



Pêches et Océans  
Canada

Fisheries and Oceans  
Canada

Sciences des écosystèmes  
et des océans

Ecosystems and  
Oceans Science

## **Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)**

---

**Document de recherche 2023/016**

**Région des Maritimes**

### **Conditions océanographiques optiques, chimiques et biologiques sur le plateau néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine en 2021**

B. Casault, C. Johnson, E. Devred, E. Head, et L. Beazley.

Pêches et Océans Canada  
Institut océanographique de Bedford  
1, promenade Challenger, C.P. 1006  
Dartmouth (Nouvelle-Écosse) 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 des avis scientifiques  
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 le Roi en chef du Canada, représenté par le ministre du  
ministère des Pêches et des Océans, 2023

ISSN 2292-4272

ISBN 978--0-660-47390-1 N° cat. Fs70-5/2023-016F-PDF

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

Casault, B., Johnson, C., Devred, E., Head, E., et Beazley, L. 2023. Conditions océanographiques optiques, chimiques et biologiques sur le plateau néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine en 2021. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/016. vi + 79 p.

### ***Also available in English:***

*Casault, B., Johnson, C., Devred, E., Head, E., and Beazley, L. 2023. Optical, Chemical, and Biological Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the eastern Gulf of Maine during 2021. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2023/016. v + 74 p.*

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	V
INTRODUCTION.....	1
MÉTHODES.....	2
MISSIONS.....	2
Stations d'échantillonnage à haute fréquence .....	2
Sections du plateau néo-écossais .....	3
Relevés au chalut de l'écosystème .....	3
DÉPLOIEMENT DES INSTRUMENTS.....	4
Conductivité, température et profondeur .....	4
Traits de filet verticaux .....	4
MESURES DÉRIVÉES.....	4
Couche de mélange et indice de stratification .....	4
Propriétés optiques .....	4
Variables intégrées verticalement .....	5
Groupes taxonomiques de phytoplancton.....	5
TÉLÉDÉTECTION PAR SATELLITE DE LA COULEUR DE L'OCÉAN.....	5
TABLEAUX SYNOPTIQUES DES ANOMALIES ANNUELLES.....	6
ACCÈS AUX PRODUITS DE DONNÉES.....	8
PROGRAMME DE MONITORAGE DU BASSIN DE BEDFORD.....	8
ENREGISTREUR DE PLANCTON EN CONTINU (CPR).....	8
OBSERVATIONS.....	9
PROPRIÉTÉS OPTIQUES ET DE MÉLANGE.....	9
ÉLÉMENTS NUTRITIFS.....	11
Stations d'échantillonnage à haute fréquence .....	11
Relevés à vaste échelle .....	12
PHYTOPLANCTON.....	13
Stations d'échantillonnage à haute fréquence .....	13
Relevés à vaste échelle et télédétection par satellite .....	14
ZOOPLANCTON.....	16
Stations d'échantillonnage à haute fréquence .....	16
Relevés à vaste échelle .....	18
Espèces indicatrices .....	19
DISCUSSION.....	19
PROGRAMME DE MONITORAGE DU BASSIN DE BEDFORD.....	24
IMPACTS SUR LES ACTIVITÉS DU PROGRAMME.....	24
CONDITIONS PHYSIQUES.....	25
ÉTAT DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS ET DU PLANCTON.....	25
ENREGISTREUR DE PLANCTON EN CONTINU.....	26
PHYTOPLANCTON.....	26

---

ZOOPLANCTON.....	26
ORGANISMES SENSIBLES À L'ACIDIFICATION .....	27
SOMMAIRE.....	27
REMERCIEMENTS .....	29
RÉFÉRENCES CITÉES .....	29
TABLEAUX.....	33
FIGURES .....	34
ANNEXE A.....	78

---

## RÉSUMÉ

Les conditions physiques de l'océan dans la région des Maritimes en 2021 ont indiqué des eaux généralement plus chaudes que la normale dont des températures de surface s'approchant des niveaux records atteints en 2012. Les inventaires annuels de nitrate et de silicate en surface et en profondeur étaient principalement supérieurs à la normale dans toute la région, à l'exception de la station Prince-5 (P5). Les inventaires annuels de phosphate en surface et en profondeur étaient également plus élevés que les années précédentes, bien qu'ils soient restés près ou inférieurs aux moyennes à long terme. Les inventaires annuels de chlorophylle-*a* mesurée *in situ* sur la couche 0–100 m étaient principalement près ou inférieurs à la normale dans toute la région en 2021, tandis que les concentrations annuelles moyennes de chlorophylle-*a* de surface mesurées par télédétection étaient principalement supérieures à la normale. La floraison printanière du phytoplancton a été principalement plus précoce que la normale dans toute la région, avec une durée variable, et une amplitude et une magnitude toutes deux supérieures à la normale. Des conditions de floraison automnale relativement intenses étaient évidentes dans toute la région. La composition du phytoplancton à la station Halifax-2 (HL2) indiquait des niveaux d'abondance de diatomées et de dinoflagellés près de la normale en 2021, contrairement aux dernières années, tandis que l'abondance des ciliés et des flagellés continuait d'être supérieure à la normale. À la station P5, l'abondance plus faible des diatomées et l'abondance plus grande des ciliés et des flagellés ont poursuivi la tendance à long terme. L'abondance de *C. finmarchicus* était principalement inférieure à la normale, en particulier à la station HL2 et dans la partie ouest (banc Browns et P5) de la région. L'abondance du *Pseudocalanus* spp. et des non-copépodes était principalement supérieure à la normale dans toute la région, tandis que l'abondance des copépodes totaux et la biomasse du mésozooplancton étaient variables. L'abondance des espèces de *Calanus* arctiques et des copépodes d'eaux chaudes côtières était respectivement principalement inférieure et principalement supérieure à la normale dans la région en 2021. À l'exception des *Pseudocalanus* spp. dont l'abondance était principalement supérieure à la normale dans toute la région en 2021, l'abondance des petits copépodes *O. similis*, *O. atlantica* (HL2) ainsi que *Microcalanus* spp. et *Paracalanus* spp. (HL2 et P5) était près ou inférieure à la normale en 2021.

Les températures moyennes en surface et au fond dans le bassin de Bedford étaient supérieures à la normale en 2021. Les éléments nutritifs en surface étaient près ou légèrement inférieurs à la normale, tandis que le nitrate, le phosphate et le silicate au fond étaient supérieurs à la normale en 2021, dont une valeur record observée en juin pour le nitrate au fond. Aucune intrusion d'eau en provenance du plateau dans les couches plus profondes du bassin de Bedford ne s'est produite en 2021, expliquant en partie les conditions hypoxiques observées dans les 30 à 40 m inférieurs du bassin de Bedford.

Les données de 2020 de l'enregistreur de plancton en continu ont indiqué des valeurs près de la normale pour l'indice de couleur du phytoplancton, un indicateur de la biomasse du phytoplancton, et l'abondance annuelle des diatomées sur l'ensemble du plateau néo-écossais, tandis que l'abondance annuelle des dinoflagellés était au-dessus (plateau néo-écossais est, ESS) ou près (plateau néo-écossais ouest, WSS) de la normale. L'abondance annuelle du *Calanus* C1–IV était supérieure à la normale dans les deux sous-régions, tandis que celle du *C. finmarchicus* CV–VI était supérieure (ESS) ou près de la normale (WSS). L'abondance annuelle du *C. glacialis* CIV–VI étaient supérieures à la normale dans les deux régions, tandis

---

que l'abondance annuelle du *C. hyperboreus* CIII-VI, des *Para/Pseudocalanus*, des euphausiacés et des amphipodes hypéridés était supérieure à la normale sur l'ESS mais normale sur le WSS.

---

## INTRODUCTION

Le Programme de Monitoring de la Zone Atlantique (PMZA) a été mis en œuvre en 1998 pour améliorer la capacité de Pêches et Océans Canada (MPO) à décrire, à comprendre et à prévoir l'état de l'écosystème marin (Therriault *et al.* 1998). Le PMZA tire ses renseignements sur le milieu et les écosystèmes marins à partir de données recueillies sur un réseau de stations d'échantillonnage (stations d'échantillonnage à haute fréquence, sections transversales du plateau continental, et relevés au chalut de l'écosystème) dans quatre régions du MPO (Québec, Golfe, Maritimes et Terre-Neuve-et-Labrador) qui sont échantillonnées à une fréquence de bimensuelle à annuelle. Le plan d'échantillonnage fournit des renseignements fondamentaux sur la variabilité des propriétés physiques, chimiques et biologiques du plateau continental et du talus de l'Atlantique Nord-Ouest à des échelles saisonnières et interannuelles. Les relevés au chalut de l'écosystème et l'échantillonnage sur les sections transversales du plateau continental renseignent sur la variabilité environnementale à vaste échelle (Harrison *et al.* 2005), mais ont une couverture saisonnière limitée. Les stations d'échantillonnage à haute fréquence complètent l'échantillonnage effectué à vaste échelle en fournissant davantage de renseignements détaillés sur les changements saisonniers des propriétés de l'océan. Au cours des dernières années, les données collectées à partir de bouées et de planeurs, bien que non présentées dans ce rapport, complètent les observations de base avec des observations temporelles et/ou spatiales à haute résolution. De plus, le relevé de l'enregistreur de plancton en continu (CPR, de l'anglais « Continuous Plankton Recorder ») de l'Atlantique Nord assure un échantillonnage mensuel le long des voies de navigation commerciale entre Reykjavik et la côte de la Nouvelle-Angleterre, en passant par le plateau néo-écossais (SS, de l'anglais « Scotian Shelf »). L'échantillonnage du CPR enrichit un ensemble de données recueillies depuis 1960, qui permet d'établir les observations actuelles sur une période plus longue que l'échantillonnage de base du PZMA. L'échantillonnage *in situ* est également complété par des mesures satellitaires de la couleur de l'océan qui fournissent des informations supplémentaires sur la distribution à grande échelle du phytoplancton. Le présent rapport fournit une évaluation de la distribution et de la variabilité des éléments nutritifs et du plancton sur le SS et dans l'est du golfe du Maine (GoM, de l'anglais « Gulf of Maine »), et il est axé sur les conditions observées en 2021 (2020 pour les données du CPR) dans le contexte des conditions plus chaudes observées ces dernières années dans le milieu marin. Il vient compléter des évaluations de l'environnement physique de la région des Maritimes (Hebert *et al.* en préparation)<sup>1</sup> et de l'état du système du plateau continental de l'Atlantique Nord-Ouest canadien dans son ensemble (MPO 2022). Bien qu'externe au PZMA, la station Compass Buoy située dans le bassin de Bedford est échantillonnée hebdomadairement depuis 1992 et un résumé des conditions environnementales et du phytoplancton qui y sont observées est également présenté dans ce rapport.

Le SS se trouve dans une zone de transition influencée à la fois par les eaux subpolaires qui s'écoulent principalement dans la région à partir du golfe du Saint-Laurent et du plateau de

---

<sup>1</sup> Hebert, D., Layton, C., Brickman, D, et Galbraith, P.S. En préparation. Conditions océanographiques physiques sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine en 2021. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. Présenté à la vingt-quatrième réunion annuelle du Programme de Monitoring de la Zone Atlantique le 21 mars 2022.

---

Terre-Neuve, et par des eaux extracôtières plus chaudes de l'Atlantique originant du Gulf Stream. Les propriétés des eaux profondes du plateau néo-écossais ouest montrent des changements importants de température reflétant des changements dans la source des eaux profondes (source qui varie entre les eaux froides et moins riches en éléments nutritifs provenant du courant du Labrador et les eaux chaudes plus riches en éléments nutritifs du talus continental), ces changements de source pouvant être déclenchés par des changements de la répartition de la pression atmosphérique à vaste échelle (Petrie 2007). La température et la salinité sur le SS sont également influencées par les transferts de chaleur entre l'atmosphère et l'océan, par les mélanges locaux, par les précipitations et, dans une certaine mesure, par le ruissellement à partir des terres. Les changements physiques dans l'environnement pélagique ont une incidence sur la composition des communautés de plancton et sur les cycles annuels de production biologique, avec des répercussions sur le transfert d'énergie vers les niveaux trophiques supérieurs.

## MÉTHODES

Dans la mesure du possible, le prélèvement et le traitement des échantillons sont conformes aux protocoles normalisés établis (Mitchell *et al.* 2002). Les mesures non standards et les variables dérivées sont décrites ci-dessous.

## MISSIONS

Le personnel navigant du PMZA de la région des Maritimes a participé à plusieurs missions à vaste échelle (relevés au chalut de l'écosystème et relevés océanographiques saisonniers sur les sections du plateau) durant l'année civile 2021, auxquelles s'ajoutent les sorties quotidiennes en mer aux deux stations d'échantillonnage à haute fréquence. Au total, 182 occupations de stations hydrographiques ont été effectuées dont 154 incluaient également des échantillons de plancton prélevés par trait de filet (tableau 1). Le tableau 1 comprend des échantillons hydrographiques et traits de filet prélevés sur les sections du banc Browns et d'Halifax dans le cadre d'essais en mer effectués au printemps sur le navire de recherche nouvellement acquis NGCC *Capt. Jacques Cartier*. Le tableau 1 comprend également des échantillons prélevés au printemps sur les sections du détroit de Cabot et de Louisbourg dans le cadre de la mission de la Mer du Labrador, mission qui a ensuite été annulée en raison de problèmes de navires. Pour ces deux missions, l'occupation des sections s'est produite considérablement plus tard que la normale et, par conséquent, les données dérivées de ces échantillons ne sont pas directement comparables au reste de la série chronologique et ne sont pas incluses dans ce rapport.

### Stations d'échantillonnage à haute fréquence

Les stations d'échantillonnage à haute fréquence d'Halifax-2 (HL2) et de Prince-5 (P5) ont été échantillonnées à 18 et 8 reprises, respectivement, en 2021. Pour la station P5, la fréquence d'échantillonnage était inférieure à celle des années précédentes dû à l'inaccessibilité du quai d'amarrage. En conséquence, il n'y a pas eu d'échantillonnage à la station P5 de février à mai inclusivement.

La série standard de prélèvements aux stations d'échantillonnage à haute fréquence comprend :



- 
- Profils de conductivité-température-profondeur (CTD, de l'anglais « conductivity-temperature-depth »), de pair avec la mesure de la teneur en oxygène dissous, de la fluorescence et du rayonnement photosynthétique actif (PAR, de l'anglais « photosynthetically active radiation »).
  - Échantillons d'eau prélevés à des profondeurs standards à l'aide de bouteilles Niskin pour l'analyse des éléments nutritifs, l'étalonnage de la salinité et de l'oxygène ainsi que l'analyse de la chlorophylle-a. Les pigments accessoires du phytoplancton sont également mesurés près de la surface mais ne sont pas rapportés dans le présent document.
  - Échantillons d'eau prélevés à l'aide de bouteilles Niskin pour le dénombrement du phytoplancton.
  - Traits de filet verticaux (mailles de 202 µm) pour mesurer la biomasse (poids humide et sec), l'abondance et la composition de la communauté du zooplancton.
  - Mesures de l'atténuation de la lumière, lorsque possible, à l'aide d'un disque de Secchi.

### **Sections du plateau néo-écossais**

Durant les missions saisonnières du printemps et de l'automne, l'échantillonnage est réalisé sur les quatre sections transversales principales (déroit de Cabot [CSL]; Louisbourg [LL]; Halifax [HL]; banc Browns [BBL]; figure 1) et sur plusieurs sections/stations auxiliaires (marqueurs gris sur la figure 2). Cependant, les résultats de l'échantillonnage aux sections/stations auxiliaires ne sont pas rapportés dans le présent document. En 2021, en raison de l'annulation de la mission de printemps, seuls les échantillons prélevés lors de la mission d'automne sur les sections du plateau ont été utilisés pour calculer les estimations annuelles des indices clés pour les sections. Par conséquent, les anomalies annuelles estimées pour les sections doivent être interprétées avec prudence.

La série standard de prélèvements aux stations des sections principales est la même que celle aux stations d'échantillonnage à haute fréquence décrite ci-dessus, hormis le dénombrement du phytoplancton. En plus de la série standard d'analyses réalisées sur les échantillons d'eau, le carbone organique particulaire est aussi mesuré à des profondeurs standards bien que non rapporté dans ce document.

### **Relevés au chalut de l'écosystème**

Le personnel du PMZA de la région des Maritimes a participé à un relevé au chalut de l'écosystème en 2021. Le relevé d'hiver habituel sur le banc Georges (GB) s'est déroulé en deuxième moitié de mars (tableau 1). Le relevé d'été sur le SS et dans l'est du GoM, qui a généralement lieu du début juillet à la mi-août, a été annulé en raison de problèmes de disponibilité des navires.

La série de prélèvements effectués lors des relevés au chalut de l'écosystème comprend les mesures énumérées ci-dessus pour les stations d'échantillonnage à haute fréquence, bien que l'échantillonnage par bouteille est limité à quatre profondeurs cibles et que les traits de filet verticaux (mailles de 202 µm) ne sont réalisés qu'à un sous-ensemble de stations (tableau 1 et figure 3).

---

## DÉPLOIEMENT DES INSTRUMENTS

### Conductivité, température et profondeur

Les mesures par CTD sont prises entre la surface et une profondeur cible se situant à 2 m ou moins du fond.

Les profondeurs standards pour les échantillons d'eau sont les suivantes :

- Stations d'échantillonnage à haute fréquence :  
HL2 : 1 m, 5 m, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 75 m, 100 m, 140 m  
P5 : 1 m, 10 m, 25 m, 50 m, 95 m
- Sections saisonnières : près de la surface, 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 60 m, 80 m, 100 m, 250 m, 500 m, 1 000 m, 1 500 m, 2 000 m, près du fond (les profondeurs d'échantillonnage sont limitées par la profondeur de l'eau)
- Relevés au chalut de l'écosystème : 5 m, 25 m, 50 m, et près du fond lorsque possible

### Traits de filet verticaux

Des filets à plancton à mailles standards de 202  $\mu\text{m}$  sont hissés verticalement depuis la proximité du fond jusqu'à la surface à une vitesse d'environ  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Dans les eaux extracôtières profondes, la profondeur maximale du trait est de 1 000 m. Les échantillons sont conservés dans une solution à 4 % de formaldéhyde tamponné et analysés conformément au protocole énoncé dans Mitchell *et al.* (2002).

## MESURES DÉRIVÉES

### Couche de mélange et indice de stratification

Deux indices simples de la structure physique verticale de la colonne d'eau sont calculés et rapportés dans ce rapport.

1. La profondeur de la couche mélangée est calculée à partir des observations CTD comme étant la profondeur minimale où le gradient de densité est égal ou supérieur à  $0,01 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-4}$ .
2. L'indice de stratification est calculé comme suit :

$$\text{Indice de stratification (kg}\cdot\text{m}^{-4}) = (\sigma_{t-50} - \sigma_{t-z_{\min}})/(50 - z_{\min})$$

où  $\sigma_{t-50}$  et  $\sigma_{t-z_{\min}}$  sont les valeurs mesurées ou interpolées de la densité ( $\sigma_t$ ) à 50 m, et  $z_{\min}$ , la profondeur minimale à laquelle des données CTD fiables sont obtenues, profondeur qui oscille habituellement entre 1 m et 2 m et qui est toujours inférieure à environ 5 m.

### Propriétés optiques

Les propriétés optiques de l'eau de mer (coefficient d'atténuation [ $K_d$ ], profondeur de la zone euphotique [ $Z_{eu}$ ]) sont dérivées de mesures *in situ* de l'atténuation de la lumière prises par un capteur du PAR monté sur rosette, et de mesures de profondeur du disque de Secchi, conformément aux procédures suivantes :

- 
1. Le coefficient d'atténuation verticale descendante pour le PAR ( $K_{d-PAR}$ ) est calculé comme étant la pente de la régression linéaire de  $\ln(E_d(z))$  en fonction de la profondeur  $z$  (où  $E_d(z)$  est la valeur du rayonnement descendant à une profondeur  $z$ ) calculé sur l'intervalle depuis près de la surface jusqu'à environ 50 m. La profondeur minimale se situe habituellement autour de deux mètres, bien que le calcul est parfois forcé sous cette profondeur cible lorsque les mesures du PAR près de la surface semblent inconsistantes.
  2. La valeur du coefficient d'atténuation de la lumière  $K_{d\_Secchi}$  tirée des observations faites à l'aide d'un disque de Secchi est calculée en utilisant :

$$K_{d\_secchi} (m^{-1}) = 1,44/Z_{sd}$$

où  $Z_{sd}$  est la profondeur (en m) à laquelle le disque de Secchi disparaît de la vue de l'observateur (Holmes 1970).

Les estimations de la profondeur de la zone euphotique ( $Z_{eu}$ ), définie comme la profondeur où le PAR atteint 1 % de la valeur de surface, sont obtenues à l'aide de l'expression suivante (Churilova *et al.* 2017):

$$Z_{eu} (m) = 4,6 / K_d$$

### **Variables intégrées verticalement**

Les inventaires intégrés de chlorophylle-*a* et des éléments nutritifs sont calculés pour divers intervalles de profondeur (e.g., 0–100 m pour la chlorophylle-*a*, et 0–50 m et 50–150 m pour les éléments nutritifs) en utilisant l'intégration numérique trapézoïdale. Lorsque la profondeur maximale à une station donnée est moins élevée que les limites inférieures susmentionnées, les inventaires sont calculés en établissant la limite inférieure de l'intégration à la profondeur maximale à cette station (e.g., 95 m pour la station P5). Les données à la surface (0 m) correspondent aux valeurs mesurées à la profondeur d'échantillonnage la plus proche de la surface. Les données à la limite inférieure correspondent:

1. aux valeurs interpolées lorsque l'échantillonnage est effectué sous la limite inférieure d'intégration; ou
2. aux valeurs mesurées à la profondeur d'échantillonnage la plus proche du fond lorsque l'échantillonnage est effectué dans des eaux moins profondes que la limite inférieure d'intégration.

### **Groupes taxonomiques de phytoplancton**

L'abondance et la composition taxonomique du phytoplancton aux stations d'échantillonnage à haute fréquence sont estimées à partir d'aliquotes regroupées d'eau prélevée dans la couche supérieure de 100 m en utilisant la technique d'Utermöhl (Utermöhl 1931).

### **TÉLÉDÉTECTION PAR SATELLITE DE LA COULEUR DE L'OCÉAN**

Les concentrations de chlorophylle-*a* de surface dérivées à partir des données de couleur de l'océan recueillies par le capteur "Aqua" du spectroradiomètre d'imagerie à résolution modérée (MODIS) sont utilisées dans le but de construire des séries chronologiques composites pour différentes sous-régions. La série chronologique du capteur MODIS s'étend de juillet 2002

jusqu'à présent pour les stations (HL2 et P5) et les sous-régions sélectionnées de la région des Maritimes (déroit de Cabot [CS], plateau néo-écossais est [ESS], plateau néo-écossais central [CSS], plateau néo-écossais ouest [WSS], haut-fond Lurher [LS], banc Georges [GB]; figure 4). L'algorithme de rapport de bandes POLY4 (Clay et al. 2019) est utilisé pour dériver la concentration de chlorophylle-*a* à partir des données de réflectance mesurée par télédétection et disponibles sur le site web [NASA's Ocean Color website](https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/) (consulté le 11 octobre 2022). Cet algorithme est basé sur celui d'O'Reilly et al. (1998) dont les coefficients ont été ajustés à l'échelle régionale à l'aide de la base de données de chlorophylle-*a* du PZMA (i.e., concentrations de chlorophylle-*a* déduites par chromatographie en phase liquide à haute performance [HPLC], de l'anglais «high performance liquid chromatography»). L'application R Shiny [PhytoFit](https://www.phytofit.com/) (consulté le 11 octobre 2022) a été utilisée pour le téléchargement et la visualisation des données ainsi que pour le calcul des statistiques et des paramètres de la floraison printanière du phytoplancton (Clay et al. 2021). Des statistiques de base (moyenne, écart-type) sont extraites des données MODIS hebdomadaires à des fins de visualisation du cycle annuel et de la variabilité interannuelle de la chlorophylle-*a* de surface pour chaque sous-région (voir figure 14 et figure 19). Les paramètres de la floraison printanière du phytoplancton sont estimés à partir des données MODIS journalières suivant un modèle de la fonction de Gauss décalé dans le temps (Zhai et al. 2011). Quatre indices sont calculés pour décrire les paramètres de la floraison printanière : la date de début (jour de l'année), la durée du cycle (nombre de jours), la magnitude (l'intégrale de la concentration de chlorophylle-*a* sous la courbe de Gauss) et l'amplitude (concentration de chlorophylle-*a* maximale moins la concentration ambiante).

## TABLEAUX SYNOPTIQUES DES ANOMALIES ANNUELLES

Des tableaux synoptiques des principaux indices, basés sur des anomalies annuelles normalisées et ajustées pour tenir compte de la saison, représentent les observations physiques, chimiques et biologiques dans un format compact. Les estimations annuelles des inventaires des éléments nutritifs, de la chlorophylle-*a* et de l'abondance moyenne des principales espèces ou des principaux groupes de zooplancton dans la colonne d'eau aux stations d'échantillonnage à haute fréquence et le long des quatre sections standards (en tant que moyenne globale) reposent sur des modèles linéaires généralisés de la forme :

$$Densité = \alpha + \beta_{ANNÉE} + \delta_{MOIS} + \varepsilon \text{ pour les stations d'échantillonnage à haute fréquence,}$$

$$Densité = \alpha + \beta_{ANNÉE} + \delta_{STATION} + \gamma_{SAISON} + \varepsilon \text{ pour les sections.}$$

La *densité* est exprimée en unités par m<sup>-2</sup> (or L<sup>-1</sup> pour l'abondance du microplancton),  $\alpha$  est la constante et  $\varepsilon$  représente l'erreur. Pour les stations d'échantillonnage à haute fréquence,  $\beta$  et  $\delta$  sont les effets catégoriques pour l'année et le mois, respectivement. Pour les sections,  $\beta$ ,  $\delta$  et  $\gamma$  tiennent compte de l'effet de l'année, la station et la saison, respectivement.

Cette méthode est également utilisée pour calculer les estimations saisonnières des indices du zooplancton (i.e., la biomasse du zooplancton et l'abondance du *Calanus finmarchicus*) pour chacune des sections. Dans ces cas, un modèle réduit comportant les effets liés à l'année et à la station est ajusté aux sous-ensembles de données saisonnières. À noter que pour 2021, les estimations saisonnières n'ont été calculées que pour l'automne en raison de l'absence de la mission du printemps.

---

L'approche du modèle linéaire généralisé est également appliquée aux données de télédétection pour calculer les estimations annuelles de la chlorophylle-*a* de surface. Dans ce cas, le modèle est ajusté pour chaque sous-région sélectionnée (i.e., HL2, P5, CS, ESS, CSS, WSS, LS et GB) en utilisant l'année et le jour de l'année comme variables catégoriques.

La *densité*, en termes de concentration de chlorophylle-*a* de surface et de l'inventaire intégré de chlorophylle-*a*, est transformée en logarithme [ $\log_{10}(n)$ ] afin de normaliser la distribution asymétrique des observations. Pour les indices d'abondance du zooplancton et du phytoplancton, une valeur unitaire est ajoutée à l'expression de la *densité* [ $\log_{10}(n+1)$ ] pour inclure les observations pour lesquelles l'abondance est nulle. Les inventaires intégrés des éléments nutritifs et de la biomasse du zooplancton ne font pas l'objet de transformations logarithmiques. On utilise une estimation des moyennes des moindres carrés reposant sur des sommes de carrés de type III (Lenth *et al.* 2022) comme mesure de l'effet global de l'année.

Pour les relevés au chalut de l'écosystème, les moyennes saisonnières sont calculées comme la moyenne arithmétique de la biomasse du zooplancton ou des données transformées en logarithme de l'abondance de *C. finmarchicus* recueillies au cours de chaque saison/année et dans chaque zone NAFO (de l'anglais «Northwest Atlantic Fisheries Organization»). Les indices de zooplancton basés sur les zones NAFO pour les relevés au chalut de l'écosystème sont ainsi conformes aux indices physiques (e.g., MPO 2022) et aux indices d'évaluation des stocks de pêche régulièrement rapportés.

Les anomalies annuelles sont calculées comme l'écart d'une année donnée par rapport à la moyenne des estimations annuelles sur la période de 1999–2020. Pour les mesures par télédétection de la chlorophylle-*a* de surface et les paramètres de la floraison printanière, la période de référence utilisée est de 2003–2020 en raison de données manquantes avant 2003. Les anomalies annuelles sont exprimées soit en unités absolues, soit en quantités normalisées (i.e., en divisant par l'écart-type [ét] des estimations annuelles sur la même période). Aux fins d'interprétation, les anomalies normalisées sont considérées comme proches de la normale lorsqu'elles sont comprises à l'intérieur de  $\pm 0,5$  ét, légèrement supérieures/inférieures à la normale lorsqu'elles sont comprises entre  $\pm 0,5$  ét et  $\pm 1$  ét, et supérieures/inférieures à la normale autrement (i.e., plus grandes ou plus petites que  $\pm 1$  ét).

Un ensemble standard d'indices représentant les anomalies de la teneur en éléments nutritifs, de la biomasse du phytoplancton, et de l'abondance des espèces et des groupes dominants du zooplancton (*C. finmarchicus*, *Pseudocalanus* spp., copépodes totaux, non-copépodes totaux) est produit pour chacune des régions du MPO visées par le PMZA, y compris la région des Maritimes. L'avis scientifique du MPO présente des tableaux synoptiques par zone comprenant des observations provenant de toutes les régions visées par le PMZA (MPO 2022) permettant de visualiser les tendances de la variabilité à l'échelle du plateau de l'Atlantique Nord-Ouest.

---

## ACCÈS AUX PRODUITS DE DONNÉES

Les produits de données présentés aux figures 6, 8, 10, 11, 13, 16–18, et 21–32 sont publiés sur le site Web du gouvernement du Canada; un lien vers les données est disponible sur demande auprès de [l'auteur correspondant](#). Les concentrations de chlorophylle-a de surface mesurées par télédétection présentées dans la figure 14 et la figure 19, et les paramètres de floraison présentés dans la figure 15 et la figure 20 peuvent être extraites du répertoire ouvert de [PhytoFit](#) (consulté le 11 octobre 2022).

## PROGRAMME DE MONITORAGE DU BASSIN DE BEDFORD

La station Compass Buoy (44.69° N, 63.64° O) est occupée hebdomadairement depuis 1992 dans le cadre du Programme de monitoring du bassin de Bedford (Li 2014). Les occupations habituelles comprennent un profile CTD équipé [de capteurs standards](#) (consulté le 11 octobre 2022) et un trait de filet vertical pour l'identification et le dénombrement du zooplancton selon les protocoles du PMZA. Des échantillons d'eau sont prélevés à l'aide de bouteilles Niskin pour [diverses analyses](#) (consulté le 11 octobre 2022) à 2, 5, 10 et 60 m de profondeur. Seuls les échantillons de zooplancton prélevés de 1999–2002 et de 2012–2020 ont été analysés et archivés dans une base de données locale; ainsi, seules les observations CTD et des bouteilles sont présentées dans ce résumé des conditions de 2021.

Pour faciliter l'interprétation, les conditions de surface sont exprimées comme la moyenne des mesures à 2 m, 5 m et 10 m. Il y a une forte similitude entre les conditions saisonnières physiques et chimiques mesurées à ces profondeurs et lesquelles sont caractérisés généralement par une légère différence d'amplitude.

## ENREGISTREUR DE PLANCTON EN CONTINU (CPR)

Le CPR est un instrument tiré par des navires commerciaux qui prélève du plancton à une profondeur d'environ 7 m sur un long ruban de soie continu (mailles d'environ 260 µm). La position sur le ruban correspond à l'emplacement des différentes stations d'échantillonnage. Les données recueillies à l'aide du CPR sont analysées pour détecter les différences dans les indices de surface du phytoplancton (couleur et abondance numérique relative des taxons de grande taille) et de l'abondance relative du zooplancton pour différents mois, années ou décennies dans l'Atlantique Nord-Ouest. Les données d'abondance sont exprimées en nombre par échantillon et chaque échantillon représente approximativement 3 m<sup>3</sup> d'eau filtrée. Les indices sont utilisés pour indiquer les changements relatifs de concentration dans le temps (Richardson *et al.* 2006). Les méthodes d'échantillonnage utilisées depuis les premiers relevés dans l'Atlantique Nord-Ouest (1960 pour le plateau continental) à ce jour sont exactement les mêmes, de sorte que des comparaisons valides entre les années et les décennies sont possibles.

Les relevés du CPR entre Reykjavik et le golfe du Maine sont divisés en huit régions : plateau néo-écossais ouest (WSS), plateau néo-écossais est (ESS), le sud du plateau de Terre-Neuve, le plateau de Terre-Neuve et quatre régions dans la circulation subpolaire de l'Atlantique Nord-Ouest, lesquelles sont divisées en portions de cinq degrés de longitude (figure 5). Seules les données recueillies à l'aide du CPR sur le WSS et l'ESS depuis 1992 sont rapportées dans le présent document puisqu'elles sont comparables, dans une certaine mesure, aux résultats des relevés effectués dans le cadre du PMZA qui remontent à 1999 (Head *et al.* 2022). À noter que

---

les données du CPR deviennent disponibles vers la fin de l'année en cours et sont par conséquent décalées d'une année par rapport aux données du PZMA. Les données recueillies par le CPR dans toutes les régions et pour toutes les décennies (notamment les quatre régions de la gyre subpolaire à l'est de 45°O) sont présentées dans les rapports annuels du Programme de monitoring de la zone Atlantique au large du plateau continental (e.g., Ringuette *et al.* 2022). En 2019, l'échantillonnage à l'aide du CPR a été effectué pendant 10 mois sur le WSS et 8 mois sur l'ESS.

Les abondances mensuelles de 14 taxons (obtenues par transformation  $\log_{10} [n+1]$ ) et l'indice de couleur du phytoplancton (PCI, de l'anglais « Phytoplankton Colour Index »), une mesure semi-quantitative de l'abondance totale du phytoplancton, sont calculés en faisant la moyenne des valeurs de chacun des échantillons prélevés sur le WSS et l'ESS pour chaque mois et chaque année visés par l'échantillonnage. En plus du PCI, les taxons suivants sont examinés: les diatomées et les dinoflagellés (phytoplancton), quatre groupes d'espèces/stades de *Calanus*, trois taxons représentatifs des copépodes de petite taille, deux taxons de macrozooplancton et trois taxons sensibles à l'acidification.

Les cycles climatologiques saisonniers sont obtenus en calculant la moyenne des normales mensuelles pour la période 1992–2020, lesquelles sont comparées aux valeurs des mois échantillonnés en 2020. Les détails sont présentés pour les trois indices d'abondance du phytoplancton et pour les *Calanus* CI–IV et le *C. finmarchicus* CV–VI. Les abondances annuelles et leurs anomalies sont calculées uniquement pour les années au cours desquelles il y a eu échantillonnage pendant huit mois ou plus et sans interruption pendant trois mois consécutifs ou plus; ces conditions ayant été remplies dans les deux sous-régions du SS en 2020.

## OBSERVATIONS

### PROPRIÉTÉS OPTIQUES ET DE MÉLANGE

À la station HL2, la couche mélangée est la plus profonde et l'indice de stratification moindre durant les mois d'hiver lorsque le réchauffement à la surface est faible et que le mélange induit par le vent est important (figure 6). La profondeur de la couche mélangée diminue au printemps et atteint des valeurs minimales entre les mois de juin et août, suivi de valeurs plus élevées durant les quatre derniers mois de l'année. De façon similaire, l'indice de stratification augmente au printemps pour atteindre des valeurs maximales au mois d'août et septembre, puis chute durant les mois d'automne. Puisque l'indice de stratification est calculé en utilisant une profondeur de référence de 50 m, les faibles valeurs de l'indice de stratification coïncident généralement avec des profondeurs de la couche mélangée de plus de 50 m. Inversement, les couche mélangée moins profondes (< 50 m) correspondent à des valeurs de l'indice de stratification plus élevées qui sont déterminées par l'intensité de la pycnocline sous la couche mélangée.

En 2021, la profondeur de la couche mélangée à la station HL2 était près de la normale et la stratification inférieure à la normale à la fin de l'hiver et au début du printemps (figure 6). Pendant cette période, la profondeur de la couche mélangée est restée près ou supérieure à 50 m correspondant ainsi à de basses valeurs de l'indice de stratification. Des rafales de vent supérieures à la normale enregistrées en mars à l'aéroport d'Halifax (figure 7) pourraient avoir

---

contribué aux couches mélangées profondes observées à ce moment (figure 6) et au retard dans l'établissement de la stratification de la colonne d'eau. Au cours de l'été, des températures de l'eau supérieures à la normale près de la surface (figure A.1) ont contribué à des valeurs de couche mélangée légèrement inférieures à la normale et à des valeurs de l'indice de stratification près ou supérieures à la normale (figure 6). La couche mélangée est restée près ou moins profonde que la normale au début de l'automne avec des valeurs de l'indice de stratification près de la normale (figure 6). En décembre, la couche mélangée était à nouveau plus profonde que la normale et l'indice de stratification plus faible que la normale (figure 6).

À la station P5, la profondeur de la couche mélangée est habituellement plus importante et plus variable, et la stratification est inférieure à celle observée à la station HL2 en raison du fort mélange dû aux marées. L'indice de stratification demeure normalement faible (en deçà de  $0,01 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-4}$ ) durant la plus grande partie de l'année, et la profondeur de la couche mélangée varie d'une profondeur quasi complète (90 m) en hiver, pour s'établir à environ 40 m en été (figure 6).

