

- L'étendue moyenne des glaces de mer en hiver était sous la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent.
- Les conditions de la couche intermédiaire froide estivale étaient plus chaudes que la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent. Les données du plateau néo-écossais ne sont pas disponibles en 2018 à cause de la disponibilité limitée des navires de recherche.
- Les températures sur le fond marin étaient normales ou supérieures à la normale dans toute la zone, y compris un record centenaire dans les eaux plus profondes du nord du golfe du Saint-Laurent. Les températures au fond à la station Rimouski ont aussi atteint un record de série, de même qu'à 200 m de profondeur dans le bassin de Georges.
- La stratification était sous la normale aux stations d'échantillonnage à haute fréquence station 27 et Prince 5.
- Les inventaires de sels nutritifs en profondeur étaient inférieurs à la normale dans la majeure partie de la zone en 2018, atteignant des creux record sur une partie du plateau de Terre-Neuve-et-Labrador ainsi qu'à la station Rimouski. Les exceptions étaient la section de Bonavista, le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent et la station Vallée de Shediac, où les inventaires étaient près de la normale. Les inventaires de nitrates étaient sous la normale sur le plateau néo-écossais, mais plus élevés que le creux record observé en 2017.
- Les inventaires annuels de chlorophylle *a* étaient supérieurs à la normale sur la majeure partie du plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, nord-ouest du golfe du Saint-Laurent et le détroit de Cabot, mais étaient près de la normale dans le reste de la zone, à l'exception de la station Prince 5 où un record minimum a été observé.
- Le début de la floraison printanière du phytoplancton a été retardé ou près de la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, précoce dans le golfe du Saint-Laurent et près de la normale sur le plateau néo-écossais. L'intensité de la floraison était généralement inférieure à la normale, à l'exception du golfe du Saint-Laurent qui était en général au-dessus de la normale. La durée de la floraison était généralement courte sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, longue sur les Grands Bancs et dans le golfe du Saint-Laurent, et près de la normale sur le plateau néo-écossais.
- Les changements dans la communauté de zooplancton observé au cours des années récentes (2014–2017), caractérisées par une plus faible abondance du gros copépode *Calanus finmarchicus* riche en énergie, une plus grande abondance de petits copépodes et de non-copépodes, ont commencé à disparaître en 2018. L'abondance de *Calanus finmarchicus* était sous la normale au travers la majeure partie de la zone, à l'exception du sud-est des Grands Bancs. L'abondance de *Pseudocalanus* spp. était normal à au-dessus de la normale sur les Grands Bancs et dans le golfe du Saint-Laurent, et normale ou sous la normale sur le plateau néo-écossais. Les abondances de non-copépodes étaient au-dessus de la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, atteignant un sommet record sur le bonnet Flamand et le sud-est des Grands Bancs, mais étaient normales ou légèrement au-dessus de la normale ailleurs dans la zone.
- La biomasse du zooplancton était inférieure à la normale dans la majeure partie de la zone en 2018, bien que pas aussi faible qu'en 2017 sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent. Les différences avec 2017 étaient variables sur le plateau néo-écossais.

- Le pH près du fond marin et la saturation en aragonite sont généralement beaucoup plus faibles dans le golfe du Saint-Laurent que sur les Grands Bancs et le plateau néo-écossais. L'aragonite est sous-saturée près du fond dans presque tout le golfe du Saint-Laurent, incluant les eaux peu profondes du sud du golfe. L'occurrence d'eaux froides sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador est coïncidente avec les conditions presque sous-saturées.
- L'oxygène dissous des eaux profondes du chenal Laurentien entre le détroit de Cabot et le centre du golfe a atteint un nouveau record minimum en 2018.
- Une continuation de l'intensification progressive et de l'augmentation de la profondeur (jusqu'à 2000 m) du mélange convectif et de la production d'eau de mer du Labrador qui a débuté en 2012 ont été observées en 2018. La couche supérieure, 0-2000 m, de la mer du Labrador se refroidit depuis 2010. La tendance à la décroissance de la salinité qui a débuté en 2011 s'est renversée en 2016. Ceci a conduit à une augmentation de la salinité et de la densité des eaux du Labrador, atteignant en 2018 les eaux les plus denses en 24 ans.
- Le courant du Labrador était au-dessus de la normale durant la période 2016–2018, représentant un contraste par rapport aux années précédentes durant lesquelles il était près de la normale.
- En général, les indicateurs biologiques étaient sous la normale dans la mer du Labrador en 2018, coïncidant avec le retour de la convection hivernale très profonde qui est survenue en 2014. Les exceptions notables sont les anomalies positives dans le centre du bassin pour les abondances de *Calanus* spp., *Pseudocalanus* spp., et les amphipodes hyperiidea alors que les tendances sont à la baisse pour ces taxons sur les plateaux à l'est et à l'ouest.

INTRODUCTION

Mis en œuvre en 1998 (Therriault et al. 1998), le PMZA vise à accroître la capacité de Pêches et Océans Canada à comprendre, à décrire et à prévoir l'état de l'écosystème marin, de même qu'à quantifier les changements observés quant aux propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'océan. L'un des éléments essentiels du PMZA est l'évaluation annuelle des propriétés océanographiques physiques ainsi que de la répartition et de la variabilité des concentrations des sels nutritifs, du phytoplancton et du zooplancton.

Une description de la répartition spatio-temporelle des sels nutritifs dissous dans l'eau de mer (nitrates, silicates, phosphates) et de la concentration d'oxygène fournit des renseignements importants sur les mouvements des masses d'eau ainsi que sur la période et l'ampleur des cycles de production biologique, et sur les lieux où ils se manifestent. Une description de la répartition du phytoplancton et du zooplancton apporte quant à elle des renseignements importants sur les organismes qui forment la base du réseau trophique marin. Il est essentiel de comprendre les cycles de production du plancton pour appliquer une approche écosystémique à l'égard de l'évaluation des stocks et de la gestion des pêches.

L'information sur l'état de l'écosystème marin fournie par le PMZA est dérivée de données recueillies à partir d'un réseau de points d'échantillonnage (stations d'échantillonnage à haute fréquence, transects traversant le plateau continental, stations faites lors de relevés écosystémiques) dans chaque région (Québec, Maritimes, Golfe, Terre-Neuve-et-Labrador), qui sont échantillonnées à une fréquence allant d'à toutes les semaines jusqu'à une fois l'an (Figure 1). Les paramètres échantillonnés visent à fournir des renseignements de base sur la variabilité naturelle des propriétés physiques, chimiques et biologiques du plateau continental de l'Atlantique Nord-Ouest. Les relevés au chalut (écosystémiques) et l'échantillonnage sur des transects du plateau continental donnent des renseignements géographiques régionaux

détaillés, dont la portée saisonnière est toutefois limitée. Des stations visitées régulièrement et qui sont placées dans des points stratégiques servent à compléter l'échantillonnage à grande échelle, en donnant des renseignements plus détaillés sur les changements temporels (saisonniers) observés quant aux propriétés de l'écosystème pélagique. Depuis 2015, l'évaluation annuelle des conditions océanographiques de la zone Atlantique inclut les observations de la mer du Labrador fournies par le Programme de monitoring hors du plateau de la zone atlantique (PMZAO). Depuis cette année, cette évaluation inclut aussi l'acidification de l'océan.

Les conditions environnementales sont généralement exprimées comme des anomalies, à savoir, les écarts de leur moyenne à long terme. Les conditions moyennes ou normales à long terme sont calculées lorsque possible pour la période de référence de 1981-2010 pour les paramètres physiques, et pour 1999-2015 pour les paramètres biochimiques. En outre, parce que ces séries ont différentes unités ($^{\circ}\text{C}$, km^3 , km^2 , etc.), chaque série temporelle d'anomalies est normalisée en divisant par l'écart-type, qui est également calculé en utilisant les données de la période de référence, si possible. Cela permet une comparaison plus directe des différentes séries. Les données manquantes sont représentées par les cellules grises, les valeurs au sein de $\pm 0,5$ écart-type de la moyenne pour les données physiques et $\pm 1/3$ écart-type de la moyenne pour les données biochimiques sont considérées comme près de la normale et illustrées avec des cellules blanches, et les conditions correspondant à plus chaudes que la normale (des températures plus élevées, la réduction des volumes de glace ou des superficies et volumes d'eau froide) par des cellules rouges, avec des rouges plus intenses pour des conditions de plus en plus chaudes ou des inventaires plus élevés que la normale pour les variables biogéochimiques. De même, le bleu représente des conditions plus froides que la normale ou des inventaires plus bas que la normale pour les variables biogéochimiques. Des conditions supérieures à la normale en apports d'eau douce, de salinité ou de stratification sont illustrées en rouge, mais ne correspondent pas nécessairement à des conditions plus chaudes que la normale.

ÉVALUATION

Conditions océanographiques physiques dans la zone atlantique en 2018

Voici un résumé des conditions océanographiques physiques observées au cours de l'année 2018 en ce qui concerne les eaux océaniques de l'est du Canada (Figures 2 et 3), telles que détaillées dans trois rapports rédigés dans le cadre du PMZA (p. ex. Colbourne et al. 2017, Galbraith et al. 2018 et Hebert et al. 2018 pour les conditions en 2016 ou 2017).

L'oscillation nord-atlantique

L'indice d'oscillation nord-atlantique (ONA) est basé sur la différence de pression atmosphérique au niveau de la mer entre la haute pression sous-équatoriale et la basse pression subpolaire de l'océan Atlantique. Il quantifie le forçage atmosphérique hivernal dominant sur l'océan Atlantique Nord qui affecte les vents, la température de l'air, les précipitations et les propriétés hydrographiques sur le littoral de l'est du Canada, soit directement ou par advection. Les forts vents du nord-ouest, les températures froides de l'air et de la mer et les forts couverts de glace dans la mer du Labrador sont généralement associés à un indice ONA positif élevé, avec des effets opposés négatifs (Colbourne et al. 2017). Nous utilisons ici la moyenne de décembre à février de l'indice mensuel retrouvé sur le site de la [NOAA](#), normalisé à nouveau sur la période 1981-2010. En 2018, l'indice ONA d'hiver était au-dessus de la normale à $+ 1,5$ écart-type, en augmentation depuis la valeur près de la normale de 2017, mais moindre que le record de 120 ans ($+ 2,0$ écarts-types) observé en 2015.

Cycle annuel de température

La température varie verticalement à travers les saisons dans la zone atlantique (Figure 4). La structure de la température d'été (T) dans la zone atlantique se compose de trois couches distinctes : la couche de surface chaude estivale, la couche intermédiaire froide (CIF) et la couche d'eau plus profonde. Pendant l'automne et l'hiver, la couche de surface s'approfondit et se refroidit principalement à cause du mélange du vent avant la formation de la glace, mais aussi en partie à cause du refroidissement, du ruissellement réduit et du rejet de sel. La couche hivernale de surface s'étend jusqu'à une profondeur moyenne d'environ 50 m sur le plateau néo-écossais, 75 m dans le golfe du Saint-Laurent (GSL) en mars et peut s'étendre jusqu'au fond (> 150 m) sur les plateaux du Labrador et de Terre-Neuve. La température de la couche mélangée hivernale s'approche du point de congélation dans les deux dernières régions. Au printemps, le réchauffement de surface, les eaux de fonte des glaces et les eaux de ruissellement continentales conduisent à une salinité plus faible et à une température plus élevée, en dessous desquelles les eaux froides de l'hiver précédent sont partiellement isolées de l'atmosphère. Cette couche persiste jusqu'à l'hiver suivant, se réchauffant et s'approfondissant progressivement durant l'été. La CIF est en majeure partie formée localement en hiver dans des régions séparées autour de la zone atlantique. Par exemple, le minimum de température de la couche mélangée hivernale se produit à peu près au même moment en mars, tant sur le plateau néo-écossais que dans le GSL, atteignant des températures minimales différentes ; une indication de formation locale plutôt que de l'advection d'une région à l'autre. Cependant, un transport a lieu plus tard dans l'année, du plateau du Labrador au golfe et au plateau de Terre-Neuve et du golfe vers l'estuaire du Saint-Laurent et vers le plateau néo-écossais. Le minimum de température dans les parties sud du plateau de Terre-Neuve (p. ex., à la station 27) peut se produire bien après l'hiver ; par exemple, en 2016, il a été observé au début août (Colborne et al. 2017). Les eaux profondes sont définies ici comme étant celles situées au-dessous de la CIF qui n'ont que de faibles cycles saisonniers.

Températures de surface de la mer

Moyennée sur des périodes sans glace aussi courte que de juin à novembre sur le plateau du Labrador jusqu'à l'ensemble de l'année sur le plateau néo-écossais, la température de la surface de la mer est bien corrélée avec la température moyenne de l'air. Par conséquent, la tendance au réchauffement observée dans la température de l'air depuis les années 1870, soit environ 1 °C par siècle, devrait également s'être produite dans les eaux de surface du Canada atlantique. Le plateau néo-écossais, le banc Saint-Pierre et le Grand Banc du sud-est ont tous connu leur période sans glace la plus chaude des données satellitaires (depuis 1985 dans l'ensemble de données présenté ici) en 2012, tandis que l'estuaire du Saint-Laurent l'a eu en 2016.

En 2018, les températures hivernales à la surface de la mer étaient supérieures à la normale du plateau néo-écossais à la baie de Fundy, y compris plusieurs records mensuels (depuis 1985). Les températures dans ces régions ont été également supérieures à la normale en août et septembre, y compris des records de série pour ces deux mois dans l'est du golfe du Maine et la baie de Fundy (Figures 5 à 7). Les températures étaient généralement inférieures à la normale au travers de la zone en juin, novembre et décembre, incluant plusieurs records minimums. Les températures de la surface de la mer moyennées durant les mois libres de glace étaient sous la normale au large de la côte est de Terre-Neuve-et-Labrador, près de la normale au sud de Terre-Neuve ainsi que dans le golfe du Saint-Laurent, et au-dessus de la normale au large de la Nouvelle-Écosse.

Couche Intermédiaire Froide

Pour le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, les indices de la CIF montrés ici (Figure 8) sont les sections transversales des eaux avec $T < 0\text{ °C}$ en été le long des sections du PMZA Île Seal, White Bay, Bonavista et bonnet Flamand. Pour le golfe, le volume d'eau ayant $T < 1\text{ °C}$ observé en août-septembre est utilisé ainsi qu'un indice défini comme la moyenne des températures minimales de la CIF observées entre le 1^{er} mai et le 30 septembre de chaque année, ajustée au 15 juillet avec un taux de réchauffement dépendant de la région (Galbraith et al. 2018). Puisque la CIF atteint le fond du plateau madelinien dans le sud du golfe, la superficie du fond occupée par des eaux plus froides que 1 °C lors du relevé de septembre est aussi utilisée comme indice de la CIF (Galbraith et al. 2018). Sur le plateau néo-écossais, le volume d'eau ayant $T < 4\text{ °C}$ en juillet est utilisé (des données limitées avant 1990 sont compensées par l'utilisation d'une moyenne mobile de cinq ans pour obtenir une couverture temporelle étendue, mais cela entraîne une perte de la variabilité à haute fréquence de cette partie de la série temporelle) (Hebert et al. 2018). Les indices de la CIF rapportés ici sont pris à peu près au même moment dans leurs cycles annuels respectifs, mais pas simultanément entre eux.

