



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

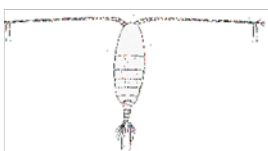
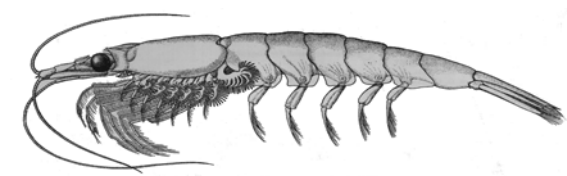
Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

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

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2020/028

CONDITIONS OCÉANOGRAPHIQUES DANS LA ZONE ATLANTIQUE EN 2019



Taxons clés du réseau trophique pélagique : euphausiacés (dans le haut), phytoplancton (dans le coin inférieur droit) et copépodes (dans le coin inférieur gauche). Images : Pêches et Océans Canada

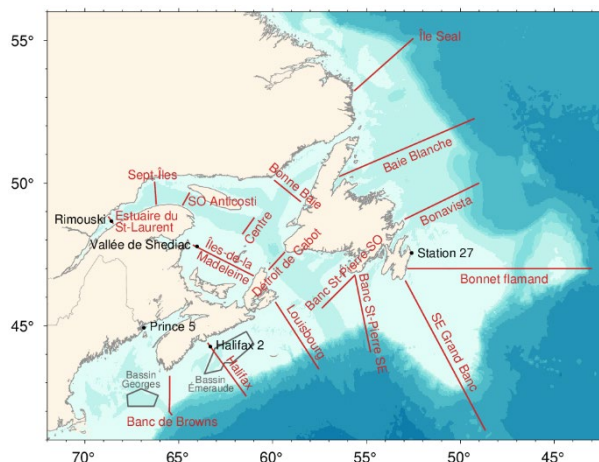


Figure 1. Stations d'échantillonnage à haute fréquence (noir), sections sélectionnées du Programme de monitoring de la zone atlantique (rouge) et aires de moyenne (gris).

Contexte :

Mis en œuvre en 1998, le Programme de monitoring de la zone atlantique (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.

Une description des profils saisonniers de la répartition du phytoplancton (végétaux microscopiques) et du zooplancton (animaux microscopiques) fournit des renseignements importants sur les organismes qui constituent la base du réseau trophique marin. Or, pour appliquer une approche écosystémique à l'égard de l'évaluation des stocks et de la gestion des ressources marines, il est essentiel de comprendre les cycles de production du plancton et leur variabilité interannuelle.

Le présent avis scientifique découle de la Vingt-deuxième réunion annuelle du Programme de Monitoring de la Zone Atlantique (PMZA) tenue par téléconférence du 20 au 21 avril 2020. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

SOMMAIRE

- Les moyennes mensuelles de la température de la surface de la mer ont été généralement inférieures à la normale durant les mois libres de glace de 2019 jusqu'en juillet, y compris des records (depuis 1982) en mars dans les divisions de l'OPANO 3P et 4V. Les températures ont été normales à supérieures à la normale pour le maximum saisonnier atteint en août, mais ont baissé très subitement en septembre le long du passage de la tempête tropicale Dorian au début septembre. Les vents de plus de 100 km/h ont mélangé la colonne d'eau jusqu'à des profondeurs dépassant 35 m par endroit, baissant la température de surface d'autant que de 8 °C et l'augmentant d'autant en profondeur. La température moyenne en septembre était alors à un niveau record de froid dans le golfe du Saint-Laurent ainsi que sur le banc Saint-Pierre et le plateau néo-écossais (divisions OPANO 3P, 4V et 4W). Les températures sont demeurées stables dans l'épaisse couche mélangée jusqu'à ce que la température de l'air refroidisse sous la température de l'eau, conduisant à des températures de surface supérieures à la normale en novembre sur le plateau néo-écossais et l'est du golfe du Maine et la baie de Fundy.
- Les températures de la surface de la mer moyennées durant les mois libres de glace étaient normales à supérieures à la normale sur le plateau du Labrador et dans la partie nord du plateau de Terre-Neuve, et ont varié entre inférieures à près de la normale au sud et à l'est du plateau de Terre-Neuve. Malgré les disparités régionales, la moyenne zonale et saisonnière était inférieure à la normale pour la première fois depuis 1992. Cependant, cette moyenne aurait été presque normale sans la tempête tropicale Dorian.
- L'étendue moyenne des glaces de mer en hiver était inférieure à la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et près de la normale dans le golfe du Saint-Laurent. Cependant, la glace s'est formée beaucoup plus tôt que la normale dans les eaux côtières de l'ouest et du sud du golfe, et la première occurrence en novembre dans l'estuaire supérieur était la plus hâtive de la série.
- Les conditions de la couche intermédiaire froide estivale étaient de près de la normale à plus chaudes que la normale dans l'ensemble de la zone. Les données de la section Baie Blanche ne sont pas disponibles à cause de la disponibilité limitée des navires de recherche.
- Les températures sur le fond marin étaient principalement supérieures à la normale dans toute la zone, à l'exception des Divisions OPANO 3LNO où elles étaient près de la normale. Les températures élevées incluaient un record centenaire dans les eaux plus profondes du nord du golfe du Saint-Laurent, un record de série dans le bassin d'Émeraude à 250 m, de même que la seconde valeur la plus élevée à 200 m de profondeur dans le bassin de Georges.
- Aux stations d'échantillonnage à haute fréquence Rimouski et Vallée de Shediac, la stratification saisonnière était supérieure à la normale et la moyenne 0–50 m de la salinité était inférieure à la normale. Les deux étaient associées à la plus grande crue printanière du Saint-Laurent depuis 1974. La température moyenne saisonnière 0–50 m était aussi supérieure à la normale à ces deux stations (record de série à Vallée de Shediac). La température près du fond à la station Rimouski était aussi à un niveau record élevé. La stratification était inférieure à la normale à la Station 27 et Halifax 2.
- Le courant du Labrador a faibli en comparaison à 2018 sur la pente de Terre-Neuve-et-Labrador, devenant près de la normale.

- Les inventaires de sels nutritifs en profondeur variaient entre la normale et supérieur à la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent, mais étaient principalement inférieurs à la normale sur le plateau néo-écossais. Des records élevés de série ont eu lieu sur la section Île Seal ainsi qu'à la station Rimouski. Le record élevé à la station Rimouski représente un grand changement depuis le record observé en 2018 de la valeur la plus faible.
- Les inventaires annuels de chlorophylle *a* étaient supérieurs à la normale sur la majeure partie du plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et du nord du golfe du Saint-Laurent, mais étaient inférieurs ou près de la normale dans le sud du golfe et sur le plateau néo-écossais.
- Le début de la floraison printanière du phytoplancton a été très variable au travers de la zone. Elle était précoce dans le bassin St-Anthony, Le Platier et l'est du plateau néo-écossais, et elle était retardée sur le plateau nord-est de Terre-Neuve, le nord-ouest du golfe et le banc Western. L'intensité de la floraison était généralement inférieure à près de la normale, incluant un record inférieur sur le banc de Georges. La durée de la floraison était supérieure à la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, atteignait un record dans le bassin St-Anthony et Le Platier. Elle était aussi plus longue que la normale sur le plateau madelinien et l'est du plateau néo-écossais, mais elle était plus courte ou près de la normale dans les autres régions du golfe et du plateau néo-écossais.
- Les changements dans la communauté de zooplancton observé au cours des années récentes (2014–2018), caractérisées par une plus faible abondance du gros copépode *Calanus finmarchicus* qui est riche en énergie, une plus grande abondance de petits copépodes et de non-copépodes, a persisté en 2019 en dépit d'une apparente amorce d'une tendance vers des conditions normales en 2018. L'abondance de *Calanus finmarchicus* est demeurée près ou inférieure à la normale au travers de la majeure partie de la zone, à l'exception de l'est du golfe Saint-Laurent et de Prince 5. L'abondance de *Pseudocalanus* spp. était normal à au-dessus de la normale dans toute la zone, de même que pour les abondances de non-copépodes.
- La biomasse du zooplancton était généralement inférieure à la normale dans la zone. Les exceptions étaient la section Bonavista, la station Rimouski, le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent et Prince 5.
- 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. Des conditions sous-saturées près du fond ont aussi été observées dans le chenal Avalon sur le plateau de Terre-Neuve.
- L'oxygène dissous des eaux profondes a atteint un nouveau record minimum dans l'estuaire du Saint-Laurent.
- Dans la mer du Labrador, la convection a atteint une profondeur d'environ 1400 m du côté ouest du bassin du Labrador, et de seulement environ 1000 m dans la partie centrale ainsi que du côté est, contrastant la période de 2014 à 2018 quand la convection a augmentée graduellement de 1600 à 2000 m. La température dans la partie centrale de la mer du Labrador était supérieure à la normale, renversant une tendance au refroidissement observée depuis 2010 dans la couche 15–100 m, et depuis 2011 dans la couche 200–2000 m.

- En général, les indicateurs biologiques étaient inférieurs à la normale dans la mer du Labrador, incluant un record des Hyperiidæ. Les exceptions notables sont les anomalies positives observées dans le centre du bassin pour les abondances de Clausocalanoides et le retard de la floraison printanière de phytoplancton sur le plateau et talus du Labrador ainsi que dans le centre du bassin.

RENSEIGNEMENTS DE BASE

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 de la zone atlantique au large du plateau continental (PMZAO). Depuis l'an dernier, 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 2019

Voici un résumé des conditions océanographiques physiques observées au cours de l'année 2019 en ce qui concerne les eaux océaniques de l'est du Canada (Figures 1 et 2), telles que détaillées dans trois rapports rédigés dans le cadre du PMZA (p. ex. Hebert *et al.* 2020 et Cyr *et al.* 2020 pour les conditions en 2018 et Galbraith *et al.* 2020 pour les conditions en 2019).

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 (Cyr *et al.* non publié¹). Nous utilisons ici la moyenne de décembre à mars de l'indice mensuel retrouvé sur le site de la National Oceanic and Atmospheric Association ([NOAA](https://www.noaa.gov/)). Ceci diffère de notre rapport de l'an dernier dans lequel un indice renormalisé de décembre à février était utilisé. En 2019, l'indice ONA d'hiver était de + 0,68 (+ 1,5 écart-type), positif pour une sixième année consécutive, soit une période qui inclue le record de série de +1,6 observé en 2015. La valeur la plus faible observée a été de - 1,5 en 2010.

Cycle annuel de température

La température varie verticalement à travers les saisons dans la zone atlantique (Figure 3). 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 là où la glace se forme. 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. 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

Un nouveau produit de température de surface de la mer est utilisé dans ce rapport cette année. C'est un mélange de données Pathfinder version 5.3 (1982–2014), de l'Institut Maurice-Lamontagne (1985–2013) et de l'Institut Océanographique de Bedford (1997–2019) pour lequel un composite mensuel est calculé à partir de la moyenne des anomalies journalières à laquelle la moyenne climatologique mensuelle est ajoutée (voir Galbraith *et al.* 2020 pour les détails). Ceci élimine le biais qui se produit en moyennant des températures qui ne sont pas également distribuées dans le temps. La couverture a été étendue vers le nord et vers l'est pour inclure les Division OPANO 2G, 2H et 3M. De plus, la Division 4V a été séparée en 4Vn et 4Vs.

Moyennée sur des périodes sans glace aussi courte que de juin à novembre sur le plateau du Labrador, de mai à novembre dans le golfe, et jusqu'à l'ensemble de l'année sur le plateau néo-écossais, la température de l'air a été identifiée comme un bon substitut de la surface de la mer et ainsi 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 (Galbraith *et al.* 2020). La zone a connu ses températures de surface les plus chaudes en 2012 lorsque toutes ses régions ont eu des anomalies positives pour leurs périodes libres de glace, avec des records atteints dans l'est du golfe du Maine et la baie de Fundy (4X eGdM+BdF), sur le plateau néo-écossais (4X SS, 4W, 4Vn, 4Vs), le banc Saint-Pierre (3P) et la passe Flamande (3M).

En 2019, les moyennes mensuelles de la température de surface étaient généralement inférieures ou près de la normale jusqu'en juillet, incluant des records minimums (depuis 1982) en mai dans les Division OPANO 3P and 4V (Figures 4 à 6). Les températures étaient normales à supérieures à la normale durant le maximum saisonnier atteint en août, mais ont chuté de façon marquée avec le passage de la tempête tropicale Dorian au début septembre. Les vents de 100+ km/h ont mélangé la colonne d'eau aussi profondément que 45 m, réduisant la température de surface de 8 °C par endroit et l'augmentant d'autant en profondeur (Galbraith *et al.* 2020). La température moyenne mensuelle de septembre était à un record inférieur dans le golfe du Saint-Laurent, le banc Saint-Pierre et le plateau néo-écossais (Division OPANO 3P, 4V et 4W), pas à cause d'une perte de chaleur vers l'atmosphère, mais plutôt causée par une redistribution dans la colonne d'eau. Les températures sont par la suite demeurées stables dans l'épaisse couche mélangée jusqu'à ce que les températures de l'air baissent pour devenir plus froides que l'eau. Les températures de surface étaient par la suite supérieures à la normale en novembre sur le plateau néo-écossais et l'est du golfe du Maine et la baie de Fundy.

