



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2020/071

Région des Maritimes

**Conditions océanographiques optiques, chimiques et biologiques sur le plateau
néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine en 2019**

B. Casault, C. Johnson, E. Devred, E. Head, A. Cogswell 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 de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/>
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2020
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

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

Also available in English:

Casault, B., Johnson, C., Devred, E., Head, E., Cogswell, A., and Spry, J. 2020. Optical, Chemical, and Biological Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the eastern Gulf of Maine during 2019. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/071. v + 64 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	V
INTRODUCTION	1
MÉTHODES	2
MISSIONS	2
Stations d'échantillonnage à haute fréquence	2
Sections du plateau néo-écossais	2
Relevés au chalut de l'écosystème	3
DÉPLOIEMENT DES INSTRUMENTS.....	3
Conductivité, température et profondeur	3
Traits de filet.....	4
MESURES DÉRIVÉES	4
Couche de mélange et indice de stratification	4
Propriétés optiques	4
Variables intégrées verticalement.....	4
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).....	7
OBSERVATIONS.....	8
PROPRIÉTÉS OPTIQUES ET DE MÉLANGE	8
ÉLÉMENTS NUTRITIFS	9
Stations d'échantillonnage à haute fréquence	9
Relevés à vaste échelle.....	10
PHYTOPLANCTON	11
Stations d'échantillonnage à haute fréquence	12
Relevés à vaste échelle et télédétection par satellite.....	12
ZOOPLANCTON.....	13
Stations d'échantillonnage à haute fréquence	13
Relevés à vaste échelle.....	15
Espèces indicatrices.....	16
DISCUSSION.....	16
PROGRAMME DE MONITORAGE DU BASSIN DE BEDFORD	20
CONDITIONS PHYSIQUES	20
ÉTAT DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS ET DU PLANCTON	20
ENREGISTREUR DE PLANCTON EN CONTINU	20
PHYTOPLANCTON	20

ZOOPLANCTON.....	21
ORGANISMES SENSIBLES À L'ACIDIFICATION	21
SOMMAIRE	21
REMERCIEMENTS	22
RÉFÉRENCES CITÉES.....	23
TABLEAUX.....	26
FIGURES.....	27

RÉSUMÉ

Les conditions physiques de l'océan dans la région des Maritimes en 2019 étaient caractérisées par des températures de surface plus froides, des températures au fond toujours plus chaudes et une stratification plus faible par rapport aux dernières années. L'inventaire des éléments nutritifs profonds étaient inférieur à la normale dans la majeure partie de la région, à l'exception de la section du détroit de Cabot où les éléments nutritifs profonds étaient proches ou supérieurs à la normale lors de l'échantillonnage printanier et associés à une masse d'eau chaude record. Les anomalies des éléments nutritifs de surface étaient négatives sur toute la région, à l'exception d'anomalies positives observées aux stations extracôtières de la section de Louisbourg. La floraison printanière du phytoplancton était près ou légèrement plus tôt que la normale sur le plateau néo-écossais avec une durée presque normale. Les concentrations maximales de chlorophylle *a* pendant la floraison printanière se sont produites sur une fenêtre temporelle étroite sur l'ensemble du plateau néo-écossais. À la station HL2, la floraison printanière était caractérisée par une amplitude élevée, et une progression et un déclin rapides. Les changements dans la communauté planctonique ont persisté en 2019 avec une plus faible abondance du phytoplancton de grande taille (diatomées), une biomasse de zooplancton et une abondance de *Calanus finmarchicus* principalement plus faibles que la normale, et une abondance des non-copépodes plus élevée que la normale. Le *Calanus* arctique et les copépodes d'eau chaude côtière ont montré des anomalies d'abondance mixtes en 2019, inversant le patron de 2018. L'abondance d'*Oithona atlantica* supérieure à la normale, en particulier à la station HL2, suggère une plus grande influence des eaux extra-côtières au cours des dernières années. La température de surface dans le bassin de Bedford était proche de la normale en 2019 avec des températures principalement plus froides que la normale de janvier à juin et des températures proches ou légèrement supérieures à la normale de juillet à décembre. La température et la salinité du fond étaient inférieures à la normale en 2019 avec des conditions proches ou légèrement supérieures à la normale au début de l'année et des eaux plus froides et moins salines de février à décembre. Le nitrate, le phosphate et le silicate de surface et en profondeur étaient proches ou inférieurs à la normale; le phosphate de surface ayant atteint un niveau record bas en 2019. Les données de 2018 de l'enregistreur de plancton en continu indiquent une abondance annuelle des diatomées supérieure à la normale pour l'est (ESS) et légèrement inférieure à la normale pour l'ouest du plateau néo-écossais (WSS), tandis que l'abondance des dinoflagellés et les valeurs de l'indice de couleur du phytoplancton (PCI) étaient proches de la normale (WSS) ou au-dessus (ESS). L'abondance annuelle de *Calanus* CI–IV était proche de la normale (ESS) ou légèrement inférieure à la normale (WSS), tandis que les niveaux de *C. finmarchicus* CV–VI étaient légèrement inférieurs à (ESS) ou inférieurs (WSS) à la normale. L'abondance du *C. glacialis* (ESS, WSS) était inférieure à la normale, tandis que l'abondance de coccolithphore (ESS, WSS), des copépodes nauplii (ESS) et des foraminifères (ESS) était plus élevée que la normale.

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 comprendre, à décrire 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 fixes d'échantillonnage à haute fréquence, sections transversales du plateau continental, relevés au chalut de l'écosystème) dans chaque région 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 de l'Atlantique Nord-Ouest à des échelles annuelles 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 annuels des propriétés de l'océan. 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. 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 2019. Il vient compléter des évaluations de l'environnement physique de la région des Maritimes (*e.g.*, Hebert *et al.* en préparation)¹ et de l'état du système du plateau continental de l'Atlantique Nord-Ouest canadien dans son ensemble (MPO 2020).

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. 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 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. L'état des éléments nutritifs et du plancton dans la région en 2019 est traité dans le

¹ Hebert, D., Pettipas, R., and Brickman, D. Meteorological, Sea Ice and Physical Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine during 2019. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. En préparation.

présent document dans le contexte des conditions plus chaudes observées ces dernières années dans le milieu marin.

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 du MPO 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 2019, auxquelles s'ajoutent les sorties quotidiennes en mer vers les deux stations d'échantillonnage à haute fréquence. Au total, 299 occupations de stations hydrographiques ont été effectuées dont 161 incluaient également des échantillons prélevés au 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 18 et 12 reprises, respectivement, en 2019, s'approchant des fréquences d'échantillonnage des dernières années. Il n'y a pas eu d'échantillonnage entre la mi-août et la mi-octobre à la station HL2 en raison de l'indisponibilité de navire.

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

- un profil 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 »);
- des 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 et des pigments accessoires;
- des échantillons d'eau prélevés à l'aide de bouteilles Niskin pour le dénombrement du phytoplancton;
- des traits de filet verticaux (mailles de 202 µm) pour mesurer la biomasse (poids humide et sec) et l'abondance du zooplancton;
- des mesures de l'atténuation de la lumière, lorsque possible, à l'aide d'un disque de Secchi.

Sections du plateau néo-écossais

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) ont été échantillonnées au printemps seulement (tableau 1). Les résultats de l'échantillonnage aux sections/stations auxiliaires ne sont pas rapportés dans le présent document.

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 du MPO de la région des Maritimes a participé à deux relevés au chalut de l'écosystème en 2019. 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 février et 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. Les relevés d'hiver et d'été au chalut ont été effectués par la Division de l'écologie des populations du Secteur des sciences de la région des Maritimes du MPO, avec la participation du personnel du PMZA.

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 µm) 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 anomalies afférentes à la concentration d'oxygène en profondeur ne sont pas rapportées dans le présent document car la qualité des données d'oxygène recueillies avant 2015 est en cours de révision.

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, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 140 m
P5 : 1, 10, 25, 50, 95 m
- Sections saisonnières : près de la surface, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 250, 500, 1 000, 1 500, 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, 25, 50 m, et près du fond lorsque possible

Traits de filet

Des filets à plancton à mailles standards de 202 μm 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.

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 :

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

où σ_{t-50} et $\sigma_{t-z_{\text{min}}}$ sont les valeurs interpolées de la densité (σ_t) à 50 m, et z_{min} , la profondeur minimale à laquelle des données CTD fiables sont obtenues, profondeur qui oscille habituellement entre 1 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'extinction 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 ($K_{d-\text{PAR}}$) est calculé comme étant la pente de la régression linéaire de $\ln(E_d(z))$ par rapport à 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 de cette profondeur cible lorsque les mesures du PAR près de la surface semblent inconsistantes.
2. La valeur du coefficient d'atténuation de la lumière $K_{d-\text{Secchi}}$ tirée des observations faites à l'aide d'un disque de Secchi est calculée en utilisant :

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

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 :

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

Variables intégrées verticalement

Les inventaires intégrés de chlorophylle et des éléments nutritifs sont calculés pour divers intervalles de profondeurs (*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

Dans les rapports précédents (e.g., Johnson *et al.* 2020; Casault *et al.* 2020), les concentrations de chlorophylle *a* de surface estimées à partir des données de couleur de l'océan collectées par différents capteurs (i.e., Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor [SeaWiFS], le capteur «Aqua» du spectroradiomètre d'imagerie à résolution modérée [MODIS] et la suite de radiomètres d'imagerie infrarouge visible [VIIRS]) ont été fusionnés dans le but de construire des séries chronologiques composites bimensuelles pour différentes sous-régions statistiques. Cependant, nos analyses antérieures ont révélé un biais possiblement associé au capteur, en particulier avec l'introduction de données du capteur VIIRS. Afin d'éliminer tout biais potentiel, le présent rapport utilise exclusivement les estimations de chlorophylle *a* recueillies par le capteur MODIS² dont la série chronologique s'étend de juillet 2002 jusqu'à présent pour les sous-régions sélectionnées de la région des Maritimes (déroit de Cabot [CS], plateau néo-écossais est [ESS], plateau néo-écossais central [CSS], plateau néo-écossais ouest [WSS], haut-fond 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 30 juillet 2020). 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 caractéristiques de la floraison printanière du phytoplancton sont estimées à partir des données MODIS hebdomadaires suivant un modèle de la fonction de Gauss déplacée dans le temps (Zhai *et al.* 2011). Quatre indices sont calculés pour décrire les caractéristiques 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).

² La page Web [OceanColor Web MODIS de la NASA](#) contient de l'information à propos du capteur MODIS (consultée le 30 juillet 2020).

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 2020) de la forme :

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

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

La *densité* est exprimée en unités par m⁻² (or L⁻¹ pour l'abondance du microplancton), α est la constante et ε représente l'erreur. Pour les stations d'échantillonnage à haute fréquence, β et δ sont les effets catégoriques pour l'année et le mois, respectivement. Pour les sections, β , δ et γ tiennent compte de l'effet de l'année, la station et la saison, respectivement.

Cette méthode est également utilisée pour calculer les estimations saisonnières annuelles des indices du zooplancton (*i.e.*, la biomasse du zooplancton et l'abondance de *Calanus finmarchicus*) pour chacune des sections (printemps et automne) et pour les relevés au chalut de l'écosystème (hiver et été) (*e.g.*, les figures 26 à 29). 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 2019, les estimations saisonnières n'ont été calculées que pour le printemps en raison de l'absence de mission d'automne. Pour les données des relevés au chalut de l'écosystème, le terme « station » désigne le sous-ensemble de strates ayant été échantillonnées durant au moins 10 années depuis 1999.

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.*, CS, ESS, CSS, WSS, LS et GB) en utilisant l'année et la fraction mensuelle (par exemple, 2.375 représente la deuxième semaine de février) comme variables catégoriques.

La *densité*, en termes d'abondance du zooplancton ou du phytoplancton, est transformée en logarithme [$\log_{10}(n+1)$] pour normaliser la distribution asymétrique des observations, et une valeur unitaire est ajoutée à l'expression de la *densité* pour inclure les observations pour lesquelles l'abondance est nulle. Les inventaires intégrés des éléments nutritifs, de la chlorophylle 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 anomalies annuelles sont calculées comme l'écart d'une année donnée par rapport à la moyenne des estimations annuelles sur la période de 1999–2015 et exprimées soit en unités absolues, soit en quantités normalisées (*i.e.*, en divisant par l'écart-type des estimations annuelles sur la même période).

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 de copépodes dominants (*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 2020) permettant de

visualiser les tendances de la variabilité environnementale 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, 21–31 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 à la figure 19 sont disponibles sur le [site FTP MODIS](#) de la région des Maritimes (consulté le 30 juillet 2020) et les données des indices de la floraison printanière du phytoplancton utilisées pour générer la figure 20 sont disponibles sur demande auprès de [l'auteur correspondant](#).

PROGRAMME DE MONITORAGE DU BASSIN DE BEDFORD

La station Compass (44° 41' 37" N, 63° 38' 25" 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 30 juillet 2020) 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 30 juillet 2020) 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 2019.

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

ENREGISTREUR DE PLANCTON EN CONTINU (CPR)

Le CPR est un instrument tiré par des navires commerciaux qui prélève du plancton à une profondeur d'environ 7 m sur un long ruban de soie continu (mailles d'environ 260 µm). La position sur le ruban correspond à l'emplacement des différentes stations d'échantillonnage. Les données recueillies à l'aide du CPR sont analysées pour détecter les différences dans les indices de surface du phytoplancton (couleur et abondance numérique relative des taxons de grande taille) et de l'abondance relative du zooplancton pour différents mois, années ou décennies dans l'Atlantique Nord-Ouest. Les 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 aux résultats des relevés effectués dans le cadre du PMZA, qui remontent à 1999. 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 de l'AZMP. Les données recueillies par le CPR dans toutes les régions et pour toutes les décennies (notamment les quatre régions de la circulation 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.* 2016). En 2018, l'échantillonnage à l'aide du CPR a été effectué pendant 10 mois sur le WSS et 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. Ainsi, en plus de calculer le 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 2017, lesquelles sont comparées aux valeurs des mois échantillonnés en 2018. 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 2018.

OBSERVATIONS

PROPRIÉTÉS OPTIQUES ET DE MÉLANGE

À la station HL2, la couche de mélange est la plus profonde et l'indice de stratification moindre durant les mois d'hiver lorsque le réchauffement à la surface est faible et que le mélange induit par le vent est important (Figure 6). La profondeur de la 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 concordent 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 2019, la CM à la station HL2 était considérablement moins profonde que la normale en hiver (environ 20 m moins profonde sauf à la mi-février), puis près de la normale au printemps et à nouveau moins profonde que la normale en été (figure 6). La CM la plus profonde et l'IS le plus bas observés en hiver ont eu lieu à la mi-février en réponse à des rafales de vent quotidiennes d'environ $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ survenues dans les jours précédant la date d'échantillonnage (figure 7). Le passage de l'ouragan Dorian le 7 septembre 2019 s'est accompagné de rafales de vent maximales de plus de $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ enregistrées à l'aéroport d'Halifax (figure 7). Cependant, son effet sur le mélange à la station HL2 n'a pas pu être mesuré en raison de l'absence d'échantillonnage à la fin de l'été. Une CM plus profonde que la normale et un IS inférieur à la normale ont été observés à la fin de l'automne, coïncidant avec des vents importants observés en novembre/décembre (figure 7).

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 2019, la CM et l'IS à la station P5 étaient près de la normale en hiver et au printemps, et la CM était moins profonde et l'IS plus élevé que la normale en été (figure 6). La valeur supérieure à la normale de l'IS en mai est probablement associée à la crue printanière du fleuve Saint-Jean causant l'inondation dans l'environnement côtier et entraînant une couche d'eau douce à la surface. Des CM plus profondes que la normale ont été observées à la fin de l'automne, tandis que l'IS est resté près des valeurs normales. La trajectoire de l'ouragan Dorian était au sud de la station P5 et les vents résultants enregistrés à Grand Manan n'étaient pas considérablement plus élevés que la normale (Figure 7). Par conséquent, l'effet de l'ouragan sur le mélange à la station P5 semblait s'être dissipé au moment de l'échantillonnage survenu huit jours après le passage de l'ouragan.

La zone euphotique (Z_{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 2019, les profondeurs de zone euphotique basées sur les mesures de PAR à la station HL2 sont restées proches des valeurs normales pendant la majeure partie de l'année, sauf pour les zones euphotiques moins profondes observées pendant l'été (figure 8). La faible profondeur euphotique inhabituelle basée sur la mesure du disque de Secchi enregistrée le 15 avril 2019 était due à une mesure peu profonde du disque de Secchi prise sous des conditions pluvieuses vers 9h00 AM, heure locale.

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 2019, les profondeurs euphotiques basées sur les mesures du PAR et du disque de Secchi étaient proches de la normale tout au long de l'année à la station P5, à l'exception des valeurs moins profondes que la normale en septembre et octobre où l'écart par rapport à la climatologie était le plus élevé (Figure 8).

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 peut-être la sédimentation et la décomposition du phytoplancton provenant de la floraison printanière (Petrie et Yeats 2000).

Les concentrations de nitrate dans la couche supérieure de 50 m étaient plus élevées que la normale à la station HL2 en 2019 (Figure 10). Le nitrate de surface s'est rapidement épuisé avec le début de la floraison printanière du phytoplancton qui s'est produite vers la mi-mars.

L'appauvrissement en nitrate de surface a duré jusqu'à la fin novembre, environ deux semaines plus tard que la normale (figures 9 et 10), bien qu'aucune mesure n'ait été prise en août et en septembre pour confirmer la tendance. En général, les concentrations de nitrate de surface sont restées inférieures aux valeurs climatologiques en été et en automne. L'épuisement du nitrate de surface pendant les mois d'été et d'automne a également pénétré plus profondément que la normale dans la colonne d'eau, comme en témoigne les valeurs sous la normale de l'inventaire de nitrate profond (figure 9). Les concentrations de nitrate profond étaient proches ou inférieures à la normale, à l'exception des impulsions transitoires comme l'indiquent les concentrations de nitrate plus élevées au début de février et à la fin de mars (figures 9 et 10). Les concentrations de nitrate profond étaient inférieures à la normale pendant les mois d'été, ce qui indique peut-être une contribution inférieure à la normale des sources externes (e.g., intrusion d'eau sur le plateau). Un événement de mélange survenu en novembre a contribué à diluer la colonne d'eau tout en favorisant un flux ascendant de nitrate vers la surface, ce qui a entraîné des concentrations au fond inférieures à la normale (figures 9 et 10). Dans l'ensemble, les inventaires annuels de nitrate en surface et en profondeur à la station HL2 étaient légèrement inférieurs à la moyenne en 2019 pour une quatrième année consécutive (figure 11). Parallèlement aux conditions de nitrate, les inventaires annuels de silicate et de phosphate en surface et en profondeur étaient également inférieurs ou légèrement inférieurs à la normale à la station HL2 en 2019 (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 un plus faible renouvellement 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, et les concentrations de nitrate à la surface les plus faibles sont généralement observées en juin et en juillet.

À la station P5, les concentrations de nitrate en 2019 étaient inférieures à la normale sur toute la colonne d'eau en hiver, au début du printemps, en été et à l'automne, à l'exception d'impulsions mineures en mai et juillet (figure 9). Par conséquent, les inventaires de nitrate en surface et en profondeur étaient inférieurs à la normale pendant ces périodes (figure 10). Une forte activité du phytoplancton qui a culminé en septembre a contribué à prolonger l'épuisement du nitrate de surface au-delà de sa durée normale. Dans l'ensemble, les inventaires annuels de nitrate en surface et en profondeur à la station P5 étaient inférieurs à la moyenne en 2019 pour une septième année consécutive (figure 11). Parallèlement aux conditions de nitrate, les inventaires annuels de silicate et de phosphate en surface et en profondeur étaient également inférieurs à la normale à la station P5 en 2019 (figure 11).

Relevés à vaste échelle

L'analyse des éléments nutritifs à grande échelle sur les sections principales se limite aux observations printanières puisqu'il n'y a pas eu de relevé saisonnier à l'automne 2019. Les plus fortes concentrations de nitrate le long des sections sont observées dans les eaux profondes du talus du plateau néo-écossais, du détroit de Cabot (CSL) et du bassin d'Émeraude (*i.e.*, les eaux profondes de la station HL3 sur la section d'Halifax) au printemps (figures 12) et aussi en automne. Les concentrations de nitrate à la surface le long des sections dépendent fortement du moment de l'échantillonnage relativement au moment de la floraison printanière ou automnale du phytoplancton.

De faibles concentrations de nitrate près de la surface ont été observées à toutes les stations de toutes les sections au printemps 2019 (figure 12), indiquant que l'échantillonnage a eu lieu pendant ou peu de temps après le pic de floraison du phytoplancton sur CSL et sur l'ensemble du SS. Les anomalies de la concentration de nitrate près de la surface étaient négatives à presque toutes les stations principales, à l'exception de LL3, LL5 et LL8–9, ce qui peut indiquer des divergences spatiales dans les conditions de floraison. Des anomalies positives de la concentration de nitrate ont été observées particulièrement dans les eaux profondes et moyennement profondes du CSL, sous la surface aux stations extracôtières de LL et dans les eaux profondes aux stations extracôtières de BBL (Figure 12). Par conséquent, l'inventaire annuel de nitrate de la couche 0-50 m était inférieur à la moyenne sur toutes les sections, à l'exception de LL où il était légèrement supérieur à la normale, et l'inventaire de nitrate de la couche 50–150 m était également inférieur à la moyenne sur toutes les sections à l'exception de CSL où il était légèrement au-dessus de la moyenne (figure 11). Les concentrations de nitrate supérieures à la normale observées à mi-profondeur sur CSL étaient associées à des températures record élevées observées entre 100 et 300 m et qui s'étendaient sur toute la section tel que rapporté par Hebert *et al.* (en préparation). À l'instar du nitrate, les inventaires annuels de silicate et de phosphate de surface et profonds étaient inférieurs ou légèrement inférieurs à la normale sur toutes les sections en 2019, à l'exception de l'inventaire profond sur CSL (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 2019 étaient changeantes. Des anomalies positives ont été observées sur plusieurs bancs peu profonds du SS (e.g., banc Misaine, banc Middle, banc d'Émeraude et banc de LaHave), dans la partie supérieure de la baie de Fundy (BoF), dans les eaux plus profondes du bassin d'Émeraude, du chenal Laurentien, du chenal Nord-Est, et dans l'eau du talus continental du centre et de l'ouest (figure 13). Des anomalies négatives ont été observées dans les eaux de fond intérieures et extracôtières du SS est, dans les parties peu profondes du SS, sur le banc Browns et dans l'est du GoM.

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 des éléments nutritifs sont les plus élevées. En juillet et août 2019, des valeurs de saturation en oxygène au fond proches ou inférieures à 60% ont été observées principalement dans le bassin d'Émeraude, le bassin de LaHave, le chenal Laurentien, les eaux du talus continental du centre et de l'ouest et le chenal Nord-Est (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 plus faibles floraisons secondaires en été et en automne sur l'ensemble du SS. Il y a prolifération lorsque la croissance du phytoplancton dépasse 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, et la durée de la floraison, par l'apport en éléments nutritifs et, secondairement, 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 2019, la floraison printanière du phytoplancton à la station HL2 a été caractérisée par une accumulation rapide de biomasse, une intensité supérieure à la normale et un déclin de la biomasse tout aussi rapide (Figure 15). Le début de la floraison a été légèrement retardé et sa durée a également été plus courte que la normale. Des concentrations de chlorophylle *a* supérieures à la normale ont été mesurées dans la couche de 0–50 m pendant la floraison, ce qui a entraîné une valeur maximale de la chlorophylle intégrée de 0–100 m supérieure de 1.5 fois la valeur climatologique (figure 15). La floraison printanière était largement dominée par les diatomées, représentant plus de 95% de l'abondance totale du phytoplancton (figure 16). Les niveaux de chlorophylle *a* sont restés près de la normale tout au long des mois d'été, avec un maximum de chlorophylle sous la surface bien défini (figure 15) et dominé par les flagellés (figure 16). Les concentrations estivales de chlorophylle *a* sous la surface étaient plus élevées que la normale (figure 15) et probablement responsables des profondeurs moindres de la zone euphotique observées pendant l'été (figure 8). Des conditions de floraison automnale ont été observées en octobre et novembre en réponse à un flux ascendant de nitrate comme mentionné précédemment. Cependant, la floraison automnale illustrée à la figure 15 semble exagérée en raison des artefacts d'interpolation résultant de l'absence d'échantillonnage entre la mi-août et la mi-octobre. La communauté de phytoplancton à l'automne était également dominée par les flagellés (figure 16). Dans l'ensemble, à la station HL2, l'anomalie annuelle de la chlorophylle intégrée 0–100 m a été proche de la normale en 2019 sans signe clair de tendance temporelle au cours des dernières années (figure 17). L'abondance des diatomées et des dinoflagellés est restée inférieure à la moyenne tandis que l'abondance des flagellés et des ciliés était supérieure à la moyenne en 2019, poursuivant la tendance des 5 à 7 dernières années (figure 17).

À la station P5, la floraison printanière du phytoplancton a été plus tardive et plus courte que la normale, avec une amplitude proche de la valeur climatologique malgré des concentrations de chlorophylle *a* supérieures à la normale mesurées dans la couche de 0 à 15 m (figure 15). Une deuxième floraison s'est produite en septembre, en apparence plus tardive que la normale et peut-être accentuée par la faible résolution temporelle de l'échantillonnage mensuel. La deuxième floraison était également de durée plus courte avec une intensité légèrement supérieure à la normale (figure 16). Les concentrations de chlorophylle *a* supérieures à la normale dans la couche de surface mesurées en septembre étaient associées à la profondeur moindre que la normale de la zone euphotique mesurée au même moment (figure 8). Pour les floraisons de juin et de septembre, la communauté du phytoplancton était complètement dominée par les diatomées (figure 16). Dans l'ensemble, à la station P5, l'inventaire de chlorophylle *a* était inférieur à la normale en 2019, sans signe clair de tendance temporelle au cours des dernières années (figure 17). 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 2019, poursuivant la tendance des 9 à 11 dernières années (figure 17). Les flagellés ne présentent aucune tendance mais plutôt une forte variabilité interannuelle (figure 17).

Relevés à vaste échelle et télédétection par satellite

L'inventaire annuel de chlorophylle *a* intégrée mesurée *in situ* en 2019 était légèrement supérieur ou presque normal sur les sections CSL, HL et BBL, et légèrement inférieur à la normale sur la section LL (figure 18). En revanche, les concentrations de chlorophylle *a* de surface mesurées par télédétection ont indiqué des valeurs supérieures à la normale dans les sous-régions CS et les sous-régions du SS (ESS, CSS et WSS) en 2019 (Figure 18). Depuis 2016, des tendances clairement contradictoires sont observées entre l'inventaire de chlorophylle *a* intégrée mesurée *in situ*, qui montre des anomalies principalement négatives

dans la région, et la chlorophylle *a* de surface mesurée par télédétection, qui montre des anomalies principalement positives dans la région (figure 18). Un patron contradictoire similaire est également perceptible dans les années précédentes (*e.g.*, 2006, 2010 et 2013). Ces incohérences apparentes pourraient être attribuées 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 indiquaient que le moment de l'amplitude maximale de la floraison printanière s'était produit sur une fenêtre de temps étroite d'environ une semaine sur l'ensemble du SS, comme le montrent les graphiques pour l'ESS, le CSS et le WSS (figures 19a et 19b). Dans l'ensemble, le début de la floraison printanière a été légèrement plus tôt que la normale dans les sous-régions de l'est (CS et ESS), et presque normal dans les autres sous-régions (figure 20), poursuivant la tendance de floraisons principalement plus précoces observée au cours des 4 dernières années. La durée de la floraison était plus longue que la normale sur le CS et proche de la normale dans les sous-régions du SS, tandis que l'amplitude de la floraison était légèrement inférieure à la normale sur le CS et proche de la normale dans les sous-régions du SS (figure 20). Une durée plus longue combinée à une amplitude proche ou légèrement supérieure à la normale a donné lieu à une magnitude de la floraison supérieure à la normale pour les sous-régions CS et les sous-régions du SS (figure 20). Les conditions de floraison automnale étaient particulièrement perceptibles pour le CS et l'ESS en 2019 (Figure 19a), en accord avec les observations à la station HL2, qui montraient une importante floraison automnale combinée à une diminution importante et inhabituelle du nitrate de surface.

