



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 2019/055**

**Région de Terre-Neuve et du Labrador**

**Conditions optiques, chimiques et biologiques de l'océan sur le plateau  
continental de Terre-Neuve-et-Labrador au cours de 2016-2017**

G. Maillet, D. Bélanger, G. Doyle, A. Robar, S. Fraser, J. Higdon, D. Ramsay et P. Pepin

Direction des sciences  
Pêches et Océans Canada  
C. P. 5667  
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1

---

## 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](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019  
ISSN 2292-4272

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

Maillet, G., Bélanger, D., Doyle, G., Robar, A., Fraser, S., Higdon, J., Ramsay, D. et P. Pepin.  
2019. Conditions optiques, chimiques et biologiques de l'océan sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador au cours de 2016-2017. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2019/055. ix + 40 p.

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

*Maillet, G., Bélanger, D., Doyle, G., Robar, A., Fraser, S., Higdon, J., Ramsay, D. and P. Pepin.  
2019. Optical, Chemical, and Biological oceanographic conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2016-2017. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/055.viii + 35 p.*

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX .....	IV
LISTE DES FIGURES.....	IV
RÉSUMÉ .....	IX
INTRODUCTION .....	1
MÉTHODES .....	3
COLLECTE D'ÉCHANTILLONS.....	3
PROPRIÉTÉS OPTIQUES.....	5
VARIABLES INTÉGRÉES VERTICALEMENT .....	5
TÉLÉDÉTECTION PAR SATELLITE DE LA COULEUR DE L'OCÉAN .....	6
OBSERVATIONS.....	8
PROPRIÉTÉS OPTIQUES ET BIOLOGIQUES – STATION D'ÉCHANTILLONNAGE À HAUTE FRÉQUENCE.....	8
NUTRIMENTS ET PHYTOPLANCTON – STATION D'ÉCHANTILLONNAGE À HAUTE FRÉQUENCE ET SECTIONS OCÉANOGRAPHIQUES .....	9
Télé-détection de la couleur de l'océan .....	16
ZOOPLANCTON.....	20
Station d'échantillonnage à haute fréquence .....	20
Abondance et biomasse du zooplancton .....	20
Abondance des copépodes .....	22
Phénologie des copépodes .....	23
Sections océanographiques .....	25
Biomasse du zooplancton .....	25
Abondance du zooplancton .....	25
Calanus finmarchicus.....	26
Pseudocalanus spp.....	27
Oithona spp. ....	28
Zooplancton non-copépode .....	29
Répartition spatiale .....	31
DISCUSSION.....	36
SOMMAIRE .....	38
REMERCIEMENTS .....	38
RÉFÉRENCES .....	39

---

## LISTE DES TABLEAUX

**Tableau 1.** Missions d'échantillonnage du Programme de monitoring de la zone atlantique (PMZA) dans la région de Terre-Neuve et du Labrador en 2016 et 2017. Les stations hydrographiques sont la somme totale des profils CTP réalisés au cours des missions respectives, incluant les stations partielles (CTP seulement) et les occupations complètes comprenant le profil de CTP, l'échantillonnage de l'eau et les traits de filets. .... 4

## LISTE DES FIGURES

**Figure 1.** Carte montrant les occupations au printemps, à l'été et à l'automne des sections standard du PMZA ainsi que les conditions de chlorophylle a à la surface de l'océan en 2016 (panneaux du haut) et en 2017 (panneaux du bas). Les missions du PMZA au printemps et à l'automne 2016 et à l'automne 2017 ont été affectées par la disponibilité réduite des navires. Les zones blanches sur les cartes indiquent des zones où les données satellitaires ne sont pas disponibles en raison d'une importante couverture nuageuse ou de glace. .... 2

**Figure 2.** Sous-régions statistiques de la région de l'Atlantique Nord-Ouest utilisées pour l'analyse spatiotemporelle des données satellitaires de la couleur de l'océan collectées. Les sous-régions pour la région de Terre-Neuve et du Labrador comprennent : Banc de Saint Pierre (SPB), Le Platier (SES), le chenal d'Avalon (AC), Hibernia (HIB), la passe Flamande (FP) et le Bonnet Flamand (BF), le plateau continental du nord-est de Terre-Neuve (NENS), le bassin St. Anthony (SAB), le banc Hamilton (HB), le plateau du nord du Labrador (NLS) et le détroit d'Hudson (HS). .... 7

**Figure 3.** Propriétés optiques et concentration de chlorophylle a déterminées par à partir de mesure in situ de RPA (rayonnement photosynthétique actif) et d'une combinaison d'inventaire et chl a et de profils fluorométriques (étalonnée) à la station d'échantillonnage à haute fréquence (S27) de 1999 à 2017. La ligne noire représente la moyenne climatologique mensuelle et les écarts-types pour la période 1999-2015. Coefficient d'atténuation verticale (panneau supérieur gauche) pour les 50 premiers mètres de la colonne d'eau, déterminé à partir de mesure de RPA ou d'estimations provenant de la modélisation de données in situ de fluorescence étalonnée (données disponibles à partir de l'année 2000); profondeur de la zone euphotique calculée à partir de données de RPA et/ou dérivée à partir des inventaires de chlorophylle a ou de profils de fluorescence étalonnée (panneau supérieur droit); Concentration de chlorophylle a intégrée dans les 100 premiers mètres de la colonne d'eau calculé à partir d'inventaires de pigment (panneau inférieur). .... 9

**Figure 4.** Comparaison de la distribution verticale des silicates (panneaux supérieurs) et des nitrates (panneaux centraux) en  $\text{mmol/m}^3$  et des concentrations de chlorophylle a (panneaux inférieurs) en  $\text{mg/m}^3$  incluant les moyennes climatologique pour la période 1999-2015 (panneaux de gauche) ainsi que les conditions pour 2016 (panneaux centraux) et 2017 (panneaux de droite) à la station côtière d'échantillonnage à haute fréquence (S27) dans la région de T.-N.-L. Les tracés de contour ont été produit à partir d'interpolation linéaire basée sur un maillage triangulaire. Les observations mensuelles manquantes pour 2016 et 2017 sont indiquées en blanc. .... 11

**Figure 5.** Comparaison de la variabilité annuelle des stocks d'éléments nutritifs (silicate et nitrate) en 2016-2017 avec les moyennes climatologiques pour la période 1999-2015 à la station d'échantillonnage à haute fréquence (S27) de la région de Terre-Neuve et du Labrador. Les lignes verticales représentent l'écart-type des moyennes mensuelles. .... 12

**Figure 6.** Comparaison de la variabilité annuelle des inventaires de chlorophylle a en 2016-2017 avec les moyennes climatologiques de 1999 à 2015 à la station d'échantillonnage à haute

---

fréquence (S27) de la région de Terre-Neuve et du Labrador (S27). Les lignes verticales représentent l'écart-type des moyennes mensuelles..... 13

**Figure 7.** Série chronologique d'anomalies pour les inventaires de silicates et de nitrates (nitrites et nitrates combinés) en eaux peu profondes (0-50 m) provenant de différentes sections océanographiques et de la station d'échantillonnage à haute fréquence S27 pendant la période de 1999 à 2017. L'ampleur de l'anomalie pour chacune des sections et pour la station S27 est représentée par la couleur et la hauteur de la barre verticale. La ligne noire représente l'anomalie cumulative (composite) pour l'ensemble des sites au cours d'une année donnée. ... 14

**Figure 8.** Série chronologique d'anomalies pour les inventaires de silicates et de nitrates (nitrites et nitrates combinés) en eaux profondes (50-150 m) provenant de différentes sections océanographiques et de la station d'échantillonnage à haute fréquence S27 pendant la période de 1999 à 2017. L'ampleur n de l'anomalie pour chacune des sections et pour la station S27 est représentée par la couleur et la hauteur de la barre verticale. La ligne noire représente l'anomalie cumulative (composite) pour l'ensemble des sites au cours d'une année donnée. ... 15

**Figure 9.** Série chronologique d'anomalies de chlorophylle a pour différentes sections océanographiques et de la station d'échantillonnage à haute fréquence S27 pendant la période de 1999 à 2017. L'ampleur de l'anomalie pour chacune des sections et pour la station S27 est représentée par la couleur et la hauteur de la barre verticale. La ligne noire représente l'anomalie cumulative (composite) pour l'ensemble des sites au cours d'une année donnée. ... 16

**Figure 10.** Concentrations bimensuelles de chlorophylle a en surface ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), d'après les données d'imagerie satellitaire VIIRS de la couleur de l'océan dans l'Atlantique Nord en 2016. Les panneaux supérieurs représentent des images composites bimensuelles pour le mois d'avril et les panneaux inférieurs, pour le mois de mai. Les régions en blanc représentent des endroits où les données satellitaires n'étaient pas disponible en raison de la couverture de nuages et de glace. Images obtenues de : Institut océanographique de Bedford – Composites bimensuels..... 17

**Figure 11.** Concentrations bimensuelles de chlorophylle a en surface ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), d'après les données d'imagerie satellitaires VIIRS de la couleur de l'océan dans l'Atlantique Nord en 2017. Les panneaux supérieurs représentent des images composites bimensuelles pour le mois d'avril et les panneaux inférieurs, pour le mois de mai. Les régions en blanc représentent des endroits où les données satellitaires n'étaient pas disponible en raison de la couverture de nuages et de glace. Images obtenues de : Institut océanographique de Bedford – Composites bimensuels..... 18

**Figure 12.** Résumé des anomalies annuelles de la couleur de l'océan pour les différentes sous-régions statistiques de Terre-Neuve-et-Labrador de 1998 à 2017. Le panneau supérieur montre l'ampleur (biomasse intégrée) tandis que le panneau inférieur montre l'amplitude (intensité maximale) du cycle de production printanière dérivé du modèle gaussien décalé (voir les méthodes pour la description des mesures). ..... 19

**Figure 13.** Résumé des anomalies annuelles de la couleur de l'océan pour les différentes sous-régions statistiques de Terre-Neuve-et-Labrador de 1998 à 2017. Les indices de timing dérivés de la distribution gaussienne décalée comprennent le timing de l'intensité maximale (panneau supérieur) et la durée de la floraison printanière (panneau inférieur). La ligne noire représente l'anomalie cumulative (composite) pour l'ensemble des sous-régions au cours d'une année donnée. Les anomalies négatives pour le timing de l'intensité maximale indiquent des floraisons précoces, tandis que les anomalies positives indiquent des floraisons tardives. .... 20

**Figure 14.** Abondance totale du zooplancton (panneau supérieur gauche) et biomasse totale du zooplancton (panneau supérieur droit), du petit zooplancton (panneau inférieur gauche) et du

grand zooplancton (panneau inférieur droit) à la station d'échantillonnage à haute fréquence S27 pour la période de référence de 1999 à 2015 (ligne grise) et pour les années 2016 (cercle noir) et 2017 (cercle blanc). Les moyennes mensuelles ( $\pm$ écart-type) pour la période de référence ont été calculées en utilisant la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs Année (1999 à 2015) et Saison (printemps, été et automne).....21

**Figure 15.** Abondance mensuelle relative des principaux groupes taxonomiques de zooplancton à la station S27 pour la période de référence 1999 à 2015 (panneau de gauche) et pour les années 2016 (panneau central) et 2017 (panneau de droite). Les rectangles blancs dans le panneau du centre (année 2016) et le panneau de droite (année 2017) représentent des périodes de l'année sans collecte de données. ....22

**Figure 16.** Abondance totale des copépodes (panneau supérieur gauche) et abondance des copépodes de grande taille *Calanus finmarchicus* (panneau supérieur droit), *Calanus glacialis* (panneau central gauche), *Calanus hyperboreus* (panneau central droit) et de petite taille *Pseudocalanus* spp (panneau inférieur gauche) et *Oithona* spp (panneau inférieur droit) à la station de d'échantillonnage à haute fréquence S27 pour la période de référence 1999 à 2015 (ligne grise) et pour 2016 (cercle noir) et 2017 (cercle blanc). Les moyennes mensuelles ( $\pm$  écart-type) pour la période de référence ont été calculées en utilisant la méthode des moindres carrés appliqué à un modèle linéaire incluant les facteurs Année (1999 à 2015) et Saison (printemps, été et automne). ....23

**Figure 17.** Variation intra-annuelle de l'abondance relative des copépodites de stade I à VI pour *Calanus finmarchicus* (panneaux supérieurs) et *Pseudocalanus* spp (panneaux inférieurs) durant la période de référence 1999 à 2015 et pendant les années d'échantillonnage 2016 et 2017. Les rectangles blancs dans le panneau du centre (année 2016) et le panneau de droite (année 2017) représentent des périodes de l'année sans collecte de données.....24

**Figure 18.** Anomalies annuelles normalisées de la biomasse de zooplancton pour quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); Bonnet Flamand (BF); Baie de Bonavista (BB); Île Seal (SI)], de 1999 à 2017. Les anomalies annuelles de la biomasse transformée en log [ $\ln(\text{biomasse g/m}^2 + 1)$ ] ont été calculées pour chaque section en utilisant la moyenne et l'écart-type calculées avec la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs fixes Année, Saison et Station. Les moyennes et écart-type de la biomasse log-transformée pour la période de référence 1999 à 2015 était : SEGB = 2,96 (0,93); BF = 4,88 (1,04); BB = 6,97 (2,31); SI = 6,27 (2,63). Les anomalies comprises dans un intervalle de  $\pm 0,5$  écart-type (lignes pointillées horizontales) de la moyenne pour la période de référence représentent des conditions normales. ....25

**Figure 19.** Anomalies annuelles normalisées de l'abondance du zooplancton sur quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); Bonnet Flamand (BF); Baie de Bonavista (BB); Île Seal (SI)] de 1999 à 2017. Les anomalies annuelles de la biomasse transformée en log [ $\ln(\text{biomasse g/m}^2 + 1)$ ] ont été calculées pour chaque section en utilisant la moyenne et l'écart-type calculées avec la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs fixes Année, Saison et Station. Les moyennes et écart-type de la biomasse log-transformée pour la période de référence 1999 à 2015 a été utilisé : SEGB = 118,36 (10,50); BF = 121,88 (13,48); BB = 135,01 (12,10); SI = 116,65 (15,18). Les anomalies comprises dans un intervalle de  $\pm 0,5$  écart-type (lignes pointillées horizontales) de la moyenne pour la période de référence représentent des conditions normales. ....26

**Figure 20.** Anomalies annuelles normalisées de l'abondance de *Calanus finmarchicus* sur quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); Bonnet Flamand (BF); Baie de Bonavista (BB); Île Seal (SI)] de 1999 à 2017. Les anomalies annuelles de la biomasse

transformée en log  $[\ln(\text{biomasse g/m}^2 + 1)]$  ont été calculées pour chaque section en utilisant la moyenne et l'écart-type calculées avec la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs fixes Année, Saison et Station. Les moyennes et écart-type de la biomasse log-transformée pour la période de référence 1999 à 2015 a été utilisé : SEGB = 8,04 (0,64); BF = 9,10 (0,34); BB = 9,66 (0,30); SI = 9,54 (0,68). Les anomalies comprises dans un intervalle de  $\pm 0,5$  écart-type (lignes pointillées horizontales) de la moyenne pour la période de référence représentent des conditions normales. ....27

**Figure 21.** Anomalies annuelles normalisées de l'abondance de *Pseudocalanus* spp. sur quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); Bonnet Flamand (BF); Baie Bonavista (BB); Île Seal (SI)] de 1999 à 2017. Les anomalies annuelles de la biomasse transformée en log  $[\ln(\text{biomasse g/m}^2 + 1)]$  ont été calculées pour chaque section en utilisant la moyenne et l'écart-type calculées avec la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs fixes Année, Saison et Station. Les moyennes et écart-type de la biomasse log-transformée pour la période de référence 1999 à 2015 a été utilisé : SEGB = 9,70 (0,42); BF = 8,42 (0,51); BB = 9,06 (0,39); SI = 9,92 (0,69). Les anomalies comprises dans un intervalle de  $\pm 0,5$  écart-type (lignes pointillées horizontales) de la moyenne pour la période de référence représentent des conditions normales. ....28

**Figure 22.** Anomalies annuelles normalisées de l'abondance d'*Oithona* spp. sur quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); Bonnet Flamand (BF); Baie de Bonavista (BB); Île Seal (SI)] de 1999 à 2017. Les anomalies annuelles de la biomasse transformée en log  $[\ln(\text{biomasse g/m}^2 + 1)]$  ont été calculées pour chaque section en utilisant la moyenne et l'écart-type calculées avec la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs fixes Année, Saison et Station. Les moyennes et écart-type de la biomasse log-transformée pour la période de référence 1999 à 2015 a été utilisé : SEGB = 10,74 (0,31); BF = 10,43 (0,31); BB = 10,25 (0,30); SI = 10,24 (0,77). Les anomalies comprises dans un intervalle de  $\pm 0,5$  écart-type (lignes pointillées horizontales) de la moyenne pour la période de référence représentent des conditions normales. ....29

**Figure 23.** Anomalies annuelles normalisées de l'abondance des non-copépodes sur quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); Bonnet Flamand (BF); Baie Bonavista (BB); Île Seal (SI)] de 1999 à 2017. Les anomalies annuelles de la biomasse transformée en log  $[\ln(\text{biomasse g/m}^2 + 1)]$  ont été calculées pour chaque section en utilisant la moyenne et l'écart-type calculées avec la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs fixes Année, Saison et Station. Les moyennes et écart-type de la biomasse log-transformée pour la période de référence 1999 à 2015 ont été : SEGB = 35,53 (4,18); BF = 33,54 (6,02); BB = 34,11 (4,77); SI = 31,21 (6,51). Les anomalies comprises dans un intervalle de  $\pm 0,5$  écart-type (lignes pointillées horizontales) de la moyenne pour la période de référence représentent des conditions normales. ....30

**Figure 24.** Abondance relative annuelle des principaux groupes zooplanctoniques noncopepodiens sur quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); bonnet Flamand (BF); Baie de Bonavista (BB) Seal Island (SI)] de 1999 à 2017. ....31

**Figure 25.** Abondance printanière du zooplancton par station le long de trois sections océanographiques [baie de Bonavista (BB); Bonnet Flamand (BF); sud-est du Grand Banc (SEGB)] pour la période de référence climatologique (gauche), l'année 2016 (centre) et l'année 2017 (droite). Les isobathes de 100, 300 et 1000 m représentent le gradient de couleur de l'océan, du plus clair au plus foncé. La flèche noire indique l'emplacement du chenal d'Avalon (AC). ....33

**Figure 26.** Abondance estivale du zooplancton par station le long de trois sections océanographiques [île Seal (SI); Baie de Bonavista (BB); bonnet Flamand (BF)] pour la période

---

de référence climatologique (gauche), l'année 2016 (centre) et l'année 2017 (droite). Les isobathes de 100, 300 et 1000 m représentent le gradient de couleur de l'océan, du plus clair au plus foncé. La flèche noire indique l'emplacement du chenal d'Avalon (AC). .....34

**Figure 27** : Abondance automnale du zooplancton par station le long de quatre sections océanographiques [île Seal (SI); baie Bonavista (BB); bonnet Flamand (BF); sud-est du Grand Banc (SEGB)] pour la période de référence climatologique (gauche), 2016 (centre) et 2017 (droit). Les isobathes de 100, 300 et 1000 m représentent le gradient de couleur de l'océan, du plus clair au plus foncé. La flèche noire indique l'emplacement du chenal d'Avalon (AC). .....35

---

## RÉSUMÉ

Le profil général de variation entre les nutriments et les niveaux trophiques inférieurs étudiés dans le présent rapport (biomasse du phytoplancton et abondance du zooplancton) a mis en évidence la relation entre les conditions biogéochimiques (stock permanent de nitrate) et la production primaire (biomasse du phytoplancton) et secondaire (abondance et biomasse du zooplancton).

Les indices optiques et de chlorophylle *a* indiquent une réduction de la biomasse du phytoplancton et un retard dans le cycle de production à la station d'échantillonnage à haute fréquence (S27) en 2016-2017. La reconstitution des principaux macronutriments dans les couches profondes (> 50 m) a encore diminué ces dernières années. L'absence d'une floraison automnale peut être liée à des changements dans les processus de renouvellement des nutriments. Les concentrations en profondeur de macronutriments dans les sections océanographiques standards sont passées d'anomalies généralement positives à anomalies principalement négatives au cours de la dernière décennie. La biomasse du phytoplancton a diminué globalement, conformément aux tendances observées pour les concentrations de macronutriments. L'abondance accrue du zooplancton observée à travers l'Atlantique Nord-Ouest peut également contribuer à l'augmentation de la pression exercée par le broutage et à la réduction des stocks de phytoplancton actuels.

