeur du haut et du bas de la masse d'eau avec des températures < 0 °C. Dans certains cas, plusieurs franchissements à 0 °C ont été inclus dans l'estimation de l'épaisseur totale. L'épaisseur de la couche de mélange a été estimée à partir des profils de densité comme étant la profondeur du gradient de densité maximal semblable aux estimations de la station 27. Comme pour la température au fond, la moyenne mensuelle des valeurs dans chaque zone a été calculée, et les anomalies annuelles ont ensuite été calculées à partir des valeurs mensuelles et normalisées selon l'écart-type des anomalies annuelles pendant la même période de référence. La série chronologique des valeurs de la CIF indiquées dans la figure 56 montre une tendance à la baisse de la quantité d'eau de la CIF depuis le début des années 1990, la plupart étant sous les valeurs normales depuis 1996, tandis que l'épaisseur de la couche de mélange affiche une tendance à la hausse de la profondeur du gradient de densité maximal depuis 2000. Dans les deux cas, ces tendances sont semblables à celles observées à la station 27 (figure 25 et figure 34), ce qui indique un forçage à grande échelle sur la plateforme de Terre-Neuve.



Figure 56. Anomalies cumulatives de l'épaisseur de la CIF d'après les profils de température disponibles pour les zones de la plateforme de Terre-Neuve indiquées dans la figure 51. Les barres rouges indiquent une épaisseur de l'eau de la CIF inférieure à la normale.



Figure 57. Anomalies cumulatives de l'épaisseur de la couche de mélange d'après les profils de température disponibles pour les zones de la plateforme de Terre-Neuve indiquées dans la figure 51. Les barres rouges indiquent des gradients de densité supérieurs à la normale.

CIRCULATION DANS LA ZONE VISÉE PAR LE PMZA

Le modèle de circulation dans la plupart des sections standard du PMZA de la région de Terre-Neuveet-Labrador est dominé par le courant du Labrador qui coule vers le sud-est et qui inonde le plateau continental d'eau subpolaire froide et relativement douce. Ce débit peut avoir une incidence importante sur les milieux physiques et biologiques au large du Canada atlantique, sur une échelle de temps saisonnière et annuelle. Le courant sur le plateau prend naissance près de la pointe nord du Labrador, là où un courant sortant du détroit d'Hudson se mélange au courant est de l'île de Baffin et s'écoule vers le sud-est le long de la côte du Labrador. Ce courant est fortement influencé par la topographie du fond marin, suivant les divers ensellements qui traversent la plateforme et les fossés côtiers. Une branche extracôtière distincte du courant s'écoule vers le sud-est le long de la limite occidentale de la mer du Labrador. Ce courant fait partie de la vaste circulation dans l'Atlantique Nord-Ouest, composée du courant de l'ouest du Groenland qui se dirige vers le nord le long de la côte Ouest du Groenland et dont une branche bifurque vers l'ouest et traverse le nord de la mer du Labrador en formant la section septentrionale de la gyre subpolaire de l'Atlantique Nord-Ouest.

Plus au sud, près du nord du Grand Banc, le courant côtier devient plus large et moins défini. Dans cette région, la majeure partie de l'écoulement côtier se mélange avec le bras extracôtier et s'écoule vers l'est, une partie suivant la bathymétrie vers le sud autour du sud-est du Grand Banc, le reste continuant vers l'est et ensuite vers le sud autour du Bonnet Flamand. Une plus petite composante côtière s'écoule par le chenal d'Avalon, contourne la presqu'île Avalon, puis se dirige vers l'ouest le long de la côte sud de Terre-Neuve-et-Labrador. Au large du sud du Grand Banc, le bras extracôtier s'écoule vers l'ouest le long du talus continental, une partie se jetant dans le chenal Laurentien pour finir dans la plateforme Néo-Écossaise. De plus, une partie de l'écoulement se combine avec le courant Nord-Atlantique et forme la partie sud de la gyre subpolaire. Plus à l'est, le Bonnet Flamand est situé dans la zone de confluence des courants subpolaires et subtropicaux à la limite occidentale de l'Atlantique Nord. L'eau du courant du Labrador s'écoule vers l'est le long des talus nord du Bonnet et vers le sud autour des talus est du Bonnet. Dans la partie est de la passe Flamande, l'eau du courant Nord-Atlantique, plus chaude et à forte salinité, s'écoule vers le nord, contribuant à une circulation anticyclonique autour du Bonnet.