La période 2012-16 a été marquée par des records minimums en 2012 tant pour les volumes de la CIF du golfe du Saint-Laurent que du plateau néo-écossais, ce qui représente des conditions chaudes records. Bien que les conditions aient été plus chaudes que la normale dans les transects de Terre-Neuve-et-Labrador en 2013, elles ont été suivies de conditions presque normales de 2014 à 2017. En 2018, les conditions de la CIF estivale étaient plus chaudes que la normale tant sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador que dans le golfe du Saint-Laurent, variant de + 0,6 écart-type au-dessus de la normale à la section Bonavista jusqu'à + 1,9 écart-type à Île Seal. Les données du plateau néo-écossais ne sont pas disponibles en 2018 à cause de la disponibilité limitée des navires de recherche.

D'une manière cohérente avec la couverture de glace de mer hivernale, les conditions de la CIF en été 2017 étaient près de la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, sauf pour des conditions plus froides que la normale sur les Grands Bancs (3LNO) à l'automne. Elles étaient de normal à plus chaud que la normale dans le golfe du Saint-Laurent (jusqu'à + 0,6 É.T.) et sur le plateau néo-écossais (de + 0,8 É.T.). Ainsi, un gradient nord-sud a été observé à nouveau dans les conditions de la CIF en 2017, pour la quatrième année consécutive.

Glacé de mer

Comme la CIF et le couvert de glace de mer sont tous deux formés en hiver, il n'est pas surprenant que les indices pour les deux soient bien corrélés entre eux et avec la température de l'air en hiver. Sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, le volume moyen saisonnier de glace de mer est corrélé avec la superficie de la CIF le long de la section Bonavista (1981-2018, $R^2 = 0,56$) et avec la température de décembre à mars à Cartwright (1981-2017, $R^2 = 0,62$). Dans le golfe du Saint-Laurent, la corrélation entre la température de l'air de décembre à mars moyennée sur plusieurs stations météorologiques et le volume maximal annuel de glace atteint $R^2 = 0,72$ (1969-2018). La température de l'air est également bien corrélée à la superficie et à la durée du couvert de glace de mer ($R^2 = 0,77-0,78$). La sensibilité du couvert de glace du golfe du Saint-Laurent aux changements climatiques peut par conséquent être estimée en utilisant les changements de température de l'air et de glace de mer qui indiquent des pertes de 17 km^3 , de $31\ 000\text{ km}^2$ et de 14 jours pour chaque augmentation de 1 °C de la température de l'air en hiver (Galbraith et al. 2018).

Au cours de la dernière décennie, les volumes de glace sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, le golfe du Saint-Laurent et le plateau néo-écossais ont généralement été inférieurs à

la normale et ont atteint un niveau record dans le golfe du Saint-Laurent en 2011 (Figure 8). Au cours de la période de neuf ans entre 2010 et 2018, le volume moyen de glace de mer du golfe comptait 6 des 9 valeurs les plus basses de la série, et le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador comptait 3 des 9 plus faibles. En 2017, le volume moyen saisonnier de glace de mer était sous la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador (- 0,7 écart-type), mais il était au 11e rang depuis 1969 dans le golfe du Saint-Laurent, avec très peu de glace de mer exportée sur le plateau néo-écossais.

Températures des eaux profondes et sur le fond

Les changements interdécennaux de température, de salinité et d'oxygène dissous dans les eaux profondes du golfe, du plateau néo-écossais et du golfe du Maine sont liés à la proportion variable de leurs sources d'eau : les eaux du courant du Labrador qui sont froides, de faible salinité et riches en oxygène dissous, et les eaux du talus qui sont plus chaudes, plus salées et moins riches en oxygène dissous. La couche d'eau sous 150 m de profondeur du golfe, situé sous la CIF, provient de l'entrée du chenal Laurentien et circule vers les têtes des chenaux Laurentien, Anticosti et Esquiman en environ trois à quatre ans, avec un échange limité avec les eaux moins profondes. Les parties les plus profondes du plateau néo-écossais et du golfe du Maine sont également reliées au talus par des canaux profonds. Les variations du transport océanique vers l'ouest des eaux de la région de Terre-Neuve ont un effet important sur les masses d'eau des bassins profonds du plateau néo-écossais, avec une augmentation du transport dans le col Flamand associée à des températures et salinités sous la normale sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine. Les bassins profonds tels que le bassin Emerald subissent une très grande variabilité interannuelle et interdécennale de la température de l'eau sur le fond associée à des événements de renouvellement profond. Des changements plus réguliers associés à la circulation sont observés dans la température de l'eau sur le fond dans le centre et l'est du plateau néo-écossais (régions 4W et 4Vs de l'OPANO, respectivement). La bathymétrie dans ces zones est répartie de manière assez uniforme entre 30 m et 170 m, avec 4Vs qui comprend des profondeurs atteignant 400-450 m de profondeur dans le chenal Laurentien. Ces deux zones sont donc affectées par les eaux de la CIF ainsi que par les eaux plus profondes.

En 2018, les températures sur le fond dans la zone atlantique étaient de normales à supérieures à la normale lorsqu'associées à des profondeurs de la couche intermédiaire froide comme sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et le plateau madelinien, et supérieures à la normale pour les eaux plus profondes, incluant un record centenaire dans le golfe à 250 et 300 m (Figure 8). Ceci a débuté comme une anomalie chaude observée pour la première fois dans le détroit de Cabot en 2010 et qui s'est propagée vers la tête des chenaux, soutenue par de nouveaux apports d'eau chaude détectés en 2012 et 2014-16. Ainsi, la température moyenne des eaux profondes du golfe devrait continuer à augmenter au cours des deux prochaines années, la circulation estuarienne entraînant ces anomalies vers l'intérieur. La superficie sur le fond couverte de températures > 6 °C a atteint un record en 2017 depuis au moins le milieu des années 1980 dans le centre du golfe et dans le nord-ouest du golfe, et est demeuré stable depuis. Un record de série a été établi en 2018 dans le nord-ouest du golfe. Dans d'autres régions de la zone, la température sur le fond est demeurée élevée dans 4X (8,6 °C, + 2,0 écarts-types) en juillet, avec un record de température observé dans le bassin Georges (10,2 °C ; + 2,0 °C, + 3,7 écarts-types). Les données pour les autres régions du plateau néo-écossais ne sont pas disponibles en 2018 à cause de la disponibilité limitée des navires de recherches.

Ruissellement et stratification

Le ruissellement d'eau douce dans le golfe du Saint-Laurent, particulièrement dans l'estuaire du Saint-Laurent, influe fortement sur la circulation, la salinité et la stratification (et donc les températures de la couche de surface) dans le golfe et sur le plateau néo-écossais. La variabilité interannuelle de la stratification saisonnière (mai-octobre, 0-50 m) à la station Rimouski dans l'estuaire est fortement corrélée au ruissellement saisonnier moyen du fleuve Saint-Laurent (1991-2018; $R^2 = 0,71$, Figure 9). Après le ruissellement annuel moyen le plus élevé depuis 1974 survenu en 2017 ($19\,200\text{ m}^3\text{s}^{-1}$; + 2,1 écarts-types, Figure 8), le ruissellement moyen de 2018 était au-dessus de la normale ($17\,900\text{ m}^3\text{s}^{-1}$, + 0,9 écart-type), avec une crue printanière hâtive débutant en mars.

La stratification sur le plateau néo-écossais a baissé en 2018, retournant à une valeur près de la normale, en raison des eaux de surface plus froides et plus salées. Depuis 1948, il y a eu une augmentation de la stratification moyenne sur le plateau néo-écossais, entraînant une variation de la différence de densité entre 0 et 50 m de $0,35\text{ kg m}^{-3}$ sur 50 ans (Figure 9). Ce changement dans la stratification moyenne est dû principalement à une diminution de la densité de surface, composé de manière égale de réchauffement et de baisse de la salinité. Le débit moyen du fleuve Saint-Laurent de mars à mai, soit la plus grande partie de la crue printanière, était au-dessus de la normale (+1,4 écart-type). Par contre, la stratification était près de la normale à la station de Rimouski (Figure 9).

Conditions aux stations d'échantillonnage à haute fréquence

La température moyenne saisonnière de 0 à 50 m a été normale ou supérieure à la normale à toutes les stations du PMZA depuis 2010, sauf à Vallée de Shediac en 2017 et station Rimouski en 2018 où elle était inférieure à la normale (Figure 10). À la station Rimouski, les 4 dernières années correspondant à la période 2015 à 2018 présentaient les 4 moyennes saisonnières de température sur le fond les plus chaudes de la série chronologique, atteignant un record de série en 2018. Un fait notable en 2018 était un record de faible salinité à la Station 27, moyennée sur toute la colonne d'eau (0-176 m) et toute l'année, soit la plus faible salinité depuis 1948.

Indice de transport du courant du Labrador

L'indice de transport annuel moyen du courant du Labrador montre que le transport sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve est généralement en opposition de phase par rapport à celui du talus néo-écossais (Figure 8). Le transport était le plus fort au début des années 1990 et le plus faible au milieu des années 2000 sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve, et le contraire sur le talus néo-écossais. L'indice de transport du courant du Labrador était positivement et négativement corrélé avec l'indice hivernal de l'ONA sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve et sur le talus néo-écossais, respectivement. En 2018, le transport moyen annuel était supérieur à la normale sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve (+ 1,7 écart-type) et inférieur à la normale (- 1,3 écart-type) sur le talus néo-écossais.

Sommaire

Les eaux océaniques de surface de la zone atlantique pendant les mois sans glace ont plus ou moins suivi les tendances de réchauffement dues au changement climatique observées dans l'atmosphère. Les hivers plus chauds ont également entraîné une diminution du couvert de glace de mer et une diminution des couches intermédiaires froides. La période de 2010 à 2018 a été caractérisée par des records minimums en 2012 pour les volumes de la CIF du golfe du Saint-Laurent et du Plateau néo-écossais, ce qui représente des conditions chaudes records.

Au cours de la dernière décennie, les volumes de glace sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, le golfe du Saint-Laurent et le plateau néo-écossais ont généralement été inférieurs à la normale et ont atteint un niveau record minimum dans le golfe du Saint-Laurent en 2011.

Les températures des eaux profondes sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Saint-Laurent sont grandement influencées par une proportion croissante de l'eau du Gulf Stream par rapport à l'eau du Labrador. Alors que le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador était caractérisé par des températures au-dessus de la normale au début de la période 2010-18 et des températures proches de la normale dans la dernière moitié, toutes les anomalies étaient supérieures à la normale sur le plateau néo-écossais et dans le nord du golfe pendant cette période. Des records de série ont été enregistrés pendant cette période dans le plateau central (4W) et l'ouest (4X) du plateau néo-écossais, un record de 33 ans dans 3Ps ainsi qu'un record de 100 ans dans le nord du golfe du Saint-Laurent.

La figure 11 montre trois séries temporelles d'indices composites annuels construites comme la somme des anomalies montrées précédemment, représentant l'état des différentes composantes du système, chaque contribution de série chronologique étant représentée par des barres empilées. Les composants décrivent les températures de surface et de fond de la mer, ainsi que la couche intermédiaire froide et le volume de glace de mer qui sont tous deux formés en hiver. Ces indices composites mesurent l'état global du système climatique avec des valeurs positives représentant des conditions chaudes et négatives représentant des conditions froides (par exemple, moins de glace de mer et les superficies et volumes moindres de la CIF sont traduits en anomalies positives). Les figures donnent également une idée du degré de cohérence entre les différentes mesures des conditions environnementales et les différentes régions de la zone. Les conditions en 2018 étaient en moyenne près de la normale pour les températures de surface (mais moyennant des conditions plus froides que la normale sur le plateau de Terre-neuve-et-Labrador jusqu'à plus chaudes que la normale sur le plateau néo-écossais), et au-dessus de la normale pour les anomalies de la couche intermédiaire froide et de la glace de mer ainsi que pour les températures sur le fond. Au total, 42 indices énumérés dans les figures 8 et 11 décrivent les conditions océaniques liées à la température dans la zone du PMZA en 2018 (température de surface, glace, superficies, volumes et température minimale de la CIF, température sur le fond, température moyenne 0-50 m). Parmi eux, 4 étaient plus froids que la normale, 12 étaient dans les valeurs normales et 26 étaient au-dessus de la normale, indiquant une continuation, mais un affaiblissement des conditions océanographiques plus chaudes que la normale en 2018 dans une grande partie de la zone atlantique.

Environnement biogéochimique

Les niveaux trophiques inférieurs sont les composantes des réseaux trophiques marins qui transfèrent l'énergie solaire vers les animaux du niveau trophique supérieur comme les mollusques et crustacés (p. ex. crabes, homards, pétoncles et moules), les poissons (p. ex. morue, hareng et flétan), les mammifères marins. (p. ex. les phoques et les baleines) et les oiseaux de mer. Les organismes du niveau trophique inférieur comprennent le phytoplancton et le zooplancton. Le phytoplancton est une plante microscopique qui forme la base du réseau trophique aquatique et occupe une position similaire à celle des plantes terrestres sur le réseau trophique terrestre. Le zooplancton est formé d'une grande variété de petits animaux de 0,2 à 20 mm de longueur qui dérivent avec les courants océaniques. Il y a une grande variation dans la taille du phytoplancton, des grandes diatomées aux petits flagellés, chaque taxon remplissant une fonction écologique différente. Le phytoplancton est la principale source de nourriture du zooplancton, qui constitue le lien critique entre le phytoplancton et les organismes

plus gros. Il existe de nombreux types d'animaux dans la communauté du zooplancton, tels que les copépodes, les filtreurs gélatineux et les prédateurs, ainsi que les stades larvaires éphémères des invertébrés benthiques. Comme pour le phytoplancton, il existe un grand éventail de tailles dans le zooplancton. Les petits stades et les petites espèces sont les proies principales des jeunes stades de poissons et les copépodes plus gros sont consommés principalement par les poissons juvéniles et adultes qui se nourrissent près de la surface.

La productivité des écosystèmes marins dépend de la photosynthèse, de la synthèse de la matière organique issue du dioxyde de carbone et des sels nutritifs dissous par le phytoplancton. La lumière fournit l'énergie nécessaire à la transformation des éléments inorganiques en matière organique. Le taux de croissance du phytoplancton dépend de la disponibilité de la lumière et des sels nutritifs sous forme d'azote (nitrates, nitrites et ammonium), de phosphore (phosphate) et de silice (silicate), ce dernier étant essentiel pour la production de diatomées. Au printemps, le phytoplancton subit une explosion en abondance connue sous le nom de floraison printanière. La floraison printanière se produit principalement dans les eaux proches de la surface. À l'automne, une floraison secondaire, moins intense que la floraison printanière, contribue également au fonctionnement de l'écosystème marin. Dans ce rapport, nous donnerons un compte rendu de la quantité de sels nutritifs disponibles pour le phytoplancton, l'abondance globale du phytoplancton et les caractéristiques importantes de la floraison printanière, ainsi que l'abondance des espèces de zooplancton d'après les données disponibles de 1999 à aujourd'hui.

Les indices des inventaires de nitrates, des inventaires d'abondance de phytoplancton, les caractéristiques de la floraison printanière du phytoplancton provenant des observations satellites, et l'abondance du zooplancton sur le plateau de Terre-Neuve (Pépin et al. 2017), dans le golfe du Saint-Laurent (Blais et al. 2018) et sur le plateau néo-écossais (Johnson et al. 2018) sont résumés en séries chronologiques (1999-2017) de valeurs annuelles sous forme matricielle dans les figures 12 à 15.