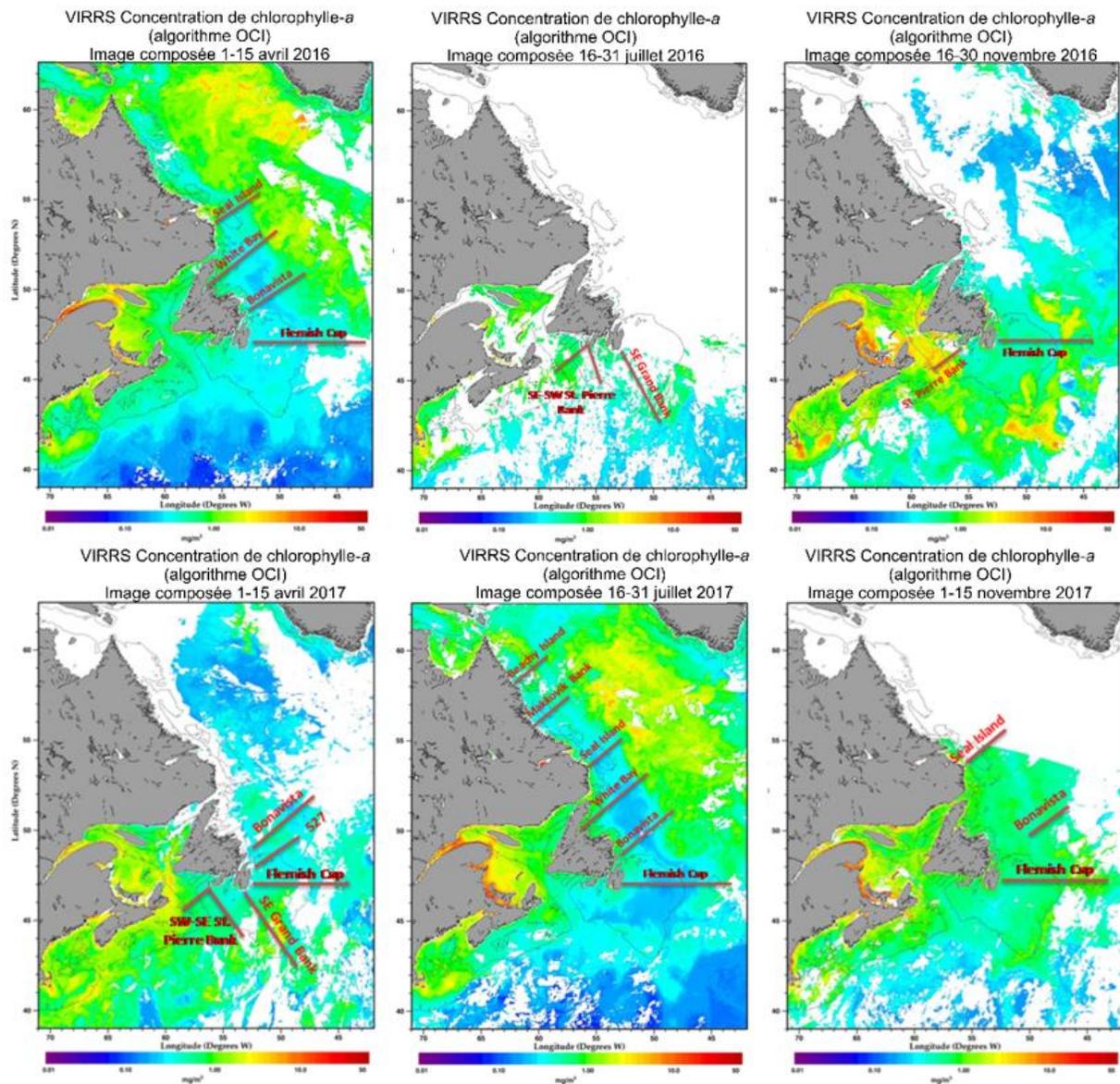
La tendance générale à l'augmentation de l'abondance du zooplancton observée au cours des dix-neuf dernières années s'est poursuivie de 2016 à 2017, l'abondance atteignant des sommets sans précédent du sud du Labrador au sud des Grands Bancs. Par contre, la biomasse du zooplancton est demeurée inférieure aux données climatologiques pour l'ensemble des sections océanographiques et se situait à un creux record sur le sud du plateau continental du Labrador et dans les Grands Bancs. L'abondance des grands copépodes (*Calanus finmarchicus*, *Calanus hyperboreus*), qui est en déclin depuis 3 à 5 ans dans la majeure partie de la région, est demeurée faible sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.), mais a montré des signes de rétablissement sur les Grands Bancs. L'abondance des petits copépodes (*Pseudocalanus spp.*, *Oithona similis*, *Microcalanus spp.*, *Oncea spp.*) et d'autres organismes zooplanctoniques autres que les copépodes a continué d'augmenter dans la région. Le cycle de production des premiers stades copépodites pour les espèces clés (*Calanus finmarchicus* et *Pseudocalanus spp.*) a été retardé d'environ un mois en 2016 et 2017 par rapport aux données climatologiques de la station S27, peut-être en raison du retard de la floraison printanière, ainsi que du refroidissement général et de la baisse de salinité dans cette région. D'autres recherches sont nécessaires pour comprendre les mécanismes à l'origine des changements observés dans la structure des communautés de zooplancton et leurs impacts potentiels à des niveaux trophiques supérieurs.

---

## INTRODUCTION

Le Programme de monitoring de la zone atlantique (PMZA) mis en œuvre en 1998 vise à permettre au Ministère des pêches et des océans (MPO) de mieux comprendre, décrire et prévoir l'état de l'écosystème marin et de quantifier les changements des propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'océan. Un élément essentiel du PMZA comprend un programme d'observation visant à évaluer la variabilité des nutriments, du phytoplancton (algues microscopiques) et du zooplancton (animaux à la dérive dans la colonne d'eau). L'objectif global est d'identifier les relations fondamentales entre les éléments de l'écosystème planctonique et d'établir de quelle manière ils réagissent aux changements des facteurs environnementaux.

Le PMZA tire son information sur l'état de l'écosystème marin de données recueillies à un réseau de points d'échantillonnage (stations d'échantillonnage à haute fréquence, sections océanographiques transversales du plateau et relevés sur le poisson de fond) dans chaque région (Québec, Golfe, Maritimes, Terre-Neuve-et-Labrador) échantillonnée à une fréquence allant de toutes les deux semaines à une fois par an. L'emplacement des sections standards de la région de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.) occupées en 2016 et 2017 est indiqué à la figure 1.



**Figure 1.** Carte montrant les occupations au printemps, à l'été et à l'automne des sections standard du PMZA ainsi que les conditions de chlorophylle a à la surface de l'océan en 2016 (panneaux du haut) et en 2017 (panneaux du bas). Les missions du PMZA au printemps et à l'automne 2016 et à l'automne 2017 ont été affectées par la disponibilité réduite des navires. Les zones blanches sur les cartes indiquent des zones où les données satellitaires ne sont pas disponibles en raison d'une vaste couverture nuageuse ou de glace.

Une description des tendances saisonnières de la répartition du phytoplancton et du zooplancton fournit des renseignements importants sur les organismes qui constituent la base du réseau trophique marin. La compréhension des cycles de production du plancton et de leur variabilité interannuelle est un élément essentiel d'une approche écosystémique de la gestion des pêches. Ce rapport fournit une évaluation de la distribution et de l'abondance des macronutriments et du plancton sur le plateau continental de T.-N.-L. Il met en évidence les conditions biologiques de l'océan en 2016-2017 par rapport aux conditions moyennes à long

---

terme fondées sur des données d'archives. Il complète les examens similaires des conditions biologiques de l'océan pour le golfe du Saint-Laurent et la plate-forme Néo-Écossaise et le golfe du Maine menés dans le cadre du Programme de monitoring de la zone atlantique (Johnson *et al.* 2018; Blais *et al.* 2018). Dans la mesure du possible, les moyennes à long terme ont été normalisées par rapport à une moyenne climatologique de 1999 à 2015 et elles ont été comparées aux années individuelles pour calculer les anomalies annuelles. Ce rapport complète également les évaluations du climat océanique et des conditions océanographiques physiques pour la région de T.-N.-L. (p. ex. Cyr *et al.* 2019) et pour l'ensemble du plateau continental dans l'Atlantique Nord-Ouest. (MPO 2018).

La variabilité des conditions océanographiques biologiques peut être déterminée par les propriétés physiques de la colonne d'eau. Généralement, les masses d'eau caractéristiques du plateau de T.-N.-L. sont dominées par des eaux subpolaires dont les températures sous la surface sont généralement inférieure à 0 °C. L'eau du talus continental du Labrador s'écoule vers le sud le long du bord du plateau continental et dans la passe Flamande; cette masse d'eau est généralement plus chaude et plus salée que les eaux subpolaires du plateau continental. En moyenne, les températures au fond demeurent <0 °C sur la majeure partie du nord des Grands Bancs, mais elles augmentent à >0 °C dans les régions du sud et à des profondeurs inférieures à 200 m le long du talus continental. Au nord des Grands Bancs, les températures au fond sont généralement plus chaudes, sauf dans les régions côtières peu profondes où elles sont principalement <0 °C. Pendant la majeure partie de l'année, l'eau froide et relativement douce qui recouvre le plateau continental est séparée de l'eau plus chaude et plus dense de la région du talus continental par un front de température et de densité prononcé. Cette masse d'eau formée pendant l'hiver est généralement appelée couche intermédiaire froide (CIF) et est considérée comme un indice fiable des conditions climatiques océaniques. En général, les masses d'eau du plateau continental subissent des modifications saisonnières de leurs propriétés en raison des cycles saisonniers du flux thermique air-mer, du mélange par le vent et de la formation et de la fonte de la glace, ce qui entraîne de forts gradients verticaux et horizontaux, en particulier le long des fronts séparant les masses d'eau du plateau continental et du talus.

## MÉTHODES

Dans la mesure du possible, le prélèvement et le traitement des échantillons ont été effectués conformément aux protocoles normalisés établis (Mitchell *et al.* 2002). Certaines mesures non standard ainsi que des variables dérivées sont décrites ci-dessous.

## COLLECTE D'ÉCHANTILLONS

Trois relevés saisonniers (printemps, été, automne) ont été effectués le long des sections océanographiques standards (île Seal, Bonavista, Bonnet Flamand et sud-est des Grands Bancs) dans la région de T.-N.-L. au cours des années civiles 2016 et 2017, en plus des occupations de la station côtière d'échantillonnage à haute fréquence (station 27 [S27]) pendant les relevés au chalut de l'écosystème (Tableau 1, Figure 1).

**Tableau 1.** Missions d'échantillonnage du Programme de monitoring de la zone atlantique (PMZA) dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador en 2016 et 2017. Les stations hydrographiques sont la somme totale des profils *conductivité, température, profondeur* (CTP) réalisés au cours des missions respectives, incluant les stations partielles (CTP seulement) et les occupations complètes comprenant le profil de CTP, l'échantillonnage de l'eau et les traits de filets.

Groupe	Emplacement	ID de la mission	Dates	Nombre de stations hydrologiques	Nombre de filets/ stations d'embouteillage
Relevés au chalut de l'écosystème	Plateau continental du nord-est de Terre-Neuve et Grand Banc	TEL2016-159-172	Du 10 mai au 21 juin 2016	540	6/5
-	Grand Banc, nord-est du plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador	NED2016-464-472, TEL2016-162-167	Du 21 août au 20 décembre 2016	658	17/9
-	-	NED476-482	Du 31 mars au 22 juin 2017	435	10/4
-	-	TEL178-183	Du 5 octobre au 20 décembre 2017	731	6/4
Sections saisonnières	Banc de Saint Pierre	TEL2016-157	Du 1 au 6 avril 2016	7	7
-	Grand Banc	TEL2016-159	Du 11 au 17 mai 2016	26	26
-	-	TEL2017-173	Du 6 au 23 avril 2017	129	76
S27	Grand Banc et nord-est du plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador	TEL2016-160	Du 8 au 28 juillet 2016	137	69
	-	TEL2017-176	Du 8 au 28 juillet 2017	174	80
	Nord-est du plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador et Grand Banc	DIS009-015	Du 11 au 19 novembre et du 9 au 16 décembre 2017	106	44
	Chenal d'Avalon	Navires occasionnels	Du 16 avril au 16 décembre 2016	45	19/12
	-	-	Du 6 avril au 20 décembre 2017	31	16/18

---

Au total, 1 413 et 1 606 stations hydrographiques ont été occupées en 2016 et 2017, respectivement. Des échantillons de plancton et d'eau de mer ont été prélevés à un total de 272 et de 248 stations en 2016 et 2017, respectivement. La station d'échantillonnage à haute fréquence S27 a été échantillonnée 45 et 35 fois d'avril à décembre en 2016 et en 2017, respectivement, mais aucune occupation n'a été effectuée pendant les mois d'hiver. Les collectes d'échantillons océanographiques pour la station S27 et les sections océanographique standards comprennent un profil de conductivité, température, profondeur (CTP) à haute résolution obtenu à l'aide d'un instrument SBE-9 plus de Sea-Bird Electronics équipé de capteurs d'oxygène dissous, de chlorophylle *a* (chl *a*), de fluorescence, de rayonnement photosynthétiquement actif (RPA), de pH, de matière organique dissoute colorée (MODC) et de transmissométrie. Les échantillons de bouteilles d'eau Niskin ont été prélevés à l'aide d'une rosette CTP à des profondeurs standards de 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100 et 150 m et près du fond pour l'étalonnage de la salinité et de l'oxygène, de la chl *a* et des analyses de nutriments. En plus du programme standard d'échantillonnage de l'eau pour les conditions biologiques et chimiques, le carbone organique particulaire et l'azote, ainsi que les carbonates (alcalinité totale et carbone inorganique dissous total) sont régulièrement recueillis pour un sous-échantillon de stations et de profondeurs, mais ne sont pas présentés dans ce rapport ici. Pour les analyses taxonomiques, d'abondance et de biomasse du zooplancton, des échantillons ont été prélevés sur l'ensemble de la colonne d'eau, jusqu'à une profondeur maximale de 1000 m, à l'aide de double filets bongo de deux filets à mailles de 202 µm ou d'un filet à maille de 202 µm et d'un filet à maille de 70 µm.

## PROPRIÉTÉS OPTIQUES

Le coefficient d'atténuation verticale ( $K_d$ ) a été calculé à partir de mesures d'extinction de la lumière dans l'eau à l'aide d'un capteur de rayonnement photosynthétiquement actif (RPA) fixé sur une rosette-CTP. Le coefficient d'atténuation verticale descendant de RPA ( $K_{d-RPA}$ ) a été estimé à partir de la régression linéaire de  $\ln(E_d(z))$  par rapport à la profondeur  $z$  (où  $E_d(z)$  est la rayonnement photosynthétiquement actif à  $z$  mètres) pour l'intervalle de profondeur allant de près de la surface jusqu'à 50 m. Lorsque les données RPA dans l'eau n'étaient pas disponibles, le coefficient d'atténuation verticale a été calculé à l'aide de l'équation ci-dessous :

$$K_{d-chla} \text{ (m}^{-1}\text{)} = 0,027 \text{ m}^{-1} + 0,015 \text{ m}^{-1} + B_{(z)} * 0,04 \text{ m}^{-1} \text{ (Platt } et \text{ al. 1988)}$$

où  $B_{(z)}$  est la concentration de chl *a* en  $\text{mg/m}^{-3}$ . Nous avons substitué la chl *a* étalonnée à partir de la fluorescence *in situ* de la chl *a* lorsque des données discrètes n'étaient pas disponibles à une profondeur de  $z$  mètres. Les coefficients supplémentaires dans cette équation sont liés aux composants de l'eau de mer pure et des substances dissoutes. La valeur moyenne de  $K_d$  a été calculée pour la colonne d'eau supérieure à l'aide du profil de chl *a* dans les 50 premiers mètres. L'estimation de la profondeur euphotique  $Z_{eu}$  (profondeur d'environ 1 % du RPA d'incident) a été calculée à partir de la formule:

$$Z_{eu} \text{ (m)} = 4,6 / K_{d-RPA}$$

$K_{d\_chla}$  a été utilisé lorsque  $K_{d-RPA}$  n'était pas disponible pour calculer la profondeur euphotique.

## VARIABLES INTÉGRÉES VERTICALEMENT

Les moyennes annuelles pour les inventaires de nutriments et de chl *a* dans le colonne d'eau (0-50 m et 50-150 m) calculé par intégration numérique (méthode des trapèzes) ainsi que les abondance moyennes des principaux taxons clés de zooplancton à la station d'échantillonnage à haute fréquence (S27) ainsi que pour l'ensemble de chacune des quatre sections standards ont été calculé à partir des modèle linéaires de la forme:

---

$$\ln(\text{Densité}) = \alpha + \beta_{\text{ANNÉE}} + \delta_{\text{MOIS}} + \varepsilon$$

pour S27, où la *densité* est exprimée en unités par m<sup>-2</sup>,  $\alpha$  est le point d'intersection avec l'axe des ordonnées,  $\beta$  et  $\delta$  sont des effets des facteurs Année et Mois, et  $\varepsilon$  est l'erreur; et

$$\ln(\text{Densité}) = \alpha + \beta_{\text{ANNÉE}} + \delta_{\text{STATION}} + \gamma_{\text{SAISON}} + \varepsilon$$

pour obtenir un estimé des variations interannuelles à partir de l'ensemble des occupations des sections, où  $\delta$  représente l'effet de l'emplacement des stations et  $\gamma$  représente l'effet de la variation des saisons. Une transformation logarithmique a été appliquée aux données de densité pour tenir compte de la distribution asymétrique des observations. Dans le cas du zooplancton, la transformation logarithmique a été appliquée aux valeurs de Densité + 1 pour inclure les observations où l'abondance d'un taxon donné était  $\leq 1$ . Les données optiques, ainsi que les inventaires de nutriments et de chl *a* n'ont pas été transformés. Les moyennes annuelles ont été calculées avec la méthode des moindres carrés (LS Means) appliquée à une analyse de variance utilisant une somme des carrés de type III a été utilisée pour prendre en compte l'effet de l'année d'échantillonnage ( $\beta$ ). Étant donné que les estimations du modèle sont ajustées annuellement à la suite de l'ajout de nouvelles données, l'effet ANNÉE a tendance à varier sensiblement d'une année à l'autre, mais tout changement est vérifié par rapport aux données brutes pour s'assurer que les tendances spatiales (STATION) ou temporelles (SAISON) sous-jacentes sont respectées. Des écarts importants par rapport aux tendances spatiales et temporelles pourraient indiquer des changements dans le régime dominant ou les processus écosystémiques.

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

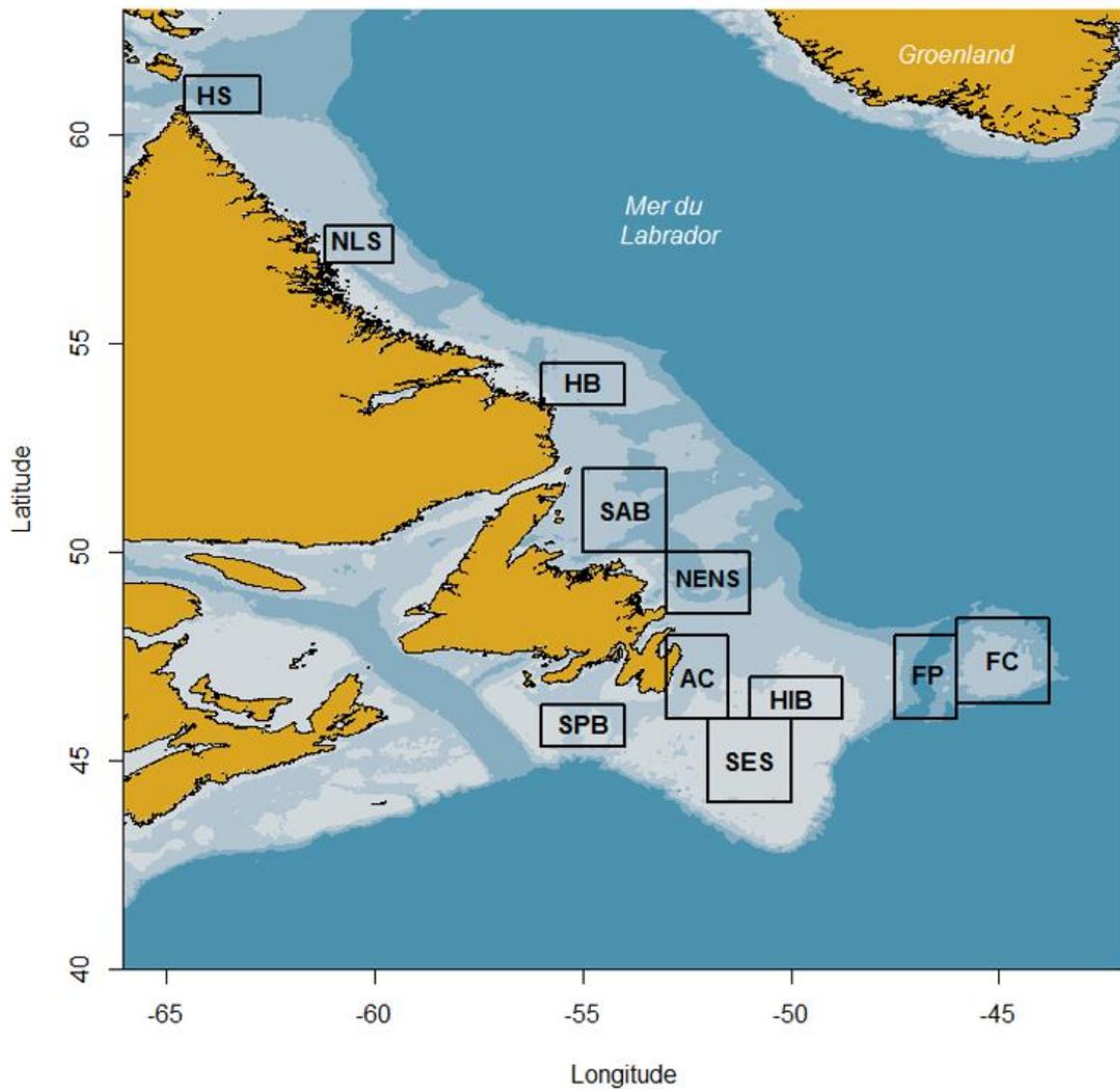
Les observations par satellite fournissent une vue spatiale et temporelle globale de la biomasse du phytoplancton en surface. La biomasse du phytoplancton a été estimée à partir des données de la couleur des océans recueillies par le capteur [Sea-viewing Wide Field-of-View \(SeaWiFS\)](#), le capteur « [Aqua](#) » du [spectroradiomètre imageur à résolution moyenne \(MODIS\)](#) et le capteur de la [Visible-Infrared Imaging Radiometer Suite \(VIIRS\)](#). La série chronologique obtenue à l'aide du capteur SeaWiFS a débuté en septembre 1997, celle obtenue à l'aide du MODIS a débuté en juillet 2002, et la disponibilité du système VIIRS s'étend de janvier 2012 à maintenant. Des images composites moyennées sur 8 jours pour la chl *a* pour l'ensemble de l'Atlantique Nord-Ouest (de 39 à 62,5° N de latitude et de 42 à 71° O de longitude) ont été produites régulièrement à partir des données SeaWiFS/MODIS/VIIRS<sup>1</sup>. Les statistiques de base (moyenne, intervalle, écart-type, etc.) ont été extraites des satellitaires pour certaines sous-régions statistiques, comme le montre la figure 2. Les données satellitaires ne fournissent pas d'information sur la structure verticale de la chl *a* dans la colonne d'eau, mais fournissent des données à haute résolution (environ 1,5 km) sur sa répartition géographique dans les eaux de surface à grande échelle.