INDICE DE TRANSPORT DU COURANT DU LABRADOR

Des données d'altimétrie obtenues par satellite sont utilisées sur une vaste zone spatiale pour calculer les anomalies annuelles moyennes du transport du courant du Labrador (Han *et al.* 2014). Au total, neuf traces altimétriques satellitaires perpendiculaires au courant utilisées sur les talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve entre 47 et 58° de latitude nord (figure 58). Sur le talus Néo-Écossais, cinq trajectoires de 55 à 65° de longitude ouest sont utilisés. Les intervalles de profondeur du plateau utilisés pour calculer le transport sont les isobathes de 200 à 3 000 m sur les talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve et les isobathes de 200 à 2 000 m sur le talus Néo-Écossais.

Une analyse de la fonction orthogonale empirique (FOE) des anomalies de transport annuelles moyennes du courant du Labrador a été effectuée. L'indice a été élaboré à partir de la série chronologique du premier mode de FOE, normalisé en divisant la série chronologique par son écart-type. Les valeurs de transport moyennes sont fournies en fonction des résultats du modèle de circulation océanique sur les talus 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 est de 13 Sv avec un écart-type de 1,4 Sv sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve un écart-type de 0,3 Sv sur le talus Néo-Écossais. Les valeurs moyennes de transport seront mises à jour au fur et à mesure que de nouveaux résultats du modèle seront disponibles. Les valeurs relatives à l'écart-type seront mises à jour à mesure que les connaissances sur la profondeur nominale s'amélioreront.

L'indice de transport annuel moyen du courant du Labrador montre que le transport du courant du Labrador sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve a été déphasé par rapport au transport sur le talus Néo-Écossais pendant la plupart des années entre 1993 et 2017 (figure 59 et figure 60). Le transport était le plus important au début des années 1990 et le plus faible au milieu des années 2000 sur le talus du Labrador et le nord-est de Terre-Neuve, et le contraire sur le talus Néo-Écossais. L'indice de transport du courant du Labrador était corrélé positivement et négativement avec l'indice d'oscillation nord-atlantique hivernal sur les talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve et sur le talus Néo-Écossais, respectivement. Au cours des deux dernières années, le transport annuel moyen du courant du Labrador était supérieur à la normale avec un écart-type d'environ 1 sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve, tandis que sur le talus Néo-Écossais le transport était inférieur à la normale au cours des quatre dernières années avec un écart-type proche de 1 en 2016 et 2017.



Figure 58. Carte montrant la topographie du fond de l'Atlantique Nord-Ouest, les lignes bleues représentant les isobathes de 200, 1 000 et 3 000 mètres. Le transport du courant du Labrador est calculé pour les sections transversales (noires) identifiées par le nombre de trajectoires satellitaires au sol. GSL : Golfe du Saint-Laurent; GOM : Golfe du Maine; NAC : Courant de l'Atlantique Nord; NB : Nouveau-Brunswick; NF : Terre-Neuve; et NS : Nouvelle-Écosse.

VARIABILITÉ DU COURANT DU LABRADOR

L'analyse de la circulation et du transport dans les sections de l'île Seal et du Bonnet Flamand (Figure 2) est présentée ici. Elle est basée sur des mesures du courant continu à l'aide de profileurs de courant à effet Doppler (ADCP) de 75 kHz embarqués sur navire à une résolution de 8 m avec une portée effective d'environ 620 m. Toutes les données archivées ont été utilisées pour calculer les courants et le transport pour les années 2008 à 2017, au printemps et en été le long de la section standard du Bonnet flamand (47°N), et en été pour la section de l'île Seal. Les mesures de courant ont été tournées de 30° le long de la section de l'île Seal pour s'aligner avec l'axe du courant du Labrador.

Les données des ADCP ont été recueillies à l'aide du système Teledyne RDI VmDas et traitées à l'aide de la suite logicielle CODAS3 développée par l'Université d'Hawaii. Les données ont fait l'objet d'un contrôle de qualité avec un seuil de qualité de 70 à 80 %. Les courants absolus ont été déterminés en soustrayant le mouvement du navire tel que déterminé par le GPD différentiel (GPSD) 3D du navire. Les courants ont ensuite été découplés des marées à l'aide des prévisions des marées obtenues à partir du modèle numérique 2D WebTide.