Les températures saisonnières de la surface de la mer, moyennées durant les mois libres de glace, étaient de normales à supérieures à la normale sur le plateau du Labrador et le nord du plateau de Terre-Neuve, mais variaient de normales à inférieurs à la normale ailleurs (Figure 7).

En moyenne au travers de la zone, les moyennes saisonnières étaient inférieures à la normale pour la première fois depuis 1992. Cependant la moyenne pour la zone aurait été près de la normale, n'eût été l'effet de la tempête tropicale Dorian.

Couche Intermédiaire Froide

Pour le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, les indices de la CIF montrés ici (Figure 7) sont les sections transversales des eaux avec $T < 0^{\circ}\text{C}$ en été le long des sections du PMZA Île Seal, White Bay, Bonavista et bonnet Flamand (basées sur de nouveaux calculs cette année; Cyr *et al.* non publié¹). Pour le golfe, le volume d'eau ayant $T < 1^{\circ}\text{C}$ observé en août-septembre est utilisé (Galbraith *et al.* 2020). 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.* 2020). Sur le plateau néo-écossais, le volume d'eau ayant $T < 4^{\circ}\text{C}$ 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.* 2020). 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.

Le volume de la CIF du golfe du Saint-Laurent et celui du plateau néo-écossais étaient à des niveaux records minimums en 2012, 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 2011 et 2013, elles ont été suivies de conditions normales à plus froides que la normale de 2014 à 2017. En 2019, les conditions de la CIF estivale étaient normales à plus chaudes que la normale sur toute la zone, avec des conditions chaudes de + 1,1 écart-type au-dessus de la normale à la section Bonavista et de + 1,2 écart-type sur le plateau madelinien. Les données de la section Baie Blanche ne sont pas disponibles en 2019 à cause de la disponibilité limitée des navires de recherche.

Glace 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 les paramètres décrivant la glace sur le plateau de Terre-Neuve sont corrélés avec la température de décembre à mars à Cartwright (1981-2019, $R^2 = 0,65-0,81$; Cyr *et al.* 2020). 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 $R^2 = 0,72$ (1969–2019). La température de l'air est également bien corrélée à la superficie et à la durée du couvert de glace de mer ($R^2 = 0,78-0,80$). 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 18 km^3 , de $31\ 000\text{ km}^2$ et de 13 jours pour chaque augmentation de 1°C de la température de l'air en hiver (Galbraith *et al.* 2020).

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

¹ Cyr, F., Snook, S., Bishop, Galbraith, P.S., Pye, B., Chen, N., et Han, G. En prép. Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve et Labrador en 2019. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech.

la normale et ont atteint un niveau record dans le golfe du Saint-Laurent en 2010 et sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador en 2011 (Figure 7). Au cours de la période de dix ans entre 2010 et 2019, le volume moyen saisonnier de glace de mer du golfe comptait 6 des 10 valeurs les plus basses de la série (bien que 2019 n'en faisait pas partie), et le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador comptait 4 des 10 plus faibles (incluant 2019). En 2019, le volume moyen saisonnier de glace de mer était sous la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador (- 0,9 écart-type), au 10^e rang le plus faible depuis 1969, et près de la normale dans le golfe du Saint-Laurent, avec un volume de glace de mer exportée sur le plateau néo-écossais qui était près de la normale (le plus grand volume depuis 2015). Par contre, la glace s'est formée beaucoup plus tôt que la normale dans les eaux côtières de l'ouest et du sud du golfe, et la première occurrence en novembre dans l'estuaire supérieur était la plus hâtive de la série.

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 à 300 m après avoir passé le détroit de Cabot, 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 d'Émeraude 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 (Divisions 4W et 4Vs de l'OPANO, respectivement). La bathymétrie dans ces zones est répartie de manière assez uniforme de 30 m à 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 2019, les températures sur le fond dans la zone atlantique, moyennées sur des grands polygones, étaient de normales sur les Grands Bancs (3LNO) à supérieures à la normale ailleurs, incluant des records centenaires de haute température à 250 et 300 m dans le golfe du Saint-Laurent qui se reflètent dans la moyenne de la température sur le fond dans le nord du golfe dans sa portion plus profonde que 200 m (Figure 7). Le récent réchauffement du golfe 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. Les températures moyennes à 200–300 m à l'embouchure du chenal Laurentien étaient à des niveaux records en 2019. Ainsi, la température moyenne des eaux profondes du golfe devrait continuer à augmenter au cours des deux prochaines années, la circulation estuarienne entraîne ces anomalies vers l'intérieur. Dans d'autres régions de la zone, la température sur le fond est demeurée élevée dans 4X (8,4 °C, + 1,6) en juillet, avec un record de température observé dans le bassin d'Émeraude à 250 m (11,0 °C ; + 1,9 °C, + 2,2 écarts-types) et seconde plus chaude dans le bassin Georges à 200 m (10,0 °C ; + 1,7 °C, + 3,2 écarts-types).

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. Notre produit décrivant le débit a changé dans cette édition du rapport. Il est maintenant basé sur une estimation du débit quotidien à Québec qui est ensuite décalé de trois semaines pour tenir compte du temps de transit vers l'estuaire. Il est ensuite combiné avec une sortie de modèle hydrologique de bassin versant des rivières qui s'écoulent dans l'estuaire. 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 (1991–2019; $R^2 = 0,69$; Figure 8). Le ruissellement moyen de 2019 était à son niveau le plus élevé depuis 1976 ($20\,200\text{ m}^3\text{s}^{-1}$, + 2,0 écarts-types), avec une crue printanière de mai-juin en égalité pour le premier rang avec 1974 à $30\,900\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (+ 3,1 écarts-types).

La stratification sur le plateau néo-écossais a augmenté légèrement en 2019, demeurant 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 8). 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. La stratification était supérieure à la normale à la station de Rimouski (+ 1,2 écart-type), de manière compatible avec le débit élevé du fleuve Saint-Laurent

Conditions aux stations d'échantillonnage à haute fréquence

La stratification saisonnière était supérieure à la normale et la moyenne de 0 à 50 m de la salinité était inférieure à la normale aux stations d'échantillonnage à haute fréquence Rimouski et Vallée de Shediac. Les deux étaient associées à la plus grande crue printanière du Saint-Laurent depuis 1974. 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 2018, station Rimouski en 2018, et maintenant Station 27 en 2019 où elle était inférieure à la normale (Figure 9). La température moyenne saisonnière 0–50 m était à record de série à Vallée de Shediac en 2019. La température près du fond était de normale à supérieure à la normale à toutes les stations. À la station Rimouski, les 5 dernières années correspondant à la période 2015 à 2019 présentaient les 4 moyennes saisonnières de température sur le fond les plus chaudes de la série chronologique, atteignant un record de série en 2019.

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 courant du talus néo-écossais (Figure 7). 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 est 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 2019, le transport moyen annuel était tout juste supérieur à la normale sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve (+ 0,5 écart-type) et tout juste à l'intérieur de la normale (- 0,5 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 et à la fin de la période 2010–19 avec des températures proches de la normale en 2014–17, 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, le bassin de Georges (200 m), le bassin d'Émeraude (250 m) ainsi qu'un record de plus de 100 ans dans le nord du golfe du Saint-Laurent.

La Figure 10 montre trois séries temporelles d'indices composites annuels construites comme la moyenne 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 indices cumulés donnent également une idée du degré de cohérence entre les différentes mesures des conditions environnementales et les différentes régions de la zone. Nouveau dans cette édition du rapport, les anomalies de température de surface sont pondérées selon leur superficie (par contre pas selon le nombre de mois qui entre dans chacune des moyennes), et chacun des trois indices est pondéré pour les valeurs manquantes. En moyenne sur la zone, les conditions de température de surface étaient inférieures à la normale pour la première fois depuis 1992 (mais aurait été près de la normale, n'eût été l'effet de la tempête tropicale Dorian), 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, 45 indices énumérés dans les Figures 7 et 10 décrivent les conditions océaniques liées à la température dans la zone du PMZA en 2019 (température de surface, glace, superficies, volumes et température minimale de la CIF, température sur le fond, température moyenne 0-50 m). Parmi eux, 10 étaient plus froids que la normale (tous sauf un exprimant la température de surface), 13 étaient dans les valeurs normales ($\pm 0,5$ écart-type) et 22 étaient au-dessus de la normale, indiquant une continuation, mais un affaiblissement des conditions océanographiques plus chaudes que la normale en 2019 dans une grande partie de la zone atlantique. Cette description est cependant moins représentative des conditions qui prévalent dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador où une tendance au réchauffement émerge (basée sur 2018 et 2019), après une période 2014–2017 plus froide que ou près de la normale, en dépit d'une sixième année consécutive avec un indice ONA hivernal positif qui favorise généralement des conditions plus froides que la normale.

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 (Maillet *et al.* 2019), dans le golfe du Saint-Laurent (Blais *et al.* 2019) et sur le plateau néo-écossais (Johnson *et al.* 2018) sont résumés en séries chronologiques (1999–2019) de valeurs annuelles sous forme matricielle dans les Figures 11 à 14. Les anomalies pour toutes les propriétés biogéochimiques sont calculées en utilisant une référence climatologique 1999–2015.

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 des changements distincts pour 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 généralement près de ou supérieurs à la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador ainsi que dans le golfe du Saint-Laurent, mais inférieurs à la normale sur le plateau néo-écossais (Figure 11). Des records supérieurs de séries ont eu lieu sur la section Île Seal (+ 1,2 écart-type) ainsi qu'à la station Rimouski (+ 1,5 écart-type). Le record élevé à la station Rimouski représente un grand changement depuis le record observé en 2018 de la valeur la plus faible.

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 près de la normale.

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 11). 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 2019 avaient un patron similaire à 2018, avec des anomalies généralement supérieures à la normale dans les régions du nord (plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le nord-est et nord-ouest du golfe du Saint-Laurent), contrastant les anomalies sous la normale à normales dans les régions plus au sud (sud du golfe du Saint-Laurent et sur le plateau néo-écossais). Des plus grandes anomalies positives ont été observées dans le nord-ouest du golfe et sur la section Île Seal, tandis que la plus grande anomalie négative ont eu lieu à Prince 5. (Figure 11). 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 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 12). Le début de la floraison printanière du phytoplancton a été très variable dans la zone atlantique. Elle était précoce dans le bassin St-Anthony, Le Platier et l'est du plateau néo-écossais, et elle était retardée sur le plateau nord-est de Terre-Neuve, le nord-ouest du golfe et le banc Western. L'intensité de la floraison était généralement inférieure à près de la normale, incluant un record inférieur sur le banc de Georges. La durée de la floraison était à supérieure à la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, atteignait un record dans le bassin St-Anthony et Le Platier. Elle était aussi plus longue que la normale sur le plateau madelinien et l'est du plateau néo-écossais, mais plus courte ou près de la normale dans les autres régions du golfe et du 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 communauté de zooplancton observé au cours des années récentes (2014–2018), caractérisées par une plus faible abondance du gros copépode *Calanus finmarchicus* riches en énergie, une plus grande abondance de petits copépodes et de non-copépodes, a persisté en 2019 en dépit d'une apparente amorce d'une tendance vers des conditions normales en 2018 (Figure 13). L'abondance de *Calanus finmarchicus* est demeuré près ou inférieur à la normale au travers de la majeure partie de la zone, à l'exception de l'est du golfe du Saint-Laurent et de Prince 5 où les abondances étaient bien au-dessus de la normale et à la Station 27 où elle était fortement inférieure à la normale. L'abondance de *Pseudocalanus* spp. était au-dessus de la normale dans le golfe du Saint-Laurent, à la Station 27, sur la section Halifax et à la station Halifax 2, et près de la normale ailleurs dans la zone. Sur le plateau néo-écossais, ce patron est un changement des faibles abondances de *Pseudocalanus* observées en 2016–2018 qui est possiblement influencé par un échantillonnage uniquement au printemps en 2019. L'abondance totale de copépodes principalement près de ou

supérieure à la normale dans toute la zone. 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 généralement près de ou supérieurs à la normale, avec une abondance record sur la section du détroit de Cabot.

La biomasse du zooplancton a été généralement inférieure à la moyenne au travers de la zone depuis 2015 (Figure 14). Les exceptions étaient la section Bonavista, la station Rimouski, le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent et Prince 5, où la biomasse était supérieure à la normale. 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.