En 2021, à l'exception de l'échantillonnage de janvier, les paramètres de mélange à la station P5 n'ont pas pu être calculés pour les mois d'hiver et du printemps en raison de l'indisponibilité des profils CTD pendant cette période. La couche mélangée était nettement plus profonde que la normale pendant les mois d'été, à l'exception de l'échantillonnage de juillet (figure 6). Pour les mois de juin, août et septembre, les profils CTD indiquaient un faible réchauffement et adoucissement dans les premiers mètres de la colonne d'eau sans toutefois atteindre le critère de gradient de densité de  $0,01 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-4}$  fixé pour la détermination de la profondeur de la couche mélangée. La couche mélangée était près de la normale durant l'automne mais moins profonde que la normale en décembre (figure 6). Les valeurs de l'indice de stratification étaient près de la normale pour la plupart des mois où l'échantillonnage a eu lieu à l'exception de juillet où elles étaient légèrement au-dessus de la normale et coïncidaient avec la couche mélangée la moins profonde (figure 6). Les conditions de vent à Grand Manan n'étaient pas disponibles pendant une grande partie de 2021 (figure 7), mais étaient proches de la normale pour les mois où les profils CTD ont été recueillis, ce qui suggère que les profondes couches mélangées observées en 2021 ont été enregistrées lorsque le mélange dû aux marées était particulièrement fort.

La zone euphotique ( $Z_{eu}$ ) dans les eaux de type Cas 1 (e.g., HL2) est généralement plus profonde durant les mois d'hiver et après la floraison printanière du phytoplancton, et moins profonde pendant la période de floraison lorsque l'atténuation de la lumière dans la colonne d'eau est maximale (figure 8). En 2021 à la station HL2, les estimations de  $Z_{eu}$  basées sur les mesures PAR étaient variables en hiver et en automne, et proches ou légèrement moins profondes que la normale en été. Les profondeurs du disque de Secchi n'ont été mesurées que pour 6 occupations à HL2 en 2021. Les profondeurs euphotiques estimées à partir du disque de Secchi étaient principalement proches ou légèrement plus profondes que la normale, et suivaient généralement le schéma de variabilité saisonnière (figure 8).

À la station P5, caractérisée par des eaux de type Cas 2, la zone euphotique est relativement constante tout au long de l'année puisque le principal facteur d'atténuation est la matière inerte suspendue résultant de l'action des marées et de l'apport en eau douce du continent (figure 8). En 2021, les profondeurs euphotiques basées sur le PAR étaient principalement près de la normale à la station P5, à l'exception de valeurs plus profondes que la normale en juin et décembre (figure 8). Les profondeurs euphotiques estimées à partir du disque de Secchi étaient



---

également proches de la normale, à l'exception de janvier et novembre où la profondeur  $Z_{eu}$  estimée était légèrement inférieure à la normale.

## ÉLÉMENTS NUTRITIFS

Les principaux éléments nutritifs inorganiques dissous (nitrate, silicate, phosphate) mesurés dans le cadre du PMZA covarient fortement dans l'espace et dans le temps (Petrie *et al.* 1999). Pour cette raison, et comme la croissance du phytoplancton dans les eaux côtières de la région des Maritimes est le plus souvent limitée par la disponibilité de l'azote (MPO 2000), le présent rapport met l'accent principalement sur la variabilité du nitrate tandis que l'information sur les inventaires de silicate et de phosphate est présentée principalement pour aider à l'interprétation de la succession des groupes taxonomiques de phytoplancton aux stations HL2 et P5.

### Stations d'échantillonnage à haute fréquence

À la station HL2, les concentrations de nitrate à la surface les plus élevées sont observées en hiver, lorsque la colonne d'eau est bien mélangée et lorsque la production primaire est faible (figure 9). Les concentrations de nitrate à la surface se mettent à diminuer au début de la floraison printanière du phytoplancton, les plus faibles étant observées depuis le printemps jusqu'au début de l'automne. Les concentrations de nitrate en profondeur sont les plus faibles à la fin de l'automne et au début de l'hiver, et augmentent entre les mois de février et août, reflétant vraisemblablement la sédimentation et la décomposition du phytoplancton provenant de la floraison printanière (Petrie et Yeats 2000).

Les inventaires de nitrate en surface et en profondeur étaient tous deux inférieurs à la normale à la station HL2 en janvier 2021 (figure 10). Pour le nitrate de surface, cela correspondait aux niveaux inférieurs à la normale observés à la fin de l'automne 2020 tandis que pour le nitrate en profondeur, cela représentait une diminution d'environ 50 % de la valeur observée en décembre 2020 (Casault *et al.* 2022). En mars, les couches mélangées profondes observées durant cette période (figure 6) semblent avoir contribué au flux ascendant de nitrate, entraînant des inventaires de surface supérieurs à la normale mesurés de la mi-mars à la fin mars (figure 10). Les concentrations de nitrate de surface ont rapidement diminué au début d'avril, vraisemblablement en réponse au début de la floraison du phytoplancton. Des concentrations de nitrate supérieures à la normale ayant atteint la profondeur de 50 m ont été observées en juillet et en septembre (figure 9) et se sont traduites par un inventaire de nitrate en surface principalement supérieur à la normale durant ces deux mois (figure 10). L'appauvrissement des nitrates en surface, marqué par un inventaire en surface considérablement inférieur à la normale (figure 10), a persisté jusqu'en novembre (figure 9). L'échantillonnage à la fin décembre a indiqué un inventaire de nitrate en surface légèrement supérieur à la normale et un inventaire de nitrate profond légèrement inférieur à la normale (figure 10), vraisemblablement associés à la couche mélangée plus profonde que la normale observée à ce moment (figure 6). Dans l'ensemble, les inventaires annuels de nitrate en profondeur et en surface à la station HL2 étaient respectivement supérieurs et légèrement supérieurs à la moyenne en 2021, mettant fin à la tendance de nitrate inférieure à la moyenne observée depuis 2016 (figure 11). Parallèlement aux conditions de nitrates, les inventaires annuels de silicate en surface et en profondeur étaient également supérieurs à la normale à HL2 en 2021, tandis que les inventaires de phosphate en surface et en profondeur sont restés inférieurs à la normale (figure 11).

---

La dynamique du nitrate à la station P5 diffère considérablement de celle à la station HL2 en raison de l'apport d'éléments nutritifs provenant de l'effluent de la rivière Saint-Jean située à proximité, combiné au fort mélange dû aux marées qui contribue à une plus faible accumulation du nitrate dans les eaux profondes tout en maintenant un inventaire global à la surface plus élevé. Les concentrations de nitrate les plus élevées sont observées en hiver et à la fin de l'automne lorsque la colonne d'eau est bien mélangée depuis la surface jusqu'au fond (figure 9). Les concentrations de nitrate en surface commencent à décliner lorsque la floraison printanière du phytoplancton débute au mois d'avril ou mai, et les concentrations de nitrate à la surface les plus faibles sont généralement observées en juin et en juillet.

À la station P5, l'absence d'échantillonnage de février à mai a empêché une évaluation complète de l'état des éléments nutritifs pour 2021 (figure 9 et figure 10). Des concentrations de nitrate inférieures à la normale ont été observées près de la surface en juin et en juillet, et les faibles concentrations ont pénétrées plus profondément que la normale dans la colonne d'eau en août (figure 9). L'échantillonnage en été et en automne a indiqué des niveaux principalement près ou inférieurs à la normale pour les inventaires de nitrate en surface et en profondeur en 2021 (figure 10). La forte similarité entre la variabilité saisonnière des inventaires de nitrate en surface et en profondeur en 2021 (figure 10) était vraisemblablement associée aux conditions de mélange profond à la station P5. Dans l'ensemble, les inventaires annuels de nitrate en surface et en profondeur à la station P5 étaient légèrement inférieurs à la moyenne en 2021 pour une septième année consécutive (figure 11). Parallèlement aux conditions de nitrates, les inventaires annuels en surface et en profondeur de silicate et de phosphate étaient également inférieurs à la normale à la station P5 en 2021 (figure 11). Les inventaires de silicate et de phosphate en surface et en profondeur à P5 sont demeurés principalement sous les niveaux normaux au cours des neuf dernières années (figure 11).

### **Relevés à vaste échelle**

Puisqu'il n'y a pas eu de relevé saisonnier au printemps 2021, l'analyse des éléments nutritifs à grande échelle sur les sections principales est limitée aux observations d'automne qui indiquaient des conditions d'appauvrissement du nitrate en surface (couche de 0–50 m) à toutes les stations de toutes les sections (figure 12). Néanmoins, les estimations annuelles des anomalies de nitrate en surface étaient positives sur toutes les sections en 2021 avec une valeur record pour BBL, en contraste frappant avec 2020 pour cette section (figure 11). Pour CSL, des anomalies négatives pour le nitrate en surface à l'automne étaient particulièrement évidentes à la station CSL6 du côté est de cette section, possiblement indicatif d'une eau pauvre en éléments nutritifs associée au transport vers le nord dans le détroit de Cabot (figure 12). Pour la couche 50–150 m, les anomalies des estimations annuelles de nitrates étaient positives sur les sections est (CSL et LL) et centrale (HL), et légèrement négatives pour la section ouest (BBL), suggérant un patron de disponibilité des nitrates orienté d'est en ouest le long du plateau. Le silicate en surface était principalement supérieur à la normale en 2021 avec les anomalies positives les plus fortes observées sur CSL et BBL (figure 11). D'autre part, le phosphate en surface a poursuivi la tendance des niveaux proches ou inférieurs à la normale des 8 dernières années, à l'exception de BBL où il était légèrement supérieur à la normale en 2021 (figure 11). À l'exception de BBL, le silicate profond était principalement supérieur à la normale en 2021, contrastant fortement avec les 4 années précédentes (figure 11). De même, à l'exception de BBL, des niveaux de phosphate profond près ou légèrement supérieurs à la normale ont été observés en 2021 contrastant avec les 5 à 7 années précédentes (figure 11).

---

## PHYTOPLANCTON

Bien que la variabilité temporelle et spatiale du phytoplancton soit élevée dans les eaux côtières et du plateau, on observe une tendance annuelle récurrente comprenant une forte floraison du phytoplancton au printemps, dominée par les diatomées, et de faibles floraisons secondaires en été et en automne sur l'ensemble du SS. Il y a prolifération lorsque la croissance du phytoplancton excède les pertes découlant du broutage et de la sédimentation (Behrenfeld et Boss 2014). Le début de la floraison printanière semble régulé par l'environnement lumineux et par la température, et survient lorsque la colonne d'eau se stabilise à la fin de l'hiver et au début du printemps (Sverdrup 1953). L'amplitude de la floraison printanière serait régulée principalement par l'inventaire des éléments nutritifs, tandis que la durée de la floraison, par l'apport en éléments nutritifs et, dans de moindre mesures, par des processus de perte comme la sédimentation d'agrégats de phytoplancton, le broutage par le zooplancton (Johnson *et al.* 2012), et la désintégration (Mojica *et al.* 2016). La biomasse du phytoplancton est évaluée en fonction de l'inventaire intégré de chlorophylle-*a* mesurée *in situ* et de la concentration de chlorophylle-*a* de surface mesurée par télédétection. Les deux indices sont complémentaires et présentent souvent des tendances divergentes en raison de différences dans l'étendue spatiale et temporelle du signal qu'ils captent

### Stations d'échantillonnage à haute fréquence

En 2021, l'échantillonnage *in situ* de la chlorophylle-*a* à HL2 suggérait que la prolifération printanière de phytoplancton avait commencé légèrement plus tard que la normale avec une augmentation rapide et un déclin rapide de la biomasse, de sorte que la durée de la prolifération était apparemment plus courte que la normale (figure 13). Cependant, les estimations du modèle gaussien décalé utilisant les données journalières de chlorophylle-*a* mesurés par télédétection ont suggéré un début de floraison plus tôt que la normale et une durée près de la normale (figure 14 et figure 15). Les données *in situ* de l'inventaire de chlorophylle-*a* et de la concentration de surface de chlorophylle-*a* mesurée par télédétection ont toutes deux indiqué une amplitude de la floraison supérieure à la normale atteignant près de trois à quatre fois leurs niveaux normaux au pic de la floraison (figure 13 et figure 14). La floraison printanière était comme d'habitude dominée par les diatomées, qui représentaient environ 95 % de l'abondance totale de phytoplancton (figure 16). Suivant la floraison printanière, l'inventaire de chlorophylle-*a* est demeuré légèrement sous la normale jusqu'au début de l'automne (figure 13), tandis que les concentrations de chlorophylle-*a* de surface étaient principalement près ou au-dessus de la normale au milieu de l'été et à l'automne (figure 14). Les flagellés ont dominé l'assemblage du phytoplancton de la fin du printemps jusqu'au début de l'automne avec une abondance relative supérieure à la normale (figure 16). Des pointes d'accumulation de chlorophylle-*a* sous la surface sont apparues en juillet, août et septembre, suivie d'une floraison automnale apparemment intense qui a commencé au début de novembre (figure 13). La floraison automnale intense à la fin novembre a également été détectée à partir des concentrations de surface de chlorophylle-*a* mesurées par télédétection (figure 14). L'abondance relative des diatomées à la fin décembre était considérablement supérieure à la normale (figure 16). Dans l'ensemble à la station HL2, l'estimation annuelle de l'inventaire de chlorophylle-*a* *in situ* sur 0–100 m était inférieure à la normale en 2021, poursuivant la tendance des cinq années précédentes (figure 17). D'autre part, la concentration moyenne annuelle de chlorophylle-*a* de surface mesurée par télédétection a atteint une valeur record en 2021 et est demeurée supérieure à la normale tel qu'observé au cours des deux années précédentes (figure 17).

---

L'abondance annuelle estimée des diatomées était normale en 2021 et contrastait avec les niveaux inférieurs à la normale observés depuis 2016. L'abondance des flagellés et des ciliés est restée légèrement supérieure à la moyenne en 2021, poursuivant la tendance des 5 à 7 dernières années (figure 17).

À la station P5, la floraison printanière du phytoplancton commence généralement en mars–avril et plafonne en juin. Toutefois, il n'a pas été possible de décrire l'évolution de la floraison en 2021 à partir des données *in situ* puisqu'il n'y a pas eu d'échantillonnage en février, mars, avril et mai (figure 13). Bien que les concentrations de surface de chlorophylle-*a* mesurées par télédétection étaient plutôt variables au cours de la période printanière (figure 14), les estimations des paramètres de la floraison printanière suggéraient une initiation plus tardive que la normale avec une durée plus courte que la normale (figure 15). À l'exception de janvier, l'inventaire de chlorophylle-*a in situ* était inférieur à la normale pour tous les mois où des données étaient disponibles (figure 13). Des concentrations relativement élevées de chlorophylle-*a* ont été observées *in situ* près de la surface en juin (figure 13) mais n'ont pas été détectées par télédétection (figure 14). La floraison estivale de phytoplancton qui se développe généralement en août–septembre a indiqué une concentration de chlorophylle-*a* inférieure à la normale dans la majeure partie de la colonne d'eau (figure 13). La communauté de phytoplancton pendant la floraison d'août–septembre était complètement dominée par les diatomées (figure 16). Dans l'ensemble à la station P5, l'inventaire *in situ* de chlorophylle-*a* était inférieur à la normale en 2021 pour une quatrième année consécutive, et la concentration annuelle moyenne de chlorophylle-*a* de surface mesurée par télédétection était également légèrement en dessous de la normale (figure 17) en raison principalement des concentrations inférieures à la normale observées durant l'été et au début de l'automne (figure 14). L'abondance des dinoflagellés et des ciliés était supérieure à la normale tandis que l'abondance des diatomées est restée inférieure à la normale en 2021, poursuivant la tendance des 11 à 13 dernières années, respectivement (figure 17). L'abondance des flagellés, bien que considérablement variable au cours de la dernière décennie, était légèrement supérieure à la normale en 2021 (figure 17). Pour la station P5, les estimations annuelles de l'inventaire *in situ* de la chlorophylle-*a* et de l'abondance des diatomées pourraient être biaisées négativement en raison de l'absence d'échantillonnage au printemps, période critique durant laquelle la biomasse du phytoplancton augmente considérablement.

### **Relevés à vaste échelle et télédétection par satellite**

Les estimations annuelles de l'inventaire de chlorophylle-*a in situ* intégré étaient près ou légèrement inférieures à la normale sur CSL, LL et HL, et légèrement supérieure à la normale sur BBL en 2021 (figure 18). La série chronologique des anomalies annuelles de l'inventaire *in situ* de la chlorophylle-*a* indique une variabilité à court terme (approximativement 1 à 3 ans) considérable pour chaque section, ainsi qu'une variabilité spatiale importante à l'intérieur d'années spécifiques (figure 18). Les estimations annuelles de 2021 de l'inventaire *in situ* de chlorophylle-*a* pourraient à nouveau être biaisées négativement en raison de l'absence d'échantillonnage au printemps. En revanche, les concentrations de chlorophylle-*a* de surface mesurées par télédétection ont atteint des niveaux record dans la majeure partie de la région en 2021 (figure 18). À l'exception de GB, les niveaux de surface de chlorophylle-*a* sont restés principalement au-dessus de la normale au cours des 3 à 6 dernières années (figure 18)

---

Des tendances contradictoires entre l'inventaire de chlorophylle-*a in situ* intégré et la chlorophylle-*a* de surface mesurée par télédétection sont évidentes pour différentes périodes de la série chronologique. Par exemple, en 2016 et 2017, l'inventaire intégré *in situ* de la chlorophylle-*a* a montré des anomalies principalement négatives dans toute la région, tandis que la chlorophylle-*a* de surface mesurée par télédétection a montré des anomalies principalement positives (figure 18). Des schémas contradictoires similaires sont également évidents au cours des années précédentes (par exemple, 2003-2006, 2010). Ces incohérences apparentes pourraient être attribuables en partie aux différences inhérentes entre les deux indices telles que l'étendue verticale du signal qu'ils captent (i.e., valeur de surface vs. valeur intégrée sur la colonne d'eau), la résolution temporelle des observations (hebdomadaire vs. semestrielle) et l'étendue spatiale qu'ils représentent (moyenne par sous-région comparativement à moyenne par section).

Les concentrations hebdomadaires de chlorophylle-*a* de surface mesurées par télédétection ont indiqué des conditions de floraison printanière bien définies pour la plupart des sous-régions en 2021, à l'exception de GB (figure 19a et figure 19b). Les pics de concentration de surface, atteignant deux à quatre fois les valeurs climatologiques typiquement observées au printemps, se sont traduits par des anomalies positives de l'amplitude et de la magnitude de la floraison pour toutes les sous-régions à l'exception de GB (figure 20). Suivant la floraison printanière, les concentrations de chlorophylle-*a* de surface sont demeurées principalement au-dessus des niveaux normaux à la fin du printemps et pendant l'été dans la partie est de la région (CS, ESS et CSS) (figure 19a) et principalement près ou inférieures à la normale dans la partie ouest de la région (WSS, LS et GB) (figure 19b). Au cours de l'automne, les concentrations de surface de chlorophylle-*a* étaient plus élevées que la normale dans la plupart des sous-régions et indiquaient des conditions de floraison automnale dans toute la région. CSS et GB ont affiché la plus grande amplitude de la floraison automnale (figure 19a et figure 19b). Mis à part GB, les paramètres de la floraison printanière dérivés des observations de chlorophylle-*a* mesurées par télédétection ont indiqué une initiation près ou légèrement plus précoce que la normale et une durée de floraison variable dans la région en 2021; les anomalies négatives (initiation) et positives (durée) les plus fortes ayant été observées pour WSS (figure 20).

Pour GB en 2021, les concentrations de surface de chlorophylle-*a* au printemps n'indiquaient pas clairement le développement des conditions de floraison printanière (figure 19b) et, par conséquent, les anomalies de l'initiation et de la durée de la floraison estimées à partir du modèle gaussien décalé (figure 20) sont douteuses. Pour la sous-région LS où le mélange dû aux marées est important, les conditions de floraison printanière étaient évidentes en 2021, contrastant avec le cycle climatologique qui indique une variabilité annuelle généralement faible de la chlorophylle-*a* de surface (figure 19b). À l'exception de l'amplitude, les paramètres de floraison printanière illustrés à la figure 20 dépendent fortement de la capacité du modèle gaussien décalé à détecter avec précision le début et la fin de la floraison printanière. Des prédictions inexactes du moment de la floraison sur une ou plusieurs années peuvent introduire des biais importants dans les anomalies résultantes pour une sous-région donnée.

---

## ZOOPLANCTON

### Stations d'échantillonnage à haute fréquence

À la station HL2, l'abondance totale de zooplancton est la plus faible en janvier et en février, et augmente jusqu'aux valeurs maximales en avril, similairement au pic de floraison printanière du phytoplancton, avant de redescendre à des niveaux plus bas en automne (figure 21). En 2021, l'abondance totale du zooplancton était principalement inférieure à la normale de janvier à septembre, à l'exception de l'échantillonnage de la mi-juillet, et légèrement supérieure à la normale tout au long de l'automne (figure 21). L'abondance totale de zooplancton était particulièrement faible au début et à la fin du printemps ainsi qu'à la fin de l'été (figure 21). La communauté de zooplancton à la station HL2 était dominée par les copépodes, représentant environ 80 % ou plus de l'abondance totale de zooplancton tout au long de l'année (figure 21). L'échantillonnage de la mi-avril et de la fin mai a indiqué une proportion supérieure à la normale des euphausiacés et des décapodes dans l'assemblage de zooplancton, coïncidant avec une abondance de zooplancton considérablement inférieure aux niveaux climatologiques à la fin mai (figure 21). Dans l'ensemble à la station HL2 en 2021, l'abondance moyenne annuelle des copépodes et des non-copépodes était respectivement légèrement inférieure et près de la normale (figure 22).

À la station P5, l'abondance totale du zooplancton est la plus faible de janvier à mai et augmente jusqu'à des valeurs maximales en juillet–octobre, environ un mois après la floraison du phytoplancton, avant de redescendre à des niveaux bas à la fin de l'automne (figure 21). En 2021, l'abondance du zooplancton était près de la normale en janvier, mais non disponible de février à mai en raison de l'absence d'échantillonnage (figure 21). L'abondance totale du zooplancton était supérieure à la normale durant l'été, mais variable à la fin de l'été et à l'automne (figure 21). Une abondance exceptionnellement élevée de bivalves larvaires a été mesurée en juillet, représentant près de 40 % de l'abondance totale et contribuant au niveau d'abondance totale de zooplancton considérablement plus élevée que la normale à ce moment de l'année (figure 21). Globalement à la station P5, l'abondance moyenne annuelle des copépodes et des non-copépodes était supérieure à la normale en 2021 (figure 22).

Puisque les copépodes dominent généralement la communauté locale du zooplancton aux stations HL2 et P5, leur patron d'abondance saisonnière est par conséquent similaire à celui de l'abondance totale du zooplancton (figure 21, figure 23a et figure 23b). Ainsi, l'abondance totale des copépodes à la station HL2 en 2021 était principalement près ou inférieure à la normale de janvier à septembre, et près ou légèrement supérieure à la normale à l'automne (figure 23a). Les copépodes dominants *Oithona similis* et *Pseudocalanus* spp. représentaient une proportion combinée d'environ 60 à 70 % de l'abondance totale des copépodes en 2021, tandis que la contribution relative du *Calanus finmarchicus* était légèrement supérieure à la normale au printemps et au début de l'été (figure 23a). Au cours de l'automne, l'abondance relative de *Pseudocalanus* spp. et *Centropages* spp. était supérieure à la normale tandis que celle du *Paracalanus* spp. était considérablement inférieure à la normale (figure 23a). Globalement à la station HL2 en 2021, l'abondance annuelle moyenne du *Pseudocalanus* spp. était supérieure à la normale et l'abondance du *C. finmarchicus* était inférieure à la normale, poursuivant une séquence de 7 ans d'abondances principalement inférieures à la normale (figure 22 et figure 24). De plus, *Metridia lucens* et *O. atlantica* étaient tous deux moins abondants en 2021 après

---

des périodes de 7 à 9 ans où leur abondance était principalement supérieure à la normale (figure 24).

À la station P5, l'abondance totale des copépodes en 2021 était normale en janvier, supérieure à la normale en été, et variable à la fin de l'été et à l'automne (figure 23b). L'abondance relative du *Pseudocalanus* spp. était inférieure à la normale au début de l'été (figure 23b) bien que son abondance globale était supérieure à la normale en 2021 (figure 22 et figure 24). D'autre part, l'abondance relative de *C. finmarchicus* était inférieure à la normale pour chaque échantillon prélevé en 2021 (figure 23b) de sorte que son abondance annuelle moyenne était inférieure à la normale (figure 22 et figure 24). Les copépodes sous-dominants *Acartia* spp., *Temora longicornis* et *Eurytemora* spp. avaient les plus fortes anomalies positives en 2021 sur la base de leur abondance annuelle moyenne (figure 24).

L'abondance du *C. finmarchicus* à la station HL2 en 2021 était principalement inférieure à la normale tout au long de l'année, avec des niveaux d'abondance particulièrement faibles en hiver et au début du printemps, et du milieu de l'été jusqu'à la fin de l'automne (figure 25). La prédominance des stades CV et CVI, bien que faible en terme d'abondance absolue, a persisté un peu plus longtemps qu'à l'habitude au début du printemps (figure 25). La première génération, caractérisée par une abondance plus élevée des stades précoces (CI–CIII), a atteint un maximum à la mi-avril, et une deuxième génération s'est développée plus tard à la mi-juillet (figure 25). La population de *C. finmarchicus* pendant l'automne était typiquement dominée par le stade CV, coïncidant avec l'absence de stades précoces (CI–CIII) d'octobre à décembre (figure 25). Dans l'ensemble à la station HL2, l'abondance de *C. finmarchicus* était considérablement inférieure à la normale en 2021 (figure 22 et figure 24).

À la station P5, l'abondance de *C. finmarchicus* en 2021 était également principalement inférieure à la normale au cours de chacun des mois où l'échantillonnage a eu lieu (figure 25). Bien que le développement de la première génération n'ait pu être observé en raison de l'absence d'échantillonnage en hiver et au printemps, le pic d'abondance de *C. finmarchicus* semblait s'être produit en temps normal en juin. La population de *C. finmarchicus* pendant l'été (juin à août) était dominée par les stades CI–CIII, et par le stade CV à la fin de l'été et au début de l'automne (figure 25). L'absence ou l'abondance exceptionnellement faible (approximativement 45 individus·m<sup>-2</sup>) de *C. finmarchicus* en novembre et décembre, respectivement, était atypique, et en accord avec des mesures indépendantes effectuées simultanément par traits de filet non standard à la station P5 (J. Fife, MPO, *communication personnelle*). Globalement à la station P5, l'abondance de *C. finmarchicus* était inférieure à la normale en 2021 (figure 22 et figure 24).

La biomasse du zooplancton est présentée en termes de biomasse humide totale pour le zooplancton de plus de 0.202 mm et de biomasse sèche pour le zooplancton de taille de 0.202 mm à 10 mm. Par conséquent, les estimations de la biomasse sèche sont une représentation fidèle du mésozooplancton, tandis que les estimations de la biomasse humide peuvent représenter à la fois le mésozooplancton et le macrozooplancton, y compris le plancton gélatineux. Cependant, comme le suggère la figure 26, il existe une forte similitude dans le patron de variabilité annuelle de la biomasse sèche et humide aux stations HL2 et P5. En 2021, la biomasse du mésozooplancton était près de la normale en hiver et inférieure à la normale au début du printemps, moment où elle augmente généralement (figure 26). La biomasse maximale a été observée à la mi-mai et a atteint un niveau légèrement supérieur à la normale. La biomasse de zooplancton a diminué rapidement après le pic et est demeurée inférieure à la

---

normale jusqu'à la fin de l'année (figure 26). Dans l'ensemble, la biomasse de zooplancton était inférieure à la normale à la station HL2 en 2021 (figure 22). À la station P5, la biomasse du mésozooplancton a atteint un maximum en juillet avec un niveau près de quatre fois supérieur à la valeur climatologique. Autrement, la biomasse de zooplancton est demeurée principalement près ou légèrement au-dessus de la normale pendant l'été et le début de l'automne, et près ou légèrement inférieure à la normale à la fin de l'automne (figure 26). Dans l'ensemble, la biomasse annuelle moyenne de mésozooplancton était supérieure à la normale en 2021, en grande partie en raison de l'importante biomasse mesurée en juillet (figure 22).

### Relevés à vaste échelle

L'abondance du *C. finmarchicus* lors du relevé au chalut de l'écosystème de l'hiver 2021 dans la zone 5Ze était supérieure à la moyenne (figure 27) et la biomasse de mésozooplancton était près de la normale (figure 28). Cependant, ces moyennes étaient basées sur seulement quatre échantillons ayant été prélevés dans la partie nord-est de la zone 5Ze (figure 27 et figure 28). À l'exception d'un seul événement d'échantillonnage qui s'est produit à la station HL2, le relevé estival au chalut de l'écosystème a été annulé et, par conséquent, les estimations saisonnières correspondantes de l'abondance de *C. finmarchicus* et de la biomasse de mésozooplancton n'étaient pas disponibles pour 2021 (figure 27 et figure 28).

L'abondance du *C. finmarchicus* lors du relevé d'automne 2021 sur les sections principales était près de la normale sur CSL, LL, et HL, et légèrement inférieure à la normale sur BBL (figure 29). Un patron similaire de la distribution spatiale a également été observé dans les anomalies annuelles de l'abondance de *C. finmarchicus* estimées à partir du modèle statistique (figure 22). En revanche, la biomasse du mésozooplancton était normale sur LL, inférieure à la normale sur CSL et HL, et légèrement supérieure à la normale sur BBL (figure 30). Encore une fois, les anomalies annuelles de la biomasse de mésozooplancton estimées à partir du modèle statistique suivaient sensiblement le même patron spatial observé pour les anomalies automnales (figure 22). Pour les sections du SS (LL, HL, et BBL), la biomasse durant l'automne était légèrement plus importante aux stations près du talus comparativement aux stations intérieures du plateau (figure 30).

L'abondance annuelle du *Pseudocalanus* spp. en 2021, taxons dominants de petits copépodes sur le SS, était sous la normale pour LL, près de la normale pour HL, et légèrement au-dessus de la normale pour CSL et BBL (figure 22). Pour BBL, il s'agit d'une séquence de 4 ans d'abondances proches ou supérieures à la normale, contrairement aux autres sections où une plus grande variabilité interannuelle a été observée. L'abondance totale des copépodes était légèrement inférieure ou proche de la normale pour CSL et LL, et légèrement supérieure à la normale pour HL et BBL en 2021 (figure 22). Pour CSL, il s'agit d'une séquence de 7 ans d'abondances près ou inférieures à la normale, alors que les autres sections indiquent une plus grande variabilité interannuelle au cours de la même période.

L'abondance des non-copépodes en 2021 était supérieure à la normale pour CSL, HL, et BBL, et légèrement inférieure à la normale pour LL (figure 22). La plus forte anomalie positive en 2021 a été observée pour les euphausiacés, en fort contraste avec 2020 (figure 31). Les euphausiacés étaient particulièrement abondants à BBL5 et BBL6 lors de la mission d'automne. La plus forte anomalie négative en 2021 a été observée pour les chaetognathes, contrastant également avec 2020 (figure 31). L'abondance des chaetognathes au cours de la mission d'automne était la plus élevée à CSL1, HL7, BBL3, et BBL7, mais faible à toutes les autres



---

stations. Hormis les ostracodes, quasiment absents depuis 2016, il existe une forte variabilité interannuelle au cours des dernières années au sein des autres groupes de non-copépodes de sorte que les tendances dans leur abondance sont pratiquement inexistantes ou à peine perceptibles (figure 31)

### Espèces indicatrices

Les espèces indicatrices fournissent des informations sur la réponse de la communauté des copépodes aux changements des propriétés des masses d'eau. Les espèces de *Calanus* arctique (*Calanus hyperboreus* et *Calanus glacialis*) étaient moins abondantes que la normale dans la majeure partie de la région en 2021, poursuivant la tendance principalement observée depuis 2012 (figure 32). Les anomalies annuelles des espèces de *Calanus* arctique en 2021 pourraient être biaisées négativement en raison de l'absence d'échantillonnage au printemps, période durant laquelle les espèces d'eau froide sont généralement plus abondantes. Par conséquent, la forte anomalie négative pour le BBL en 2021 était probablement due à l'échantillonnage d'automne au cours duquel *C. hyperboreus* et *C. glacialis* étaient absents pour toutes les occupations du BBL. Les espèces de copépodes d'eaux chaudes extracôtières (*Clausocalanus* spp., *Mecynocera clausi* et *Pleuromamma borealis*) sont généralement plus abondantes que la normale dans la région depuis 2012. En 2021, les anomalies d'abondance étaient principalement près de la normale ou légèrement négatives, sauf à la station P5 où une forte anomalie positive a été observée (figure 32) en raison d'abondances supérieures à la normale de *Clausocalanus* spp. mesurées à la fin de l'été et à l'automne. L'abondance des espèces de copépodes d'eaux chaudes côtières (les copépodes d'été et d'automne *Paracalanus* spp. et *Centropages typicus*) était près ou supérieure à la normale dans toute la région en 2021, contrastant avec une plus grande variabilité observée au cours des dernières années. L'anomalie d'abondance positive la plus forte en 2021 a été observée à la station P5 (figure 32) en raison d'abondances supérieures à la normale de *C. typicus* en août et de *Paracalanus* spp. en octobre et novembre.

## DISCUSSION

Dans la région des Maritimes, le SS est caractérisé par un fort cycle annuel de température et de stratification, et une variabilité spatiale sous forme de gradients longitudinaux et transversaux. Le cycle annuel de la température et ses perturbations sont principalement en réponse au forçage météorologique alors que la variabilité spatiale est principalement le résultat de l'interaction des apports d'eau résultant de l'advection d'eaux douces et froides en provenance du golfe du Saint-Laurent dans le nord-est et de l'intrusion d'eaux chaudes et salées du talus sur le CSS et le WSS dans le sud-ouest. De plus, la bathymétrie complexe du SS influence la circulation locale, qui combinée aux patrons temporels et spatiaux, se traduit par des masses d'eau différentes ayant une influence directe et indirecte sur la distribution et la dynamique du plancton et des éléments nutritifs dans la région.

Les températures de l'océan sur le SS et dans le GoM ont montré une forte variabilité inter-décennale depuis les années 1950, les plus récentes années (depuis 2010) étant généralement plus chaudes que la moyenne à long terme sur cette période. Un indice composite regroupant plusieurs séries chronologiques de températures océaniques mesurées *in situ* à différentes profondeurs a indiqué des conditions plus chaudes que la normale dans la majeure partie de la région en 2021, avec des températures record observées près de la surface dans le SS central

---

(bassin d'Émeraude) et dans la Baie de Fundy (BoF, de l'anglais « Bay of Fundy ») (i.e., la station P5) (Hebert *et al.* En préparation)<sup>1</sup>. Les températures de l'eau de surface mesurées par télédétection ont indiqué des conditions plus chaudes que la normale dans la région des Maritimes en 2021, se rapprochant des valeurs record observées en 2012 avec les anomalies annuelles les plus fortes observées dans le centre et l'ouest du SS, et dans l'est du GoM et la BoF. La stratification sur le SS était cohérente avec la tendance générale à la hausse résultant du réchauffement et de l'adoucissement combinés des eaux de surface (Hebert *et al.* En préparation)<sup>1</sup> au cours des années précédentes. L'indice hivernal de l'oscillation nord-atlantique (NAO, de l'anglais « North Atlantic Oscillation) est passé d'une valeur de +1.20 en 2020 à une valeur de -0.14 en 2021, la plus forte variation interannuelle depuis 2012–2013. Les températures océaniques plus chaudes observées en 2021 peuvent être directement ou indirectement liées aux changements observés dans les conditions des éléments nutritifs et des deux niveaux trophiques (phytoplancton et zooplancton) étudiés dans ce rapport.

L'environnement des éléments nutritifs du SS est influencé directement ou indirectement par les apports d'eau en amont, par exemple, le courant du Labrador et l'effluent du golfe du Saint-Laurent, ainsi que par les intrusions d'eaux du talus et les méandres du Gulf Stream (Pepin *et al.* 2013). Les éléments nutritifs à la surface présentent une forte saisonnalité associée à la production de phytoplancton, avec un appauvrissement en éléments nutritifs en surface généralement associé à une production élevée au printemps et en été, suivi d'une augmentation des éléments nutritifs en surface à la fin de l'automne et en hiver lorsque la production de phytoplancton est faible et le mélange vertical est important. En revanche, les éléments nutritifs en profondeur, principalement le nitrate, donnent une meilleure représentation de l'inventaire des éléments nutritifs disponibles pour la production primaire. En plus des modifications de la circulation sur le plateau, les concentrations de nitrate en profondeur dépendent également des changements dans le transport vers le bas de l'azote particulaire de surface et de sa reminéralisation en profondeur, ainsi que du transport vertical vers la surface associé au mélange et/ou à la remontée d'eau. Les concentrations des éléments nutritifs en profondeur sont principalement inférieures à la normale depuis 2013 pour le silicate et le phosphate, et depuis 2016 pour le nitrate. Les conditions en 2021 suggèrent un patron spatial bimodal où les éléments nutritifs en profondeur étaient plus élevés (nitrate et silicate) ou légèrement plus élevés (phosphate) que la normale dans les parties est et centrale de la région, et légèrement inférieurs à la normale dans la partie ouest de la région (BBL et Prince-5). Comme mentionné ci-dessus, le régime de température en 2021 était comparable dans une certaine mesure à celui de 2012, lorsque les éléments nutritifs profonds étaient principalement supérieurs à la normale dans la majeure partie de la région. Les événements de réchauffement tels que ceux observés en 2012 proviennent de l'interaction entre le Gulf Stream et le courant du Labrador à la pointe des Grands Bancs, entraînant la création de tourbillons anormalement chauds/salés (ou froids/frais) se déplaçant d'est en ouest le long du talus et pénétrant sur le plateau par des canaux profonds (Brickman *et al.* 2018), avec des impacts possibles sur la distribution des éléments nutritifs dans la région. Cependant, l'absence d'échantillonnage en raison de l'annulation de la mission printanière, et en particulier de la mission d'été en 2021, impacte négativement la capacité à évaluer rigoureusement les mécanismes possiblement à l'origine des conditions d'eau chaude et de l'augmentation des inventaires des éléments nutritifs observés en 2021. Bien que les inventaires des éléments nutritifs étaient près ou supérieurs à la normale en 2021, la tendance générale des niveaux inférieurs à la normale des inventaires des éléments nutritifs observée ces dernières années couplée à l'augmentation

---

observée de la stratification sur le SS (Hebert *et al.* En préparation)<sup>1</sup> pourrait impliquer une productivité primaire plus faible, avec des impacts potentiels sur la structure et le fonctionnement du réseau trophique.