Pour les sous-régions les plus à l'ouest de la région des Maritimes, la concentration annuelle de chlorophylle *a* en surface était légèrement inférieure à la normale sur GB en 2019 (figure 18) malgré une amplitude de floraison printanière la plus élevée des 3 dernières années soit près de deux fois la valeur climatologique (figure 19b). 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 19b) si bien que les différents indices de la floraison doivent être interprétés avec précaution pour cette sous-région.

ZOOPLANCTON

Stations d'échantillonnage à haute fréquence

La biomasse du zooplancton est présentée ici 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 21, 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 jusqu'à 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 21 et 22). En 2019, la biomasse humide et sèche du zooplancton ainsi que l'abondance totale du zooplancton étaient plutôt variables. La biomasse était proche

ou inférieure à la normale en hiver et au printemps, est revenue à la normale en été, puis principalement au-dessus de la normale à l'automne (figure 21). De son côté, l'abondance totale du zooplancton était proche de la normale en hiver et au début du printemps, inférieure à la normale à la fin du printemps, supérieure à la normale en été puis revenue à la normale à l'automne (figure 22). Dans l'ensemble, la biomasse annuelle moyenne de mésozooplancton était proche de la normale à la station HL2 en 2019 (figure 23).

À la station P5, la biomasse et l'abondance du zooplancton total 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 21 et 22). En 2019, la biomasse de zooplancton était proche de la normale pendant la majeure partie de l'année, bien qu'inférieure à la normale au début de l'été et supérieure à la normale en août et décembre (figure 21). Ainsi, la biomasse annuelle moyenne de mésozooplancton était proche de la normale en 2019 (figure 23). De même, l'abondance totale du zooplancton en 2019 était proche de la normale pendant la majeure partie de l'année avec des niveaux proches ou inférieurs à la normale au printemps et des niveaux supérieurs à la normale au début de l'automne (figure 22).

La communauté de zooplancton à la station HL2 en 2019 était dominée par les copépodes, représentant environ 95% de l'abondance totale du zooplancton pendant la majeure partie de l'année (figure 22). Dans l'ensemble, à la station HL2, l'abondance des copépodes était légèrement supérieure à la normale, tandis que celle des non-copépodes était proche de la normale en 2019 (figure 23). De même, les copépodes à la station P5 représentaient en moyenne environ 85% de l'abondance annuelle totale du zooplancton en 2019 (figure 22). Dans l'ensemble, à la station P5, l'abondance annuelle moyenne des copépodes était supérieure à la normale et celle des non-copépodes était proche de la normale en 2019 (figure 23).

À la station HL2, le cycle de production du *C. finmarchicus* était normal en 2019, bien que l'abondance était proche ou inférieure à la normale depuis l'hiver jusqu'à environ la mi-juin (figure 24). L'abondance inférieure à la normale à la mi-juin était associée à de faibles niveaux des stades précoces CI et CII. Une deuxième génération s'est développée en août, bien qu'il soit impossible de déduire de sa longévité en raison de l'absence d'échantillonnage entre la mi-août et la mi-octobre. L'abondance de *C. finmarchicus* était normale à la fin de 2019, avec une abondance relative de stade CV supérieure à la normale (figure 24). Dans l'ensemble, à la station HL2, l'abondance de *C. finmarchicus* était proche de la normale en 2019 (figure 23). À la station P5, le développement des stades précoces de *C. finmarchicus* a suivi de près le patron climatologique (figure 24). Les périodes où l'abondance globale de *C. finmarchicus* était supérieure à la normale coïncidaient avec les périodes dominées par le stade CV en août et décembre, et lorsque l'abondance du stade adulte CVI était supérieure à la normale en mai (figure 24). L'abondance de *C. finmarchicus* était supérieure à la normale à la fin de 2019, période durant laquelle la population de *C. finmarchicus* était composée à environ 95 % du stade CV (figure 24). Dans l'ensemble à la station P5, l'abondance de *C. finmarchicus* était supérieure à la normale en 2019 (figure 23).

À la station HL2, l'abondance des copépodes était supérieure à la normale au milieu de l'été (figure 25a), coïncidant avec un niveau de biomasse du mésozooplancton plus du double du niveau normal enregistré pour la mi-juillet (figure 21). Ce pic de biomasse était en partie dû à des abondances plus élevées de *C. finmarchicus* et *C. hyperboreus* (respectivement environ deux à quatre fois l'abondance moyenne de juillet) et, dans une certaine mesure, à des abondances plus élevées de *Pseudocalanus* spp., *Oithona atlantica* et *Centropages* spp. (environ quatre à cinq fois l'abondance moyenne de juillet). Deux des petits copépodes dominants à la station HL2, *Oithona similis* et *Pseudocalanus* spp. étaient légèrement plus abondants que la normale en 2019 (figure 25a). Parmi les copépodes sous-dominants, les

abondances de *Metridia lucens*, *Centropages* spp., *Oithona atlantica* et *Temora longicornis* étaient plus élevées ou légèrement supérieures à la normale en 2019, et ont poursuivi la tendance observée au cours des 6 dernières années (ou plus pour *O. atlantica*, en particulier). À la station P5, l'abondance des *Pseudocalanus* spp. était légèrement sous la normale en 2019 (Figure 23). L'abondance du petit copépode dominant *O. similis* et des sous-dominants *Centropages* spp., *Paracalanus* spp. et *Eurytemora* étaient proches ou supérieurs à la normale en 2019 et poursuivant les tendances observées au cours des 8 à 10 dernières années (figure 25b).

Relevés à vaste échelle

La biomasse du mésozooplancton lors du relevé du printemps 2019 était inférieure à la normale sur les sections CSL, LL et HL, et légèrement supérieure à la normale sur la section BBL (figure 26). Cette tendance a également été observée dans les anomalies annuelles de la biomasse estimées à l'aide du modèle statistique (figure 23), ce qui pourrait indiquer que les estimations du modèle sont biaisées en raison de l'absence de données pour le relevé d'automne. L'anomalie de biomasse légèrement positive observée au printemps sur la section BBL semble être attribuable à la valeur élevée de la biomasse enregistrée à la station BBL5 (figure 26). La biomasse sèche du mésozooplancton lors du relevé au chalut sur l'écosystème à l'hiver 2019 a indiqué une forte anomalie positive pour GB (figure 27). Sur les 7 échantillons prélevés dans les strates délimitant le GB, quatre d'entre eux ont rapporté une biomasse supérieure à $8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, ce qui est plus de six fois la moyenne annuelle, contribuant ainsi à la valeur d'anomalie de biomasse supérieure à la normale pour 2019. Des valeurs élevées de biomasse ont également été enregistrées dans l'est du GoM près de l'entrée de la BoF. À l'opposé, la biomasse sèche du mésozooplancton pendant le relevé au chalut de l'écosystème à l'été sur le SS était proche de la normale (figure 27). Bien que des valeurs de biomasse relativement élevées aient été enregistrées au cours de ce relevé, certains de ces échantillons se trouvaient à l'extérieur des strates utilisées pour calculer les estimations annuelles de la biomasse sur le SS.

L'abondance de *C. finmarchicus* au cours du relevé du printemps 2019 était inférieure à la normale sur les sections CSL, LL et HL, et proche de la normale sur la section BBL (figure 28). Cette tendance a également été observée dans les anomalies de l'abondance annuelle de *C. finmarchicus* (figure 23), ce qui, encore une fois, pourrait indiquer que les estimations du modèle statistique sont biaisées en raison de l'absence de données pour le relevé d'automne. Les plus fortes abondances de *C. finmarchicus* ont été enregistrées au printemps sur la section BBL et aux stations du talus de la section HL, bien qu'en moyenne, elles n'aient pas résulté en des anomalies supérieures à la normale (figure 28). L'abondance de *C. finmarchicus* était inférieure à la moyenne lors du relevé au chalut de l'écosystème à l'hiver 2019 sur GB et près de la normale lors du relevé d'été sur le SS (figure 29). L'abondance quasi-normale de *C. finmarchicus* pour le relevé d'été a été influencée par une abondance exceptionnellement élevée (environ 20 fois la valeur moyenne globale) enregistrée dans l'ESS, ce qui indique vraisemblablement une inégalité dans la distribution spatiale (figure 29).

L'abondance annuelle de *Pseudocalanus* spp., espèces dominantes de copépodes de petite taille sur le SS, était proche ou au-dessus de la normale sur les sections LL, HL et BBL, et inférieure à la normale sur la section CSL en 2019, poursuivant la tendance des 4 dernières années pour CSL (figure 23). L'abondance totale des copépodes était inférieure à la normale sur CSL, proche de la normale sur LL et HL, et légèrement supérieure à la normale sur BBL en 2019 (figure 23). Pour CSL, la tendance de l'abondance des copépodes suit approximativement celle du *C. finmarchicus* au cours des 9 dernières années (figure 23). L'abondance des non-copépodes était proche ou supérieure à la normale sur toutes les sections en 2019, tel

qu'observé au cours des 6 à 8 dernières années (figure 23). Le groupe des ostracodes est resté beaucoup moins abondant en 2019 (figure 30). D'autres groupes, dont les gastropodes, les chaetognathes, les polychètes, les bivalves et les échinodermes sont passés d'une abondance proche ou supérieure à la normale en 2018 à des niveaux inférieurs à la normale en 2019 (figure 30). Les cirripèdes et les larvacées ont montré les anomalies positives d'abondance les plus fortes en 2019 (figure 30)

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* actique (*C. hyperboreus* et *C. glacialis*) sont principalement moins abondantes que la normale sur le SS depuis 2012. Cependant, des signaux mixtes ont été observés en 2019 avec une abondance supérieure à la normale enregistrée sur les sections LL, BBL et à la station HL2, tandis que les sections CSL, HL et la station P5 ont montré des anomalies d'abondance négatives (figure 31). D'un autre côté, les espèces de copépodes d'eau chaude extracôtière (*Clausocalanus* spp., *Mecynocera clausi* et *Pleuromamma borealis*) sont généralement plus abondantes que la normale sur le SS depuis 2012. Ce patron s'est poursuivi en 2019 avec seulement CSL et BBL indiquant des abondances près ou inférieures à la normale (figure 31). Les espèces de copépodes d'eau chaude côtière (les copépodes d'été-automne *Paracalanus* spp. et *Centropages typicus*) étaient principalement proches ou moins abondantes que la normale en 2019, à l'exception de HL où l'abondance était bien supérieure à la normale (figure 31). Pour ces derniers, l'abondance est passée de niveaux entièrement supérieurs à la normale en 2018 à des niveaux proches ou inférieurs à la normale en 2019 (figure 31).

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.* en préparation). 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 2019) étant généralement plus chaudes que la moyenne à long terme sur cette période. En 2019, les températures de l'eau de surface étaient proches de la normale dans la plupart des sous-régions du SS, suivant la tendance au refroidissement des 4–5 dernières années. Les températures annuelles de surface étaient inférieures à la normale dans l'ESS et le CSS, et proches de la normale dans le WSS et l'est du GoM. Dans toutes les sous-régions, la température annuelle de surface a été la plus froide depuis les valeurs record de 2012. Les températures de surface dans la région ont été particulièrement plus chaudes que la normale pendant les mois d'août et novembre, et plus froides que la normale en hiver et au printemps, et aussi en septembre, probablement en réponse au passage de l'ouragan Dorian. En revanche, les températures de l'eau mesurées dans les bassins profonds ou près du fond étaient pour la plupart plus chaudes que la normale et ont continué la tendance au réchauffement des 8 à 10 dernières années. La stratification était plus élevée en 2019 qu'en 2018, mais est restée inférieure à la tendance à la hausse des 70

dernières années. De même, le volume de la couche intermédiaire froide était plus élevé que les 5 années précédentes, bien qu'il soit toujours inférieur à la valeur moyenne des 30 dernières années (Hebert *et al.* en préparation).

Parallèlement ou peut-être en réponse aux changements de l'environnement physique du SS observés ces dernières années, des changements sont également intervenus au niveau des éléments nutritifs et des communautés du phytoplancton et du zooplancton. Les concentrations d'éléments nutritifs profonds sont principalement inférieures à la normale depuis 2013 pour le silicate et le phosphate, et depuis 2016 pour le nitrate. Les changements de la communauté du phytoplancton sont caractérisés par des anomalies principalement négatives dans l'abondance du phytoplancton de grande taille (diatomées) depuis 2009. Les changements dans la communauté du zooplancton sont caractérisés par des anomalies principalement négatives de la biomasse depuis 2010, l'abondance de *C. finmarchicus* depuis 2011 et de l'abondance de *Calanus* arctique depuis 2012, tandis que les anomalies d'abondance des copépodes d'eau chaude extracôtière et des non-copépodes sont principalement positives dans le centre et l'ouest de la région depuis 2012.

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. Pepin *et al.* (2013) ont signalé des concentrations inférieures à la moyenne de tous les éléments nutritifs en profondeur sur le SS au cours des années précédant 2010, avec une faible variabilité qui a été jugée non caractéristique de la région. À l'exception de la section CSL, les éléments nutritifs en profondeur étaient inférieurs à la normale dans toute la région en 2019, poursuivant la tendance de concentrations inférieures à la normale observée au cours des quatre à six dernières années. Pour la section CSL, l'anomalie positive était associée à une masse d'eau chaude record et visiblement riche en éléments nutritifs (Hebert *et al.* en préparation). 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. Une diminution des concentrations des éléments nutritifs en profondeur couplée à l'augmentation de la stratification observée sur le SS (Hebert *et al.* en préparation) pourrait entraîner une baisse de la productivité et 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). Au printemps, la floraison du phytoplancton 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 à la surface 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 sporadique de chlorophylle *a* sous la surface reflète la production régénérée dans la partie supérieure de la colonne d'eau alors stratifiée.

Le début de la floraison printanière du phytoplancton sur le SS en 2019, tel que déduit des observations de la couleur de l'océan mesurées par télédétection, s'est produit du début à la mi-mars, ce qui était en moyenne proche ou légèrement plus tôt comparativement aux conditions normales. Les amplitudes maximales de la floraison ont été observées presque simultanément dans chaque sous-région du SS, ce qui est quelque peu à l'encontre du modèle général de progression d'est en ouest (Song *et al.* 2010). La floraison printanière du phytoplancton s'est également produite lorsque les températures de surface de la mer étaient près de 1°C sous les niveaux normaux (Hebert *et al.* en préparation). Le début de la floraison printanière lorsque la température de l'eau de surface est proche de son minimum n'est pas inhabituel, du moins pour le CSS (Shadwick *et al.* 2011). La durée de la floraison printanière sur le SS était en moyenne proche ou légèrement plus longue que la normale, ce qui concorde avec les observations de Friedland *et al.* (2016) suggérant que les floraisons précoces durent généralement plus longtemps dans les régions où les floraisons printanières sont une caractéristique récurrente.

À l'échelle plus fine, le début de la floraison printanière à la station HL2 en 2019 a été légèrement retardé, de durée plus courte, mais avec une amplitude supérieure à la normale. Zhai *et al.* (2011) suggèrent qu'il y a corrélation entre l'amplitude de la floraison et l'inventaire de nitrate de surface à la fin de l'hiver, qui était supérieur à la normale en 2019. Des concentrations relativement élevées de chlorophylle sous la surface ont été observées en juillet et dominées par les flagellés. Les maxima de chlorophylle sous la surface suivent la nitracline et se produisent à une profondeur où la lumière et les éléments nutritifs peuvent soutenir la production. Les maxima de chlorophylle sous la surface observés en été sont généralement dominés par des assemblages de phytoplancton de petite taille pour lesquels la chlorophylle est un mauvais indicateur de la biomasse du phytoplancton (Craig *et al.* 2015). Les maxima de chlorophylle sous la surface sont souvent négligés au dépend de la floraison printanière ou automnale. Cependant, ils représentent une caractéristique importante de la dynamique du phytoplancton de par leur contribution significative à la production primaire annuelle sur le SS (Ross *et al.* 2017). Les observations à la station HL2 en 2019 ont également confirmé la tendance à la baisse de l'abondance des diatomées et des dinoflagellés, et à une plus grande abondance des ciliés et des flagellés. Un changement vers des assemblages de phytoplancton de plus petite taille pourrait être associé à des 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 du zooplancton sur le SS a été observé depuis environ 2010, 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. D'un autre côté, l'abondance des copépodes a été généralement plus élevée que la normale depuis 2014 environ, tout comme l'abondance des non-copépodes depuis environ 2012. Des abondances plus élevées d'espèces de petite taille ont été observées de manière consistante à la station HL2 au cours des six à dix dernières années pour *Centropages* spp., *T. longicornis* et *Oithona* spp. L'abondance du *Pseudocalanus* spp. a été plus variable, étant inférieure à la normale en 2010–2012 et 2017–2018, et supérieure à la normale en 2013–2015 et 2019. Dans le GoM, le réchauffement a été associé à une baisse de l'abondance du *C. finmarchicus* en été et en automne, et à une augmentation de son abondance en hiver depuis 2010 (Pershing et Stamieszkin 2020; Record *et al.* 2019). À l'opposé, l'abondance de *C. finmarchicus* à la station HL2 en 2019 était inférieure à la normale en hiver et au printemps, et proche ou supérieure à la normale en été et en automne, possiblement en réponse à des conditions plus froides en 2019 par rapport aux années précédentes. La tendance combinée vers des eaux plus chaudes et moins salines observée sur le SS a certainement des impacts sur la communauté de zooplancton; cependant, toute analyse approfondie de ces facteurs dépasse le cadre du présent rapport.

L'année 2019 a été marquée par le passage de l'ouragan Dorian le long d'une partie du SS au début de septembre. Son effet immédiat et son effet résiduel à grande échelle sur l'environnement des éléments nutritifs et du plancton n'a pu être évalué en raison du manque d'échantillonnage à la station HL2 entre la mi-août et la mi-octobre, et de l'absence d'échantillonnage sur les sections à l'automne. Les estimations annuelles des principaux indices des éléments nutritifs et de l'abondance/biomasse du plancton présentés dans ce rapport sont dérivées de modèles statistiques qui permettent de compenser pour les événements d'échantillonnage manquants. Il est recommandé d'évaluer l'ampleur du biais associé aux estimations annuelles résultant de l'absence d'échantillonnage sur des périodes prolongées ou pour des relevés entiers, en particulier pour les indices qui affichent une forte saisonnalité combinée à la présence de perturbations importantes des conditions environnementales.

Bien que les conditions océaniques dans la région des Maritimes n'aient pas été systématiquement aussi chaudes en 2019 que dans les années précédentes, les tendances récentes des inventaires des éléments nutritifs et des indices des communautés de phytoplancton et de zooplancton ont persisté. Les observations de ces 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 ainsi que de non-copépodes se nourrissant de façon opportuniste. 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

La température de l'eau de surface à la station Compass en 2019 était proche de la normale (-0,25 sd) par rapport à la période de référence 2000–2015 (figure 32). La salinité et la densité à la surface ainsi que la stratification étaient également près de la normale. La température de surface en 2019 a été plus chaude que la normale mensuelle pendant 6 des 12 mois (figure 33). Les conditions pour la première moitié de l'année (janvier à juin) étaient près ou inférieures à la normale avec le mois de juin étant le 2^{ième} plus froid depuis 2002 (-1,71 sd). De juillet à décembre, les températures de surface étaient égales ou légèrement supérieures à la normale (figure 33).

Les conditions en profondeur sont généralement stables dans le bassin, à moins qu'elles ne soient perturbées par des intrusions périodiques d'eaux du plateau (Kerrigan *et al.* 2017). En 2019, la température à 60 m était la 5^{ième} plus froide jamais enregistrée (-0,91 sd) (Figure 34), montrant une différence importante par rapport à l'anomalie positive de 2018 (+1,00 sd). La salinité (-0,62 sd) et la densité (-0,07 sd) au fond sont aussi revenues sous ou près de la normale en 2019 après qu'une eau plus chaude, plus saline et plus dense ait occupé le bassin en 2018. Il s'agit d'un retour à des anomalies annuelles négatives ou presque normales pour la salinité et la densité au fond telles qu'observées de 2010 à 2017 (Figure 34). Les conditions au fond plus froides et moins salines que la normale ont commencé en février et ont persisté pendant le reste de l'année, avec décembre étant le 3^{ième} plus froid et le 2^{ième} moins salin depuis le début de la série chronologique (-1,39 et -1,68 sd) (figures 35 et 36).

ÉTAT DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS ET DU PLANCTON

Les concentrations annuelles moyennes des éléments nutritifs et de la chlorophylle à la surface étaient inférieures à la normale en 2019 (figure 32). Les niveaux de nitrate étaient les plus faibles depuis 1997 (-0,58 sd), tandis que les niveaux de nitrite, de l'ammoniac et du phosphate étaient les plus faibles de toute la série chronologique (-0,97, -0,73 et -1,58 sd). Le phosphate de surface poursuit la tendance d'anomalies annuelles négatives observée depuis les 9 dernières années (2011-2019) (figure 32). Les anomalies du carbone organique particulaire et de l'azote organique particulaire (+0,63 et +0,97 sd) étaient positives et se classant au deuxième rang des valeurs les plus élevées de la série chronologique (figure 32). La chlorophylle *a* de surface était légèrement inférieure à la normale, tout comme les autres indices de la communauté du phytoplancton (figure 32). Les conditions à 60 m étaient quelque peu différentes des valeurs de surface, avec des anomalies de nitrate et de silicate légèrement négatives (-0,26 sd et -0,24 sd), probablement indicatif de l'absence d'intrusion d'eau nouvelle dans le bassin tout au long de l'année, et une anomalie annuelle du nitrite la plus élevée jamais enregistrée (+3,13 sd) (figure 34). Les niveaux de phosphate à la surface et au fond ont poursuivi la tendance à la baisse observée depuis 2010 (figures 32 et 34), une tendance aussi observée à plus grande échelle tel que décrit précédemment.

ENREGISTREUR DE PLANCTON EN CONTINU

PHYTOPLANCTON

Les moyennes mensuelles du PCI et de l'abondance des diatomées (1992–2015) dans l'ESS et le WSS montrent que la floraison printanière se produit typiquement en mars-avril, suivi de faibles valeurs en été (figure 37). 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 2018, les valeurs du PCI en mars et/ou avril étaient supérieures (inférieures) à la normale dans l'ESS (WSS). Cette tendance a également été observée dans les observations de chlorophylle *a* de surface mesurées par télédétection telles que rapportées ailleurs (Casault *et al.* 2020). L'abondance mensuelle des diatomées était proche de la normale dans le WSS, mais anormalement faible (en juillet et octobre) et élevée (en janvier et août-septembre) dans l'ESS. L'abondance mensuelle des dinoflagellés en 2018 était principalement proche de (WSS) ou supérieure à la normale (ESS), bien que faible en novembre dans les deux sous-régions. L'abondance annuelle des dinoflagellés et du PCI était proche de (supérieure à) la normale dans le WSS (ESS), tandis que l'abondance annuelle des diatomées était supérieure (légèrement inférieure) à la normale dans l'ESS (WSS) (Figure 38).

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) dans le WSS (figure 39). Dans l'ESS, les *Calanus* CI–IV suivent un pic similaire mais d'amplitude inférieure, mais pas pour le *C. finmarchicus* CV–VI. En 2018, dans le WSS, les abondances mensuelles des deux taxons étaient généralement légèrement inférieures à la normale, bien qu'ils étaient beaucoup moins (plus) abondants que la normale en mars (décembre). Dans l'ESS, les abondances étaient proches ou légèrement inférieures à la normale, bien que l'abondance des *Calanus* CI–IV était relativement élevée en décembre. L'abondance annuelle moyenne était presque normale (légèrement inférieure) pour les *Calanus* CI–IV dans l'ESS (WSS) et légèrement inférieure (inférieure) à la normale pour le *C. finmarchicus* CV–VI dans l'ESS (WSS) (Figure 38). Depuis 2011, l'échantillonnage par trait de filet vertical à la station HL2 a indiqué des abondances du *C. finmarchicus* plus faibles que la moyenne des années 1999–2015 mais cette diminution n'est pas observée dans les échantillons du CPR puisqu'elle est attribuable à la diminution de l'abondance du stade CV en profondeur en été et/ou en hiver (Casault *et al.* 2020).

Pour les autres taxons en 2018, la plupart étaient à des niveaux d'abondance presque normaux dans les deux sous-régions, bien que les abondances de *Calanus glacialis* (dans les deux sous-régions) et de *Para/Pseudocalanus* (WSS) étaient inférieures à la normale et que les copépodes nauplii étaient plus abondants que la normale dans l'ESS (Figure 38).

ORGANISMES SENSIBLES À L'ACIDIFICATION

En 2018, les coccolithophores étaient plus (WSS) ou beaucoup plus (ESS) abondants que la normale, tout comme les foraminifères dans l'ESS. L'abondance de *Limacina* spp. était proche de la normale dans le WSS et inférieure à la normale dans l'ESS (figure 38).

SOMMAIRE

- Les observations recueillies en 2019 ont montré que les changements dans la communauté planctonique observés ces dernières années ont persisté malgré le refroidissement des températures de l'eau de surface par rapport aux conditions chaudes des années précédentes. Ces changements sont susceptibles de modifier la productivité future l'écosystème; des répercussions négatives sont déjà observées dans les habitats d'alimentation des planctivores spécialisés tels que la baleine noire de l'Atlantique Nord.
- En 2019, les inventaires de silicate et de phosphate à la surface et en profondeur étaient principalement inférieurs à la normale sur le SS, conforme à la tendance amorcée vers 2014. Les inventaires de nitrate, de silicate et de phosphate en profondeur étaient proches

ou supérieurs à la moyenne sur la section CSL et associés à une masse d'eau chaude record.

- La floraison printanière du phytoplancton sur le SS en 2019, observée à partir de la télédétection par satellite, était soit proche ou légèrement plus tôt que la normale, principalement plus longue et avec une magnitude supérieure à la normale. À la station HL2, la floraison printanière a été intense avec une progression rapide et un déclin également rapide.
- L'abondance du *C. finmarchicus* était principalement proche ou légèrement inférieure à la moyenne sur le SS tandis que la biomasse du mésozooplancton était inférieure ou légèrement inférieure à la moyenne dans la partie est, et proche ou légèrement supérieure à la moyenne dans la partie ouest de la région. L'abondance des non-copépodes était principalement proche ou supérieure à la moyenne dans la région, poursuivant la tendance ayant commencée vers 2012.
- Les anomalies de l'abondance des espèces indicatrices de copépodes étaient mixtes en 2019, en particulier pour les espèces de *Calanus* arctique et les espèces d'eau chaude côtière, qui ont toutes deux montré des revirements dans les anomalies (*i.e.*, positives à négatives et vice-versa) entre 2018 et 2019. Les espèces d'eau chaude extracôtière étaient pour la plupart plus abondantes que la moyenne en 2019, poursuivant la tendance amorcée en 2012.
- La température de surface dans le bassin de Bedford était proche de la normale en 2019 avec des températures principalement plus froides de janvier à juin et principalement légèrement plus chaudes de juillet à décembre. Le nitrite, l'ammoniac et le phosphate de surface ont atteint leurs niveaux les plus bas de la série chronologique en 2019.
- La température et la salinité au fond dans le bassin de Bedford étaient inférieures à la normale en 2019 et sont passées de niveaux proches ou légèrement supérieurs à la normale en janvier à des niveaux inférieurs à la normale de février à décembre. Le nitrite au fond a atteint son niveau le plus haut de la série chronologique en 2019.
- Les observations du CPR de 2018 ont indiqué que la valeur annuelle moyenne du PCI et de l'abondance des dinoflagellés étaient proches de la normale dans le WSS et au-dessus de la normale dans l'ESS, tandis que l'abondance annuelle moyenne des diatomées était supérieure (inférieure) à la normale dans l'ESS (WSS).
- Les observations du CPR de 2018 ont indiqué que l'abondance annuelle des *Calanus* CI–IV (principalement *C. finmarchicus*) était proche de la normale (ESS) et légèrement inférieure à la normale (WSS), tandis que l'abondance annuelle du *C. finmarchicus* CV–VI était légèrement inférieure (inférieure) à la normale dans l'ESS (WSS). Dans l'ESS, l'abondance annuelle moyenne des copépodes nauplii, des coccolithophores et des foraminifères était supérieure à la normale, tandis que l'abondance des *Limacina* spp. était inférieure à la normale. L'abondance annuelle moyenne du *C. glacialis* CV–VI était inférieure à la normale dans les deux régions.

