



Pêches et Océans  
Canada

Fisheries and Oceans  
Canada

Sciences des écosystèmes  
et des océans

Ecosystems and  
Oceans Science

## **Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)**

---

**Document de recherche 2021/045**

**Région du Québec**

### **Conditions océanographiques physiques dans le golfe du Saint-Laurent en 2020**

P.S. Galbraith<sup>1</sup>, J. Chassé<sup>2</sup>, J.-L. Shaw<sup>1</sup>, J. Dumas<sup>1</sup>, C. Caverhill<sup>3</sup>, D. Lefaiivre<sup>1</sup>, C. Lafleur<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pêches et Océans Canada, Région du Québec,  
Institut Maurice-Lamontagne,  
850, route de la mer, C.P. 1000  
Mont-Joli, Québec, G5H 3Z4

<sup>2</sup>Pêches et Océans Canada, Région du Golfe,  
Centre des Pêches du Golfe,  
C.P. 5030, Moncton, Nouveau-Brunswick, E1C 9B6

<sup>3</sup>Pêches et Océans Canada, Région des Maritimes,  
Institut océanographique de Bedford,  
P.O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia, B2Y 4A2

---

## Avant-propos

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

### Publié par :

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

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/>  
[csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](mailto:csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2021  
ISSN 2292-4272

### La présente publication doit être citée comme suit :

Galbraith, P.S., Chassé, J., Shaw, J.-L., Dumas, J., Caverhill, C., Lefavre, D. et Lafleur, C.  
2021. Conditions océanographiques physiques dans le golfe du Saint-Laurent en 2020.  
Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/045. iv + 84 p.

### *Also available in English :*

*Galbraith, P.S., Chassé, J., Shaw, J.-L., Dumas, J., Caverhill, C., Lefavre, D. and Lafleur, C.  
2021. Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence during 2020. DFO  
Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2021/045. iv + 81 p.*

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ .....	IV
INTRODUCTION .....	1
CHANGEMENT DE PÉRIODE DE RÉFÉRENCE CLIMATOLOGIQUE .....	2
TEMPÉRATURE DE L'AIR .....	2
PRÉCIPITATIONS ET RUISSELLEMENT .....	3
TEMPÉRATURE ET SALINITÉ DE LA COUCHE DE SURFACE.....	4
THERMOSALINOGRAPHE SUR UN NAVIRE.....	4
RÉSEAU DE THERMOGRAPHES CÔTIERS.....	5
COMPOSITES DE DONNÉES SATELLITAIRES AVHRR.....	6
TEMPÉRATURE DE LA SURFACE DE LA MER EN 2020 .....	6
GLACE DE MER.....	8
MASSES D'EAU HIVERNALES.....	9
COUCHE INTERMÉDIAIRE FROIDE .....	10
PRÉVISION TIRÉE DU RELEVÉ DE MARS 2020 .....	10
CIF EN AOÛT-SEPTEMBRE .....	11
CONDITIONS DE LA CIF EN NOVEMBRE DANS L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT .....	12
INDICE SAISONNIER MOYEN DE LA CIF .....	12
SOMMAIRE DES CONDITIONS DE LA CIF .....	12
TEMPÉRATURES DE L'EAU AU FOND SUR LE PLATEAU MADELINIEN .....	12
EAUX PROFONDES (> 150 M) .....	14
TEMPÉRATURES DE L'EAU SUR LE FOND EN EAUX PROFONDES .....	14
MAXIMUM PROFOND DE TEMPÉRATURE .....	14
MOYENNES MENSUELLES DE LA TEMPÉRATURE ET DE LA SALINITÉ.....	15
STRUCTURE DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE SAISONNIÈRE ET RÉGIONALE .....	15
COURANTS ET TRANSPORTS .....	16
STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE À HAUTE FRÉQUENCE DU PMZA.....	17
RÉSUMÉ .....	18
CONCLUSIONS PRINCIPALES .....	19
APERÇU POUR 2021.....	20
REMERCIEMENTS .....	20
RÉFÉRENCES .....	21
FIGURES.....	25

---

## RÉSUMÉ

Le présent document donne un aperçu des conditions d'océanographie physique qui ont prévalu dans le golfe du Saint-Laurent en 2020 et est un produit du Programme de monitoring de la zone atlantique (PMZA). Les données du PMZA ainsi que de programmes de monitoring régionaux sont analysées et présentées en relation avec des moyennes à long terme qui ont changé de 1981-2010 à 1991-2020 dans cette édition du rapport. Les débits du fleuve Saint-Laurent et de l'indice RIVSUM II étaient au-dessus de la normale. Le volume de glace saisonnier maximal était sous la normale, mais le volume de la couche mélangée hivernale était près de la normale. La couche intermédiaire froide (CIF) du mois d'août était plus chaude que la normale, mais l'indice saisonnier de la température minimum était près de la normale. Les températures de l'eau à la surface ont atteint un record chaud en juillet; le mélange et les remontées d'eaux froides à la tête du chenal Laurentien gardent l'estuaire habituellement frais, mais des vents du nord-est semblent avoir causé une circulation qui a recouvert la région d'eaux plus chaudes. La moyenne de mai à novembre pour tout le golfe a été près de la normale, mais le mois le plus chaud du cycle annuel, en août, était au-dessus de la normale (+ 0,7 °C; + 0,9 ÉT). Les températures de surface dans l'estuaire et le nord-ouest du golfe ont par la suite atteint un record de froid pour la période en septembre, causées par un fort mélange vertical induit par le vent. Ce mélange a aussi réchauffé les eaux du fond sur le plateau madelinien, si bien que la superficie du fond recouvert par des eaux de températures <1 °C en septembre a presque atteint un niveau record faible. Les températures des eaux profondes du golfe sont en augmentation depuis 2009 avec le transport depuis le détroit de Cabot. Globalement, la température moyenne à 150 m de profondeur est moins élevée que le maximum atteint en 2015, mais au-dessus de la normale à 3,7 °C (+ 1,6 ÉT). De nouveaux records (depuis 1915) ont été atteints à 200, 250 et 300 m de 5,7°C (+ 1,2 °C; + 1,9 ÉT), 6,6 °C (+ 1,1 °C; + 2,5 ÉT) et de 6,8°C (+ 1,1 °C; + 2,7 ÉT). La superficie du fond marin recouvert par des températures plus grandes que 6 °C a atteint un niveau record dans le nord-ouest, le nord-est, le centre et le détroit de Cabot, et des habitats de 7–8 °C sont apparus pour la première fois dans le nord-est du golfe.

---

## INTRODUCTION

Le présent document est consacré à l'examen des conditions océanographiques physiques et du forçage atmosphérique dans le golfe du Saint-Laurent en 2020 (Fig. 1). Il complète ainsi les examens semblables des conditions environnementales sur le plateau continental de Terre-Neuve et du Labrador, du plateau néo-écossais et du golfe du Maine réalisés par Pêches et Océans Canada (MPO) dans le cadre du Programme de monitoring de la zone Atlantique (PMZA; voir les renseignements de base sur le programme dans Therriault *et al.* 1998 et des exemples d'examens antérieurs effectués dans d'autres régions du PMZA dans Cyr *et al.* 2021 et dans Hebert *et al.* 2020) en support d'un rapport zonal sur l'état de l'océan contribué sous la forme d'un Avis Scientifique (MPO 2020). Le dernier rapport détaillé sur les conditions océanographiques physiques dans le golfe du Saint-Laurent porte sur l'année 2019 (Galbraith *et al.* 2020).

Certaines des variables présentées sont moyennées spatialement pour différentes régions du golfe (Fig. 2) en ce nous appellerons des moyennes régionales. Celles-ci ont été élaborées pour l'Approche Écosystémique de la gestion des pêches et diffèrent de celles précédemment utilisées. Les données utilisées pour préparer ce rapport proviennent du PMZA, d'autres relevés du MPO et d'autres sources. Les variables environnementales sont généralement exprimées en tant qu'anomalies, c.-à-d. d'écart par rapport à leur moyenne à long terme. La moyenne à long terme, ou condition normale, est calculée pour la période de référence standard 1991–2020 autant que possible. Ceci marque un autre changement dans cette édition du rapport alors que la période de 1981–2010 était utilisée. De plus, ces séries utilisant des unités différentes ( $^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{m}^3$ ,  $\text{m}^2$ , etc.), chaque série chronologique d'anomalies est normalisée en la divisant par son écart-type (ÉT), également calculé pour la même période de référence. Cela permet d'établir des comparaisons plus directes entre les différentes séries. Les données manquantes sont représentées par des cellules grises dans les tableaux, les valeurs comprises entre  $\pm 0,5$  ÉT par des cellules blanches et les conditions correspondant à des chaleurs supérieures de plus de  $0,5$  ÉT à la normale (températures plus élevées, volumes de glace réduits, volumes ou superficies d'eaux froides réduits) par des cellules rouges, le rouge devenant plus intense pour indiquer des conditions de plus en plus chaudes. De même, le bleu représente des conditions plus froides que la normale. Un apport d'eau douce plus important que la normale apparaît en rouge, mais ne correspond pas nécessairement à des conditions plus chaudes que la normale.

Dans le golfe du Saint-Laurent, la colonne d'eau se compose de trois couches distinctes en été : la couche de surface, la couche intermédiaire froide (CIF) et la couche profonde (Fig. 3). C'est généralement entre le début et la mi-août que les températures à la surface atteignent leurs valeurs maximales (Galbraith *et al.* 2012). Elles refroidissent peu à peu ensuite et le mélange causé par le vent pendant l'automne produit progressivement une couche de mélange plus profonde et plus froide, qui finit par englober la CIF. Pendant l'hiver, la couche de surface s'épaissit en partie en raison des pertes de flottabilité (refroidissement et diminution du ruissellement) et du rejet de saumure associé à la formation de glace de mer, mais surtout en raison du mélange induit par le vent avant la formation de glace (Galbraith 2006). La couche hivernale de surface atteint une profondeur moyenne de 75 m. Elle peut cependant dépasser 150 m à certains endroits comme dans la cuvette de Mécatina où les eaux froides ( $-1,8$  à  $0$   $^{\circ}\text{C}$ ), en provenance du plateau du Labrador et entrant par le détroit de Belle Isle, peuvent s'étendre de la surface jusqu'au fond à des profondeurs au-delà de 200 m (Galbraith 2006). Au printemps, le réchauffement de la surface, les eaux de la fonte de la glace de mer et le ruissellement continental produisent une couche de surface de salinité plus basse et de température plus élevée. Sous cette couche de surface, les eaux froides de l'hiver précédent sont partiellement isolées de l'atmosphère et forment la CIF estivale. Cette couche persistera

---

jusqu'à l'hiver suivant, se réchauffant et devenant plus profonde graduellement pendant l'été (Gilbert et Pettigrew 1997; Cyr *et al.* 2011) et plus rapidement en automne avec l'intensification du mélange vertical.

Ce rapport examine la température de l'air et le ruissellement, deux forçages importants de la couche de surface qui est discutée ensuite. La glace de mer hivernale et les conditions océanographiques en hiver sont également décrites, puisqu'elles contribuent à la formation de la CIF estivale, qui est présentée ensuite. La CIF estivale détermine les températures sur le fond du Plateau madelinien. Les eaux plus profondes, essentiellement isolées des échanges avec la surface, sont présentées en dernier, de même qu'un résumé des principaux relevés océanographiques, des résultats sur les courants et transports issus de la modélisation, ainsi que des détails sur les observations aux stations d'échantillonnage à haute fréquence.

## CHANGEMENT DE PÉRIODE DE RÉFÉRENCE CLIMATOLOGIQUE

Le rapport de cette année voit la période climatologique changer de 1981–2010 à 1991–2020, un décalage de 10 ans. Ce changement suit 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 global. Dans le golfe du Saint-Laurent, les effets de ce changement sont importants sur la température de surface de la mer puisque la période froide 1981–1990 est supprimée et la période chaude 2011–2020 est ajoutée. Les anomalies très élevées précédemment signalées pour 2011 seront réduites dans ce rapport. De même, les températures de fond 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 l'écart-type, ce qui affecte également les anomalies normalisées. Un bon exemple est la température moyenne du golfe à 300 m, qui était assez stable (faible écart-type) pendant la période de référence précédente 1981–2010 (voir Fig. 48 plus loin), et a depuis émergé de la variabilité connue dans le passé. Cela signifie que le record de 2019 de 6,5 °C rapporté l'année dernière avait une anomalie de température de + 1,0 °C mais une très grande anomalie normalisée de + 6,5 ÉT par rapport à la climatologie 1981–2010. L'inclusion de la récente décennie chaude dans la climatologie n'a réduit que légèrement l'anomalie de température à 0,9 °C, mais a fortement réduit l'anomalie normalisée à + 2,1 ÉT (Fig. 64).

Si l'environnement est souvent décrit en termes d'anomalies par rapport à la période climatologique dans ce rapport, il reste important d'examiner les tendances à long terme. Par conséquent, des descriptions en terme de rang et de record de série sont également utilisées pour broser un tableau plus large.

## TEMPÉRATURE DE L'AIR

Les données sur la température de l'air sont la deuxième génération des données homogénéisées sur la température de l'air à la surface, tirées des Données climatiques canadiennes ajustées et homogénéisées, qui tient compte des différences dues au changement d'emplacement des stations, des modifications des pratiques d'observation et de l'automatisation (Vincent *et al.* 2012). Les anomalies de la température mensuelle de l'air sont illustrées sur la Fig. 4 pour plusieurs stations autour du golfe pour 2019 et 2020, ainsi que la moyenne des anomalies de toutes les stations.

---

La Fig. 5 représente les anomalies annuelle, hivernale (décembre à mars) et d'avril à novembre, de la température moyenne de l'air de toutes les stations disponibles qui sont illustrées sur la Fig. 4, depuis 1873. Des records de températures élevées annuelles et hivernales ont été atteints en 2010 ainsi qu'en 2012 pour la période d'avril à novembre. Galbraith *et al.* (2012) ont estimé que la température moyenne de l'air d'avril à novembre dans le golfe tirée des Archives nationales d'information et de données climatologiques (ANIDC) d'Environnement Canada est un bon indicateur indirect de la température de la surface de la mer de mai à novembre dans le golfe (excluant l'estuaire) et ont dégagé pour celle-ci une tendance au réchauffement de 0,9 °C par siècle entre 1873 et 2011 ; une tendance similaire de 1,1 °C par siècle est observée ici pour les stations autour du golfe dans les Données climatiques canadiennes ajustées et homogénéisées entre 1873 et 2020 (Fig. 5). Il existe une forte corrélation ( $R^2=0,67$ ) entre les températures de l'air ANIDC moyennes de décembre à mars, les propriétés de la glace de mer et les volumes de la couche de mélange hivernale (Galbraith *et al.* 2010). Galbraith *et al.* (2013) ont trouvé des corrélations légèrement plus fortes ( $R^2=0,72$ ) avec la glace de mer en utilisant les moyennes des Données climatiques canadiennes ajustées et homogénéisées de décembre à février, possiblement parce que la température en mars n'est plus pertinente lorsque la couverture de glace de mer est réduite, puisque cette réduction s'est produite beaucoup plus tôt, en février.

Il n'y a eu aucun record mensuel de température aux stations météorologiques autour du golfe en 2020. Les moyennes mensuelles de température de l'air sur l'ensemble des stations étaient près des normales en hiver, au printemps et en été mais le mois de décembre a été le plus chaud depuis 2010 (+ 3,7 °C; + 1,7 ÉT), ce qui a poussé la saison d'automne largement au-dessus de la normale. En moyenne sur toutes les stations, la température de l'air entre décembre et mars (+ 0,4 °C; + 0,3 ÉT) et la moyenne d'avril à novembre (+ 0,1 °C; + 0,2 ÉT) étaient près des normales, mais l'anomalie de décembre a poussé la moyenne annuelle au-dessus de la normale (+ 0,5 °C; + 0,6 ÉT) et 8<sup>e</sup> plus chaude de la série.

## PRÉCIPITATIONS ET RUISSELLEMENT

La reproduction des débits du fleuve Saint-Laurent a été faite en utilisant le modèle et les méthodes décrites dans Lefaivre *et al.* (2016). Les observations de niveaux d'eau à la station de Saint-Joseph-de-la-Rive ont été utilisées à la frontière aval du modèle. Les débits à la frontière amont du modèle ont été calculés avec les relations niveau-débit aux exutoires des lacs des Deux-Montagnes et Saint-Louis. De plus, une correction a été apportée au débit de manière à ce que le modèle minimise l'écart avec l'observation de niveau d'eau à la station de Varennes. Cette station est directement sous l'influence de la sortie des deux lacs et permet de valider le débit amont du fleuve Saint-Laurent. Le modèle calcule le débit à la section de Québec à 3 minutes d'intervalle. Cette série est filtrée pour enlever le signal de marée et est échantillonnée à midi heure locale (HNE) tous les jours (Fig. 6). Pour la combiner avec les débits de rivière en aval pour recréer le débit qui alimente l'estuaire, le débit à Québec est retardé de 21 jours pour approximer le temps requis pour atteindre l'estuaire à la hauteur du Saguenay (Senneville et Lefaivre 2010, manuscrit non publié), et de nouvelles moyennes mensuelles sont calculées (Fig. 7, courbe du bas).

Un modèle de bassin versant hydrologique a été utilisé pour estimer le ruissellement mensuel depuis 1948 pour toutes les autres grandes rivières qui se jettent dans le golfe du Saint-Laurent, dont les embouchures sont indiquées sur la Fig. 8. Les données sur les précipitations (réanalyse NCEP, intervalles de six heures) utilisées comme intrants au modèle ont été obtenues du *Climate Diagnostics Center* de la NOAA-CIRES (Boulder, Colorado, États-Unis; Kalnay *et al.* 1996). Elles ont été interpolées sur une grille d'une résolution de ¼° et le cheminement de l'eau jusqu'à l'embouchure de chaque fleuve a été déterminé à l'aide d'un

---

algorithme simple décrit ici. Lorsque les températures de l'air étaient inférieures au point de congélation, l'eau s'accumulait sous forme de neige dans le bassin hydrologique, avant de fondre au fur et à mesure du réchauffement des températures. La régulation de l'eau est modélisée pour trois rivières qui se jettent dans l'estuaire (Saguenay, Manicouagan, Outardes) et dont le ruissellement annuel est redistribué selon la climatologie des ruissellements régulés réels pendant les 12 mois suivants. Les ruissellements ont été additionnés pour chaque région représentée et la climatologie a été établie pour la période 1991–2020. Les eaux qui se jettent dans l'estuaire (Fig. 8) ont été ajoutées au ruissellement retardé du Saint-Laurent mesuré à Québec (ci-haut) pour produire l'indice RIVSUM II (Fig. 7, courbe du haut). En 2020, la crue printanière du RIVSUM II s'est produite tôt et a créé une anomalie positive en avril.

Les anomalies mensuelles des sommes de ruissellements régionaux pour 2019 et 2020 sont illustrées sur la Fig. 9. Le ruissellement des rivières autres que le Saint-Laurent apporte environ  $5\,000\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  dans l'estuaire, l'équivalent de 40 % du Saint-Laurent, et celui des autres affluents situés aux abords du golfe représente un volume additionnel de  $4\,000\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  d'eau douce dans le système. La régulation du débit des rivières a un fort impact sur les contributions relatives des sources. Par exemple, en mai 2015, le ruissellement supérieur à la moyenne dans l'estuaire (résultat des fortes précipitations de 2014 et de la régulation des rivières) était presque aussi important que celui du Saint-Laurent qui, lui, était inférieur à la normale (Galbraith *et al.* 2017). Les séries chronologiques à long terme, additionnées par grands bassins, sont représentées sur la Fig. 10. Le ruissellement moyen annuel du Saint-Laurent, mesuré à Québec, et l'indice RIVSUM II affichent tous les deux une tendance générale à la baisse à partir de la mi-décennie 1970 jusqu'à 2001, une tendance à la hausse entre 2001 et 2009 suivie d'une autre depuis 2012 (Fig. 10). En 2020, le ruissellement annuel était supérieur à la normale à  $14\,100\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  (+ 1,2 ÉT) pour le fleuve Saint-Laurent et à  $19\,000\text{ m}^3\text{ s}^{-1}$  (+ 0,9 ÉT) pour l'indice RIVSUM II.

## TEMPÉRATURE ET SALINITÉ DE LA COUCHE DE SURFACE

Le cycle de mai à novembre des moyennes hebdomadaires de la température de la surface de la mer dans le golfe du Saint-Laurent est illustré sur la Fig. 11 en utilisant des sources de données décrites plus bas. Galbraith *et al.* (2012) ont montré que les cycles annuels des climatologies de la température de l'air moyennée sur le golfe ainsi que de la SST se correspondent fort bien, la SST affichant un retard d'un demi-mois par rapport à la température de l'air. Ceci s'avère toujours vrai avec une mise à jour des climatologies à 1991–2020 sur la Fig. 11. C'est en moyenne durant la première et seconde semaine du mois d'août que les températures maximales de la surface de la mer sont atteintes, mais la date peut varier de quelques semaines d'une année à l'autre. La température maximale en surface est en moyenne de  $16,1\text{ °C}$  dans le golfe durant la première et seconde semaine du mois d'août (1991-2020), mais il existe des différences spatiales : les températures sur le plateau madelinien, avec une moyenne de  $18,8\text{ °C}$ , sont les plus chaudes du golfe, tandis que les plus froides se rencontrent à la tête de l'estuaire du Saint-Laurent ( $7,0\text{ °C}$ ) et dans les zones de remontée d'eau le long de la Basse-Côte-Nord. Les observations annuelles seront examinées plus bas.

## THERMOSALINOGRAPHE SUR UN NAVIRE

Les conditions de la couche de surface du golfe sont mesurées selon plusieurs méthodes complémentaires. La première est le réseau de thermosalinographes (Galbraith *et al.* 2002), composé de capteurs de température-salinité (SBE-21; Sea-Bird Electronics Inc., Bellevue, WA) installés à bord de différents navires, d'abord sur le navire commercial *Cicero*, d'Oceanex Inc., en 1999 (retiré en 2006), puis sur le *Cabot* de 2006 à l'automne 2013. Le *Connaigra* d'Oceanex a été équipé d'un thermosalinographe au début de 2015. La Fig. 12 montre un cycle annuel

---

moyen de la température de l'eau à une profondeur de 8 m le long du corridor de navigation entre Montréal et St. John's, d'après les données des thermosalinographes recueillies de 2000 à 2020. La moyenne des données a été calculée pour chaque jour de l'année à des intervalles de 0,1 degré de longitude afin de créer un composite climatologique le long du corridor. La caractéristique la plus frappante est la zone située à la tête du chenal Laurentien (longitude 69,5 O), où un puissant mélange vertical conduit à des températures froides de surface de l'eau en été (environ 5 à 6 °C, parfois moins) et des températures hivernales toujours bien au-dessus du point de congélation (voir également la Fig. 11). Le cycle climatologique montre la progression vers les conditions hivernales, atteignant d'abord des températures près du point de congélation dans l'estuaire et progressant ensuite vers l'est pour atteindre généralement le détroit de Cabot à la fin de l'hiver (mais pas plus loin).

## RÉSEAU DE THERMOGRAPHES CÔTIERS

La seconde source de données est le programme de thermographes côtiers de l'Institut Maurice-Lamontagne (Pettigrew *et al.* 2016, 2017), qui consiste de stations instrumentées qui enregistre la température de l'eau à des intervalles variant de 5 à 30 minutes (Fig. 13). La plupart des instruments sont installés sur des bouées de la garde côtière canadienne déployées en saison libre de glace, mais quelques stations sont instrumentées à l'année. Les données sont habituellement seulement disponibles en fin de saison sauf pour les bouées océanographiques qui transmettent en temps réel. Les données de quelques stations n'étaient pas encore disponibles en date d'écriture de ce rapport et manque au contenu présenté.

Les observations du réseau de thermographes sont examinées en anomalies relatives aux températures et salinités journalières moyennes, calculées à partir de toutes les années de données disponibles pour chaque jour de l'année, à chaque station et chaque profondeur (Fig. 14 à Fig. 17). Le cycle saisonnier des températures de surface est mesuré par les instruments mouillés en eaux peu profondes alors que le réchauffement de la couche intermédiaire froide du printemps à l'automne est mesuré avec les instruments mouillés entre 30 et 120 m de profondeur. Les moyennes mensuelles sont aussi montrées avec l'intensité des anomalies exprimées en code de couleur. Les anomalies mensuelles en eaux peu profondes sont plutôt uniformes parmi les stations de chacune des régions.

La station « Seuil Saguenay 1 » est située tout juste à l'intérieur du premier seuil qui connecte le fjord du Saguenay à l'estuaire du Saint-Laurent. La salinité de l'eau (et par conséquent sa masse volumique) est déterminante du type de circulation qui renouvelle les eaux des bassins du fjord. Ces séries temporelles étendent celles initialement présentées dans Belzile *et al.* (2016) et Galbraith *et al.* (2018). Un second mouillage « Seuil Saguenay 3 » a été déployé tout juste à l'intérieur du bassin interne (le plus profond) du Saguenay. Les baisses rapides de température en décembre, janvier et février (Fig. 14), ainsi que les augmentations rapides de salinité en décembre et février (Fig. 17) correspondent à des événements de renouvellement des eaux profondes du bassin.

La station de l'Île Shag (10 m) montre les températures sur le fond à proximité des Îles-de-la-Madeleine qui sont importantes pour la pêche au homard. Les températures en avril et en mai étaient respectivement près de la normale et sous la normale (Fig. 16). Le panneau décrivant les températures à l'île Shag inclus une ligne rouge qui couvre l'étendue des dates historiques de quand la température au printemps a augmenté au-delà de 1,5 °C, une température associée à la mobilité accrue du homard, ainsi que la date moyenne (27 avril) plus et moins 0,5 ÉT (4 jours). En 2020, ce passage s'est produit le 25 avril, soit à une date près de la normale. Cela peut prendre jusqu'à 2 semaines de plus pour que les eaux à 30 m se réchauffent autant qu'à 10 m.

---

## COMPOSITES DE DONNÉES SATELLITAIRES AVHRR

La troisième source de données est des composites de la température de la surface de la mer (SST), produite à l'aide des données par satellite de détection à radiomètre avancé à très haute résolution (AVHRR) provenant de Pathfinder version 5.3 (résolution de 4 km couvrant 1982–2020; Casey *et al.* 2010), l'Institut Maurice-Lamontagne (résolution de 1,1 km couvrant 1985–2013) et de l'Institut océanographique de Bedford (IOB, résolution de 1,5 km couvrant 1997–2020). Des composites mensuels sont calculés à partir de la moyenne des anomalies quotidiennes disponibles auxquelles sont additionnés les composites climatologiques moyens. Consultez Galbraith *et al.* (2021) pour une description complète du traitement.

Les températures moyennes mensuelles de la surface de la mer tirées des images AVHRR sont présentées sous la forme de cartes (Fig. 18), de cartes des anomalies de température relatives à la climatologie 1985–2010 (Fig. 19), de moyennes spatiales et anomalies relatives à la climatologie 1991–2020 (Fig. 20 et Fig. 21). Pour convertir les cartes d'anomalies de la Fig. 19 à une climatologie 1991–2020, de nouveaux composites climatologiques devront être construits qui combinent deux produits différents. Comme les régions et la période climatologique sont différentes cette année, les séries temporelles depuis 1982 sont à nouveau incluses (Fig. 22 et Fig. 23).

Les climatologies et séries chronologiques mensuelles de la température de la surface de la mer ont aussi été extraites pour des régions plus précises du golfe. Le plateau madelinien, en excluant le détroit de Northumberland, est divisé en une zone Ouest et une zone Est, comme on le voit sur la Fig. 24. La SST moyenne mensuelle du plateau madelinien dans son ensemble (région 8) est reproduite sur la Fig. 25, de même que les moyennes des zones Ouest et Est. Les climatologies diffèrent d'environ 0,5 à 1 °C entre les régions Ouest et Est.

Les tendances saisonnières de la température de l'air sont examinées en regardant la température moyenne hebdomadaire tirée des données SST AVHRR dans le golfe pour toutes les années entre 1982 et 2020 (Fig. 26), les années étant représentées sur l'axe des abscisses et les semaines de l'année sur celui des ordonnées (voir la description complète dans Galbraith et Larouche 2013). Des isothermes indiquent la première et la dernière occurrence des moyennes de température de 12 °C pendant ces années. Ces températures sont considérées comme représentatives des transitions printanières (et automnales) vers les températures estivales habituelles (et à partir de celles-ci). Bien que les températures choisies soient arbitraires, les résultats qui suivent ne sont pas particulièrement sensibles à la température exacte retenue, car la couche de mélange en surface tend à se réchauffer et à se refroidir de manière linéaire au printemps et à l'automne (par exemple, Fig. 11). Un seuil de 10 °C est aussi utilisé pour le démontrer. La variabilité interannuelle du moment de l'année où le seuil de 12 °C est atteint est corrélée avec la température moyenne de l'air en juin-juillet pour le début de l'été (0,9 semaine plus tôt par augmentation de 1 °C;  $R^2=0,61$ ) et avec la température moyenne de l'air en septembre pour l'automne (0,6 semaine plus tard par augmentation de 1 °C;  $R^2=0,48$ ). Ces températures moyennes de l'air, illustrées sur la Fig. 26, peuvent servir d'indicateurs indirects avant 1982 ainsi que pour des prévisions de changements climatiques. Il s'ensuit que la saison chaude dans le golfe du Saint-Laurent s'est allongée et continuera de s'allonger d'environ deux semaines pour chaque augmentation de 1 °C en température de l'air saisonnière, par exemple liée aux changements climatiques anthropiques.

## TEMPÉRATURE DE LA SURFACE DE LA MER EN 2020

Les données des thermosalinographes indiquent que les températures étaient sous les normales dès la mi-novembre 2019 et étaient par endroit près du point de congélation plus tôt que la normale, soit en mi-décembre 2019 (Fig. 12), conduisant à une prise de glace hâtive

---

dans l'estuaire et le nord-ouest du golfe. Des eaux près du point de congélation étaient également observées jusqu'à Port aux Basques de la mi-février à la fin mars. Les températures étaient supérieures à la moyenne dans l'estuaire dès avril. Les températures étaient généralement inférieures à la moyenne en mai et supérieures à la moyenne de la mi-juin à la fin août, lorsque le navire est entré en cale sèche. Les températures de décembre 2020 étaient supérieures à la moyenne.

Le patron estival de la température de surface de la mer observée par le thermosalinographe est en accord avec les données de télédétection (Fig. 20), la plupart des régions connaissant des températures inférieures à la normale en mai et supérieures à la normale en juillet et août, puis suivies d'une baisse soudaine qui ont laissé la moyenne saisonnière pour le golfe près de la normale (- 0,2 °C; - 0,3 ÉT) malgré un maximum saisonnier en août supérieur à la normale (+ 0,7 °C; + 0,9 ÉT). Ce patron est cohérent avec le réchauffement plus hâtif que la normale des températures estivales de 1,2 semaine (- 1,3 ÉT) et le refroidissement de 1,5 semaine (- 1,5 ÉT) (Fig. 26). Des records mensuels régionaux ont eu lieu, soit le mois de juillet le plus chaud dans l'estuaire et le nord-ouest du golfe et le mois de septembre le plus froid dans les deux mêmes régions.

Dans l'estuaire, le maximum saisonnier a été atteint 2 semaines plus tôt que la normale à la mi-juillet alors que la moyenne hebdomadaire a atteint 15,6 °C, soit une anomalie de + 4.2 °C pour cette semaine-là, et beaucoup plus élevée encore que le maximum climatologique de 11,4 °C normalement atteint à la fin juillet. Cela a été la semaine la plus chaude de l'estuaire de toutes les données satellitaires (1982-2020). Ceci est le mieux illustré par la Fig. 11. En règle générale, les remontées d'eau et le mélange qui se produisent à la tête du chenal Laurentien maintiennent les eaux de surface de l'estuaire froides. Ce processus a été sévèrement limité en juillet 2020 et la moyenne de la température hebdomadaire de l'estuaire a atteint un record, et les eaux étaient aussi chaudes que la moyenne du golfe. Il semble probable que cela soit dû à une configuration de vent inhabituelle au-dessus de l'estuaire. Un plongeur professionnel a constaté que la température de l'eau au large de Baie Comeau était aussi élevée que 9 °C à 30 m, une profondeur généralement associée à la couche intermédiaire froide<sup>1</sup>. Les vents étaient inhabituellement de l'est, persistants et forts pendant la période, donc favorables à la plongée des eaux ('downwelling' en anglais) le long de la rive nord de l'estuaire et entraînant peut-être des eaux chaudes au-dessus du lieu de la remontée d'eau à la tête du chenal Laurentien. Dès que cette configuration de vent s'est arrêtée, les températures de surface ont diminué.

Le deuxième événement inhabituel en 2020 a été le refroidissement au début de l'automne qui a commencé à la fin d'août, qui a donné des températures froides record en septembre et un refroidissement plus tôt que la normale à l'automne. La période a coïncidé avec des vents violents et la température de surface a diminué en dessous de la température de l'air (Fig. 11), puis est restée assez constante jusqu'à ce que la baisse de température de l'air la rattrape au début d'octobre. On en déduit donc que la diminution soudaine a été causée par le mélange de la colonne d'eau et la redistribution de la chaleur plutôt que par la perte de chaleur vers l'atmosphère. Les profileurs de température-salinité des bouées Viking AZMP-ESG (*East Southern Gulf*) et PMZA-VAS (vallée de Shediac) ont enregistré un mélange jusqu'à des profondeurs de 50 à 60 m (non illustré).

---

<sup>1</sup> <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1720796/temperature-elevee-saint-laurent-cote-nord-plongeur-vent-fleuve-golfe>

---

## GLACE DE MER

Le volume de glace est estimé à partir de produits sur le couvert de glace obtenus du Service canadien des glaces (SCG) convertis sur une grille régulière pour analyse. Il s'agit des cartes hebdomadaires, formatées en Système d'information géographique (SIG), couvrant la période 1969–2020 et quotidiennes pour la période 2009–2020, transposées sur une grille à intervalles de latitude de 0,01 ° et de longitude de 0,015 ° (résolution de 1 km environ). Les épaisseurs de glace (et donc le volume) sont estimées à partir des stades de formation de glace partant de nouvelle glace (5 cm), nilas (5 cm), glace grise (12,5 cm), glace blanchâtre (22,5 cm), glace mince de première année (50 cm), glace moyenne de première année (95 cm) et glace épaisse de première année (160 cm). Avant 1983, le SCG rapportant les conditions de glace utilisant moins de catégories et une seule pour la glace de première année, ayant une épaisseur suggérée de 65 cm. Cette valeur sous-estime les maximums saisonniers en épaisseur et volume de glaces, basé sur de fortes corrélations interannuelles entre le volume et la superficie du couvert des maximums saisonniers dans les données hebdomadaires. La comparaison pré- et post-1983 nous donnent une estimation de 85 cm dans le golfe du Saint-Laurent et de 95 cm sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador. Pour éviter une discontinuité spatiale et préférant légèrement sous-estimer le volume dans le nord-est du golfe plutôt que de la surestimer partout ailleurs, nous avons choisi d'utiliser 85 cm.

Plusieurs produits ont été calculés pour décrire la variabilité interannuelle du couvert de glace : des cartes indiquant la date de première et de dernière occurrence ainsi que la durée du couvert (Fig. 27) et des valeurs régionales extrêmes (Fig. 28); la répartition de l'épaisseur de la glace pendant la semaine où le volume était maximal (Fig. 29, panneaux supérieurs) et l'épaisseur maximale atteinte pendant la saison (Fig. 29, panneaux inférieurs); l'évolution quotidienne du volume de glace de mer estimé par rapport à la climatologie et aux extrêmes historiques (Fig. 30); les estimées des volumes saisonniers maximaux de glace dans le golfe et sur le plateau néo-écossais (Fig. 31); la série chronologique du volume et de la superficie de glace maximaux atteints chaque saison (à l'exclusion de la nouvelle glace fine), de la durée de la saison de glace et des anomalies de la température de l'air de décembre à mars (Fig. 32). Les durées indiquées sur les Fig. 28 et Fig. 32 sont des produits différents. Le premier correspond au nombre de semaines où le volume de glace, n'importe où dans la région, a dépassé 5 % du maximum climatologique, tandis que le second est la durée moyenne à chaque pixel de la Fig. 27, qui est beaucoup plus courte que la première.

L'ampleur du couvert de glace tend à décroître depuis 1990, avec des rebonds en 2003 et 2014 (Fig. 32). La corrélation entre le volume annuel maximal de glace (y compris la couverture présente sur le plateau néo-écossais) et la température de l'air de décembre à février moyenne sur cinq stations de l'ouest du golfe (Sept-Îles, Mont-Joli, Gaspé, Charlottetown et les Îles-de-la-Madeleine) explique 72 % de la variance de la série chronologique de 1969–2012 (Galbraith *et al.* 2013). La Fig. 32 illustre une comparaison semblable à partir du volume de la glace et de l'anomalie de la température de l'air de décembre à mars tirée des Données climatiques canadiennes ajustées et homogénéisées de la Fig. 5 donnant  $R^2=0,73$ . Les corrélations entre la température de l'air et les paramètres de durée de la saison et de superficie de la glace sont aussi très fortes ( $R^2=0,79-0,82$ ). Les coefficients de corrélation sont légèrement plus élevés lorsqu'on utilise les températures de l'air de janvier à février, peut-être parce que les températures de l'air en mars n'ont pas d'effet sur le couvert de glace qui a déjà pratiquement disparu à ce moment-là lors des hivers très doux. Il est possible d'estimer la sensibilité du couvert de glace aux changements climatiques à l'aide des covariations 1969–2020 entre la température de l'air hivernale et les paramètres de la glace de mer, qui indiquent des pertes de 18 km<sup>3</sup>, 31 000 km<sup>2</sup> et 13 jours de saison de glace de mer par degré Celsius d'augmentation de la température de l'air hivernale.

---

Habituellement, la glace se forme d'abord dans l'estuaire du Saint-Laurent et dans les eaux peu profondes le long du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard et de la Basse-Côte-Nord, et fond en dernier dans le nord-est du golfe, où la saison de glace a tendance à durer le plus longtemps, à l'exception des baies peu profondes ailleurs (Fig. 27). Au large, la glace de mer se forme généralement dans les parties septentrionales du golfe et dérive vers les Îles-de-la-Madeleine et le détroit de Cabot pendant la saison de glace.

En 2020, la couverture de glace de mer s'est formée plus tôt que la normale dans l'estuaire, la partie ouest du golfe ainsi que le long de la Basse-Côte-Nord, et plus tard que la normale dans les régions entre l'île d'Anticosti et la côte de Terre-Neuve (Fig. 27). Il y a eu un peu de formation de glace le long de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse. Le volume de glace a progressé sous la normale de 1 ÉT jusqu'à la mi-mars quand un déclin rapide est survenu (Fig. 30). Le volume de glace maximal saisonnier de 38 km<sup>3</sup> (- 0,7 ÉT) était sous la normale et s'est produit au cours de la semaine du 2 mars (Fig. 29). La durée de 58 jours (pondérée spatialement) était normale (0,0 ÉT), et la superficie maximale de la saison était près de la normale (- 0,2 ÉT; Fig. 32). La superficie et la durée correspondaient aux températures hivernales de l'air près de la normale (+ 0,4 °C, + 0,3 ÉT) tandis que le volume saisonnier maximal était légèrement inférieur aux attentes basées sur la température de l'air. Durant les 11 années depuis 2010, 7 des 11 plus bas volumes de glace maximum de la série chronologique s'y sont produits (Fig. 32) bien que cela n'inclut pas 2020, au 13<sup>e</sup> rang. Bien qu'un peu de glace est apparue le long de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse, un volume de glace sous la normale a été exporté du golfe du Saint-Laurent sur le plateau néo-écossais en 2020 (Fig. 29. à Fig. 31).

## MASSES D'EAU HIVERNALES

Un relevé hivernal des eaux du golfe du Saint-Laurent (généralement 0-200 m) est réalisé au début du mois de mars depuis 1996, habituellement à partir d'un hélicoptère de la Garde côtière canadienne, mais à bord de navires de la Garde côtière canadienne en 2016 et 2017. Le relevé, les méthodes d'échantillonnage et des résultats d'analyse du volume d'eau froide dans le golfe, ainsi que l'estimé du volume d'eau introduit dans le golfe par le détroit de Belle Isle pendant l'hiver sont décrits dans Galbraith (2006) et dans Galbraith *et al.* (2006). La Fig. 33 et la Fig. 34 présentent des champs d'interpolations des conditions climatologiques ainsi qu'en 2020 de la température près de la surface, de l'écart de température au point de congélation, de la salinité, de l'épaisseur de la couche froide et de la couche en contact avec le fond, ainsi que de l'épaisseur de l'intrusion d'eau en provenance du plateau du Labrador.

En général, en mars, la température de la couche de mélange de surface est très près (en deçà de 0,1 °C) du point de congélation dans la plupart des régions du golfe, mais l'épaisseur de la couche de surface varie. C'est donc le volume d'eau froide, plus que la température, qui change entre les hivers doux et rudes. L'hiver 2010 a été une exception : pour la première fois depuis le début du relevé hivernal, la couche de mélange était en moyenne de 1 °C au-dessus du point de congélation. Pendant un hiver typique, les eaux de surface dont la température est comprise entre ~ 0 °C et - 1 °C ne se trouvent que du côté nord-est du détroit de Cabot, pénétrant dans le golfe. Une partie de ces eaux chaudes pénètre vraisemblablement dans le golfe pendant l'hiver pour se diriger vers le nord le long de la côte ouest de Terre-Neuve, mais il se peut aussi que les eaux locales ne se soient tout simplement pas refroidies jusqu'au point de congélation. Les conditions en mars 2020 étaient similaires à ce patron (Fig. 33), avec la zone avec des eaux de surface légèrement plus chaudes sans couverture de glace de mer (Fig. 29).

Les eaux de température près du point de congélation et d'une salinité aux alentours de 32 sont responsables de la formation (locale) de la CIF puisque c'est à peu près la salinité au minimum

---

de température pendant l'été. Elles sont codées en vert-bleu dans le panneau sur la salinité de la Fig. 33 et se trouvent généralement au nord et à l'est de l'île d'Anticosti. Les salinités de surface n'étaient que plus élevées que la climatologie dans cette partie du golfe au cours de l'hiver 2020, associées aux eaux du plateau du Labrador sur le banc de Beaugé (en bleu foncé).

Les eaux de température près du point de congélation d'une salinité  $> 32,35$  (de couleur violette sur la figure) sont considérées comme trop salines pour avoir été formées à partir des eaux provenant de l'intérieur du golfe (Galbraith 2006) et ont sans doute été transportées du plateau du Labrador par le détroit de Belle Isle. Ces eaux n'étaient pas présentes à la surface du golfe en mars 2020 (Fig. 33). Le critère température-salinité pour identifier les masses d'eau, tiré de Galbraith (2006), a servi à déterminer l'étendue de l'intrusion des eaux du plateau du Labrador qui n'ont affiché aucun signe de mélange avec les eaux chaudes et salines profondes du golfe. Ces eaux occupaient une partie de la colonne d'eau dans la cuvette de Mécatina en mars 2020 sans atteindre la surface (panneau supérieur droit de la Fig. 34). L'historique récent du volume des intrusions d'eau du plateau du Labrador est illustré sur la Fig. 35, ainsi que la fraction du volume total d'eau froide dans le golfe qu'il représente. Ce volume était près de la normale en mars 2020, à  $1\,500\text{ km}^3$  (+ 0,1 ÉT), représentant 12 % (- 0,1 ÉT) des eaux froides ( $T < -1\text{ °C}$ ) présentes dans le golfe. Le thermographe près du fond dans le détroit de Belle Isle (Fig. 15) a indiqué que la température de l'eau a augmenté au-dessus de  $-1\text{ °C}$  le 5 mai 2020, plus tôt que la normale par 23 jours (- 0,9 ÉT) et indiquant un transport d'eau en provenance du plateau du Labrador pendant moins de temps que la normale après le relevé de mars.

La profondeur de la couche de mélange froide est habituellement de 75 m dans le golfe et est généralement délimitée par l'isotherme de  $-1\text{ °C}$ , car la couche de mélange est normalement proche du point de congélation et les eaux plus profondes sont beaucoup plus chaudes (Galbraith 2006). En mars 2010 et 2011, une bonne partie de la couche de mélange était à une température supérieure à  $-1\text{ °C}$ , c'est pourquoi le critère de  $T < 0\text{ °C}$  a également été introduit (voir les panneaux centraux de la Fig. 34). La couche de surface froide résulte de la formation locale et des eaux froides advectées du plateau du Labrador et peut être composée d'une seule masse d'eau ou de couches dont la salinité croît avec la profondeur. Cette couche atteint le fond dans de nombreuses régions du golfe, mais n'atteint pas toujours les parties les plus profondes du plateau madelinien ou de la cuvette de Mécatina selon les années (voir les panneaux inférieurs de la Fig. 34). L'épaisseur de la couche hivernale est généralement la plus grande au nord et au nord-est de l'île d'Anticosti, et le dôme des isopycnales au centre de la gyre d'Anticosti apparaît dans la climatologie comme une couche plus mince à cet endroit. En 2020, le patron ressemblait à la climatologie.