Dans les régions océaniques caractérisées par une fréquence dominante annuelle de la variabilité environnementale, le cycle biologique ainsi que le comportement et la physiologie du plancton fournissent des adaptations qui concentrent l'effort reproductif sur des périodes de l'année qui sont favorables et qui réduisent l'exposition aux risques durant les périodes défavorables. Cependant, des perturbations imprévisibles dans la saisonnalité environnementale et la synchronicité saisonnière peuvent perturber ces adaptations (Greenan *et al.* 2008, Mackas *et al.* 2012). Des changements à vaste échelle des différentes masses d'eau ont également une incidence sur la composition des communautés planctoniques locales (e.g., Keister *et al.* 2011). La principale caractéristique récurrente de la dynamique du phytoplancton sur le SS et dans le GoM est la floraison printanière, qui se développe sous des conditions favorables, marquées par un ensoleillement accru, des températures plus élevées et la stratification de la colonne d'eau. Cependant, Ross *et al.* (2017) ont observé des floraisons printanières sur le SS lorsque la stratification était à son plus faible, la température de l'eau à son plus bas, et la couche de mélange de beaucoup plus profonde que la zone euphotique, ce qui est en contradiction apparente avec l'hypothèse de la profondeur critique. La biomasse du phytoplancton décline après le pic de floraison, lorsque le broutage augmente ou que la croissance devient limitée par les éléments nutritifs. En été, la présence accrue et sporadique de chlorophylle sous la surface reflète la production régénérée dans la partie supérieure de la colonne d'eau alors stratifiée. La production estivale sous la surface représente une contribution importante de la production primaire annuelle sur le SS (Ross *et al.* 2017).

Les caractéristiques de la floraison printanière du phytoplancton aux stations, telles que dérivées des observations de la couleur de l'océan mesurées par télédétection, ont indiqué une initiation plus précoce que la normale, une durée plus longue que la normale et une magnitude supérieure à la normale à la station HL2, et une tendance opposée caractérisée par une initiation retardée, une durée plus courte que la normale et une magnitude inférieure à la normale à la station P5 en 2021. Dans les deux cas, des relations inverses entre le début et la durée, et entre le début et la magnitude, sont en accord avec les observations rapportées auparavant par Friedland *et al.* (2018). Ce patron caractérisé par une initiation plus précoce (tardive), une durée plus longue (plus courte) et une magnitude plus grande (plus petite) a également prévalu principalement à l'échelle du SS en 2021. Les observations *in situ* à la station HL2 ont indiqué que la floraison printanière s'est produite pendant la période où la couche mélangée était la plus profonde, et la stratification et la température étaient les plus basses, en accord avec les observations de Ross *et al.* (2017) tel que cité ci-dessus. Des images hebdomadaires (non présentées) des concentrations de surface de chlorophylle-*a* ont indiqué que les conditions de floraison printanière en 2021 se sont développées en premier dans le centre et l'ouest du SS puis dans l'est du SS, ce qui apparaît contraire au patron général de progression est-ouest suggéré par Song *et al.* (2010). Les images composites satellitaires hebdomadaires ont également montré des concentrations de chlorophylle-*a* de surface relativement élevées autour de l'île de Sable à la mi-avril, probablement associées en partie à l'injection d'azote dissous par la colonie de phoques gris de l'île, favorisant ainsi une croissance accrue du phytoplancton (Devred *et al.* 2021). L'application PhytoFit utilisée pour dériver les paramètres de la floraison printanière du phytoplancton à partir des concentrations de chlorophylle-*a* de surface mesurées par télédétection utilise un ensemble de paramètres

---

génériques du modèle gaussien décalé appliqués universellement à chaque sous-région de la région des Maritimes. Par conséquent, la prédiction des paramètres de la floraison est quelques fois discutable, comme ce fut le cas pour l'initiation de la floraison pour GB en 2021 qui suggérait un retard record de 52 jours. Le développement futur de l'application nécessitera un réglage des paramètres du modèle gaussien décalé spécifique à chaque sous-région.

Les récentes observations à la station HL2 (2015 à aujourd'hui) suggèrent une abondance principalement inférieure à la normale des diatomées (observé aussi à la station P5) et des dinoflagellés, et une abondance supérieure à la normale des ciliés et des flagellés. Les observations du CPR au cours des dernières années suggèrent également des changements vers une plus faible abondance de diatomées et de dinoflagellés dans les parties centrale et ouest du SS (Casault *et al.* 2022). Les diatomées à la station HL2 en 2021 étaient près de la normale en raison principalement d'une abondance supérieure à la normale observée en décembre, qui pourrait être liée aux niveaux de silicate supérieurs à la normale observés à la station HL2 en 2021. Bien que la période d'automne, et en particulier la floraison automnale (Song *et al.* 2010), soit généralement dominée par le phytoplancton de petite taille, Eggy et Aksnes (1992) suggèrent que des niveaux suffisants de silicate peuvent favoriser la dominance des diatomées aux dépens des flagellées. Bien que l'augmentation mineure de l'abondance des diatomées observée à la station HL2 en 2021 puisse être temporaire, l'abondance principalement plus faible des diatomées observée ces dernières années pourrait éventuellement affecter l'écosystème à différents niveaux. Sur le SS, les diatomées dominent généralement la biomasse du phytoplancton pendant la floraison printanière et une diminution de leur abondance se traduit possiblement par une baisse de la production primaire annuelle globale. L'abondance des diatomées est également liée à la production secondaire puisque les copépodes de grande taille se nourrissent de préférence de cellules plus grandes. Les diatomées contribuent également à l'inventaire de nitrate en profondeur en raison de la sédimentation rapide des cellules sénescents et des débris fécaux des copépodes, et de la reminéralisation subséquente du nitrate particulaire dans les eaux profondes. Un changement vers des taxons de phytoplancton plus petits pourrait être provoqué par les conditions océaniques plus chaudes sur le SS, tel qu'observé dans d'autres zones de l'océan (Doney *et al.* 2012).

La biomasse du zooplancton sur le SS et dans l'est du GoM est normalement dominée par des copépodes de grande taille riches en énergie, principalement le *C. finmarchicus*, qui sont des proies importantes pour des poissons planctivores comme le hareng et le maquereau, pour la baleine noire de l'Atlantique Nord et pour d'autres espèces pélagiques. La réponse des populations de *C. finmarchicus* aux changements environnementaux est complexe en raison des interactions entre le transport par la circulation océanique, les cycles de production primaire annuels et le cycle biologique des espèces de *Calanus*, qui axent leur effort reproductif sur la production de diatomées lors de la floraison printanière et pour lesquels les stades juvéniles tardifs peuvent afficher une période de dormance en eaux profondes durant les saisons moins productives. L'abondance du *C. finmarchicus* en hiver est un indicateur des conditions initiales de production, tandis que l'abondance à la fin de l'automne est un indicateur du stock hivernant pour la production de l'année suivante. Les petits copépodes *Pseudocalanus* spp. sont moins riches en énergie, mais sont également des proies importantes pour les petits poissons en raison de leur grande abondance et de leur vaste distribution spatiale.

---

Un changement persistant dans l'assemblage de zooplancton sur le SS est évident depuis 2011, marqué notamment par le déclin de l'abondance de *C. finmarchicus*. Comme *C. finmarchicus* est un contributeur important de la biomasse du zooplancton, le déclin de son abondance a concordé avec un déclin similaire de la biomasse du zooplancton au cours de la même période. L'année 2011 a marqué un changement de régime vers une biomasse plus faible de *Calanus* spp. sur le SS coïncidant avec le passage à des températures plus chaudes (Sorochan *et al.* 2019). La tendance à une abondance principalement inférieure à la normale de *C. finmarchicus* a persisté en 2021, en particulier à la station HL2 et dans la zone ouest (BBL et P5). Pour les stations HL2 et P5, une eau plus chaude que la normale tout au long de l'année était probablement liée à une faible abondance de *C. finmarchicus* à la fin de l'été et à l'automne, concordant avec les observations dans le GoM où le réchauffement a été associé à une baisse de l'abondance *C. finmarchicus* en été et en automne depuis 2010 (Pershing et Stamieszkin 2020, Record *et al.* 2019).

À l'échelle saisonnière, les données recueillies à la station HL2 ont indiqué une augmentation d'environ 50 % de l'abondance totale de *C. finmarchicus* sur une période d'un mois (entre le 14 décembre 2020 et le 14 janvier 2021), indiquant possiblement le transport par advection. Au cours de la même période, la proportion de stade CV a diminué d'environ 90 % de l'abondance totale de *C. finmarchicus* à la mi-décembre 2020 à environ 50 % à la mi-janvier 2021 résultant de la mue vers le stade adulte et suggérant ainsi une émergence précoce de la diapause. L'abondance maximale des stades CI–III s'est produite dans une courte période suivant le maximum de chlorophylle de la floraison printanière, en accord avec la synthèse des données de Melle *et al.* (2014) pour la station HL2. De plus, la présence d'eau chaude (anomalies de +2 à +5°C) dans toute la colonne d'eau (figure A.1) pendant la période printanière semble avoir favorisé un développement plus rapide et le recrutement vers les stades CI–III.

Parallèlement au déclin global de l'abondance de *C. finmarchicus* et de la biomasse du zooplancton, les observations aux stations HL2 et P5 ont indiqué des changements soutenus dans la communauté des copépodes avec des abondances généralement supérieures à la normale de petits copépodes depuis environ 2012–2014, en particulier *Centropages* spp., *Temora longicornis*, *Oithona atlantica* (HL2) et *O. similis* (P5). En revanche, l'abondance de *Pseudocalanus* spp. a été généralement plus variable au cours de la même période. À la station HL2, *Pseudocalanus* spp. sont généralement plus abondants du printemps jusqu'au milieu de l'été; cependant, en 2021, des niveaux d'abondance élevés ont été enregistrés à l'automne, coïncidant de près avec l'importante prolifération automnale du phytoplancton qui s'est développée en novembre. Les petits copépodes sont des proies préférées pour les stades larvaires de nombreux stocks de poissons en raison de leur abondance élevée, de leur taille appropriée et de leur bonne valeur nutritionnelle, favorisant ainsi la survie des larves de poissons et le recrutement ultérieur (Shi *et al.* 2020). L'abondance des espèces de *Calanus* arctiques et des espèces côtières chaudes, respectivement inférieure et supérieure à la normale, est peut-être la manifestation la plus évidente des températures chaudes observées sur le SS en 2021.

Au cours des dernières années, l'échantillonnage aux stations d'échantillonnage à haute fréquence, sur les sections transversales du plateau continental et pendant les relevés au chalut de l'écosystème a été compromis en raison de l'indisponibilité des navires et/ou des conditions de pandémie limitant les activités en mer. Une analyse de sensibilité a précédemment été élaborée (Casault *et al.* 2022) pour traiter de l'impact des missions

---

saisonniers manquantes sur les estimations annuelles des différents indices rapportés dans ce document. En résumé, l'analyse a révélé que: i) l'incertitude dans les anomalies annuelles résultant de l'échantillonnage printanier manquant était plutôt variable et typiquement de l'ordre de  $\pm 2$  écarts-types; et ii) pour plusieurs indices, il était possible d'inférer qualitativement l'anomalie annuelle à partir de l'anomalie d'automne en raison d'une forte corrélation entre les deux valeurs. L'analyse de sensibilité a été répétée pour 2021 dans l'optique de la mission manquante du printemps. Les résultats (figure A.2) ont indiqué que pour la plupart des indices, les anomalies annuelles estimées pour 2021 concordaient avec les anomalies automnales mesurées sur la base de leurs corrélations globales, apportant ainsi une certaine crédibilité quant à l'évaluation qualitative des anomalies annuelles de 2021.

Les relations entre les conditions environnementales et du plancton sont complexes et leur interprétation d'un point de vue déterministe nécessite une analyse approfondie qui dépasse la portée de ce rapport. Cependant, les observations des dernières années fournissent de plus en plus de preuves de la diminution de la disponibilité des éléments nutritifs profonds combinée à un changement dans les communautés du phytoplancton et du zooplancton, passant des espèces de phytoplancton et de copépodes de grande taille riches en énergie (comme le *C. finmarchicus*) à des espèces de phytoplancton et de copépodes de plus petite taille. Les réseaux trophiques dits « classiques », dominés par les diatomées et le *C. finmarchicus*, sont associés à une efficacité de transfert d'énergie vers des animaux pélagiques de niveau trophique supérieur qui est plus élevée que celle des réseaux trophiques dominés par des espèces de phytoplancton et de zooplancton de petite taille. Un tel changement pourrait indiquer une transition vers des conditions moins productives dans la région des Maritimes pour les poissons planctivores, la baleine noire de l'Atlantique Nord et les oiseaux de mer se nourrissant de plancton ou de poissons pélagiques.

## **PROGRAMME DE MONITORAGE DU BASSIN DE BEDFORD**

### **IMPACTS SUR LES ACTIVITÉS DU PROGRAMME**

La station Compass Buoy dans le bassin de Bedford a été échantillonnée à 43 reprises en 2021 dans le cadre du programme de monitoring du bassin de Bedford du MPO. L'échantillonnage sur le terrain et les analyses de laboratoire ont tous deux été affectés en raison de la pandémie de COVID-19 et par une série de problèmes techniques d'équipement. Un total de 42 profils CTD étaient disponibles pour ce rapport en raison du bris du profileur CTD SBE 25 lors de l'événement d'échantillonnage 005 (10 février 2021). Le 26 avril 2021, l'échantillonnage a été interrompu en raison de l'augmentation des cas locaux de COVID-19. Le programme a repris ses activités le 16 juin 2021, entraînant la perte d'environ deux mois de données durant la saison printanière, et affectant le calcul des anomalies annuelles des conditions au fond et en surface. Pour l'oxygène, les données n'étaient pas disponibles pour les occupations du 4 mars et du 9 mars en raison de l'indisponibilité du capteur. De plus, les valeurs d'oxygène mesurées lors de l'occupation du 17 mars étaient erronées et n'ont donc pas été incluses dans ce rapport. Enfin, les données de chlorophylle-*a* mesurées par fluorométrie n'étaient pas disponibles en décembre 2021 en raison d'un bris d'équipement.

---

## CONDITIONS PHYSIQUES

La température annuelle moyenne de l'eau de surface calculée à partir des profils CTD collectés en 2021 était supérieure à la normale (+1,37 ét; figure 33) par rapport à la période de référence 1999–2020. De même, les anomalies mensuelles de la température en surface (figure 34) en 2021 étaient supérieures à la normale à l'exception des mois d'août et de septembre où elles étaient normales (+0,03 ét) ou légèrement supérieures (+0,53 ét) aux conditions normales, respectivement.

La température annuelle moyenne au fond (60 m) était également supérieure à la normale en 2021 (+1,01 ét; figure 35). La température au fond était égale, légèrement au-dessus ou au-dessus de la normale pendant tous les mois de l'année; les anomalies les plus élevées étant observées au printemps et en été (figure 36). La salinité au fond était supérieure ou légèrement supérieure à la normale de janvier à avril, près de la normale de juin à août, et inférieure ou légèrement inférieure à la normale en septembre, novembre et décembre (mais normale en octobre, figure 37). Les valeurs supérieures à la normale de la température et la salinité au fond observées au début de 2021 marquaient la continuation des conditions plus chaudes et plus salines observées dans les eaux de fond du bassin de Bedford à la fin de 2020 lorsqu'une intrusion d'eau du plateau s'est produite (Casault *et al.* 2022). Toutefois, les profils de température, salinité et densité n'ont indiqué aucun événement d'intrusion en 2021 (figure 38), bien que les eaux au fond du bassin soient restées relativement chaudes pendant la majeure partie de l'année. Les événements d'intrusion représentent un mécanisme important pour la ventilation des eaux profondes du bassin de Bedford (Burt *et al.* 2013) puisqu'ils favorisent le transport des eaux de surface riches en oxygène vers les couches plus profondes du bassin, empêchant ainsi le développement de conditions anoxiques (Hargrave *et al.* 1976). La série chronologique des échantillons d'oxygène dissous recueillis à la station Compass Buoy est insuffisante pour permettre le calcul d'anomalies par rapport à une valeur climatologique. Toutefois, les mesures d'oxygène dissous recueillies lors de 39 occupations indiquaient des conditions hypoxiques ( $1-2 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ ; Tyson et Pearson 1991) dans la couche inférieure (30–40 m du fond) du bassin pendant la majeure partie de 2021 (figure 39).

## ÉTAT DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS ET DU PLANCTON

Les anomalies annuelles des cinq éléments nutritifs inorganiques en surface étaient près ou légèrement inférieures à la normale en 2021 (figure 33). En revanche, le nitrate, le phosphate et le silicate au fond étaient tous au-dessus de la normale, similaire aux inventaires des éléments nutritifs observés à plus grande échelle dans le SS, tandis que le nitrite et l'ammonium au fond étaient légèrement inférieurs ou inférieurs à la normale (figure 35). Le nitrate au fond était anormalement élevé de janvier à octobre et pour diminuer et atteindre des conditions près de la normale (mais légèrement en dessous de la normale) en novembre et décembre (figure 40). Les plus fortes concentrations de nitrate au fond enregistrées depuis le début de la série chronologique ont été observées en juin (+4,40 ét).

Les anomalies annuelles de la chlorophylle-*a* (Turner) en surface, du carbone organique (POC) et de l'azote (PON) particulaire étaient près ou légèrement au-dessus de la normale en 2021 (figure 33), similaire aux observations de 2020. En revanche, les indices décrivant la communauté du phytoplancton (e.g., pigments et mesures par HPLC) étaient pour la plupart légèrement inférieurs à la normale en 2021, à l'opposé des conditions observées en 2020. Pour les conditions au fond (60 m), le POC et le PON présentaient des conditions normales alors que

---

les anomalies pour la chlorophylle, les mesures par HPLC et les pigments étaient toutes inférieures à la normale en 2021 (figure 35). À l'exception de 2016, les anomalies annuelles de la chlorophylle et des autres indices de biomasse du phytoplancton au fond sont demeurés majoritairement neutres ou négatives depuis 2010.

## ENREGISTREUR DE PLANCTON EN CONTINU

Les observations de l'abondance de divers taxons de plancton sont effectuées à intervalles mensuels dans la couche près de la surface (0–10 m) sur le SS au moyen de l'enregistreur de plancton en continu. Cependant, les données ne sont disponibles qu'avec un délai d'une année par rapport aux observations du PZMA, de sorte que cette section présente les observations de 2020.

## PHYTOPLANCTON

Les moyennes mensuelles du PCI et de l'abondance des diatomées (1992–2015) sur l'ESS et le WSS montrent que la prolifération printanière du phytoplancton se produit typiquement en mars–avril suivi de faibles valeurs en été (figure 41). En automne et en hiver, le PCI est faible, mais l'abondance des diatomées augmente au cours de l'automne et reste relativement élevée en hiver alors que l'abondance des dinoflagellés ne montre pas de cycle saisonnier clair. En 2020, les valeurs du PCI étaient généralement près de la normale, bien qu'inférieures à la normale en février (ESS) et mars (WSS et ESS). L'abondance mensuelle des diatomées était généralement près de la normale dans les deux régions, mais inférieure à la normale en mars et décembre (WSS), et en février et octobre (ESS). L'abondance mensuelle des dinoflagellés était inférieure à la normale en mars, octobre et décembre sur le WSS, mais autrement près de la normale dans les deux sous-régions. Les anomalies annuelles des trois indices du phytoplancton étaient principalement neutres dans les deux sous-régions, bien que positives pour les dinoflagellés sur l'ESS (figure 42). Depuis 1999, l'abondance des diatomées est demeurée majoritairement inférieure à la normale sur le WSS et l'ESS, tandis que le PCI et l'abondance des dinoflagellés n'a montré aucune tendance claire. Ces observations sont cohérentes avec les observations de Casault *et al.* (2022) qui suggèrent une transition de la communauté du phytoplancton vers une communauté composée de taxons de plus petite taille.

## ZOOPLANCTON

Les cycles saisonniers climatologiques (1992–2020) dérivés du CPR pour les *Calanus* CI–IV (principalement *C. finmarchicus*) et le *C. finmarchicus* CV–VI montrent des pics d'abondance importants au printemps et en début d'été (avril–juillet) sur le WSS (figure 43). Sur l'ESS, les *Calanus* CI–IV suivent un pic similaire mais d'amplitude inférieure, mais pas pour le *C. finmarchicus* CV–VI. Sur le WSS en 2020, les abondances mensuelles de *Calanus* I–IV étaient près de la normale, bien que légèrement supérieure à la normale en juillet, tandis que celles du *C. finmarchicus* V–VI étaient près de la normale, mais légèrement inférieure à la normale en février. Sur l'ESS, l'abondance de *Calanus* I–IV et du *C. finmarchicus* V–VI était supérieure ou légèrement supérieure à la normale en mai, juillet et septembre, inférieure à la normale en août, et près de la normale en février–avril et en octobre. L'abondance annuelle moyenne était supérieure à la normale pour les deux taxons sur l'ESS et pour le *Calanus* I–IV sur le WSS, où l'abondance de *C. finmarchicus* V–VI était normale (figure 42). L'échantillonnage par traits de filets verticaux à la station HL2 a indiqué des abondances annuelles relativement



---

faibles pour le *C. finmarchicus* depuis 2011 (Casault *et al.* 2022). Conformément, l'abondance de *C. finmarchicus* V–VI dérivée du CPR sur le WSS a montré une tendance à la baisse depuis 2009 (figure 42). L'abondance annuelle des taxons arctiques de *Calanus* (*C. glacialis*, *C. hyperboreus*) était supérieure à la normale dans les deux sous-régions du SS en 2020, tandis que celle de trois petits taxons de copépodes (copépodes nauplii, *Para/Pseudocalanus*, *Oithona*) était normale. L'abondance annuelle de deux grands taxons (euphausiacés, amphipodes hyperiidés) était supérieure (ESS) ou près (WSS) des moyennes 1992–2020 (figure 42). Depuis 1992, l'abondance des amphipodes hyperiidés a montré une tendance à la hausse dans les deux régions du SS, et l'abondance des euphausiacés a montré une tendance à la baisse sur le WSS.

## ORGANISMES SENSIBLES À L'ACIDIFICATION

En 2020, l'abondance des trois taxons sensibles à l'acidification (coccolithophores, foraminifères, *Limacina* spp.) étaient près ou légèrement au-dessous de la normale sur le WSS, et près ou légèrement au-dessus de la normale sur l'ESS (figure 42).

## SOMMAIRE

- En 2021, le protocole d'échantillonnage pour les stations d'échantillonnage à haute fréquence, les relevés saisonniers, les relevés au chalut de l'écosystème et le programme de surveillance du bassin de Bedford a été compromis par les problèmes de disponibilité des navires et la pandémie de COVID-19 limitant les activités en mer. Par conséquent, une incertitude accrue caractérise les moyennes annuelles des indices clés rapportés dans ce document en raison de manques importants dans les données utilisées pour leur estimation.
- En 2021, les inventaires de nitrate et de silicate en surface et en profondeur étaient supérieurs à la moyenne dans la majeure partie de la région pour la première fois au cours des 6 à 8 dernières années. En revanche, l'inventaire de phosphate en surface et en profondeur est resté principalement proche ou inférieur à la normale. Les inventaires en surface et en profondeur des trois éléments nutritifs sont principalement restés proches ou inférieurs à la normale à la station P5.
- L'inventaire de chlorophylle-*a* mesurée *in situ* sur la couche 0–100 m était principalement inférieur à la normale sur l'ensemble de la région en 2021. Pour les stations HL2 et P5, cela poursuit la tendance des 3 à 6 dernières années. D'autre part, la chlorophylle-*a* de surface mesurée par télédétection est restée principalement supérieure à la normale dans toute la région, telle qu'observé au cours des 3 à 6 dernières années.
- À l'exception de la sous-région GB, où les paramètres ajustés du modèle gaussien décalé semblent inexacts, la floraison printanière du phytoplancton, telle que dérivée des observations de chlorophylle-*a* mesurée par télédétection, était principalement plus précoce que la normale dans toute la région avec une amplitude et une magnitude supérieures à la normale. Cependant, la durée de la floraison était variable dans la région. À la station HL2, la floraison printanière observée à partir des mesures *in situ* indiquait un début et un déclin rapides, une grande amplitude et une pénétration profonde (approximativement 60 m) dans la colonne d'eau. Des conditions de floraison automnale ont été observées dans la plupart des sous-régions à l'exception de LS.

- 
- Les observations à la station HL2 ont indiqué des niveaux de diatomées et de dinoflagellés près de la normale en 2021, contrastant avec les dernières années. Les ciliés et les flagellés à la station HL2 ont continué d'être plus abondants que la normale. À la station P5, la tendance des 11 à 13 dernières années vers une plus faible abondance des diatomées et une plus grande abondance des dinoflagellés et des ciliés s'est poursuivie. L'abondance des flagellés à la station P5, bien que variable au cours de la même période, était proche de la normale en 2021.
  - En 2021, l'abondance du *C. finmarchicus* était principalement inférieure à la normale, particulièrement à la station HL2 et dans la partie ouest (BBL et P5) de la région. L'abondance du *Pseudocalanus* spp. et des non-copépodes était principalement supérieure à la normale dans toute la région, à l'exception de niveaux inférieurs à la normale observés sur LL, tandis que l'abondance des copépodes totaux était variable dans la région. La biomasse du mésozooplancton était principalement inférieure à la normale dans les parties est et centrale (CSL à HL2), mais supérieure à la normale dans la partie ouest (BBL et P5) de la région.
  - L'abondance des espèces de *Calanus* arctique et des copépodes d'eaux chaudes côtières était, respectivement, principalement inférieure et principalement supérieure à la normale dans la région en 2021, possiblement en réponse aux conditions généralement plus chaudes observées dans la région. Mis à part les *Pseudocalanus* spp. dont l'abondance était supérieure à la normale aux stations HL2 et P5 en 2021, l'abondance des petits copépodes *O. similis*, *O. atlantica* (HL2) ainsi que *Microcalanus* spp. et *Paracalanus* spp. (HL2 et P5) était près ou inférieure à la normale en 2021.
  - La température moyenne en surface et au fond dans le bassin de Bedford était supérieure à la normale en 2021. L'inventaire des éléments nutritifs en surface était près ou légèrement inférieur à la normale, tandis que les niveaux de nitrate, phosphate et silicate dans la couche profonde du bassin de Bedford (60 m) étaient tous supérieurs à la normale. Ces résultats sont cohérents avec les patrons généraux de la température et des éléments nutritifs observés sur l'ensemble du SS en 2021.
  - Les observations de température et de salinité ne suggèrent qu'aucun événement d'intrusion d'eau en provenance du plateau continental, qui est un mécanisme important pour la ventilation des eaux profondes, se soit produit dans le bassin de Bedford en 2021. D'autre part, les concentrations d'oxygène dissous ont indiqué des conditions hypoxiques dans les couches inférieures du bassin pendant la majeure partie de 2021.
  - Les observations du CPR de 2020 ont indiqué des valeurs annuelles moyennes du PCI et de l'abondance des diatomées près de la normale dans les deux régions du SS, tandis que l'abondance des dinoflagellés était près (WSS) ou supérieure (ESS) à la normale.
  - Les observations du CPR de 2020 ont indiqué des abondances annuelles moyennes du taxon *Calanus* I–IV (principalement *C. finmarchicus* CI–IV) supérieures à la normale dans les deux régions du SS, tandis que l'abondance du *C. finmarchicus* CV–VI était supérieure (ESS) ou près (WSS) de la normale. L'abondance annuelle moyenne de deux espèces de *Calanus* arctique, des petits copépodes (*Para/Pseudocalanus*), et de deux taxons de macrozooplancton (euphausiacés, hyperiidés) était supérieure à la normale sur l'ESS. Parmi

---

ceux-ci, seul *C. glacialis* était plus abondant que la normale sur le WSS, où les quatre autres étaient à des niveaux normaux.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le personnel de l'Institut océanographique de Bedford et de la station biologique de St. Andrews ayant contribué à la collecte et à l'analyse des échantillons, ainsi qu'à l'analyse, la gestion et la distribution des données. Nous remercions également les officiers et les équipages des navires de la Garde Côtière Canadienne *Capt. Jacques Cartier*, *Hudson*, *Teleost*, *Sigma-T*, et *Viola M. Davidson* pour leur aide dans la collecte de données océanographiques en 2021. Les révisions effectuées par David Bélanger et Marjolaine Blais ont contribué à améliorer le manuscrit.

## RÉFÉRENCES CITÉES

- Behrenfeld, M.J., et Boss, E.S. 2014. [Resurrecting the Ecological Underpinnings of Ocean Plankton Blooms](#). *Annu. Rev. Mar. Sci.* 6: 167–194.
- Brickman, D., Hebert, D., and Wang, Z. 2018. [Mechanism for the recent ocean warming events on the Scotian Shelf of eastern Canada](#). *Cont. Shelf Res.* 156: 11–22.
- Burt, W.J., Thomas, H., Fennel, K., et Horne, E. 2013. [Sediment-water column fluxes of carbon, oxygen and nutrients in Bedford Basin, Nova Scotia, inferred from <sup>224</sup>Ra measurements](#). *Biogeosciences*. 10: 53–66.
- Casault, B., Johnson, C., Devred, E., Head, E., Cogswell, A., et Spry, J. 2022. [Conditions océanographiques optiques, chimiques et biologiques du plateau néo-écossais et de l'est du golfe du Maine en 2020](#). *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech.* 2022/018. v +86 p.
- Churilova, T., Suslin, V., Krivenko, O., Efimova, T., Moiseeva, N., Mukhanov, V., et Smirnova L. 2017. [Light Absorption by Phytoplankton in the Upper Mixed Layer of the Black Sea: Seasonality and Parametrization](#). *Frontiers in Mar. Sci.* 4: 90.
- Clay, S., Peña, A., DeTracey, B., and Devred, E. 2019. [Evaluation of Satellite-Based Algorithms to Retrieve Chlorophyll-a Concentration in the Canadian Atlantic and Pacific Oceans](#). *Remote Sens.* 11(22): 2609.
- Clay, S., et Layton, C. 2021. [BIO-RSG/PhytoFit: First release \(Version v1.0.0\)](#). Zenodo.
- Devred, E., Hilborn, A., and den Heyer, C. E. 2021. [Enhanced chlorophyll-a concentration in the wake of Sable Island, eastern Canada, revealed by two decades of satellite observations: a response to grey seal population dynamics?](#) *Biogeosciences*. 18: 6115–6132.
- Doney, S.C., Ruckelshaus, M., Duffy, J.E., Barry, J.P., Chan, F., English, C.A., Galindo, H.M., Grebmeier, J.M., Hollowed, A.B., Knowlton, N., Polovina, J., Rabalais, N.N., Sydeman, W.J., and Talley, L.D. 2012. [Climate change impacts on marine ecosystems](#). *Annu. Rev. Mar. Sci.* 4: 11–37.
- Eggy, J.K., and Aksnes, D.L. 1992. [Silicate as regulating nutrient in phytoplankton competition](#). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 83: 281–289.

- 
- Friedland, K.D., Mouw, C.B., Asch, R.G., Ferreira, A.S.A, Henson, S., Hyde, K.J.W., Morse, R.E., Thomas, A.C., et Brady, D.C. 2018. [Phenology and time series trends of the dominant seasonal phytoplankton bloom across global scales](#). *Glob. Ecology Biogeography*. 27(5): 551–569.
- Greenan B.J.W., Petrie B.D., Harrison W.G., et Strain P.M. 2008. [The onset and evolution of a spring bloom on the Scotian Shelf](#). *Limnol. Oceanogr.* 53(5): 1759-1775.
- Hargrave, B.T., Phillips, G.A., and Taguchi, S. 1976. [Sedimentation Measurements in Bedford Basin, 1973–1974](#). Tech. Rep. Fish. Mar. Serv. Envir. 608, xv + 129 p.
- Harrison, G., Colbourne, E., Gilbert, D., et Petrie, B. 2005. [Oceanographic Observations and Data Products Derived from Large-scale Fisheries Resource Assessment and Environmental Surveys in the Atlantic Zone](#). AZMP/PMZA Bull. 4: 17–23.
- Head, E.J.H., Johnson, C.L., et Pepin, P. 2022. [Plankton monitoring in the Northwest Atlantic: a comparison of zooplankton abundance estimates from vertical net tows and Continuous Plankton Recorder sampling on the Scotian and Newfoundland shelves, 1999–2015](#). *ICES J. Mar. Sci.* 79(3): 901-916.
- Holmes, R.W. 1970. [The Secchi Disk in Turbid Coastal Waters](#). *Limnol. Oceanogr.* 15(5): 688–694.
- Johnson, C., Harrison, G., Head, E., Casault, B., Spry, J., Porter, C., et Yashayaeva, I. 2012. [Optical, Chemical, and Biological Oceanographic Conditions in the Maritimes Region in 2011](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/071.
- Keister, J.E., Di Lorenzo, E., Morgan, C.A., Combes, V., et Peterson, W.T. 2011. [Zooplankton species composition is linked to ocean transport in the Northern California Current](#). *Global Change Biol.* 17: 2498–2511.
- Lenth, R., Singmann, H., Love, J., Buerkner, P., and Herve, M. 2022. [emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means](#). R package version 1.7.5.
- Li, W.K.W. 2014. [The state of phytoplankton and bacterioplankton at the Compass Buoy Station: Bedford Basin Monitoring Program 1992–2013](#). Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 304.
- Mackas, D.L., Greve, W., Edwards, M., Chiba, S., Tadokoro, K., Eloire, D., Mazzocchi, M.G., Batten, S., Richardson, A.J., Johnson, C., Head, E., Conversi, A., et Pelosi, T. 2012. [Changing zooplankton seasonality in a changing ocean: Comparing time series of zooplankton phenology](#). *Progr. Oceanogr.* 97–100: 31–62.
- Melle, W., Runge, J., Head, E., Plourde, S., Castellani, C., Licandro, P., Pierson, J., Jonasdottir, S., Johnson, C., Broms, C., Debes, H., Falkenhaus, T., Gaard, E., Gislason, A., Heath, M., Niehoff, B., Nielsen, T. G., Pepin, P., Stenevik, E. K., and Chust, G. 2014. [The North Atlantic Ocean as habitat for \*Calanus finmarchicus\*: Environmental factors and life history traits](#). *Prog. Ocean.* 129: 244–284.
- Mitchell, M., Harrison, G., Pauley, K., Gagné, A., Maillet, G., et Strain, P. 2002. [Atlantic zonal monitoring program sampling protocol](#). Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 223.
-

- 
- Mojica, K.D.A., Huisman, J., Wilhelm, S.W., et C.P.D. Brussaard. 2016. [Latitudinal variation in virus-induced mortality of phytoplankton across the North Atlantic Ocean](#). ISME J. 10, 500–513.
- MPO. 2000. [Conditions chimiques et biologiques de l'océan en 1998 et 1999 – Région des Maritimes](#). MPO – Sciences, Rapport sur l'état des stocks G3–03 (2000).
- MPO. 2022. [Conditions océanographiques dans la zone Atlantique en 2021](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2022/025.
- O'Reilly, J.E., Maritorena, S., Mitchell, B. G., Siegel, D. A., Carder, K. L., Garver, S. A., Kahru, M., et McClain, C. R. 1998. [Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS](#). J. Geophys. Res. 103: 24937–24953.
- Pepin, P., Maillet, G.L., Lavoie, D., et Johnson, C. 2013. Temporal trends in nutrient concentrations in the Northwest Atlantic basin. Ch. 10 (p. 127–150) In: [Aspects of climate change in the Northwest Atlantic off Canada](#) [Loder, J.W., G. Han, P.S. Galbraith, J. Chassé et A. van der Baaren (Eds.)]. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3045: x + 190 p.
- Pershing, A.J. et Stamieszkin, K. 2020. [The North Atlantic Ecosystem, from Plankton to Whales](#). Annu. Rev. Mar. Sci. 12(1): 339–359.
- Petrie, B. 2007. [Does the north Atlantic oscillation affect hydrographic properties on the Canadian Atlantic continental shelf?](#) Atmos. Ocean 45(3): 141–151.
- Petrie, B., et Yeats, P. 2000. [Annual and interannual variability of nutrients and their estimated fluxes in the Scotian Shelf - Gulf of Maine region](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57: 2536–2546.
- Petrie, B., Yeats, P., et Strain, P. 1999. [Nitrate, Silicate and Phosphate Atlas for the Scotian Shelf and the Gulf of Maine](#). Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 203.
- Record, N.R., *et al.* 2019. [Rapid Climate-Driven Circulation Changes Threaten Conservation of Endangered North Atlantic Right Whales](#). Oceanography. 32(2): 162–169.
- Richardson, A.J., Walne, A.W., John, A.W.G., Jonas, T.D., Lindley, J.A., Sims, D.W., Stevens, D., et Witt, M. 2006. [Using continuous plankton recorder data](#). Progr. Oceanogr. 68: 27–74.
- Ringuette, M., Devred, E., Azetsu-Scott, K., Head, E., Punshon, S., Casault, B., et Clay, S. 2022. [Conditions océanographiques optiques, chimiques, et biologiques dans la mer du Labrador entre 2014 et 2018](#). Secr. can. des avis sci. du MPO, Doc. de rech. 2022/021. v + 40 p.
- Ross, T., Craig, S.E., Comeau, A., Davis, R., Dever, M., et Beck, M. 2017. [Blooms and subsurface phytoplankton layers on the Scotian Shelf: Insights from profiling gliders](#). J. Marine Syst. 172: 118–127.
- Shi, Y., Wang, J., Zuo, T., Shan, X., Jin, X., Sun, J., Yuan, W., et Pakhomov, E.A. 2020. [Seasonal Changes in Zooplankton Community Structure and Distribution Pattern in the Yellow Sea, China](#). Frontiers in Mar. Sci. 7: 391.
- Song, H., Ji, R., Stock, C., et Wang, Z. 2010. [Phenology of phytoplankton blooms in the Nova Scotian Shelf–Gulf of Maine region: remote sensing and modeling analysis](#). J. Plankton Res. 32(11): 1485–1499.
-

- 
- Sorochan, K.A., Plourde, S., Morse, R., Pepin, P., Runge, J., Thompson, C., and Johnson, C.L. 2019. [North Atlantic right whale \(\*Eubalaena glacialis\*\) and its food: \(II\) interannual variations in biomass of \*Calanus\* spp. on western North Atlantic shelves](#). J. Plankton Res. 41(5): 687–708.
- Sverdrup, H.U. 1953. [On Conditions for the Vernal Blooming of Phytoplankton](#). J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer. 18: 287–295.
- Therriault, J.-C., Petrie, B., Pepin, P., Gagnon, J., Gregory, D., Helbig, J., Herman, A., Lefavre, D., Mitchell, M., Pelchat, B., Runge, J., et Sameoto, D. 1998. [Proposal for a Northwest Atlantic Zonal Monitoring Program](#). Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 194.
- Tyson, R.V., and Pearson, T.H. 1991. [Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia](#). Geological Society Special Publications. No 58. pp 1–24.
- Utermöhl, von H. 1931. [Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Plankton.\(Mit besonderer Berücksichtigung des Ultraplanktons.\)](#). Verh. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol. 5: 567–595.
- Zhai, L., Platt, T., Tang, C., Sathyendranath, S., et Hernández Walls, R. 2011. [Phytoplankton Phenology on the Scotian Shelf](#). ICES J. Mar. Sci. 68: 781–791.