Bien que les séries chronologiques relativement courtes des variables biogéochimiques du programme tendent à mettre en évidence le degré élevé de variabilité interannuelle de l'information plutôt que les tendances à long terme apparentes pour l'environnement physique, il y a eu un changement distinct entre plusieurs variables au cours des dernières années. Il y a aussi un certain degré de synchronie dans les modèles de variation des variables biogéochimiques individuelles dans les régions adjacentes, et le signe des anomalies tend à persister pendant plusieurs années, bien que dans certains cas, il puisse y avoir une variabilité considérable entre les sites à l'intérieur d'une région.

Sels nutritifs

Dans les eaux du plateau continental, le nitrate, la forme dominante d'azote, est généralement le nutriment limitant pour la croissance du phytoplancton. La quantité de nitrate contenue dans les eaux au-dessous de la couche de mélange de surface à des profondeurs de 50 à 150 m est appelée «inventaire des nitrates en eau profonde». Généralement, cet inventaire n'est pas grandement influencé par la croissance du phytoplancton, il fournit donc un bon indicateur des ressources qui peuvent être mélangées dans la colonne d'eau pendant l'hiver ou l'été et l'automne par les remontées d'eau et le mélange et ainsi devenir disponibles pour la croissance du phytoplancton. Les inventaires de nitrates et l'abondance relative des autres sels nutritifs dépendent principalement de l'origine des eaux constituant les eaux profondes des plateaux continentaux, qui peuvent varier d'une année à l'autre. Les inventaires des nitrates en eau profonde (50-150 m) étaient inférieurs à la normale dans une grande partie de la zone atlantique en 2018 (Figure 12). Des réductions importantes des inventaires ont été observées

dans l'ensemble du plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, les niveaux atteignant 2 écarts-types sous la normale. Les conditions étaient aussi sous la normale dans le golfe du Saint-Laurent avec des réductions allant jusqu'à 2 écarts-types à la station Rimouski. Les inventaires sur le plateau néo-écossais étaient inférieurs à la normale, mais moins faibles que les records minimums observés en 2017. L'indice zonal de l'inventaire des nitrates en eaux profondes était à son niveau le plus bas de la série temporelle.

Phytoplancton

Les inventaires de chlorophylle dans la couche de surface (entre 0 et 100 m) représentent la biomasse du phytoplancton. Ils démontrent un degré élevé de variabilité d'une année à l'autre, y compris des valeurs exceptionnelles supérieures ou inférieures à la moyenne à long terme (Figure 12). Une partie de cette variation est due au programme d'échantillonnage qui est relativement fixe dans le temps dans toute la zone alors que le cycle de production peut varier annuellement en fonction des conditions environnementales. Les inventaires annuels de chlorophylle en 2018 étaient généralement supérieurs à la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent, contrastant les anomalies sous la normale à normales sur le plateau néo-écossais. Des niveaux de biomasse exceptionnels ont été observés dans le nord-ouest du golfe, avec des inventaires supérieurs à la normale de 3 écarts-types en 2018. Étant donné que le phytoplancton dépend de la disponibilité des sels nutritifs et de la longueur croissante des séries chronologiques respectives, les variations des stocks de sels nutritifs semblent démontrer des tendances semblables à ceux de la biomasse du phytoplancton à l'échelle régionale. Bien que les inventaires de sels nutritifs fournissent un certain seuil pour limiter la dynamique de production saisonnière dans la zone, d'autres facteurs influencent probablement localement les dynamiques entre les sels nutritifs et le phytoplancton, et l'équilibre de ces facteurs est susceptible de différer à l'échelle spatiale du golfe de Maine jusqu'au sud du Labrador, qui comprend des environnements estuariens à océaniques.

L'ampleur de la floraison printanière dépend en partie de la quantité de sels nutritifs qui est mélangée dans les eaux de surface au cours de l'hiver. Les caractéristiques de la floraison (amplitude, ampleur, période et durée) fournissent des informations importantes sur les variations régionales de la productivité des écosystèmes et sont liées à la productivité des organismes qui dépendent des niveaux trophiques inférieurs. Les caractéristiques de la floraison printanière du phytoplancton (c.-à-d. date d'apparition, amplitude intégrée et durée) sont dérivées des observations composites hebdomadaires de la concentration de chlorophylle *a*, un indice couramment utilisé de la biomasse du phytoplancton, à la surface de l'océan (Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor [SeaWiFS] 1998-2007; Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer [MODIS] 2008-2011; Visual Infrared Imaging Radiometer Suite [VIIRS] (2012-présent) (Figure 13). Le début de la floraison printanière du phytoplancton a été retardé sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et plus tôt que la normale dans le golfe du Saint-Laurent et près de la normale sur le plateau néo-écossais. L'intensité de la floraison était généralement inférieure à la normale, sauf dans le détroit de Cabot. La durée de la floraison était courte sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, plus longue que la normale dans le golfe du Saint-Laurent (à l'exception du nord-est du golfe), et près de la moyenne sur le plateau néo-écossais.

Zooplancton

La structure de la communauté de zooplancton est fortement influencée par la profondeur, la température et la saison, et la complexité de la communauté diffère considérablement entre les trois biorégions de l'Atlantique Nord-Ouest. Malgré sa complexité et sa diversité dans différentes parties de la zone, quatre indices d'abondance fournissent de bons indicateurs de

l'état de la communauté zooplanctonique. Les indices d'abondance du zooplancton démontrent un haut degré de cohérence à grande échelle spatiale dans leur signal à travers différentes parties de la zone Atlantique. Deux taxons de copépodes servent à représenter différents groupes ayant des cycles de vie similaires : *Calanus finmarchicus* et *Pseudocalanus* spp. *Calanus finmarchicus* est un grand copépode omniprésent qui développe de grandes réserves d'énergie à des stades de développement ultérieurs et est donc une source riche de nourriture pour les poissons pélagiques et une espèce dominante par la biomasse dans une grande partie de la région. *Pseudocalanus* spp sont de petits copépodes répandus dans toute la région Atlantique qui ont des réserves énergétiques beaucoup plus faibles que celles de *C. finmarchicus*, mais leurs caractéristiques biologiques sont généralement représentatives de petits taxons de la communauté des copépodes. Les autres indices fournissent des informations sur l'abondance totale des copépodes et des taxons non-copépodes, et sur la biomasse (poids sec) du zooplancton dans la fraction des tailles de 0,2 à 10 mm qui est généralement dominée par les copépodes.

Les changements dans la structure de la communauté du zooplancton observé ces dernières années, caractérisée par une plus faible abondance du copépode *C. finmarchicus* riche en énergie, une plus grande abondance de petits copépodes d'eau chaude et une plus grande abondance de non-copépodes, ont persisté en 2018 bien que l'intensité ait diminué par rapport à 2014-2017 (Figure 14). L'abondance de *C. finmarchicus* est demeurée généralement inférieure à la moyenne, mais avec un seul record minimum établi sur la section Bonavista. Cependant, des abondances près de la normale ou supérieures à la normale ont également été observées à la station 27, sur le bonnet Flamand et sur la portion sud-est des Grands Bancs. En 2018, l'abondance de *Pseudocalanus* spp. était au-dessus ou près de la normale sur les Grands Bancs et dans le golfe du Saint-Laurent, incluant un record de série dans le sud-est des Grands Bancs et à la station Vallée de Shediac, et près de ou sous la normale sur le plateau néo-écossais. L'abondance totale de copépodes était au-dessus ou près de la normale sur le plateau de Terre-Neuve et dans le golfe du Saint-Laurent, avec un record maximum sur le bonnet Flamand, mais était sous la normale à près de la normale sur le plateau néo-écossais, avec un record de série minimum sur la section Halifax. Les non-copépodes, qui sont principalement des stades larvaires d'invertébrés benthiques, des groupes carnivores qui se nourrissent d'autres zooplanctons et des mangeurs de petites particules, étaient supérieurs à la moyenne, avec des abondances record sur le bonnet Flamand et la section du sud-est des Grands Bancs.

La biomasse du zooplancton a également été inférieure à la moyenne au travers de la zone depuis 2015. Sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent, la biomasse n'était par contre pas aussi basse qu'en 2017 alors que des records minimums avaient été observés. Sur le plateau néo-écossais, les changements par rapport aux conditions de l'année précédente étaient plus variables (Figure 15). Dans l'ensemble, les changements récents dans la structure des communautés de zooplancton indiquent que des changements importants dans le flux d'énergie entre les niveaux trophiques inférieurs de l'écosystème marin dans les eaux canadiennes ont lieu, mais les conséquences pour les niveaux trophiques supérieurs nécessiteront des recherches plus poussées.

Acidification des océans

Pour la première fois, des paramètres d'acidification des océans sont rapportés. Ils ont été mesurés dans le cadre du PMZA depuis l'automne 2014. Outre le pH, les états de saturation en carbonates de calcite et d'aragonite (Ω_{cal} et Ω_{arg}) sont des mesures de l'acidification de l'océan qui indiquent le potentiel de précipitation / dissolution du carbonate. En dessous du seuil

de 1, l'environnement est considéré comme sous-saturé et potentiellement corrosif pour les organismes qui construisent des coquilles de carbonate biogénique. L'état de saturation en carbonates diminue généralement avec la profondeur. Ainsi, les eaux profondes des talus ont tendance à avoir un Ω plus faible que les eaux de fond des eaux des plateaux moins profonds. Un échantillonnage saisonnier du système de carbonate suggère que Ω_{arg} , la forme de carbonate la plus soluble, est à son plus bas à l'automne après une saison productive, lorsque la température est la plus élevée et que la matière organique s'est accumulée dans les eaux profondes. Les conditions à l'automne 2018 (voir la Figure 16 pour Ω_{arg} (en haut) et pH (au centre)) étaient près de la moyenne de 2014-2017. Pour le plateau, les valeurs de pH près du fond se situaient entre 7,57 et 8,10, Ω_{arg} de 0,55 à 1,79 et Ω_{cal} entre 0,88 et 2,80. Pour les stations profondes sur les talus, le pH variait entre 7,90 et 8,02, Ω_{arg} de 0,71 à 1,43 et Ω_{cal} de 1,08 à 2,25. Les pH et Ω les plus bas ont été observés dans le golfe du Saint-Laurent, en particulier dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent, où la majeure partie de la couche profonde était sous-saturée en aragonite et en calcite (cette dernière n'est pas montrée), mais aussi dans le sud du golfe qui est moins profond. Des états de faible saturation en aragonite ont également été trouvés dans les eaux profondes de l'est du plateau néo-écossais, qui est sous l'influence de l'écoulement sortant du GSL. Le pH et le Ω_{arg} de surface (également non illustré) sont généralement plus bas dans le golfe et sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador que sur le plateau néo-écossais. La présence d'eau froide sur le fond du plateau de Terre-Neuve-et-Labrador entraîne des conditions presque sous-saturées.

À l'automne 2015, les eaux près du fond sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et sur le talus étaient sous-saturées ($\Omega_{\text{arg}} < 1$), ce qui représentait les valeurs Ω_{arg} minimales comparées aux autres années de la série chronologique. Dans la mer du Labrador, l'année 2015 semble avoir été exceptionnellement froide en termes de température de surface de la mer et de température de l'air, et productive en termes de production primaire, ce qui a probablement accru la solubilité du CO_2 et la respiration, et conduit à ces importantes baisses de pH et de Ω_{arg} .

La saturation en oxygène (Figure 16, panneau du bas) et le pH sont étroitement liés par la température et la respiration. Sans surprise, des conditions hypoxiques (niveaux de saturation en oxygène dissous $< 30\%$) sont observées dans les eaux de fond de l'estuaire du Saint-Laurent et du nord-ouest du GSL, et de nouveaux records minimums ont été mesurés à 300 m en 2018 dans le chenal Laurentien, du détroit de Cabot jusqu'au centre du golfe.

Environnement de la mer du Labrador

Le Programme de monitoring hors plateau de la zone atlantique fournit des observations de la variabilité du climat océanique et du plancton affectant le climat et les écosystèmes de l'Atlantique canadien ainsi que le système climatique mondial. En mai 2018, l'Institut océanographique de Bedford occupait la ligne *Atlantic Repeat 7-West* (AR7W) pour la 31^e fois depuis 1990. De plus, le réseau de bouées profileurs Argo fournissait des données de température et de salinité jusqu'à 2000 m pour faire le suivi de la variabilité annuelle des conditions océanographiques dans la mer du Labrador. Cependant, le nombre de bouées dans la mer du Labrador en 2018 était à peine suffisant pour résoudre la variabilité inframensuelle.

Dans la mer du Labrador, les pertes extrêmes de chaleur océanique vers l'atmosphère durant l'hiver entraînent la formation de masses d'eau relativement denses qui se propagent et par conséquent ventilent les couches intermédiaires et profondes de l'océan Atlantique Nord. La production récurrente d'eaux denses fait également de la mer du Labrador l'un des principaux responsables de la circulation globale des océans.

Au cours de l'hiver 2017-18, comme durant les deux hivers précédents, les latitudes mi-élevées de l'Atlantique Nord ont connu une perte de chaleur vers l'atmosphère plus modérée que durant l'hiver 2014-15 (qui a eu la plus grande perte de chaleur de surface en plus de deux décennies). Les pertes de chaleur cumulées en surface dans la mer du Labrador étaient également les plus faibles depuis l'hiver 2013-14. Malgré la réduction des pertes de chaleur hivernales, la profondeur de la convection hivernale a progressivement augmenté depuis 2014-15, formant la plus importante classe d'eau de mer du Labrador (*Labrador Sea Water*, LSW) depuis 1994 en termes de volume, de profondeur et de densité. Cette persistance dans le développement de LSW, vu comme la cascade d'eau froide sur la figure 17, serait due au préconditionnement de la colonne d'eau qui a été maintenu au cours des années précédentes. Les profils de température et de salinité obtenus par les bouées Argo montrent que la couche mélangée hivernale (et donc la convection) dans la partie centrale de la mer du Labrador a atteint et même dépassé les 2 000 m en 2018, poursuivant la tendance à l'approfondissement de la couche mélangée hivernale à sept ans (Figure 17). Cela suggère que certaines propriétés, telles que les températures basses, la stabilité verticale et la stratification faibles, imposées à la colonne d'eau par le mélange convectif plus fort que d'habitude les années précédentes, ont abouti à une sorte de préconditionnement qui a facilité le développement soutenu de la convection profonde cette année. La figure 17 met en évidence un réservoir nouvellement ventilé, rempli de cette LSW profonde, froide, de relativement faible salinité. Le millésime 2018 de LSW est associé à des températures basses ($< 3,3$ °C) et de faible salinité ($< 34,86$) entre 1 000 et 2 000 m. La convection hivernale récente de 2015 à 2018, surtout en 2017-2018, est sans doute la plus profonde depuis le record de 2 400 m atteint en 1994. La classe d'âge actuelle de LSW est l'une des plus importantes jamais observée en dehors de celles du début des années 1990.

Le refroidissement progressif des 2 000 premiers mètres et le mélange hivernal intense et profond des cinq derniers hivers de 2013-14 à 2017-18 a interrompu la tendance générale au réchauffement et à la stratification qui avait persisté dans les eaux intermédiaires de la mer du Labrador depuis le milieu des années 1990 (Figure 18).

La variabilité interannuelle en contenu de chaleur de la mer du Labrador et de la perte cumulative de chaleur en surface pendant les saisons de refroidissement indiquent que le refroidissement atmosphérique hivernal anormalement fort associé à l'oscillation nord-atlantique continue d'entraîner la convection répétitive (Figure 18). À son tour, la convection profonde répétitive contribue à la variabilité à l'échelle décennale des propriétés des eaux profondes et du transport à travers et depuis l'Atlantique Nord subpolaire (par la frontière ouest et les voies intérieures de l'océan) et potentiellement dans la circulation méridienne atlantique.