Figure 59. Indice normalisé du transport annuel moyen du courant du Labrador pour le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve. Les barres bleues indiquent des valeurs de transport supérieures à la moyenne vers le sud.



Figure 60. Indice normalisé du transport annuel moyen sur le talus du plateau Néo-Écossais. Les barres bleues indiquent des valeurs de transport supérieures à la moyenne vers le sud.

Le courant du Labrador franchissant le 47°N, qui présente une variabilité annuelle et saisonnière considérable, mesure environ 50 à 100 km de large entre le bout du Grand Banc et l'est du Bonnet Flamand. Au printemps, le bras principal du courant du Labrador mesure environ 100 km de large, centré sur l'isobathe de 400 m, avec des courants moyens d'environ 20 cm/s vers le sud et des valeurs maximales supérieures à 40 cm/s (figure 61). Les courants moyens sont faibles et très variables sur la plupart des Grands Bancs et dans les régions de la passe Flamande. Au printemps 2017, les courants vers le sud étaient généralement plus forts que la moyenne dans la zone du chenal d'Avalon. Dans les régions de la bordure du plateau et de la passe Flamande, les courants les plus forts étaient de l'ordre de 30 à 45 cm/s, mais le jet de la bordure du plateau semblait plus large que la moyenne, étant d'environ 150 km. La vitesse du courant à l'est du Bonnet Flamand était plus faible que la moyenne de 2008 à 2016 (figure 61, panneau du bas).

Au cours de l'été 2017, le courant du Labrador était généralement plus faible et plus étroit en moyenne qu'au printemps sur la bordure du plateau : environ 60 km de largeur avec des vitesses moyennes inférieures à15 cm/s et des valeurs maximales d'environ 35 cm/s (figure 62, panneau du haut). Il était généralement plus faible que la moyenne de 2008-2016 avec un jet étroit d'environ 50 km de large sur la bordure du pleateauavec des vitesses moyennes inférieures à 15 cm/s et des valeurs maximales d'environ 30 cm/s. En 2017, le courant semblait plus faible que la moyenne, celui du Labrador se limitant à un jet étroit près de la bordure du Grand Banc et à l'extrémité est de la section. De façon générale, l'écoulement vers le nord durant l'été 2017 était plus marqué sur les Grands Bancs et particulièrement dans la zone du Bonnet Flamand (figure 62, panneau du bas).

Le courant estival moyen (2008 à 2017) dans la section de l'île Seal se compose d'un bras côtier bien défini avec des vitesses maximales allant de 15 à 20 cm/s, se prolongeant jusqu'à 60 km au large. Sur le banc Hamilton, les courants moyens sont faibles et variables. Sur la bordure de la plateforme, une forte composante baroclinique du courant du Labrador est centrée à environ 225 km au large sur l'isobathe de 500 m, avec des vitesses maximales de 30 cm/s en couche supérieure. Plus au large, le courant s'étend au large de l'isobathe de 2 500 m avec des vitesses typiques d'environ 20 cm/s s'étendant à plus de 500 m de profondeur (figure 63, panneau du haut). Au cours de l'été 2017, les

courants vers le sud étaient généralement plus forts que la moyenne le long de la majeure partie de la section, avec des vitesses côtières maximales d'environ 35 cm/s à 50 km au large. À la bordure du plateau, un puissant jet baroclinique d'environ 50 km de large avec des vitesses maximales de la couche supérieures à 60 cm/s était centré sur l'isobathe de 500 m (figure 63, panneau du bas).



Figure 61. Vitesse moyenne du courant (cm/s) au printemps pendant la période 2008-2016 (panneau du haut) et au printemps 2017 (panneau du bas) le long de la section du Bonnet Flamand. L'eau qui coule vers le sud est de couleur bleue et celle qui coule vers le nord est de couleur rouge. Les symboles en haut des panneaux sont les stations standard du PMZA.



Figure 62. Vitesse moyenne du courant (cm/s) en été pendant la période 2008-2016 (panneau du haut) et à l'été 2017 (panneau du bas) le long de la section du Bonnet Flamand. L'eau qui coule vers le sud est de couleur bleue et celle qui coule vers le nord est de couleur rouge. Les symboles en haut des panneaux sont les stations standard du PMZA.



Figure 63. Vitesse moyenne du courant (cm/s) en été pendant la période 2008-2016 (panneau du haut) et à l'été 2017 (panneau du bas) le long de la section de l'île Seal. L'eau qui coule vers le sud est de couleur bleue et celle qui coule vers le nord est de couleur rouge. Les symboles en haut des panneaux sont les stations standard du PMZA.

