



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 2022/018**

**Région des Maritimes**

### **Conditions océanographiques optiques, chimiques et biologiques sur le plateau néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine en 2020**

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

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 scientifique  
200, rue Kent  
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

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



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2022  
ISSN 2292-4272  
ISBN 978--0-660-42531-3 N° cat. Fs70-5/2022-018F-PDF

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

Casault, B., Johnson, C., Devred, E., Head, E., Beazley, L., et Spry, J. 2022. Conditions océanographiques optiques, chimiques et biologiques sur le plateau néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine en 2020. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/018. v + 86 p.

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

*Casault, B., Johnson, C., Devred, E., Head, E., Beazley, L., and Spry, J. 2022. Optical, Chemical, and Biological Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the eastern Gulf of Maine during 2020. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2022/018. v + 82 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 .....	7
PROGRAMME DE MONITORAGE DU BASSIN DE BEDFORD.....	7
ENREGISTREUR DE PLANCTON EN CONTINU (CPR).....	8
OBSERVATIONS.....	9
PROPRIÉTÉS OPTIQUES ET DE MÉLANGE .....	9
ÉLÉMENTS NUTRITIFS .....	10
Stations d'échantillonnage à haute fréquence .....	10
Relevés à vaste échelle .....	11
PHYTOPLANCTON .....	12
Stations d'échantillonnage à haute fréquence .....	12
Relevés à vaste échelle et télédétection par satellite .....	13
ZOOPLANCTON .....	14
Stations d'échantillonnage à haute fréquence .....	14
Relevés à vaste échelle .....	16
Espèces indicatrices .....	17
IMPACTS DES MISSIONS SAISONNIÈRES MANQUANTES .....	17
DISCUSSION.....	19
PROGRAMME DE MONITORAGE DU BASSIN DE BEDFORD.....	23
CONDITIONS PHYSIQUES.....	23
ÉTAT DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS ET DU PLANCTON .....	24
ENREGISTREUR DE PLANCTON EN CONTINU.....	24
PHYTOPLANCTON .....	24

---

ZOOPLANCTON .....	25
ORGANISMES SENSIBLES À L'ACIDIFICATION .....	25
SOMMAIRE .....	25
REMERCIEMENTS .....	27
RÉFÉRENCES CITÉES .....	27
TABLEAUX .....	31
FIGURES .....	32

---

## RÉSUMÉ

Les conditions océaniques physiques dans la région des Maritimes en 2020 étaient caractérisées par des températures de surface et de fond généralement plus chaudes que la normale. L'année 2020 était la troisième plus chaude de la série temporelle des 51 dernières années; 2012 ayant été la chaude enregistrée au cours de cette période. Les inventaires des éléments nutritifs en surface et en profondeur sont restés principalement près ou en dessous de la normale sur le plateau néo-écossais (SS) suivant la tendance des 6 à 7 dernières années bien que des concentrations de nitrate en profondeur plus élevées que la normale associées à de l'eau chaude et saline ont été observées en automne à certains endroits. La floraison printanière du phytoplancton sur le centre et l'ouest du SS était plus tardive que la normale et de durée plus courte avec une amplitude proche ou inférieure à la normale. Dans l'est du SS, les conditions de floraison se sont développées près du talus continental avec une initiation et une durée normales. Les observations à la station Halifax-2 (HL2) ont poursuivi la tendance caractérisée par une abondance moindre des diatomées et une abondance plus élevée des ciliés et des flagellés. Les indices du zooplancton (i.e., *Calanus finmarchicus*, *Pseudocalanus* spp., l'abondance totale des copépodes et des non-copépodes, et la biomasse du mésozooplancton) étaient principalement près ou inférieurs à la moyenne dans la majeure partie de la région, sauf pour la section du banc Browns. L'abondance des espèces indicatrices (*Calanus* arctique et les copépodes d'eaux chaudes côtières et extracôtières) était généralement près ou légèrement inférieure à la normale bien que variable spatialement. Les observations à HL2 continuent d'indiquer une abondance généralement supérieure à la normale de certains copépodes cyclopoïdes de petite taille (e.g., *Oithona atlantica*).

Les températures de surface dans le bassin de Bedford étaient en moyenne légèrement supérieures à la normale en 2020. En octobre, la température et la salinité au fond étaient supérieures à la normale, suggérant l'intrusion d'eau en provenance du plateau continental. Le nitrate, le silicate, le carbone et l'azote organique particulaire au fond étaient inférieurs à la normale en octobre, coïncidant avec l'événement d'intrusion. La chlorophylle et les autres indices du phytoplancton au fond étaient tous inférieurs à la normale en 2020, poursuivant la tendance des anomalies principalement négatives observées dans ces paramètres depuis 2010.

Les données de 2019 de l'enregistreur de plancton en continu ont indiqué des abondances annuelles des diatomées et des dinoflagellés inférieures à la normale sur le plateau néo-écossais est (ESS) et ouest (WSS), tandis que les valeurs de l'indice de couleur du phytoplancton, un proxy de la biomasse du phytoplancton, étaient près (WSS) ou supérieures (ESS) à la normale. Les abondances annuelles de *Calanus* CI–IV et de *C. finmarchicus* CV–VI étaient supérieures ou près de la normale sur l'ESS et inférieures à la normale sur le WSS. Les abondances des autres taxons (deux *Calanus* arctiques, trois petits copépodes, deux taxons de macrozooplancton et trois taxons sensibles à l'acidification) étaient près ou inférieures à la normale sur l'ESS et le WSS, à l'exception des amphipodes hyperiides, qui étaient plus abondants que la normale sur l'ESS.

---

## 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) et qui sont échantillonnées à une fréquence de bimensuelle à annuelle. Le plan d'échantillonnage fournit des renseignements de base 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 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 2020 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.* 2021) et de l'état du système du plateau continental de l'Atlantique Nord-Ouest canadien dans son ensemble (MPO 2021). 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 Terre-Neuve, et par des eaux extracôtières plus chaudes de l'Atlantique originant du Gulf Stream. Les eaux profondes de l'ouest du SS affichent des changements de température importants 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 du SS sont également influencées par des 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 dans l'environnement pélagique physique 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 ou les variables dérivées sont décrites ci-dessous.

### MISSIONS

Le personnel navigant du PMZA de la région des Maritimes a participé à trois missions (deux relevés au chalut de l'écosystème et un relevé océanographique saisonnier sur les sections du plateau) durant l'année civile 2020, auxquelles s'ajoutent les sorties quotidiennes en mer aux deux stations d'échantillonnage à haute fréquence. La mission saisonnière du printemps sur le plateau néo-écossais a été annulée en raison de la pandémie de COVID-19 empêchant les activités en mer. Au total, 302 occupations de stations hydrographiques ont été effectuées dont 116 incluaient également des échantillons prélevés par trait de filet (tableau 1).

### 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 12 et 8 reprises, respectivement, en 2020. Ceci est inférieur aux fréquences d'échantillonnage obtenues par le passé en raison des restrictions sur les activités en mer résultant de la pandémie de COVID-19. En conséquence, il n'y a eu aucun échantillonnage entre la mi-mars et le début juillet à la station HL2 ou pendant les mois d'avril, mai et juin à la station Prince-5. De plus, l'échantillonnage de décembre à la station P5 a dû être abandonné en raison des conditions climatiques inclementes.

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  $\mu\text{m}$ ) 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 (détroit de Cabot [CSL]; Louisbourg [LL]; Halifax [HL]; banc Browns [BBL]; figure 1) et 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 2020, l'échantillonnage sur les sections transversales était limité à la mission d'automne seulement (tableau 1). De plus, pour la section d'Halifax, les traits de filet verticaux n'ont pas pu être effectués aux stations HL3 à HL6 en raison des conditions météorologiques inclémentes dont des vitesses de vent élevées. Les estimations annuelles des indices du zooplancton pour HL sont quand même rapportées ici malgré l'échantillonnage limité en 2020 bien que leur interprétation requiert une attention particulière.

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.

## Relevés au chalut de l'écosystème

Le personnel du PMZA de la région des Maritimes a participé à deux relevés au chalut de l'écosystème en 2020. Le relevé d'hiver habituel dans l'ouest du SS et sur le banc de Georges (GB), auquel deux codes de mission distincts ont été assignés, s'est déroulé en mars. Le relevé d'été sur le SS et dans l'est du GoM s'est déroulé du début juillet jusqu'à la mi-août.

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 quelques profondeurs cibles et que les traits de filet verticaux (mailles de 202  $\mu\text{m}$ ) ne sont réalisés qu'à un sous-ensemble de stations (tableau 1 et figure 3).

La somme des teneurs en nitrate et en nitrite est rapportée dans le présent document sous le terme « nitrate ». Pour le relevé au chalut de l'écosystème effectué en été, les concentrations de nitrate en profondeur ont été interpolées sur une grille de latitude et de longitude de trois minutes en utilisant une technique d'estimation optimale (Petrie *et al.* 1996) permettant de générer des champs de propriétés au fond à l'intérieur des strates échantillonnées. La méthode d'interpolation utilise les trois plus proches voisins, les données se trouvant près du point de la grille d'interpolation étant plus pondérées proportionnellement que celles se trouvant plus loin. Le barème de pondération est décrit dans Petrie et Dean-Moore (1996), avec des échelles de distance horizontale de 30 km et une échelle de distance verticale de 15 m (pour une profondeur inférieure à 50 m) ou de 25 m (pour les profondeurs entre 50 et 500 m). Les concentrations d'oxygène en profondeur étaient interpolées de façon optimale en utilisant la même technique que pour le nitrate. Les concentrations d'oxygène étaient mesurées par CTD à l'aide d'un capteur à oxygène étalonné à partir des concentrations d'oxygène mesurées par la méthode de titrage de Winkler. Les valeurs de saturation en oxygène au fond sont rapportées pour la mission d'été de 2020; cependant, les anomalies correspondantes ne sont pas rapportées ici puisque les moyennes climatologiques ne sont pas disponibles en raison du manque de données d'oxygène de qualité recueillies avant 2015.

---

## 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 du formol 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 de Mélange (CM) 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 (IS) est calculé comme suit :

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

où  $\sigma_{t-50}$  et  $\sigma_{t-z_{\min}}$  sont les valeurs 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, 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 des 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 données de couleur de l'océan collectées par le capteur «Aqua» du spectroradiomètre d'imagerie à résolution modérée (MODIS) sont utilisées dans le but de construire des séries chronologiques composites hebdomadaires pour différentes sous-régions statistiques. 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 (détroit de Cabot [CS], plateau néo-écossais est [ESS], plateau néo-écossais central [CSS], plateau néo-écossais

---

ouest [WSS], haut-fond Lurcher [LS], banc de Georges [GB]; figure 4). L'algorithme de rapport de bandes OC3M est utilisé pour dériver la concentration de chlorophylle *a* à partir de la réflectance mesurée par télédétection, tel que décrit dans O'Reilly *et al.* (1998) avec les coefficients de l'algorithme accessibles sur le site [Web OceanColor Web chlorophyll-a de la NASA](#) (consulté le 23 novembre 2021). Notez que l'algorithme OC3M a été modifié pour tenir compte du biais aux faibles concentrations de chlorophylle *a* selon Hu *et al.* (2012). Des statistiques de base (moyenne, écart-type) sont extraites des images composites hebdomadaires à des fins de visualisation du cycle annuel et de la variabilité interannuelle de la chlorophylle de surface pour chaque sous-région. Les paramètres de la floraison printanière du phytoplancton sont estimés à partir des données MODIS hebdomadaires 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 sous la courbe de Gauss) et l'amplitude (concentration de chlorophylle maximale moins la concentration ambiante). L'application PhytoFit a été utilisée pour calculer les paramètres de la floraison printanière (Clay et Layton 2021).

## 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 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 (R Core Team 2021) 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 2020, les estimations saisonnières n'ont été calculées que pour l'automne en raison de l'absence de 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. Pour l'inventaire de chlorophylle *a*, les estimations basées sur les valeurs non transformées et transformées en logarithme sont présentées dans ce rapport pour fins de comparaison avec les estimations présentées dans les rapports publiés antérieurement. 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.* 2020) comme mesure de l'effet global de l'année.

Les indices de zooplancton dérivés des données recueillies lors des relevés au chalut de l'écosystème sont calculés différemment dans ce rapport comparativement aux rapports précédents. La moyenne saisonnière est calculée 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 2021) 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 sauf pour les cas mentionnés explicitement (e.g., les mesures par télédétection de la chlorophylle *a* de surface et les paramètres de la floraison printanière utilisent une période de référence de 2003–2020 en raison de données manquantes avant 2003). À noter que dans les rapports antérieurs, les anomalies annuelles étaient calculées par rapport à la période climatologique 1999–2015. 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 un tableau synoptique par zone comprenant des observations provenant de toutes les régions visées par le PMZA (MPO 2021) 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, 15, 18–20, 23–34 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 estimations hebdomadaires de chlorophylle *a* présentées aux figures 16 et 21 sont disponibles sur le [site FTP MODIS](#) de la région des Maritimes (consulté le 23 novembre 2021) et les données des indices de la floraison printanière du phytoplancton utilisées pour générer les figures 17 et 22 sont disponibles sur demande auprès de [l'auteur correspondant](#).

## 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 23 novembre 2021) 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 23 novembre 2021) à 2, 5, 10 et 60 m de profondeur. Seuls les échantillons de zooplancton prélevés de 1999 à 2002 et de 2012 à 2017 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 2020.

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 concordance saisonnière entre les conditions 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  $\mu\text{m}$ ). 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 indices sont utilisés pour indiquer les changements relatifs de concentration au fil du 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 : WSS, 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.* 2021). 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., Yashayaev *et al.* 2019). En 2019, l'échantillonnage à l'aide du CPR a été effectué pendant 12 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 à 2015, lesquelles sont comparées aux valeurs des mois échantillonnés en 2019. 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 ont été remplies dans les deux régions du SS en 2019.

## OBSERVATIONS

### PROPRIÉTÉS OPTIQUES ET DE MÉLANGE

À la station HL2, la CM est la plus profonde et l'IS 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 CM 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'IS augmente au printemps pour atteindre des valeurs maximales au mois d'août et septembre, puis chute durant les mois d'automne. Puisque l'IS est calculé en utilisant une profondeur de référence de 50 m, les faibles valeurs de l'IS coïncident généralement avec des profondeurs de la CM de plus de 50 m. Inversement, les CM moins profondes (< 50 m) correspondent à des valeurs d'IS plus élevées qui sont déterminées par l'intensité de la pycnocline sous la CM.

En 2020, la profondeur de la CM à la station HL2 était variable pendant les mois d'hiver (figure 6). L'échantillonnage du 4 février et du 20 mars ont indiqué une CM considérablement moins profonde que la normale qui était associée à la présence d'eau plus salée dans la partie supérieure de la colonne d'eau (4 février) et au refroidissement de la couche de 25 m à 40 m (20 mars). Ces CM moins profondes ont été observées respectivement avant et tout juste après des périodes de rafales de vent supérieures à la normale telles qu'enregistrées à l'aéroport d'Halifax (figure 7). La CM du 1er mars était plus profonde que 50 m et, comme prévu, correspondait à la faible valeur SI observée pour cet échantillonnage. La CM et l'IS sont restés proches des valeurs normales pendant les mois d'été et d'automne où il y eu échantillonnage (figure 6).

À la station P5, la profondeur de la CM 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'IS 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 CM varie d'une profondeur quasi complète (90 m) en hiver, pour s'établir à environ 40 m en été (figure 6).

En 2020, la profondeur de la CM à P5 était quelque peu variable pendant les mois d'hiver mais principalement proche des valeurs saisonnières (figure 6). La CM était moins profonde que la normale pendant les mois d'été et plus profonde que la normale pendant les mois d'automne (figure 6) malgré des rafales de vent relativement proches des valeurs normales à l'automne telles qu'enregistrées sur l'île Grand Manan (figure 7). Cela vient renforcer la prédominance du mélange associé aux marées dans la régulation de la CM à P5. L'IS était proche de la normale en 2020 pour chaque mois où l'échantillonnage a eu lieu (figure 6).

La zone euphotique ( $Z_{\text{eu}}$ ) 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 2020, les estimations de la  $Z_{\text{eu}}$  n'étaient disponibles que pour les occupations du début de l'hiver et de l'automne à HL2 puisque les occupations d'été ont eu lieu au coucher du soleil ou durant la nuit. Les profondeurs euphotiques basées sur le PAR sont restées proches des valeurs normales pour les cinq dates d'échantillonnage disponibles à HL2 alors que les  $Z_{\text{eu}}$  estimées à partir du

---

disque de Secchi montraient une plus grande variabilité par rapport aux valeurs normales (figure 8).

À la station P5, 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 2020, les profondeurs euphotiques basées sur le PAR étaient proches de la normale tout au long de l'année à P5, à l'exception des valeurs inférieures à la normale en mars et octobre où l'écart par rapport à la climatologie était un peu plus élevé (figure 8). Les profondeurs euphotiques basées sur le disque de Secchi suivaient de près les profondeurs euphotiques basées sur le PAR, à l'exception de l'échantillonnage d'octobre où la profondeur estimée de la  $Z_{eu}$  correspondait à la valeur climatologique.

## 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, l'information sur les inventaires de silicate et de phosphate étant 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 entre la fin du printemps et le 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).

En 2020, les concentrations de nitrate dans la couche supérieure de 50 m étaient près ou légèrement supérieures à la normale en hiver à la station HL2 (figure 10). L'événement de mélange profond du 1<sup>er</sup> mars semble avoir contribué au flux ascendant de nitrate vers la surface, résultant en un inventaire de surface supérieur à la normale tel que mesuré le 20 mars (figure 10). L'inventaire de nitrate en surface était principalement inférieur aux valeurs climatologiques à la mi-juillet (figure 10) en raison de l'appauvrissement dans la couche supérieure s'étendant plus profondément qu'à la normale jusqu'à environ 40 m (figure 9). De même, l'inventaire de nitrate en surface était principalement inférieur aux valeurs climatologiques à l'automne (figure 10) en raison d'une période d'épuisement en surface plus longue que la normale ayant duré jusqu'à la mi-décembre (figure 9). L'inventaire du nitrate en profondeur était près ou inférieur à la normale pendant les mois d'hiver (figure 10) principalement en raison des faibles concentrations observées dans la plage de profondeur de 60 m à 80 m en janvier et février (figure 9). L'inventaire du nitrate en profondeur était inférieur à la normale à la mi-juillet (figure 10) en raison d'une diminution transitoire des nitrates de fond à ce moment-là (figure 9). L'inventaire du nitrate en profondeur était majoritairement normal à l'automne à l'exception d'une valeur supérieure à la normale à la mi-décembre (figure 10) coïncidant avec un apport de nitrates au fond de la colonne d'eau (figure 9). Dans l'ensemble, les inventaires annuels de nitrate en surface et en profondeur à la station HL2 étaient

---

légèrement inférieurs à la moyenne en 2020 et ce pour les 5 à 7 dernières années (figure 11). Parallèlement aux conditions de nitrate, les inventaires annuels de silicate et de phosphate en surface et en profondeur étaient également près ou inférieurs à la normale à la station HL2 en 2020, poursuivant les tendances des 4 à 7 dernières années (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'évaluation complète de l'état des éléments nutritifs pour 2020 est compromise puisque les éléments nutritifs n'ont été mesurés que pour 6 occupations au cours de l'année. Les deux occupations hivernales indiquaient des niveaux inférieurs ou légèrement inférieurs à la normale des inventaires de nitrate en surface et en profondeur (figure 10), vraisemblablement dû à un épuisement du nitrate plus précoce que la normale sur toute la colonne d'eau (figure 9). Les quatre occupations d'été et du début d'automne ont toutes indiqué des niveaux près de la normale des inventaires de nitrate en surface et en profondeur (figure 10). Dans l'ensemble, les inventaires annuels de nitrate en surface et en profondeur à la station P5 étaient légèrement inférieurs à la moyenne en 2020 pour une sixième année consécutive (figure 11). Parallèlement aux conditions de nitrate, les inventaires annuels de silicate et de phosphate en surface et en profondeur étaient respectivement près ou inférieurs à la normale à la station P5 en 2020 (figure 11).

### **Relevés à vaste échelle**

Puisqu'il n'y a pas eu de relevé saisonnier au printemps 2020, l'analyse des éléments nutritifs à grande échelle sur les sections principales est limitée aux observations d'automne. Par conséquent, les niveaux de nitrate dans la couche supérieure de 50 m indiquaient des conditions d'épuisement à presque toutes les stations de toutes les sections (figure 12). Les anomalies de nitrate de surface étaient nulles ou négatives sur la plupart des sections à l'exception des stations les plus à l'est de la section CSL (CSL5 et CSL6) et de la station extracôtière de la section HL (HL7) où des anomalies positives ont été observées (figure 12). Dans l'ensemble, les anomalies des estimations annuelles de l'inventaire de nitrate de surface étaient près de la normale pour CSL et HL, et négatives pour LL et BBL (figure 11). Pour la couche de 50–150 m, des anomalies positives ont également été observées du côté est du détroit de Cabot (CSL5 et CSL6) et aux stations extracôtières de HL (HL6 et HL7) alors que des anomalies mixtes étaient observées aux stations extracôtières de LL (LL7, LL8 et LL9) et majoritairement négatives aux stations profondes de BBL (BBL6 et BBL7) (figure 12). Par conséquent, les estimations annuelles de l'inventaire de nitrate en profondeur (> 50 m) étaient près de la normale ou au-dessus de la normale sur CSL et HL, respectivement, et légèrement inférieures ou inférieures à la normale sur LL et BBL, respectivement (figure 11). Les inventaires annuels de silicate et de phosphate en surface et en profondeur étaient inférieurs ou légèrement inférieurs à la normale sur toutes les sections en 2020, particulièrement sur BBL où les anomalies pour le phosphate en surface et en profondeur ont atteint leur plus bas niveau de la série temporelle (figure 11). Pour le silicate et le phosphate en profondeur, la tendance d'anomalies principalement négatives se poursuit depuis 2014 (figure 11).

---

Les anomalies de la concentration de nitrate au fond dérivées des observations obtenues lors du relevé au chalut de l'écosystème à l'été 2020 ont montré une grande variabilité spatiale entre des valeurs positives et négatives dans la région. Des anomalies positives ont été observées principalement le long du côté ouest du chenal Laurentien bien que l'échantillonnage dans ce secteur était dispersé, du côté ouest du Gully, dans les eaux moins profondes des bancs d'Émeraude et de Browns, dans les eaux plus profondes des bassins de Georges et de Jordan, dans l'est du GoM et dans la BoF (figure 13). Les anomalies négatives se sont propagées principalement d'est en ouest sur la partie intérieure du SS et aussi sur des parties du SS près du talus (e.g., Banquereau, l'Île de Sable et banc Western, et les bancs de LaHave et Baccaro) (figure 13).

Les niveaux de saturation en oxygène les plus faibles sont habituellement observés dans les bassins profonds et les eaux profondes du talus, où les concentrations en éléments nutritifs sont les plus élevées. En juillet 2020, des valeurs de saturation en oxygène au fond proches ou inférieures à 60 % ont été observées principalement dans les eaux plus profondes du côté ouest du chenal Laurentien, dans les bassins d'Émeraude et de LaHave, dans les eaux du talus continental du centre, dans le chenal Nord-Est et dans l'est du GoM (figure 14).

## 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 du phytoplancton 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 moindres 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).

### Stations d'échantillonnage à haute fréquence

En 2020, l'absence d'échantillonnage à la station HL2 au printemps a empêché toute description de la floraison printanière du phytoplancton en termes de début, de durée, d'amplitude ou de magnitude. L'échantillonnage effectué en mars indiquait des valeurs inférieures à la normale de la chlorophylle *a* intégrée malgré la diminution apparente de la CM observée pour l'échantillonnage du 20 mars. Les faibles valeurs de la chlorophylle *a* intégrée jusqu'au 20 mars suggèrent que le début de la floraison était considérablement retardé par rapport aux conditions climatologiques (figure 15). Les observations de chlorophylle *a* mesurées par télédétection, bien que basées sur un nombre limité de pixels (maximum 5), suggèrent que le début de la floraison printanière à HL2 s'est produit un peu plus tard que la normale au début avril, avec une durée légèrement plus courte et une magnitude proche de la normale (figures 16 et 17). Il y a eu production d'été dans la couche de 30–50 m en juillet et août bien que les valeurs de la chlorophylle intégrée soient demeurées près des normales climatologiques (figure 15). Le pic de chlorophylle sous la surface était dominé par les flagellés (figure 18). Des conditions de floraison automnale ont été observées à la fin novembre/début décembre probablement en réponse à un flux ascendant de nitrate. Le moment de la floraison automnale était plus tardif que la normale, et son intensité s'est simplement traduite par des valeurs presque normales de l'inventaire de chlorophylle probablement en raison du faible flux lumineux

---

à ce moment de l'année (figure 15). La communauté du phytoplancton à l'automne était également dominée par les flagellés qui semblaient plus dominants que la normale (figure 18). Dans l'ensemble à la station HL2, l'estimation annuelle de l'inventaire de chlorophylle *a* intégrée sur 0–100 m était légèrement inférieure à la normale en 2020 continuant des valeurs près ou légèrement inférieures à la normale depuis 2016 (figure 19). L'abondance annuelle estimée des diatomées est restée inférieure à la moyenne tandis que celle des flagellés et des ciliés était supérieure à la moyenne en 2020, poursuivant la tendance des 5 à 6 dernières années (figure 19). Cependant, les estimations annuelles de l'inventaire de la chlorophylle *a* et de l'abondance des diatomées pourraient être biaisées en raison de l'absence d'échantillonnage pendant la période printanière, période critique au cours de laquelle ces indices atteignent des valeurs maximales.

À la station P5, la floraison printanière du phytoplancton commence généralement en mars–avril et plafonne en juin. Comme pour la station HL2, l'absence d'échantillonnage à la station P5 en avril, mai et juin n'a pas permis de décrire la floraison printanière du phytoplancton à partir des mesures *in situ*. De plus, les paramètres de la floraison printanière dérivés des observations par télédétection pour la station P5 doivent également être interprétés avec prudence en raison du nombre limité de pixels (maximum 2) utilisés pour leur évaluation (figures 16 et 17). Les concentrations de chlorophylle *a* diminuent généralement en juillet après le déclin de la floraison printanière. En juillet 2020, des concentrations de chlorophylle *a* inférieures à la normale ont été observées en dessous de 15 m se traduisant ainsi par une faible valeur de la chlorophylle *a* intégrée à ce moment. Des conditions de floraison ont toutefois été observées en août, et indiquaient une durée de floraison plus courte que la normale avec une intensité supérieure à la normale près de la surface (figure 15 et 16). La communauté du phytoplancton lors de la floraison d'août était entièrement dominée par les diatomées (figure 18). Globalement à la station P5, l'inventaire de chlorophylle *a* était légèrement inférieur à la normale en 2020 pour une troisième année consécutive (figure 19). L'abondance des diatomées est restée inférieure à la moyenne tandis que l'abondance des dinoflagellés et des ciliés était supérieure à la moyenne en 2020, poursuivant la tendance des 10 à 12 dernières années (figure 19). L'abondance des flagellés était également légèrement inférieure à la normale en 2020 pour une troisième année consécutive bien que la variabilité interannuelle soit importante au cours des 10 dernières années (figure 19). Comme pour la station HL2, les estimations annuelles de l'inventaire de la chlorophylle *a* et de l'abondance des diatomées pourraient être biaisées en raison de l'absence d'échantillonnage pendant la période critique du printemps.

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

Les anomalies de l'inventaire annuel de chlorophylle *a in situ* intégrée de 2020 ont indiqué des niveaux près de la normale sur les sections CSL, HL et BBL, et un niveau légèrement supérieur à la normale sur LL (figure 20). Les estimations de la chlorophylle *a* près de la surface mesurées par télédétection fournissent un indicateur complémentaire de l'état de l'abondance du phytoplancton à grande échelle. Ces dernières étaient plus élevées que la normale sur toute la région, et en particulier sur le CSS et le WSS où des anomalies record ont été observées (figure 20). Notez que pour CSS, l'anomalie positive record peut être en partie attribuée à la valeur élevée de chlorophylle *a* observée en décembre (figure 21a).

Des tendances contradictoires entre l'inventaire de chlorophylle *a* intégré *in situ* et la chlorophylle *a* de surface mesurée par télédétection sont évidentes. Depuis 2016, l'inventaire intégré de chlorophylle *a in situ* 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 20). Un schéma contradictoire similaire est

---

également perceptible au cours des années précédentes (e.g., 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 estimations hebdomadaires de chlorophylle *a* de surface ont indiqué la floraison printanière la plus intense observée dans la sous-région CS où la concentration de surface maximale était presque le double de la valeur climatologique (figure 21a). Les concentrations hebdomadaires suggèrent également que la floraison printanière était légèrement devancée et d'une durée légèrement plus longue que la normale pour le CS (figures 21a et 22). Pour les sous-régions du SS (i.e., ESS, CSS et WSS), les anomalies dérivées de l'ajustement du modèle gaussien décalé ont indiqué un début de floraison soit près ou plus tard que la normale, et une durée de floraison soit près ou plus courte que la normale dans la région. L'amplitude et la magnitude étaient légèrement inférieures ou inférieures à la normale pour ESS et CSS, et légèrement au-dessus de la normale et près de la normale pour le WSS, respectivement (figure 22). Pour le CSS, les estimations dérivées du modèle gaussien décalé semblent incompatibles avec les observations de 2020 de la concentration de chlorophylle *a* de surface (figure 21a). Les concentrations de chlorophylle *a* de surface relativement faibles et variables ont suggéré des conditions de floraison printanière modestes pour GB en 2020 (figure 21b), bien que les estimations dérivées du modèle gaussien décalé suggèrent une floraison printanière plus précoce et plus longue que la normale avec des valeurs record minimale et maximale respectivement (figure 22). D'un autre côté, les concentrations élevées de chlorophylle *a* de surface ont révélé une longue et intense floraison automnale pour GB en 2020 (figure 21b). La faible variabilité annuelle de la chlorophylle *a* de surface dans la sous-région LS, où les eaux sont principalement mélangées par les marées, est telle qu'il est difficile de discerner les conditions de floraison (figure 21b) si bien que les différents indices de la floraison doivent être interprétés avec précaution pour cette sous-région. À l'exception de l'amplitude, les paramètres de la floraison printanière illustrées à la figure 22 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 un biais important dans les anomalies résultantes pour une sous-région donnée.

## ZOOPLANCTON

### Stations d'échantillonnage à haute fréquence

La biomasse du zooplancton est présentée en termes de biomasse humide totale pour le zooplancton de taille supérieure à 0,202 mm et de biomasse sèche pour le zooplancton de taille comprise entre 0,202 mm et 10 mm. Par conséquent, les estimations de la biomasse sèche sont une représentation de la classe de taille 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 montre la figure 23, il existe une forte similitude entre les tendances de variabilité annuelle de la biomasse sèche et de la biomasse humide aux stations HL2 et P5.

À la station HL2, la biomasse et l'abondance du zooplancton total sont habituellement les plus faibles en janvier et en février, et augmentent pour atteindre des valeurs maximales au mois d'avril, similairement au pic de floraison printanière du phytoplancton, avant de décliner de nouveau à l'automne (figures 23 et 24). En 2020, la biomasse de zooplancton était proche ou inférieure à la normale en hiver et est restée inférieure à la normale jusqu'à la fin mars, date à

---

laquelle elle commence généralement à augmenter (figure 23). Cependant, l'augmentation de la biomasse n'a pas été observée en raison de l'absence d'échantillonnage au printemps. La biomasse de zooplancton était proche des niveaux normaux pendant l'été, à l'exception de l'échantillonnage de la mi-juillet où elle était plus du double de la valeur climatologique. Au cours de l'automne, la biomasse était de nouveau près des niveaux normaux, à l'exception de l'échantillonnage de la fin octobre qui indiquait une valeur inférieure à la normale (figure 23). Un patron similaire a été observée pour l'abondance totale du zooplancton avec une abondance inférieure à la normale à la fin mars et à la fin octobre, et une abondance supérieure à la normale à la mi-juillet (figure 24). Globalement, la biomasse du zooplancton était normale à HL2 en 2020 (figure 25) bien que la moyenne annuelle soit vraisemblablement biaisée par la valeur élevée observée à la mi-juillet.

À la station P5, la biomasse et l'abondance totale du zooplancton sont habituellement les plus faibles entre les mois de janvier et mai, et augmentent jusqu'à atteindre des valeurs maximales entre les mois de juillet et septembre, en retard d'environ un mois par rapport à la croissance du phytoplancton, avant de décliner de nouveau à la fin de l'automne (figures 23 et 24). En 2020, la biomasse du zooplancton était proche de la normale pendant la plupart des mois où l'échantillonnage a eu lieu, à l'exception d'août où la biomasse était inférieure à la normale (figure 23), peut-être en réponse à la faible abondance de chlorophylle observée en juillet (figure 15). La biomasse de zooplancton, bien que généralement faible durant l'hiver était même légèrement inférieure aux valeurs climatologiques (figure 23). Dans l'ensemble, la biomasse annuelle moyenne du mésozooplancton était légèrement inférieure à la normale en 2020 (figure 25). L'abondance totale du zooplancton en 2020 était proche de la normale en hiver, mais variable en été et au début de l'automne, avec des niveaux supérieurs à la normale observés en juillet et en septembre (figure 24).

La communauté de zooplancton à la station HL2 en 2020 était dominée par les copépodes, représentant environ 90% ou plus de l'abondance totale du zooplancton au cours des mois où l'échantillonnage a eu lieu (figure 24). L'abondance totale du zooplancton a atteint une valeur minimale au début octobre, coïncidant avec une abondance relative supérieure à la normale des non-copépodes (ampiphodes, gastropodes, limaces, bryozoaires et *Themisto* spp.) groupés sous la rubrique « Autres » (figure 24). Dans l'ensemble à la station HL2 en 2020, l'abondance des copépodes et des non-copépodes étaient toutes deux inférieures à la normale (figure 25). À la station P5 en 2020, l'abondance moyenne annuelle des copépodes était proche de la normale et celle des non-copépodes était plus élevée que la normale (figure 25). L'abondance relative plus élevée d'ascidies et de cirripèdes («Autres») en janvier et mars, respectivement, *Fritillaria* spp. (Appendiculaires) en janvier–mars, *Podon leuckartii* (Cladocères) en juillet, et des euphausiacés en août semblent avoir contribué à une abondance annuelle moyenne plus élevée des non-copépodes (figures 24 et 25).

À la station HL2 en 2020, l'abondance de *C. finmarchicus* était inférieure à la normale à la fin de l'hiver (1<sup>er</sup> et 20 mars) avec une proportion de stade CVI supérieure à la normale (figure 26) suggérant une fin précoce de la période de diapause. Au cours de l'été, l'abondance de *C. finmarchicus* a atteint un niveau de pointe plus du double de la valeur climatologique (figure 26), coïncidant avec les niveaux extrêmes de biomasse de zooplancton et d'abondance totale de zooplancton signalés précédemment (figures 23 et 24). L'absence d'une deuxième génération se développant habituellement durant l'été est vraisemblablement liée à l'abondance de *C. finmarchicus* inférieure à la normale et à la prédominance du stade CV durant l'automne (figure 26). Globalement à la station HL2, l'abondance de *C. finmarchicus* était inférieure à la normale en 2020 (figure 25). À la station P5, l'abondance de *C. finmarchicus* était légèrement inférieure ou inférieure à la normale au cours de chacun des mois où l'échantillonnage a eu lieu en 2020 (figure 26). En juillet, la population de *C. finmarchicus* était complètement dominée par le stade

---

CI (figure 26) coïncidant avec une abondance presque nulle du *C. finmarchicus* et une faible abondance de chlorophylle observées à ce moment-là (figure 15). Une deuxième génération de *C. finmarchicus*, bien qu'à des valeurs d'abondance sous la normale, a semblé se développer à l'automne (figure 26) peut-être en réponse aux conditions de prolifération du phytoplancton observées en août (figure 15). Globalement à station P5, l'abondance de *C. finmarchicus* était inférieure à la normale en 2020 (figure 25).