Les deux couches supérieures, 0-200 m et 200-2000 m, se sont refroidies depuis 2010. Cependant, la tendance de rafraîchissement observée dans le LSW nouvellement formé ou nouvellement ventilé entre 2011 et 2016 était inversée en 2016, rendant le LSW formé à l'hiver 2017-18 le plus dense depuis le milieu des années 1990.

La forte convection hivernale en 2017-18 a contribué à l'augmentation de l'absorption de gaz (oxygène dissous, gaz anthropiques et dioxyde de carbone) et, par conséquent, des concentrations de ces gaz dans la mer du Labrador dans la partie inférieure de la couche 0-2000 m.

À l'exception du plateau du Groenland, le calcul d'indice de phytoplancton à l'aide de données satellitaires de couleur de l'eau a encore été difficile pour 2018 en raison de la forte couverture nuageuse recouvrant toute la mer du Labrador au printemps. Plus de la moitié des images composites hebdomadaires de la région présentaient moins de 10 % de la couverture entre

février et juillet 2018. Les difficultés rencontrées pour estimer avec précision le début de la période de floraison dégradent la qualité des estimations de la durée et de l'intensité de la floraison phytoplanctonique.

La chlorophylle *a* mesurée en mai était sous la normale sur le plateau du Labrador, le talus et dans le bassin du Labrador et était supérieure à la moyenne sur le plateau et la pente du Groenland. L'occurrence d'une floraison automnale en 2018 indique que le phénomène devient plus la norme que l'exception. L'abondance des grandes diatomées centrales et des foraminifères, estimés à partir de traits de filet à plancton de 200 µm, était inférieure à la normale, bien que cette série chronologique n'ait été lancée que 10 ans plus tôt.

En général, tous les indicateurs de mésozooplancton étaient à nouveau inférieurs à la normale en 2018, une tendance qui coïncide avec le retour de la convection hivernale très intense commençant en 2014. *Calanus finmarchicus* montre des variations régionales de l'abondance d'une année à l'autre généralement liées aux différences régionales dans la phénologie des événements du cycle de vie ainsi que des conditions environnementales. *Calanus finmarchicus* domine le mésozooplancton dans l'ensemble de la mer du Labrador, mais présente également une abondance inférieure à la normale sur les plateaux du Labrador et du Groenland. Les stations du bassin central faisaient exception avec des abondances au-dessus de la normale des trois larges copépodes Calanidae (*C. finmarchicus*, *C. Glacialis* et *C. hyperboreus*), *Pseudocalanus* spp et l'amphipode hypéride *Themistho* sp.

Sources d'incertitude

Dans l'Atlantique nord-ouest, les patrons spatiaux et saisonniers des variables océanographiques physiques, chimiques et biologiques surveillées dans le cadre du PMZA sont demeurés relativement constants depuis le lancement du programme. Bien qu'il y ait des variations saisonnières relatives à la répartition des masses d'eau, des plantes et des animaux, ces variations affichent des patrons généralement prévisibles. Toutefois, il existe une incertitude considérable à l'égard des estimations de l'abondance générale du phytoplancton et du zooplancton. Cette incertitude est causée en partie par le cycle de vie des animaux, leur répartition éparse dans un espace donné et la portée limitée du programme de surveillance au sein de la région concernée.

Les variables océanographiques physiques (température, salinité) et chimiques (sels nutritifs, oxygène dissous) sont échantillonnées de façon adéquate puisqu'elles présentent des propriétés plutôt conservatrices qui sont peu susceptibles de montrer des changements précipités sur le plan spatial ou temporel. De plus, la mesure de ces variables est effectuée selon un bon degré de précision. La seule exception s'applique aux eaux de surface, où les changements rapides survenant dans l'abondance du phytoplancton peuvent causer rapidement l'appauvrissement des sels nutritifs, surtout lors de la floraison printanière.

La plus grande source d'incertitude découle de nos estimés relatives à l'abondance du phytoplancton en raison des difficultés liées à bien déterminer les variations de la date de début, de l'intensité et de la durée de la floraison printanière du phytoplancton d'une année à l'autre. L'abondance du phytoplancton peut changer rapidement sur des échelles temporelles s'étendant de quelques jours à plusieurs semaines. Puisque notre échantillonnage est limité en temps, est parfois interrompu en raison des intempéries ou limité par la non-disponibilité des navires, ce qui se produit souvent au cours de l'échantillonnage à nos stations à haute fréquence en hiver, il est possible que le phytoplancton et d'autres variables importantes ne soient pas échantillonnés de façon adéquate. De plus, les variations relatives à la date de la floraison printanière du phytoplancton dans l'ensemble de la zone en relation avec les dates

des relevés océanographiques effectués au printemps peuvent limiter notre capacité à déterminer, d'une année à l'autre, les variations liées à l'abondance maximale du phytoplancton. En revanche, nous sommes davantage en mesure de décrire, d'une année à l'autre, les variations relatives à l'abondance des espèces dominantes de zooplancton puisque leur cycle saisonnier se déroule selon des échelles temporelles s'étendant de quelques semaines à plusieurs mois en raison de la longue durée de génération par rapport au phytoplancton. Cependant, la répartition spatiale du zooplancton varie davantage. Bien que l'on arrive à évaluer correctement les variations interannuelles de l'abondance des groupes dominants tels les copépodes, on ne peut actuellement estimer avec confiance les variations de l'abondance d'espèces rares, éparses ou éphémères.

Dans plusieurs secteurs, l'occupation des stations d'échantillonnage à haute fréquence est particulièrement limitée durant l'hiver et au début du printemps, c'est pourquoi il nous arrive de ne pas être témoins d'événements majeurs du cycle saisonnier (p. ex., le début de la floraison printanière du phytoplancton). De plus, les réductions dans le calendrier des navires dans les régions ont également réduit le nombre d'observations complètes à certains sites.

CONCLUSION

Alors que le passage à des conditions océaniques plus chaudes a eu lieu avant la mise en œuvre du PMZA, la température de l'eau a encore augmenté au cours des dix dernières années, atteignant des valeurs records à l'été 2012. En 2018, elles étaient en moyenne près de la normale dans l'ensemble de la zone, mais passant d'anomalies négatives sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador jusqu'à au-dessus de la normale sur le plateau néo-écossais, où plusieurs records mensuels ont eu lieu. L'étendue moyenne des glaces de mer en hiver était sous la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, et se classait au 11^e rang le plus faible depuis le début des relevés en 1969 dans le golfe du Saint-Laurent. Par conséquent, les conditions de la couche intermédiaire froide de l'été étaient généralement plus chaudes et plus minces que la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent. Notons l'absence de données sur le plateau néo-écossais en raison de la disponibilité limitée des navires de recherche. Les températures sur le fond dans la zone atlantique ont varié de près de la normale à au-dessus de la normale lorsqu'associées à des profondeurs de la couche intermédiaire froide comme sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et sur le plateau madelinien, jusqu'à des températures supérieures à la normale pour les eaux plus profondes, incluant un nouveau record centenaire de la température des eaux du golfe à 250 et 300 m, et un record de température observé dans le bassin Georges. Encore une fois, il n'y a pas eu de mesure de température au fond sur le plateau néo-écossais à l'est de la région de la baie de Fundy et du golfe du Maine en raison de la disponibilité limitée des navires.

Les patrons de variation des variables biogéochimiques semblent être dominés par les fluctuations à court terme, car l'échantillonnage n'a été entrepris qu'en 1999, mais des tendances pluriannuelles ont été observées au cours des dernières années. L'état de l'environnement biogéochimique démontre une certaine structuration spatiale à travers la zone atlantique. Dans l'ensemble, il semble qu'il y ait eu des changements importants dans les patrons généraux de productivité des niveaux trophiques inférieurs au cours des dernières années. Les déclinés généraux des stocks de sels nutritifs et de chlorophylle peuvent indiquer un potentiel de production de l'écosystème inférieur à celui de la décennie précédente et le déplacement de la structure de la communauté zooplanctonique de copépodes riches en lipides vers des taxons plus petits peut avoir des conséquences sur l'efficacité de transfert des producteurs primaires aux niveaux trophiques supérieurs.

Le pH près du fond marin et la saturation en aragonite sont généralement beaucoup plus faibles dans le golfe du Saint-Laurent que sur les Grands Bancs et le plateau néo-écossais. L'aragonite est sous-saturée près du fond dans presque tout le golfe du Saint-Laurent, incluant les eaux peu profondes du sud du golfe. L'occurrence d'eaux froides sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador est coïncidente avec les conditions presque sous-saturées. L'oxygène dissous des eaux profondes du chenal Laurentien entre le détroit de Cabot et le centre du golfe a atteint un nouveau record minimum en 2018.

Au centre de la mer du Labrador, la couche mélangée hivernale et le retournement convectif ont atteint une profondeur maximale de 2 000 m, le plus profond depuis le record de 2 400 m en 1994, et la classe d'eau de mer du Labrador est l'une des plus importantes jamais observées excluant celles du début des années 1990.



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Régions de Québec, Terre-Neuve-et
-Labrador, du Golfe et des Maritimes

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2019/034

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Affiliation
Allain, Renée	MPO, Sciences – Région du Golfe
Bélanger, David	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Blais, Marjolaine	MPO, Sciences – Région du Québec
Boivin, Brian	MPO, Sciences – Région du Québec
Bond, Shelley	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Bourgault-Brunelle, Corinne	MPO, Centre météorologique canadien – Dorval
Brickman, David	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Cardoso, Diana	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Casault, Benoît	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Caverhill, Carla	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Chassé, Joël	MPO, Sciences – Région du Golfe
Cogswell, Andrew	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Cyr, Frederic	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Devine, Laure	MPO, Sciences – Région du Québec
Devred, Emmanuel	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Fife, Jack	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Fishman, David	MPO, Sciences – Région du Golfe
Galbraith, Peter	MPO, Sciences – Région du Québec
Hebert, Dave	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Johnson, Catherine	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Lavoie, Diane	MPO, Sciences – Région du Québec
Layton, Chantelle	MPO, Sciences – Région des Maritimes
LeClainche, Yvonnick	MPO, Centre météorologique canadien – Dorval
Ouellet, Mathieu	MPO, Sciences – Ottawa
Pepin, Pierre	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Pernica, Patricia	MPO, Centre météorologique canadien – Dorval
Plourde, Stéphane	MPO, Sciences – Région du Québec
Punshon, Stephen	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Riche, Olivier	MPO, Sciences – Région du Québec
Ringuette, Marc	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Shaw, Jean-Luc	MPO, Sciences – Région du Québec
Snook, Stephen	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
St-Pierre, Félix	MPO, Sciences – Région du Québec
Starr, Michel	MPO, Sciences – Région du Québec
Wan, Di	MPO, Sciences – Région du Pacifique
Yashayaev, Igor	MPO, Sciences – Région des Maritimes

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la vingt-et-unième réunion annuelle du Programme de Monitoring de la Zone Atlantique (PMZA) tenue du 19 au 22 mars 2019. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

- Colbourne, E., Holden, J., Snook, S., Han, G., Lewis, S., Senciall, D., Bailey, W., Higdon, J., and 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.
- Blais, M., Devine, L., Lehoux, C., Galbraith, P.S., Michaud, S., Plourde, S., et Scarratt, M. 2018. [Les conditions océanographiques chimiques et biologiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en 2016](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/037. iv + 61 p.
- Galbraith, P.S., Chassé, J., Caverhill, C., Nicot, P., Gilbert, D., Lefavre, 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.
- Hebert, D., Pettipas, R., Brickman, D., and Dever, M. 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.
- Johnson, C., Devred, E., Casault, B., Head, E., et Spry, J. 2018. [Conditions océanographiques optiques, chimiques et biologiques sur le plateau néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine en 2016](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2018/017. v + 63 p.
- Pepin, P., Maillet, G., Fraser, S., Doyle, G., Robar, A., Shears, T., and Redmond, G. 2017. Optical, chemical, and biological oceanographic conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2014-2015. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/009. v + 37 p.
- Therriault, J.-C., Petrie, B., Pepin, P., Gagnon, J., Gregory, D., Helbig, J., Herman, A., Lefavre, D., Mitchell, M., Pelchat, B., Runge, J., and Sameoto, D. 1998. Proposal for a northwest Atlantic zonal monitoring program. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 194: vii+57p.

ANNEXE - FIGURES

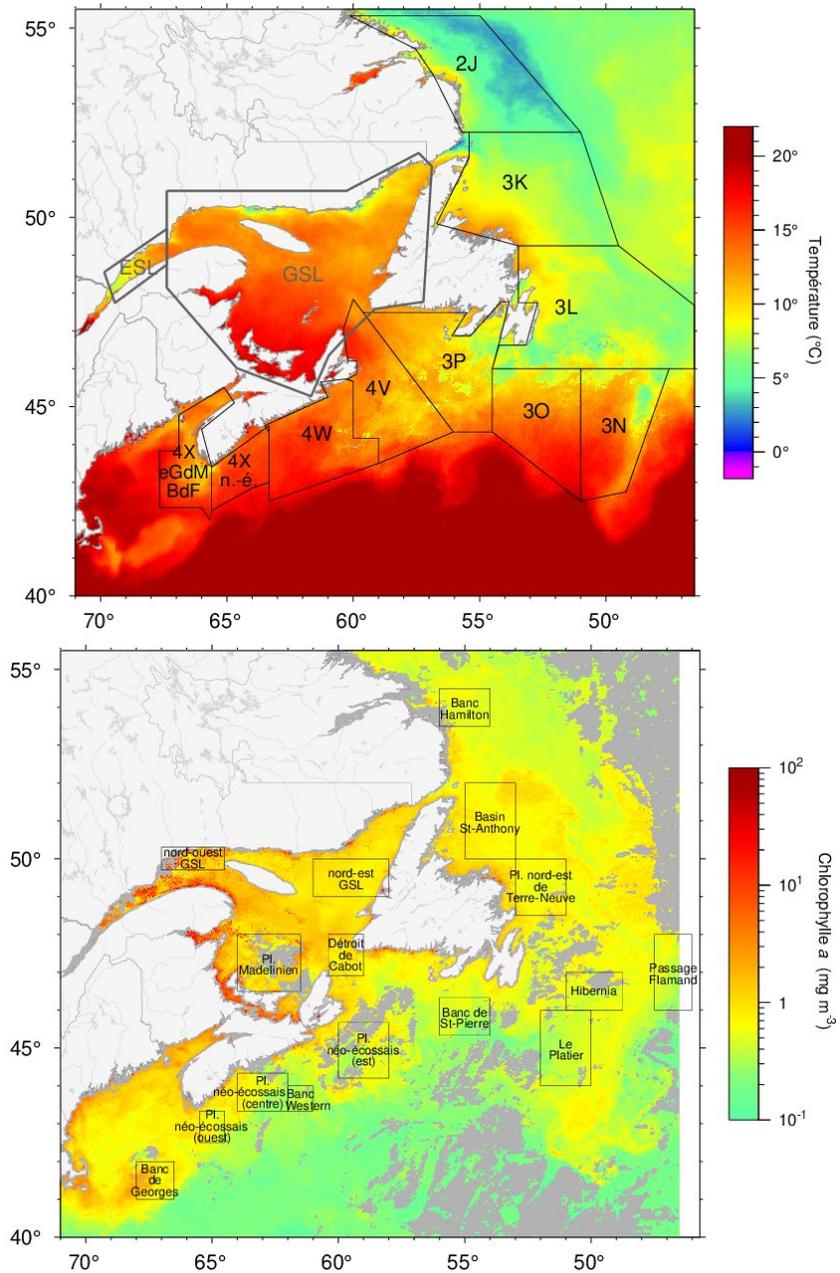


Figure 3. Régions utilisées pour les moyennes de température (haut) et de couleur de l'eau (bas). Les Divisions de l'OPANO ont été coupées au talus continental. Les anonymes GSL et ESL sont le golfe du Saint-Laurent et l'estuaire du Saint-Laurent respectivement. Le champ de température est celui de juillet 2018 tandis que la concentration de chlorophylle a est pour la deuxième demie de juillet 2018.