Une série chronologique de la couleur de l'océan a été construite pour 1998-2017 en utilisant les données des capteurs satellitaires disponibles pour les périodes suivantes : 1998-2007 SeaWiFS, 2008-2011 MODIS et 2012-2016 VIIRS. Une fonction gaussienne décalée du modèle temporel a été utilisée pour décrire les caractéristiques du cycle saisonnier de production de phytoplancton (Zhai *et al.* 2011). Quatre indices ont été calculés à l'aide de données composites satellitaires pendant la floraison printanière pour caractériser (l'ampleur) intégrale de la concentration de chl *a* sous la courbe gaussienne (mg m<sup>-2</sup> j<sup>-1</sup>), l'intensité maximale de la

---

<sup>1</sup> [Institut océanographique de Bedford – Télédétection opérationnelle](#)

floraison printanière ( $\text{mg m}^{-3}$ ), la période de pointe de la production maximale de la floraison printanière (jours julien) et la durée (jours) du cycle de la floraison printanière.



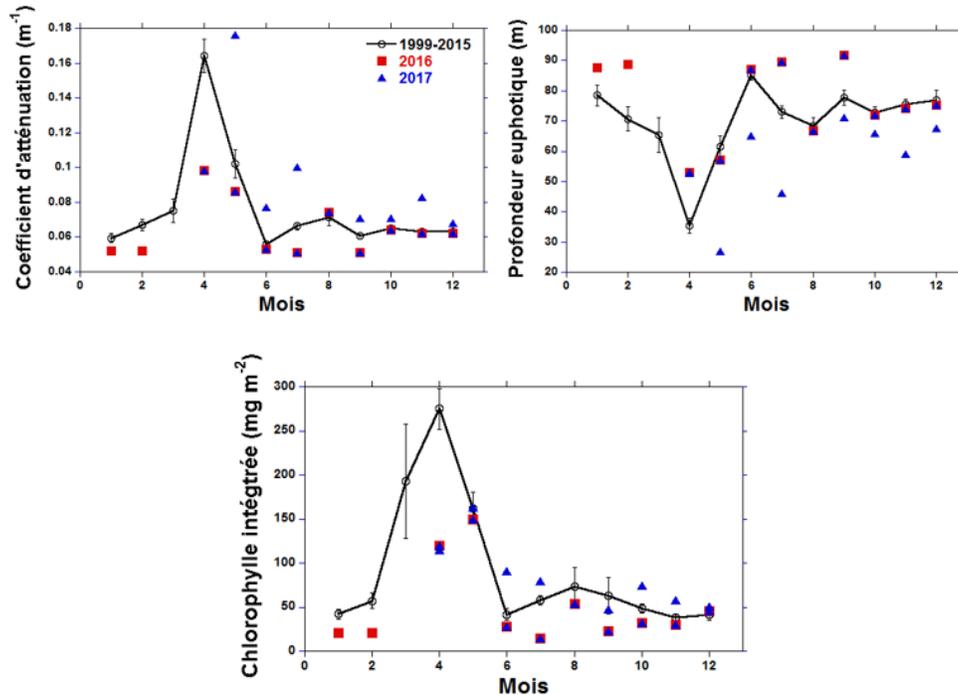
**Figure 2.** Sous-régions statistiques de la région de l'Atlantique Nord-Ouest utilisées pour l'analyse spatiotemporelle des données satellitaires de la couleur de l'océan collectées. Les sous-régions pour la région de Terre-Neuve-et-Labrador comprennent : Banc de Saint Pierre (SPB), Le Platier (SES), le chenal d'Avalon (AC), Hibernia (HIB), la passe Flamand (FP) et le Bonnet Flamand (BF), le plateau continental du nord-est de Terre-Neuve (NENS), le bassin St. Anthony (SAB), le banc Hamilton (HB), le plateau continental du nord du Labrador (NLS) et le détroit d'Hudson (HS).

---

## OBSERVATIONS

### PROPRIÉTÉS OPTIQUES ET BIOLOGIQUES – STATION D'ÉCHANTILLONNAGE À HAUTE FRÉQUENCE

Les indices optiques suivent généralement la dynamique du cycle de production du phytoplancton. L'atténuation du rayonnement photosynthétiquement actif (RPA) augmente graduellement au cours de l'hiver jusqu'à un maximum en avril, puis décline rapidement jusqu'en juin (Figure 3). Par la suite, l'indice demeure relativement stable tout au long de l'été et de l'automne. Les valeurs observées en 2016-2017 étaient généralement sous les moyennes pour la période de référence en avril, ce qui indique une floraison printanière limitée et un retard d'un mois en 2017 par rapport aux données climatologiques. L'indice était plus élevé en 2017 qu'en 2016, tout comme les données climatologiques tout au long de l'été et de l'automne. La profondeur euphotique décrivant la pénétration du RPA a des niveaux de 1% varie généralement entre 60 et 85 m tout au long de l'année sauf pendant la floraison printanière où les valeurs montrent une réduction substantielle jusqu'à un minimum d'environ 15 m. Les observations en 2016 indiquent que la profondeur euphotique était généralement plus profonde que la moyenne climatologique tandis que l'inverse était vrai en 2017, qui étaient généralement plus peu profondes que la période de référence correspondante. Les mesures optiques concordent avec la tendance de variation observé pour l'indice de chl *a* intégrée (0-100 m) calculé à partir des inventaires de chl *a* extrait et des données de fluorescence étalonnées. Les floraisons épisodiques de courte durée observées par les capteurs optiques à l'été et à l'automne coïncident avec les variations temporelles de la biomasse de chl *a* par rapport au niveau de fond en hiver et à la fin de l'automne. Les inventaires de chl *a* pendant la floraison printanière en 2016-2017 étaient presque systématiquement inférieurs aux moyennes climatologiques. Les observations effectuées au cours de l'été et de l'automne indiquent que la biomasse de chl *a* était plus faible en 2016 qu'en 2017, où elle était proche ou légèrement supérieure à celle de la période de référence.



**Figure 3.** Propriétés optiques et concentration de chlorophylle a déterminées par à partir de mesure in situ de RPA (rayonnement photosynthétique actif) et d'une combinaison d'inventaire et chl a et de profils fluorométriques (étalonnée) à la station d'échantillonnage à haute fréquence (S27) de 1999 à 2017. La ligne noire représente la moyenne climatologique mensuelle et les écarts-types pour la période 1999-2015. Coefficient d'atténuation verticale (panneau supérieur gauche) pour les 50 premiers mètres de la colonne d'eau, déterminé à partir de mesure de RPA ou d'estimations provenant de la modélisation de données in situ de fluorescence étalonnée (données disponibles à partir de l'année 2000); profondeur de la zone euphotique calculée à partir de données de RPA et/ou dérivée à partir des inventaires de chlorophylle a ou de profils de fluorescence étalonnée (panneau supérieur droit); concentration de chlorophylle a intégrée dans les 100 premiers mètres de la colonne d'eau calculé à partir d'inventaires de pigment (panneau inférieur).

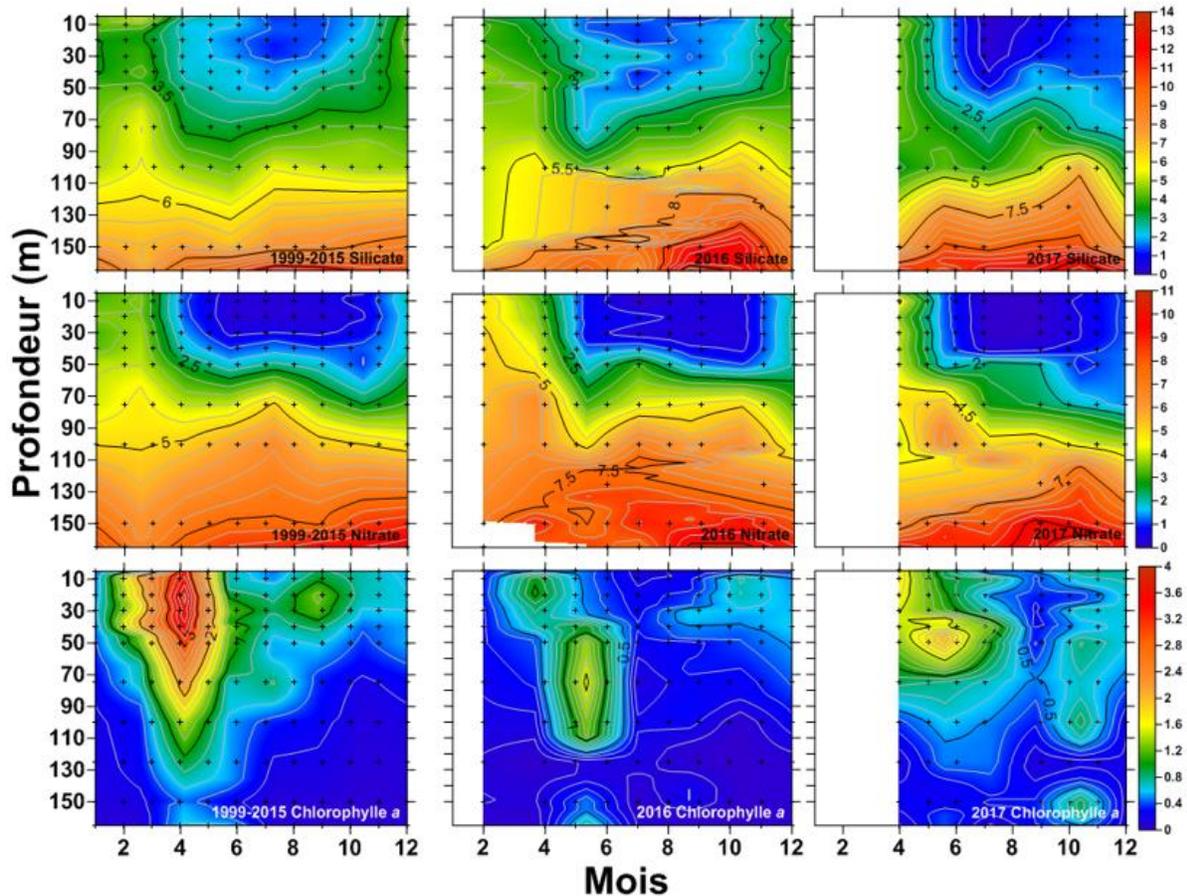
## NUTRIMENTS ET PHYTOPLANCTON – STATION D'ÉCHANTILLONNAGE À HAUTE FRÉQUENCE ET SECTIONS OCÉANOGRAPHIQUES

Les distributions verticales des nutriments inorganiques (nitrate, silicate et phosphate) inclus dans le programme d'observation du PMZA montrent une forte covariation saisonnière. Pour cette raison, et parce que la croissance du phytoplancton est le plus souvent limitée par la disponibilité en azote et en silicate, le présent rapport met davantage l'accent sur la variabilité de ces inventaires nutritifs. Les inventaires de nutriments sont influencés par les processus biologiques saisonniers qui se déroulent dans l'ensemble de la colonne d'eau supérieure. De plus, la capacité à déterminer le moment du début de l'absorption des éléments nutritifs dépend de l'effort d'échantillonnage, et la fréquence des observations est limitée en hiver et au début du printemps comparativement aux autres périodes de l'année.

Les caractéristiques dominantes du cycle annuel de production primaire ont été déterminé en comparant la variabilité mensuelle des concentrations des nutriments et de chl a aux conditions moyennes de la structure verticale de la colonne d'eau pendant la période de référence (1999-2015). Le déclin rapide des concentrations en silicate et en nitrate près de la surface de  $>4-5 \text{ mmol/m}^{-3}$  en hiver à  $<1 \text{ mmol m}^{-3}$  au début d'avril coïncident avec le début de la floraison

---

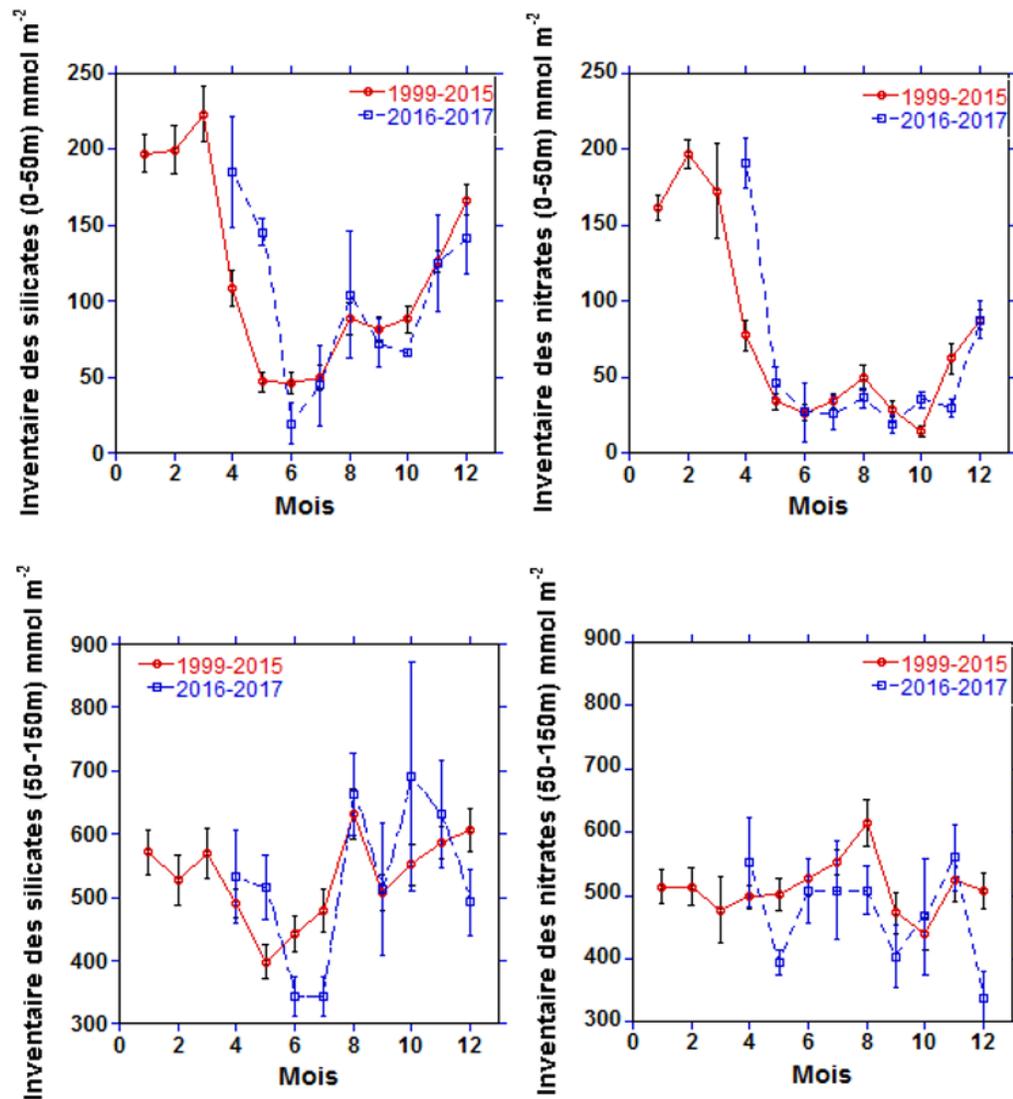
printanière du phytoplancton, et il est suivie d'un renouvellement des concentrations en surface à la fin de l'automne (Figure 4). Les moyennes climatologiques révèlent une absorption rapide des silicates et de nitrates jusqu'à une profondeur de 50 m à partir de la fin mars, puis jusqu'à des profondeurs augmentant progressivement au cours de l'automne. La chronologie de l'absorption des macronutriments en 2016 était similaire à celle de la période de référence, mais retardé d'environ deux mois en 2017 (Figure 4). Le déclin des concentrations de silicate à travers la colonne d'eau s'étendait sur une plus grande profondeur en 2017 comparativement à l'année précédente et à la moyenne climatologique. De plus, le renouvellement des silicates et des nitrates a été limité en 2017, en raison d'une période d'absorption s'étant prolongée jusqu'à la fin de l'automne. La distribution verticale de la biomasse de la chl *a* au cours de la période de référence montre des concentrations atteignant près de 4 mg/m<sup>-3</sup> dans les 50 premiers mètres de la colonne d'eau pendant la floraison printanière dans les 50 m supérieurs, le cycle de production s'étendant de mars à la fin mai (Figure 4). La biomasse de phytoplancton diminue rapidement jusqu'au niveau de fond au début de l'été avec une floraison automnale limitée s'étalant de la fin août au début octobre. La biomasse de chl *a* observée en 2016 et 2017 était deux fois plus faible pendant la floraison printanière comparativement à la moyenne climatologique, avec un retard dans le début du cycle de production en 2017. Toutefois, la durée d'échantillonnage limité en 2017 masque partiellement le début de la floraison printanière. Il est également possible que les faibles concentrations en chl *a* observées en 2016 et 2017 découlent d'un décalage entre les date d'échantillonnage et le cycle de production printanier puisque l'absorption des macronutriments était comparable à la période de référence en 2016 et 2017.



**Figure 4.** Comparaison de la distribution verticale des silicates (panneaux supérieurs) et des nitrates (panneaux centraux) en  $\text{mmol/m}^3$  et des concentrations de chlorophylle a (panneaux inférieurs) en  $\text{mg/m}^3$  incluant les moyennes climatologique pour la période 1999-2015 (panneaux de gauche) ainsi que les conditions pour 2016 (panneaux centraux) et 2017 (panneaux de droite) à la station côtière d'échantillonnage à haute fréquence (S27) dans la région de T.-N.-L. Les tracés de contour ont été produit à partir d'interpolation linéaire basée sur un maillage triangulaire. Les observations mensuelles manquantes pour 2016 et 2017 sont indiquées en noir.

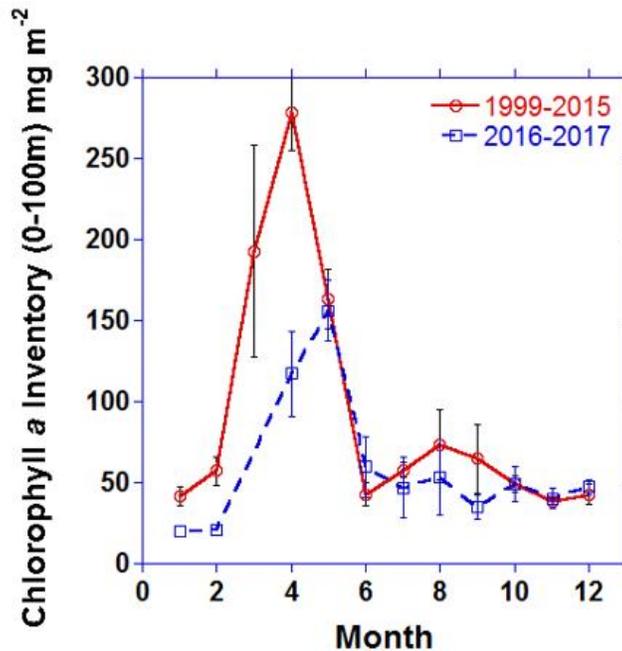
Un résumé des inventaires mensuels des macronutriments à la station S27 pour la période de référence standard et la période 2016-2017 révèle une absorption rapide dans les 50 m supérieurs de la colonne d'eau, contrairement aux couches plus profondes qui montrent un changement plus limité (Figure 5). Les moyennes climatologiques mensuelles indiquent des niveaux maximum de silicate et de nitrate dans la couche peu profonde (< 50 m) en février, suivis d'un épuisement rapide débutant en mars jusqu'à un minimum en mai-juin. Les observations montrent clairement le retard d'absorption au cours de la floraison printanière de 2016-2017 par rapport à la période de référence, bien qu'aucune donnée mensuelle ne soit disponible pour la période de janvier à mars pour 2016 et 2017 (Figure 5). Après la floraison printanière, le renouvellement des stocks de silicate est relativement rapide avec des concentrations atteignant des niveaux élevés à la fin de l'automne, contrairement aux concentrations de nitrates, qui demeurent faibles dans toute la colonne d'eau supérieure à l'été et à l'automne. Les processus de renouvellement des macronutriments dans la colonne d'eau supérieure en 2016-2017 étaient comparables à ceux de la période de référence. Les stocks de silicate en profondeur (> 50 m) étaient sous la normale en juin-juillet 2016-2017 alors que les

stocks de nitrate étaient appauvris en mai et en décembre comparativement aux moyennes climatologiques saisonnières (Figure 5).