À la station HL2, l'abondance totale des copépodes (figure 27a) a suivi le même patron que celui de la biomasse du zooplancton (figure 23), de l'abondance totale du zooplancton (figure 24) et de l'abondance de *C. finmarchicus* (figure 26) avec des niveaux inférieurs à la normale à la fin de l'hiver et à l'automne, et une valeur maximale supérieure à la normale à la mi-juillet tel que décrit précédemment. *Metridia* spp. et le petit copépode *Oithona atlantica* étaient légèrement ou plus abondants que la normale en 2020 (figure 28) tandis que la plupart des autres espèces de copépodes dominants et sous-dominants étaient moins abondants que la normale (figure 28), y compris *Pseudocalanus* spp. (figure 25 et 28). À la station P5 en 2020, l'abondance totale des copépodes (figure 27b) a suivi un schéma similaire à l'abondance totale du zooplancton (figure 24) avec des valeurs supérieures à la normale enregistrées en juillet et septembre. L'abondance des *Pseudocalanus* spp. était proche de la normale en 2020 (figure 25 et 28). Le *Microcalanus* spp. était absent de tous les échantillons collectés à la station P5 en 2020, d'où la forte anomalie annuelle négative pour cette espèce (figure 28). Les espèces sous-dominantes *Acartia* spp., *Temora longicornis* et *Eurytemora* spp. ont indiqué les anomalies annuelles positives les plus fortes en 2020 (figure 27b).

## Relevés à vaste échelle

En 2020, l'échantillonnage du zooplancton par traits de filet sur la section HL a eu lieu à seulement 3 stations pendant le relevé d'automne. Par conséquent, les estimations saisonnières et annuelles des indices de zooplancton pour la section HL sont vraisemblablement fortement biaisées en raison de l'échantillonnage limité. Pour cette raison, les tendances des indices de zooplancton à grande échelle ne sont discutées que pour les sections CSL, LL et BBL, et les relevés au chalut de l'écosystème.

La biomasse du mésozooplancton pendant le relevé d'automne 2020 était légèrement inférieure à la normale sur CSL et LL, et près de la normale sur BBL (figure 29). Le même patron a été observé dans une certaine mesure dans les anomalies annuelles de la biomasse estimées avec le modèle statistique (figure 25). L'anomalie de biomasse légèrement positive observée durant l'automne sur BBL semblait être attribuable à la valeur relativement élevée de la biomasse enregistrée à la station BBL4 (figure 29). La biomasse sèche du mésozooplancton au cours du relevé au chalut de l'écosystème de l'hiver 2020 a indiqué une anomalie légèrement négative sur la zone 5Ze, un contraste marqué par rapport à 2019 lorsqu'une anomalie positive record avait été observée pour cette zone (figure 30). La biomasse sèche du mésozooplancton pendant le relevé au chalut de l'écosystème de l'été sur le SS était près de la normale dans les zones 4V et 4X, et supérieure à la normale dans la zone 4W (figure 30). Pour la zone 4W, l'anomalie estivale positive semblait être due aux valeurs de biomasse relativement élevées observées dans la partie ouest de la zone 4W (figure 30).

L'abondance de *C. finmarchicus* lors du relevé de l'automne 2020 était normale sur CSL, LL, et légèrement supérieure à la normale sur BBL (figure 31). Le même patron a également été observé dans les anomalies annuelles de l'abondance de *C. finmarchicus* estimée à partir du modèle statistique (figure 25). L'abondance de *C. finmarchicus* était inférieure à la moyenne dans la zone 5Ze lors du relevé au chalut de l'écosystème de l'hiver 2020 (figure 32).

L'abondance de *C. finmarchicus* pendant le relevé au chalut de l'écosystème de l'été sur le SS était près de la normale dans les zones 4V et 4X, et plus élevée que la normale dans la zone

---

4W (figure 32). Pour la zone 4W, l'anomalie estivale positive semblait de nouveau être due aux valeurs d'abondance relativement élevées observées dans la partie ouest de la zone 4W (figure 32).

L'abondance annuelle de *Pseudocalanus* spp. en 2020, espèces dominantes de copépodes de petite taille sur le SS, était inférieure à la normale sur CSL et LL, et légèrement au-dessus de la normale sur BBL (figure 25). L'abondance totale des copépodes était proche de la normale sur CSL et LL, et légèrement supérieure à la normale sur BBL en 2020 (figure 25). L'abondance des non-copépodes était principalement légèrement inférieure à la normale sur CSL et LL, et légèrement au-dessus de la normale sur BBL en 2020 (figure 25). Les anomalies d'abondance des appendiculaires, euphausiacés et ostracodes étaient particulièrement faibles en 2020 (figure 33). Pour les ostracodes, cela a continué une tendance de 5 ans d'anomalies fortement négatives (figure 33). En revanche, l'abondance des chaetognathes, polychètes, échinodermes et amphipodes était près ou supérieure à la normale en 2020 (figure 33). Pour les chaetognathes, les polychètes et les échinodermes, cela a représenté un passage d'anomalies négatives à positives de 2019 à 2020 (figure 33).

### 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* arctiques (*Calanus hyperboreus* et *Calanus glacialis*) sont principalement moins abondantes que la normale sur le SS depuis 2012. Cependant, des signaux mixtes ont été observés en 2020, avec une abondance principalement inférieure à la normale enregistrée sur CSL, LL et à la station P5, tandis que BBL et la station HL2 ont montré des abondances près ou légèrement supérieures à la normale, respectivement (figure 34). Les espèces de copépodes d'eaux chaudes extracôtières (*Clausocalanus* spp., *Mecynocera clausi* et *Pleuromamma borealis*) sont généralement plus abondantes que la normale sur le SS depuis 2012. En 2020, les anomalies d'abondance étaient majoritairement près de la normale ou légèrement négatives à l'exception de la station HL2 où une anomalie positive a été enregistrée (figure 34). Les anomalies d'abondance des espèces de copépodes d'eaux chaudes côtières (les copépodes d'été et d'automne *Paracalanus* spp. et *Centropages typicus*) étaient mixtes (figure 34). Dans la plupart des cas, cela représentait un passage d'anomalies d'abondance proches de zéro ou négatives à des anomalies d'abondance positives, ou vice-versa, de 2019 à 2020 (figure 34).

### IMPACTS DES MISSIONS SAISONNIERES MANQUANTES

Tel que décrit dans la section des Méthodes, les moyennes annuelles des indices clés tels que les inventaires de chlorophylle *a* et des éléments nutritifs, et l'abondance ou la biomasse du zooplancton, sont estimées à l'aide d'un modèle linéaire généralisé (GLM). Le GLM permet de réduire le biais dans les estimations des moyennes annuelles lorsque l'échantillonnage est déficient (e.g., les stations non échantillonnées sur une section au cours d'une mission donnée). La mission saisonnière du printemps 2020 ayant été annulée, une analyse de sensibilité a été développée pour évaluer le biais introduit dans l'estimation des moyennes et des anomalies annuelles résultant de la mission manquante.

L'analyse a été effectuée pour chacun des indices clés rapportés dans le cadre des relevés saisonniers du printemps et de l'automne sur les sections principales tels que présentés dans les figures 11, 20, 25 et 34. Pour chaque indice, les moyennes annuelles ont été calculées pour les années où les données sont disponibles à toutes les stations d'une section au printemps ainsi qu'à l'automne. Cette condition d'occupation complète garantit que le biais dans les estimations annuelles du GLM est éliminé puisque les moyennes annuelles calculées à partir du

---

modèle sous occupation complète coïncident avec les moyennes annuelles arithmétiques calculées directement à partir des données. Les années d'occupation complète variaient légèrement entre les différents indices et sections (figures 35a et 35b). Pour chaque indice et section, les anomalies annuelles ont été calculées par rapport à des moyennes pseudo-climatologiques. Le terme moyenne pseudo-climatologique fait référence ici au sous-ensemble des années où l'occupation annuelle est complète pour un indice et une section donnés. Afin d'évaluer le biais associé aux relevés manquants, les estimations du modèle et les anomalies qui en résultent ont été calculées en fixant successivement les données du printemps comme manquantes au cours de chaque année ciblée pour chaque indice et section. Pour chaque indice, les moyennes estimées selon les deux scénarios (occupation complète et printemps exclus) ont été comparées visuellement à l'aide de graphes de nuage de points pour évaluer globalement les différences entre les deux valeurs (figures 36a et 36b). La différence entre les deux estimations, exprimée sous forme d'anomalies normalisées, fournit une mesure du biais résultant des données de printemps manquantes; ces différences ont été tracées en fonction du temps pour examiner les tendances et leur amplitude (figures 37a et 37b). Les anomalies annuelles et saisonnières d'automne pour les années d'occupation complète ont également été comparées afin d'évaluer si l'anomalie annuelle estimée résultant de l'échantillonnage printanier manqué peut être déduite de l'anomalie saisonnière d'automne tel que calculée à partir des données d'automne saisonnières lorsque disponibles (figures 38a et 38b). La relation entre les anomalies annuelles et automnales a été évaluée à l'aide des coefficients de corrélation de Pearson. Les anomalies annuelles estimées ont ensuite été comparées aux anomalies saisonnières d'automne calculées pour 2020 à la lumière de leur corrélation respective afin d'évaluer qualitativement le niveau de confiance et de cohérence entre les deux quantités (figure 39).

L'analyse n'a révélé aucun changement systématique vers des moyennes annuelles estimées supérieures ou inférieures résultant de l'exclusion des données printanières lorsque comparées aux moyennes annuelles non biaisées, et ce pour aucun des indices (figures 36a et 36b). La dispersion autour de la droite d'identité indique une variabilité relativement élevée pour l'inventaire du nitrate et du silicate de surface et de la chlorophylle *a*, qui sont des indices caractérisés par un fort cycle annuel. En revanche, les éléments nutritifs profonds, caractérisés par une saisonnalité plus faible, présentent une variabilité plus faible. Pour les indices de zooplancton, la variabilité est modérée, sauf pour la biomasse sèche qui montre la plus faible variabilité globale (figures 36a et 36b).

Tel qu'observé pour les moyennes annuelles, l'analyse n'a révélé aucune tendance robuste suggérant une surestimation ou une sous-estimation des anomalies annuelles normalisées résultant de l'exclusion des données printanières lorsque comparées aux anomalies annuelles non biaisées (figures 37a et 37b). Cependant, le haut niveau de dispersion suggère une plus grande incertitude lorsque l'échantillonnage printanier est manquant. Les anomalies résultant de l'exclusion des données de printemps sont généralement à l'intérieur de  $\pm 2$  ét des anomalies non biaisées, bien que des valeurs extrêmes atteignant près de  $\pm 4$  ét soient également observées (figures 37a et 37b).

Pour plusieurs indices, il existe une forte corrélation entre les valeurs des anomalies annuelles et automnales (figures 38a et 38b). Des corrélations positives particulièrement fortes sont observées pour les indices des éléments nutritifs profonds et la plupart des indices de zooplancton comme le montre les points s'alignant près de la droite d'identité. En revanche, des corrélations plus faibles sont observées pour l'inventaire de nitrate et silicate en surface et de la chlorophylle *a*. La force de la corrélation exprime le niveau de confiance dans l'inférence de l'anomalie annuelle estimée sur la base de l'anomalie saisonnière automnale, tandis que le signe du coefficient de corrélation indique le degré de cohérence entre les deux quantités.

---

Un résumé des coefficients de corrélation, ainsi que les anomalies annuelles estimées et les anomalies saisonnières d'automne calculées pour 2020 sont présentés à la figure 39 pour chaque indice et section. Une corrélation négative, quoique faible, n'est observée que pour la chlorophylle *a* 0–100 m pour BBL. Étant donné que la plupart des corrélations sont positives, les anomalies annuelles estimées devraient être de même signe que les anomalies d'automne, ce qui est généralement observé pour la majorité des indices et des sections pour 2020, à l'exception de l'abondance des copépodes d'eaux chaudes extracôtières pour le LL et la biomasse du zooplancton pour HL, bien que la corrélation dans ce dernier cas soit faible. En revanche, de faibles corrélations sont associées à une incertitude plus élevée dans les anomalies annuelles estimées, ce qui est le cas pour le nitrate et le silicate de surface sur CSL et BBL, pour l'inventaire de chlorophylle *a* sur LL et BBL, et pour la biomasse de zooplancton sur HL. Notez que pour HL, les anomalies d'automne des indices du zooplancton sont inévitablement incertaines puisque des échantillons par trait de filet n'ont été collectés qu'à seulement 3 des 7 stations en 2020. Il y a donc un niveau élevé d'incertitude associé aux anomalies annuelles estimées des indices du zooplancton pour cette section malgré certains coefficients de corrélation modérés à élevés calculés pour ces indices.

En résumé, l'analyse décrite dans cette section a permis d'identifier les indices et les sections pour lesquels les anomalies annuelles estimées pour 2020 doivent être interprétées avec prudence. Sur la base des données recueillies au cours des années précédentes, les inventaires du nitrate et silicate de surface et de la chlorophylle *a* présentent le niveau d'incertitude le plus élevé en raison : i) de la forte variabilité des moyennes et des anomalies annuelles estimées résultant de l'exclusion des données de printemps, et ii) de la faible capacité à inférer l'anomalie annuelle à partir de l'anomalie d'automne en raison de la faible corrélation entre les deux quantités. De plus, les anomalies des indices du zooplancton pour la section HL pour 2020 doivent être interprétées avec prudence en raison de l'échantillonnage limité pour cette section.

## 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 (Hebert *et al.* 2021). Ces patrons temporels et spatiaux se traduisent 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 (2010 à 2020) étant généralement plus chaudes que la moyenne à long terme sur cette période. Un indice composite, regroupant 23 séries chronologiques de températures depuis la surface jusqu'au fond mesurées dans la région, a indiqué que 2020 était la 3<sup>e</sup> plus chaude des 51 années d'observations, 2012 étant la plus chaude jamais enregistrée (Hebert *et al.* 2021). Pour plusieurs indices, il s'agissait d'un changement par rapport à 2019 alors que des conditions plus froides avaient été observées. Les températures de l'eau de surface ont montré une variabilité spatiale avec des températures proches à supérieures à la normale dans toute la région. Les températures de l'eau à profondeur intermédiaire ou au fond étaient au-dessus de la normale dans toute la région. La stratification sur le SS était significativement plus faible en 2020 qu'en 2019 en raison de la

---

présence d'eau plus saline et plus chaude en surface et elle est restée inférieure à la tendance de la série chronologique des 73 dernières années qui montre une tendance à la hausse de la stratification. Le volume de la couche intermédiaire froide (CIL, de l'anglais « Cold Intermediate Layer ») était légèrement inférieur à la normale en 2020 et la température minimale de la CIL était supérieure à la normale. Les températures océaniques plus chaudes observées ces dernières années pourraient être directement ou indirectement responsables des 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, une production plus importante étant généralement associée à un appauvrissement en éléments nutritifs à la surface. Les éléments nutritifs en profondeur, en revanche, donnent une meilleure représentation de l'inventaire des éléments nutritifs disponibles pour la production primaire. Les concentrations des éléments nutritifs en eau profonde sont principalement inférieures à la normale depuis 2013 pour le silicate et le phosphate, et depuis 2016 pour le nitrate. À l'exception de CSL et HL, la tendance des concentrations de nitrate profond inférieures à la normale a persisté dans toute la région en 2020. Pour CSL et HL, une eau riche en éléments nutritifs était associée à de l'eau chaude et salée observée à l'automne dans la couche 100–150 m du côté est du détroit de Cabot et aux stations du talus de la section HL dans la couche 50–150 m (Hebert *et al.* 2021). Le récent changement dans l'inventaire des éléments nutritifs en profondeur est probablement lié aux changements dans la circulation sur le plateau ainsi qu'aux changements dans le transport du Gulf Stream et, dans une certaine mesure, à des changements dans l'exportation d'azote particulaire en surface et sa reminéralisation en profondeur. Une diminution des concentrations des éléments nutritifs en profondeur couplée à l'augmentation observée de la stratification sur le SS (Hebert *et al.* 2021) 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 *a* 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 dérivées des observations de la couleur de l'océan mesurées par télédétection et recueillies dans les sous-régions statistiques prédéfinies indiquaient principalement une initiation retardée, une durée plus courte que la normale et une magnitude inférieure à la normale sur le SS en 2020. Ce schéma concorde avec les observations de Friedland *et al.* (2018) suggérant des corrélations négatives entre le début et la durée, et entre le début et l'ampleur de la floraison. Cependant, les estimations spécifiques aux sous-régions prédéfinies peuvent s'avérer trompeuses en raison de la répartition spatiale inégale de la chlorophylle de surface. Les images composites hebdomadaires acquises par télédétection montraient en effet des conditions de floraison se développant autour de l'île de Sable au cours de la deuxième semaine de mars 2020 et progressant vers l'ouest le long du talus au cours des deux semaines suivantes, suggérant un début et une durée presque normaux. Cependant, les estimations pour l'ESS et le CSS n'ont pas capturé ces conditions de prolifération car elles se sont produites au-delà des limites de ces sous-régions. Les images composites hebdomadaires montraient aussi des concentrations de chlorophylle *a* de surface relativement élevées ayant apparues près de la côte au cours de la 3e semaine de mars; cependant, elles se sont propagées vers le CSS et le WSS qu'au cours de la 2e semaine d'avril et ont diminué au cours de la 3e semaine d'avril, confirmant le début tardif et la durée plus courte de la floraison pour ces sous-régions. Les conditions de floraison sur le SS en 2020 ont donc suivi dans une certaine mesure le schéma général de progression est-ouest (Song *et al.* 2010).

Les récentes observations à HL2 (2015 à aujourd'hui) suggèrent une abondance principalement inférieure à la normale des diatomées 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 abondance plus faible des diatomées et des dinoflagellés sur le WSS et une abondance plus élevée des flagellés sur l'ESS. Une diminution de l'abondance des diatomées affecte 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 concouru 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). Outre la section HL, où les estimés annuels de l'abondance et la biomasse sont incertaines en raison de l'échantillonnage limité sur cette section, la tendance à une abondance plus faible de *C. finmarchicus* et à une biomasse de zooplancton plus faible a persisté sur la majeure partie de la région en 2020, à l'exception de la zone sud-ouest où les deux paramètres étaient au-dessus ou légèrement au-dessus des niveaux normaux. À l'échelle saisonnière, l'abondance de *C. finmarchicus* était inférieure à la normale pendant l'hiver sur GB et proche ou supérieure à la normale pendant l'été sur le SS en 2020. Cela contraste avec les observations dans le GoM où le réchauffement a été lié à un déclin de l'abondance *C. finmarchicus* en été et en automne, et une augmentation de leur abondance en hiver depuis 2010 (Pershing et Stamieszkin 2020, Record *et al.* 2019). Des proportions élevées de stades adultes de *C. finmarchicus* en hiver pourraient indiquer un impact des températures plus élevées des eaux profondes sur la population en diapause, entraînant des taux de développement accrus et une fin précoce de la période de diapause bien avant la floraison printanière de phytoplancton. Parallèlement au déclin global de l'abondance de *C. finmarchicus* et de la biomasse du zooplancton, les observations à HL2 ont indiqué des changements persistants dans la communauté des copépodes avec une abondance généralement supérieure à la normale de petits copépodes depuis environ 2014, en particulier *Centropages* spp., *Oithona atlantica* et *Temora longicornis*. Par contre, l'abondance du *Pseudocalanus* spp. a été généralement inférieure à la normale au cours de la même période. 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). Le déclin de l'abondance des espèces de *Calanus* arctiques depuis 2011 est peut-être la réponse la plus directe aux températures plus chaudes observées au cours de cette période sur le SS.

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. En raison de la fréquence accrue des missions saisonnières annulées (e.g., automne 2019, printemps 2020), il est devenu nécessaire d'aborder l'impact de l'échantillonnage manquant sur les estimations annuelles des différents indices rapportés dans ce document afin de fournir des avis scientifiques fiables. L'analyse de sensibilité présentée dans ce rapport s'est concentrée sur l'effet de l'échantillonnage printanier manquant dans le contexte de la mission saisonnière annulée de 2020. L'analyse a indiqué que 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. L'analyse a également suggéré que 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. Pour fins de référence, une telle analyse devrait être étendue aux missions saisonnières d'automne manquantes en plus de développer une méthodologie spécifique adressant les lacunes dans d'autres protocoles d'échantillonnage (e.g., les stations d'échantillonnage à haute fréquence).

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 poissons pélagiques.

## PROGRAMME DE MONITORAGE DU BASSIN DE BEDFORD

### CONDITIONS PHYSIQUES

En raison de la pandémie de COVID-19 et de ses impacts sur la capacité à mener des programmes sur le terrain à l'Institut océanographique de Bedford, seulement 22 événements d'échantillonnage ont eu lieu à la station Compass Buoy dans le bassin de Bedford en 2020. La plage temporelle d'échantillonnage s'est étendue du 9 janvier au 16 mars et du septembre 29 au 22 décembre. Étant donné que les anomalies annuelles des conditions de fond et de surface (valeurs à 2 m, 5 m et 10 m combinées) étaient basées sur seulement 7 mois des saisons d'hiver et de fin d'été/début d'automne, plutôt que sur la moyenne nette des 12 anomalies mensuelles (Li 2014), l'interprétation des conditions moyennes annuelles doit être effectuée avec prudence.

La température de l'eau de surface en 2020 était près de la normale (+0,27 ét) par rapport à la période de référence 1999–2020 (figure 40). Cela contraste avec 2019 alors que l'anomalie annuelle de la température de surface était aussi près de la normale mais négative (-0,40 ét). Les anomalies mensuelles de la température de surface en 2020 étaient soit près de la normale ou légèrement au-dessus de la normale pour tous les mois échantillonnés, à l'exception d'octobre, qui était en dessous de la normale (-1,69 ét) et affichant la 3<sup>ième</sup> valeur la plus froide enregistrée pour ce mois depuis le début de la série chronologique en 1992 (figure 41).

Alors que la température moyenne annuelle au fond (60 m) était proche de la normale (+0,09 ét) en 2020 (figure 42), les anomalies mensuelles de la température au fond ont révélé des conditions près ou légèrement inférieures à la normale pour les 3 premiers mois de l'année (janvier à mars), et des conditions normales ou supérieures à la normale durant la dernière partie de l'année de septembre à décembre (figure 43). Ces anomalies mensuelles de température contrastent avec celles observées en 2019, qui étaient inférieures à la normale pour l'ensemble de l'année (figure 43). Les anomalies mensuelles de la salinité au fond ont montré une tendance similaire en étant inférieures à la normale de janvier à mars et supérieures à la normale de septembre à décembre (figure 44), octobre connaissant les conditions les plus salines (+2,35 ét) jamais enregistrées.

La stratification dans le bassin de Bedford est régulée saisonnièrement par le cycle de la température et annuellement par la salinité résultant de l'apport local d'eau douce en surface dans le bassin (Kerrigan *et al.* 2017). La colonne d'eau dans le bassin de Bedford est également influencée par le mélange vertical induit par le vent pendant les périodes de stratification plus faible en hiver et par le mélange latéral avec les eaux plus salées du plateau néo-écossais résultant de forts vents côtiers, de grandes marées et/ou de tempêtes qui surviennent au printemps et à l'automne (Kerrigan *et al.* 2017). Les salinités plus élevées observées dans les eaux profondes du bassin de Bedford d'octobre à décembre en 2020

---

suggèrent l'apport d'eau en provenance du plateau. Les profils temporels de température, de salinité et de densité et leurs anomalies par rapport à la période de référence 1999–2020 (figure 45) ont révélé des températures plus fraîches que la normale jusqu'à 30 m de profondeur en fin octobre/début novembre, suite à une période de réchauffement s'étant produite fin septembre/début octobre (bien que ce dernier soit basé sur un seul événement d'échantillonnage le 29 septembre 2020). Simultanément, des températures et des salinités supérieures à la normale se sont produites dans les 20 m inférieurs de la colonne d'eau au cours du même mois, ces dernières ayant persisté jusqu'à la fin de l'année. Ceci suggère qu'une masse d'eau plus salée et plus chaude que la normale se soit infiltrée dans le bassin au cours du mois d'octobre. De telles intrusions sont courantes à l'automne, et se produisent pendant les périodes de vents soutenus du sud-ouest et de fortes marées qui entraînent une remontée des eaux du plateau continental dans le port d'Halifax et au-delà du seuil du bassin de Bedford (Platt *et al.* 1972, Petrie *et al.* 1987, Burt *et al.* 2013). Bien que ces événements soient généralement de courte durée et ne contribuent pas à modifier la stratification verticale du bassin, ils ont un effet marqué sur la biogéochimie de ses eaux profondes (Punshon et Moore 2004, Burt *et al.* 2013, Haas *et al.* 2021).

## ÉTAT DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS ET DU PLANCTON

Les anomalies annuelles de nitrate à la surface et au fond étaient près ou légèrement supérieures à la normale en 2020, tandis que celles du nitrite, de l'ammoniac, du phosphate et du silicate étaient toutes près ou légèrement inférieures à la normale (figures 40 et 42). Le phosphate de surface était le plus bas jamais enregistré (-1,24 ét), poursuivant la tendance à la baisse observée depuis 2011. Le nitrate de fond était anormalement élevé en septembre (+1,94 ét), pour ensuite redescendre légèrement en dessous des conditions normales en octobre et novembre (figure 46). Un patron similaire a également été observé pour le silicate, le carbone (POC) et l'azote (PON) organique particulaire au fond (résultats non présentés). Ces changements ont coïncidé avec l'événement d'intrusion survenu en octobre (figure 45).

Les anomalies annuelles de la chlorophylle de surface, du POC et du PON, et d'autres paramètres décrivant la communauté du phytoplancton (e.g., pigments HPLC) étaient toutes neutres, légèrement positives ou positives en 2020 (figure 40). Cela contraste avec 2019 et 2018 où, à l'exception du POC et du PON en 2019, ces conditions étaient toutes légèrement inférieures à la normale. La chlorophylle et d'autres mesures du phytoplancton mesurées à 60 m ont montré un patron opposé aux conditions à la surface. Les anomalies de la chlorophylle a et du PON au fond étaient proches de la normale en 2020, tandis que toutes les autres mesures liées au phytoplancton étaient inférieures à la normale. À l'exception de 2016, les anomalies annuelles de la chlorophylle et des autres indices du phytoplancton au fond sont majoritairement neutres ou négatives depuis 2010.

## ENREGISTREUR DE PLANCTON EN CONTINU

### PHYTOPLANCTON

Les moyennes mensuelles du PCI et de l'abondance de 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 47). 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 2019, les valeurs du PCI étaient généralement proches de la normale, sauf en avril où elles étaient supérieures à la normale sur l'ESS. L'abondance mensuelle de diatomées était

---

inférieure à la normale à la fin de l'hiver (février–mars) et à l'automne (octobre–novembre) sur le WSS et à la fin du printemps (mai–juin) sur le l'ESS. Sinon, les niveaux de diatomées étaient proches de la normale dans les deux régions. Sur le WSS, l'abondance des dinoflagellés était généralement inférieure à la normale en automne et en hiver, normale au printemps et supérieure à la normale en été, tandis que sur l'ESS, les valeurs étaient inférieures à la normale durant la majeure partie de l'année, sauf en août. Les anomalies annuelles du PCI étaient positives (ESS) ou neutres (WSS) en 2019 alors que les anomalies annuelles d'abondance étaient négatives pour les diatomées et les dinoflagellés (figure 48). Depuis 1999, l'abondance des diatomées affiche une tendance à la baisse sur le WSS et l'ESS, tandis que sur l'ESS, une tendance à la hausse est observée pour le PCI et une tendance à la baisse est observée pour l'abondance des dinoflagellés. Ces observations sont cohérentes avec les observations de Casault *et al.* (2020) qui suggèrent une transition de la communauté du phytoplancton vers une communauté composée de taxons de plus petite taille.

## ZOOPLANCTON

Les cycles saisonniers climatologiques (1992–2015) 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 49). Sur l'ESS, les *Calanus* CI–IV suivent un pic similaire mais d'amplitude inférieure, mais pas pour le *C. finmarchicus* CV–VI. En 2019, l'abondance mensuelle de *Calanus* I–IV sur le WSS était inférieure à la normale pendant le pic printemps–été et près de la normale pour le reste de l'année (figure 49). Les niveaux de *C. finmarchicus* V–VI sur le WSS étaient près de la normale sauf entre mars et juillet où ils étaient inférieurs à la normale. Sur l'ESS en 2019, l'abondance mensuelle du *Calanus* I–IV était près de la normale en janvier et avril, quasiment nulle en juin et légèrement supérieure à la normale à la fin de l'été et à l'automne; un patron similaire a été observé pour le *C. finmarchicus* V–VI sur l'ESS (figure 49). L'échantillonnage par traits de filets verticaux à la station HL2 a indiqué des abondances annuelles relativement faibles pour *C. finmarchicus* depuis 2011, ce qui n'était pas évident auparavant dans les données du CPR du WSS ou de l'ESS (Casault *et al.* 2020). Cependant, l'inclusion des données du CPR de 2019 montre maintenant une tendance à la baisse de l'abondance annuelle du *Calanus* I–IV et du *C. finmarchicus* V–VI sur le WSS depuis 2014 (figure 48).

L'abondance annuelle des taxons de *Calanus* arctiques (*C. glacialis* et *C. hyperboreus*) était à des niveaux près de la normale dans les deux régions SS en 2019, tandis que les petits taxons de copépodes (copépodes nauplii, *Para-Pseudocalanus*, *Oithona*) étaient à des niveaux normaux ou inférieurs. Les abondances annuelles d'amphipodes hyperiides étaient près (WSS) ou au-dessus (ESS) des niveaux normaux, tandis que les niveaux d'euphausiacés étaient proches (WSS) ou inférieurs (ESS) à la normale (figure 48).

## ORGANISMES SENSIBLES À L'ACIDIFICATION

En 2019, les abondances des trois taxons sensibles à l'acidification (coccolithophores, foraminifères, *Limacina* spp.) étaient près (WSS) ou principalement inférieures (ESS) aux niveaux normaux (figure 48).

## SOMMAIRE

- En 2020, le protocole d'échantillonnage des stations d'échantillonnage à haute fréquence, des relevés saisonniers et du programme de monitoring du bassin de Bedford a été compromis en raison de la pandémie de COVID-19 empêchant 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.

- Les observations recueillies en 2020 ont fourni la preuve que des conditions plus chaudes, des inventaires globaux plus faibles des éléments nutritifs, et des changements dans la communauté planctonique observés ces dernières années se sont poursuivis. Ces changements sont susceptibles de modifier la productivité de l'écosystème pour lequel des impacts négatifs ont déjà été observés (e.g., l'habitat d'alimentation des planctivores spécialisés tels que la baleine noire de l'Atlantique Nord).
- En 2020, les inventaires de nitrate, silicate et phosphate en surface et en profondeur étaient principalement près ou inférieurs à la moyenne sur le SS poursuivant la tendance des 6–7 dernières années. Cependant, des concentrations de nitrate en profondeur plus élevées que la normale associées à de l'eau chaude et salée ont été observées à l'automne du côté est de la section CSL et aux stations extracôtières de la section HL.
- La floraison printanière du phytoplancton sur le CSS et le WSS, telle qu'observée par la télédétection, était plus tardive que la normale, de plus courte durée et avec une magnitude proche ou inférieure à la normale. Pour la partie est du SS, la floraison s'est d'abord développée près du talus avec une initiation et une durée normale. À la station HL2, la floraison printanière n'a pas pu être observée *in situ* en raison de l'absence d'échantillonnage au printemps.
- Les observations à la station HL2 ont poursuivi la tendance des 5 à 6 dernières années caractérisée par une abondance moindre des diatomées et une abondance plus élevée des ciliés et des flagellés. L'abondance des dinoflagellés était principalement inférieure à la normale au cours de la même période, bien que légèrement supérieure à la normale en 2020.
- À l'exception de la section HL où les indices annuels du zooplancton incertaines en raison d'un échantillonnage limité en 2020, l'abondance de *C. finmarchicus*, *Pseudocalanus* spp., des copépodes totaux et des non copépodes était principalement proche ou inférieure à la moyenne dans la majeure partie de la région, mais légèrement au-dessus de la normale pour BBL. La biomasse du mésozooplancton a aussi suivi un patron spatial similaire en 2020.
- Les anomalies de l'abondance des espèces indicatrices de copépodes étaient mixtes en 2020. À l'exception de la section HL, l'abondance des espèces de *Calanus* arctique, des espèces d'eaux chaudes côtières et extracôtières était généralement près ou légèrement inférieure à la normale bien que variable spatialement. Les observations à la station HL2 continuent d'indiquer une abondance généralement supérieure à la normale des copépodes de petite taille, en particulier *O. atlantica*.
- Les températures annuelles moyennes en surface et au fond dans le bassin de Bedford étaient égales ou légèrement supérieures à la normale en 2020. Au cours du mois d'octobre, les températures de surface ont chuté considérablement en dessous des conditions normales. Parallèlement, les températures et les salinités au fond, qui étaient inférieures à la normale au début de l'année, ont augmenté pour atteindre des conditions

---

supérieures à la normale, probablement en raison d'un événement d'intrusion d'eau en provenance du plateau continental.

- La chlorophylle de surface, le carbone et l'azote organique particulaire, et d'autres indices décrivant la communauté du phytoplancton étaient près ou supérieures à la normale en 2020. Inversement, ces conditions au fond étaient soit près ou soit inférieures à la normale, poursuivant la tendance des anomalies majoritairement négatives observées depuis 2010.
- Les observations du CPR de 2019 ont indiqué des valeurs annuelles moyennes du PCI près de la normale (WSS) ou supérieures (ESS) à la normale, tandis que l'abondance des diatomées et des dinoflagellés était inférieure à la normale dans les deux régions.
- Les observations du CPR de 2019 ont indiqué des abondances annuelles des taxons *Calanus* I–IV (principalement *C. finmarchicus* CI–IV) et *C. finmarchicus* CV–VI inférieures à la normale pour le WSS et près ou supérieures à la normale pour l'ESS. Les abondances annuelles moyennes pour tous les autres taxons (deux *Calanus* arctiques, trois petits copépodes, deux taxons de macrozooplancton, trois taxons sensibles à l'acidification) étaient inférieures ou près de la normale dans les deux régions, à l'exception des amphipodes hyperiides sur l'ESS qui étaient plus abondants que la normale.

## 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 *Alfred Needler*, *Hudson*, *Sigma-T*, *Teleost*, et *Viola M. Davidson* pour leur aide dans la collecte de données océanographiques en 2020. Les révisions effectuées par David Bélanger et Stéphane Plourde 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.
- 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. 2020. [Conditions océanographiques optiques, chimiques et biologiques du plateau néo-écossais et de l'est du golfe du Maine en 2018](#). *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech.* 2020/037. vi +70 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](#).
- Clay, S., et Layton, C. 2021. [BIO-RSG/PhytoFit: First release \(Version v1.0.0\)](#). Zenodo.

- 
- 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.* 2012. 4:11–37.
- 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.
- 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.
- Haas, S., Robicheau, B.M., Rakshit, S., Tolman J., Algar, C.K., LaRoche, J., et Wallace, D.W.R. 2021. [Physical mixing in coastal waters controls and decouples nitrification via biomass dilution](#). *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 118 (18), e2004877118.
- Head, E.J.H., Johnson, C.L., et Pepin, P. 2021. [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.* fsab208.
- Hebert, D., Layton, C., Brickman, D. et Galbraith, P.S. 2021. [Conditions océanographiques physiques sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine en 2020](#). *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech.* 2021/070. iv + 58 p.
- Holmes, R.W. 1970. [The Secchi Disk in Turbid Coastal Waters](#). *Limnol. Oceanogr.* 15(5): 688–694.
- Hu, C., Lee, Z., et Franz, B. 2012. [Chlorophyll a algorithms for oligotrophic oceans: A novel approach based on three-band reflectance difference](#). *Journal of Geophysical Research*, 117(C1).
- 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.
- Kerrigan, E.A., Kienast, M., Thomas, H., et Wallace, D.W.R. 2017. [Using oxygen isotopes to establish freshwater sources in Bedford Basin, Nova Scotia, a Northwestern Atlantic fjord](#). *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* 199, pp. 96–104.
- Lenth, R., Singmann, H., Love, J., Buerkner, P., et Herve, M. 2020. [emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means](#). R package version 1.3.4.