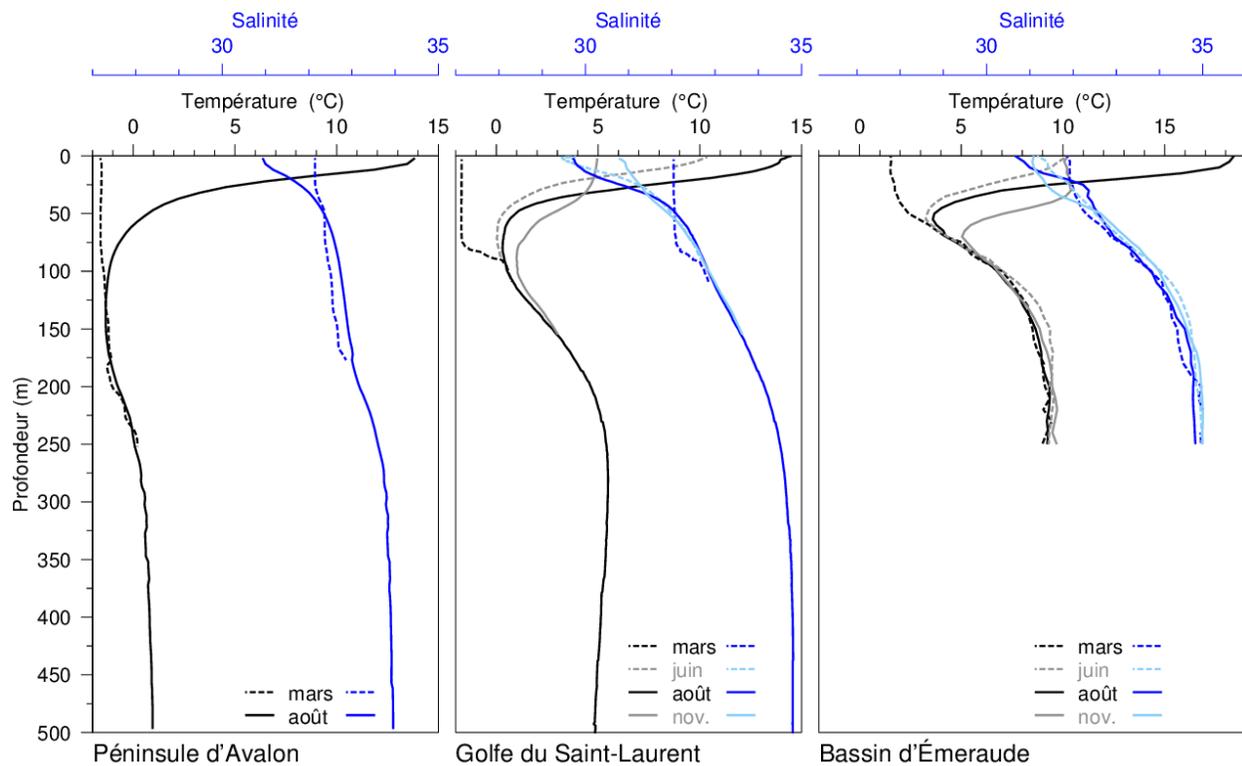


Figure 4. Progression saisonnière typique du profil de profondeur de la température et de la salinité observée dans trois régions représentatives de la zone. La région de la péninsule d'Avalon est délimitée par 45-50 °N et 50-55 °O et sont montrées ici les moyennes des profils de mars et août entre 2015 et 2017, calculées respectivement à partir de 5 et 302 profils. Les profils du golfe du Saint-Laurent sont des moyennes d'observations en juin, août et novembre 2007 dans le nord du golfe, tandis que le profil de mars montre un seul profil de température hivernale (mars 2008) avec des températures près du point de congélation dans les 75 premiers mètres. Les profils du bassin d'Émeraude sont des moyennes climatologiques mensuelles pour la période 1981-2010.

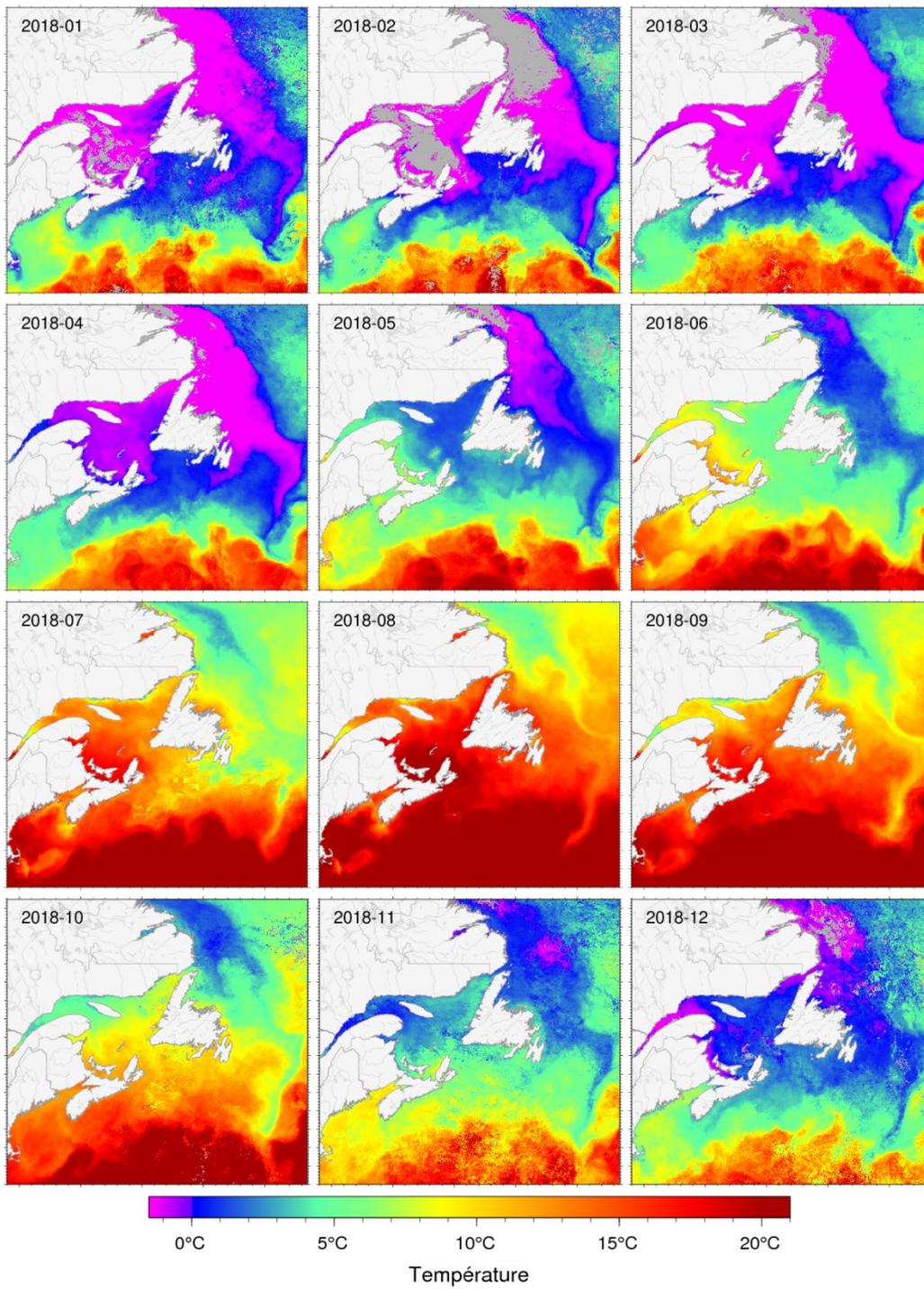


Figure 5. Température de la surface de la mer moyennée par mois de 2018 dans la zone atlantique.

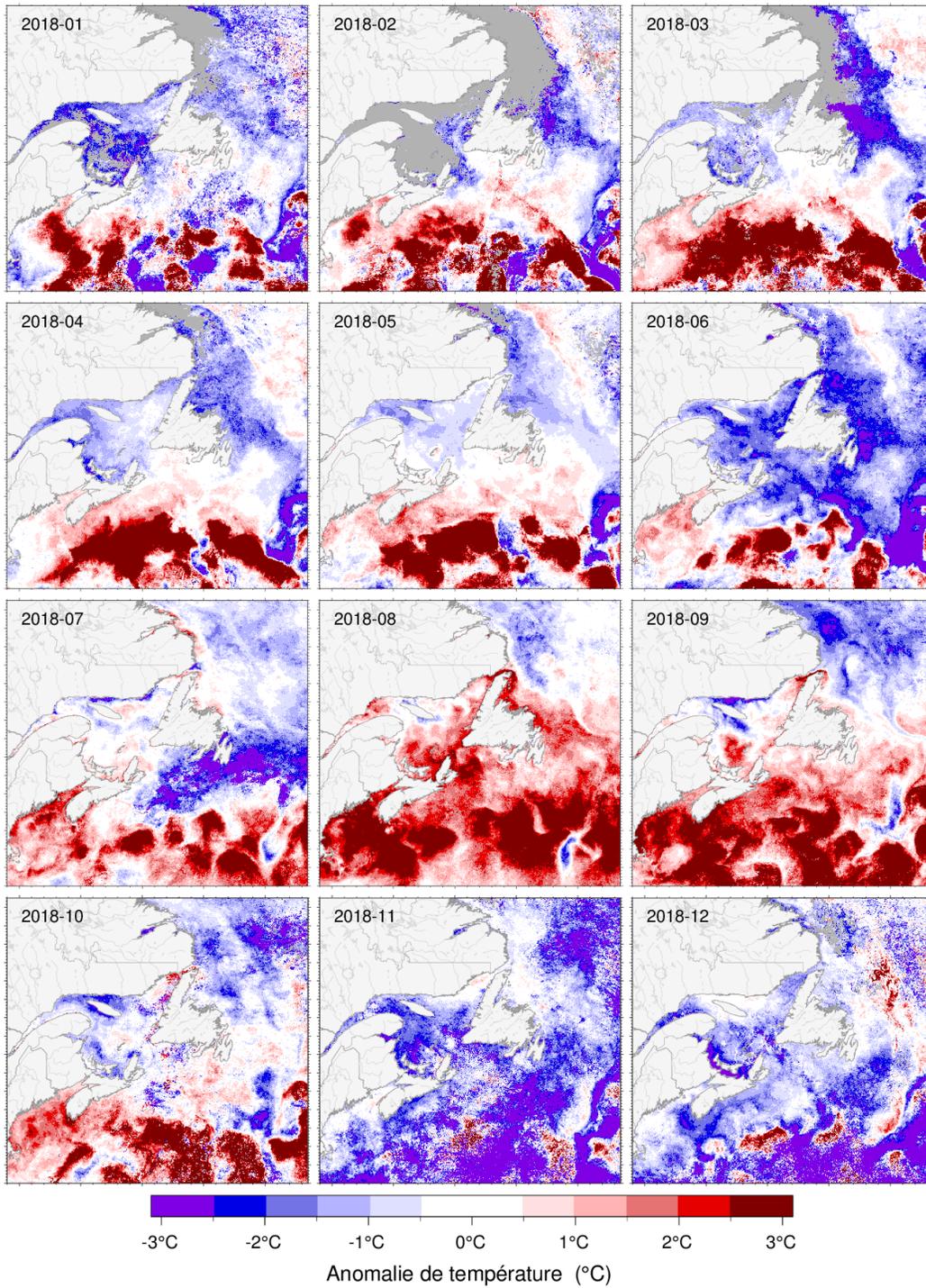


Figure 6. Anomalies mensuelles de température de la surface de la mer en 2018 dans la zone atlantique. Les anomalies de température sont basées sur une climatologie de 1985-2010.

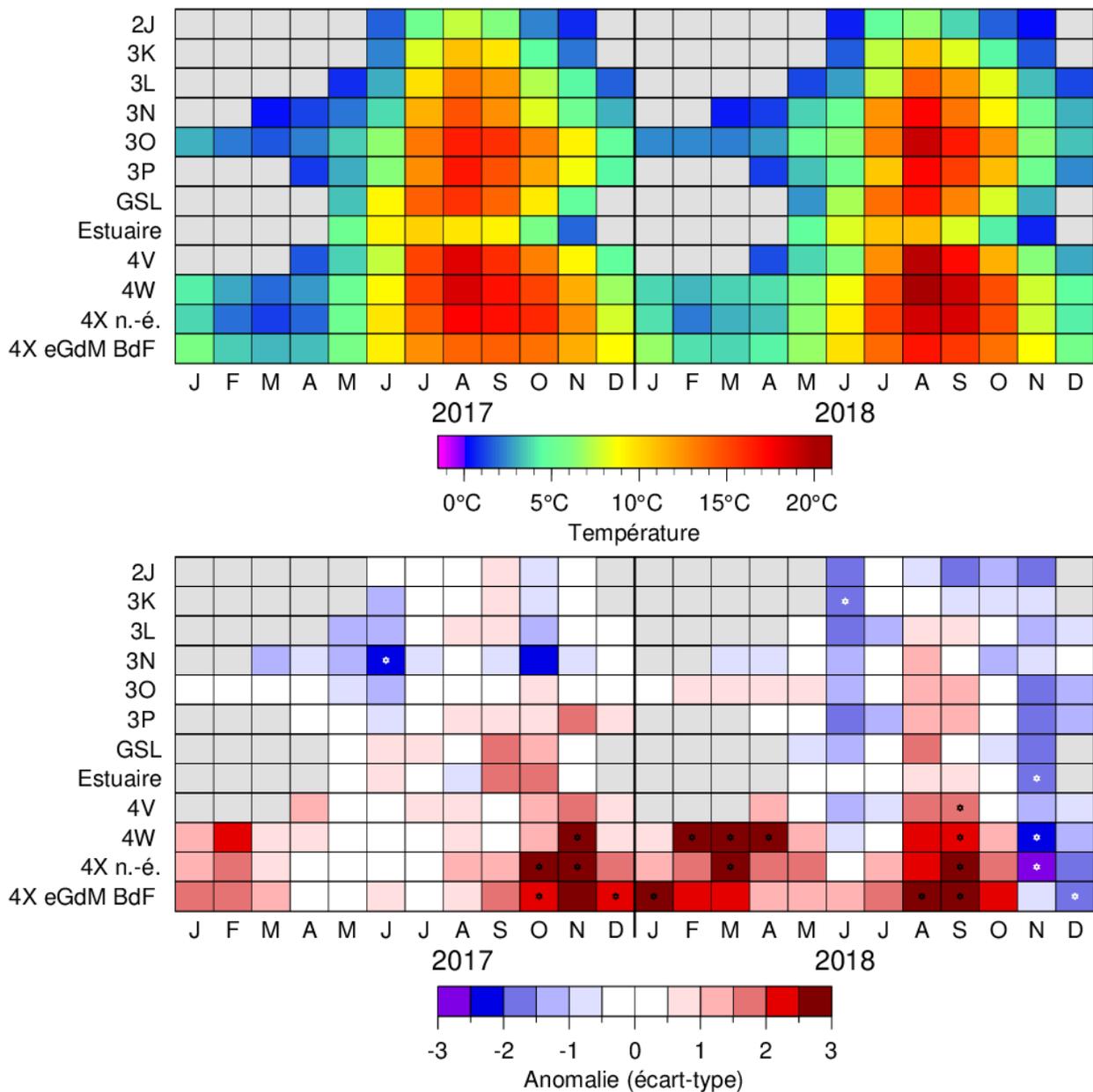


Figure 7. Températures (haut) et anomalies (bas) de la surface de la mer en 2017-18 moyennées mensuellement sur les 12 régions identifiées à la figure 3. Les régions et mois pour lesquels la température moyenne était à un niveau record sont identifiés par une étoile.

