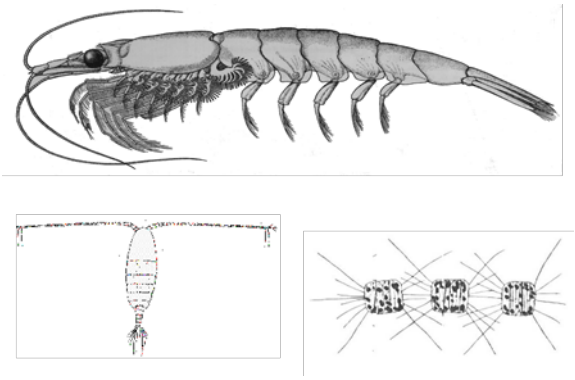
Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

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

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2021/026

CONDITIONS OCÉANOGRAPHIQUES DANS LA ZONE ATLANTIQUE EN 2020



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

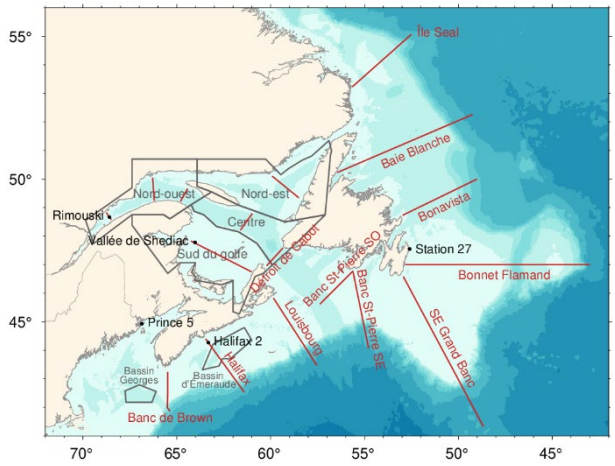


Figure 1. Stations d'échantillonnage à haute fréquence (noir), sections sélectionnées du Programme de monitorage de la zone atlantique (rouge) et aires de moyenne (gris).

Contexte :

Mis en œuvre en 1998, le Programme de monitorage 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 réunion du 22 au 26 mars 2021 Vingt-troisième réunion annuelle du Programme de monitorage de la zone Atlantique (PMZA) tenue par téléconférence. 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 normales à supérieures à la normale dans les zones libres de glace jusqu'en mai, alors qu'elles étaient inférieures à la normale. Après avoir été pour la plupart près de la normale en juin, les températures ont augmenté pour se situer au-dessus de la normale en juillet, y compris un record de série (depuis 1982) dans l'estuaire du Saint-Laurent. Les températures sont restées normales à supérieures à la normale en août, mais ont atteint un niveau record faible dans l'estuaire en septembre, après de forts vents. Bien que les températures soient demeurées inférieures à la normale dans l'estuaire, le golfe et certaines parties du plateau néo-écossais en octobre, elles étaient au-dessus de la normale sur le plateau du Labrador et de Terre-Neuve, atteignant des records de série dans 3MNO en octobre. L'année s'est terminée avec des sommets records de décembre sur le plateau néo-écossais.
- Les températures de la surface de la mer moyennes durant les mois libres de glace étaient normales à supérieures à la normale à travers la zone à l'exception du nord du golfe. Elles étaient au-dessus de la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador pour la première fois depuis 2014.
- Les conditions hivernales de glace de mer étaient inférieures à la normale dans le golfe du Saint-Laurent et aussi pour la première fois depuis 2013 sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador.
- Les conditions de la couche intermédiaire froide (CIF) estivale étaient normales à plus chaudes que la normale dans la zone. L'indice sommaire zonal de la CIF et de glace pour la zone était le 3^{e} plus chaud de la série temporelle (depuis 1980), après 2011 et 2006.
- Les températures sur le fond marin étaient supérieures à la normale dans toute la zone, sauf dans les divisions 2J et 3K de l'OPANO où elles étaient près de la normale; Il n'y a cependant pas eu de mesures dans 3Ps et 3LNO en raison d'un relevé annulé. Les conditions chaudes comprenaient des records de plus de 100 ans dans les eaux profondes du nord du golfe du Saint-Laurent et dans le détroit de Cabot à 300 m, ainsi qu'un record de série sur le plateau madelinien dans des eaux de plus de 30 m de profondeur en septembre. L'indice sommaire zonal était le plus élevé de la série temporelle (depuis 1980).
- Aux stations d'échantillonnage à haute fréquence, les températures moyennes saisonnières 0–50 m et près du fond étaient pour la plupart supérieures à la normale, y compris un record de série à la station Rimouski.
- Le courant du Labrador s'est affaibli à près de la normale en 2019 et 2020 sur le talus de Terre-Neuve-et-Labrador et s'est retrouvé sous la normale la plupart du temps depuis 2014 sur le talus néo-écossais.
- Les inventaires de sels nutritifs en profondeur étaient au-dessus ou près de la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le nord du golfe du Saint-Laurent, mais principalement sous la normale dans le sud du golfe du Saint-Laurent et sur le plateau néo-écossais, y compris un creux record sur le banc de Brown.
- Les inventaires annuels de chlorophylle *a* étaient supérieurs à la normale sur la majeure partie du plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et du golfe du Saint-Laurent, mais étaient inférieurs ou près de la normale sur le plateau néo-écossais.

- Le début de la floraison printanière du phytoplancton a été très variable au travers de la zone, mais généralement près de la normale. Elle a été plus tard que la normale dans la mer du Labrador, la plus tardive de la série sur le plateau néo-écossais central et la plus hâtive sur le banc Georges. La magnitude de la floraison était principalement supérieure à la normale sur le plateau de Terre-Neuve, y compris un record de série dans Hibernia, normale à supérieure à la normale dans le golfe et variable sur le plateau néo-écossais avec un record faible sur le centre du plateau néo-écossais. La durée de la floraison était variable et près de la normale dans la plupart des régions de la zone, mais comprenait un record élevé sur le banc Georges.
- Les changements dans la communauté de zooplancton observé au cours des années récentes (2014–2019), 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, a modéré en 2020 avec des augmentations de *Calanus finmarchicus* et des déclins de certains petits copépodes, bien que l'abondance globale des copépodes et des non-copépodes soit demeurée élevée. Il y avait des abondances de copépodes inférieures à la normale dans le golfe du Saint-Laurent et un minimum record sur la ligne Halifax. Les abondances de *Pseudocalanus* spp. étaient inférieures à la normale dans la plupart des régions avec un minimum record dans le sud du golfe et le détroit de Cabot, mais un niveau record élevé sur la section Bonavista. Les non-copépodes étaient à un niveau record faible à la station Halifax 2, mais à un niveau record élevé à Prince 5. La section de l'île Seal a enregistré des abondances records de copépodes, de non-copépodes et de *Calanus finmarchicus*.
- La biomasse de zooplancton était généralement normale à supérieure à la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et inférieure à la normale à la normale ailleurs dans la zone.
- 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. De 2019 à 2020, le pH près du fond sur le plateau de Terre-Neuve et le golfe du Saint-Laurent a subi un déclin général, un état de sous-saturation de l'aragonite se produisant en 2020 sur les Grands Bancs et 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 la profondeur de 1600 m et possiblement plus, dépassant les profondeurs observées en 2019. Bien que l'indice de l'ONA soit relativement élevé, les profondeurs de convection étaient nettement moins profondes que les profondeurs signalées pour la période 2015-2018 (qui atteignaient 2000 m). Les températures hivernales et printanières de l'air dans le bassin du Labrador étaient respectivement près de la normale et supérieures à la normale. Les températures hivernales et printanières de la surface de la mer dans le bassin du Labrador étaient supérieures à la normale, tandis que l'étendue de la glace de mer était inférieure à la normale.
- Dans la mer du Labrador, la date tardive du relevé, en juillet plutôt qu'en mai, a induit un biais dans les mesures *in situ* qui a empêché d'établir des comparaisons avec les observations biochimiques et de surface recueillies la plupart des autres années. Cependant, comparativement à celles recueillies à peu près à la même période de l'année,

2020 a semblé être une année plus chaude que la normale comme en 2003. La concentration de sels nutritifs et de chlorophylle *a* étaient inférieures à la moyenne saisonnière à l'exception des sels nutritifs de la couche de surface dans le centre de la mer du Labrador et de la concentration de chlorophylle *a* sur le plateau du Groenland.

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 échantillonnés 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. Cette évaluation annuelle des conditions océanographiques de la zone atlantique inclut les observations de la mer du Labrador fournies par le Programme de monitorage de la zone atlantique au large du plateau continental (PMZAO) depuis le rapport sur les conditions de 2015, et inclut l'acidification de l'océan depuis celui sur les conditions de 2018.

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 1991–2020 pour les paramètres physiques, et pour 1999–2020 pour les paramètres biochimiques. En outre, parce que ces séries ont différentes unités (°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 ± 0,5 écart-type de la moyenne pour les données physiques et ± 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

Changement de la climatologie

Le rapport de cette année voit la période de référence climatologique changée de 1999–2015 à 1999–2020 pour les variables biogéochimiques, une augmentation de 5 ans, et de 1981–2010 à 1991–2020 pour les variables physiques, un décalage de 10 ans.

L'augmentation sur 5 ans du nombre d'années incluses dans les climatologies biogéochimiques augmente la stabilité et réduit généralement l'amplitude des anomalies. Par exemple, le changement de communauté de zooplancton observé depuis 2014, caractérisé par une moindre abondance du grand copépode riche en énergie *Calanus finmarchicus* et une plus grande abondance de petits copépodes et non-copépodes, est actuellement pleinement intégré dans la période climatologique. Les très grandes anomalies signalées dans le rapport de l'année dernière pour ces dernières années sembleront quelque peu atténuées, et les anomalies plus proches de la normale et variables signalées pour la période qui a précédé le changement de communauté passeront désormais au-dessus ou au-dessous de la normale.

Le décalage de 10 ans de la climatologie physique se fait selon les normes de l'Organisation météorologique mondiale (World Meteorological Organization 2017) et permet, au cours des décalages décennaux successifs, la comparaison sur la même période climatologique d'un nombre croissant de séries chronologiques. Il a l'inconvénient de masquer les tendances à long terme, y compris celles causées par le réchauffement climatique. Dans notre zone, les effets du déplacement sont importants pour la température de surface de la mer puisque la période froide 1981–1990 est supprimée et la période chaude 2011–2020 est ajoutée à la période climatologique. Les anomalies très élevées précédemment signalées pour 2012 seront réduites dans ce rapport. De même, les températures profondes ont considérablement augmenté au cours de la dernière décennie, dépassant même la plage de variabilité connue dans le passé. Par conséquent, non seulement la moyenne de la climatologie a changé, mais dans de nombreux cas également la variance, ce qui affecte également les anomalies normalisées. Un bon exemple est l'anomalie moyenne zonale de la température profonde pour 2018 (partie inférieure de la Figure 10): dans le rapport de l'année dernière, elle était très au-dessus de la normale (+ 0,8 ÉT) et elle passe à normale (+ 0,1 ÉT) dans ce rapport. L'anomalie normalisée pour la température profonde du nord du golfe est passée de + 4,8 ÉT à + 1,7 ÉT pour cette année-là, réduisant considérablement son impact sur la moyenne zonale. Bon nombre de ces changements sont documentés en comparant les moyennes et écarts-types énumérés pour les variables de la Figure 7 avec ceux signalés l'année dernière, et les séries chronologiques de bases de la région de Terre-Neuve-et-Labrador sont examinées à l'aide des deux climatologies dans Cyr et Galbraith (2021).

Si nous décrivons souvent l'environnement en termes d'anomalies par rapport à la période climatologique, il reste important d'examiner les tendances à long terme. Nous parlons aussi

souvent en termes de records de rangs et de séries qui permettent de brosser un tableau plus large.

Conditions océanographiques physiques dans la zone atlantique en 2020

Voici un résumé des conditions océanographiques physiques observées au cours de l'année 2020 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.* 2021 et Cyr *et al.* 2021 et Galbraith *et al.* 2020 pour les conditions en 2019). Exceptionnellement, une publication principale est déjà disponible qui comprend les conditions en 2020 sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador (Cyr et Galbraith 2021).