L'intégration de la couche d'eau froide sur la superficie du golfe (à l'exclusion de l'estuaire et du détroit de Belle Isle) donne un volume d'eau froide ( $< -1\text{ °C}$ ) de  $13\,100\text{ km}^3$  en 2020, soit près de la moyenne 1996–2020 à + 0,4 ÉT. La variabilité interannuelle des volumes hivernaux d'eau dont la température est inférieure à 0 et  $1\text{ °C}$  est illustrée sur la Fig. 36. Le volume de la couche de mélange n'augmente qu'à  $15\,000\text{ km}^3$  lorsque l'on tient compte des températures de l'eau  $< 0\text{ °C}$ , soit aussi près de la normale à + 0,2 ÉT. Ce dernier volume d'eau froide correspond à 45 % du volume d'eau total du golfe ( $33\,500\text{ km}^3$ , en excluant l'estuaire).

## **COUCHE INTERMÉDIAIRE FROIDE**

### **PRÉVISION TIRÉE DU RELEVÉ DE MARS 2020**

L'indice de la température minimale de la CIF en été (Gilbert et Pettigrew 1997) est fortement corrélé au volume d'eau froide ( $< -1\text{ °C}$ ) dans le golfe (à l'exclusion de l'estuaire) mesuré le

---

mois de mars précédent, alors que la couche de mélange est en grande partie proche du point de congélation (Galbraith 2006; relation actualisée dans le panneau droit de la Fig. 36). Cela est un résultat attendu dû au fait que la CIF est le restant de la couche de surface froide hivernale. Une mesure du volume d'eau froide présent en mars est par conséquent un outil précieux pour prévoir les conditions à venir de la CIF pendant l'été. En 2020, la majeure partie de la couche mélangée hivernale était froide (inférieure à  $-1\text{ °C}$ ), sauf dans la moitié sud des eaux côtières de Terre-Neuve. Le volume de la couche à  $T < -1\text{ °C}$  était près de la normale à  $13\ 100\ \text{km}^3$ , représentant 39% de toutes les eaux du golfe. C'est pourquoi nous avons prévu une couche intermédiaire froide plus chaude qu'à l'été 2019, avec un indice de Gilbert et Pettigrew (1997) d'environ  $-0,34\text{ °C}$  comparé à  $-0,45\text{ °C}$  en 2019 (Galbraith *et al.* 2020). Ce qui s'est véritablement produit est présenté en prochain.

## CIF EN AOÛT-SEPTEMBRE

La température minimale, l'épaisseur et le volume de la CIF pour  $T < 0\text{ °C}$  et  $< 1\text{ °C}$  ont été estimés à l'aide des profils de température obtenus de toutes les sources pour août et septembre. La plupart des données sont tirées des relevés plurispécifiques de septembre pour le plateau madelinien et d'août pour le reste du golfe. Des interpolations spatiales de la température du golfe ont été réalisées à l'aide de tous les profils de température disponibles par palier de 1 m de profondeur. Le champ interpolé est alors contraint entre les valeurs minimales et maximales observées dans chaque région du golfe à cette profondeur pour empêcher des extrapolations irréalistes (Fig. 2). L'épaisseur de la CIF à chaque point de grille est simplement la somme des plages de profondeurs en dessous du seuil de température. La température minimale de la CIF est aussi seulement définie pour les points de grille où la température augmente d'au moins  $0,5\text{ °C}$  à des profondeurs supérieures à celle du minimum, ou si la température minimale au point de la grille est inférieure à la moyenne spatiale de la CIF du golfe.

La Fig. 37 montre le champ interpolé de l'épaisseur de la CIF  $< 1\text{ °C}$  et  $< 0\text{ °C}$  et la température minimale de la CIF pour août-septembre 2019 ainsi que les données climatologiques correspondantes pour 1991–2020 (1994–2020 pour la cuvette de Mécatina). Des cartes semblables ont été produites pour toutes les années en remontant jusqu'en 1971 (bien qu'il manque les données pour certaines années dans certaines régions), ce qui a permis de calculer les volumes pour chaque région chaque année, ainsi que les climatologies illustrées dans les panneaux gauches de la Fig. 37. En 2020, la température minimum de la CIF avait un patron plus chaud que la climatologie, et encore plus prononcé aux extrémités du nord-ouest du golfe et du détroit de Cabot.

Les séries chronologiques des volumes régionaux de la CIF en août-septembre sont représentées sur la Fig. 38 (pour  $< 0\text{ °C}$  et  $< 1\text{ °C}$ ). Les volumes de la CIF ont baissé depuis 2019 dans la plupart des régions. La Fig. 39 montre le volume total d'eau de la CIF ( $< 0\text{ °C}$  et  $< 1\text{ °C}$ ) et la moyenne de la température minimale de la CIF tirée des grilles interpolées d'août et septembre (voir par exemple la Fig. 37). La moyenne spatiale de la température minimale de la CIF et le volume, tous deux représentés sur la Fig. 39, excluent les données de la cuvette de Mécatina, dont les masses d'eau sont très différentes de celles du reste du golfe; elles sont influencées par les apports en provenance du détroit de Belle Isle et, par conséquent, ne sont pas représentatives du climat dans le reste du golfe. Le volume de la CIF tel que défini par  $T < 1\text{ °C}$  et par  $< 0\text{ °C}$  a considérablement diminué (à  $-0,7$  et  $-1,1\text{ ÉT}$ ) par rapport aux conditions de 2019 ( $+0,3$  et  $+0,2\text{ ÉT}$ ).

Les séries chronologiques des moyennes régionales de la température minimale de la CIF sont illustrées sur la Fig. 40. La plupart des régions montrent une augmentation de la température minimale par rapport à 2019. La température minimale moyenne de 2020 (à l'exclusion de la

---

cuvette de Mécatina, du détroit de Belle Isle et du plateau madelinien) était au-dessus de la normale à 0,2 °C (+ 0,7 ÉT), soit une augmentation de 0,25 °C par rapport à 2019, et est représentée sur la Fig. 39 (panneau du bas, ligne verte). La différence moyenne entre cet indice de la CIF et celui de Gilbert et Pettigrew (1997) (décrit ci-après) est de 0,27 °C en raison du réchauffement entre la mi-juin et le relevé d'août. Cet indice en 2020 correspond à un indice de Gilbert et Pettigrew (1997) de - 0,1 °C après arrondissement à la décimale la plus près.

## **CONDITIONS DE LA CIF EN NOVEMBRE DANS L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT**

Le relevé de novembre réalisé par le PMZA fournit habituellement une grille d'échantillonnage à haute résolution de profils de température et salinité dans l'estuaire du Saint-Laurent depuis 2006. Les données révèlent le réchauffement (Fig. 40) et l'amincissement (Fig. 38) de la CIF dans le temps depuis le relevé d'août. La Fig. 40 montre que l'augmentation plutôt rapide de la température minimale de la CIF entre août et novembre est relativement constante d'une année sur l'autre, malgré les différences entre la température en août. Les résultats montrent une CIF plus mince à l'automne 2020 qu'un an auparavant, avec une température minimum moyenne plus élevée.

## **INDICE SAISONNIER MOYEN DE LA CIF**

L'indice de la CIF de Gilbert et Pettigrew (1997) est défini comme la moyenne des températures minimales de la CIF observées entre le 1er mai et le 30 septembre de chaque année, ajustée au 15 juillet à l'aide d'un taux de réchauffement propre à chaque région. Il a été actualisé à l'aide de tous les profils de la température disponibles dans le golfe entre mai et septembre, depuis 1947 inclusivement (ligne noire du panneau du bas de la Fig. 39). Comme prévu, la température minimale de la CIF interpolée au 15 juillet est presque toujours plus froide que l'estimation fondée sur les données d'août et de septembre sans correction temporelle. En effet, la CIF s'érode pendant l'été et son centre se réchauffe au fil du temps.

Cet indice de la CIF pour l'été 2020 était de - 0,21 °C, près de la normale à + 0,4 ÉT. L'augmentation de 0,24 °C par rapport à l'indice de la CIF de l'été 2019 est cohérente avec la diminution du volume de la CIF entre août 2019 et 2020 discutée précédemment et avec la diminution de 0,25 °C de la moyenne spatiale de la température minimale en août. Les conditions hivernales chaudes de 2010 à 2012 ont produit des indices de la CIF encore nettement inférieurs au niveau record observé dans les années 1960 et 1980. Il faudra réexaminer les températures minimales de la CIF précédentes afin de confirmer qu'elles ont été calculées à partir de données ayant une résolution verticale suffisante pour résoudre correctement la température centrale minimale.

## **SOMMAIRE DES CONDITIONS DE LA CIF**

Pour résumer, la Fig. 41 illustre les séries chronologiques des conditions hivernales et estivales de la CIF (les températures au fond en juin et septembre également reliées à la CIF sont décrites ci-après) et met en évidence les fortes corrélations qui existent entre ces différentes séries chronologiques. En 2020, les conditions de la CIF étaient près de la normale à plus chaudes que la normale.

## **TEMPÉRATURES DE L'EAU AU FOND SUR LE PLATEAU MADELINIEN**

Un relevé est effectué depuis longtemps sur le plateau madelinien en juin pour guider l'évaluation des stocks de maquereau et a depuis été fusionné avec le relevé de juin du PMZA. Il fournit une bonne couverture des conditions de la température qui sont grandement influencées par la couche intermédiaire froide qui atteint le fond sur à peu près la moitié de la

---

superficie à cette époque de l'année. Malheureusement, le relevé de juin 2020 a été annulé en raison de la pandémie COVID-19. Néanmoins, certains résultats historiques sont présentés.

Les eaux près de la surface se réchauffent rapidement en juin, à mi-chemin entre le minimum hivernal et le maximum annuel au début du mois d'août. Cela peut introduire un biais si les dates du relevé ne sont pas les mêmes chaque année. Pour en tenir compte, le réchauffement saisonnier observé à la station du PMZA de la vallée de Shediac a été évalué par Galbraith et Grégoire (2015). Une régression linéaire a été faite de la température par rapport au temps, pour chaque mètre de la colonne d'eau et pour chaque année entre mai et juillet. Une inspection visuelle a montré que le taux de réchauffement en fonction de la profondeur était relativement constant pour toutes les années et une moyenne a été calculée pour chaque profondeur. Le réchauffement est maximal en surface à 18 °C sur 100 jours et, malgré quelques incertitudes entre 30 et 55 m, diminue presque proportionnellement à la profondeur jusqu'à 2 °C sur 100 jours à 40 m, puis diminue encore linéairement jusqu'à 1 °C sur 100 jours à 82 m.

Tous les profils de température pris en juin pour une année donnée sont ensuite considérés à des intervalles de profondeur de 1 m (ou on les interpole si la résolution est trop grossière), et ajustés en fonction de la date d'échantillonnage afin de les ramener au 15 juin d'après le taux de réchauffement dépendant de la profondeur ci-haut. Une interpolation spatiale est alors faite pour estimer la température à chaque couche de profondeur de 1 m sur une grille de 2 km de résolution.

La température au fond est également estimée à chaque point des grilles construites à partir du relevé de juin en relevant la température interpolée au niveau de profondeur correspondant à une grille bathymétrique fournie par le Service hydrographique du Canada sur laquelle quelques corrections ont été appliquées (Dutil *et al.* 2012). La méthode est entièrement décrite dans Tamdrari *et al.* (2012). Une climatologie a été préparée en calculant la moyenne de toutes les grilles de température disponibles entre 1991 et 2020, et par la suite des grilles d'anomalie par rapport à cette climatologie sont été calculée pour chaque année.

La même méthode que celle utilisée pour calculer la température de l'eau sur le fond sur le plateau madelinien a été appliquée à l'ensemble du golfe en combinant toutes les données disponibles pour août et septembre, provenant majoritairement des relevés plurispécifiques pour le nord du golfe en août et pour le plateau madelinien en septembre. Pour la première fois, nous avons également inclus les profils obtenus à l'aide d'un SBE19plus installé sur le chalut et qui fournissent des données à une résolution verticale de 5 m. Ces données ont été utilisées pour les relevés d'août 2019 et 2020 dans le nord du golfe et seront ajoutées aux années précédentes, jusqu'en 2009, dans des rapports ultérieurs. Les températures de fond étaient au-dessus de la moyenne climatologique presque partout sur le plateau madelinien en septembre 2020 (Fig. 42).

Les séries chronologiques de la superficie du fond recouverte par des eaux à divers intervalles de température ont été estimées à partir des données des relevés de juin ainsi que du relevé multispécifique de septembre sur le plateau madelinien (Fig. 43). Les séries chronologiques des superficies couvertes par des eaux plus froides que 0, 1, 2 et 3 °C en juin et septembre sont également présentées à la Fig. 41 dans le cadre du résumé de la CIF. En septembre 2020, aucun des fonds n'était recouvert d'eau avec des températures < 0 °C et la superficie avec des températures < 1 °C a diminué pour atteindre un minimum quasi record (-2,4 ET), représentant moins de la moitié de la moyenne climatologique. Aucun fond n'était recouvert d'eau avec des températures < 1 °C du côté est du plateau. À des températures de seuil plus élevées, les zones avec  $T < 2$  °C et  $< 3$  °C étaient également inférieures à la normale (conditions plus chaudes). Malgré la mise en garde selon laquelle le relevé a été effectué environ une semaine plus tard que d'habitude, jusqu'au 5 octobre, et que les températures de fond augmentent avec le temps

---

aux profondeurs de la CIF, il est probable que le fort mélange par le vent qui s'est produit à la fin d'août soit responsable de ces conditions.

### **Eaux Profondes (> 150 M)**

La couche d'eau plus profonde (> 150 m) sous la CIF tire son origine de l'entrée du chenal Laurentien au bout du plateau continental et circule vers les têtes des chenaux Laurentien, Anticosti et Esquiman sans beaucoup d'échange avec les couches supérieures. La couche entre 150 et 540 m est caractérisée par des températures allant de 1 à > 7 °C et des salinités entre 32,5 et 35 (sauf dans la cuvette de Mécatina, où les eaux près du point de congélation peuvent remplir le bassin jusqu'à 235 m en hiver et persistent généralement pendant tout l'été). Les changements de température, de salinité et d'oxygène dissous des eaux profondes entrant dans le golfe au plateau continental, observés d'une décennie à l'autre, sont liés à la proportion variable de l'eau du courant du Labrador, froide, peu salée et à haute teneur en oxygène dissous, et de l'eau du talus, chaude-salée et peu oxygénée (McLellan 1957; Lauzier et Trites 1958; Gilbert *et al.* 2005). Ces eaux se déplacent de l'embouchure du chenal Laurentien à l'estuaire en trois à quatre ans approximativement (Gilbert 2004), s'appauvrissant en oxygène dissous sous l'effet de la respiration *in situ* et de l'oxydation des matières organiques à mesure qu'elles transitent vers les têtes des chenaux. C'est donc dans les eaux profondes à la tête du chenal Laurentien, dans l'estuaire, que se trouvent les niveaux les plus bas en oxygène dissous (saturation sous 20 % ces dernières années).

### **TEMPÉRATURES DE L'EAU SUR LE FOND EN EAUX PROFONDES**

Référant à nouveau à la carte de température des eaux de fond construite ci-dessus (Fig. 42), toutes les températures sur le fond en eaux profondes du golfe étaient au-dessus de la normale, avec la plupart des zones du golfe central, des chenaux d'Anticosti et d'Esquiman, et du nord-ouest du golfe au-dessus de 6 °C, et certaines zones des chenaux d'Anticosti et d'Esquiman au-dessus de 7 °C pour la première fois de nos séries chronologiques.

Comme cela a été fait pour le plateau madelinien (Fig. 43), des séries chronologiques de la superficie recouverte par divers intervalles de température ont également été estimées pour les autres régions du Golfe à partir des données d'août et septembre (Fig. 44). Les figures montrent une compression de la zone d'habitat sur le fond dans la fourchette de températures de 5-6 °C en 1992, compensée par un habitat plus vaste des eaux plus froides à 4-5 °C. L'année 2012 a marqué le début du retour à des températures > 6 °C sur le fond marin. En 2015, cette tendance avait entraîné une forte réduction de l'habitat à 5-6 °C dans les chenaux Anticosti et Esquiman, cette fois remplacé par un habitat à 6-7 °C. La superficie comprise entre 6 et 7 °C a ensuite fortement augmenté dans le centre et le nord-ouest du golfe en 2017, puis de nouveau dans le nord-ouest du golfe en 2018 ainsi qu'en 2019. En 2020, l'habitat > 6 °C était à un niveau record dans le nord-ouest du golfe, le nord-est du golfe et dans le centre et le détroit de Cabot, et un habitat de 7 à 8 °C est apparu pour la première fois dans le nord-est du golfe.

### **MAXIMUM PROFOND DE TEMPÉRATURE**

Les eaux chaudes sur le fond du chenal Laurentien et ailleurs sont associées au maximum profond de température qui apparaît dans les profils de température de ces zones (par exemple, Fig. 3). La progression interannuelle récente vers les conditions actuelles du maximum profond de température est représentée sur la Fig. 45. Des températures supérieures à 7 °C ont été enregistrées depuis 2012 dans le golfe près du détroit de Cabot et ont occupé une grande superficie dans le nord-est pour la première fois en 2020. La moyenne pour le golfe

---

et les moyennes spatiales régionales sont illustrées sur la Fig. 46 pour la température et sur la Fig. 47 pour la salinité. La moyenne pour le golfe du maximum profond de température était à un niveau record de série en 2020 de 6,7 °C et a atteint un record de 7,7 °C dans le détroit de Cabot.

## MOYENNES MENSUELLES DE LA TEMPÉRATURE ET DE LA SALINITÉ

Les moyennes mensuelles de température et de salinité ont été calculées pour différentes profondeurs à l'aide d'une méthode utilisée par Petrie *et al.* (1996) et des régions géographiques représentées sur la Fig. 2. Selon cette méthode, on commence par calculer, pour chaque année, la moyenne de toutes les données disponibles obtenues le même mois dans une région et proches de chaque fourchette de profondeurs. On calcule ensuite les climatologies mensuelles à partir de toutes les années disponibles et leur écart-type. Ce processus en deux étapes réduit le biais qui se produit lorsque le nombre de profils est différent d'une année à l'autre. Ces moyennes mensuelles sont par la suite utilisées pour calculer des séries de moyennes annuelles régionales qui sont présentées sur la Fig. 46 (température) et Fig. 47 (salinité) pour 200 et 300 m. Les observations à 300 m, en particulier, illustrent les anomalies de température advectées vers l'amont dans le chenal à partir du détroit de Cabot vers le nord-ouest du golfe en deux à trois ans, ce qui correspond aux conclusions de Gilbert (2004), tandis que les variations à 200 m apparaissent et disparaissent souvent partout simultanément, suggérant un changement dans la verticale. Les moyennes régionales sont pondérées dans une moyenne pour l'ensemble du golfe en fonction de la superficie de chaque région à la profondeur considérée. Ces moyennes pour l'ensemble du golfe sont illustrées pour 150, 200 et 300 m sur les Fig. 46, Fig. 47 et Fig. 48. Les tendances linéaires de la température et de la salinité à 300 m, de 2,3 °C et 0,3 par siècle, respectivement, sont illustrées sur la Fig. 48 (voir aussi d'autres tendances à long terme dans Galbraith *et al.* 2013), malgré que la tendance au réchauffement a été de 1,3 °C par décennie depuis 2009 (5,6 fois plus rapidement).

En 2020, les salinités moyennes à l'échelle du golfe ont augmentées pour atteindre un record de 34.84 à 300 m (Fig. 47 et Fig. 48). La température moyenne pour l'ensemble du golfe à 150 m était au-dessus de la normale (3,7 °C, + 1,6 ÉT, 3<sup>e</sup> plus élevée de la série temporelle). De nouveaux records de série (depuis 1915) ont été établis à 200 m (5,7 °C, + 1,9 ÉT), 250 m (6,6 °C, + 2,5 ÉT) et 300 m (6,8 °C, + 2,7 ÉT). À 300 m, la température a augmenté pour atteindre un record régional dans toutes les régions profondes du golfe: estuaire (5,9 °C, + 2,3 ÉT), nord-ouest du golfe (6,4 °C, + 2,7 ÉT), centre du golfe (6,8 °C, + 2,6 ÉT) et détroit de Cabot (7,2 °C, + 2,5 ÉT).

Les anomalies chaudes observées depuis 2010 dans le détroit de Cabot remontent progressivement le chenal vers l'estuaire, mais les eaux qui ont suivi dans le golfe sont aussi restées très chaudes et leur température a même augmenté, au point où la température moyenne du golfe pourrait continuer à monter (Fig. 45). La possibilité que des eaux encore plus chaudes entrent dans le golfe existe, tel qu'indiquée par température moyenne enregistrée à l'embouchure du chenal Laurentien en 2020 de 10,6 °C à 200 m, la moyenne à 300 m a cependant baissé à 7,3 °C en 2020. Par contre, cette moyenne n'était fondée que sur deux profils; beaucoup moins qu'à l'habitude.

## STRUCTURE DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE SAISONNIÈRE ET RÉGIONALE

Afin de montrer la progression saisonnière de la structure verticale de la température, des moyennes régionales sont présentées aux Fig. 49 à Fig. 51, tirées des profils recueillis pendant le relevé de mars effectué en hélicoptère, le relevé plurispécifique d'août (relevé de septembre

---

pour le plateau madelinien) et le relevé du PMZA d'octobre-novembre. Toutes les autres données archivées pour ces mois ont également été utilisées. L'échelle de température a été ajustée pour mettre en évidence les caractéristiques de la CIF et des eaux profondes; l'affichage de la variabilité de la température en surface convient mieux à d'autres outils tels que la télédétection et les thermographes. Les conditions discrètes moyennes par couche de profondeur sont résumées pour les mois du relevé du PMZA de 2019 et 2020 sur la Fig. 52 pour la température et sur la Fig. 53 pour la salinité et la stratification sur les 50 premiers mètres. Pour chaque relevé, les anomalies ont été calculées par rapport aux climatologies mensuelles de la température et de la salinité de chaque région pour la période 1991–2020, apparaissant en gris en tant que valeur moyenne  $\pm 0,5$  ÉT sur les Fig. 49 à Fig. 51.

Il faut interpréter les profils moyens avec prudence. En fait, le moyennage régional des profils hivernaux ne fonctionne pas très bien dans le nord-est du golfe en raison de la présence de masses d'eau très différentes, comme l'intrusion froide venant du plateau du Labrador et les eaux profondes plus salées et plus chaudes du chenal d'Anticosti et d'Esquiman. Aussi, les portions profondes du plateau madelinien comportent des régions distinctes au nord et au sud-est.

Les faits saillants des températures de l'eau en mars illustrés à la Fig. 49 comprennent la profondeur de la couche mélangée hivernale qui était près de la normale discutée plus haut. Les eaux dans les parties les plus profondes de la fosse Mécatina étaient près du point de congélation, l'intrusion du plateau du Labrador occupant toute la colonne d'eau.

Les températures en août 2020 étaient caractérisées par des conditions de la CIF à peine plus minces et plus chaudes que la normale, mais conduisant à une thermocline plus élevée dans la colonne d'eau dans le nord-est du golfe. À l'automne, cette condition était apparente dans tout le golfe, notamment dans le détroit de Cabot où la température atteignait près de 8 °C entre 200 et 250 m pour la première fois, forçant un changement d'échelle à cette figure.

Les températures de l'eau profonde étaient au-dessus de la normale dans toutes les régions le long du chenal Laurentien, en hausse dans la plupart d'entre elles par rapport aux conditions de 2019 à la profondeur du maximum de température (200 m à plus de 250 m), en particulier dans le détroit de Cabot.

## **COURANTS ET TRANSPORTS**

Les courants et les transports sont tirés d'un modèle numérique du golfe du Saint-Laurent, du plateau néo-écossais et du golfe du Maine. Il s'agit d'un modèle pronostique, c.-à-d. qu'il permet l'évolution des champs de température et de salinité. Sa résolution spatiale est de  $1/12^\circ$  avec 46 niveaux de profondeur sur la verticale. Le forçage atmosphérique provient du modèle atmosphérique environnemental global multiéchelle du Centre météorologique canadien. Le ruissellement est obtenu à partir de données d'observation et du modèle hydrologique, tel que décrit dans la section de ce document consacrée au ruissellement, mais n'utilise pas les nouvelles données quotidiennes du débit à Québec. La crue printanière peut donc différer de celle décrite plus haut. Une simulation a été exécutée pour 2006-2020 de laquelle les transports ont été calculés. Rappelons que les résultats présentés ci-après ne sont pas des mesures, mais des simulations et que des améliorations apportées au modèle pourraient entraîner des modifications aux valeurs des transports.

Les Fig. 54 à Fig. 56 montrent les courants saisonniers moyens en fonction de la profondeur pour 0–20 m, 20–100 m et de 100 m au fond pour 2020. Les courants sont les plus forts dans la couche de mélange de surface, généralement 0-20 m, sauf les mois d'hiver quand les moyennes de 20-100 m sont presque aussi élevées, et quand les moyennes de 100 m au fond

---

sont tout de même beaucoup plus fortes que durant les autres saisons (noter l'échelle différente pour cette profondeur). Les courants sont également les plus forts le long des pentes des chenaux profonds. La gyre d'Anticosti (Fig. 1) est toujours présente, mais est plus forte pendant les mois d'hiver, lorsqu'elle s'étend jusque dans les courants moyens de la couche la plus profonde. En 2020, le courant de Gaspé a été légèrement décalé le long de la rive nord de l'estuaire en hiver mais est resté stable le long de la rive sud pour le reste de l'année, se combinant avec la gyre d'Anticosti puis le long du talus du chenal Laurentien. La branche qui traverse le plateau madelinien semblait être plus faible que d'habitude.

Les transports mensuels moyennés au travers de sept sections du golfe du Saint-Laurent sont représentés sur la Fig. 57 pour les sections avec une certaine circulation estuarienne et sur la Fig. 58 pour celles où seuls des transports nets sont pertinents. Sur la Fig. 57, le transport net intègre à la fois la circulation vers l'amont et vers l'aval et, par exemple, correspond au ruissellement dans la section de Pointe-des-Monts. Le transport sortant intègre tous les courants se dirigeant vers l'océan, tandis que le rapport estuarien correspond au courant sortant divisé par les transports nets. Il convient de souligner que la seule section où la circulation estuarienne est dominante est celle de Pointe-des-Monts. Le transport net à Honguedo est en moyenne 15 fois plus élevé qu'à Pointe-des-Monts, composé surtout de la circulation autour de l'île d'Anticosti observée d'abord dans la section Jacques-Cartier. De même, le transport net sortant par le détroit de Cabot est essentiellement compensé par les apports par le détroit de Belle Isle, et un rapport estuarien pourrait être une description trompeuse. Dans les sections qui se trouvent sous l'influence estuarienne directe du Saint-Laurent (comme celle de Pointe-des-Monts), les transports réagissent plus directement aux changements intervenant dans le ruissellement alors que dans d'autres (détroit de Cabot, banc Bradelle par exemple), ils réagissent différemment, probablement en raison de la redistribution de la circulation dans le golfe du Saint-Laurent en fonction de la variation du ruissellement. Le rapport de la circulation estuarienne est déterminé par les intensités de mélange dans l'estuaire et est fortement influencé par la stratification. En moyenne, il est le plus élevé pendant les mois d'hiver et le plus bas durant la crue printanière. En fait, il est suffisamment réduit au printemps pour que la moyenne climatologique du transport vers l'extérieur à Pointe-des-Monts atteigne sa valeur minimale en juin, même si c'est le mois qui correspond au troisième transport net le plus élevé de l'année, c.-à-d. que l'estuaire se stratifie suffisamment pour que le ruissellement tende à glisser au-dessus des eaux salées plus denses. Ce phénomène est survenu en 2017 alors que la crue exceptionnelle du mois d'avril s'est traduite par une diminution de la circulation estuarienne modélisée et par conséquent du transport sortant. En 2020, le transport net à travers le tronçon Bradelle était le plus bas de la série chronologique, en accord avec la circulation plus faible que d'habitude sur la plateau madelinien mentionnée ci-haut.

## **STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE À HAUTE FRÉQUENCE DU PMZA**

L'Institut Maurice-Lamontagne a commencé un échantillonnage en 1991 à une station au large de Rimouski (48° 40' N 68° 35' O, profondeur de 320 m; Plourde *et al.* 2009), généralement au rythme d'une fois par semaine l'été, moins souvent au printemps et à l'automne et presque jamais en hiver (Fig. 59). En 2013, après plusieurs analyses qui ont révélé de bonnes corrélations et correspondances entre les stations du PMZA du Courant de Gaspé et de la Gyre d'Anticosti et la station Rimouski, il a été décidé d'abandonner les efforts d'échantillonnage à ces stations difficiles sur le plan logistique et d'intégrer officiellement la station de Rimouski dans le PMZA, ainsi que d'y commencer l'échantillonnage hivernal lorsque des possibilités se présentaient. La station du PMZA de la vallée de Shediac (47° 46,8' N, 64° 01,8' O, profondeur de 84 m) est échantillonnée par l'Institut océanographique de Bedford, par la région du Golfe du MPO et par l'Institut Maurice-Lamontagne (Fig. 59). Cette station a été échantillonnée

---

irrégulièrement depuis 1947, presque chaque année depuis 1957 et plus régulièrement pendant les mois d'été depuis 1999, lorsque le PMZA a débuté.

Des mouillages océanographiques ont été déployés en rotation depuis l'été 2015 à ces deux stations, fournissant des données pour remplir des trous dans l'échantillonnage en hiver ou durant d'autres moments de l'année. En 2020, les bouées océanographiques équipées d'un profileur automatique de la température et de la salinité ont effectué 212 profils sur toute la profondeur à la station de la vallée de Shediac, et 53 profils à la station Rimouski jusqu'à 320 m.

Les isothermes et isohalines, les moyennes mensuelles de température et de salinité, la stratification, de même que la température centrale et l'épaisseur de la CIF à  $< 1$  °C pour 2018-2020 sont illustrées sur la Fig. 60 pour la station Rimouski et sur la Fig. 61 pour celle de la vallée de Shediac. Les climatologies des tableaux sont calculées à partir des données de la période 1991-2010, mais il existe peu de données avant 1999 pour la vallée de Shediac. Les données fournies par les mouillages océanographiques sont utilisées pour illustrer les variations en hiver en encadrés, et sont aussi utilisées dans les tableaux lorsque les profondeurs inscrites étaient instrumentées.

À la station Rimouski, le changement graduel des eaux froides et peu salées à 200-300 m qui étaient présentes en 2010, vers des eaux plus chaudes et plus salées transportées depuis le détroit de Cabot, a mené aux anomalies chaudes dès l'été 2014 et à un record de série à 320 m observé en novembre 2020 (6,01 °C). La CIF était de près de la normale à plus plus chaude et plus mince que la normale en 2020.

Les conditions à la station de la vallée de Shediac (Fig. 61) étaient généralement normales avec des températures au-dessus de la normale près du fond de mai à octobre. Le refroidissement et le réchauffement important de la surface à 20-50 m entre août et septembre concordent avec le fort mélange vertical noté plus tôt et expliquent les conditions sur le fond plus chaudes que la normale sur plateau madelinien observées lors du relevé de septembre (Fig. 42).

La Fig. 62 illustre la variabilité interannuelle de certaines moyennes par couche de mai à octobre pour les deux stations. Toutes les métriques de la température étaient normales à au-dessus de la normale aux deux stations, incluant un record de la température près du fond atteint à la station Rimouski (5,83 °C).

## RÉSUMÉ

La Fig. 63 résume les températures moyennes de la SST, de la CIF en été et des eaux profondes. Bien que les SST de mai à novembre et d'août sont un peu corrélées entre elles ( $R^2=0,38$  pour les données satellitaires de 1982-2020), les SST atteintes en août 2012 et 2014 étaient des anomalies très élevées par rapport aux moyennes de mai à novembre, mais l'inverse s'est produit en 2006. Similairement, les anomalies positives observées en août durant les dernières années contrastent avec des anomalies négatives sur la période de mai à novembre. La figure montre que la température à 300 m est à un record de série plus que centenaire, dépassant la climatologie de 1991–2020 de tout juste plus de 1 °C, et montre que la température à 200 m a atteint la moyenne climatologique 1991–2020 pour 300 m.

Un autre récapitulatif de la température du golfe du Saint-Laurent sur une période plus courte (depuis 1971) permet d'inclure davantage d'ensembles de données et trois ensembles de quatre séries chronologiques sont choisies pour représenter les conditions de la couche de surface, de la couche intermédiaire et de la couche profonde (Fig. 64). La phénologie de l'arrivée du printemps et de l'automne basée sur la température moyenne de l'eau de surface

---

utilise le seuil de 12 °C (Fig. 22) ainsi qu'un proxy basé sur la température de l'air avant 1982. La glace de mer est groupée en tant que caractéristique intermédiaire puisque tous ces paramètres sont associés à la formation hivernale. La Fig. 64 indique les sommes de ces trois ensembles d'anomalies représentant l'état de différentes parties du système, et elle est reproduite sur la Fig. 65, où la contribution de chaque série chronologique apparaît sous la forme de barres empilées (Petrie *et al.* 2007). Ces indices composites mesurent l'état général du système climatique, les valeurs positives représentant les conditions d'eau chaude et les valeurs négatives les conditions d'eau froide. Le graphique illustre également le degré de corrélation entre les diverses mesures de l'environnement.

En 2020, l'indice de la couche de surface était près de la normale à + 0,1 ÉT, avec un refroidissement d'automne hâtif causé par le mélange par le vent compensant le premier réchauffement printanier hâtif depuis 2014. L'indice des anomalies de la couche intermédiaire était supérieur (plus chaud que) à la normale (+ 1,7 ÉT), principalement attribuable aux conditions de la CIF sur le plateau madelinien plus chaudes que dans le reste du golfe pour la deuxième année consécutive. L'indice des anomalies de température profonde était à un niveau record en série (+ 2,6 ET).

## CONCLUSIONS PRINCIPALES

- Le ruissellement annuel moyen du Saint-Laurent, soit mesuré à Québec ou pour le RIVSUM II, était au-dessus de la normale (14 100 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, + 1,2 ÉT et 19 000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, + 0,9 ÉT, respectivement). La crue printanière du Saint-Laurent s'est produite un peu plus tôt que normalement.
- Un peu de glace de mer est apparue brièvement le long de la côte sud de la Nouvelle-Écosse, bien que le volume de glace de mer exporté sur le plateau néo-écossais ait été inférieur à la normale. Le volume maximal de glace de mer était inférieur à la normale à 38 km<sup>3</sup> (- 0,7 ÉT). Au cours des 11 années écoulées depuis 2010, 7 des 11 volumes de glace maximaux les plus faibles de la série chronologique se sont produits, bien que cela n'inclue pas 2020, qui s'est classée 13<sup>e</sup>.
- Le volume (13 100 km<sup>3</sup>) de la couche de mélange froide de surface hivernale (< - 1 °C) était près de la normale, correspondant à 39 % du volume total des eaux du golfe. Le volume d'eau pénétrant du plateau du Labrador dans la cuvette de Mécatina était de 1 500 km<sup>3</sup>, aussi près de la normale.
- En août, la moyenne du minimum de température de la couche intermédiaire froide (CIF) était + 0,7 ÉT au-dessus de la normale à + 0,2 °C, mais l'indice de température minimale de Gilbert et Pettigrew, qui inclut des données sur une saison plus longue, était près de la normale (- 0,20 °C; + 0,4 ÉT).
- Les moments du réchauffement printanier et du refroidissement d'automne étaient plus tôt que la normale (de -1,3 ÉT ou -1,2 semaine et de -1,5 ÉT ou 1,5 semaine). Ce refroidissement a été causé par le mélange vertical de la colonne d'eau par le vent à la fin août.
- Les températures de l'eau de surface dans l'estuaire ont atteint un record de série inhabituel en juillet. L'effet de la remontée d'eau et du mélange qui se produit à la tête du chenal Laurentien, qui maintient habituellement les eaux de surface de l'estuaire froides, a été réduit en juillet, peut-être par des vents persistants d'est, et les températures de surface ont augmenté jusqu'à une moyenne de 11,4 °C, un record hebdomadaire maximum.

- 
- Les températures de l'eau de surface ont alors atteint un niveau record en septembre dans l'estuaire et le nord-ouest du golfe en raison d'un fort mélange vertical de vents. La température moyenne saisonnière de mai à novembre pour le golfe était près de la normale (- 0,2 °C, - 0,3 ÉT) malgré un maximum saisonnier en août au-dessus à la normale (+ 0,7 °C, + 0,9 ÉT).
  - Les températures de l'eau en profondeur ont augmenté dans l'ensemble dans le golfe avec l'advection vers l'intérieur provenant du détroit de Cabot. La température moyenne pour l'ensemble du golfe à 150 m était moins élevée que le record de 2015 mais était au-dessus de la normale (3,7 °C, + 1,6 ÉT, 3<sup>e</sup> plus élevée de la série temporelle). De nouveaux records de série (depuis 1915) ont été établis à 200 m (5,7 °C, + 1,9 ÉT), 250 m (6,6 °C, + 2,5 ÉT) et 300 m (6,8 °C, + 2,7 ÉT). À 300 m, la température a augmenté pour atteindre un record régional dans toutes les régions profondes du golfe : estuaire (5,9 °C, + 2,3 ÉT), nord-ouest du golfe (6,4 °C, + 2,7 ÉT), centre du golfe (6,8 °C, + 2,6 ÉT) et détroit de Cabot (7,2 °C, + 2,5 ÉT).
  - La superficie du fond couverte par des eaux à plus de 6 °C a atteint un niveau record dans le nord-ouest du golfe, le nord-est du golfe et dans le centre et le détroit de Cabot, et un habitat de 7 à 8 °C est apparu pour la première fois dans le nord-est du golfe.

### **APERÇU POUR 2021**

Les températures de l'air étaient de + 3,8 °C au-dessus de la normale sur le golfe en décembre 2020, de + 4,6 °C au-dessus de la normale en janvier 2021, restant au-dessus de la normale en février et mars pour une anomalie moyenne de décembre-mars de + 3,1 °C. C'était le contexte du relevé de mars 2021, qui fournit des perspectives pour les conditions de la CIL attendues pour le reste de 2021. La Fig. 66 montre la température, la salinité et l'épaisseur de la couche mixte de surface de mars 2021 (à  $T < -1$  °C et  $T < 0$  °C), ainsi que l'épaisseur et l'étendue de la couche froide et saline qui a pénétré dans le golfe à partir du plateau du Labrador.

À l'extérieur de l'estuaire, du plateau madelinien et de la cuvette de Mécatina, aucune couche de surface mélangée n'était près du point de congélation, ce qui a entraîné un très faible couvert de glace de mer en 2020-2021. En fait, la distribution d'épaisseur des eaux plus froides que 0 °C ressemblait à celle habituellement observée pour les eaux plus froides que -1 °C. La relation prédictive entre le volume hivernal d'eau plus froide que -1 °C et l'indice de température minimale de la CIF de l'été suivant (Fig. 36) ne peut pas être utilisée avec des hivers chauds comme en 2010 et maintenant 2021. Une nouvelle relation entre le volume hivernal des eaux plus froides que 0 °C et la température minimum de la CIF de l'été suivant prédirait un indice très chaud de 0,93 °C, mais le volume record de 2021 d'eau plus froide que 0 °C est bien en deçà des 26 années précédentes d'observations du relevé hivernal, rendant cette prédiction moins fiable. Néanmoins, il existe un fort potentiel pour que la CIF de l'été 2021 soit la plus chaude depuis les années 1980.

### **REMERCIEMENTS**

Nous tenons à remercier les personnes chargées de l'acquisition des données CTP pendant les relevés que nous avons utilisées pour préparer le présent rapport :

- Station Rimouski : Roger Pigeon, Félix St-Pierre, Michel Rousseau, Rémi Desmarais, Anthony Ouellet, Nicolas Coulombe, Guillaume Mercier.
- Station vallée de Shediac : Roger Pigeon, Michel Rousseau, Félix St-Pierre, Nicolas Coulombe, Anthony Ouellet, Guillaume Mercier, Kevin Pauley, Tom Hurlbut.

- Relevé de mars : Peter Galbraith, Michel Rousseau, Michel Dubé, Sébastien Gauthier et le groupe de Transport Canada à Ottawa pour le design et la construction du nouveau treuil océanographique.
- Relevé plurispécifique d'août : Nicolas Coulombe; les officiers et l'équipage du NGCC Teleost.
- Relevé d'octobre-novembre du PMZA : Sonia Michaud, David Leblanc, Félix St-Pierre, Anthony Ouellet, Marie-Noëlle Bourassa, Jean-Luc Shaw, Guillaume Mercier, Brian Boivin; les officiers et l'équipage du NGCC Hudson.
- Relevé plurispécifique de septembre : Nicolas Rolland, David Fishman.
- Relevé dans le détroit de Northumberland : Renée Allain, Natalie Asselin, Joël Chassé et les officiers et l'équipage du NGCC M. Perley.
- Gestion des données : Caroline Lafleur, Marie-Noëlle Bourassa, Isabelle St-Pierre, Brian Boivin.

Maintenance des instruments de mesure : Roger Pigeon, Félix St-Pierre, Michel Rousseau, Anthony Ouellet, Nicolas Coulombe, Guillaume Mercier.

Nous remercions également les autres sources suivantes qui nous ont fourni des données :

- Température de l'air : Environnement Canada.
- Glace de mer : Service canadien des glaces, Environnement Canada. Traitement des fichiers géoréférencés : Jean-Luc Shaw.
- Ruissellement à Québec : Denis Lefavre et Alain D'Astous
- Ruissellement tiré de la modélisation hydrologique : Joël Chassé et Diane Lavoie.
- Télédétection de la SST tirée des données historiques AVHRR (IML) : Pierre Larouche, Bernard Pettigrew.
- Télédétection de la SST tirée des données historiques AVHRR (IOB) : Carla Caverhill, Cathy Porter.

Toutes les figures ont été produites à l'aide du logiciel libre Gri (Kelley et Galbraith 2000).

Nous remercions également David Hébert et Frédéric Cyr, qui ont révisé le manuscrit et fourni de bons commentaires utiles.

## RÉFÉRENCES

Belzile, M., Galbraith, P.S., et Bourgault, D. 2016. [Water renewals in the Saguenay Fjord](#). J. Geophys. Res. Oceans, 121, 638-657, doi:10.1002/2015JC011085.

Benoît, H.P., Savenkoff, C., Ouellet, P., Galbraith, P.S., Chassé, J. et Fréchet, A. 2012. Impacts of fishing and climate-driven changes in exploited marine populations and communities with implications for management, in State-of-the-Ocean Report for the Gulf of St. Lawrence Integrated Management (GOSLIM) Area. H. P. Benoît, J. A. Gagné, C. Savenkoff, P. Ouellet et M.-N. Bourassa, Eds. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2986: viii + 73 pp.

Casey, K.S., Brandon, T.B., Cornillon, P., et Evans, R. 2010. "[The Past, Present and Future of the AVHRR Pathfinder SST Program](#)", in Oceanography from Space: Revisited, eds. V. Barale, J.F.R. Gower, and L. Alberotanza, Springer.

- 
- Cyr, F., Bourgault, D. et Galbraith, P.S. 2011. [Interior versus boundary mixing of a cold intermediate layer](#). J. Geophys. Res. (Oceans), 116, C12029, doi:10.1029/2011JC007359.
- Cyr, F., Snook, S., Bishop, Galbraith, P.S., Pye, B., Chen, N., et Han, G. 2021. [Conditions océanographiques physiques sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador en 2019](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/017. iv + 54 p.
- Dutil, J.-D., Proulx, S., Galbraith, P.S., Chassé, J., Lambert, N. et Laurian, C. 2012. Coastal and epipelagic habitats of the estuary and Gulf of St. Lawrence. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3009: ix + 87 p.
- Galbraith, P.S. 2006. [Winter water masses in the Gulf of St. Lawrence](#). J. Geophys. Res., 111, C06022, doi:10.1029/2005JC003159.
- Galbraith, P.S. et Grégoire, F. 2015. [Habitat thermique du maquereau bleu; profondeur de l'isotherme de 8 °C dans le sud du golfe du Saint-Laurent entre 1960 et 2014](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2014/116. v + 13 p.
- Galbraith, P.S. et Larouche, P. 2013. Trends and variability in eastern Canada sea-surface temperatures. Ch. 1 (p. 1-18) In: Aspects of climate change in the Northwest Atlantic off Canada [Loder, J.W., G. Han, P.S. Galbraith, J. Chassé and A. van der Baaren (Eds.)]. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3045: x + 190 p.
- Galbraith, P.S., Saucier, F.J., Michaud, N., Lefavre, D., Corriveau, R., Roy, F., Pigeon, R. and Cantin, S. 2002. Shipborne monitoring of near-surface temperature and salinity in the Estuary and Gulf of St. Lawrence. Atlantic Zone Monitoring Program Bulletin, Dept. of Fisheries and Oceans Canada. No. 2: 26–30.
- Galbraith, P.S., Desmarais, R., Pigeon, R. and Cantin, S. 2006. Ten years of monitoring winter water masses in the Gulf of St. Lawrence by helicopter. Atlantic Zone Monitoring Program Bulletin, Dept. of Fisheries and Oceans Canada. No. 5: 32–35.
- Galbraith, P.S., Larouche, P., Gilbert, D., Chassé, J. et Petrie, B. 2010. Trends in sea-surface and CIL temperatures in the Gulf of St. Lawrence in relation to air temperature. Atlantic Zone Monitoring Program Bulletin, 9: 20-23.
- Galbraith P.S., Larouche, P., Chassé, J. et Petrie, B. 2012. [Sea-surface temperature in relation to air temperature in the Gulf of St. Lawrence: interdecadal variability and long term trends](#). Deep Sea Res. II, V77–80, 10–20.
- Galbraith. P.S., Hebert, D., Colbourne, E. et Pettipas, R. 2013. Trends and variability in eastern Canada sub-surface ocean temperatures and implications for sea ice. Ch.5 In: Aspects of climate change in the Northwest Atlantic off Canada [Loder, J.W., G. Han, P.S. Galbraith, J. Chassé and A. van der Baaren (Eds.)]. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3045: x + 192 p.
- Galbraith, P.S., Chassé, J., Caverhill, C., Nicot, P., Gilbert, D., Pettigrew, B., Lefavre, D., Brickman, D., Devine, L., et Lafleur, C. 2017. [Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2016](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/044. v + 91 p.
- Galbraith, P.S., Bourgault, D., et Belzile, M. 2018. [Circulation et renouvellement des masses d'eau du fjord du Saguenay](#). Naturaliste Canadien, 142-2:36-46. doi:10.7202/1047147ar
- Galbraith, P.S., Chassé, J., Shaw, J.-L., Dumas, J., Caverhill, C., 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.