## TABLEAUX

Tableau 1. Missions d'échantillonnage du Programme de monitoring de la zone atlantique dans la région des Maritimes en 2021.

Groupe	Lieu	Code de mission	Dates	# stations hydrographiques	# stations de filet
Relevé au chalut de l'écosystème	Banc Georges	TEL2021-002	17 mars–1 avril	29	5
Mission de la Mer du Labrador	Sections du détroit de Cabot & de Louisbourg	HUD2021-127	20 mai–1 juin	14	13
Essais en mer	Sections du banc Browns & d'Halifax	CAR2021-102	4–6 juin 20–22 juin	14	14
Sections saisonnières	Plateau néo-écossais	HUD2021-185	16 septembre–4 octobre	100	96
Station à haute fréquence	Halifax-2	BCD2021-666	1 janvier–31 décembre	18(10)*	18(10)*
Station à haute fréquence	Prince-5	BCD2021-669	1 janvier–31 décembre	8	8
Total:				182	154

\* Occupations totales des stations, y compris les occupations durant les relevés au chalut et les sections saisonnières (les occupations dédiées comportant des codes de missions tels qu'énumérées à gauche figurent entre parenthèses)

## FIGURES

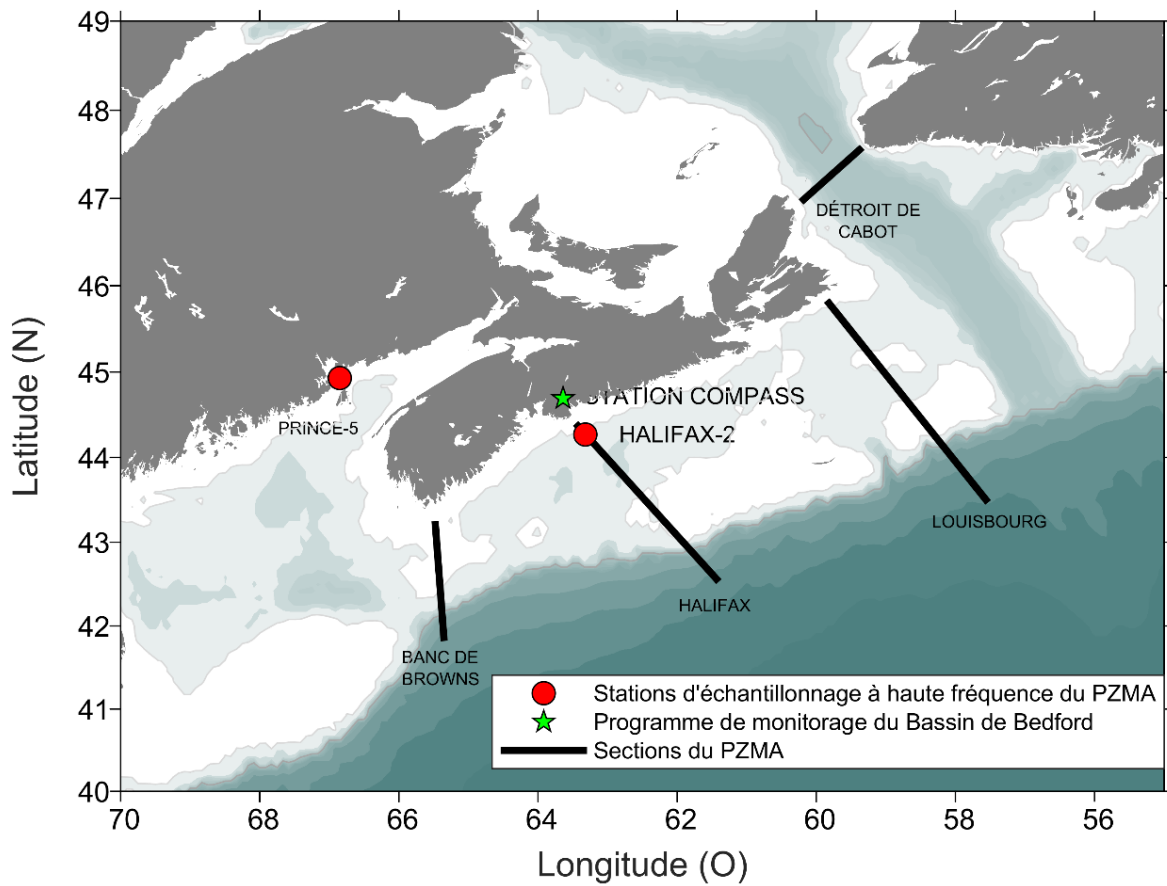


Figure 1. Carte des sections primaires (détroit de Cabot [CSL], Louisbourg [LL], Halifax [HL] et banc Browns [BBL]) et des stations d'échantillonnage à haute fréquence (Halifax-2 [HL2]; Prince-5 [P5]) dans la région des Maritimes du MPO. La station Compass Buoy est échantillonnée dans le cadre du Programme de monitoring du bassin de Bedford.



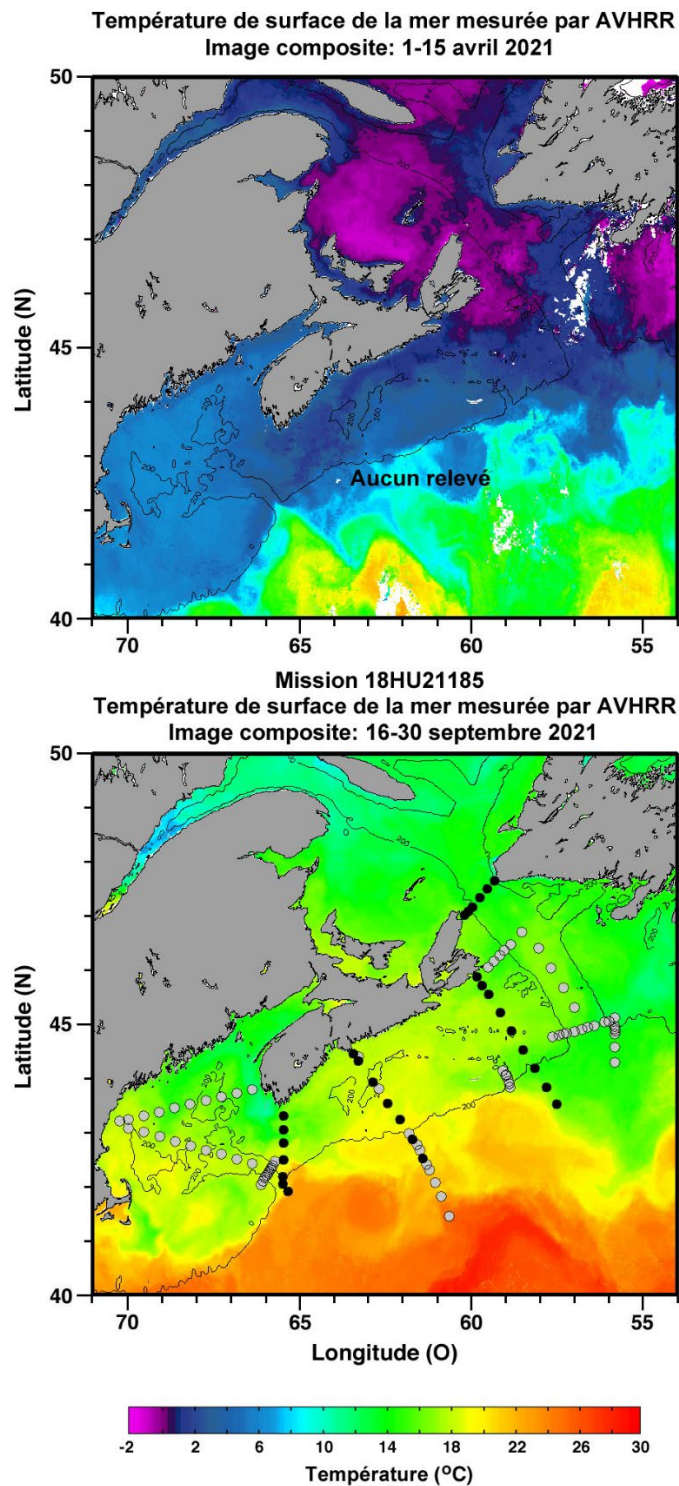


Figure 2. Stations échantillonnées durant le relevé d'automne de 2021 (panneau inférieur). L'emplacement des stations est superposé sur les images composites de la température de surface de la mer pour les dates qui sont proches des dates des missions de 2021 (mission d'automne seulement). Les marqueurs noirs indiquent les stations de base, et les marqueurs gris sont les stations échantillonnées dans le cadre de programmes connexes.

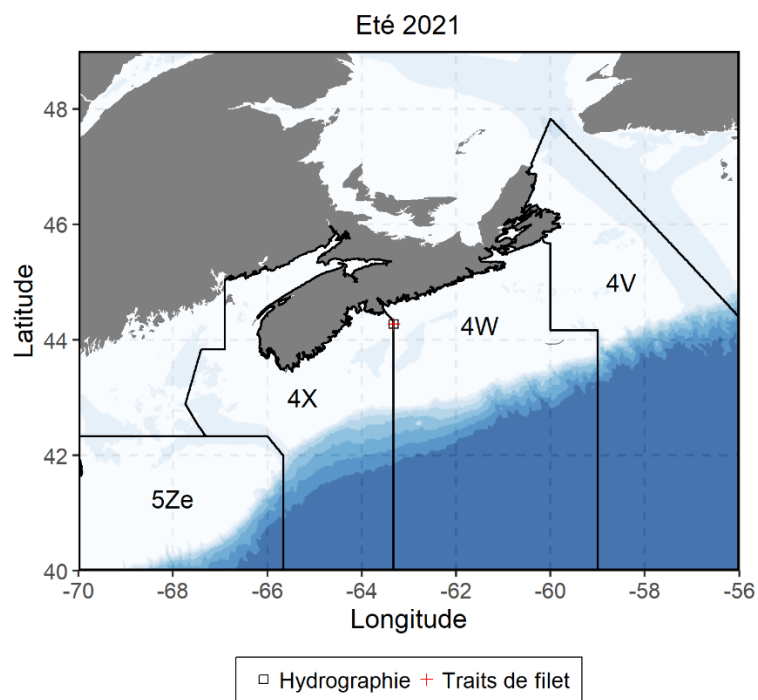
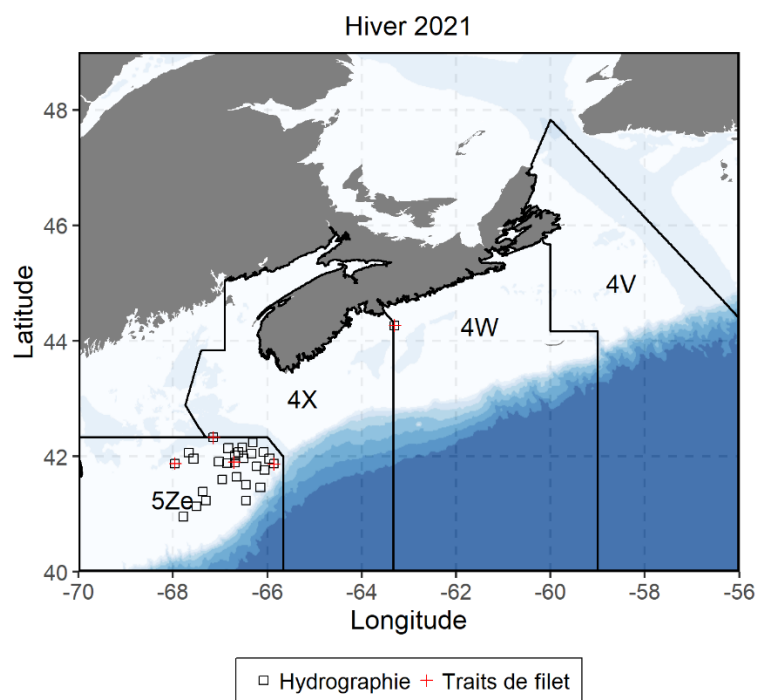


Figure 3. Stations échantillonnées durant les relevés au chalut de l'écosystème dans la région des Maritimes en 2021. L'emplacement des stations est superposé sur les zones NAFO.

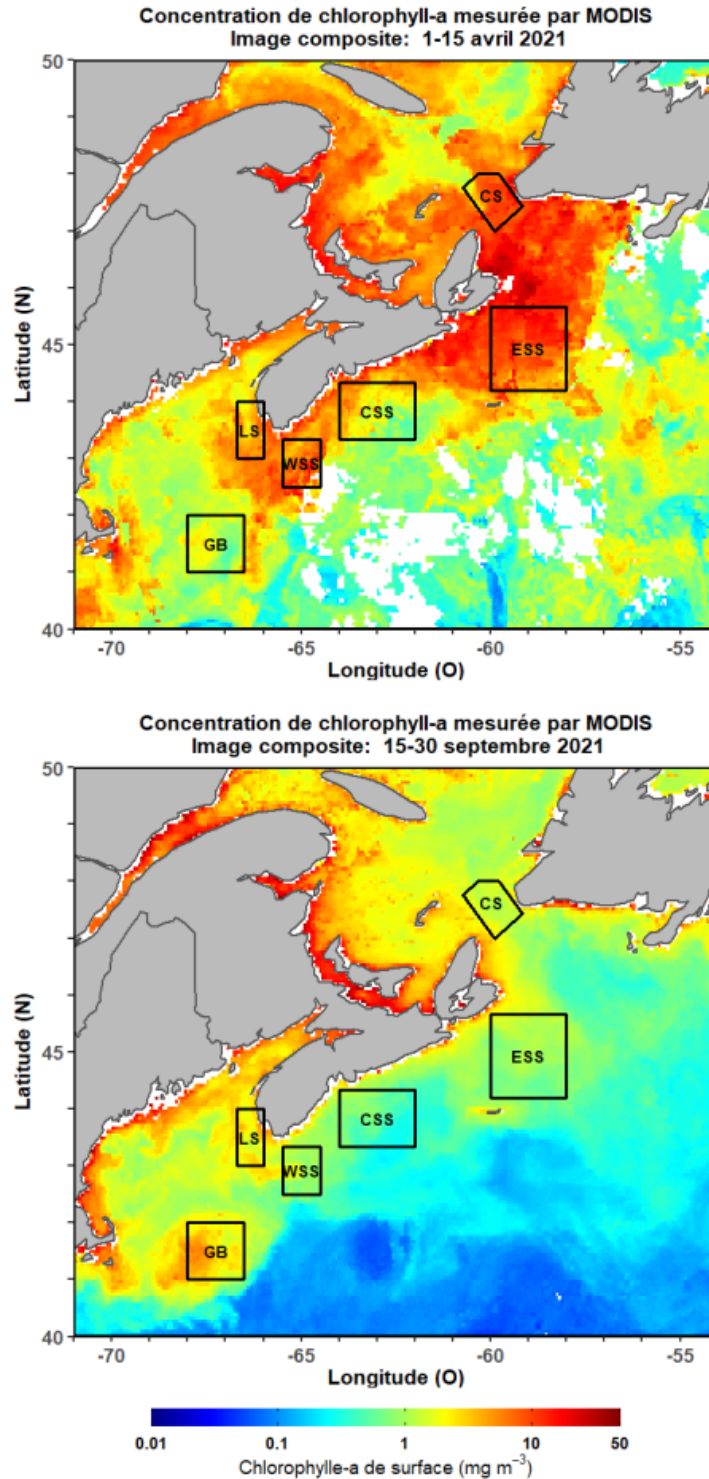


Figure 4. Sous-régions de la région des Maritimes identifiées pour l'analyse spatio-temporelle des données de couleur de l'océan mesurées par télédétection. Les sous-régions sont superposées sur les images composites de la chlorophylle-a de surface pour les dates qui sont proches des dates des missions de 2021 (mission d'automne seulement). Déroit de Cabot [CS], plateau néo-écossais est [ESS], plateau néo-écossais central [CSS], plateau néo-écossais ouest [WSS], haut-fond Lurher [LS], banc Georges [GB].

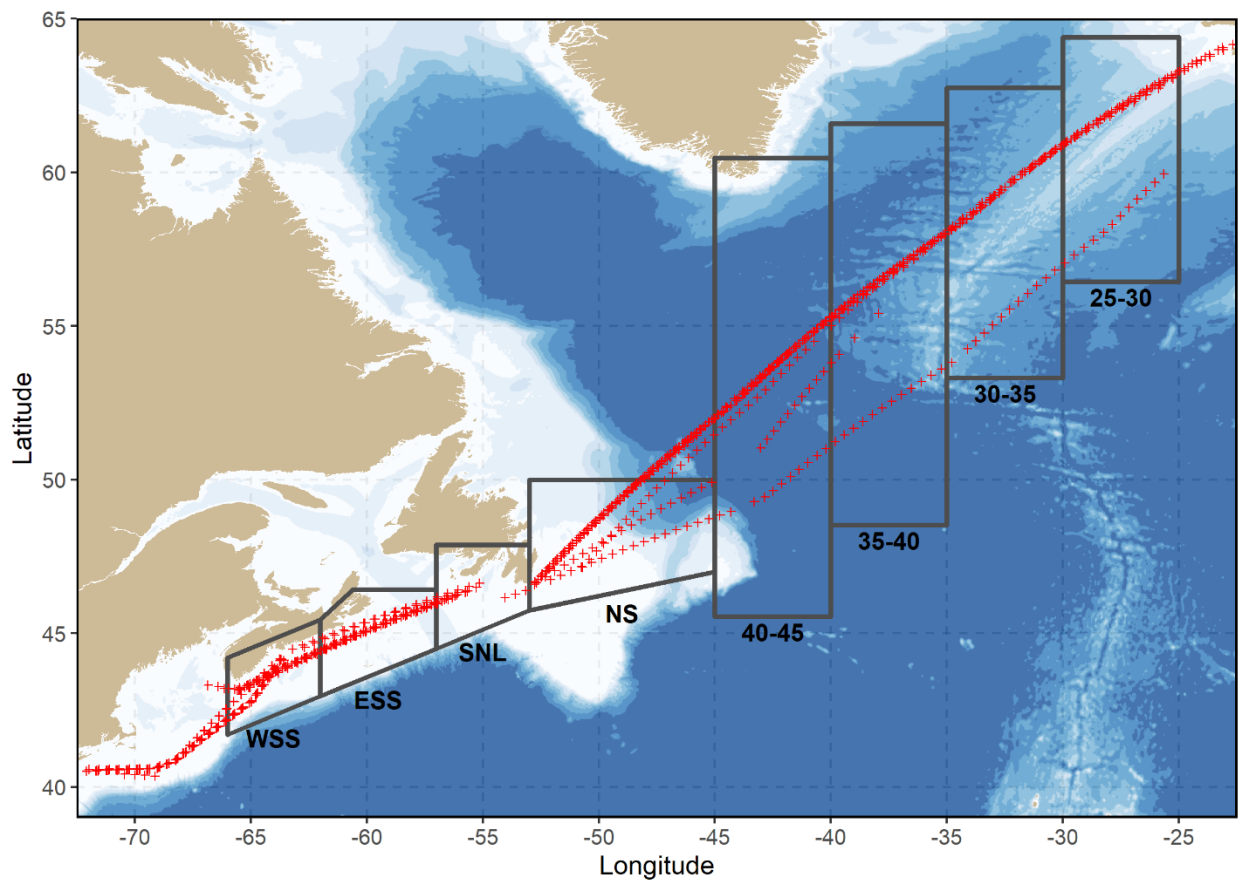


Figure 5. Lignes et stations d'échantillonnage de l'enregistreur de plancton en continu en 2020. Les données sont analysées par région. Les régions sont les suivantes: plateau néo-écossais ouest (WSS), plateau néo-écossais est (ESS), sud du plateau de Terre-Neuve (SNL), plateau de Terre-Neuve (NS) et régions situées entre les longitudes 40–45°O, 35–40°O, 30–35°O, 25–30°O.

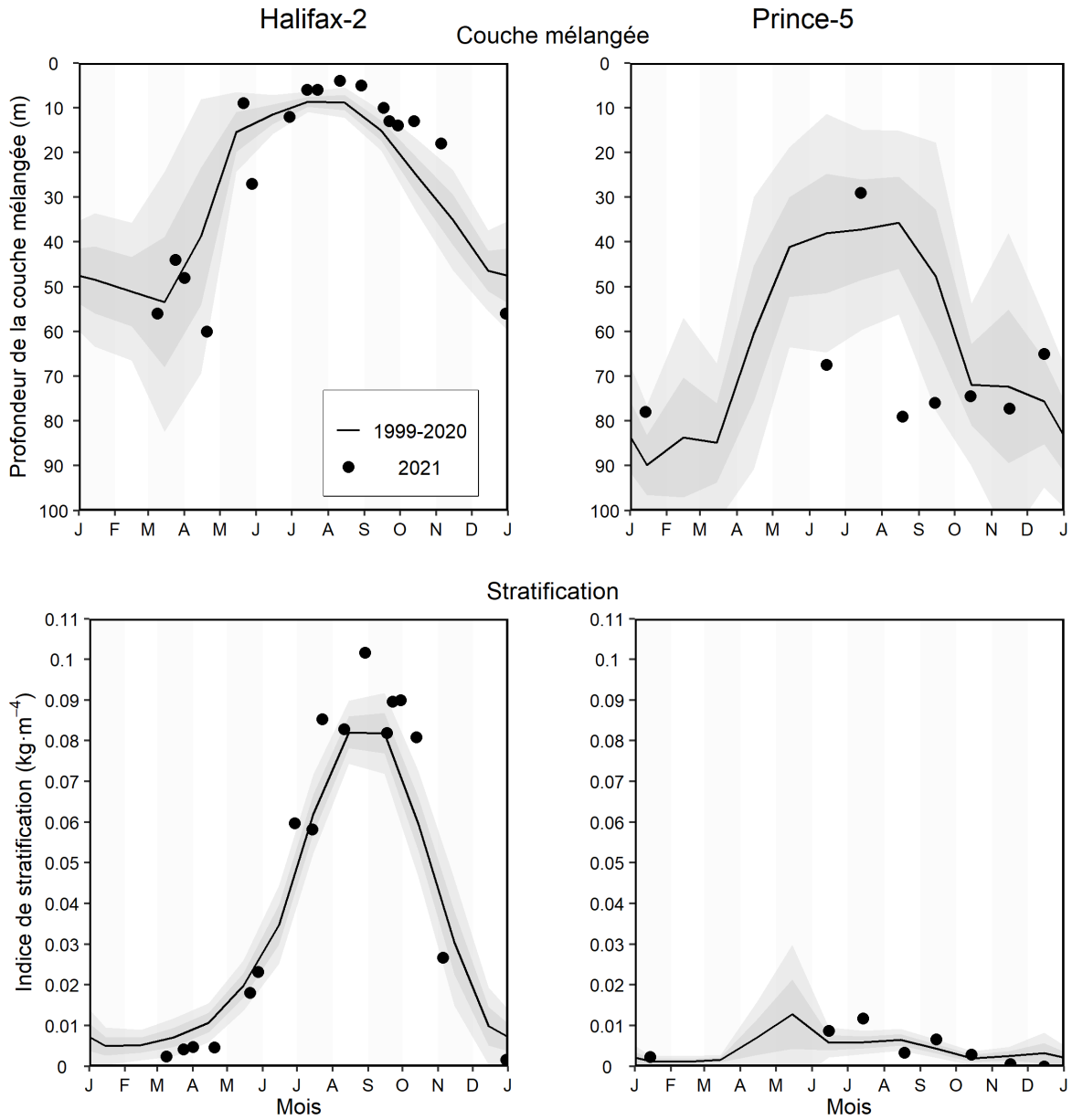


Figure 6. Propriétés du mélange (profondeur de la couche de mélange, indice de stratification) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence des Maritimes comparant les données recueillies en 2021 (cercle plein) aux conditions moyennes de la période 1999–2020 (ligne pleine). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes mensuelles. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 1<sup>er</sup> jour du mois.

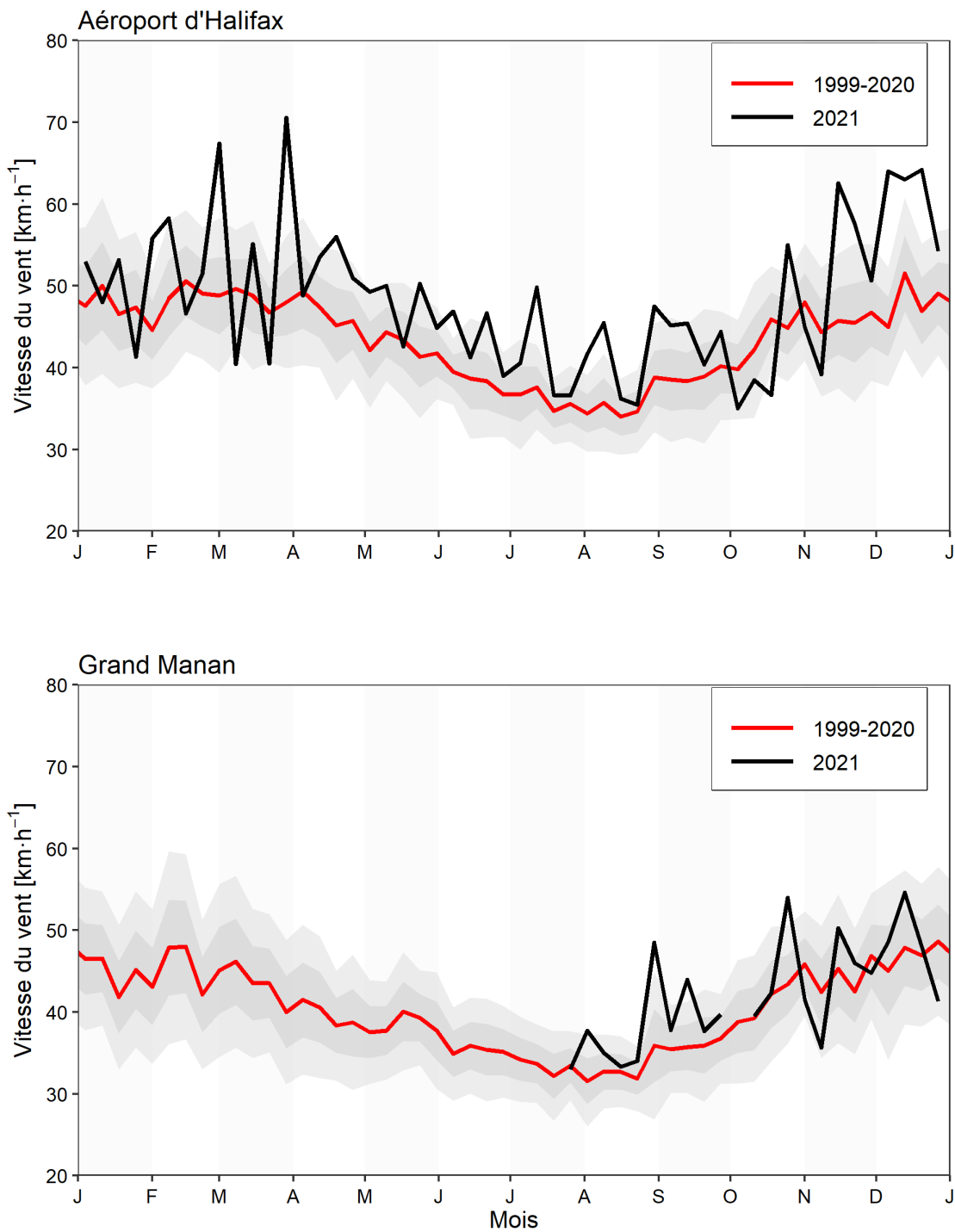


Figure 7. Moyenne hebdomadaire des rafales de vent quotidiennes maximales mesurées à l'Aéroport International Stanfield d'Halifax (représentatives des conditions de vent enregistrées à la station Halifax-2) et à l'île de Grand Manan (représentatives des conditions de vent à la station Prince-5) en 2021 (ligne noire) et au cours de la période climatologique de référence 1999–2020 (ligne rouge). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes hebdomadaires. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 1<sup>er</sup> jour du mois.

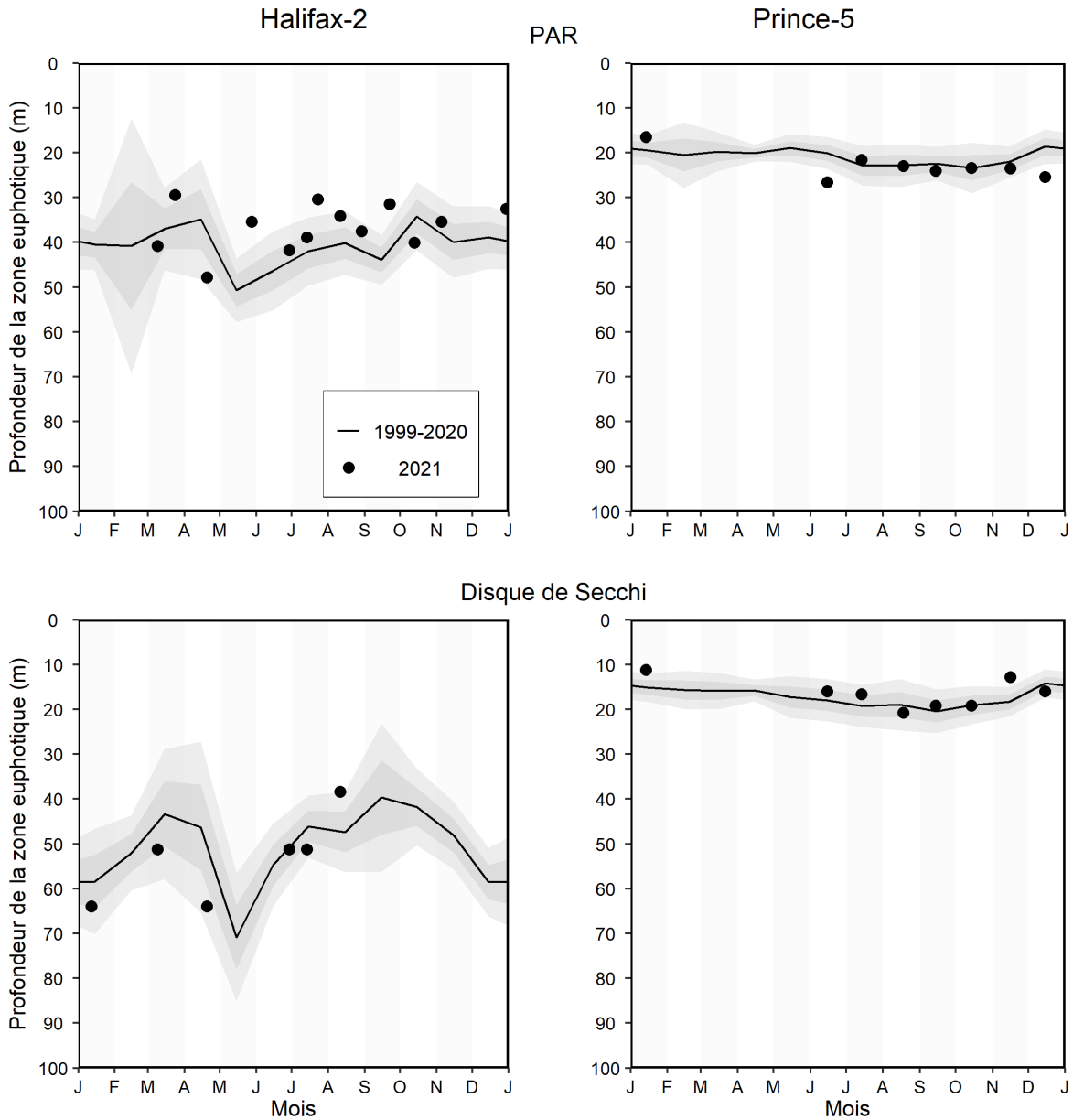


Figure 8. Propriétés optiques (profondeur de la zone euphotique basée sur la mesure du PAR et de la profondeur du disque de Secchi) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes. Les données recueillies en 2021 (cercles pleins) sont comparées aux conditions moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines), sauf dans le cas de la profondeur de la zone euphotique basée sur le PAR à la station Prince-5 de 2001 à 2020. Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes mensuelles. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 1<sup>er</sup> jour du mois.

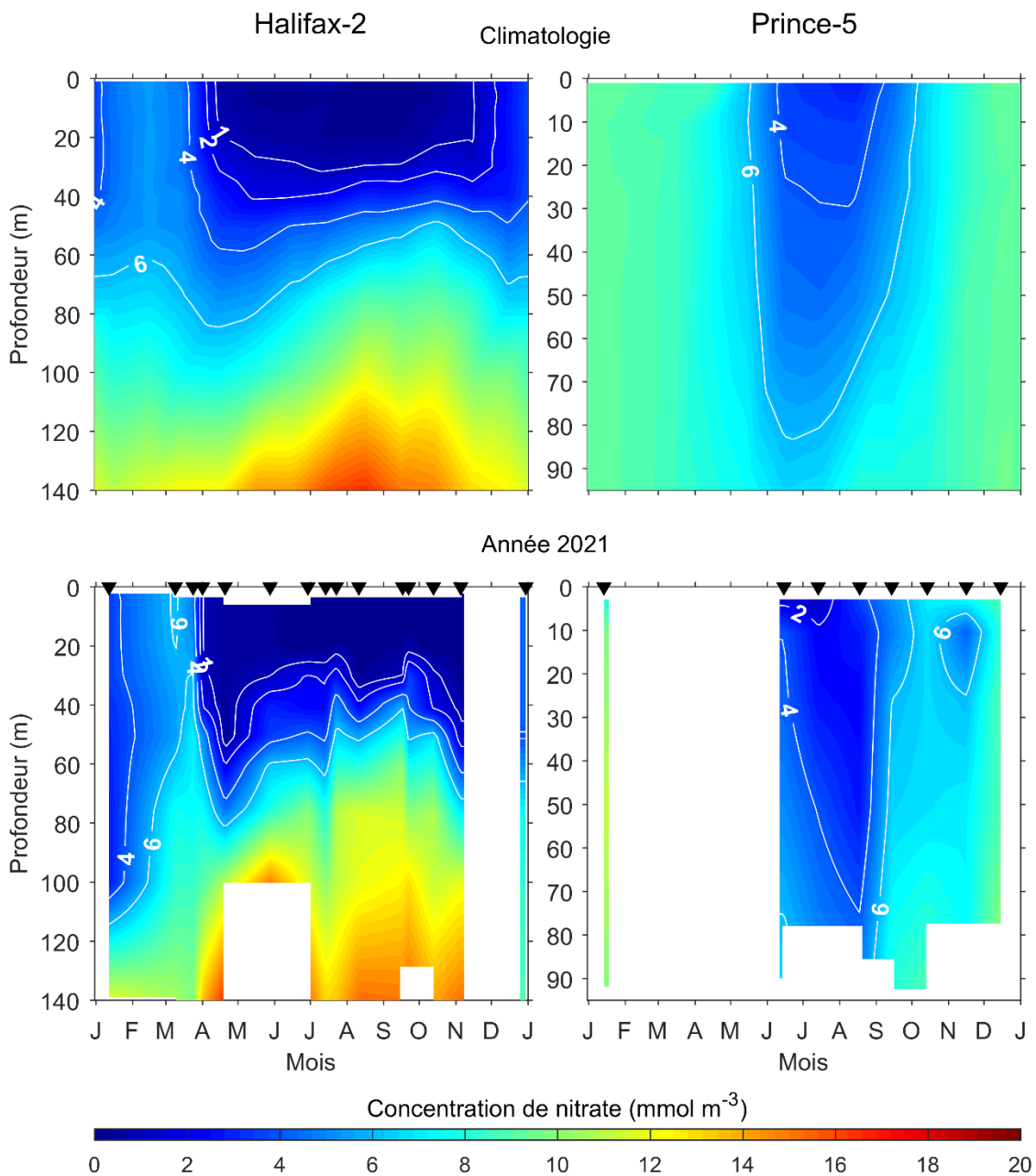


Figure 9. Comparaison du cycle annuel de la concentration de nitrate ( $\text{mmole}/\text{m}^3$ ) en 2021 (panneaux inférieurs) aux conditions climatologiques de la période 1999–2020 (panneaux supérieurs) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes. Les triangles noirs dans les panneaux inférieurs indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 1<sup>er</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.