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. 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). 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. La valeur minimale enregistrée a été atteinte en 2010 à -1,5, ce qui coïncidait avec des conditions plus chaudes que la normale. En 2020, l'indice ONA d'hiver était de +1,2, positif pour une 7^{e} année consécutive (y compris la valeur la plus élevée jamais enregistrée de +1,6 en 2015). Cette séquence positive n'a cependant pas coïncidé avec des conditions plus froides que la normale.

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

Le produit satellitaire de température de surface de la mer utilisé depuis le rapport de l'année dernière combine les données de 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 (Galbraith *et al.* 2021). Nouveau cette année, le golfe du Saint-Laurent a été divisé en deux régions qui délimitent le sud et le nord du golfe le long d'une frontière choisie par un groupe de travail sur l'approche écosystémique (Figure 1).

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 2020, les températures mensuelles moyennes à la surface étaient généralement normales à supérieures à la normale dans les zones libres de glace jusqu'en mai, alors qu'elles étaient inférieures à la normale. Après avoir été pour la plupart près de la normale en juin, les températures ont augmenté pour se situer au-dessus de la normale en juillet, y compris un record de série (depuis 1982) dans l'estuaire du Saint-Laurent. Là, les températures ont augmenté presque autant que dans le nord-est du golfe, ce qui est très inhabituel. Les remontées d'eau et le mélange qui se produisent à la tête du chenal Laurentien maintiennent habituellement les eaux de surface de l'estuaire froides, mais les vents du nord-est semblent avoir créé une circulation qui a recouvert la région de mélange avec des eaux plus chaudes. Les températures sont restées normales à supérieures à la normale en août. À la fin du mois d'août, de forts vents ont provoqué un mélange qui a refroidi les eaux de surface et réchauffé les eaux plus profondes de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. Les températures de surface ont atteint par la suite un niveau record faible dans l'estuaire en septembre. Bien que les températures soient demeurées inférieures à la normale dans l'estuaire, le golfe et certaines parties du plateau néo-écossais pendant le reste de l'année, elles étaient au-dessus de la normale sur le plateau du Labrador et de Terre-Neuve, atteignant des records de série dans 3MNO en octobre. L'année s'est terminée avec des sommets records pour le mois de décembre sur le plateau néo-écossais.

Les températures de la surface de la mer moyennes durant les mois libres de glace étaient normales à supérieures à la normale à travers la zone à l'exception du nord du golfe. Elles étaient au-dessus de la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador pour la première fois depuis 2014.

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 °C en été le long des sections du PMZA Île Seal, White Bay, Bonavista et bonnet flamand (Cyr *et al.* 2021). Pour le golfe, le volume d'eau ayant T <1 °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 °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.* 2021). 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 2020, les conditions de la CIF étaient normales à plus chaudes que la normale dans toute la zone, de + 1,2 ET sur le transect Bonavista, + 1,8 ET sur le transect de Seal Island et + 2,4 ET dans le sud du golfe où la superficie du fond avec des températures inférieures à 1 °C était à un niveau presque record de septembre, de seulement la moitié de la moyenne climatologique. Il n'y avait aucune mesure des paramètres de la CIF habituellement rapportés dans la section de la baie Blanche en raison d'un échantillonnage limité.

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, et qu'ils démontrent la nature advective des propriétés sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador. Le volume moyen saisonnier de glace de mer sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador est corrélé avec la superficie de la CIF plus au sud le long du transect Bonavista (1981–2020, $R^2 = 0,70$) tandis que les paramètres décrivant la glace sur le plateau de Terre-Neuve sont corrélés avec la température de décembre à mars plus au nord à Cartwright (1981-2019, $R^2 = 0,65$-$0,81$; Cyr *et al.* 2021). Dans le golfe du Saint-Laurent, la corrélation entre la température de l'air de décembre à mars moyennée sur plusieurs stations météorologiques côtières et le volume maximal annuel de glace atteint $R^2 = 0,73$ (1969–2020). La température de l'air est également bien corrélée à la superficie et à la durée du couvert de glace de mer ($R^2 = 0,79$–$0,82$; Galbraith *et al.* 2020). 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 km^2 et de 13 jours pour chaque augmentation de 1 °C de la température de l'air en hiver (Galbraith *et al.* 2020).

Nouveauté cette année, l'état de la glace de mer sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador est fourni par un indice qui englobe la durée et la superficie maximale saisonnière dans trois régions: le nord et le sud du plateau du Labrador et le plateau de Terre-Neuve (Cyr et Galbraith 2021).

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 2010 et sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador en 2011 (Figure 7). Au cours de la période de onze ans entre 2010 et 2020, le volume moyen saisonnier de la glace de mer dans le golfe avait sept des onze valeurs les plus basses de la série (mais 2020 n'en faisait pas partie, se classant au 13e rang), tandis que le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador n'avait que quatre des indices les plus bas (dont 2020). En 2020, l'indice de glace de mer de Terre-Neuve-et-Labrador était inférieur à la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador (-0,6 ET) pour la première fois depuis 2013. Le volume moyen saisonnier de la glace de mer dans le golfe du Saint-Laurent était également inférieur à la normale (- 0,7 ET), tout comme le volume moyen saisonnier de glace exporté 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 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 de grands polygones, allaient de normales dans les divisions 2J et 3K de l'OPANO à au-dessus de la normale ailleurs. Il n'y a cependant pas eu de mesures printanières dans 3Ps et 3LNO en raison d'un relevé annulé. Il y a eu de nouveaux records de haute température de plus de 100 ans pour le golfe à 200, 250 et 300 m qui se reflètent dans la température moyenne des eaux du nord du golfe à plus de 200 m (Figure 7) ainsi qu'un record dans le détroit de Cabot à 300 m. Le réchauffement récent des eaux profondes du golfe a débuté comme une anomalie chaude observée pour la première fois dans le détroit de Cabot en 2010 qui s'est propagée vers les têtes des chenaux, soutenue par des apports ultérieurs d'eau chaude. À des profondeurs intermédiaires, il y a eu un record de série en septembre pour la température sur le fond dans plus de 30 m de profondeur, mais cela semble être en partie causé par une tempête qui a mélangé de la chaleur près de la surface vers le fond à la fin d'août.

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 (1991–2020; R^2 = 0,57; Figure 8). Le ruissellement moyen de 2020 était au-dessus de la normale à 19 000 m^3s^{-1} (+ 0,9 ÉT).

La stratification sur le plateau néo-écossais a baissé sous la normale en 2020 (- 1,2 ÉT). 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 0,33 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 près de la normale à la station de Rimouski (- 0,2 ÉT), en dépit du débit élevé du fleuve Saint-Laurent (Figure 8).

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 un record de série à vallée de Shediac en 2019.

La station 27 était la seule station d'échantillonnage à haute fréquence du PMZA qui a eu une stratification saisonnière supérieure à la normale. Elle était sous la normale à Halifax 2 et à Prince 5. Il n'y avait pas de relation claire avec la salinité moyenne saisonnière de 0 à 50 m, car celle-ci était supérieure à la normale à la station de Rimouski et à vallée de Shediac et près de la normale aux autres stations. La température moyenne saisonnière de 0 à 50 m était normale ou supérieure à la normale à toutes les stations. La température près du fond était de normale à supérieure à la normale à toutes les stations. À la station Rimouski, les sept dernières années présentaient les moyennes saisonnières de température sur le fond les plus chaudes de la série chronologique, atteignant un record de série en 2020.

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. Le transport moyen annuel est revenu à la normale en 2019 et 2020 sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve (+ 0,2 ÉT) et est resté sous la normale assez régulièrement depuis 2014 sur le talus néo-écossais (- 0,7 ÉT en 2020).

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 normales à au-dessus de la normale au début et à la fin de la période 2010–2020 avec des températures sous la normale en 2014–2017, presque toutes les anomalies étaient supérieures à la normale sur le plateau néo-écossais et dans le nord du golfe pendant cette période, et ce même avec la nouvelle climatologie 1991–2020. 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 et le détroit de Cabot (300 m)

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 en 2020 étaient près de la normale pour les températures de surface, et plus chaudes que la normale pour les anomalies de la couche intermédiaire froide et de la glace de mer ainsi que pour les températures des eaux profondes. Les conditions moyennes étaient les troisièmes plus chaudes de la série chronologique pour la couche intermédiaire froide et la glace de mer et les plus chaudes de la série chronologique pour la température des eaux profondes. Au total, 47 indices énumérés dans les figures 7 et 9 décrivent les conditions océaniques liées à la température dans la zone du PMZA en 2020 (température de surface, glace, superficies, volumes et température minimale de la CIF, température sur le fond, température moyenne 0-50 m). Parmi eux, un seul était plus froid que la normale, 15 étaient dans les valeurs normales (± 0,5 ÉT) et 31 étaient au-dessus de la normale, indiquant une continuation des conditions océanographiques plus chaudes que la normale en 2020 dans une grande partie de la zone atlantique, en dépit d'une septième 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, de 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.* 2021) et sur le plateau néo-écossais (Casault *et al.* 2020) 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 1999–2020.

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 supérieurs ou près de la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le nord du golfe du Saint-Laurent, mais principalement sous la normale dans le sud du golfe du Saint-Laurent et sur le plateau néo-écossais, y compris un record faible sur la section du banc de Brown (Figure 11).

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 2020 avaient un patron similaire à 2018 et 2019, 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 (centre du golfe du Saint-Laurent et sur le plateau néo-écossais). 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 (la production totale) 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 journalières de la concentration de chlorophylle *a* à la surface de l'océan (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer [MODIS] 2003-2020; Figure 12). Le début de la floraison printanière du phytoplancton a été très variable dans la zone atlantique, mais généralement près de la normale. Elle a été plus tard que la normale dans la mer du Labrador, la plus hâtive de la série temporelle dans le centre du plateau néo-écossais et la plus tardive sur le banc Georges. La magnitude de la floraison était principalement supérieure à la normale sur le plateau de Terre-Neuve, y compris un record de série dans Hibernia, normale à supérieure à la normale dans le

golfe et variable sur le plateau néo-écossais avec un record faible sur le centre du plateau néo-écossais. La durée de la floraison était variable et près de la normale dans la plupart des régions de la zone, mais comprenait un record élevé sur le banc Georges.

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 (2014–2019), 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, a modéré en 2020 avec des augmentations de *Calanus finmarchicus* et des déclins de certains petits copépodes, bien que l'abondance globale des copépodes et des non-copépodes soit demeurée élevée (Figure 13). Il y avait des abondances de copépodes inférieures à la normale dans le golfe du Saint-Laurent et un minimum record sur la ligne Halifax. Les abondances de *Pseudocalanus* spp. étaient inférieures à la normale dans la plupart des régions avec un minimum record dans le sud du golfe et le détroit de Cabot, mais un niveau record élevé sur la section Bonavista. Les non-copépodes étaient à un niveau record faible à la station Halifax 2, mais à un niveau record élevé à Prince 5. La section de l'île Seal a enregistré des abondances records de copépodes, de non-copépodes et de *Calanus finmarchicus*.

La biomasse de zooplancton était généralement normale à supérieure à la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et inférieure à la normale à la normale ailleurs (Figure 14). L'exception était le banc de Brown, où la biomasse de zooplancton 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 les plateaux néo-écossais, de Terre-Neuve et du Labrador, les valeurs de pH près du fond variaient de 7,8 à plus de 8 et ont démontré une variabilité spatiale considérable. Ω_{arg} était légèrement sous-saturé dans le chenal Avalon, sur les Grands Bancs, dans la partie la plus profonde du talus du plateau de Terre-Neuve et de l'est du plateau néo-écossais. Toutes les eaux du fond du golfe du Saint-Laurent, y compris le sud du golfe moins profond, étaient également sous-saturées en aragonite. Les seules exceptions étaient les eaux entrantes dans le détroit de Belle Isle et le détroit de Cabot. Les valeurs de pH et de Ω les plus faibles ont cependant été observées le long du chenal Laurentien profond, en particulier dans l'estuaire du Saint-Laurent où la majeure partie de la couche profonde (> 300 m) était sous-saturée en aragonite et calcite (les valeurs de pH étaient inférieures à 7,6 partout dans l'estuaire) et représente une acidification accrue par rapport aux conditions de 2019. De plus, la saturation en oxygène à de nombreux sites d'échantillonnage est bien inférieure à 20 % (même inférieure à 15 % à certaines stations; Figure 15, panneau inférieur) et a généralement diminué par rapport à 2019. Ceux-ci correspondent à de nouveaux records de faible concentration d'oxygène pour l'estuaire du Saint-Laurent, atteignant <1 mL/L à la station Rimouski à l'automne.