- 
- Galbraith, P.S., P. Larouche, C. Caverhill. 2021. [A sea-surface temperature homogenization blend for the Northwest Atlantic](#). Canadian Journal of Remote Sensing, DOI: 10.1080 / 07038992.2021.1924645
- Gilbert, D. 2004. Propagation of temperature signals from the northwest Atlantic continental shelf edge into the Laurentian Channel. ICES CM, 2004/N:7, 12 pp.
- Gilbert, D. et Pettigrew, B. 1997. [Interannual variability \(1948-1994\) of the CIL core temperature in the Gulf of St. Lawrence](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 54 (Suppl. 1): 57–67.
- Gilbert, D., Sundby, B., Gobeil, C., Mucci, A. et Tremblay, G.-H. 2005. [A seventy-two-year record of diminishing deep-water oxygen in the St. Lawrence estuary: The northwest Atlantic connection](#). Limnol. Oceanogr., 50(5): 1654–1666.
- Hammill, M.O. et Galbraith, P.S. 2012. Changes in seasonal sea-ice cover and its effect on marine mammals, in State-of-the-Ocean Report for the Gulf of St. Lawrence Integrated Management (GOSLIM) Area. H. P. Benoît, J. A. Gagné, C. Savenkoff, P. Ouellet and M.-N. Bourassa, Eds. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2986: viii + 73 pp.
- 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.
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R. et Josephé, D. 1996. [The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project](#). Bull. Am. Meteorol. Soc. 77, 437–470.
- Kelley, D.E. et Galbraith, P.S. 2000. [Gri: A language for scientific illustration](#), Linux J., 75, 92–101.
- Lauzier, L.M. et Trites, R.W. 1958. [The Deep Waters in the Laurentian Channel](#). J. Fish. Res. Board Can. 15: 1247–1257.
- Lefaire, D., D'Astous, A., et Matte, P. 2016. [Hindcast of Water Level and Flow in the St. Lawrence River over the 2005–2012 period](#). Atmosphere-Ocean, 54 (3), 264-277.
- McLellan, H.J. 1957. [On the distinctness and origin of the slope water off the Scotian Shelf and its easterly flow south of the Grand Banks](#). J. Fish. Res. Board. Can. 14: 213–239.
- MPO. 2020. [Conditions océanographiques dans la zone atlantique en 2019](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2020/028.
- Petrie, B., Drinkwater, K., Sandström, A., Pettipas, R., Gregory, D., Gilbert, D. et Sekhon, P. 1996. Temperature, salinity and sigma-t atlas for the Gulf of St. Lawrence. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci., 178: v + 256 pp.
- Petrie, B., Pettipas, R.G. et Petrie, W.M. 2007. [An overview of meteorological, sea ice and sea surface temperature conditions off eastern Canada during 2006](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2007/022.
- Pettigrew, B., Gilbert, D. et Desmarais R. 2016. Thermograph network in the Gulf of St. Lawrence. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 311: vi + 77 p.
- Pettigrew, B., Gilbert, D. et Desmarais R. 2017. Thermograph network in the Gulf of St. Lawrence: 2014-2016 update. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 317: vii + 54 p.

- 
- Plourde, S., Joly, P., St-Amand, L. et Starr, M. 2009. La station de monitoring de Rimouski : plus de 400 visites et 18 ans de monitoring et de recherche. Atlantic Zone Monitoring Program Bulletin, Dept. of Fisheries and Oceans Canada. No. 8: 51-55.
- Tamdrari, H., Castonguay, M., Brêthes, J.-C., Galbraith, P.S. et Duplisea, D.E. 2012. [The dispersal pattern and behaviour of Atlantic cod in the northern Gulf of St. Lawrence: results from tagging experiments](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 69: 112-121.
- Therriault, J.-C., Petrie, B., Pépin, P., Gagnon, J., Gregory, D., Helbig, J., Herman, A., Lefavre, D., Mitchell, M., Pelchat, B., Runge, J. et Sameoto, D. 1998. Proposition pour un programme zonal de monitoring de la région nord-ouest de l'Atlantique. Rapp. tech. can. hydrogr. sci. océan. 194F: vii+69p.
- Vincent, L. A., Wang, X. L., Milewska, E. J., Wan, H., Yang, F. et Swail, V. 2012. [A second generation of homogenized Canadian monthly surface air temperature for climate trend analysis](#). J. Geophys. Res., 117, D18110, doi:10.1029/2012JD017859.
- World Meteorological Organization. 2017. [WMO guidelines on the calculation of climate normals](#), Tech. rep., Geneva, Switzerland, 2017.435.

## FIGURES

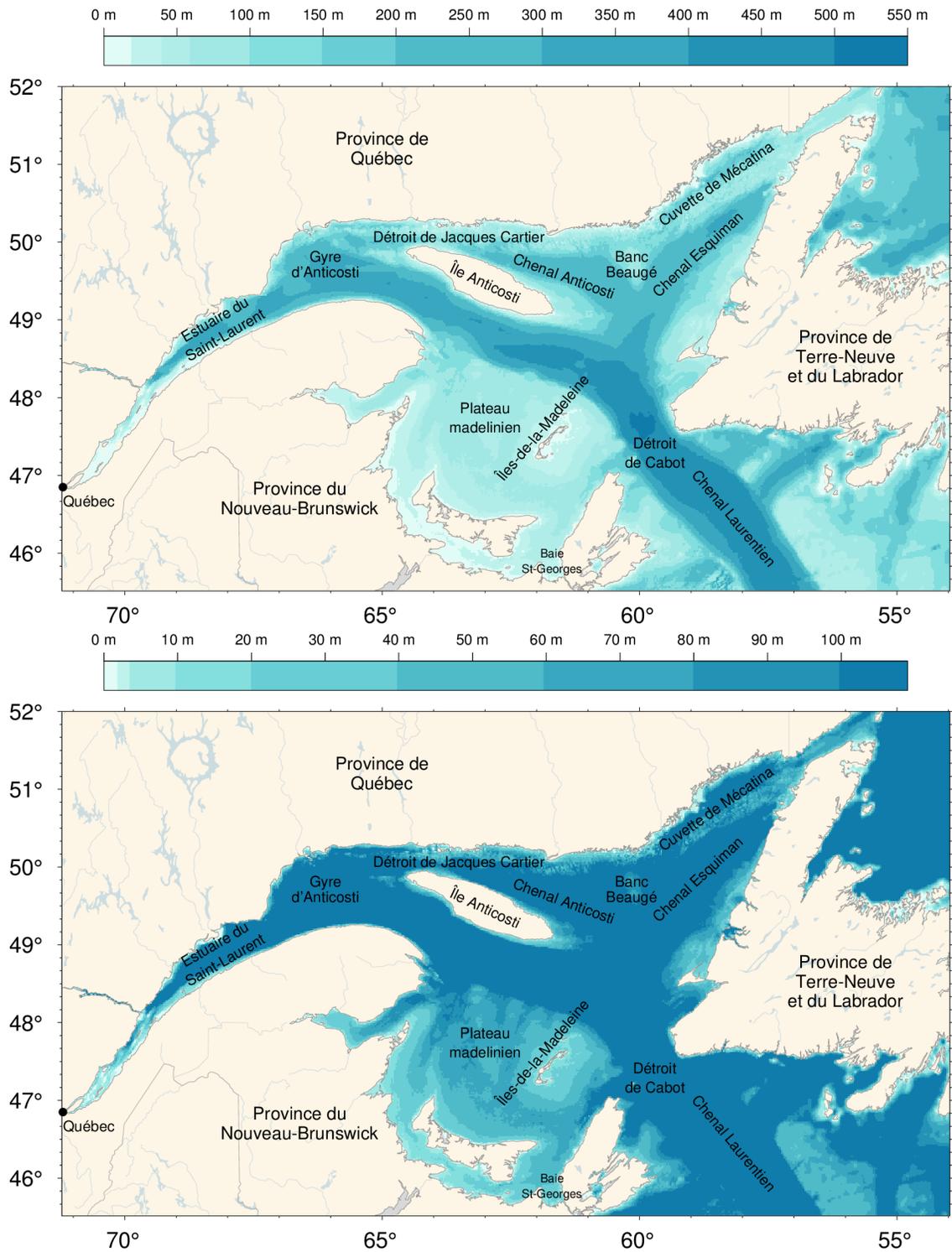


Fig. 1. Golfe du Saint-Laurent. Les lieux mentionnés dans le texte sont indiqués. Les ensembles de données bathymétriques utilisés proviennent du Service hydrographique du Canada à l'ouest de la longitude  $56^{\circ}47' O$  (quelques corrections ont été apportées à la baie des Chaleurs et au Plateau madelinien), et de TOPEX à l'est. Le panneau inférieur montre la bathymétrie de 0 à 100 m en détail.

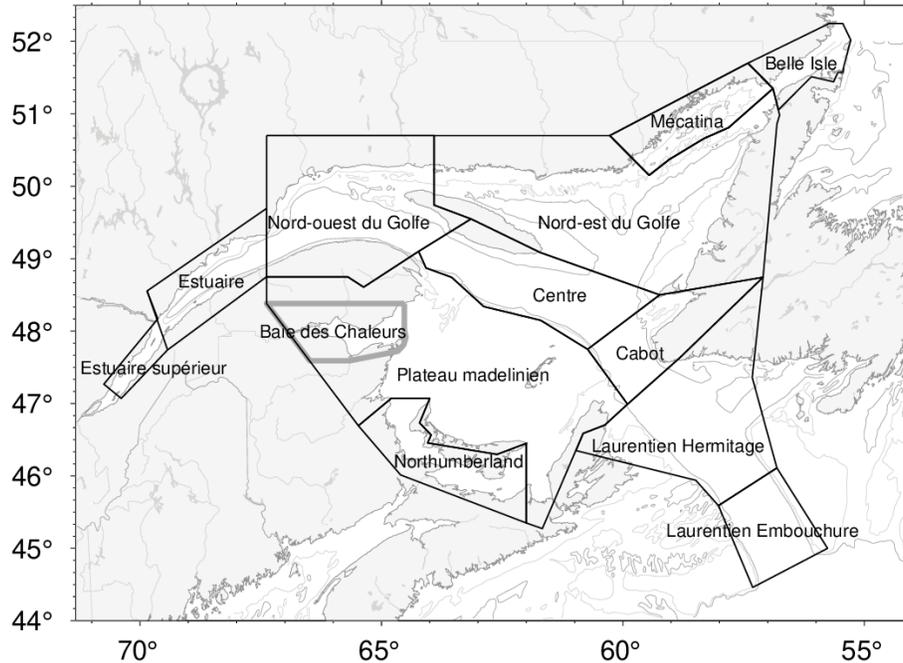


Fig. 2. Golfe du Saint-Laurent divisé en régions océanographiques utilisées pour les moyennes spatiales.

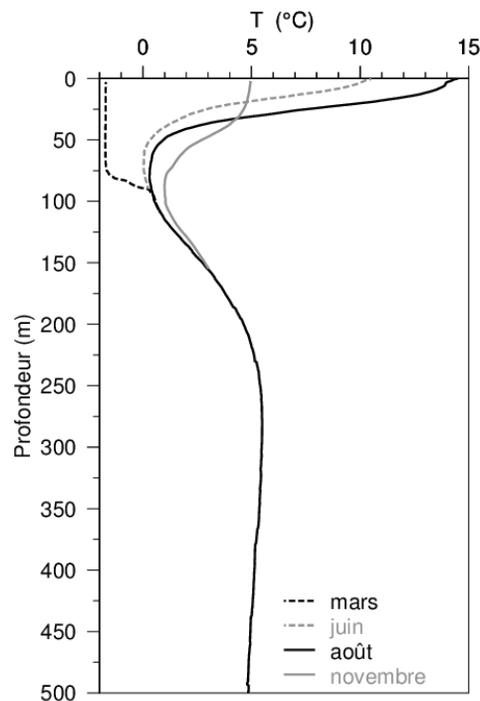


Fig. 3. Progression saisonnière typique du profil de profondeur de la température observé dans le golfe du Saint-Laurent. Les profils sont des moyennes d'observations faites en août, en juin et en novembre 2007 dans le nord du golfe. La ligne pointillée sur la gauche indique un seul profil de la température hivernale (mars 2008), avec des températures près du point de congélation dans les 75 premiers mètres. La couche intermédiaire froide (CIF) est définie comme la portion de la colonne d'eau dont la température est inférieure à 1 °C, mais certains auteurs utilisent un seuil de température différent. Figure tirée de Galbraith et al. (2012).

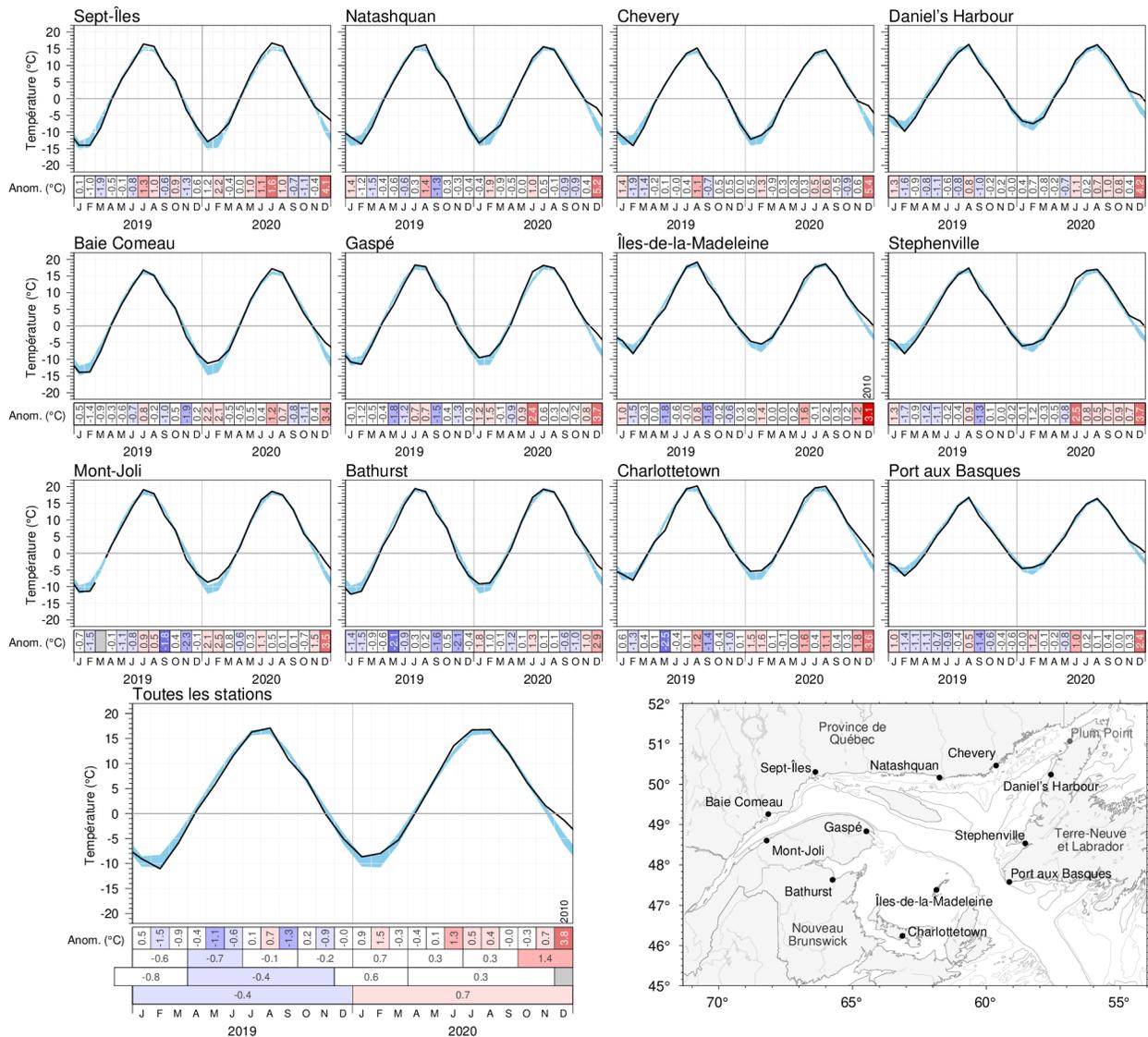


Fig. 4. Températures de l'air mensuelles et anomalies pour 2019 et 2020 à des stations météorologiques autour du golfe, et moyenne pour toutes les stations. La zone bleue représente la moyenne mensuelle climatologique pour 1991–2020  $\pm 0,5$  ÉT. Les mois pour lesquels les données sont manquantes pour quatre jours ou plus sont omis. Les tableaux du bas sont codés par couleurs en fonction des anomalies normalisées mensuelles d'après les climatologies de 1991–2020 pour chaque mois, mais les nombres sont les anomalies mensuelles exprimées en °C. Pour les anomalies de plus de 2 ÉT par rapport à la normale, l'année précédente où une anomalie plus importante a été enregistrée est indiquée. Les anomalies saisonnières, de décembre à mars, d'avril à novembre et annuelles sont incluses pour le panneau affichant la moyenne pour toutes les stations. Les observations à Plum Point (pas illustrées) avaient été interrompues depuis 2016, mais elles sont de retour depuis avril 2019 et sont incluses dans la moyenne pour toutes les stations.

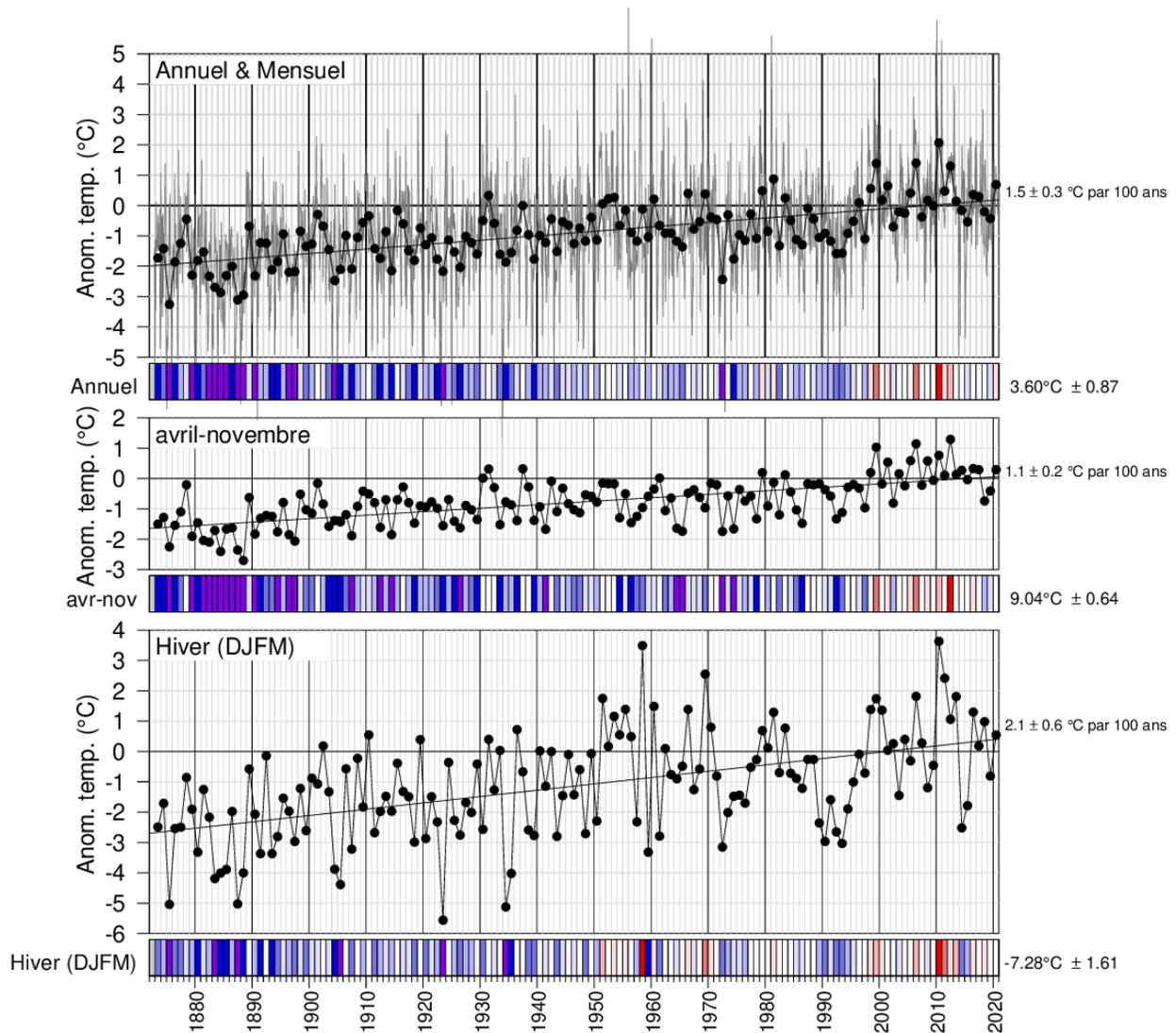


Fig. 5. Anomalies de la température de l'air moyenne annuelle, d'avril à novembre et de décembre à mars, moyennées pour les stations autour du golfe comme pour la Fig. 4. Les tableaux du bas sont codés par couleurs en fonction des anomalies normalisées d'après la climatologie de 1991-2020. Les tendances sont indiquées, plus et moins leurs intervalles de confiance à 95 %. Les anomalies de la température de l'air d'avril à novembre ont tendance à être fortement corrélées avec celles de la température à la surface de la mer de mai à novembre (Galbraith et al. 2012; Galbraith et Larouche 2013), tandis que les anomalies de la température de l'air en hiver sont fortement corrélées avec les paramètres du couvert de glace de mer et avec le volume de la couche de mélange hivernale (Galbraith et al. 2010; Galbraith et al. 2013).

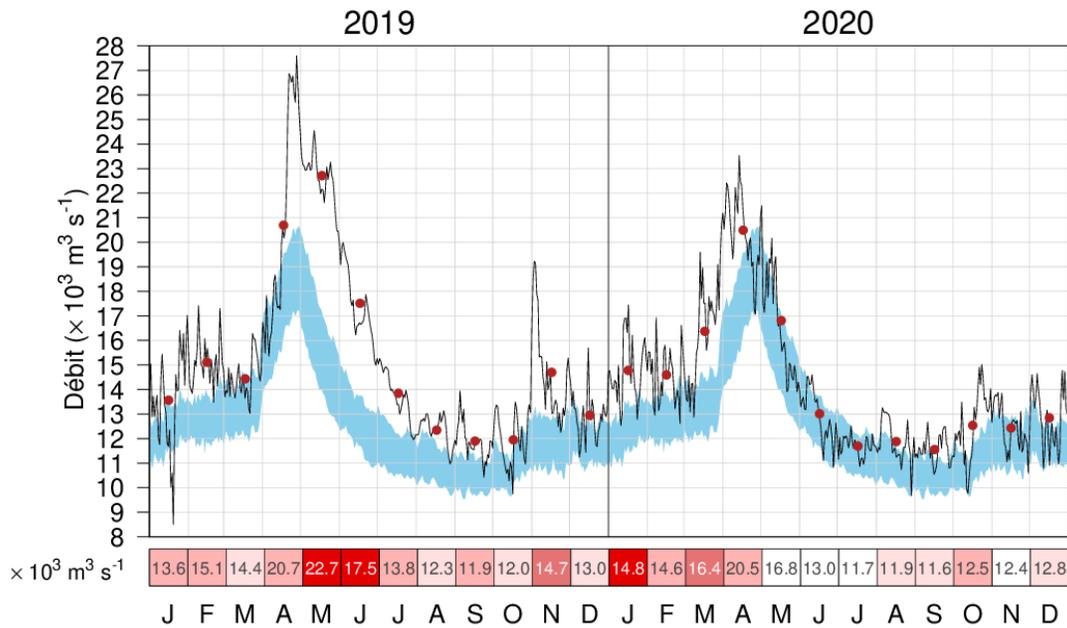


Fig. 6. Débit moyen quotidien du fleuve Saint-Laurent à Québec. ). La moyenne climatologique de 1991–2020 ( $\pm 0,5$  ÉT) est représentée (ombrage bleu). Les moyennes mensuelles sont indiquées par des points rouges. Les tableaux sont codés par couleurs en fonction des anomalies mensuelles normalisées pour chaque mois de l'année, mais les chiffres sont les anomalies mensuelles réelles, en  $10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

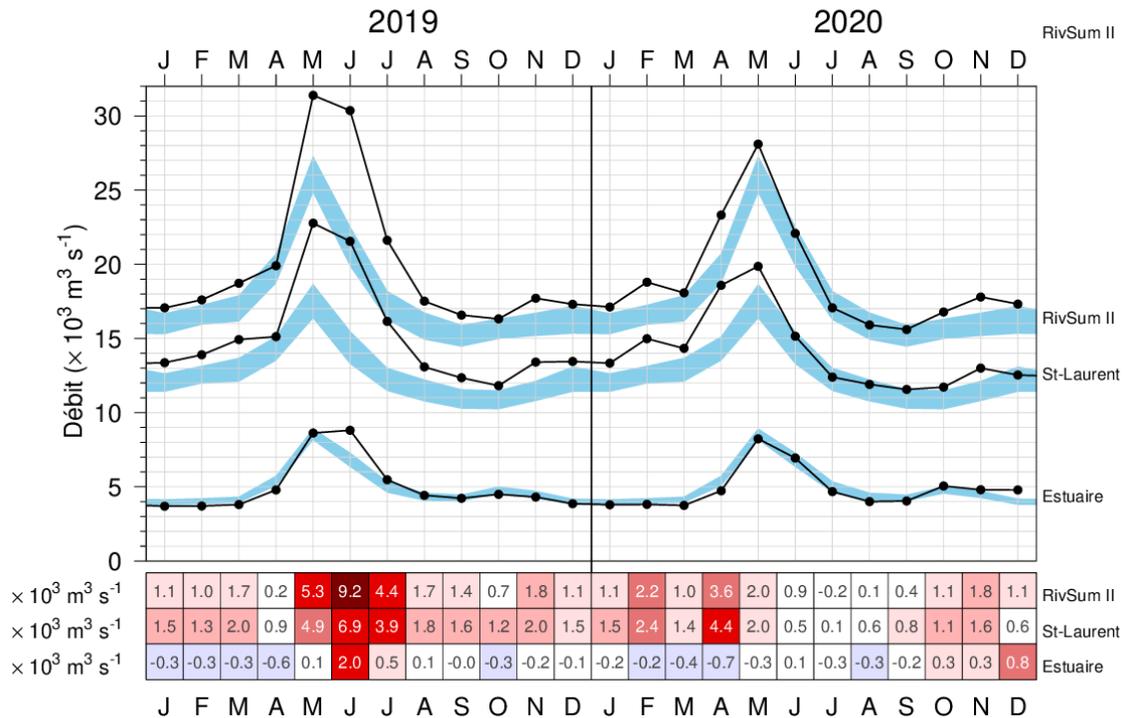


Fig. 7. Débit moyen mensuel d'eau douce du RIVSUM II (courbe du haut) qui consiste au débit du Saint-Laurent à Québec retardé de 21 jours (courbe du milieu) et sa somme avec celui des rivières qui se jettent dans l'estuaire du Saint-Laurent (courbe du bas). La moyenne climatologique de 1991–2020 ( $\pm 0,5$  ÉT) est représentée (ombrage bleu). Les tableaux sont codés par couleurs en fonction des anomalies mensuelles normalisées pour chaque mois de l'année, mais les chiffres sont les anomalies mensuelles réelles, en  $10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

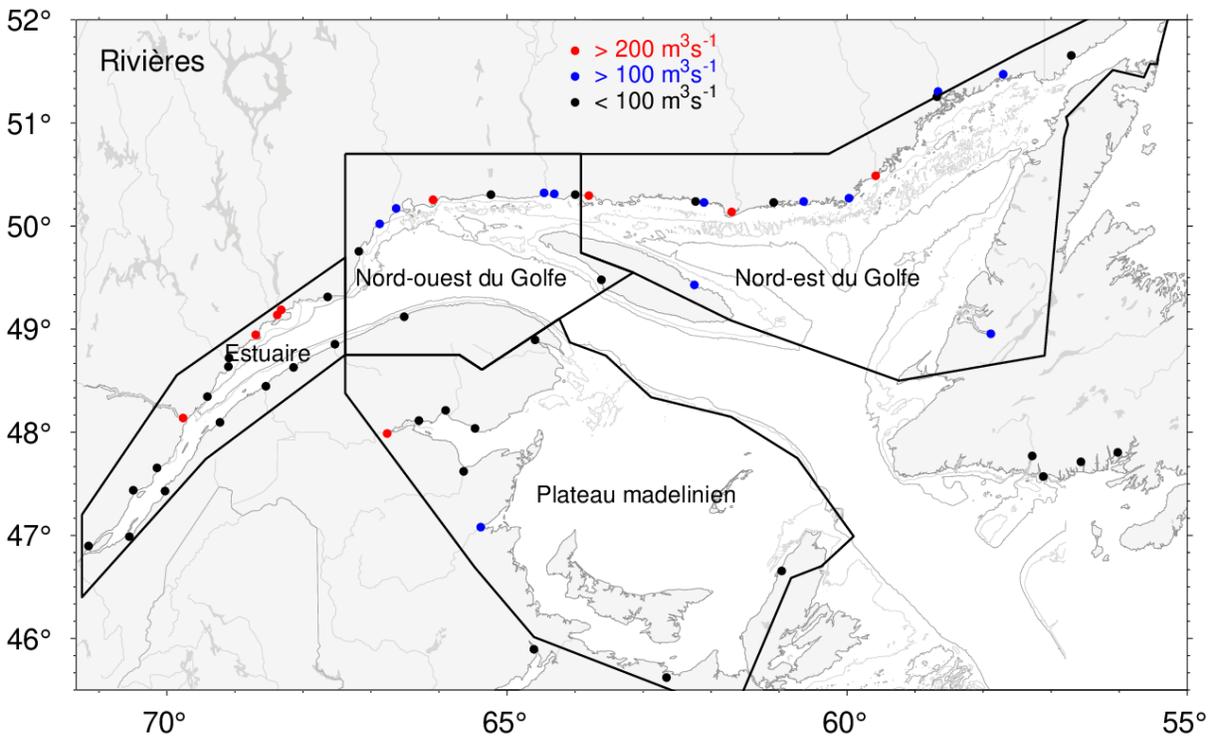


Fig. 8. Emplacements de l'embouchure des rivières utilisées pour calculer les sommes régionales du ruissellement de la Fig. 9. Les points rouges et bleus indiquent les rivières dont le ruissellement moyen climatologique est supérieur à  $200 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  et compris entre  $100$  et  $200 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , respectivement.

RivSum II	17057	17602	18724	19905	31392	30356	21614	17506	16572	16311	17707	17306	17123	18794	18073	23313	28102	22084	17065	15909	15602	16777	17795	17317	17778 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Fleuve St-Laurent	13368	13893	14924	15117	22766	21546	16143	13078	12345	11817	13399	13447	13331	14983	14327	18584	19865	15151	12395	11907	11561	11722	12999	12531	12746 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Estuaire	3689	3709	3800	4788	8626	8810	5471	4428	4227	4494	4308	3859	3792	3811	3746	4729	8237	6933	4670	4002	4041	5055	4796	4786	5090 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Nord-ouest du golfe	89	21	91	306	1842	4767	2786	1258	647	505	542	216	29	1	77	558	1939	3316	1653	919	934	1468	1335	1226	1177 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Nord-est du Golfe	416	176	277	639	2922	7949	5465	2668	1737	1202	1950	1190	239	36	213	923	3699	7478	3016	1400	1031	2216	2984	2350	2228 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
Plateau madelinien	471	297	640	1843	2505	1432	233	60	467	472	668	680	315	188	391	1202	2077	694	321	233	161	675	965	988	735 $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
	2019												2020												

Fig. 9. Anomalies mensuelles du RivSum II, du ruissellement du Saint-Laurent retardé de 21 jours, et des sommes de toutes les autres grandes rivières qui se jettent dans différentes régions du golfe pour 2019 et 2020. Les tableaux sont codés par couleurs en fonction des anomalies normalisées mensuelles d'après les climatologies de 1991–2020 pour chaque mois, mais les nombres sont les ruissellements mensuels moyens, en  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ . Les nombres indiqués sur le côté droit sont les moyennes climatologiques annuelles. La régulation du ruissellement est simulée pour trois rivières qui se jettent dans l'estuaire (Saguenay, Manicouagan, Outardes).

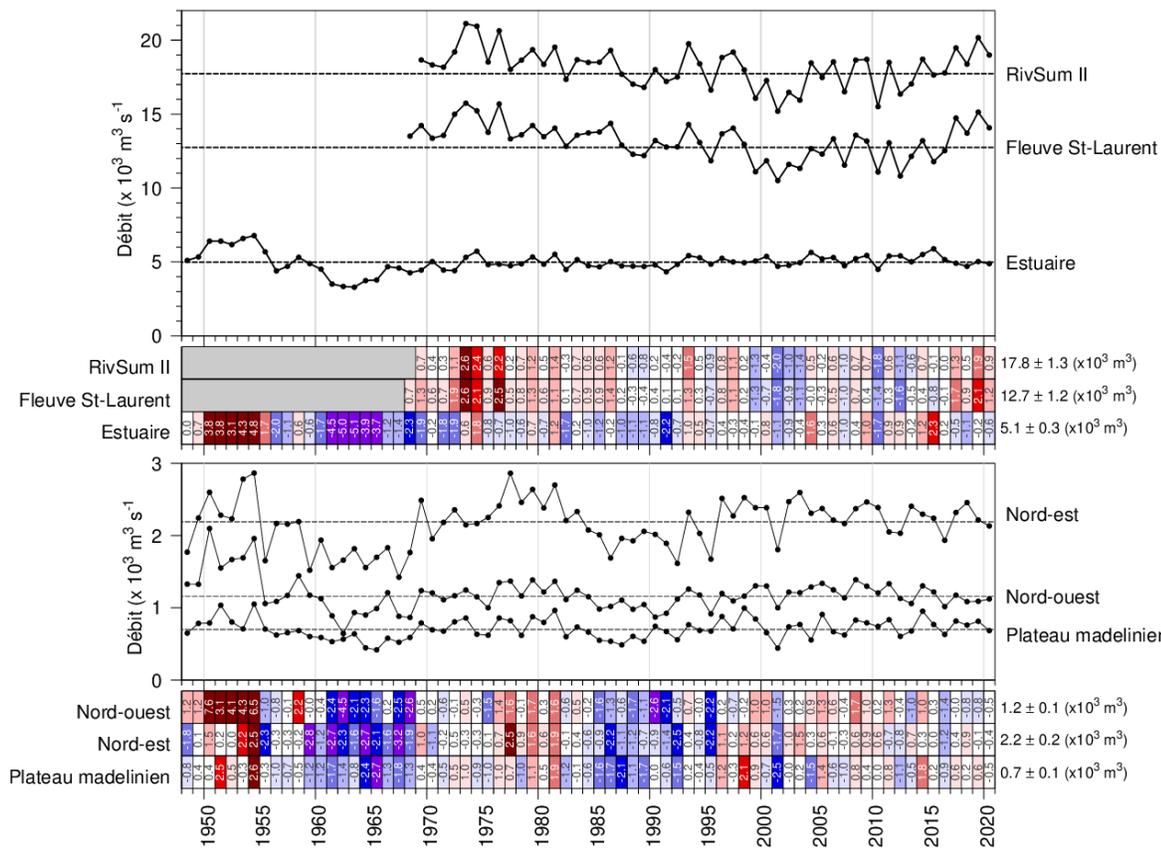


Fig. 10. Débit moyen annuel d'eau douce du Saint-Laurent à Québec et somme de toutes les rivières qui se jettent dans les régions de l'estuaire et du golfe, et de la somme de ces deux : le RivSum II. La moyenne climatologique de 1991–2020 est indiquée par les lignes horizontales et sur la droite des tableaux. Les nombres indiqués dans les tableaux sont les anomalies normalisées.

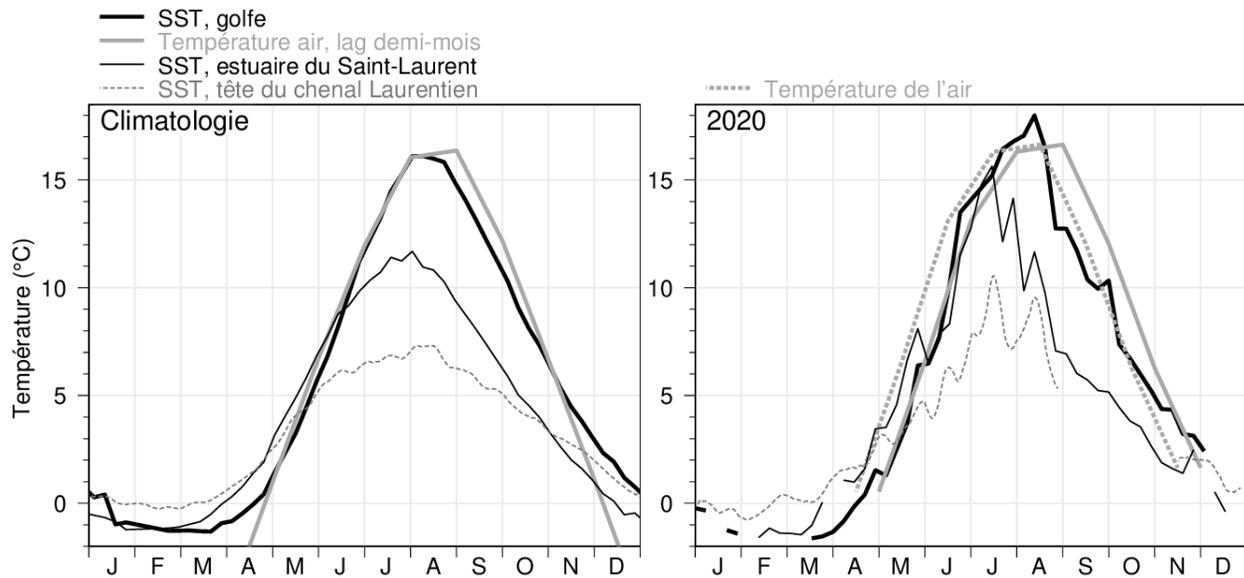
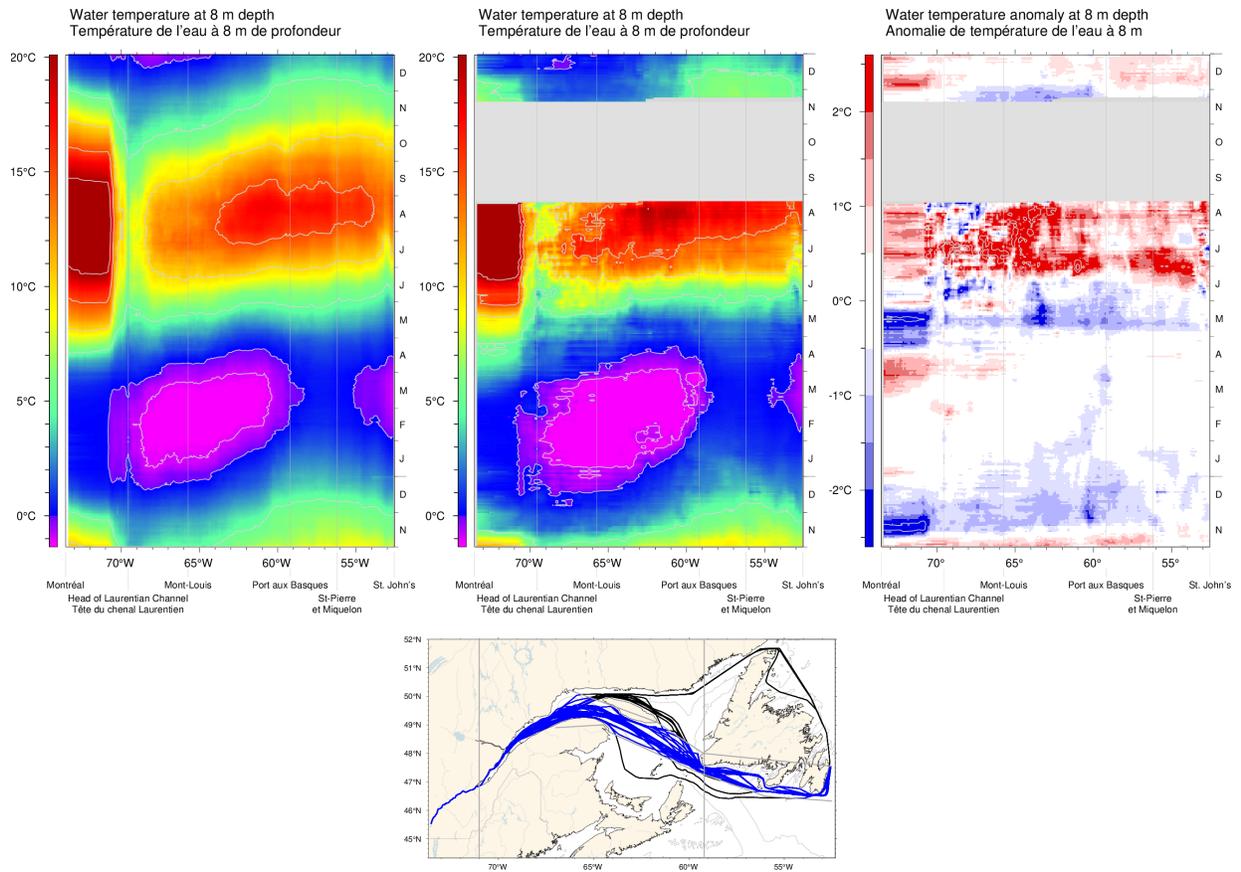


Fig. 11. Cycle saisonnier climatologique et pour 2020 de la température de surface de la mer dans le golfe du Saint-Laurent. Les moyennes hebdomadaires des données satellitaires pour le golfe sont indiquées en trait noir épais ainsi que pour l'estuaire en trait noir mince. Les moyennes des données des thermosalinographes sont indiquées pour la tête du chenal Laurentien (à  $69^{\circ} 30'O$ , ligne grise pointillée). La température de l'air mensuelle, moyennée sur les stations dans le golfe du Saint-Laurent (excluant l'estuaire), est représentée décalée de deux semaines (ligne grise épaisse; les mois d'hiver ne sont pas représentés) ainsi que sans décalage dans le panneau de droite. Figure adaptée de Galbraith et al. (2012).



*Fig. 12. Diagramme de Hovmöller des données des thermosalinographes à une profondeur de 8 m le long du corridor de navigation entre Montréal et St. John's : cycle annuel moyen composite de la température de l'eau de 2000 à 2020 (panneau supérieur gauche), cycle annuel composite de la température de l'eau en 2020 (panneau supérieur centre) et anomalie de la température de l'eau en 2020 par rapport au composite pour 2000-2020 (panneau supérieur droit). La carte indique tous les trajets du navire en 2020, avec ceux utilisés dans l'analyse en bleu.*

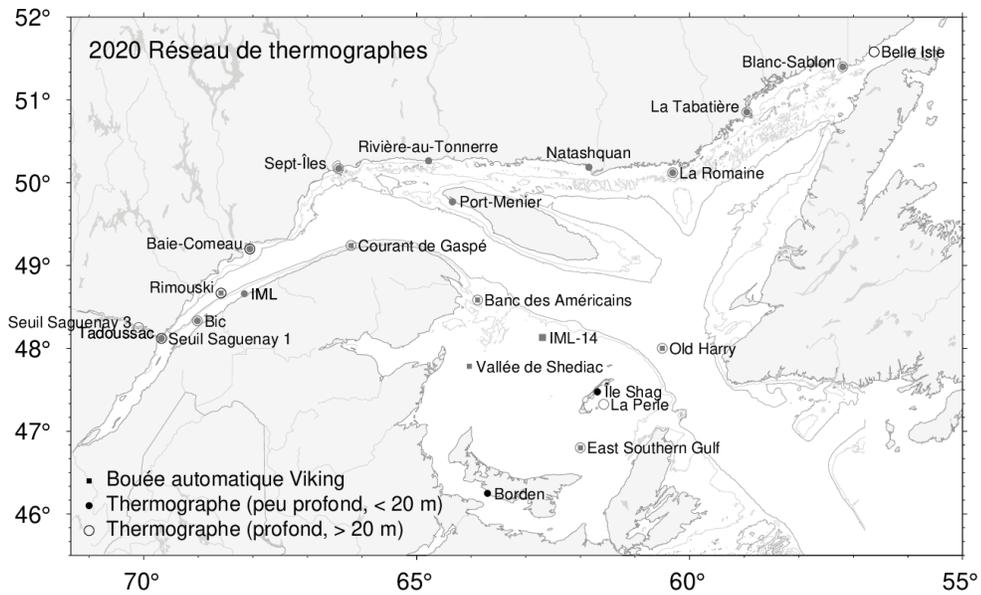


Fig. 13. Stations du réseau de thermographes côtiers de l'Institut Maurice-Lamontagne en 2020, incluant les bouées océanographiques Viking (carrés) qui transmettent des données en temps réel. Les instruments profonds et peu profonds sont démarqués par des cercles ouverts et des points, tandis que les déploiements saisonniers et à l'année sont distingués par la couleur en gris ou en noir.