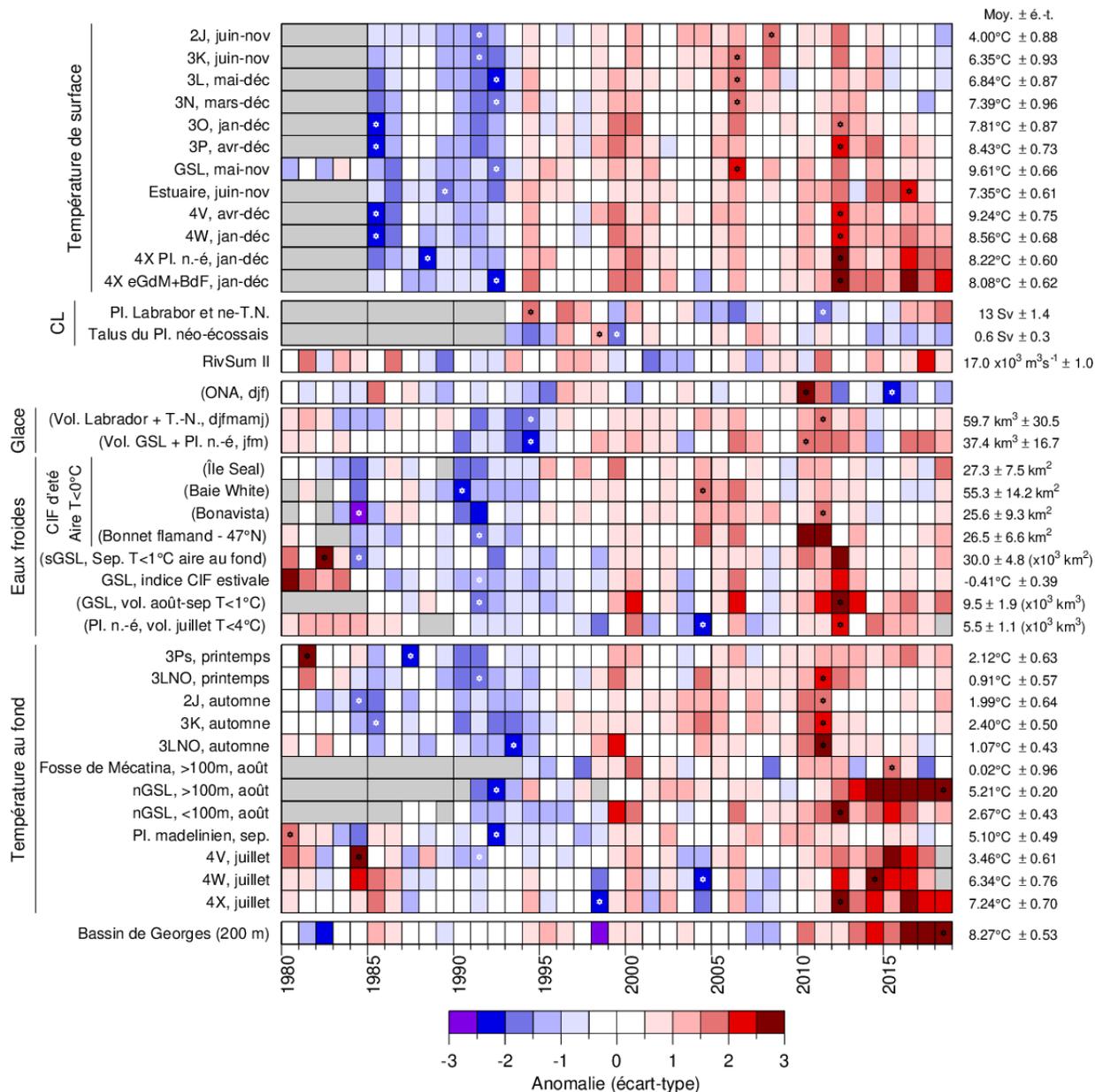


Figure 8. Série temporelle (de 1980 à 2018) des variables océanographiques. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée, lorsque possible, sur les données de 1981 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues plus basses que la normale. Les variables dont les noms apparaissent entre parenthèses ont un code de couleur inversé, où le rouge signifie une valeur basse qui correspond à des conditions chaudes. Les teintes plus fortes correspondent aux plus grandes anomalies. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles lorsqu'ils surviennent durant la période affichée. Les moyennes et écarts-types sont présentés à droite de la figure. Les températures de surface pour le golfe du Saint-Laurent de 1980 à 1984 sont estimées à partir de la température de l'air. RivSumII est le débit d'eau douce combinée s'écoulant dans l'estuaire du Saint-Laurent. (Transport du courant du labrador [CL], Oscillation Nord-Atlantique [ONA], golfe du Saint-Laurent [GSL], plateau néo-écossais [Pl. n.-é.], sud du golfe du Saint-Laurent [sGSL], nord du golfe du Saint-Laurent [nGSL], couche intermédiaire froide [CIF]).

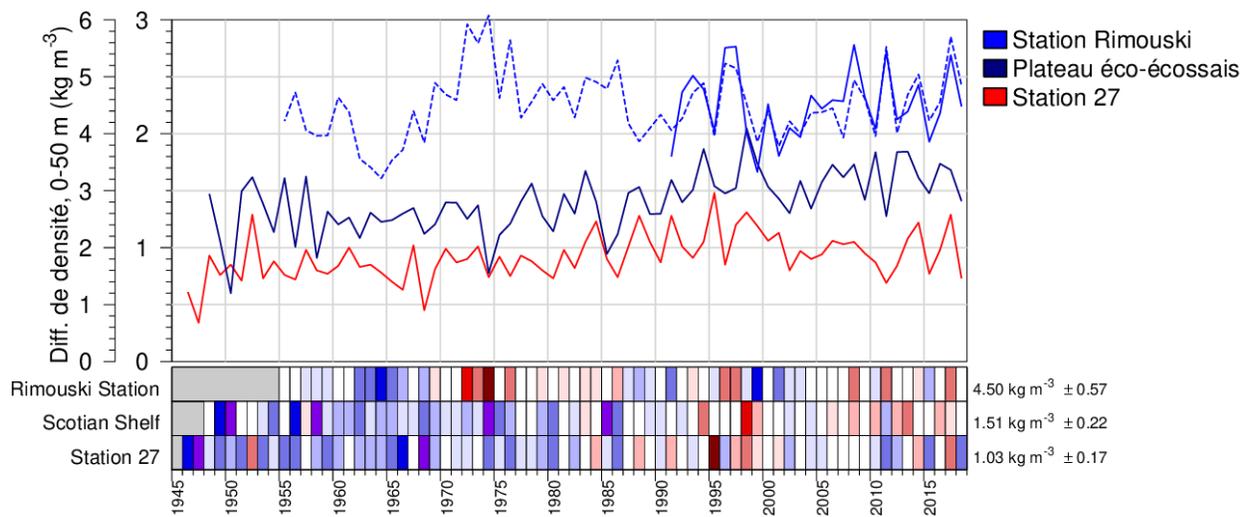


Figure 9. Tendances de la stratification dans le sud du plateau de Terre-Neuve-et-Labrador (à la station 27), sur le plateau néo-écossais et dans l'estuaire du Saint-Laurent (station Rimouski). La ligne pointillée pour la station de Rimouski est une approximation basée sur le débit d'eau douce.

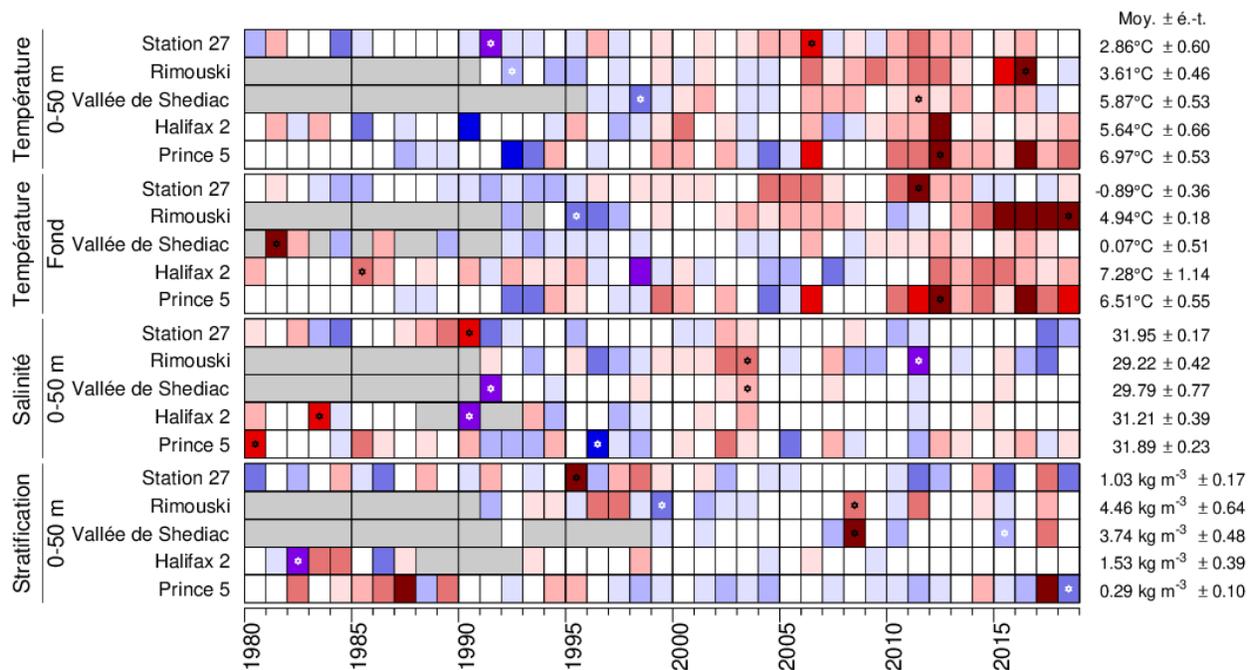


Figure 10. Séries temporelles (de 1980 à 2018) des variables océanographiques aux stations à haute fréquence d'échantillonnage du PMZA. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée, lorsque possible, sur les données de 1981 à 2010. Pour la température moyenne sur la profondeur aux stations fixes, les cellules rouges indiquent des conditions plus chaudes que la normale, les cellules bleues plus froides que la normale. Les teintes plus fortes correspondent aux plus grandes anomalies. Pour la salinité et la stratification, le rouge correspond aux conditions au-dessus de la normale. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles lorsqu'ils surviennent durant la période affichée. Les moyennes et écarts-types climatologiques sont présentés à droite de la figure. La palette est telle qu'aux figures 7 et 8.

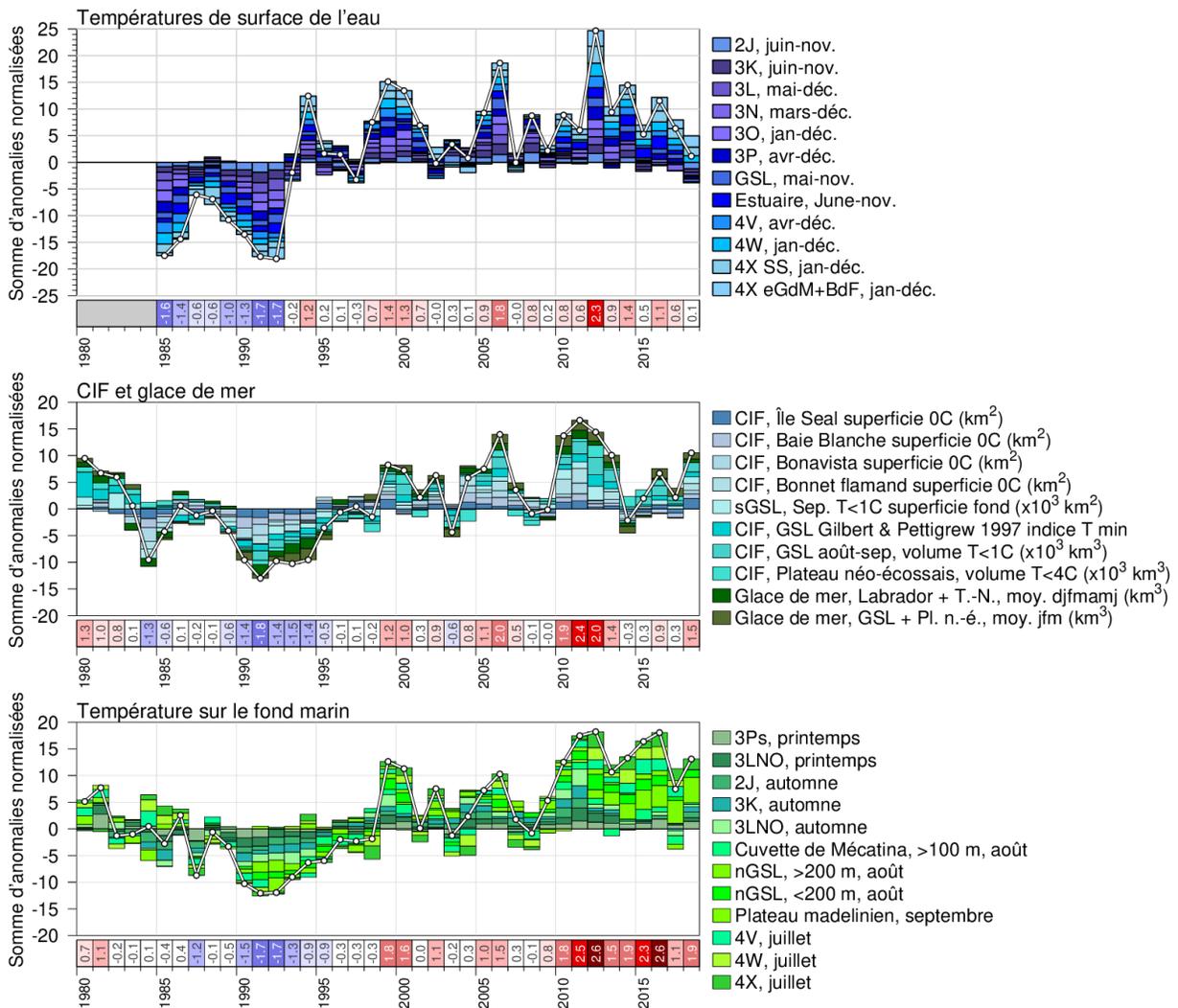


Figure 11. Indices climatiques composites (lignes blanches et symboles blancs) calculés par la somme d'anomalies normalisées provenant de différentes parties de l'environnement (les boîtes empilées au-dessus de l'abscisse sont des anomalies positives tandis que celles sous l'abscisse sont négatives). Le panneau du haut somme des anomalies de température de surface de l'eau, celui du milieu somme des anomalies de couches intermédiaires froides et de glace de mer (des anomalies positives représentent ici des conditions chaudes), et le panneau du bas somme des anomalies de température sur le fond.