TRANSPORT DU COURANT DU LABRADOR

Les vitesses de transport en volume du courant du Labrador calculé à l'aide des ADCP embarqués sur navire sont données ici pour la section du Bonnet Flamand au printemps et en été et dans la section de l'île Seal pendant l'été. Les valeurs de transport sont présentées pour le chenal d'Avalon (0 à 100 km), le talus du Grand Banc (300 à 450 km) et la zone est du Bonnet Flamand (625 à 750 km) de la section du Bonnet Flamand (figure 64). Pour la section de l'île Seal, les valeurs de transport ont été calculées dans les zones ombrées de la figure 65 pour le courant côtier du Labrador (0 à 75 km) et pour le courant au large (175 à 300 km). Les courants dans les quinze premiers mètres de la colonne d'eau ont été extrapolés à partir des valeurs du compartiment de données pour les huit premiers mètres (16-24 mètres). Les valeurs de transport ont ensuite été calculées en intégrant le compartiment des données relatives au transport de la surface à près du fond ou à la portée maximale de 620 m le long de la section.

Les valeurs de transport pour le chenal d'Avalon, le talus du Grand Banc et l'est du Bonnet flamand pour le printemps et l'été sont indiquées dans la figure 66, la figure 67 et la figure 68. Les valeurs maximales pour le transport dans le chenal d'Avalon ont été atteintes au printemps 2017 avec environ 1.5 Sv (1 Sv = 10⁶ m³/s) et à l'été 2015 avec environ 1,7 Sv. En 2017, le transport au printemps a augmenté par rapport à 2016 pour atteindre la valeur maximale de la série, tandis que la valeur estivale comptait parmi les plus faibles (figure 66). Dans le bras extracôtier de la zone allant du talus du Grand Banc à la passe Flamande, les valeurs de transport au printemps étaient de l'ordre d'environ 3 Sv en 2009 à 8,4 Sv en 2010, les valeurs en été étant légèrement inférieures, de l'ordre de 2,4 à 5,9 Sv. En 2017, le transport au printemps a augmenté par rapport à 2016 pour atteindre 8 Sv, tandis que le transport en été a diminué au niveau le plus bas de la série, soit 2,4 Sv (figure 67). Dans le bras extracôtier à l'est du Bonnet Flamand, les valeurs de transport au printemps variaient entre 2,2 et 13 Sv, les valeurs en été variant entre 2 et 11,9 Sv. Les valeurs de transport maximales au printemps et en été ont été enregistrées en 2015. En 2017, le transport au printemps a diminué par rapport aux valeurs enregistrées en 2015 et 2016 pour atteindre 3,8 Sv, tandis que le transport en été a diminué au niveau le plus bas de la série, soit 2 Sv (figure 68). Au printemps et à l'été 2017, le transport total vers le sud à travers la section du Bonnet Flamand dans les trois régions était de 13,5 et 4,6 Sv, respectivement.



Figure 64. La section du Bonnet Flamand montrant les zones où les valeurs de transport du courant du Labrador ont été calculées. Les symboles en haut des panneaux sont les stations standard du PMZA.



Figure 65. La section de l'île Seal montrant les zones où les valeurs de transport du courant du Labrador ont été calculées. Les symboles en haut des panneaux sont les stations standard du PMZA.



Figure 66. Valeurs de transport (1 Sv = 10^6 m^3 /s) du printemps et de l'été pour le chenal d'Avalon, selon les données des profileurs de courant à effet Doppler disponibles.



Figure 67. Valeurs de transport du printemps et de l'été pour le talus du Grand Banc et la passe Flamande, selon les données des profileurs de courant à effet Doppler disponibles.



Figure 68. Valeurs de transport du printemps et de l'été pour l'est du Bonnet Flamand, selon les données des profileurs de courant à effet Doppler disponibles.