Depuis notre dernier rapport, des omissions ont été détectées dans la base de données sur la biomasse de Terre-Neuve-et-Labrador, ce qui avait entraîné une sous-estimation de la biomasse et des records minimums au cours de la période 2015–2017. Cela a été corrigé et des contrôles et protocoles de qualité ont été instaurés pour éviter que ce type d'erreur ne survienne à nouveau.

Acidification des océans

Des paramètres d'acidification des océans sont 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. Les conditions en 2019 étaient similaires à celles de 2018 ainsi qu'à la moyenne 2014–2018 (Figure 15).

Pour le plateau néo-écossais et le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, les valeurs de pH près du fond se situaient entre 7,77 dans le golfe du Maine jusqu'à plus de 8 sur la section du bonnet Flamand, tandis que Ω_{arg} était légèrement sous-saturé dans le chenal Avalon (Station 27 et FC-02) ainsi que dans la partie la plus profonde du talus néo-écossais (station LL-09). Une grande proportion des eaux peu profondes du sud du golfe était aussi sous-saturée en aragonite. Les pH et Ω les plus bas ont été néanmoins observés dans le chenal Laurentien profond, particulièrement dans l'estuaire du Saint-Laurent où la majeure partie des eaux profondes (> 300 m) étaient sous-saturées en aragonite et en calcite (les valeurs les plus faibles de pH étaient de 7,53 et de 7,56 aux stations CH12 et Rimouski, respectivement). Ceci représente une acidification accrue depuis 2018. De plus, le pourcentage de saturation en oxygène dissous à ces stations a aussi diminué depuis 2018, à 17,5 %, atteignant un nouveau record minimum de la concentration en oxygène dissous pour l'estuaire du Saint-Laurent à 1,18 ml/l.

À la surface, le pH et le Ω_{arg} (non illustré) sont généralement plus bas sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le golfe (particulièrement dans l'estuaire) que sur le plateau néo-écossais, principalement à cause de la température et/ou la salinité plus faible.

Environnement de la mer du Labrador

Le Programme de monitoring de la zone atlantique au large du plateau continental (AZOMP en anglais) 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

juin 2019, l'Institut océanographique de Bedford occupait la ligne *Atlantic Repeat 7-West* (AR7W) pour la 32e 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.

Alors que l'indice ONA d'hiver (décembre–mars) en 2019 était supérieur à la normale (Figure 7), une anomalie de basse pression atmosphérique dans la mer du Labrador a entraîné des températures de l'air hivernales supérieures à la normale. Les températures de surface de la mer étaient près de la normale en hiver et supérieures à la normale au printemps. Les anomalies de l'étendue des glaces de mer en hiver et au printemps étaient généralement négatives, à l'exception d'une anomalie hivernale près de la normale sur le plateau central du Labrador.

Dans la mer du Labrador, les pertes extrêmes de chaleur océanique vers l'atmosphère durant l'hiver entraînent la formation de masses d'eau dense caractéristique (*Labrador Sea Water*, LSW) qui se propageant 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.

Dans la mer du Labrador, un mélange vertical intense induit par de fortes pertes de chaleur en surface en hiver se traduit par la formation d'une masse d'eau dense caractéristique, l'eau de mer du Labrador, qui par la suite se propage à travers l'océan, ventilant ses couches profondes et entraînant la circulation de retournement globale. L'événement le plus remarquable de toute l'histoire des observations océanographiques dans l'Atlantique Nord a été la production d'une classe volumineuse d'eau de mer du Labrador froide et dense, entre la fin des années 1980 et le milieu des années 1990 (Figure 16). Pendant environ 20 ans qui ont suivi ce développement de la masse d'eau bien documenté, la mer se réchauffait progressivement, gagnant des eaux plus salines et moins denses.

À l'hiver 2015, la mer du Labrador a enregistré la plus forte perte de chaleur en plus de deux décennies (Figure 17). Cependant, les quatre hivers suivants ont observé une réduction significative des pertes de chaleur à la surface, demeurant au-dessus de la normale en 2016 et 2017, puis diminuant pour devenir près de la normale en 2018 et 2019. Malgré la baisse persistante du refroidissement à la surface depuis 2015, le préconditionnement de la colonne d'eau par la convection profonde au cours des hivers précédents a facilité l'approfondissement du mélange convectif au cours des hivers suivants. En conséquence, au cours de la période de 2014 à 2018, la convection hivernale s'est progressivement approfondie de 1600 à 2000 m (Figure 7), devenant la plus profonde depuis l'hiver 1994, qui à son tour était la convection la plus profonde (2500 m) sur les 80 années d'enregistrement (Figure 16). À son tour, le volume d'eau de mer du Labrador (LSW) formé par le mélange convectif qui s'est approfondi au cours de chacun des cinq hivers avant 2019 était le plus important depuis le milieu des années 1990. Si, à l'hiver 2018, la convection a continué de s'approfondir malgré une perte de chaleur superficielle presque normale au cours du même hiver, durant l'hiver qui a suivi une perte de chaleur comparable a entraîné une convection beaucoup plus faible, inversant la tendance pluriannuelle de la profondeur de convection et impliquant que l'effet du préconditionnement de la colonne d'eau par les convections précédentes a diminué. En effet, les profils de température et de salinité collectés par les navires de recherche et le profilage des bouées profileurs Argo dans le centre de la mer du Labrador indiquent que la convection hivernale de 2019 a été moins profonde qu'au cours des cinq années précédentes (Figure 16). Elle a atteint une profondeur d'environ 1400 m dans la partie ouest du bassin du Labrador et de seulement environ 1000 m dans les parties du centre et de l'est. La convection hivernale près de la normale de l'hiver 2019 a encore ajouté à l'absorption de gaz (oxygène dissous, gaz anthropiques et dioxyde de

carbone) et, par conséquent, aux concentrations de ces gaz respectifs dans la mer du Labrador dans la couche supérieure de 1000 m, tandis que la couche plus profonde a montré une diminution.

La couche supérieure, de 15 à 100 m, du centre de la mer du Labrador était la plus froide depuis 2000 en 2018 (Figure 17). En 2019, cette couche s'est réchauffée de 0,5 °C, élevant sa température au-dessus de la normale. La couche intermédiaire, 200–2000 m, a atteint son état le plus chaud depuis 1972 en 2011, puis a commencé à se refroidir. Le refroidissement de la couche intermédiaire qui a suivi était le résultat direct de l'approfondissement persistant de la convection pendant les hivers de 2012 à 2018. Le réchauffement des couches supérieure et intermédiaire de la mer du Labrador en 2019 est en accord avec la perte de chaleur réduite et à la convection hivernale moins profonde en hiver 2019.

En ce qui concerne la variabilité interdécennale, la mer du Labrador a achevé un cycle de refroidissement, 2012–2018, semblable à ceux observés entre 1987–1994 et à la fin des années 1950. Chacun de ces événements de refroidissement a coïncidé avec le renforcement de la convection hivernale et la production de grands volumes d'eau de mer du Labrador.

La température dans les 100 premiers mètres était près de la normale, soit légèrement inférieure à la normale sur le plateau du Labrador et légèrement supérieure à la normale dans le bassin du Labrador. Les concentrations moyennes de chlorophylle *a* étaient inférieures à la moyenne dans les trois régions en 2019 (Figure 18), poursuivant une tendance amorcée en 2016. La baisse du stock de phytoplanctons peut être attribuée à une plus faible abondance de diatomées, révélée par des mesures inférieures à la moyenne des pigments de fucoxanthine. (non illustré ici). La même tendance a été observée pour les grandes abondances de diatomées centriques et de foraminifères collectées à l'aide d'un filet à plancton de 200 µm, où un changement d'anomalies positives à négatives a été observé depuis 2014.

La présence d'une couverture nuageuse au printemps peut rendre les mesures de la floraison du phytoplancton, basées sur la couleur de l'océan par satellite, difficiles et biaiser les résultats. En 2019, la zone du plateau / talus du Labrador et du bassin central a connu une floraison retardée et écourtée entraînant une faible amplitude et une magnitude inférieure à la moyenne. Le plateau / talus du Groenland a connu une tendance inverse avec une floraison précoce et de durée et magnitude supérieures à la moyenne.

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* mesuré 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 qui sont 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. Son abondance était supérieure à la moyenne sur les plateaux / talus du Labrador, en grande partie à cause d'une abondance plus élevée de stades de vie plus jeunes que la normale. Dans le bassin central, seuls *Clausocalanidea* et *Oithonidea* ont montré des abondances supérieures à la moyenne.

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 estimations d'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 2019, elles étaient globalement inférieures à la normale pour la zone pour la première fois depuis 1992, mais ils auraient été près de la normale sans la tempête tropicale Dorian qui a mélangé la chaleur profondément dans la colonne d'eau. Le volume moyen de glace de mer en hiver était près de la normale dans le golfe du Saint-Laurent et était le 10^e plus bas depuis le début des relevés en 1969 sur le plateau de Terre-Neuve. Conformément à cela, les conditions de la couche intermédiaire froide estivale ont varié de près de la normale à plus chaudes et plus minces que la normale dans toute la zone. Les températures sur le fond dans la zone atlantique variaient de normales sur les Grands Bancs (3LNO) à supérieures à la normale ailleurs, y compris un nouveau record centenaire de température pour le golfe à 250 et 300 m, un record dans le bassin d'Émeraude à 250 m ainsi qu'une température presque record dans le bassin Georges.

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

Dans la mer du Labrador, la convection a atteint une profondeur d'environ 1400 m dans la partie ouest du bassin du Labrador, et de seulement environ 1000 m dans les parties du centre et de l'est, contrastant avec la période 2014–2018 au cours de laquelle la convection hivernale s'est progressivement accrue de 1600 à 2000 m.

LISTE DES PARTICIPANTS

Nom	Affiliation
Bélanger, David	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Brickman, David	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Casault, Benoit	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Caverhill, Carla	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Chassé, Joël	MPO, Sciences – Région du Golfe
Cyr, Charley	MPO, Sciences – Région du Québec
Cyr, Frédéric	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Devred, Emmanuel	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Fife, Jack	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Galbraith, Peter	MPO, Sciences – Région du Québec
Greenan, Blair	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Han, Guoqi	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Hebert, Dave	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Johnson, Catherine	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Lambert, Nicolas	MPO, Sciences – Région du Golfe
Layton, Chantelle	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Lewis, Sara	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Pepin, Pierre	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Plourde, Stéphane	MPO, Sciences – Région du Québec
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
Starr, Michel	MPO, Sciences – Région du Québec
Yashayev, Igor	MPO, Sciences – Région des Maritimes

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la Vingt-deuxième réunion annuelle du Programme de Monitoring de la Zone Atlantique (PMZA) tenue par téléconférence du 20 au 21 avril 2020.

Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

Blais, M., Galbraith, P.S., Plourde, S., Scarratt, M., Devine, L. and Lehoux, C. 2019. [Les conditions océanographiques chimiques et biologiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/059. iv + 67 pp.

Cyr, F., Colbourne, E., Galbraith, P.S., Gibb, O., Snook, S., Bishop, C., Chen, N., Han, G., et D. Senciall. 2020. [Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve et Labrador en 2018](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/018 iv + 50 p.

Galbraith, P.S., Chassé, J., Shaw, J.-L., Caverhill, C., Dumas, J., Lefavre, D. et Lafleur, C. 2020. [Conditions océanographiques physiques dans le golfe du Saint-Laurent en 2019](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2020/030. iv + 88 p.

Hebert, D., Pettipas, R., et Brickman, D. 2020. [Conditions océanographiques physiques sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine en 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2020/036. iv + 55 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.