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*, *Coriolis II*, *Sigma-T*, *Teleost* et *Viola M. Davidson* pour leur aide dans la collecte de données océanographiques

en 2019. Les révisions effectuées par Gary Maillet et Stéphane Plourde ont contribué à améliorer le manuscrit.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Behrenfeld, M.J., and Boss, E.S. 2014. [Resurrecting the Ecological Underpinnings of Ocean Plankton Blooms](#). *Annu. Rev. Mar. Sci.* 6: 167–194.
- 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.
- Craig, S.E., Thomas, H., Jones, C.T., Li, W.K., Greenan, B.J., Shadwick, E.H., and Burt, W.J. 2015. [The effect of seasonality in phytoplankton community composition on CO₂ uptake on the Scotian Shelf](#). *J. Mar. Syst.* 147:52–60.
- 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., and 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., and 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., and 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.
- Holmes, R.W. 1970. [The Secchi Disk in Turbid Coastal Waters](#). *Limnol. Oceanogr.* 15(5): 688–694.
- Hu, C., Lee, Z., and 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., Devred, E., Casault, B., 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 2017](#). *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech.* 2020/002. vi + 71 p.
- Johnson, C., Harrison, G., Head, E., Casault, B., Spry, J., Porter, C., and 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., and 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., and 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., and 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., and 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., and 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., and 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. 2020. [Conditions océanographiques dans la zone Atlantique en 2019](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2020/028.
- O’Reilly, J.E., Maritorena, S., Mitchell, B. G., Siegel, D. A., Carder, K. L., Garver, S. A., Kahru, M., and McClain, C. R. 1998. [Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS](#). J. Geophys. Res. 103, 24937–24953.
- Pepin, P., Maillet, G.L., Lavoie, D., and 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 and A. van der Baaren (Eds.)]. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3045: x + 190 p.
- Pershing, A.J. and 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., and 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., and 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., Drinkwater, K., Gregory, D., Pettipas, R., and 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., Yeats, P., and Strain, P. 1999. [Nitrate, Silicate and Phosphate Atlas for the Scotian Shelf and the Gulf of Maine](#). Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 203.
- R Core Team. 2019. [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., and Witt, M. 2006. [Using continuous plankton recorder data](#). *Progr. Oceanogr.* 68: 27–74.
- Ross, T., Craig, S.E., Comeau, A., Davis, R., Dever, M., and Beck, M. 2017. [Blooms and subsurface phytoplankton layers on the Scotian Shelf: Insights from profiling gliders](#). *J Marine Syst.* 172, 118–127.
- Shadwick, E.H., Thomas, H., Azetsu-Scott, K., Greenan, B.J.W., Head, E., and Horne, E. 2011. [Seasonal variability of dissolved inorganic carbon and surface water pCO₂ in the Scotian Shelf region of the Northwestern Atlantic](#). *Mar. Chem.* 124, 23–37.
- Song, H., Ji, R., Stock, C., and 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., and 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., Head, E.J.H., Azetsu-Scott, K., Devred, E., Ringuette, M, Wang, Z., and Punshon, S. 2016. [Environmental Conditions in the Labrador Sea during 2015](#). NAFO SCR Doc. 16/018. Serial N6559. 34 p.
- Zhai, L., Platt, T., Tang, C., Sathyendranath, S., and 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 2019.

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	TEL2019-102	12,18 février 7–22 mars	73	17
Relevé au chalut de l'écosystème	Banc de Georges	TEL2019-002	19–24,28 février 1–7 mars	47	9
Relevé au chalut de l'écosystème	Plateau néo-écossais	NED2019-030	1 juillet – 10 août	84	40
Sections saisonnières	Plateau néo-écossais	COR2019-001	7–25 avril	73	73
Stations à haute fréquence	Halifax-2	BCD2019-666	1 janvier – 31 décembre	18(10) ¹	18(10) ¹
	Prince-5	BCD2019-669	1 janvier – 31 décembre	12	12
<i>Total :</i>				299	161

¹ 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

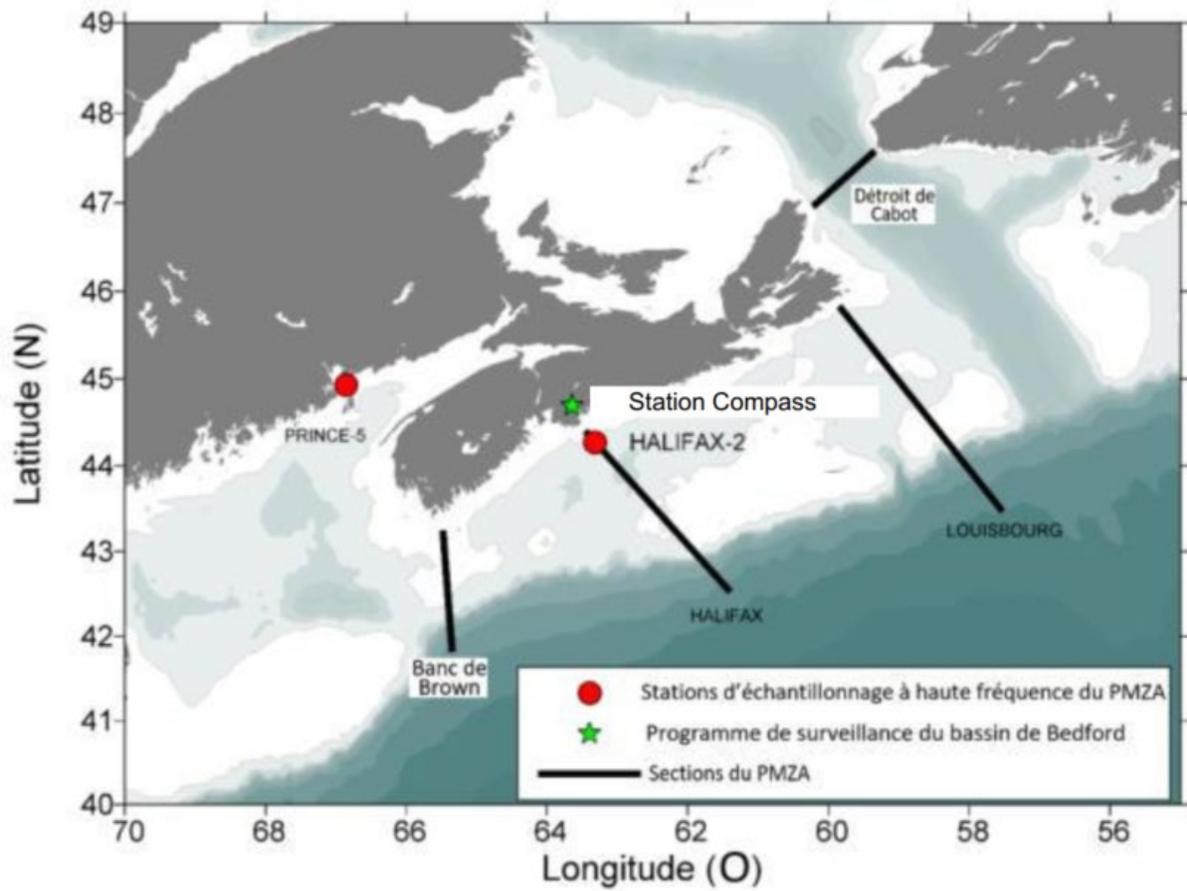


Figure 1. Carte des sections primaires (déroit de Cabot [CSL], Louisbourg [LL], Halifax [HL] et banc Browns [BBL]) et des stations d'échantillonnage à haute fréquence (Halifax-2 [HL2]; Prince-5 [P5]) dans la région des Maritimes du MPO. La station Compass est échantillonnée dans le cadre du Programme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

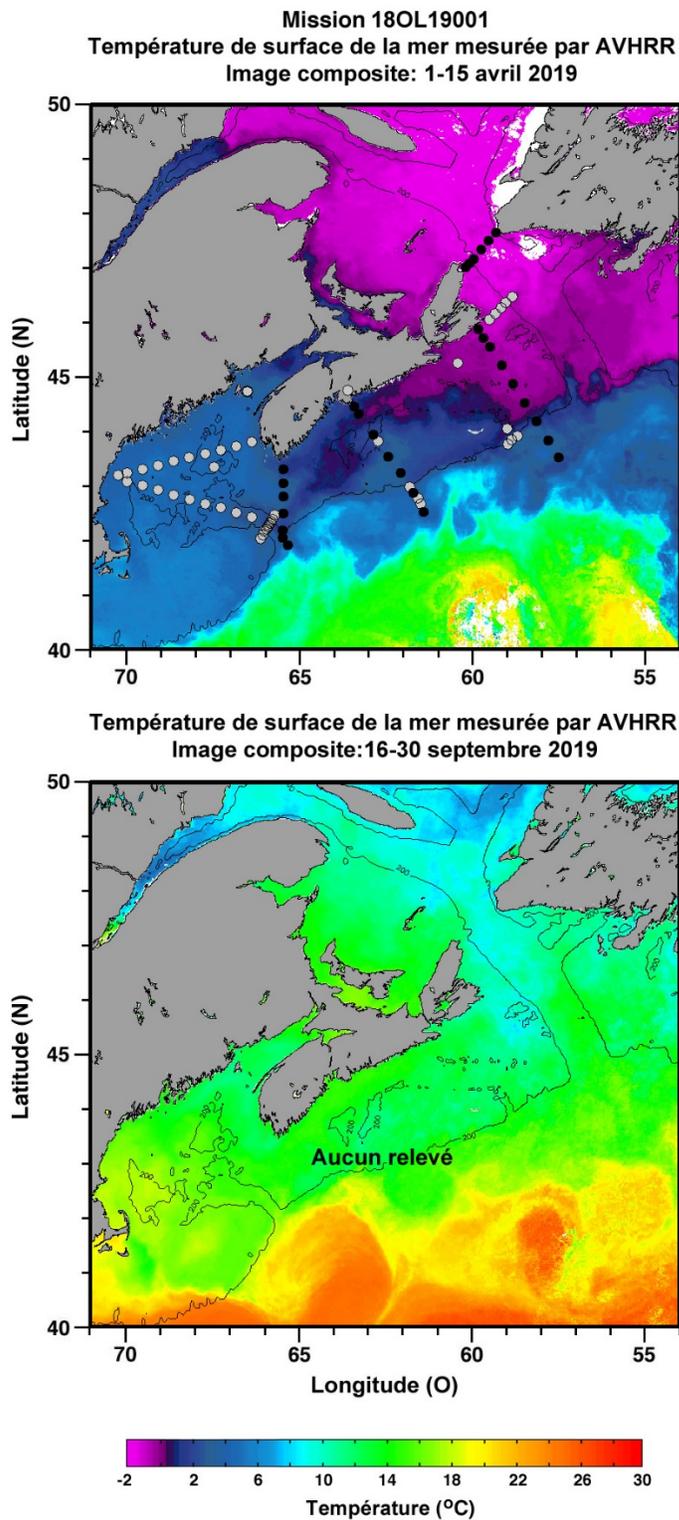


Figure 2. Stations échantillonnées durant le relevé de printemps de 2019. L'emplacement des stations est superposé sur les images composites de la température de surface de la mer pour les dates qui sont proches des dates des missions. Les marques noires indiquent les stations de base, et les marques grises sont les stations échantillonnées dans le cadre de programmes connexes.

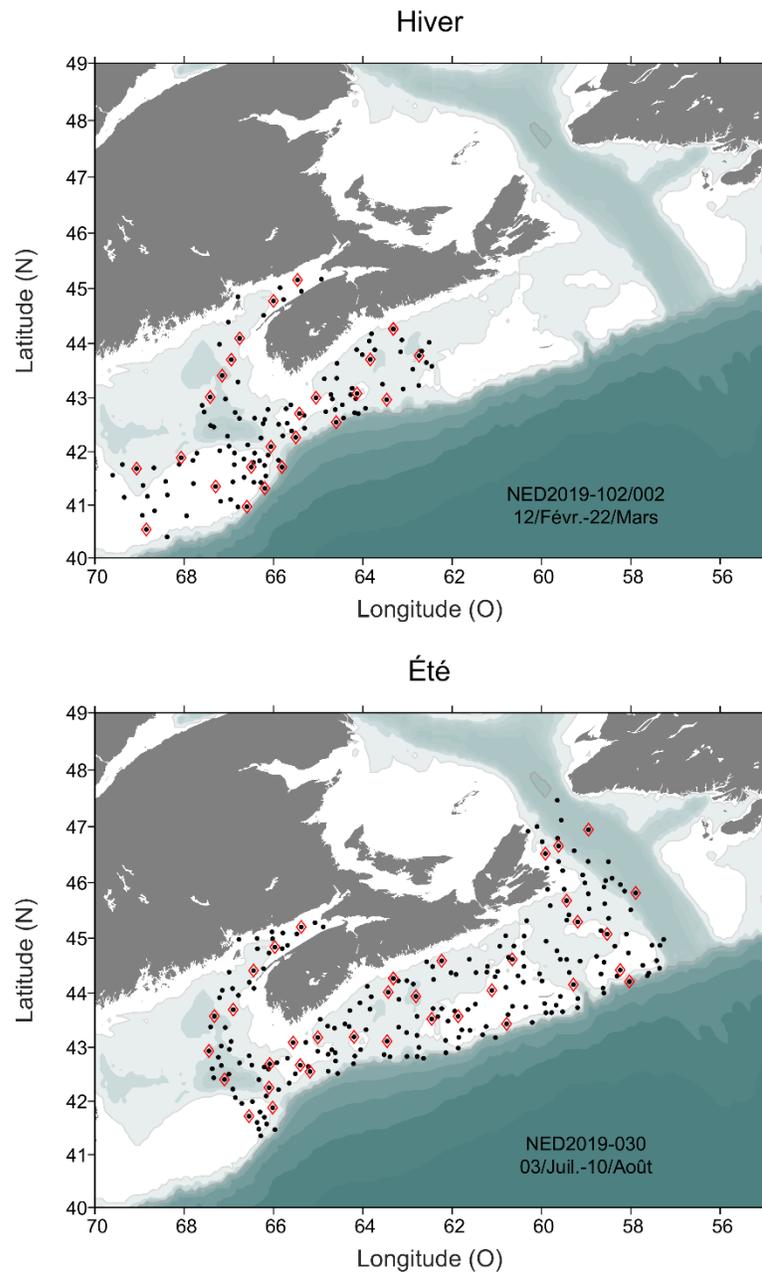


Figure 3. Stations échantillonnées durant les relevés au chalut de l'écosystème dans la région des Maritimes en 2019. Les marques noires pleines indiquent les stations hydrographiques; les losanges rouges vides indiquent les stations où des traits de filets verticaux combinés aux mesures hydrographiques ont été effectués.

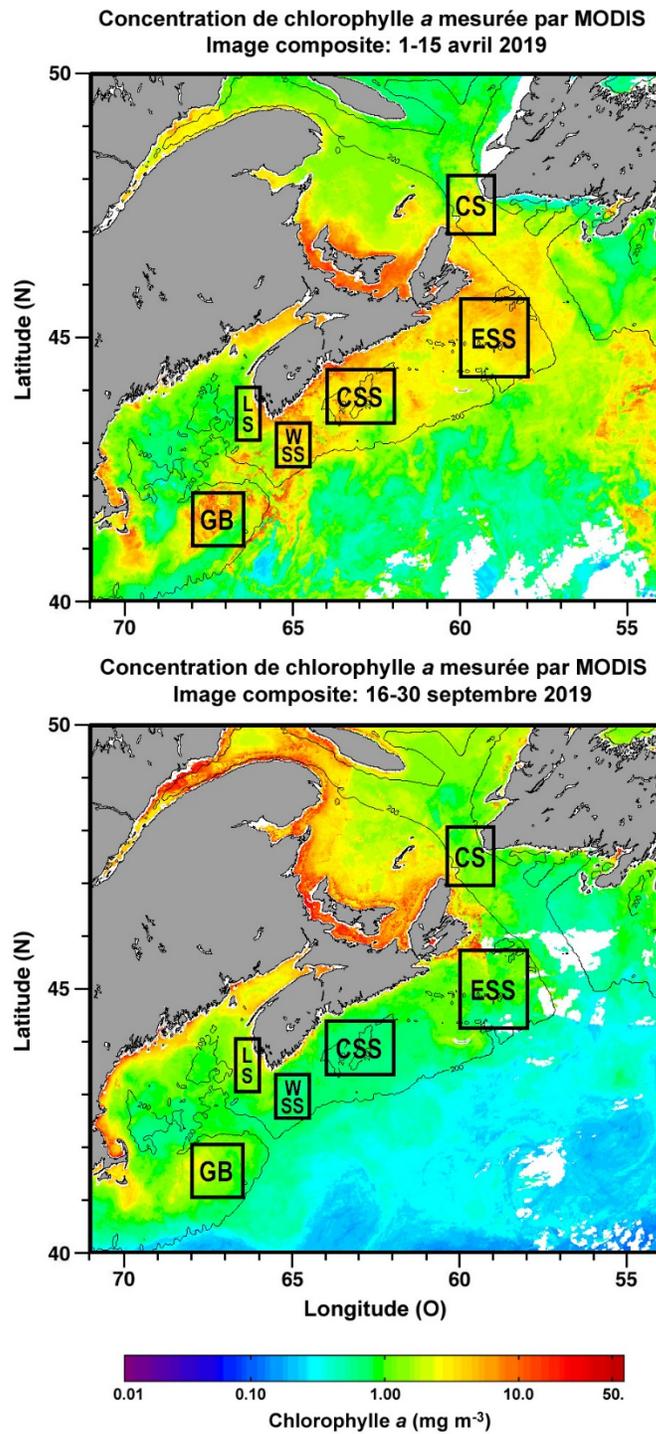


Figure 4. Sous-régions statistiques de la région des Maritimes identifiées pour l'analyse spatiotemporelle des données de couleur de l'océan mesurées par télédétection. Les sous-régions sont superposées sur les images composites de la chlorophylle a de surface pour les dates qui sont proches des dates des missions. 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].

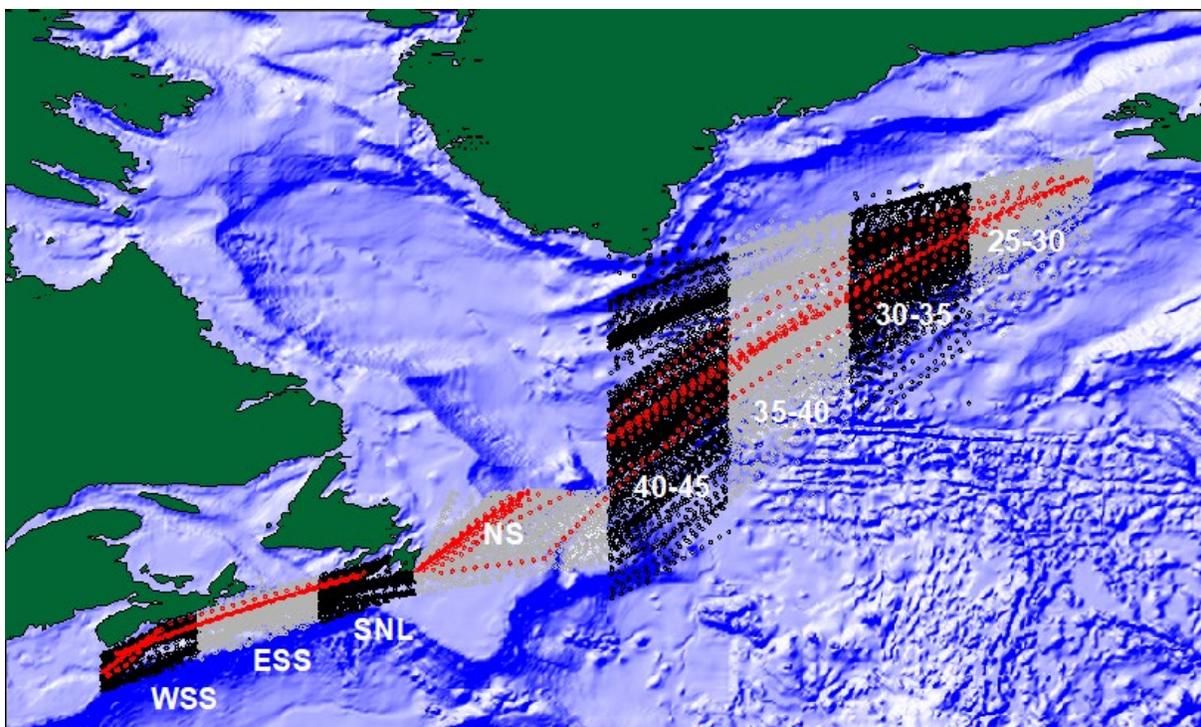


Figure 5. Lignes et stations de l'enregistreur de plancton en continu entre 1957 et 2018. Les stations échantillonnées en 2018 sont indiquées en rouge. Les données sont analysées par région. Les régions sont les suivantes : plateau néo-écossais ouest (WSS), plateau néo-écossais est (ESS), sud du plateau 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.

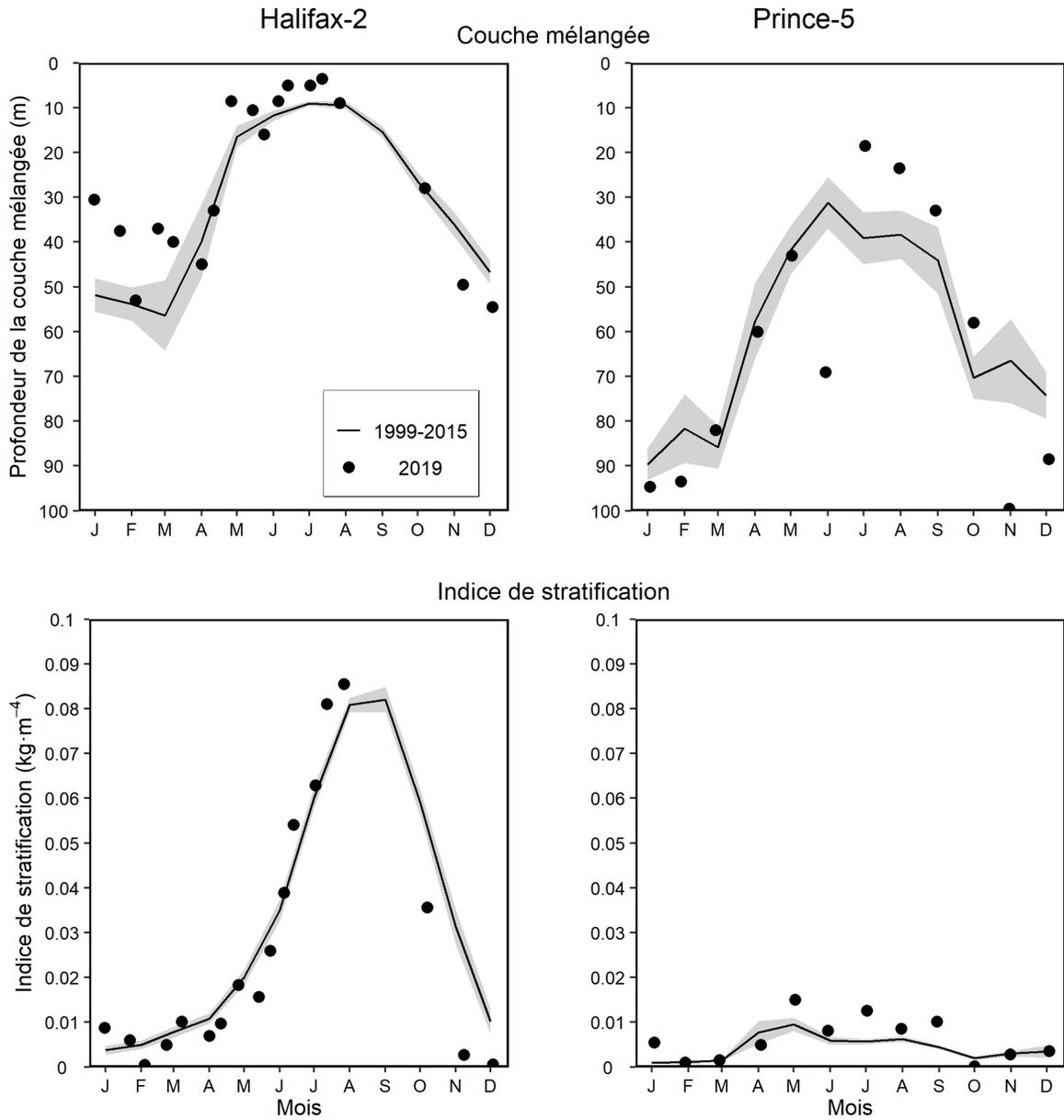


Figure 6. Propriétés du mélange (profondeur de la couche de mélange, indice de stratification) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence des Maritimes comparant les données recueillies en 2019 (cercle plein) aux conditions moyennes de la période 1999–2015 (ligne pleine). La bande ombrée grise représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15^{ème} jour du mois.

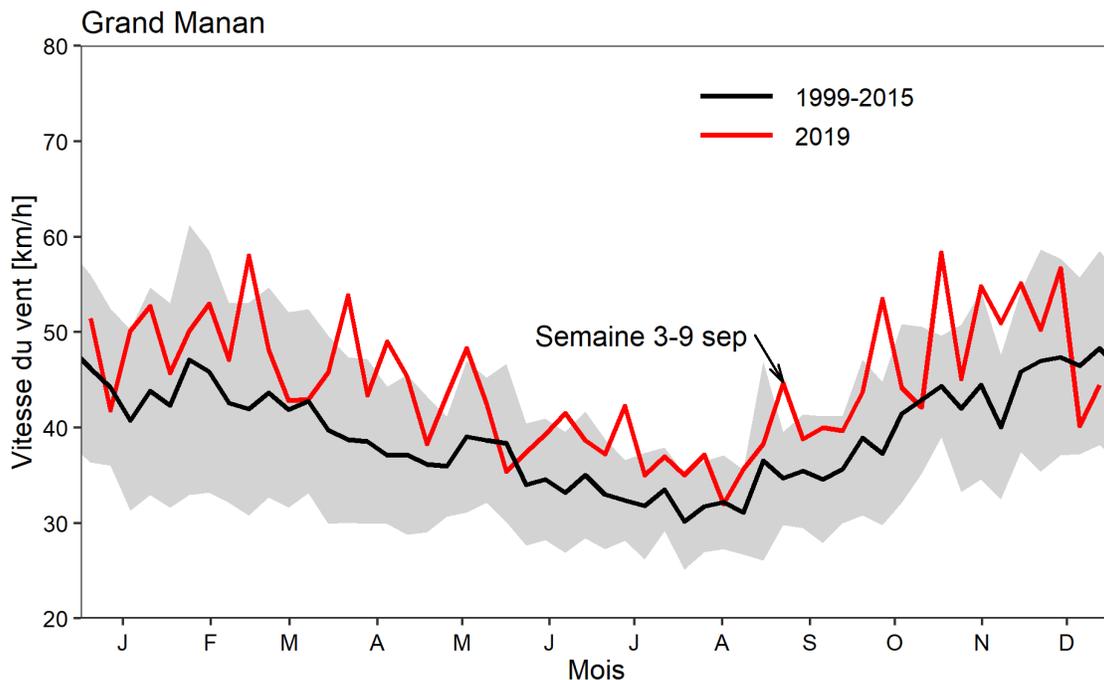
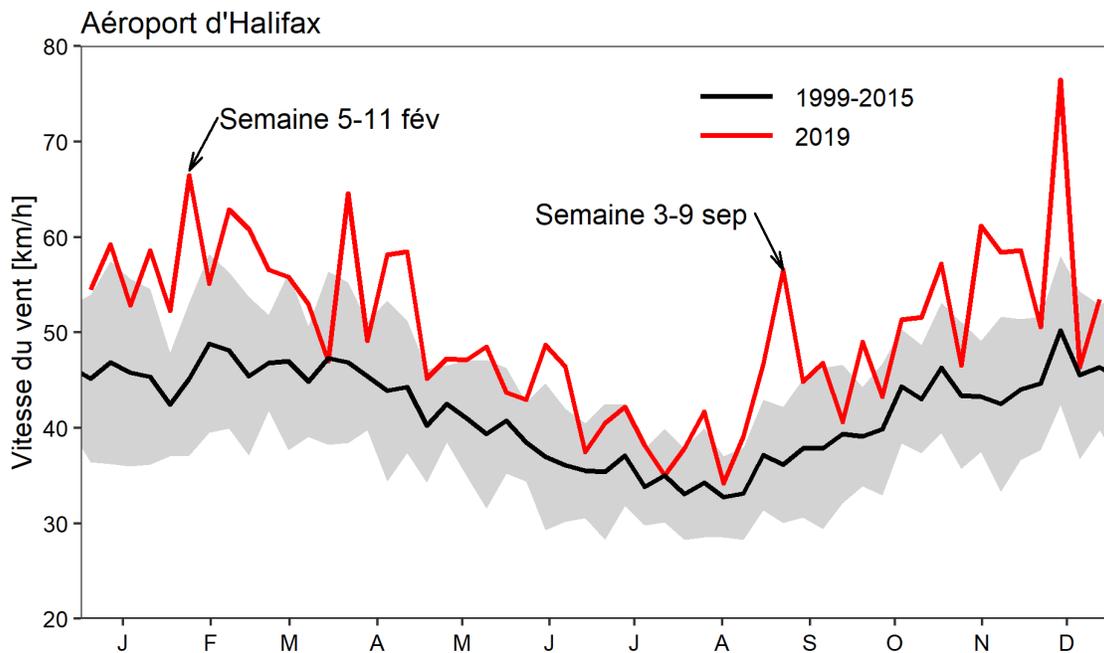


Figure 7. Rafales de vent quotidiennes moyennes maximales à l'aéroport international d'Halifax (représentatives des conditions de vent enregistrées à la station Halifax-2) et à l'île de Grand Manan (représentatives des conditions de vent à la station Prince-5) en 2019 (lignes rouges) et au cours de la période 1999–2015 (données climatologiques) (lignes noires). La bande ombrée grise représente l'écart-type des données climatologiques calculées sur 17 ans. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15^{ème} jour du mois.