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 monitorage 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 juillet et août 2020, l'Institut océanographique de Bedford occupait la ligne *Atlantic Repeat 7-West* (AR7W) pour la 33e 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 de l'ONA hivernale (décembre-mars) en 2020 était supérieur à la normale et la plus haute depuis 2015 (Figure 16), la configuration de la pression atmosphérique au niveau de la mer n'était pas associée à de forts vents d'ouest le long de la côte du Labrador. Cela a conduit, respectivement, à des températures hivernales et printanières près de la normale et supérieures à la normale dans le domaine du bassin du Labrador. Les températures hivernales et printanières de la surface de la mer dans le bassin du Labrador étaient supérieures à la normale. L'étendue de la glace de mer en hiver était inférieure à la normale dans les régions du détroit de Davis et du nord du plateau du Labrador, et inférieure à la normale dans la région du

plateau du Labrador. L'étendue de la glace de mer printanière était inférieure à la normale dans les trois régions.

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. Pendant environ 20 ans qui ont suivi ce développement de la masse d'eau bien documenté, la force du refroidissement hivernal a considérablement diminué (tendance à la hausse des valeurs de perte de chaleur de surface annuelles filtrées passe-bas sur la Figure 16), tandis que la mer, en particulier à mi-profondeur (200-2000 m ; Figure 16), s'est progressivement réchauffée, gagnant des eaux plus salines et moins denses.

À partir de l'hiver 2014, un an avant que la mer du Labrador ne subisse la plus forte perte de chaleur en plus de deux décennies (Figure 16), et se terminant à l'hiver 2018, la convection hivernale s'est progressivement approfondie de 1600 à 2000 m (Figure 17), devenant la plus profonde depuis l'hiver 1994. À l'hiver 2020, la convection de la mer du Labrador a atteint une profondeur de 1600 m et peut-être plus, dépassant les profondeurs observées l'année précédente (Figure 16). L'approfondissement du mélange convectif et le léger refroidissement de la couche mélangée profonde sont principalement attribués aux augmentations de l'indice de l'oscillation nord-atlantique et au refroidissement de surface cumulatif net par rapport à l'hiver précédent. Cependant, bien que l'indice de l’ONA soit relativement élevé, les profondeurs de convection étaient sensiblement moins profondes que les profondeurs rapportées pour la période 2015-2018.

Comme l'année précédente, la couche supérieure de 15 à 100 m du centre de la mer du Labrador avait une température supérieure à la normale et une salinité à peu près normale en 2020 (Figure 16). 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 continu de la convection pendant les hivers de 2012 à 2018. Le réchauffement des couches supérieures et intermédiaires de la mer du Labrador en 2019 et 2020 concorde avec la réduction des pertes de chaleur et la convection peu profonde en l'hiver 2019.

En ce qui concerne la variabilité interdécennale, la mer du Labrador a récemment (2019 et 2020) terminé un cycle de refroidissement, 2012-2018, semblable à ceux observés en 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 la mer du Labrador, tandis que les tendances du réchauffement de sub-surface étaient associées à l'accumulation d'eaux Atlantiques relativement chaudes et salines dans le réservoir profond de la mer du Labrador.

La date tardive du relevé de 2020, en juillet plutôt qu'en mai, a induit un biais dans les mesures *in situ* qui a empêché d’établir des comparaisons avec les observations biochimiques et de surface recueillies la plupart des autres années. Cependant, comparativement à celles recueillies à peu près à la même période de l'année, 2020 a semblé être une année plus chaude que la normale comme en 2003 (Figure 18). Les concentrations de sels nutritifs et de chlorophylle *a* étaient inférieures à la moyenne saisonnière à l'exception des sels nutritifs de la couche de surface dans le centre de la mer du Labrador et de la concentration de chlorophylle *a* sur le plateau du Groenland.

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 2020, ils sont revenus globalement au-dessus de la normale pour la zone après deux années en dessous de la normale. Le volume moyen de glace de mer était inférieur à la normale dans le golfe du Saint-Laurent et les conditions de glace étaient inférieures à la normale (c.-à-d. plus chaudes) sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador pour la première fois depuis 2013. 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 dans les divisions de l'OPANO 2J et 3K à supérieures à la normale ailleurs, y compris des nouveaux records centenaires de température pour le golfe à 200, 250 et 300 m, ainsi que dans le détroit de Cabot.

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 déclins 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 de 1600 m et peut-être plus, dépassant les profondeurs atteintes en 2019. Bien que l'indice de l'ONA soit relativement élevé, les profondeurs de convection étaient nettement moins profondes que les profondeurs signalées pour la période 2015-2018 (qui atteignaient 2000 m).

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Affiliation
Allain, Renée	MPO, Sciences – Région du Golfe
Beazly, Lindsay	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Bélanger, David	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Bishop, Charlie	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Blais, Marjolaine	MPO, Sciences – Région du Québec
Boivin, Brian	MPO, Sciences – Région du Québec
Brickman, David	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Bujold, Luc	MPO, Sciences – Région de la Capitale Nationale
Cardoso, Diana	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
Clay, Stephanie	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Cyr, Frederic	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Devred, Emmanuel	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Dumas, Jacqueline	MPO, Sciences – Région du Québec
Fife, Jack	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Gaboury, Isabelle	MPO, Sciences -- Région de la Capitale Nationale
Gabriel, Carrie-Ellen	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Galbraith, Peter	MPO, Sciences – Région du Québec
Gibb, Olivia	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Greenan, Blair	MPO, Sciences – Région des Maritimes, ARGO Canada, OSOM
Hebert, Dave	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Johnson, Catherine	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Lambert, Nicolas	MPO, Sciences – Région du Golfe
Lavoie, Diane	MPO, Sciences – Région du Québec
Layton, Chantelle	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Lehoux, Caroline	MPO, Sciences – Région du Québec
Lewis, Sara	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Maillet, Gary	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Ma, Zhimin	MPO, Sciences, -- Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Michaud, Sonia	MPO, Sciences – Région du Québec
Niven, Sherry	MPO, Sciences – Région des Maritimes
Pepin, Pierre	MPO, Sciences – Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Plourde, Stéphane	MPO, Sciences – Région du Québec
Proudfoot, Maddison	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

Nom	Affiliation
Sun, Krista	MPO, Sciences -- Région de la Capitale Nationale
Tran, Anh	MPO, Sciences – Région de la Capitale Nationale
Villeneuve, François	MPO, Sciences – Région du Québec
Wan, Di	MPO, Sciences – Pacific Region
Yashayaev, Igor	MPO, Sciences – Région des Maritimes

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion du 22 au 26 mars 2021 Vingt-troisième réunion annuelle du Programme de monitorage de la zone Atlantique (PMZA) tenue par téléconférence. 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., Devine, L. et Lehoux, C. 2021. Les conditions océanographiques chimiques et biologiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent en 2019. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/002. iv + 68 p.

Casault, B., Johnson, C., Devred, E., Head, E., Cogswell, A., et Spry, J. 2020. Conditions océanographiques optiques, chimiques et biologiques sur le plateau néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine en 2019. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2020/071. v + 67 p.

Cyr, F. et Galbraith, P.S. 2021. A climate index for the Newfoundland and Labrador shelf. Earth Syst. Sci. Data, 13, 1807-1828. 2021.

Cyr, F., Colbourne, E., Galbraith, P.S., Gibb, O., Snook, S., Bishop, C., Chen, N., Han, G., et D. Senciall. 2021. Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve et Labrador en 2018. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2020/018 iv + 50 p.

Galbraith, P.S., Chassé, J., Shaw, J.-L., Caverhill, C., Dumas, J., Lefaivre, 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.

Galbraith, P. S., Larouche, P., et Caverhill. C. 2021. A sea-surface temperature homogenization blend for the Northwest Atlantic. Can. J. Remote Sensing. DOI: 10.1080/07038992.2021.1924645.

Hebert, D., Layton, C., Brickman, D. and Galbraith, P.S. 2021. Conditions océanographiques physiques sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine en 2019. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2020/040. iv + 58 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., Lefaivre, 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.

World Meteorological Organization 2017. WMO guidelines on the calculation of climate normals, Tech. rep., Geneva, Switzerland, 2017.435.

ANNEXE – FIGURES

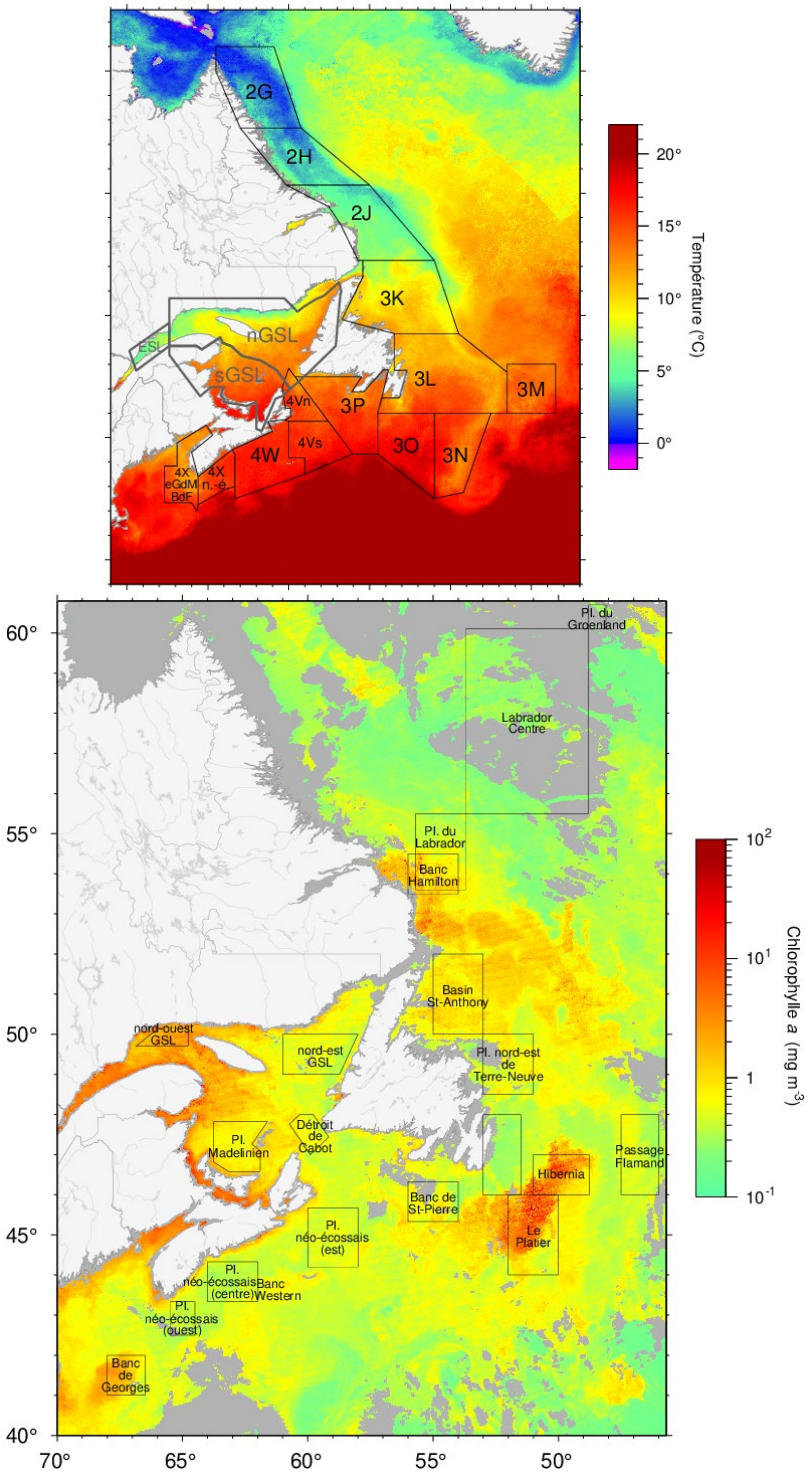


Figure 2. Régions utilisées pour les moyennes de température (haut) et de couleur de l'eau (bas). Les Divisions de l'OPANO ont été coupées au talus continental. Les anonymes GSL et ESL sont le golfe du Saint-Laurent et l'estuaire du Saint-Laurent respectivement. Le champ de température est celui de septembre 2020 tandis que la concentration de chlorophylle a est pour la première demie de mai 2020.