Figure

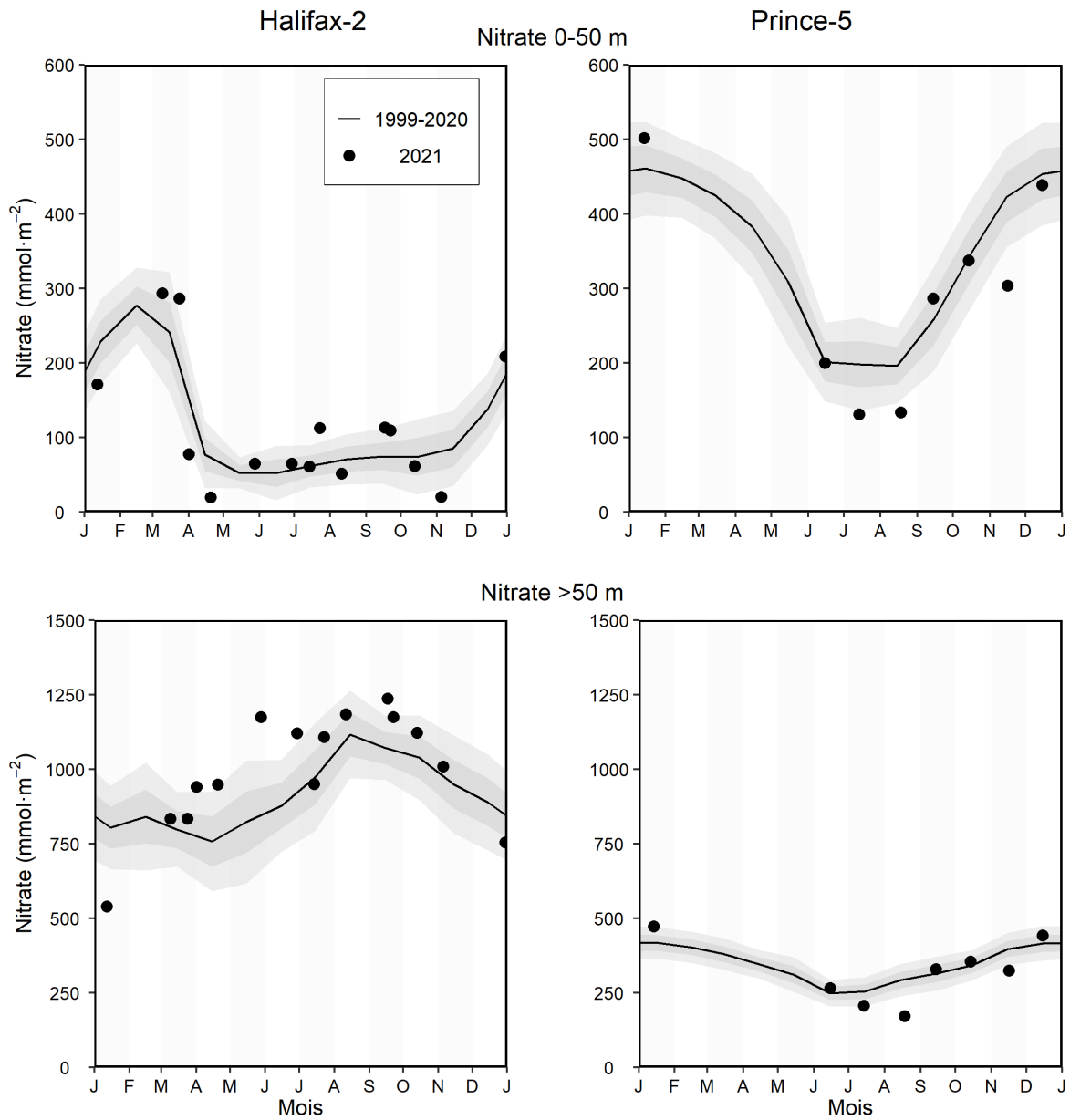


Figure 10. Comparaison de l'inventaire de nitrate en 2021 (cercles pleins) aux conditions moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes. Panneaux supérieurs: inventaire de nitrate en surface (0–50 m). Panneaux inférieurs: inventaire de nitrate en profondeur (50–150 m pour la station Halifax-2; 50–95 m pour la station Prince-5). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes mensuelles. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 1<sup>er</sup> jour du mois.

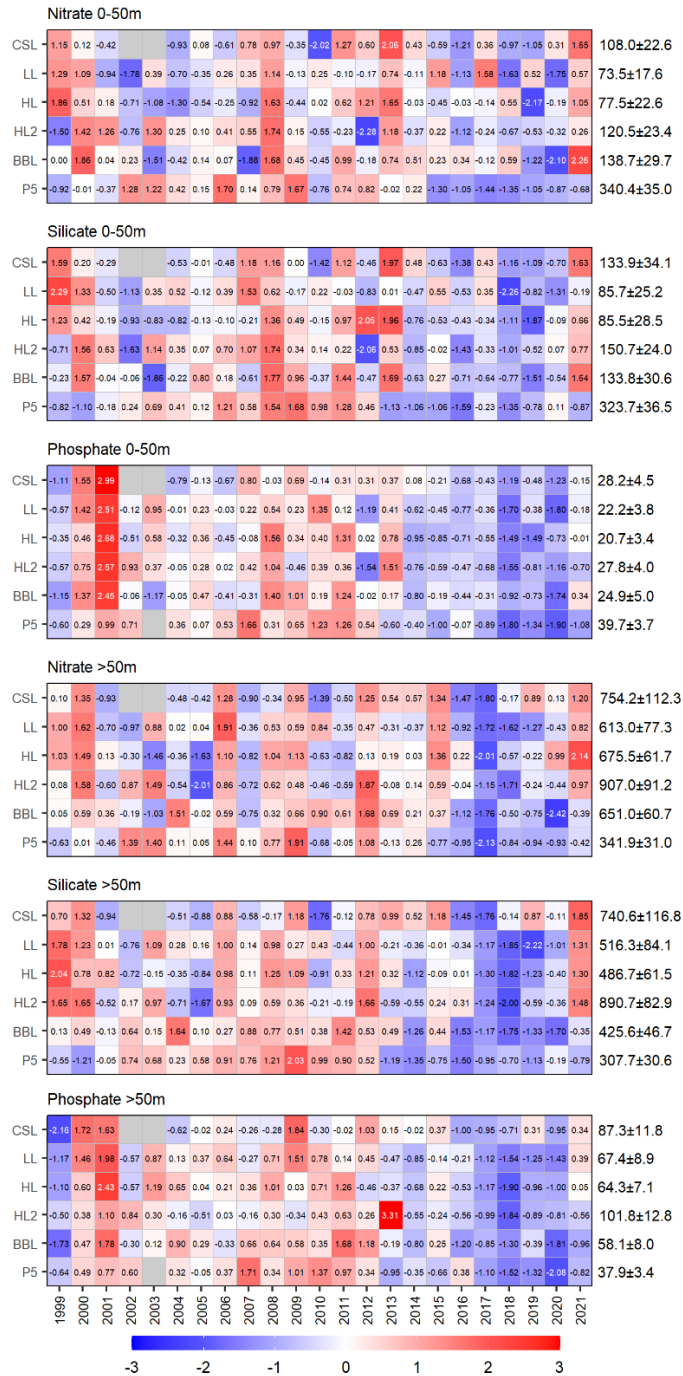


Figure 11. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles des inventaires de nitrate, de silicate et de phosphate en surface (0–50 m) et en profondeur (> 50 m). Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types en mmol/m<sup>3</sup> sont indiqués à droite). Les cellules rouges (bleues) indiquent des teneurs en éléments nutritifs supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes. CSL: section du détroit de Cabot; LL: section de Louisbourg; HL: section d'Halifax; HL2: Halifax-2, BBL: section du banc Browns, P5: Prince-5.

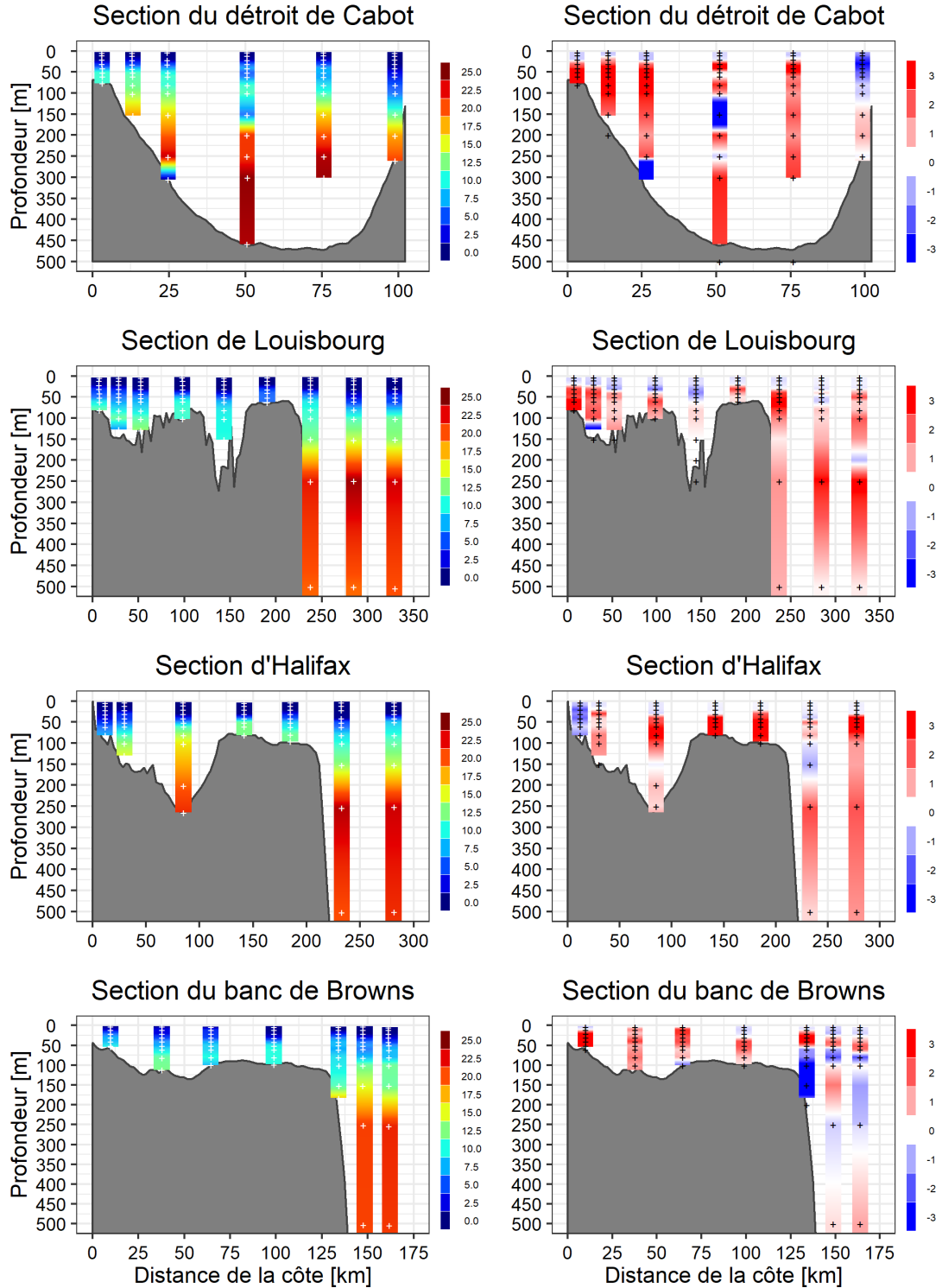


Figure 12. Profils verticaux de la concentration de nitrate ( $\text{mmole/m}^3$ ) (panneaux de gauche) et leurs anomalies ( $\text{mmole/m}^3$ ) par rapport aux conditions de référence (1999–2020) (panneaux de droite) aux stations des sections du SS à l'automne 2021. Les marques blanches sur les panneaux de gauche indiquent les profondeurs d'échantillonnage réelles en 2021. Les marques noires sur les panneaux de droite indiquent les profondeurs auxquelles les valeurs climatologiques propres à chaque station ont été calculées.

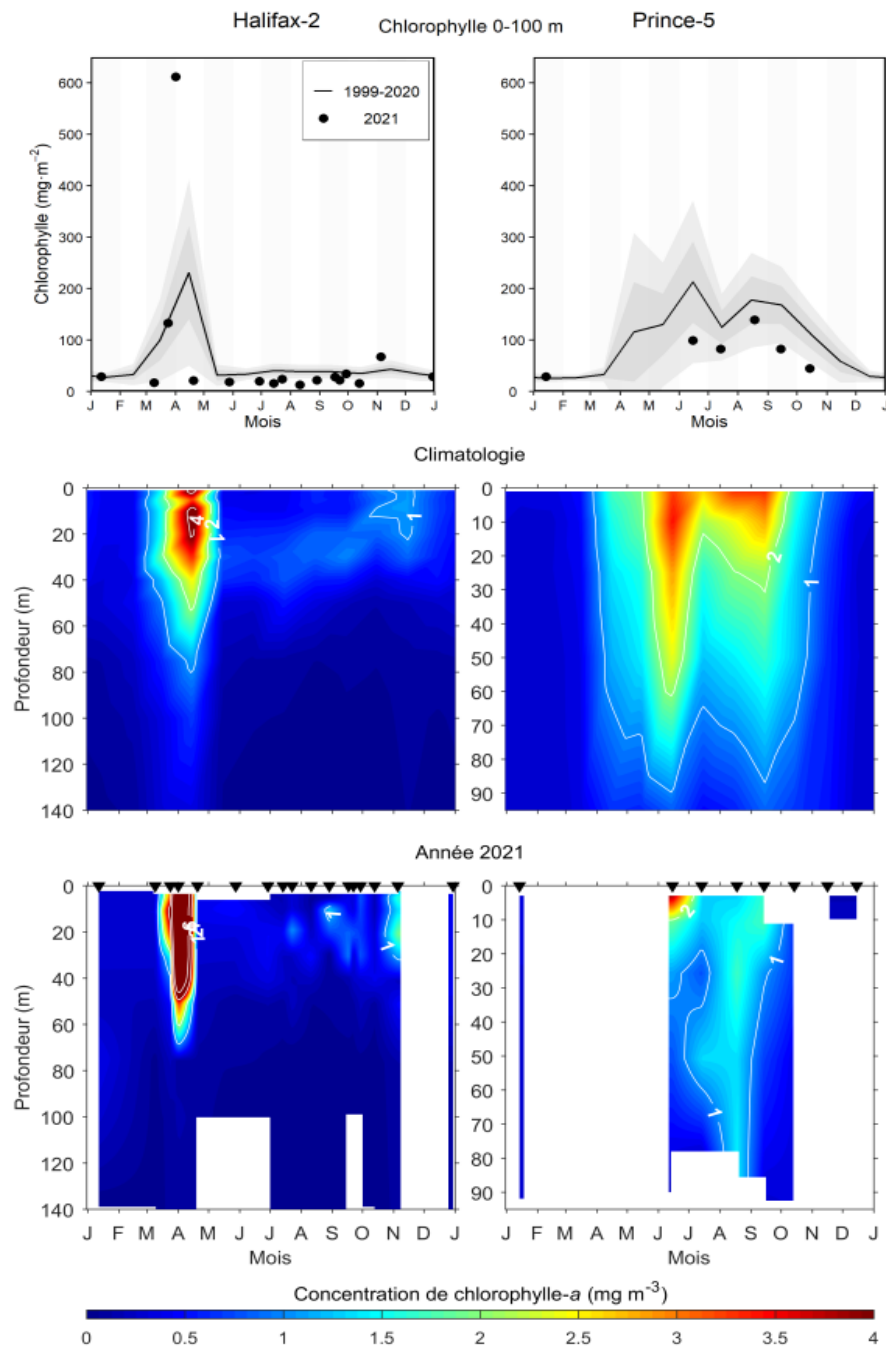


Figure 13. Cycle annuel de la concentration de chlorophylle-a aux stations des Maritimes (panneaux de gauche: Halifax-2; panneaux de droite: Prince-5). Panneaux supérieurs: inventaires de la chlorophylle-a intégrée (0–100 m à la station Halifax-2; 0–95 m à la station Prince-5) en 2021 (cercles pleins) et valeurs moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes mensuelles. Panneaux médians: cycle annuel moyen (1999–2020) de la structure verticale de la concentration de chlorophylle-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Panneaux inférieurs: cycle annuel de la structure verticale de la concentration de chlorophylle-a en 2021. Les triangles noirs dans les panneaux inférieurs indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 1<sup>er</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

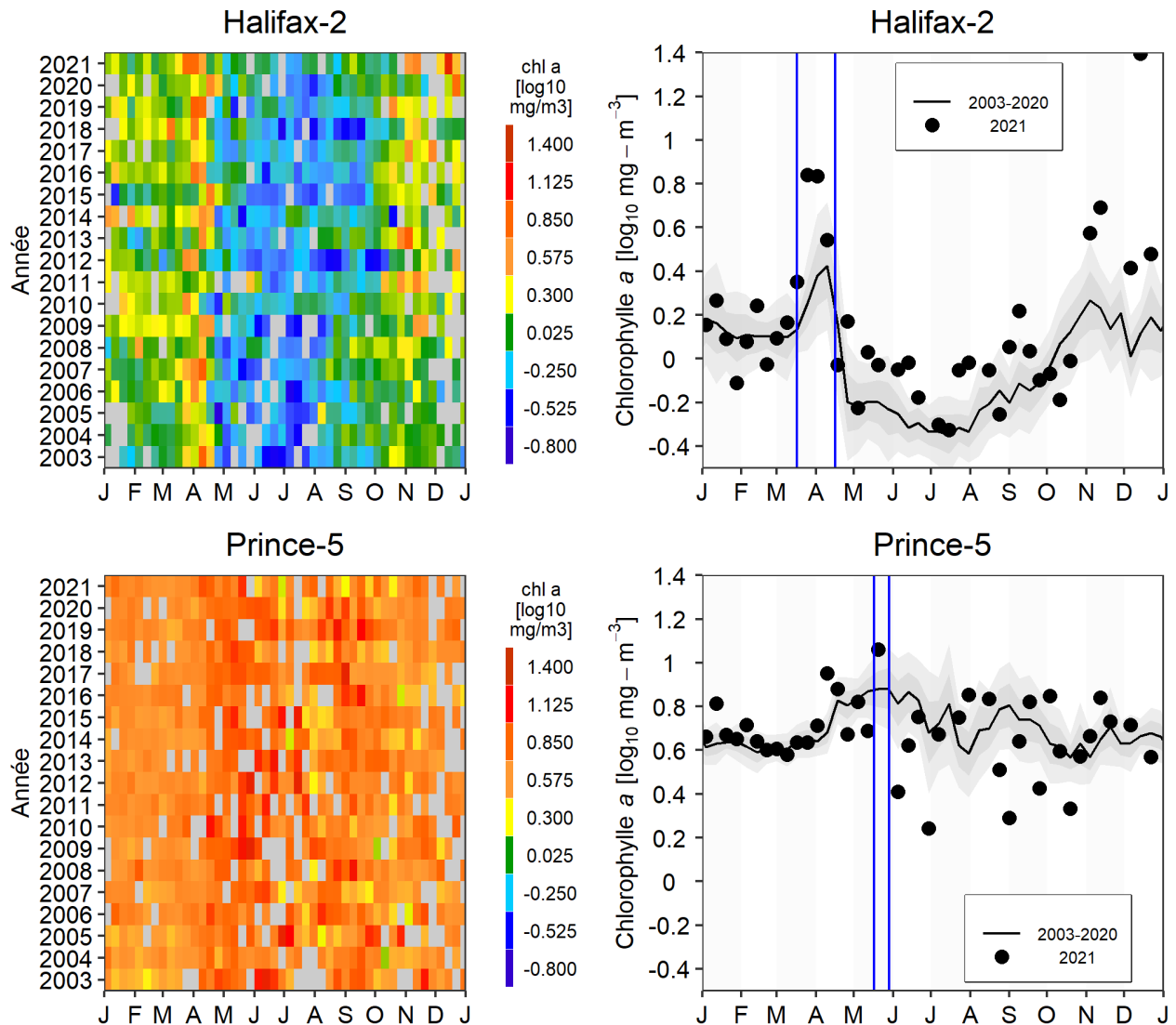


Figure 14. Concentration de chlorophylle-a de surface dérivée des données hebdomadaires de télédétection de la couleur de l'océan pour les stations Halifax-2 (panneaux supérieurs) et Prince-5 (panneaux inférieurs). Données recueillies à l'aide du capteur MODIS 2003–2020. Panneaux de gauche: séries chronologiques de la variation annuelle des concentrations de chlorophylle-a. Les pixels gris indiquent des données manquantes. Panneaux de droite: comparaison de la concentration de chlorophylle-a de surface de 2021 (cercle plein) aux conditions moyennes de 2003–2020 (ligne continue). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes hebdomadaires. Les lignes verticales bleues délimitent la période de la floraison printanière telle que calculée par l'application PhytoFit. Les graduations sur les axes horizontaux indiquent le 1<sup>er</sup> jour du mois.

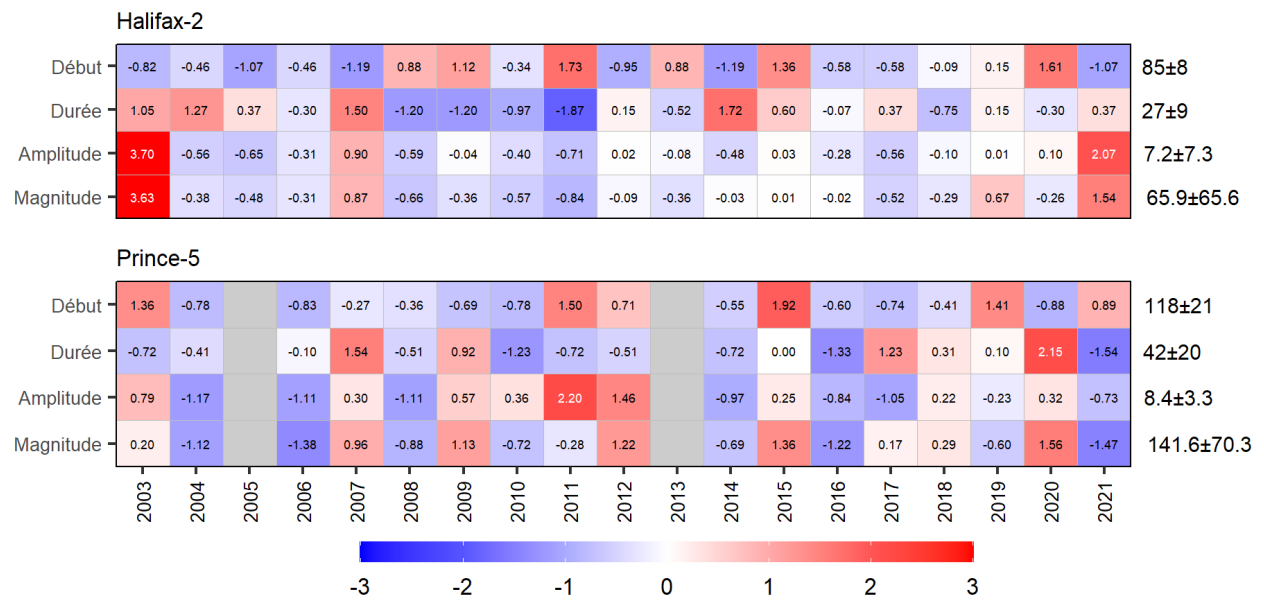


Figure 15. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles des paramètres de la floraison printanière pour les stations Halifax-2 (panneau supérieur) et Prince-5 (panneau inférieur). Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (2003–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et écarts-types sont indiqués à droite en unités de Jour-de-l'année pour le début, Nombre de jours pour la durée,  $mg_{chl} \cdot m^{-3}$  pour l'amplitude, et  $mg_{chl} \cdot m^{-3} \cdot d$  pour la magnitude). Les cellules rouges (bleues) indiquent une initiation plus tardive (précoce), une durée plus longue (courte) ou une amplitude ou une amplitude supérieure (inférieure) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes

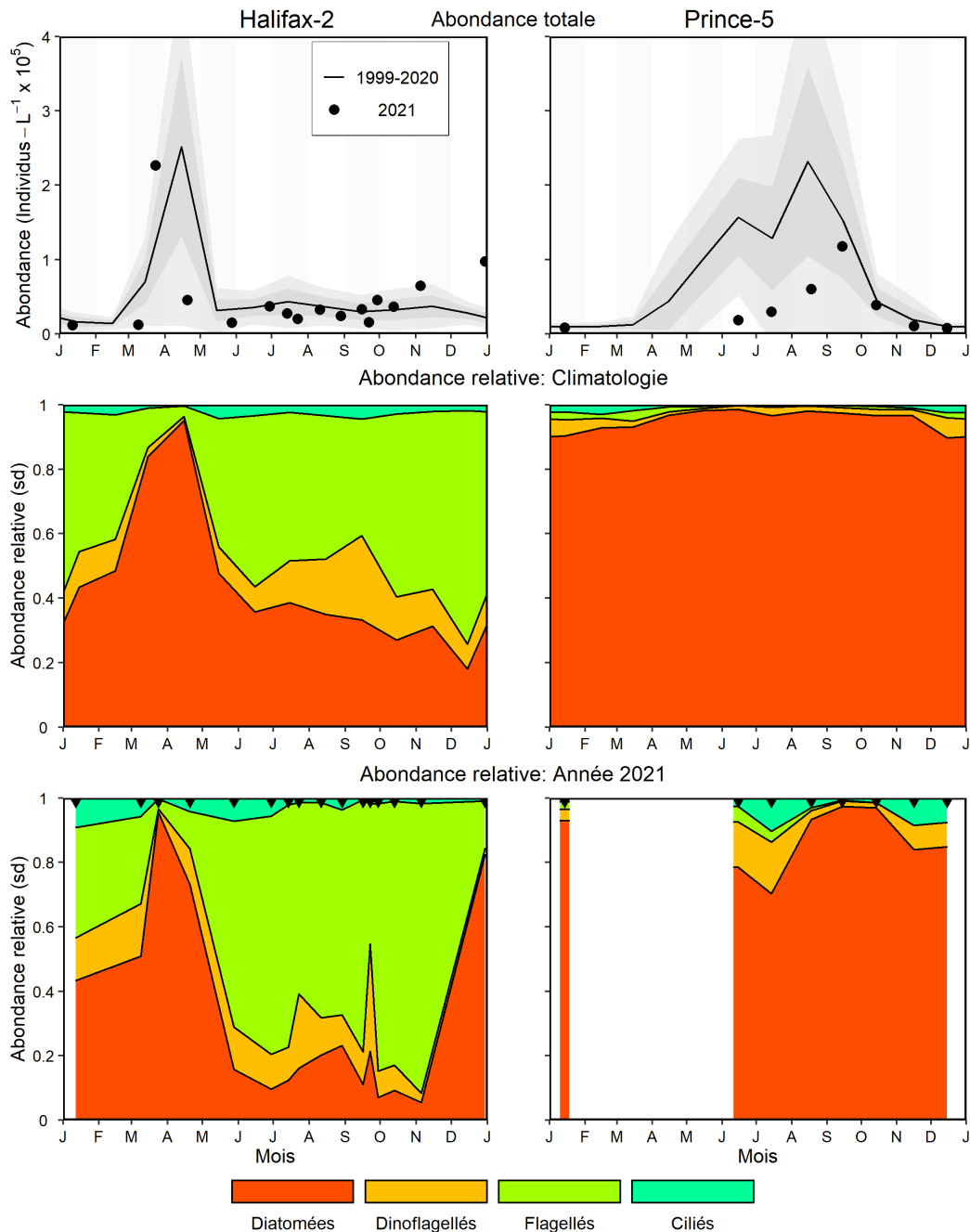


Figure 16. Abondance et composition de la communauté de phytoplancton en 2021 et conditions moyennes de la période 1999–2020 aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes (Halifax-2: panneaux de gauche; Prince-5: panneaux de droite). Panneaux supérieurs: abondance du phytoplancton en 2021 (cercles pleins) et conditions moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes mensuelles. Panneaux médians: climatologie de l'abondance relative des groupes de phytoplancton sur la période 1999–2020. Panneaux inférieurs: abondance relative des groupes de phytoplancton en 2021; sd = sans dimensions. Les triangles noirs dans les panneaux inférieurs indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 1<sup>er</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

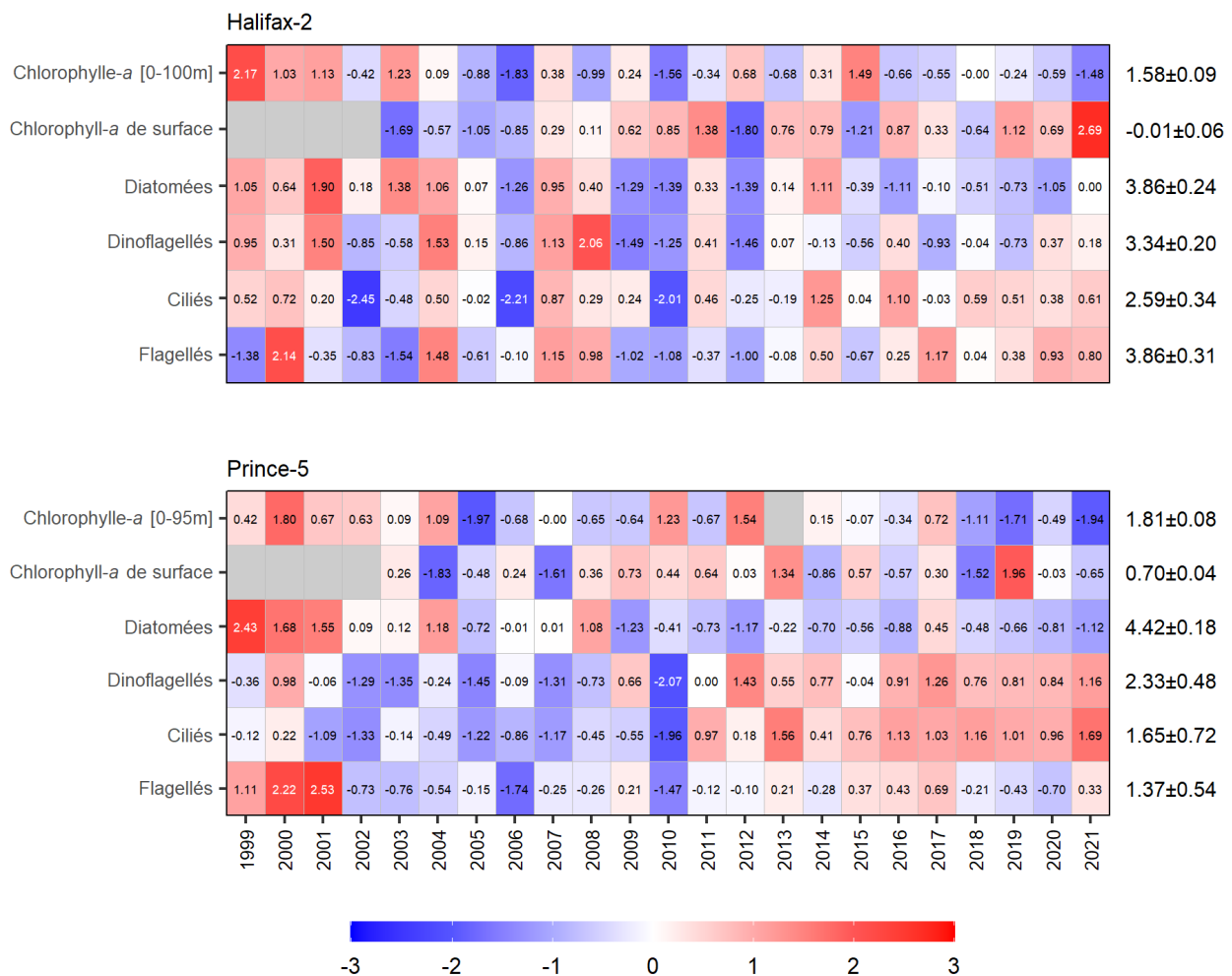


Figure 17. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles de l'inventaire de chlorophylle-a échantillonnée *in situ*, de la concentration de chlorophylle-a de surface mesurée par télédétection, et de l'abondance du phytoplancton aux stations d'échantillonnage à haute fréquence des Maritimes. La valeur dans chaque cellule est l'anomalie relative à la moyenne sur la période de référence, 1999–2020, en unités d'écart-type (les moyennes et écart-types sont indiqués à droite en unités de  $\log_{10}(\text{mg}\cdot\text{m}^{-2})$  pour l'inventaire de chlorophylle-a,  $\log_{10}(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$  pour la concentration de chlorophylle-a, et  $\log_{10}(\text{individus}\cdot\text{L}^{-1}+1)$  pour l'abondance du phytoplancton. Les cellules rouges (bleues) indiquent des valeurs supérieures (inférieures) à la normale de l'inventaire ou de la concentration de chlorophylle-a et de l'abondance du phytoplancton. Les cellules vides indiquent des données manquantes.



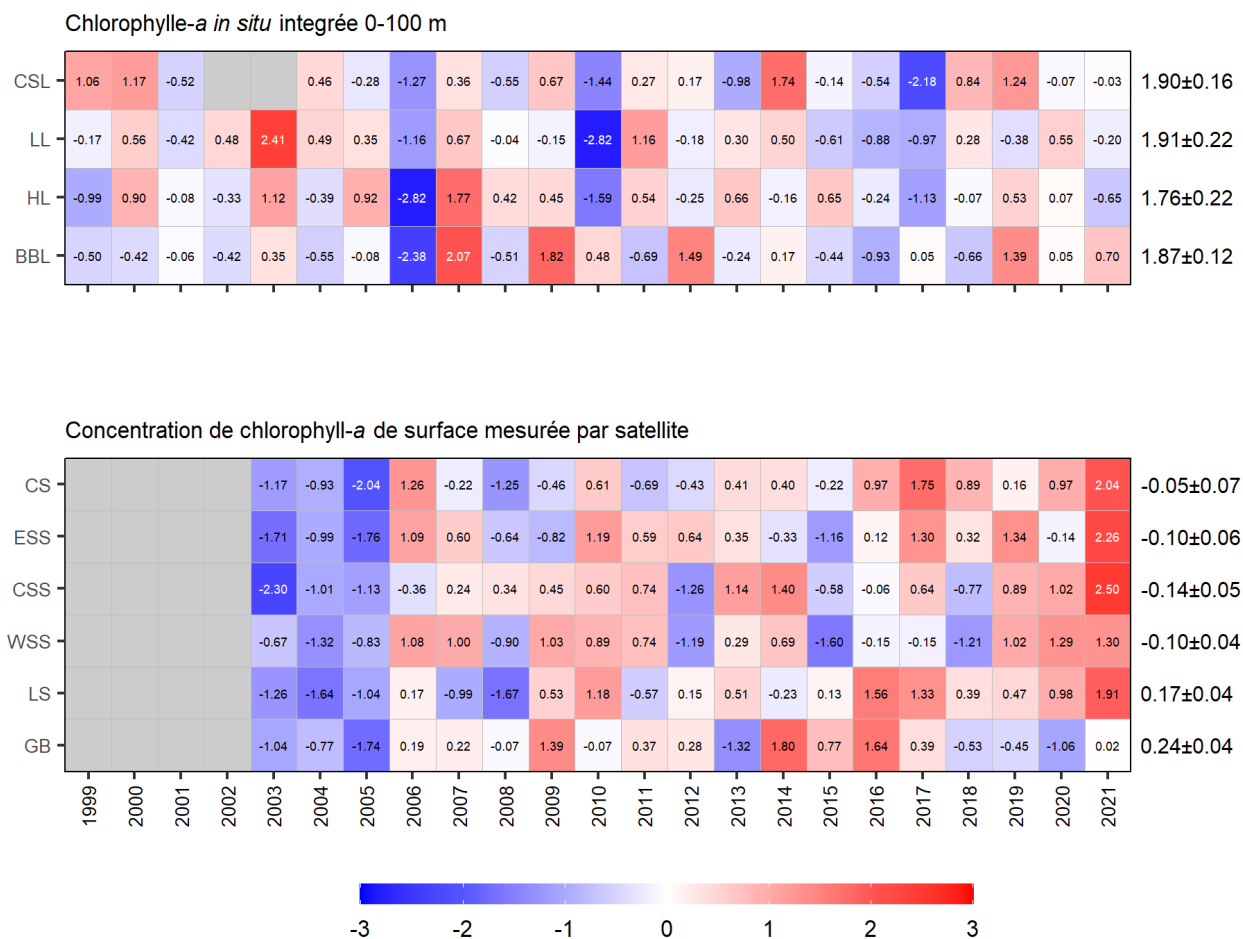


Figure 18. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles de l'inventaire de chlorophylle-a échantillonnée *in situ* sur les sections du Déroit de Cabot [CSL], de Louisbourg [LL], d'Halifax [HL] et du banc Browns [BBL] (panneau supérieur), et de la concentration de chlorophylle-a de surface mesurée par télédétection dans les sous-régions du Déroit de Cabot [CS], du plateau néo-écossais est [ESS], du plateau néo-écossais central [CSS], du plateau néo-écossais ouest [WSS], du haut-fond Lurher [LS], et du banc Georges [GB] (panneau inférieur). Données du satellite MODIS 2003–2020. La valeur dans chaque cellule est l'anomalie relative à la moyenne sur la période de référence, 1999–2020 pour l'inventaire de chlorophylle-a *in situ* et 2003–2020 pour la chlorophylle-a de surface mesurée par télédétection, en unités d'écart-type (les moyennes et écart-types sont indiqués à droite en unités de  $\log_{10}(\text{mg}\cdot\text{m}^{-2})$  pour l'inventaire de chlorophylle-a et  $\log_{10}(\text{mg}\cdot\text{m}^{-3})$  pour la concentration de chlorophylle-a. Les cellules rouges (bleues) indiquent des niveaux supérieurs (inférieurs) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.