- 
- 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.
- 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. 2021. [Conditions océanographiques dans la zone Atlantique en 2020](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2021/026.
- 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 Dean-Moore, J. 1996. Temporal and Spatial Scales of Temperature and Salinity on the Scotian Shelf. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 177.
- Petrie, B., Drinkwater, K., Gregory, D., Pettipas, R., et Sandström, A. 1996. [Temperature and Salinity Atlas for the Scotian Shelf and the Gulf of Maine](#). Can. Data. Rep. Hydrog. Ocean Sci. 171
- Petrie, B., Topliss, B.J., et Wright, D.G. 1987. [Coastal upwelling and eddy development off Nova Scotia](#). J. Geophys. Res. 92 (C12):12979–12991.
- 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.
-

- 
- Platt T., Prakash, A., et Irwin, B. 1972. Phytoplankton nutrients and flushing of inlets on the coast of Nova Scotia, *Nat. Can.* 99:253–261.
- Punshon, S., et Moore, R. M. 2004. [Nitrous oxide production and consumption in a eutrophic coastal embayment](#). *Mar. Chem.* 91(1-4):37–51.
- R Core Team. 2021. [R: A language and environment for statistical computing](#). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Yashayaev, I., Ringuette, M., Peterson, I., Wang, Z., Head, E., Punshon, S., Devred, E., and Azetsu-Scott, K. 2019. [Environmental Conditions in the Labrador Sea during 2018](#). NAFO SCR Doc. 19/039. Serial N6960. 50 p.
- 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 2020.

Groupe	Lieu	Code de mission	Dates	Nombre de stations hydrographiques	Nombre de stations de filet
Relevé au chalut de l'écosystème	Plateau néo-écossais ouest	TEL2020-102	7–9 mars	37	11
Relevé au chalut de l'écosystème	Banc de Georges	TEL2020-002	11–20 mars	31	9
Relevé au chalut de l'écosystème	Plateau néo-écossais	NED2020-025	3 juillet–10 août	163	37
Sections saisonnières	Plateau néo-écossais	HUD2020-063	3–15 octobre	51	41
Stations à haute fréquence	Halifax-2	BCD2020-666	1 janvier–31 décembre	12(5) <sup>1</sup>	11(5) <sup>1</sup>
	Prince-5	BCD2020-669	1 janvier–31 décembre	8	7
<i>Total :</i>				<b>302</b>	<b>116</b>

<sup>1</sup> 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

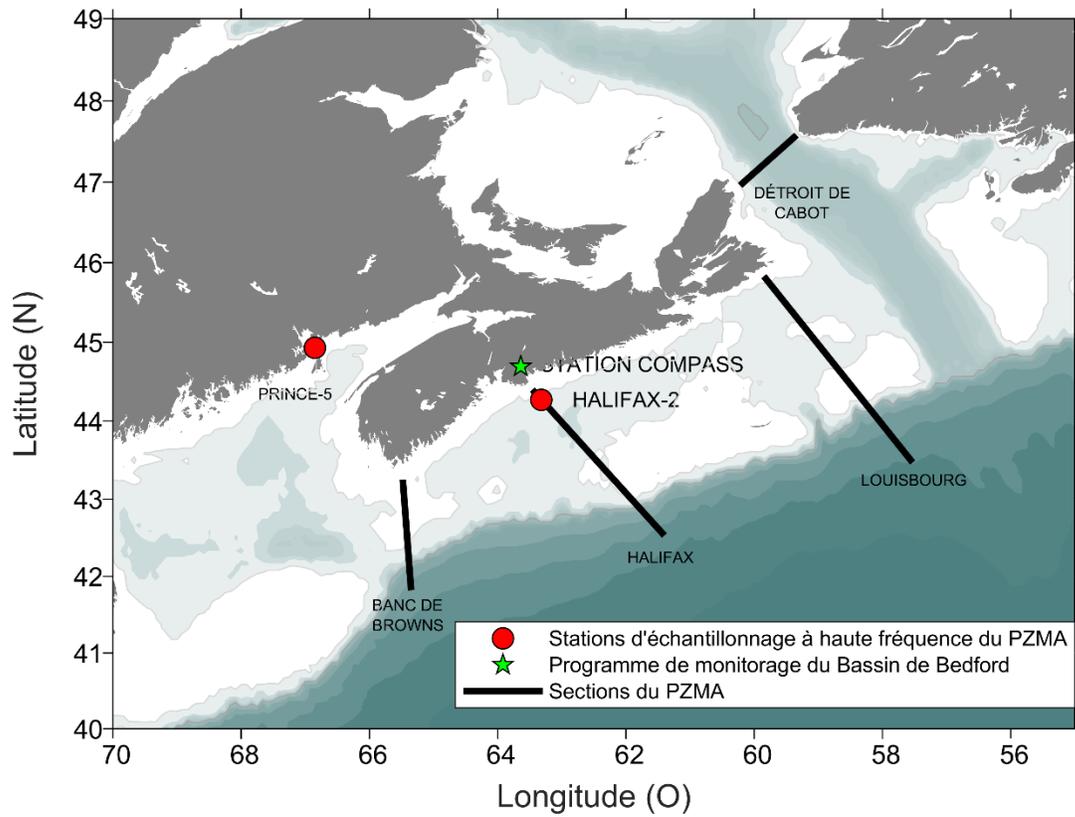


Figure 1. Carte des sections primaires (détroit de Cabot [CSL], Louisbourg [LL], Halifax [HL] et banc Browns [BBL]) et des stations d'échantillonnage à haute fréquence (Halifax-2 [HL2]; Prince-5 [P5]) dans la région des Maritimes du MPO. La station Compass Buoy est échantillonnée dans le cadre du Programme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

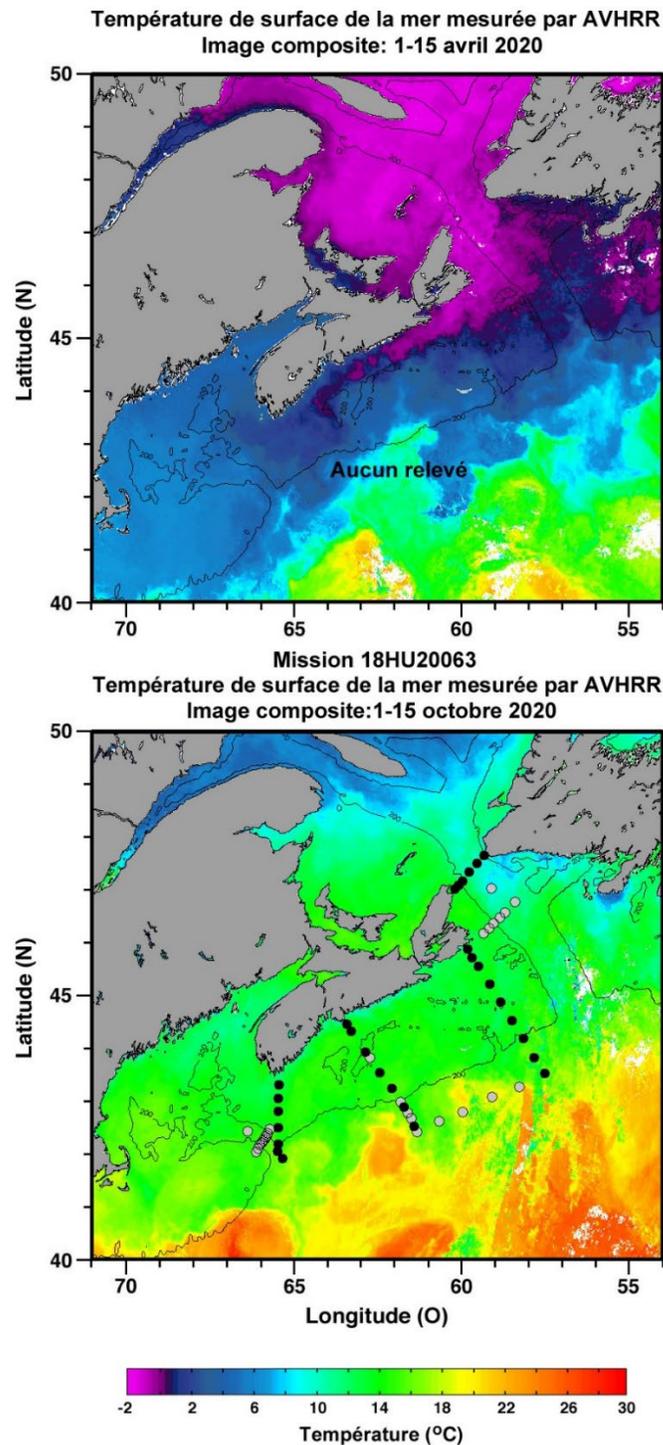


Figure 2. Stations échantillonnées durant le relevé d'automne de 2020. L'emplacement des stations est superposé sur les images composites de la température de surface de la mer pour les dates qui sont proches des dates des missions de 2020 (mission d'automne seulement). Les marqueurs noirs indiquent les stations de base, et les marqueurs gris sont les stations échantillonnées dans le cadre de programmes connexes.

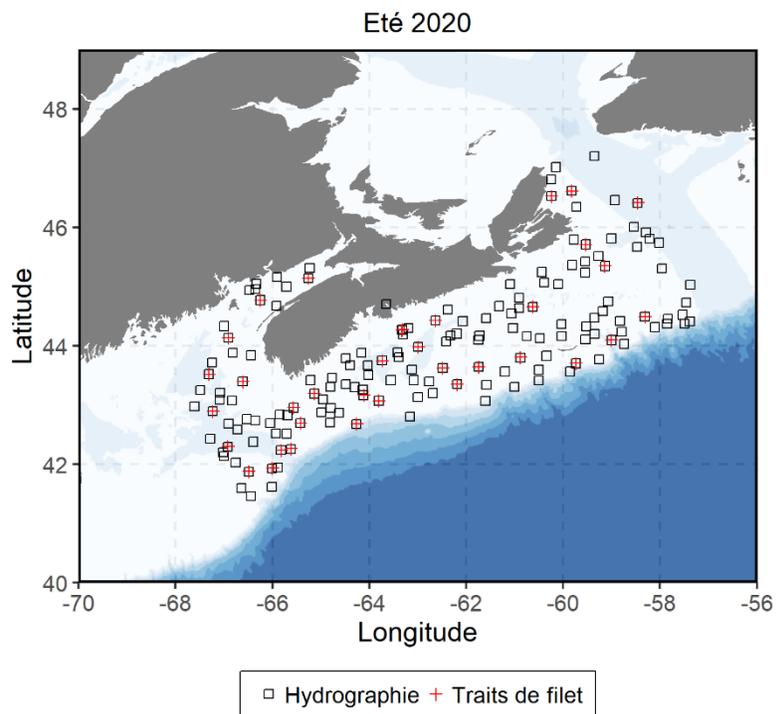
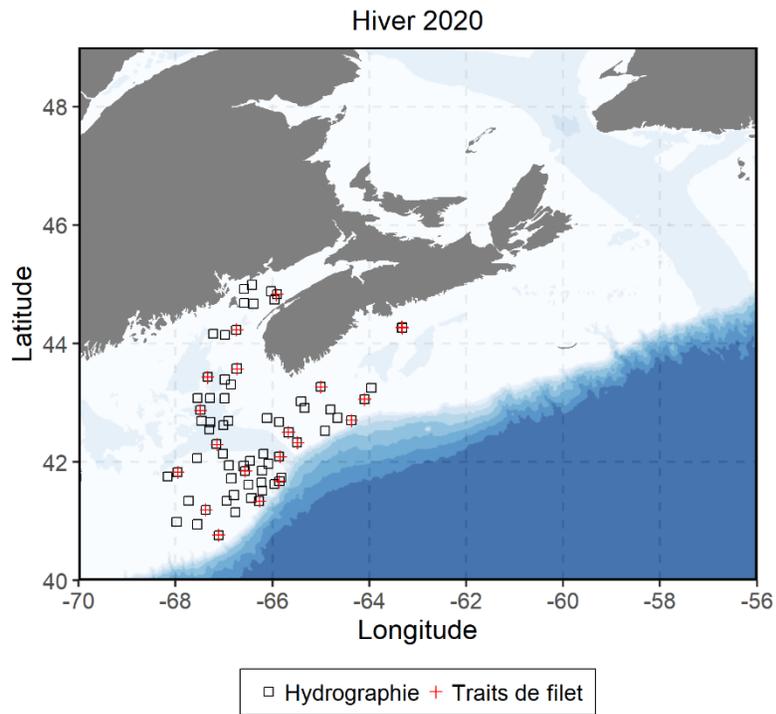


Figure 3. Stations échantillonnées durant les relevés au chalut de l'écosystème dans la région des Maritimes en 2020.

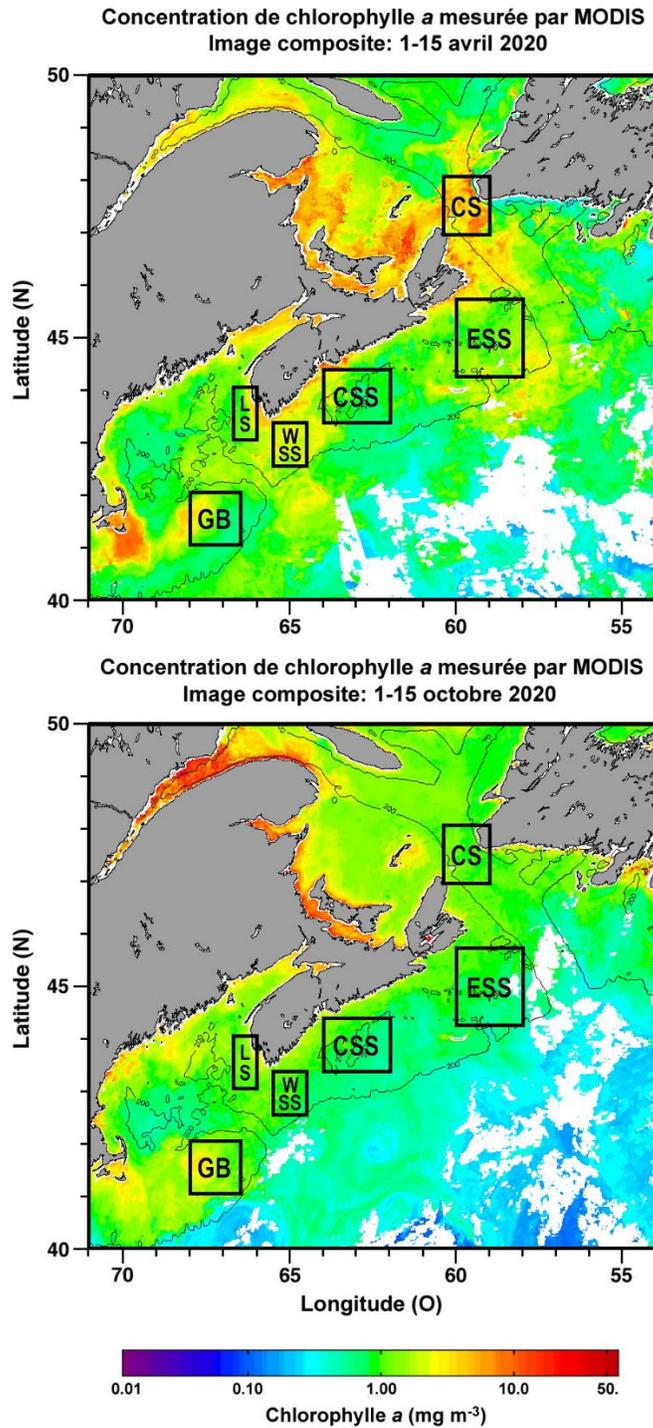


Figure 4. Sous-régions statistiques de la région des Maritimes identifiées pour l'analyse spatio-temporelle des données de couleur de l'océan mesurées par télédétection. Les sous-régions sont superposées sur les images composites de la chlorophylle a de surface pour les dates qui sont proches des dates des missions de 2020 (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 Lurcher [LS], banc de Georges [GB].

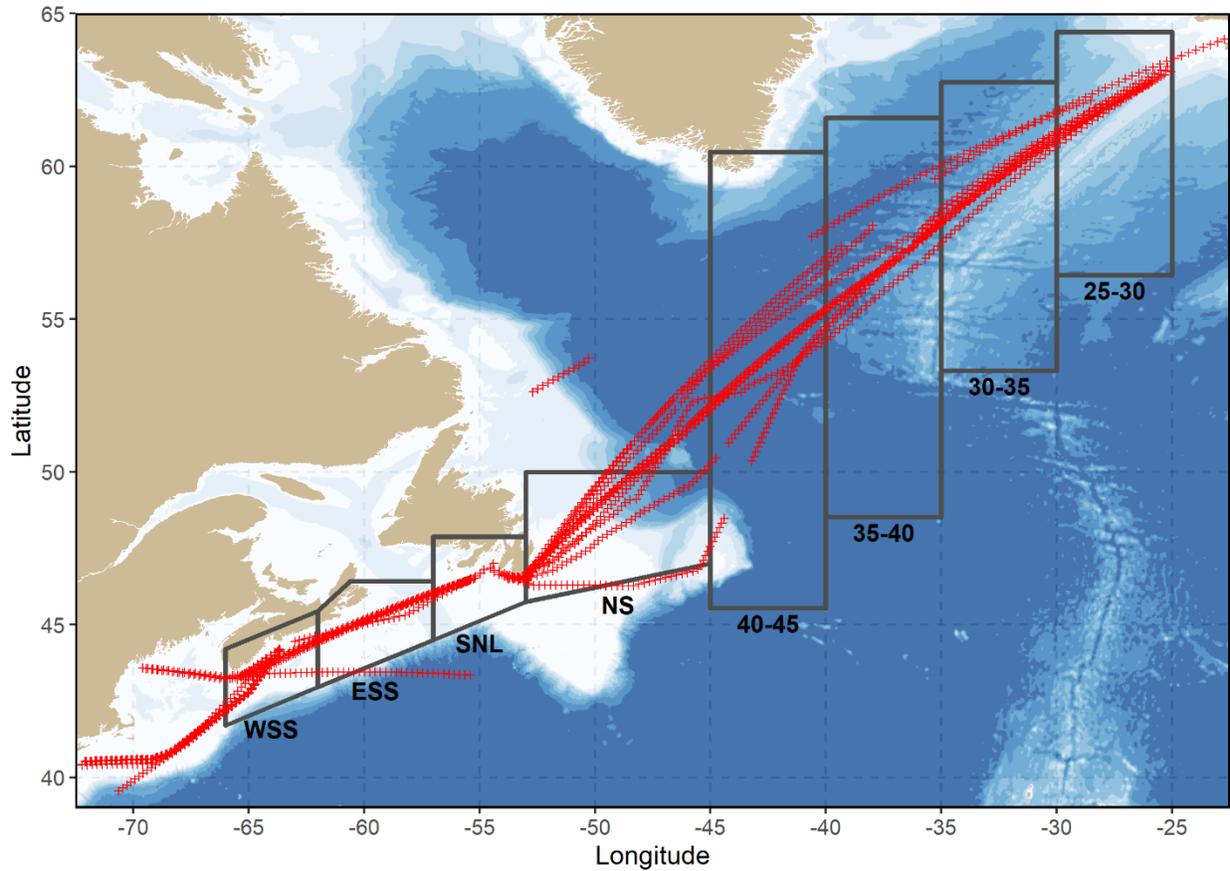


Figure 5. Lignes et stations d'échantillonnage de l'enregistreur de plancton en continu en 2019. Les données sont analysées par région. Les régions sont les suivantes: plateau néo-écossais ouest (WSS), plateau néo-écossais est (ESS), sud du plateau de Terre-Neuve (SNL), plateau de Terre-Neuve (NS) et régions situées entre les longitudes 40–45° O, 35–40° O, 30–35° O, 25–30° O.

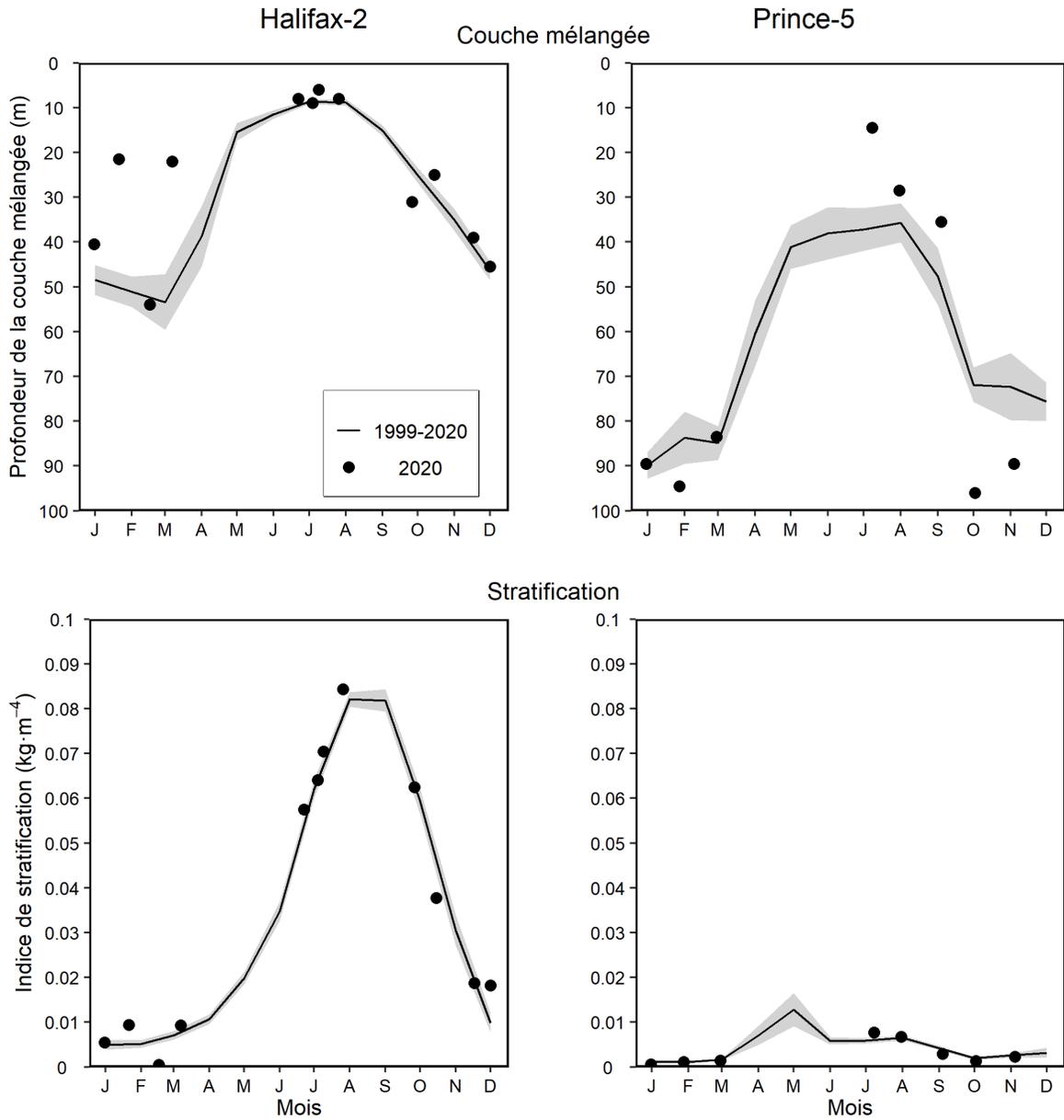


Figure 6. Propriétés du mélange (profondeur de la couche de mélange, indice de stratification) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence des Maritimes comparant les données recueillies en 2020 (cercle plein) aux conditions moyennes de la période 1999–2020 (ligne pleine). La bande ombrée grise représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15<sup>ème</sup> jour du mois.

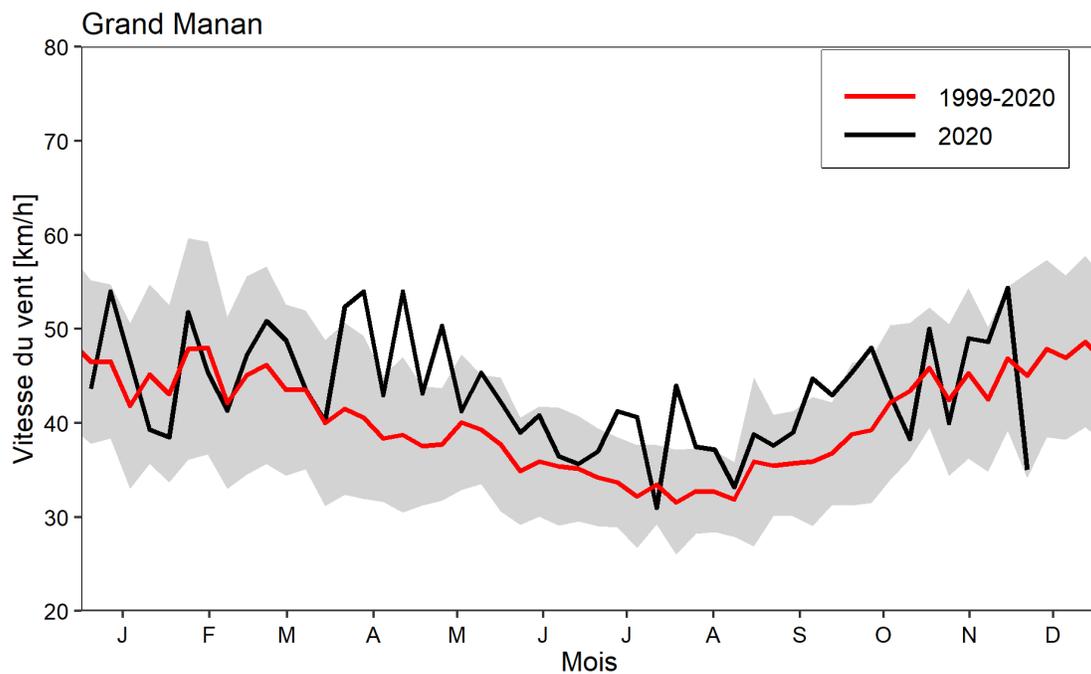
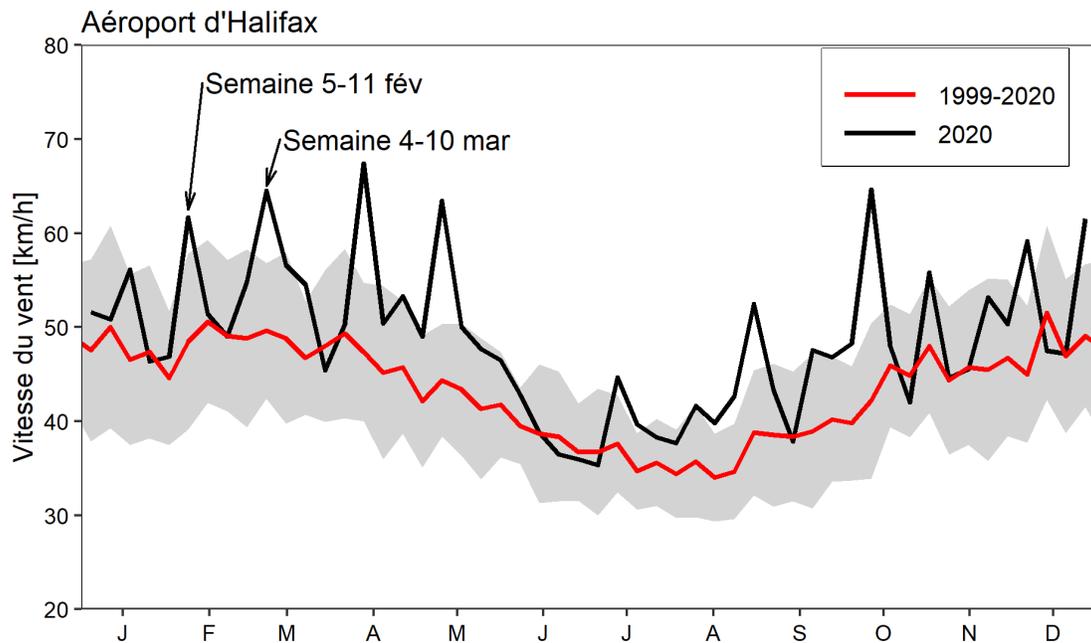


Figure 7. Moyenne hebdomadaire des rafales de vent quotidiennes maximales mesurées à l'Aéroport International d'Halifax (représentatives des conditions de vent enregistrées à la station Halifax-2) et à l'île de Grand Manan (représentatives des conditions de vent à la station Prince-5) en 2020 (lignes rouges) et au cours de la période 1999–2020 (données climatologiques) (lignes noires). La bande ombrée grise représente l'écart-type des données climatologiques calculées sur 22 ans. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15<sup>ème</sup> jour du mois.

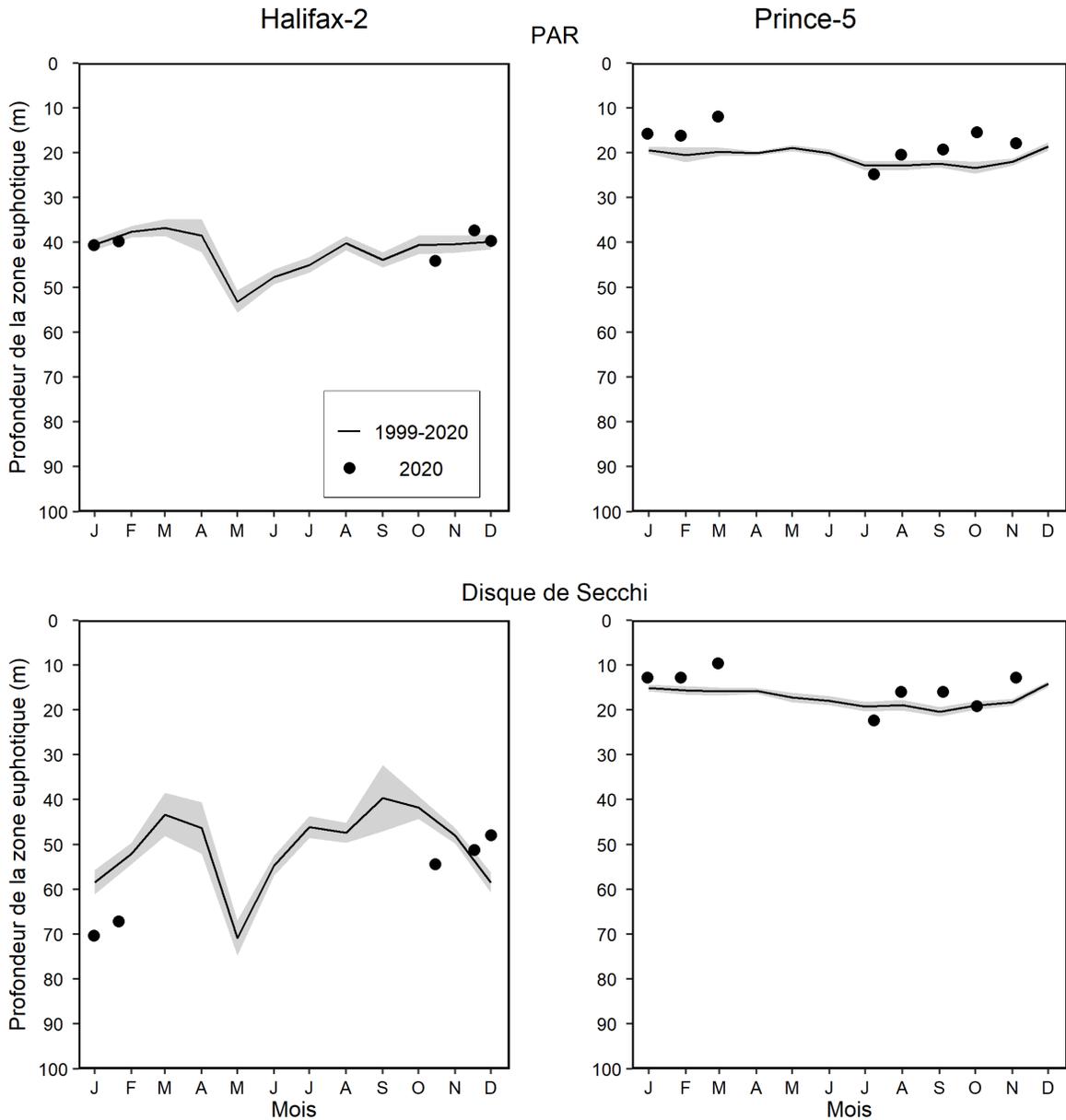


Figure 8. Propriétés optiques (profondeur de la zone euphotique basée sur la mesure du PAR et de la profondeur du disque de Secchi) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes. Les données recueillies en 2020 (cercles pleins) sont comparées aux conditions moyennes de la 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. La bande ombrée grise représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15<sup>ème</sup> jour du mois.