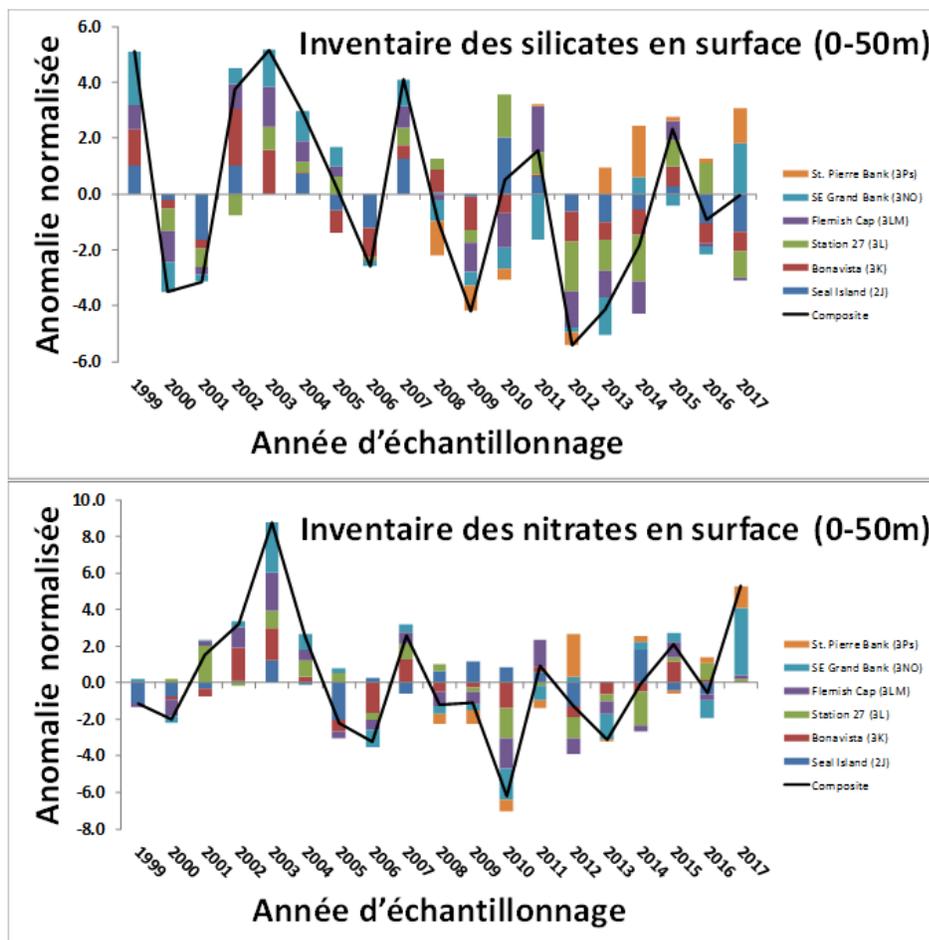
**Figure 5.** Comparaison de la variabilité annuelle des stocks d'éléments nutritifs (silicate et nitrate) en 2016-2017 avec les moyennes climatologiques pour la période 1999-2015 à la station d'échantillonnage à haute fréquence (S27) de la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Les lignes verticales représentent l'écart-type des moyennes mensuelles.

Le retard d'absorption détecté dans les deux macronutriments en 2016-2017 a coïncidé avec une floraison printanière plus faible et retardée (environ 1 mois) par rapport à la période de référence (Figure 6). Les stocks de chl a dans les 100 m supérieurs dépassent normalement  $> 250 \text{ mg/m}^2$  mais n'atteignent que  $150 \text{ mg/m}^2$  en 2016-2017. L'absence d'une floraison automnale est également apparue ces dernières années par rapport aux données climatologiques normalisées.



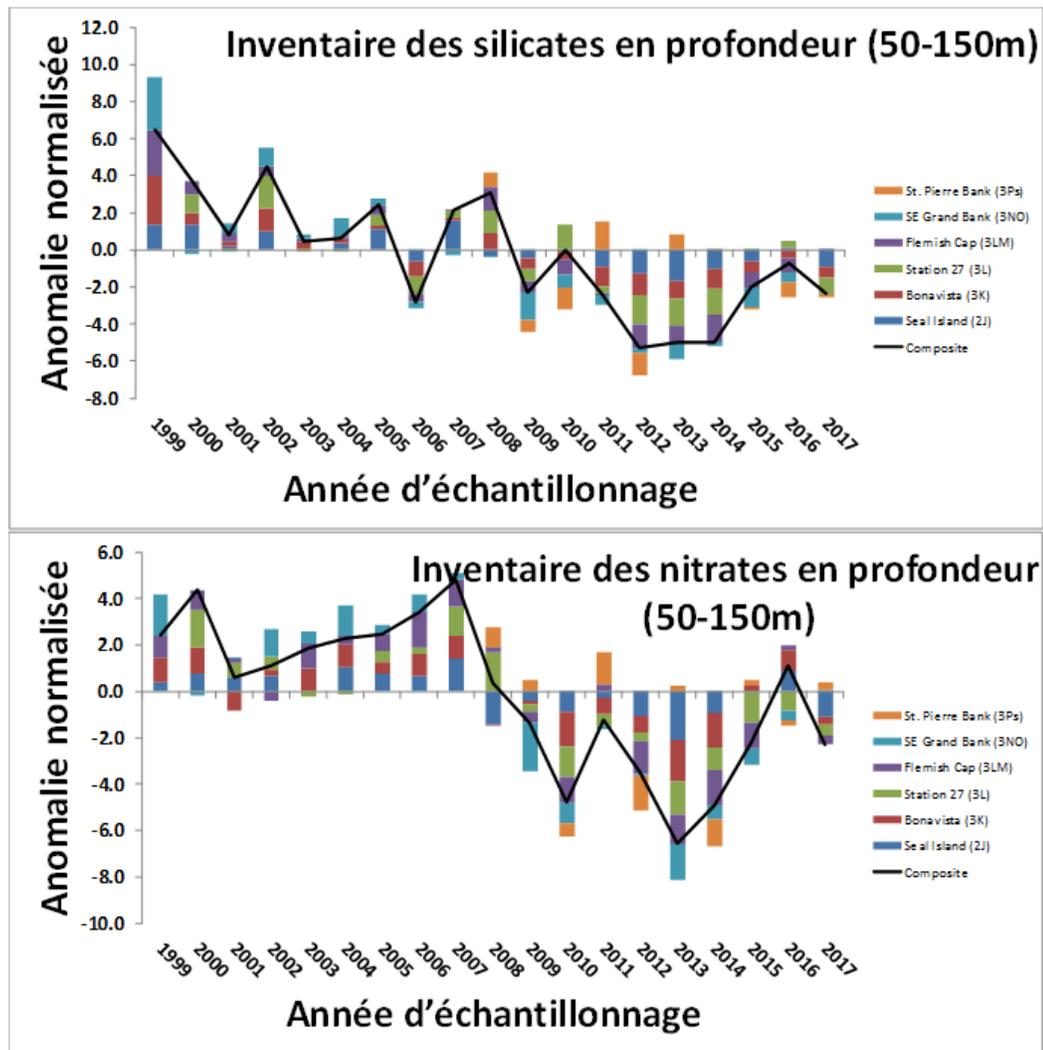
**Figure 6.** Comparaison de la variabilité annuelle des inventaires de chlorophylle a en 2016-2017 avec les moyennes climatologiques de 1999 à 2015 à la station d'échantillonnage à haute fréquence (S27) de la région de Terre-Neuve-et-Labrador (S27). Les lignes verticales représentent l'écart-type des moyennes mensuelles.

Les séries chronologiques d'anomalies annuelles de la disponibilité des éléments nutritifs le long des différentes sections standard et de la station S27 ont été utilisées pour évaluer les tendances à long terme. En général, les inventaires de macronutriments montrent des tendances cohérentes à court terme ainsi qu'une grande variabilité entre les anomalies annuelles positives et négatives pendant la série chronologique de 19 ans (Figure 7). Les stocks de silicate en eau peu profonde alternaient entre des anomalies positives et négatives, avec une tendance générale à la baisse sur l'ensemble de la série chronologique et des anomalies cumulatives minimale et maximale en 2012 et 2013 respectivement. Les stocks de silicate dans la colonne d'eau supérieure ont augmentés à des niveaux près de la normale en 2016-2017 depuis le creux record observé en 2012. Les stocks de nitrate dans la couche peu profonde montrent également une tendance à la baisse entre le début des années 2000 et 2013, mais ont depuis augmenté jusqu'à un niveau supérieur à la normale en 2017 (Figure 7).



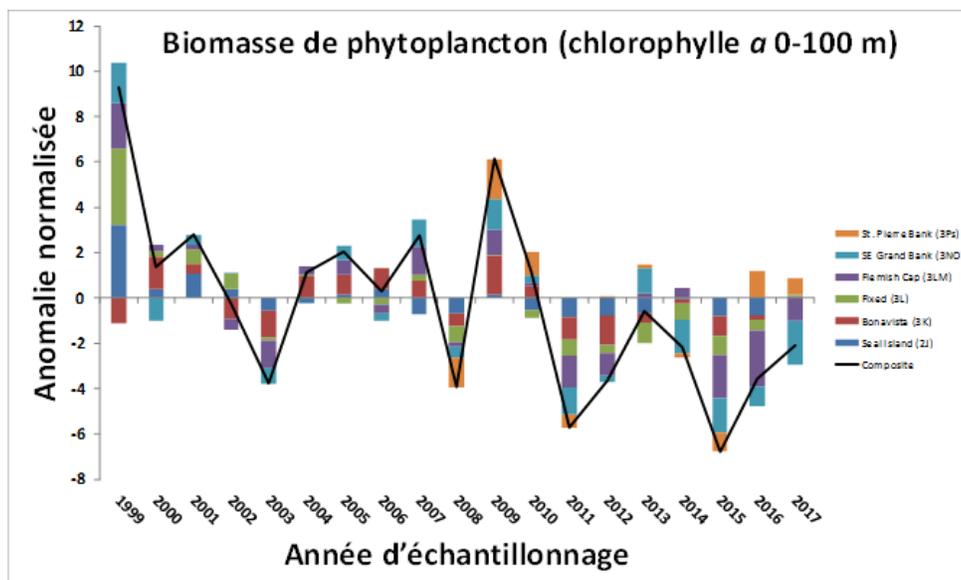
**Figure 7.** Série chronologique d'anomalies pour les inventaires de silicates et de nitrates (nitrites et nitrates combinés) en eaux peu profondes (0-50 m) provenant de différentes sections océanographiques et de la station d'échantillonnage à haute fréquence S27 pendant la période de 1999 à 2017. L'ampleur de l'anomalie pour chacune des sections et pour la station S27 est représentée par la couleur et la hauteur de la barre verticale. La ligne noire représente l'anomalie cumulative (composite) pour l'ensemble des sites au cours d'une année donnée.

Les séries chronologiques d'inventaires de silicate et de nitrate en eau profonde montrent une transition entre les anomalies principalement positives de la première moitié de la série et les anomalies principalement négatives de la seconde moitié de la période (Figure 8). La diminution des stocks de silicate a commencé vers le début de la série, tandis que celle des stocks de nitrate a commencé à diminuer après 2007. En 2016-2017, les stocks de macronutriments en eau profonde sont revenus près de la normale par rapport aux faibles niveaux observés pour les sections océanographiques et la station S27 entre 2012 et 2015.



**Figure 8.** Série chronologique d'anomalies pour les inventaires de silicates et de nitrates (nitrites et nitrates combinés) en eaux profondes (50-150 m) provenant de différentes sections océanographiques et de la station d'échantillonnage à haute fréquence S27 pendant la période de 1999 à 2017. L'ampleur de l'anomalie pour chacune des sections et pour la station S27 est représentée par la couleur et la hauteur de la barre verticale. La ligne noire représente l'anomalie cumulative (composite) pour l'ensemble des sites au cours d'une année donnée.

La biomasse de phytoplancton inférée à partir des inventaires de chl a le long des sections standards et de S27 a diminué dans l'ensemble, en phase avec la tendance générale des niveaux de macronutriments en eaux profondes (Figure 9). On pourrait s'attendre à un certain décalage entre ces indices étant donné le temps nécessaire pour mélanger l'eau de la couche inférieure avec celle de la couche supérieure pour alimenter la nouvelle production primaire. La biomasse du phytoplancton semble avoir augmenté au cours des dernières années, avec une tendance à la hausse depuis 2015. Les anomalies annuelles demeurent pour la plupart négatives depuis 2011, atteignant un creux record en 2015. Bien que la cause de la transition observée vers des concentrations plus faibles de macronutriments en eau profonde ne soit pas connue, la diminution des stocks de macronutriments peut en partie contribuer aux changements observés dans la synchronisation et l'intensité de la floraison printanière dans la région de T.-N.-L.



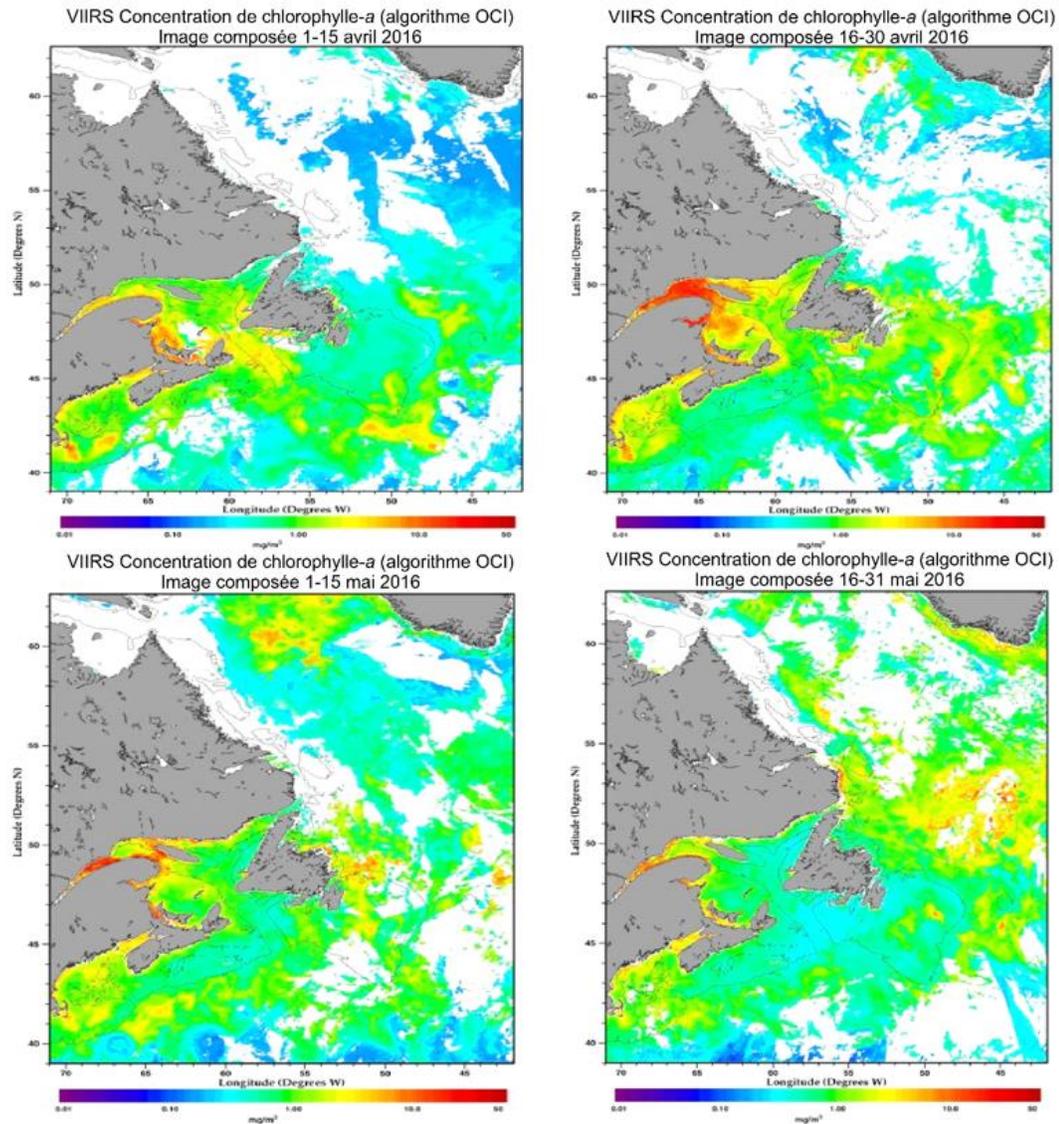
**Figure 9.** Série chronologique d'anomalies de chlorophylle a pour différentes sections océanographiques et de la station d'échantillonnage à haute fréquence S27 pendant la période de 1999 à 2017. L'ampleur de l'anomalie pour chacune des sections et pour la station S27 est représentée par la couleur et la hauteur de la barre verticale. La ligne noire représente l'anomalie cumulative (composite) pour l'ensemble des sites au cours d'une année donnée.

### Téledétection de la couleur de l'océan

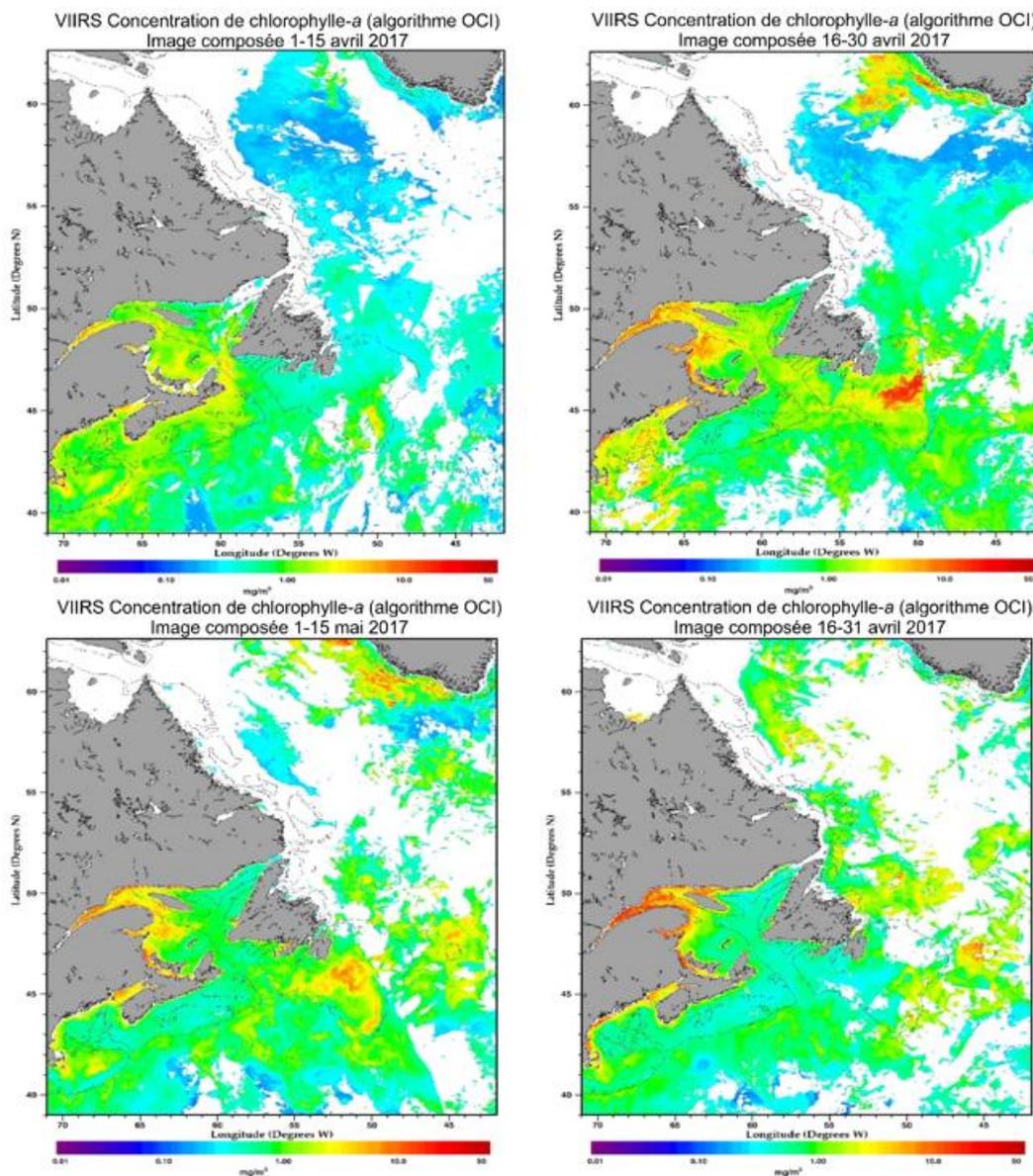
Les données satellitaires sur la couleur de l'océan (VIIRS) fournissent une perspective à grande échelle de la biomasse de phytoplancton en surface (chl a) sur l'ensemble de l'Atlantique Nord-Ouest autrement impossible à acquérir à l'aide des méthodes conventionnelles d'échantillonnage par bateau. L'utilisation d'images composites satellitaires pour les différentes sous-régions complète les observations effectuées en mer à bord des navires et fournit une couverture saisonnière et un contexte à grande échelle pour interpréter nos données de relevés. L'imagerie satellitaire de la couleur de l'océan nous renseigne sur la synchronisation et sur l'étendue spatiale des floraisons printanière et automnale, mais ne nous renseigne pas au sujet de la dynamique opérant sous les quelques premiers mètres de la colonne d'eau. L'information au sujet de ce qui se passe sous la surface est obtenue à l'aide de l'échantillonnage à haute fréquence à la station S27 et des relevés océanographiques à grande échelle.