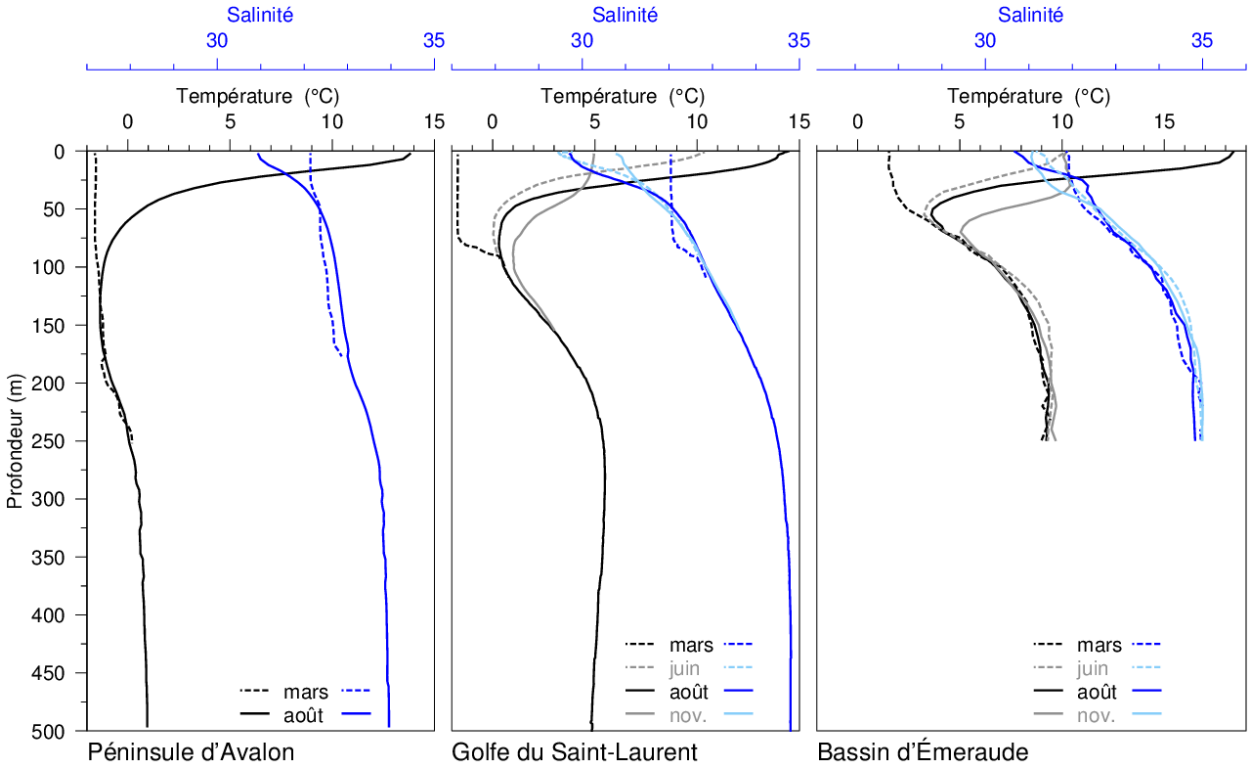


Figure 3. Progression saisonnière typique du profil de profondeur de la température et de la salinité observée dans trois régions représentatives de la zone. La région de la péninsule d'Avalon est délimitée par 45–50 °N et 50–55 °O et sont montrées ici les moyennes des profils de mars et août entre 2015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

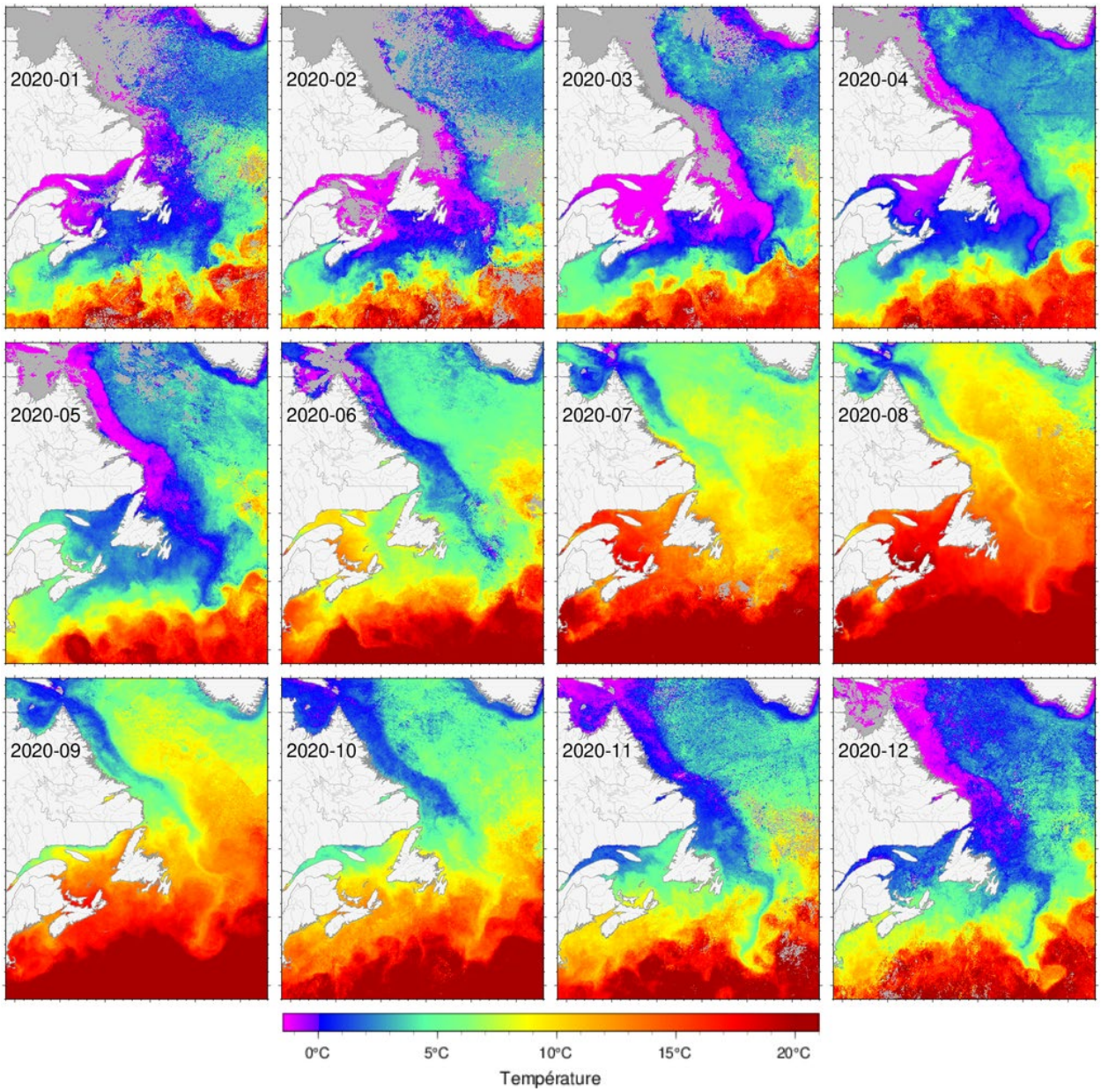


Figure 4. Température de la surface de la mer moyennée par mois de 2020 dans la zone atlantique.

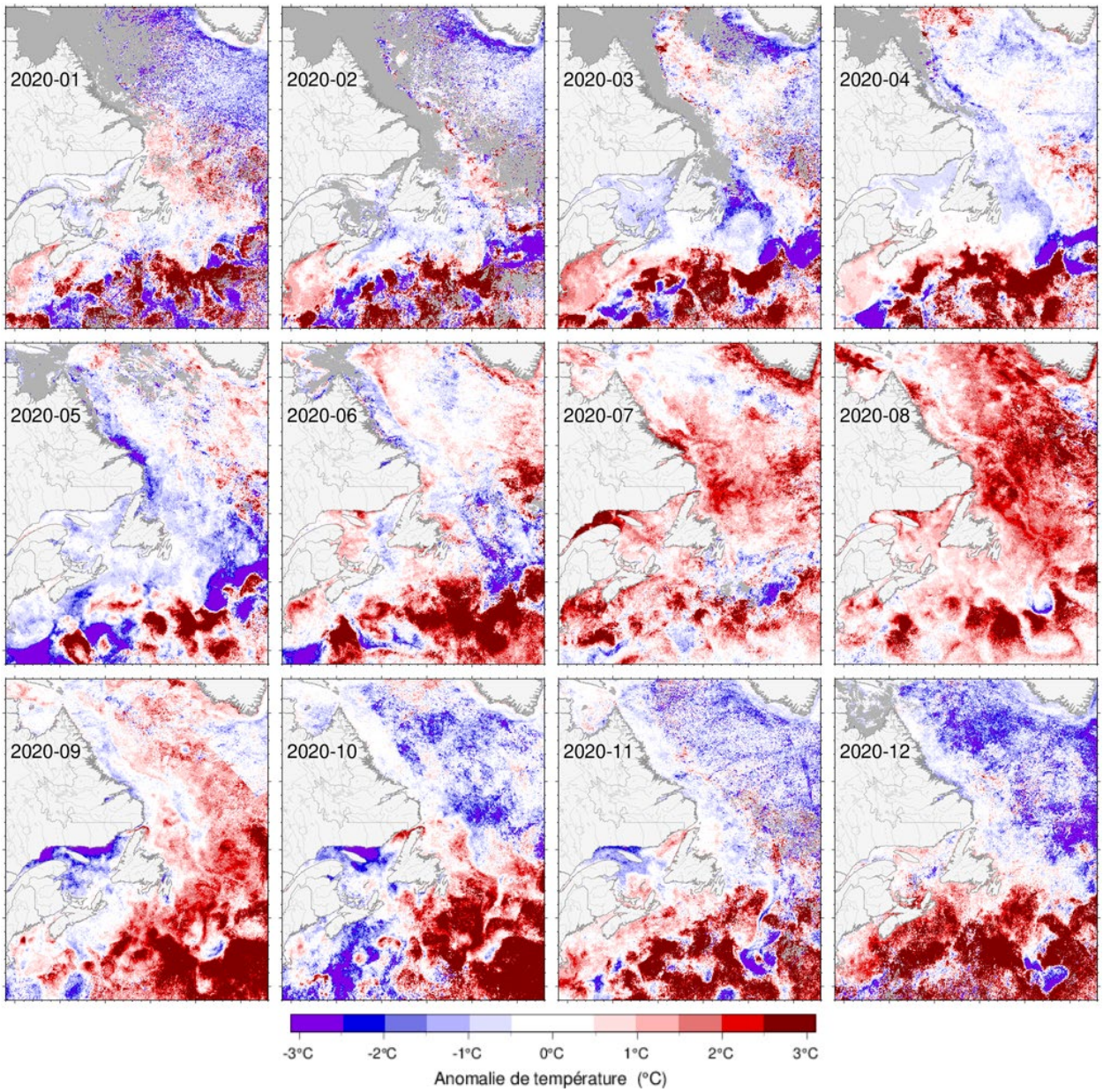


Figure 5. Anomalies mensuelles de température de la surface de la mer en 2020 dans la zone atlantique. Les anomalies de température sont basées sur une climatologie de 1985–2010 et non la climatologie de 1991–2020 utilisée partout ailleurs dans ce document.