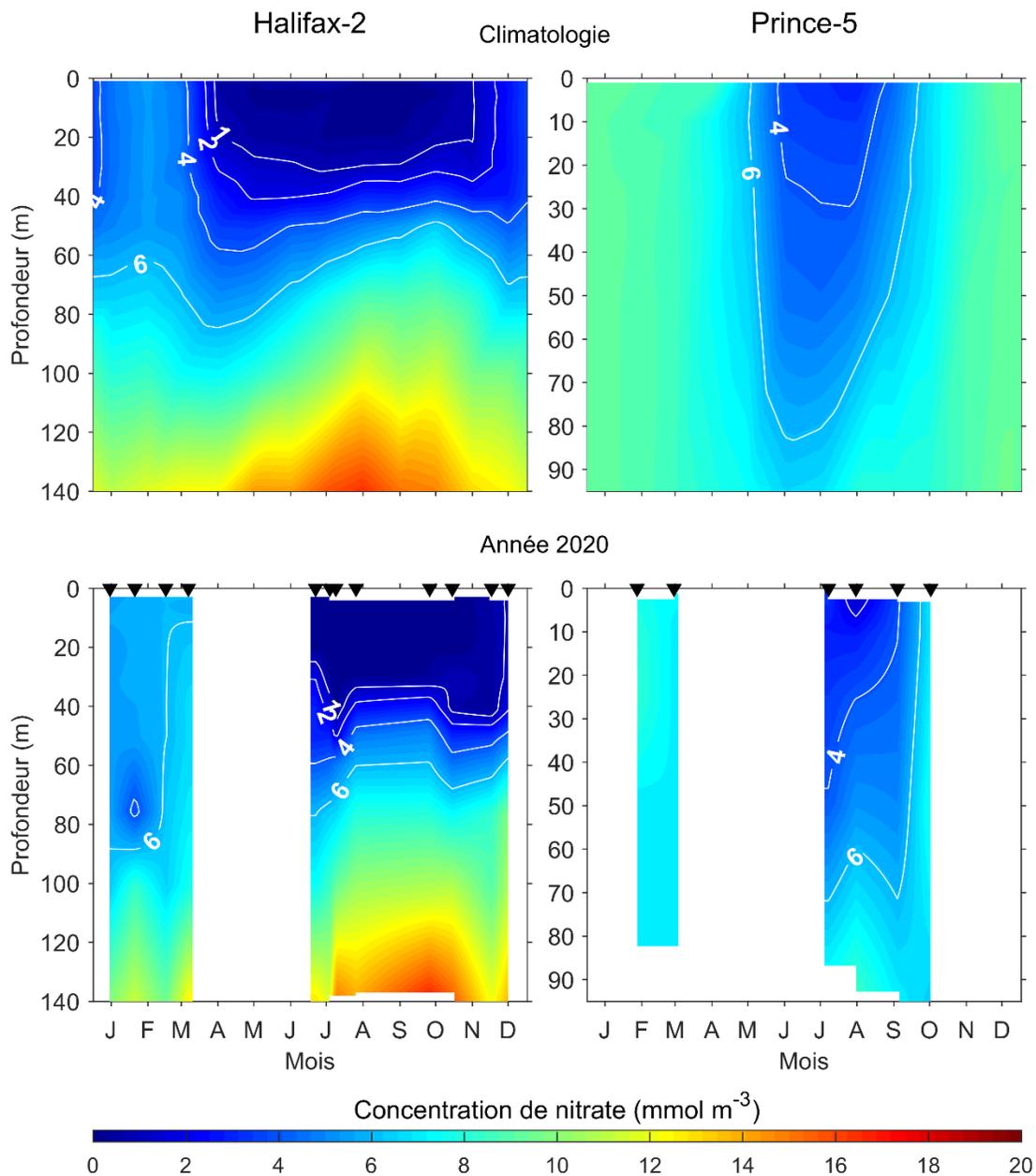


Figure 9. Comparaison des changements annuels de la structure verticale des concentrations de nitrate ( $\text{mmoles/m}^3$ ) en 2020 (panneaux inférieurs) aux conditions climatologiques de la période 1999–2020 (panneaux supérieurs) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes. Les triangles noirs dans les panneaux inférieurs indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15<sup>ième</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

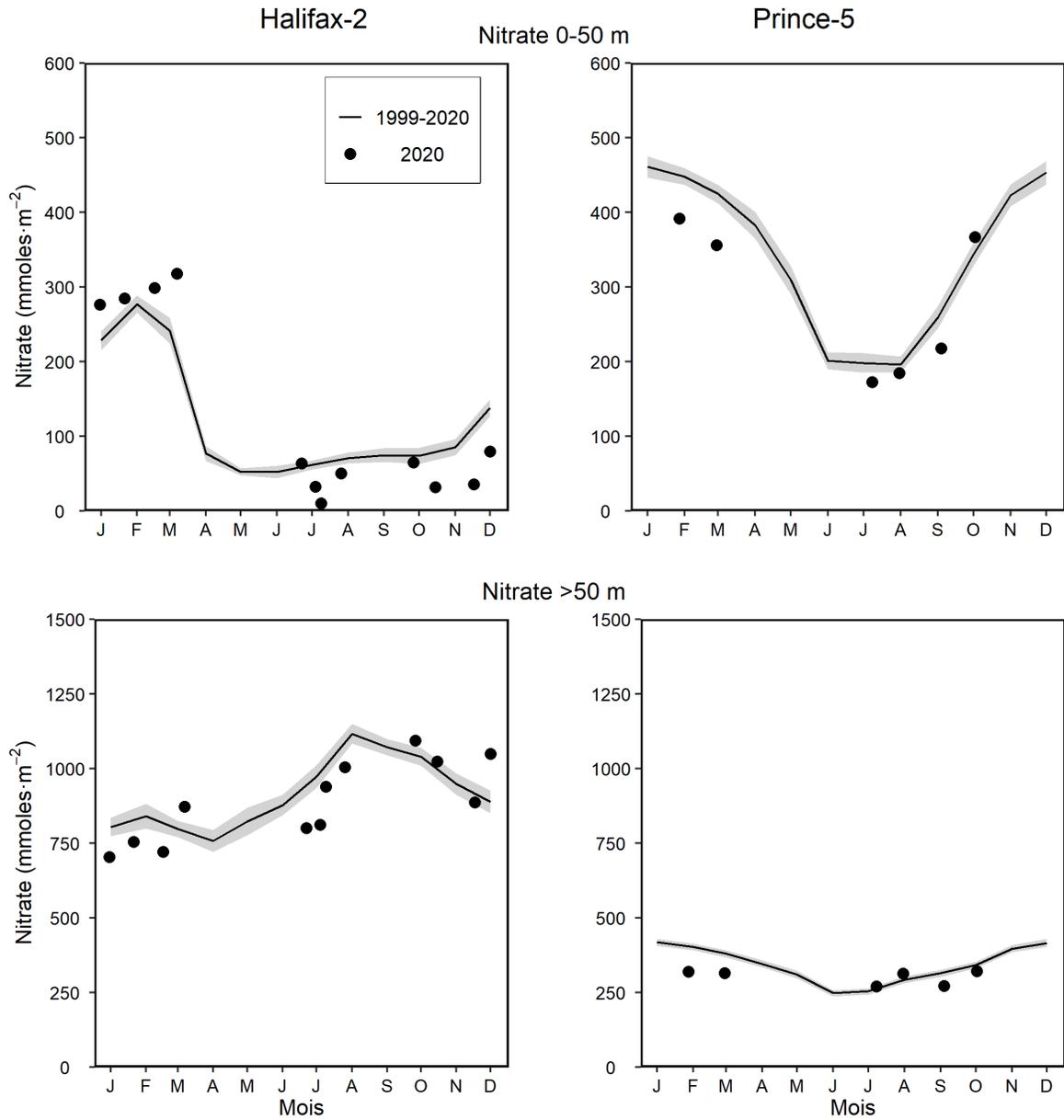


Figure 10. Comparaison des données de 2020 (cercles pleins) aux conditions moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes. Panneaux supérieurs : inventaire du nitrate à la surface (0–50 m). Panneaux inférieurs: inventaire du nitrate en profondeur (50–150 m pour la station Halifax-2; 50–95 m pour la station Prince-5). La bande ombrée grise représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15<sup>ème</sup> jour du mois.

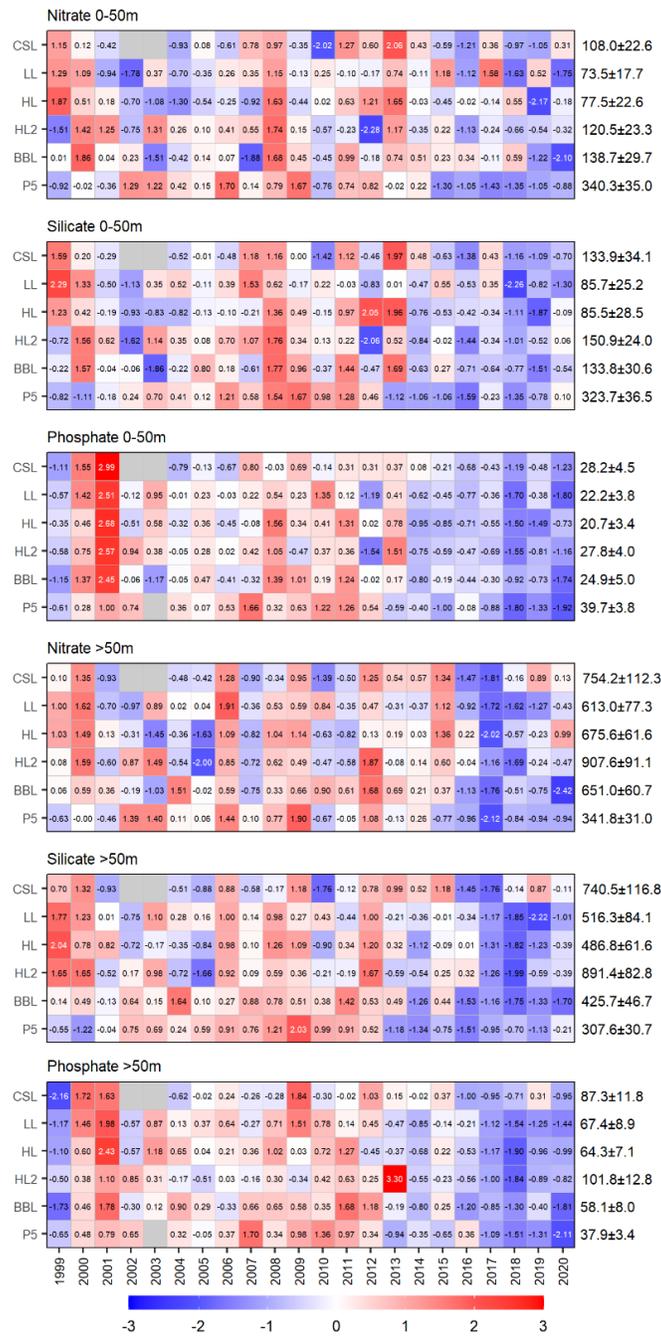


Figure 11. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles des inventaires du nitrate, du silicate et du phosphate à la surface (0–50 m) et en profondeur (> 50 m). Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (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.

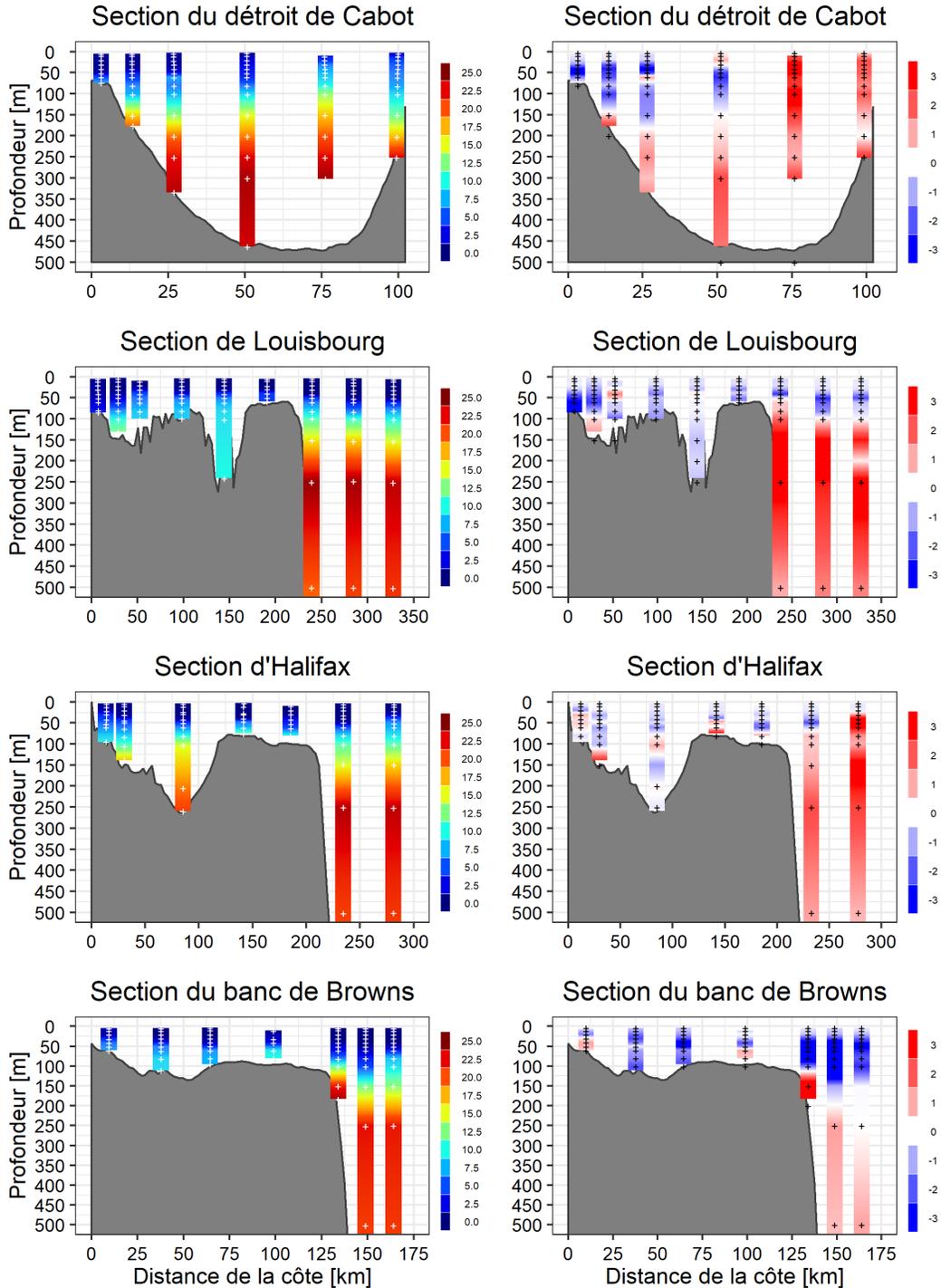


Figure 12. Profils verticaux des concentrations de nitrate ( $\text{mmoles}/\text{m}^3$ ) (panneaux de gauche) et leurs anomalies ( $\text{mmoles}/\text{m}^3$ ) par rapport aux conditions de référence (1999–2020) (panneaux de droite) aux stations des sections du SS à l'automne 2020. Les marques blanches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

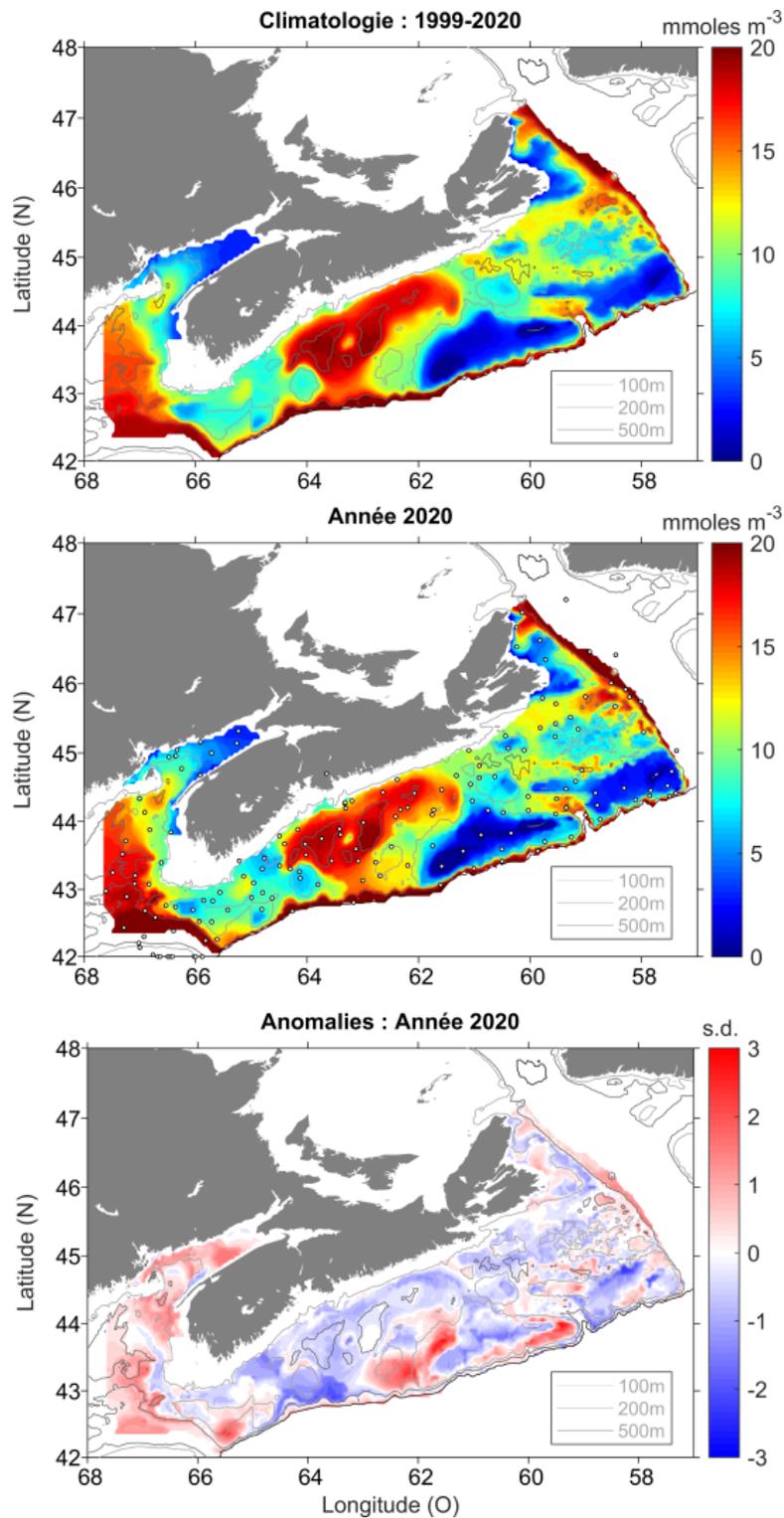


Figure 13. Concentrations de nitrate en profondeur durant le relevé au chalut de l'écosystème effectué à l'été 2020: données climatologiques de la période 1999–2020 (panneau supérieur), conditions de 2020 (panneau médian) et anomalies normalisées relatives aux données climatologiques (panneau inférieur). Les marqueurs sur le panneau médian représentent les lieux d'échantillonnage en 2020; s.d. = sans dimensions.

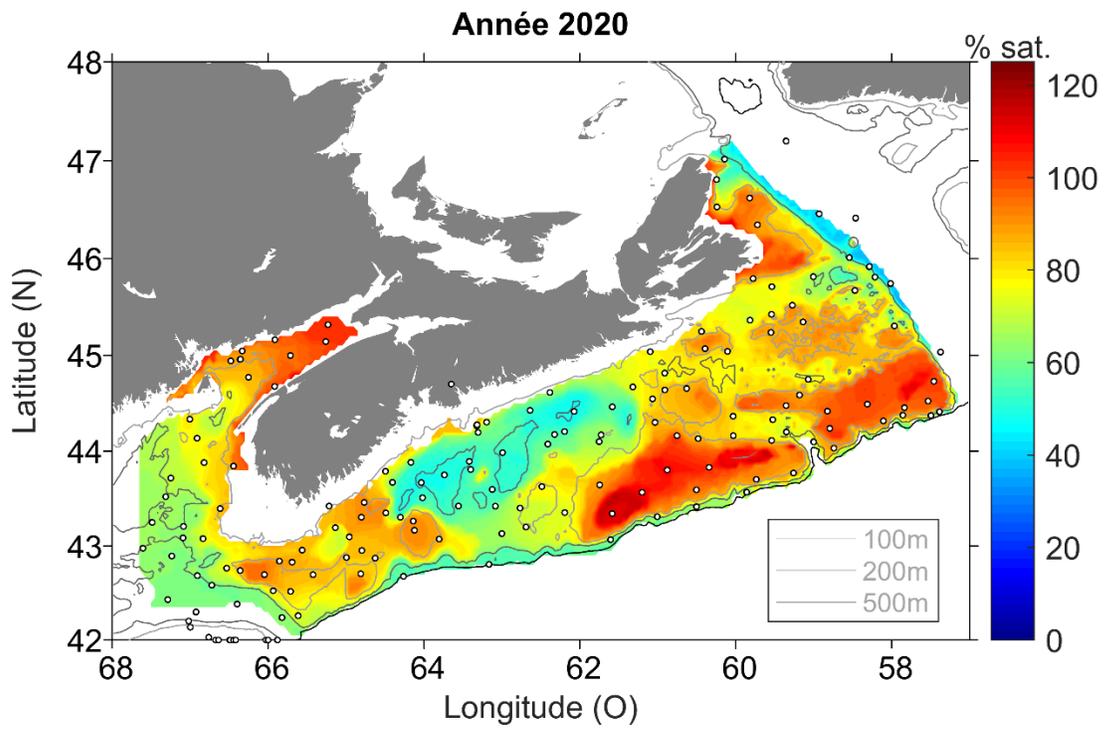


Figure 14. Niveau de saturation en oxygène en profondeur durant le relevé au chalut de l'écosystème effectué à l'été 2020. Les marqueurs représentent les lieux d'échantillonnage.

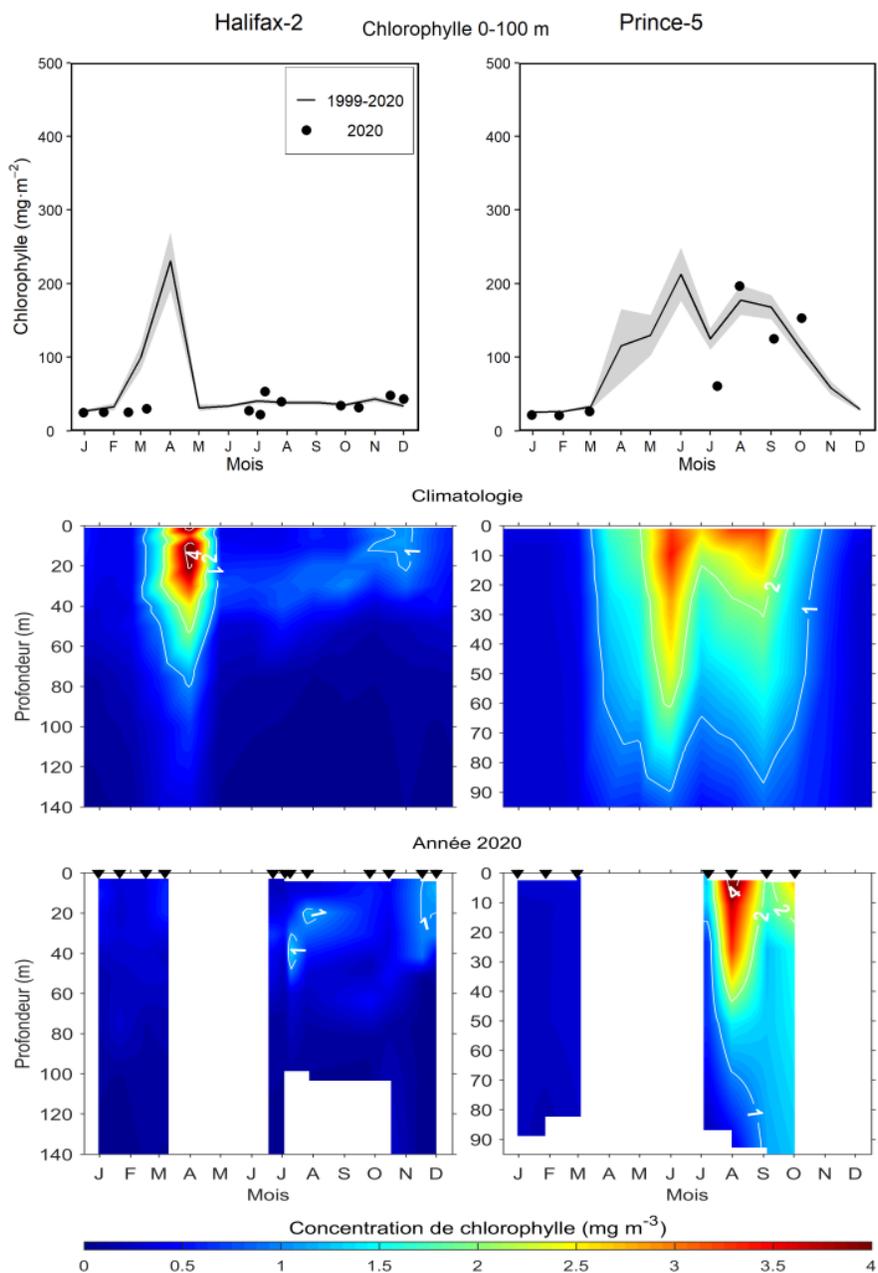


Figure 15. Variabilité annuelle des concentrations de chlorophylle a aux stations des Maritimes (panneaux de gauche: Halifax-2; panneaux de droite: Prince-5). Panneaux supérieurs: inventaires de la chlorophylle intégrée (0–100 m à la station Halifax-2; 0–95 m à la station Prince-5) en 2020 (cercles pleins) et valeurs moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines). Les lignes verticales représentent les intervalles de confiance à 95 % des moyennes mensuelles. Panneaux médians: cycle saisonnier moyen (1999–2020) de la structure verticale des concentrations de chlorophylle ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Panneaux inférieurs: cycle saisonnier de la structure verticale des concentrations de chlorophylle a en 2020. Les triangles noirs dans les panneaux inférieurs indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15<sup>ième</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

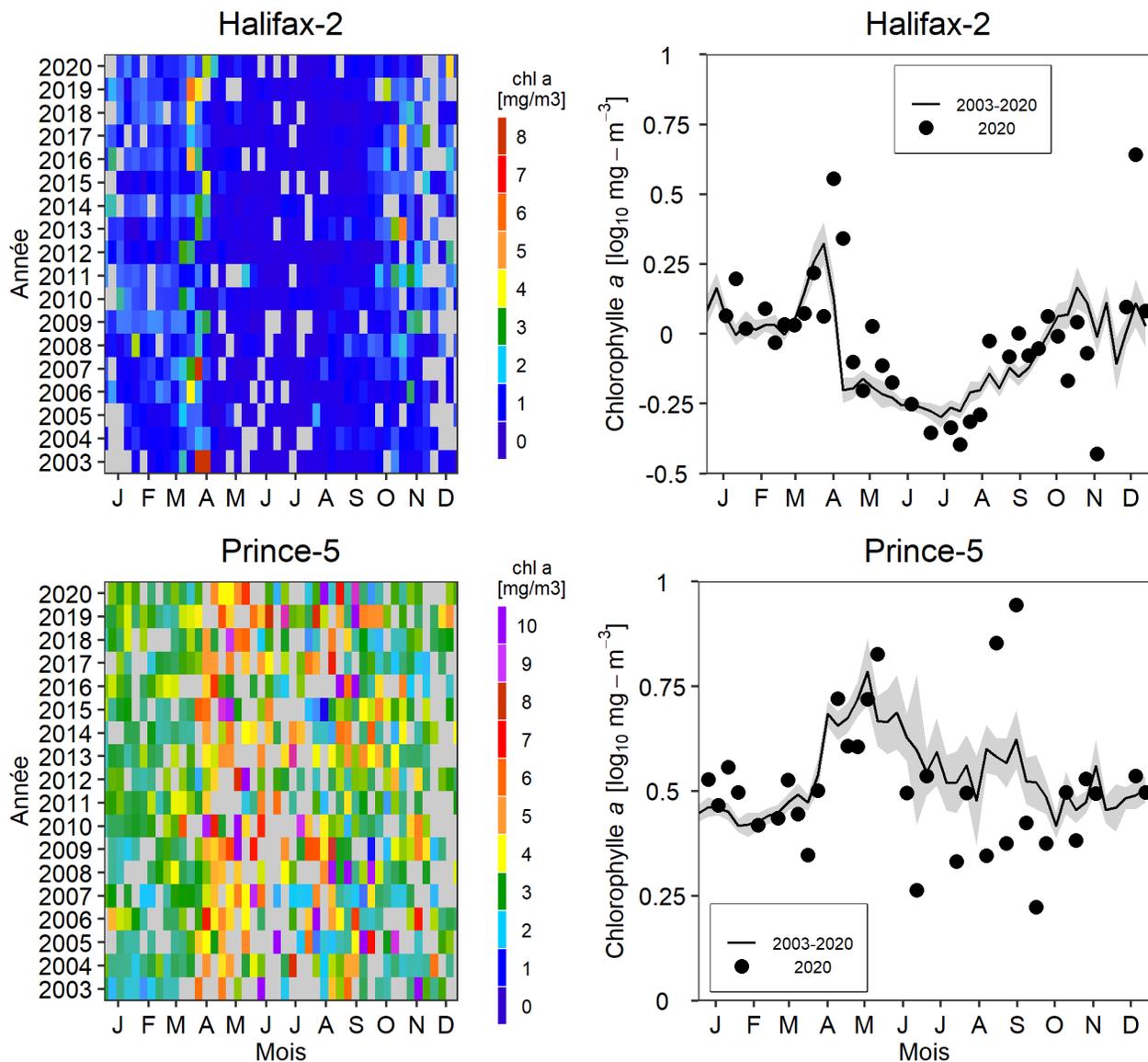


Figure 16. Estimations des concentrations de chlorophylle a en surface à partir des données hebdomadaires de télédétection de la couleur de l'océan pour Halifax-2 (panneaux supérieurs) et Prince-5 (panneaux inférieurs). Données recueillies à l'aide du capteur MODIS 2003–2020. Panneaux de gauche: séries chronologiques de la variation annuelle des concentrations de chlorophylle a. Les pixels gris indiquent des données manquantes. Panneaux de droite: comparaison des estimations de la chlorophylle a de surface de 2020 (cercle plein) aux conditions moyennes de 2003–2020 (ligne continue). La bande ombrée grise est l'intervalle de confiance à 95 % des moyennes hebdomadaires. Les graduations sur les axes horizontaux indiquent le 15<sup>ème</sup> jour du mois.

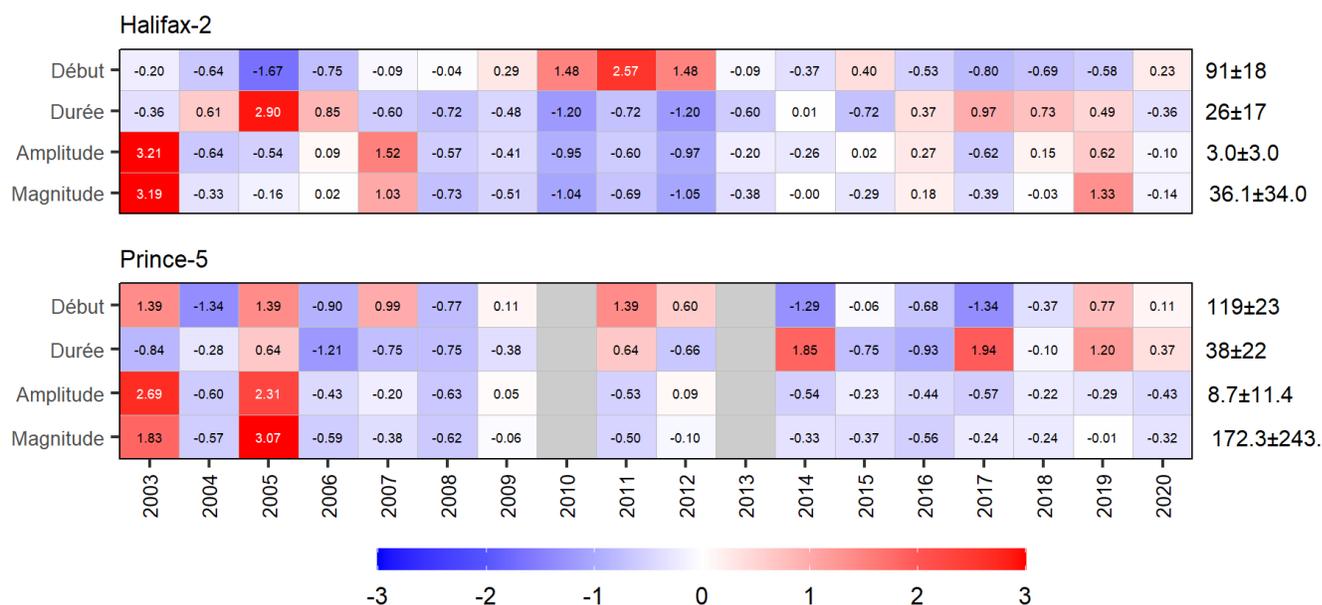


Figure 17. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles des paramètres de la floraison printanière pour Halifax-2 (panneau supérieur) et Prince-5 (panneau inférieur). Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (2003–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). 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

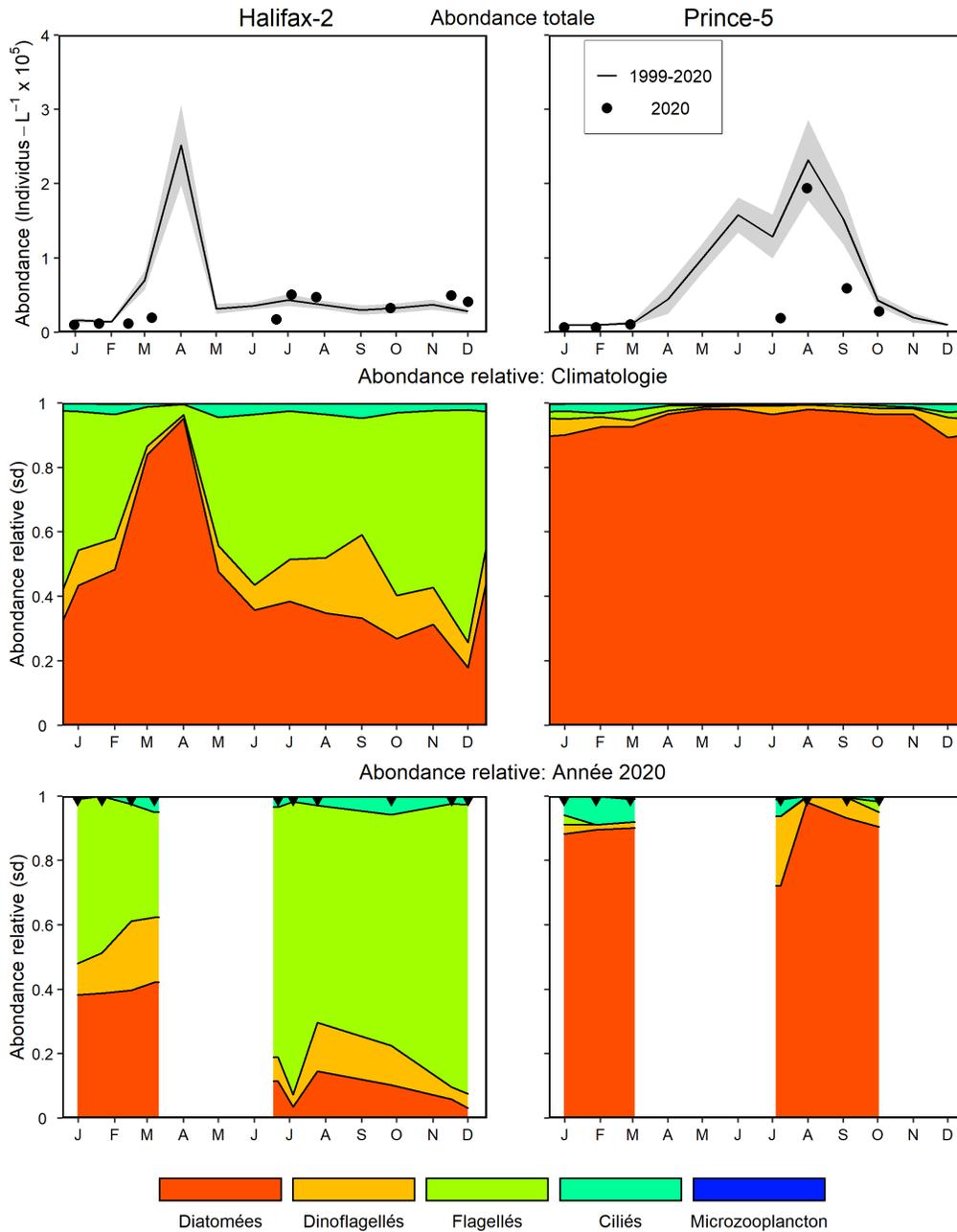


Figure 18. Comparaison de l'abondance et de la composition des communautés de microplancton (phytoplancton et protistes) en 2020 aux conditions moyennes de la période 1999–2020 aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes (Halifax-2: panneaux de gauche; Prince-5: panneaux de droite). Panneaux supérieurs: abondance du microplancton en 2020 (cercles pleins) et conditions moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines). La bande ombrée grise représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Panneaux médians: climatologie de l'abondance relative du microplancton sur la période 1999–2020. Panneaux inférieurs: abondance relative du microplancton en 2020; sd = sans dimensions. Les triangles noirs dans les panneaux inférieurs indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15<sup>ième</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

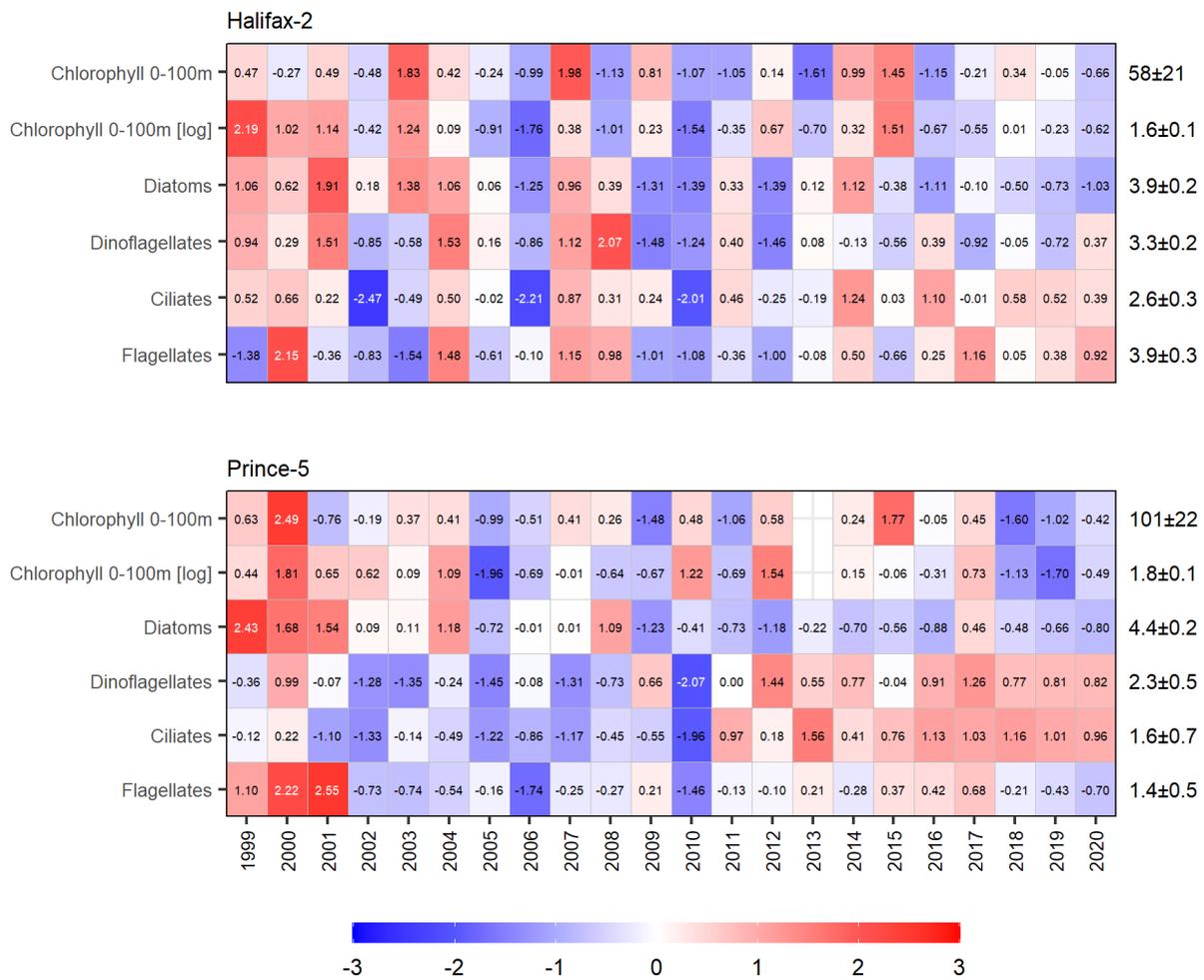


Figure 19. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles de l'inventaire de chlorophylle a (0–100 m pour Halifax-2, 0–95 m pour Prince-5) et de l'abondance du microplankton aux stations fixes des Maritimes. La valeur dans chaque cellule est l'anomalie relative à la moyenne sur la période de référence, 1999–2020, en unités d'écart-type avec la moyenne et l'écart-type indiquées à la droite du tableau. Les cellules rouges (bleues) indiquent des valeurs supérieures (inférieures) à la normale de l'inventaire de chlorophylle a ou de l'abondance du microplankton. Les cellules vides indiquent des données manquantes.