Les observations de la couleur de l'océan au-dessus de l'Atlantique Nord révèlent des changements associés au synchronisation et à l'intensité de la floraison printanière en 2016-2017, tels que détectés par l'imagerie VIIRS de la couleur de l'océan. Les premières floraisons de surface ont commencé au début d'avril 2016 sur la queue du Grand Banc et dans les eaux du sud du plateau continental terre-neuvien (Figure 10). La floraison printanière s'est graduellement intensifiée dans la moitié est du Grand Banc le long du front océanique entre le plateau et le talus continental et a continué à se propager au nord-est du plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador au début du mois de mai, avec des concentrations de chl a bien supérieures aux niveaux de fond (environ  $1 \text{ mg/m}^{-3}$ ). À la fin de mai, les concentrations de chl a en surface sur l'ensemble du Grand Banc étaient revenues aux niveaux de fond. La floraison printanière a débuté un peu plus tard en avril sur le Grand Banc en 2017, mais elle était plus intense et couvrait une plus grande superficie qu'en 2016 (Figure 11). La majeure partie de la production printanière de surface était limitée à la partie sud du Grand Banc avec une activité

minimale observée vers le nord le long de la partie nord-est du plateau continental terre-neuvien. Les niveaux de chl a en surface étaient de retour au niveau de fond vers la fin du mois de mai 2017, comme c'était le cas en 2016. Une couverture importante de glace et de nuages n'a pas permis d'évaluer la production de surface plus au nord sur le plateau continental du Labrador. Des concentrations élevées de chl a en surface ont été observées dans la mer du Labrador, particulièrement en 2016, avec des floraisons à grande échelle commençant au sud à la fin mai et se propageant vers le nord jusqu'au début juin (non montré).



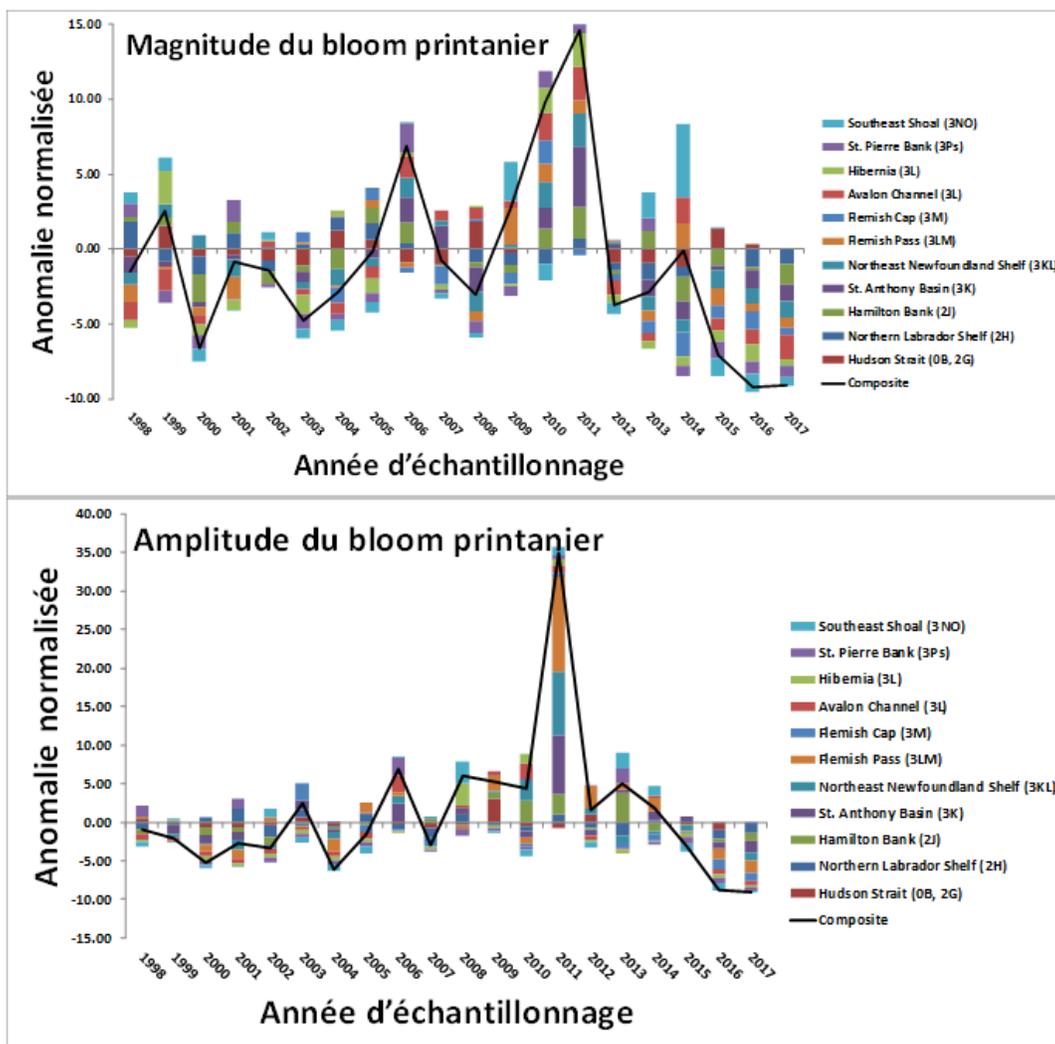
**Figure 10.** Concentrations bimensuelles de chlorophylle a en surface ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), d'après les données d'imagerie satellitaire VIIRS de la couleur de l'océan dans l'Atlantique Nord en 2016. Les panneaux supérieurs représentent des images composites bimensuelles pour le mois d'avril et les panneaux inférieurs, pour le mois de mai. Les régions en blanc représentent des endroits où les données satellitaires n'étaient pas disponibles en raison de la couverture de nuages et de glace. Images obtenues de : [Institut océanographique de Bedford – Composites bimensuels](#).



**Figure 11.** Concentrations bimensuelles de chlorophylle a en surface ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), d'après les données d'imagerie satellitaires VIIRS de la couleur de l'océan dans l'Atlantique Nord en 2017. Les panneaux supérieurs représentent des images composites bimensuelles pour le mois d'avril et les panneaux inférieurs, pour le mois de mai. Les régions en blanc représentent des endroits où les données satellitaires n'étaient pas disponible en raison de la couverture de nuages et de glace. Images obtenues de : [Institut océanographique de Bedford – Composites bimensuels](#).

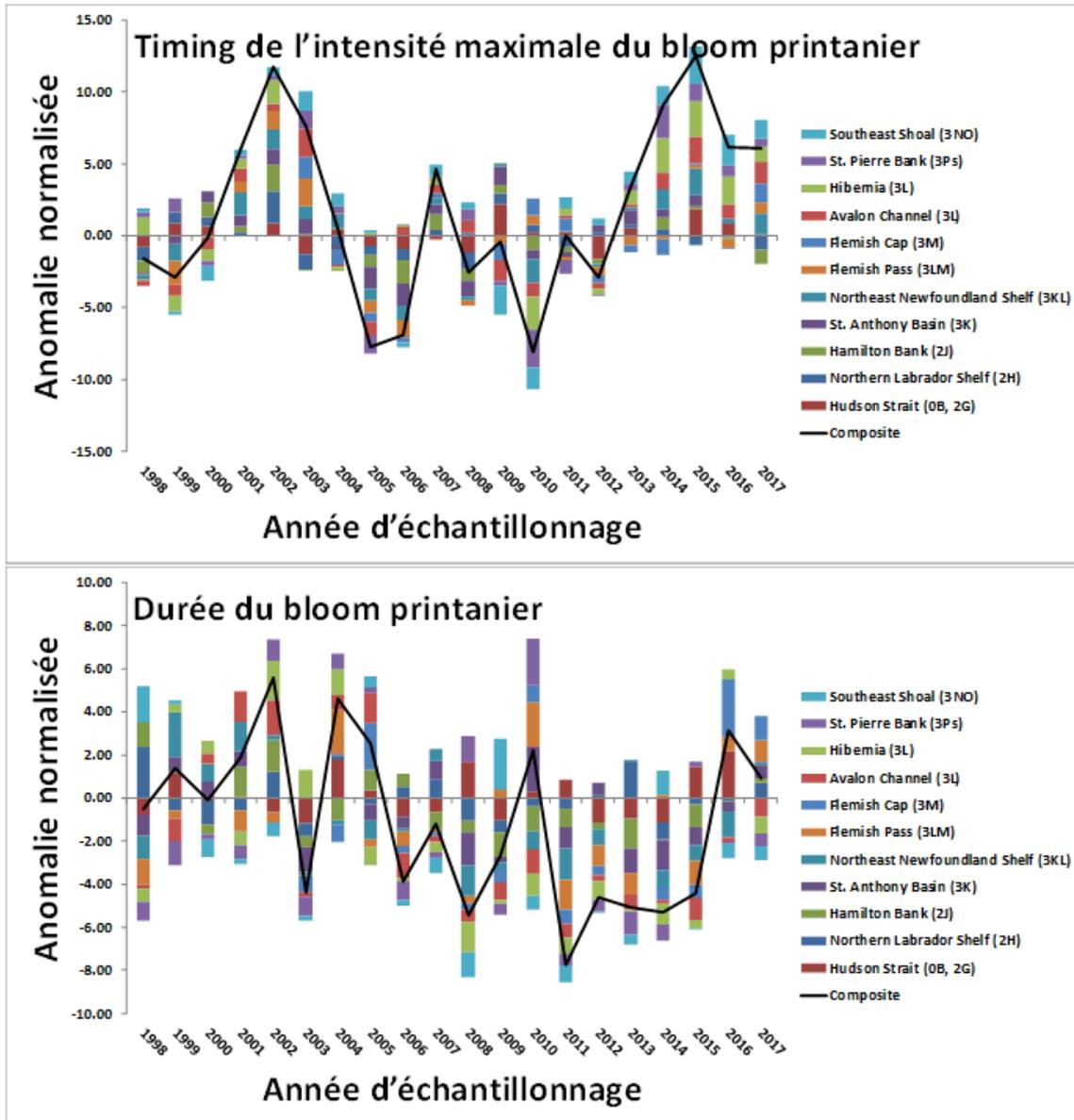
La rareté des données pour certaines années dans les régions plus au nord n'a pas permis d'estimer les différents paramètres de la floraison printanière pour chacune des années de la série chronologique. Dans l'ensemble, l'ampleur (biomasse totale de chl a) et l'amplitude (intensité maximale) de la floraison printanière ont été inférieures à la normale dans la plupart des sous-régions de T.-N.-L. en 2016 (minimum record) et 2017 par rapport à la période de référence standard (1998-2015). La tendance à la baisse des indices d'ampleur et d'amplitude a

commencé après le maximum record observé en 2011 avec la plupart des sous-régions affichant des anomalies négatives lors des années subséquentes (Figure 12).



**Figure 12.** Résumé des anomalies annuelles de la couleur de l'océan pour les différentes sous-régions statistiques de T.-N.-L. de 1998 à 2017. Le panneau supérieur montre l'ampleur (biomasse intégrée) tandis que le panneau inférieur montre l'amplitude (intensité maximale) du cycle de production printanière dérivé du modèle gaussien décalé (voir les méthodes pour la description des mesures).

L'indice d'anomalie composite indique que l'intensité maximale de production primaire a alterné entre des périodes de production précoce et des périodes de production tardive tout au long de la série chronologique de 20 ans (Figure 13). Au début des années 2000 et au milieu des années 2010, ainsi qu'au cours des dernières années, les floraisons printanières étaient retardées par rapport aux moyennes climatologiques. Des floraisons précoces sont apparues au cours des années 2005-2006, de même que la floraison précoces record observée en 2010. Les anomalies de la période de pointe maximale de production sont demeurées au-dessus de la normale (floraisons tardives) depuis 2013 (Figure 13). Malgré l'alternance de synchronisation de la production primaire entre des floraisons précoces et des floraisons tardives, la durée totale de la floraison printanière a graduellement diminué entre la fin des années 1990 et 2015 selon l'indice composite. La durée de la floraison est revenue au-dessus de la normale en 2016-2017, après une période d'anomalies négatives observées de 2011 à 2015.



**Figure 13.** Résumé des anomalies annuelles de la couleur de l'océan pour les différentes sous-régions statistiques de T.-N.-L. de 1998 à 2017. Les indices de la période de pointe dérivés de la distribution gaussienne décalée comprennent la synchronisation de l'intensité maximale (panneau supérieur) et la durée de la floraison printanière (panneau inférieur). La ligne noire représente l'anomalie cumulative (composite) pour l'ensemble des sous-régions au cours d'une année donnée. Les anomalies négatives pour la période de pointe maximale indiquent des floraisons précoces, tandis que les anomalies positives indiquent des floraisons tardives.

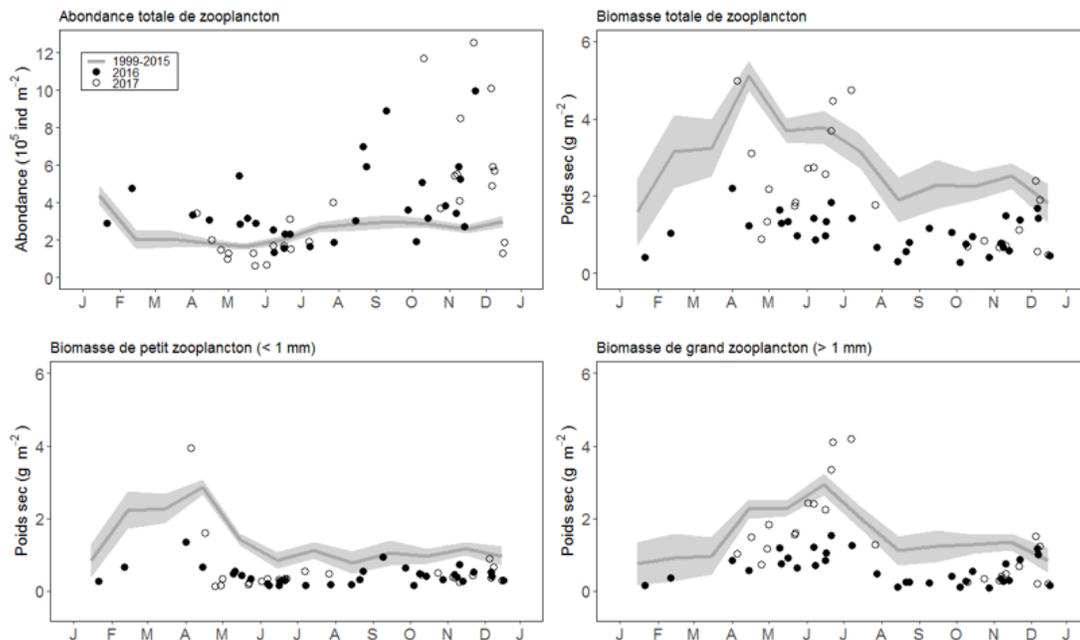
## ZOOPLANCTON

### Station d'échantillonnage à haute fréquence

#### Abondance et biomasse du zooplancton

À S27, l'abondance totale du zooplancton est généralement plus élevée en janvier et diminue tout au long de l'hiver et du printemps jusqu'à un minimum en mai. L'abondance augmente de

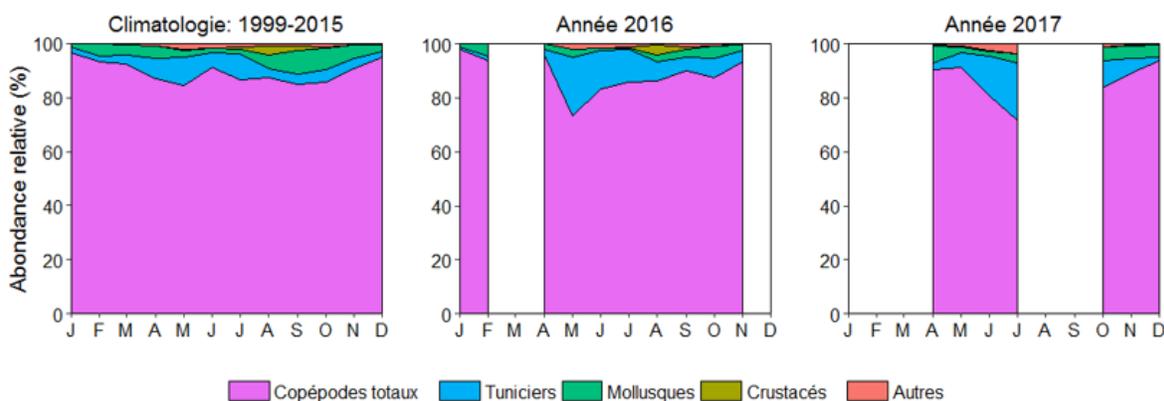
nouveau en été et reste relativement élevée pendant le reste de l'année (juillet à décembre). En 2016, l'abondance du zooplancton est demeurée principalement près ou au-dessus des données climatologiques et était particulièrement élevée en automne (août à novembre). En 2017, l'abondance était majoritairement près ou inférieure aux moyennes climatologiques au printemps et à l'été (avril à juin), mais supérieure à la normale à l'automne (octobre à décembre). L'abondance automnale a plus que doublé par rapport aux moyennes climatologiques dans environ 30 % et environ 50 % des échantillons prélevés en 2016 et 2017, respectivement. La biomasse totale de zooplancton est généralement à son plus faible niveau en janvier, puis augmente au cours de l'hiver et au début du printemps pour atteindre un maximum d'environ 5 g/m<sup>2</sup> en avril. La biomasse diminue ensuite progressivement jusqu'en août puis demeure stable à environ 2 g/m<sup>2</sup> jusqu'en décembre où elle recommence à diminuer. La biomasse du zooplancton de petite taille (< 1 mm) atteint des niveaux maximum en hiver et au début du printemps (janvier à avril) alors que la biomasse du grand zooplancton (> 1 mm) est à son maximum au printemps (avril à juin). La biomasse de petit zooplancton est demeurée principalement inférieure aux moyennes climatologiques tout au long de 2016 et 2017. La biomasse du grand zooplancton était majoritairement inférieure à la normale en 2016, notamment d'avril à juillet, avec des valeurs environ 2,5 fois inférieures aux moyennes climatologiques. La biomasse du zooplancton de grande taille était généralement plus élevée en 2017 qu'en 2016 et elle est demeurée près ou au-dessus des moyennes climatologiques en juin et juillet (Figure 14).



**Figure 14.** Abondance totale du zooplancton (panneau supérieur gauche) et biomasse totale du zooplancton (panneau supérieur droit), du petit zooplancton (panneau inférieur gauche) et du grand zooplancton (panneau inférieur droit) à la station d'échantillonnage à haute fréquence S27 pour la période de référence de 1999 à 2015 (ligne grise) et pour les années 2016 (cercle noir) et 2017 (cercle blanc). Les moyennes mensuelles ( $\pm$ écart-type) pour la période de référence ont été calculées en utilisant la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs Année (1999 à 2015) et Saison (printemps, été et automne).

En moyenne, les copépodes représentent environ 89 % de l'abondance totale du zooplancton à S27, suivis des tuniciens (5 %), des mollusques (4 %) et d'autres crustacés non-copépodes

(<1 %). L'abondance relative des tuniciers (principalement *Oikopleura* et *Frittilaria* spp.) atteint son maximum en mai et demeure élevée tout au long de l'été, tandis que la proportion de mollusques atteint un maximum en automne. Les crustacés non-copépodes (principalement cladocères et euphausiacés) sont présents de juillet à octobre avec une abondance relative maximale observée en août. En 2016 et 2017, la proportion de tuniciers dans la colonne d'eau était plus élevée que les données climatologiques, atteignant un sommet d'environ 21 % pour les deux années comparativement à environ 10 % pour la moyenne à long terme. En 2016, l'abondance relative des mollusques était inférieure aux moyennes climatologiques à l'été et à l'automne, alors que la répartition annuelle de l'abondance des crustacés était similaire aux moyennes climatologiques. La caractérisation de la distribution relative du zooplancton parmi différents groupes taxonomiques en 2017 a été limitée par d'importantes interruptions dans l'échantillonnage en hiver et en été (Figure 15).

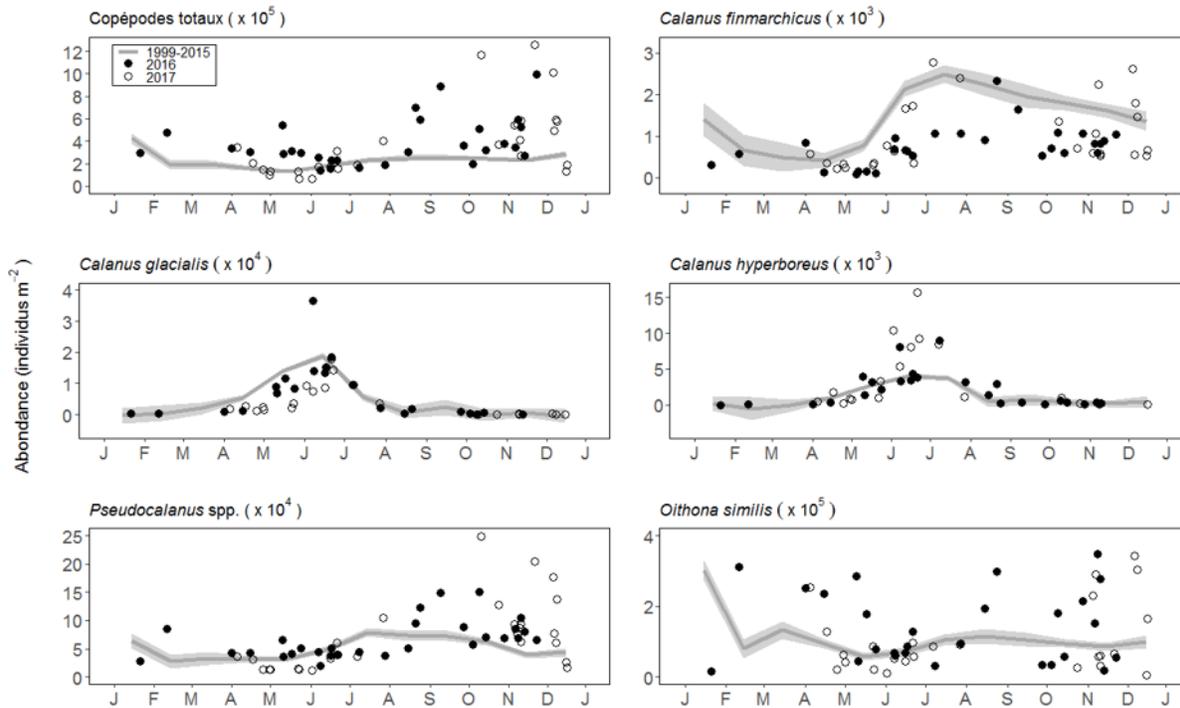


**Figure 15.** Abondance mensuelle relative des principaux groupes taxonomiques de zooplancton à la station S27 pour la période de référence 1999 à 2015 (panneau de gauche) et pour les années 2016 (panneau central) et 2017 (panneau de droite). Les rectangles blancs dans le panneau du centre (année 2016) et le panneau de droite (année 2017) représentent des périodes de l'année sans collecte de données.