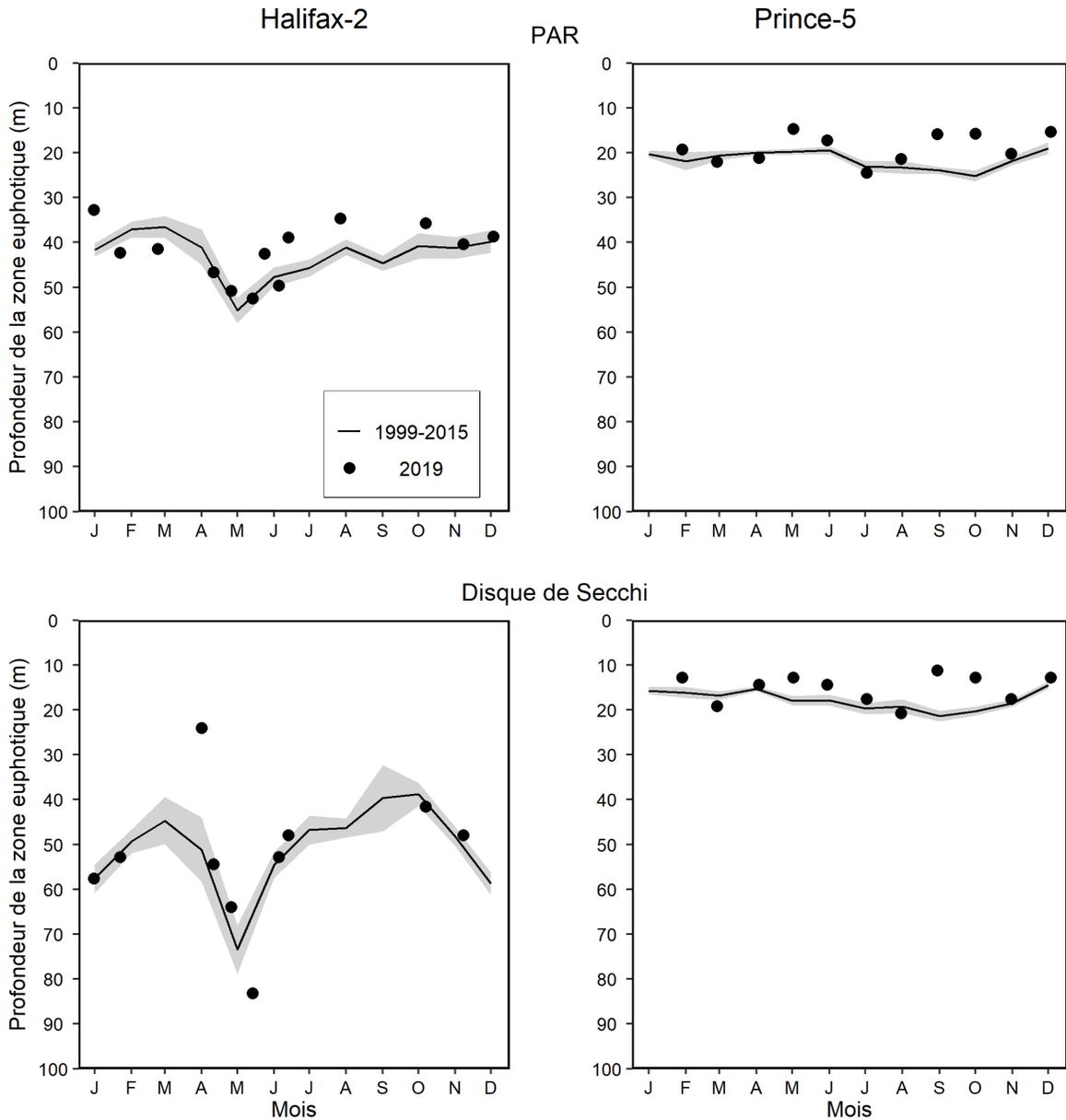


Figure 8. Propriétés optiques (profondeur de la zone euphotique basée sur la mesure du PAR et de la profondeur du disque de Secchi) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes. Les données recueillies en 2019 (cercles pleins) sont comparées aux conditions moyennes de la période 1999–2015 (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 2015. La bande ombrée grise représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15^{ème} jour du mois.

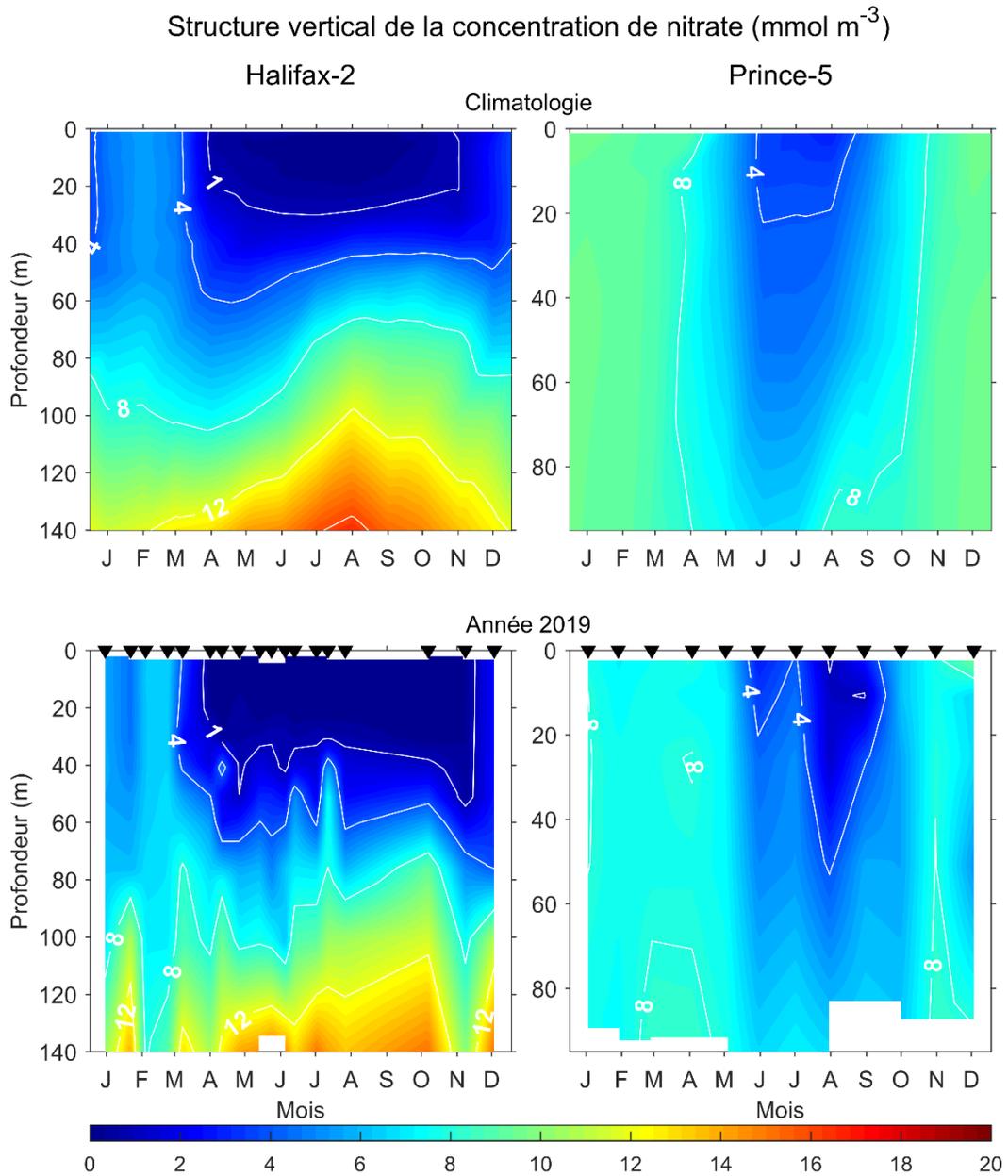


Figure 9. Comparaison des changements annuels de la structure verticale des concentrations de nitrate (mmoles/m^3) en 2019 (graphiques du bas) aux conditions climatologiques moyennes de la période 1999–2015 (graphiques du haut) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes. Les triangles noirs dans les graphiques du bas indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15^{ème} jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

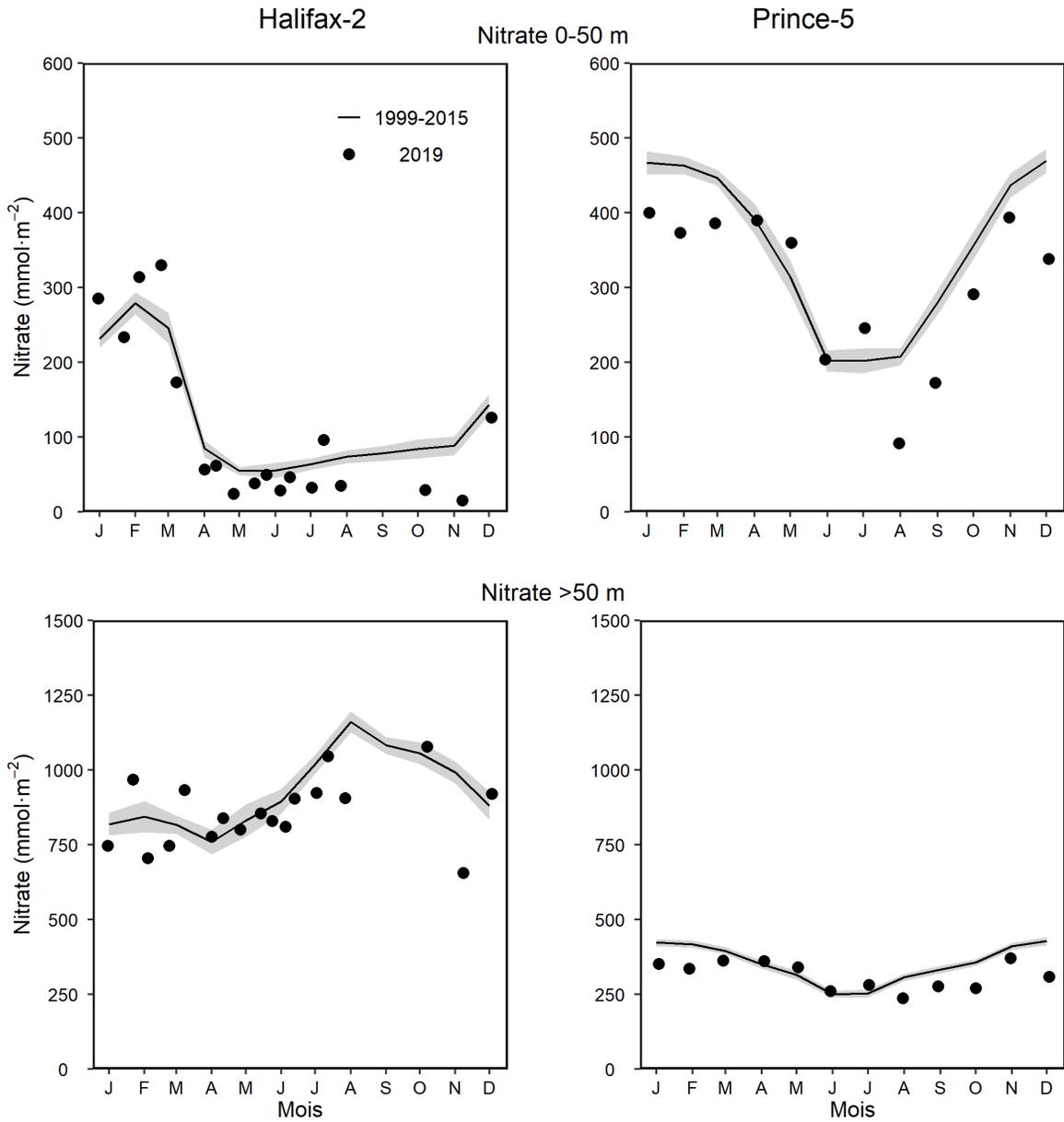


Figure 10. Comparaison des données de 2019 (cercles pleins) aux conditions moyennes de la période 1999–2015 (lignes pleines) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes. Graphiques du haut : inventaire du nitrate à la surface (0–50 m). Graphiques du bas : inventaire du 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^{ème} jour du mois.

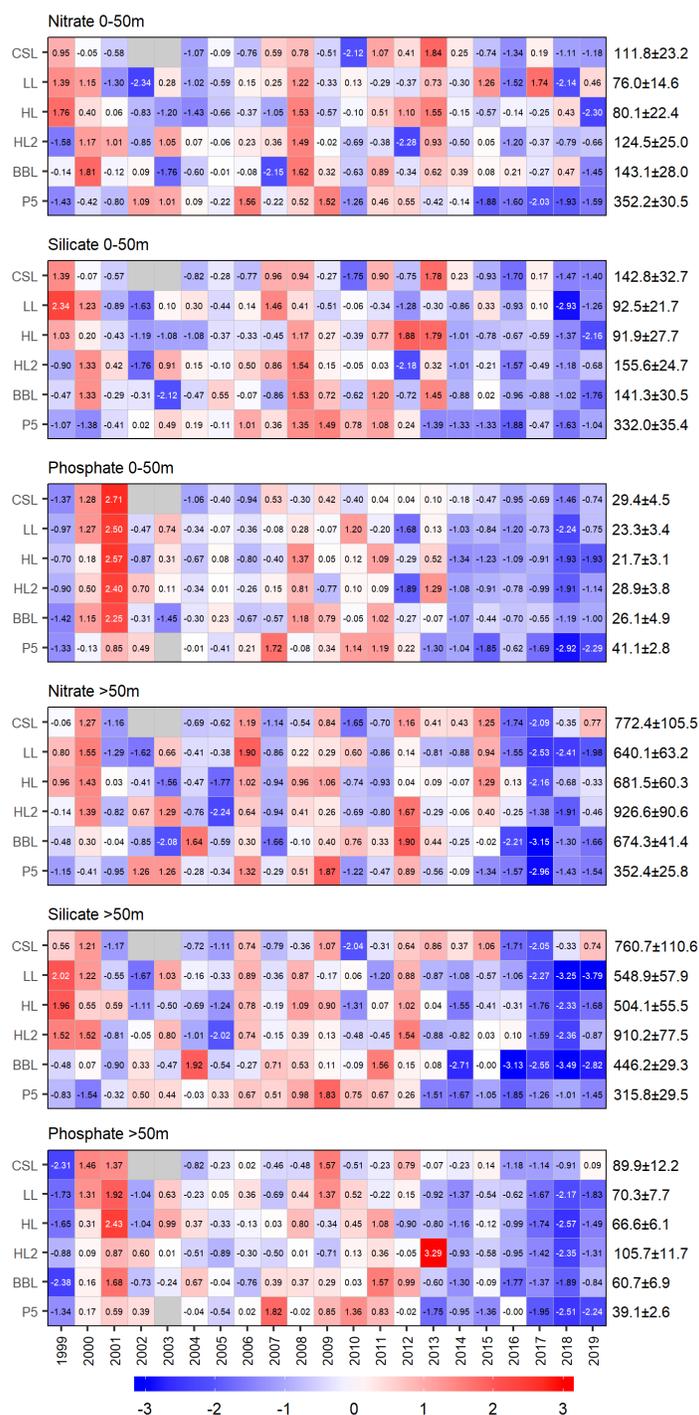


Figure 11. Tableau synoptique des anomalies annuelles des inventaires du nitrate, du silicate et du phosphate à la surface (0–50 m) et en profondeur (> 50 m). Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2015), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Une cellule grise indique des données manquantes. Les cellules rouges (bleues) indiquent des teneurs en éléments nutritifs supérieures (inférieures) à la normale. 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.

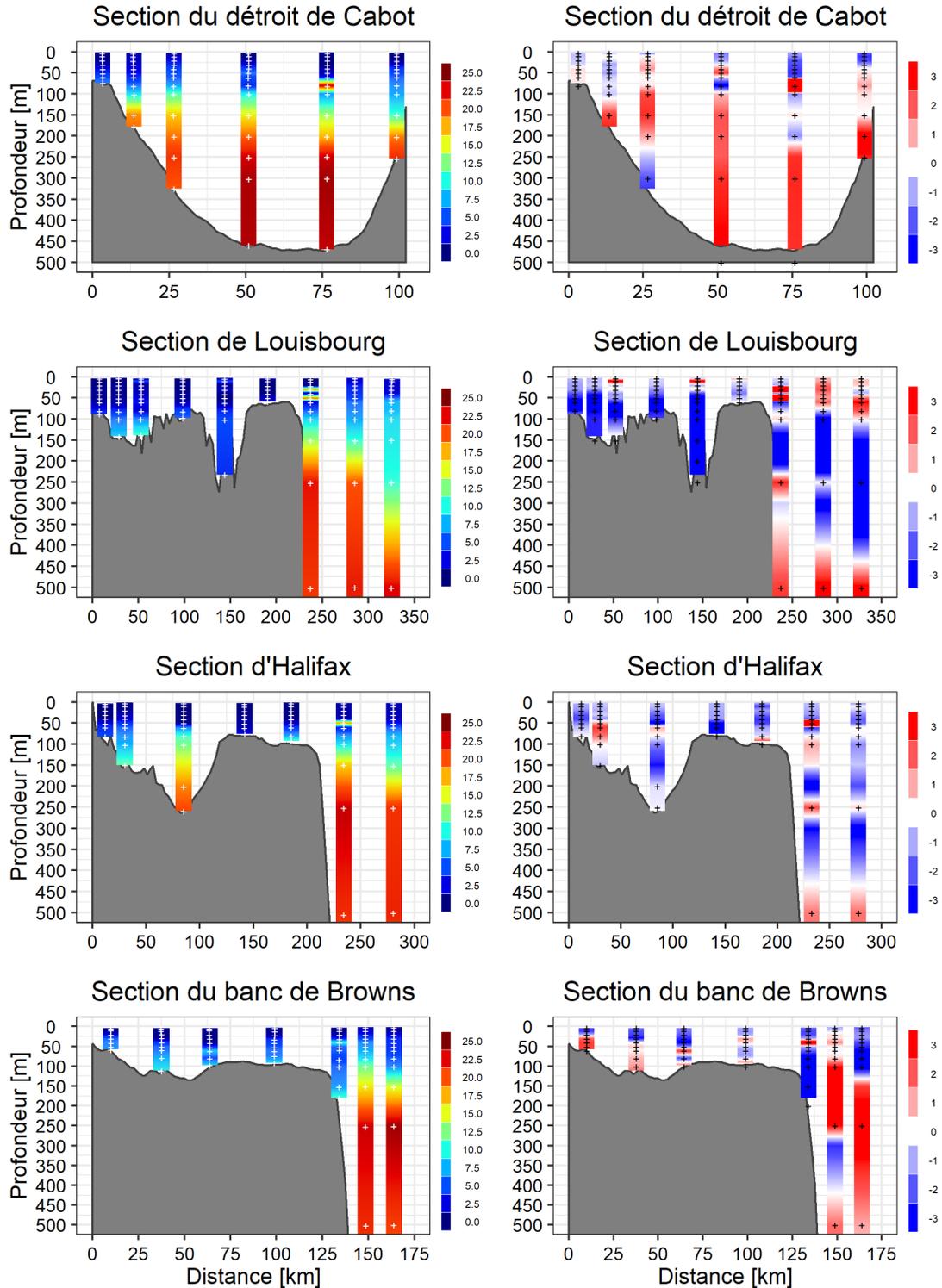


Figure 12. Profils verticaux des concentrations de nitrate (mmoles/m^3) (graphiques de gauche) et leurs anomalies (mmoles/m^3) par rapport aux conditions de référence (1999–2015) (graphiques de droite) sur les sections du SS au printemps 2019. Les marques blanches sur les graphiques de gauche indiquent les profondeurs d'échantillonnage réelles en 2019. Les marques noires sur les graphiques de droite indiquent les profondeurs auxquelles les valeurs climatologiques propres à chaque station ont été calculées.

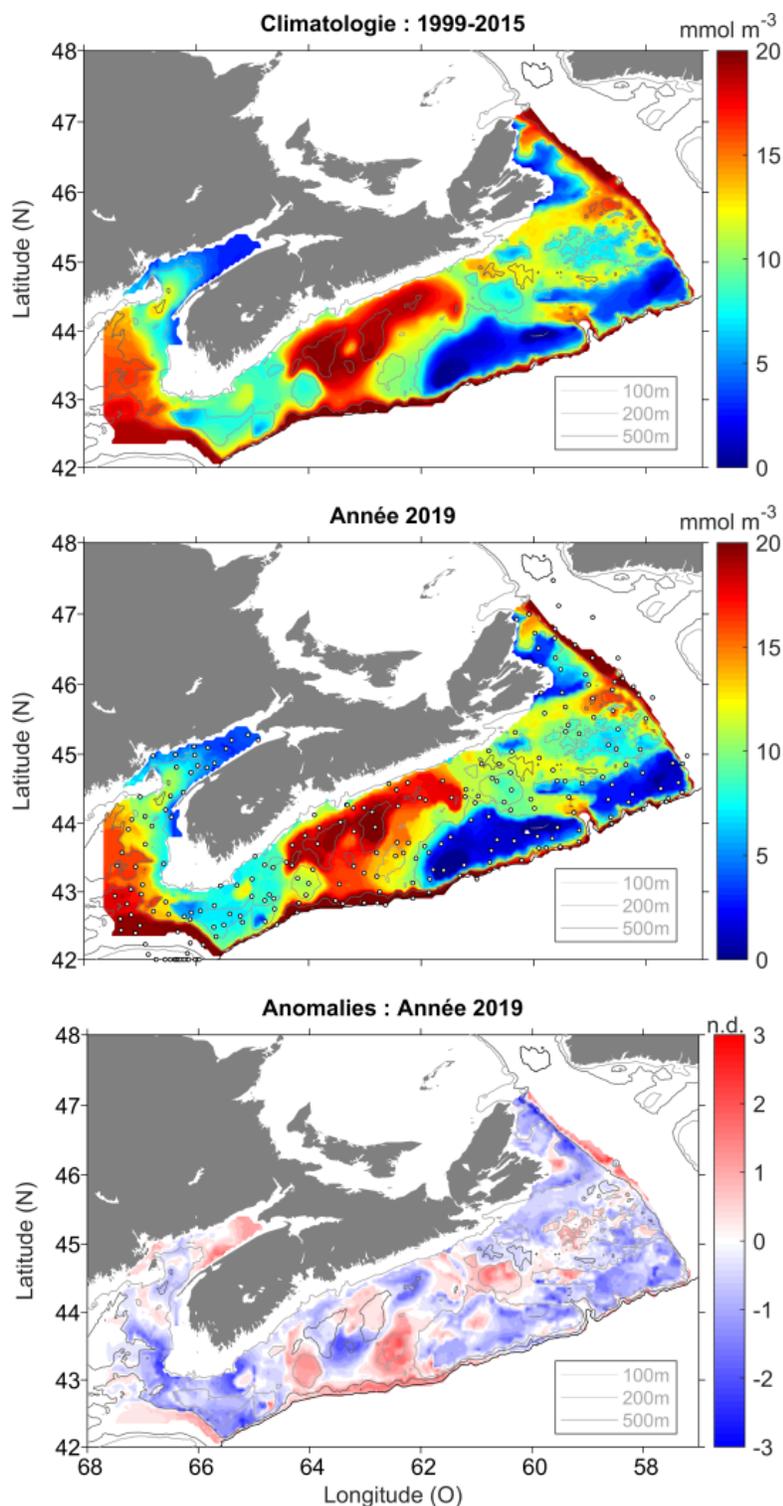


Figure 13. Concentrations de nitrate en profondeur durant le relevé au chalut de l'écosystème effectué à l'été 2019: données climatologiques de la période 1999–2015 (graphique du haut), conditions de 2019 (graphique du milieu) et anomalies normalisées relatives aux données climatologiques (graphique du bas). Les marqueurs sur le graphique du milieu représentent les lieux d'échantillonnage en 2019; n.d. = sans dimensions.

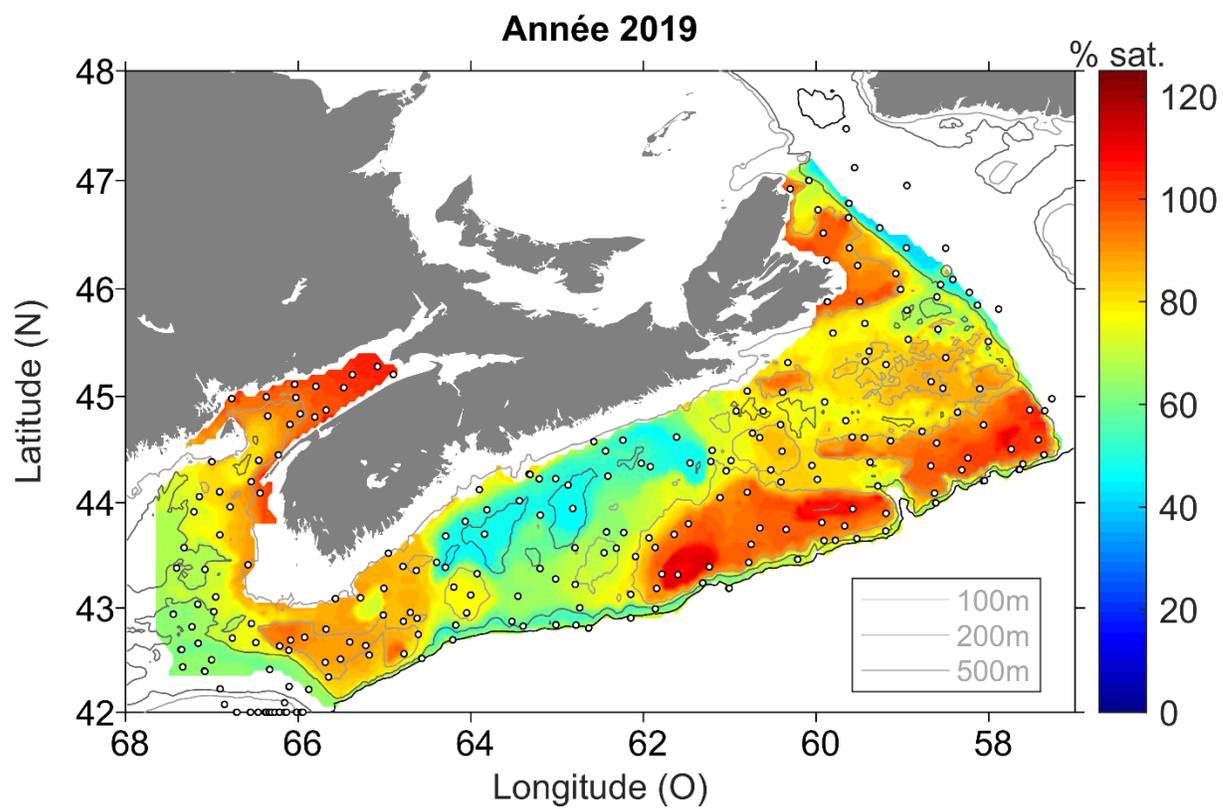


Figure 14. Niveau de saturation en oxygène en profondeur durant le relevé au chalut de l'écosystème effectué à l'été 2019. Les marqueurs représentent les lieux d'échantillonnage.