### Estuary and NW Gulf / Estuaire et NO du Golfe

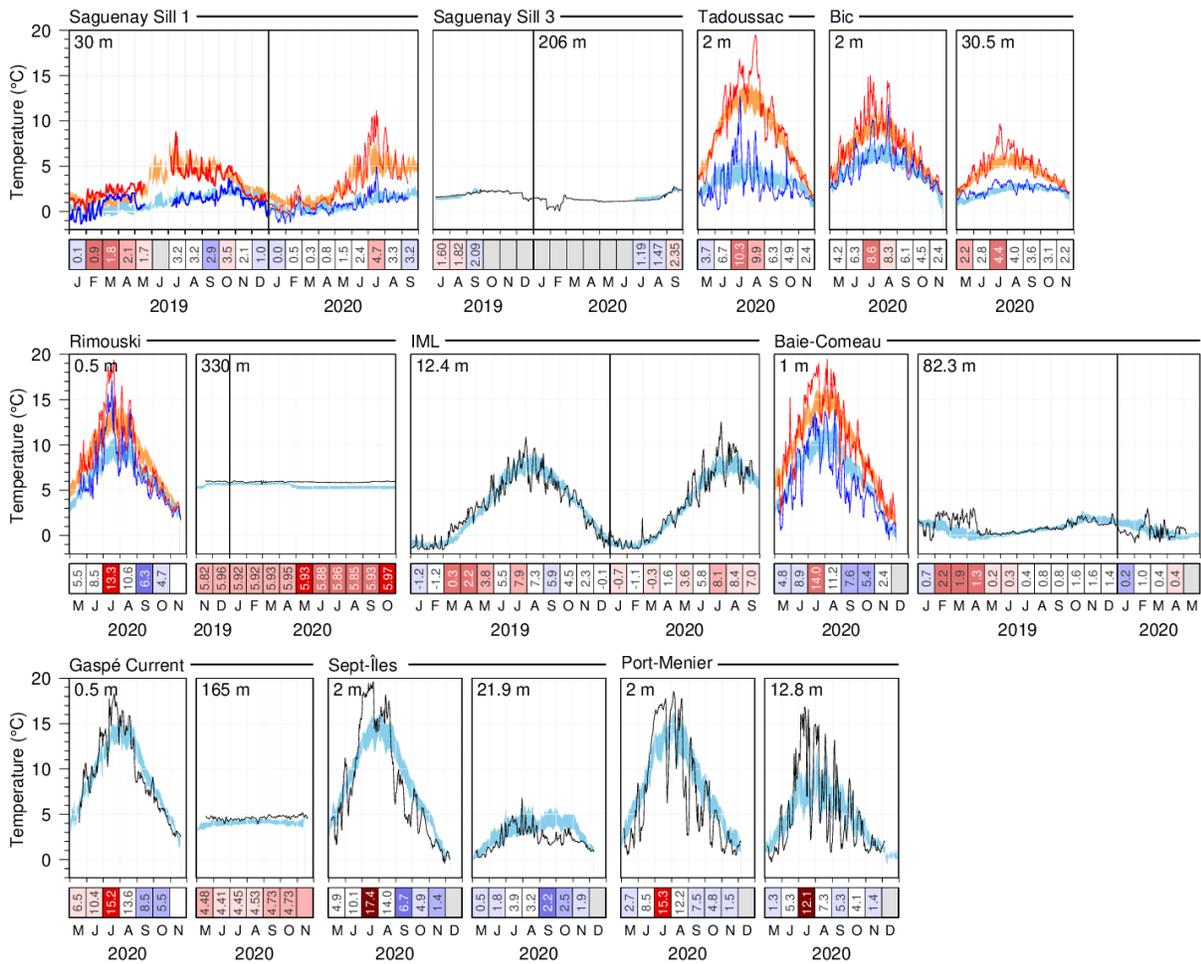


Fig. 14. Données du réseau de thermographes côtiers de l'estuaire et nord-ouest du golfe, montrant la température moyenne quotidienne (ligne noire) comparée à la climatologie historique (moyenne climatologique  $\pm 0,5$  ÉT en bleu). Les stations ayant une grande variabilité associée à la marée indiquent plutôt le minimum (bleu) et le maximum (rouge) quotidien, comparés à leurs climatologies respectives en bleu et orange. Les données de 2019 sont incluses pour les stations qui échantillonnent à l'année. Les tableaux montrent les températures mensuelles moyennes en °C codé par couleur en fonction des anomalies normalisées d'après les climatologies pour chaque mois.

## Lower North Shore / Basse Côte Nord

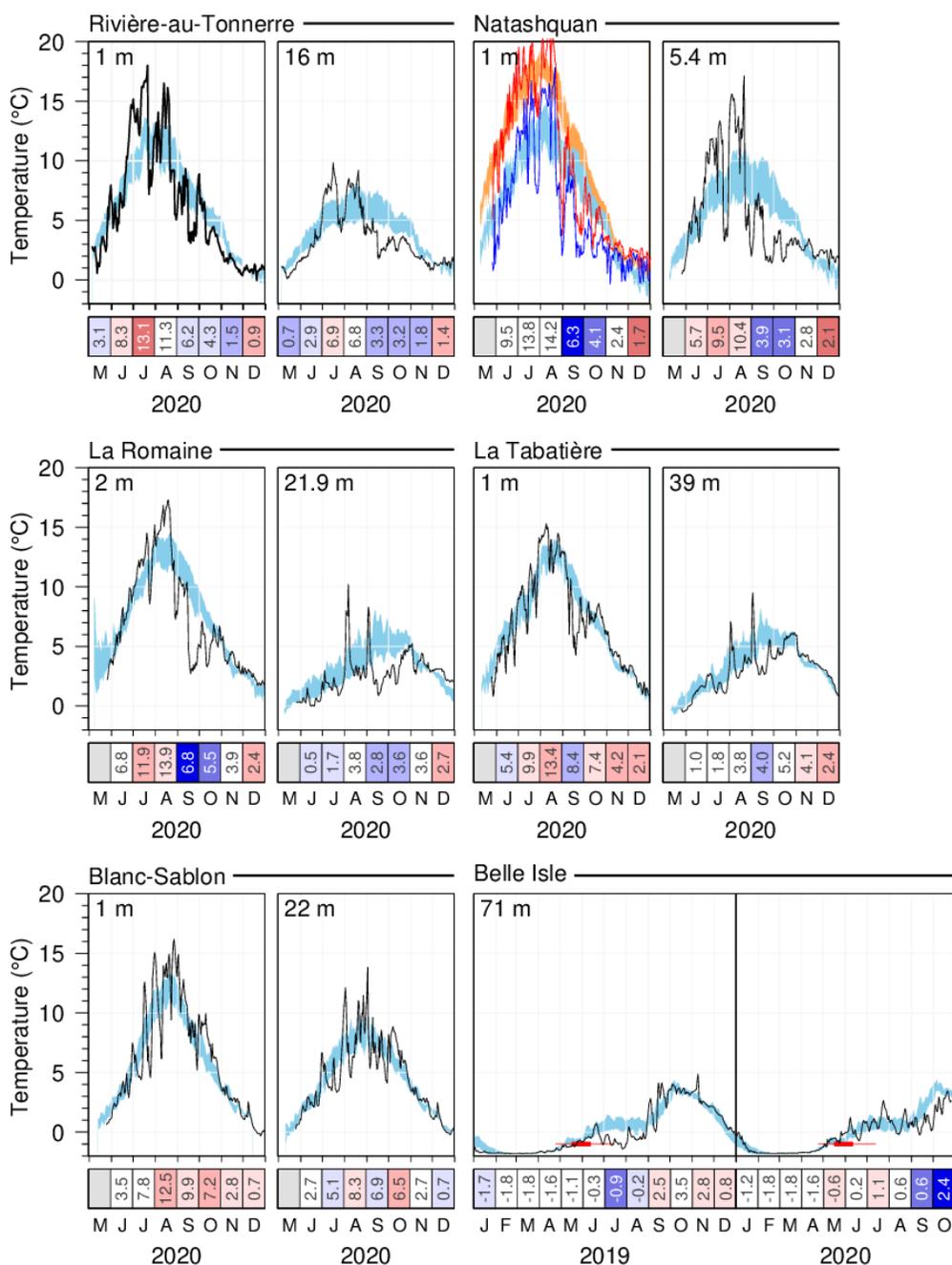


Fig. 15. Données du réseau de thermographes côtiers de la basse côte nord, montrant la température moyenne quotidienne (ligne noire) comparée à la climatologie historique (moyenne climatologique  $\pm 0,5$  ÉT en bleu). Les stations ayant une grande variabilité associée à la marée indiquent plutôt le minimum (bleu) et le maximum (rouge) quotidien, comparés à leurs climatologies respectives en bleu et orange. Les données de 2019 sont incluses pour les stations qui échantillonnent à l'année. Les lignes rouges minces sur le panneau de Belle Isle indiquent la plage historique du moment quand la température printanière a augmenté au-delà de  $-1$  °C, une température associée avec les entrées d'eau hivernale du Plateau du Labrador dans le golfe. Les lignes rouges épaisses montrent la date moyenne plus et moins 0,5 ÉT. Les tableaux montrent la température mensuelle moyenne en °C codée par couleur en fonction des anomalies normalisées d'après les climatologies pour chaque mois.

## Southern Gulf / Sud du Golfe

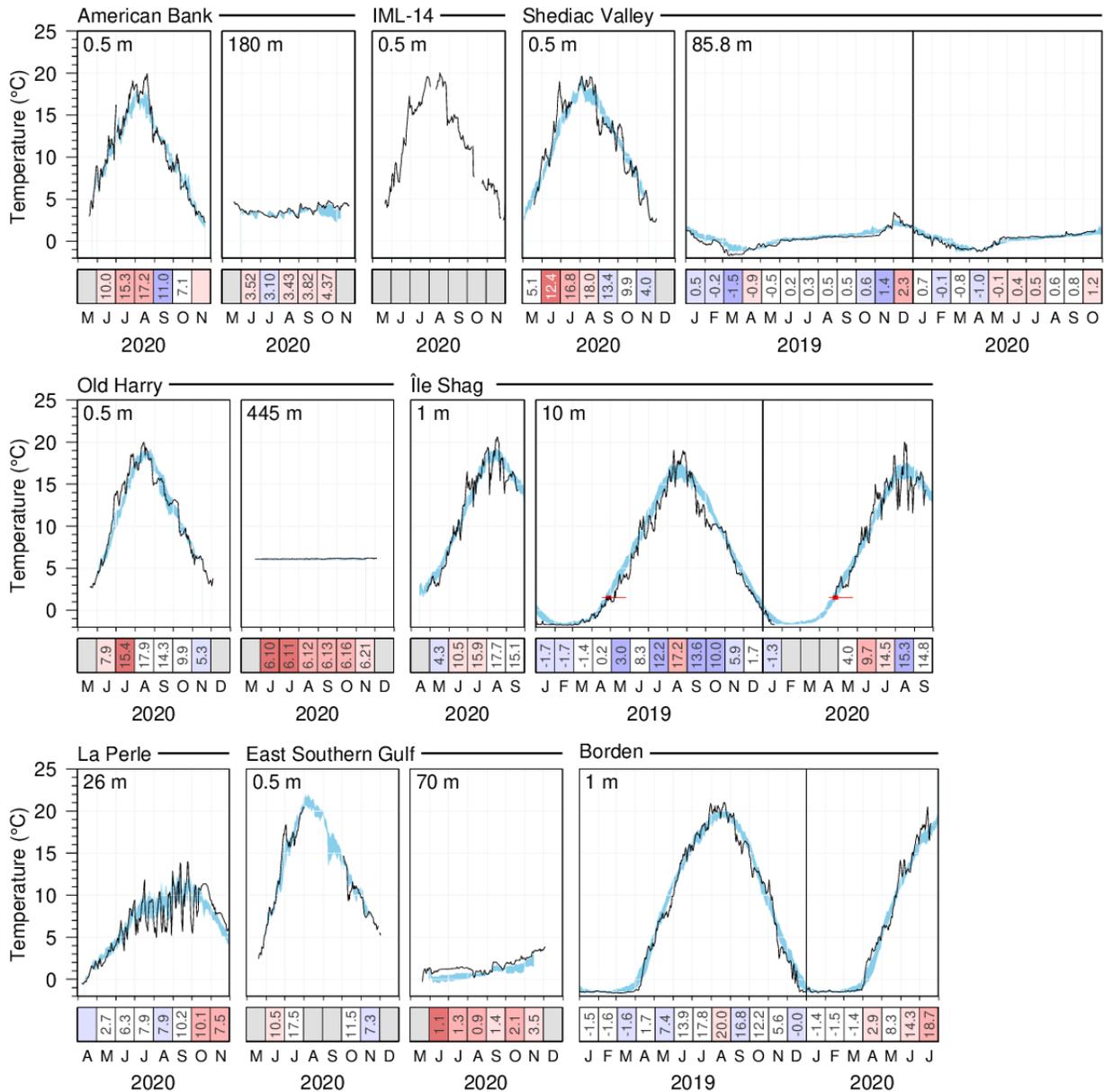


Fig. 16. Données du réseau de thermographes côtiers du sud du golfe, montrant la température moyenne quotidienne (ligne noire) comparée à la climatologie historique (moyenne climatologique  $\pm 0,5$  ÉT en bleu). Les données de 2019 sont incluses pour les stations qui échantillonnent à l'année. Les lignes rouges minces sur le panneau de Île Shag indiquent la plage historique du moment quand la température printanière a augmenté au-delà de  $1,5$  °C, une température associée avec la mobilité du homard. Les lignes rouges épaisses montrent la date moyenne plus et moins  $0,5$  ÉT.

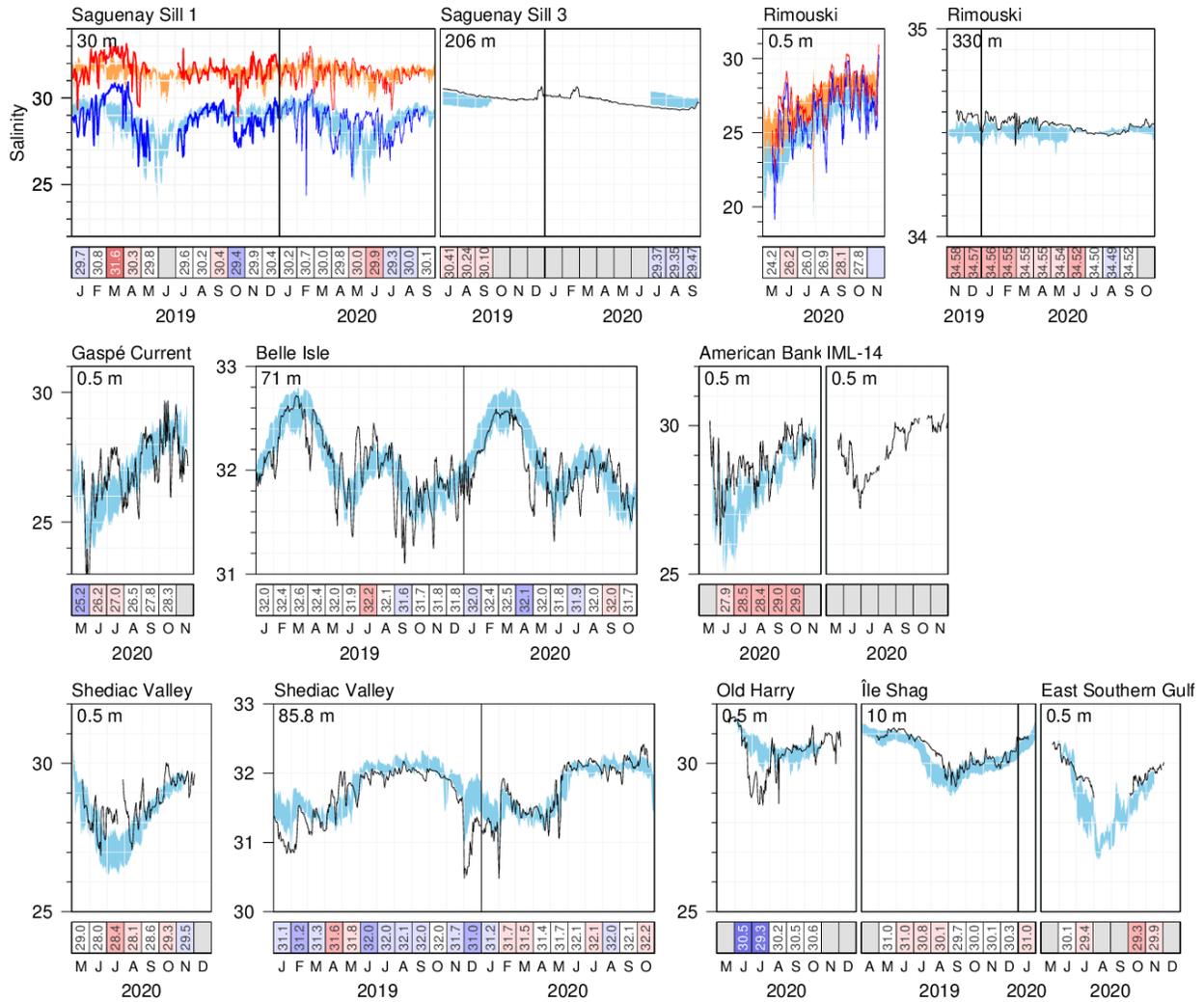
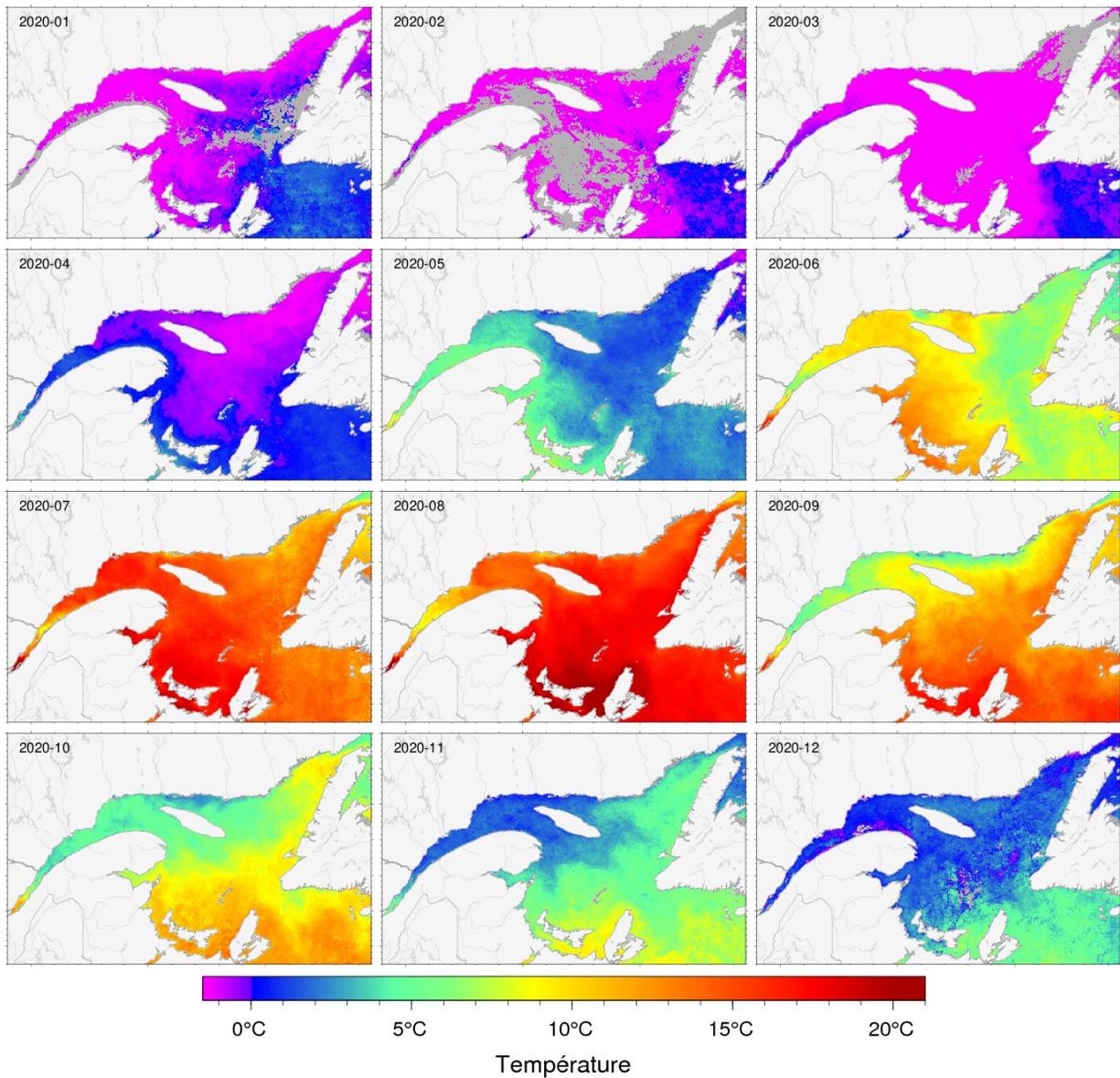
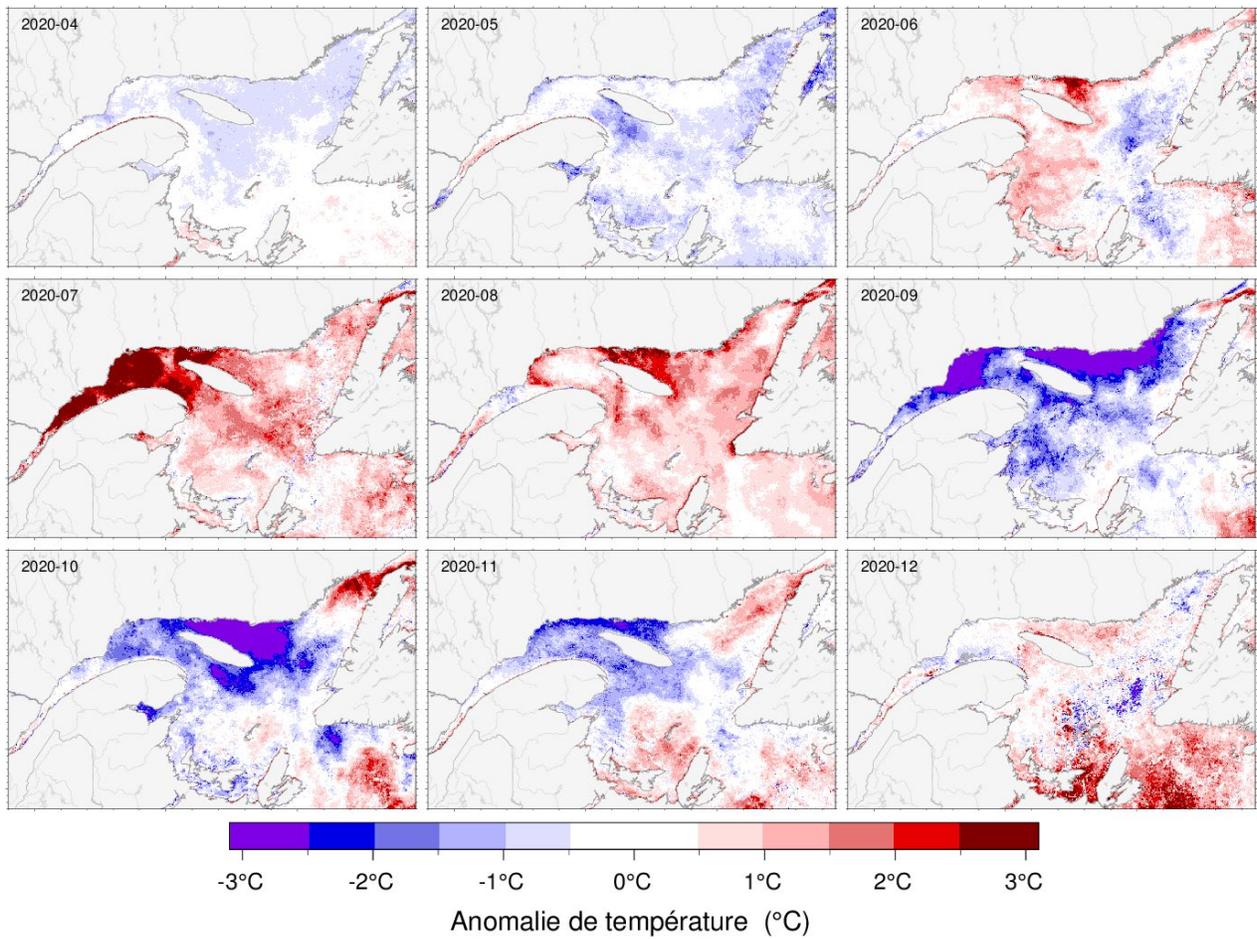


Fig. 17. Données du réseau de thermographes montrant la salinité moyenne quotidienne (ligne noire) comparée à la climatologie historique (moyenne climatologique  $\pm 0,5$  ET en bleu). Les stations ayant une grande variabilité associée à la marée indiquent plutôt le minimum (bleu) et le maximum (rouge) quotidien, comparés à leurs climatologies respectives en bleu et orange. Les données de 2019 sont incluses pour les stations qui échantillonnent à l'année. Les tableaux montrent la salinité mensuelle moyenne codée par couleur en fonction des anomalies normalisées d'après les climatologies pour chaque mois.



*Fig. 18. Moyennes mensuelles de la température de surface de la mer en 2020 telles qu'observées avec les données de télédétection AVHRR. Les zones grises indiquent les zones pour lesquelles les données manquent en raison du couvert de glace ou de nuages.*



*Fig. 19. Anomalies de la température de surface de la mer pour avril à décembre 2020 d'après les climatologies mensuelles calculées pour la période 1985-2010, observées avec les données de télédétection AVHRR. Ceci est l'unique produit de ce rapport qui n'est pas mis à jour avec une climatologie 1991-2020.*

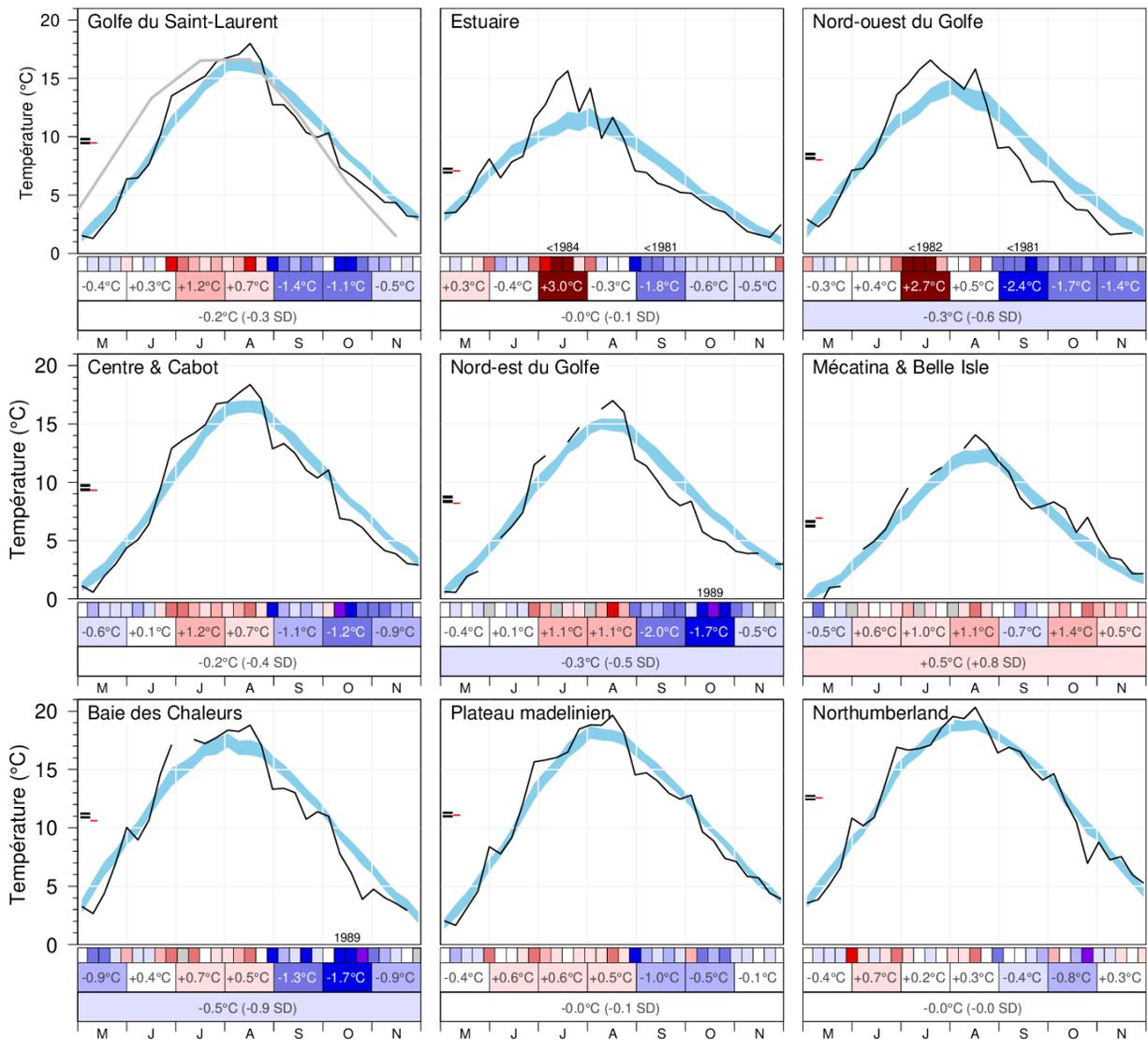


Fig. 20. Moyennes mensuelles de mai à novembre de la SST tirée des données AVHRR pour le golfe et pour huit régions du golfe. La zone bleue représente la moyenne mensuelle climatologique pour 1991–2020  $\pm$  0,5 ÉT. La moyenne climatologique plus et moins un demi-écart-type de la moyenne de température saisonnière sont indiqués par les lignes doubles en noir sur la gauche des panneaux, et la moyenne pour la saison considérée est indiquée en rouge. Les tableaux sont codés par couleurs en fonction des anomalies normalisées d'après les climatologies de 1991–2020 pour chaque semaine, mois ou pour la période de mai à novembre (ligne du bas), mais les nombres sont les anomalies de la température moyenne mensuelle.

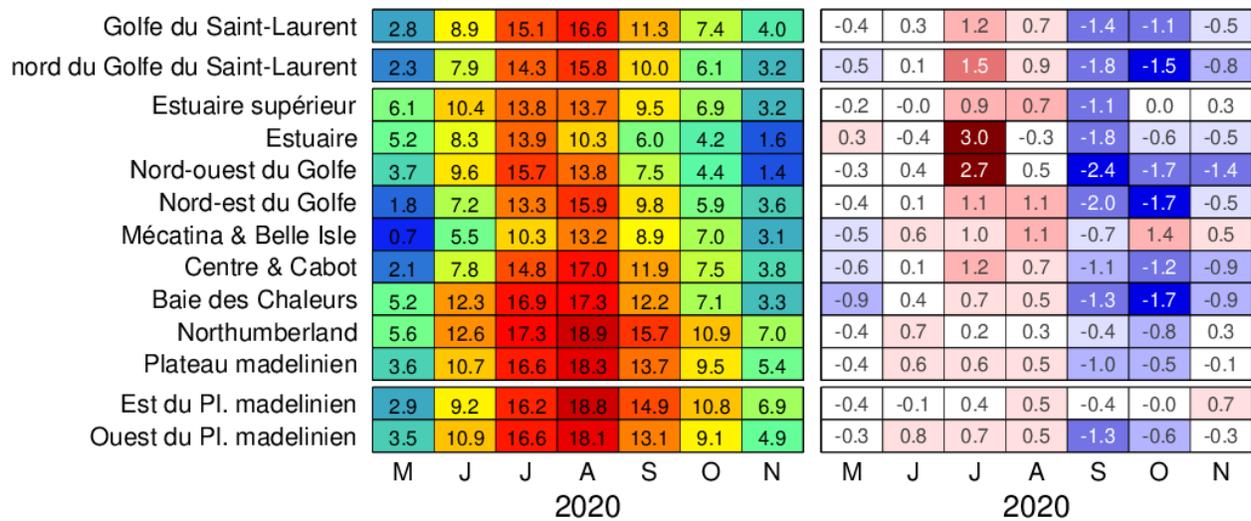


Fig. 21. Anomalies mensuelles de mai à novembre de la SST tirée des données AVHRR, moyennées pour le golfe et pour des régions du golfe en 2020. Le panneau de gauche indique les températures moyennes mensuelles par région. Le panneau de droite indique les anomalies moyennes de température par région exprimées en °C, mais les couleurs sont en fonction des anomalies normalisées mensuelles d'après les climatologies de 1991–2020 pour chaque mois. La région du nord du golfe correspond aux régions du Nord-ouest, Nord-est, Centre et Cabot et est rapportée dans l'Avis Scientifique zonale du PMZA.

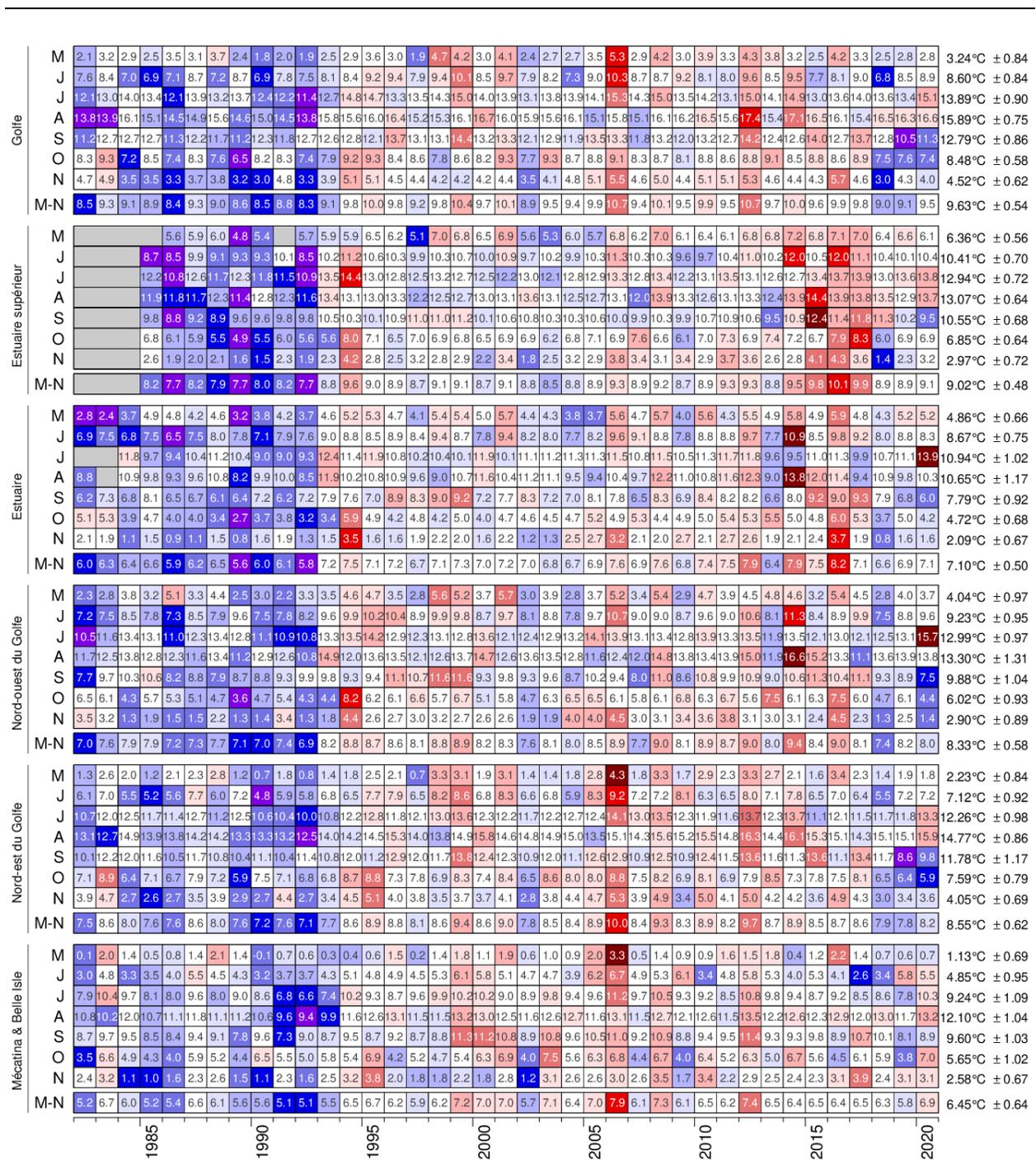


Fig. 22. Anomalies mensuelles de mai à novembre de la SST tirée des données AVHRR, moyennées pour le golfe du Saint-Laurent et pour cinq régions du golfe. Les tableaux sont codés par couleurs en fonction des anomalies normalisées mensuelles d'après les climatologies de 1991–2020 pour chaque mois, mais les nombres sont les températures moyennes mensuelles, en °C. La moyenne pour 1991–2020 et l'écart-type sont indiqués pour chaque mois à droite du tableau. La moyenne de mai à novembre est également indiquée. Les données de 1981 ne sont pas illustrées, car elles ne débutent qu'en septembre.

Centre & Cabot	M	1.8	2.9	2.4	2.0	3.2	2.8	3.2	2.0	1.2	1.6	1.3	2.2	2.1	3.4	2.3	1.5	4.0	3.4	2.6	3.6	1.5	2.1	2.2	3.2	4.6	2.5	3.8	2.4	3.0	2.9	4.0	3.4	2.8	1.7	3.5	2.8	1.7	2.2	2.1	2.68°C ± 0.89	
	J	7.1	7.8	6.0	6.2	6.6	6.3	6.6	8.1	6.2	6.8	6.7	7.3	7.1	8.8	8.2	7.1	8.5	9.5	7.7	9.0	6.8	7.2	6.4	8.2	9.6	7.9	7.6	8.4	7.1	7.2	9.2	7.9	8.8	6.6	7.4	8.3	5.7	7.4	7.8	7.74°C ± 0.95	
	J	11.8	12.7	13.3	13.5	12.2	13.9	12.7	13.6	11.9	12.1	11.1	11.9	14.2	14.4	13.1	13.1	14.2	15.2	13.6	13.9	12.7	12.8	13.7	13.6	15.2	14.1	14.6	13.5	13.7	12.2	15.2	13.9	15.2	12.2	13.3	14.2	13.0	12.7	14.6	13.59°C ± 1.08	
	A	14.0	13.8	16.4	15.6	15.1	15.2	16.0	15.4	15.0	14.5	14.1	15.8	16.2	16.4	16.8	15.7	16.0	16.3	17.4	16.5	16.2	15.8	16.9	15.5	16.3	15.3	16.6	16.7	17.1	15.5	17.9	15.8	17.6	16.7	16.6	16.4	16.9	16.6	17.0	16.31°C ± 0.83	
	S	11.8	12.8	13.0	13.0	12.0	12.7	12.8	11.0	12.6	12.2	13.4	13.0	13.4	12.2	14.1	13.5	13.4	14.9	13.8	13.4	12.1	13.4	12.1	13.4	13.9	11.8	13.4	12.4	13.6	13.6	14.8	12.8	12.9	14.2	12.8	14.0	12.7	10.2	11.8	13.10°C ± 0.97	
	O	8.8	9.6	7.5	8.9	7.9	8.6	7.9	8.8	8.5	8.6	7.7	8.4	9.5	9.5	9.0	8.9	8.0	8.8	8.4	9.5	7.6	9.5	8.8	8.5	9.6	8.2	8.7	8.4	9.2	9.0	9.4	9.3	8.9	9.1	8.8	9.1	7.9	7.7	7.5	8.71°C ± 0.63	
	N	5.0	5.0	3.8	3.6	3.5	3.9	4.0	3.2	3.0	4.9	3.6	4.2	4.8	5.3	4.8	4.6	4.5	4.2	4.7	4.3	3.7	4.1	5.0	5.2	5.9	4.5	5.0	4.7	5.3	5.7	5.9	4.9	4.8	4.4	5.9	4.7	2.8	4.5	3.8	4.69°C ± 0.70	
M-N	8.6	9.2	8.9	9.0	8.6	9.4	9.0	8.6	8.3	8.7	8.3	9.0	9.6	10.0	9.8	9.2	9.8	10.3	9.7	10.0	8.7	9.3	9.3	9.7	10.8	9.2	10.0	9.5	9.8	9.4	10.9	9.7	10.1	9.3	9.8	9.9	8.7	8.8	9.3	9.55°C ± 0.61		
Plateau madelinien	M	2.8	4.0	3.2	3.3	4.2	3.8	4.1	3.5	2.5	2.8	2.5	3.1	3.4	4.0	3.8	2.6	5.8	5.0	3.7	4.6	3.3	3.5	3.6	3.9	6.3	3.9	4.9	4.3	4.7	3.8	5.3	4.5	3.7	3.3	4.7	3.8	3.5	3.2	3.6	3.97°C ± 0.90	
	J	9.3	10.1	8.3	8.1	8.6	10.1	8.3	10.2	8.6	9.7	9.2	9.1	10.0	10.6	10.9	9.2	10.8	12.0	10.2	11.4	9.4	9.6	8.8	9.6	11.6	10.2	10.4	10.7	9.7	9.2	11.0	10.2	10.7	9.0	9.0	11.0	8.2	10.0	10.7	10.06°C ± 0.91	
	J	14.2	14.6	16.1	15.4	14.3	15.8	15.5	15.4	14.6	14.5	13.2	14.5	17.8	16.9	15.2	15.3	16.2	17.4	16.0	16.2	15.1	16.2	15.7	16.0	17.2	16.3	17.2	14.9	16.6	15.0	16.9	16.6	16.7	15.4	15.4	17.0	16.1	15.4	16.6	15.99°C ± 1.02	
	A	15.2	15.7	18.0	17.0	15.8	16.7	17.6	16.7	17.3	16.4	16.0	17.9	18.0	18.1	18.3	17.2	17.4	17.9	18.1	18.4	17.8	17.0	18.1	17.8	17.6	16.8	17.0	18.1	18.4	17.2	19.2	17.4	17.9	18.2	17.9	16.8	18.9	18.3	18.3	17.78°C ± 0.70	
	S	12.9	14.2	14.3	14.3	12.8	13.6	13.7	13.0	14.4	13.8	14.7	15.0	14.5	13.9	15.3	14.9	14.8	15.8	14.9	15.3	14.2	14.7	13.8	15.7	14.9	13.7	14.5	14.0	14.6	14.5	15.6	14.1	14.5	15.4	14.9	14.9	15.2	12.6	13.7	14.62°C ± 0.72	
	O	9.8	10.5	8.9	10.6	8.6	9.7	8.8	8.1	9.9	10.8	9.0	9.7	10.0	10.6	10.3	9.9	9.4	9.7	9.9	11.1	9.8	10.7	10.2	10.3	10.2	10.1	10.0	9.7	10.0	10.4	10.5	10.4	10.1	10.5	10.0	10.4	9.1	9.3	9.5	10.04°C ± 0.48	
	N	5.8	5.5	5.1	4.8	4.3	4.5	4.1	4.2	3.9	5.8	4.4	4.9	6.1	5.9	5.8	5.5	5.1	5.1	5.3	5.2	4.8	5.1	5.3	6.0	6.0	5.7	5.7	5.7	5.6	6.4	6.3	5.6	4.7	5.8	5.8	5.5	3.3	5.6	5.4	5.49°C ± 0.67	
M-N	10.0	10.7	10.6	10.5	9.8	10.6	10.3	10.2	10.5	9.8	10.6	11.4	11.4	11.4	10.7	11.4	11.1	11.1	11.3	11.2	11.0	10.6	11.0	10.8	11.3	12.0	11.0	11.4	11.1	11.4	10.9	12.1	11.3	11.2	11.1	11.3	11.5	10.6	10.6	11.1	11.14°C ± 0.48	
Baie des Chaleurs	M	3.1	3.4			5.6	6.1	5.6	5.9	4.7	4.3	6.2	5.4	5.6	5.5	6.4	5.4	5.1	7.5	7.2	6.1	7.0	4.9	5.7	5.0	5.5	7.8	6.2	7.6	6.1	6.6	5.4	6.6	6.7	6.5	5.3	7.6	5.7	5.9	5.3	5.2	6.09°C ± 0.85
	J	10.3	9.8	9.4	9.8	9.6	11.0	10.9	11.7	10.3	12.5	10.8	11.5	12.2	13.1	12.4	11.3	12.3	13.1	11.6	12.8	10.0	11.8	9.8	11.5	13.2	12.7	11.8	11.0	11.8	11.6	11.8	11.5	14.6	11.2	12.4	12.6	10.8	11.5	12.3	11.91°C ± 1.00	
	J	15.2			15.9	15.1	13.5	15.2	15.4	15.9	14.3	14.4	13.6	16.4	17.2	17.4	16.0	15.4	16.3	15.5	15.7	16.0	15.2	16.9	16.1	17.0	16.8	16.6	17.2	14.8	16.6	16.2	16.6	16.4	17.1	15.6	15.9	16.1	16.3	15.7	16.9	16.16°C ± 0.87
	A	15.1	15.5	17.4	16.0	14.8	15.3	16.9	15.5	17.4	16.8	15.0	18.1	16.4	17.6	17.2	15.8	16.6	16.7	16.6	17.1	17.4	16.0	17.1	16.8	16.7	16.0	16.9	17.2	17.1	16.3	18.4	15.6	17.8	18.0	16.8	15.1	17.3	16.2	17.3	16.78°C ± 0.83	
	S	11.2	11.9	13.4	13.4	11.3	11.7	12.3	12.3	13.5	13.2	13.1	13.7	12.4	13.2	14.2	13.4	14.1	14.7	13.5	13.9	13.3	13.6	13.3	14.1	12.8	13.8	13.4	14.0	13.8	14.1	12.3	14.5	15.3	14.0	13.8	13.8	12.3	12.2	13.56°C ± 0.71		
	O	9.4	8.7	8.2	8.1	7.6	8.3	7.2	6.6	8.2	8.7	7.5	7.5	9.2	9.0	9.1	8.6	8.4	8.9	8.2	9.2	8.3	9.1	9.3	8.8	9.3	8.8	8.5	8.5	8.6	9.8	8.9	9.5	8.8	10.0	9.6	9.6	7.3	8.8	7.1	8.76°C ± 0.71	
	N	4.2	3.3	3.5	3.4	3.4	2.9	2.7	2.6	4.4	2.7	3.2	5.3	3.8	4.3	4.3	4.2	4.0	3.8	4.2	3.4	3.9	4.2	4.7	5.4	4.0	4.0	4.6	4.8	5.1	4.4	4.7	3.9	5.1	6.0	3.9	1.7	4.2	3.3	4.19°C ± 0.82		
M-N	9.6	9.8	10.4	10.2	9.5	10.1	10.2	9.9	10.1	10.8	9.7	10.8	11.2	11.5	11.2	10.6	11.3	11.6	10.8	11.4	10.3	11.0	10.7	11.1	11.9	11.0	11.4	10.8	11.4	11.2	11.5	10.5	11.9	11.5	11.8	10.9	10.4	10.6	10.6	11.06°C ± 0.49		
Northumberland	M	4.4	4.6			4.9	5.6	4.4	5.5	5.7	4.2	4.7	4.3	4.5	5.8	5.9	6.2	4.6	7.3	7.1	5.7	6.7	5.5	5.5	5.5	5.6	7.9	6.0	5.9	6.4	7.1	5.9	7.4	6.5	6.1	5.6	6.8	6.3	5.7	5.7	5.6	6.00°C ± 0.87
	J	11.2	11.5	9.7	10.3	10.3	10.5	10.4	11.5	11.1	11.8	10.4	10.8	12.3	11.7	12.4	10.9	12.1	13.5	12.2	12.7	11.1	11.9	10.6	11.4	13.1	12.1	12.2	12.5	11.9	10.7	12.0	12.6	12.3	10.8	11.6	12.7	10.7	11.9	12.6	11.85°C ± 0.80	
	J	15.8	16.7	16.5	15.4	15.0	16.3	16.6	16.2	16.5	16.8	14.5	16.3	19.0	17.4	16.4	16.9	17.2	18.0	17.0	17.3	16.4	17.4	16.6	16.9	17.7	17.5	18.2	16.1	18.0	16.2	17.7	18.3	17.7	16.8	17.1	17.9	17.6	17.2	17.3	17.18°C ± 0.85	
	A	16.9	17.1	18.8	17.4	16.7	17.6	17.9	17.7	18.9	17.9	17.5	18.4	19.3	18.5	18.8	18.4	18.9	19.2	18.3	19.4	18.9	18.0	18.8	18.5	18.1	18.4	17.4	18.8	18.8	17.7	19.4	18.7	18.5	18.9	18.4	18.5	19.7	19.1	18.9	18.59°C ± 0.55	
	S	14.7	16.0	15.7	15.8	14.2	14.7	14.8	15.0	16.0	15.4	16.3	16.3	16.0	15.6	16.2	15.9	16.2	17.4	16.2	16.8	16.4	16.3	15.7	16.8	16.1	16.1	15.5	15.4	16.1	15.8	16.5	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	15.1	15.7	16.16°C ± 0.51
	O	11.4	11.8	10.7	11.6	10.1	11.1	10.4	10.0	11.5	11.9	10.6	11.3	11.9	12.7	10.9	11.1	11.1	11.5	11.5	13.0	12.0	12.5	11.7	12.0	12.0	12.5	11.5	11.0	11.8	12.2	12.0	12.0	12.0	12.1	11.5	12.7	10.4	10.3	10.9	11.69°C ± 0.68	
	N	6.5	6.5	5.6	5.1	5.7	5.3	5.8	4.9	6.6	5.5	6.1	7.5	7.4	6.5	6.4	6.4	6.4	6.2	6.8	5.5	6.5	6.2	7.2	7.4	7.4	6.8	6.6	6.7	7.2	7.6	6.5	6.6	7.1	7.5	7.2	4.4	6.6	7.0	6.66°C ± 0.69		
M-N	11.4	12.0	11.9	11.6	11.0	11.5	11.6	11.7	11.9	12.2	11.3	12.0	13.1	12.7	12.5	12.0	12.7	13.3	12.4	13.2	12.2	12.6	12.2	12.6	13.2	12.9	12.5	12.4	12.9	12.3	13.2	12.9	12.8	12.6	12.8	13.1	12.1	12.3	12.6	12.59°C ± 0.45		
Laurentien Hermitage	M	2.6	4.2	3.3	1.4	3.3	2.8	3.7	1.9	1.5	1.7	1.6	2.4	2.6	2.9	2.9	1.6	4.2	4.5	3.4	3.5	2.2	2.3	2.9	3.7	4.8	2.6	2.7	3.3	3.3	3.6	5.0	3.9	2.9	2.9	3.5	3.0	2.5	2.5	2.7	3.05°C ± 0.85	
	J	7.1	8.0	6.5	5.9	6.8	7.2	7.3	7.6	5.8	6.0	6.4	6.8	8.0	7.7	7.8	6.8	9.1	9.9	8.1	8.7	7.0	7.2	6.5	7.8	8.7	7.9	7.4	8.6	7.0	6.8	9.2	8.2	8.2	6.5	8.0	7.2	5.7	7.1	7.3	7.58°C ± 0.99	
	J																																									