### Abondance des copépodes

L'abondance totale des copépodes à S27 est généralement plus élevée en janvier, diminue à l'hiver et au printemps jusqu'à un minimum en mai et augmente à l'été puis plafonne à l'automne. L'abondance recommence normalement à augmenter en décembre pour atteindre le maximum annuel un mois plus tard. L'abondance des grands copépodes calanoïdes *Calanus finmarchicus* dans la zone tempérée subarctique est normalement caractérisée par un minimum en avril suivi d'une augmentation rapide jusqu'à un maximum en juillet, suivie d'un déclin graduel tout au long de l'automne et de l'hiver. L'abondance des espèces plus arctiques de copépodes calanoïdes *C. glacialis* et *C. hyperboreus* atteint normalement son maximum entre mai et juillet et reste faible pendant le reste de l'année. Bien que ces deux espèces soient relativement peu abondantes à S27, elles peuvent contribuer de façon importante à la biomasse totale du zooplancton en raison de leur grande taille. L'abondance des petits copépodes calanoïdes *Pseudocalanus* spp. est normalement faible au printemps (février à mars), atteint un maximum en juillet et diminue progressivement jusqu'en novembre, au moment où elle recommence à augmenter. Les changements saisonniers de l'abondance des petits copépodes cyclopoïde *Oithona* spp. à S27 se caractérisent par des abondances hivernales très élevées, un minimum printanier en mai et des valeurs intermédiaires à l'automne. En 2016 et 2017, l'abondance totale des copépodes a été la plupart du temps proche ou supérieure à la normale,

principalement d'août à décembre, lorsque les abondances dépassaient souvent les moyennes climatologiques par plusieurs ordres de grandeur. L'abondance des gros copépodes calanoïdes a été la plupart du temps proche ou inférieure à la normale, sauf pour les abondances élevées de *C. hyperboreus* enregistrées en juin et juillet 2017, alors que l'abondance des petits copépodes était principalement proche ou supérieure à la normale, avec des valeurs nettement plus élevées enregistrées entre août et décembre pour les deux années (Figure 16).



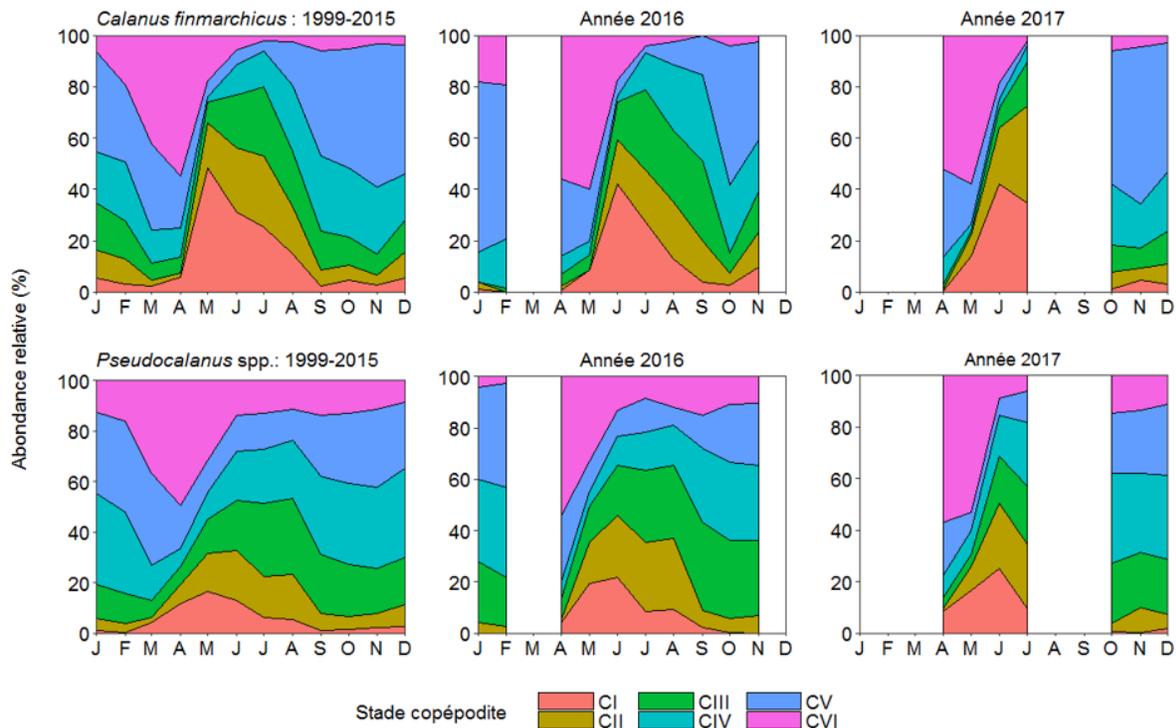
**Figure 16.** Abondance totale des copépodes (panneau supérieur gauche) et abondance des copépodes de grande taille *Calanus finmarchicus* (panneau supérieur droit), *Calanus glacialis* (panneau central gauche), *Calanus hyperboreus* (panneau central droit) et de petite taille *Pseudocalanus* spp (panneau inférieur gauche) et *Oithona* spp (panneau inférieur droit) à la station de d'échantillonnage à haute fréquence S27 pour la période de référence 1999 à 2015 (ligne grise) et pour 2016 (cercle noir) et 2017 (cercle blanc). Les moyennes mensuelles ( $\pm$  écart-type) pour la période de référence ont été calculées en utilisant la méthode des moindres carrés appliqué à un modèle linéaire incluant les facteurs Année (1999 à 2015) et Saison (printemps, été et automne).

### Phénologie des copépodes

Le cycle climatologique saisonnier des stades I à VI du copépodite *C. finmarchicus* (CI-CVI) à S27 indique que l'abondance relative des adultes (CVI) augmente généralement à partir de janvier jusqu'à un maximum d'environ 55 % en avril, puis diminue rapidement au printemps pour atteindre environ 5 % entre juin et décembre. L'abondance relative des copépodites de stade I (CI) atteint un maximum en mai à environ 55 % et diminuent graduellement jusqu'en septembre, au fur et à mesure que les individus évoluent successivement vers les stades CII à CV. De septembre à décembre, l'abondance est dominée par les stades CV jusqu'à ce que les copépodites commencent à devenir adultes en janvier (Figure 19). En 2016 et 2017, l'abondance des adultes (CVI) a culminé un mois plus tard (mai) comparativement à la moyenne climatologique, retardant ainsi le cycle de production des stades des plus jeunes copépodites. L'abondance des copépodites de stade I (CI) a culminé en juin pour les deux années, et l'abondance des copépodites de stade II et III (CII-CIII) est demeurée élevée

jusqu'en septembre 2016. En 2017, la caractérisation du cycle de production des copépodites précédant le pic d'abondance des adultes (CVI) et suivant l'émergence des copépodites de stade I (CI) a été limitée par d'importantes interruptions dans l'échantillonnage à l'hiver et à la fin de l'été (Figure 17).

Le cycle climatologique saisonnier des stades de copépodites de *Pseudocalanus* spp. indique également que l'abondance relative des adultes (CVI) augmente à partir de janvier jusqu'à un maximum d'environ 50 % en avril, avant de diminuer au printemps et de se stabiliser à environ 12 % de juin à décembre. L'abondance des copépodites de stade I (CI) atteint également son maximum en mai mais dans une proportion moindre (environ 16 %) que celle observée pour *C. finmarchicus*. Elle diminue ensuite progressivement jusqu'en septembre à mesure que les individus se développent successivement vers les stades avancés. De septembre à janvier, les stades CIV et le CV demeurent les stades copépodites les plus abondants, chacun représentant environ 30 % de l'abondance totale. L'abondance maximale d'adultes enregistrée en avril 2016 et 2017 correspond aux données climatologiques, bien que l'absence de données pour les mois précédents n'ait pas permis de déterminer s'il s'agissait de maximums annuels. L'abondance maximale des copépodites de stade I (CI) a été atteinte un mois plus tard comparativement à la moyenne climatologique au cours des deux années. Le cycle de développement des stades copépodites a également été retardé en 2016 avec 9 % de CIII de plus, 3 % de CIV en moins et 7 % de CV en moins en novembre comparativement aux moyennes climatologiques. En 2017, la structure du cycle de production des copépodites à l'automne (octobre à décembre) était similaire à celle des moyennes climatologiques (Figure 17).

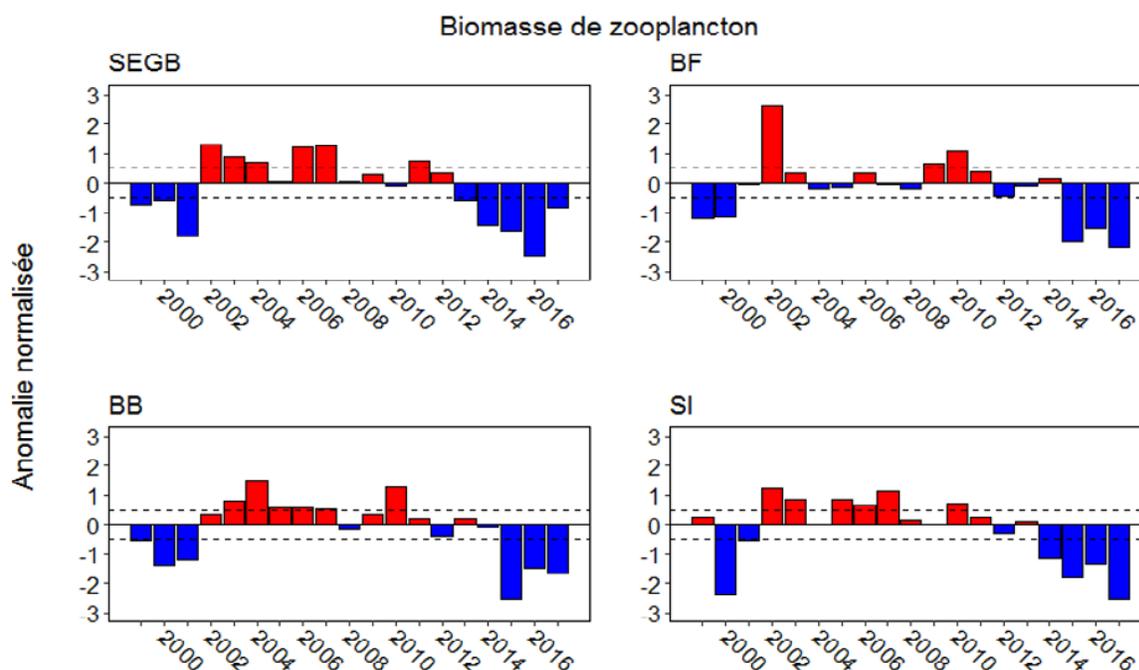


**Figure 17.** Variation intra-annuelle de l'abondance relative des copépodites de stade I à VI pour *Calanus finmarchicus* (panneaux supérieurs) et *Pseudocalanus* spp (panneaux inférieurs) durant la période de référence 1999 à 2015 et pendant les années d'échantillonnage 2016 et 2017. Les rectangles blancs dans le panneau du centre (année 2016) et le panneau de droite (année 2017) représentent des périodes de l'année sans collecte de données.

## Sections océanographiques

### Biomasse du zooplancton

Des tendances similaires de la biomasse de zooplancton ont été observées sur les Grands Bancs (sud-est du Grand Banc (SEGB), Bonnet Flamand (BF)), le plateau nord-est de Terre-Neuve et le plateau continental du Labrador au cours des 19 dernières années. La biomasse était surtout sous la normale de 1999 à 2001, près ou au-dessus de la normale 2002 à 2011, et de nouveau sous la normale de 2012 à 2017. En 2016 et 2017, la biomasse de zooplancton est demeurée faible sur toutes les sections et des minimum records pour les séries chronologiques ont été observés le long de la section SEGB en 2016, et des sections BF et l'Île Seal (SI) en 2017 (Figure 18).

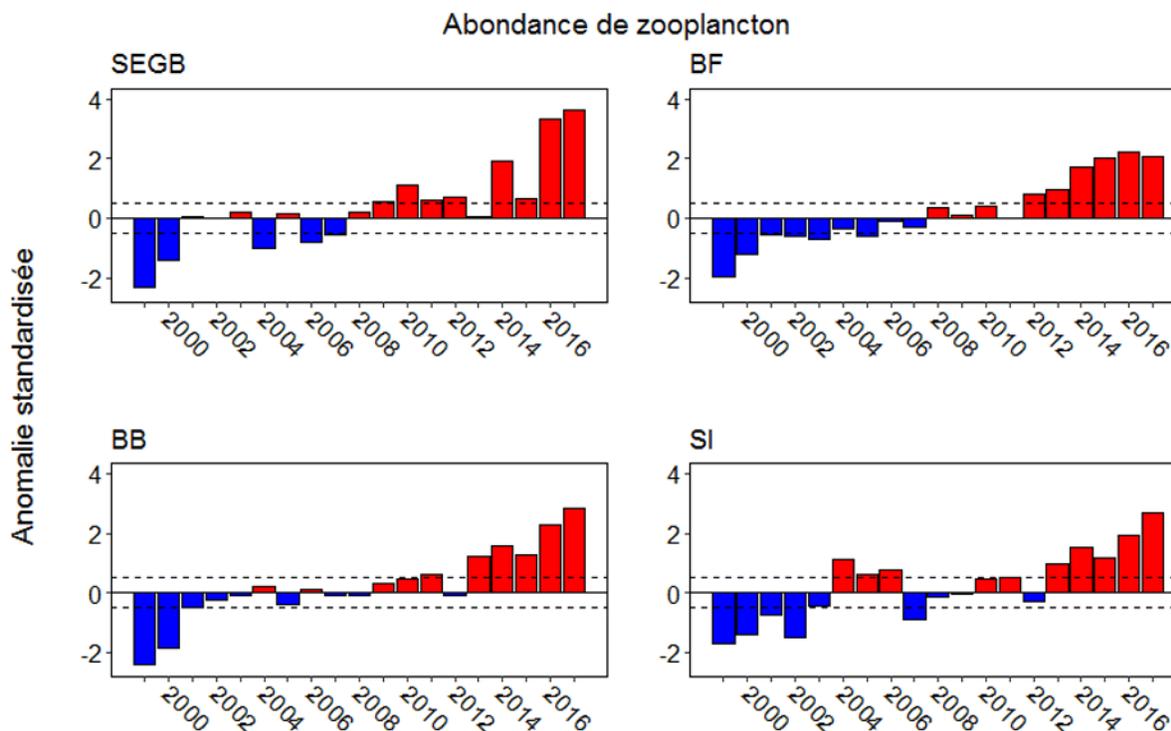


**Figure 18.** Anomalies annuelles normalisées de la biomasse de zooplancton pour quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); Bonnet Flamand (BF); Baie de Bonavista (BB); Île Seal (SI)], de 1999 à 2017. Les anomalies annuelles de la biomasse transformée en log [ $\ln(\text{biomasse } g/m^2 + 1)$ ] ont été calculées pour chaque section en utilisant la moyenne et l'écart-type calculées avec la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs fixes Année, Saison et Station. Les moyennes et écart-type de la biomasse transformée en log pour la période de référence 1999 à 2015 était : SEGB = 2,96 (0,93); BF = 4,88 (1,04); BB = 6,97 (2,31); SI = 6,27 (2,63). Les anomalies comprises dans un intervalle de  $\pm 0,5$  écart-type (lignes pointillées horizontales) de la moyenne pour la période de référence représentent des conditions normales.

### Abondance du zooplancton

Depuis le début du PMZA en 1999, l'abondance du zooplancton a montré des tendances globales à la hausse pour l'ensemble des sections. Les anomalies sont passées d'essentiellement négatives de 1999 à 2007, à l'exception des anomalies positives de 2004 à 2006 pour la section SI, à essentiellement positives de 2008 à 2017. Les anomalies

d'abondance observées en 2016 et 2017 étaient les deux plus élevées de la série chronologique de 19 ans pour chacune des sections (Figure 19).

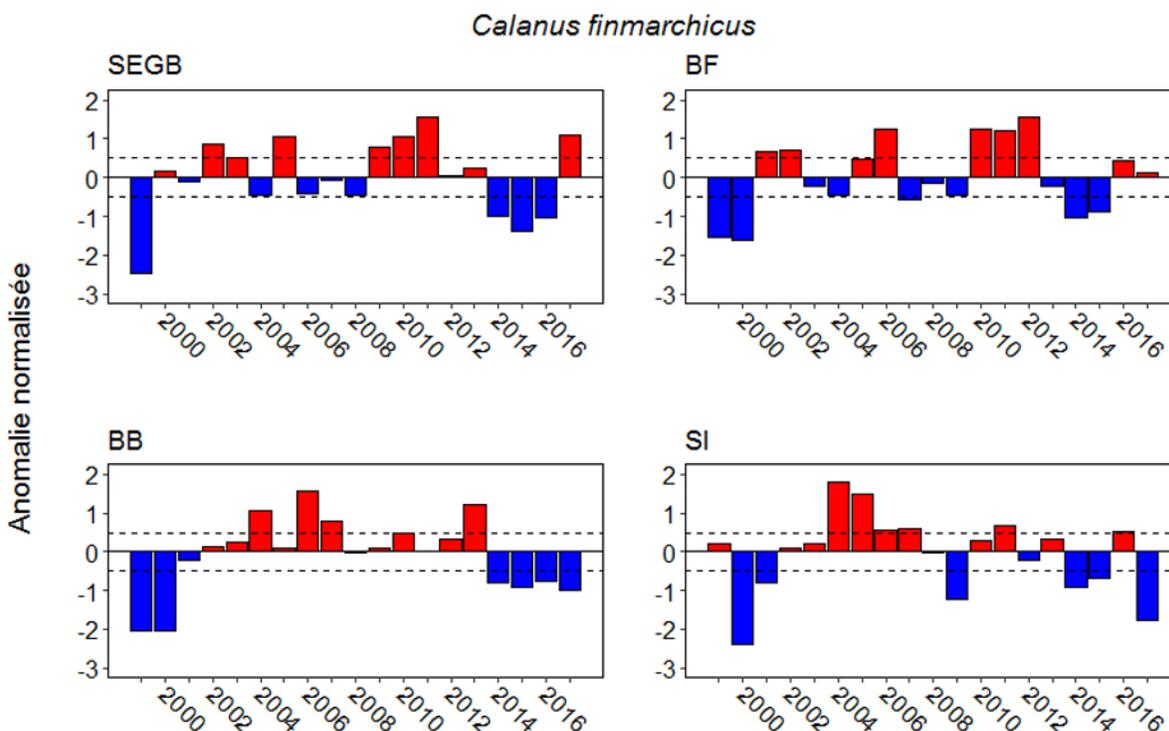


**Figure 19.** Anomalies annuelles normalisées de l'abondance du zooplancton sur quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); Bonnet Flamand (BF); Baie de Bonavista (BB); Île Seal (SI)] de 1999 à 2017. Les anomalies annuelles de l'abondance transformée en log [ $\ln(\text{individus m}^2 + 1)$ ] ont été calculées pour chaque section en utilisant la moyenne et l'écart-type calculées avec la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs fixes Année, Saison et Station. Les moyennes et écart-type de l'abondance transformée en log pour la période de référence 1999 à 2015 a été utilisé : SEGB = 118,36 (10,50); BF = 121,88 (13,48); BB = 135,01 (12,10); SI = 116,65 (15,18). Les anomalies comprises dans un intervalle de  $\pm 0,5$  écart-type (lignes pointillées horizontales) de la moyenne pour la période de référence représentent des conditions normales.

### *Calanus finmarchicus*

Aucune tendance claire n'a été observé quant à l'abondance des grands copépodes calanoïdes *C. finmarchicus* sur les Grands Bancs (SEGB et BF) avec des anomalies alternat entre des valeurs négatives et positives tous les 1 à 5 ans depuis 1999. L'abondance pour la section SEGB est revenue au-dessus de la normale en 2017 avec la deuxième anomalie positive en importance de la série chronologique alors que les anomalies sur la section BF étaient positives en 2016 et 2017 après trois années consécutives d'anomalies négatives. L'abondance dans le nord-est du plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador (BB) a généralement augmenté au cours des huit premières années du PMZA, passant d'un creux historique en 1999 à un sommet record en 2006. L'abondance est demeurée près ou au-dessus de la normale jusqu'en 2013 avant de chuter sous les moyennes climatologiques. L'abondance est demeurée à des niveaux faibles jusqu'en 2017. Sur le sud du plateau continental du Labrador (SI), l'abondance de *C. finmarchicus* a également augmenté rapidement, passant d'un minimum record au début de la série chronologique en 2000 à un maximum record en 2004, avant de retomber sous la normale en 2009. Depuis, les anomalies d'abondance alterne entre des valeurs positives et

négatives tous les 1 à 2 ans. L'abondance est demeurée principalement sous la normale depuis 2014 sur les plateaux continentaux du nord-est de Terre-Neuve et du sud du Labrador (BB et SI). L'anomalie positive enregistrée pour la section SI en 2016 a été suivie, en 2017, par la deuxième plus faible anomalie de la série chronologique (Figure 20).