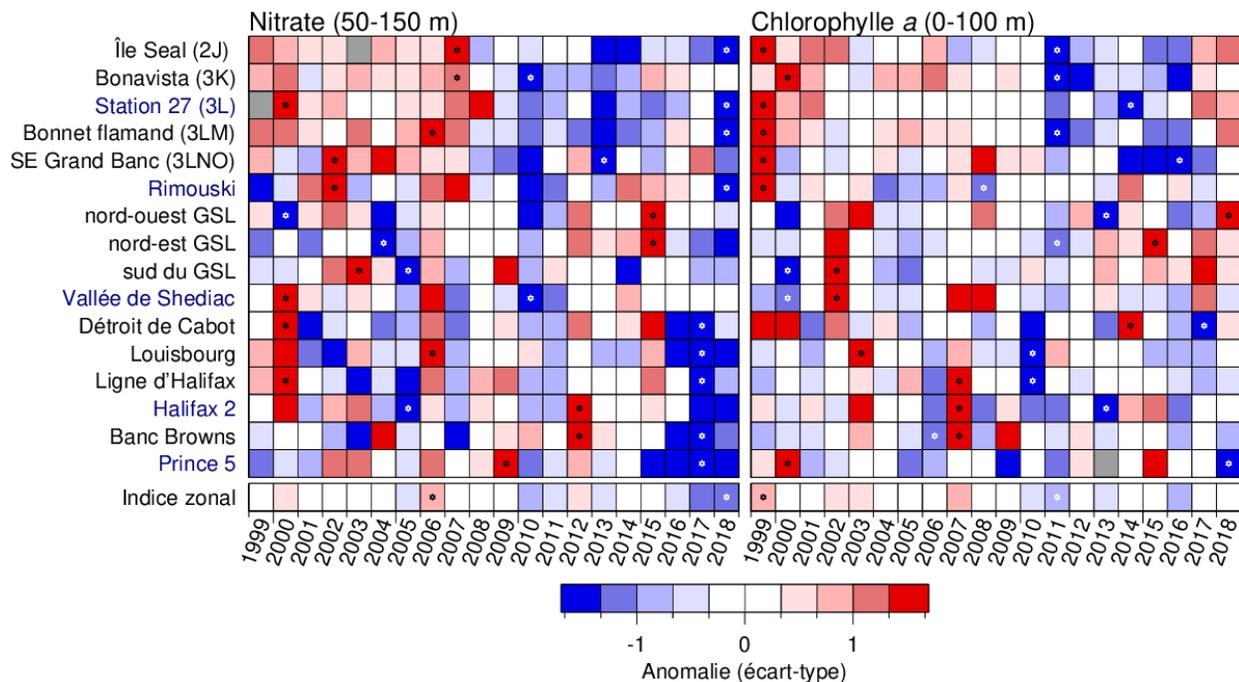


Figure 12. Séries temporelles (de 1999 à 2018) des inventaires de nitrates dans la couche profonde (50-150 m) et de l'abondance du phytoplancton en surface (exprimé par la concentration moyenne de chlorophylle a entre 0 et 100 m) sur les transects (identifiés en rouge à la figure 2) et stations à haute fréquence (identifiées en noir à la figure 2) du PMZA. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données de 1999 à 2015. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues sous la normale. Les teintes plus fortes correspondent à de plus grandes anomalies. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles ; notez le changement de la palette de couleur.

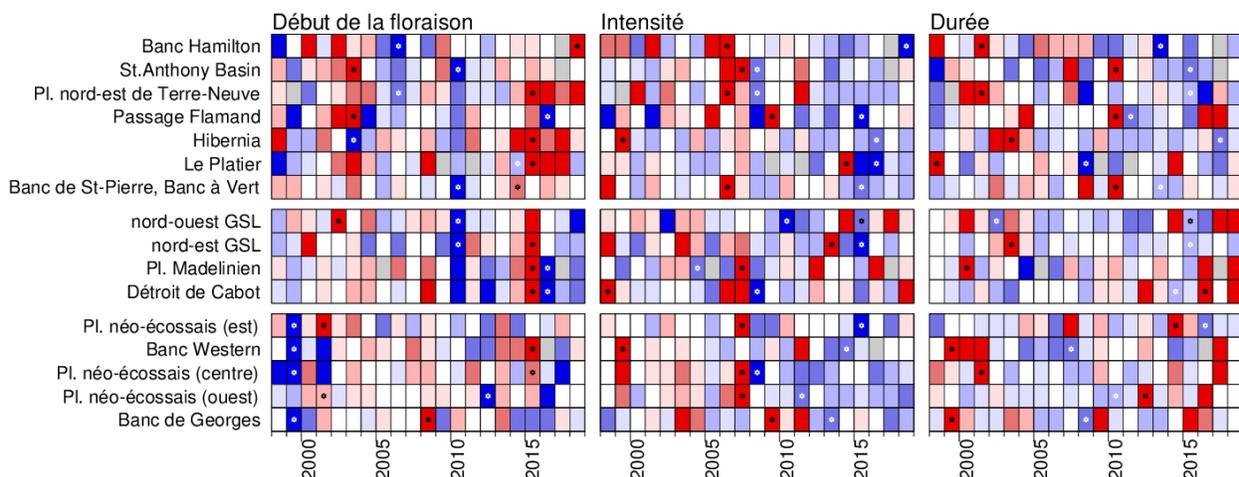


Figure 13. Séries temporelles (de 1998 à 2018) d'anomalies de paramètres de la floraison phytoplanctonique (début, intensité et durée). Données de SeaWiFS pour la période 1998-2008, MODIS pour la période 2009-2011 et VIIRS par la suite. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles. Voir la figure 3 pour les définitions des régions. La palette est telle qu'à la figure 10.

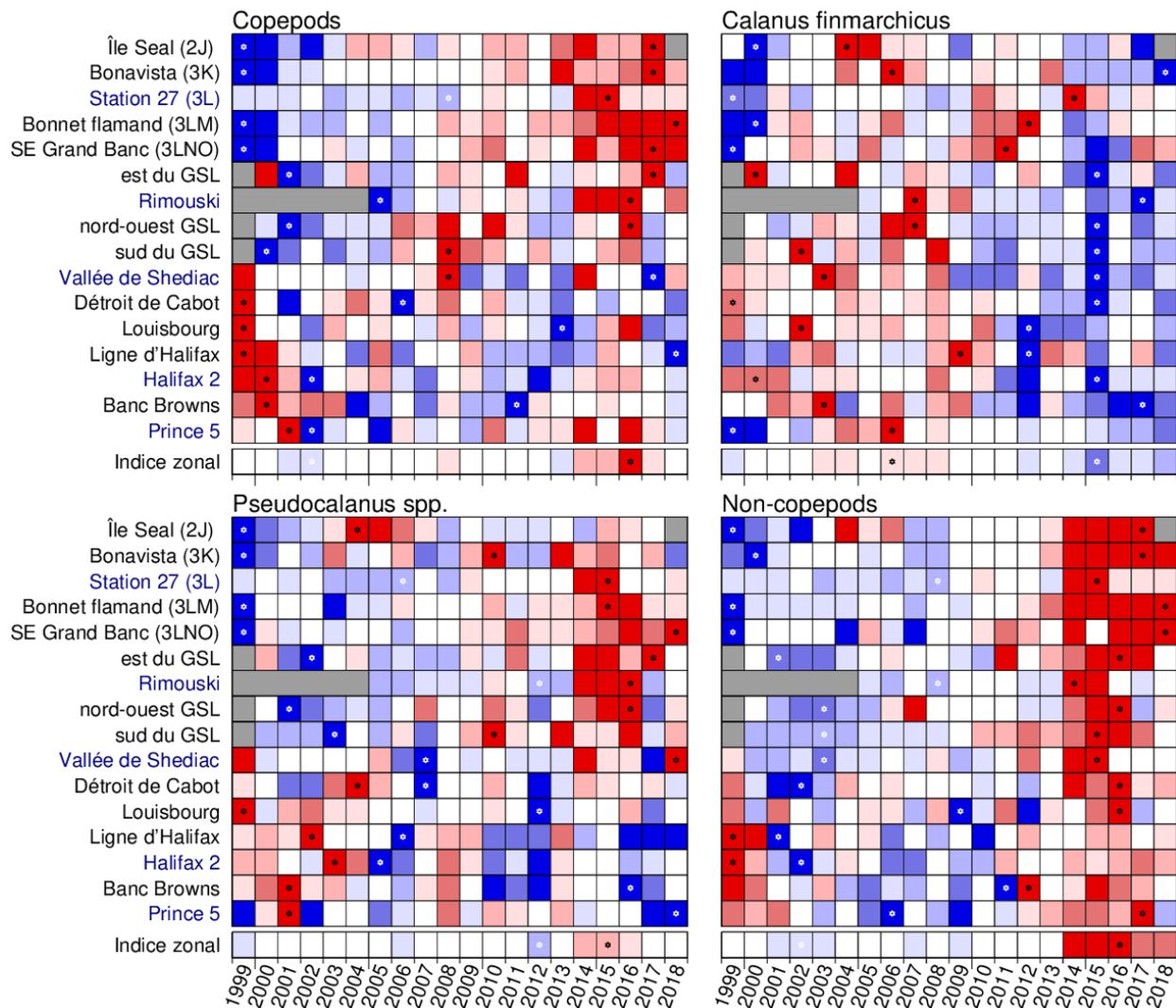


Figure 14. Séries temporelles (de 1999 à 2018) des copépodes, *Calanus finmarchicus*, *Pseudocalanus* spp. et des zooplanctons autres que les copépodes. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données de 1999 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues sous la normale. Les teintes plus fortes correspondent à de plus grandes anomalies. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles. La palette est telle qu'à la figure 10.

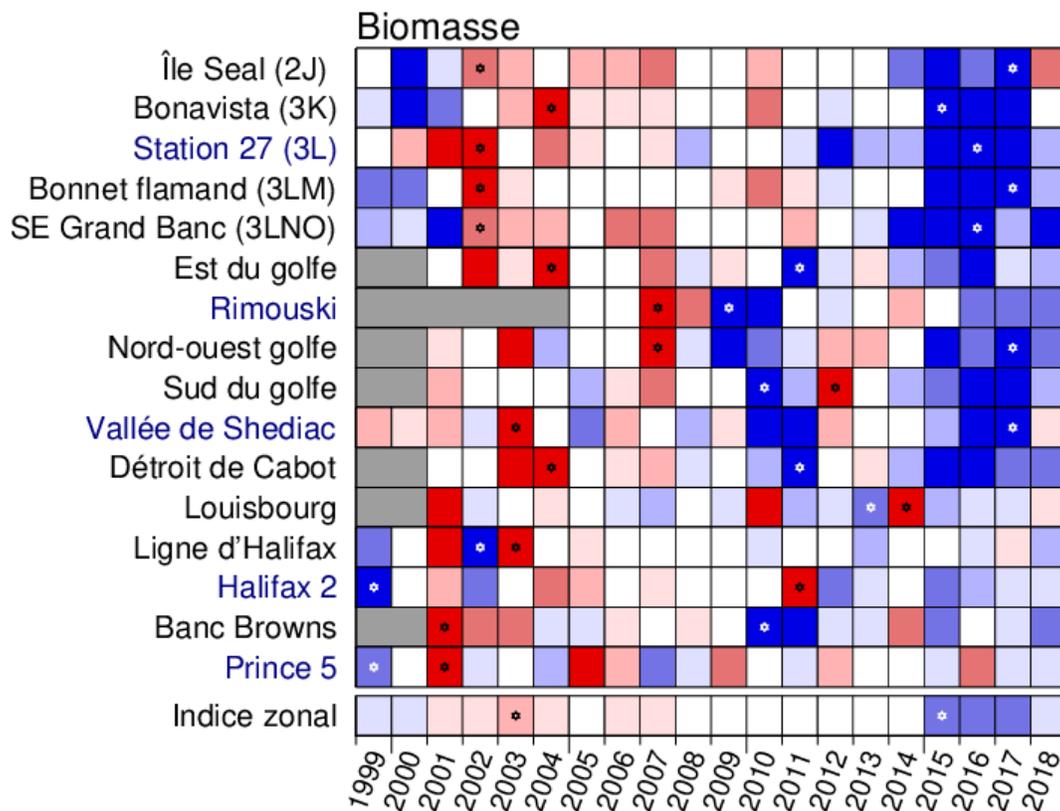


Figure 15. Séries temporelles de la biomasse du zooplancton (poids sec), 1999 à 2018. La biomasse est mesurée sur la fraction des tailles de 0,2 à 10 mm et est habituellement dominée par les copépodes. Une cellule grise indique des données manquantes, une cellule blanche est une valeur comprise entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme, basée sur les données de 1999-2015 ; une cellule rouge indique des stocks supérieurs à la normale, une cellule bleue inférieure à la normale. Des couleurs plus intenses indiquent des anomalies plus importantes. Les minimums et maximums de la série sont indiqués par une étoile. La rangée la plus basse est la moyenne (anomalie pour toutes les sections et stations fixes pour une année donnée). La palette est telle qu'à la figure 10.

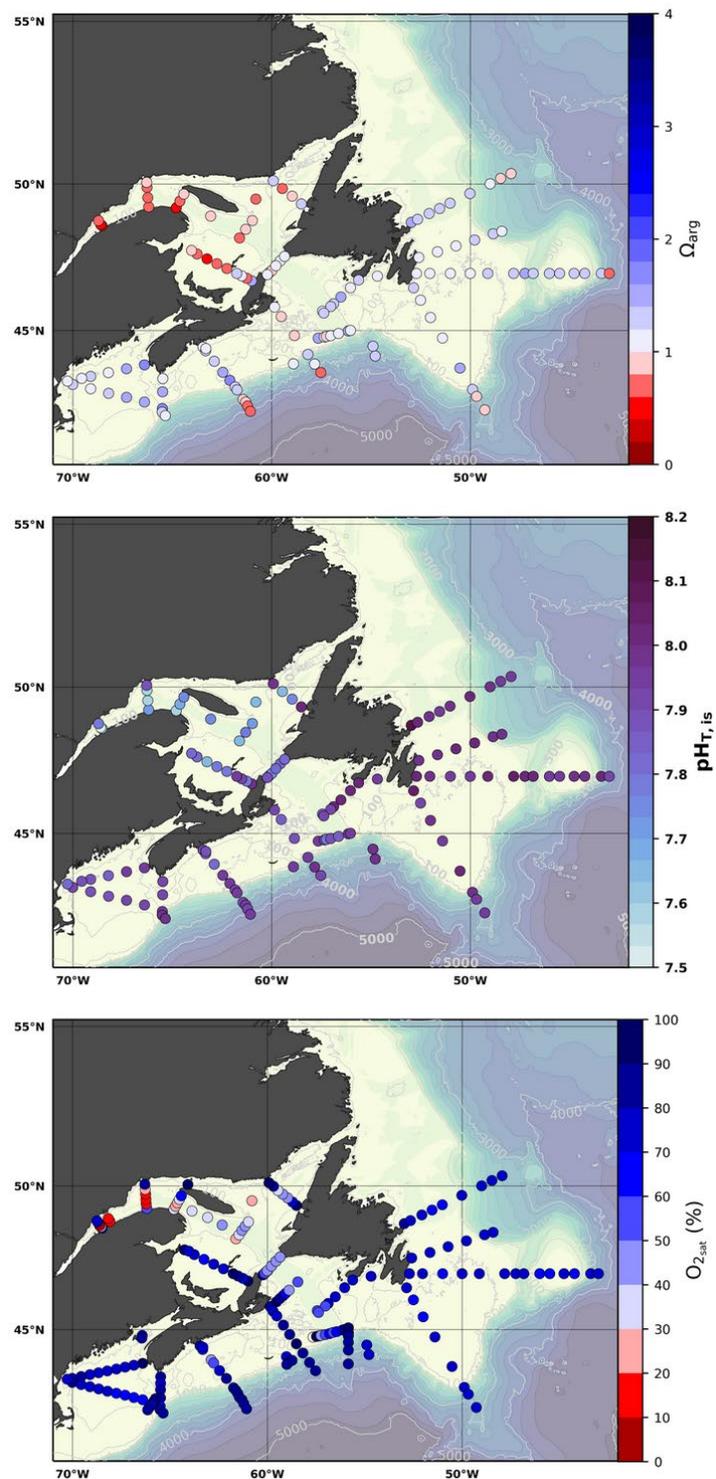


Figure 16. Conditions d'acidification près du fond de l'océan à l'automne 2018 pour le golfe du Saint-Laurent, le plateau néo-écossais et le plateau de Terre-Neuve : état de saturation en aragonite (haut), pH in situ à l'échelle totale (au centre) et saturation en oxygène dissous (bas). Les conditions sous-saturées relatives à l'aragonite ainsi que les teneurs en oxygène hypoxique sont tracées en couleurs rouges.