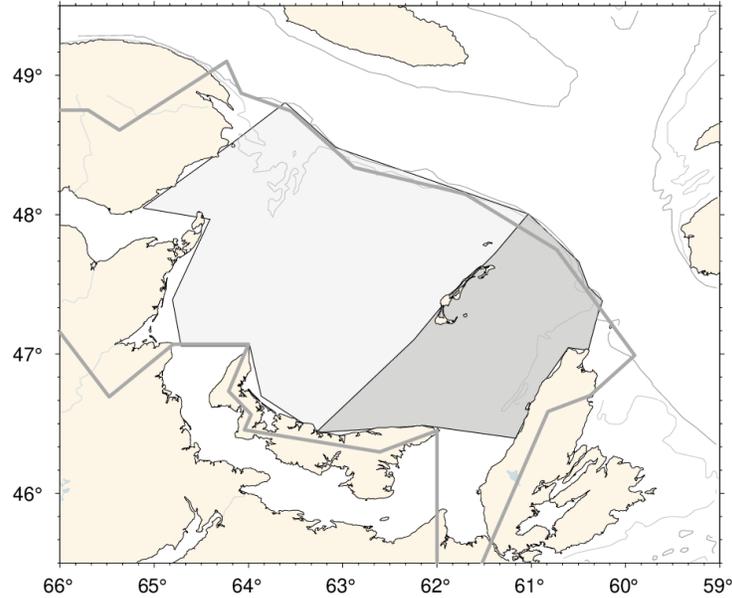


Fig. 24. Zones définies comme l'ouest et l'est du plateau madelinien. La ligne grise en trait épais montre le contour de la région du plateau madelinien (Fig. 2).

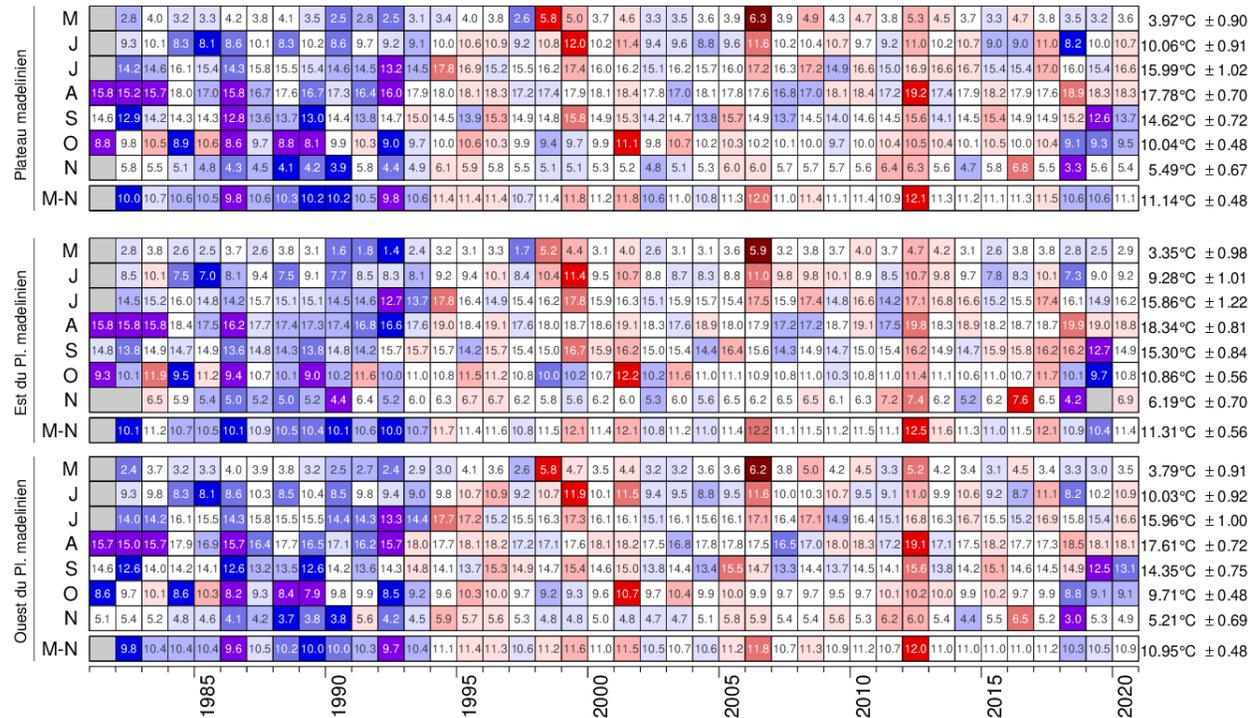


Fig. 25. Anomalies mensuelles de mai à novembre de la SST tirée des données AVHRR, moyennée pour le plateau madelinien (Fig. 2) et pour les sous-régions Est et Ouest du plateau madelinien (Fig. 24). Les tableaux sont codés par couleurs en fonction des anomalies normalisées mensuelles d'après les climatologies de 1991–2020 pour chaque mois, mais les nombres sont les températures moyennes mensuelles, en °C. La moyenne pour 1991–2020 et l'écart-type sont indiqués pour chaque mois à droite du tableau.

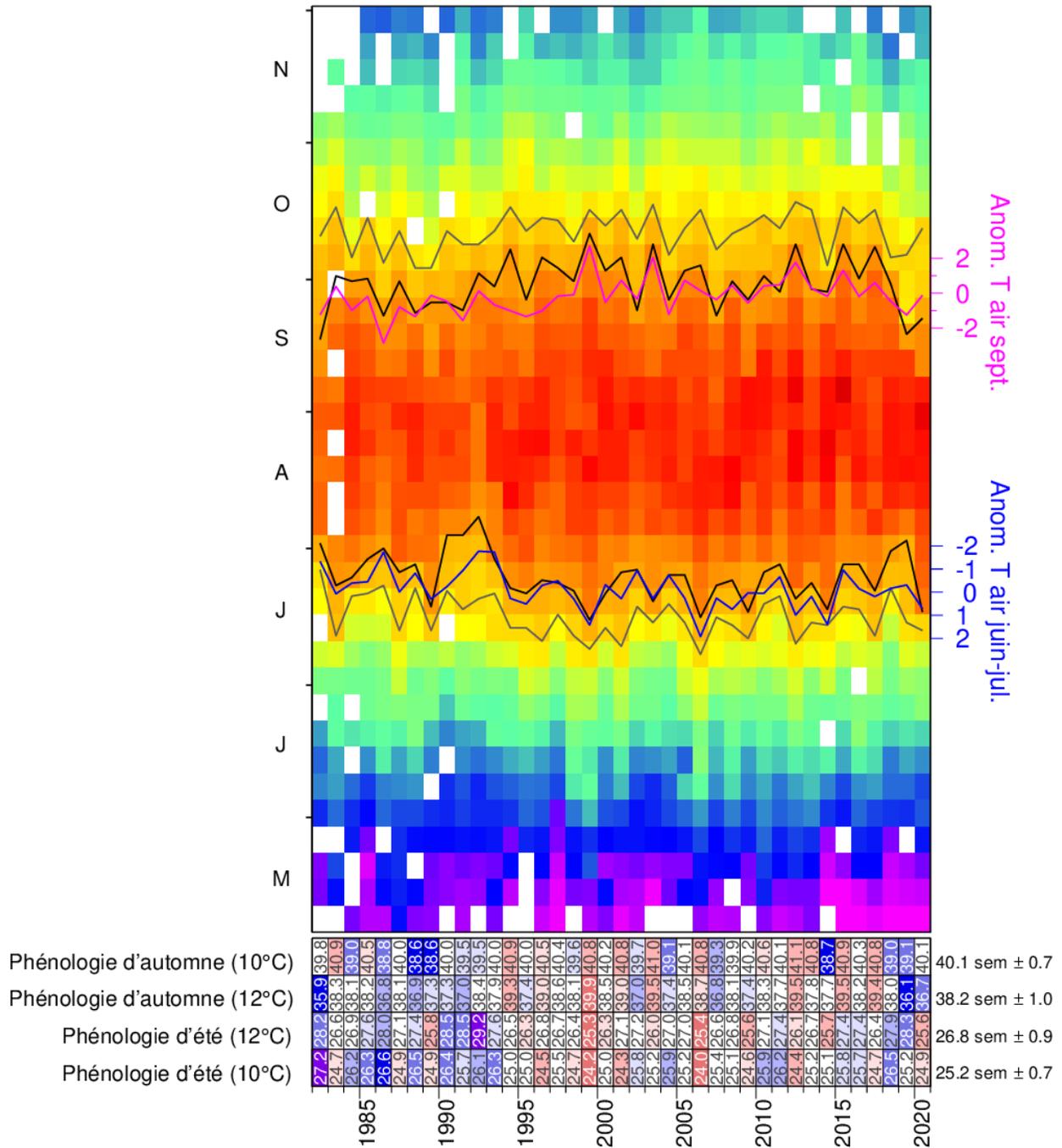


Fig. 26. Matrice de la SST hebdomadaire moyenne (1982–2020) pour le golfe du Saint-Laurent. Les lignes noires représentent la première et la dernière occurrence de l'isotherme de 12 °C et les indicateurs indirects tirés de la température moyenne de l'air en juin-juillet (bleu) ainsi qu'en septembre (magenta) sont également indiqués (axes à droite). Les lignes grises représentent la première et la dernière occurrence de l'isotherme de 10 °C. Les tableaux sont codés par couleurs en fonction des anomalies normalisées d'après la série chronologique de 1991–2020, mais les nombres indiquent le nombre de semaines pendant lesquelles le seuil a été dépassé. Actualisé à partir de Galbraith et Larouche 2013.

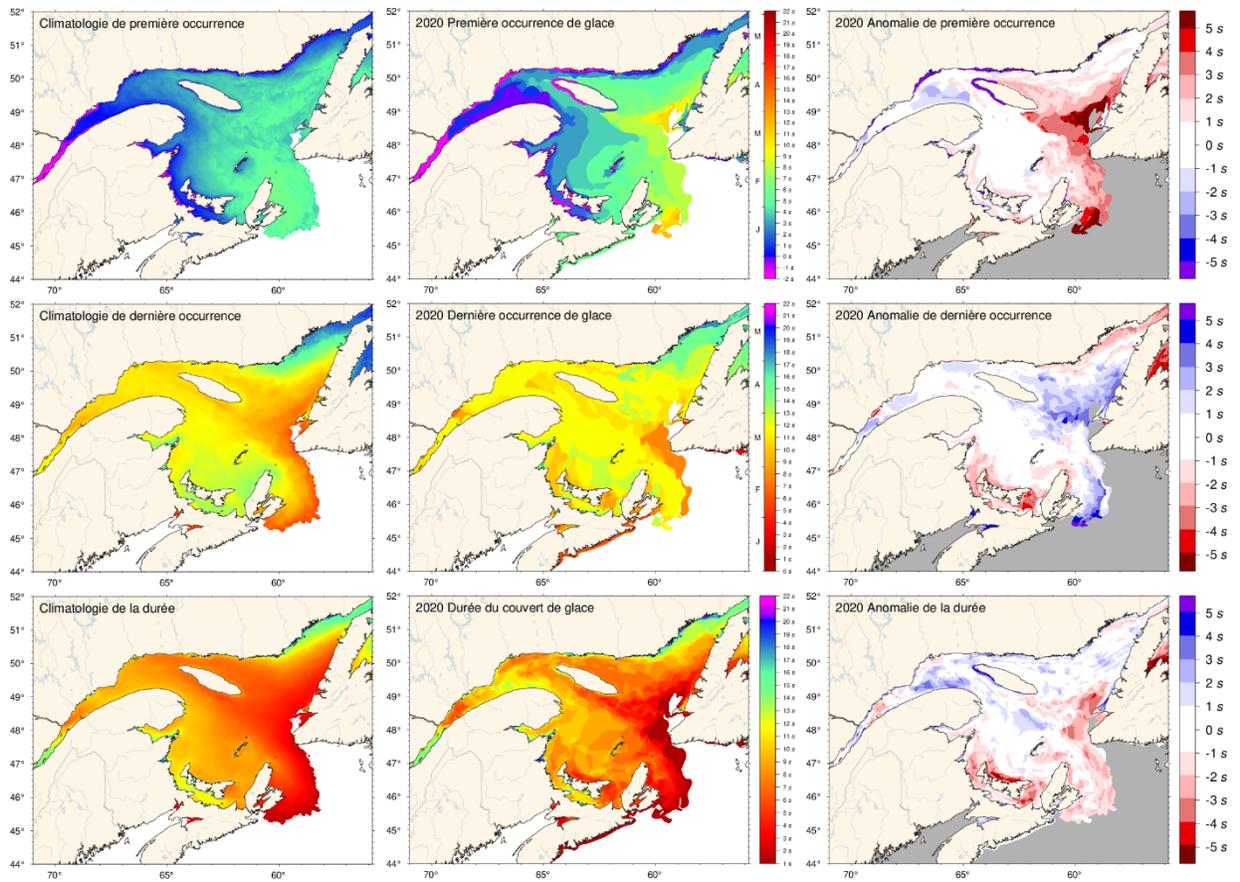


Fig. 27. Première apparition et dernière apparition de glace, et durée de la saison des glaces selon les données hebdomadaires. Les climatologies de 1991–2020 sont indiquées (gauche), de même que les valeurs de 2020 (milieu) et les anomalies (droite). La première apparition et la dernière occurrence sont définies comme la première carte et la dernière carte sur laquelle une quantité de glace est signalée pour chaque pixel et sont indiquées comme un jour de l'année. La durée des glaces est la somme du nombre de semaines où chaque pixel indique un couvert de glace. Les climatologies sont indiquées pour les pixels où la glace de mer est présente au moins 15 années sur 30 et par conséquent, indiquent aussi la zone pour laquelle il existe une probabilité de 50 % que de la glace de mer soit présente à un moment donné durant l'année.

Région	Première occurrence de glace		Dernière occurrence de glace		Durée de la saison de glace		Volume maximum saisonnier (km³)		Mean ± S.D.
	Année	Anomalie	Année	Anomalie	Année	Anomalie	Année	Anomalie	
Estuaire supérieur	1970	54	103	84	0	17	0.0	1.7	0.9
	1971	17	104	101	39	68	1.4	1.6	0.4
	1972	25	104	99	53	142	5.0	7.5	0.6
	1973	35	104	93	142	50	7.5	6.5	0.7
	1974	17	104	104	158	74	124	76	83
	1975	17	104	104	158	74	124	76	83
	1976	17	104	104	158	74	124	76	83
	1977	17	104	104	158	74	124	76	83
	1978	17	104	104	158	74	124	76	83
	1979	17	104	104	158	74	124	76	83
Estuaire	1970	12	12	12	25	29	12	12	12
	1971	12	12	12	25	29	12	12	12
	1972	12	12	12	25	29	12	12	12
	1973	12	12	12	25	29	12	12	12
	1974	12	12	12	25	29	12	12	12
	1975	12	12	12	25	29	12	12	12
	1976	12	12	12	25	29	12	12	12
	1977	12	12	12	25	29	12	12	12
	1978	12	12	12	25	29	12	12	12
	1979	12	12	12	25	29	12	12	12
Nord-ouest du Golfe	1970	5	10	5	10	5	10	5	10
	1971	5	10	5	10	5	10	5	10
	1972	5	10	5	10	5	10	5	10
	1973	5	10	5	10	5	10	5	10
	1974	5	10	5	10	5	10	5	10
	1975	5	10	5	10	5	10	5	10
	1976	5	10	5	10	5	10	5	10
	1977	5	10	5	10	5	10	5	10
	1978	5	10	5	10	5	10	5	10
	1979	5	10	5	10	5	10	5	10
Nord-est du Golfe	1970	4	4	4	4	4	4	4	4
	1971	4	4	4	4	4	4	4	4
	1972	4	4	4	4	4	4	4	4
	1973	4	4	4	4	4	4	4	4
	1974	4	4	4	4	4	4	4	4
	1975	4	4	4	4	4	4	4	4
	1976	4	4	4	4	4	4	4	4
	1977	4	4	4	4	4	4	4	4
	1978	4	4	4	4	4	4	4	4
	1979	4	4	4	4	4	4	4	4
Centre & Cabot	1970	4	4	4	4	4	4	4	4
	1971	4	4	4	4	4	4	4	4
	1972	4	4	4	4	4	4	4	4
	1973	4	4	4	4	4	4	4	4
	1974	4	4	4	4	4	4	4	4
	1975	4	4	4	4	4	4	4	4
	1976	4	4	4	4	4	4	4	4
	1977	4	4	4	4	4	4	4	4
	1978	4	4	4	4	4	4	4	4
	1979	4	4	4	4	4	4	4	4
Mécatina & Belle Isle	1970	4	4	4	4	4	4	4	4
	1971	4	4	4	4	4	4	4	4
	1972	4	4	4	4	4	4	4	4
	1973	4	4	4	4	4	4	4	4
	1974	4	4	4	4	4	4	4	4
	1975	4	4	4	4	4	4	4	4
	1976	4	4	4	4	4	4	4	4
	1977	4	4	4	4	4	4	4	4
	1978	4	4	4	4	4	4	4	4
	1979	4	4	4	4	4	4	4	4
Plateau madelinien	1970	4	4	4	4	4	4	4	4
	1971	4	4	4	4	4	4	4	4
	1972	4	4	4	4	4	4	4	4
	1973	4	4	4	4	4	4	4	4
	1974	4	4	4	4	4	4	4	4
	1975	4	4	4	4	4	4	4	4
	1976	4	4	4	4	4	4	4	4
	1977	4	4	4	4	4	4	4	4
	1978	4	4	4	4	4	4	4	4
	1979	4	4	4	4	4	4	4	4
Baie des Chaleurs	1970	4	4	4	4	4	4	4	4
	1971	4	4	4	4	4	4	4	4
	1972	4	4	4	4	4	4	4	4
	1973	4	4	4	4	4	4	4	4
	1974	4	4	4	4	4	4	4	4
	1975	4	4	4	4	4	4	4	4
	1976	4	4	4	4	4	4	4	4
	1977	4	4	4	4	4	4	4	4
	1978	4	4	4	4	4	4	4	4
	1979	4	4	4	4	4	4	4	4
Northumberland	1970	4	4	4	4	4	4	4	4
	1971	4	4	4	4	4	4	4	4
	1972	4	4	4	4	4	4	4	4
	1973	4	4	4	4	4	4	4	4
	1974	4	4	4	4	4	4	4	4
	1975	4	4	4	4	4	4	4	4
	1976	4	4	4	4	4	4	4	4
	1977	4	4	4	4	4	4	4	4
	1978	4	4	4	4	4	4	4	4
	1979	4	4	4	4	4	4	4	4
Laurentien Hermitage	1970	4	4	4	4	4	4	4	4
	1971	4	4	4	4	4	4	4	4
	1972	4	4	4	4	4	4	4	4
	1973	4	4	4	4	4	4	4	4
	1974	4	4	4	4	4	4	4	4
	1975	4	4	4	4	4	4	4	4
	1976	4	4	4	4	4	4	4	4
	1977	4	4	4	4	4	4	4	4
	1978	4	4	4	4	4	4	4	4
	1979	4	4	4	4	4	4	4	4

Fig. 28. Premier jour et dernier jour d'occurrence de glace, durée du couvert de glace et volume saisonnier maximal de glace, par région. La durée pendant laquelle la glace a été observée pour la première et la dernière fois, en jours, depuis le début de chaque année, est indiquée pour chaque région et le code de couleurs exprime l'anomalie par rapport à la climatologie de 1991–2020, le bleu représentant une première occurrence plus précoce et une dernière occurrence plus tardive. Le seuil d'occurrence est de 5 % du plus grand volume de glace jamais enregistré dans la région. Les nombres dans le tableau indiquent soit le jour réel de l'année, soit le volume, mais le code de couleurs correspond aux anomalies normalisées d'après la climatologie de chaque région. La durée est le nombre de jours pendant lequel le seuil a été dépassé. Tous les résultats sont tirés des données hebdomadaires.

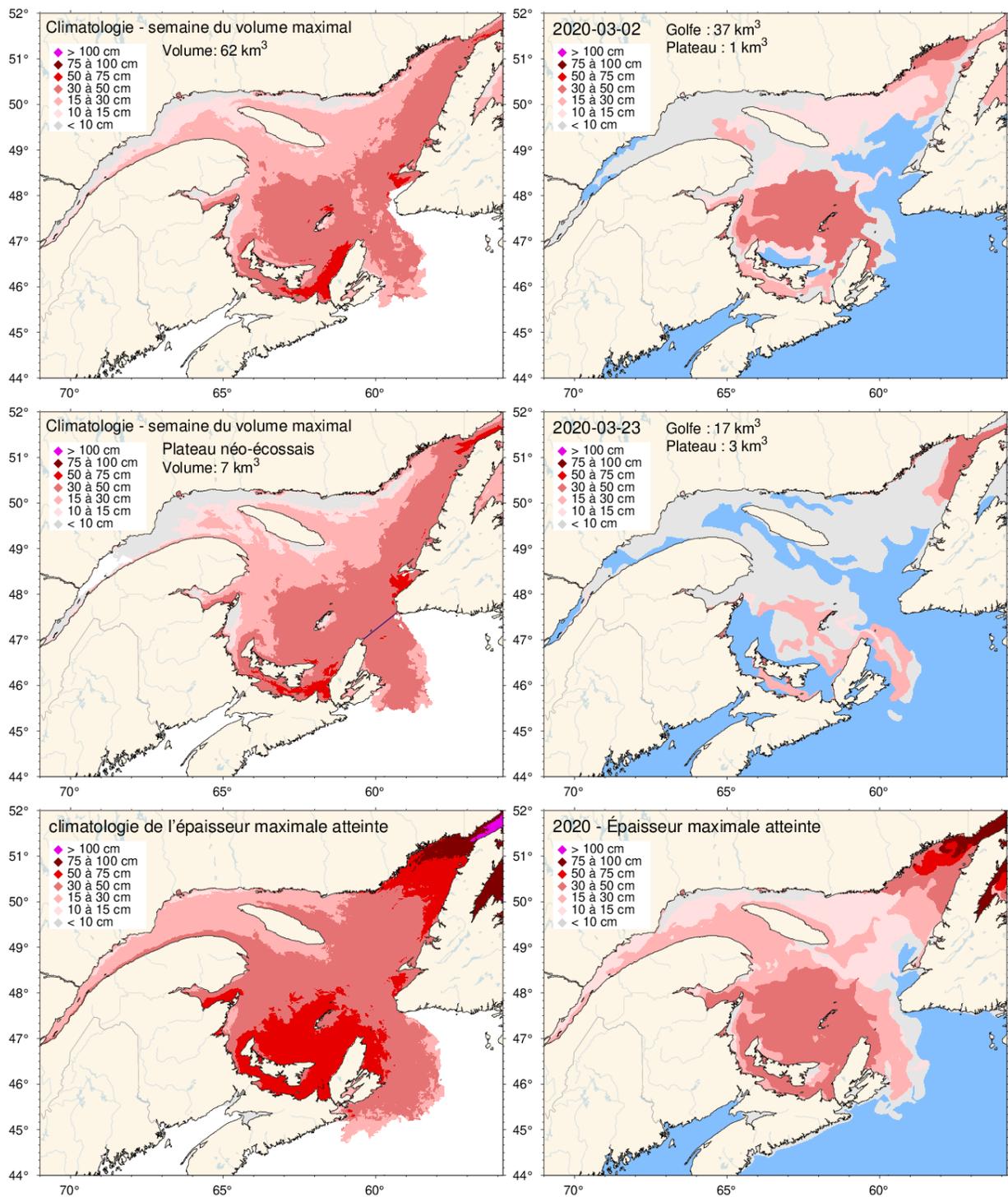


Fig. 29. Carte de glace hebdomadaire où l'épaisseur moyenne était maximale en 2020, y compris la partie couvrant le plateau néo-écossais (panneau supérieur droit) et de même pour la semaine durant laquelle le volume couvrant seulement le plateau néo-écossais était maximal (milieu droit). Les climatologies 1991-2020 sont illustrées du côté gauche. Noter que ces cartes représentent la répartition de l'épaisseur de la glace pendant la semaine considérée et non le maximum observé à un emplacement donné pendant l'année. Cette information est donnée dans les panneaux inférieurs, qui illustrent la climatologie de 1991-2020 et la répartition en 2020 de la glace la plus épaisse enregistrée pendant la saison dans un emplacement quelconque.

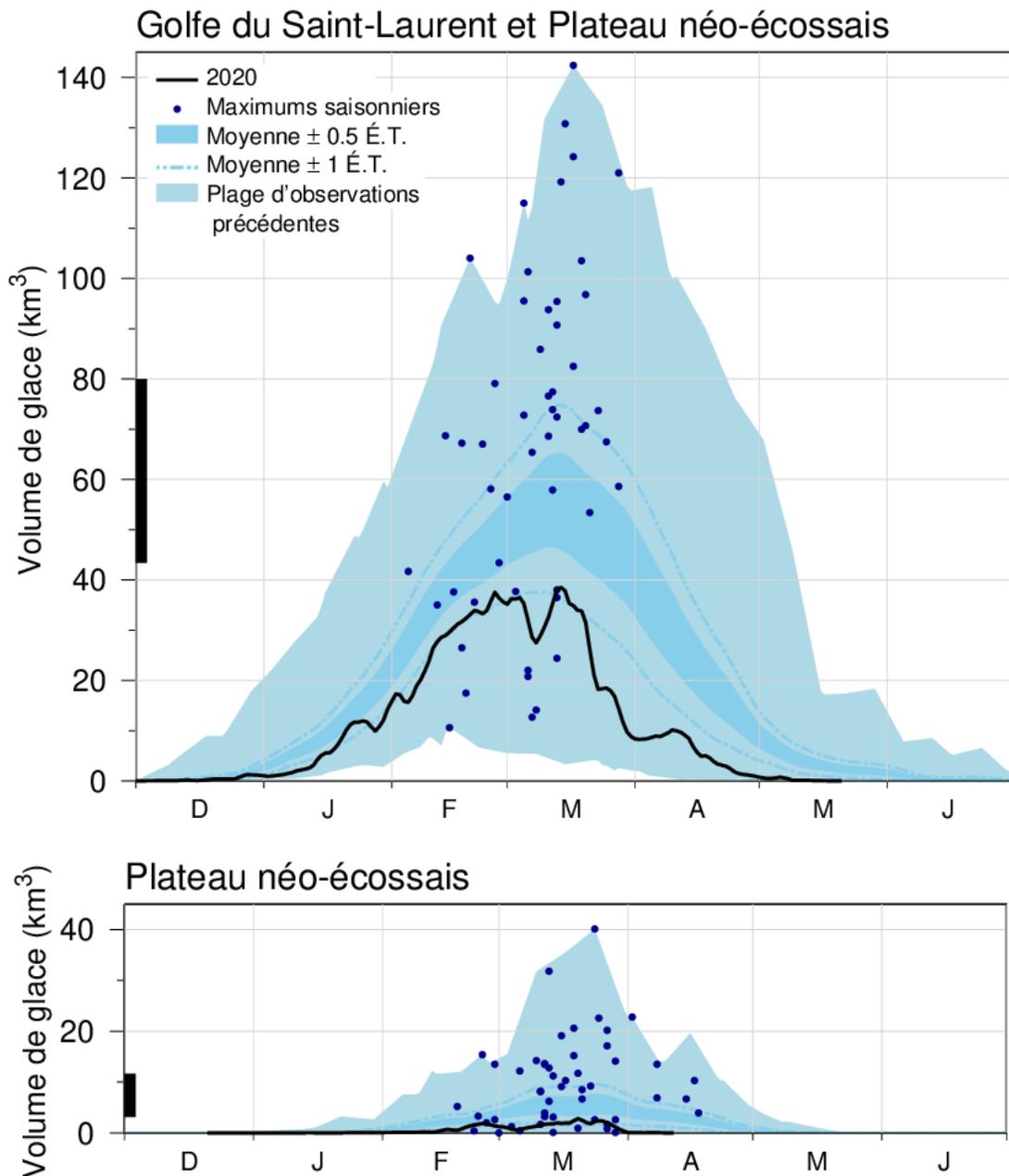


Fig. 30. Série chronologique du volume de glace quotidien moyen en 2019-2020 pour le golfe du Saint-Laurent et le plateau néo-écossais (panneau du haut, ligne noire) ainsi que pour le plateau néo-écossais seul (panneau du bas, ligne noire). Aussi illustrés sont les volumes moyens climatologiques de 1991–2020 plus et moins 0,5 et 1 ÉT (zone en bleu foncé et ligne pointillée), les plages minimales et maximales des observations de 1969 à 2020 (bleu clair) ainsi que la date et le volume des maximums saisonniers de 1969 à 2020 (points bleus). La ligne noire épaisse sur la gauche indique le volume moyen plus et moins 0,5 ÉT du volume annuel maximal de glace, qui est supérieur au pic de la répartition du volume quotidien moyen de glace.

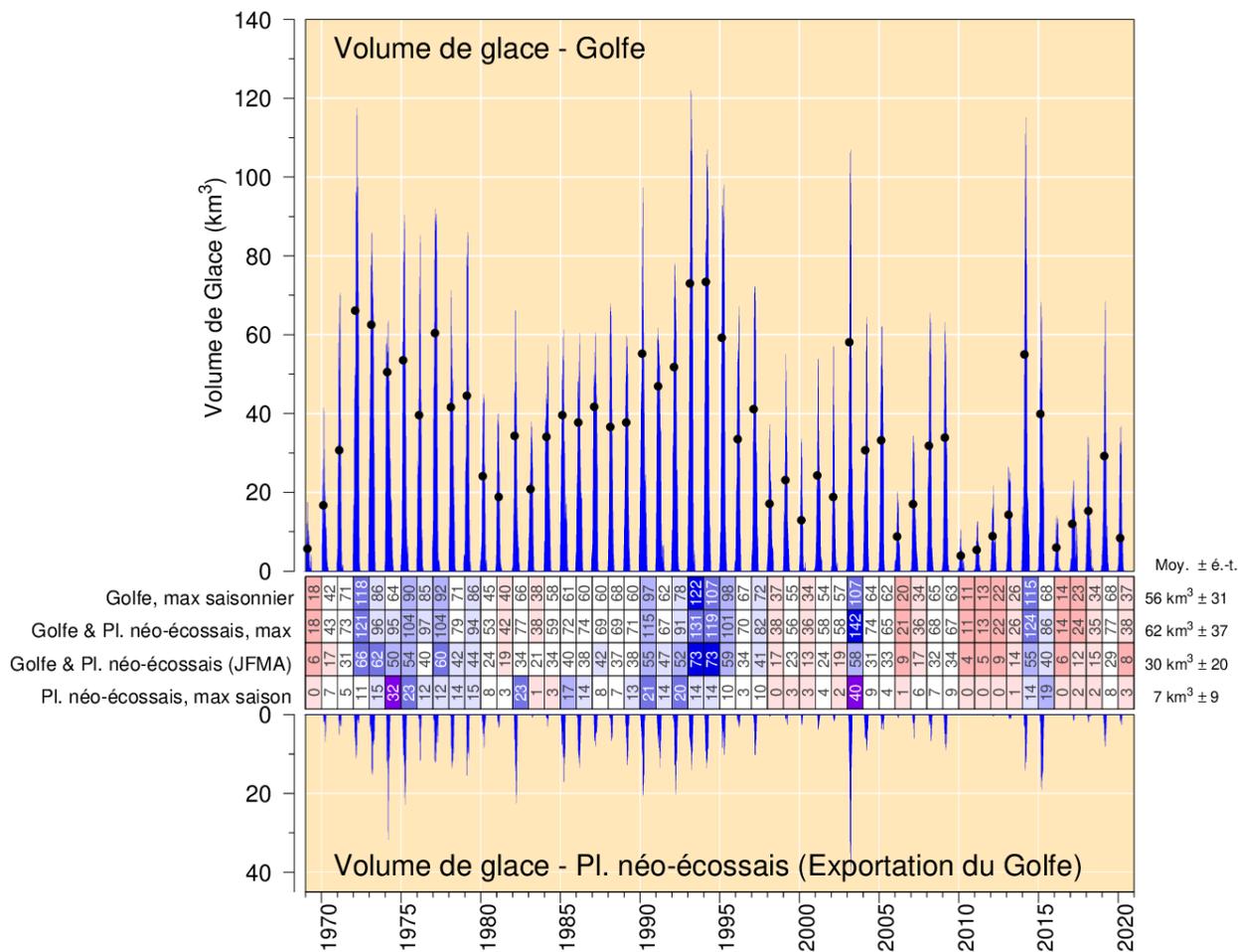


Fig. 31. Estimé du volume hebdomadaire maximal de glace dans le golfe du Saint-Laurent (panneau du haut) et sur le plateau néo-écossais au large du détroit de Cabot, défini par son passage le plus étroit (panneau du bas). Les points noirs montrent les moyennes saisonnières de janvier à avril du volume combiné du golfe avec le Plateau. Les tableaux donnent les anomalies normalisées des volumes maximaux annuels pour le golfe, le golfe et le plateau combinés, le golfe et le plateau combiné moyenné de janvier à avril, et le plateau seul, à partir des données hebdomadaires de glace. La moyenne et l'écart-type sont indiqués à droite des tableaux à l'aide de la climatologie de 1991-2020.

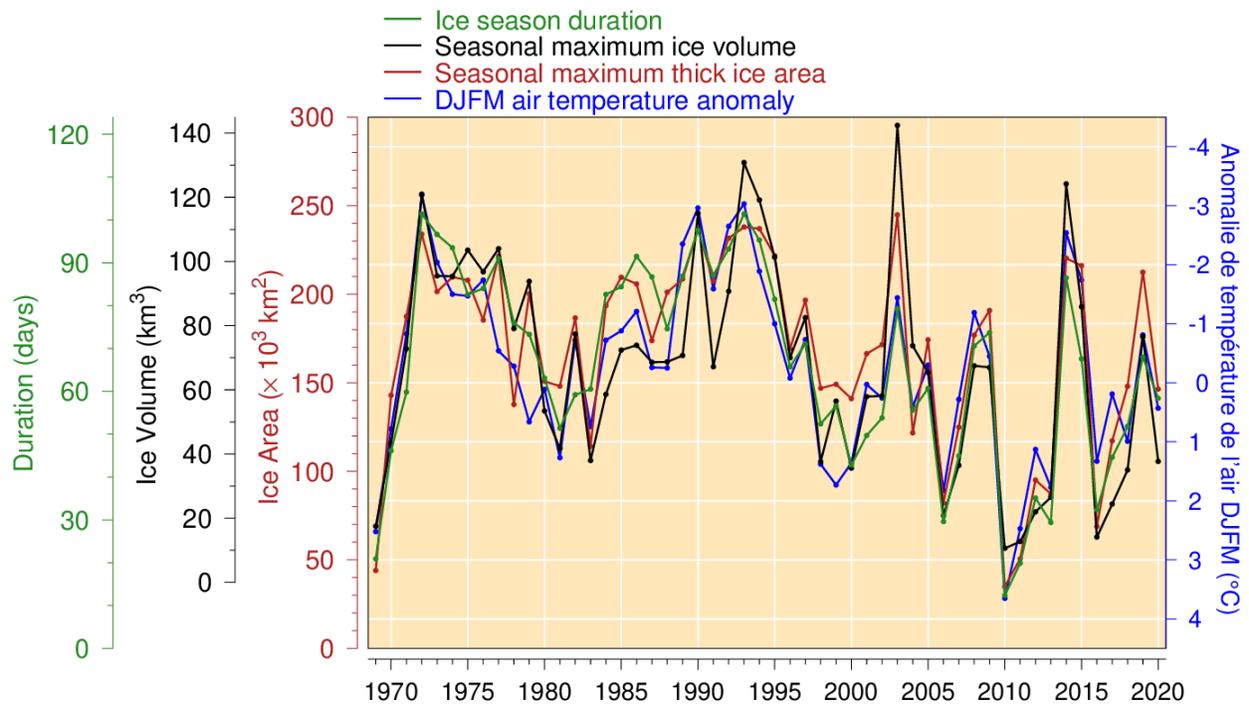


Fig. 32. Volume et superficie saisonniers maximaux de glace, y compris la partie sur le plateau néo-écossais (mais excluant la glace de moins de 15 cm d'épaisseur), durée de la saison de glace et anomalie de la température de l'air de décembre à mars (figure adaptée de Hammill et Galbraith 2012, mais ici sans exclure les petits floes et en ajoutant les données de février et mars aux anomalies de la température de l'air). Tous les produits sur la glace de mer sont tirés des données hebdomadaires. La durée moyenne est calculée par une moyenne spatiale des données de la Fig. 27, excluant le plateau néo-écossais, avec des zéros comptabilisés si aucune glace n'est présente, mais que la climatologie en indique. Les relations linéaires indiquent des pertes de 18 km<sup>3</sup>, 31 000 km<sup>2</sup> et 13 jours de la saison des glaces pour chaque augmentation de 1 °C de la température de l'air en hiver ( $R^2$  de 0,73, 0,79 et 0,82 respectivement).

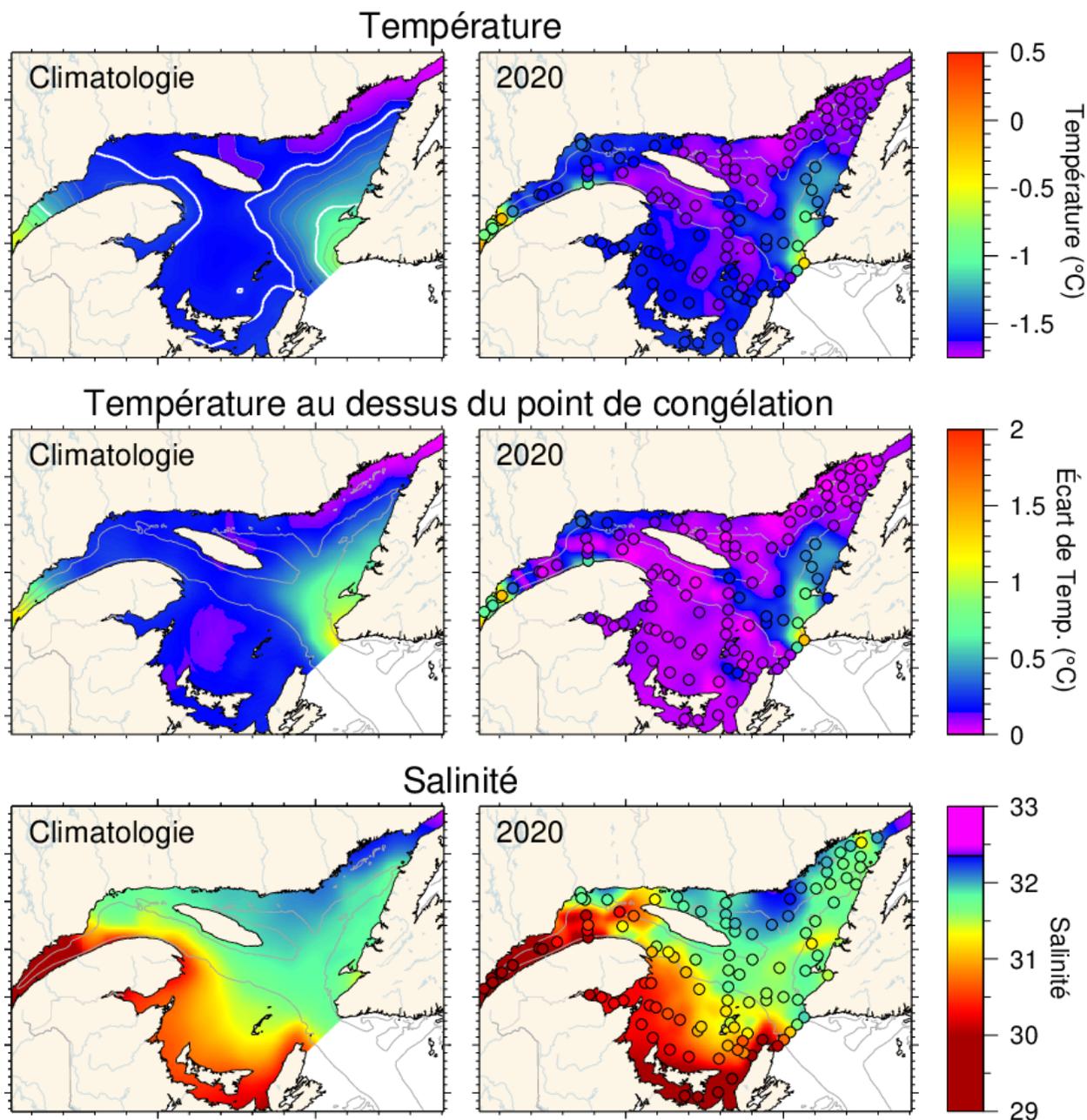


Fig. 33. Caractéristiques de la couche de surface hivernale, d'après le relevé de mars 2020, par rapport aux moyennes climatologiques : température de l'eau en surface (panneau du haut), différence de température entre la température de l'eau en surface et le point de congélation (panneau du milieu) et salinité (panneau du bas). Les symboles sont colorés en fonction de la valeur observée à la station, selon la même palette de couleurs que l'image de l'interpolation. On constate une bonne correspondance entre l'interpolation et les observations à la station lorsque les couleurs de la station se fondent dans l'arrière-plan. Les symboles noirs indiquent des données manquantes ou mauvaises. Les climatologies représentent 1996 à 2020 pour la salinité, mais excluent 2010 en tant qu'extrême pour la température et la température au-dessus du point de congélation.