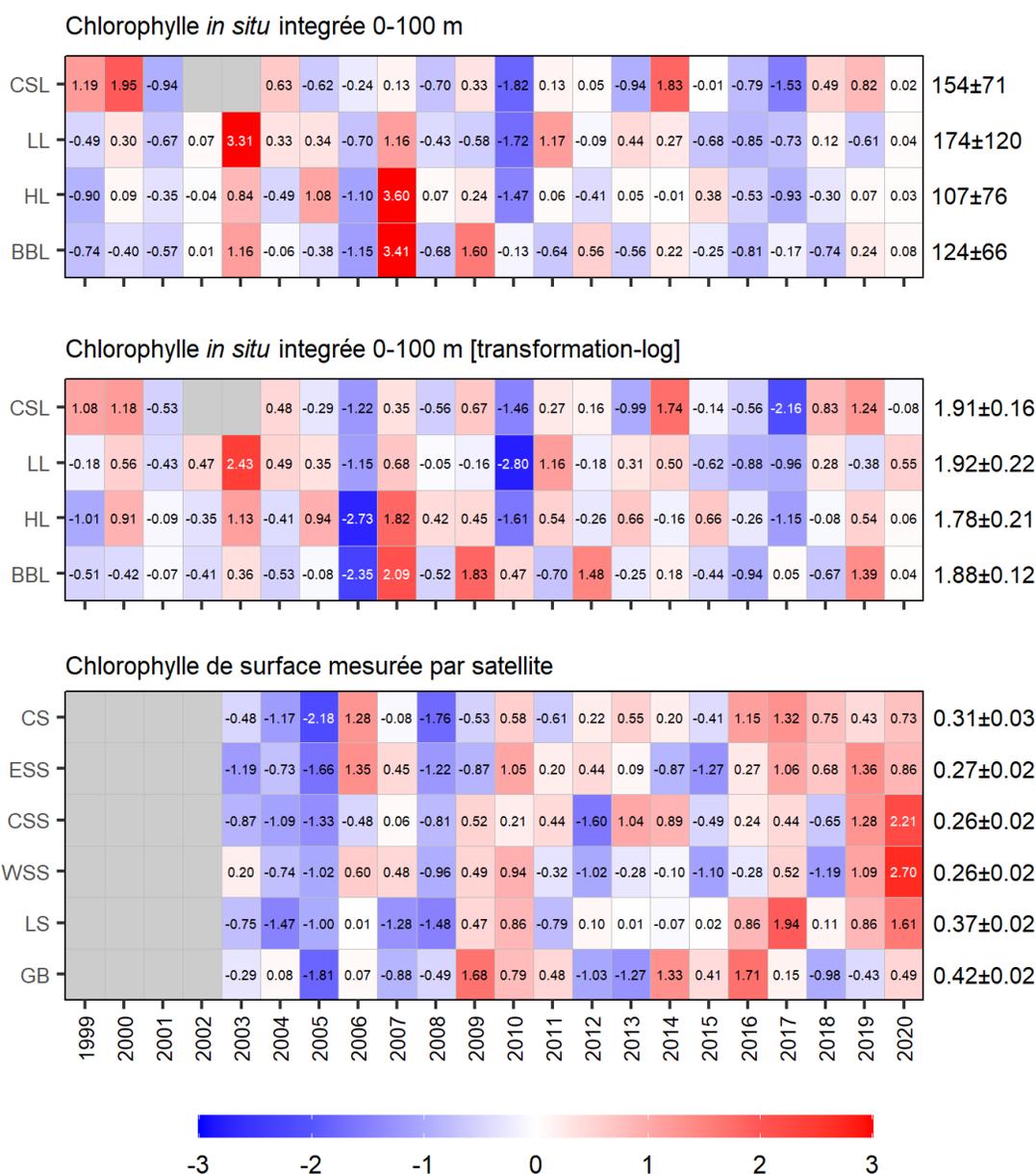


Figure 20. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles de l'inventaire de chlorophylle a échantillonné *in situ* sur les sections du Déroit de Cabot [CSL], de Louisbourg [LL], d'Halifax [HL] et du banc Browns [BBL] (panneau supérieur et du milieu), et de la chlorophylle a de surface obtenue des images satellitaires hebdomadaires dans les sous-régions statistiques 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 de 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 avec la moyenne et l'écart-type indiquées à la droite du tableau. Les cellules rouges (bleues) indiquent des niveaux supérieurs (inférieurs) à la normale pour l'inventaire de chlorophylle a *in situ* et pour la chlorophylle a de surface mesurée par télédétection. Les cellules grises indiquent des données manquantes.

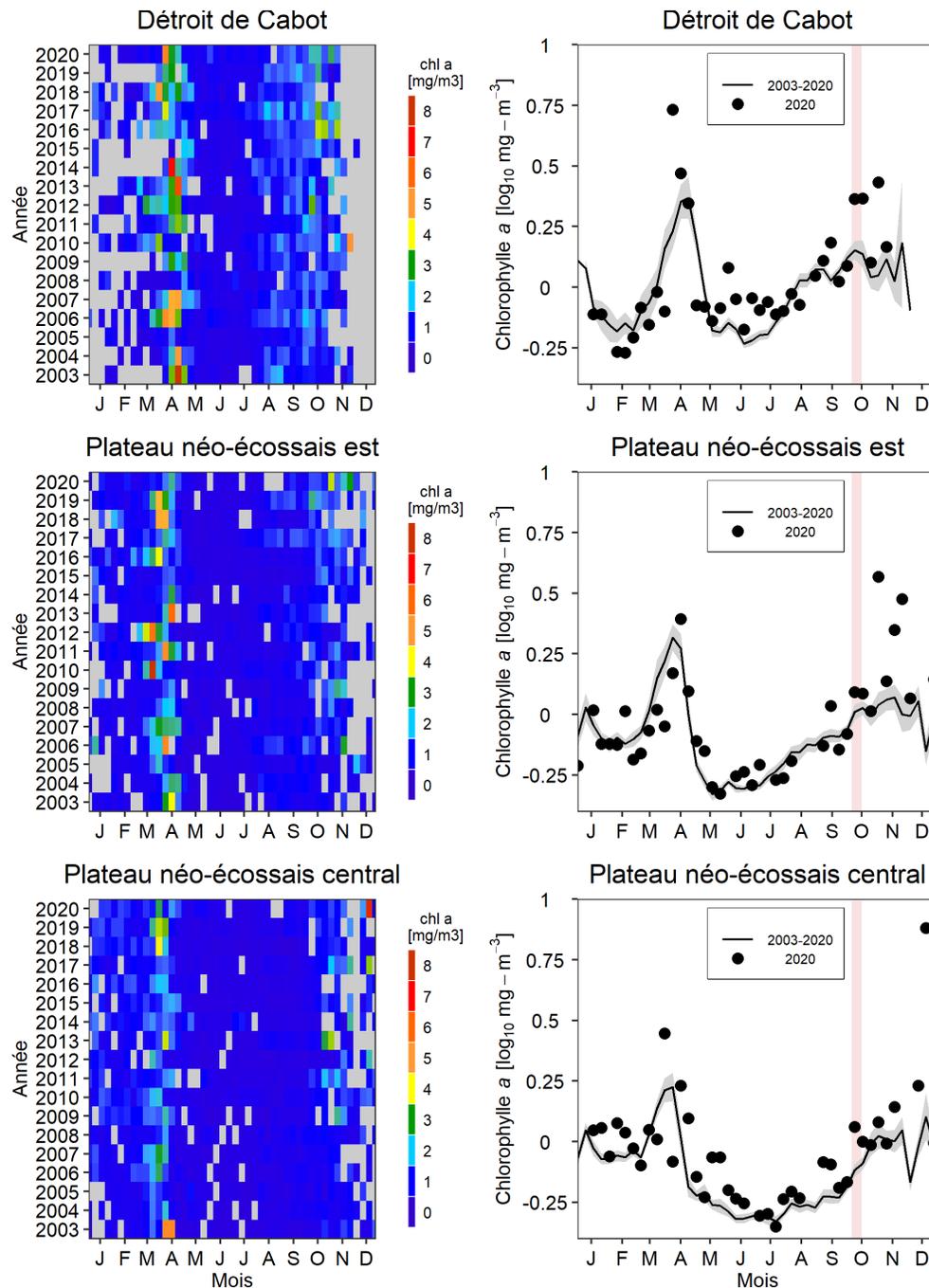


Figure 21a. Concentrations de chlorophylle a de surface estimées à partir des données hebdomadaires de la couleur de l'océan recueillies par télédétection dans les sous-régions statistiques du détroit de Cabot (haut), du plateau néo-écossais est (milieu) et du plateau néo-écossais central (bas) (voir la Figure 4). Données recueillies à l'aide du capteur MODIS. Panneaux de gauche: séries chronologiques de la variation annuelle des concentrations de chlorophylle a. Panneaux de droite: chlorophylle a de surface en 2020 (cercles pleins) comparée aux conditions moyennes de la période 2003–2020 (lignes pleines) dans les mêmes sous-régions. La bande ombrée grise est l'intervalle de confiance à 95 % des moyennes hebdomadaires. La bande verticale rose indique le moment de la missions d'automne. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15<sup>ième</sup> jour du mois. Les pixels gris sur les panneaux de gauche indiquent les données manquantes.

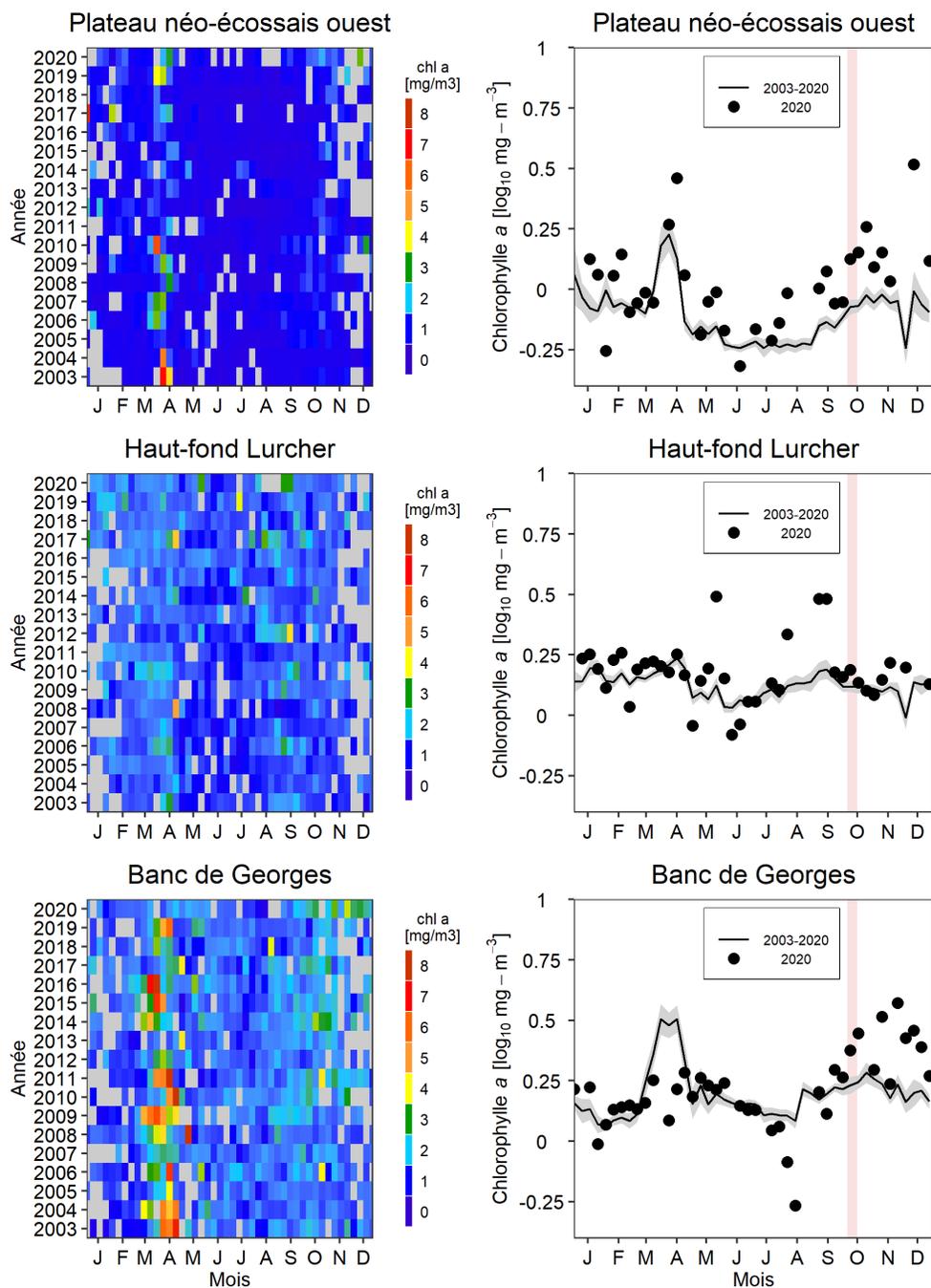


Figure 21b. Concentrations de chlorophylle a de surface estimées à partir des données hebdomadaires de la couleur de l'océan recueillies par télédétection dans les sous-régions statistiques du plateau néo-écossais ouest (haut), du haut-fond Lurcher (milieu) et du banc de Georges (voir la Figure 4). Données recueillies à l'aide du capteur MODIS. Panneaux de gauche: séries chronologiques de la variation annuelle des concentrations de chlorophylle a. Panneaux de droite: chlorophylle a de surface en 2020 (cercles pleins) comparée aux conditions moyennes de la période 2003–2020 (lignes pleines) dans les mêmes sous-régions. La bande ombrée grise est l'intervalle de confiance à 95 % des moyennes hebdomadaires. La bande verticale rose indique le moment de la mission d'automne. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15<sup>ième</sup> jour du mois. Les pixels gris sur les panneaux de gauche indiquent les données manquantes.

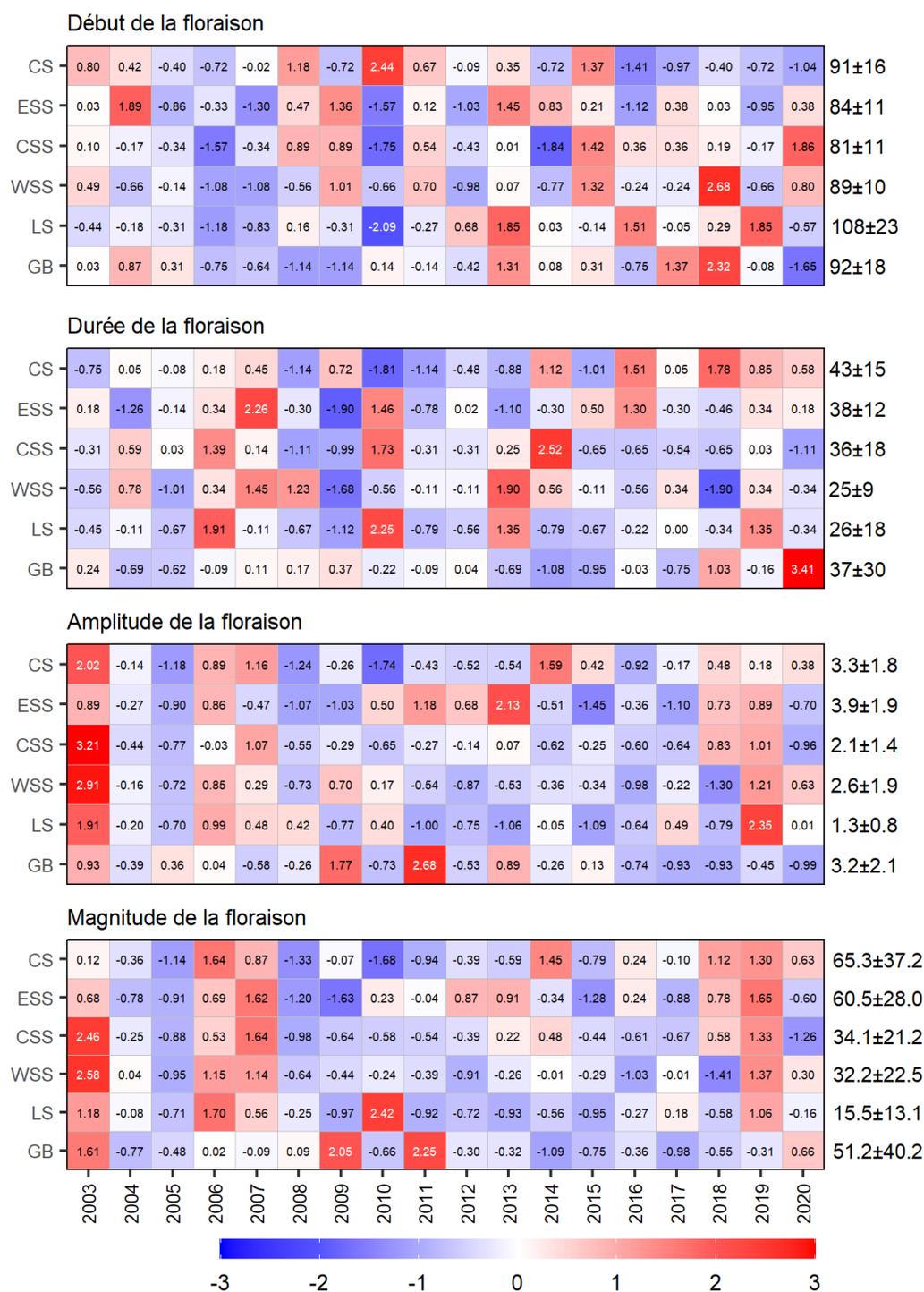


Figure 22. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles des paramètres de la floraison printanière du phytoplancton. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (2003–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). 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.

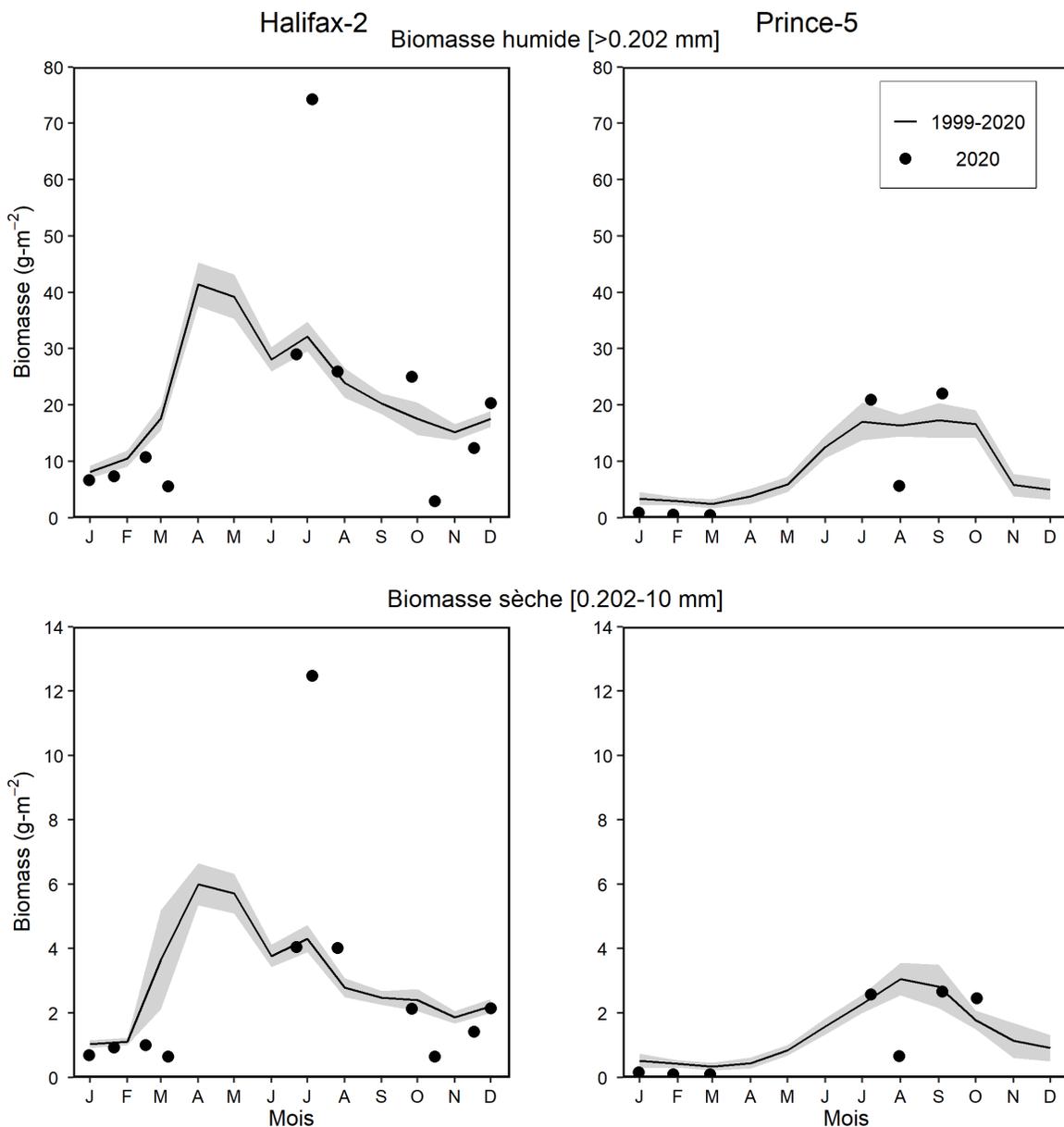


Figure 23. Biomasse humide totale du zooplancton (panneaux supérieurs) et biomasse sèche du mésozooplancton (panneaux inférieurs) (intégrées de la surface au fond) en 2020 (cercles pleins) et conditions moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes. La bande ombrée grise représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Panneaux de gauche: Halifax-2; panneaux de droite: Prince-5. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15<sup>ème</sup> jour du mois.

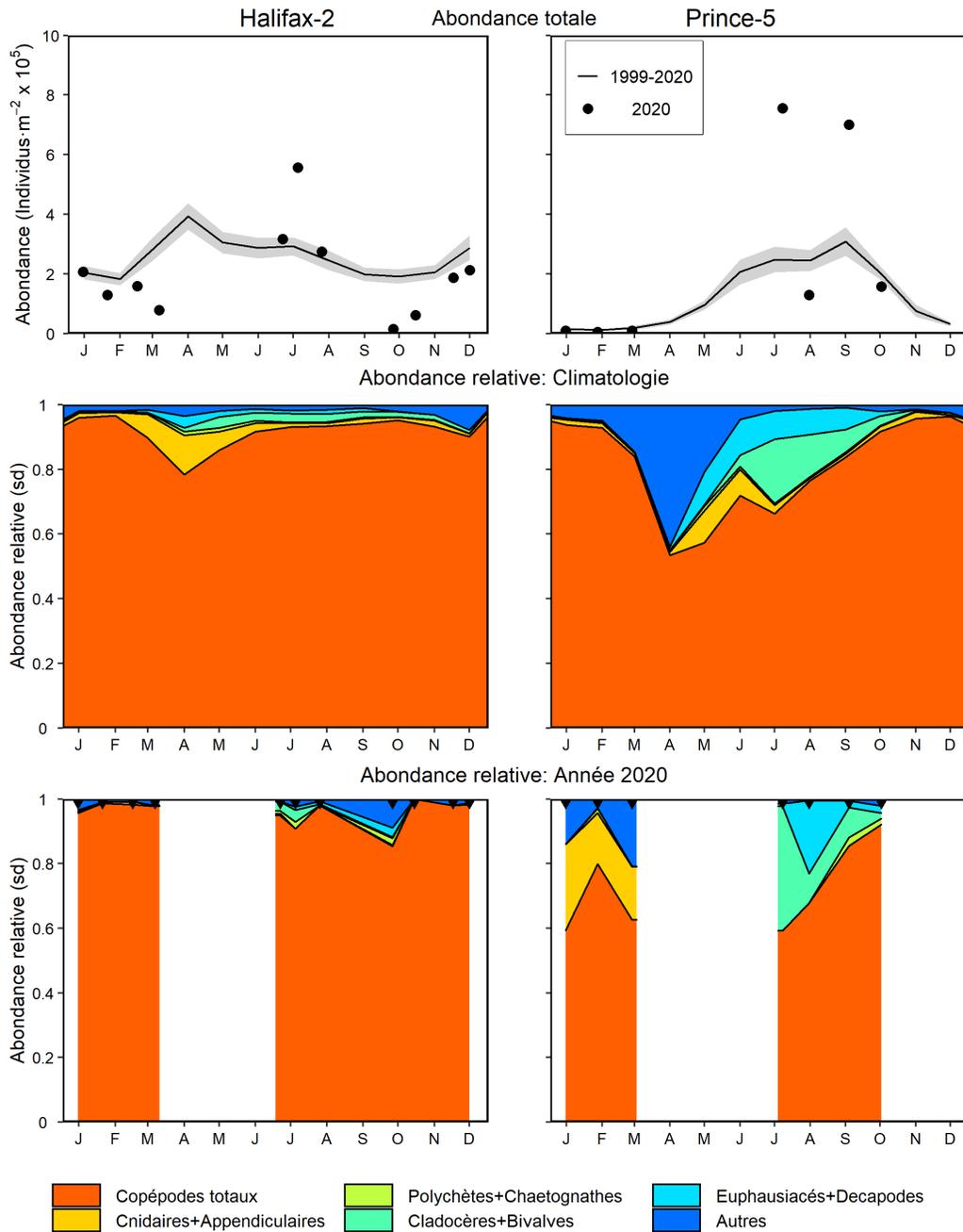


Figure 24. Abondance et composition de la communauté de zooplancton (> 200 µm) en 2020 et conditions moyennes de la période 1999–2020 aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes (panneaux de gauche: Halifax-2; panneaux de droite: Prince-5). Panneaux supérieurs: abondance du zooplancton en 2020 (cercles pleins) et conditions moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines). La bande ombrée grise représente l'erreur-type 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 2020; sd = sans dimensions. Les triangles noirs dans les panneaux inférieurs indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15<sup>ième</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

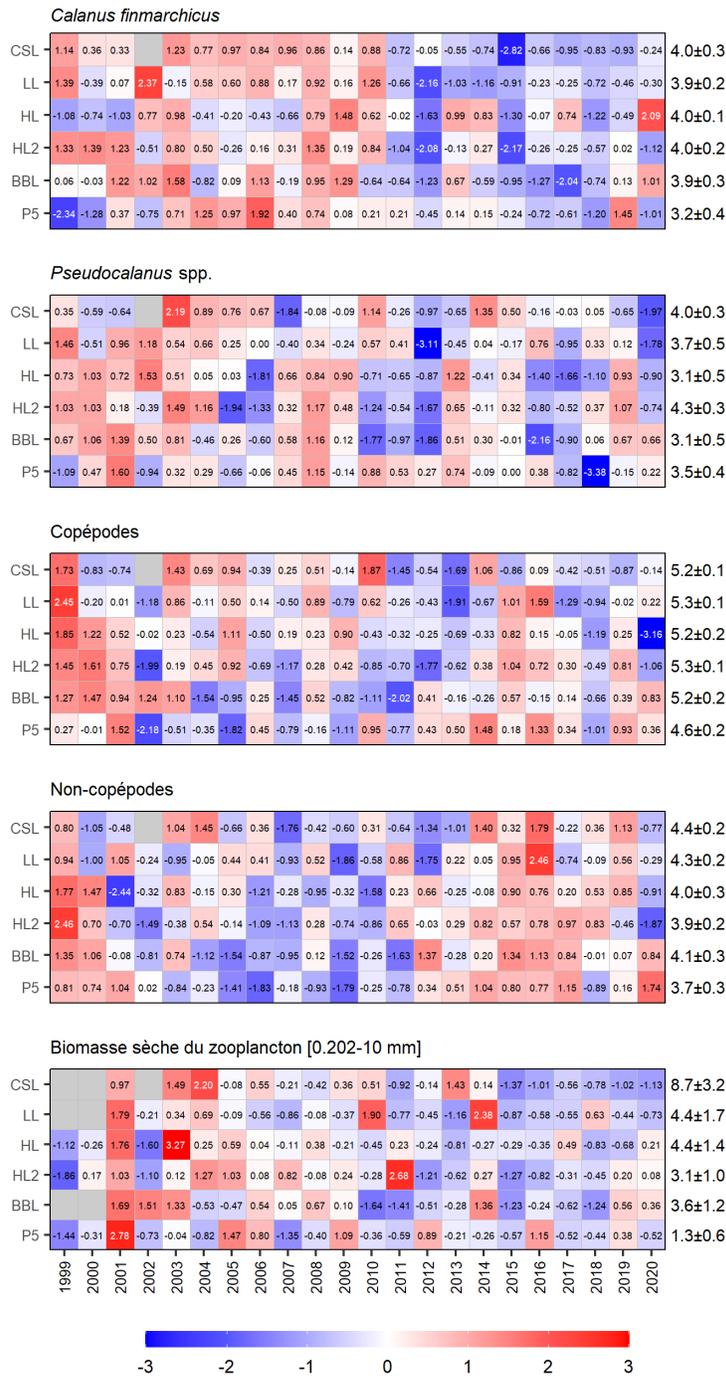


Figure 25. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles de l'abondance et de la biomasse du zooplancton. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). 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.