Les valeurs de transport pour les composantes côtières et extracôtières du courant du Labrador à travers la section de l'île Seal au large du sud du Labrador pour les relevés estivaux sont indiquées dans la figure 69 et la figure 70. Le transport côtier était au minimum en 2015, étant inférieur à 0,5 Sv, alors que plus au sud dans le chenal d'Avalon, il était au maximum en 2015, avec une valeur de 1,7 Sv. De même, le courant côtier du Labrador a affiché un transport maximal de 2,3 Sv en 2017, alors que plus au sud dans le chenal Avalon, la valeur de 2017 était au minimum. Dans le bras extracôtier au large du sud du Labrador, les valeurs du transport en été étaient de l'ordre de 2,3 Sv en 2010 à 11,8 Sv en 2009. En 2017, le transport en été était similaire à celui de 2016, avec une valeur de 9,7 Sv. Le transport total vers le sud à travers la section de l'île Seal en 2017 était d'environ 12 Sv. En général, les estimations relatives au transport pour les années 2010 et 2014-2015 étaient nettement inférieures à celles des autres années. Aucune donnée n'était disponible pour la période 2011-2013.



Figure 69. Valeurs de transport pour le courant côtier du Labrador au large du sud du Labrador pour la période estivale selon les données des profileurs de courant à effet Doppler.



Figure 70. Valeurs de transport pour le courant extracôtier du Labrador pendant l'été, d'après les données des profileurs de courant à effet Doppler disponibles.

RÉSUMÉ

Un résumé des séries chronologiques de température et de salinité sélectionnées et d'autres indices climatiques pour les années 1950-2017 est affiché dans la figure 71 sous forme d'anomalies normalisées codées par couleur (figure 3). Des conditions climatiques différentes se manifestent entre les années 1960 où l'eau est chaude et salée, le début des années 1970, où l'eau est froide et douce et le milieu des années 1980, et le début des années 1990 se démarque en particulier comme la période la plus froide de la série chronologique. La tendance au réchauffement de la fin des années 1990 qui a duré jusqu'en 2013 a été suivie d'un refroidissement récent en 2014 et 2015, mais semble s'être quelque peu inversée en 2016 avec 16 indices sur 28 montrant des valeurs proches de la normale ou

positives par rapport à seulement 6 indices sur 28 en 2015. En 2017, 17 indices sur 28 étaient négatifs, les anomalies négatives les plus importantes étant liées à la salinité.

Selon Petrie *et al.* (2007), un indice climatique composite ou mosaïque a été établi à partir des 28 séries chronologiques comme étant la somme (ligne jaune) des anomalies normalisées, la contribution de chaque série étant représentée par des barres empilées (figure 72). Pour mieux visualiser les composantes, chaque série chronologique a ensuite été regroupée selon le type de mesure : météorologique, glace de mer, température de l'eau, zone de CIF et salinité. L'indice composite peut être interprété comme une mesure de l'état général du système climatique, les valeurs positives représentant les conditions d'eau chaude et salée avec moins de glace de mer et, inversement, les valeurs négatives représentant les conditions d'eau froide et douce.

Le graphique illustre également le degré de corrélation entre les diverses mesures de l'environnement. En général, la plupart des séries chronologiques sont corrélées, mais il y a quelques exceptions, comme l'indiquent les contributions négatives au cours d'une année donnée avec un indice composite général positif et, inversement, pendant une année avec un indice composite négatif.

Comme les valeurs normalisées indiquées dans la figure 71, l'indice composite général définit clairement les conditions d'eau froide et douce des années 1970, des années 1980 et du début des années 1990, la récente tendance à la hausse qui a atteint un niveau record en 2006 et les trois années de conditions relativement plus froides de 2007 à 2009. En 2010, l'indice composite a fortement augmenté par rapport à l'année 2009, année proche de la normale, pour atteindre le deuxième niveau le plus élevé de la série chronologique de 68 ans. En 2011, il était très semblable à celui de 2010, au 4^e rang le plus élevé, mais en 2012, il a diminué, passant au 8^e rang, et a poursuivi sa tendance à la baisse pour descendre au 7^e rang en 2015, soit la valeur la plus basse (la plus froide) enregistrée depuis 1993. En 2016, l'indice climatique composite a retrouvé une valeur positive, similaire aux conditions observées en 2007, mais en 2017, il est revenu à un état négatif (figure 72).



Figure 71. Anomalies normalisées de l'oscillation de l'Atlantique nord, de la température de l'air, de la glace, de la température et de la salinité de l'eau et des zones de CIF à plusieurs endroits dans l'Atlantique Nord-Ouest, codées par couleur selon la figure 3. Les anomalies sont normalisées par rapport à leurs écarts-types sur une période de référence allant de 1981 à 2010. Les cellules grises indiquent des données manquantes.