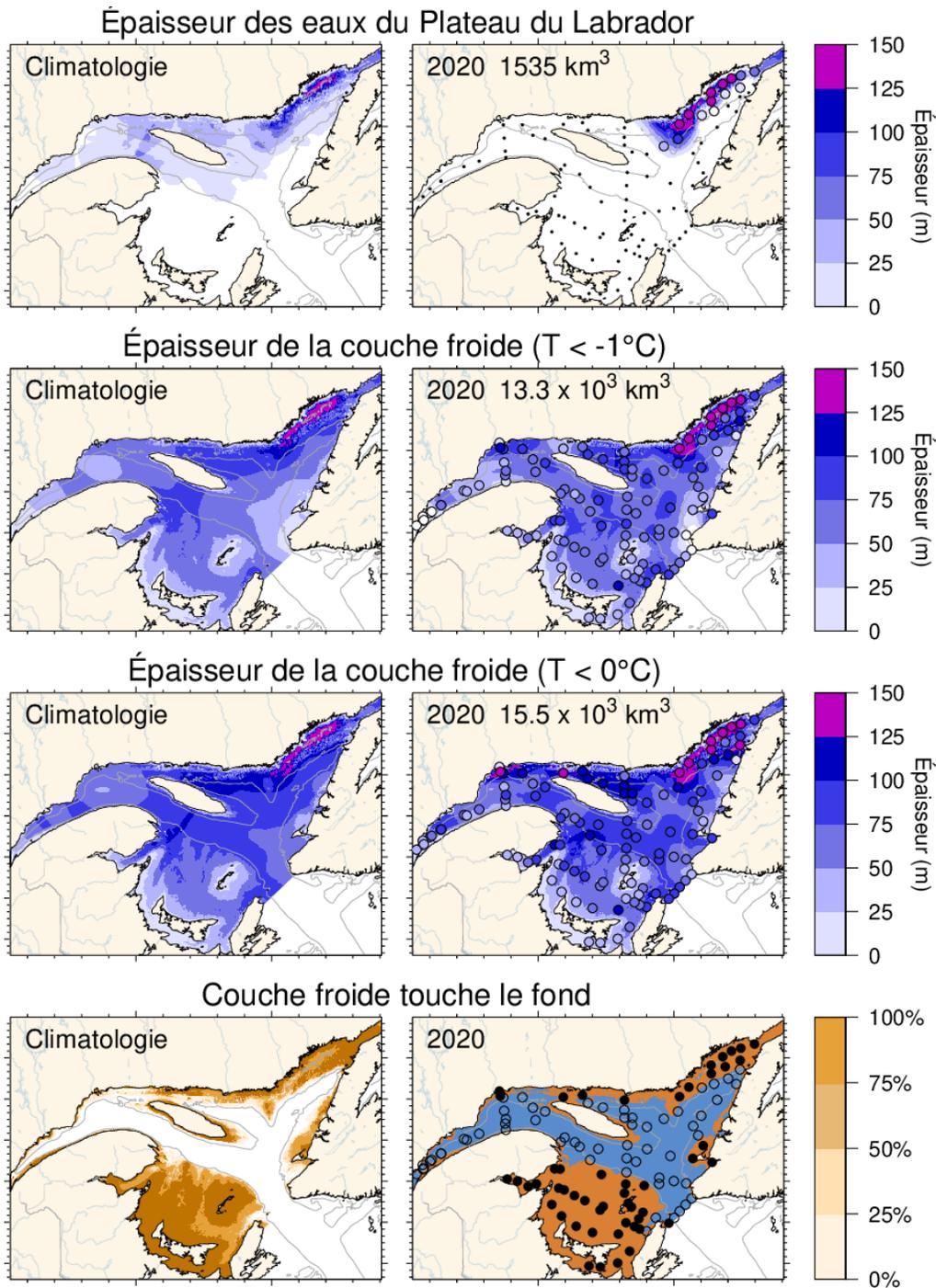


Fig. 34. Comparaison des caractéristiques de la couche de surface hivernale, tirées du relevé de mars 2020, aux moyennes climatologiques : estimations de l'épaisseur de l'intrusion d'eau du plateau du Labrador (panneaux du haut), épaisseur de la couche froide ( $T < -1^{\circ}\text{C}$ ,  $T < 0^{\circ}\text{C}$ ) (panneaux du milieu) et cartes indiquant les endroits où la couche froide atteint le fond ( $T < 0^{\circ}\text{C}$ ) (en brun; panneaux du bas). Les symboles sont colorés selon les valeurs observées comme sur la Fig. 33. Dans les panneaux du bas, les stations où la couche froide a atteint le fond sont indiquées par des cercles pleins et celles où elle n'a pas atteint le fond, par des cercles ouverts. Les volumes intégrés sont indiqués pour les six premiers panneaux (y compris une approximation pour l'estuaire, mais à l'exclusion du détroit de Belle Isle). Les climatologies sont tirées des données de 1997–2020 pour l'intrusion d'eau du plateau du Labrador, de 1996–2020 pour la couche froide ( $T < 0^{\circ}\text{C}$ ), mais ne comprennent pas 2010 pour  $T < -1^{\circ}\text{C}$ .

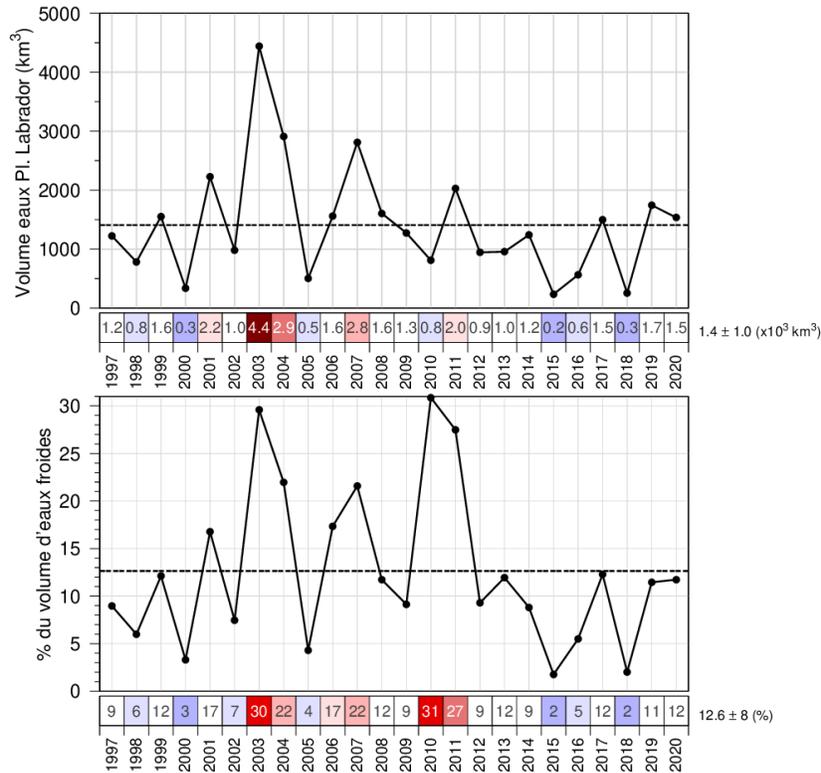


Fig. 35. Volume estimé de l'eau froide et saline du plateau du Labrador qui a pénétré dans le golfe pendant l'hiver en traversant le détroit de Belle Isle. Le panneau du bas indique le volume en pourcentage du volume total d'eau froide (< -1 °C). Les nombres dans les cases sont les valeurs réelles, codées par couleurs selon leur climatologie de 1997–2020. La couverture de la cuvette de Mécatina n'était pas suffisante en 1996 pour fournir une estimation du volume.

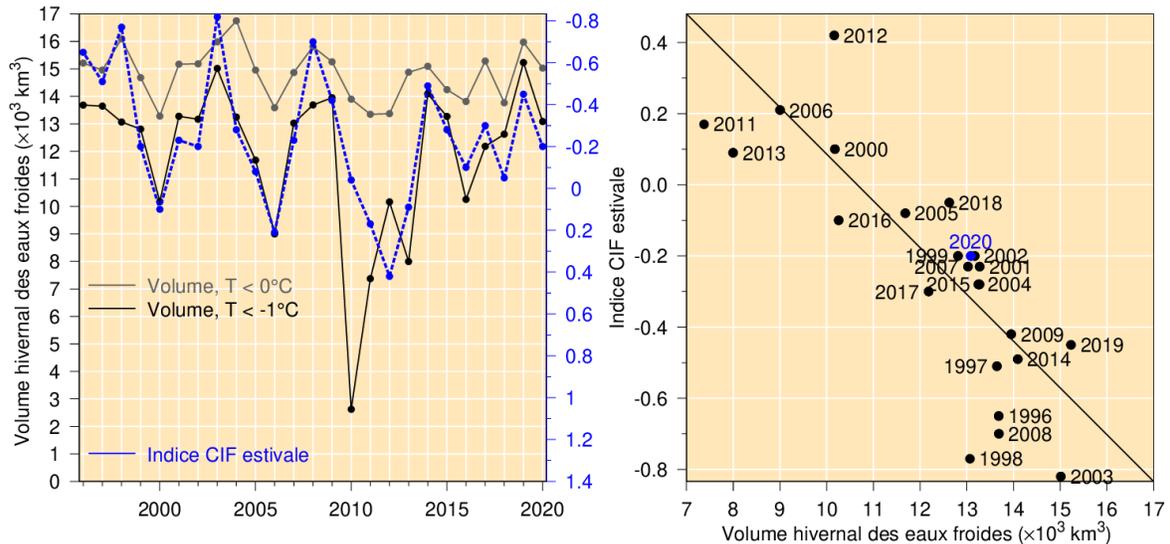


Fig. 36. Panneau de gauche : Série chronologique du volume de la couche froide ( $T < -1\text{ °C}$  et  $T < 0\text{ °C}$ ) de surface hivernale (à l'exclusion de l'estuaire et du détroit de Belle Isle) (lignes noires et grises) et indice de la CFI estivale (ligne pointillée bleue). Panneau de droite : Relation entre l'indice de la CFI estivale et le volume d'eau froide en hiver avec  $T < -1\text{ °C}$  (régression pour les paires de données de 1996–2020, à l'exclusion de 1998 [voir Galbraith 2006] et des hivers doux de 2010 et 2011). Noter que l'échelle de la CFI dans le panneau de gauche est inversée.

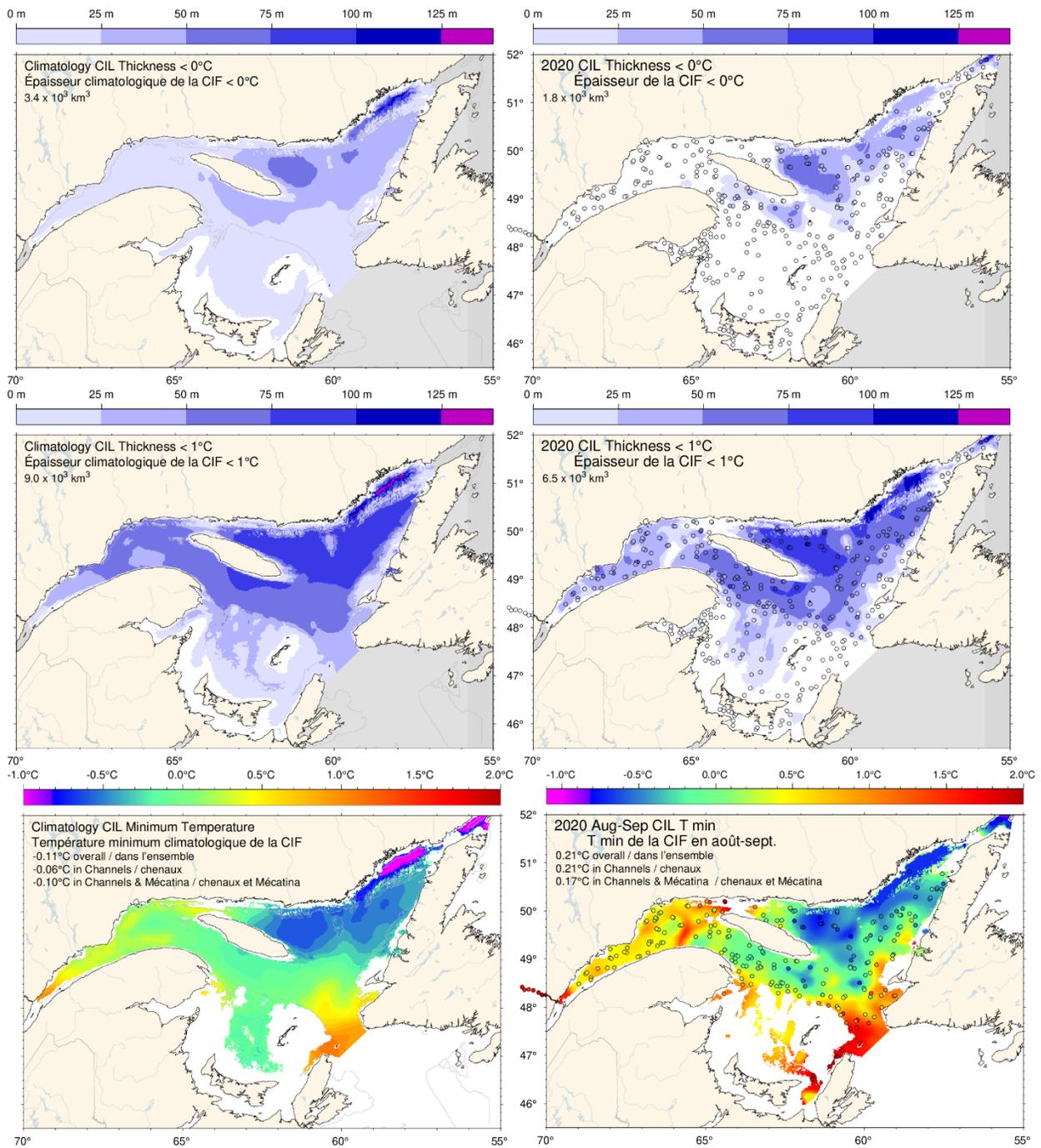


Fig. 37. Épaisseur de la couche intermédiaire froide ( $T < 0^\circ\text{C}$ , panneaux du haut;  $T < 1^\circ\text{C}$ , panneaux du milieu) et température minimale (panneaux du bas) en août et septembre 2020 (à droite) et climatologie de 1991–2020 (à gauche). Les symboles des stations sont codés par couleurs selon l'épaisseur de la CIF et la température minimale. Les nombres dans les panneaux du haut et du milieu sont les volumes intégrés de la CIF et les températures mensuelles moyennes dans les panneaux du bas.

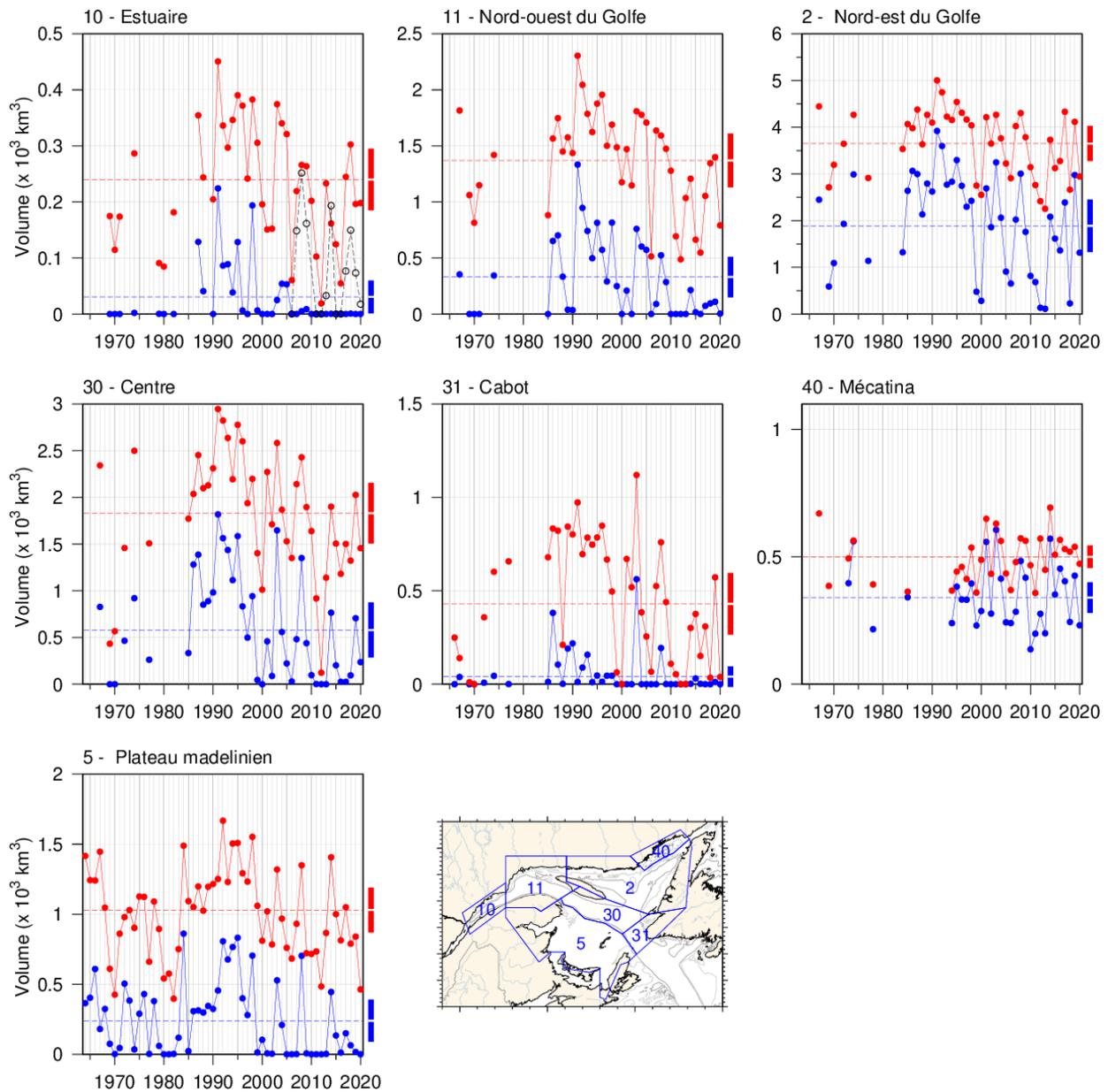


Fig. 38. Volume de la CIF d'une température inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$  (en bleu) et à  $1^{\circ}\text{C}$  (en rouge) en août et septembre (essentiellement en septembre sur la plateau madelinien et en août ailleurs). Le volume de la CIF d'une température inférieure à  $1^{\circ}\text{C}$  en novembre pour les années pour lesquelles il est connu depuis 2006 est également indiqué pour l'estuaire du Saint-Laurent (ligne pointillée). Les lignes pointillées rouges et bleues illustrent les moyennes 1991-2020 et les rectangles du côté droit indiquent les moyennes 1991-2020  $\pm 0,5$  ÉT.

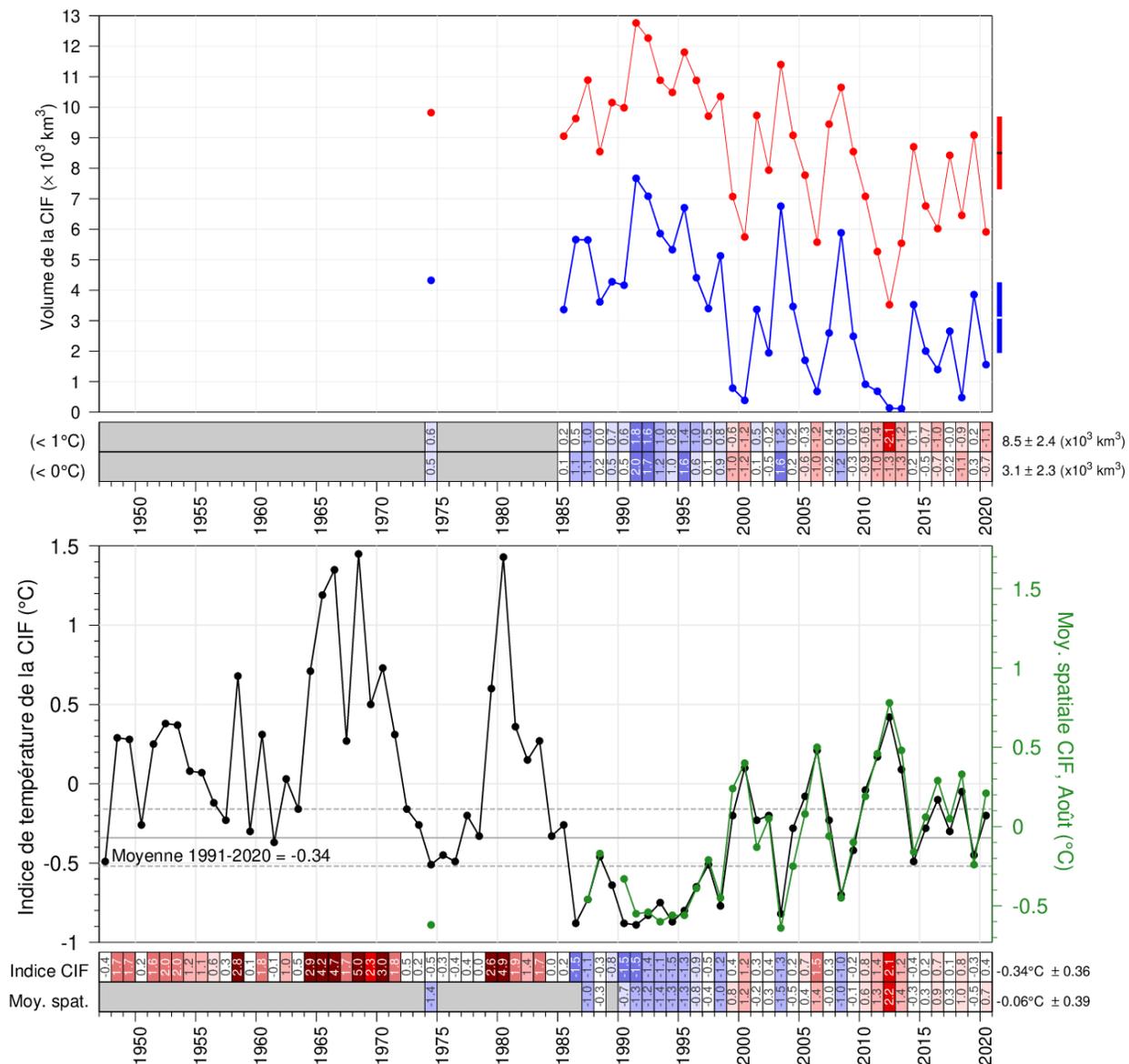


Fig. 39. Volume de la CIF (panneau du haut) délimité par 0 °C (en bleu) et 1 °C (en rouge) et indice de la température minimale (panneau du bas) dans le golfe du Saint-Laurent. Les volumes sont l'intégrale de chacune des grilles annuelles de l'épaisseur interpolée, comme celles illustrées sur les panneaux du haut de Fig. 37, à l'exclusion de la cuvette de Mécatina et du détroit de Belle Isle. Les rectangles à droite indiquent la moyenne  $\pm 0,5$  ÉT. Dans le panneau inférieur, la ligne noire est l'indice actualisé de Gilbert et Pettigrew (1997), interpolé au 15 juillet (les lignes pointillées représentant la moyenne  $\pm 0,5$  ÉT) et la ligne verte est la moyenne spatiale de chacune des grilles annuelles interpolées, comme celles illustrées sur les deux panneaux du bas sur la Fig. 37, à l'exclusion de la cuvette de Mécatina, du détroit de Belle Isle et du plateau madelinien. Les nombres dans les cases sont les anomalies normalisées par rapport aux climatologies de 1991-2020.

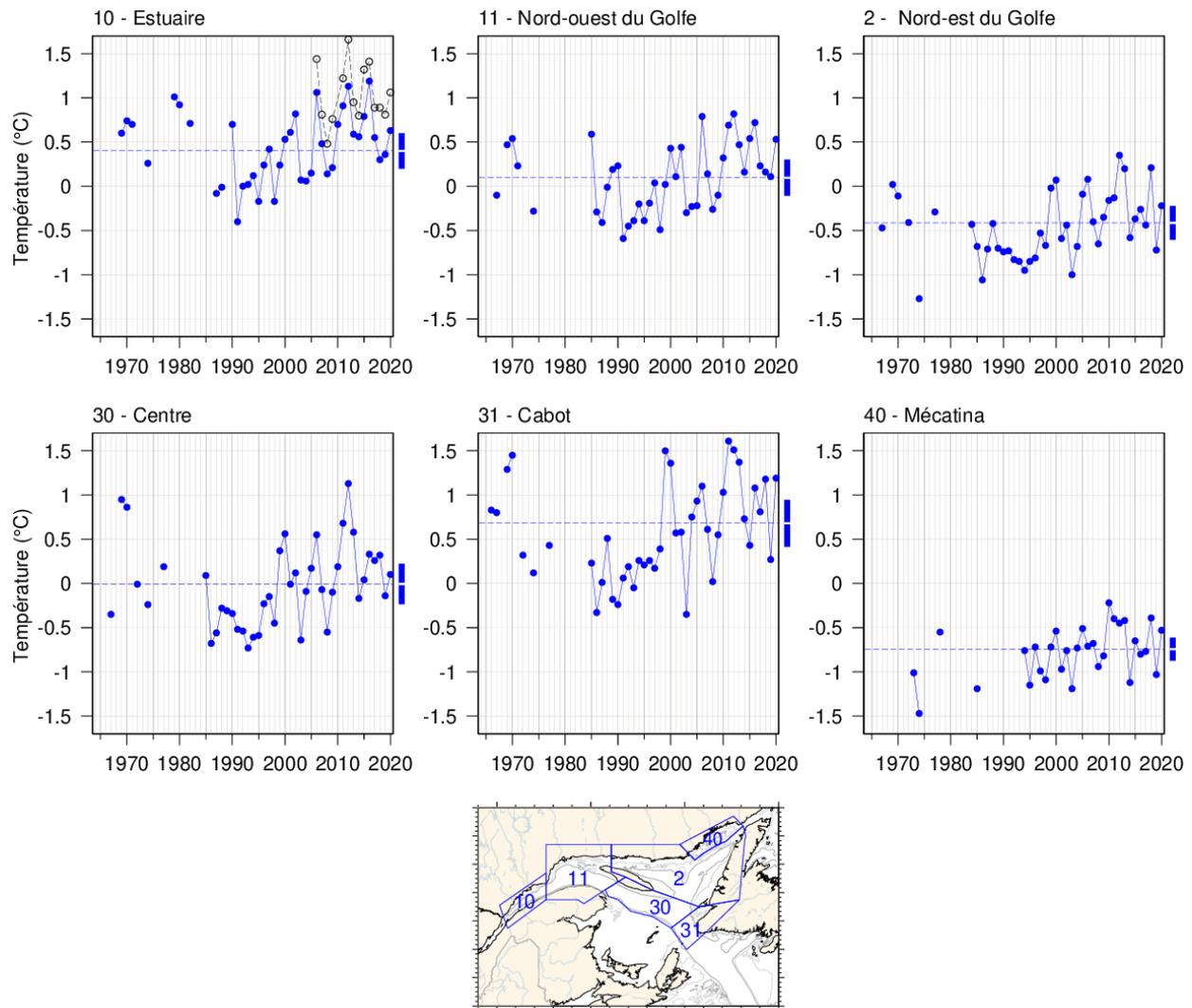


Fig. 40. Minimum de température de la CIF, moyenné spatialement pour des régions où la température minimale de la CIF peut être clairement déterminée. La moyenne spatiale du minimum de température de la CIF en novembre pour les années pour lesquelles il est connu depuis 2006 est également indiquée pour l'estuaire du Saint-Laurent (ligne pointillée). Les lignes pointillées bleues illustrent les moyennes 1991-2020 et les rectangles du côté droit indiquent les moyennes 1991-2020  $\pm$  0,5 ÉT.



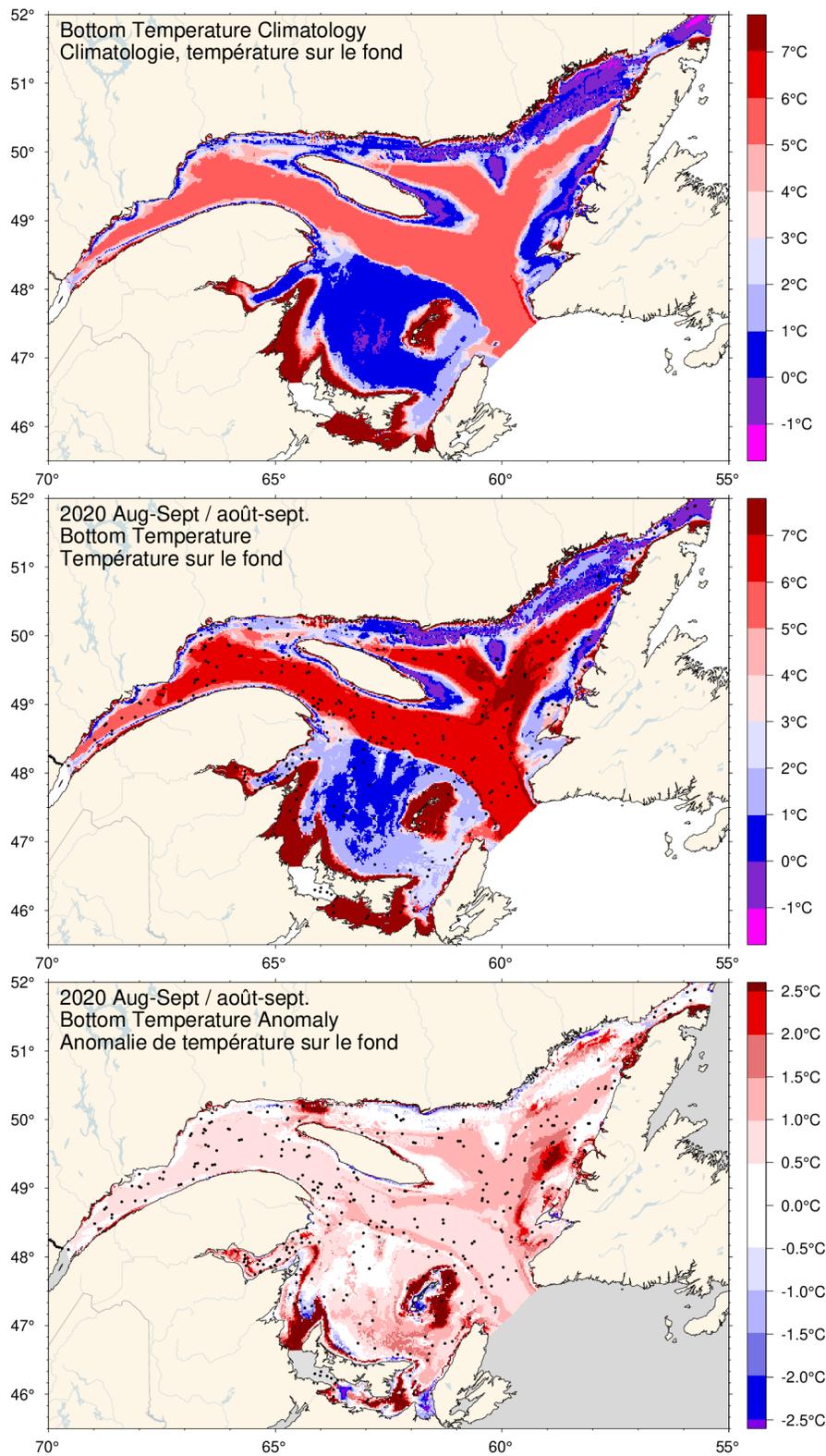


Fig. 42. Climatologie 1991-2020 de la température au fond en août-septembre (haut), observations en 2020 (milieu) et anomalies (bas).

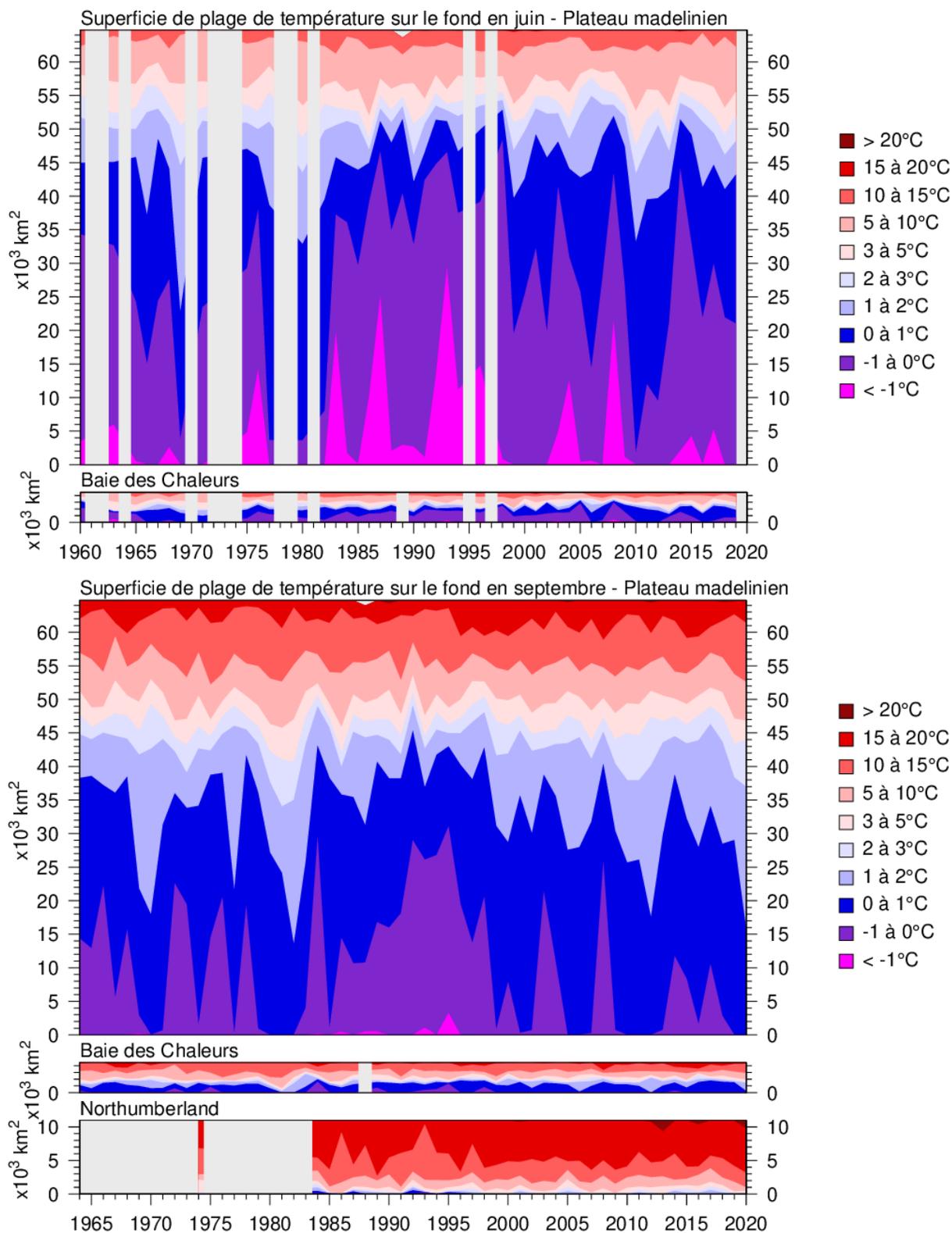


Fig. 43. Série chronologique des superficies du fond recouvertes par différentes plages de températures en juin (haut) et en août-septembre (bas) pour le plateau madelinien, la baie des Chaleurs et le détroit de Northumberland. Pour le panneau du bas, les données proviennent principalement du mois de septembre. Aucune donnée en juin 2020.

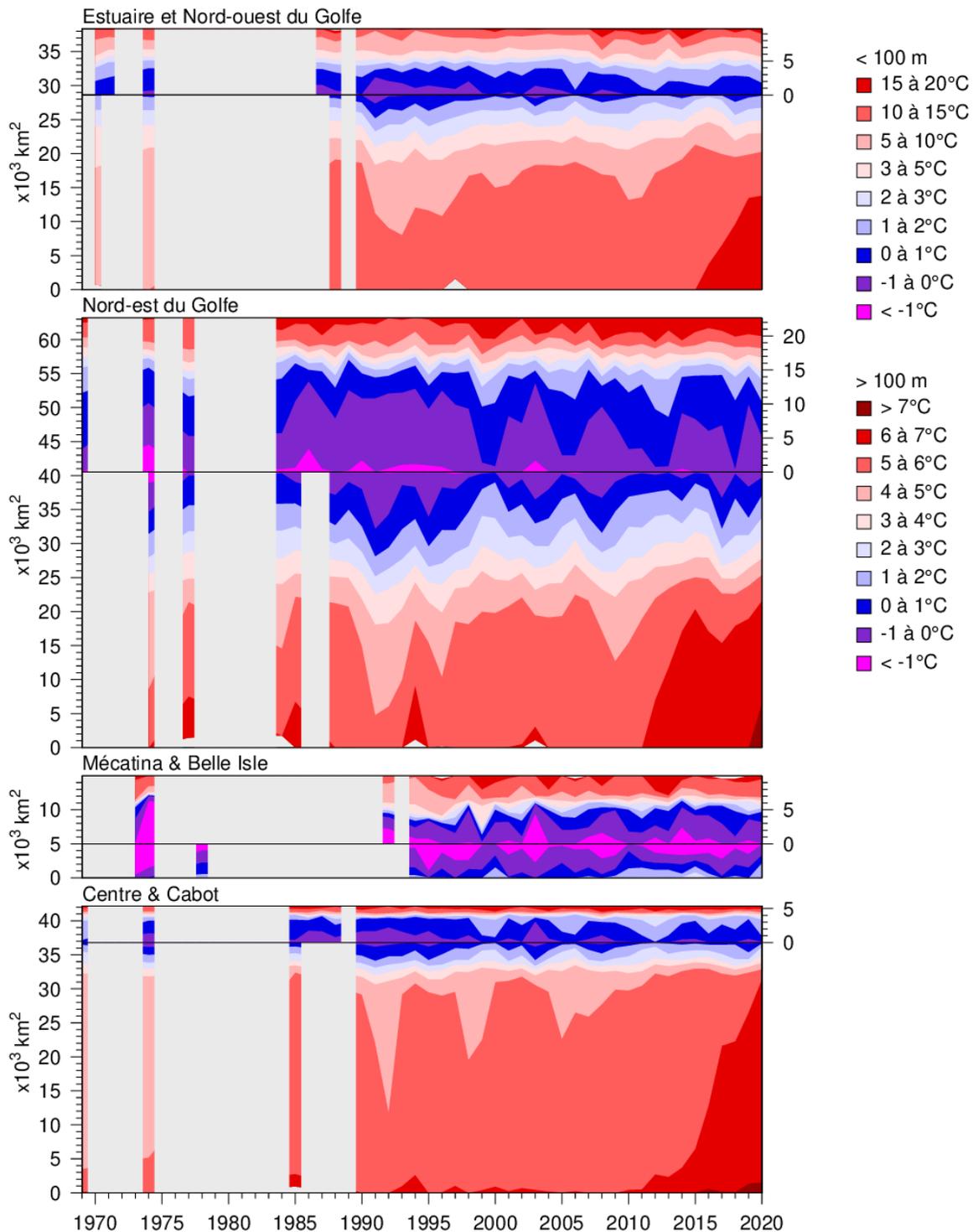
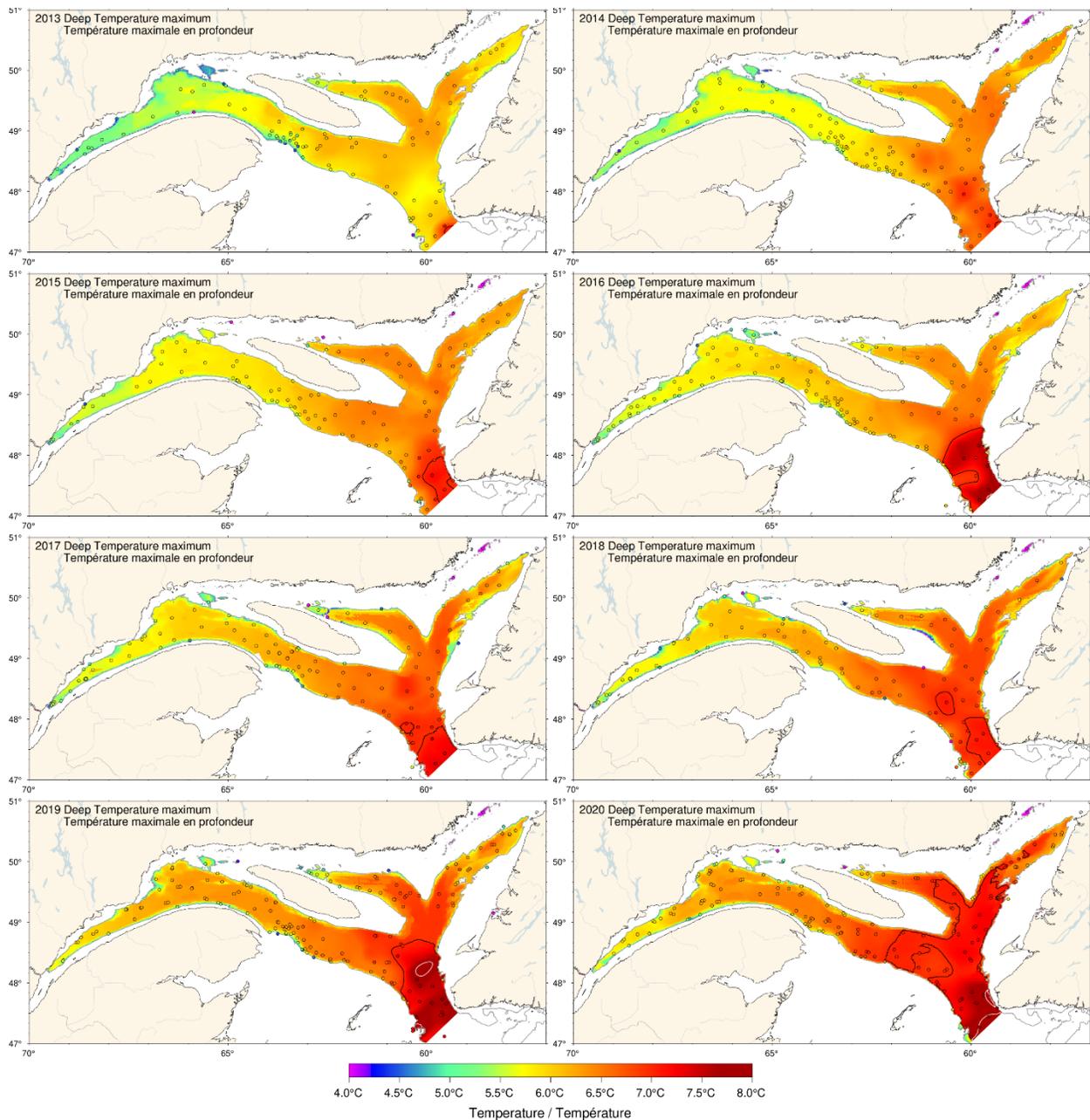


Fig. 44. Série chronologique des superficies du fond recouvertes par différentes plages de températures en août-septembre pour des régions du golfe. Dans les panneaux, la ligne horizontale noire sépare les superficies peu profondes (< 100 m) et profondes (> 100 m) afin de distinguer les eaux plus chaudes au-dessus et en dessous de la CIF. Les superficies peu profondes sont illustrées en haut à l'aide de l'échelle à la droite et les eaux plus chaudes sont représentées en commençant par le haut. Les superficies profondes sont indiquées sous la ligne horizontale et les eaux plus chaudes commencent en bas. Les superficies de la CIF au-dessus et en dessous de 100 m se rejoignent près de la ligne horizontale.