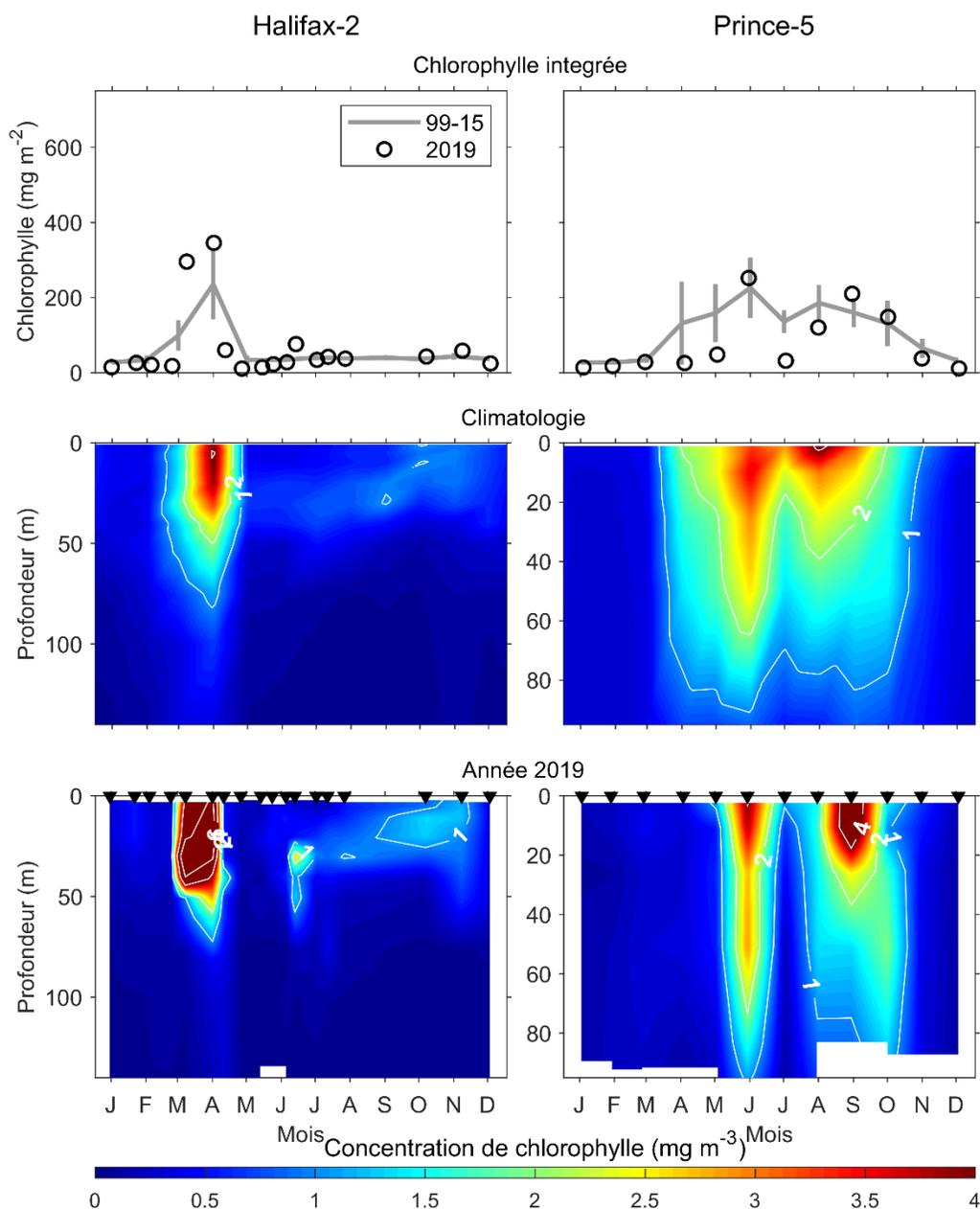


Figure 15. Variabilité annuelle des concentrations de chlorophylle a aux stations des Maritimes (colonne de gauche: Halifax-2; colonne de droite: Prince-5). Graphiques du haut : inventaires de la chlorophylle intégrée (0–100 m à la station Halifax-2; 0–95 m à la station Prince-5) en 2019 (cercles ouverts) et valeurs moyennes de la période 1999–2015 (lignes pleines). Les lignes verticales représentent les intervalles de confiance à 95 % des moyennes mensuelles. Graphiques du milieu : cycle saisonnier moyen (1999–2015) de la structure verticale des concentrations de chlorophylle (mg/m^3). Graphiques du bas : cycle saisonnier de la structure verticale des concentrations de chlorophylle a en 2019. L'échelle de couleur met en valeur les changements près des niveaux estimés de saturation en nourriture pour les grands copépodes. Les triangles noirs dans les graphiques du bas indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15^{ième} jour du mois. Les zones blanches indiquent l'absence de données.

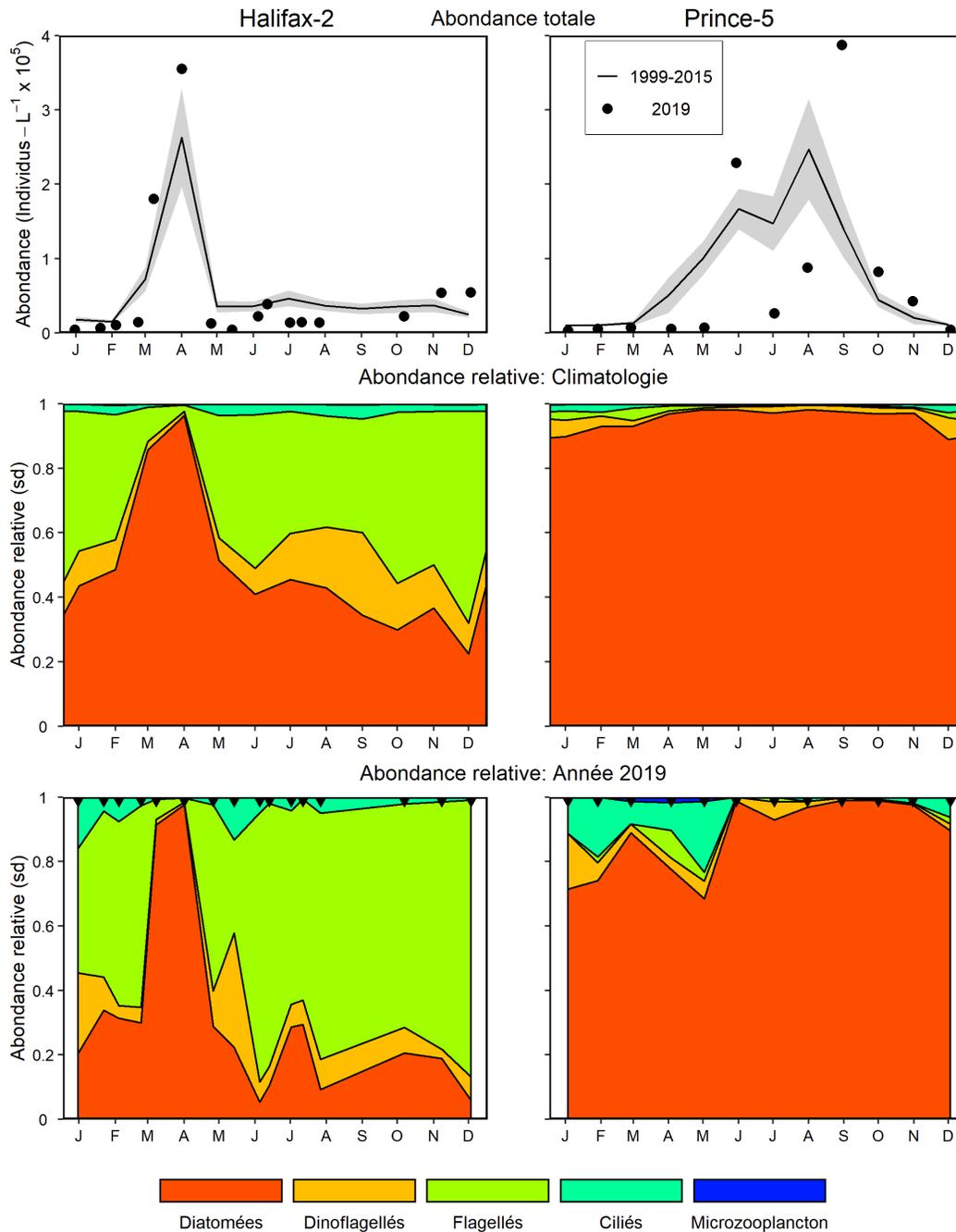


Figure 16. Comparaison de l'abondance et de la composition des communautés de microplancton (phytoplancton et protistes) en 2019 aux conditions moyennes de la période 1999–2015 aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes (Halifax-2: graphiques de droite; Prince-5: graphiques de gauche). Graphiques du haut: abondance du microplancton en 2019 (cercles pleins) et conditions moyennes de la période 1999–2015 (lignes pleines). La bande ombrée grise représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Graphiques du milieu: climatologie de l'abondance relative du microplancton sur la période 1999–2015. Graphiques du bas: abondance relative du microplancton en 2019; sd = sans dimensions. Les triangles noirs dans les graphiques du bas indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15^{ième} jour du mois.

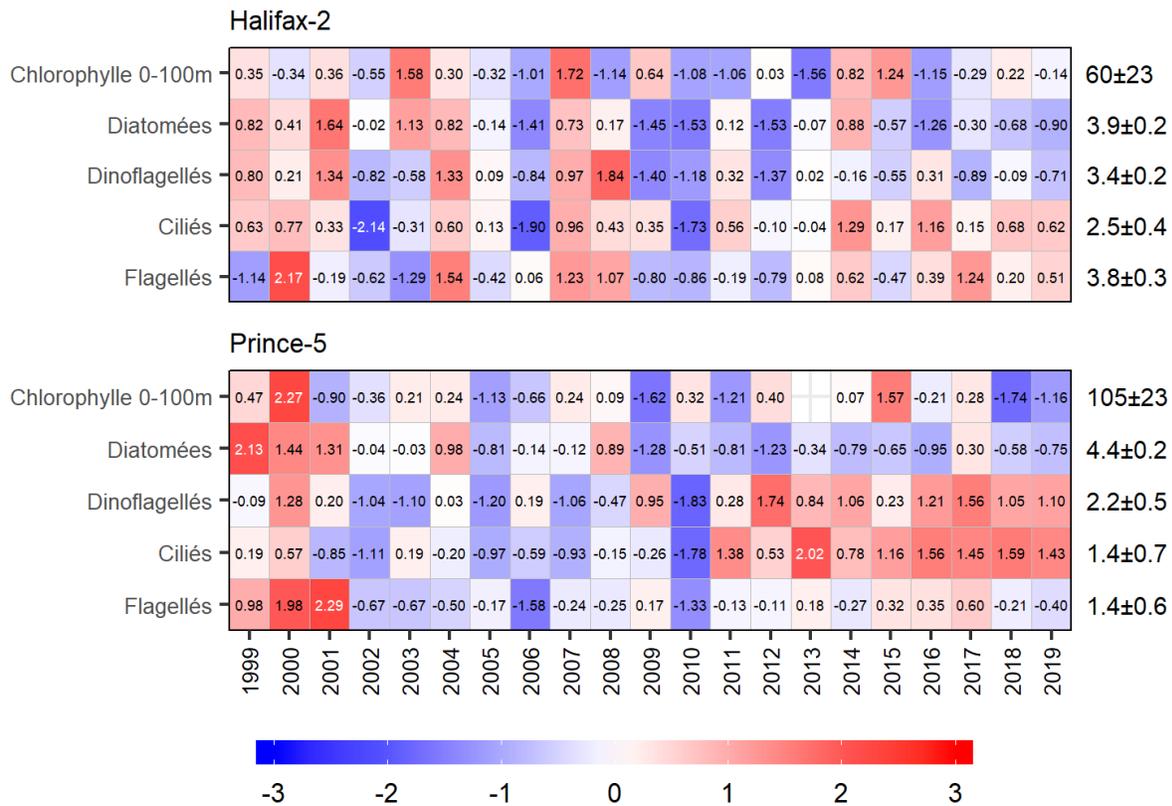


Figure 17. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles de l'inventaire de chlorophylle a (0–100 m pour Halifax-2, 0–95 m pour Prince-5) et de l'abondance du microplankton aux stations fixes des Maritimes. La valeur dans chaque cellule est l'anomalie relative à la moyenne sur la période de référence, 1999–2015, en unités d'écart-type avec la moyenne et l'écart-type indiquées à la droite du tableau. Une cellule vide indique une donnée manquante. Les cellules rouges (bleues) indiquent des valeurs supérieures (inférieures) à la normale de l'inventaire de chlorophylle a ou de l'abondance du microplankton.

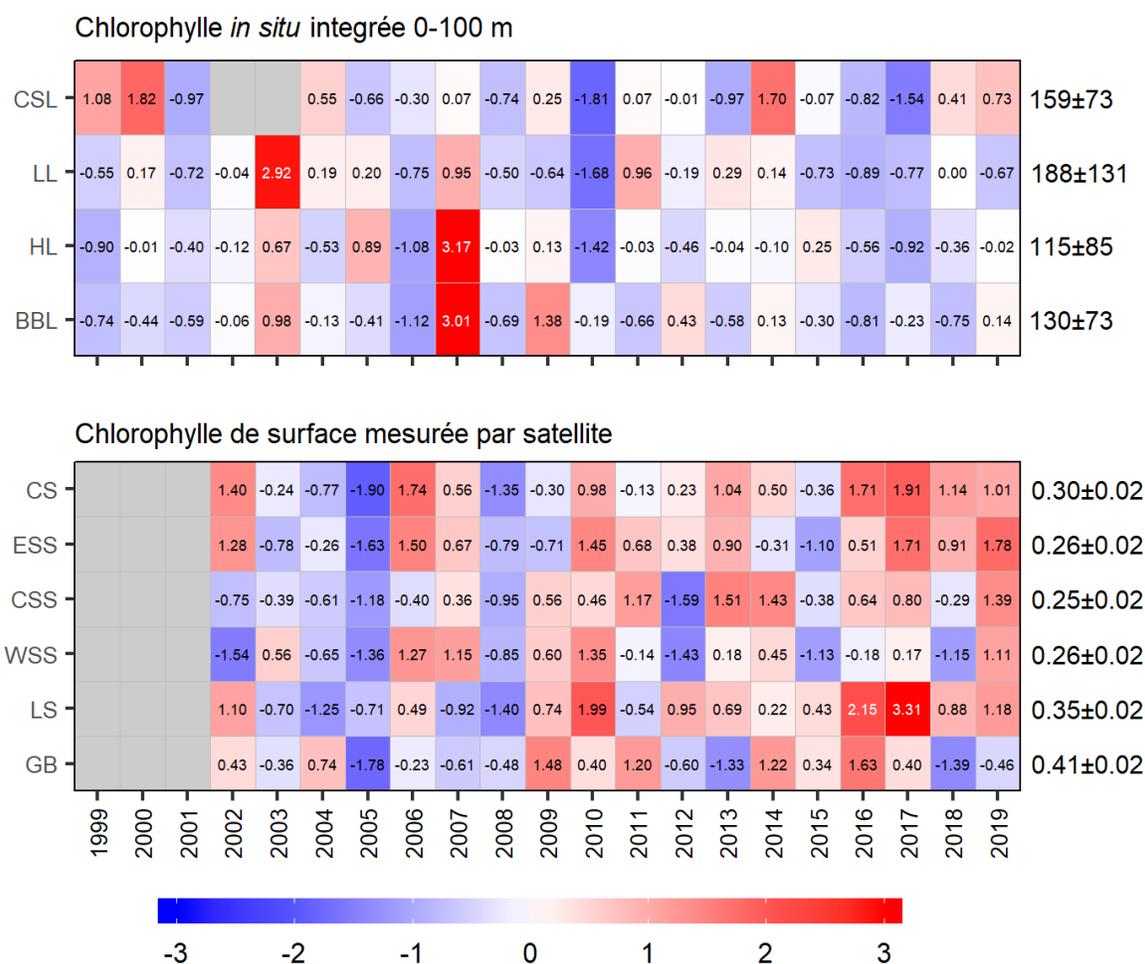


Figure 18. Tableaux synoptiques des anomalies annuelles de l'inventaire de chlorophylle *a* échantillonnée *in situ* sur les sections du Déroit de Cabot [CSL], de Louisbourg [LL], d'Halifax [HL] et du banc Browns [BBL] (panneau supérieur), et de la chlorophylle *a* de surface obtenue des images satellitaires 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 2002–2019. La valeur dans chaque cellule est l'anomalie relative à la moyenne sur la période de référence, 1999–2015 pour l'inventaire de chlorophylle *a in situ* et 2003–2015 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. Une cellule vide indique une donnée manquante. 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.

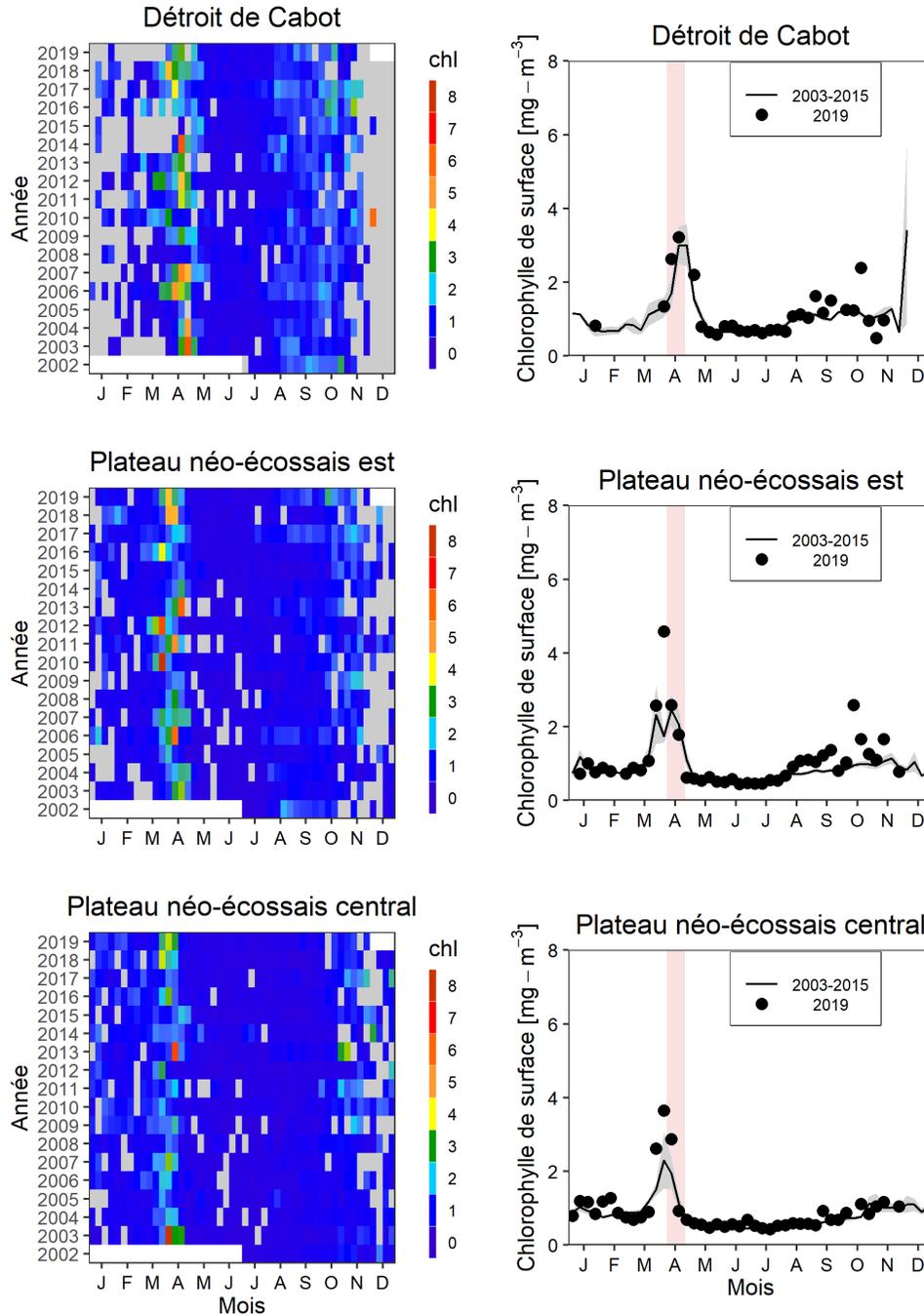


Figure 19a. Concentrations de chlorophylle a de surface estimées à partir des données hebdomadaires de la couleur de l'océan recueillies par télédétection dans les sous-régions statistiques du détroit de Cabot (haut), du plateau néo-écossais est (milieu) et du plateau néo-écossais central (bas) (voir la figure 4). Données recueillies à l'aide du capteur MODIS. Graphiques de gauche: séries chronologiques de la variation annuelle des concentrations de chlorophylle a. Graphiques de droite: chlorophylle a de surface en 2019 (cercles pleins) comparée aux conditions moyennes de la période 2003–2015 (lignes pleines) dans les mêmes sous-régions. La bande ombrée grise est l'intervalle de confiance à 95 % des moyennes hebdomadaires. Les bandes verticales roses indiquent le moment des missions saisonnières. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15^{ième} jour du mois. Les pixels blancs sur les panneaux de gauche délimitent la plage de disponibilité des données et les pixels gris indiquent les données manquantes.

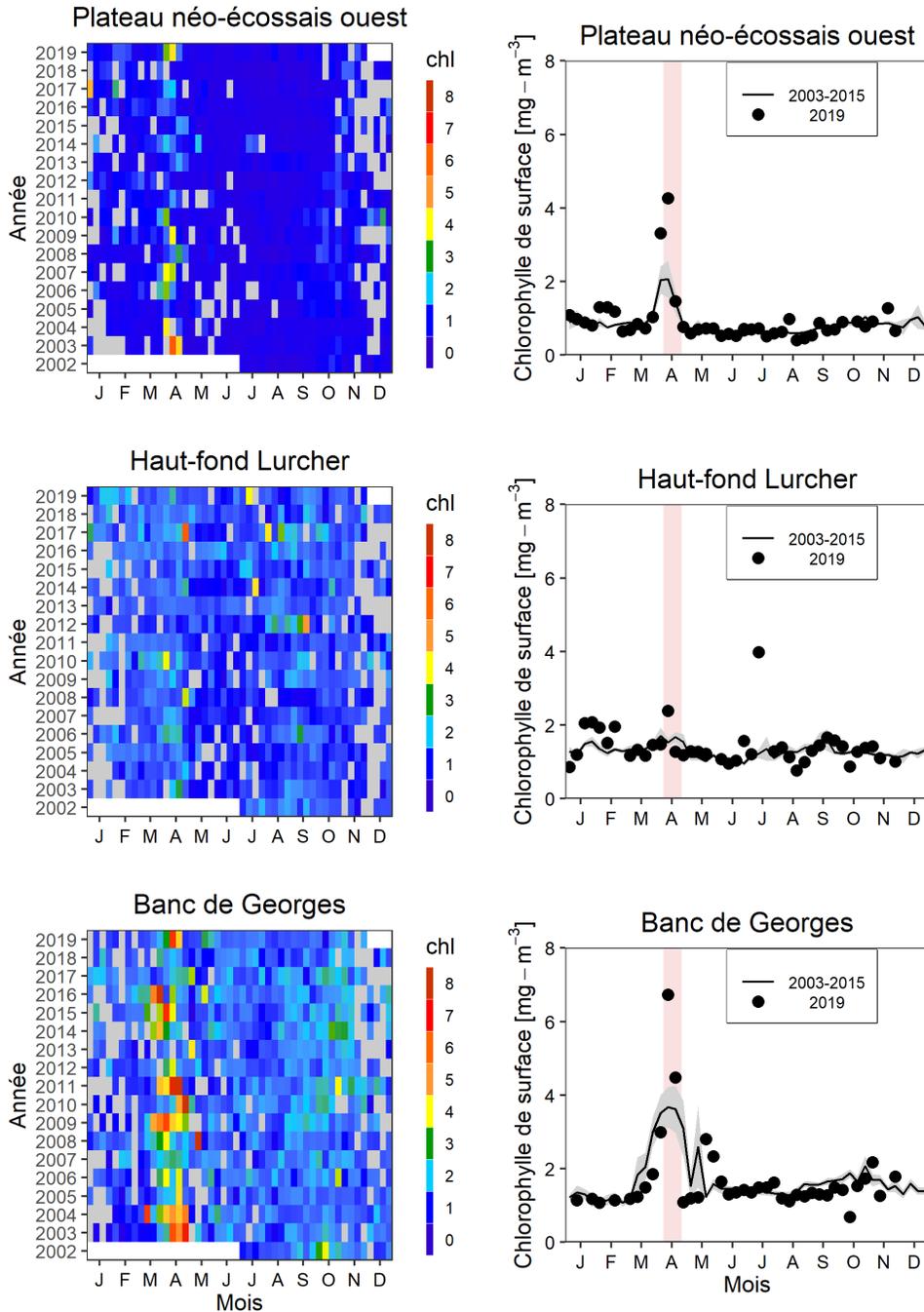


Figure 19b. Concentrations de chlorophylle a de surface estimées à partir des données hebdomadaires de la couleur de l'océan recueillies par télédétection dans les sous-régions statistiques du plateau néo-écossais ouest (haut), du haut-fond Lurcher (milieu) et du banc de Georges (voir la figure 4). Données recueillies à l'aide du capteur MODIS. Graphiques de gauche: séries chronologiques de la variation annuelle des concentrations de chlorophylle a. Graphiques de droite: chlorophylle a de surface en 2019 (cercles pleins) comparée aux conditions moyennes de la période 2003–2015 (lignes pleines) dans les mêmes sous-régions. La bande ombrée grise est l'intervalle de confiance à 95 % des moyennes hebdomadaires. Les bandes verticales roses indiquent le moment des missions saisonnières. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15^{ième} jour du mois. Les pixels blancs sur les panneaux de gauche délimitent la plage de disponibilité des données et les pixels gris indiquent les données manquantes.