Figure 72. Indice climatique composite (ligne jaune) obtenu en additionnant les anomalies normalisées de la figure 42 et leurs composantes individuelles.

POINTS RÉCAPITULATIFS POUR 2017

- L'indice de l'oscillation de l'Atlantique nord en hiver, un indicateur clé des conditions climatiques sur la plateforme de Terre-Neuve-et-Labrador, était normal en 2017 avec un écart-type de +0,3. Le courant d'air arctique dans la région était faible, et les températures hivernales et annuelles de l'air à plusieurs endroits de la région étaient légèrement supérieures à la normale en moyenne.
- L'étendue de la glace de mer sur la plateforme de Terre-Neuve était légèrement inférieure aux conditions normales avec un écart-type de -0,4. La glace de mer était présente jusqu'à 60 jours de plus que la normale avec une disparition jusqu'à 45 jours plus tard que la normale dans les zones côtières le long de la côte est et nord-est de Terre-Neuve et du sud du Labrador. Le nombre d'icebergs détectés au sud du 48°N sur le nord du Grand Banc (1008) était légèrement supérieur à la moyenne avec un écart-type de +0,4.
- Les températures annuelles de la surface de la mer étaient pour la plupart inférieures à la normale en 2017, principalement en raison des conditions printanières très froides. Cette tendance est cohérente avec un refroidissement du nord de l'Atlantique Nord observé depuis 2014 environ.
- À la station 27, la température annuelle de la surface de la mer était de +0,4 °C (écart-type de 0,6) au-dessus de la normale et l'anomalie annuelle relative à la salinité de surface était de -0,4 (écart-type de -1,58) par rapport à la normale. Les anomalies annuelles relatives à la température au fond et à la salinité étaient inférieures à la normale, avec des valeurs de -0,2 °C (écart-type de 0,6) et -0,12 (écart-type de -1,57), respectivement. L'anomalie annuelle relative à la température et à la salinité moyennes de la colonne d'eau à la station 27 était respectivement de +0,03 °C (écart-type de -0,1) et de -0,16 °C (écart-type de -1,6) respectivement.
- La surface de la CIF (eau <0 °C) au printemps dans les sections SWSPB (sud-ouest du banc Saint-Pierre), SESPB (sud-est du banc Saint-Pierre), SEGB (sud-est des Grands Bancs), FC

(Bonnet Flamand) et BB (baie de Bonavista) (voir la figure 2) était de -0,4, 0,7, -0,2, 1,0 et -0,3 par rapport à la normale, respectivement. Les anomalies positives/négatives indiquent des conditions plus froides/plus chaudes. Au cours de l'été, la zone de la CIF des sections FC, BB, WB (baie White) et SI (île Seal) enregistrait un écart-type de -0,6, 0,1, 0,8 et 0,8 par rapport à la normale, respectivement.

- Le transport du courant du Labrador à travers la section du Bonnet flamand est demeuré élevé au printemps (13,5 Sv), mais a diminué pour atteindre un niveau inférieur à la normale pendant l'été (4,6 Sv). Le transport en été dans la section de l'île Seal était plus élevé que la normale en 2017, avec une valeur de 12 Sv.
- La température moyenne au fond lors du printemps dans la division 3Ps de l'OPANO était d'environ 2,6 °C ou 0,4 °C (écart-type de 0,7) au-dessus de la normale, ce qui représente une baisse importante par rapport à l'écart-type de 1,8 au-dessus de la normale enregistrée en 2016. Dans la division 3LNO, la température au fond était de 1,0 °C ou 0,1 °C (écart-type de 0,2) au-dessus de la normale, soit à peu près la même qu'en 2016.
- La température au fond moyenne à l'automne dans les divisions 3LNO de l'OPANO était de 0,7 °C ou -0,4 °C (écart-type de -1) sous la normale, soit une baisse importante par rapport à 2016. Dans les divisions 3K et 2J, la température au fond était de 2,2 °C ou -0,2 °C (écart-type de -0,3) sous la normale et de 2,1 °C ou 0,1 °C (écart-type de 0,2) au-dessus de la normale, respectivement.
- Un indice climatique composite pour la région de Terre-Neuve-et-Labrador est revenu légèrement sous la normale (15^e le plus bas) comparativement à l'indice légèrement au-dessus de la normale de 2016.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les nombreux scientifiques et techniciens du Centre des pêches de l'Atlantique nordouest pour avoir recueilli et fourni une grande partie des données figurant dans cette analyse, ainsi que la Section des données sur le milieu marin de Pêches et Océans Canada à Ottawa pour avoir fourni la plupart des données historiques. Environnement Canada a fourni les données météorologiques. Nous remercions Ingrid Peterson de l'Institut océanographique de Bedford de nous avoir fourni les données mensuelles sur la glace de mer de la plateforme de Terre-Neuve. 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 NGCC *Needler* et du NGCC *Fugro Discovery* pour la collecte de données océanographiques en 2017. Enfin, nous remercions David Hebert et Peter Galbraith d'avoir révisé le document.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Casey, K.S., Brandon, T.B., Cornillon, P. et Evans, R. 2010. The past, present and future of the AVHRR Pathfinder SST Program. *In* Oceanography from space: Revisited. Éditeurs : V. Barale, J.F.R. Gower et L. Alberotanza. Springer, Dordrecht, Pays-Bas. p. 273-287.
- Colbourne, E., Holden, J., Snook, S., Han, G., Lewis, S., Senciall, D., Bailey, W., Higdon, J. et Chen, N. 2017. Physical oceanographic conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2016. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/079. v + 50 p.
- Colbourne, E.B., Narayanan, S. et Prinsenberg, S. 1994. Climatic change and environmental conditions in the Northwest Atlantic during the period 1970-1993. ICES Mar. Sci. Symp. 198: 311-322.
- Craig, J.D.C. et Colbourne, E.B. 2002. Trends in stratification on the inner Newfoundland Shelf. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2002/071.