*Fig. 45. Carte du maximum profond de température généralement observé entre 200 et 300 m, 2013–2020. Les cartes ont été interpolées à partir des données d'août-septembre disponibles pour chaque année. Pour 2013, 2017 et 2020 les profils réalisés dans le détroit de Cabot pendant le relevé d'automne ont été utilisés pour combler les lacunes de l'échantillonnage d'août. Les contours en noir et en blanc sont des isothermes de 7 et 8 °C.*

T moyenne Golfe	T max profond	Température 200 m					Température Maximale					Température 300 m					Moy. ± é.-t.			
		Estuaire	Nord-ouest du Golfe	Nord-est du Golfe	Centre	Cabot	Laurentien Hermitage	Laurentien Embouchure	Estuaire	Nord-ouest du Golfe	Nord-est du Golfe	Centre	Cabot	Laurentien Hermitage	Laurentien Embouchure					
150 m	4.73	4.24	4.26	4.82	4.91	5.93	5.32	4.95	4.20	4.29	3.92	3.63	5.29	5.87	5.11	4.36	4.48	3.91	2.87	2.69° ± 0.65
200 m	4.86	4.12	3.9	5.05	5.01	4.90	4.50	4.49	4.28	3.96	4.17	3.55	5.39	5.32	5.47	5.13	4.72	4.30	4.86	4.59° ± 0.60
250 m	4.76	4.12	2.6	5.10	5.06	6.38	4.89	4.26	3.53	3.91	3.56	3.37	6.91	5.59	5.11	4.84	4.58	4.18	4.80	5.50° ± 0.46
300 m	5.68	4.92	2.9	5.56	5.44	8.24	6.65	5.52	4.88	5.09	2.79	2.79	6.84	5.06	4.17	5.30	4.49	4.29	5.68	5.64° ± 0.46
Estuaire	5.60	4.93	2.7	5.73	5.60	7.41	6.81	6.10	5.00	4.96	4.35	4.39	8.06	6.20	5.28	5.69	4.66	4.36	5.60	5.71° ± 0.33
Nord-ouest du Golfe	5.92	5.18	2.2	5.66	5.52	6.98	6.08	6.23	5.28	5.62	4.93	4.97	7.30	5.87	4.88	4.38	4.14	4.03	6.66	5.91° ± 0.29
Nord-est du Golfe	5.97	5.01	2.2	5.70	5.57	6.26	5.20	4.93	5.29	5.26	4.70	4.70	6.26	5.20	4.93	5.29	5.26	4.70	6.26	5.91° ± 0.29
Centre	5.36	4.52	4.9	5.32	5.22	6.26	5.73	4.43	4.86	4.63	4.70	4.70	6.26	5.20	4.93	5.29	5.26	4.70	6.26	5.36° ± 0.49
Cabot	5.33	4.52	4.9	5.32	5.22	6.26	5.73	4.43	4.86	4.63	4.70	4.70	6.26	5.20	4.93	5.29	5.26	4.70	6.26	5.33° ± 0.49
Laurentien Hermitage	5.65	4.87	2.2	5.76	5.69	6.94	6.38	5.55	4.95	4.67	4.53	4.53	7.30	5.87	4.88	4.38	4.14	4.03	6.66	5.69° ± 0.72
Laurentien Embouchure	5.65	4.87	2.2	5.76	5.69	6.94	6.38	5.55	4.95	4.67	4.53	4.53	7.30	5.87	4.88	4.38	4.14	4.03	6.66	5.65° ± 0.72
Estuaire	5.37	4.72	3.8	5.33	5.24	5.95	4.94	4.17	4.24	4.31	3.82	3.82	5.95	4.52	3.74	3.45	3.66	2.94	5.17	5.17° ± 0.38
Nord-ouest du Golfe	5.11	4.88	4.7	5.33	5.24	6.74	5.89	4.80	3.21	3.02	3.53	3.53	6.74	5.11	4.00	4.78	4.72	3.13	5.26	5.11° ± 0.38
Nord-est du Golfe	5.67	5.62	5.48	5.32	5.23	5.12	5.89	4.78	4.60	4.70	3.97	3.97	6.74	5.11	4.00	4.78	4.72	3.13	5.26	5.67° ± 0.32
Centre	5.45	5.28	5.11	5.33	5.24	6.26	5.52	4.52	4.84	4.63	4.70	4.70	6.26	5.20	4.93	5.29	5.26	4.70	6.26	5.45° ± 0.33
Cabot	5.37	5.13	4.89	5.33	5.24	6.26	5.52	4.52	4.84	4.63	4.70	4.70	6.26	5.20	4.93	5.29	5.26	4.70	6.26	5.37° ± 0.33
Laurentien Hermitage	5.35	5.35	5.25	5.33	5.24	6.26	5.52	4.52	4.84	4.63	4.70	4.70	6.26	5.20	4.93	5.29	5.26	4.70	6.26	5.35° ± 0.33
Laurentien Embouchure	5.35	5.35	5.25	5.33	5.24	6.26	5.52	4.52	4.84	4.63	4.70	4.70	6.26	5.20	4.93	5.29	5.26	4.70	6.26	5.35° ± 0.33
Estuaire	5.54	5.43	4.78	5.81	5.80	5.81	5.80	5.16	5.04	5.34	5.72	5.72	5.81	5.50	5.16	5.04	5.34	5.72	5.81	5.50° ± 0.34
Nord-ouest du Golfe	5.53	5.57	5.55	5.47	5.39	5.39	5.45	5.29	5.04	5.34	5.93	5.93	5.47	5.39	5.29	5.04	5.34	5.93	5.47	5.39° ± 0.34
Nord-est du Golfe	5.52	5.52	5.52	5.42	5.34	5.34	5.42	5.29	5.04	5.34	5.93	5.93	5.42	5.34	5.29	5.04	5.34	5.93	5.42	5.34° ± 0.34
Centre	5.54	5.54	5.54	5.45	5.36	5.36	5.45	5.36	5.27	5.19	5.19	5.19	5.54	5.36	5.27	5.19	5.19	5.19	5.54	5.54° ± 0.34
Cabot	5.55	5.55	5.55	5.46	5.37	5.37	5.46	5.37	5.28	5.20	5.20	5.20	5.55	5.37	5.28	5.20	5.20	5.20	5.55	5.55° ± 0.34
Laurentien Hermitage	5.56	5.56	5.56	5.47	5.38	5.38	5.47	5.38	5.29	5.21	5.21	5.21	5.56	5.38	5.29	5.21	5.21	5.21	5.56	5.56° ± 0.34
Laurentien Embouchure	5.56	5.56	5.56	5.47	5.38	5.38	5.47	5.38	5.29	5.21	5.21	5.21	5.56	5.38	5.29	5.21	5.21	5.21	5.56	5.56° ± 0.34
Estuaire	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	4.26	4.26	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	4.26	4.26	5.07° ± 0.36
Nord-ouest du Golfe	5.29	5.87	5.11	4.36	4.40	5.29	5.87	5.11	4.36	4.40	4.40	4.40	5.29	5.87	5.11	4.36	4.40	4.40	4.40	5.44° ± 0.35
Nord-est du Golfe	4.61	5.83	5.13	5.09	4.90	4.61	5.83	5.13	5.09	4.90	4.90	4.90	4.61	5.83	5.13	5.09	4.90	4.90	4.90	5.72° ± 0.41
Centre	6.18	5.59	5.59	5.11	4.84	6.18	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	6.18	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	5.94° ± 0.50
Cabot	6.34	5.59	5.59	5.11	4.84	6.34	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	6.34	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	6.08° ± 0.56
Laurentien Hermitage	6.46	5.06	4.17	5.30	5.44	6.46	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.46	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.37° ± 0.81
Laurentien Embouchure	6.36	5.06	4.17	5.30	5.44	6.36	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.36	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.37° ± 0.81
Estuaire	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	4.26	4.26	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	4.26	4.26	5.07° ± 0.36
Nord-ouest du Golfe	5.29	5.87	5.11	4.36	4.40	5.29	5.87	5.11	4.36	4.40	4.40	4.40	5.29	5.87	5.11	4.36	4.40	4.40	4.40	5.44° ± 0.35
Nord-est du Golfe	4.61	5.83	5.13	5.09	4.90	4.61	5.83	5.13	5.09	4.90	4.90	4.90	4.61	5.83	5.13	5.09	4.90	4.90	4.90	5.72° ± 0.41
Centre	6.18	5.59	5.59	5.11	4.84	6.18	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	6.18	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	5.94° ± 0.50
Cabot	6.34	5.59	5.59	5.11	4.84	6.34	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	6.34	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	6.08° ± 0.56
Laurentien Hermitage	6.46	5.06	4.17	5.30	5.44	6.46	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.46	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.37° ± 0.81
Laurentien Embouchure	6.36	5.06	4.17	5.30	5.44	6.36	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.36	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.37° ± 0.81
Estuaire	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	4.26	4.26	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	4.26	4.26	5.07° ± 0.36
Nord-ouest du Golfe	5.29	5.87	5.11	4.36	4.40	5.29	5.87	5.11	4.36	4.40	4.40	4.40	5.29	5.87	5.11	4.36	4.40	4.40	4.40	5.44° ± 0.35
Nord-est du Golfe	4.61	5.83	5.13	5.09	4.90	4.61	5.83	5.13	5.09	4.90	4.90	4.90	4.61	5.83	5.13	5.09	4.90	4.90	4.90	5.72° ± 0.41
Centre	6.18	5.59	5.59	5.11	4.84	6.18	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	6.18	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	5.94° ± 0.50
Cabot	6.34	5.59	5.59	5.11	4.84	6.34	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	6.34	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	6.08° ± 0.56
Laurentien Hermitage	6.46	5.06	4.17	5.30	5.44	6.46	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.46	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.37° ± 0.81
Laurentien Embouchure	6.36	5.06	4.17	5.30	5.44	6.36	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.36	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.37° ± 0.81
Estuaire	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	4.26	4.26	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	4.26	4.26	5.07° ± 0.36
Nord-ouest du Golfe	5.29	5.87	5.11	4.36	4.40	5.29	5.87	5.11	4.36	4.40	4.40	4.40	5.29	5.87	5.11	4.36	4.40	4.40	4.40	5.44° ± 0.35
Nord-est du Golfe	4.61	5.83	5.13	5.09	4.90	4.61	5.83	5.13	5.09	4.90	4.90	4.90	4.61	5.83	5.13	5.09	4.90	4.90	4.90	5.72° ± 0.41
Centre	6.18	5.59	5.59	5.11	4.84	6.18	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	6.18	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	5.94° ± 0.50
Cabot	6.34	5.59	5.59	5.11	4.84	6.34	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	6.34	5.59	5.59	5.11	4.84	4.84	4.84	6.08° ± 0.56
Laurentien Hermitage	6.46	5.06	4.17	5.30	5.44	6.46	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.46	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.37° ± 0.81
Laurentien Embouchure	6.36	5.06	4.17	5.30	5.44	6.36	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.36	5.06	4.17	5.30	5.44	5.44	5.44	6.37° ± 0.81
Estuaire	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	4.26	4.26	5.04	5.30	4.83	4.53	4.26	4.26	4.26	5.07° ± 0.36

		S moyenne Golfe										Moy. ± é.-t.					
S moyenne Golfe	150 m	-0.5	0.0	0.5	1.4	-2.3	-0.7	-0.6	0.9	-0.5	0.0	0.5	1.4	33.46 ± 0.14			
	200 m	-2.3	-2.9	-1.5	-0.3	0.6	0.4	0.7	0.9	-1.0	-1.5	-1.4	-0.2	34.15 ± 0.12			
	250 m	-1.0	-1.5	-1.4	-0.2	-1.0	-0.5	-0.4	1.4	-1.1	-0.9	0.2	0.4	34.53 ± 0.08			
	300 m	-1.6	-0.7	-0.5	1.0	-0.3	1.5	1.8	2.8	0.8	1.7	2.0	2.0	34.69 ± 0.06			
Salinité 200 m	Estuaire	-0.7	0.4	0.5	1.0	0.1	1.0	1.0	1.8	-0.4	-0.5	-0.6	-0.3	0.7	0.1	1.8	33.97 ± 0.14
	Nord-ouest du Golfe	-1.6	-1.7	-0.7	-0.6	-1.6	-1.9	0.1	-0.1	0.4	2.0	1.2	0.1	1.7	-0.7	34.11 ± 0.09	
	Nord-est du Golfe	-1.6	-2.0	-2.1	-0.8	-1.0	0.6	0.2	0.7	-0.5	1.8	-0.8	-0.3	34.00 ± 0.14			
	Centre	0.2	1.5	-1.6	1.3	0.2	1.5	-1.6	1.3	0.7	-0.4	0.7	-2.1	0.7	0.9	34.10 ± 0.12	
	Cabot	-3.1	0.6	-0.4	1.6	2.5	1.7	-0.7	0.3	1.0	1.9	2.1	0.6	2.3	34.19 ± 0.15		
	Laurentien Hermitage	-0.7	0.3	0.0	0.9	2.7	2.3	-0.4	-0.3	1.0	1.9	2.1	0.6	2.3	34.36 ± 0.19		
Salinité 300 m	Laurentien Embouchure	-0.7	0.4	0.5	1.0	0.1	1.0	1.0	1.8	-0.4	-0.5	-0.6	-0.3	0.7	0.1	1.8	34.62 ± 0.25
	Estuaire	-1.9	-1.5	-0.3	1.5	0.3	10.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.3	0.7	0.1	1.8	34.43 ± 0.08		
	Nord-ouest du Golfe	-1.5	-2.4	-1.4	-1.1	-2.1	-0.6	-0.1	-0.4	2.0	1.5	-1.0	-1.1	34.62 ± 0.06			
	Centre	0.9	-0.8	2.0	1.5	-1.0	-1.1	-0.1	-0.4	2.0	1.5	-1.0	-1.1	34.69 ± 0.06			
	Cabot	-0.9	-0.6	-1.7	-2.3	-1.1	0.6	-0.1	0.0	0.7	-2.6	1.1	-1.4	34.72 ± 0.07			
	Laurentien Hermitage	-0.1	0.0	0.7	-2.6	1.1	-1.4	0.2	1.5	-1.6	1.3	0.2	-2.1	34.77 ± 0.08			
S moyenne Golfe	Laurentien Embouchure	0.2	-0.0	-1.1	-0.6	-0.6	0.2	1.5	-1.6	1.3	0.2	-2.1	34.81 ± 0.12				
	Estuaire	-1.9	-1.5	-0.3	1.5	0.3	10.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.3	0.7	0.1	1.8	34.43 ± 0.08		
	Nord-ouest du Golfe	-1.5	-2.4	-1.4	-1.1	-2.1	-0.6	-0.1	-0.4	2.0	1.5	-1.0	-1.1	34.62 ± 0.06			
	Centre	0.9	-0.8	2.0	1.5	-1.0	-1.1	-0.1	0.0	0.7	-2.6	1.1	-1.4	34.69 ± 0.06			
	Cabot	-0.9	-0.6	-1.7	-2.3	-1.1	0.6	-0.1	0.0	0.7	-2.6	1.1	-1.4	34.72 ± 0.07			
	Laurentien Hermitage	-0.1	0.0	0.7	-2.6	1.1	-1.4	0.2	1.5	-1.6	1.3	0.2	-2.1	34.77 ± 0.08			
	Laurentien Embouchure	0.2	-0.0	-1.1	-0.6	-0.6	0.2	1.5	-1.6	1.3	0.2	-2.1	34.81 ± 0.12				
	Estuaire	-1.9	-1.5	-0.3	1.5	0.3	10.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.3	0.7	0.1	1.8	34.43 ± 0.08		
	Nord-ouest du Golfe	-1.5	-2.4	-1.4	-1.1	-2.1	-0.6	-0.1	-0.4	2.0	1.5	-1.0	-1.1	34.62 ± 0.06			
	Centre	0.9	-0.8	2.0	1.5	-1.0	-1.1	-0.1	0.0	0.7	-2.6	1.1	-1.4	34.69 ± 0.06			
Cabot	-0.9	-0.6	-1.7	-2.3	-1.1	0.6	-0.1	0.0	0.7	-2.6	1.1	-1.4	34.72 ± 0.07				
Laurentien Hermitage	-0.1	0.0	0.7	-2.6	1.1	-1.4	0.2	1.5	-1.6	1.3	0.2	-2.1	34.77 ± 0.08				
Laurentien Embouchure	0.2	-0.0	-1.1	-0.6	-0.6	0.2	1.5	-1.6	1.3	0.2	-2.1	34.81 ± 0.12					
1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020								

Fig. 47. Salinité de la couche profonde. Les moyennes de salinité dans le golfe sont indiquées pour 150, 200, 250 et 300 m. Les moyennes régionales sont indiquées pour 200 et 300 m. Les nombres indiqués à droite sont les moyennes climatologiques et les écarts-types pour 1991–2020. Les nombres qui figurent dans les cellules sont les anomalies normalisées.

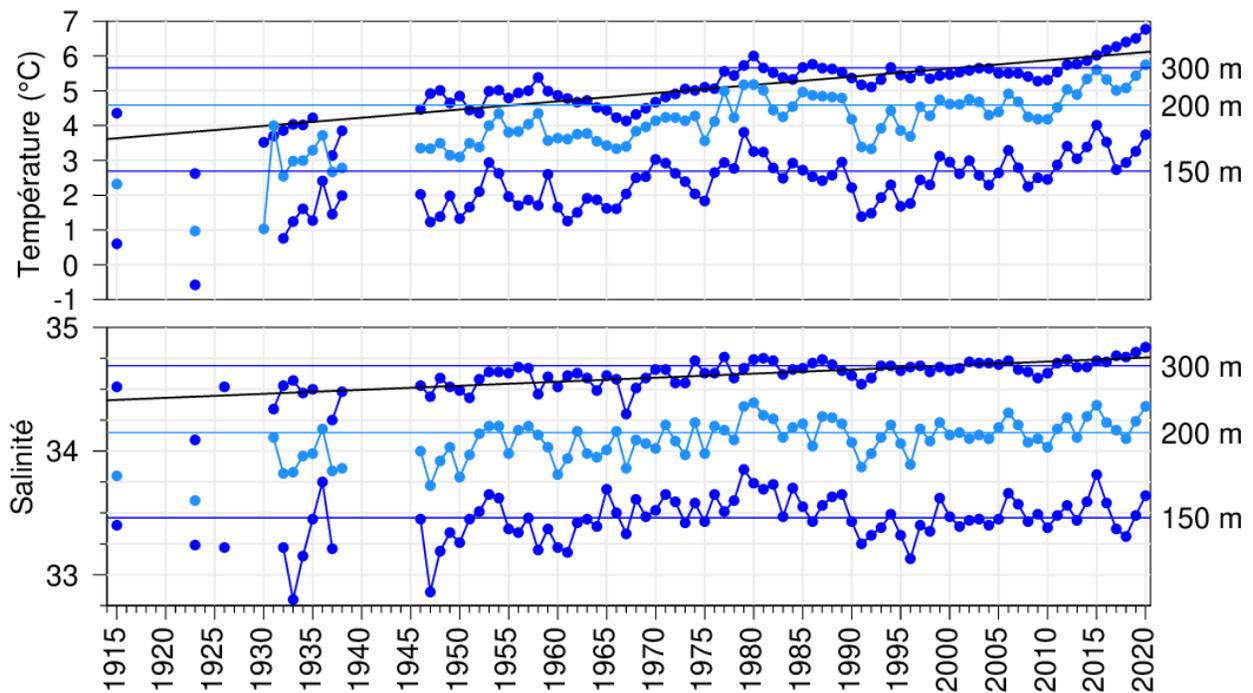


Fig. 48. Série chronologique de la température et de la salinité moyennée par couche de profondeur pour le golfe du Saint-Laurent. Les panneaux de température et de salinité représentent les moyennes annuelles à 150, 200 et 300 m et les lignes horizontales sont les moyennes de 1991-2020. Les lignes obliques indiquent les régressions, de 2,3 °C et 0,3 respectivement par siècle, de la température et de la salinité à 300 m.

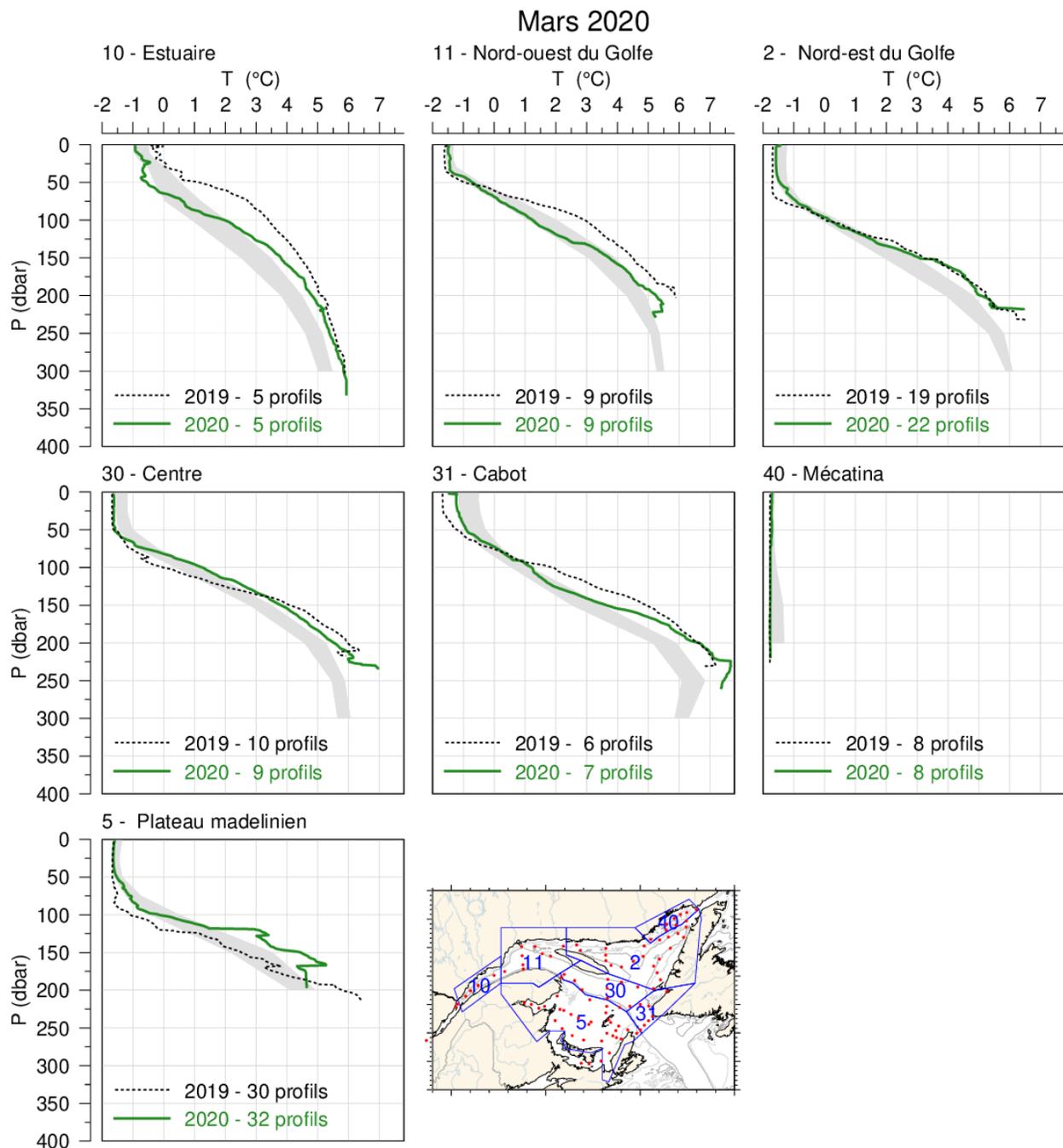


Fig. 49. Profils moyens de la température observés dans chaque région du golfe pendant le relevé de mars 2020. La zone ombrée représente la moyenne mensuelle climatologique de 1991–2020 (mais surtout 1996–2020)  $\pm 0,5$  ÉT. Les profils moyens de 2019 sont également indiqués aux fins de comparaison.

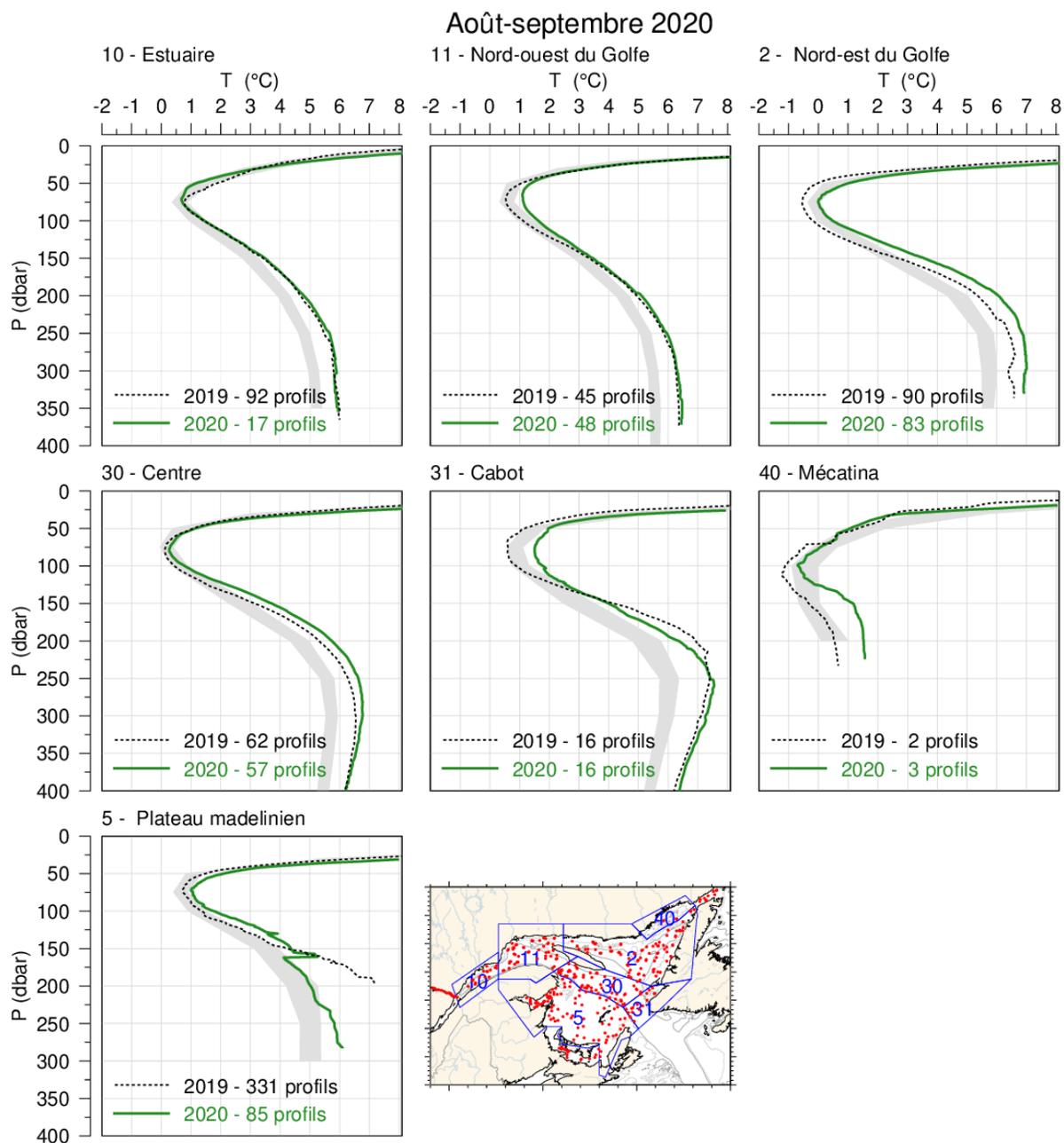


Fig. 50. Profils moyens de la température observés dans chaque région du golfe en août et septembre 2020. La zone ombrée représente la moyenne mensuelle climatologique de 1991–2020  $\pm$  0,5 ÉT pour août pour toutes les régions sauf septembre pour le plateau madelinien. Les profils moyens de 2019 sont également indiqués aux fins de comparaison.

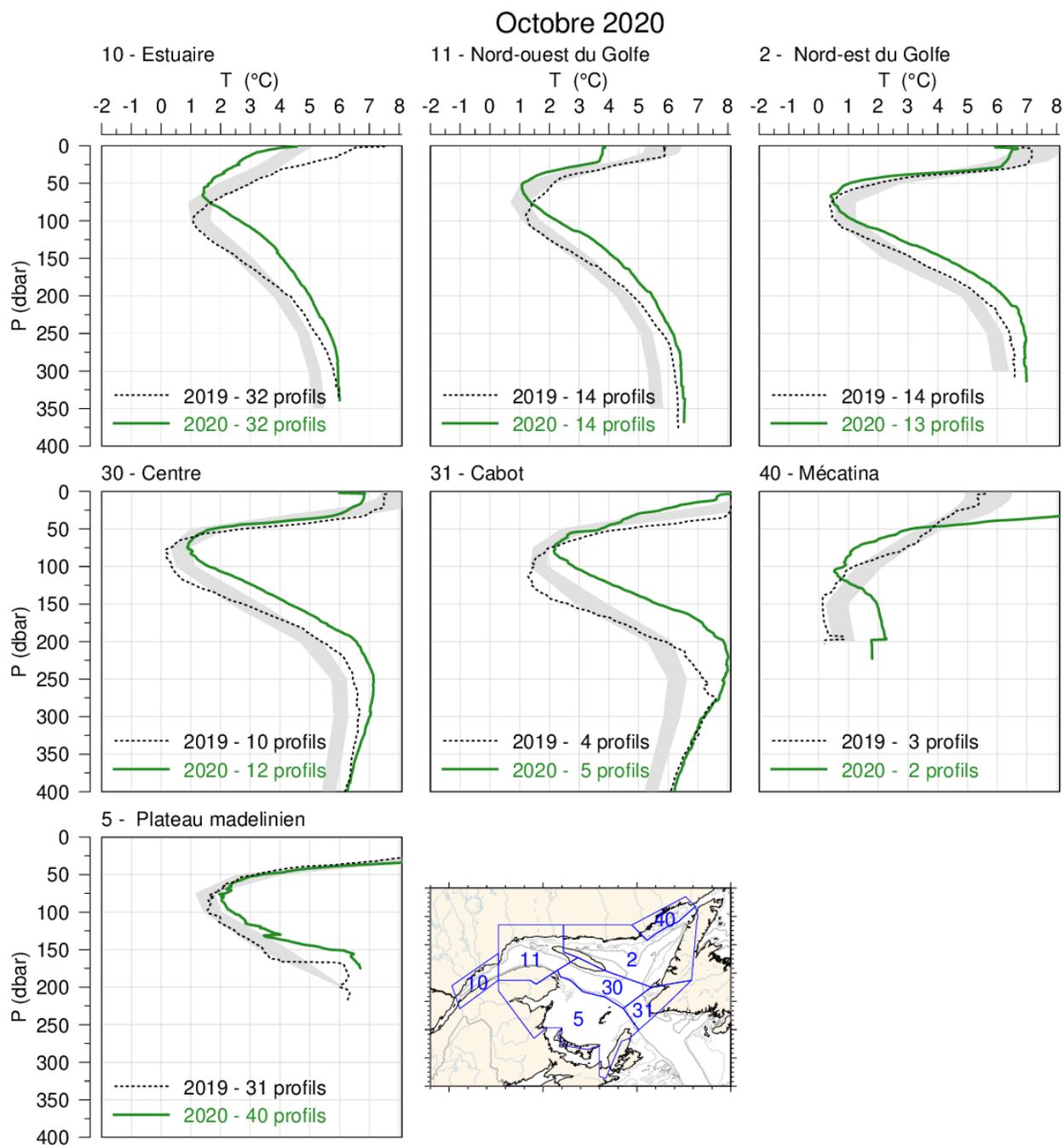


Fig. 51. Profils moyens de la température observés dans chaque région du golfe pendant le relevé d'octobre 2020 du PMZA. La zone ombrée représente la moyenne mensuelle climatologique de 1991–2020  $\pm$  0,5 ÉT. Les profils moyens de 2019 sont également indiqués aux fins de comparaison.

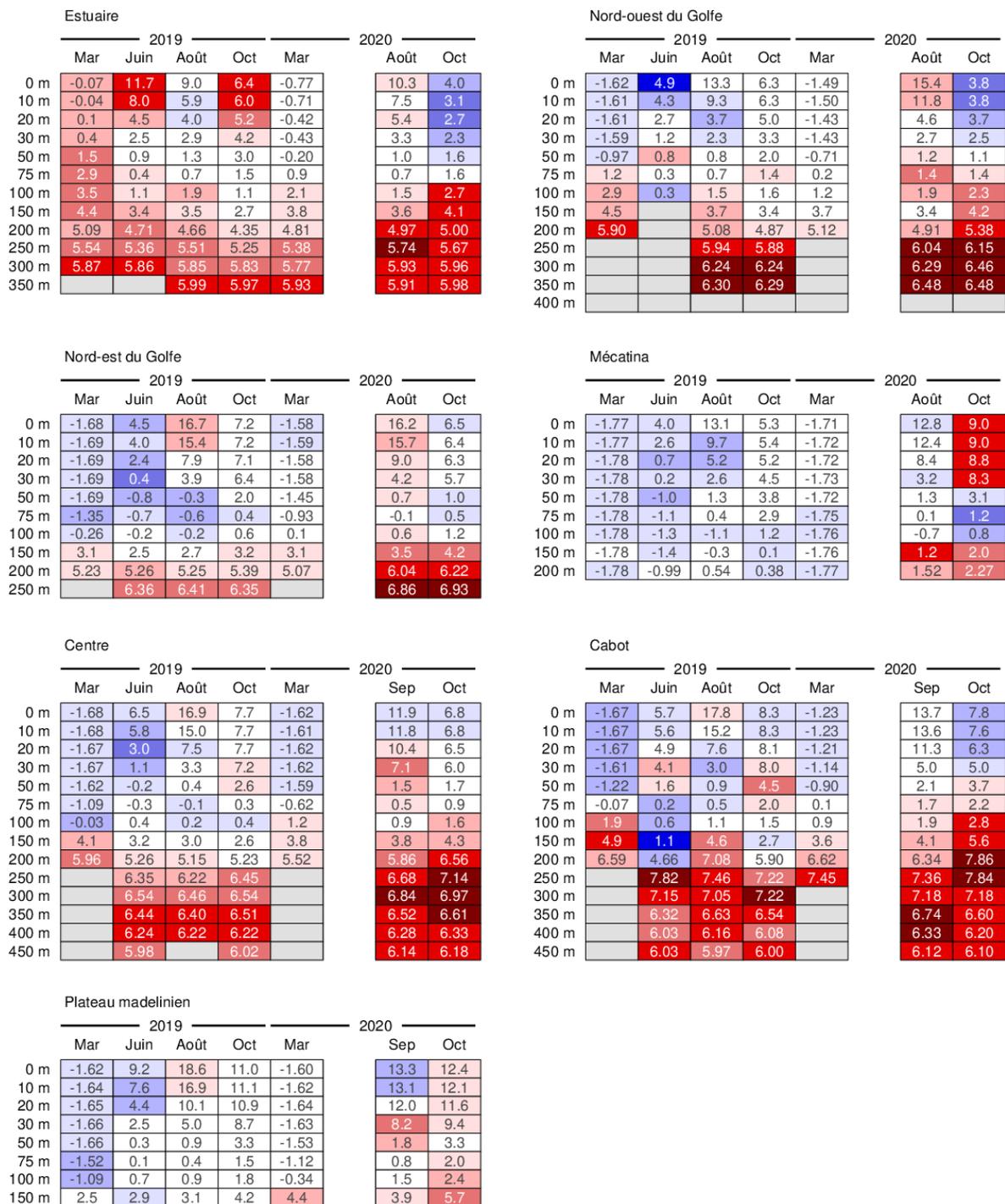


Fig. 52. Récapitulatif de la température mensuelle moyenne des couches par profondeur pour les mois durant lesquels les relevés océanographiques ont été réalisés à l'échelle du golfe en 2019 et 2020. Le code de couleurs correspond à l'anomalie de température par rapport à la climatologie mensuelle de 1991–2020 de chaque région.

Estuaire						Nord-ouest du Golfe								
2019					2020		2019				2020			
	Mar	Juin	Août	Oct	Mar	Août	Oct	Mar	Juin	Août	Oct	Mar	Août	Oct
Strat.	3.64	7.4	5.3	2.6	1.57	5.6	3.0	0.39	1.9	3.9	1.7	0.97	4.7	1.7
0 m	27.8	23.6	26.0	28.1	29.1	25.8	28.5	31.7	30.0	29.0	30.2	30.7	28.5	30.3
10 m	29.3	25.6	28.7	28.6	29.2	28.1	29.7	31.7	30.3	29.8	30.3	30.8	29.1	30.4
20 m	30.6	28.1	29.8	29.4	29.7	29.9	30.6	31.8	31.1	30.9	30.7	31.2	30.7	30.7
30 m	31.4	30.1	30.5	30.1	30.4	30.7	31.2	31.9	31.7	31.3	31.3	31.4	31.4	31.4
50 m	32.5	31.4	31.7	31.0	31.1	31.6	32.0	32.2	31.9	32.0	31.9	31.9	32.0	32.2
75 m	33.2	32.1	32.3	31.8	32.0	32.3	32.6	32.8	32.2	32.4	32.3	32.2	32.5	32.7
100 m	33.5	32.6	32.9	32.4	32.9	32.8	33.2	33.4	32.3	32.8	32.6	32.7	32.8	33.0
150 m	33.9	33.5	33.6	33.3	33.6	33.6	33.8	33.9		33.6	33.5	33.6	33.4	33.8
200 m	34.18	34.04	34.03	33.91	34.03	34.12	34.14	34.41		34.16	34.08	34.12	34.05	34.23
250 m	34.38	34.31	34.38	34.28	34.27	34.45	34.42			34.54	34.52		34.55	34.58
300 m	34.55	34.53	34.52	34.52	34.47	34.54	34.55			34.72	34.72		34.71	34.79
350 m			34.59	34.59	34.55	34.53	34.56			34.76	34.76		34.81	34.85
400 m														

Nord-est du Golfe						Mécatina								
2019					2020		2019				2020			
	Mar	Juin	Août	Oct	Mar	Août	Oct	Mar	Juin	Août	Oct	Mar	Août	Oct
Strat.	0.03	1.3	3.9	1.2	0.08	3.4	1.2	0.03	2.3	2.8	0.5	0.24	2.3	1.5
0 m	32.0	30.7	29.9	30.9	31.8	30.4	31.1	32.5	29.2	30.2	31.1	31.9	30.9	30.7
10 m	32.0	31.0	30.1	30.9	31.8	30.4	31.1	32.5	30.9	30.7	31.1	31.8	30.9	30.7
20 m	32.0	31.3	30.9	31.0	31.8	31.0	31.1	32.6	31.2	31.3	31.1	31.9	31.2	30.7
30 m	32.0	31.6	31.3	31.1	31.8	31.4	31.2	32.6	31.4	31.7	31.4	31.9	31.7	30.9
50 m	32.0	31.9	31.9	31.8	31.9	31.9	31.9	32.6	31.7	31.9	31.6	32.1	31.9	31.7
75 m	32.2	32.1	32.2	32.1	32.1	32.2	32.3	32.6	32.0	32.0	31.8	32.4	32.1	32.1
100 m	32.5	32.5	32.5	32.4	32.4	32.6	32.7	32.6	32.2	32.3	32.0	32.4	32.2	32.3
150 m	33.4	33.2	33.2	33.4	33.3	33.5	33.7	32.6	32.5	32.5	32.5	32.4	32.8	33.0
200 m	34.09	34.05	34.05	34.11	33.92	34.27	34.35	32.67	32.58	32.75	32.62	32.48	32.87	33.05
250 m		34.53	34.55	34.51		34.68	34.71							

Centre						Cabot								
2019					2020		2019				2020			
	Mar	Juin	Août	Oct	Mar	Sep	Oct	Mar	Juin	Août	Oct	Mar	Sep	Oct
Strat.	0.07	1.6	4.9	1.4	0.17	2.8	1.5	0.14	0.8	3.6	1.0	0.16	2.7	1.1
0 m	31.6	30.5	28.6	30.6	31.5	29.9	30.7	31.7	31.1	30.7	31.4	31.4	30.7	31.4
10 m	31.6	30.7	29.1	30.7	31.5	29.9	30.7	31.7	31.0	30.9	31.4	31.5	30.7	31.5
20 m	31.6	31.4	30.6	30.7	31.6	30.2	30.8	31.7	31.2	31.2	31.5	31.5	31.0	31.7
30 m	31.7	31.6	31.3	30.8	31.6	30.7	31.0	31.7	31.3	31.6	31.5	31.5	31.6	31.9
50 m	31.7	31.9	31.8	31.7	31.7	31.8	31.9	31.9	31.6	32.0	32.1	31.7	32.1	32.2
75 m	31.9	32.2	32.2	32.2	32.1	32.2	32.4	32.2	32.0	32.2	32.4	32.0	32.3	32.6
100 m	32.3	32.6	32.5	32.4	32.6	32.5	32.8	32.8	32.3	32.6	32.5	32.4	32.6	33.0
150 m	33.7	33.4	33.3	33.2	33.6	33.5	33.6	33.8	32.9	33.6	33.1	33.4	33.4	33.9
200 m	34.37	34.09	34.04	34.05	34.15	34.27	34.40	34.31	33.78	34.48	34.07	34.42	34.26	34.64
250 m		34.53	34.52	34.55		34.67	34.77		34.73	34.78	34.60	34.94	34.79	34.87
300 m		34.74	34.74	34.76		34.86	34.89		34.96	34.87	34.83		34.88	34.92
350 m		34.87	34.88	34.92		34.96	34.96		34.97	34.95	34.95		34.95	34.96
400 m		34.94	34.94	34.96		34.98	34.97		34.98	34.98	34.98		34.98	34.98
450 m		34.98		34.98		34.99	34.98		34.98	34.98	34.98		34.99	34.99

Plateau madelinien							
2019					2020		
	Mar	Juin	Août	Oct	Mar	Sep	Oct
Strat.	0.22	3.3	5.9	3.2	0.29	3.5	3.1
0 m	30.9	28.3	27.4	28.3	30.6	28.9	29.2
10 m	31.0	28.9	27.7	28.4	30.6	28.9	29.3
20 m	31.0	29.9	29.2	28.6	30.7	29.1	29.4
30 m	31.1	30.6	30.2	29.5	30.8	29.9	29.9
50 m	31.2	31.4	31.4	31.2	31.0	31.3	31.6
75 m	31.4	32.0	32.1	32.1	31.3	32.1	32.2
100 m	31.8	32.4	32.5	32.7	31.9	32.6	32.8
150 m	33.1	33.3	33.4	33.5	33.8	33.7	34.1

Fig. 53. Récapitulatif de la stratification et de la salinité mensuelles moyennes des couches par profondeur pour les mois durant lesquels les relevés océanographiques ont été réalisés à l'échelle du golfe en 2019 et 2020. La stratification est définie comme la différence de densité entre 50 m et la surface et son code de couleurs est inversé (bleu pour une anomalie positive, car habituellement associée à une faible salinité de surface).