Maillet, G., Bélanger, D., Doyle, G., Robar, A., Fraser, S., Higdon, J., Ramsay, D. et P. Pepin. 2019. [Conditions optiques, chimiques et biologiques de l'océan sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador au cours de 2016-2017](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2019/055. ix + 40 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

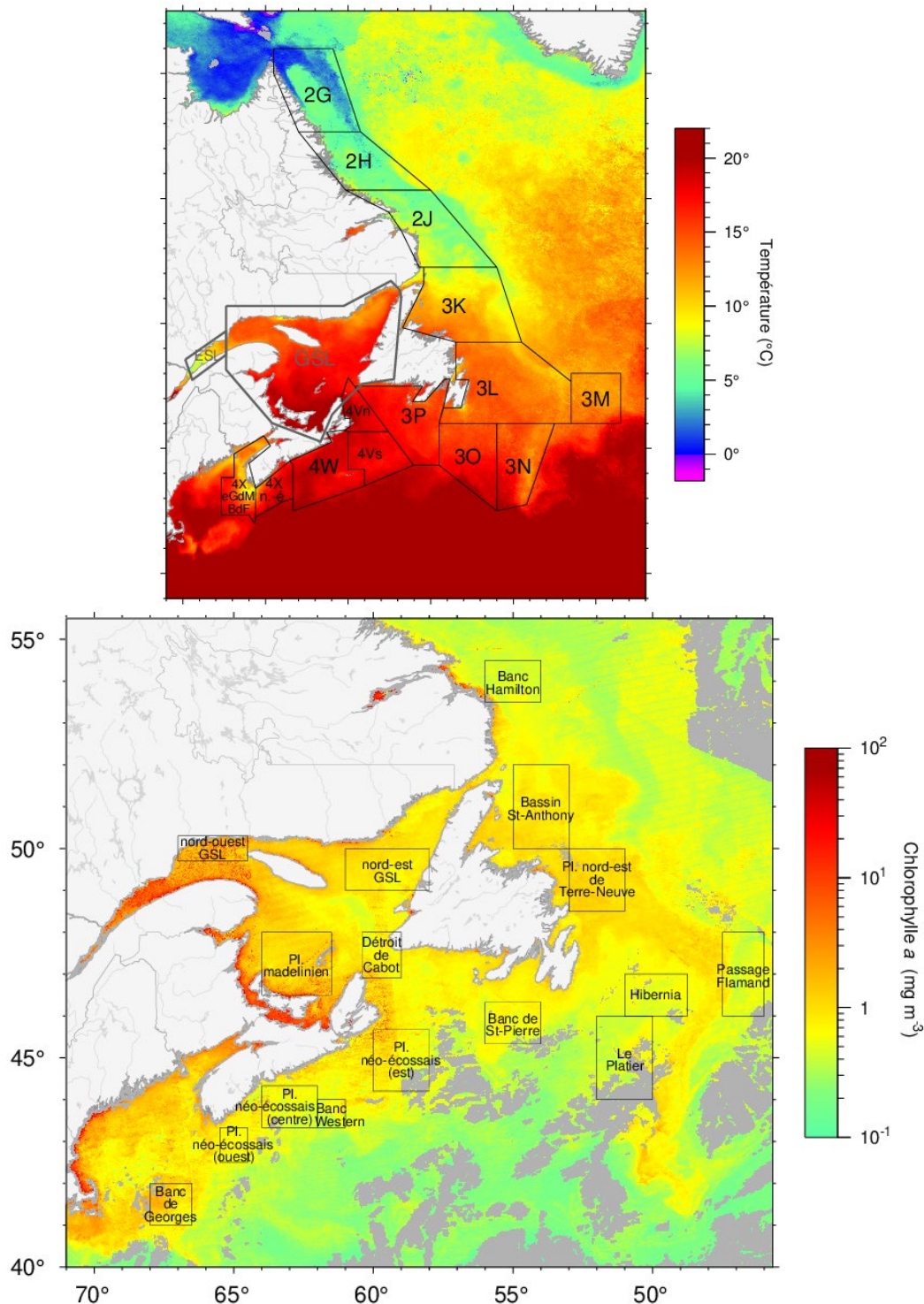


Figure 2. Régions utilisées pour les moyennes de température (haut) et de couleur de l'eau (bas). Les Divisions de l'OPANO ont été coupées au talus continental. Les anonymes GSL et ESL sont le golfe du Saint-Laurent et l'estuaire du Saint-Laurent respectivement. Le champ de température est celui de juillet 2019 tandis que la concentration de chlorophylle a est pour la première demie d'octobre 2019.

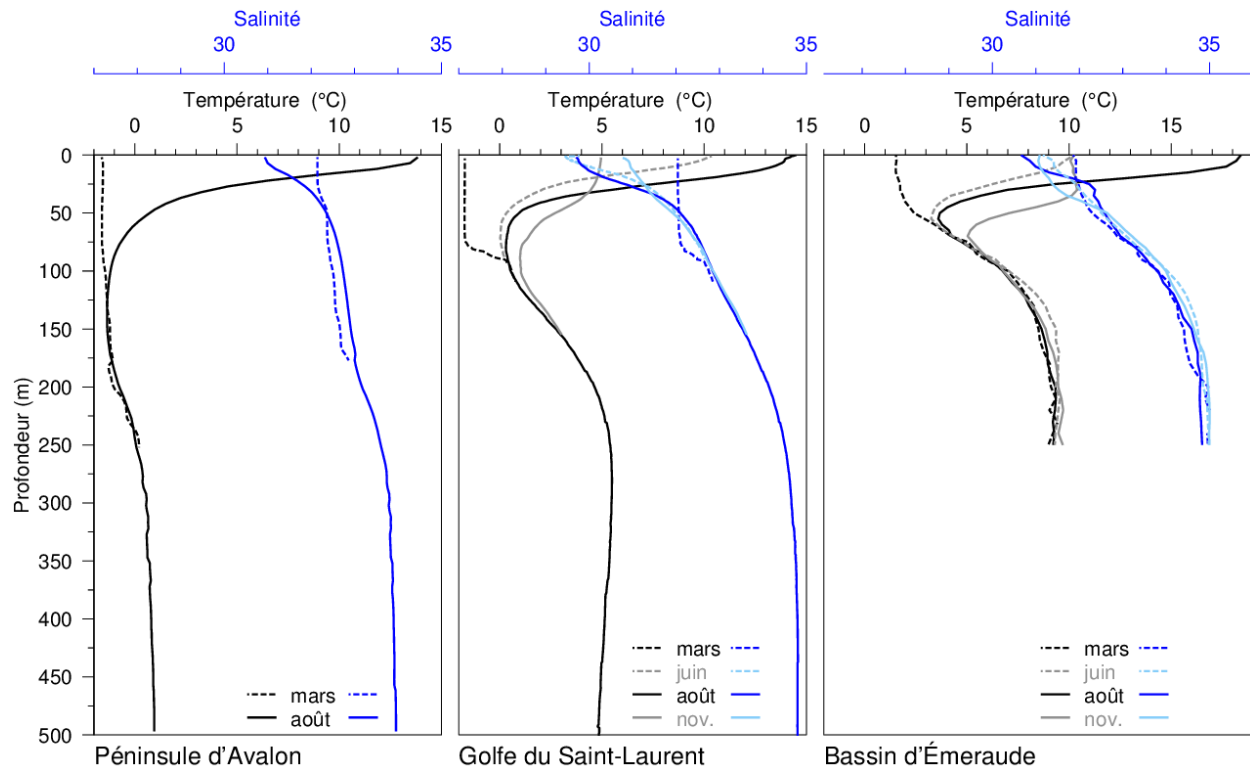


Figure 3. Progression saisonnière typique du profil de profondeur de la température et de la salinité observée dans trois régions représentatives de la zone. La région de la péninsule d'Avalon est délimitée par 45–50 °N et 50–55 °O et sont montrées ici les moyennes des profils de mars et août entre 2015 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.

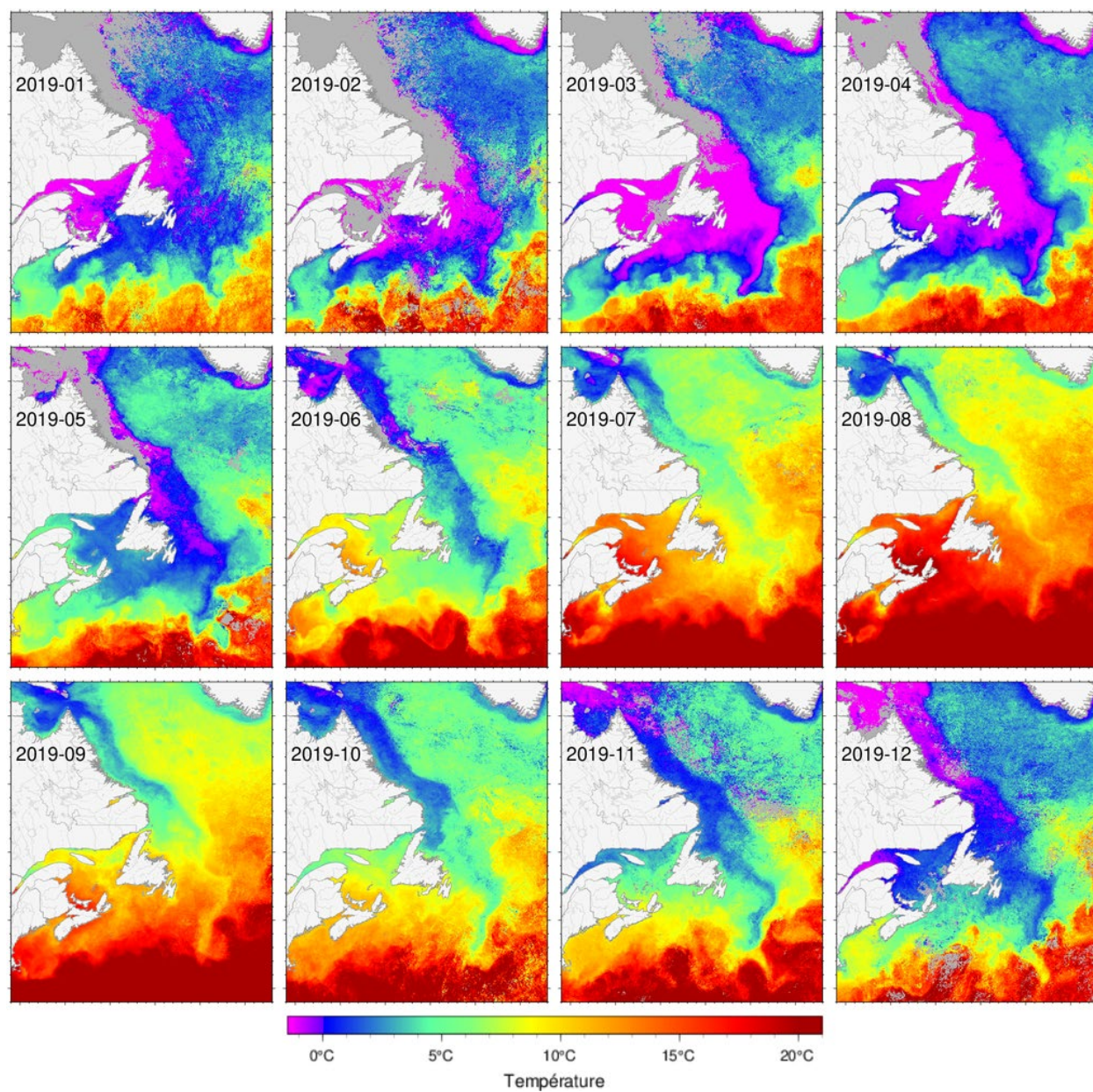


Figure 4. Température de la surface de la mer moyennée par mois de 2019 dans la zone atlantique.

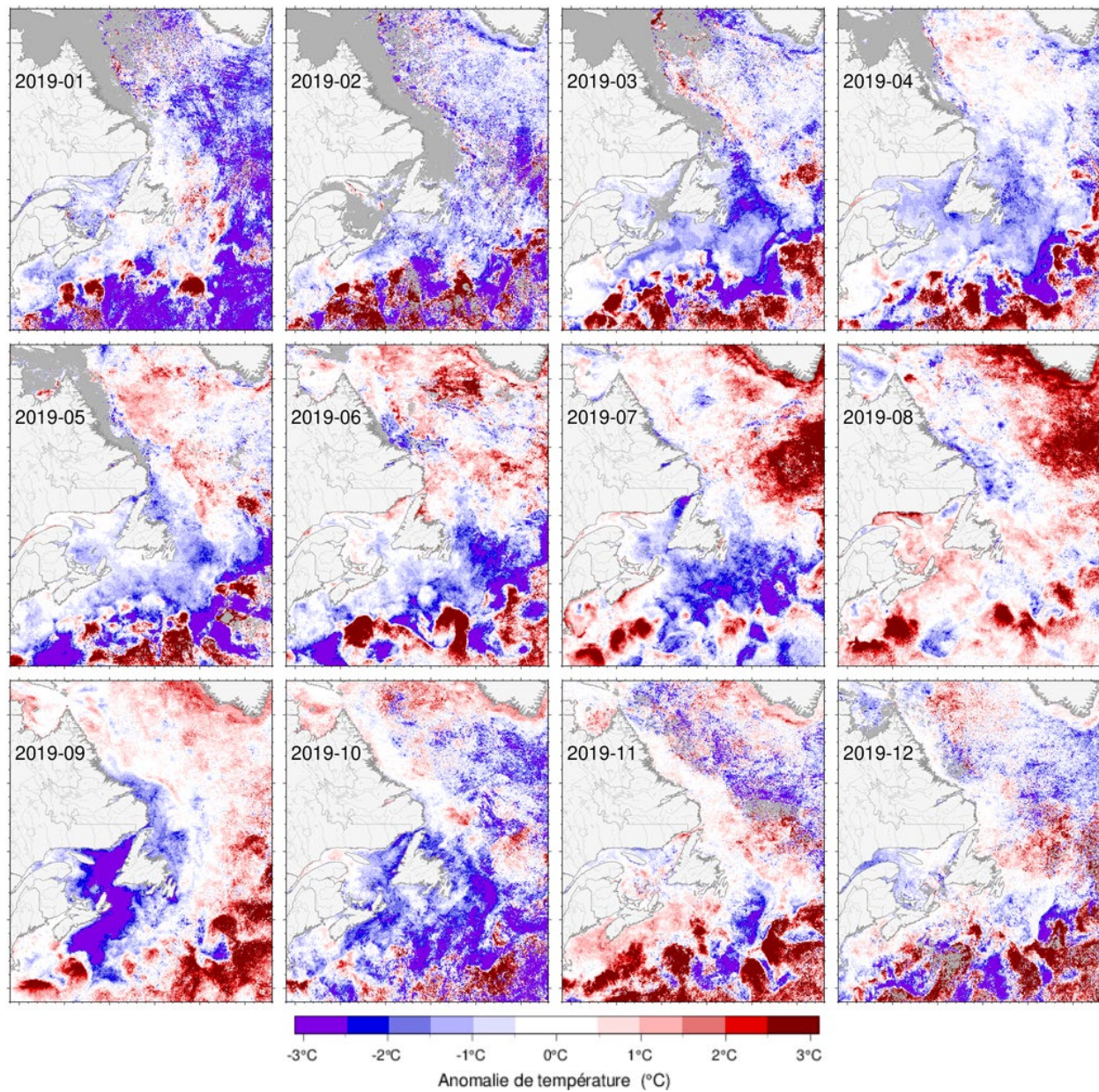


Figure 5. Anomalies mensuelles de température de la surface de la mer en 2019 dans la zone atlantique. Les anomalies de température sont basées sur une climatologie de 1982–2010.