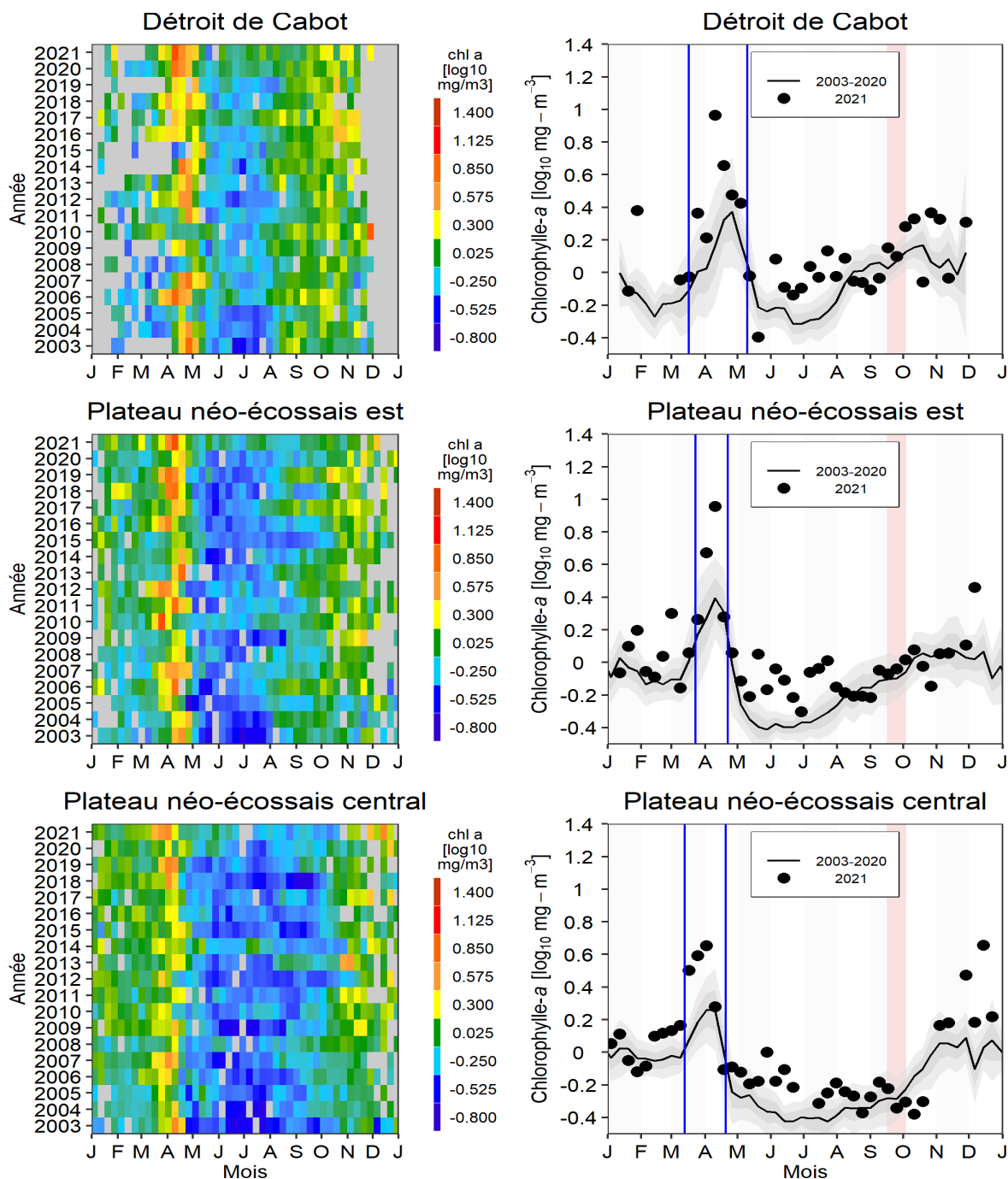


Figure 19a. Concentrations de chlorophylle-a de surface dérivées des données hebdomadaires de télédétection de la couleur de l'océan pour les sous-régions du déroit de Cabot (haut), du plateau néo-écossais est (milieu) et du plateau néo-écossais central (bas). Données recueillies à l'aide du capteur MODIS 2003–2020. Panneaux de gauche: séries chronologiques de la variation annuelle des concentrations de chlorophylle-a. Les pixels gris indiquent des données manquantes. Panneaux de droite: comparaison de la concentration de chlorophylle-a de surface en 2021 (cercle plein) aux conditions moyennes de 2003–2020 (ligne continue). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes hebdomadaires. La bande verticale rose délimite la période de la mission d'automne. Les lignes verticales bleues délimitent la période de la floraison printanière telle que calculée par l'application PhytoFit. Les graduations sur les axes horizontaux indiquent le 1<sup>er</sup> jour du mois.

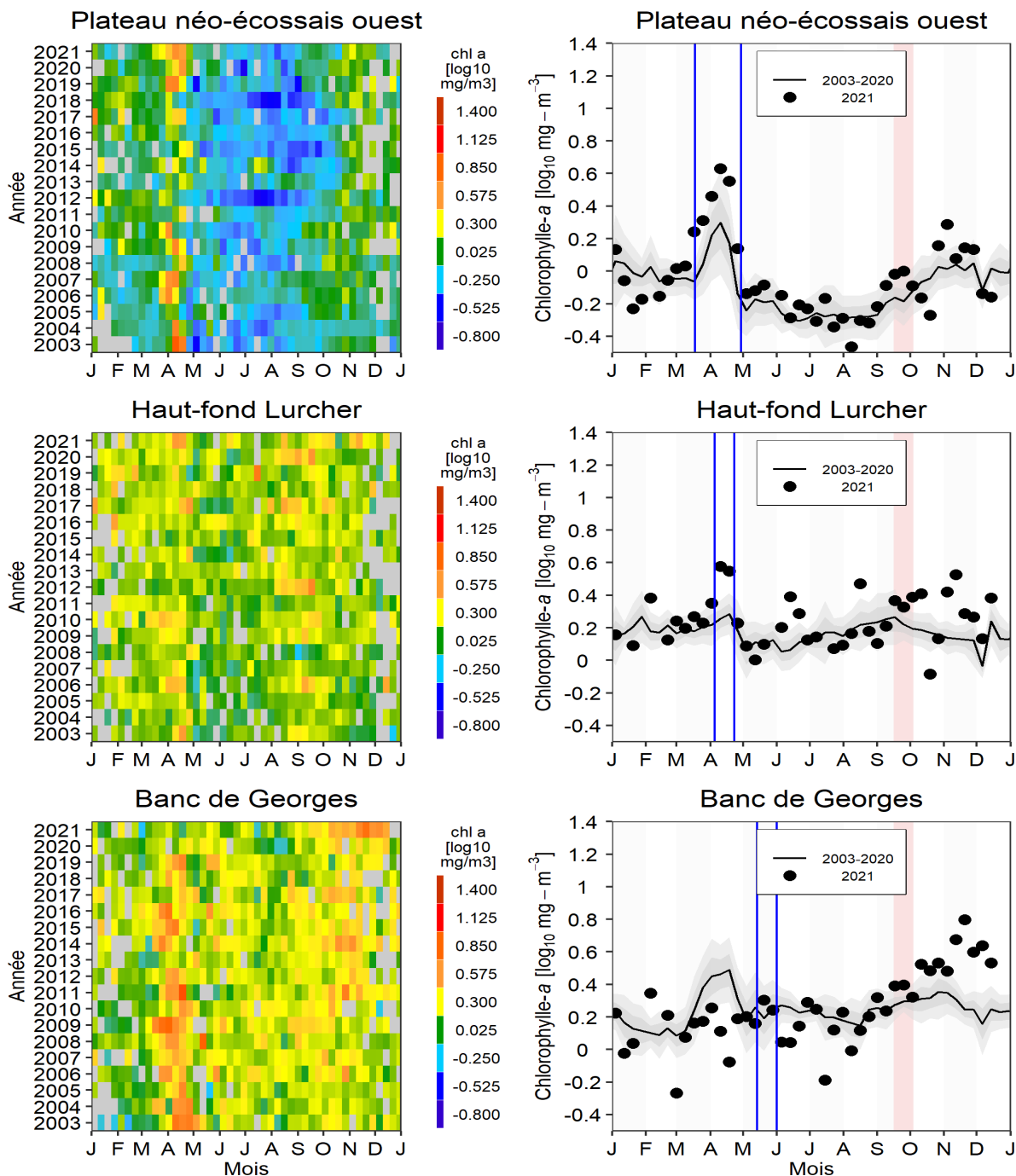


Figure 19b. Concentrations de chlorophylle-a de surface dérivées des données hebdomadaires de télédétection de la couleur de l'océan pour les sous-régions du plateau néo-écossais ouest (haut), du haut-fond Lurcher (milieu) et du banc Georges (bas). Données recueillies à l'aide du capteur MODIS 2003–2020. Panneaux de gauche: séries chronologiques de la variation annuelle des concentrations de chlorophylle-a. Les pixels gris indiquent des données manquantes. Panneaux de droite: comparaison de la concentration de chlorophylle-a de surface en 2021 (cercle plein) aux conditions moyennes de 2003–2020 (ligne continue). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes hebdomadaires. La bande verticale rose délimite la période de la mission d'automne. Les lignes verticales bleues délimitent la période de la floraison printanière telle que calculée par l'application PhytoFit. Les graduations sur les axes horizontaux indiquent le 1<sup>er</sup> jour du mois.

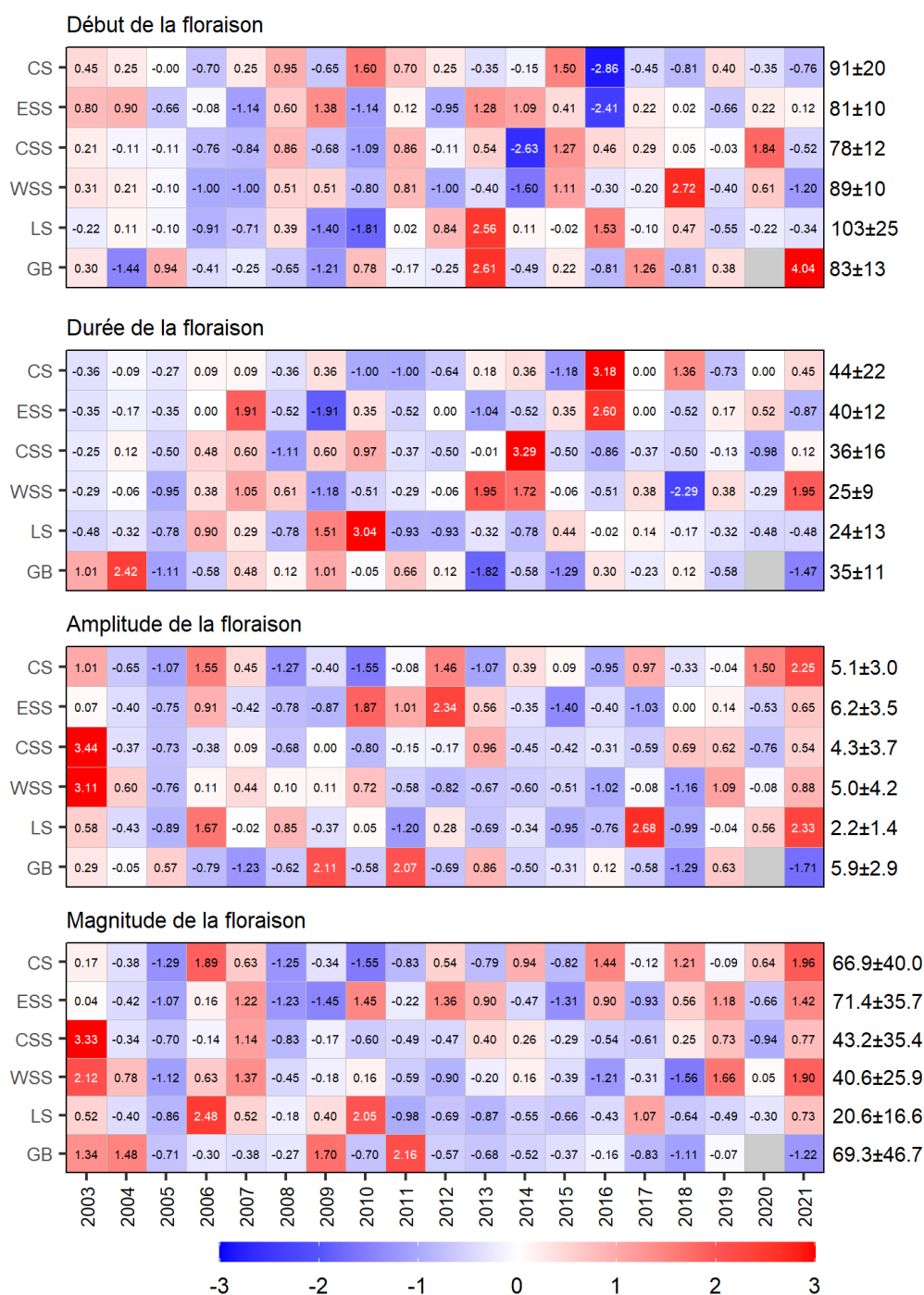


Figure 20. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles des paramètres de la floraison printanière du phytoplancton. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (2003–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et écarts-types sont indiqués à droite en unités de Jour-de-l'année pour le début, Nombre de jours pour la durée,  $mg_{chl}\cdot m^{-3}$  pour l'amplitude, et  $mg_{chl}\cdot m^{-3}\cdot d$  pour la magnitude). Les cellules rouges (bleues) indiquent un début tardif (précoce), une durée plus longue (plus courte) ou une amplitude ou une magnitude supérieure (inférieure) à la normale.

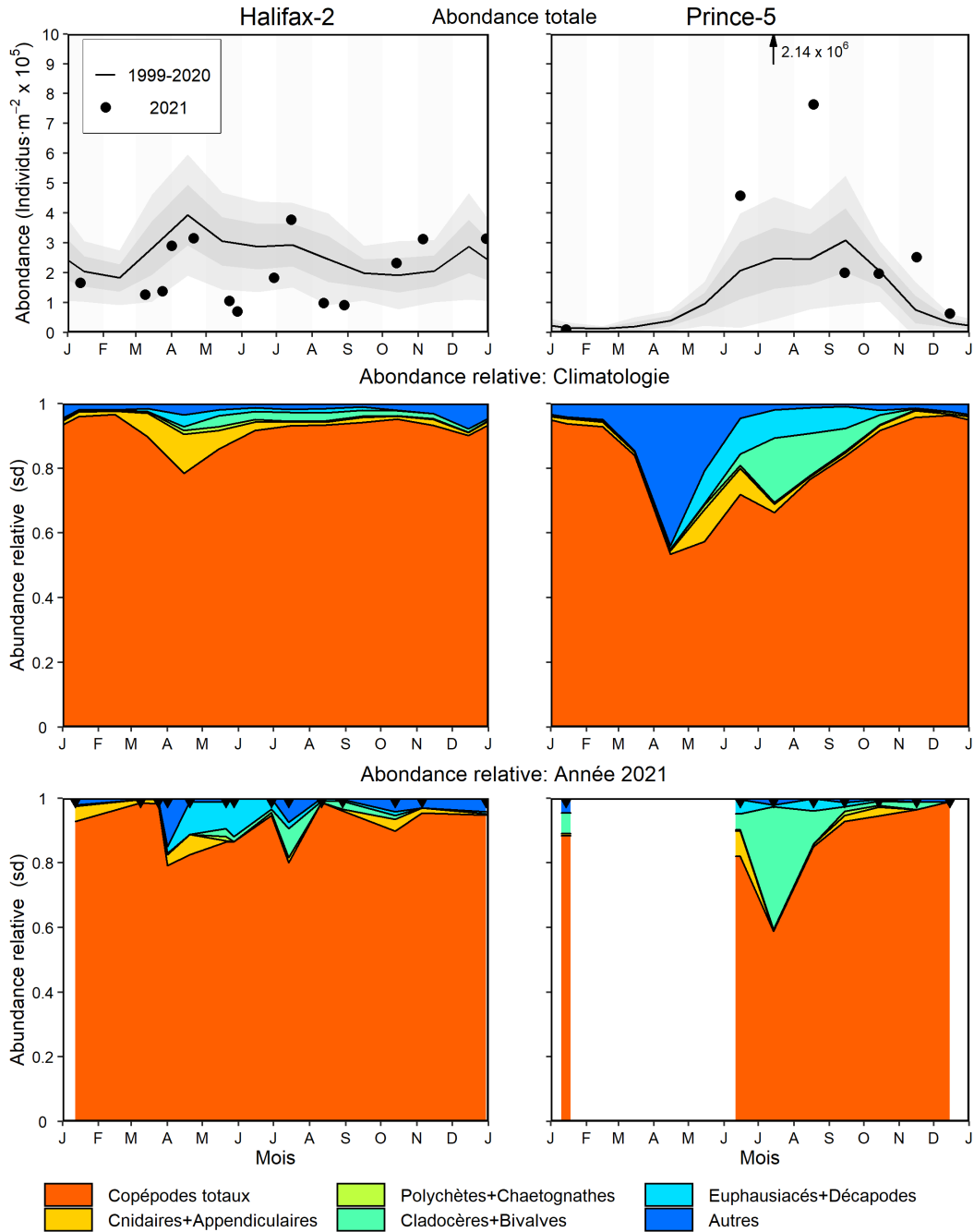


Figure 21. Abondance et composition de la communauté de zooplancton (> 200 µm) en 2021 et conditions moyennes de la période 1999–2020 aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes (panneaux de gauche: Halifax-2; panneaux de droite: Prince-5). Panneaux supérieurs: abondance du zooplancton en 2021 (cercles pleins) et conditions moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes mensuelles. Panneaux médians: climatologie de l'abondance relative de chacun des grands groupes sur la période 1999–2020. Panneaux inférieurs: abondance relative des grands groupes en 2021; sd = sans dimensions. Les triangles noirs dans les panneaux inférieurs indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 1<sup>er</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

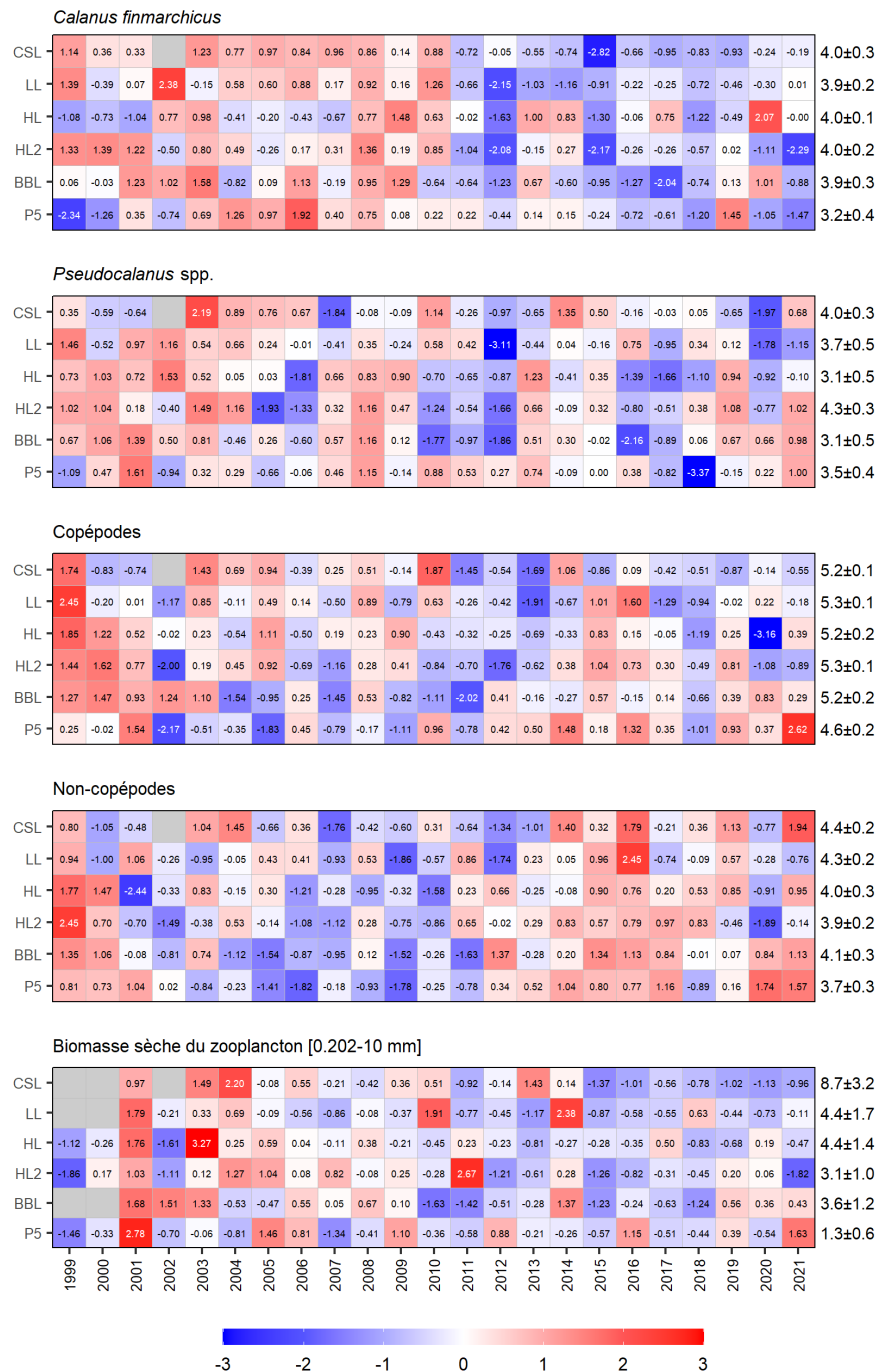


Figure 22. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles de l'abondance et de la biomasse du zooplancton. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et écarts-types sont indiqués à droite en unités de  $\log_{10}(\text{individus} \cdot \text{m}^{-2} + 1)$  pour l'abondance et  $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$  pour la biomasse). Les cellules rouges (bleues) indiquent des valeurs de la variable supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes CSL: section du détroit de Cabot; LL: section de Louisbourg; HL: section d'Halifax; HL2: Halifax-2, BBL: section du banc Browns, P5: Prince-5.

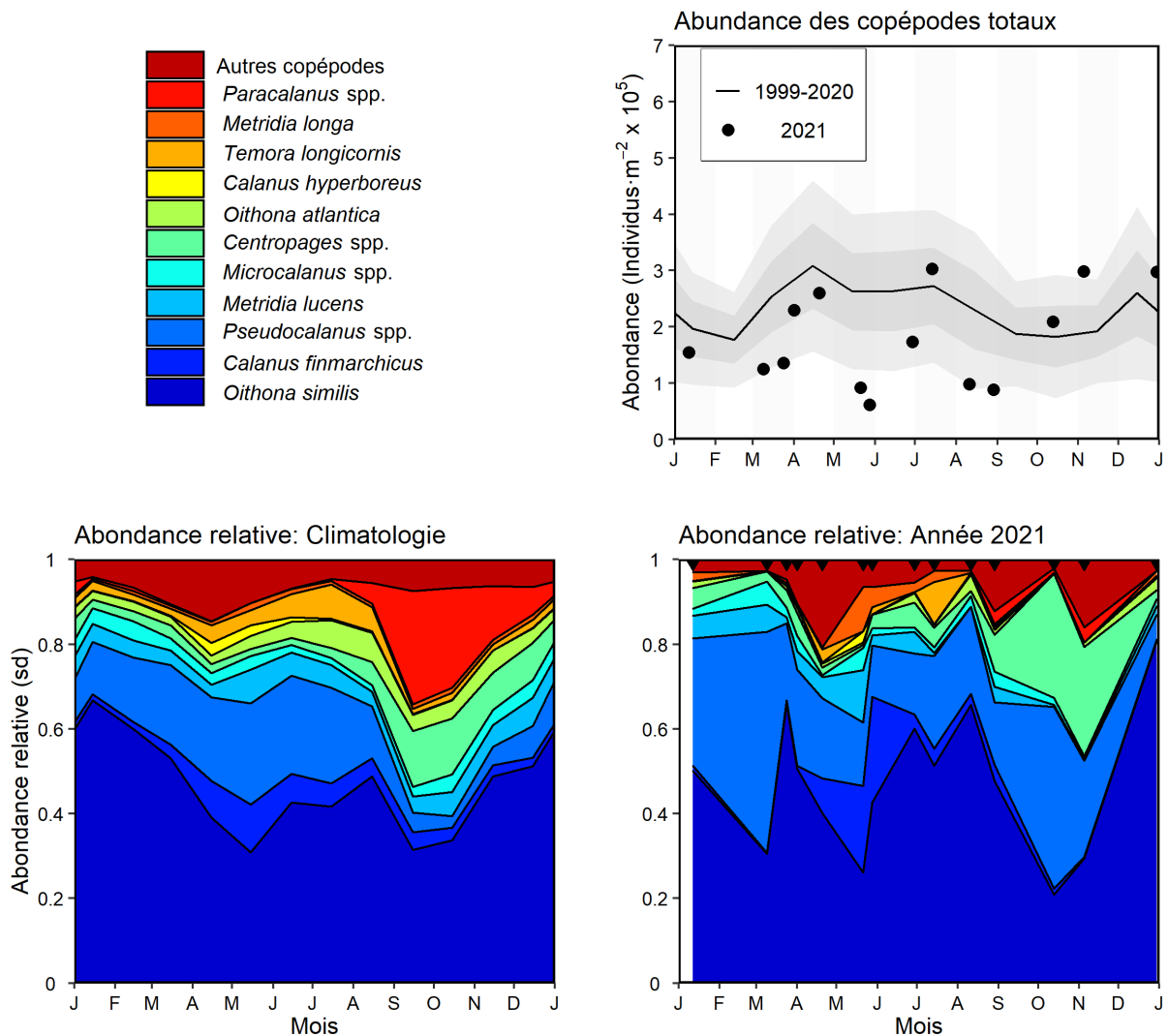


Figure 23a. Variabilité des copépodes dominants à la station Halifax-2. Les taxons les plus abondants représentant 95 % de l'abondance totale des copépodes sont présentés individuellement, les copépodes non-identifiés (surtout nauplius) sont regroupées sous "autres". Panneau supérieur droit: Abondance des copépodes en 2021 (cercle plein) comparée aux conditions moyennes de 1999–2020 (trait plein). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes mensuelles. Panneau inférieur gauche: Climatologie de l'abondance relative des copépodes 1999–2020. Panneau inférieur droit: Abondance relative des copépodes en 2021. sd = sans dimension. Les triangles noirs dans le panneau inférieur droit indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux indiquent le 1<sup>er</sup> jour du mois.

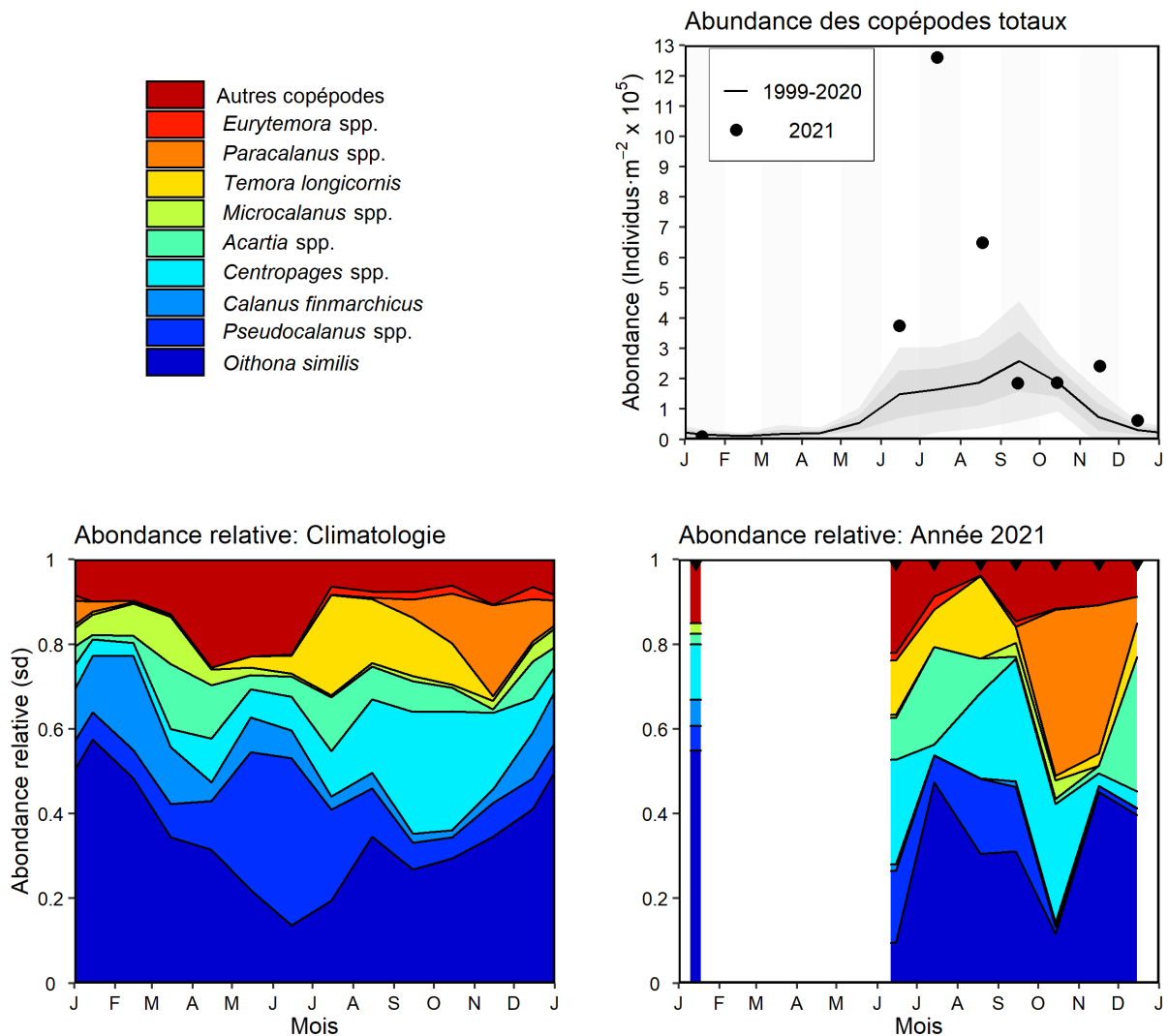


Figure 23b. Variabilité des copépodes dominants à la station Prince-5. Les taxons les plus abondants représentant 95 % de l'abondance totale des copépodes sont présentés individuellement, les copépodes non-identifiés (surtout nauplius) sont regroupées sous "autres". Panneau supérieur droit: Abondance des copépodes en 2020 (cercle plein) comparée aux conditions moyennes de 1999–2020 (trait plein). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes mensuelles. Panneau inférieur gauche: Climatologie de l'abondance relative des copépodes 1999–2020. Panneau inférieur droit: Abondance relative des copépodes en 2020. sd = sans dimension. Les triangles noirs dans le panneau inférieur droit indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux indiquent le 1<sup>er</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.



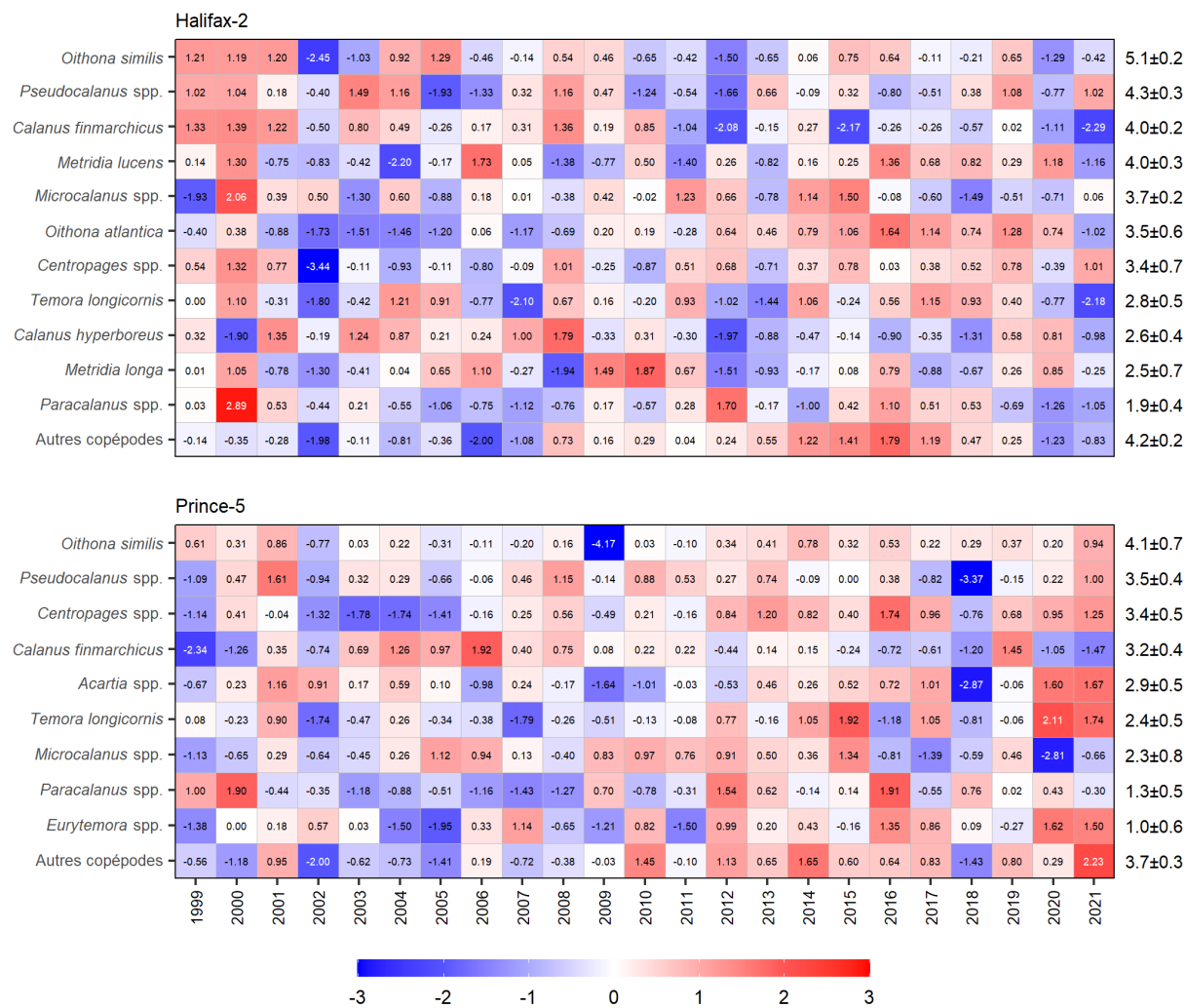


Figure 24. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles de l'abondance des copépodes aux stations d'échantillonnage à haute fréquence des Maritimes (panneau supérieur: Halifax-2; panneau inférieur: Prince-5). Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à l'abondance moyenne pour la période de référence 1999–2020, exprimées en unités d'écart-type (les moyenne et écart-types sont indiqués à droite en unités de  $\log_{10}(\text{individus} \cdot \text{m}^{-2} + 1)$ ). Les cellules rouges (bleues) indiquent des niveaux d'abondance supérieurs (inférieurs) à la normale.