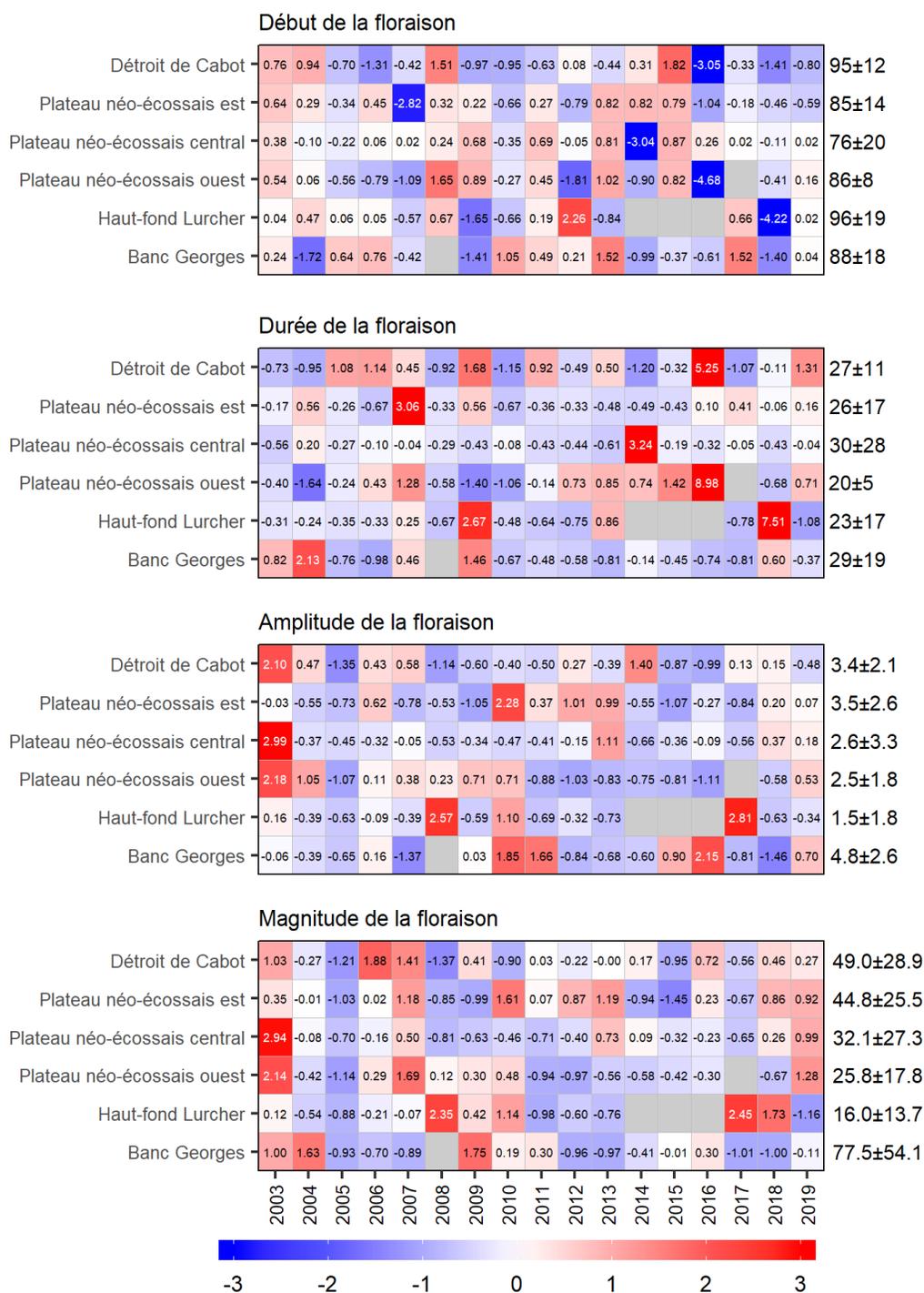


Figure 20. Tableau synoptique des anomalies annuelles de paramètres de la floraison printanière du phytoplancton. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (2003–2015), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Une cellule grise indique des données manquantes. Les cellules rouges (bleues) indiquent un début tardif (précoce), une durée plus longue (plus courte) ou une amplitude ou une magnitude supérieure (inférieure) à la normale.

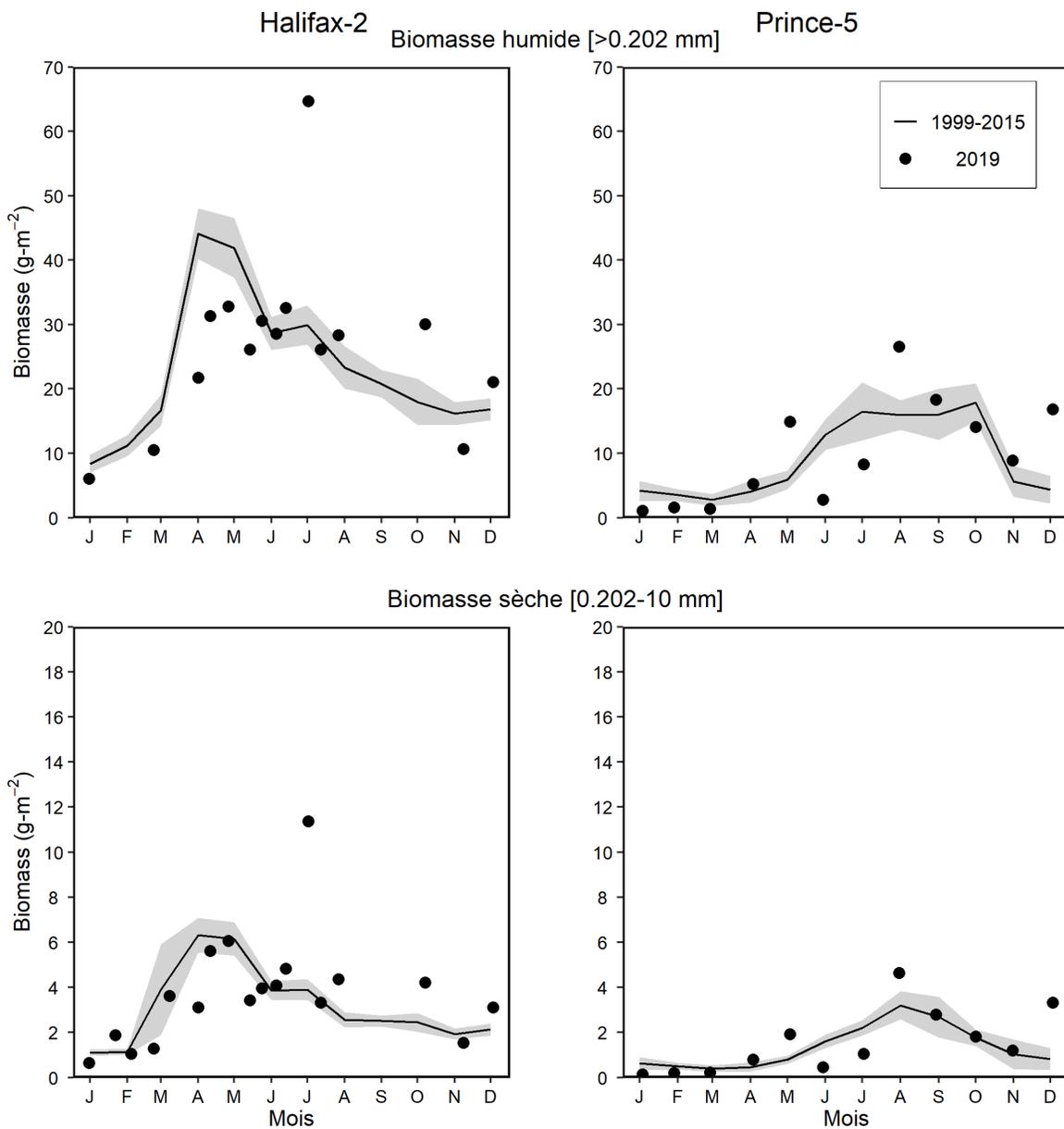


Figure 21. Biomasse humide totale du zooplancton (graphiques du haut) et biomasse sèche du mésozooplancton (graphiques du bas) (intégrées de la surface au fond) en 2019 (cercles pleins) et conditions moyennes de la période 1999–2015 (lignes pleines) aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes. La bande ombrée grise représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Graphiques de gauche: Halifax-2; graphiques de droite: Prince-5. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15^{ème} jour du mois.

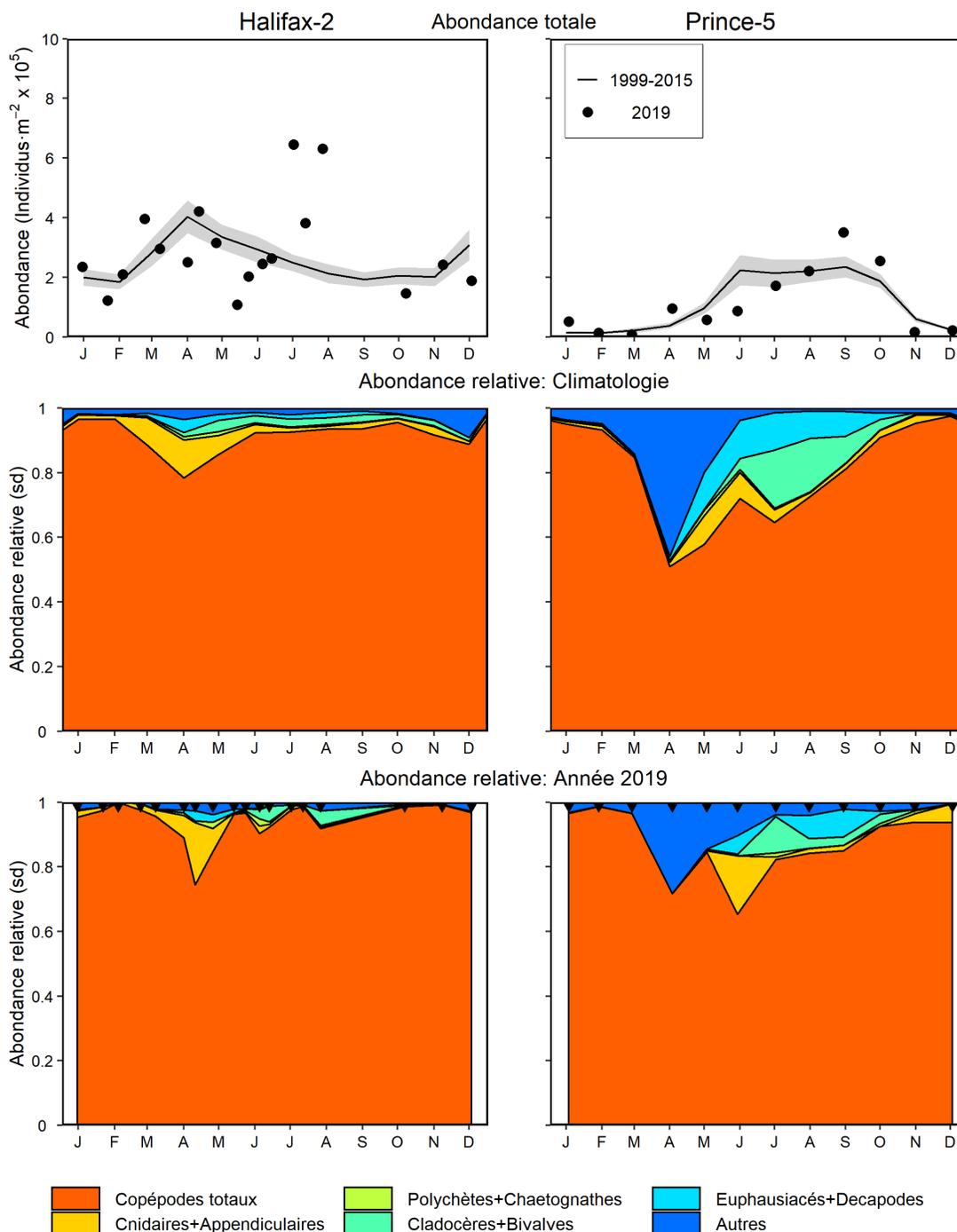


Figure 22. Abondance et composition de la communauté de zooplancton (> 200 µm) en 2019 et conditions moyennes de la période 1999–2015 aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes (graphiques de gauche: Halifax-2; graphiques de droite: Prince-5). Graphiques du haut: abondance du zooplancton en 2019 (cercles pleins) et conditions moyennes de la période 1999–2015 (lignes pleines). La bande ombrée grise représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Graphiques du milieu: climatologie de l'abondance relative de chacun des grands groupes sur la période 1999–2015. Graphiques du bas: abondance relative des grands groupes en 201; sd = sans dimensions. Les triangles noirs dans les graphiques du bas indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15^{ième} jour du mois.

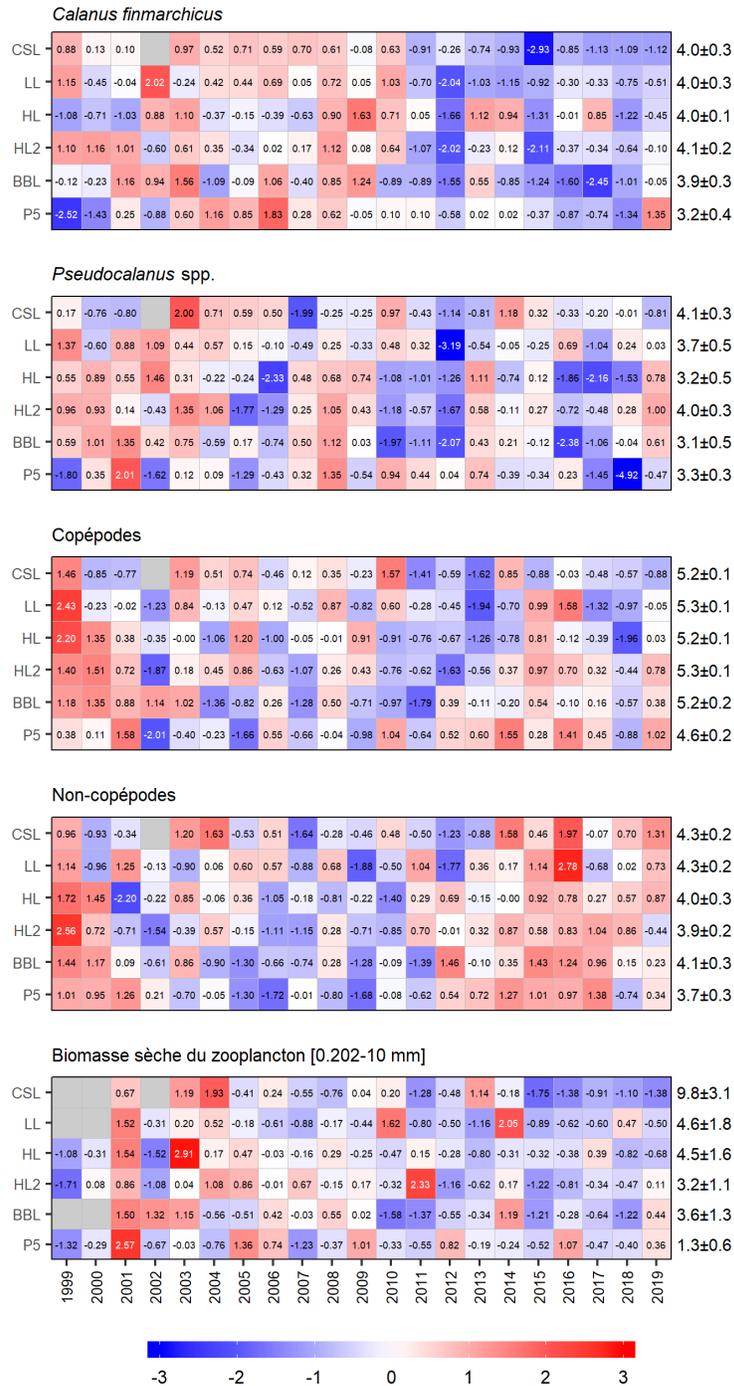


Figure 23. Tableau synoptique des anomalies annuelles de l'abondance et de la biomasse du zooplancton. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2015), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Une cellule grise indique des données manquantes. Les cellules rouges (bleues) indiquent des valeurs de la variable supérieures (inférieures) à la normale. 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.

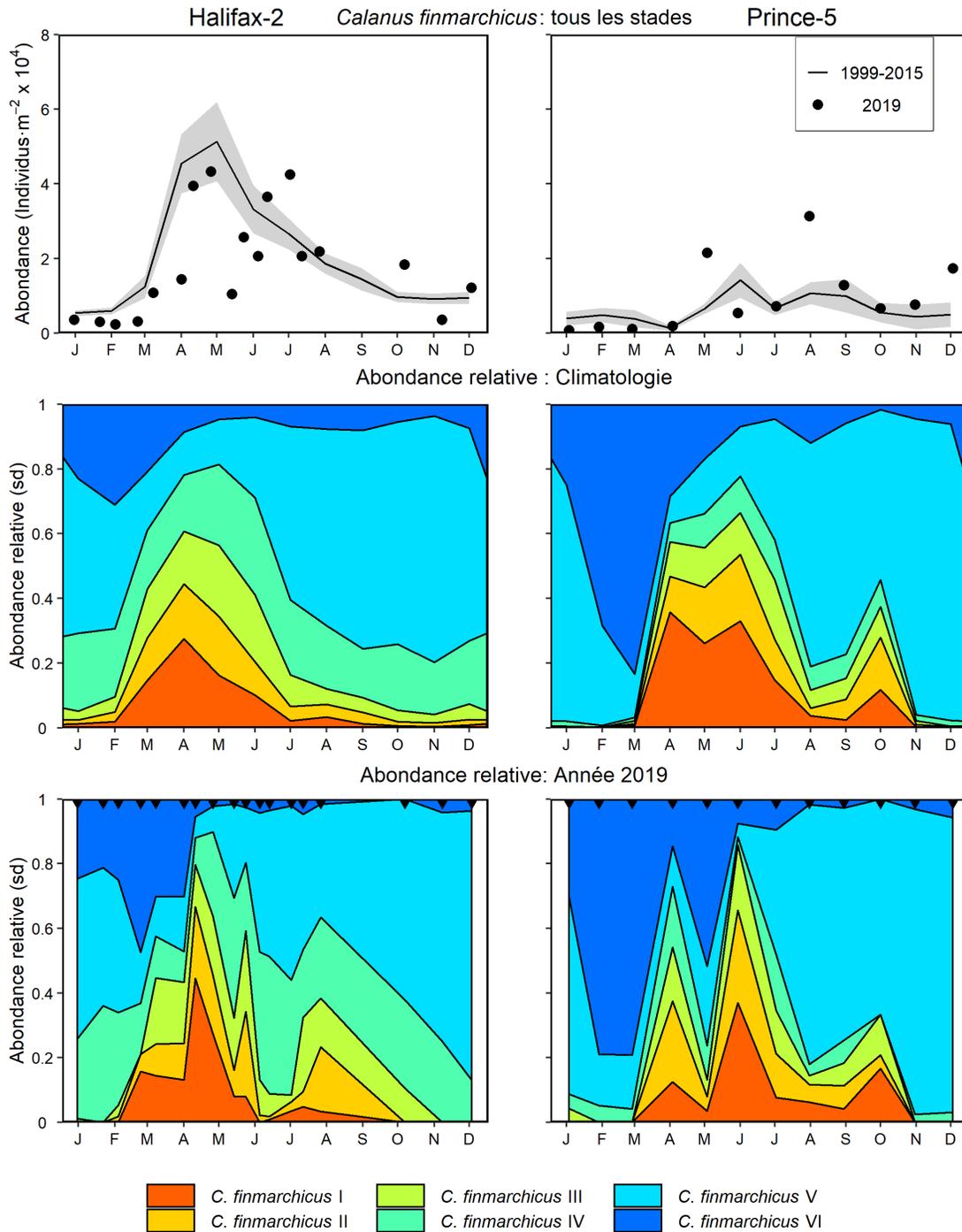


Figure 24. Abondance et répartition des stades de développement du *Calanus finmarchicus* en 2019 et conditions moyennes sur la période 1999–2015 aux stations d'échantillonnage à haute fréquence de la région des Maritimes (graphiques de gauche: Halifax-2; graphiques de droite: Prince-5). Graphiques du haut: abondance du *C. finmarchicus* en 2019 (cercles pleins) et conditions moyennes de la période 1999–2015 (lignes pleines). La bande ombrée grise représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Graphiques du milieu: climatologie de l'abondance relative des stades du *C. finmarchicus* sur la période 1999–2015. Graphiques du bas: abondance relative des stades du *C. finmarchicus* en 2019; sd = sans dimensions. Les triangles noirs dans les graphiques du bas indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux représentent le 15^{ième} jour du mois.

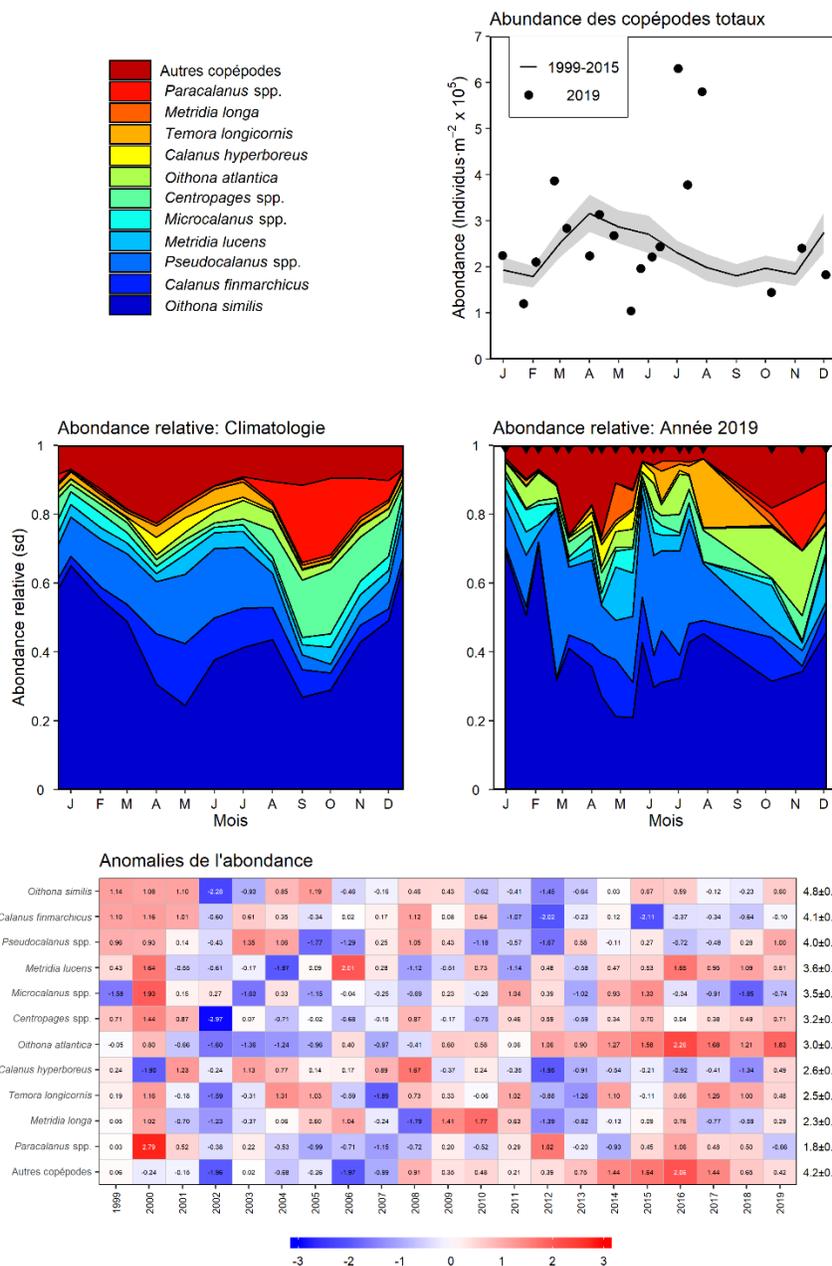


Figure 25a. Variabilité des copépodes dominants à la station Halifax-2. Les taxons les plus abondants représentant 95% de l'abondance totale des copépodes sont présentés individuellement, les copépodes non-identifiés (surtout nauplius) sont regroupées sous "autres". Panneau supérieur gauche: Abondance des copépodes en 2019 (cercle plein) comparée aux conditions moyennes de 1999–2015 (trait plein). La bande ombragée représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Panneau moyen gauche: Climatologie de l'abondance relative des copépodes 1999–2015. Panneau moyen droit: Abondance relative des copépodes en 2019. sd = sans dimension. Les triangles noirs dans le panneau moyen droit indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux indiquent le 15^{ème} jour du mois. Panneau inférieur: Tableau synoptique des anomalies annuelles de l'abondance des copépodes. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à l'abondance moyenne pour la période de référence 1999–2015, exprimées en unités d'écart-type (moyenne et écart-type étant indiquées à la droite du tableau). Une cellule grise indique les données manquantes. Les cellules rouges (bleues) indiquent des niveaux d'abondance supérieurs (inférieurs) à la normale.

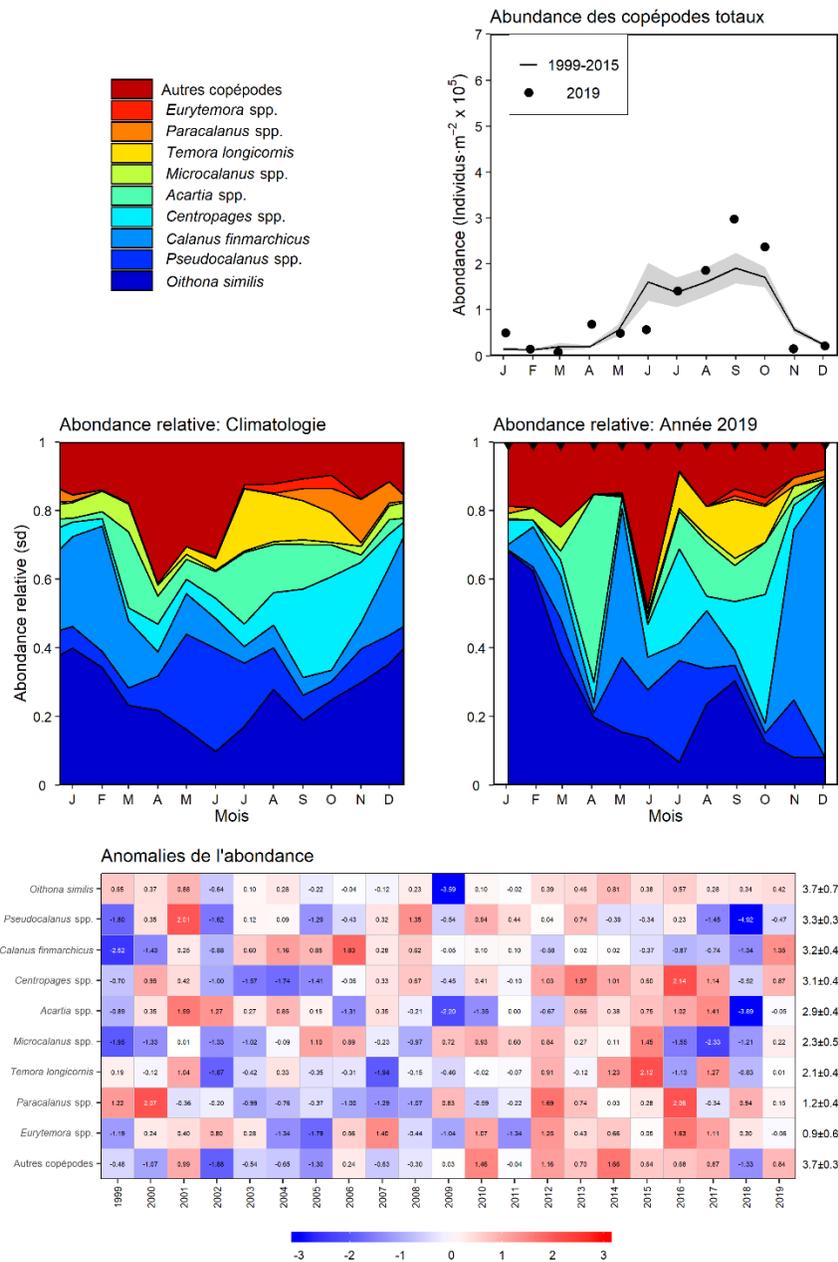
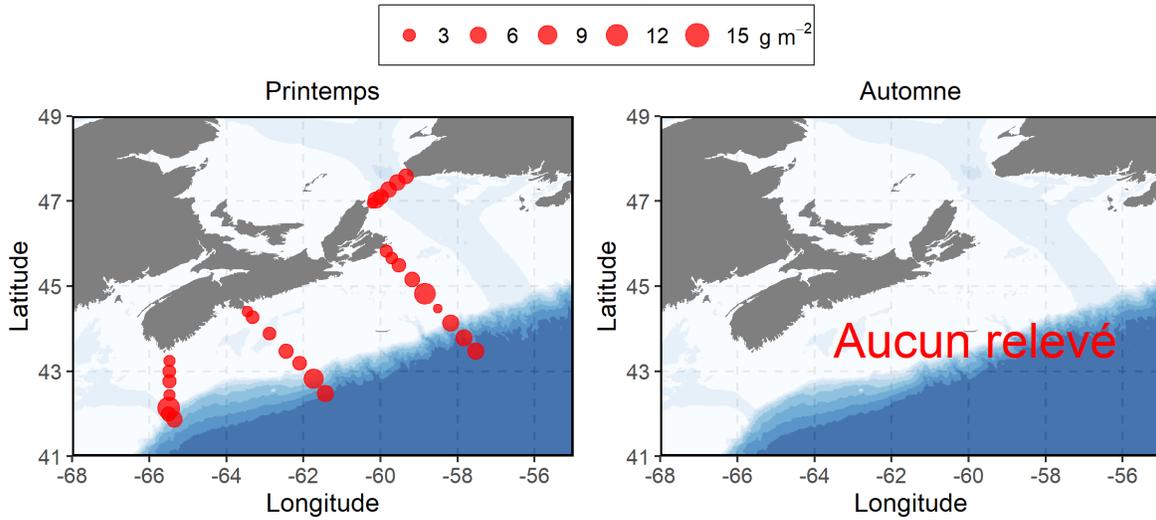


Figure 25b. Variabilité des copépodes dominants à la station Prince-5. Les taxons les plus abondants représentant 95% de l'abondance totale des copépodes sont présentés individuellement, les copépodes non-identifiés (surtout nauplius) sont regroupés sous "autres". Panneau supérieur gauche: Abondance des copépodes en 2019 (cercle plein) comparée aux conditions moyennes de 1999–2015 (trait plein). La bande ombragée représente l'erreur-type des moyennes mensuelles. Panneau moyen gauche: Climatologie de l'abondance relative des copépodes 1999–2015. Panneau moyen droit: Abondance relative des copépodes en 2019. sd = sans dimension. Les triangles noirs dans le panneau moyen droit indiquent les dates d'échantillonnage. Les graduations sur les axes horizontaux indiquent le 15^{ième} jour du mois. Panneau inférieur: Tableau synoptique des anomalies annuelles de l'abondance des copépodes. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à l'abondance moyenne pour la période de référence 1999–2015, exprimées en unités d'écart-type (moyenne et écart-type étant indiquées à la droite du tableau). Une cellule grise indique les données manquantes. Les cellules rouges (bleues) indiquent des niveaux d'abondance supérieurs (inférieurs) à la normale.