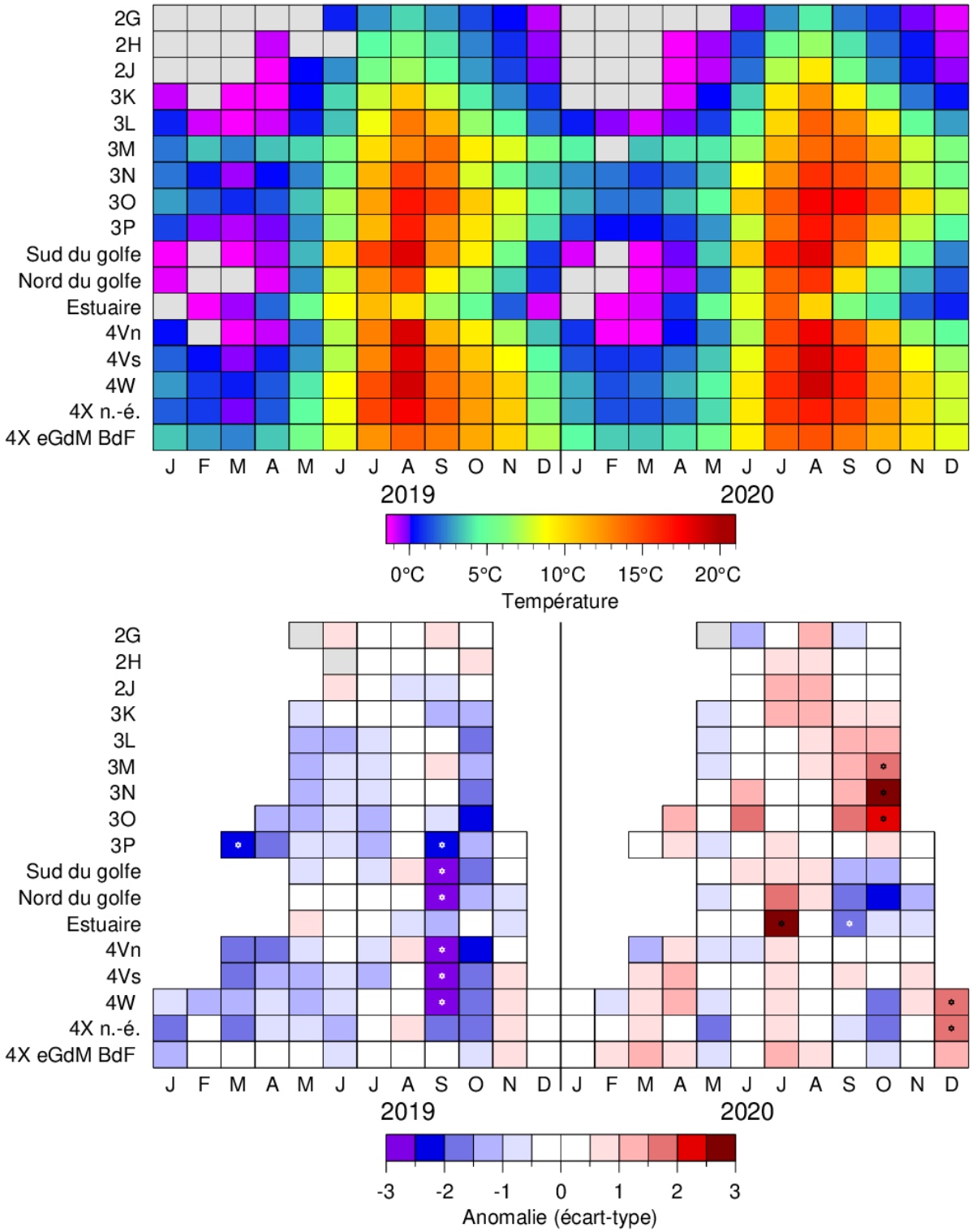


Figure 6. Températures (haut) et anomalies (bas) de la surface de la mer en 2019–20 moyennées mensuellement sur les 17 régions identifiées à la Figure 2. Les régions et mois pour lesquels la température moyenne était à un niveau record sont identifiés par une étoile. Les cases grises n'ont pas de données suffisantes pour rapporter une anomalie mensuelle moyenne (<7 %).

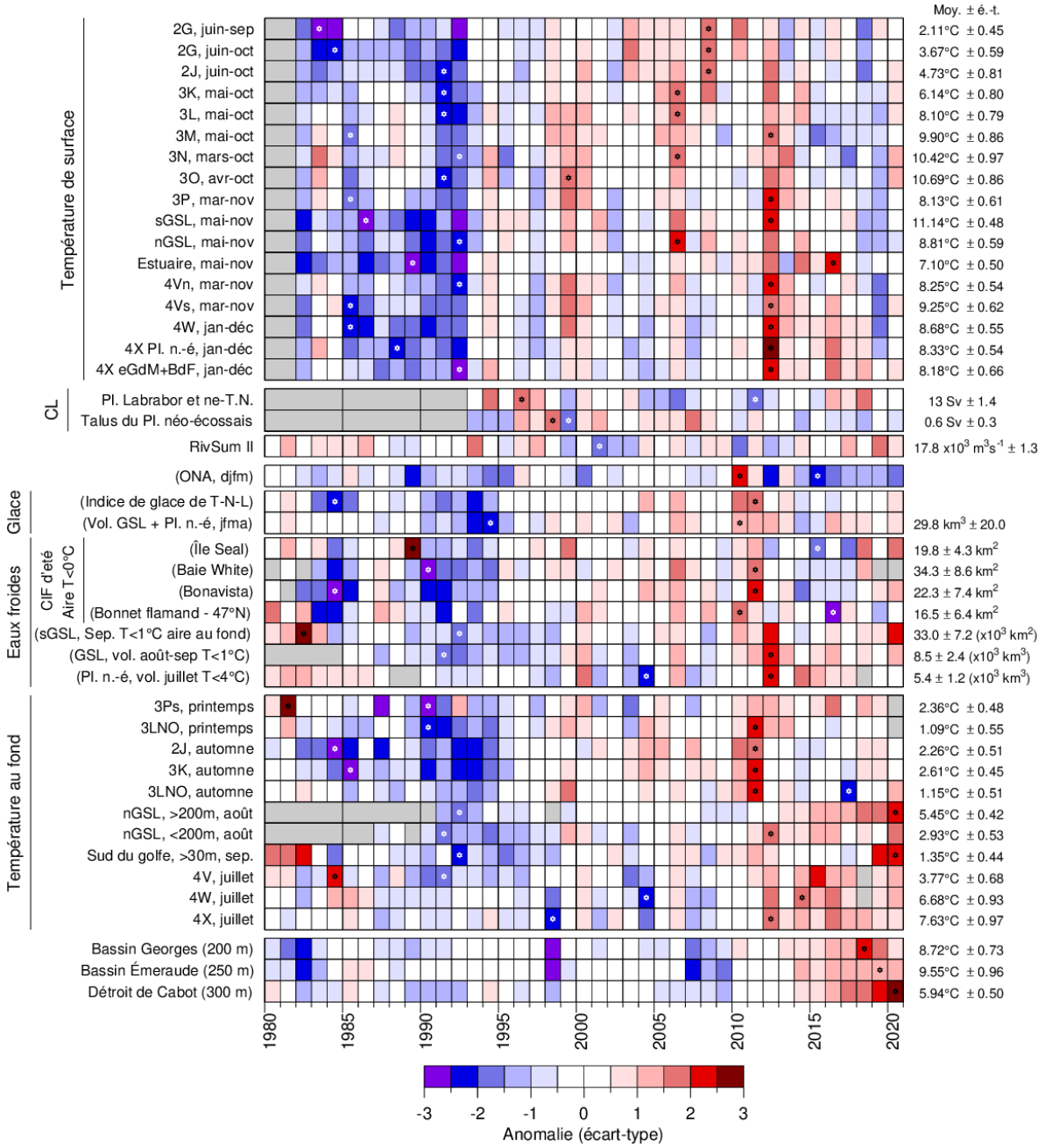


Figure 7. Séries temporelles (de 1980 à 2020) des variables océanographiques. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée, lorsque possible, sur les données de 1991 à 2020. Les cellules rouges indiquent des conditions 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]).

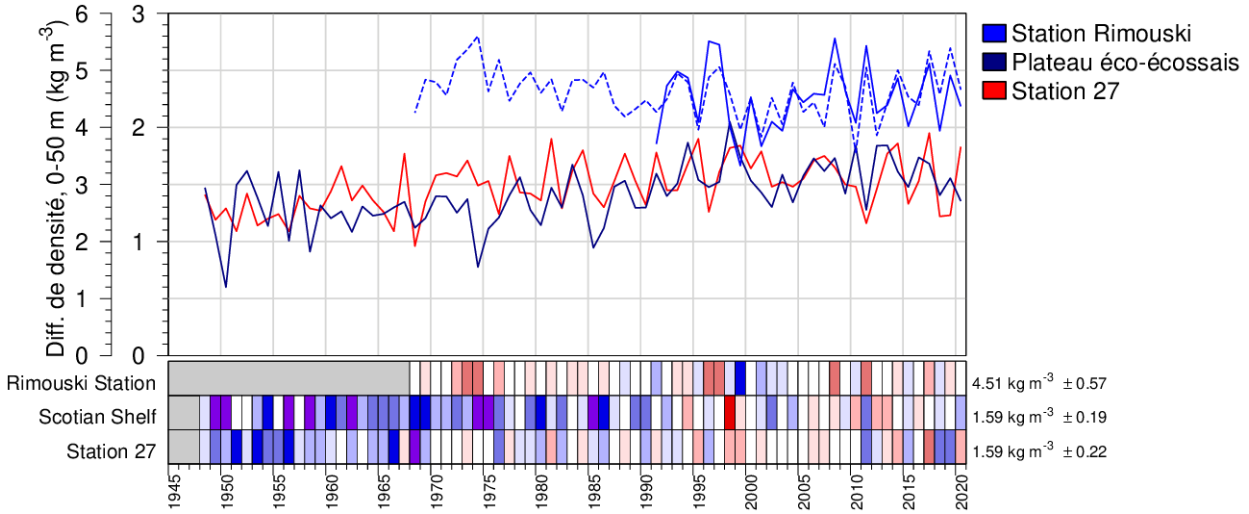


Figure 8. Tendances de la stratification dans le sud du plateau de Terre-Neuve-et-Labrador (moyenne mai-novembre à la station 27), sur le plateau néo-écossais et dans l'estuaire du Saint-Laurent (moyenne mai-octobre à la station Rimouski). L'axe interne est pour la Station 27 et le plateau néo-écossais, tandis que l'axe externe 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 1991–2020. 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.