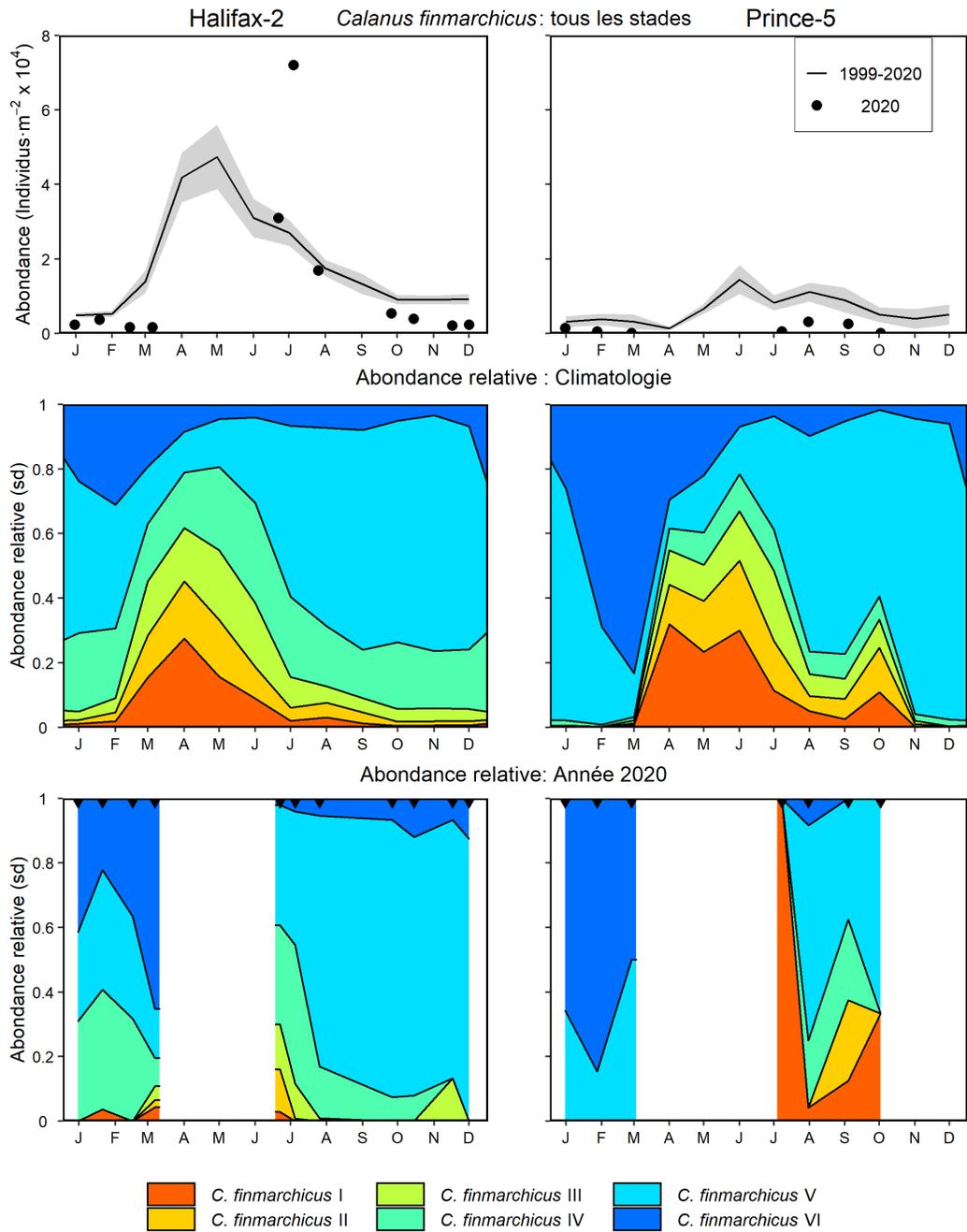


Figure 26. Abundance et répartition des stades de développement du *Calanus finmarchicus* en 2020 et conditions moyennes sur la période 1999–2020 aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes (panneaux de gauche: Halifax-2; panneaux de droite: Prince-5). Panneaux supérieurs: abondance du *C. finmarchicus* en 2020 (cercles pleins) et conditions moyennes de la période 1999–2020 (lignes pleines). La bande ombrée grise représente l'erreur-type 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 2020; sd = sans dimensions. Les triangles noirs dans les panneaux inférieurs indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15<sup>ième</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

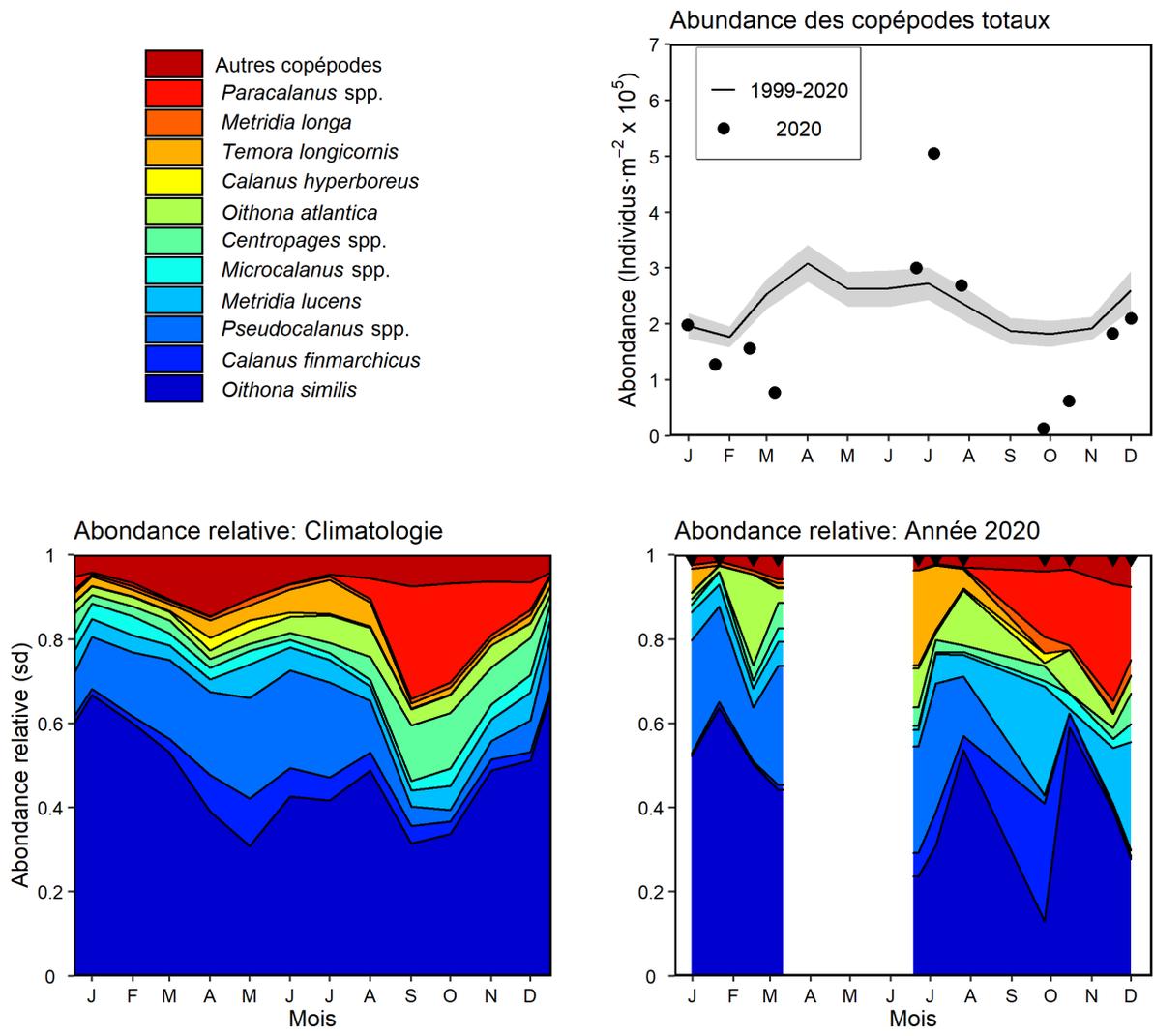


Figure 27a. Variabilité des copépodes dominants à la station Halifax-2. Les taxons les plus abondants représentant 95% de l'abondance totale des copépodes sont présentés individuellement, les copépodes non-identifiés (surtout nauplius) sont regroupées sous "autres". Panneau supérieur droit: Abondance des copépodes en 2020 (cercle plein) comparée aux conditions moyennes de 1999–2020 (trait plein). La bande ombragée représente l'erreur-type 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 médian droit indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux indiquent le 15<sup>ème</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

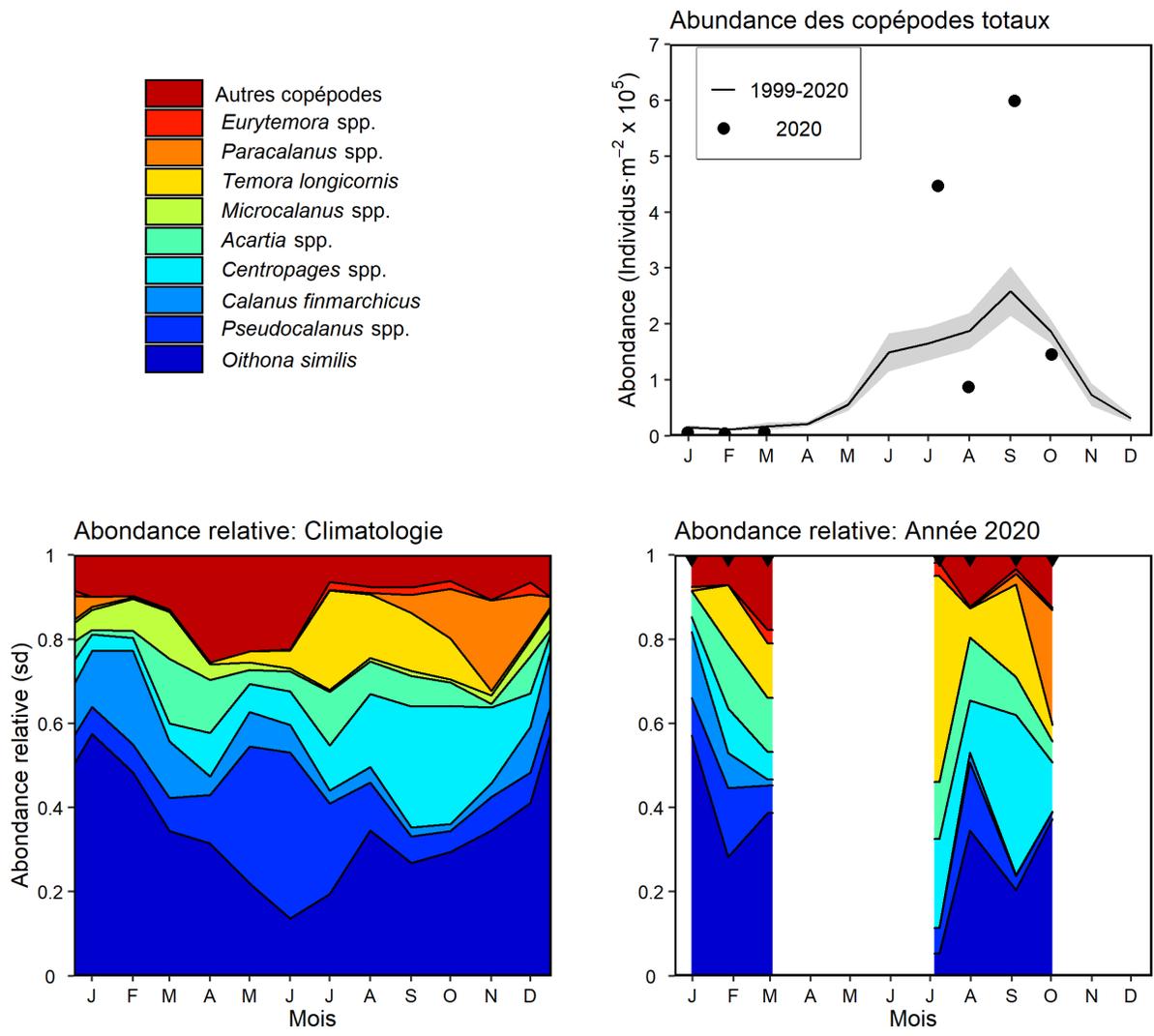


Figure 27b. Variabilité des copépodes dominants à la station Prince-5. Les taxons les plus abondants représentant 95% de l'abondance totale des copépodes sont présentés individuellement, les copépodes non-identifiés (surtout nauplius) sont regroupées sous "autres". Panneau supérieur droit: Abondance des copépodes en 2020 (cercle plein) comparée aux conditions moyennes de 1999–2020 (trait plein). La bande ombragée représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Panneau médian gauche: Climatologie de l'abondance relative des copépodes 1999–2020. Panneau médian droit: Abondance relative des copépodes en 2020. sd = sans dimension. Les triangles noirs dans le panneau médian droit indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux indiquent le 15<sup>ème</sup> jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

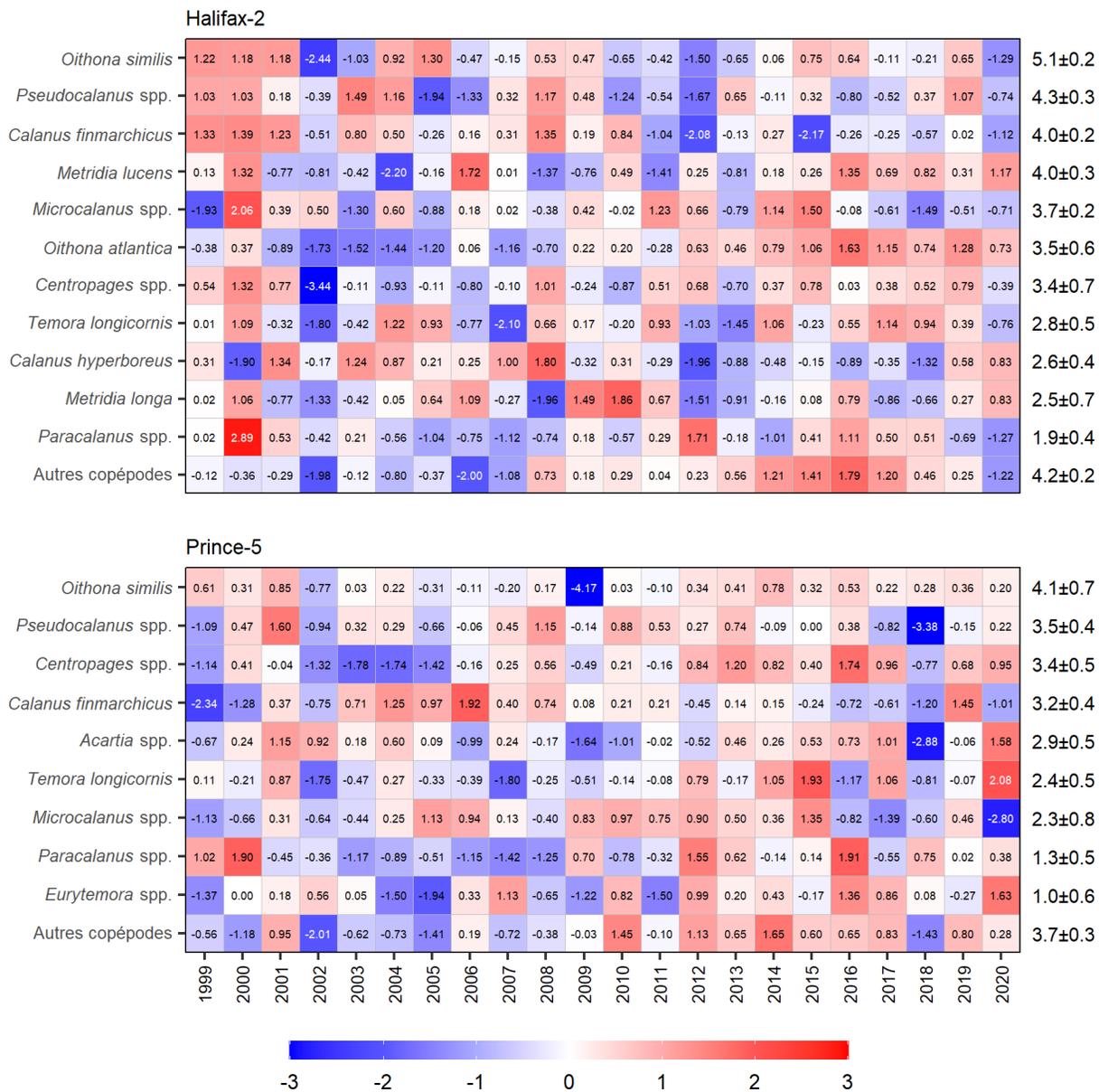
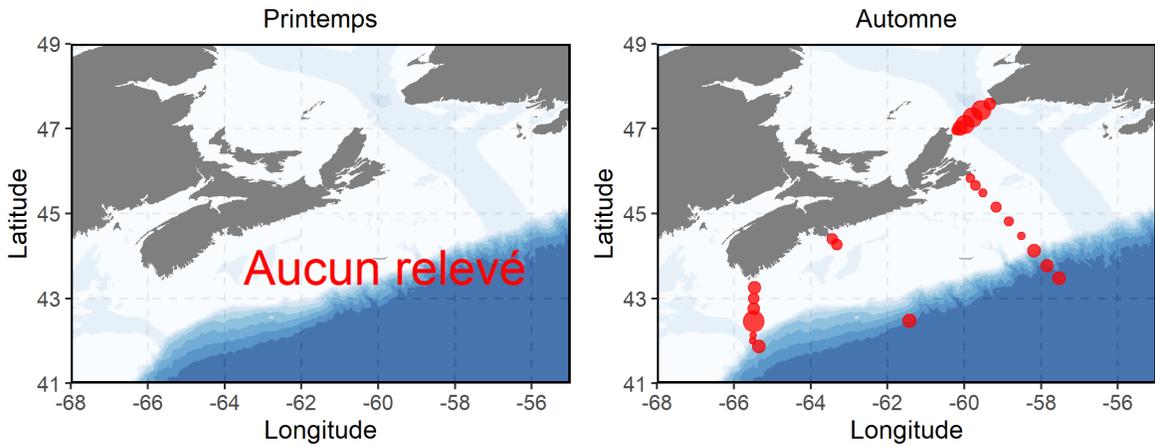


Figure 28. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles de l'abondance des copépodes aux stations d'échantillonnage à haute fréquence des Maritimes (panneau supérieur: Halifax-2; panneau inférieur: Prince-5). Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à l'abondance moyenne pour la période de référence 1999–2020, exprimées en unités d'écart-type (moyenne et écart-type étant indiquées à la droite du tableau). Les cellules rouges (bleues) indiquent des niveaux d'abondance supérieurs (inférieurs) à la normale.

### Biomasse sèche du zooplancton en 2020



### Anomalies de la biomasse sèche du zooplancton

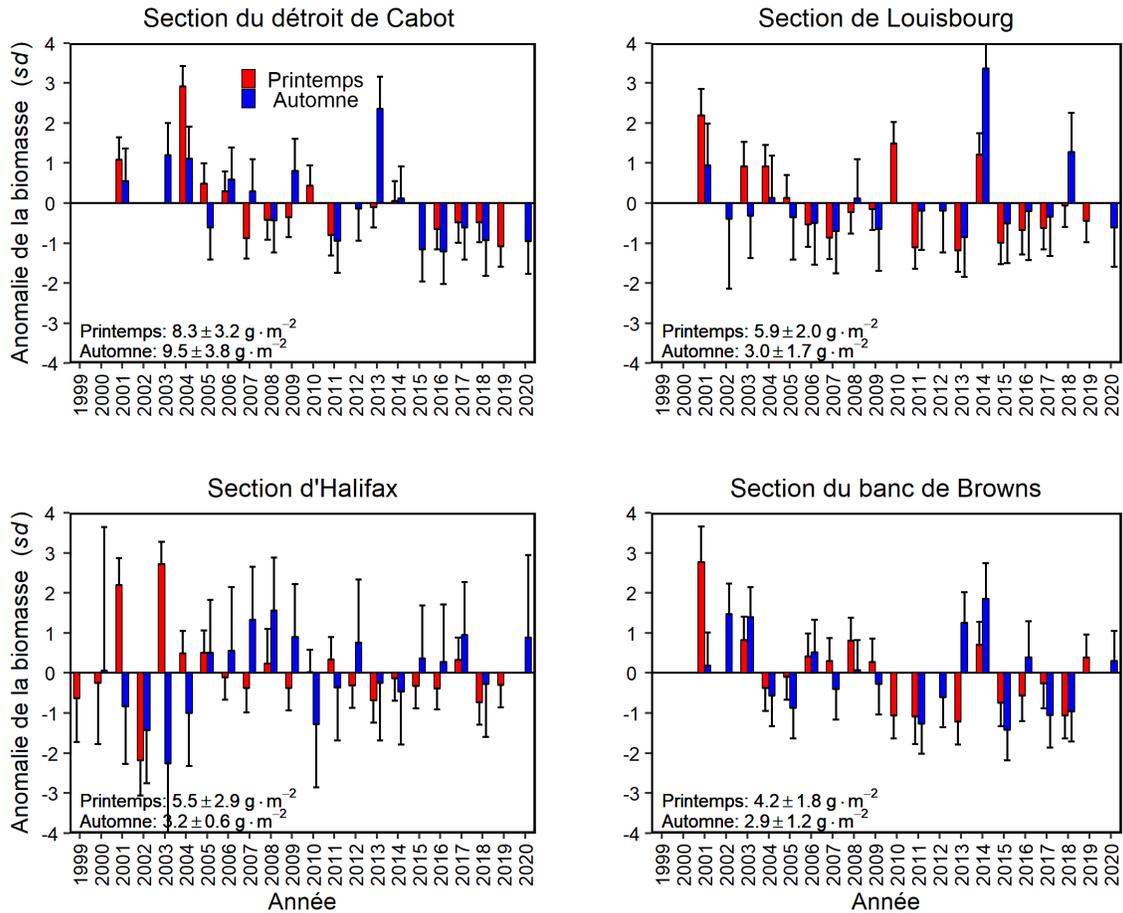
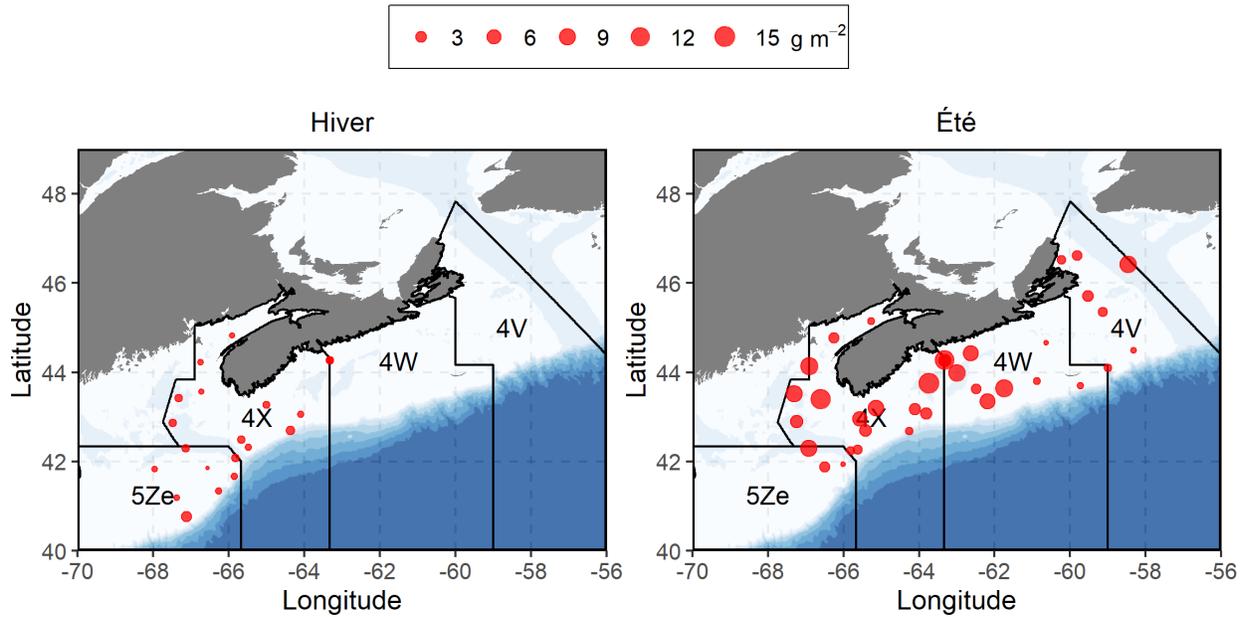


Figure 29. Distribution spatiale de la biomasse sèche du zooplancton en 2020 à l'automne (panneau supérieur de droite) et séries chronologiques des anomalies saisonnières de la biomasse sèche du zooplancton sur les sections du plateau néo-écossais (Panneaux médian et inférieur; sd = sans dimensions), de 1999 à 2020. Les lignes verticales dans les panneaux inférieurs représentent l'erreur-type.

### Biomasse sèche du zooplancton en 2020



### Anomalies de la biomasse sèche du zooplancton

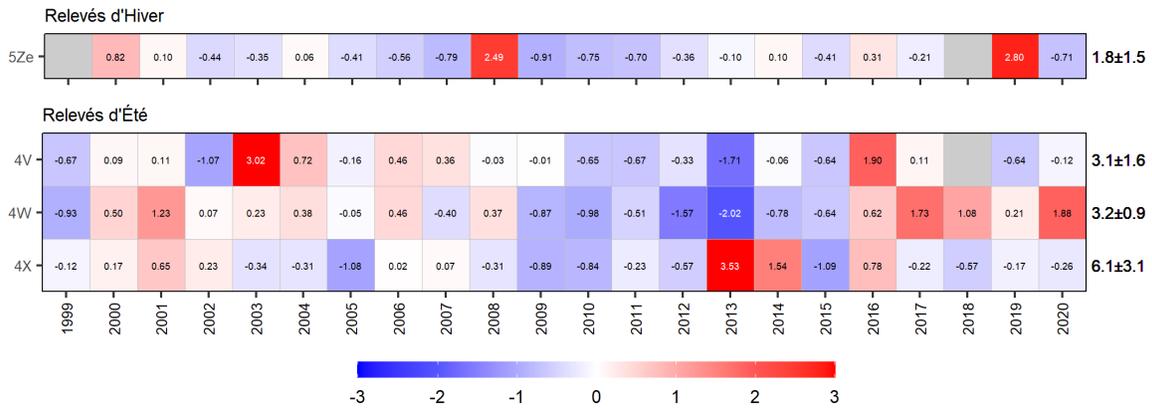


Figure 30. Distribution spatiale de la biomasse sèche du zooplancton en 2020 (panneaux supérieurs) et tableaux synoptiques des anomalies de la biomasse sèche du zooplancton (panneaux inférieurs) provenant des relevés au chalut de l'écosystème sur le banc de Georges (5Ze en hiver) ainsi que sur le plateau néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine (4X, 4W et 4V en été), de 1999 à 2020. 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). Les cellules rouges (bleues) indiquent des valeurs de biomasse supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.

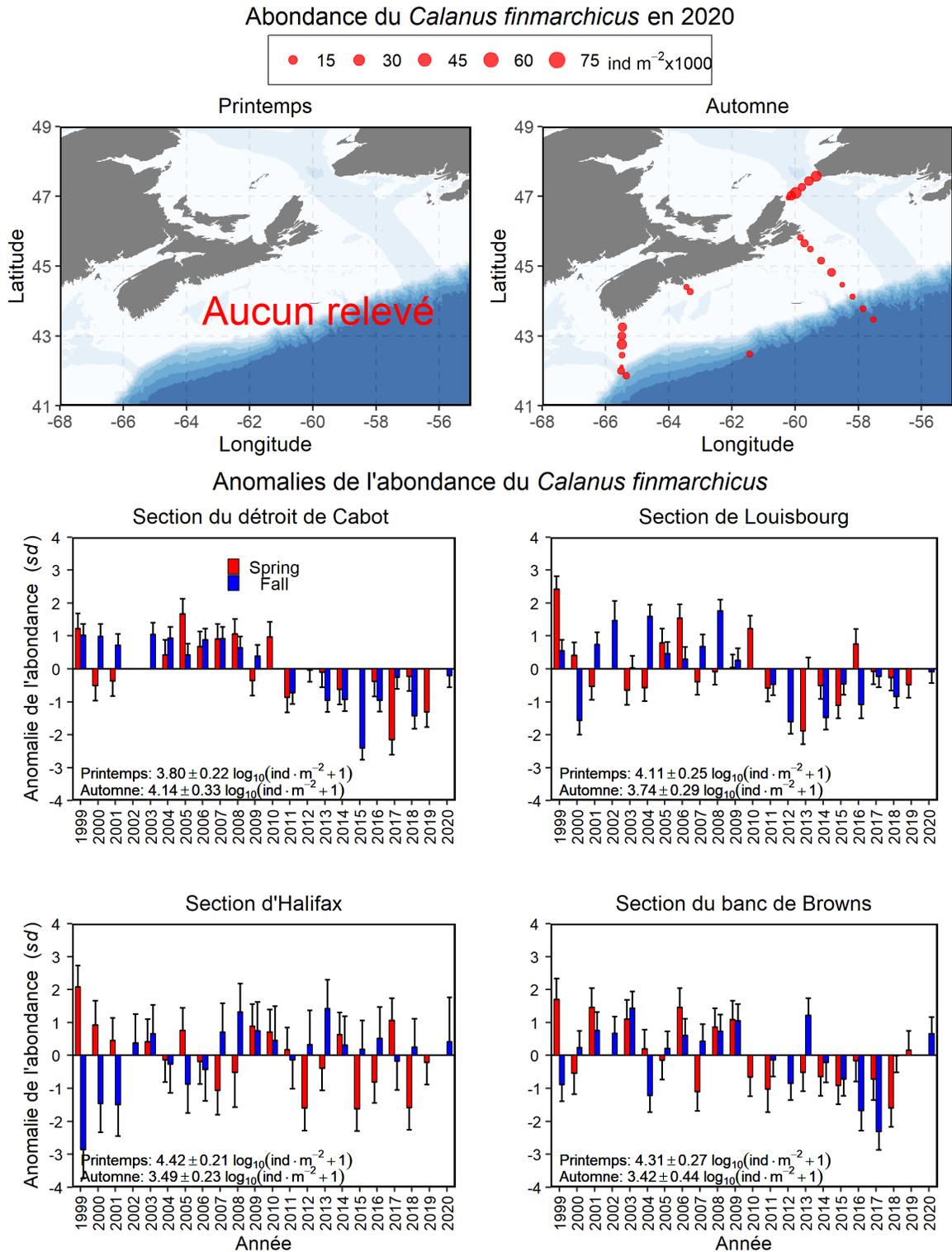
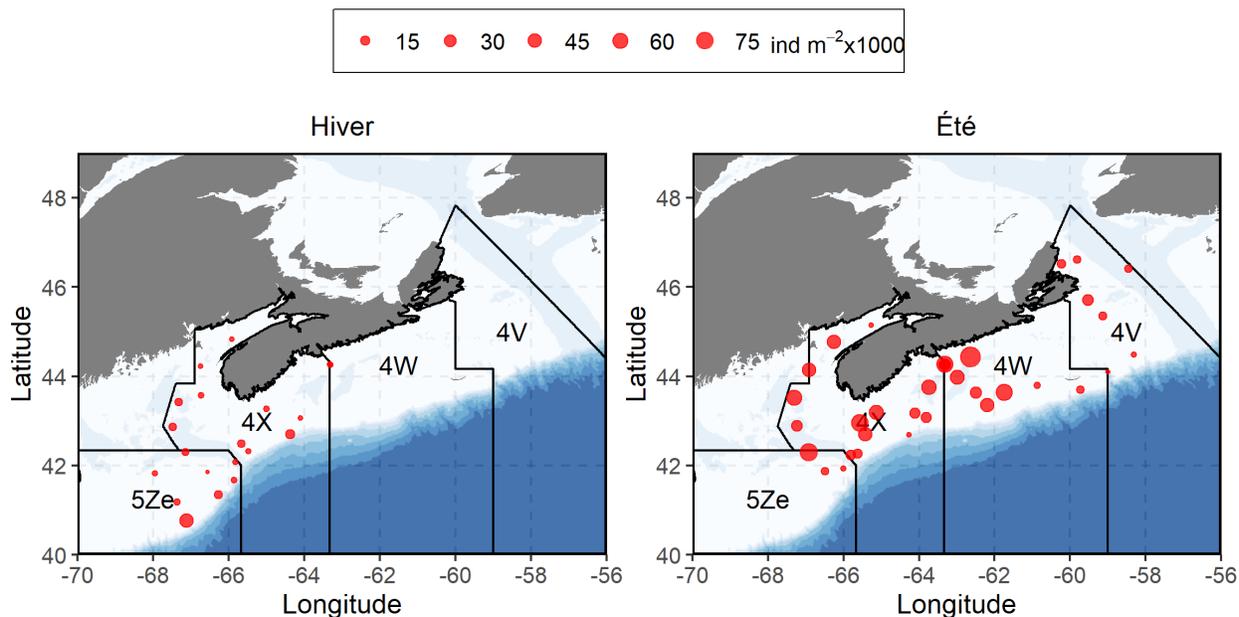


Figure 31. Distribution spatiale de l'abondance du *Calanus finmarchicus* à l'automne 2020 (panneau supérieur de droite) et séries chronologiques des anomalies saisonnières de l'abondance du *C. finmarchicus* sur les sections du plateau néo-écossais (Panneaux médian et inférieur; sd = sans dimensions), de 1999 à 2020. Les lignes verticales dans les panneaux inférieurs représentent l'erreur-type.

### Abondance du *Calanus finmarchicus* en 2020



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

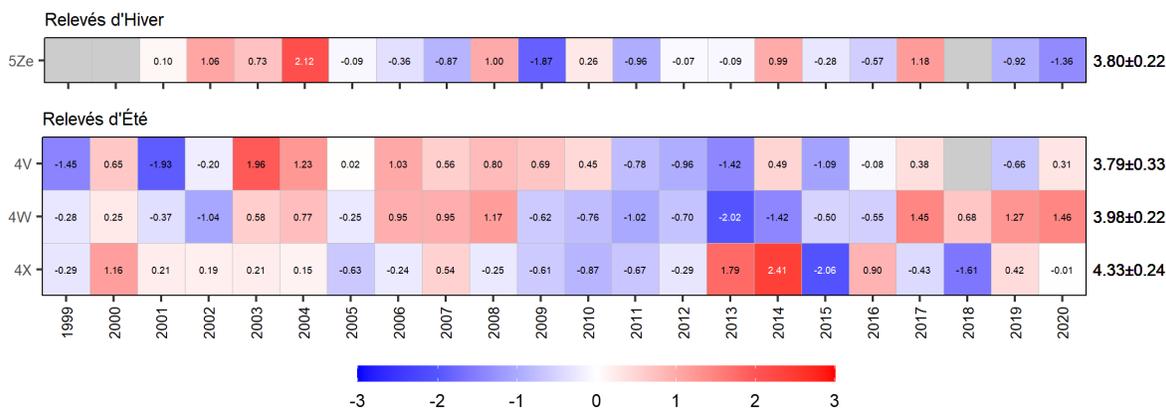


Figure 32. Distribution spatiale de l'abondance du *Calanus finmarchicus* en 2020 (panneaux supérieurs) et tableaux synoptiques des anomalies de l'abondance du *C. finmarchicus* (panneaux inférieurs) provenant des relevés au chalut de l'écosystème sur le banc de Georges (5Ze en hiver) ainsi que sur le plateau néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine (4X, 4W et 4V en été), de 1999 à 2020. 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). Les cellules rouges (bleues) indiquent des valeurs d'abondance supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.

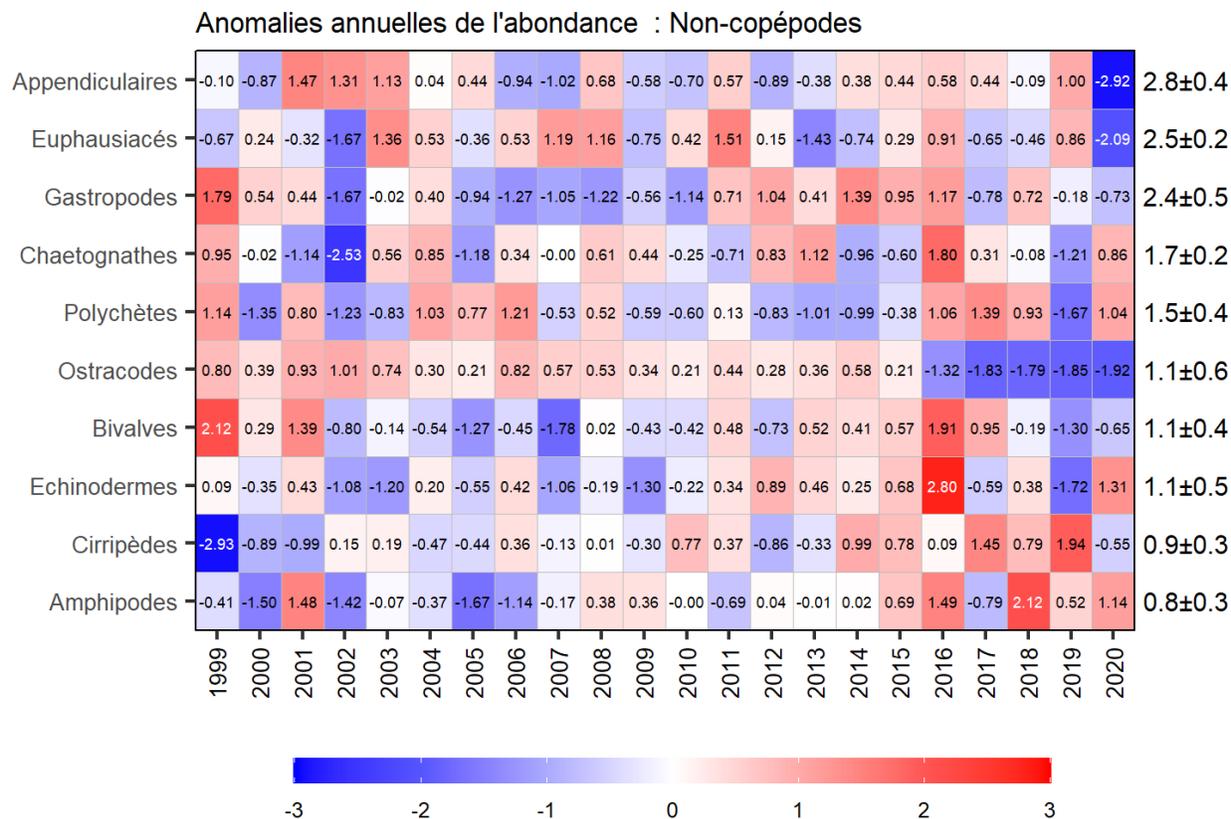


Figure 33. Tableau synoptique des anomalies annuelles de l'abondance des groupes de non-copépodes sur les sections du plateau néo-écossais, par ordre décroissant d'abondance. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Les cellules rouges (bleues) indiquent des abondances supérieures (inférieures) à la normale.

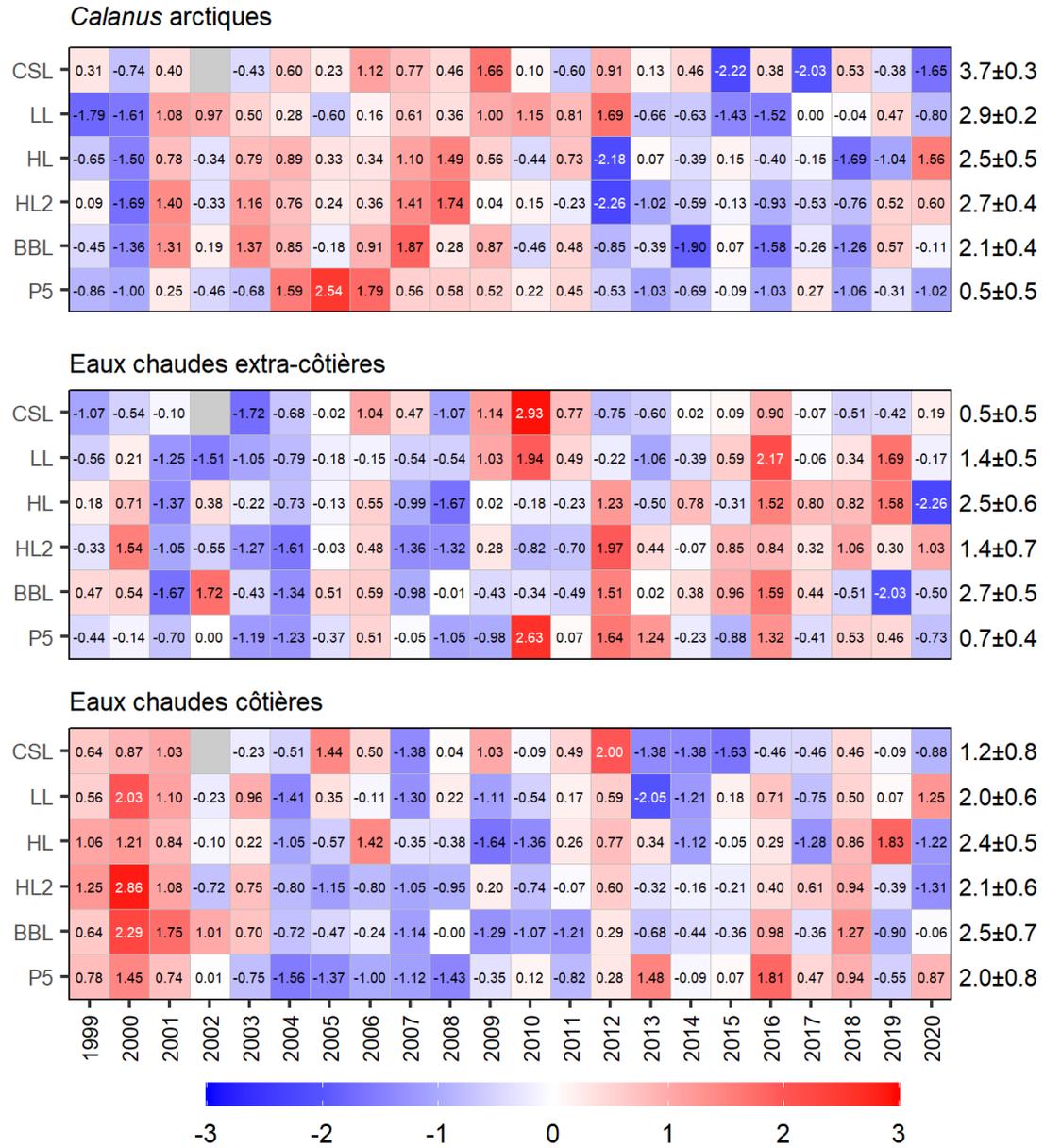


Figure 34. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles de l'abondance des groupes indicateurs de copépodes. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). 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.