Biomasse sèche du zooplancton en 2019



Anomalies de la biomasse sèche du zooplancton

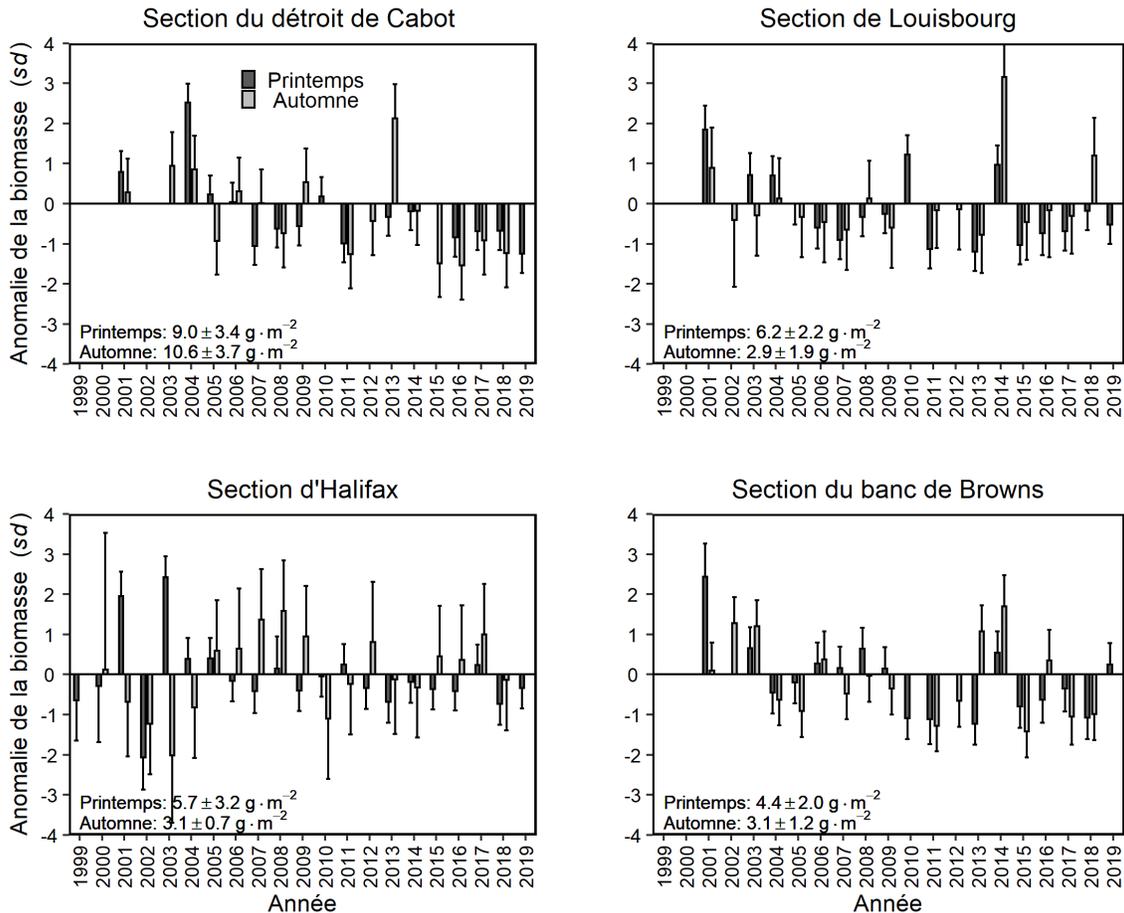


Figure 26. Distribution spatiale de la biomasse sèche du zooplancton en 2019 au printemps et à l'automne (graphiques du haut) et séries chronologiques des anomalies saisonnières de la biomasse sèche du zooplancton sur les sections du plateau néo-écossais (graphiques du milieu et du bas; sd = sans dimensions), de 1999 à 2019. Les lignes verticales dans les graphiques du bas représentent l'erreur-type.

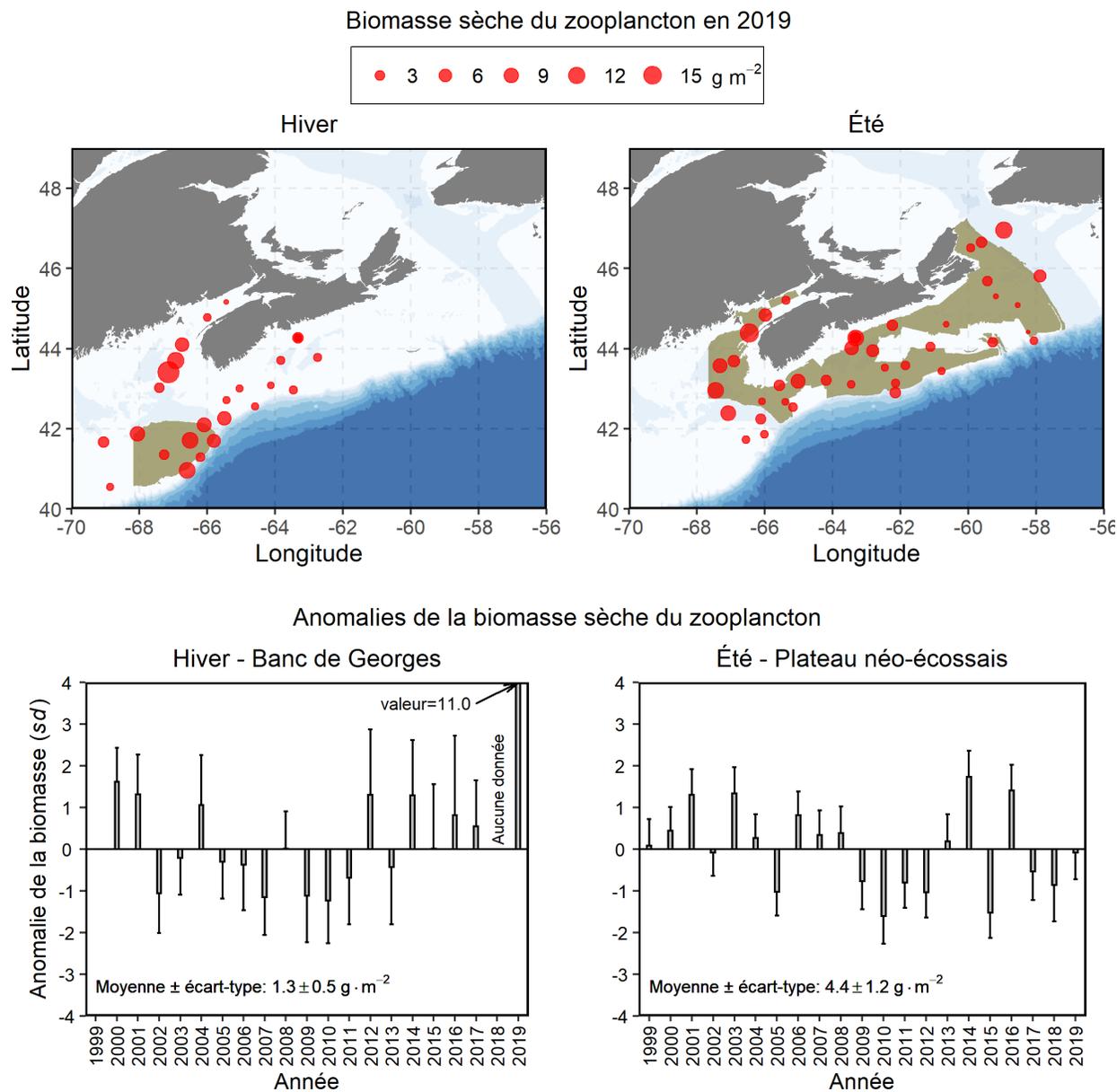
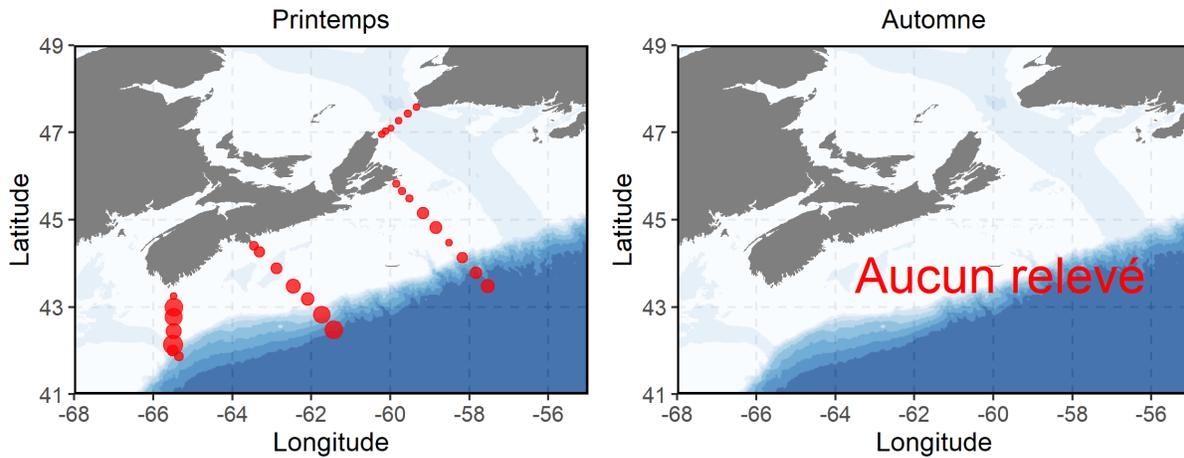


Figure 27. Distribution spatiale de la biomasse sèche du zooplancton en 2019 (graphiques du haut) et série chronologique des anomalies de la biomasse sèche du zooplancton (graphiques du bas; sd = sans dimensions) provenant des relevés au chalut de l'écosystème sur le banc de Georges (hiver) ainsi que sur le plateau néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine (été), de 1999 à 2019. Les zones ombrées brun clair dans les panneaux supérieurs représentent les strates utilisées pour le calcul des moyennes saisonnières. Les lignes verticales dans les graphiques du bas représentent l'erreur-type.

Abondance du *Calanus finmarchicus* en 2019



Anomalies de l'abondance du *Calanus finmarchicus*

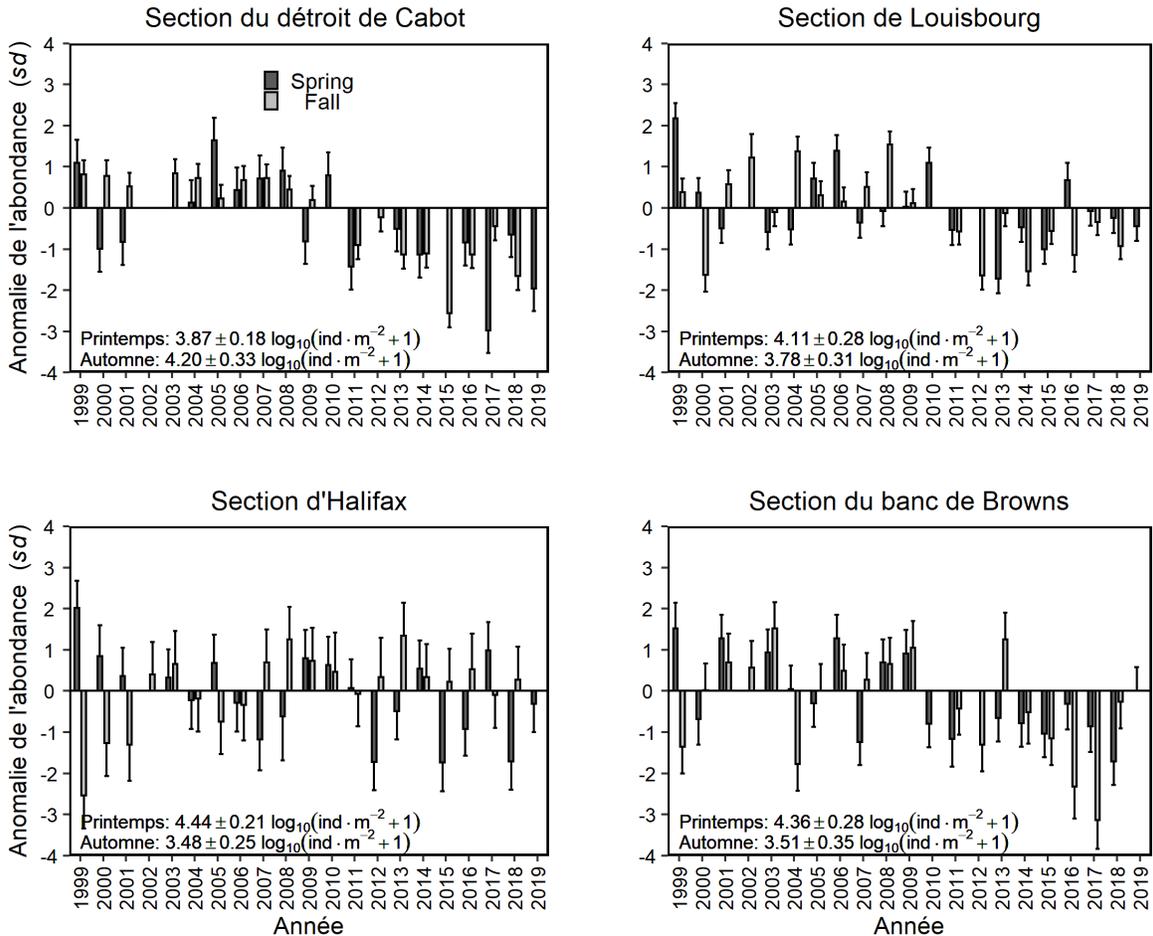


Figure 28. Distribution spatiale de l'abondance du *Calanus finmarchicus* en 2019 au printemps et à l'automne (graphiques du haut) et séries chronologiques des anomalies saisonnières de l'abondance du *C. finmarchicus* sur les sections du plateau néo-écossais (graphiques du milieu et du bas; sd = sans dimensions), de 1999 à 2019. Les lignes verticales dans les graphiques du bas représentent l'erreur-type.

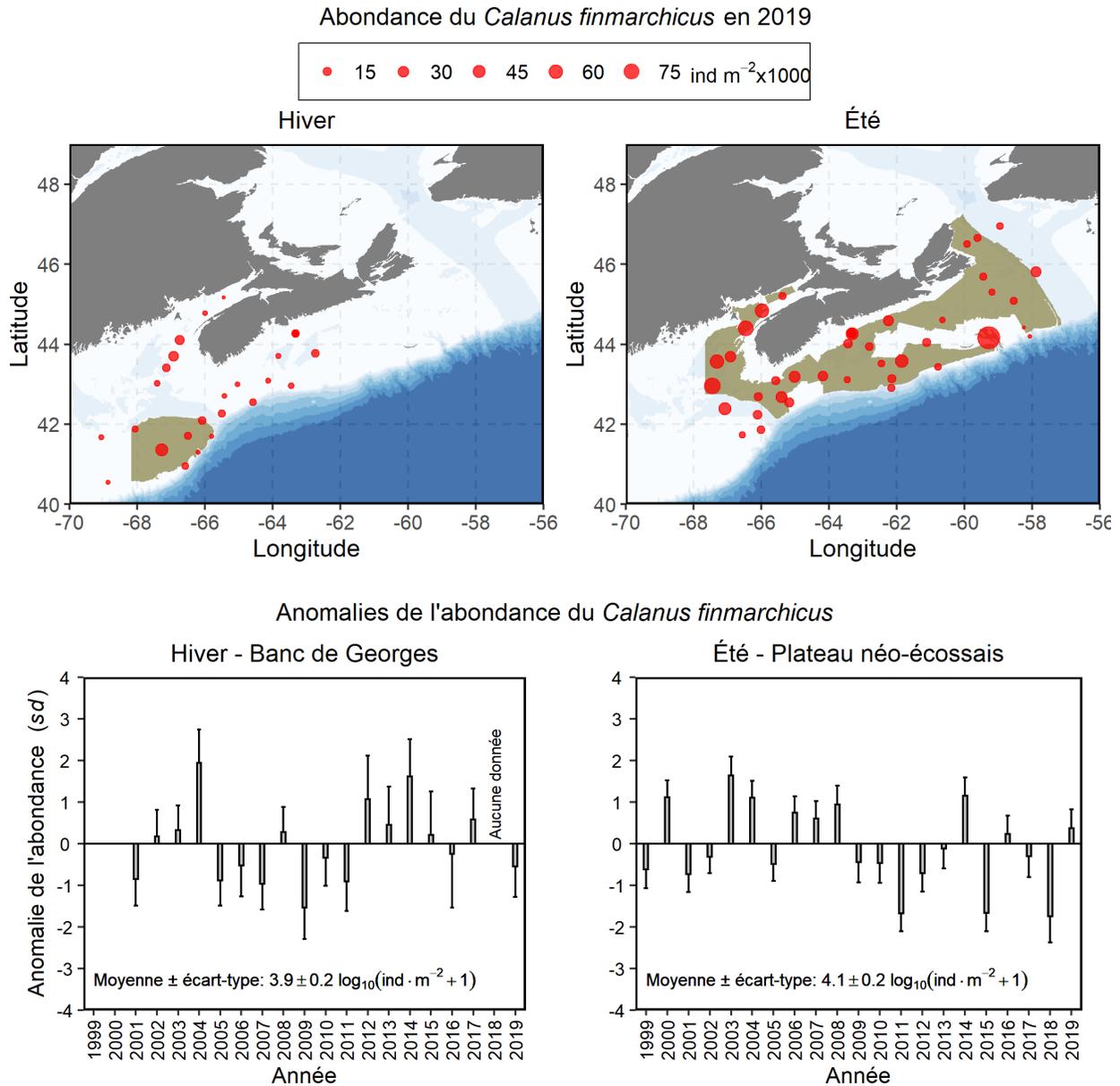


Figure 29. Répartition spatiale de l'abondance du *Calanus finmarchicus* en 2019 (graphiques du haut) et série chronologique des anomalies de l'abondance du *C. finmarchicus* (graphiques du bas; sd = sans dimensions) provenant des relevés au chalut de l'écosystème sur le banc de Georges (hiver) ainsi que sur le plateau néo-écossais et dans l'est du golfe du Maine (été), de 1999 à 2019. Les zones ombrées brun clair dans les panneaux supérieurs représentent les strates utilisées pour le calcul des moyennes saisonnières. Les lignes verticales dans les graphiques du bas représentent l'erreur-type.

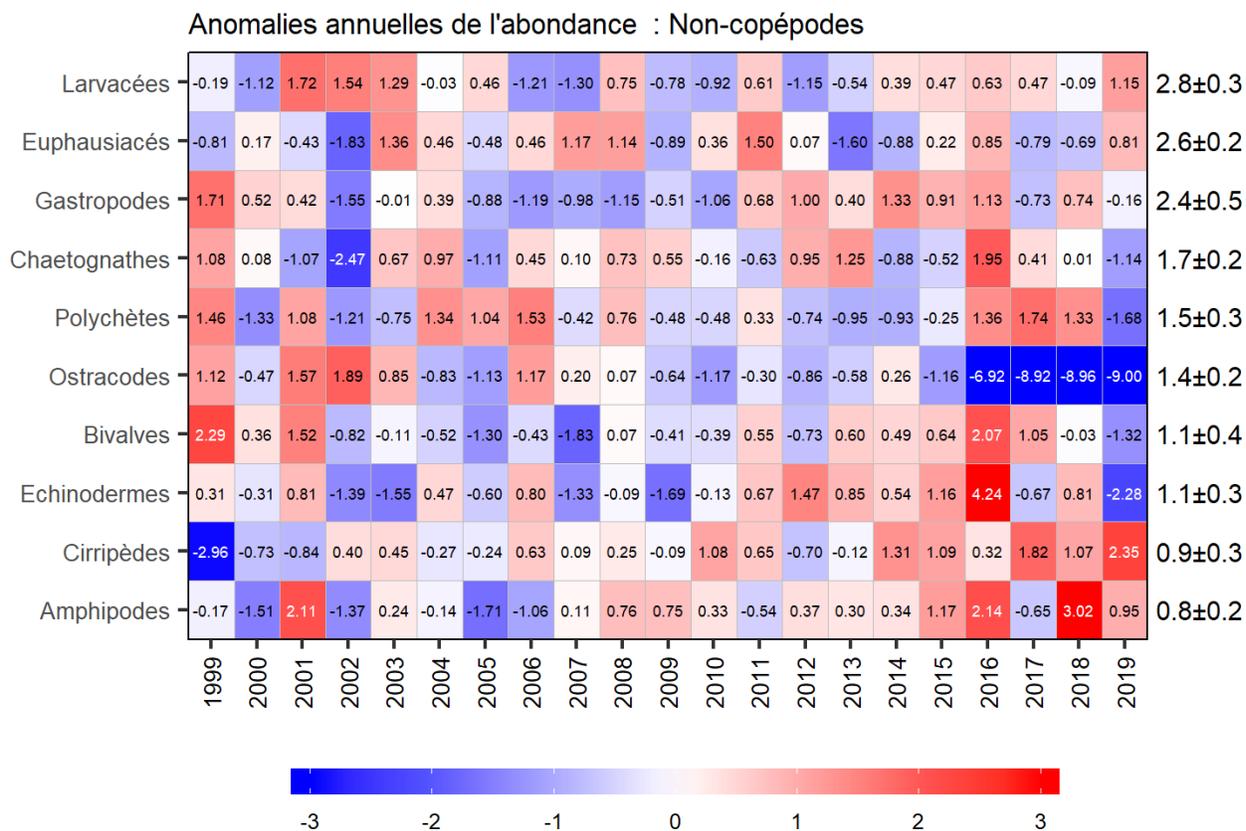


Figure 30. Tableau synoptique des anomalies annuelles de l'abondance des groupes de non-copépodes sur les sections du plateau néo-écossais, par ordre décroissant d'abondance. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2015), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Une cellule grise indique des données manquantes. Les cellules rouges (bleues) indiquent des abondances supérieures (inférieures) à la normale.

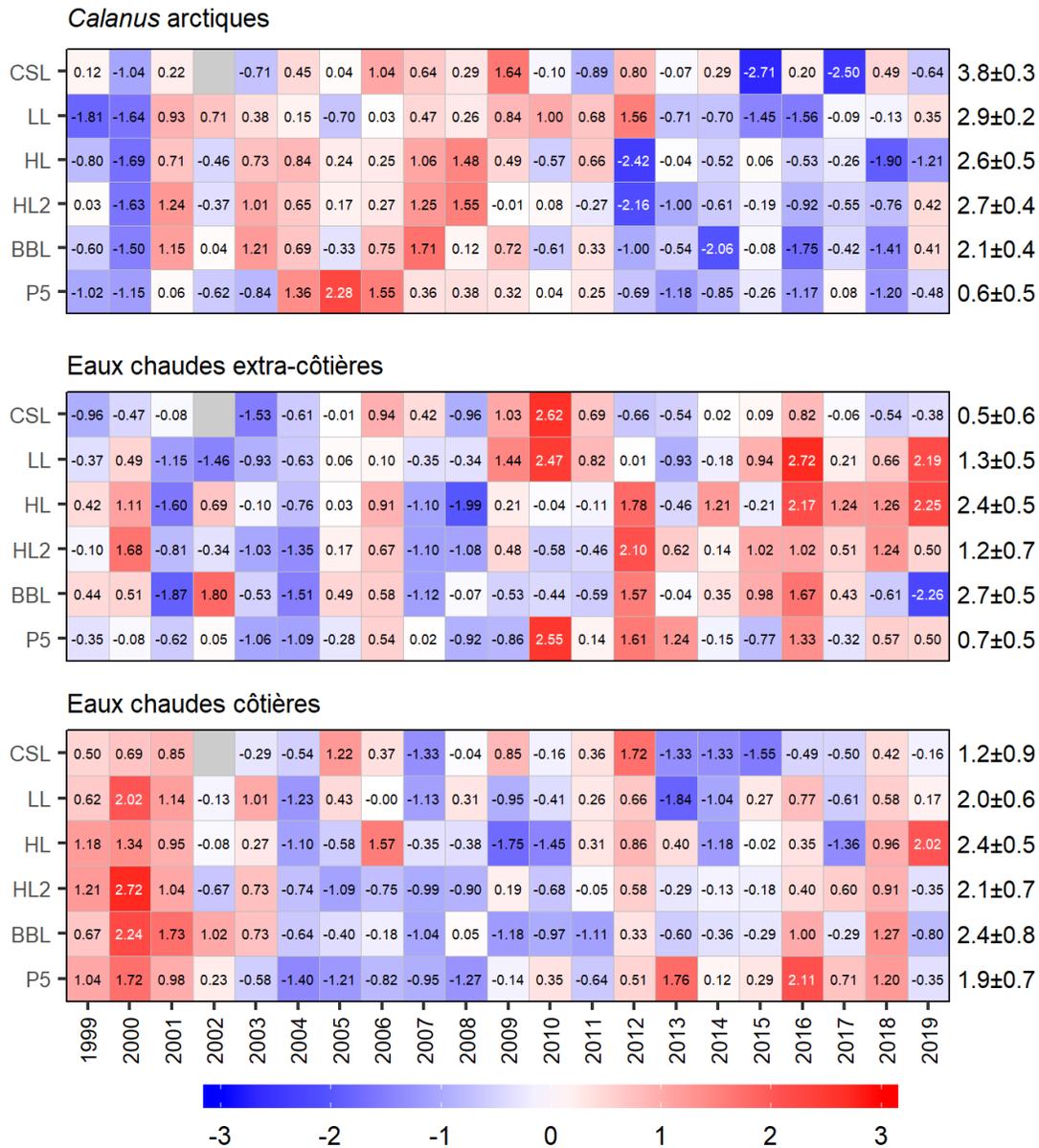


Figure 31. Tableau synoptique des anomalies annuelles de l'abondance des groupes indicateurs de copépodes. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (1999–2015), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Une cellule grise indique des données manquantes. Les cellules rouges (bleues) indiquent des abondances supérieures (inférieures) à la normale. 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.