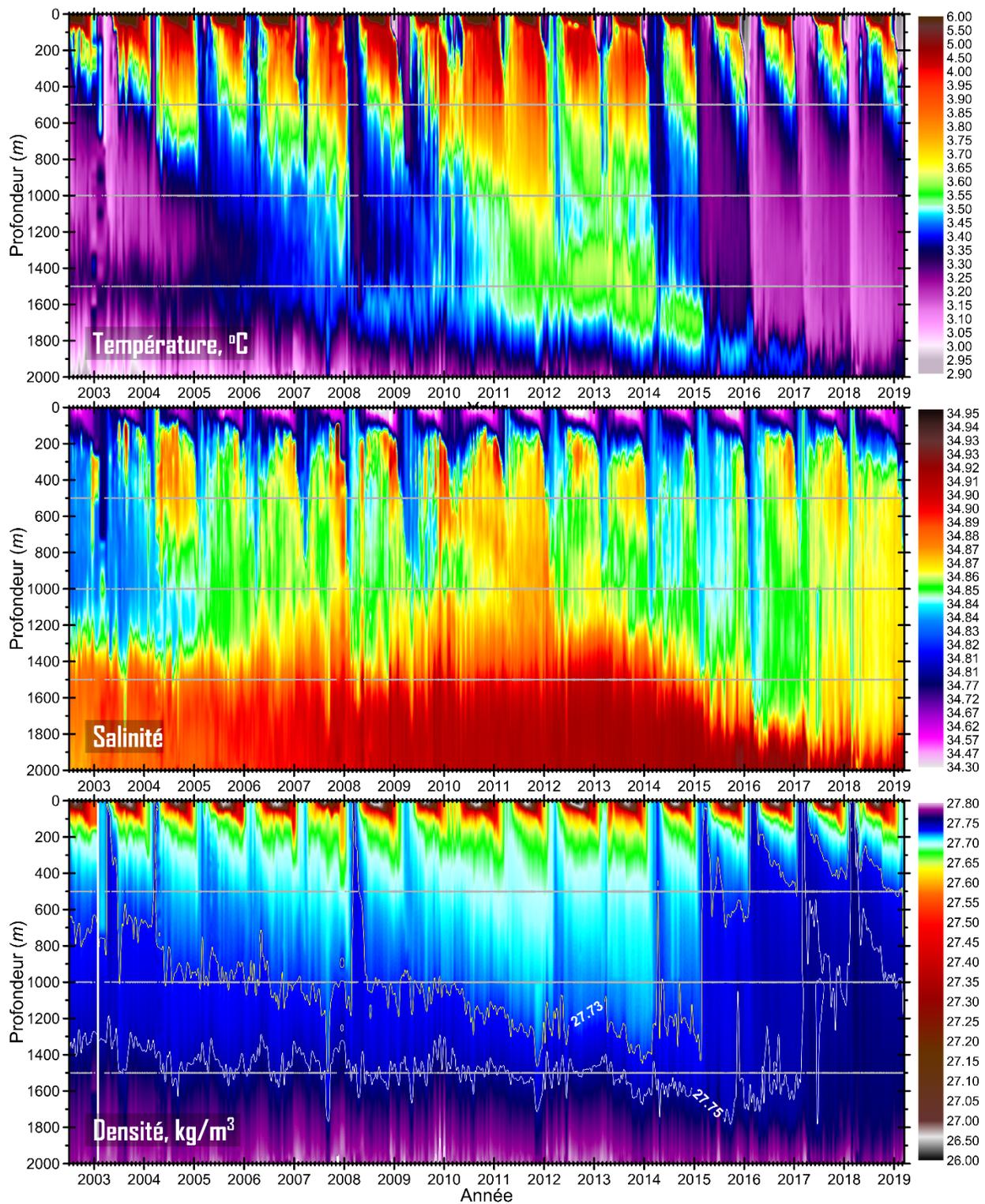


Figure 17. Évolution temporelle de (haut) la salinité et (bas) la température dans la mer du Labrador (ouest à centre), telle que dérivée par les profileurs Argo durant la période 2002-18.

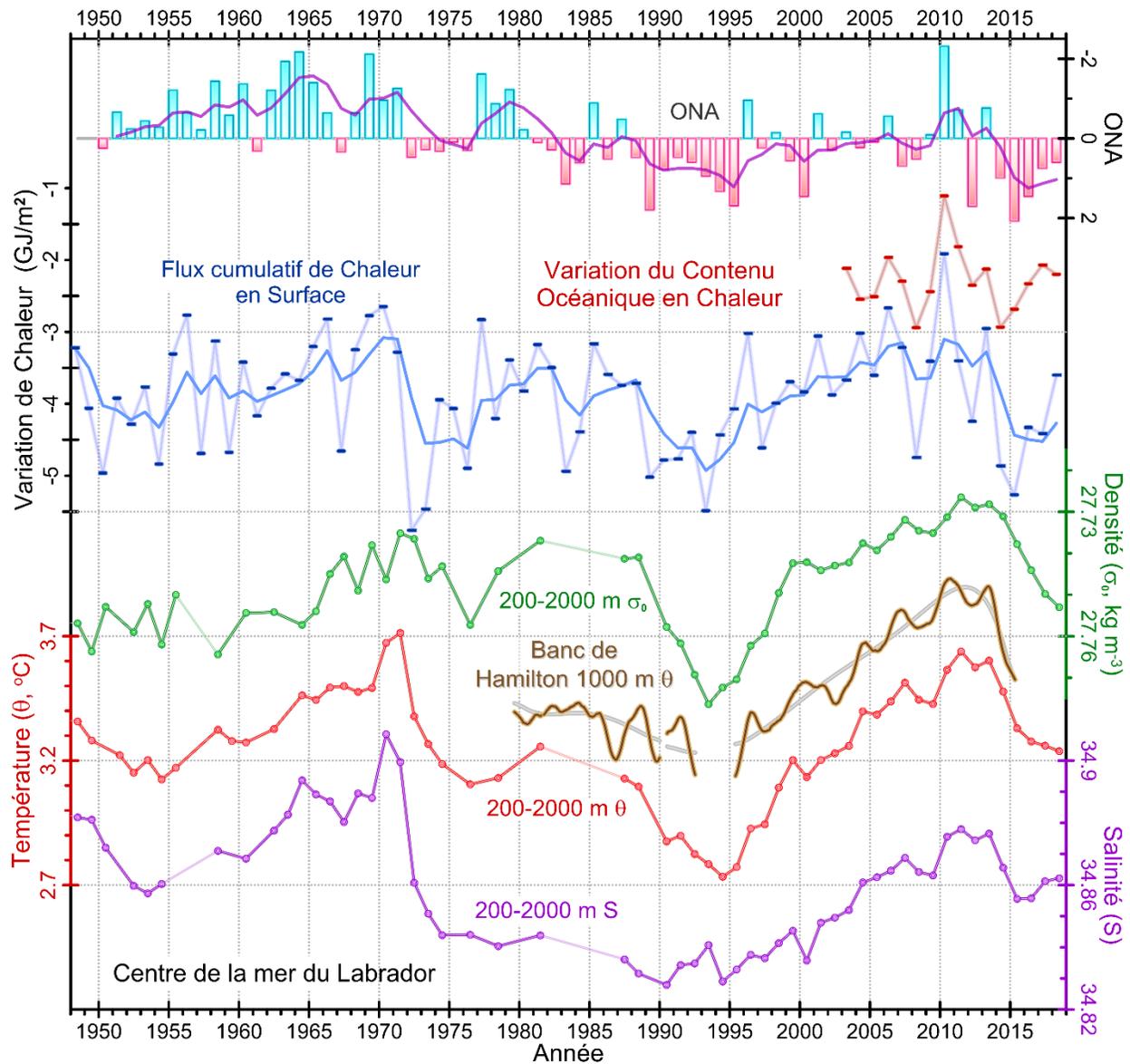


Figure 18. Principaux indices climatiques pour la mer centrale du Labrador depuis 1948. La courbe supérieure montre l'index ONA d'hiver normalisé (échelle inversée). Les deux prochaines séries chronologiques représentent des changements de contenu en chaleur dans la partie centrale de la mer du Labrador au cours de chaque saison de refroidissement : d'abord, la variation du contenu en chaleur de l'océan au cours de chaque saison de refroidissement océanique de l'ère Argo (2003-présent ; ce qui fournit une couverture de toutes les saisons) en fonction des profils de température (rouge) et, deuxièmement, le changement déduit du flux cumulé de chaleur de surface calculé à partir des données des Centres nationaux de prévision environnementale (bleu) et la valeur d'un filtre à cinq points (ligne continue avec valeur tracée à la dernière année de chaque période). Les quatre courbes du bas sont des estimés de la densité annuelle (σ_0 , référencée à la surface, échelle inversée), la température moyenne (θ) et la salinité (S) moyenne sur l'intervalle de 200-2000 m dans la mer centrale du Labrador, et la température de courantomètres placés à environ 1000 mètres de profondeur à l'est du banc Hamilton.

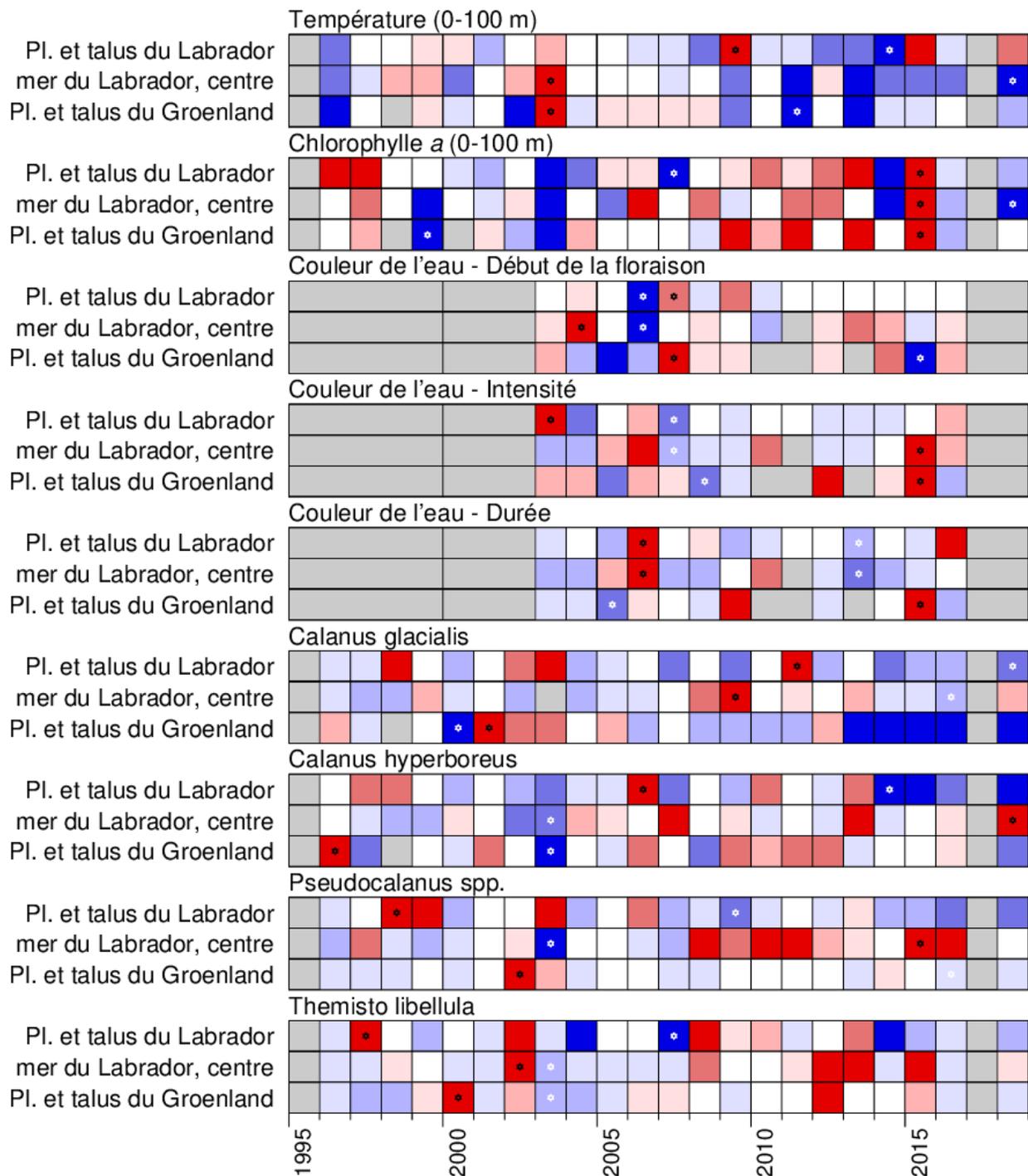


Figure 19. Anomalies annuelles normalisées pour la région de la mer du Labrador. La température et la chlorophylle sont des moyennes 0-100 m à partir des données de stations océanographiques. Les paramètres phytoplanctoniques (début de la floraison, l'ampleur et la durée) proviennent de la télédétection. Les données de zooplancton représentent des anomalies des estimations d'abondance recueillies en mai / juin le long de la ligne AR7W entre 1995 et 2018. La palette de couleur est telle qu'à la figure 10.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Québec
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000
Mont-Joli (Québec)
Canada G5H 3Z4

Téléphone : (418) 775-0825

Courriel : bras@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2019. Conditions océanographiques dans la zone Atlantique en 2018. Secr. can. de
consult. sci. du MPO, Avis sci. 2019/034.

Also available in English:

*DFO. 2019. Oceanographic Conditions in the Atlantic Zone in 2018. DFO Can. Sci. Advis. Sec.
Sci. Advis. Rep. 2019/034.*