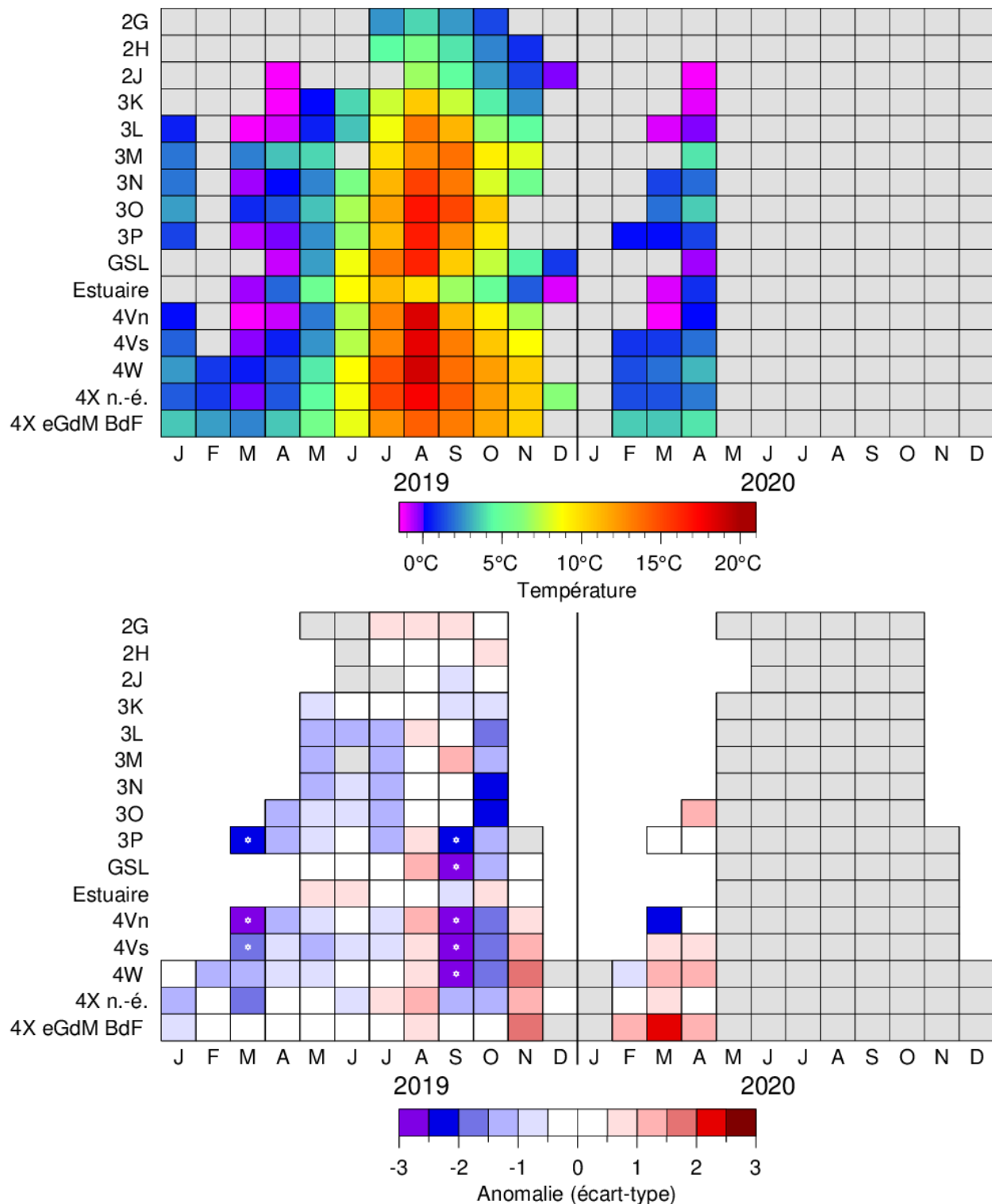


Figure 6. Températures (haut) et anomalies (bas) de la surface de la mer en 2018–19 moyennées mensuellement sur les 16 régions identifiées à la Figure 2. Les régions et mois pour lesquels la température moyenne était à un niveau record sont identifiés par une étoile. Les cases grises n'ont pas de données suffisantes pour rapporter une anomalie mensuelle moyenne (<15%).

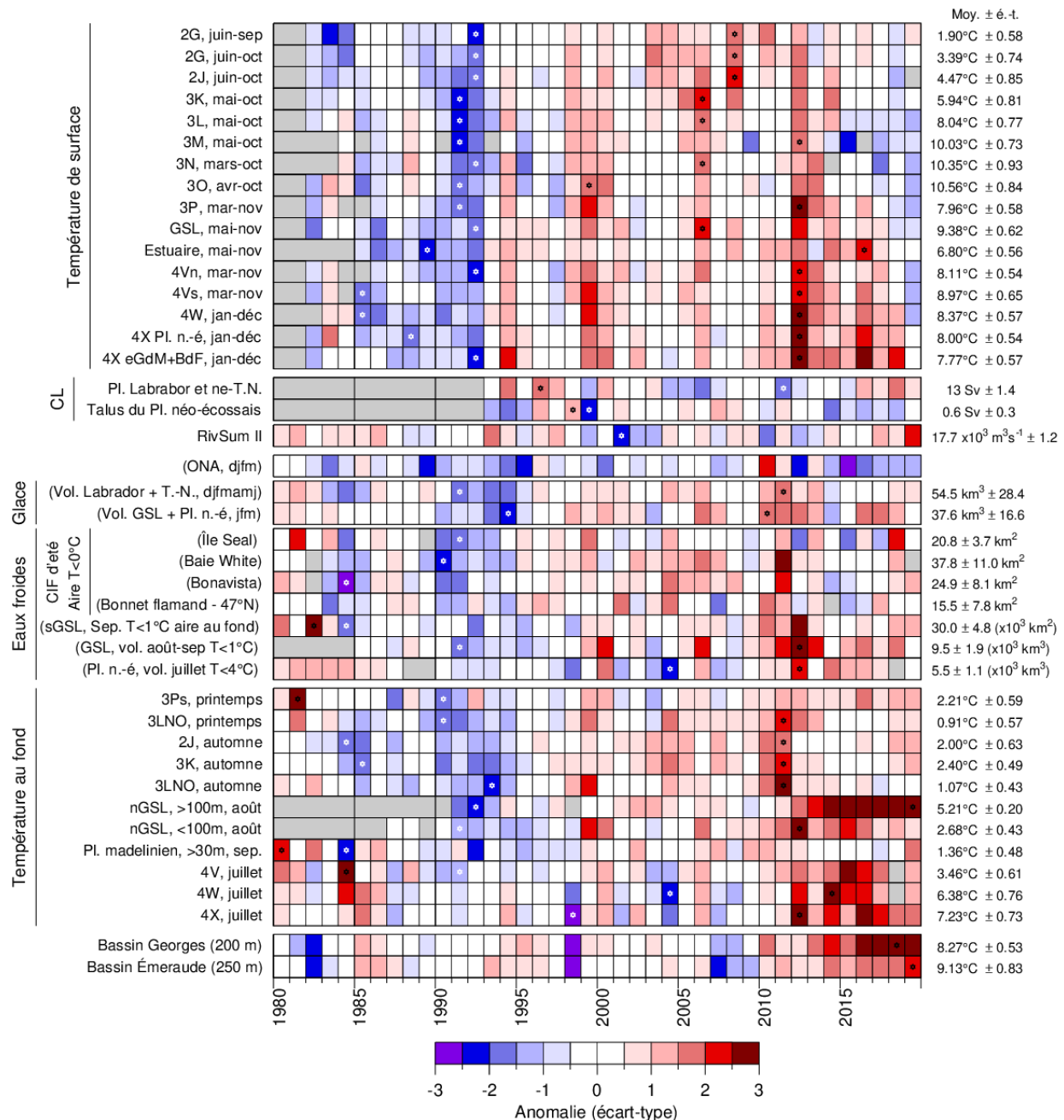


Figure 7. Séries temporelles (de 1980 à 2019) des variables océanographiques. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée, lorsque possible, sur les données de 1981 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions 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. (Transport du courant du labrador [CL], RivSum II est le débit d'eau douce combinée s'écoulant dans l'estuaire du Saint-Laurent, 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]).

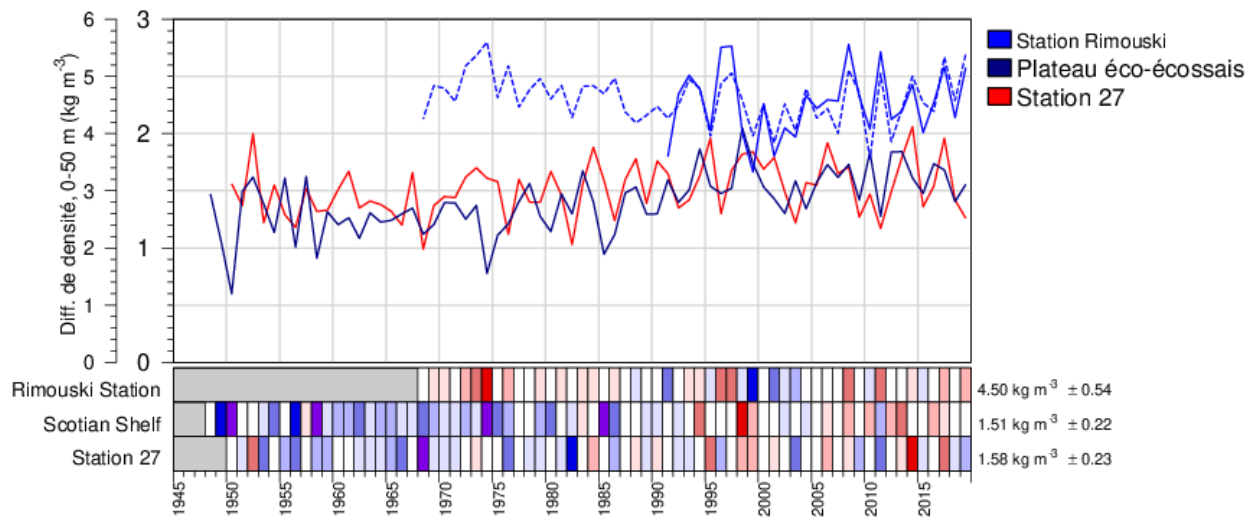


Figure 8. Tendances de la stratification dans le sud du plateau de Terre-Neuve-et-Labrador (moyenne mai-novembre à la station 27), sur le plateau néo-écossais et dans l'estuaire du Saint-Laurent (moyenne mai-octobre à la station Rimouski). L'axe externe est pour la Station 27 et le plateau néo-écossais, tandis que l'axe interne est pour la station Rimouski. La ligne pointillée pour la station de Rimouski est une approximation basée sur le débit d'eau douce de mai à octobre. Les trois lignes du bas montrent des anomalies normalisées basées sur les climatologies 1981–2010. Les cellules grises indiquent des données manquantes, les cellules blanches indiquent des conditions près de la normale à l'intérieur de 0,5 écart-type de la moyenne climatologique, les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale et les cellules bleues sous la normale. Les teintes plus fortes correspondent à de plus grandes anomalies.