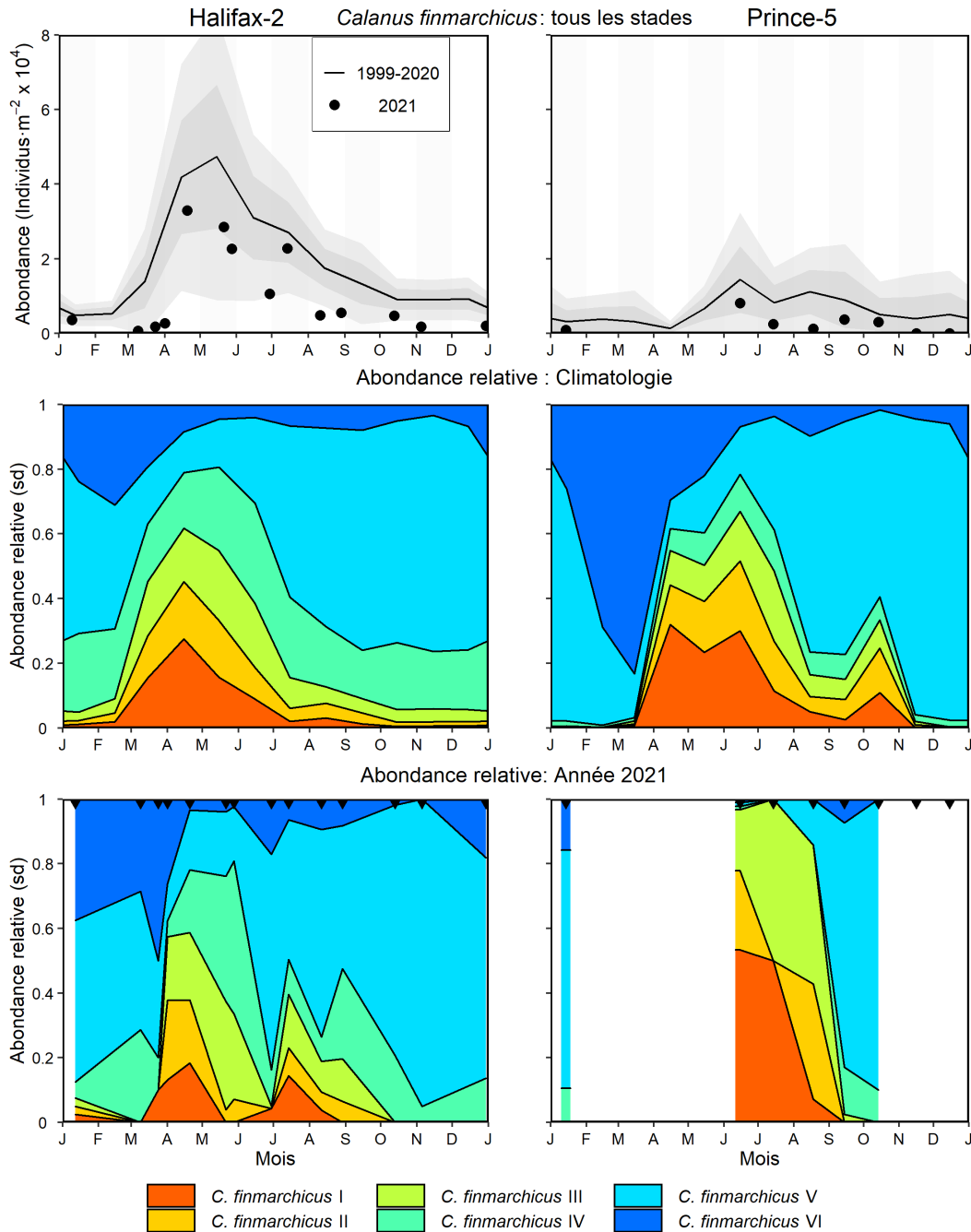


Figure 25. Abondance et répartition des stades de développement du *Calanus finmarchicus* en 2021 et conditions moyennes sur la période 1999–2020 aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes (panneaux de gauche: Halifax-2; panneaux de droite: Prince-5). Panneaux supérieurs: abondance du *C. finmarchicus* en 2021 (cercles pleins) et conditions moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes mensuelles. Panneaux médians: climatologie de l'abondance relative des stades du *C. finmarchicus* sur la période 1999–2020. Panneaux inférieurs: abondance relative des stades du *C. finmarchicus* en 2021; sd = sans dimensions. Les triangles noirs dans les panneaux inférieurs indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 1<sup>er</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

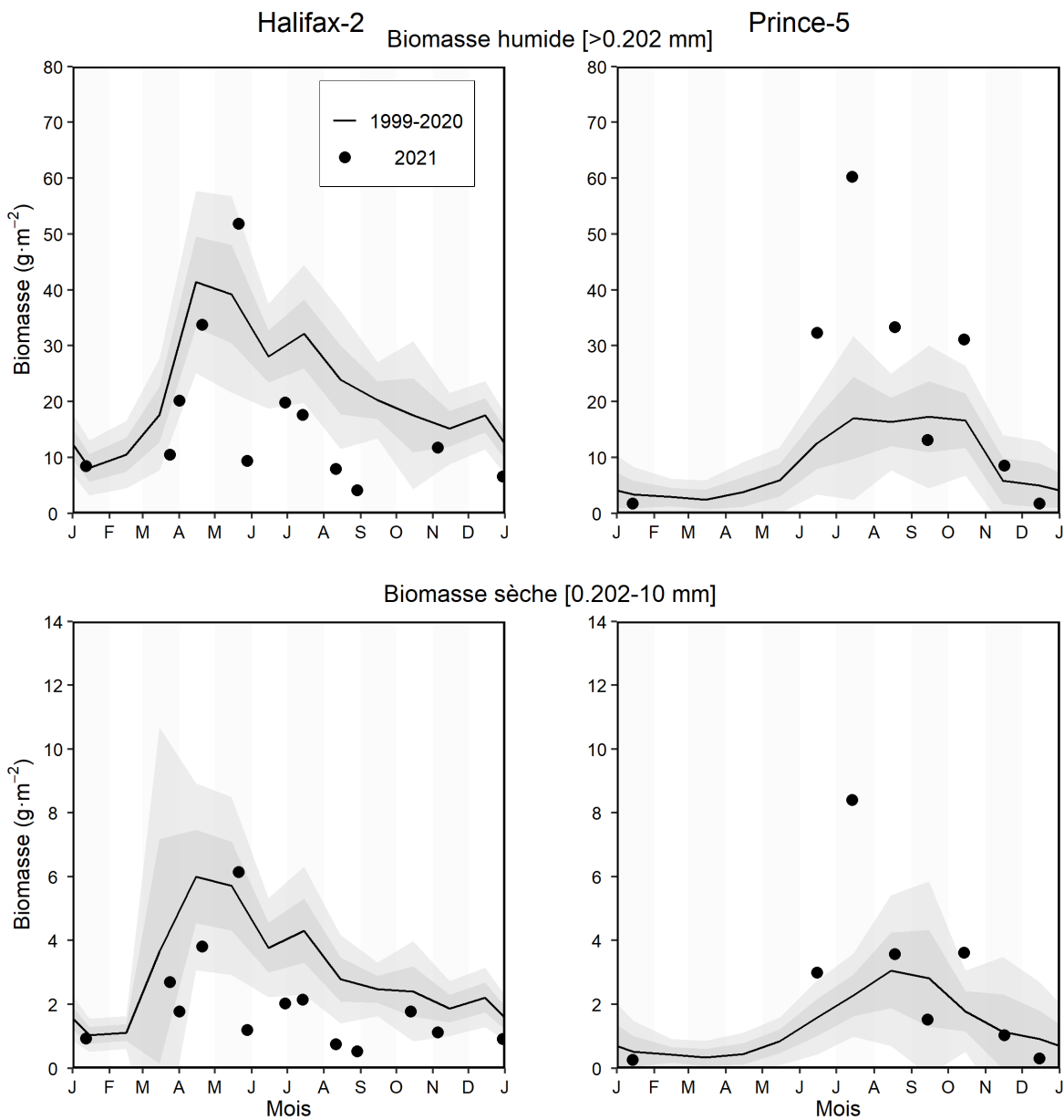
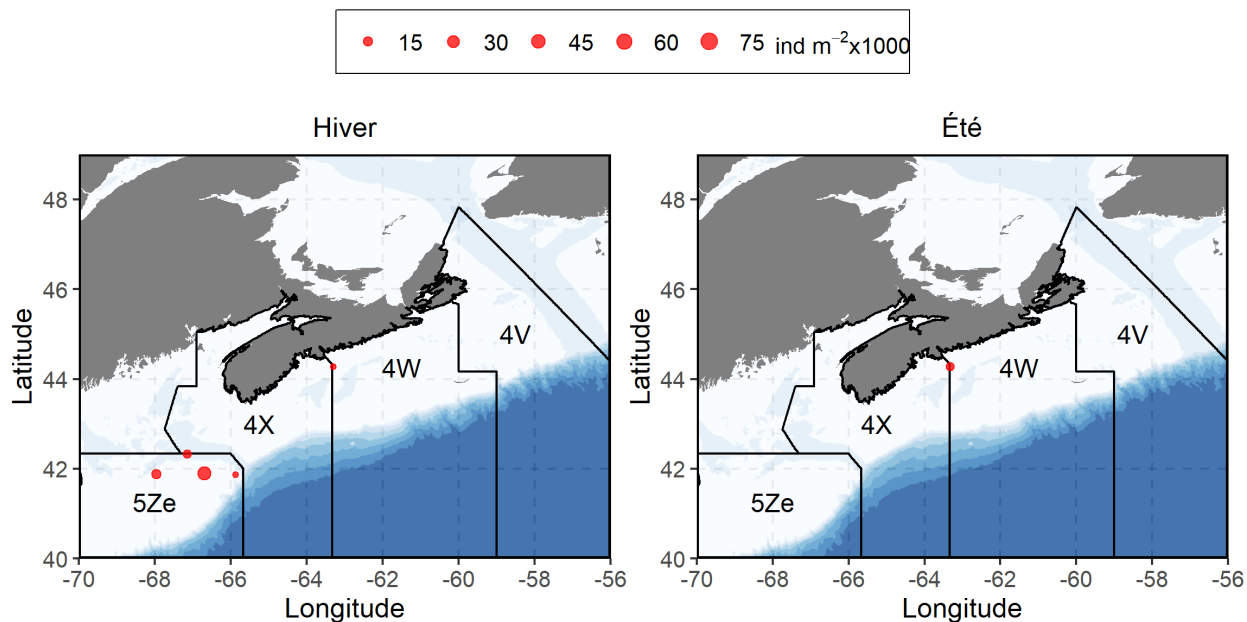


Figure 26. Biomasse humide totale du zooplancton (panneaux supérieurs) et biomasse sèche du mésozooplancton (panneaux inférieurs) (intégrées de la surface au fond) en 2021 (cercles pleins) et conditions moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes. Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes mensuelles. Panneaux de gauche: Halifax-2; panneaux de droite: Prince-5. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 1<sup>er</sup> jour du mois.

### Abondance du *Calanus finmarchicus* en 2021



### Anomalies de l'abondance du *Calanus finmarchicus*

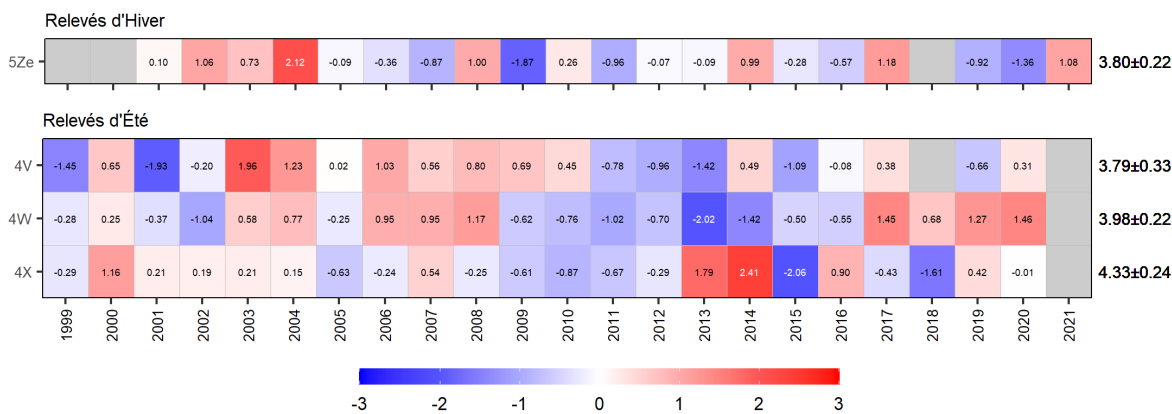
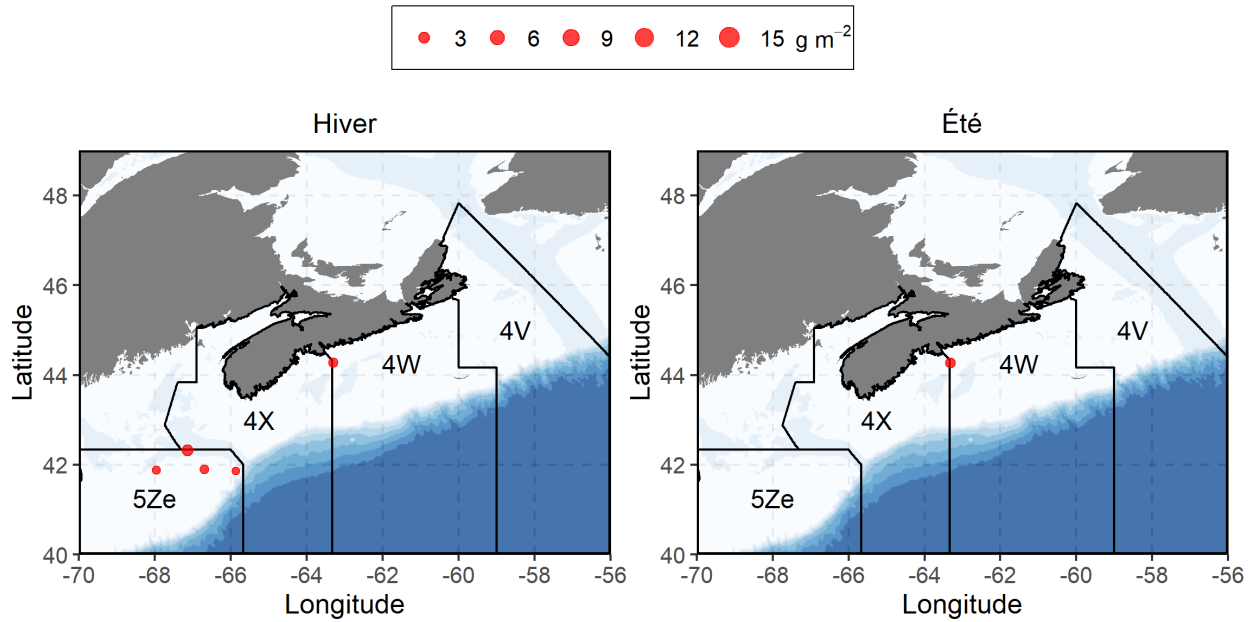


Figure 27. Distribution spatiale de l'abondance du *Calanus finmarchicus* en 2021 (panneaux supérieurs) et tableaux synoptiques des anomalies de l'abondance du *C. finmarchicus* (panneaux inférieurs) provenant des relevés au chalut de l'écosystème sur le banc Georges (5Ze en hiver) ainsi que sur le plateau néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine (4X, 4W et 4V en été), de 1999 à 2021. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et écarts-types sont indiqués à droite en unités de  $\log_{10}(\text{individus} \cdot \text{m}^{-2} + 1)$ ). Les cellules rouges (bleues) indiquent des valeurs d'abondance supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.

### Biomasse sèche du zooplancton en 2021



### Anomalies de la biomasse sèche du zooplancton

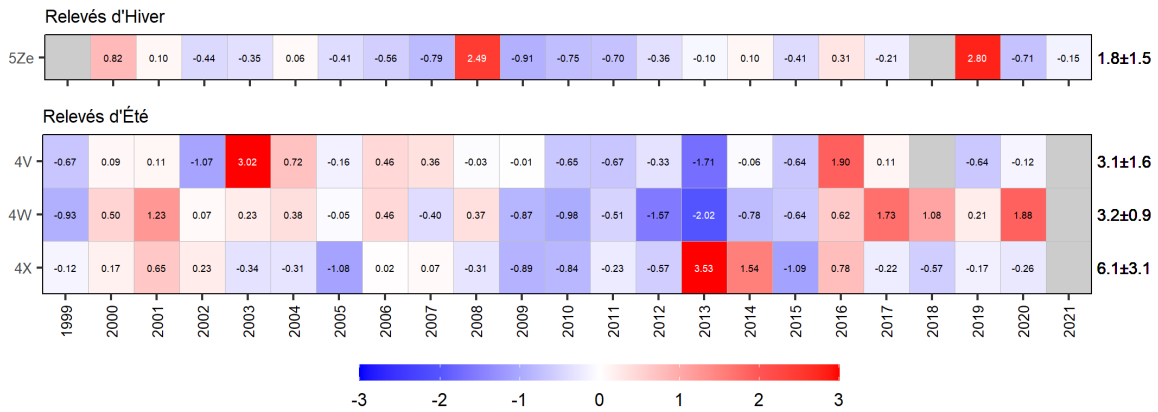
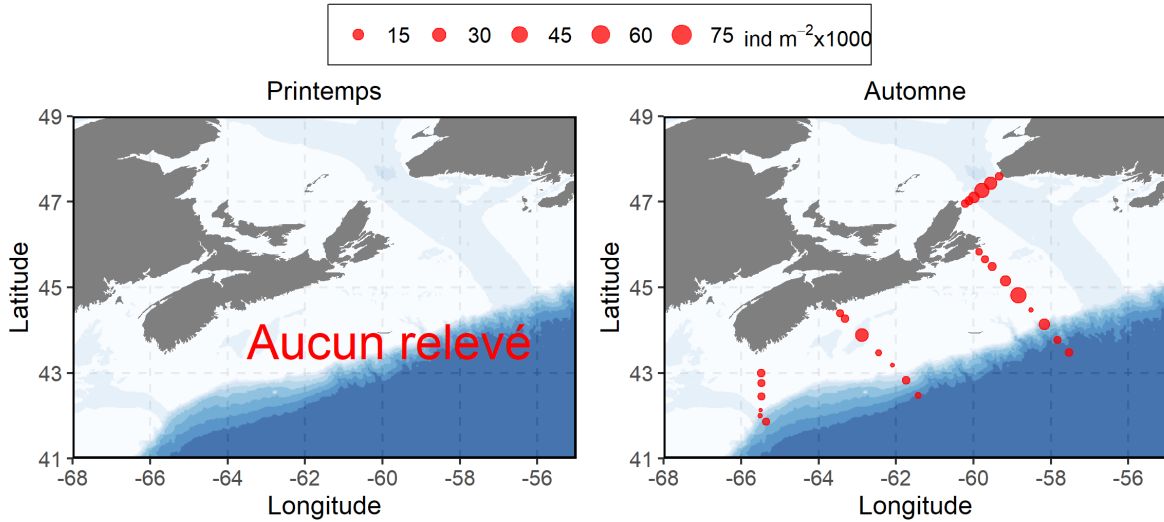


Figure 28. Distribution spatiale de la biomasse sèche du zooplancton en 2021 (panneaux supérieurs) et tableaux synoptiques des anomalies de la biomasse sèche du zooplancton (panneaux inférieurs) provenant des relevés au chalut de l'écosystème sur le banc Georges (5Ze en hiver) ainsi que sur le plateau néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine (4X, 4W et 4V en été), de 1999 à 2021. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et écarts-types sont indiqués à droite en unités de  $g \cdot m^{-2}$ ). Les cellules rouges (bleues) indiquent des valeurs de biomasse supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.

Abondance du *Calanus finmarchicus* en 2021



Anomalies de l'abondance du *Calanus finmarchicus*

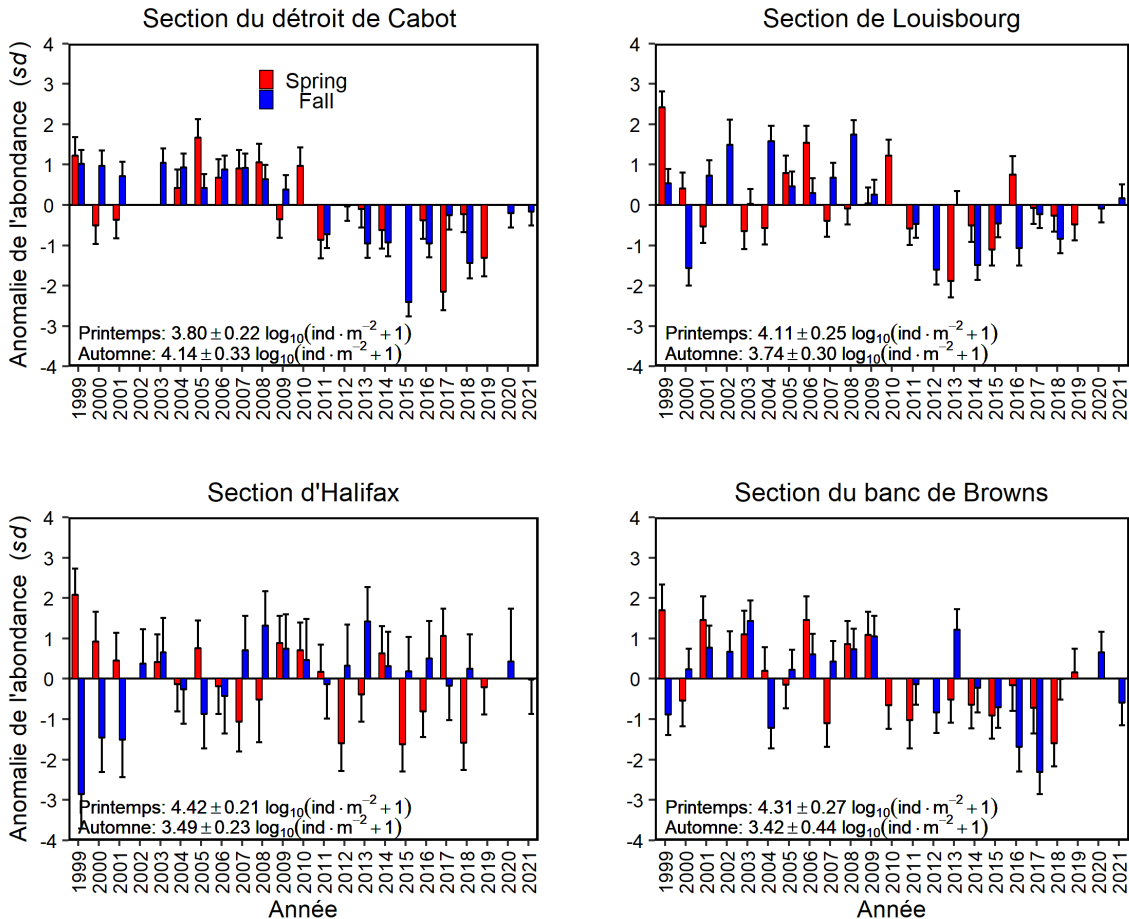
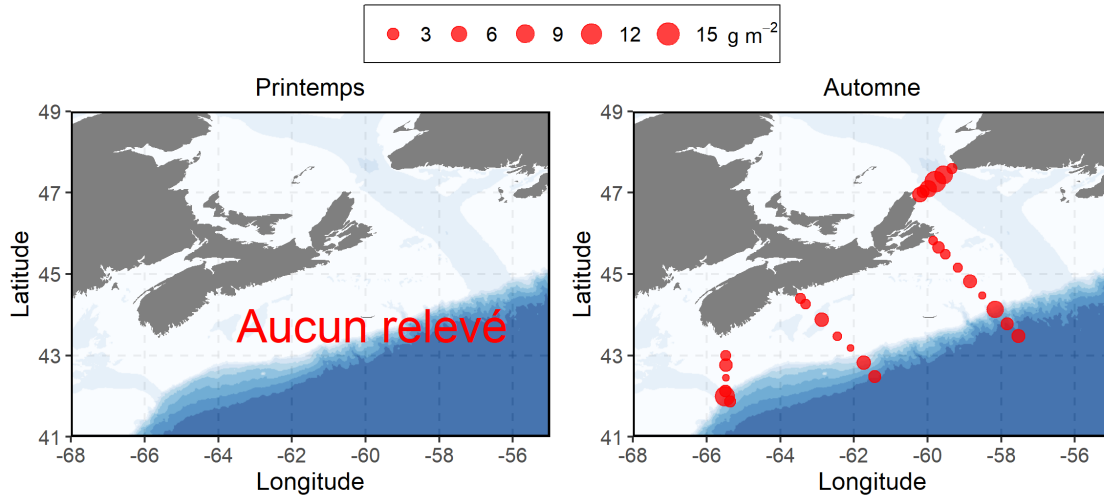


Figure 29. Distribution spatiale de l'abondance du *Calanus finmarchicus* à l'automne 2021 (panneau supérieur de droite) et séries chronologiques des anomalies saisonnières de l'abondance du *C. finmarchicus* sur les sections du plateau néo-écossais (panneaux médian et inférieur; sd = sans dimensions), de 1999 à 2021. Les lignes verticales dans les panneaux inférieurs représentent l'erreur-type de l'anomalie saisonnière.

Biomasse sèche du zooplancton en 2021



Anomalies de la biomasse sèche du zooplancton

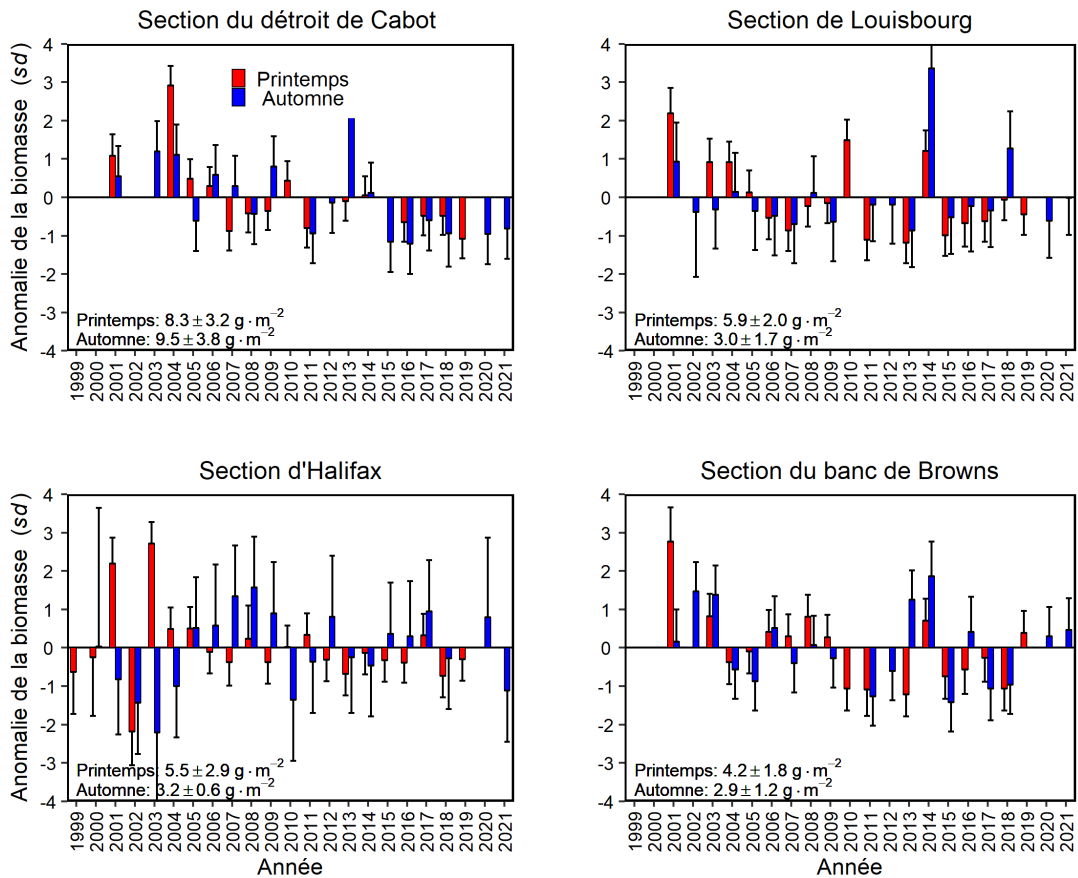


Figure 30. Distribution spatiale de la biomasse sèche du zooplancton à l'automne 2021 (panneau supérieur de droite) et séries chronologiques des anomalies saisonnières de la biomasse sèche du zooplancton sur les sections du plateau néo-écossais (panneaux médian et inférieur; sd = sans dimensions), de 1999 à 2021. Les lignes verticales dans les panneaux inférieurs représentent l'erreur-type de l'anomalie saisonnière.

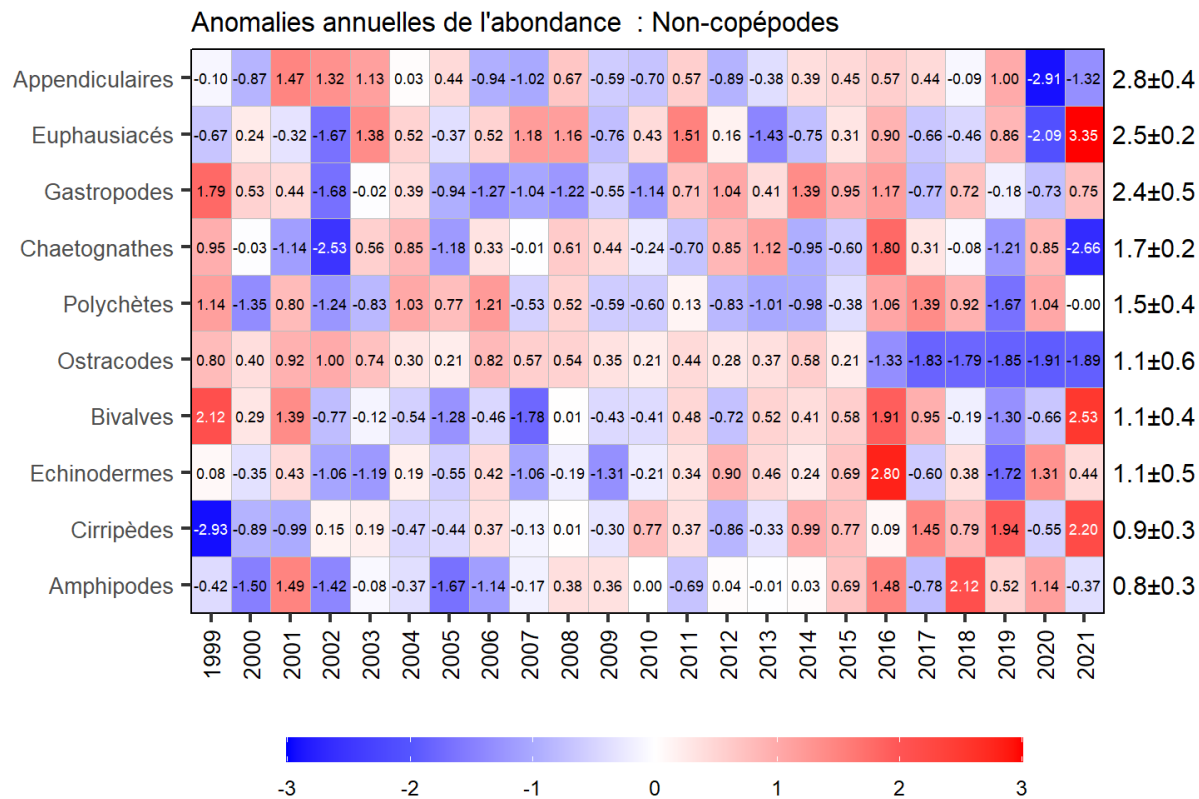


Figure 31. Tableau synoptique des anomalies annuelles de l'abondance des groupes de non-copépodes sur les sections du plateau néo-écossais, par ordre décroissant d'abondance. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite en unités de  $\log_{10}(\text{individus}\cdot\text{m}^{-2}+1)$ ). Les cellules rouges (bleues) indiquent des abondances supérieures (inférieures) à la normale.



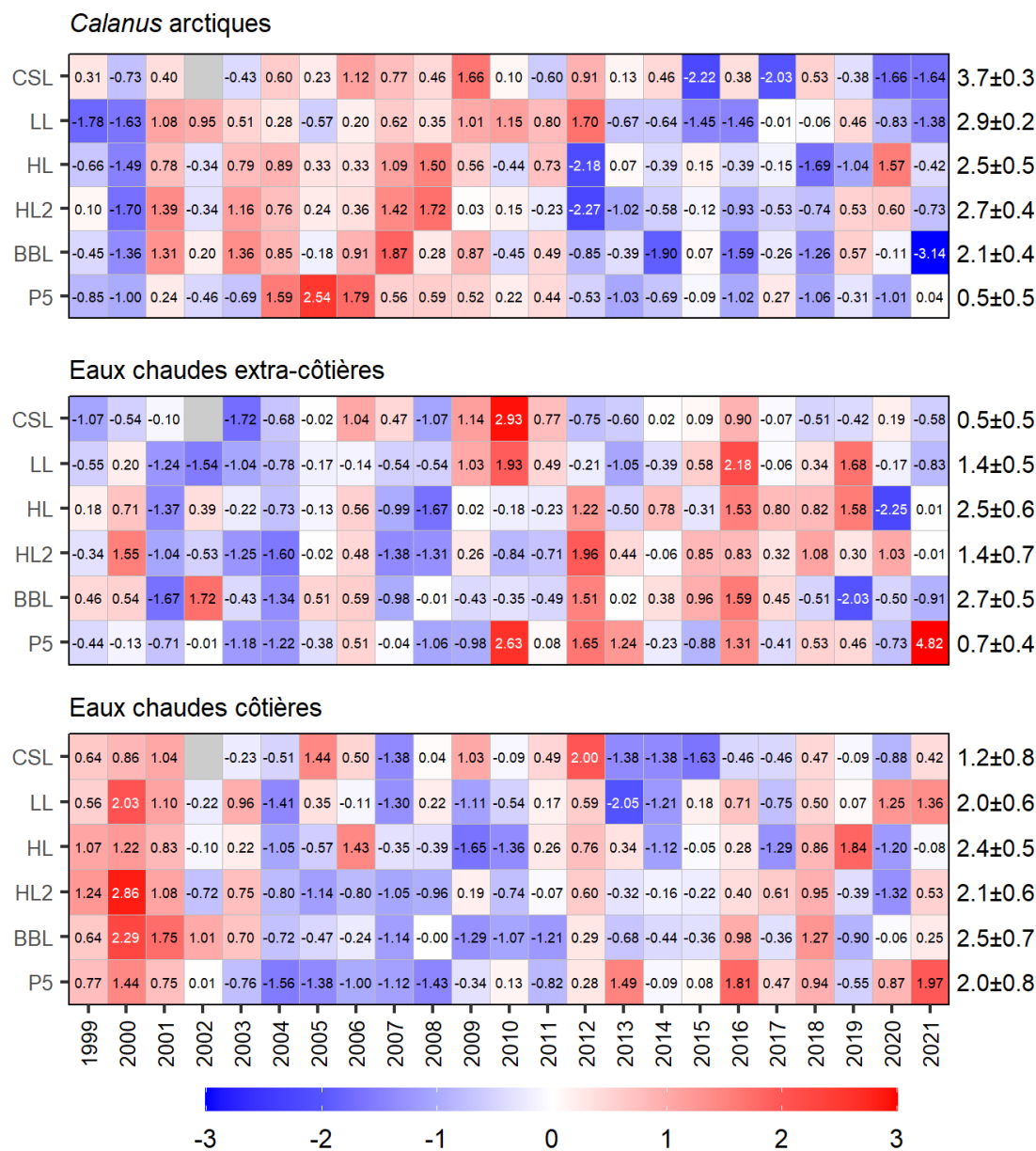


Figure 32. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles de l'abondance des groupes indicateurs de copépodes. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et écarts-types sont indiqués à droite en unités de  $\log_{10}(\text{individu} \cdot \text{m}^{-2} + 1)$ ). Les cellules rouges (bleues) indiquent des abondances supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes. CSL: section du détroit de Cabot; LL: section de Louisbourg; HL: section d'Halifax; HL2: Halifax-2, BBL: section du banc Browns; P5: Prince-5.

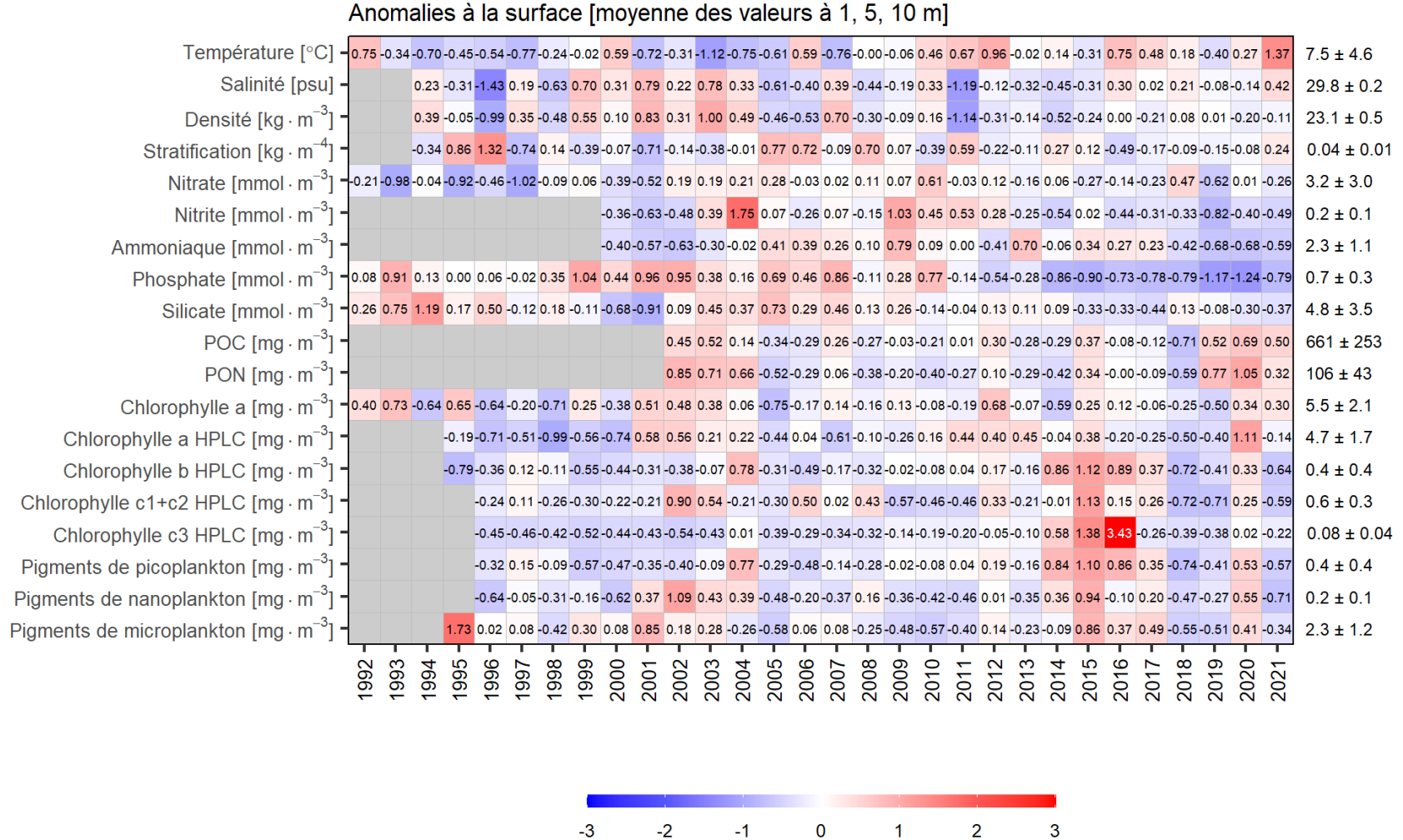


Figure 33. Tableau synoptique des anomalies annuelles des conditions environnementales et du phytoplancton dans la couche supérieure (1 m, 5 m et 10 m) dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et écarts-types sont indiqués à droite). Les cellules rouges (bleues) indiquent des valeurs supérieures (inférieures) à la normale de chaque variable. Les cellules grises indiquent des données manquantes. POC et PON représentent respectivement le carbone et l'azote organique particulaire.