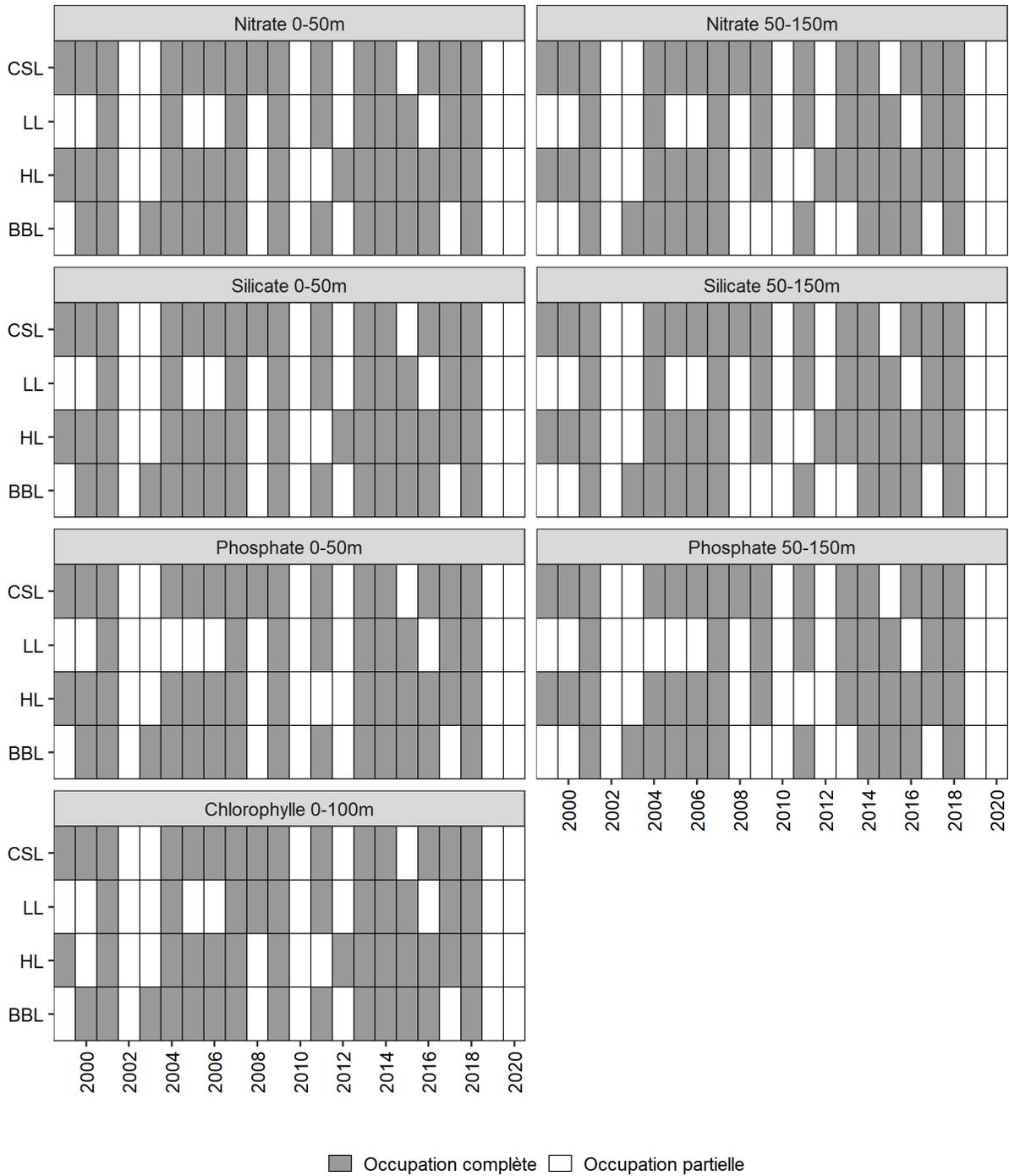


Figure 35a. Occupation des sections pour les indices des éléments nutritifs et de la chlorophylle a. Les cellules grises indiquent les années avec occupation annuelle complète (i.e., printemps et automne) pour un indice et une section donnés. Les cellules blanches indiquent les années avec occupation annuelle partielle résultant d'un échantillonnage manquant à une ou plusieurs stations sur une section. CSL: section du détroit de Cabot; LL: section de Louisbourg; HL: section d'Halifax; BBL: section du banc Browns.

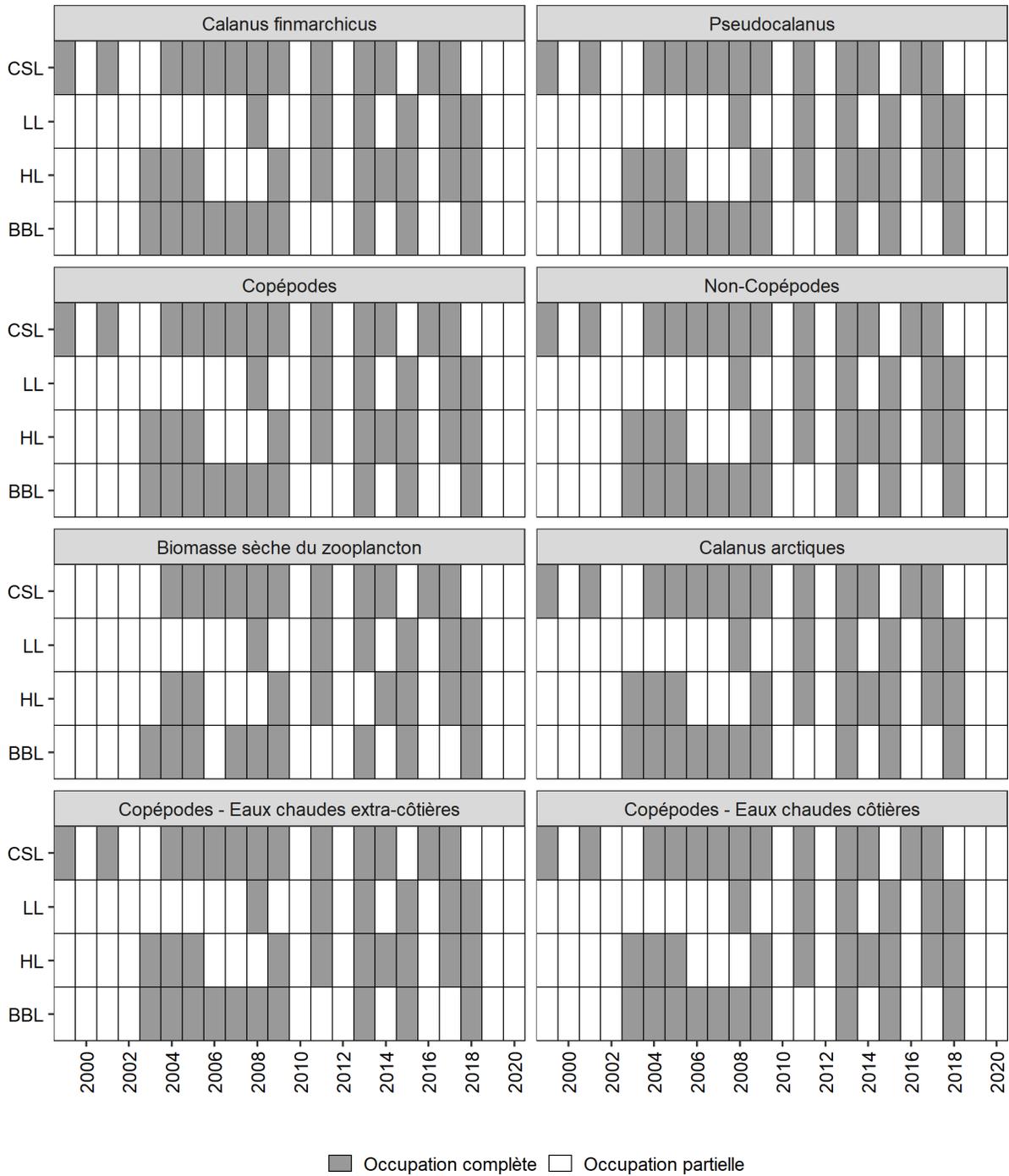


Figure 35b. Occupation des sections pour les indices du zooplancton. Les cellules grises indiquent les années avec occupation annuelle complète (i.e., printemps et automne) pour un indice et une section donnés. Les cellules blanches indiquent les années avec occupation annuelle partielle résultant d'un échantillonnage manquant à une ou plusieurs stations sur une section. CSL: section du détroit de Cabot; LL: section de Louisbourg; HL: section d'Halifax; BBL: section du banc Browns.

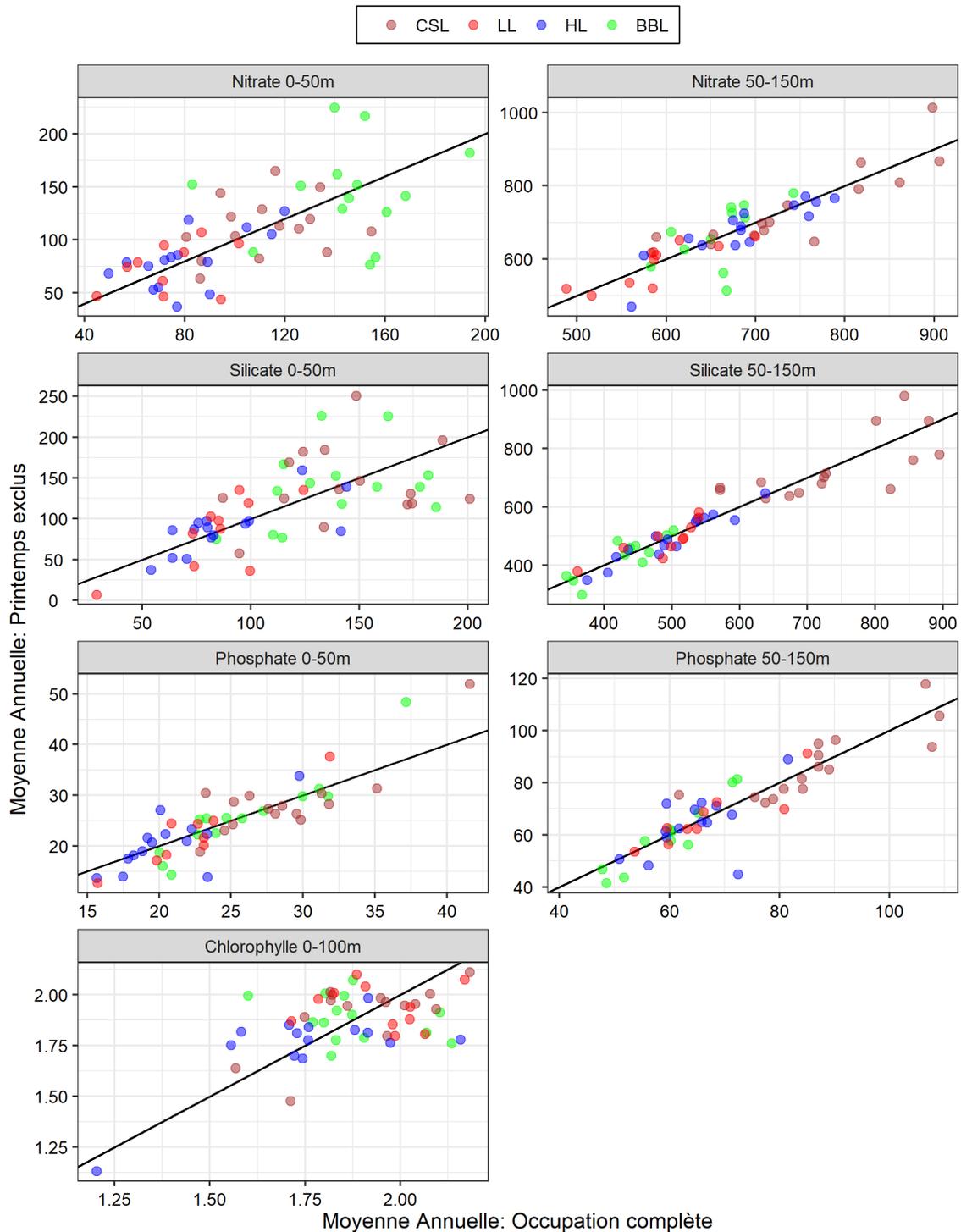


Figure 36a. Relation entre la moyenne annuelle non biaisée (axe des x) et la moyenne annuelle estimée résultant de l'exclusion des données printanières (axe des y) pour les indices des éléments nutritifs et de la chlorophylle a. Les marqueurs représentent les années individuelles pour lesquelles l'occupation annuelle était complète pour chaque indice et section. CSL: section du détroit de Cabot; LL: section de Louisbourg; HL: section d'Halifax; BBL: section du banc Browns. La ligne noire représente la droite d'identité.

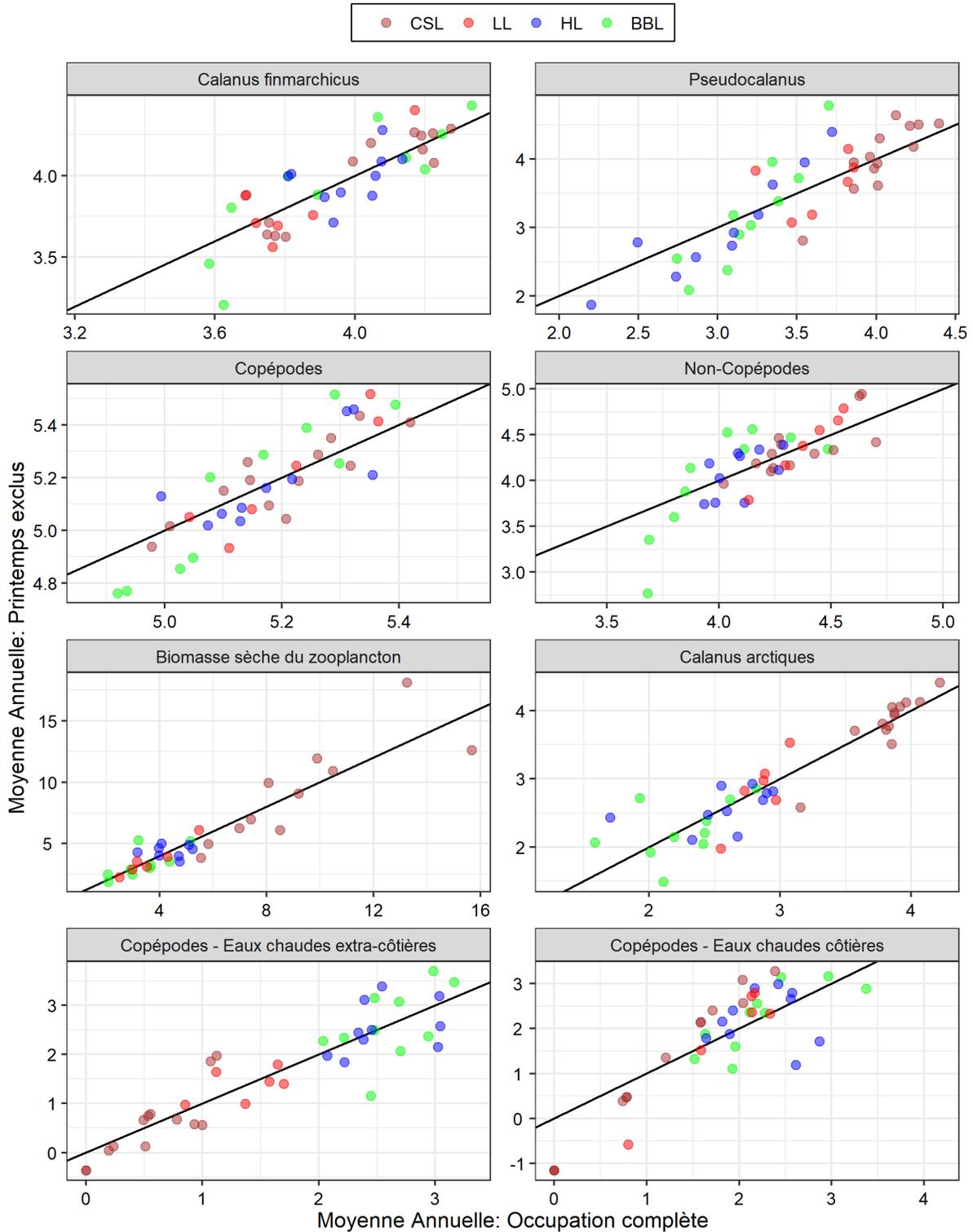


Figure 36b. Relation entre la moyenne annuelle non biaisée (axe des x) et la moyenne annuelle estimée résultant de l'exclusion des données printanières (axe des y) pour les indices du zooplancton. Les marqueurs représentent les années individuelles pour lesquelles l'occupation annuelle était complète pour chaque indice et section. CSL: section du détroit de Cabot; LL: section de Louisbourg; HL: section d'Halifax; BBL: section du banc Browns. La ligne noire représente la droite d'identité.

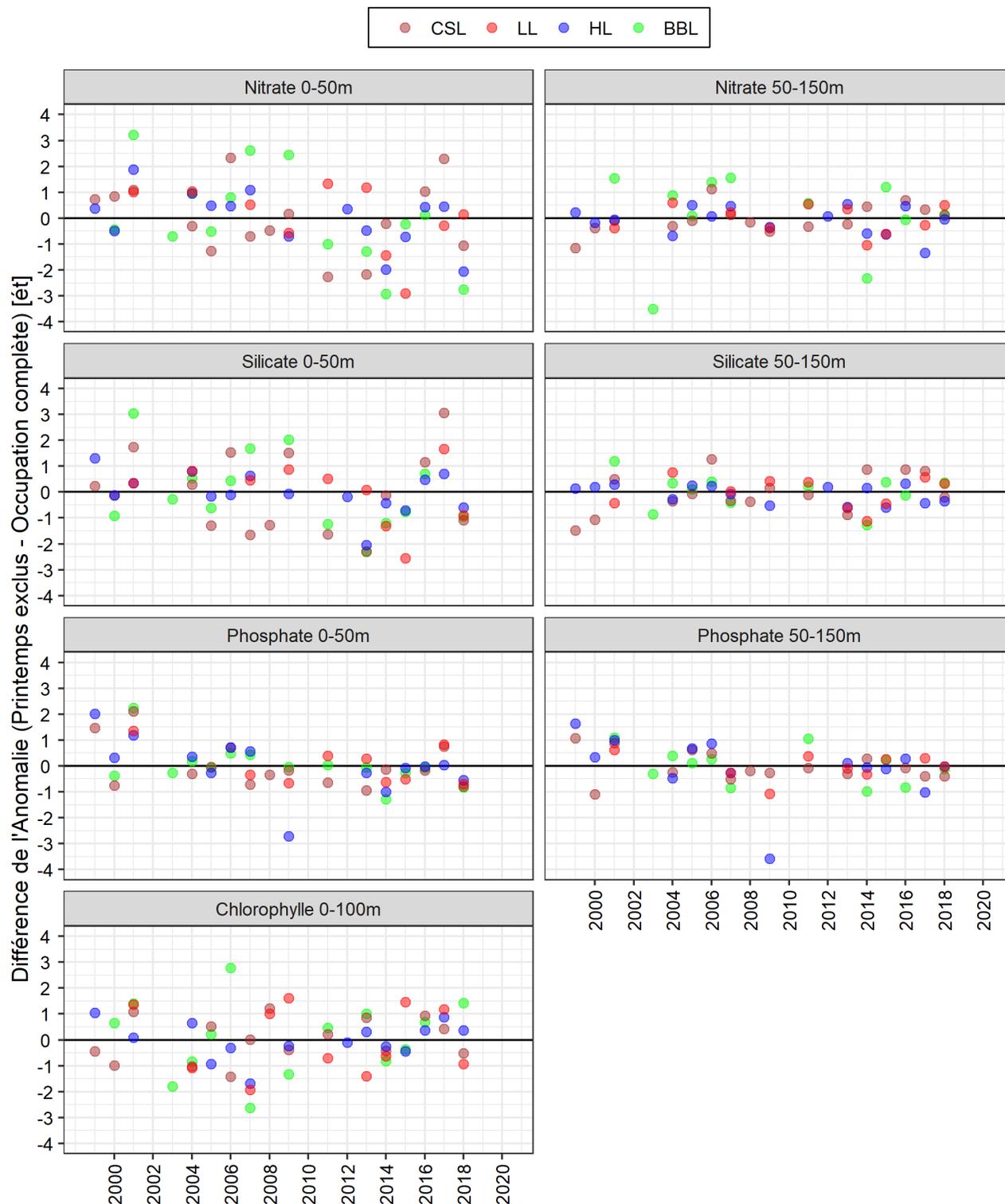


Figure 37a. Différence entre l'anomalie annuelle normalisée résultant de l'exclusion des données de printemps et l'anomalie non biaisée calculée à partir de l'occupation complète pour les indices des éléments nutritifs et de la chlorophylle a. Les marqueurs représentent les années individuelles pour lesquelles l'occupation annuelle était complète pour chaque indice et section. CSL: section du détroit de Cabot; LL: section de Louisbourg; HL: section d'Halifax; BBL: section du banc Browns.

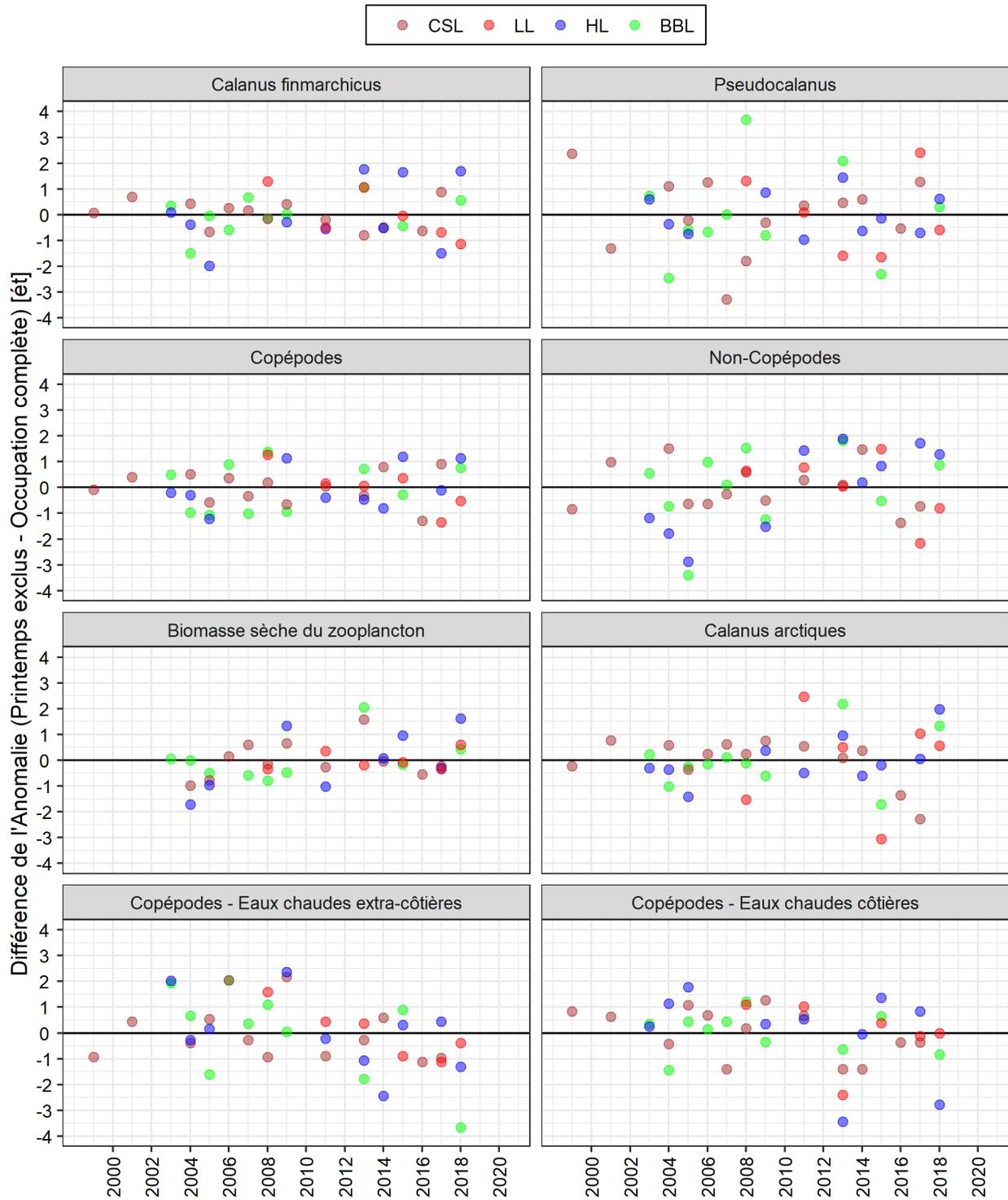


Figure 37b. Différence entre l'anomalie annuelle normalisée résultant de l'exclusion des données de printemps et l'anomalie non biaisée calculée à partir de l'occupation complète pour les indices du zooplancton. Les marqueurs représentent les années individuelles pour lesquelles l'occupation annuelle était complète pour chaque indice et section. CSL: section du détroit de Cabot; LL: section de Louisbourg; HL: section d'Halifax; BBL: section du banc Browns.

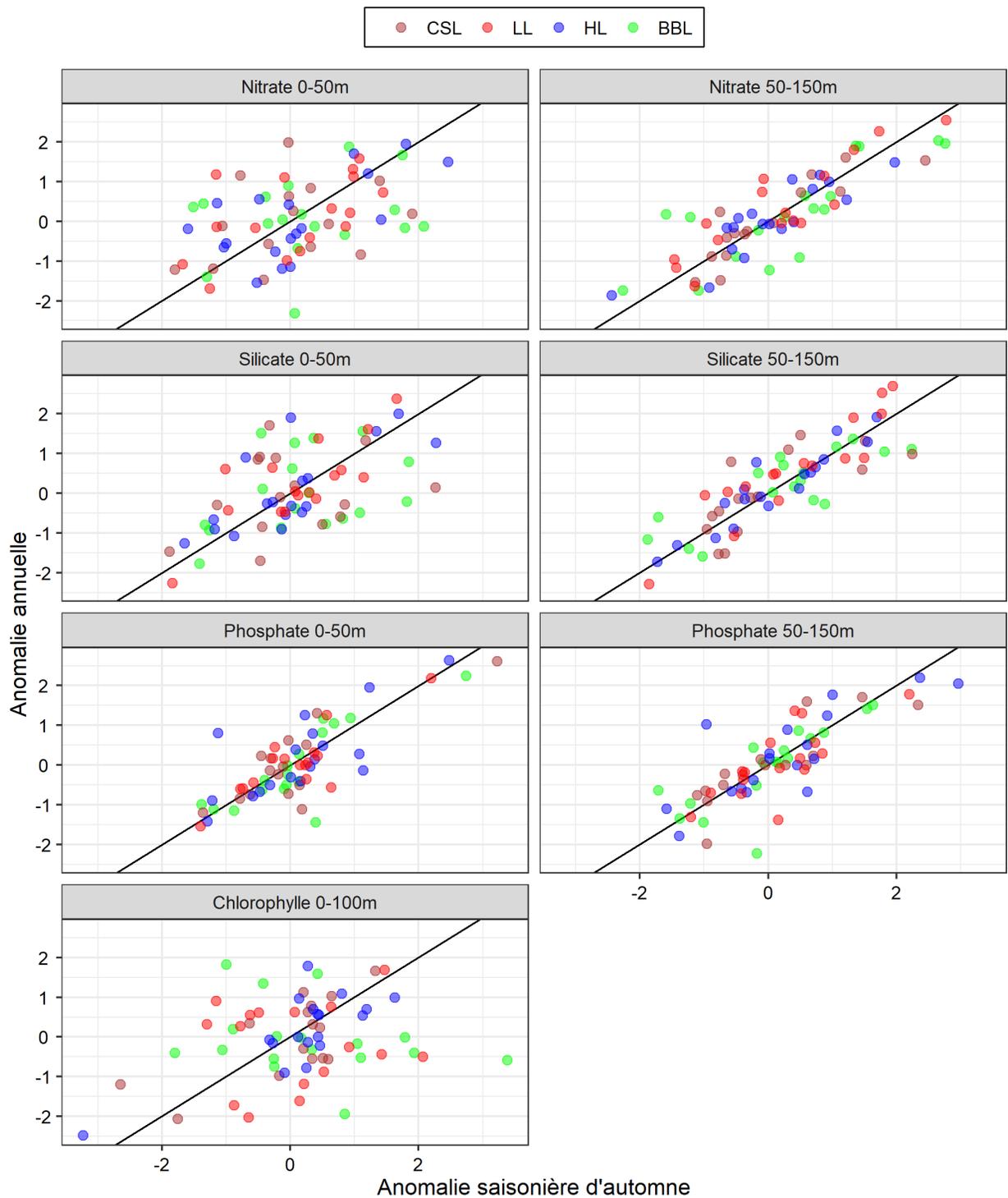


Figure 38a. Relation entre les anomalies normalisées annuelles non biaisées et les anomalies normalisées saisonnières d'automne pour les indices des éléments nutritifs et de la chlorophylle a. Les marqueurs représentent les années individuelles pour lesquelles l'occupation annuelle était complète pour chaque indice et section. CSL: section du détroit de Cabot; LL: section de Louisbourg; HL: section d'Halifax; BBL: section du banc Browns. La ligne noire représente la droite d'identité.

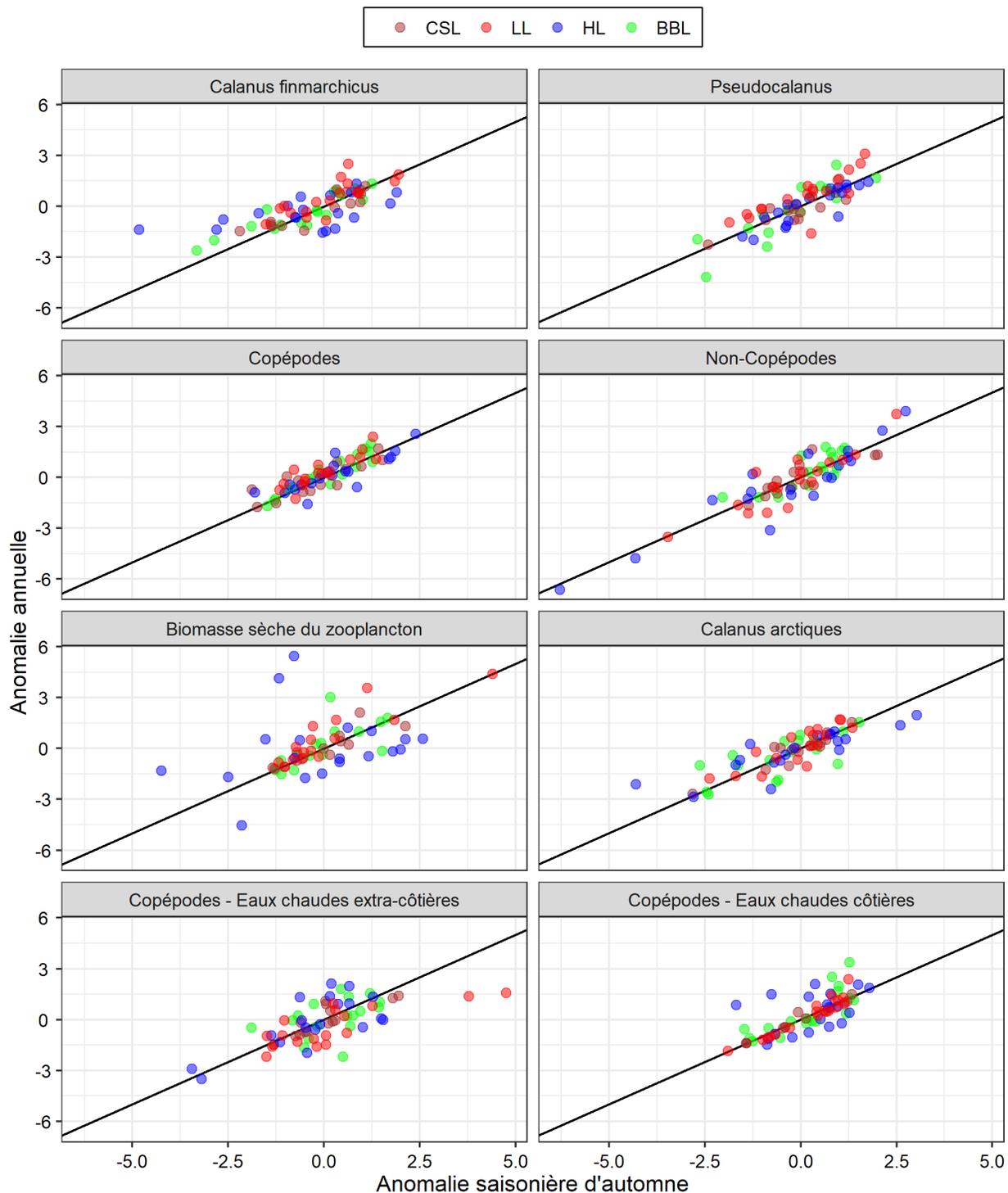


Figure 38b. Relation entre les anomalies normalisées annuelles non biaisées et les anomalies normalisées saisonnières d'automne pour les indices du zooplancton. Les marqueurs représentent les années individuelles pour lesquelles l'occupation annuelle était complète pour chaque indice et section. CSL: section du détroit de Cabot; LL: section de Louisbourg; HL: section d'Halifax; BBL: section du banc Browns. La ligne noire représente la droite d'identité.