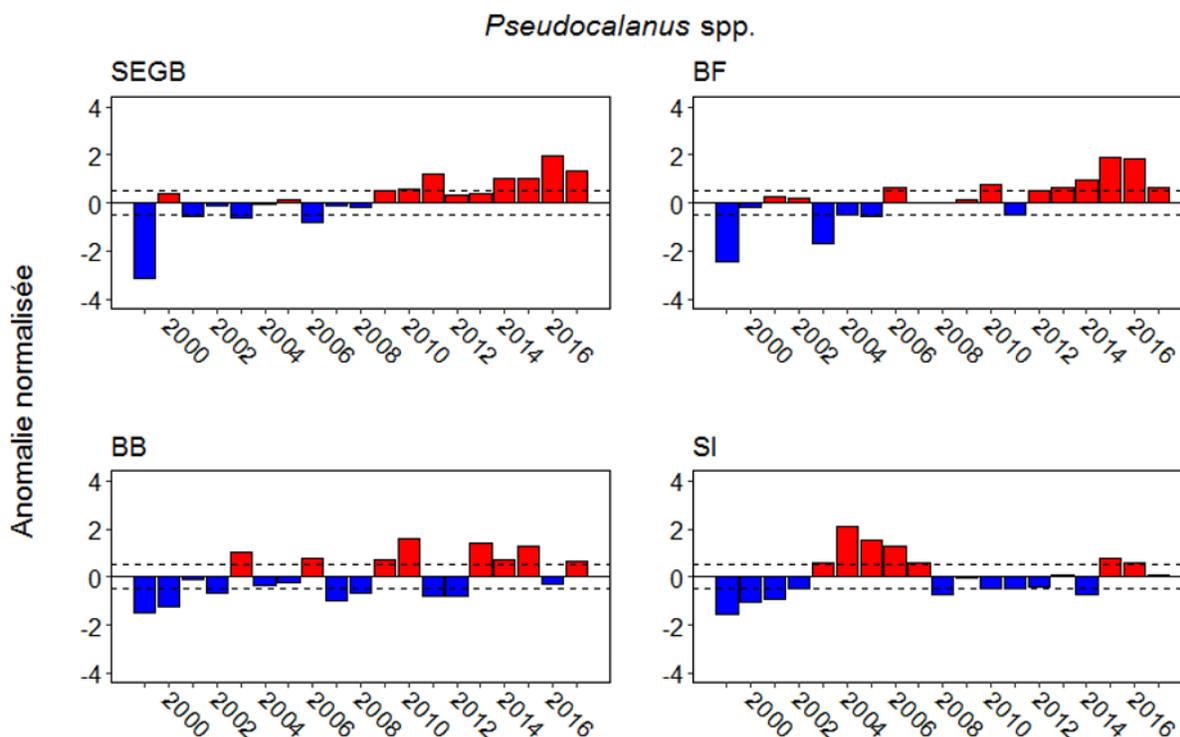


**Figure 20.** Anomalies annuelles normalisées de l'abondance de *Calanus finmarchicus* sur quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); Bonnet Flamand (BF); Baie Bonavista (BB); Île Seal (SI)] de 1999 à 2017. Les anomalies annuelles de l'abondance transformée en log [ $\ln(\text{individus } m^{-2} + 1)$ ] ont été calculées pour chaque section en utilisant la moyenne et l'écart-type calculées avec la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs fixes Année, Saison et Station. Les moyennes et écart-type de l'abondance transformée en log pour la période de référence 1999 à 2015 a été utilisé : SEGB = 8,04 (0,64); BF = 9,10 (0,34); BB = 9,66 (0,30); SI = 9,54 (0,68). Les anomalies comprises dans un intervalle de  $\pm 0,5$  écart-type (lignes pointillées horizontales) de la moyenne pour la période de référence représentent des conditions normales.

#### *Pseudocalanus* spp.

L'abondance des petits copépodes calanoïdes *Pseudocalanus* spp. présente une augmentation générale sur les Grands Bancs (SEGB et BF) depuis 1999, avec des abondances principalement supérieures à la normale depuis 2009 pour la section BF. En 2016 et 2017, l'abondance de *Pseudocalanus* spp. est demeurée élevée sur les Grands Bancs avec les deux anomalies les plus élevées de la série chronologique sur la section SEGB et les deuxième et troisième anomalies en importance sur la section BF. Sur le nord-est du plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador (BB), l'abondance était faible au début des années 2000 et oscille entre des anomalies positives et négatives tous les 1 à 3 ans depuis 2003. Dans le sud du plateau continental du Labrador (SI), l'abondance a augmenté régulièrement au cours des six premières années de la série chronologique, passant d'un creux record en 1999 à un sommet record en 2004, avant de diminuer au cours des quatre années suivantes. L'abondance est

demeurée près de la normale ou sous la normale de 2008 à 2014, mais a récemment augmenté au-dessus de la normale pour la première fois en presque huit ans. Sur le nord-est du plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador (BB), l'abondance est revenue près de la normale après trois années d'anomalies positives. Sur le sud-est du plateau continental du Labrador, l'abondance était légèrement au-dessus de la normale en 2016 et près des moyennes climatologiques en 2017 (Figure 21).

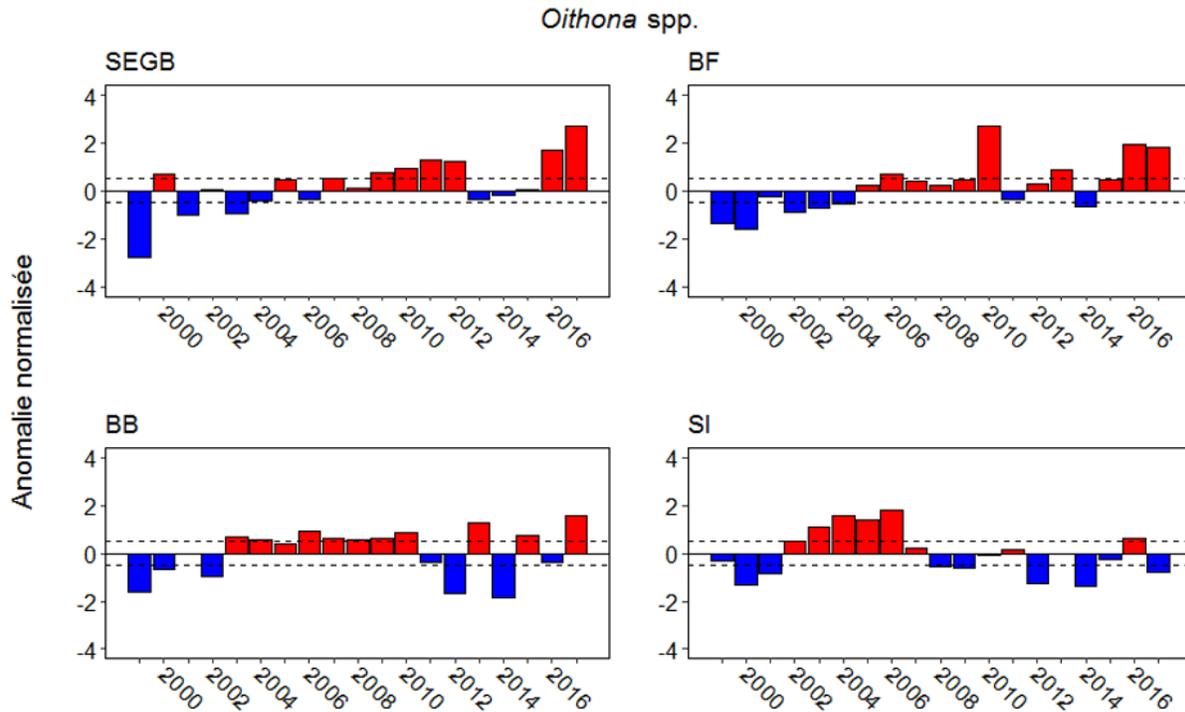


**Figure 21.** Anomalies annuelles normalisées de l'abondance de *Pseudocalanus* spp. sur quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); Bonnet Flamand (BF); Baie Bonavista (BB); Île Seal (SI)] de 1999 à 2017. Les anomalies annuelles de l'abondance transformée en log [ $\ln(\text{individus m}^{-2} + 1)$ ] ont été calculées pour chaque section en utilisant la moyenne et l'écart-type calculées avec la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs fixes Année, Saison et Station. Les moyennes et écart-type de l'abondance transformée en log pour la période de référence 1999 à 2015 a été utilisé : SEGB = 9,70 (0,42); BF = 8,42 (0,51); BB = 9,06 (0,39); SI = 9,92 (0,69). Les anomalies comprises dans un intervalle de  $\pm 0,5$  écart-type (lignes pointillées horizontales) de la moyenne pour la période de référence représentent des conditions normales.

#### *Oithona* spp.

L'abondance d'*Oithona* spp, un regroupement de deux petites espèces de copépodes cyclopoïdes (*Oithona similis* et *Oithona atlantica*), qui dominent numériquement les assemblages de copépodes dans l'Atlantique Nord-Ouest, a généralement augmenté sur les Grands Bancs (SEGB et BF) et dans le nord-est du plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador (BB) depuis le début du programme de monitoring en 1999. L'abondance d'*Oithona* spp. est demeurée au-dessus de la normale sur les Grands Bancs en 2016-2017, avec un sommet record pour le sud-est des Grands Bancs (SEGB) et les deuxième et troisième plus haute anomalies de la série chronologique pour le BF. L'abondance est demeurée surtout au-dessus de la normale pour BB au cours des 15 dernières années, à l'exception de 2012 et 2014 où les deux plus faibles anomalies de la série chronologique ont été observées. Sur le sud du

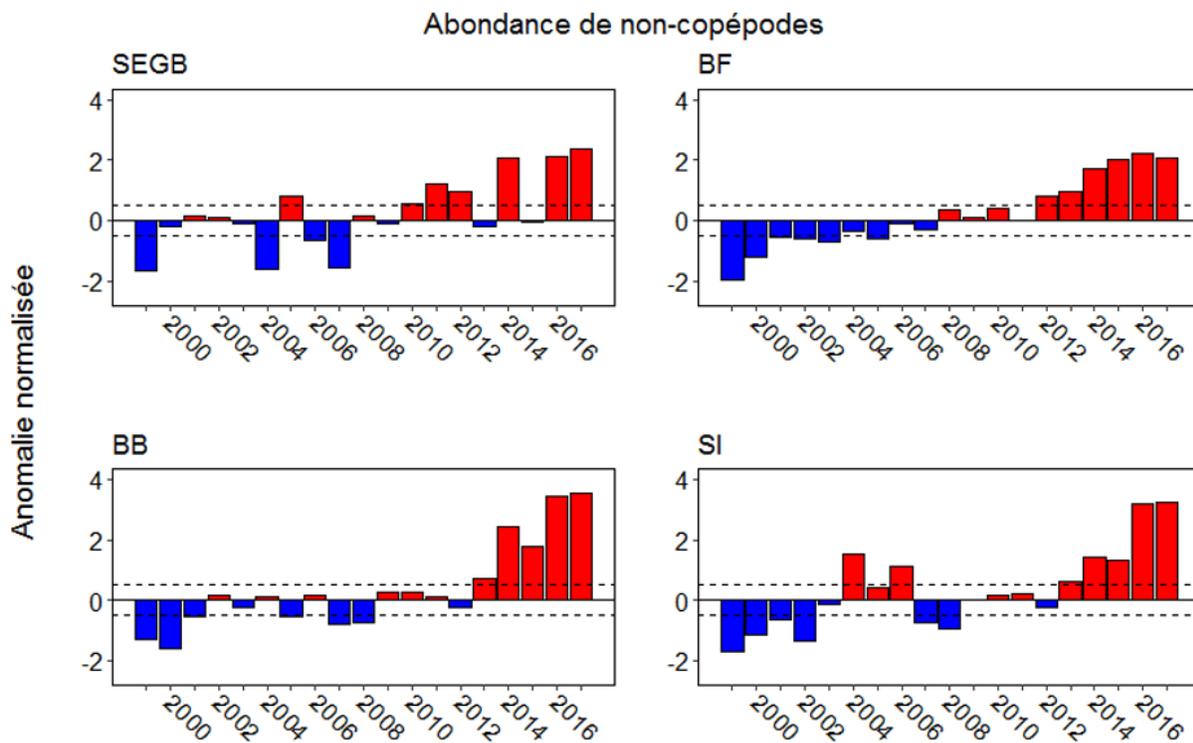
plateau continental du Labrador (SI), l'abondance a augmenté de 1999 à 2006, mais est revenue sous la normale en 2008 et est généralement demeurée près ou sous la normale jusqu'en 2017. L'abondance est passée de près de la normale en 2016 à un sommet record en 2017 pour la section BB, et est passée de légèrement au-dessus à au-dessous de la normale entre 2016 et 2017 sur le sud du plateau continental du Labrador (SI) (Figure 22).



**Figure 22.** Anomalies annuelles normalisées de l'abondance d'*Oithona* spp. sur quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); Bonnet Flamand (BF); Baie de Bonavista (BB); Île Seal (SI)] de 1999 à 2017. Les anomalies annuelles de l'abondance transformée en log [ $\ln(\text{individus } m^{-2} + 1)$ ] ont été calculées pour chaque section en utilisant la moyenne et l'écart-type calculées avec la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs fixes Année, Saison et Station. Les moyennes et écart-type de l'abondance transformée en log pour la période de référence 1999 à 2015 a été utilisé : SEGB = 10,74 (0,31); BF = 10,43 (0,31); BB = 10,25 (0,30); SI = 10,24 (0,77). Les anomalies comprises dans un intervalle de  $\pm 0,5$  écart-type (lignes pointillées horizontales) de la moyenne pour la période de référence représentent des conditions normales.

### Zooplancton non-copéode

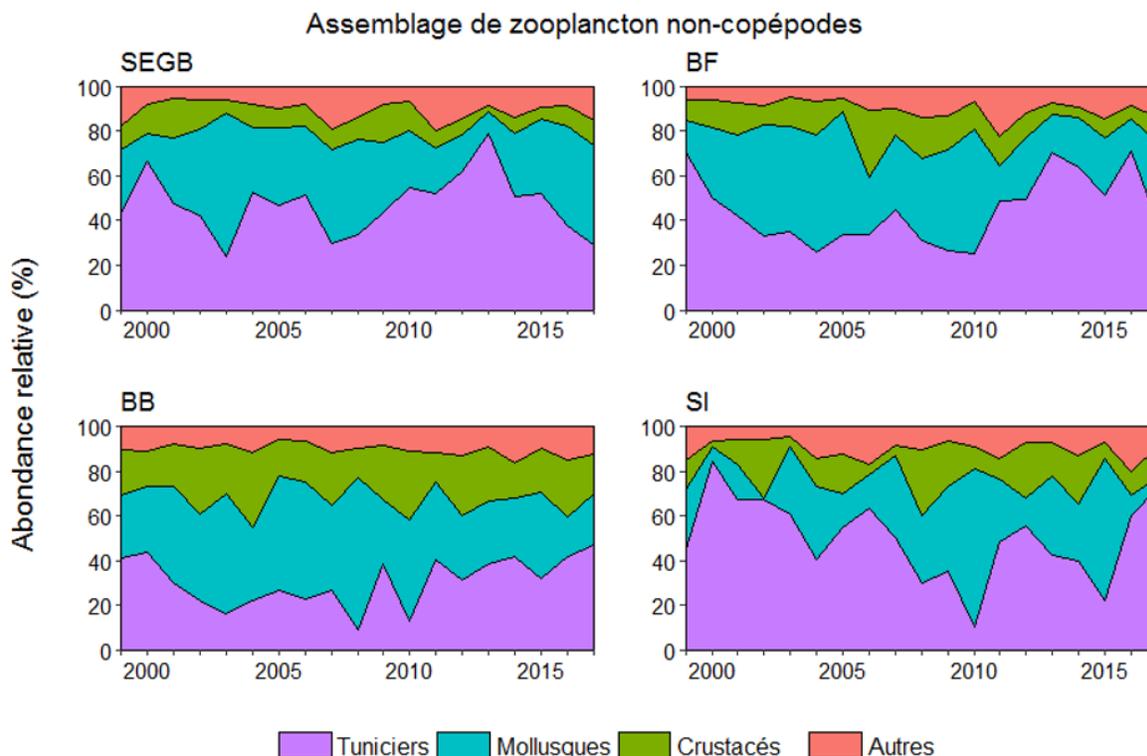
L'abondance des taxons zooplanctoniques non-copépodiens a récemment augmenté de plusieurs ordres de grandeur dans la région par rapport à la période de référence. Des sommets de séries chronologiques ont été atteints en 2016 et 2017 pour toutes les sections avec des anomalies variant entre 2,1 et 3,4 écart-type au-dessus des moyennes climatologiques. L'abondance des organismes non-copépodes pour le SEGB a fluctué entre des valeurs au-dessus et près de la normale depuis 2013 alors que les sections plus au nord (BF, BB et SI) ont montré une nette tendance à la hausse durant la même période avec cinq années consécutives où des anomalies positives ont été observées (Figure 23).



**Figure 23.** Anomalies annuelles normalisées de l'abondance des non-copépodes sur quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); Bonnet Flamand (BF); Baie Bonavista (BB); Île Seal (SI)] de 1999 à 2017. Les anomalies annuelles de l'abondance transformée en log [ $\ln(\text{biomasse g/m}^2 + 1)$ ] ont été calculées pour chaque section en utilisant la moyenne et l'écart-type calculées avec la méthode des moindres carrés appliquée à un modèle linéaire incluant les facteurs fixes Année, Saison et Station. Les moyennes et écart-type de l'abondance transformée en log pour la période de référence 1999 à 2015 ont été : SEGB = 35,53 (4,18); BF = 33,54 (6,02); BB = 34,11 (4,77); SI = 31,21 (6,51). Les anomalies comprises dans un intervalle de  $\pm 0,5$  écart-type (lignes pointillées horizontales) de la moyenne pour la période de référence représentent des conditions normales.

Les assemblages de zooplancton non-copépodien le long des différentes sections sont dominés par les tuniciers (principalement *Oikopleura* spp. et *Fritilla borealis*) et par les mollusques planctoniques, notamment les gastéropodes pélagiques *Limacina* spp. Ces deux taxons représentent au total de 56 à 92 % de l'abondance des organismes non-copépodiens. Pour la section SEGB, la proportion relative de tuniciers a diminué, passant d'un niveau record de 79 % en 2013 à respectivement 39 % et 30 % en 2016 et 2017, ces dernières valeurs étant les plus faibles en 15 ans. L'abondance totale des mollusques planctoniques a pratiquement doublé au cours de la même période et leur proportion est passée de 10 % à 44 %. Pour la section du BF, la proportion de tuniciers a nettement augmenté, passant d'un creux record de 25 % en 2010 à un sommet record de 73% en 2016 avant de retomber à 37 % en 2017. Là encore, la diminution de l'abondance relative des tuniciers entre 2016 et 2017 a été associée à une augmentation de 23 % de la proportion de mollusques. Sur la section BB, la proportion de tuniciers augmente généralement à partir de 2010 pour atteindre un niveau record de 49 % en 2017. Pour la section SI, l'abondance relative des tuniciers a nettement augmenté, passant de 24 % en 2015 (deuxième valeur la plus faible de la série chronologique) à 61 % et 75 % respectivement en 2016 et 2017, cette dernière valeur étant la plus élevée enregistrée en dix ans. La proportion de mollusques en 2016 et 2017 est tombée en dessous de 20 % pour la première fois de la

série chronologique pour la section BB, et en dessous de 10 % pour la première fois depuis 2002 pour la section SI. L'abondance des crustacés non-copépodes était largement dominée par les ostracodes, les euphausiacés et les cladocères sur les Grands Bancs (SEGB et BF) et par les ostracodes et les euphausiacés sur les plateaux continentaux nord-est de Terre-Neuve (BB) et du sud du Labrador (SI). L'abondance relative moyenne des crustacés non-copéodiens variait entre 10 % (SEGB) et 22 % (BB) et ne montrait aucune tendance temporelle claire pour aucune des sections océanographiques (Figure 24).



**Figure 24.** Abondance relative annuelle des principaux groupes zooplanctoniques noncopepodiens sur quatre sections océanographiques [sud-est du Grand Banc (SEGB); bonnet Flamand (BF); Baie de Bonavista (BB) Seal Island (SI)] de 1999 à 2017.