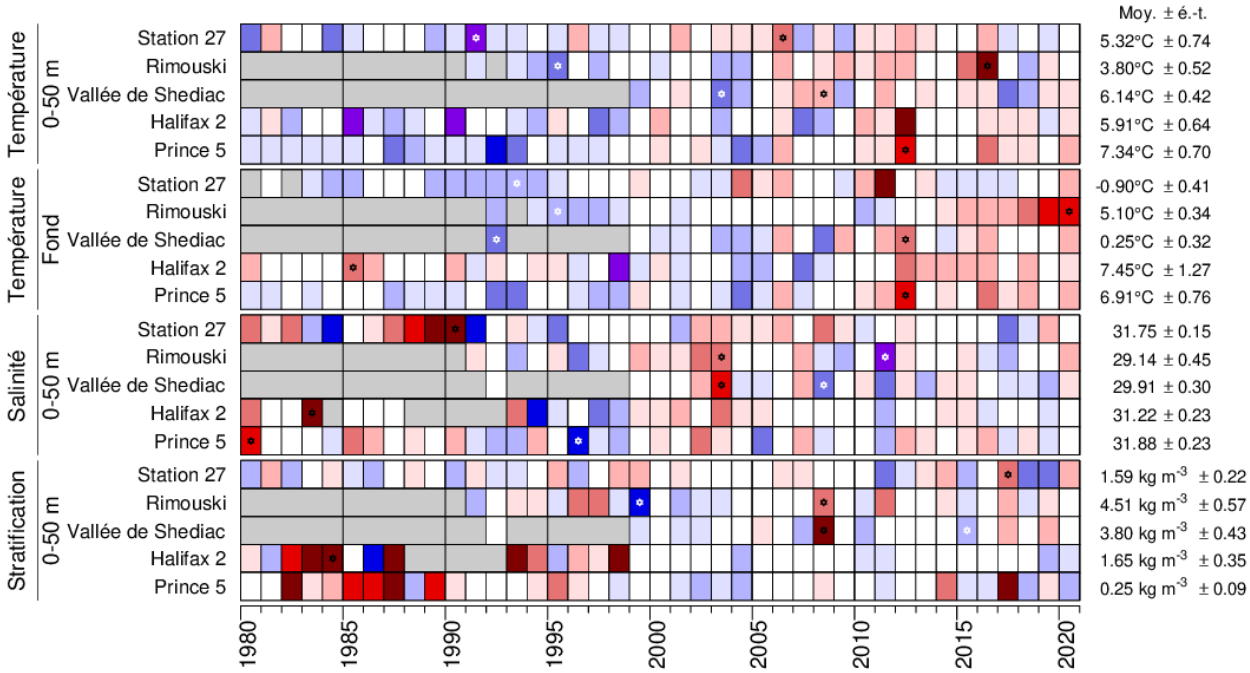


Figure 9. Séries temporelles (de 1980 à 2020) des variables océanographiques aux stations à haute fréquence d'échantillonnage du PMZA. Les moyennes sont annuelles à Halifax 2 et Prince 5, de mai à novembre à la Station 27 et de mai à octobre à la station Rimouski. Une cellule grise indique une donnée 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 1991 à 2020. 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.

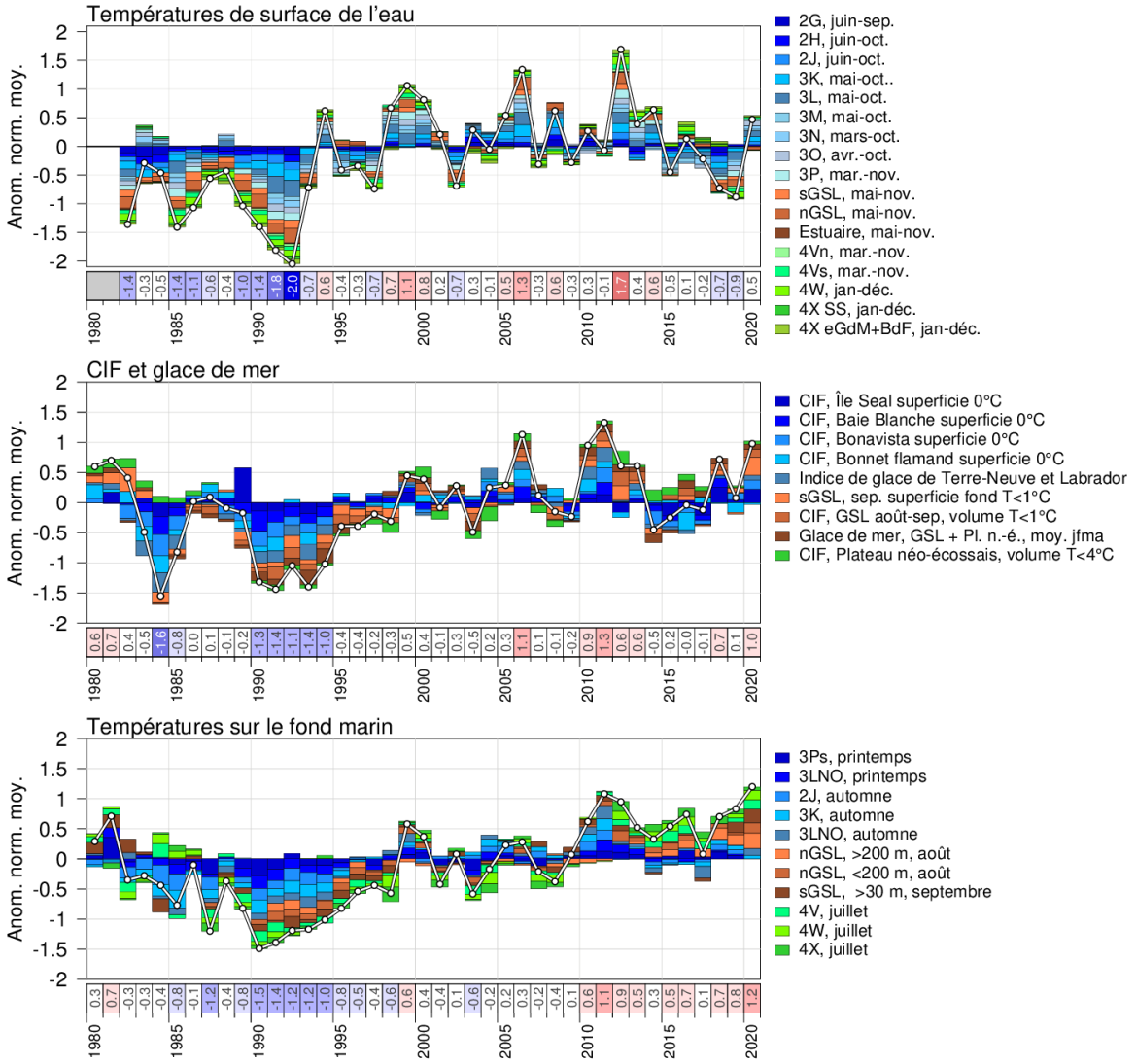


Figure 10. Indices climatiques composites (lignes blanches et symboles blancs) calculés par la moyenne des anomalies normalisées provenant de différentes parties de l'environnement (les boîtes empilées au-dessus de l'abscisse sont des anomalies positives tandis que celles sous l'abscisse sont négatives). 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.

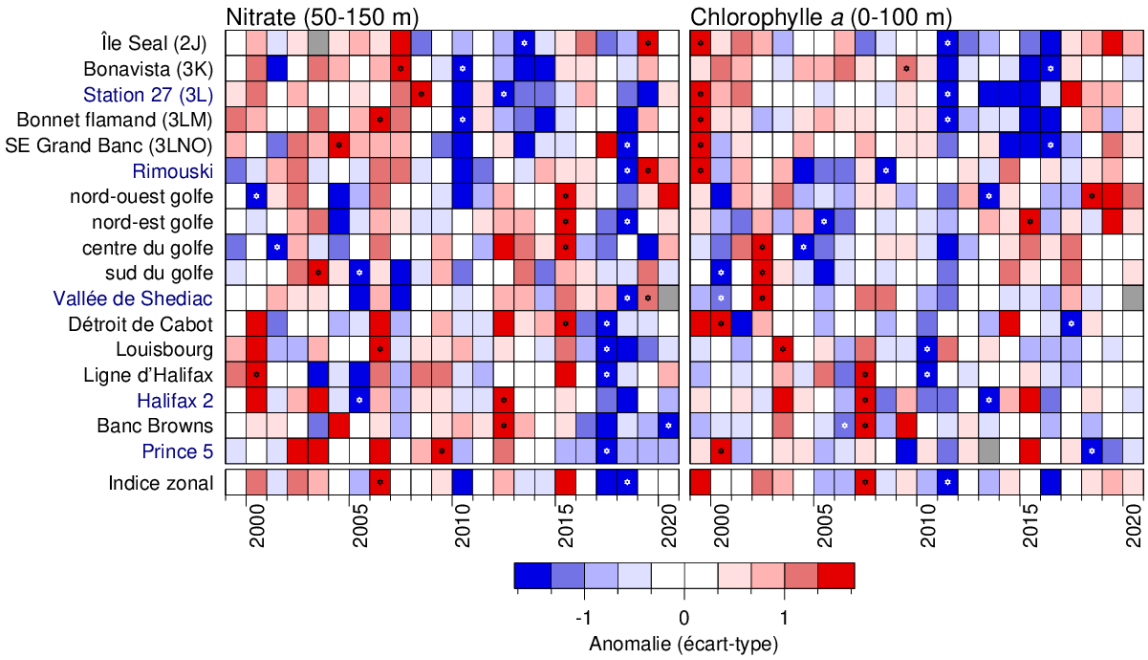


Figure 11. Séries temporelles (de 1999 à 2020) des inventaires de nitrates dans la couche profonde (50–150 m) et de l'abondance du phytoplancton en surface (concentration moyenne de chlorophylle a entre 0 et 100 m) sur les transects (en rouge à la Figure 1) et stations à haute fréquence (en noir à la Figure 1). Une cellule grise indique une donnée manquante. Notez le changement de la palette de couleur : une cellule blanche une valeur entre 0,33 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données de 1999 à 2020. 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. L'indice zonal est créé comme la moyenne de toutes les anomalies normalisées, puis ce résultat est ensuite normalisé à nouveau.

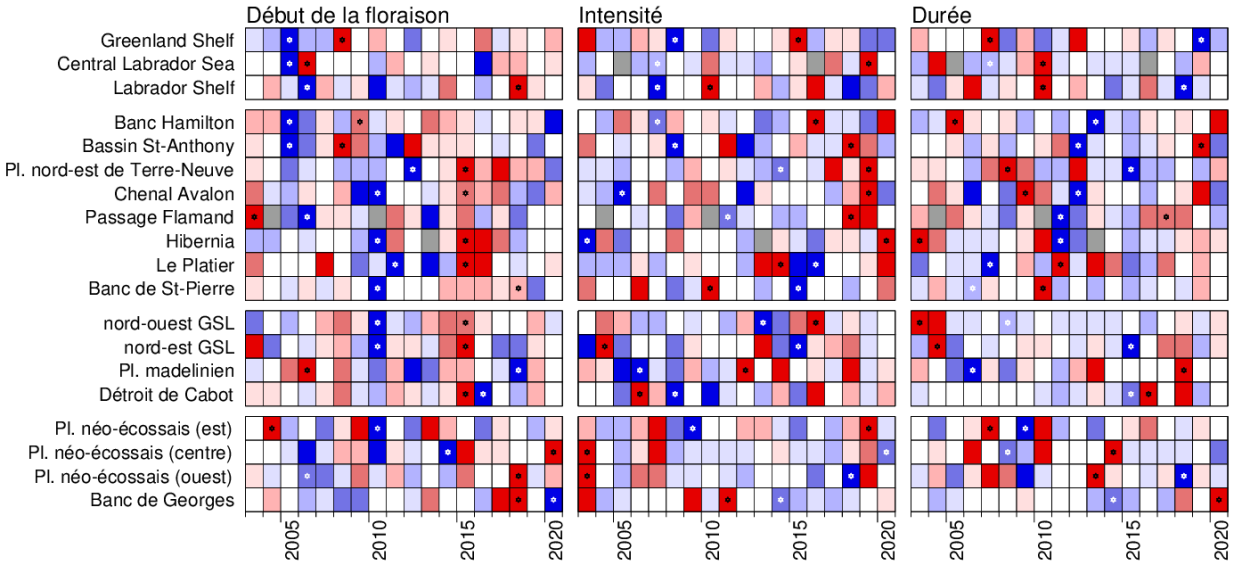


Figure 12. Séries temporelles (de 1998 à 2020) d'anomalies de paramètres de la floraison phytoplanctonique (début, intensité et durée). Données de MODIS. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles. Voir la Figure 2 pour les définitions des régions. La palette est telle qu'à la Figure 11.