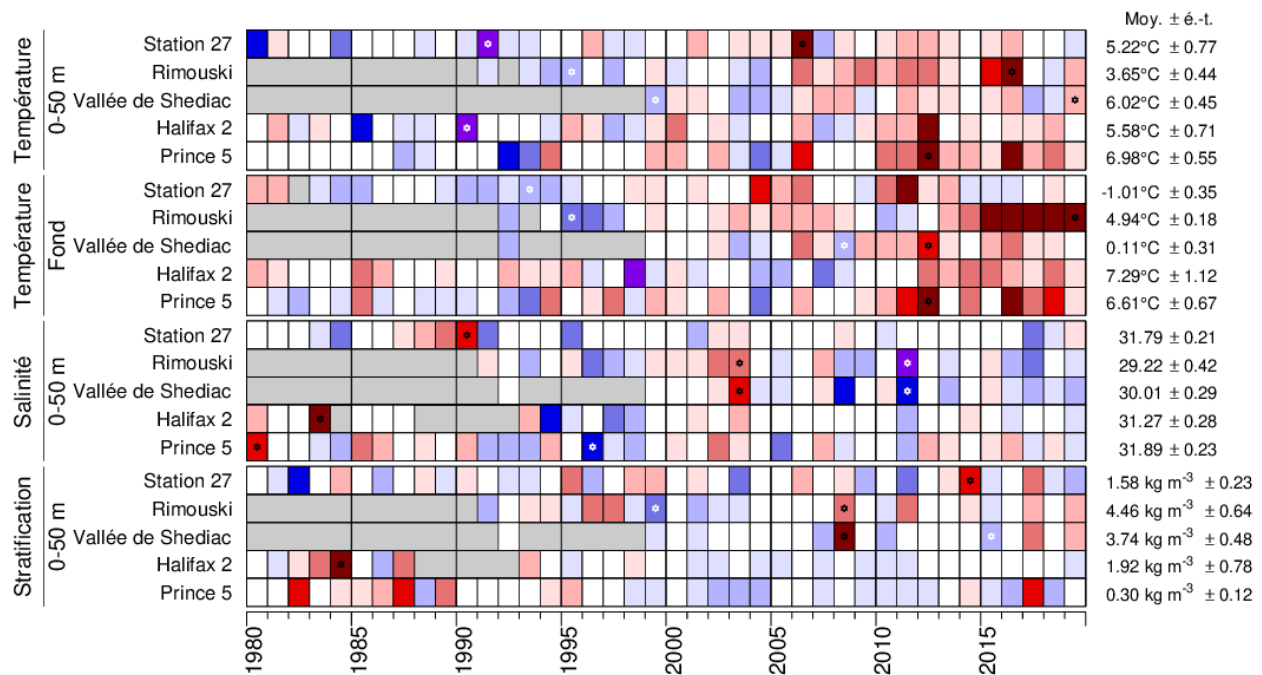


Figure 9. Séries temporelles (de 1980 à 2019) des variables océanographiques aux stations à haute fréquence d'échantillonnage du PMZA. Les moyennes sont annuelles à Halifax 2 et Prince 5, de mai à novembre à la Station 27 et de mai à octobre à la station Rimouski. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur à l'intérieur de 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 6 et 7.

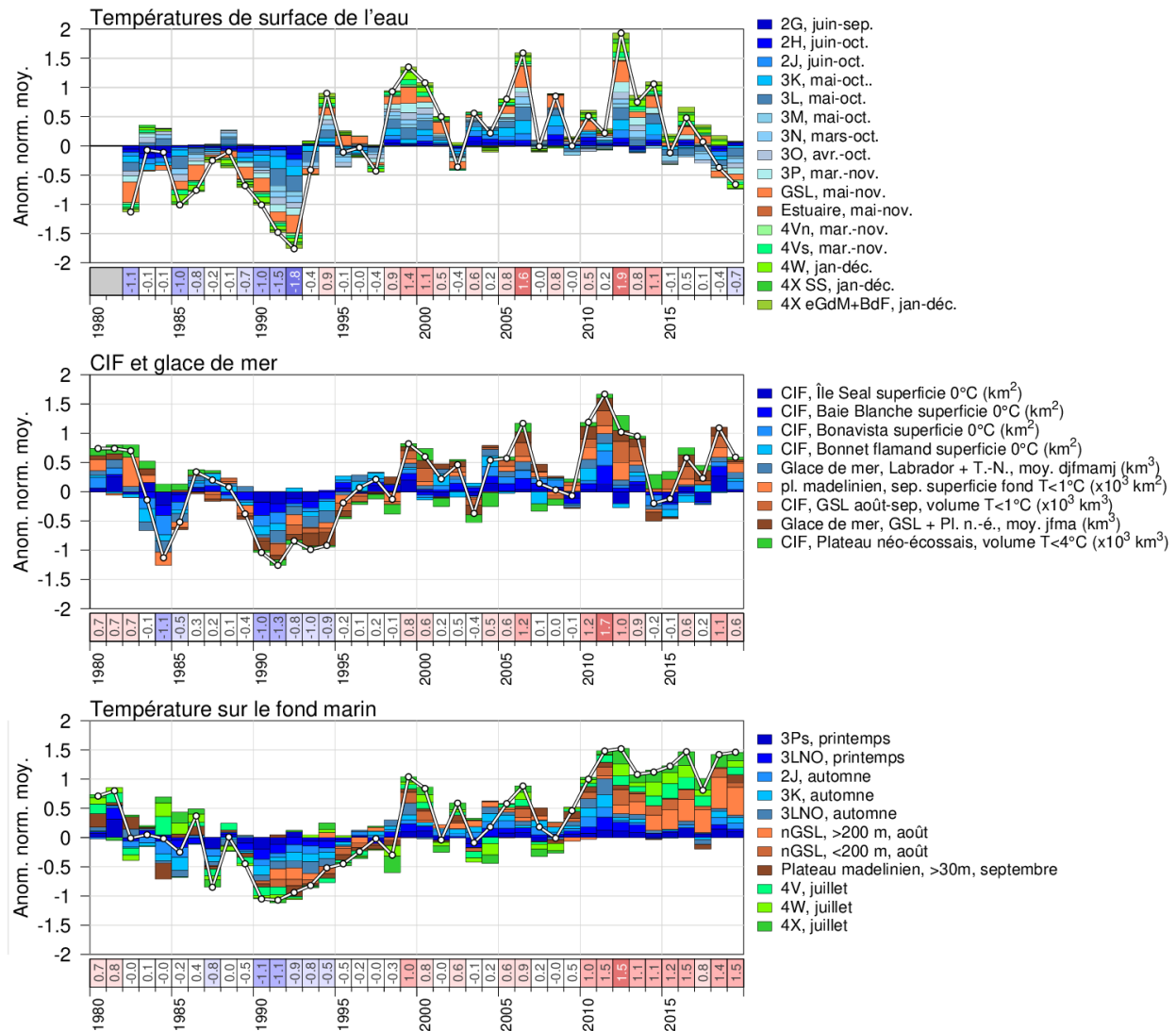


Figure 10. Indices climatiques composites (lignes blanches et symboles blancs) calculés par la moyenne des anomalies normalisées provenant de différentes parties de l'environnement (les boîtes empilées au-dessus de l'abscisse sont des anomalies positives tandis que celles sous l'abscisse sont négatives). Le panneau du haut montre la moyenne des anomalies de température de surface de l'eau pondérées par leurs superficies, celui du milieu la moyenne des anomalies de couches intermédiaires froides et de glace de mer (des anomalies positives représentent ici des conditions chaudes), et le panneau du bas la moyenne des anomalies de température sur le fond.

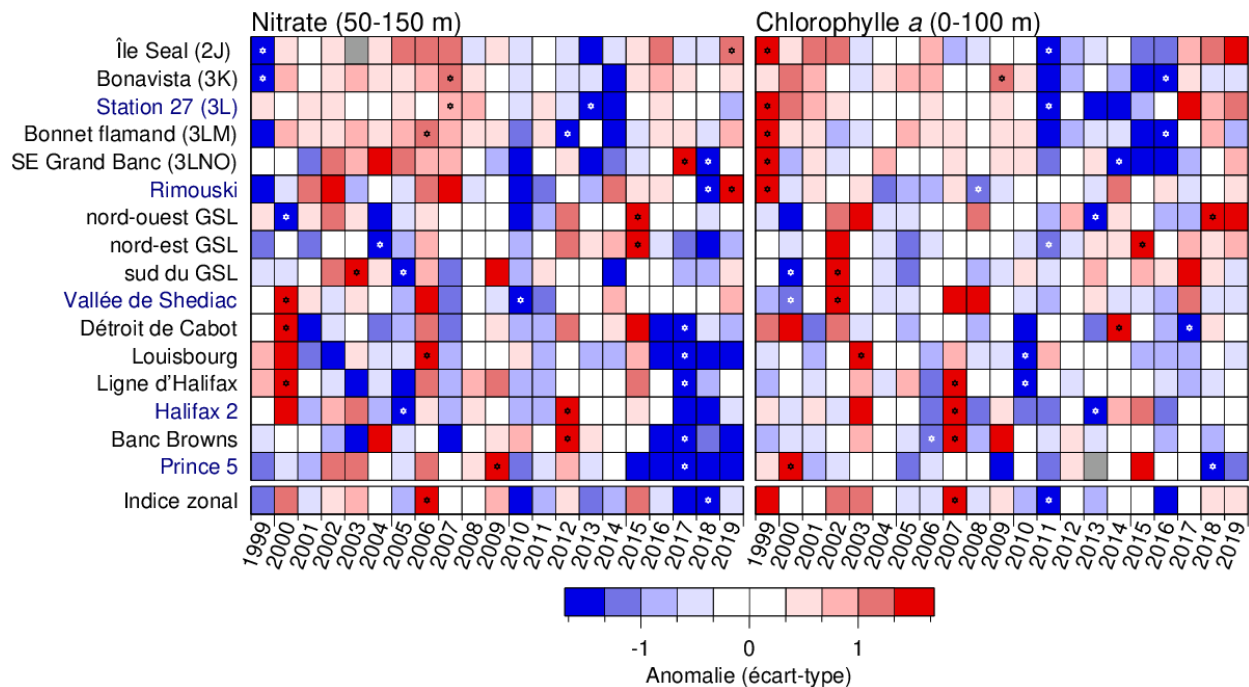


Figure 11. Séries temporelles (de 1999 à 2019) des inventaires de nitrates dans la couche profonde (50–150 m) et de l'abondance du phytoplancton en surface (concentration moyenne de chlorophylle a entre 0 et 100 m) sur les transects (en rouge à la Figure 1) et stations à haute fréquence (en noir à la Figure 1). 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, 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. L'indice zonal est créé comme la moyenne de toutes les anomalies normalisées, puis ce résultat est ensuite normalisé à nouveau.

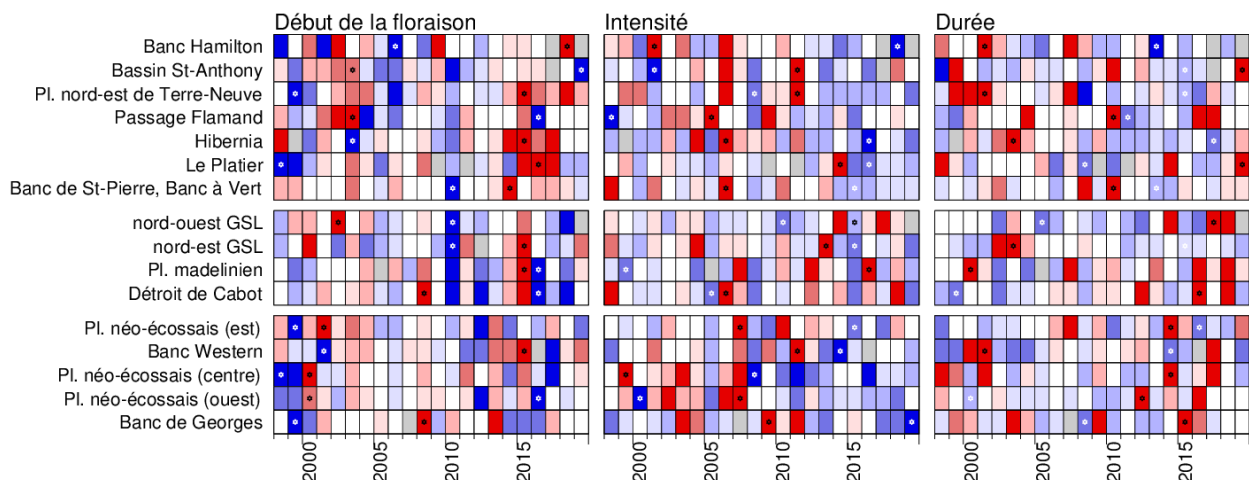


Figure 12. Séries temporelles (de 1998 à 2019) d'anomalies de paramètres de la floraison phytoplanctonique (début, intensité et durée). Données de SeaWiFS pour la période 1998–2008, MODIS pour la période 2009–2011 et VIIRS par la suite. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles. Voir la Figure 2 pour les définitions des régions. La palette est telle qu'à la Figure 9.