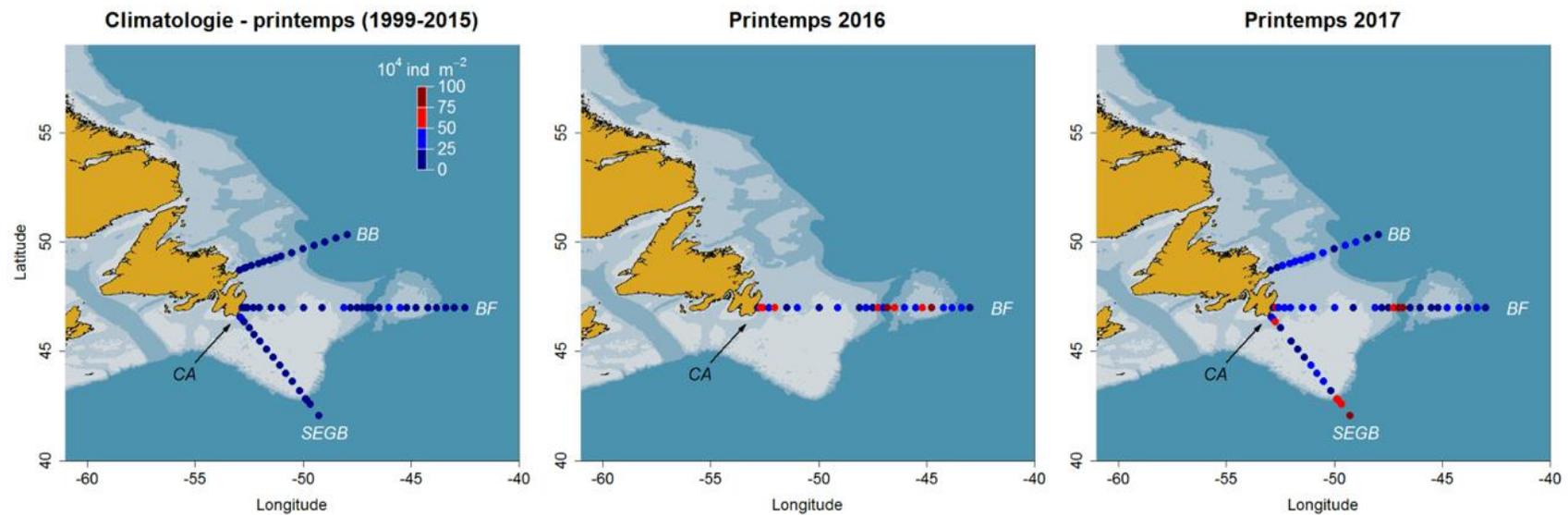
### Répartition spatiale

Au printemps 2016 et 2017, les plus fortes abondances de zooplancton ont été observées dans le chenal d'Avalon, la passe Flamande et sur le rebord du plateau continental pour SEGB (Figure 25). En été, les plus fortes abondances de zooplancton ont été observées sur le bonnet Flamand et dans les eaux du rebord extérieur du plateau des sections BB (2017 seulement) et BF. Les profils de distribution du zooplancton le long des sections BB et BF étaient semblables pour les deux années, mais l'abondance le long de la section SI a diminué en 2017 comparativement à 2016 (Figure 26). À l'automne 2016, le zooplancton était présent en forte concentration dans le chenal Avalon et dans les eaux peu profondes (<100 m) du sud-est des Grands Bancs. En 2017, les plus fortes abondances ont été observées sur le rebord du plateau continental du secteur BB et sur la moitié est des Grands Bancs le long du secteur BF (Figure 27).

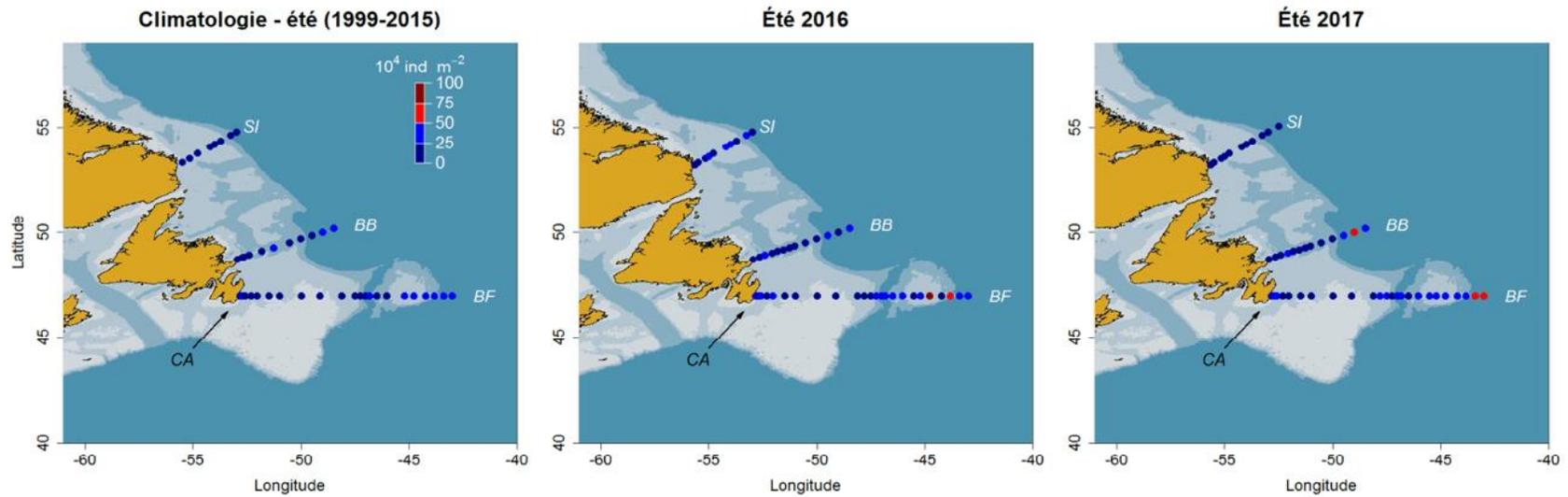
En général, les stations d'échantillonnage à forte concentration de zooplancton étaient regroupées spatialement dans des zones associées à des courants limitrophes, comme le front

---

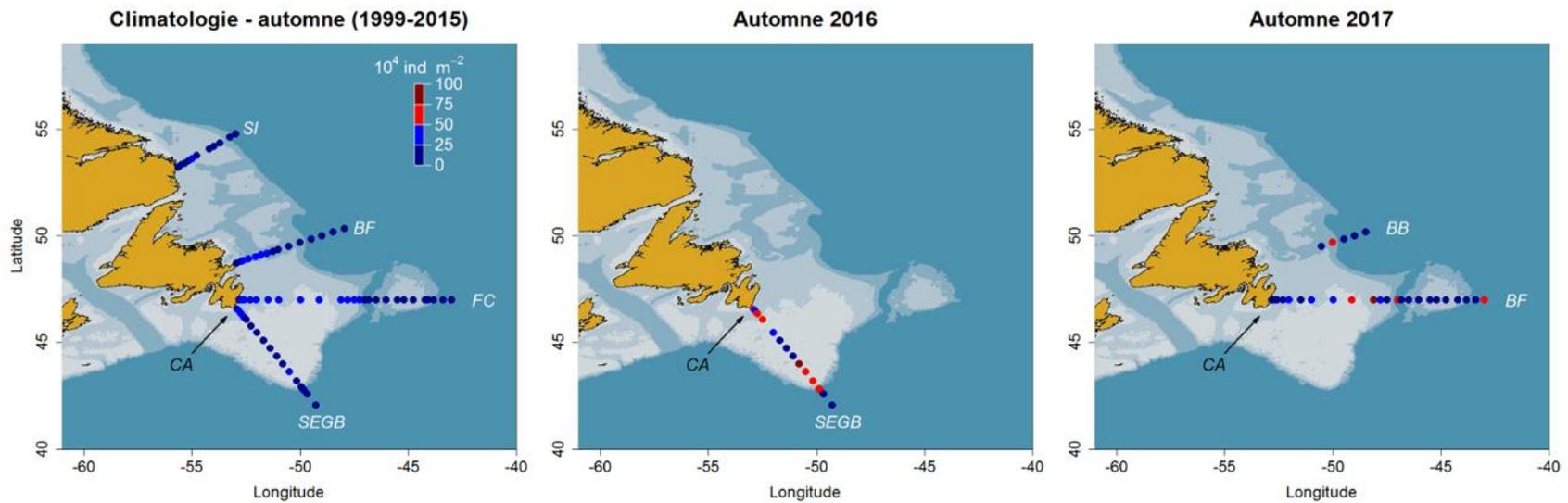
océanique entre le courant du Labrador et le Gulf Stream à la queue des Grands Bancs et dans la région du bonnet Flamand, ou à des caractéristiques topographiques comme le chenal Avalon, le bonnet Flamand, la passe Flamande et le rebord du plateau. Les abondances globales en 2016 et 2017 étaient supérieures aux moyennes climatologiques pour toutes les sections océanographiques, à l'exception de BB à l'été 2016 et de SI à l'été 2017, où les profils d'abondance étaient semblables aux données climatologiques. La comparaison des profils de distribution du zooplancton entre 2016 et 2017 est limitée par l'absence de sections océanographiques partagées lors des relevés d'automne pour ces deux années (figures 25, 26 et 27).



**Figure 25.** Abondance printanière du zooplancton par station le long de trois sections océanographiques [baie de Bonavista (BB); Bonnet Flamand (BF); sud-est du Grand Banc (SEGB)] pour la période de référence climatologique (gauche), l'année 2016 (centre) et l'année 2017 (droite). Les isobathes de 100, 300 et 1000 m représentent le gradient de couleur de l'océan, du plus clair au plus foncé. La flèche noire indique l'emplacement du chenal d'Avalon (CA).



**Figure 26.** Abondance estivale du zooplancton par station le long de trois sections océanographiques [île Seal (SI); Baie de Bonavista (BB); bonnet Flamand (BF)] pour la période de référence climatologique (gauche), l'année 2016 (centre) et l'année 2017 (droite). Les isobathes de 100, 300 et 1000 m représentent le gradient de couleur de l'océan, du plus clair au plus foncé. La flèche noire indique l'emplacement du chenal d'Avalon (CA).



**Figure 27** : Abondance automnale du zooplancton par station le long de quatre sections océanographiques [île Seal (SI); baie Bonavista (BB); bonnet Flamand (BF); sud-est du Grand Banc (SEGB)] pour la période de référence climatologique (gauche), 2016 (centre) et 2017 (droit). Les isobathes de 100, 300 et 1000 m représentent le gradient de couleur de l'océan, du plus clair au plus foncé. La flèche noire indique l'emplacement du chenal d'Avalon (CA).

---

## DISCUSSION

Les observations de la biomasse de phytoplancton inféré à partir des données optiques et des échantillonnage de pigments à la station d'échantillonnage à haute fréquence (S27) indiquent une réduction de la floraison printanière au cours des dernières années comparativement aux observations à long terme. Une productivité plus faible peut également être associée à une mortalité plus élevée en raison des effets du broutage par le zooplancton. Les indices de l'habitat physique à la station S27 sont graduellement revenus à la normale après une période de refroidissement et de rafraîchissement des masses d'eau de concert avec des changements connexes tels l'augmentation de l'étendue des glaces de mer et de la stratification des masses d'eau (Cyr *et al.* 2018). Le refroidissement et le rafraîchissement peuvent avoir une incidence sur la production phytoplanctonique en limitant la disponibilité du rayonnement solaire en raison de la présence de glace de mer, en diminuant le mélange des masses d'eau par les vents et le transport des macronutriments des couches profondes vers la zone euphotique en raison d'une augmentation de la stratification, et en raison des taux de croissance réduits découlant des températures plus froides. L'importante réduction de la biomasse de phytoplancton observée à S27 peut être liée aux processus physiques ci-dessus, mais l'augmentation de l'abondance de petits copépodes observée au cours des dernières années peut également avoir contribué à une augmentation de la pression exercée par le broutage sur les stocks actuels de phytoplancton. La réduction des macronutriments observée à S27 au cours des dernières années semble correspondre aux données climatologiques à long terme, indiquant qu'une plus grande pression exercée par la prédation pourrait être la cause de la réduction du stock actuel de phytoplancton, bien qu'une partie de la floraison printanière puisse avoir été manquée par l'échantillonnage en raison du nombre limité d'occupations de la station S27 en 2016 et 2017. La couverture synoptique à grande échelle des indices de la couleur de l'océan près de la surface sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador indique un déclin de la biomasse du phytoplancton pendant la floraison printanière. Les faibles valeurs des inventaires de macronutriments observés de 2010 à 2013 dans les couches profondes et peu profondes des sections océanographiques standards, pouvant être associés à une production primaire plus faible, ont depuis remontés à des niveaux près de la normale en 2016 à 2017. Les retards dans la floraison printanière observés au cours des dernières années sont également cohérents avec l'imagerie à grande échelle de la couleur de l'océan sur le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador indiquant l'influence d'un forçage environnemental à grande échelle.

La tendance dominante à grande échelle d'augmentation de l'abondance du zooplancton observée dans les eaux du plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador depuis le début du PMZA en 1999 s'est maintenue jusqu'en 2017. Sur les Grands Bancs et le nord-est du plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador, l'abondance accrue du zooplancton semble être principalement attribuable à l'abondance des petits copépodes appartenant aux taxons *Pseudocalanus* et *Oithona*. Dans le sud du plateau continental du Labrador, l'abondance de ces taxons est demeurée près de la normale depuis 2007 et ne peut donc expliquer la tendance à la hausse observée pour la section SI. D'autres petits copépodes comme *Oncaea* et *Microcalanus* spp. ainsi que le zooplancton gélatineux (p. ex. Appendicularia) ont augmenté d'un facteur d'environ 1,5 et 2, respectivement, par rapport aux moyennes climatologiques. Cependant, la contribution des petits copépodes à la biomasse globale du zooplancton est limitée, comme le montre l'important déclin de la biomasse au cours des trois ou quatre dernières années malgré et les abondances record enregistrées durant la même période. La biomasse de zooplancton sur les Grands Bancs et le plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador est normalement dominée de façon saisonnière par de grands copépodes à haute teneur énergétique qui jouent un rôle critique dans le transfert d'énergie vers les niveaux trophiques supérieurs, y compris les stades planctonophages de plusieurs espèces de poissons d'importance sur le plan

---

écologique et économique. *Calanus finmarchicus* est le plus abondant et le plus largement répandu des grands copépodes calanoïdes et contribue à la majorité de la biomasse de mésozooplancton dans l'Atlantique Nord-Ouest. Les similitudes entre les profils de variation des anomalies d'abondance de *C. finmarchicus* et de biomasse du zooplancton confirment le lien étroit entre l'abondance des grands copépodes calanoïdes et la biomasse totale du zooplancton dans le système. Les tendances de l'abondance des sections S27, SEGB et BF laissent croire à un rétablissement récent de *C. finmarchicus* sur les Grands Bancs. L'importante augmentation de *C. finmarchicus* observée en 2017 sur la section SEGB a été associée à une augmentation de la biomasse qui est passée d'un creux record en 2016 à un niveau près de la normale l'année suivante. Toutefois, depuis 2015, la biomasse est demeurée à son niveau le plus bas le long de la section du BF malgré que l'abondance soit passée d'au-dessous à au-dessus de la normale pendant la même période. Il est intéressant de noter que la biomasse du zooplancton de petite taille (<1 mm) à S27 est également demeurée inférieure à la normale en 2016 et 2017 malgré la forte abondance des petits copépodes, qui dominent normalement la fraction de petite taille ainsi que les premiers stades de vie des copépodes calanoïdes. Une proportion plus élevée des appendiculaires à corps mous et une diminution de l'abondance relative des taxons arborant des structures calcaires (mollusques) peuvent avoir annulé l'effet de l'abondance accrue des copépodes sur la biomasse sèche du zooplancton dans certaines zones du plateau. Les récentes augmentations de l'abondance du zooplancton non-copépodien ont contribué de façon importante à l'augmentation globale de l'abondance du zooplancton observée dans la région. Cependant, aucun groupe taxonomique spécifique n'est apparu comme le seul responsable de cette augmentation de l'abondance des organismes planctoniques non-copépodiens.

La synchronisation est un mécanisme clé affectant les interactions trophiques dans des environnements variables, et l'inadéquation temporelle entre les niveaux trophiques peut avoir de profonds effets en cascade sur la structure des communautés dans les écosystèmes. Le retard du début de la floraison printanière observé depuis 2012, associé au refroidissement et au rafraîchissement généraux (Cyr *et al.* 2018), pourrait être en partie responsable du retard du cycle de production de *C. finmarchicus* adulte (CVI) et des stades des copépodites les plus jeunes (CI) à S27 en 2016 et 2017 ainsi que des taxons généraux. L'abondance maximale des adultes observée pour *Pseudocalanus* spp. en 2016 et 2017 concorde avec les moyennes climatologiques, bien que les interruptions dans l'échantillonnage aient masqué le moment de la production des stades CVI. La production de CI a également été retardée d'environ un mois pour *Pseudocalanus* spp. en 2017, mais l'interruption de l'échantillonnage de juillet à octobre limite notre interprétation de l'effet d'un cycle saisonnier tardif de copépodites sur la structure phénologique de la population à un moment de l'année où l'abondance est normalement maximale.

Les tendances globales de variation entre les nutriments, la biomasse du phytoplancton et l'abondance du zooplancton mettent en évidence la relation entre les conditions biogéochimiques (stock de nitrates) et la production primaire (biomasse du phytoplancton) et secondaire (biomasse de zooplancton). Des signes persistants indiquent un changement dans la structure de la communauté des copépodes caractérisé par un déclin général des grands copépodes calanoïdes à haute teneur énergétique en faveur des petites espèces calanoïdes et cyclopoïdes. D'autres recherches sont nécessaires pour comprendre les raisons de ces changements importants dans la structure des communautés de zooplancton et leur impact potentiel sur le système à des niveaux trophiques supérieurs.

---

## SOMMAIRE

- En général, les indices optiques et les inventaires de chlorophylle *a* associés à la floraison printanière étaient inférieurs aux moyennes climatologiques en 2016-2017.
- Les stocks de macronutriments en eau peu profondes (< 50 m) et profondes (> 50 m) le long des sections océaniques standards sont revenus à des niveaux près de la normale en 2016-2017.
- Les inventaires de chlorophylle *a* dérivés des relevés océanographiques saisonniers et de la station d'échantillonnage à haute fréquence de T.-N.-L. sont demeurés sous la normale en 2016-2017, mais ont augmenté graduellement depuis le creux record observé en 2015.
- Les mesures de la floraison printanière dérivées de l'imagerie satellitaire indiquent que l'ampleur et l'amplitude du cycle de production printanière ont été inférieures à la normale dans la plupart des sous-régions de T.-N.-L. en 2016 (creux record) et en 2017, comparativement aux moyennes climatologiques.
- Les floraisons printanières ont commencé plus tard que la normale en 2016 et 2017, mais leur durée était plus longue que la normale d'après les images satellitaires.
- L'abondance du zooplancton a continué d'augmenter en 2016 et 2017 sur les Grands Bancs, le nord-est du plateau continental de Terre-Neuve et le sud du plateau continental du Labrador. L'abondance pour chacune des sections océanographiques standards en 2016 et 2017 représentait les deux plus grandes anomalies positives observées depuis le début du PMZA en 1999.
- La biomasse de zooplancton est demeurée sous la normale en 2016 et 2017 sur les Grands Bancs, le nord-est du plateau continental de Terre-Neuve et le sud du plateau continental du Labrador. De nouveaux creux records pour les séries chronologiques ont été enregistrées en 2016 ou 2017 sur trois des quatre sections océanographiques standards.
- L'abondance des gros copépodes calanoïdes *Calanus finmarchicus* a augmenté sur les Grands Bancs, et les anomalies sont revenues au-dessus de la normale en 2016 et 2017 sur les sections BF et SEGB, respectivement. L'abondance est demeurée généralement sous la normale sur le nord-est du plateau continental de Terre-Neuve et le sud du plateau continental du Labrador.
- L'abondance des petits copépodes calanoïdes *Pseudocalanus* spp. est demeurée élevée sur les Grands Bancs en 2016 et 2017, avec des anomalies parmi les plus élevées ayant été enregistrées depuis 1999., mais a diminué à des valeurs près de la normale sur le plateau continental nord-est de Terre-Neuve et le plateau continental du Labrador.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions les nombreux scientifiques et techniciens du Centre des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest d'avoir recueilli et fourni une grande partie des données contenues dans cette analyse. Carla Caverhill et Cathy Porter de l'Institut océanographique de Bedford ont donné accès aux données sur la couleur de l'océan. Nous remercions également les capitaines et les équipages du NGCC *Teleost*, du NGCC *Needler* et du NGCC *Hudson* pour la collecte de données océanographiques en 2016 et 2017. Nous remercions Catherine Johnson et Marjolaine Blais d'avoir révisé le document.

---

## RÉFÉRENCES

- Blais, M., Devine, L., Lehoux, C., Galbraith, P.S., Michaud, S., Plourde, S., and M. Scarratt. 2018. Chemical and Biological Oceanographic Conditions in the Estuary and Gulf of St. Lawrence during 2016. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/037. iv + 57 pp.
- Cyr, F., Colbourne, E., Holden, J., Snook, S., Han, G., Chen, N., Bailey, W., Higdon, J., Lewis, S., Pye B. and D. Senciall. 2019. Physical Oceanographic Conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2017. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. In press.
- DFO. 2018. Oceanographic Conditions in the Atlantic Zone in 2017. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2018/039.
- Johnson, C., Devred, E., Casault, B., Head, E., and Spry, J. 2018. Optical, Chemical, and Biological Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Eastern Gulf of Maine in 2016. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/017. v + 58 p.
- Mitchell, M. R., Harrison, G., Pauley, K., Gagné, A., Maillet, G., and P. Strain. 2002. Atlantic Zonal Monitoring Program sampling protocol. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 223: iv + 23 pp.
- Platt, T., Sathyendranath, S., Caverhill, C.M., and M.R. Lewis. 1988. Ocean primary production and available light: further algorithms for remote sensing. *Deep Sea Res.* 35: 855 – 879.
- Zhai, L., Platt, T., Tang, C., Sathyendranath, S., and R. Hernández Walls. 2011. Phytoplankton phenology on the Scotian Shelf. *ICES J. Mar. Sci.* 68(4): 781-791.