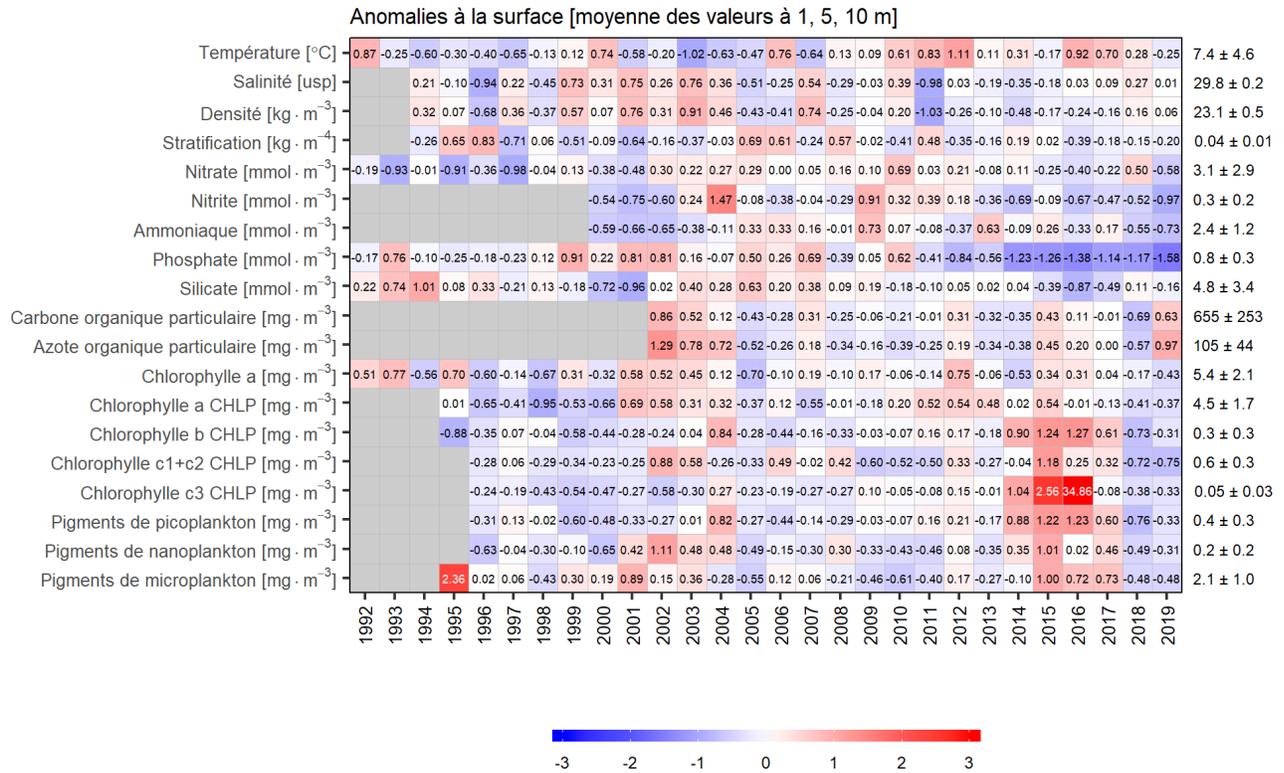


Figure 32. Tableau synoptique des anomalies annuelles des conditions environnementales et du phytoplancton dans la couche supérieure (1, 5 et 10 m) dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (2000–2015), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Une cellule grise indique des données manquantes. Les cellules rouges (bleues) indiquent des abondances supérieures (inférieures) à la normale.

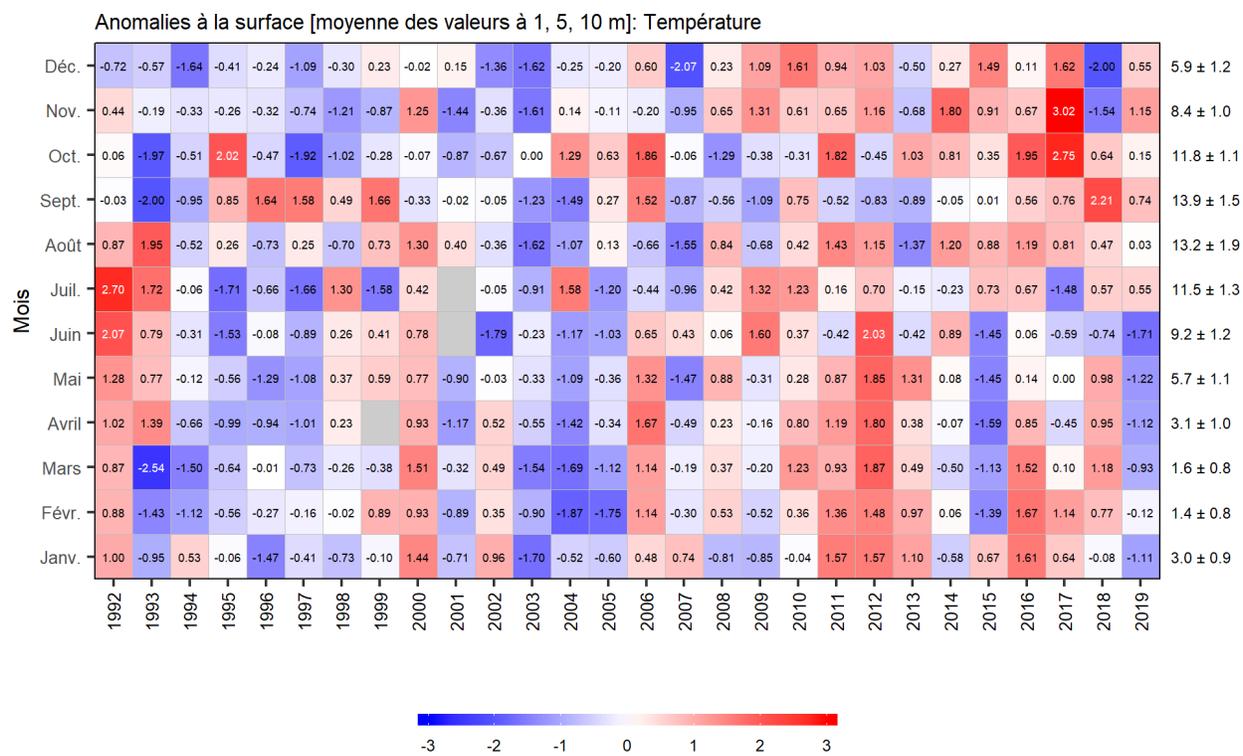


Figure 33. Anomalies moyennes mensuelles de la température de la couche supérieure (1, 5 et 10 m) dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne mensuelle pour la période de référence (2000–2015), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Une cellule grise indique des données manquantes. Les cellules rouges (bleues) indiquent des abondances supérieures (inférieures) à la normale.

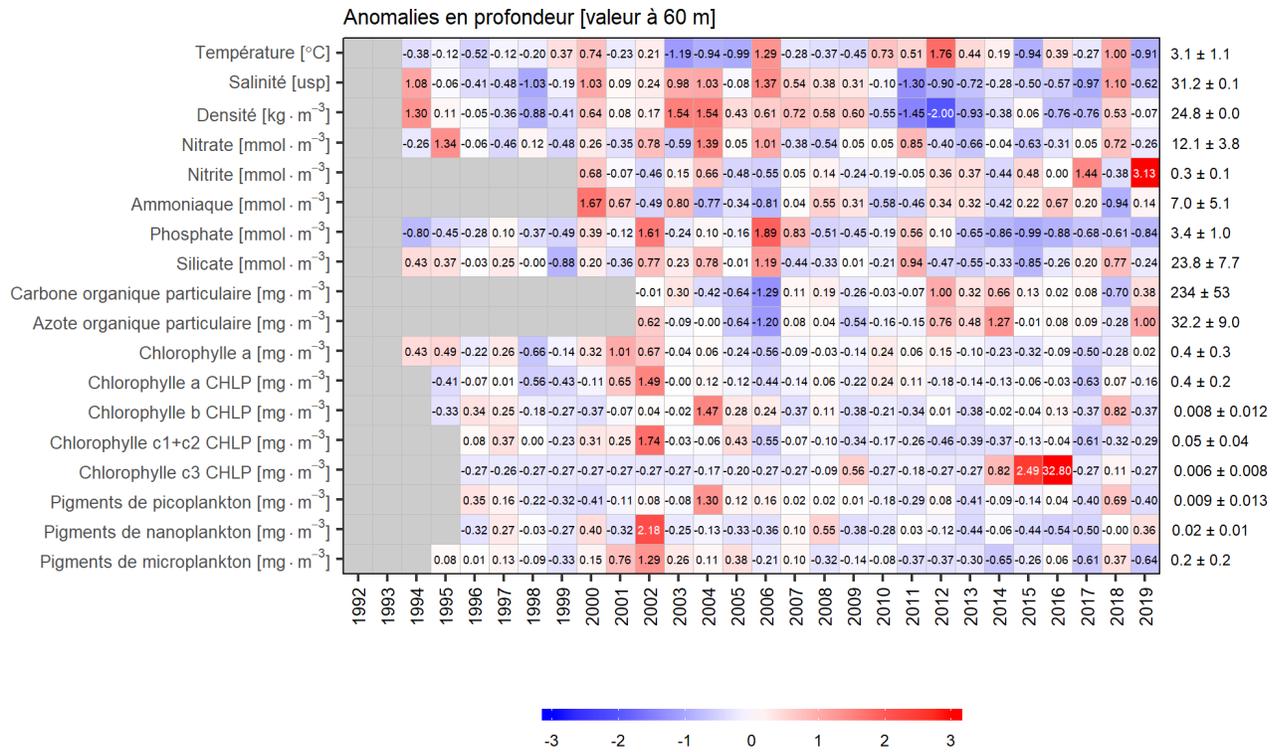


Figure 34. Tableau synoptique des anomalies annuelles des conditions environnementales et du phytoplancton à 60 m, dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne pour la période de référence (2000–2015), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Une cellule grise indique des données manquantes. Les cellules rouges (bleues) indiquent des abondances supérieures (inférieures) à la normale.

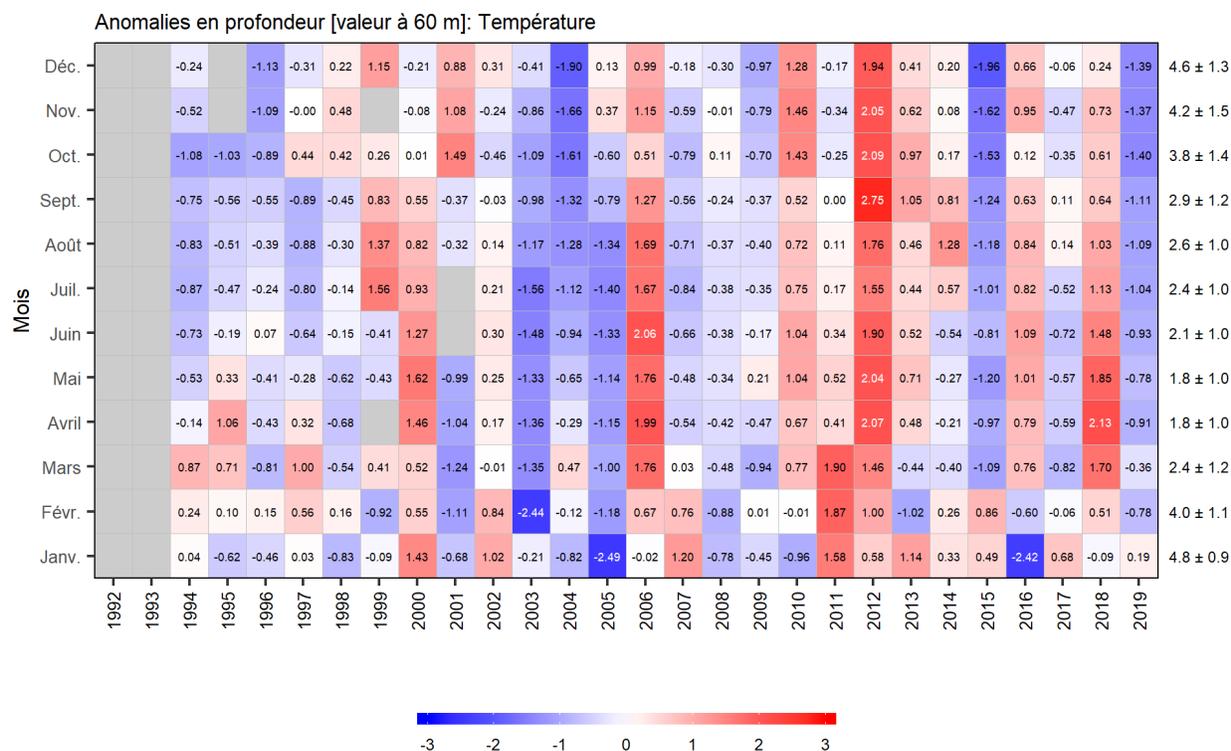


Figure 35. Anomalies mensuelles de la température en profondeur, à 60 m, dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne mensuelle pour la période de référence (2000–2015), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Une cellule grise indique des données manquantes. Les cellules rouges (bleues) indiquent des abondances supérieures (inférieures) à la normale.

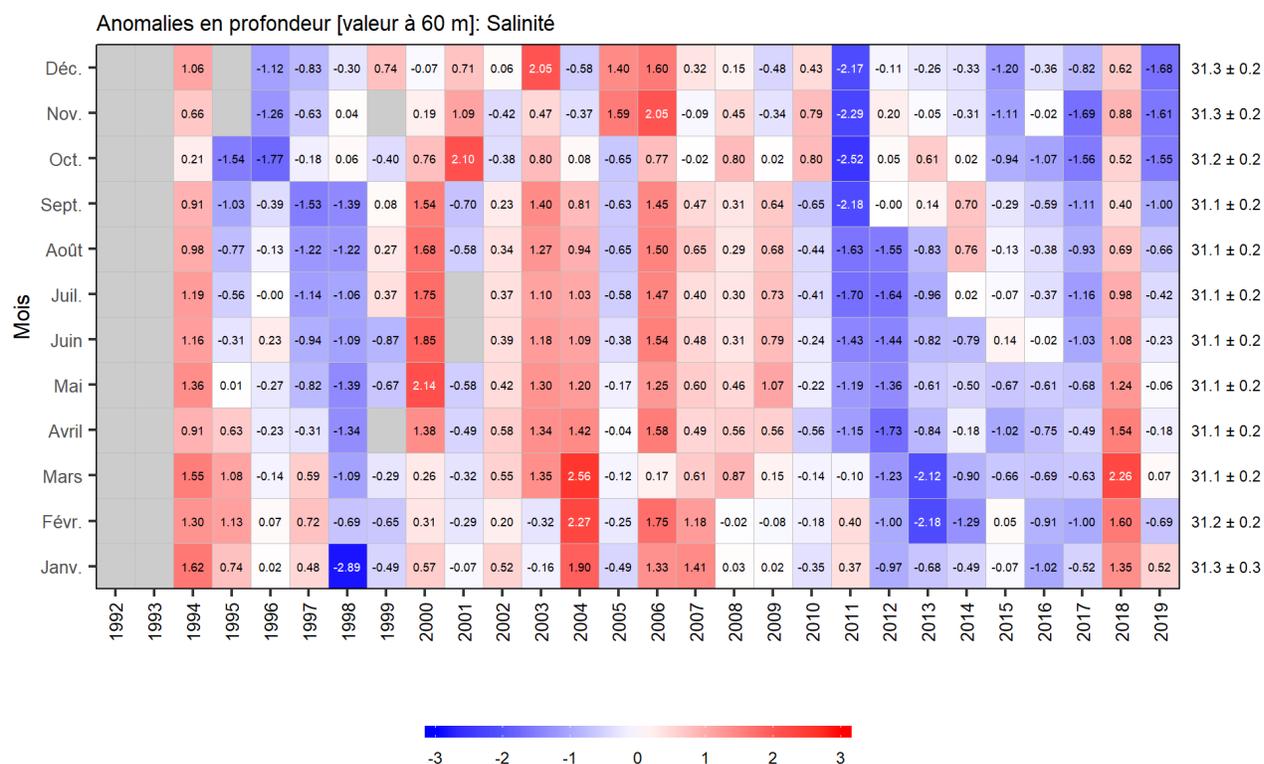


Figure 36. Anomalies mensuelles de la salinité en profondeur, à 60 m, dans le bassin de Bedford. Les valeurs dans chaque cellule sont les anomalies par rapport à la moyenne mensuelle pour la période de référence (2000–2015), en unités d'écart-type (les moyennes et les écarts-types sont indiqués à droite). Une cellule grise indique des données manquantes. Les cellules rouges (bleues) indiquent des abondances supérieures (inférieures) à la normale.

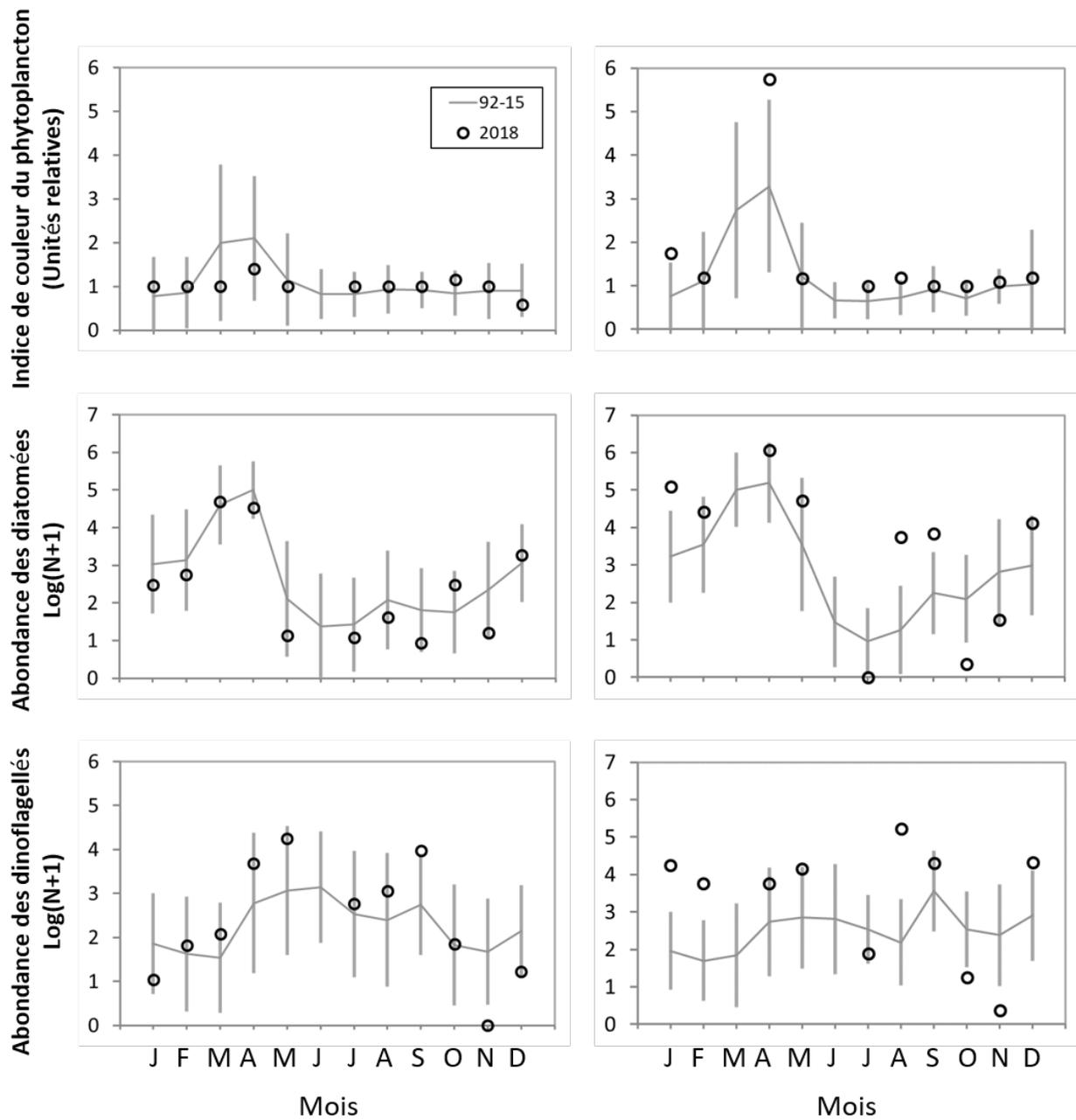


Figure 37. Indices d'abondance du phytoplancton d'après les données de l'enregistreur de plancton en continu de 2018 et conditions moyennes de la période 1992–2015 (lignes pleines) dans l'ouest (colonne de gauche) et l'est du plateau néo-écossais (colonne de droite). Les lignes verticales représentent l'écart-type des moyennes mensuelles.

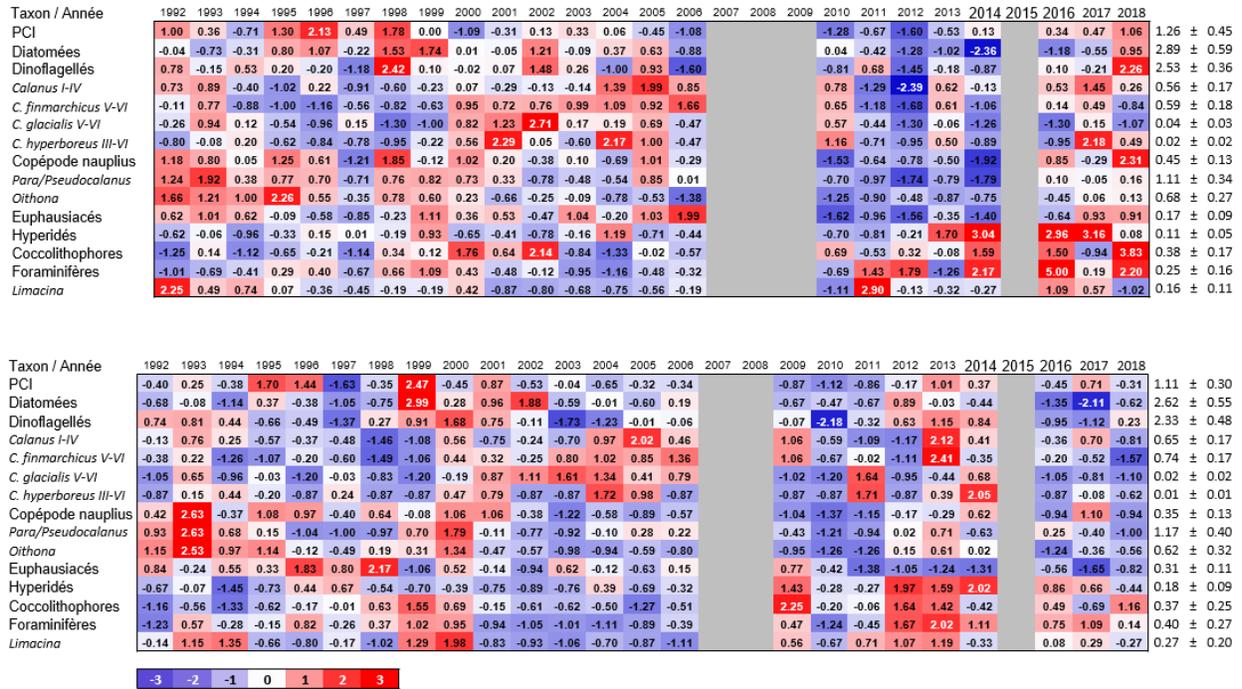


Figure 38. Tableau synoptique des anomalies annuelles de l'abondance des taxons de phytoplancton et de zooplancton d'après les données de l'enregistreur de plancton en continu dans l'est (graphique du haut) et l'ouest du plateau néo-écossais (graphique du bas). Les cellules vides correspondent à des années où l'échantillonnage a été effectué durant huit mois ou moins, ou à des années où l'absence d'échantillonnage est survenue pendant au moins trois mois consécutifs. Les cellules rouges (bleues) indiquent des valeurs supérieures (inférieures) à la normale. La période de référence va de 1992–2015. Les valeurs dans les cellules représentent les anomalies normalisées.

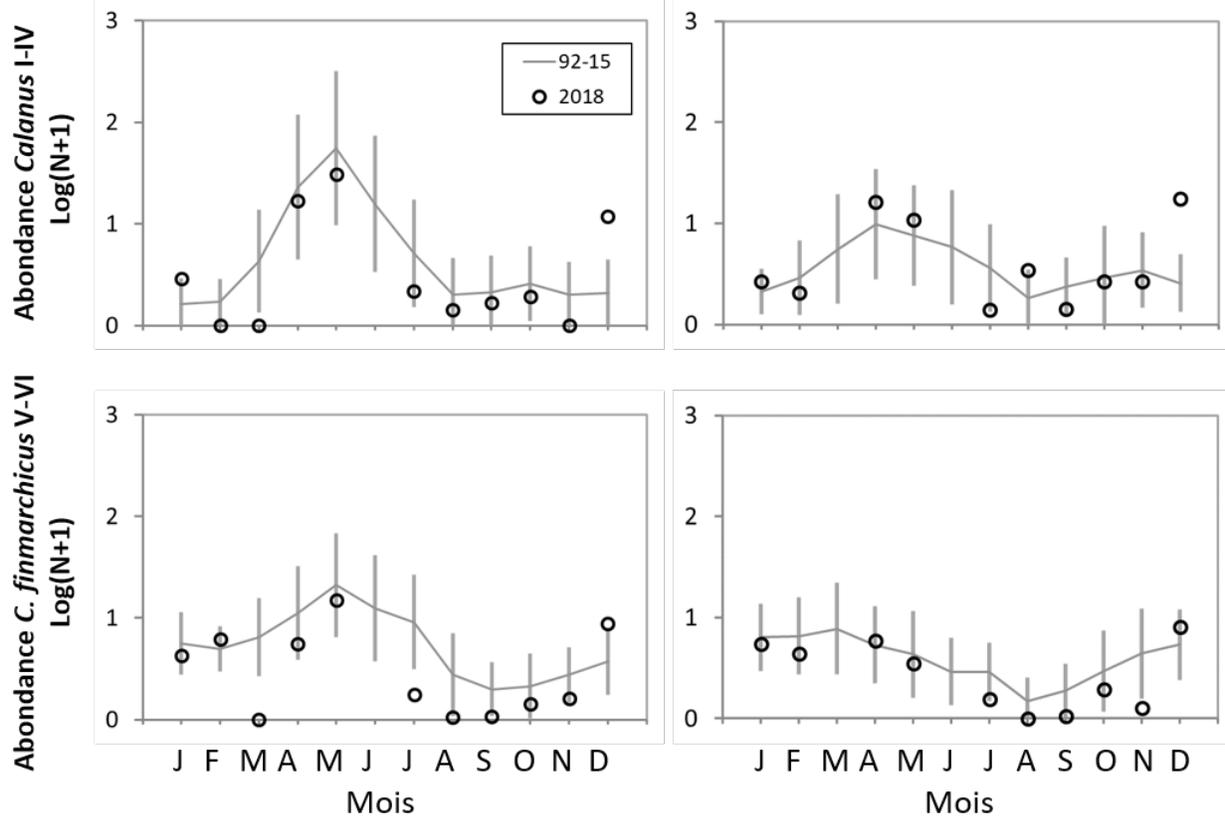


Figure 39. Indices d'abondance des espèces de *Calanus* CI-IV (principalement *Calanus finmarchicus*, graphiques du haut) et de *C. finmarchicus* CV-VI (graphiques du bas) d'après les données de l'enregistreur de plancton en continu en 2018, et conditions moyennes de la période 1992-2015 (lignes pleines) 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.