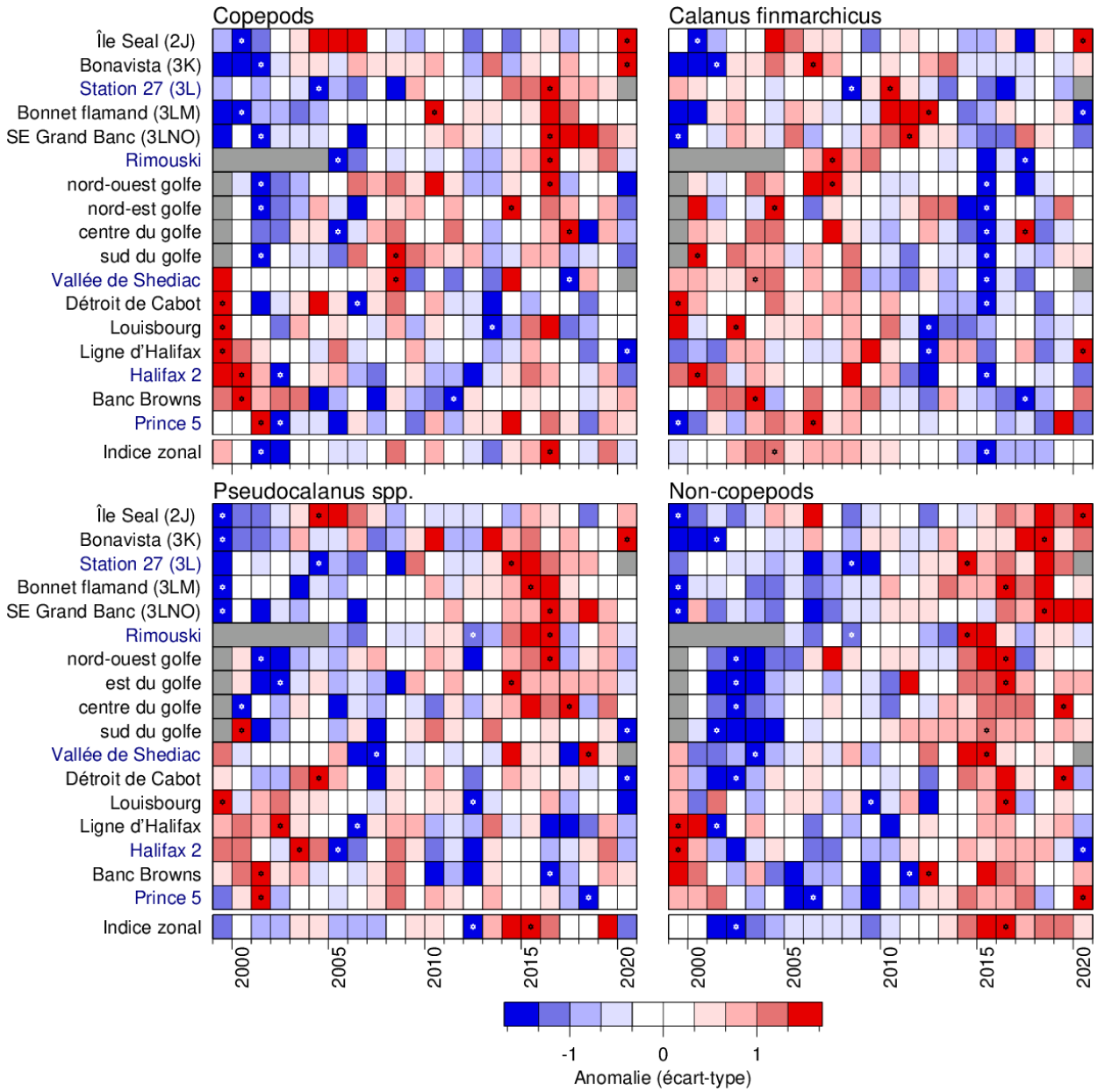


Figure 13. Séries temporelles (de 1999 à 2020) des copépodes, Calanus finmarchicus, Pseudocalanus spp. et des zooplanctons autres que les copépodes. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,33 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données de 1999 à 2020. 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.

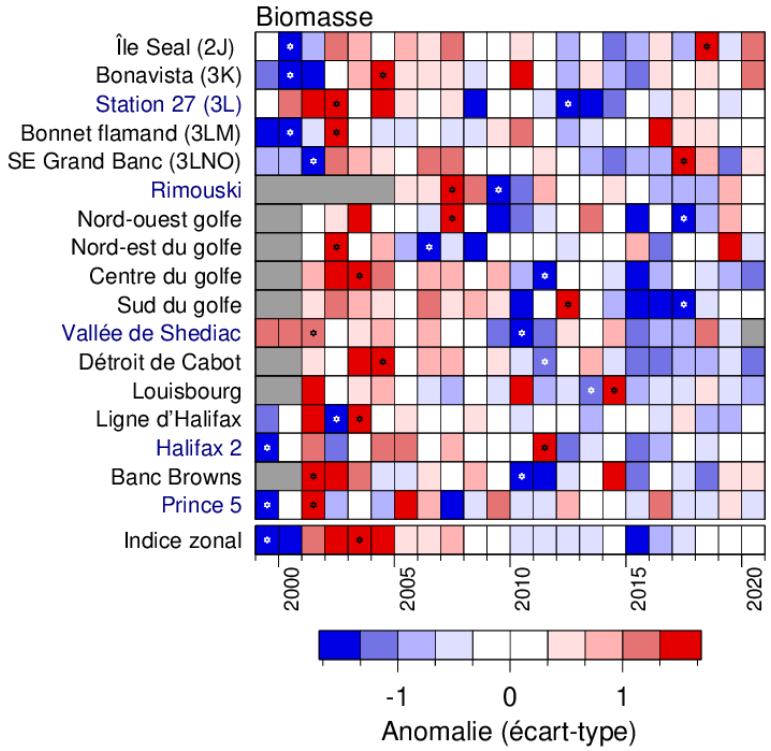


Figure 14. Séries temporelles de la biomasse du zooplancton (poids sec), 1999 à 2020. La biomasse est mesurée sur la fraction des tailles de 0,2 à 10 mm et est habituellement dominée par les copépodes. Une cellule grise indique des données manquantes, une cellule blanche une valeur entre 0,33 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données de 1999 à 2020 ; 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.

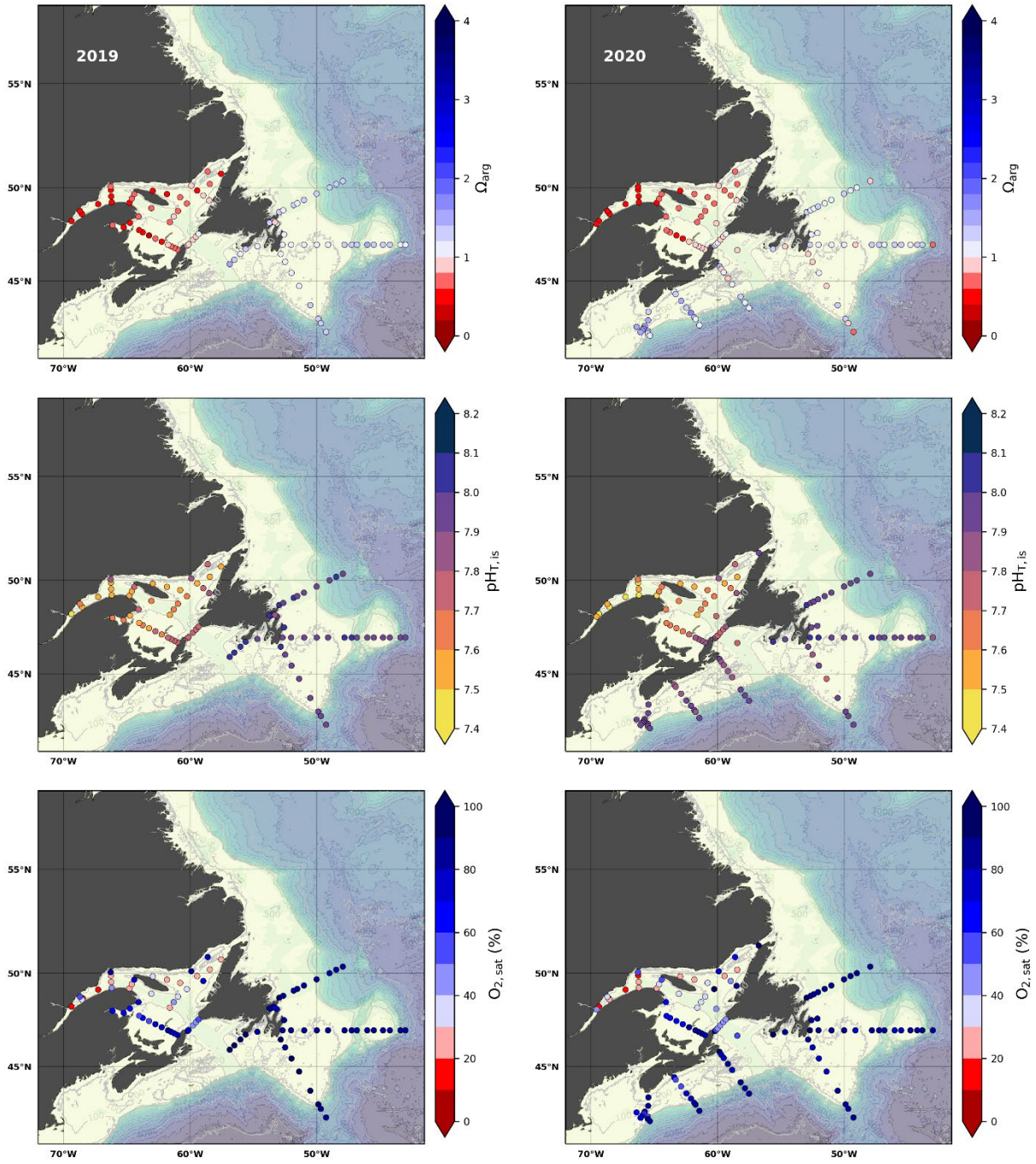


Figure 15. Conditions d'acidification près du fond de l'océan à l'automne 2019 (gauche) et 2020 (droite) pour le golfe du Saint-Laurent, le plateau néo-écossais et le plateau de Terre-Neuve : état de saturation en aragonite (haut), pH in situ à l'échelle totale (au centre) et saturation en oxygène dissous (bas). Les conditions sous-saturées relatives à l'aragonite ainsi que les teneurs en oxygène hypoxique sont tracées

en couleurs rouges.