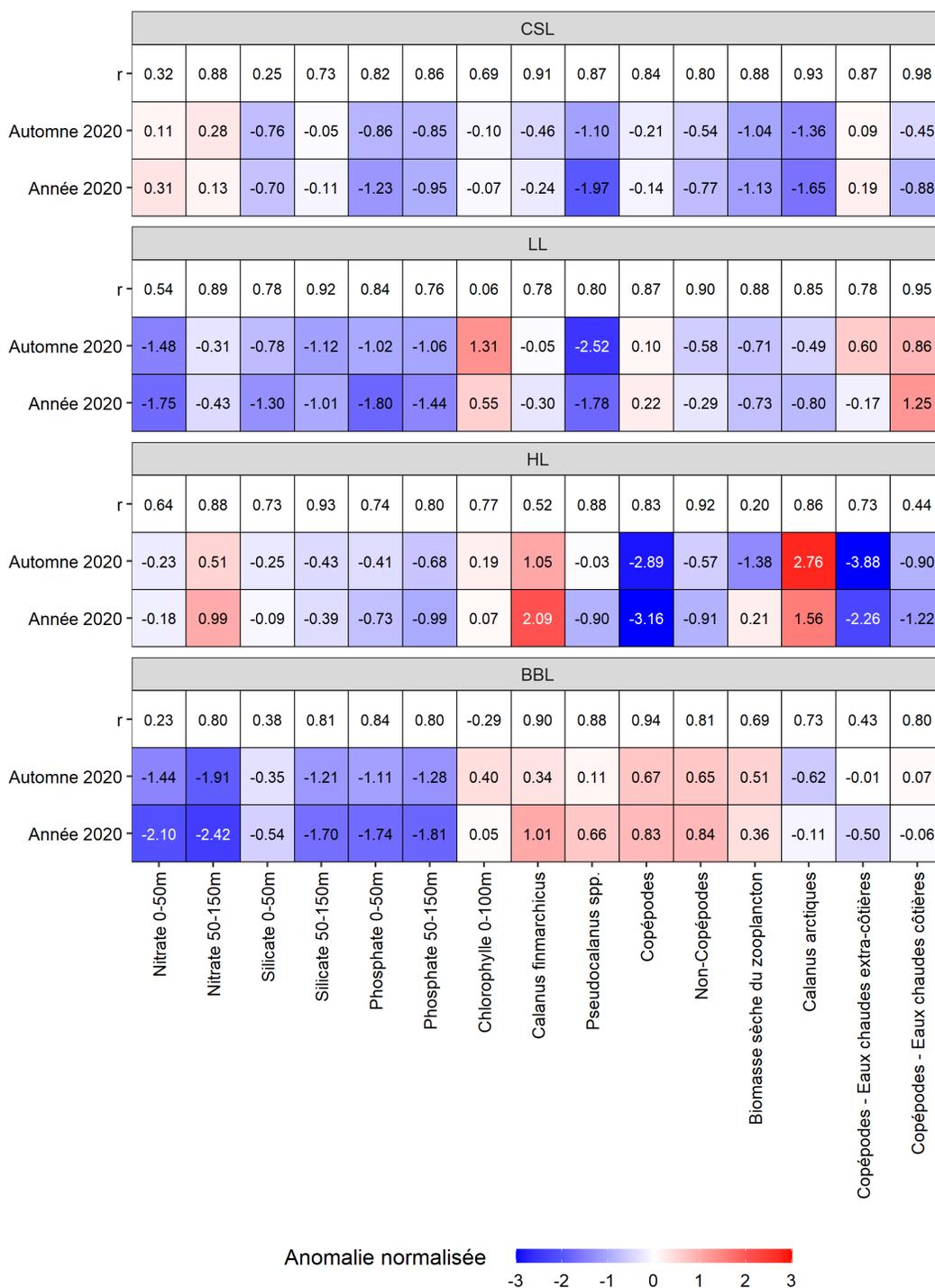


Figure 39. Comparaison des anomalies normalisées annuelles et saisonnières d'automne pour 2020. Pour chaque section, la première ligne indique le coefficient de corrélation ( $r$ ) entre les anomalies annuelles et automnales calculées à partir des données des années d'occupation complète pour chaque indice et section. La deuxième ligne indique les anomalies normalisées de l'automne 2020 pour chaque indice. La troisième ligne indique les anomalies normalisées annuelles pour 2020 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.

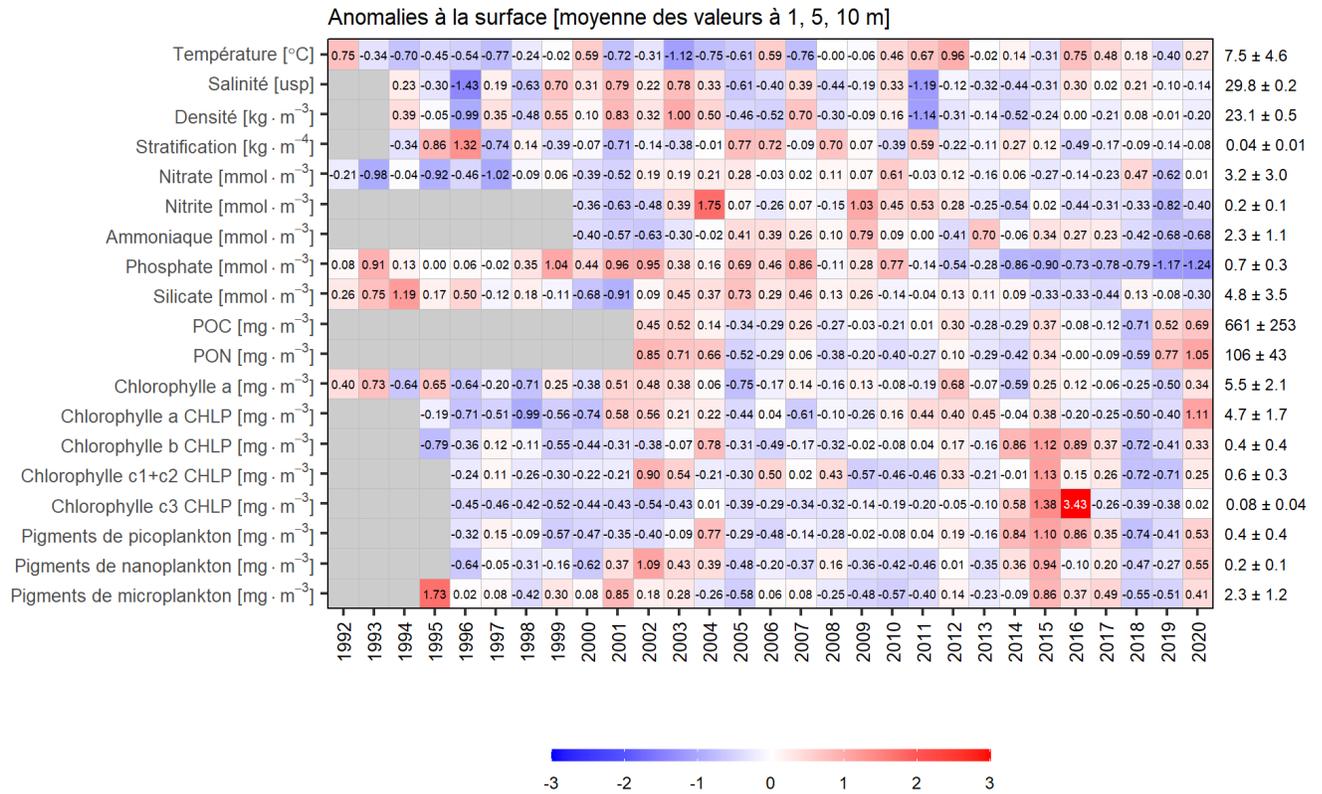


Figure 40. Tableau synoptique des anomalies annuelles des conditions environnementales et du phytoplancton dans la couche supérieure (1 m, 5 m et 10 m) dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les 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.

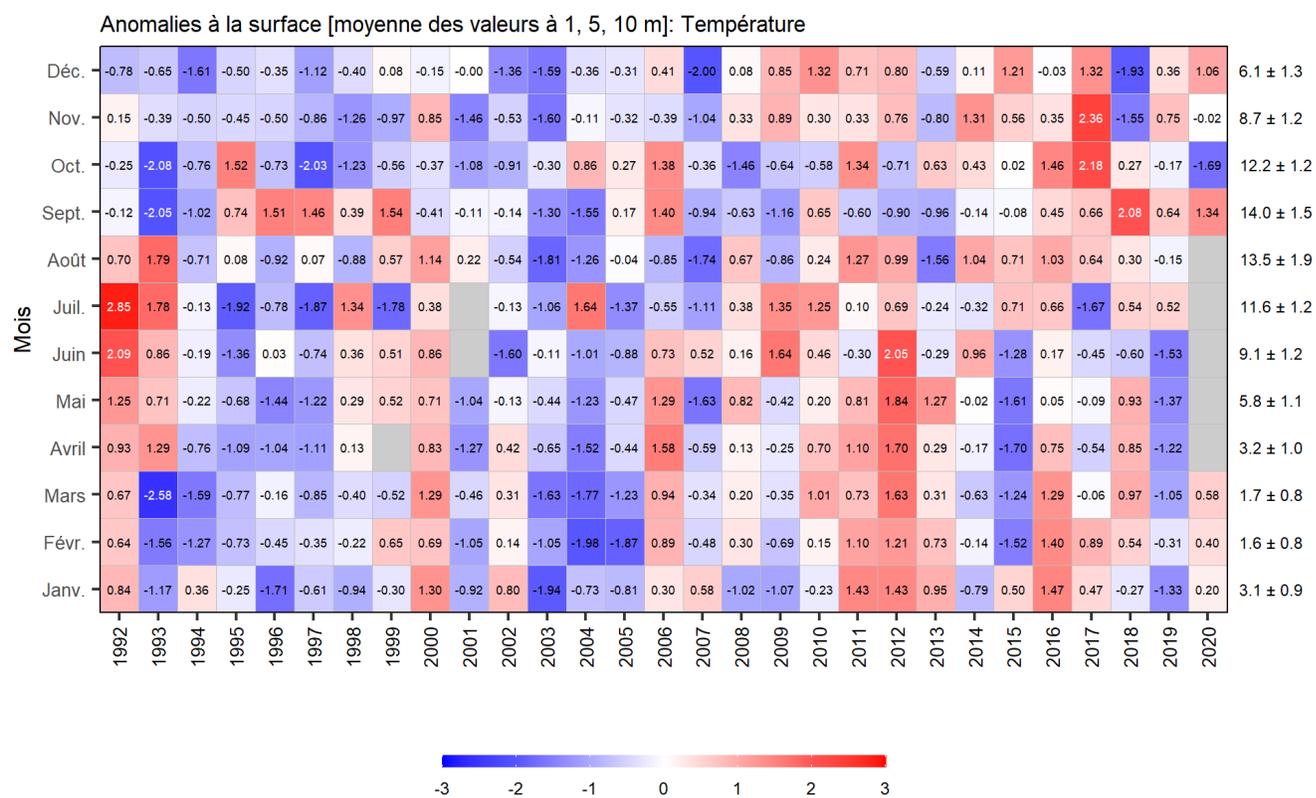


Figure 41. Tableau synoptique des anomalies moyennes mensuelles de la température de la couche supérieure (1 m, 5 m et 10 m) dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne mensuelle pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Les cellules rouges (bleues) indiquent des températures supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.

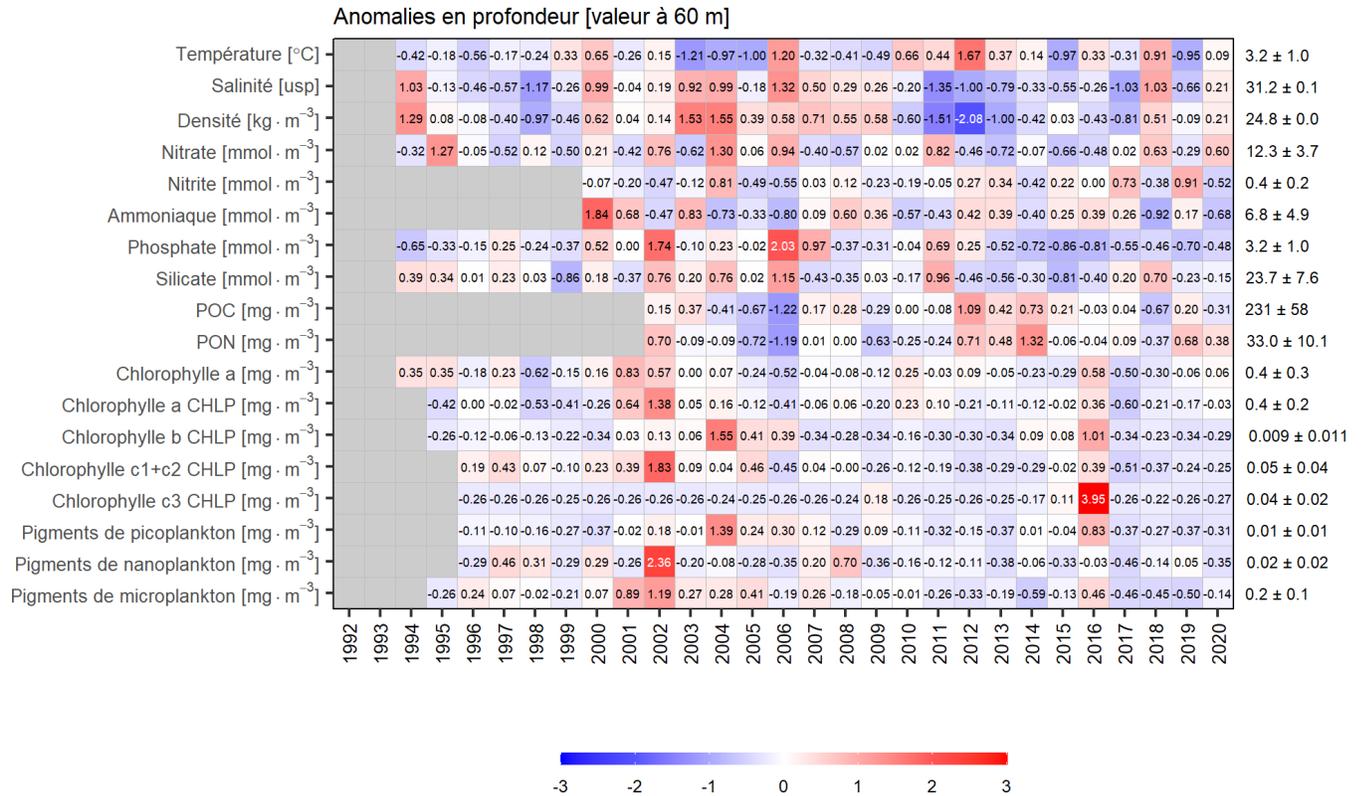


Figure 42. Tableau synoptique des anomalies annuelles des conditions environnementales et du phytoplancton à 60 m, dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les 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.

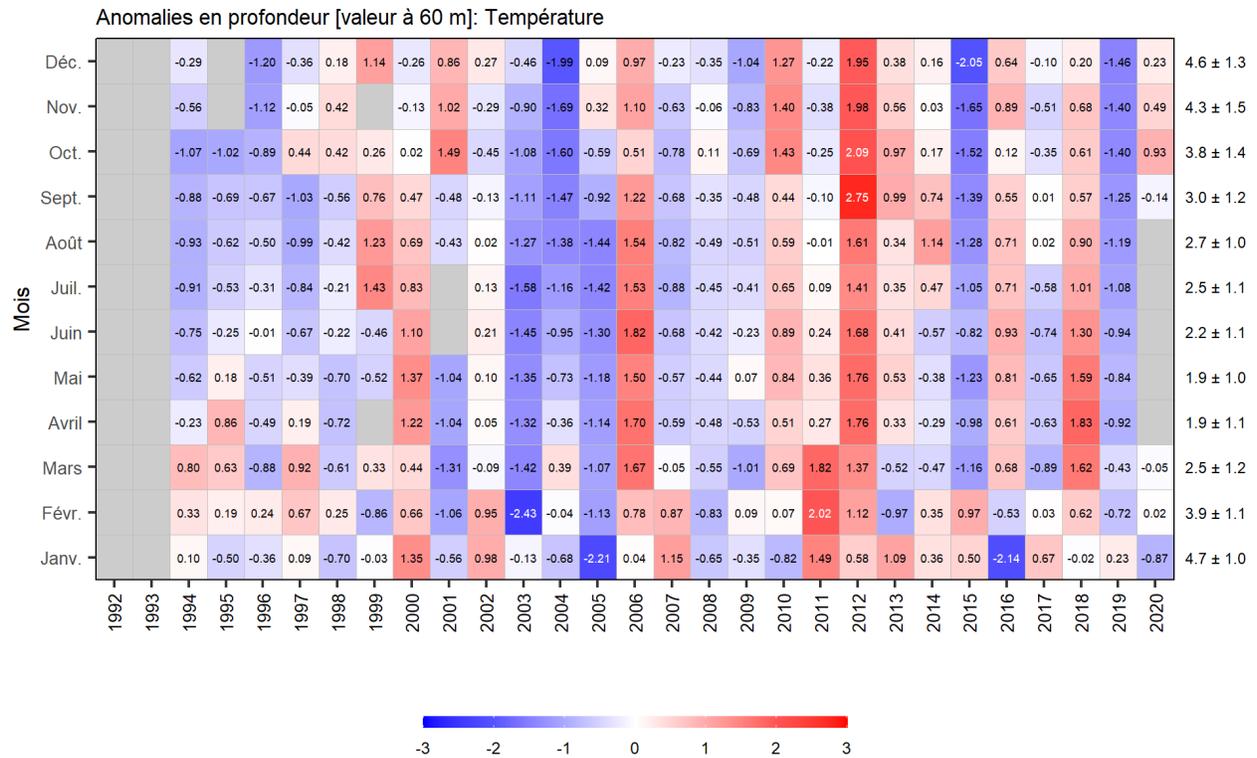


Figure 43. Tableau synoptique des anomalies mensuelles de la température en profondeur, à 60 m, dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne mensuelle pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Les cellules rouges (bleues) indiquent des températures supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.

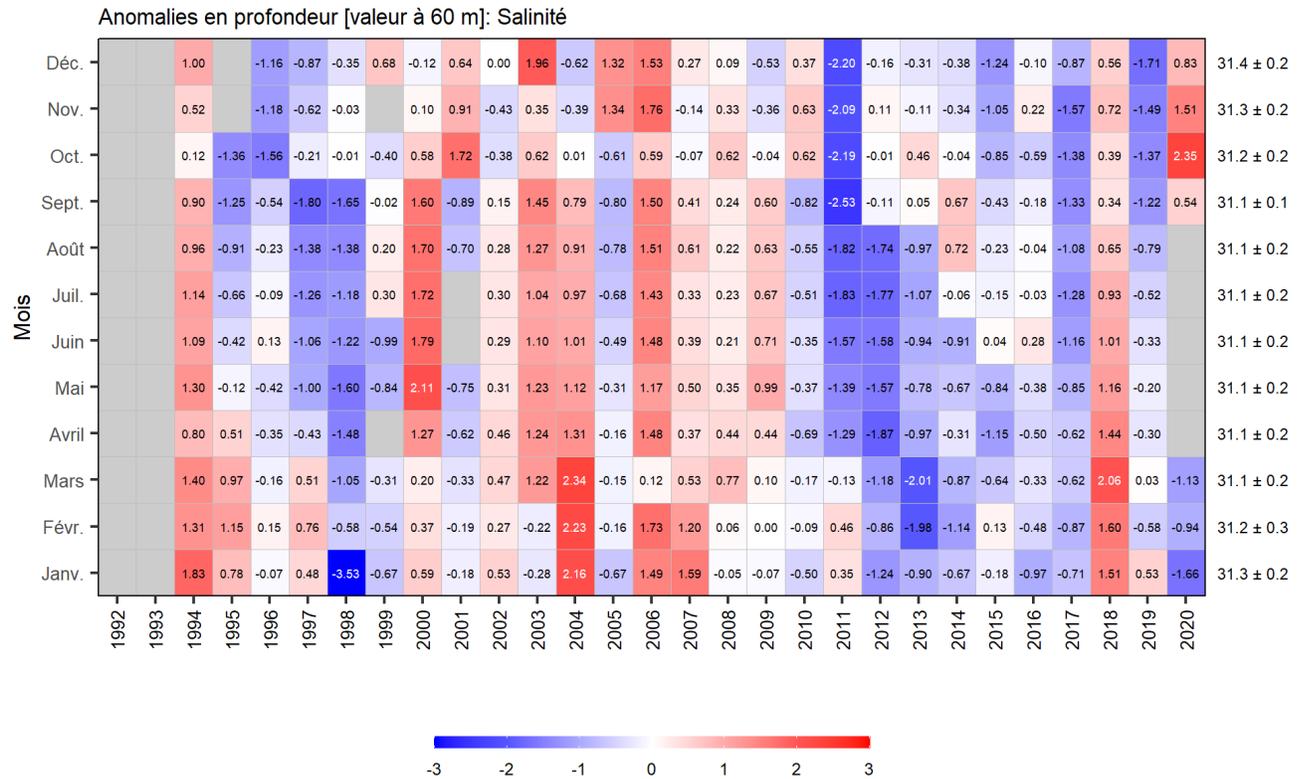


Figure 44. Tableau synoptique des anomalies mensuelles de la salinité en profondeur, à 60 m, dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne mensuelle pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Les cellules rouges (bleues) indiquent des salinités supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.

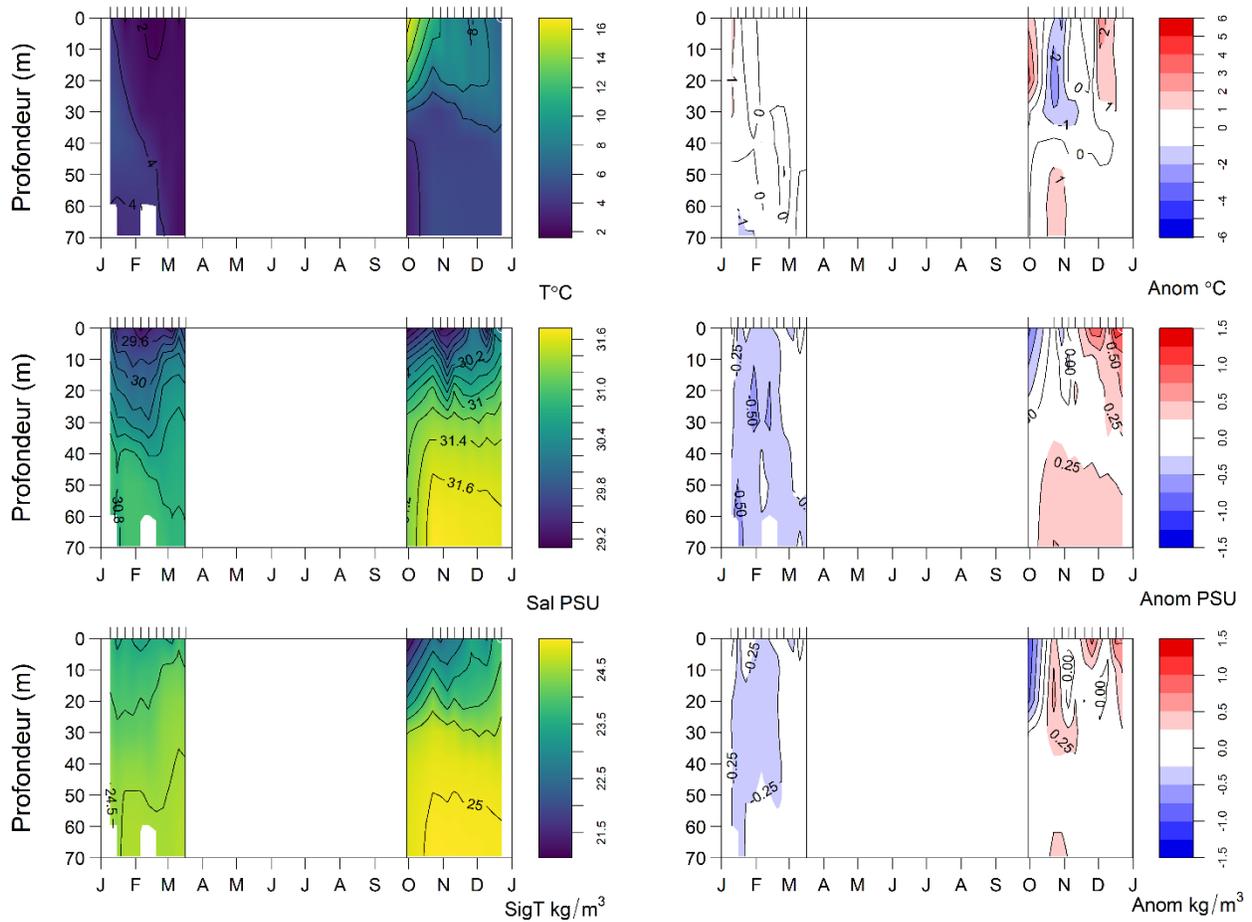


Figure 45. Cycle annuel de la température (panneau supérieur gauche), de la salinité (panneau médian gauche) et de la densité (panneau inférieur gauche) dans le bassin de Bedford en 2020 et leurs anomalies (panneaux de droite) par rapport aux moyennes mensuelles de 1999–2020. Les graduations sur les 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-mars à la fin septembre.

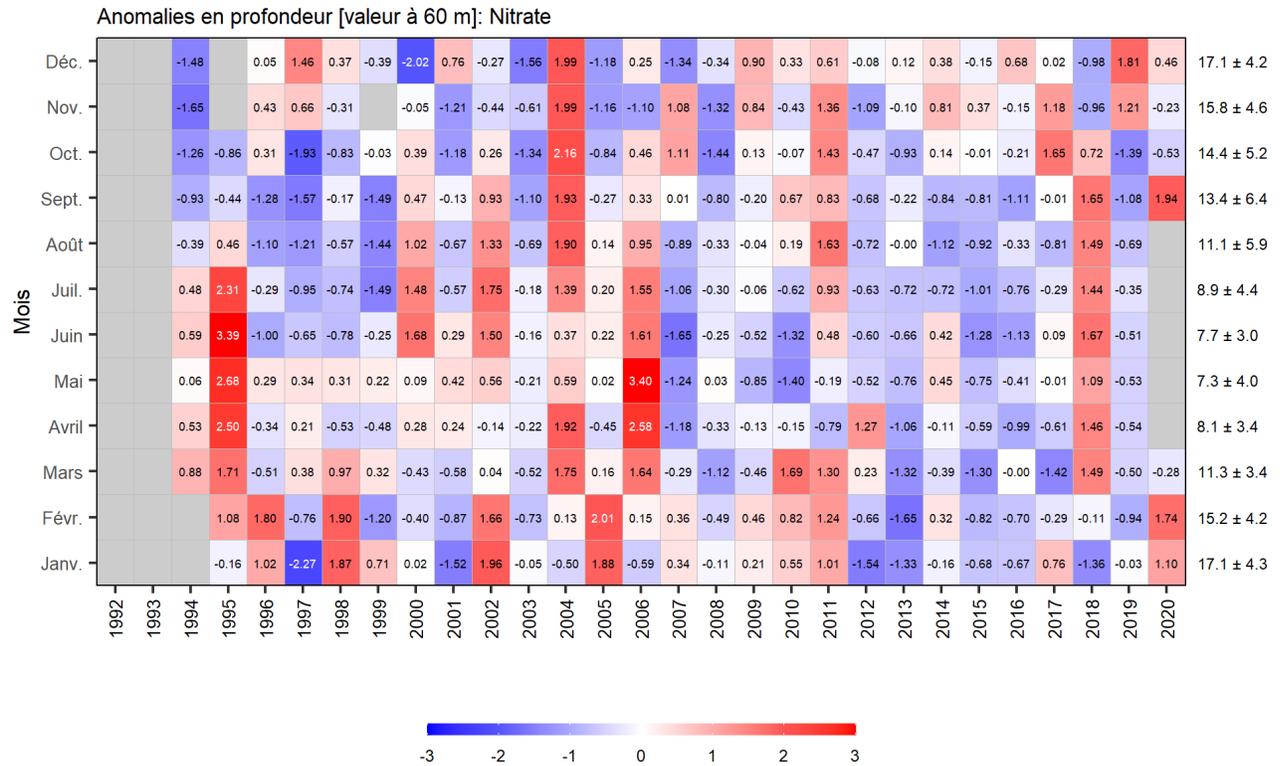


Figure 46. Tableau synoptique des anomalies mensuelles de la concentration de nitrate en profondeur, à 60 m, dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne mensuelle pour la période de référence (1999–2020), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Les cellules rouges (bleues) indiquent des concentrations de nitrate supérieures (inférieures) à la normale. Les cellules grises indiquent des données manquantes.

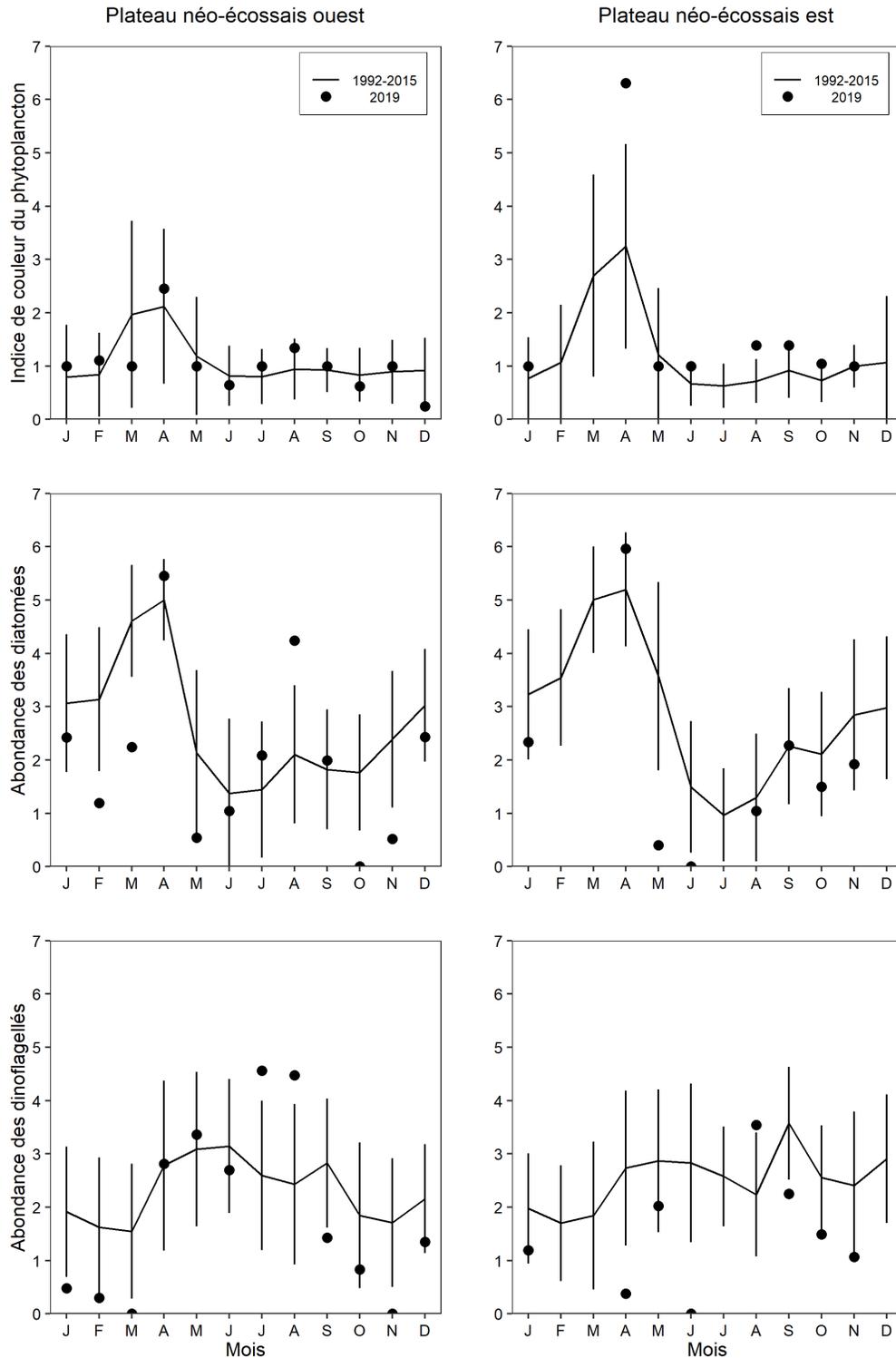


Figure 47. Indices d'abondance du phytoplancton d'après les données de l'enregistreur de plancton en continu en 2019, et conditions moyennes de la période 1992–2015 (lignes pleines) dans l'ouest (colonne de gauche) et l'est du plateau néo-écossais (colonne de droite). Les lignes verticales représentent l'écart-type des moyennes mensuelles.



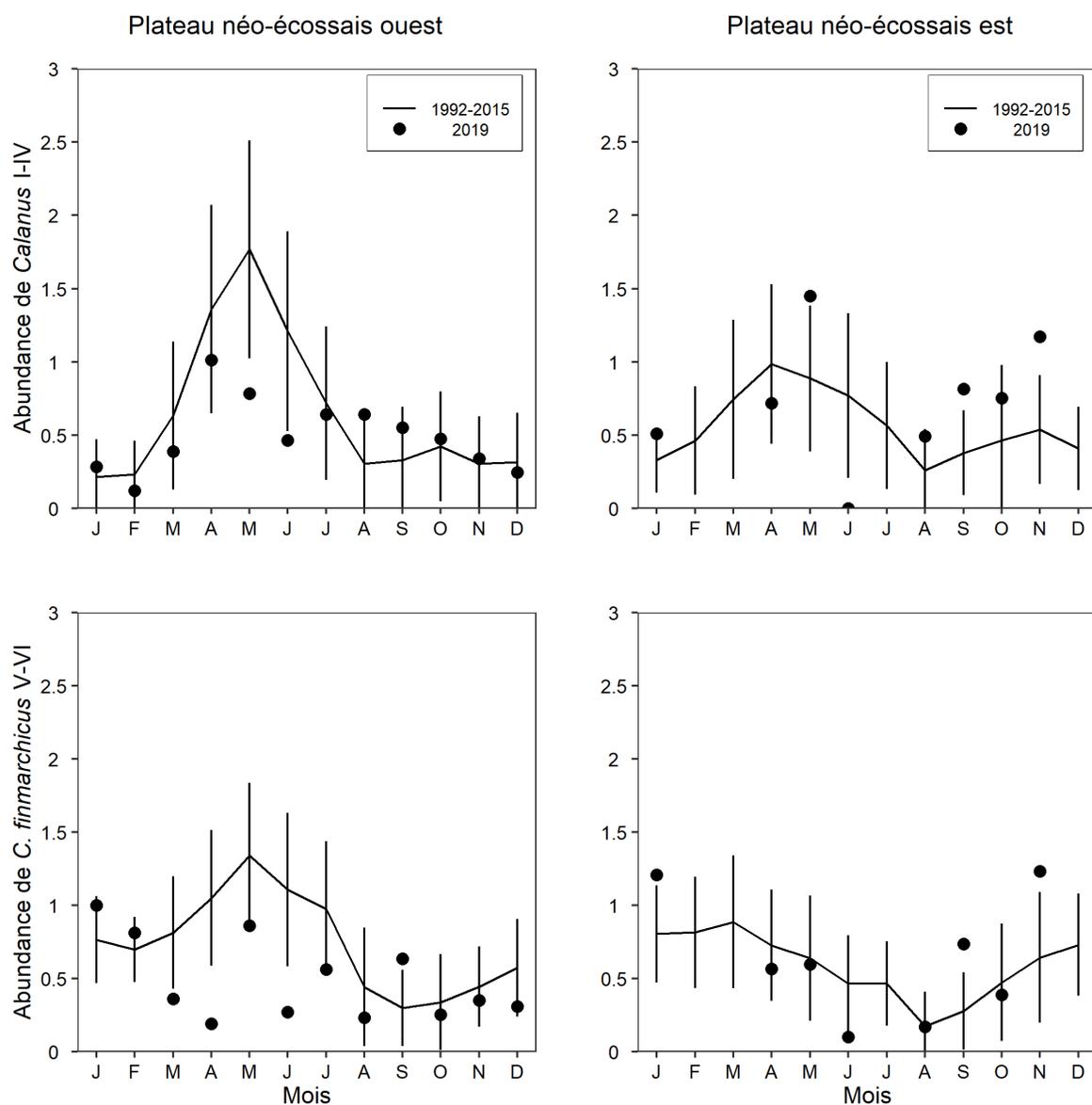


Figure 49. Indices d'abondance des espèces de *Calanus* CI-IV (principalement *Calanus finmarchicus*, panneaux supérieurs) et de *C. finmarchicus* CV-VI (panneaux inférieurs) d'après les données de l'enregistreur de plancton en continu en 2019, et conditions moyennes de la période 1992-2015 (lignes pleines) dans l'ouest (colonne de gauche) et l'est du plateau néo-écossais (colonne de droite). Les lignes verticales représentent l'écart-type des moyennes mensuelles.