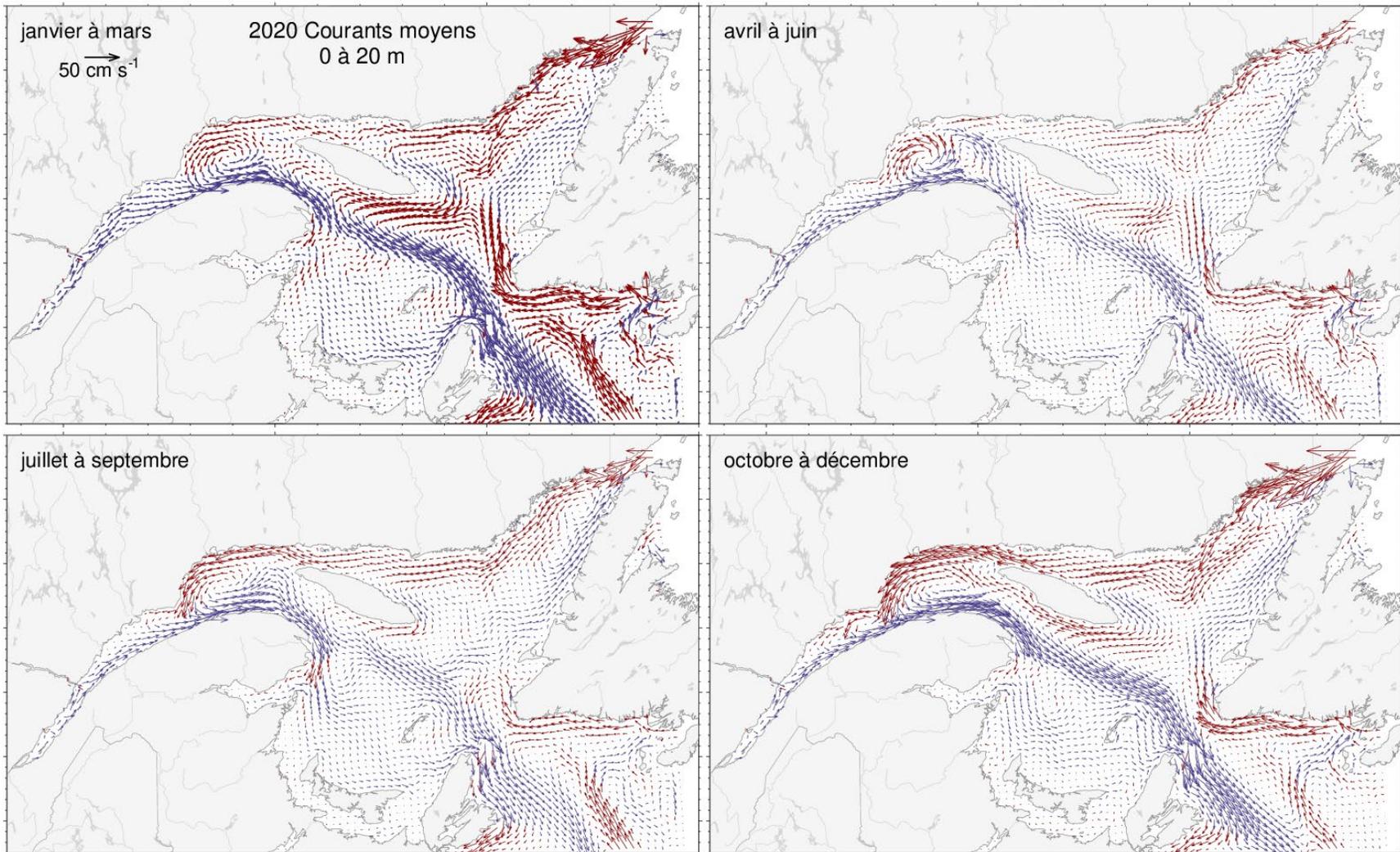


Fig. 54. Courants moyennés de 0 à 20 m pour chaque période de trois mois en 2020. Les vecteurs tracés en bleu vont vers l'est et ceux qui sont tracés en rouge vers l'ouest.

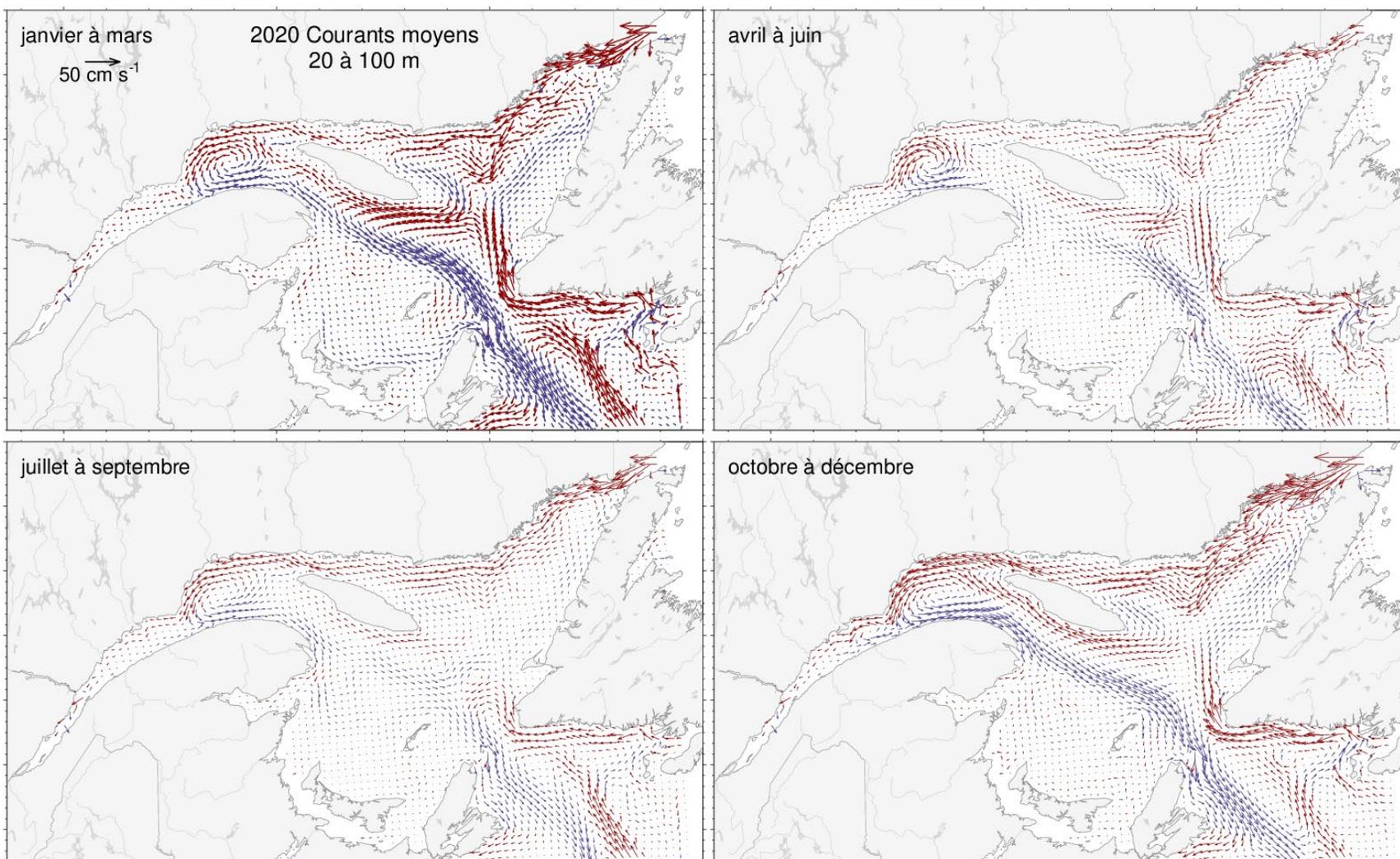


Fig. 55. Courants moyennés de 20 à 100 m pour chaque période de trois mois en 2020. Les vecteurs tracés en bleu vont vers l'est et ceux qui sont tracés en rouge vers l'ouest.

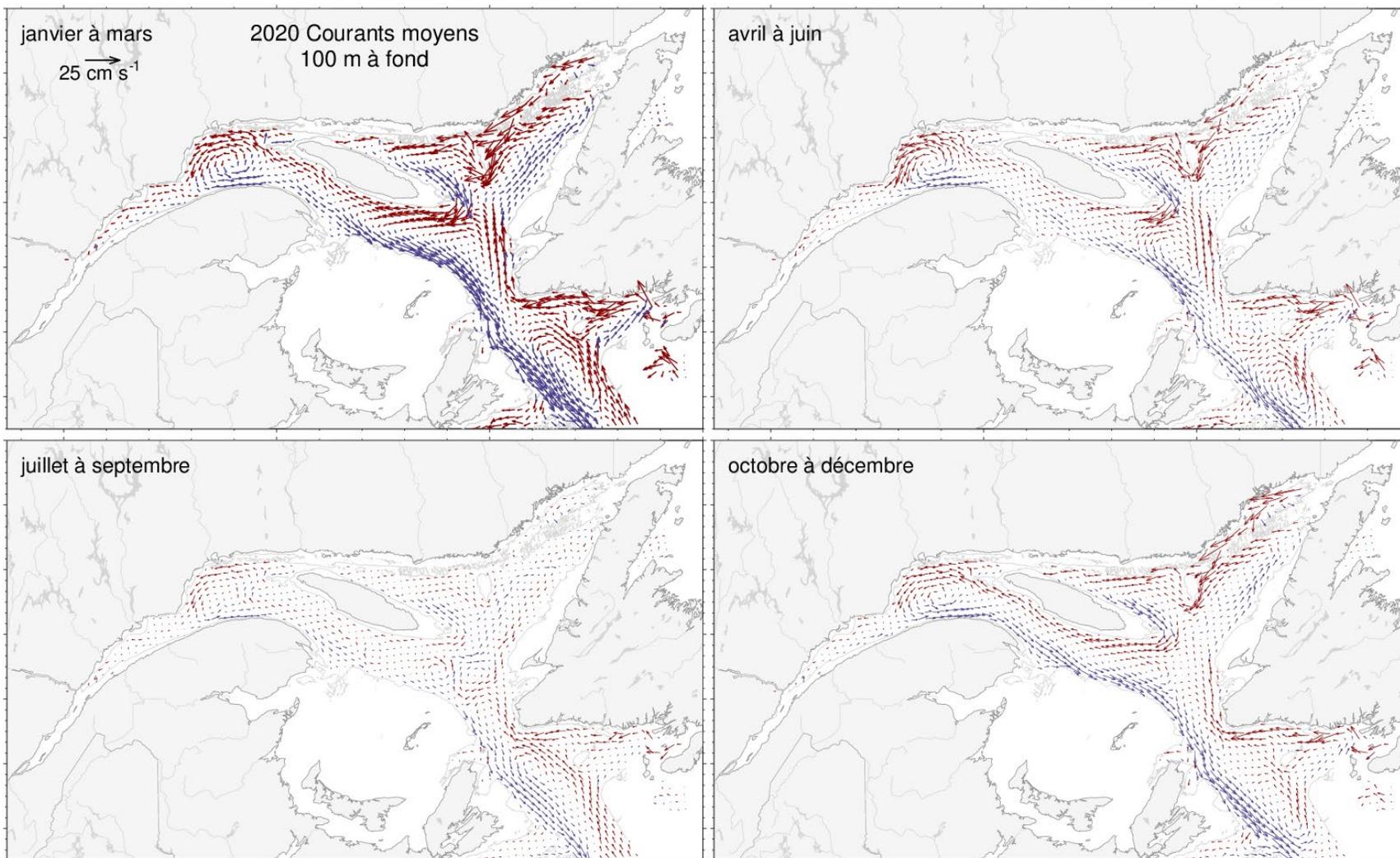


Fig. 56. Courants moyennés de 100 m jusqu'au fond pour chaque période de trois mois en 2020. Les vecteurs tracés en bleu vont vers l'est et ceux qui sont tracés en rouge vers l'ouest.

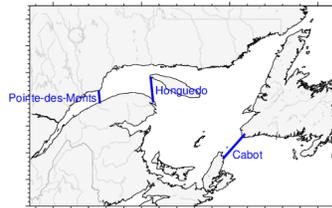
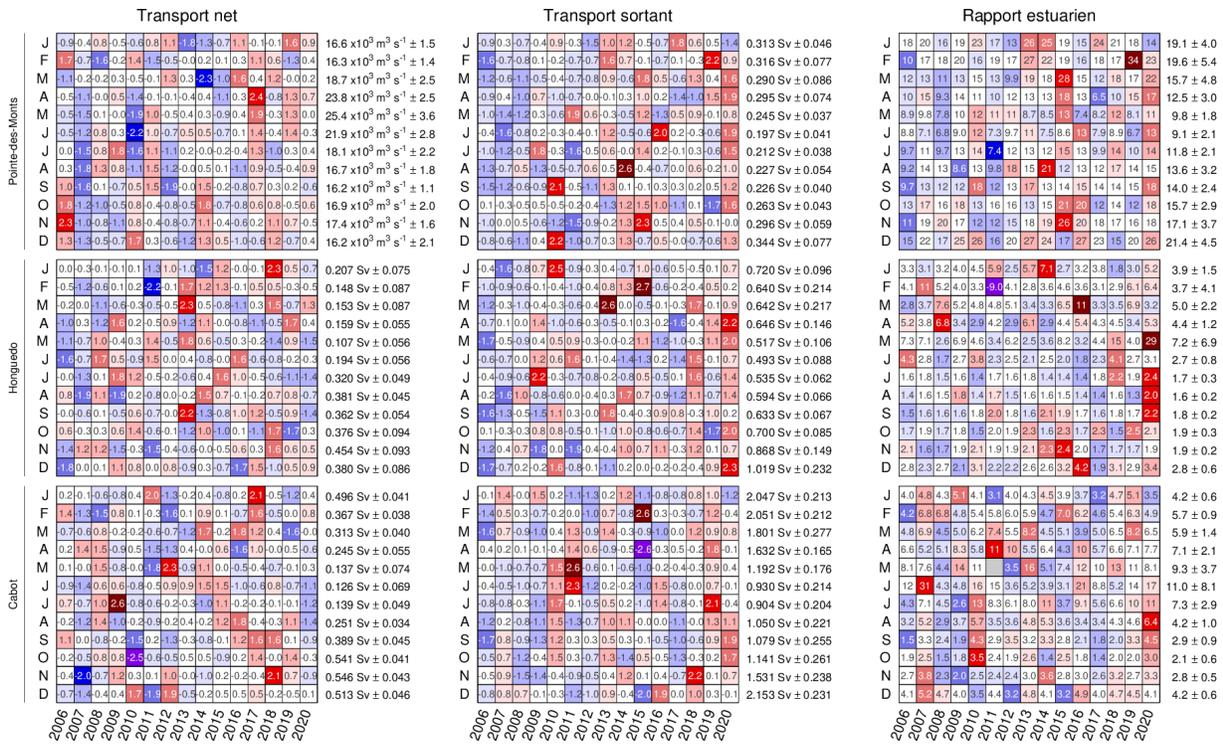


Fig. 57. Transports mensuels moyennés modélisés et rapport estuarien sur des sections du golfe de Saint-Laurent depuis 2006. Les nombres indiqués à droite sont les moyennes et les écarts-types pour 2006-2020. Les nombres qui figurent dans les cellules sont les anomalies normalisées. Les couleurs indiquent l'ampleur de l'anomalie. Le Sv (Sverdrup) est une unité de transport égale à  $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

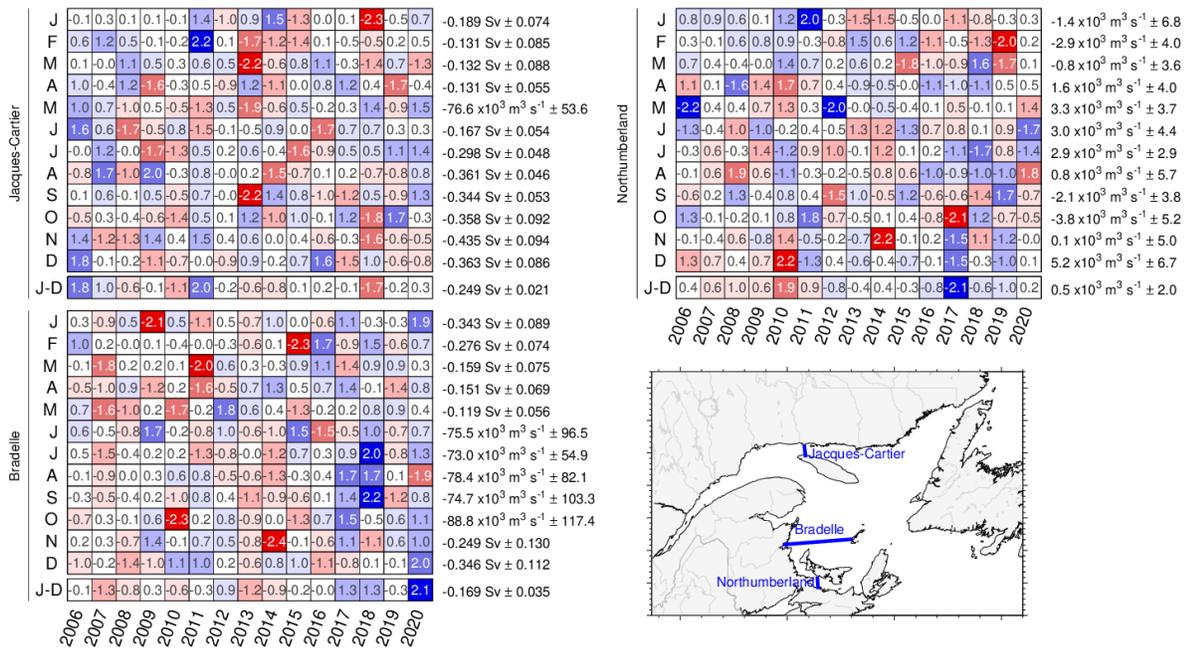


Fig. 58. Transports mensuels moyennés modélisés sur des sections du golfe du Saint-Laurent depuis 2006. Les nombres indiqués à droite sont les moyennes et les écarts-types pour 2006-2020, avec les valeurs positives vers l'est et le nord. Les nombres qui figurent dans les cellules sont les anomalies normalisées. Les couleurs indiquent l'ampleur de l'anomalie (par exemple, les anomalies négatives sont encore indiquées en rouge lorsque le transport moyen est négatif dans la section).

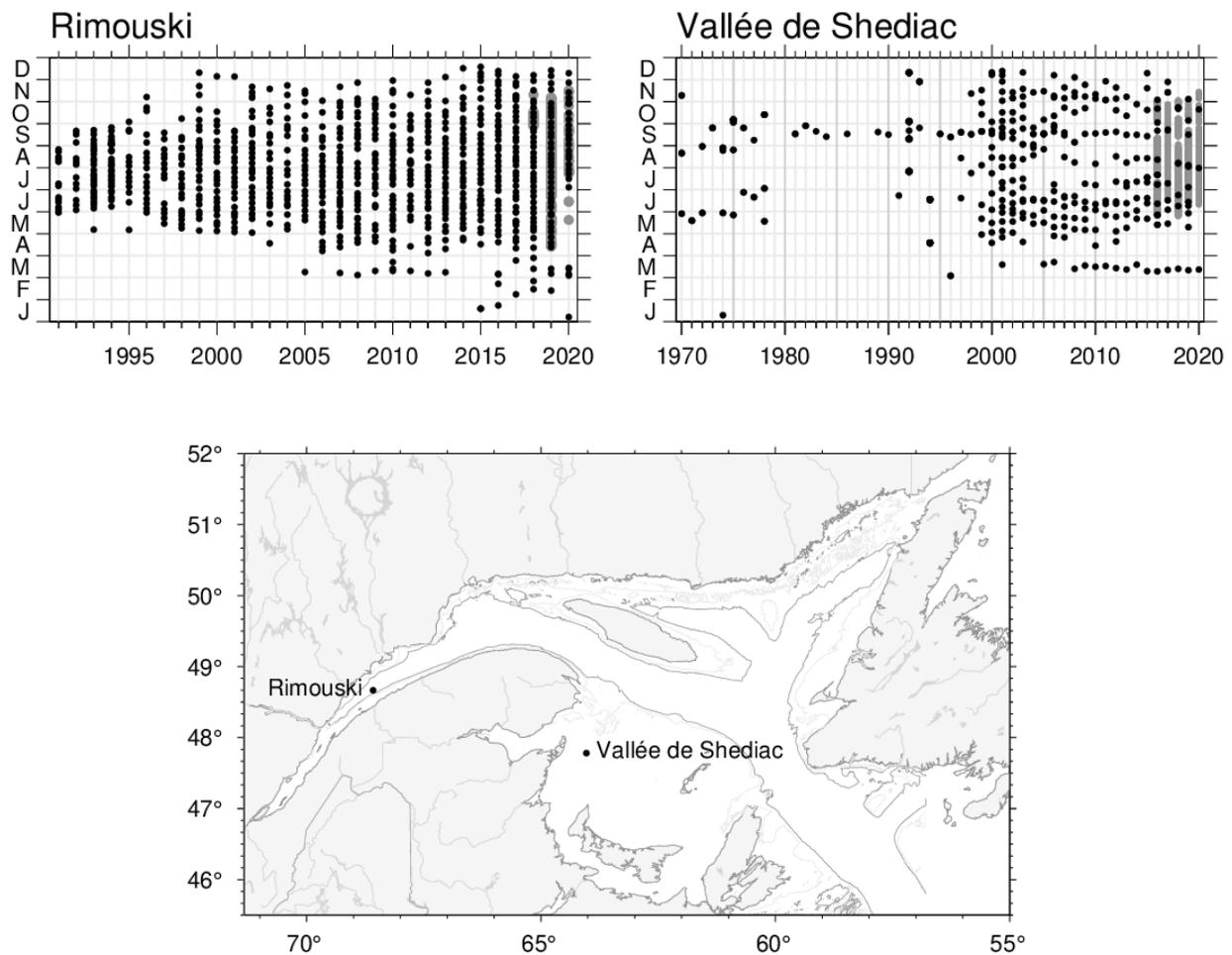


Fig. 59. Fréquence d'échantillonnage et emplacement des stations du PMZA de Rimouski et de la vallée de Shédiac. La superposition en gris en 2020 à la station vallée de Shédiac représente les 212 profils de température et de salinité réalisés par la bouée océanographique automatique PMZA-VAS du 2020-06-11 au 2020-11-13. La superposition en gris en 2020 à la station Rimouski représente les 53 profils de température et de salinité réalisés par la bouée océanographique automatique PMZA-Riki du 2020-05-19 au 2020-11-16.

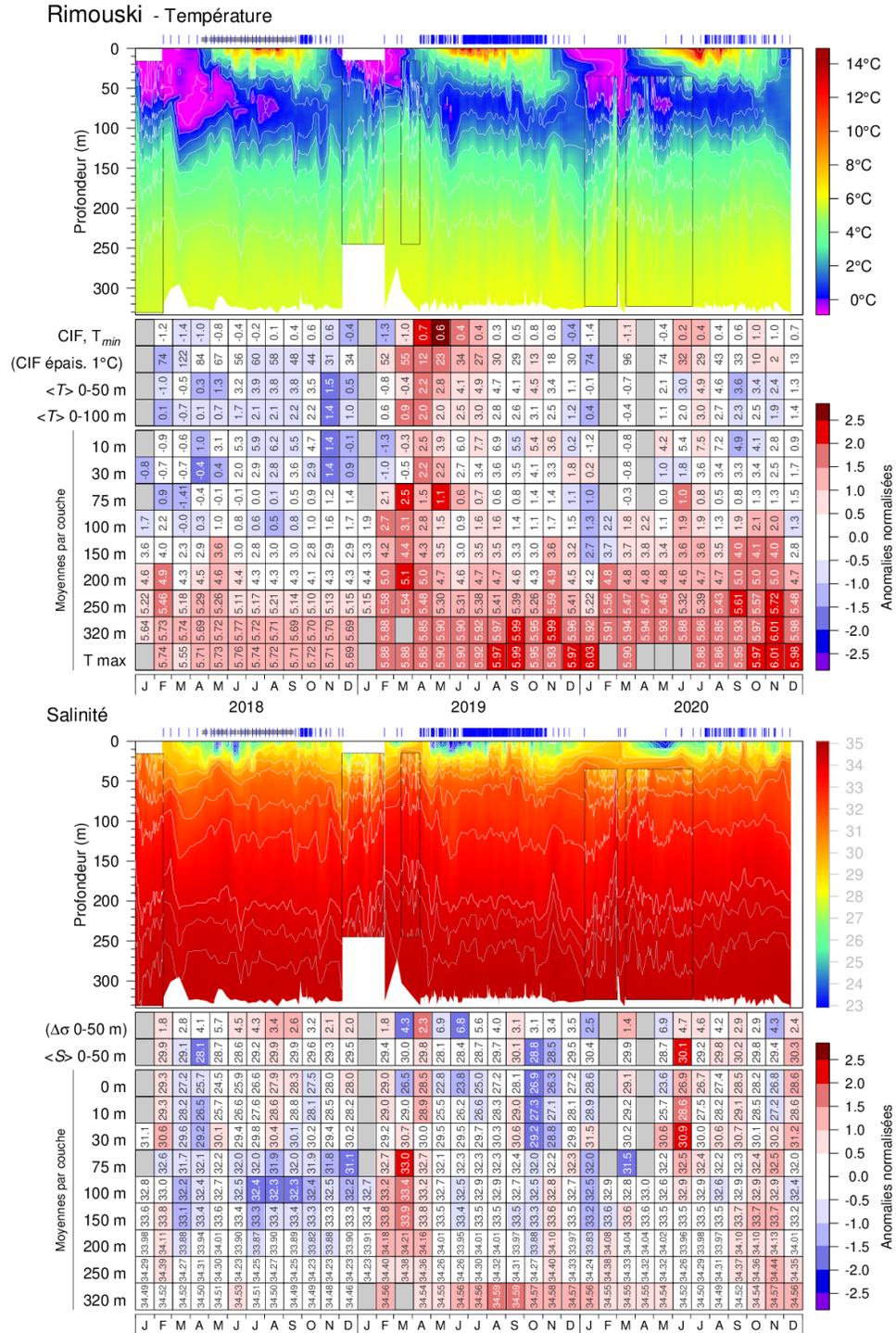
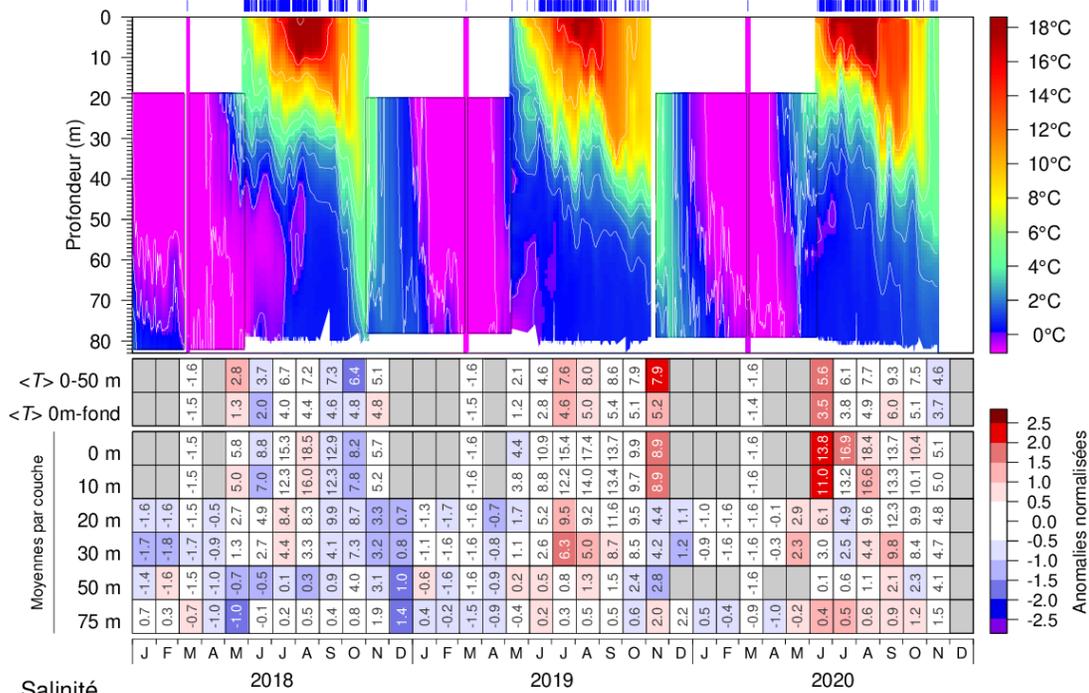


Fig. 60. Séries chronologiques des isothermes (haut) et isohalines (bas) à la station Rimouski; les marques dans la partie supérieure indiquent les profils à pleine profondeur et la zone ombrée les profils effectués à profondeur partielle faits par une bouée automatique Viking. Les tableaux indiquent les moyennes mensuelles à différentes profondeurs, codées par couleur selon l'anomalie par rapport à la climatologie mensuelle de 1991–2020 pour la station (climatologie annuelle pour 250 m et au-delà). Les codes de couleurs sont inversés pour l'épaisseur de la CIF et la stratification, le bleu indiquant une CIF plus épaisse (eau plus froide) et plus de stratification (salinité faible en surface). Les insertions cadrées et certaines de moyennes mensuelles proviennent de mouillages océanographiques.

### Vallée de Shediac - Température



### Salinité

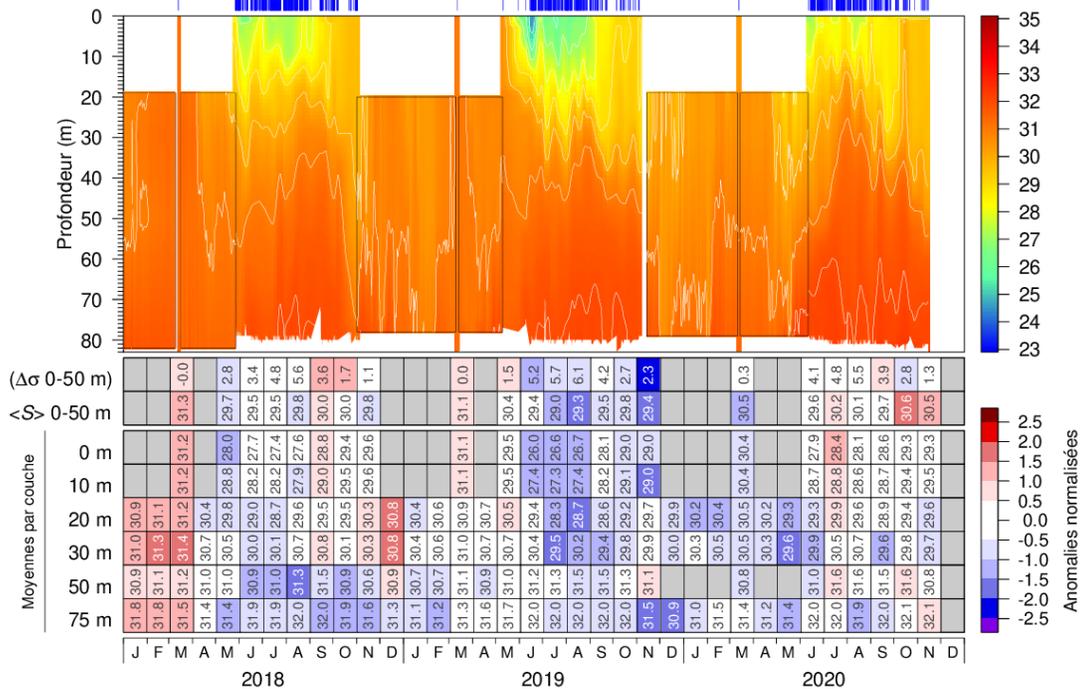


Fig. 61. Séries chronologiques des isothermes et isohalines à la station vallée de Shediac; les marques en haut indiquent les profils (principalement provenant des bouées automatiques depuis 2016). Les tableaux indiquent les moyennes mensuelles à différentes profondeurs, codées par couleur selon l'anomalie par rapport à la climatologie mensuelle de 1991–2020 pour la station (les entrées pour la climatologie sont rares avant 1999). Les codes de couleurs sont inversés pour la stratification, le bleu indiquant plus de stratification (salinité faible en surface). Les insertions encadrées et les moyennes mensuelles des couches à 10, 20, 30 et 75 m sont tirées des données de mouillages océanographiques. Les oscillations de marée interne sont lissées.



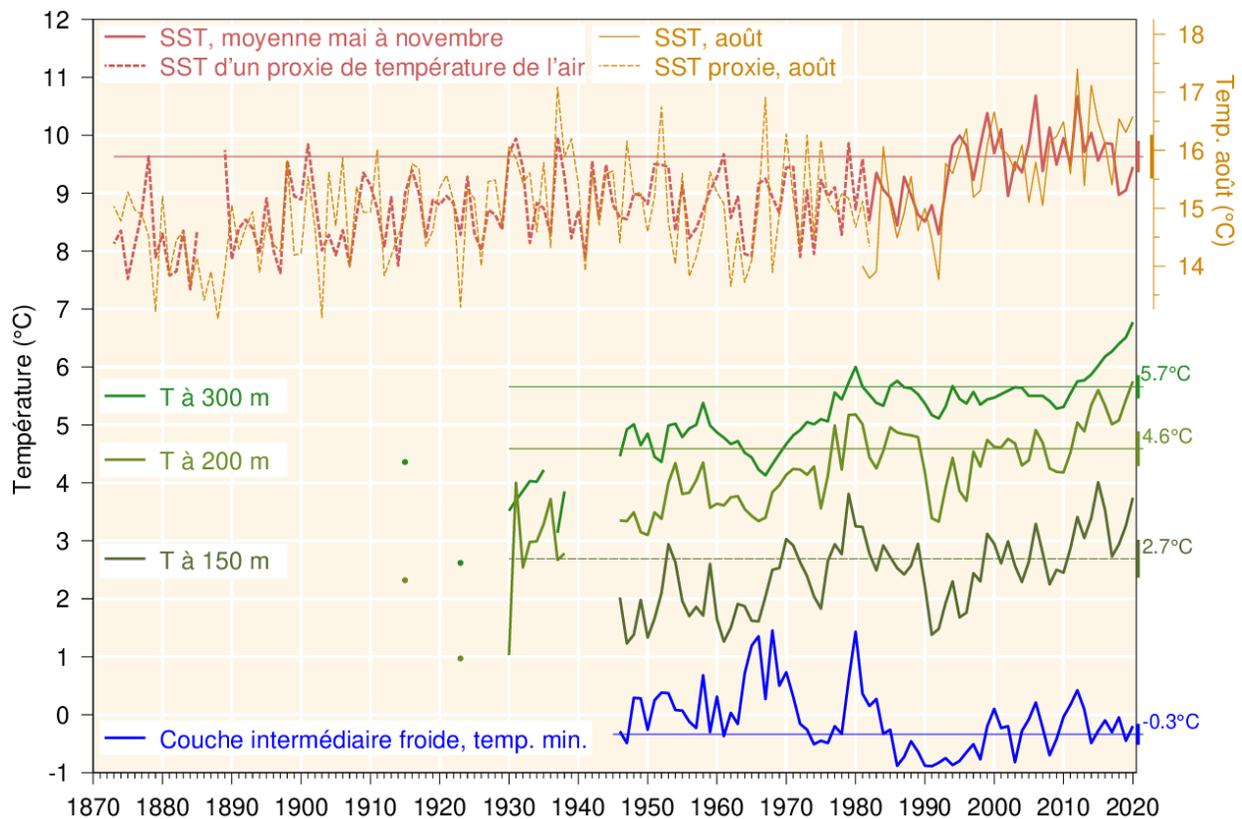


Fig. 63. Températures de l'eau dans le golfe du Saint-Laurent. SST de mai à novembre moyennée sur l'ensemble du golfe, en excluant l'estuaire (1982–2020, ligne rouge), complété par un indicateur indirect tiré de la température de l'air d'avril à novembre (1873–1981, ligne pointillée rouge; moyenne de toutes les stations des Données climatiques canadiennes ajustées et homogénéisées indiquées sur la Fig. 4, sauf les stations de l'estuaire de Baie-Comeau et de Mont-Joli). La SST d'août est représentée à l'aide de l'échelle de température décalée de 6,3 °C; son indicateur indirect est tiré de la température moyenne de l'air en juillet et en août. Température moyenne par couche pour le golfe du Saint-Laurent à 150, 200 et 300 m (lignes vertes). Indice de la température minimale de la couche intermédiaire froide dans le golfe du Saint-Laurent (ligne bleue). L'indicateur indirect de la température de l'air de la SST est semblable à celui de Galbraith et al. (2012). Les moyennes climatologiques tirées de la période 1991–2020 sont indiquées par les lignes fines dont la valeur moyenne est notée à droite. Figure adaptée de Benoît et al. (2012).

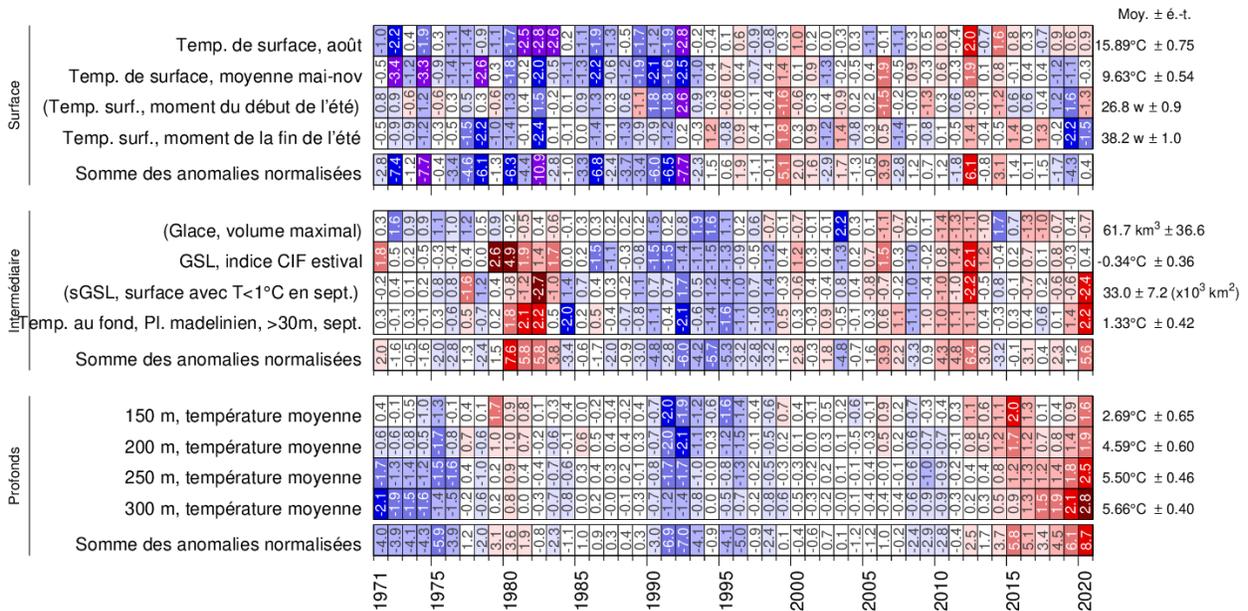


Fig. 64. Indicateurs de la couche de surface, de la couche intermédiaire (et de glace de mer) et de la couche profonde utilisés dans l'indice climatique composite (Fig. 65).

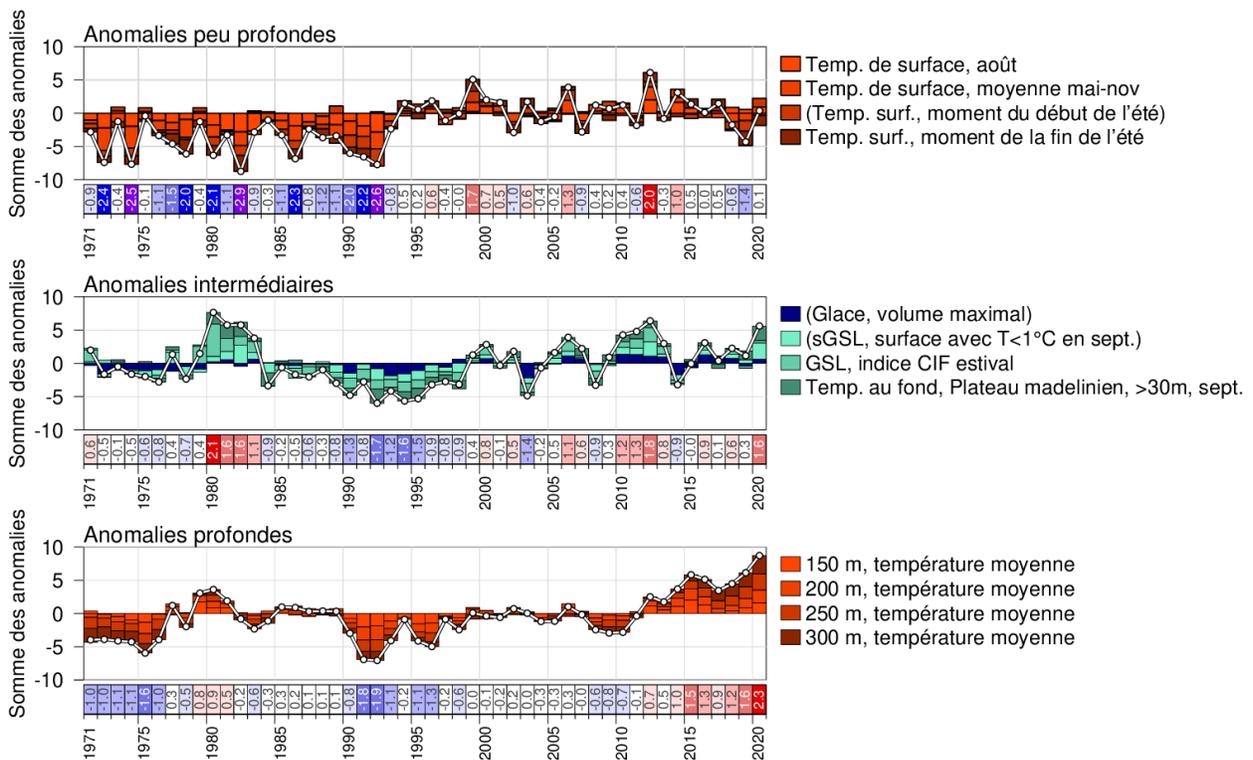


Fig. 65. Indices climatiques composites (lignes et points blancs) calculés en additionnant diverses anomalies normalisées de différentes parties de l'environnement (les cellules colorées empilées au-dessus des abscisses sont les anomalies positives et les anomalies négatives en dessous des abscisses). Le panneau du haut est la somme des anomalies représentant les anomalies de température en eaux peu profondes, le panneau du milieu la somme des anomalies de température à une profondeur intermédiaire et de glace de mer (toutes liées à la formation en hiver) et le panneau du bas la somme des anomalies de température en profondeur.

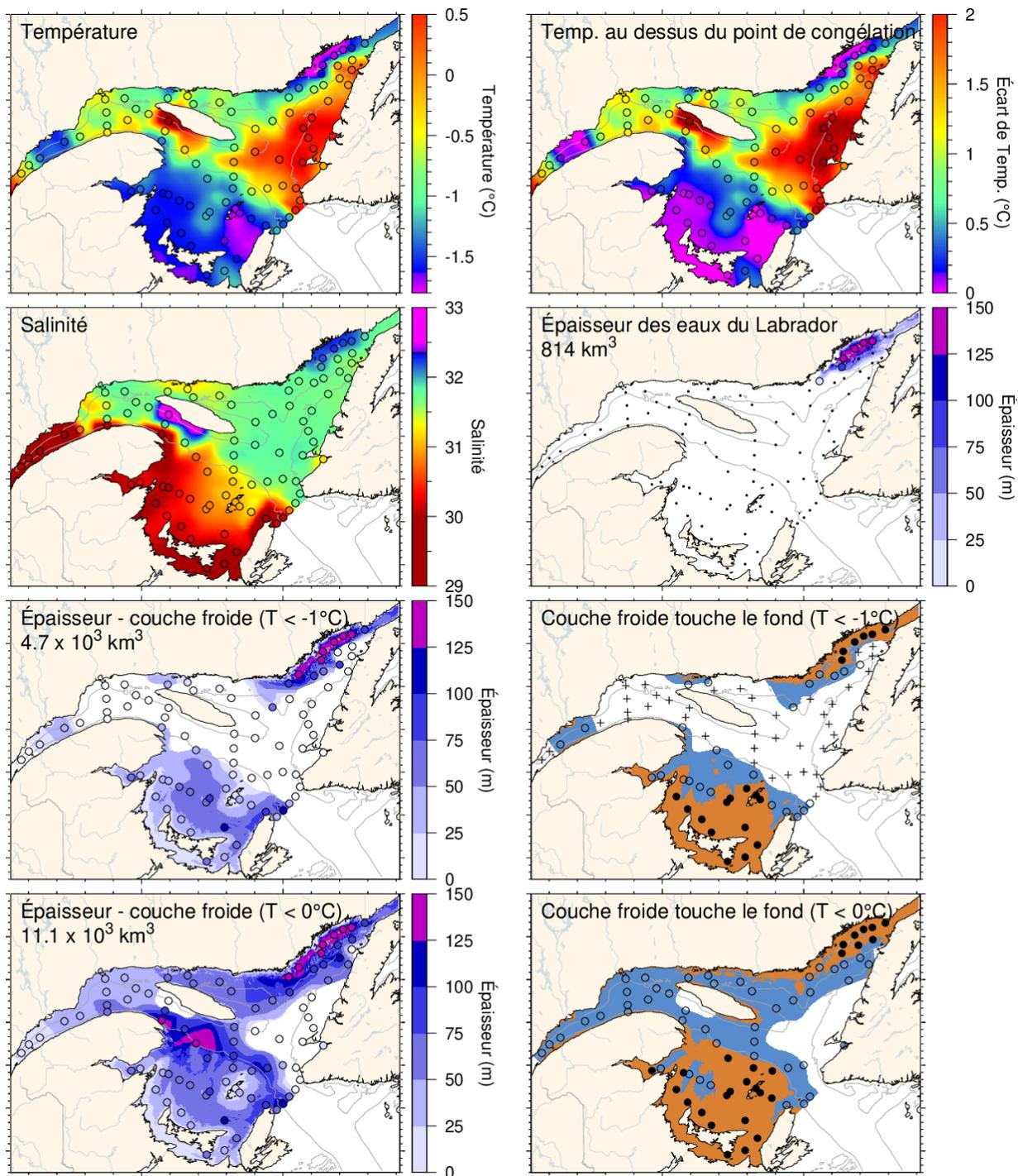


Fig. 66. Caractéristiques de la couche froide de surface en mars 2021 : température de la couche de surface (en haut à gauche), différence de température avec le point de congélation (en haut à droite), salinité (deuxième ligne à gauche), estimation de l'épaisseur de l'intrusion d'eau du plateau du Labrador (deuxième ligne à droite) et épaisseurs de la couche froide ( $T < -1\text{ °C}$  et  $T < 0\text{ °C}$ ) et où elle touche le fond. Les symboles sont colorés en fonction de la valeur observée à la station, selon la même palette de couleurs que l'image de l'interpolation. On constate une bonne correspondance entre l'interpolation et les observations à la station lorsque les couleurs de la station se fondent dans l'arrière-plan.