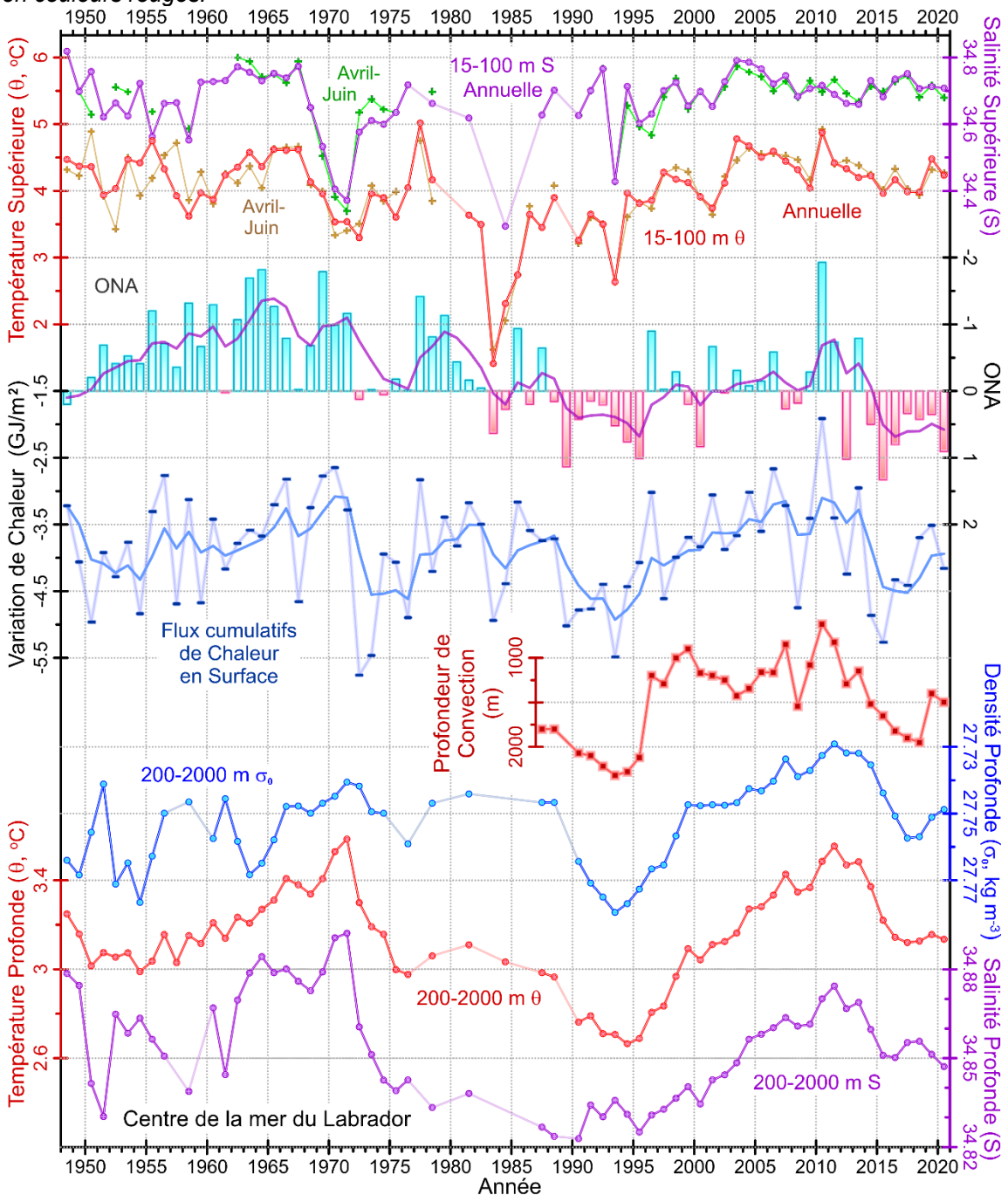


Figure 16. Principaux indices climatiques pour la mer centrale du Labrador depuis 1948. Moyenne annuelle et printanière de la salinité (S) et de la température (θ) moyenne sur la plage de profondeur de 15 à 100 m; L'indice de l'ONA hivernale normalisé (graphique à barres, échelle verticale inversée); Le flux de chaleur de surface cumulatif basé sur une nouvelle analyse du NCEP calculée pour le centre de la mer du Labrador au cours de saisons de refroidissement annuelles définies individuellement (bleu); Les lignes pleines recouvrant les graphiques ONA et de flux thermique indiquent des séries filtrées à cinq points arrière; densité moyenne annuelle de l'eau de mer (σ_0), θ et S moyennes sur la plage de profondeur de 200 à 2000 m dans le centre de la mer du Labrador.

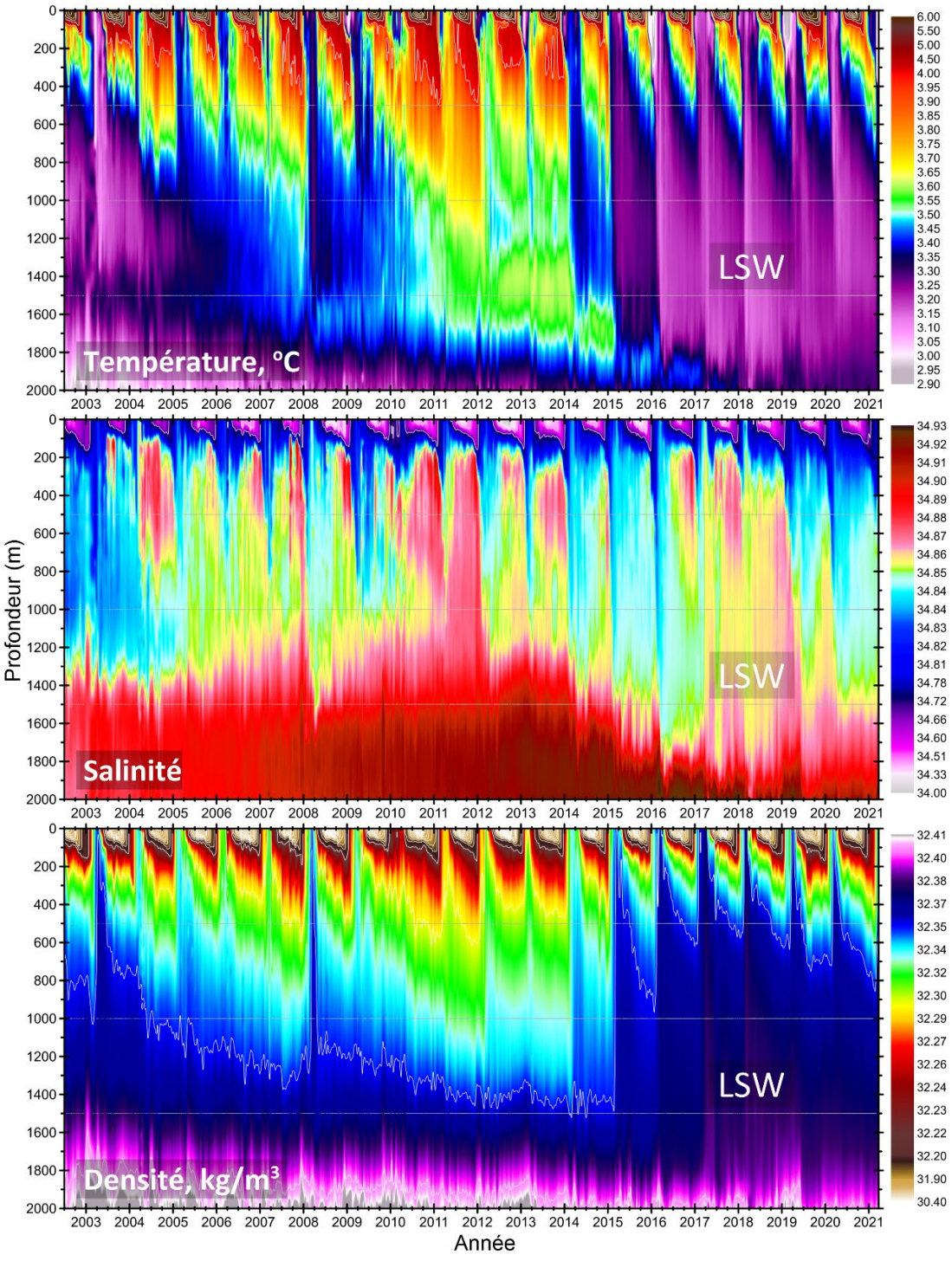


Figure 17. La température moyenne annuelle (panneau supérieur), la salinité (panneau central) et la densité (relative à 1000 dbar, panneau inférieur) dans la région centrale de la mer du Labrador entre 200 et 3500 m à partir des observations Argo et à bord de navire et calculées en moyenne dans des intervalles de temps de 10 jours espacés de 5 jours sur la période 2002-2020. LSW indique l'eau de mer du Labrador.

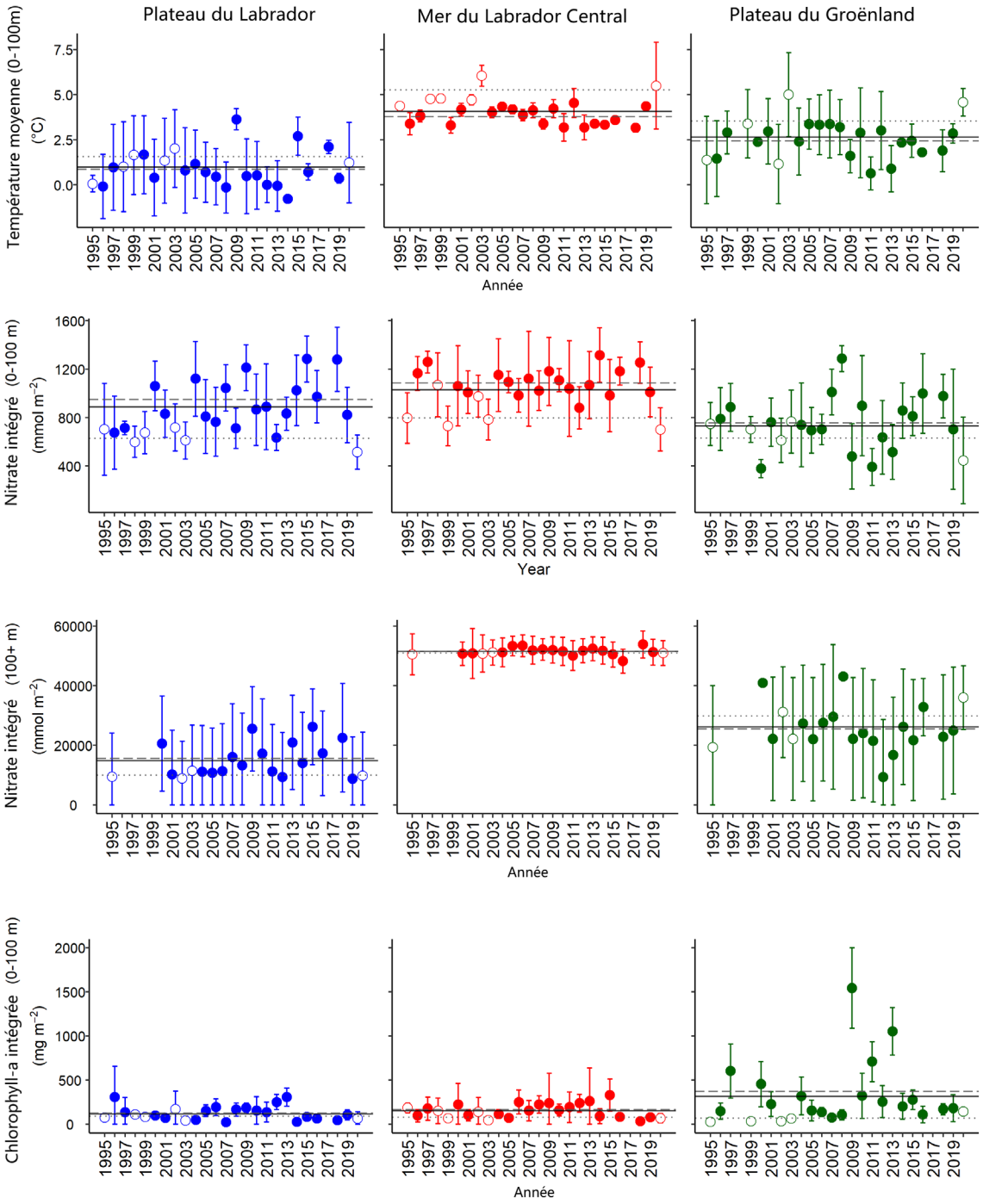


Figure 18. Mer du Labrador: moyennes de 0 à 100 m d'observations à partir des données des stations océanographiques. Les panneaux de haut en bas montrent la température moyenne de 0 à 100 m (°C), le nitrate intégré pour les 100 m supérieurs, le nitrate intégré sous 100 (mmol m^{-2}) et la chlorophylle a intégrée de 0 à 100 m (mg m^{-2}). De gauche à droite, les panneaux sont divisés en 3 régions avec le plateau du Labrador en bleu, le centre de la mer du Labrador en rouge et le plateau du Groenland en vert. Les symboles ouverts correspondent aux relevés tardifs (après le 19 juin). La période de référence va de 1999 à 2020 et la ligne pleine représente la moyenne de toutes les années, la ligne en trait discontinu correspond à la moyenne estivale et la ligne en pointillé correspond à la période du printemps.

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
ISBN 978-0-660-39503-6 N° cat. Fs70-6/2021-026F-PDF
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2021

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2021. Conditions océanographiques dans la zone atlantique en 2020. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2021/026.

Also available in English:

DFO. 2021. Oceanographic Conditions in the Atlantic Zone in 2020. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2021/026.