- Doubleday, W.G. (éd.). 1981. Manual on groundfish surveys in the Northwest Atlantic. NAFO Sci. Coun. Stud. 2: 7-55.
- Drinkwater, K.F. 1996. Climate and oceanographic variability in the Northwest Atlantic during the 1980s and early-1990s. J. Northwest Atl. Fish. Sci. 18: 77-97.
- Drinkwater, K.F. et Trites, R.W. 1986. Monthly means of temperature and salinity in the Grand Banks region. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1450. iv + 111 p.
- Galbraith, P.S., Chassé, J., Caverhill, C., Nicot, P., Gilbert, D., Lefaivre, D. et Lafleur, C. 2018. Conditions océanographiques physiques dans le golfe du Saint-Laurent en 2017. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/050. v + 82 p.
- Han, G., Chen, N. et Ma, Z. 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. et deYoung, B. 2008. Seasonal variability of the Labrador Current and shelf circulation off Newfoundland. Geophys. Res. 113.
- Han, G., Hannah, C.G., Smith, P.C. et Loder, J.W. 1997. Seasonal variation of the three-dimensional circulation over the Scotian Shelf. Geophys. Res. 102: 1011-1025.
- Hebert, D., Pettipas, R. et Petrie, B. 2012. <u>Meteorological, Sea Ice and Physical Oceanographic</u> <u>Conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine during 2011</u>. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/055. iv + 42 p.
- Hebert, D., Pettipas, R. et Brickman, D. 2018. Meteorological, Sea Ice and Physical Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine during 2016. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/016. v + 53 p.
- CIPANO. 1978. List of ICNAF standard oceanographic sections and stations. ICNAF selected papers no. 3.
- Petrie, B., Pettipas, R.G. et Petrie, W.M. 2007. <u>An overview of meteorological, sea ice and sea surface</u> <u>temperature conditions off eastern Canada during 2006</u>. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2007/022.
- Petrie, B., Akenhead, S., Lazier, J. et Loder, J. 1988. The cold intermediate layer on the Labrador and Northeast Newfoundland Shelves, 1978-1986. NAFO Sci. Coun. Stud.12: 57-69.
- Rogers, J. C. 1984. The association between the North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation in the Northern Hemisphere. Mon. Weather Rev. 112: 1999-2015.
- Therriault, J.-C., Petrie, B., Pepin, P., Gagnon, J., Gregory, D., Helbig, J., Herman, A., Lefaivre, D., Mitchell, M., Pelchat, B., Runge, J. et Sameoto, D. 1998. Proposal for a northwest Atlantic zonal monitoring program. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 194: vii + 57 p.
- Vincent, L.A., Wang, X.L., Milewska, E.J., Wan, H., Yang, F. et Swail, V. 2012. A second generation of homogenized Canadian monthly surface air temperature for climate trend analysis. Geophys. Res. 117.