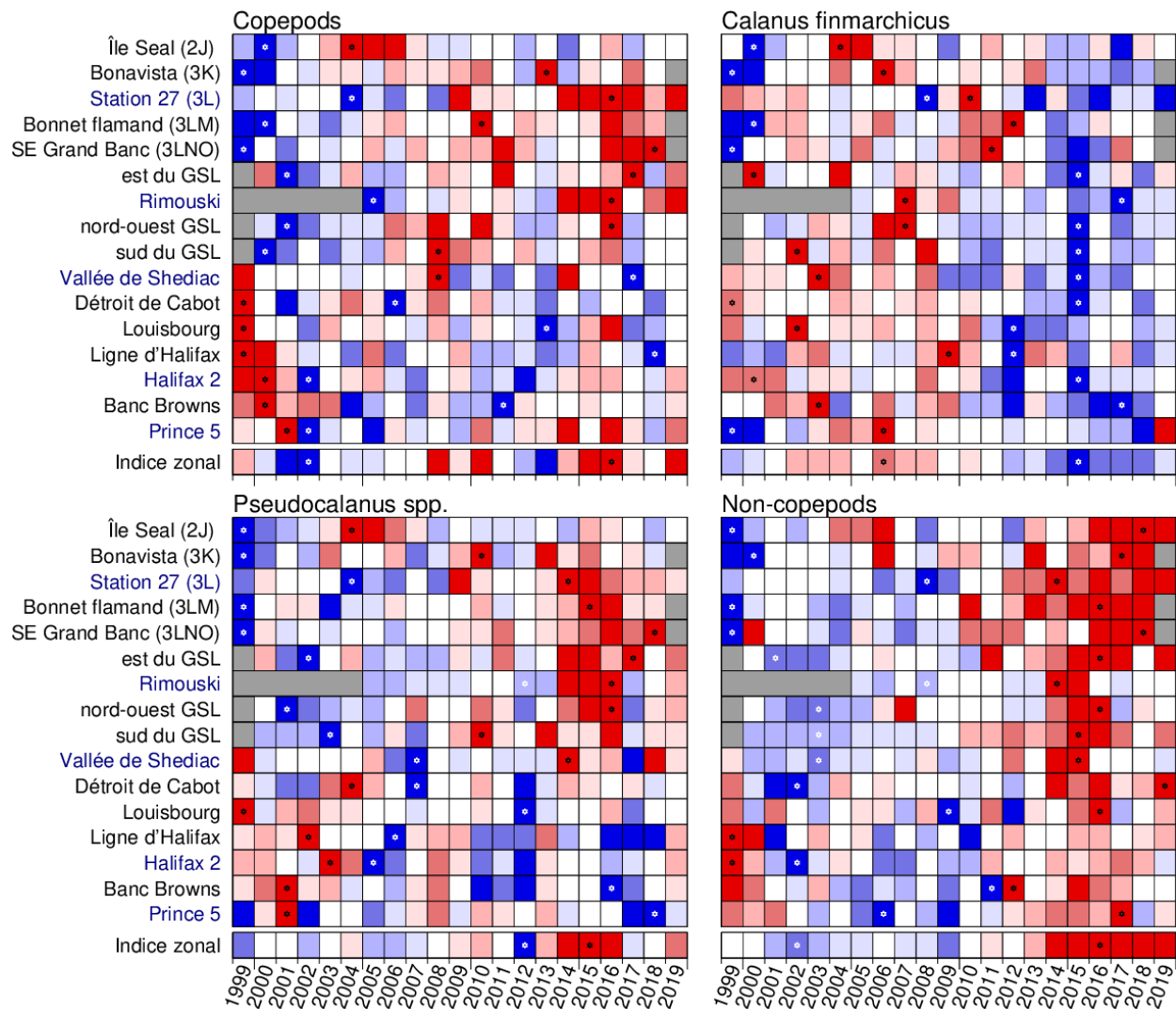


Figure 13. Séries temporelles (de 1999 à 2019) des copépodes, *Calanus finmarchicus*, *Pseudocalanus* spp. et des zooplanctons autres que les copépodes. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données 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. L'indice zonal est créé comme la moyenne de toutes les anomalies normalisées, puis ce résultat est ensuite normalisé à nouveau. La palette est telle qu'à la Figure 9.

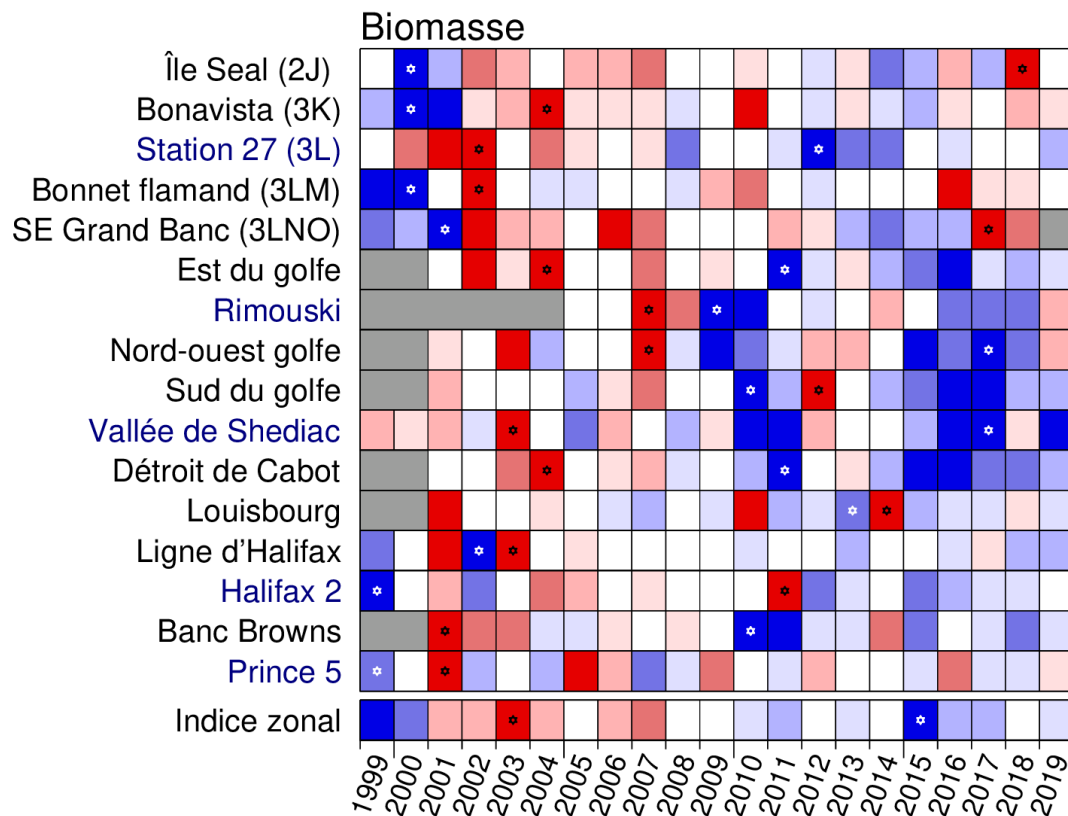


Figure 14. Séries temporelles de la biomasse du zooplancton (poids sec), 1999 à 2019. La biomasse est mesurée sur la fraction des tailles de 0,2 à 10 mm et est habituellement dominée par les copépodes. Une cellule grise indique des données manquantes, une cellule blanche est une valeur comprise entre 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). L'indice zonal est créé comme la moyenne de toutes les anomalies normalisées, puis ce résultat est ensuite normalisé à nouveau. La palette est telle qu'à la Figure 9.

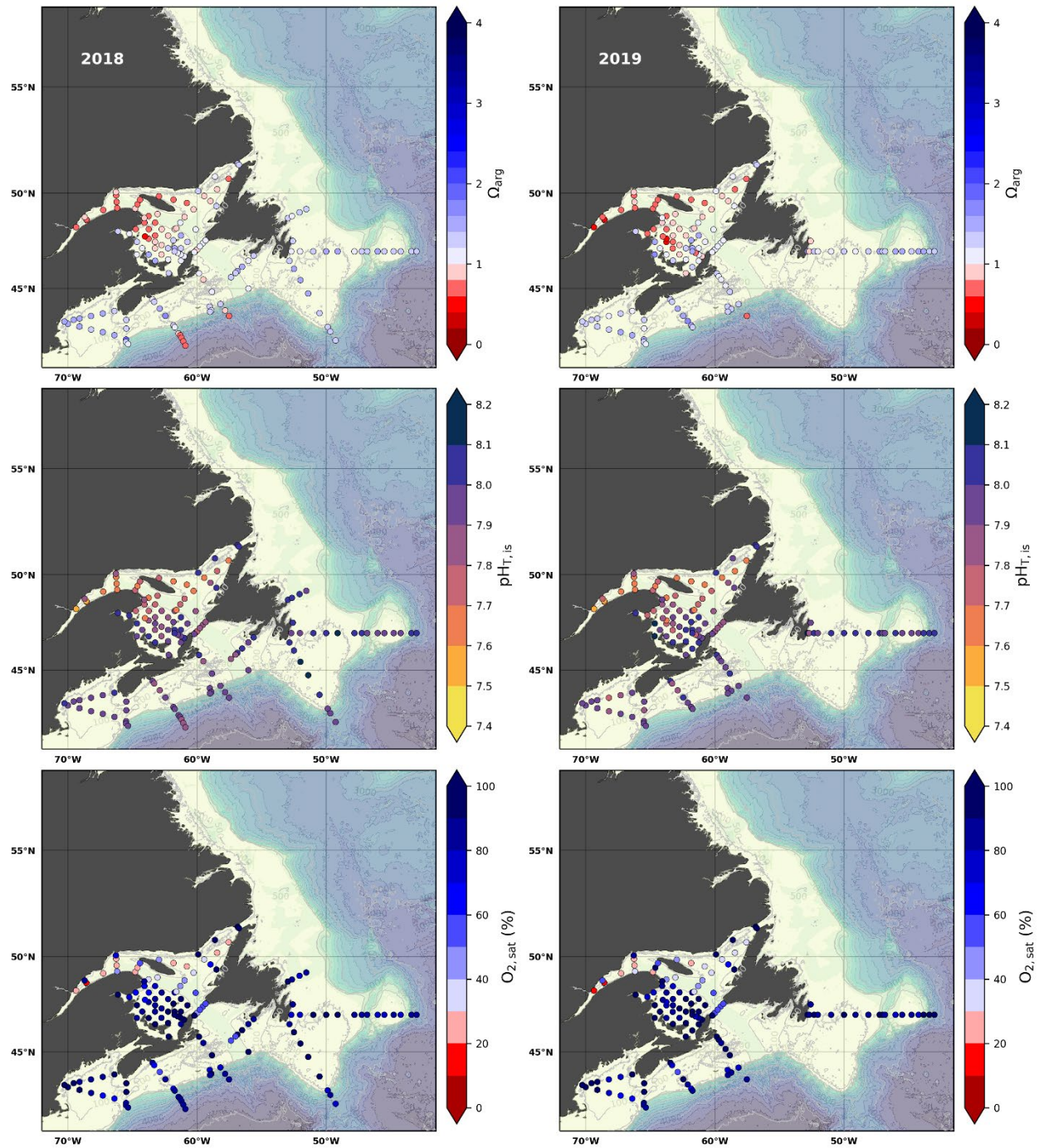


Figure 15. Conditions d'acidification près du fond de l'océan au printemps 2018 (gauche) et 2019 (droite) pour le golfe du Saint-Laurent, le plateau néo-écossais et le plateau de Terre-Neuve : état de saturation en aragonite (haut), pH in situ à l'échelle totale (au centre) et saturation en oxygène dissous (bas). Les conditions sous-saturées relatives à l'aragonite ainsi que les teneurs en oxygène hypoxique sont tracées en couleurs rouges.