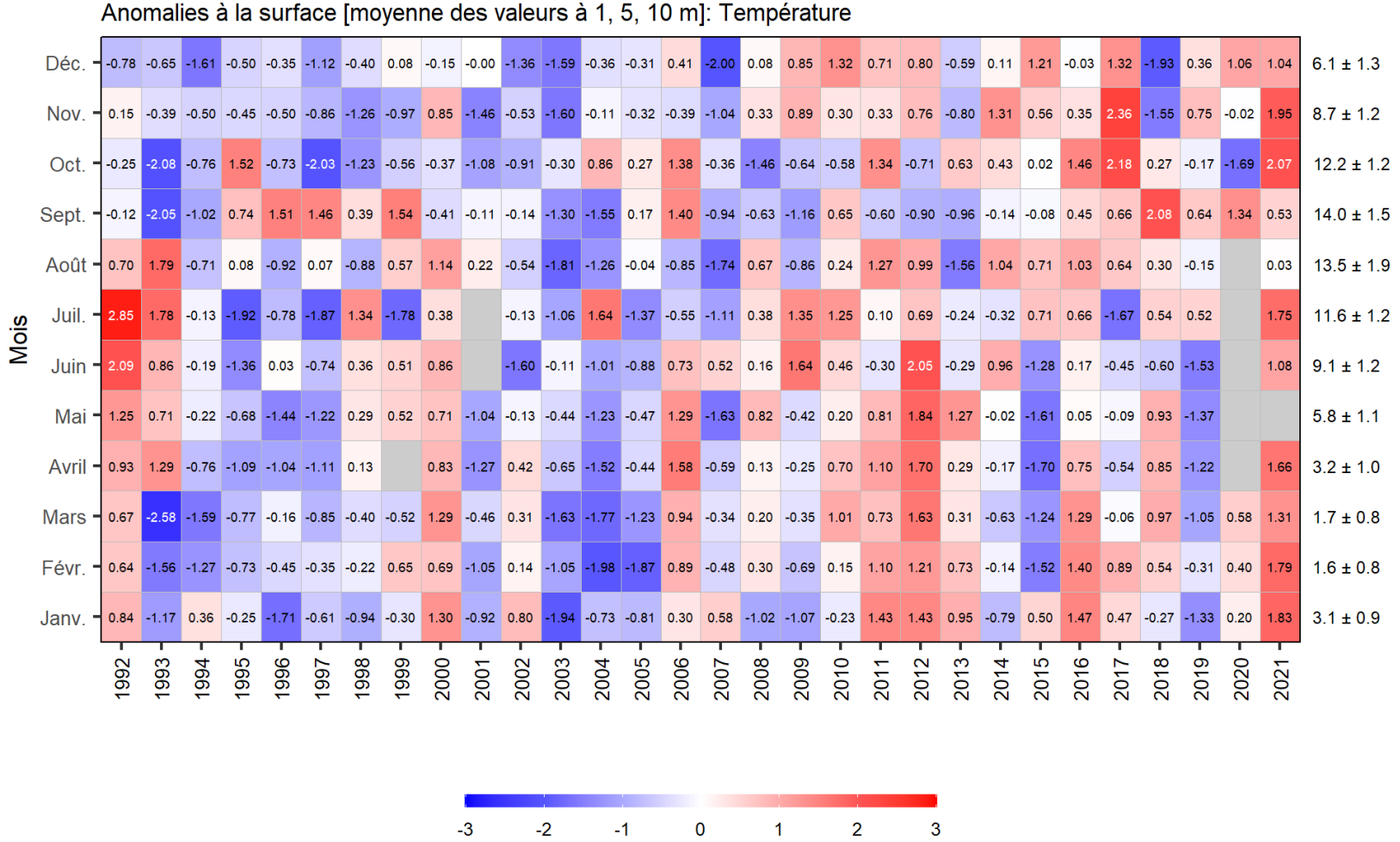


Figure 34. Tableau synoptique des anomalies mensuelles de la température de la couche supérieure (1 m, 5 m et 10 m) dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport aux moyennes mensuelles pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et écarts-types sont indiqués à droite en unités de °C). Les cellules rouges (bleues) indiquent des températures supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.



Anomalies en profondeur [valeur à 60 m]: Température

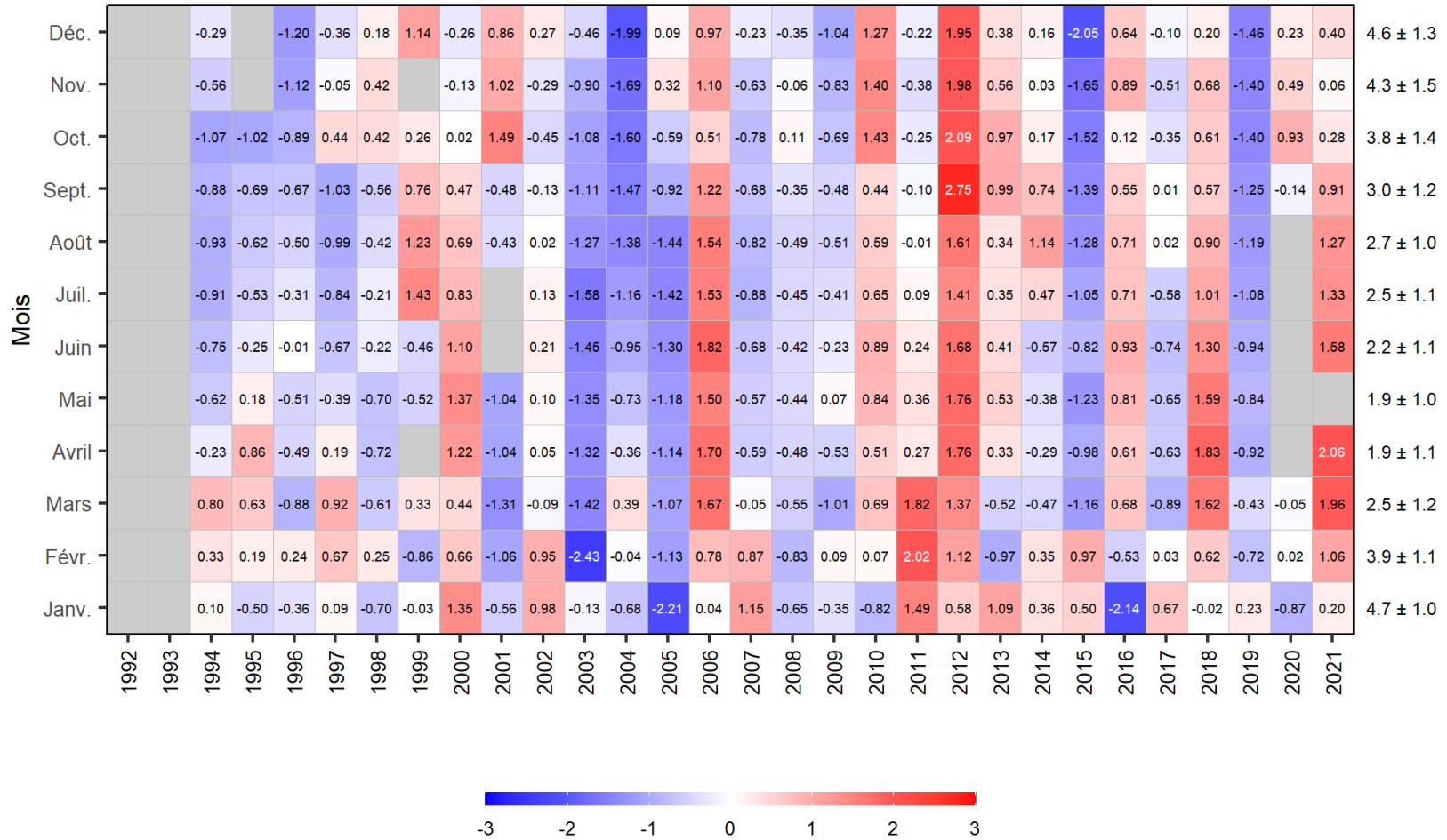


Figure 36. Tableau synoptique des anomalies mensuelles de la température en profondeur, à 60 m, dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport aux moyennes mensuelles pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et écarts-types sont indiqués à droite en unités de °C). Les cellules rouges (bleues) indiquent des températures supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.

Anomalies en profondeur [valeur à 60 m]: Salinité

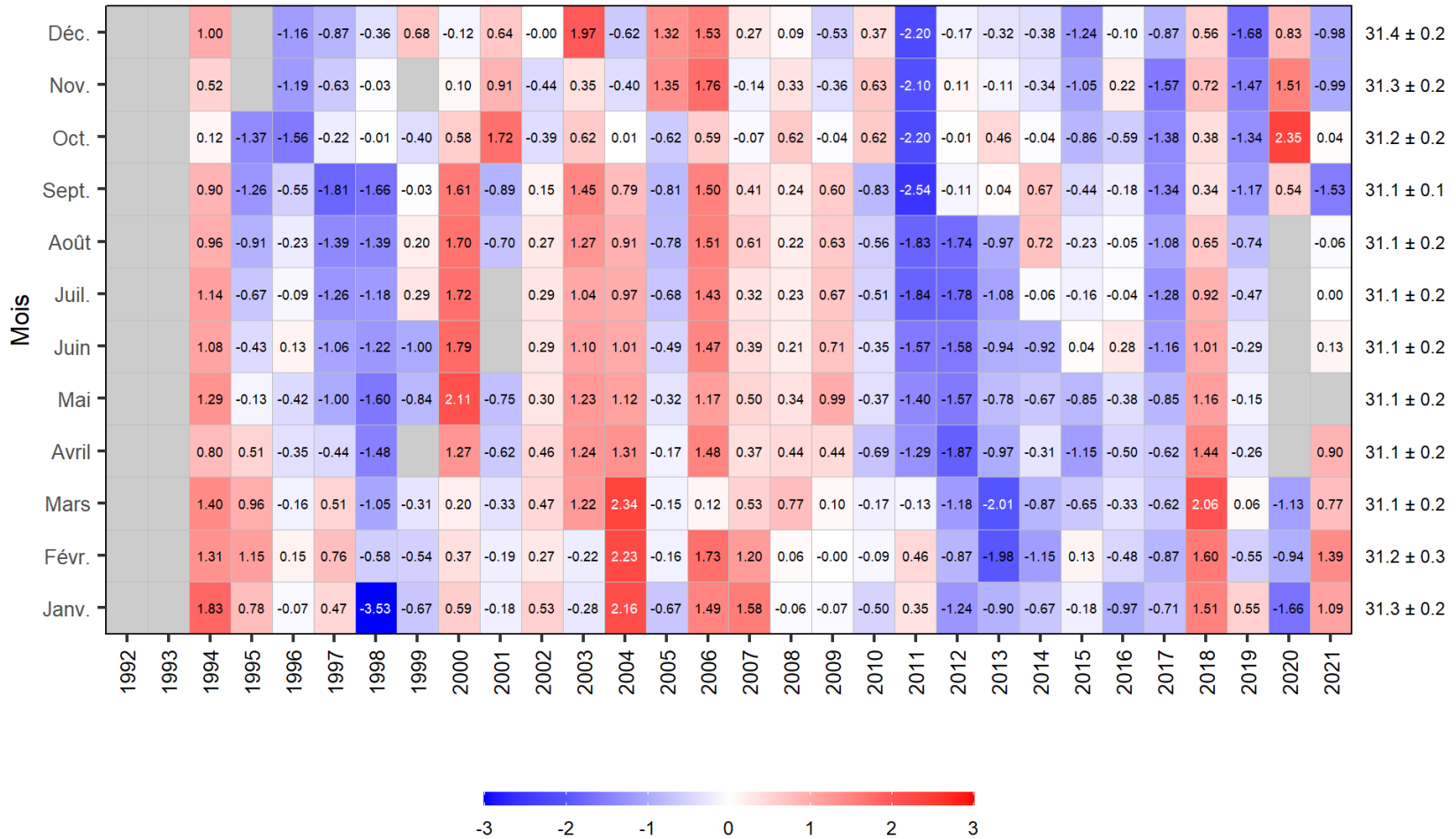


Figure 37. Tableau synoptique des anomalies mensuelles de la salinité en profondeur, à 60 m, dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport aux moyennes mensuelles pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et écarts-types sont indiqués à droite unités de psu). Les cellules rouges (bleues) indiquent des salinités supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.

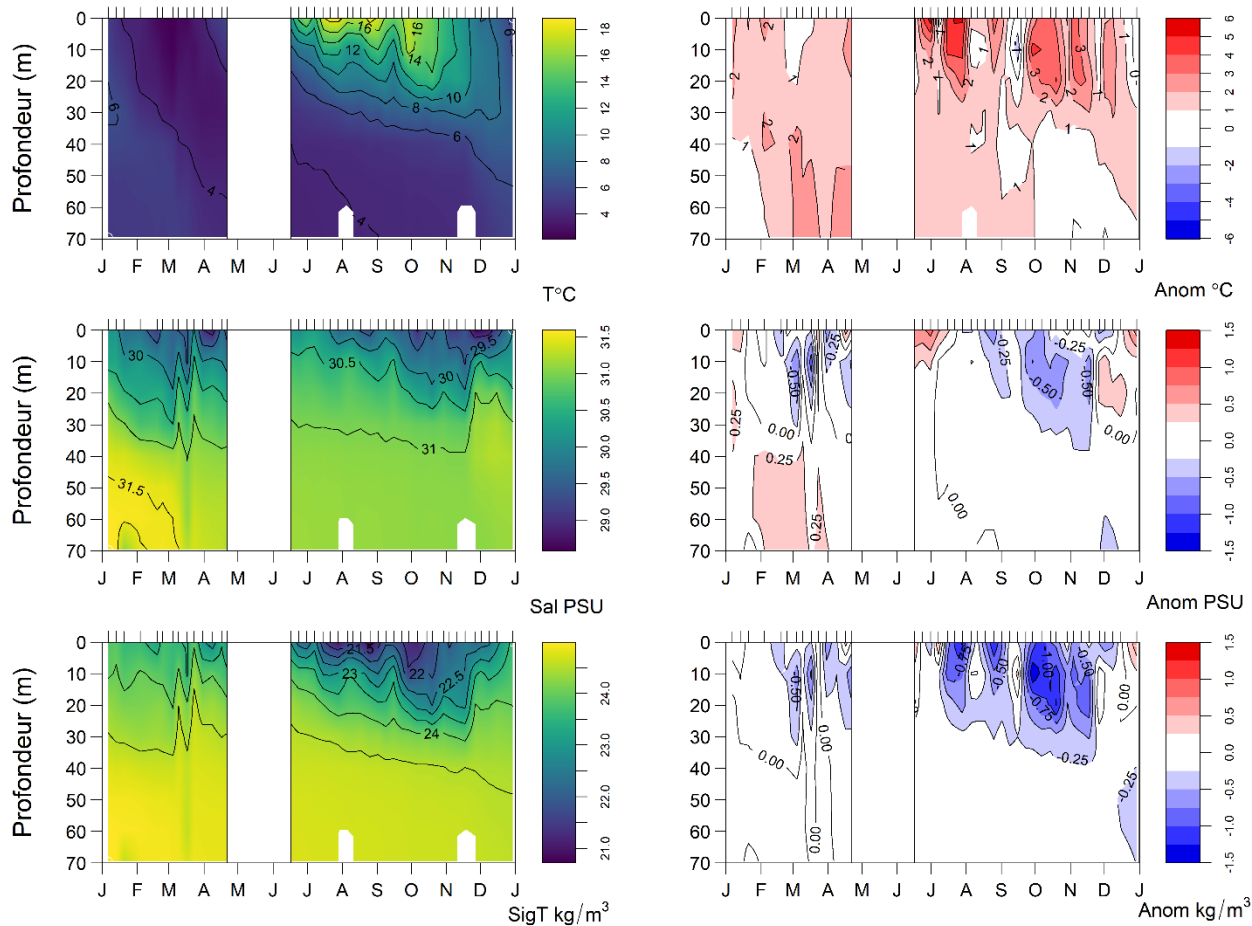


Figure 38. Cycle annuel de la température (panneau supérieur gauche), de la salinité (panneau médian gauche) et de la densité (panneau inférieur gauche) dans le bassin de Bedford en 2021 et leurs anomalies (panneaux de droite) par rapport aux moyennes mensuelles de 1999–2020. Les graduations sur les axes horizontaux supérieurs indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux inférieurs indiquent le 1<sup>er</sup> jour du mois. Aucune information n'est présentée pour la période sans échantillonnage de la mi-avril à la mi-juin.

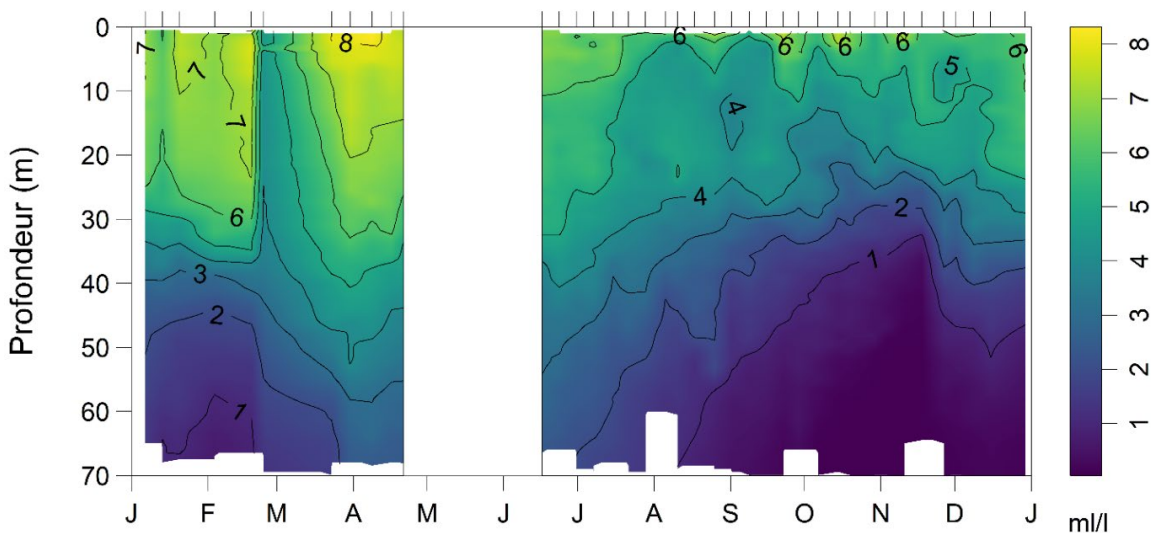


Figure 39. Cycle annuel de la concentration d'oxygène dissous (en ml/L) dans le bassin de Bedford en 2021. Les graduations sur les axes horizontaux supérieurs indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux inférieurs indiquent le 1<sup>er</sup> jour du mois. Aucune information n'est présentée pour la période sans échantillonnage de la mi-avril à la mi-juin, et 3 profils d'échantillonnage recueillis en mars ne sont pas inclus dans l'interpolation des données.

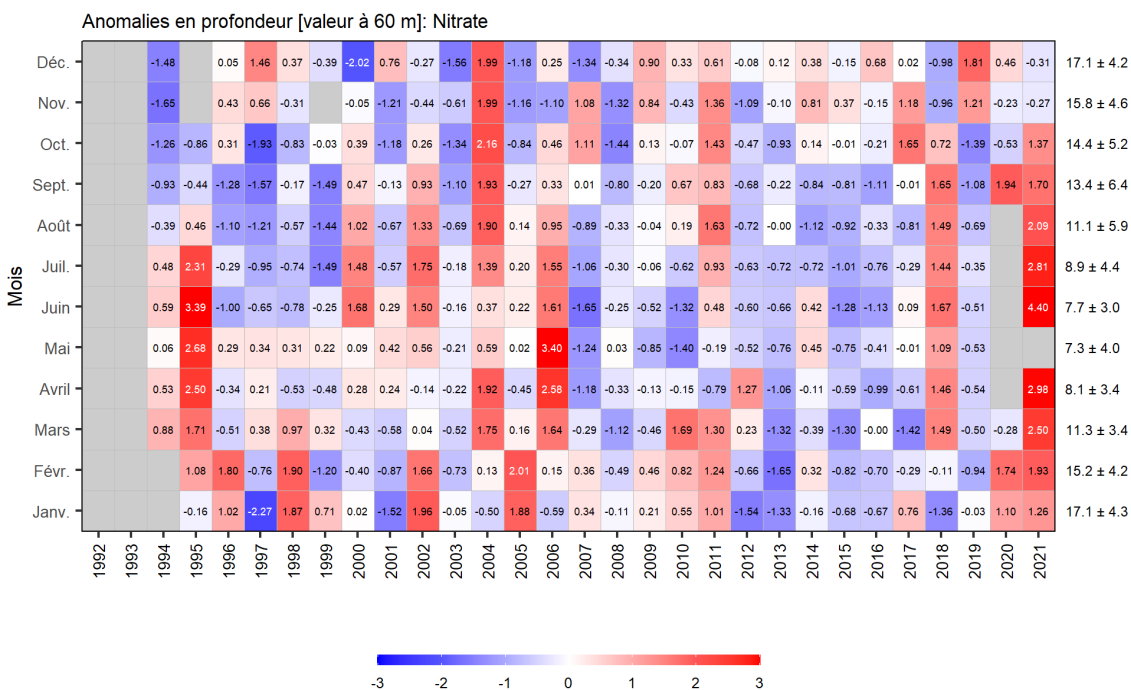


Figure 40. Tableau synoptique des anomalies mensuelles de la concentration de nitrate en profondeur, à 60 m, dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport aux moyennes mensuelles pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et écarts-types sont indiqués à droite en unités de  $\text{mmole}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Les cellules rouges (bleues) indiquent des concentrations de nitrate supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.



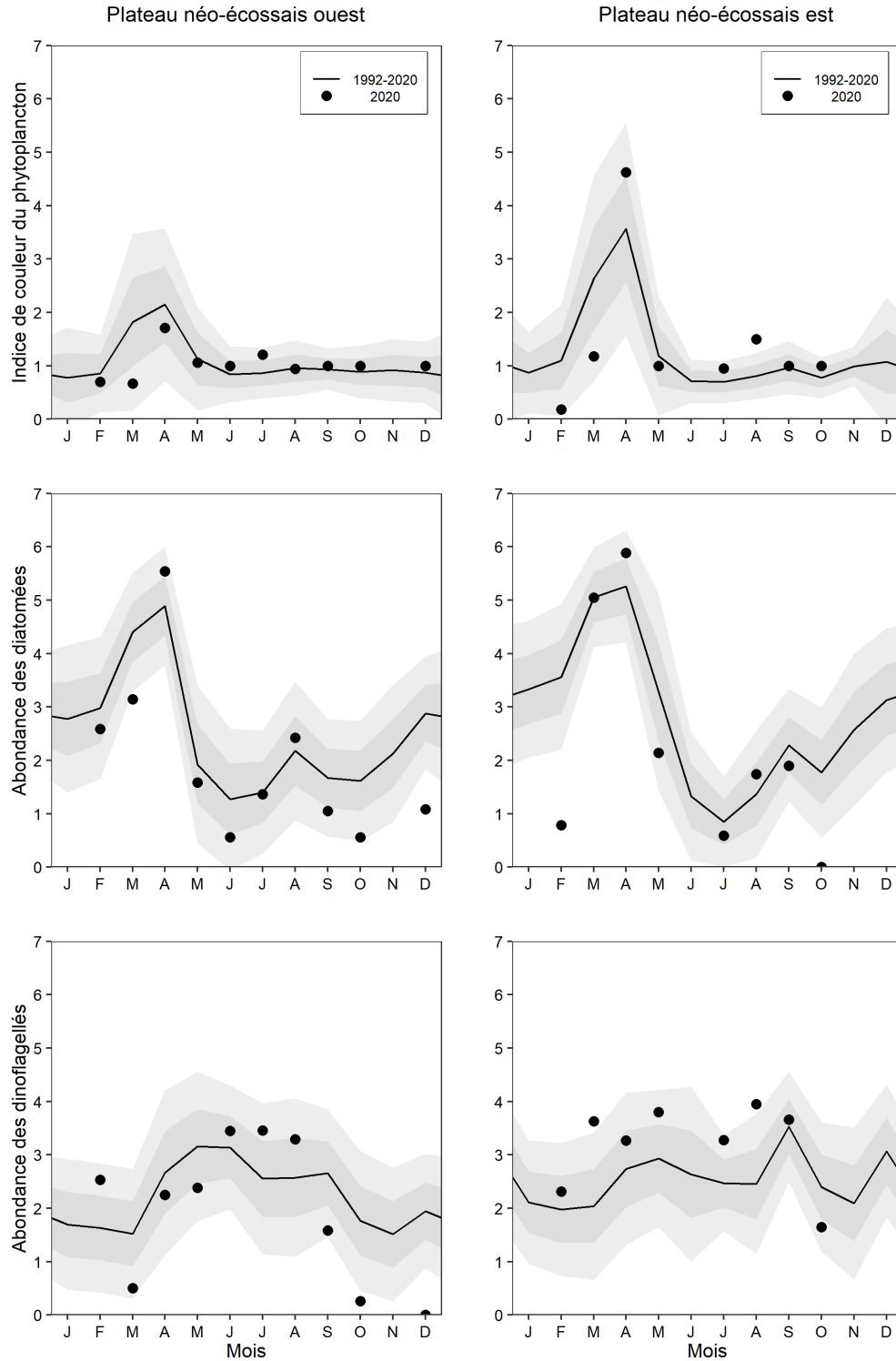


Figure 41. Indices de l'abondance du phytoplancton d'après les données de l'enregistreur de plancton en continu en 2020, et conditions moyennes de la période 1992–2020 (lignes pleines) dans l'ouest (panneaux de gauche) et l'est du plateau néo-écossais (panneaux de droite). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes mensuelles.



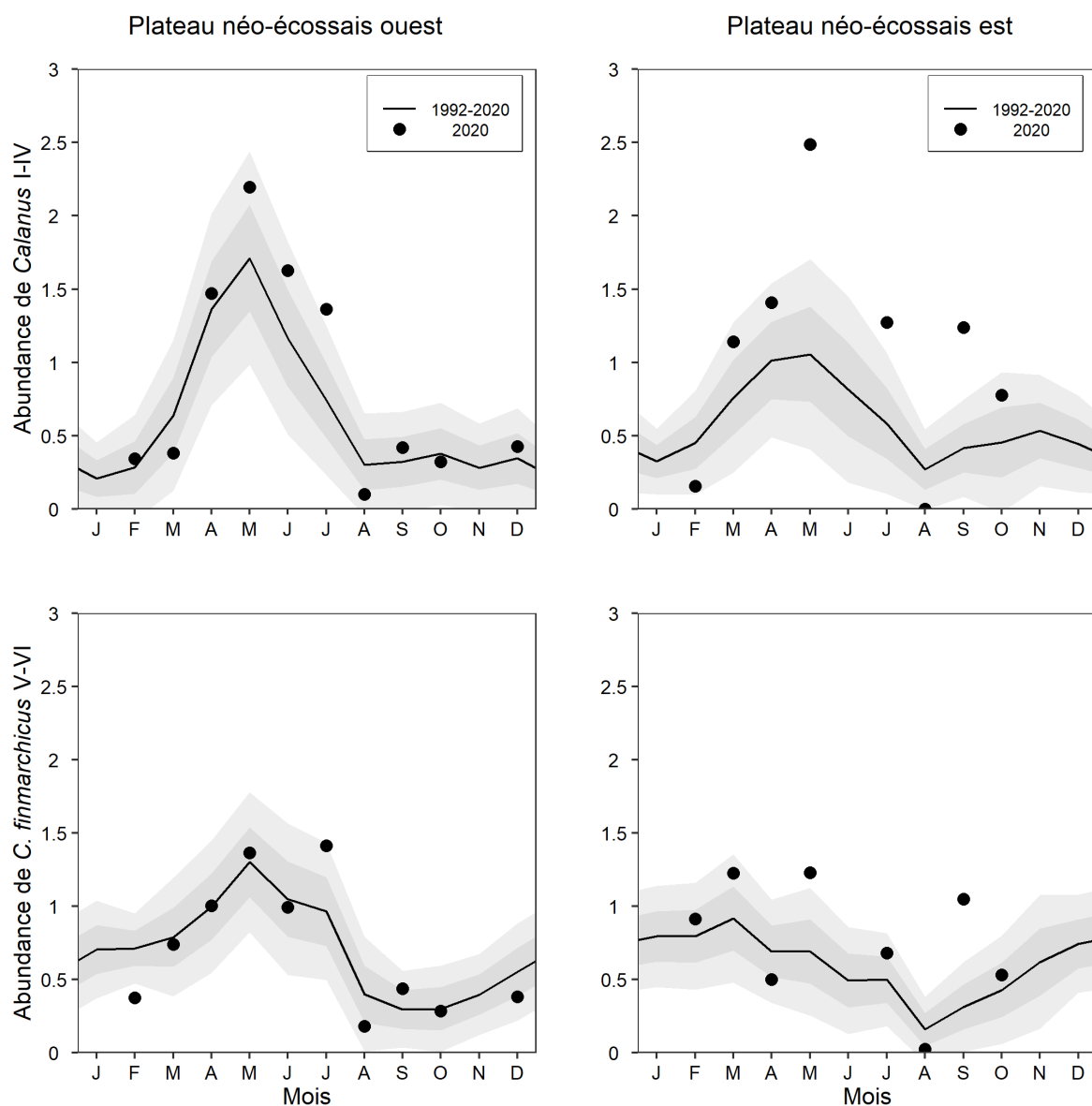


Figure 43. Indices de l'abondance des espèces de *Calanus* CI-IV (principalement *Calanus finmarchicus*, panneaux supérieurs) et de *C. finmarchicus* CV-VI (panneaux inférieurs) d'après les données de l'enregistreur de plancton en continu en 2020, et conditions moyennes de la période 1992-2020 (lignes pleines) dans l'ouest (panneaux de gauche) et l'est du plateau néo-écossais (panneaux de droite). Les bandes ombrées grises représentent l'écart-type ( $\pm 0.5$  et  $\pm 1$  ét) des moyennes mensuelles.

## ANNEXE A

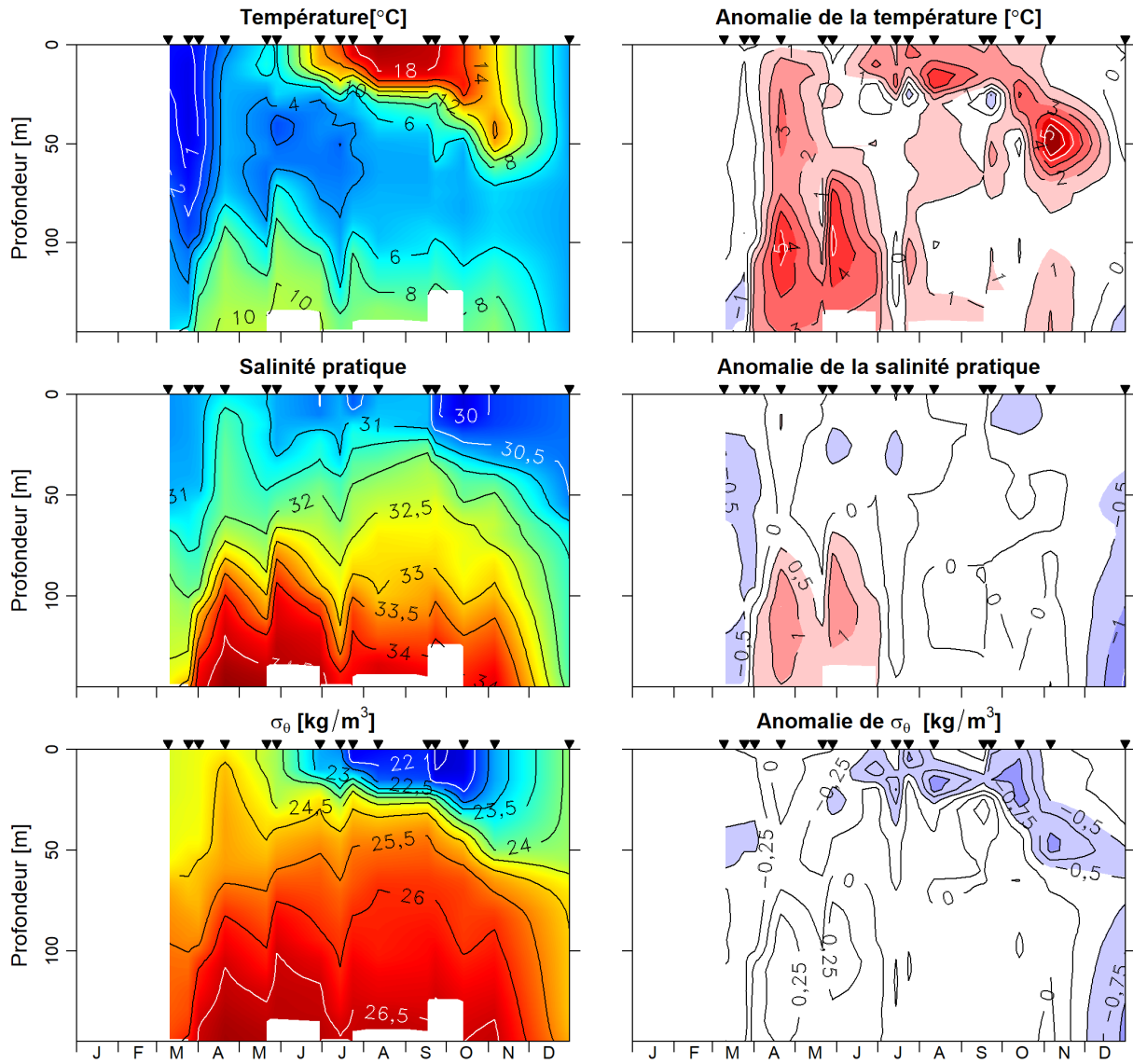


Figure A.1. Cycle annuel de la température (panneau du haut), de la salinité (panneau du milieu) et de la densité (panneau du bas) à la station Halifax-2 en 2021, et leurs anomalies par rapport aux moyennes mensuelles de 1981 à 2010 (panneaux de droite). Les triangles noirs indiquent les dates d'échantillonnage. (Cortésia de Hebert et al. En préparation<sup>1</sup>; figure 14 du document original).

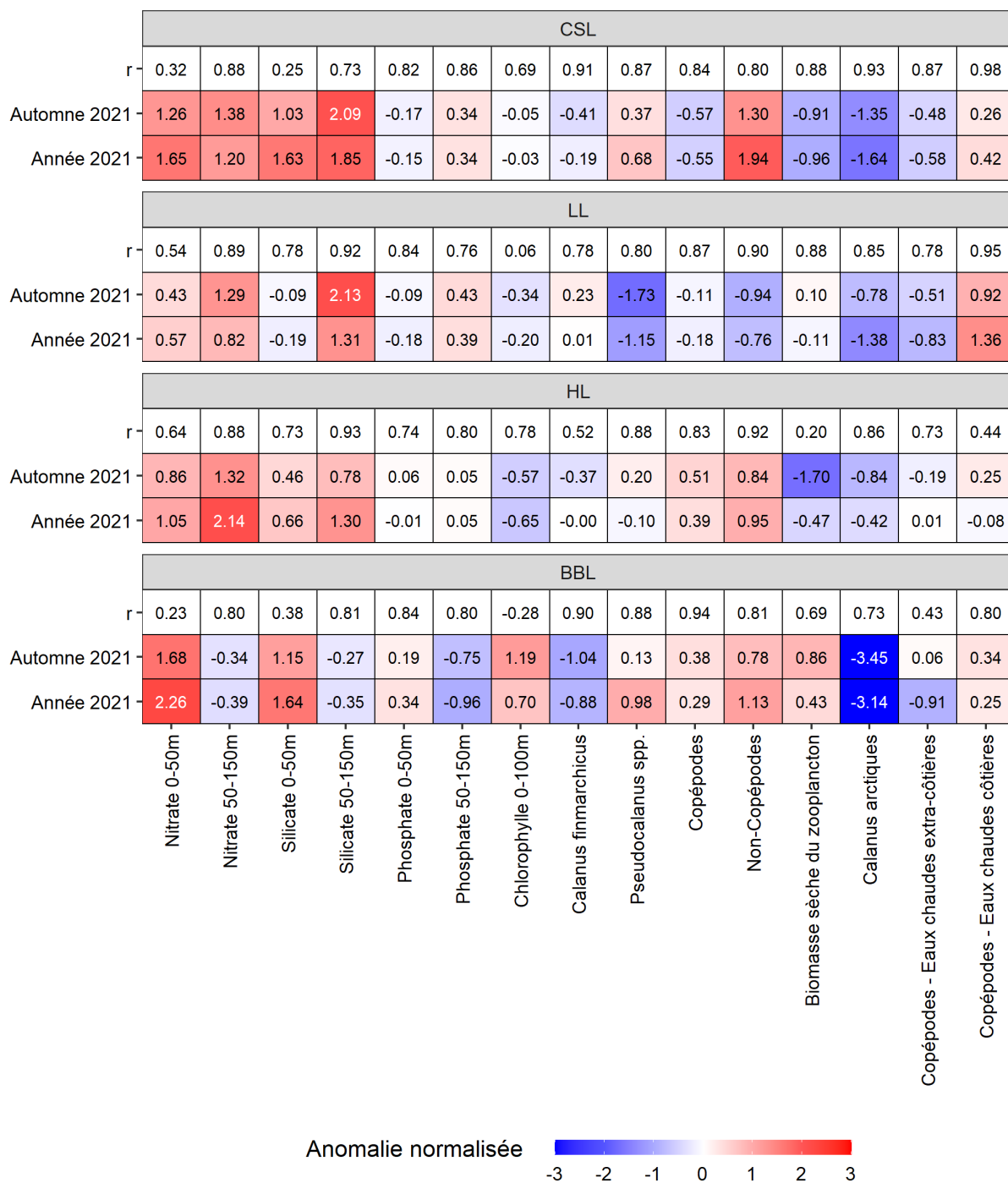


Figure A.2. Comparaison des anomalies normalisées annuelles et saisonnières d'automne pour 2021. Pour chaque section, la première ligne indique le coefficient de corrélation ( $r$ ) entre les anomalies annuelles et automnales calculées à partir des données des années d'occupation complète pour chaque indice. La deuxième ligne indique les anomalies normalisées de l'automne 2021 pour chaque indice. La troisième ligne indique les anomalies normalisées annuelles pour 2021 pour chaque indice, estimées à partir du modèle linéaire généralisé. CSL: section du détroit de Cabot; LL: section de Louisbourg; HL: section d'Halifax; BBL: section du banc Browns.