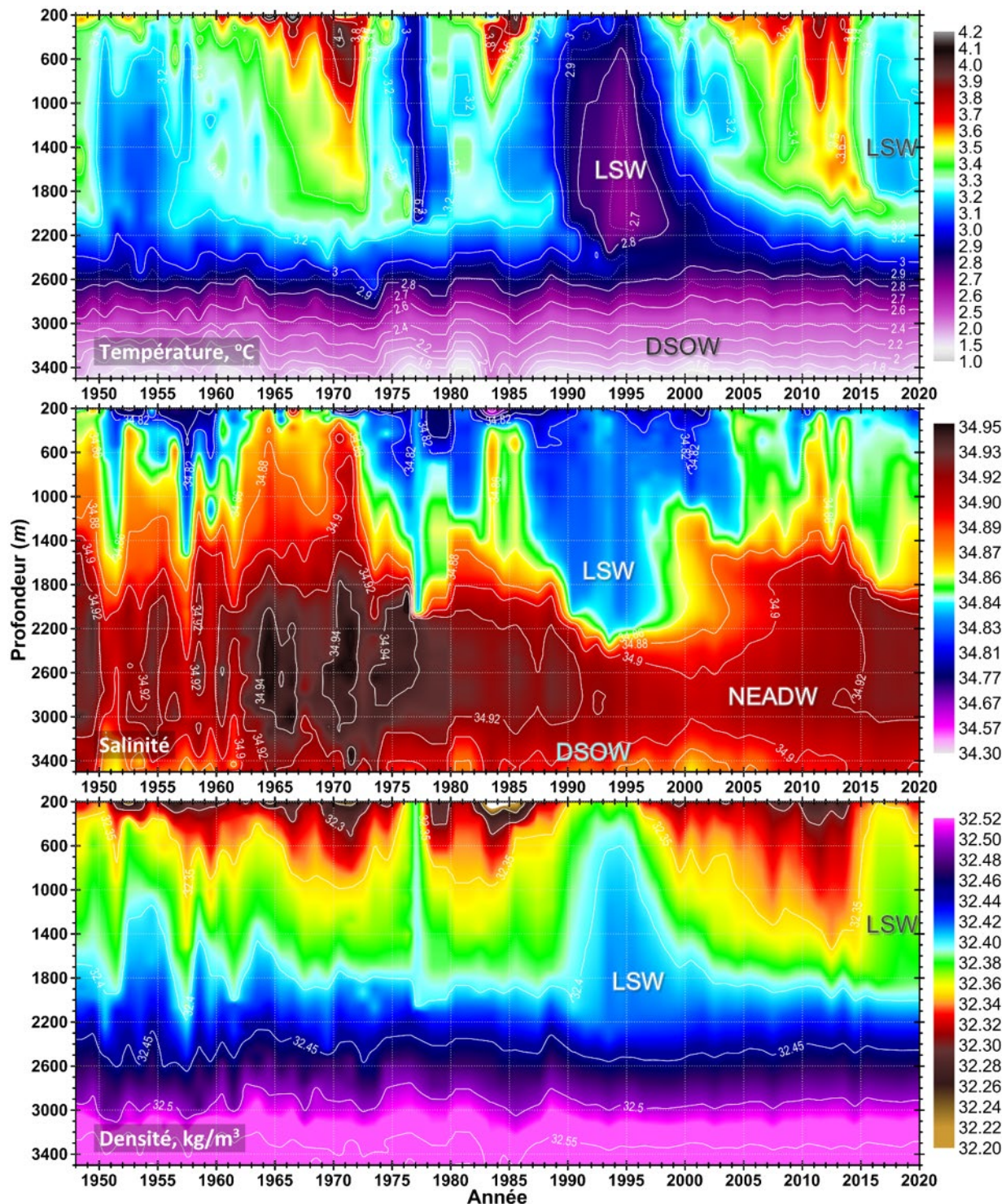


Figure 16. La température moyenne annuelle (panneau supérieur), la salinité (panneau central) et la densité (relative à 1000 dbar, panneau inférieur) dans la région centrale de la mer du Labrador entre 200 et 3500 m à partir des observations Argo et à bord de navire pour la période de 1948–2019. LSW, NEADW et DSOW indiquent respectivement les eaux de la mer du Labrador (Labrador Sea Water), les eaux profondes de l'Atlantique Nord-Est (Northeast Atlantic Deep Water) et les eaux de débordement du détroit du Danemark (Denmark Strait Overflow Water).

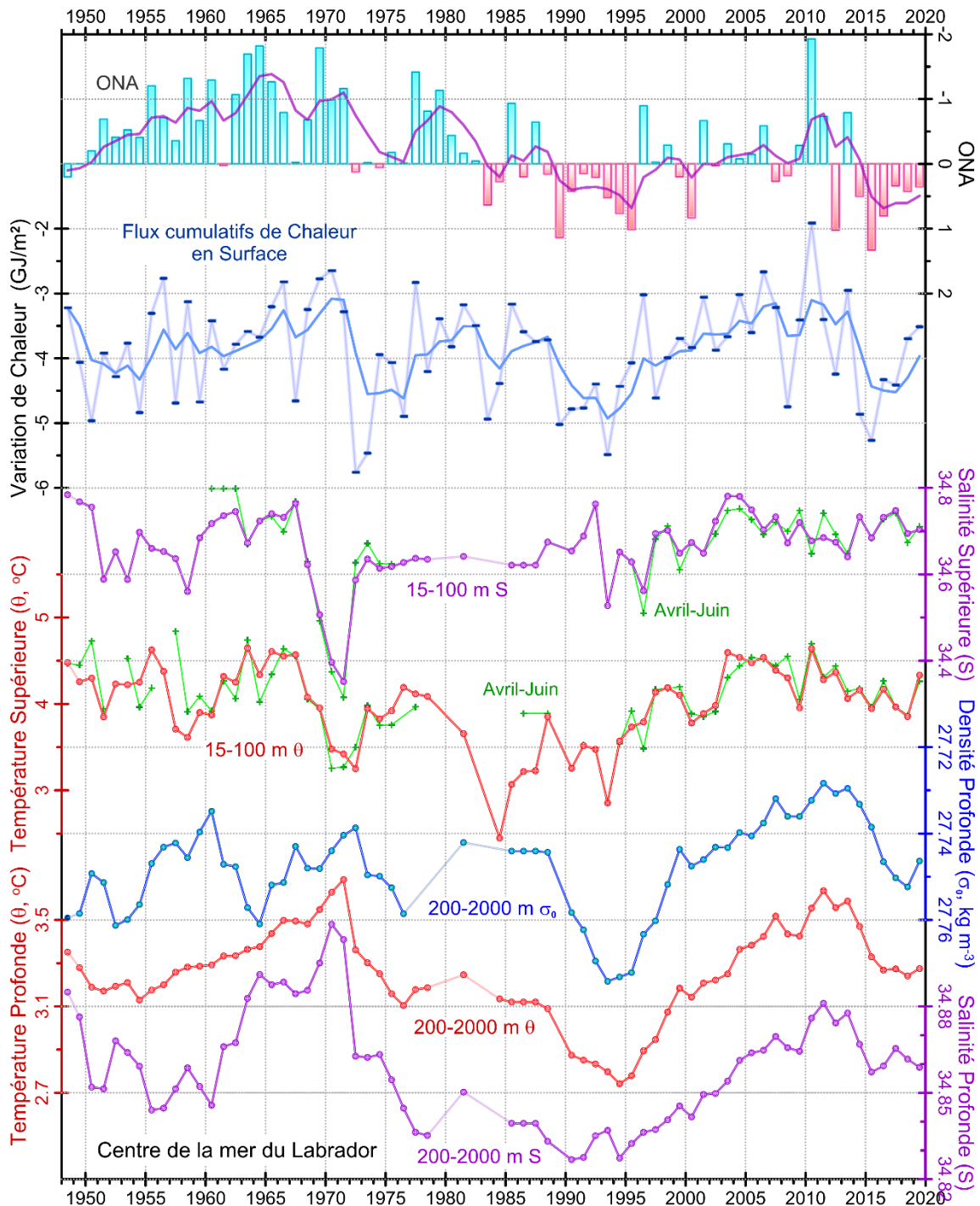


Figure 17. Principaux indices climatiques pour la mer centrale du Labrador depuis 1948. Le flux de chaleur cumulé de surface basé sur la réanalyse NCEP, calculé pour le centre de la mer du Labrador sur des saisons de refroidissement annuelles définies individuellement (bleu); Les deux lignes pleines supérieures indiquent des séries filtrées à cinq points arrières; La température moyenne annuelle et printanière (θ) et la salinité (S) sur la plage de profondeur de 15 à 100 m, et la moyenne annuelle θ , S et la densité (σ_0) en moyenne sur la plage de profondeur de 200 à 2000 m dans le centre de la mer du Labrador.

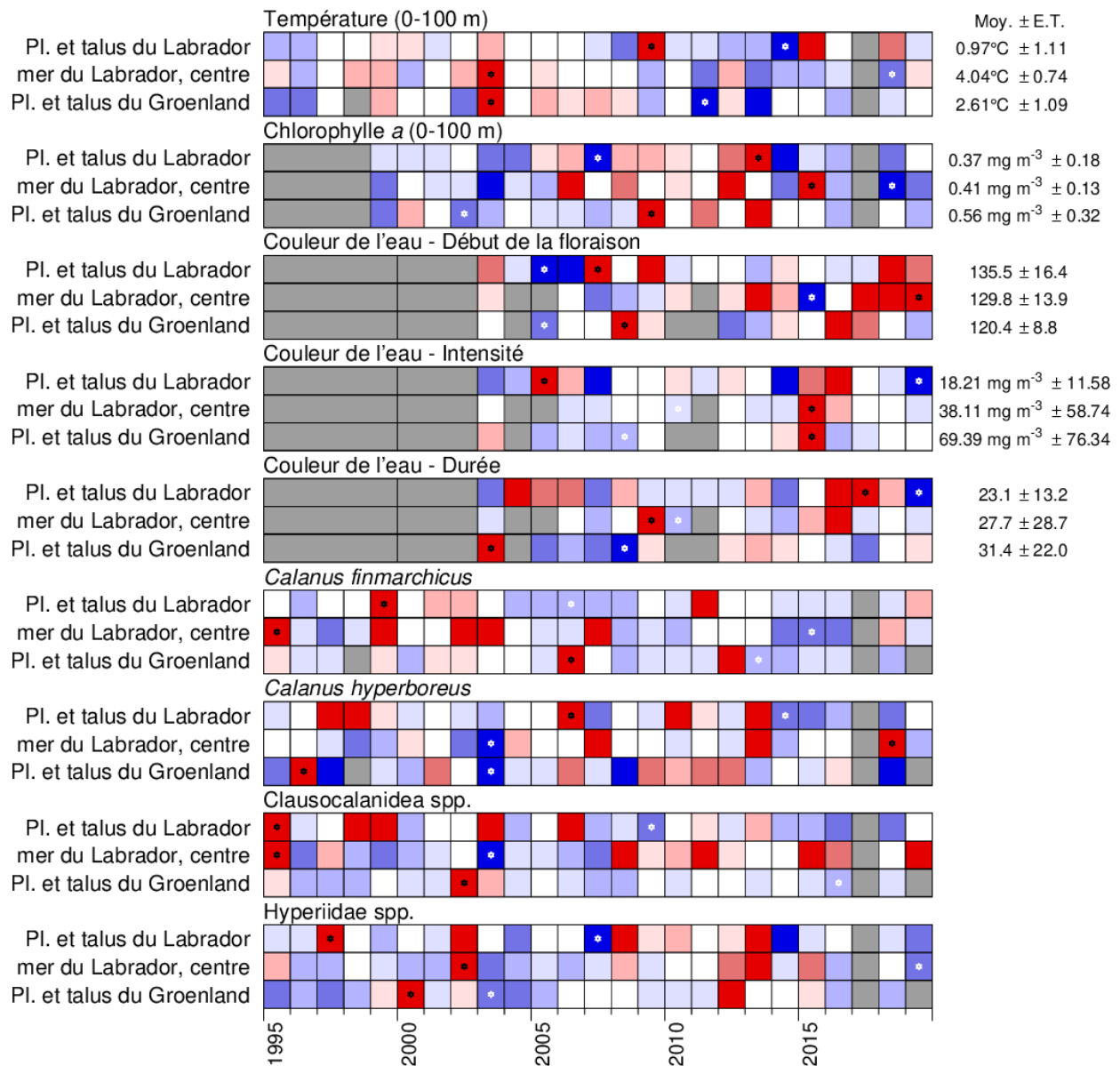


Figure 18. Anomalies annuelles normalisées pour la région de la mer du Labrador. La température et la chlorophylle sont des moyennes 0–100 m à partir des données de stations océanographiques. Les paramètres phytoplanctoniques (début de la floraison, l'ampleur et la durée) proviennent de la télédétection. 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 9.

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, 2020



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2020. Conditions océanographiques dans la zone atlantique en 2019. Secr. can. de
consult. sci. du MPO, Avis sci. 2020/028.

Also available in English:

DFO. 2020. *Oceanographic Conditions in the Atlantic Zone in 2019. DFO Can. Sci. Advis. Sec.
Sci. Advis. Rep. 2020/028.*