



ÉTAT DE L'OCÉAN EN 2007 : CONDITIONS CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DANS LE GOLFE DU MAINE ET LA BAIE DE FUNDY AINSI QUE SUR LE PLATEAU NÉO-ÉCOSSAIS

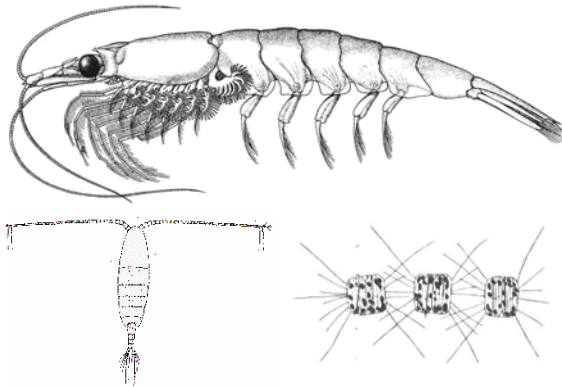


Figure 1. Stations fixes du PMZA dans la Région des Maritimes et transects du plateau néo-écossais.

Contexte

Le Programme de monitoring de la zone Atlantique (PMZA) a été mis en œuvre en 1998 dans les buts suivants : 1) permettre au MPO de mieux comprendre, décrire et prévoir l'état de l'écosystème marin et 2) quantifier les changements qui se produisent dans les propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'océan, ainsi que dans les relations prédateur-proie parmi les ressources marines. Un des éléments essentiels du PMZA est l'évaluation annuelle de la répartition et de la variabilité des nutriments, et du plancton qui en dépend.

Le PMZA utilise des données provenant d'un réseau de points d'échantillonnage (stations fixes, transects du plateau continental, relevés sur le poisson de fond, télédétection par satellite) au Québec, dans les Maritimes, dans le sud du Golfe et à Terre-Neuve, qui sont échantillonnés à une fréquence allant de toutes les deux semaines à une fois l'an. On recueille aussi de l'information au sujet de l'abondance relative et de la structure de la communauté de plancton, de l'Islande à la côte de Terre-Neuve et de Terre-Neuve au golfe du Maine, grâce à des enregistreurs de plancton en continu (CPR) installés sur des navires commerciaux.

Une description de la répartition spatio-temporelle des nutriments dissous dans l'eau de mer (nitrates, silicates, phosphates) et de la concentration d'oxygène nous donne des renseignements importants sur les mouvements de la masse d'eau ainsi que sur la période et l'ampleur des cycles de production biologique, et sur les lieux où ils se manifestent. Une description de la répartition du phytoplancton et du zooplancton apporte quant à elle des renseignements importants sur les organismes qui forment la base du réseau trophique marin. Il est essentiel de comprendre les cycles de production du plancton pour appliquer une approche écosystémique à la gestion des pêches.

SOMMAIRE

- En 2007, les concentrations hivernales de nutriments étaient normales à la station Halifax-2 et supérieures à la normale à la station Prince-5.
- Dans les eaux profondes (50-150 m), les concentrations de nutriments étaient faibles sur l'ensemble du plateau néo-écossais au printemps 2007. L'été, les concentrations de nutriments et la profondeur de leur zone de raréfaction à Halifax-2 et à Prince-5 étaient parmi les plus basses observées depuis qu'on a commencé à les mesurer, en 1999. L'efflorescence phytoplanctonique printanière atteignait des niveaux records sur la totalité du plateau néo-écossais en avril 2007.
- Les concentrations de chlorophylle en dehors de la période d'efflorescence sont en baisse depuis le début de la série d'observations (1999).
- La biomasse et l'abondance du zooplancton étaient faibles en 2007, mais on a observé des pics quasi-records dans la biomasse de zooplancton et dans l'abondance de *C. finmarchicus* à Halifax-2.
- Les taxons de zooplancton des eaux chaudes, qui sont habituellement abondants en été et en automne, se trouvaient en concentration inférieure à la normale sur le plateau néo-écossais et les espèces arctiques y représentaient une proportion de la communauté supérieure à la normale dans l'est du plateau néo-écossais.
- À Prince-5, les espèces normalement prédominantes étaient peu abondantes, mais les cladocères étaient nombreux.
- Il ressort des données provenant des enregistreurs continus de plancton que comparativement aux données antérieures (enregistrées à partir de 1961), l'abondance actuelle de phytoplancton et de zooplancton sur le plateau néo-écossais est proche de la moyenne à long terme.

INTRODUCTION/RENSEIGNEMENTS DE BASE

Le cycle de production du plancton dépend largement de phénomènes physiques. La croissance des plantes marines microscopiques (phytoplancton) nécessite en particulier de la lumière et des nutriments (comme les nitrates, phosphates et silicates). Or, parmi les principaux nutriments disponibles, l'azote est celui qui, en général, est le moins abondant dans les eaux côtières; cela, pense-t-on, limite la croissance du phytoplancton, particulièrement en été. Une description du cycle des nutriments sur le plateau continental aidera à comprendre et à prédire la variabilité spatio-temporelle des populations de plancton.

Le phytoplancton constitue la base de la chaîne trophique marine et la source alimentaire principale de la partie animale du plancton, le zooplancton. Le phytoplancton et le zooplancton servent à leur tour de nourriture aux larves des poissons et aux invertébrés, et ils influent donc sur leur taux de survie. Comprendre les cycles du plancton permettra donc de mieux évaluer l'état de l'écosystème marin et sa capacité à entretenir des pêches de capture.

Le PMZA donne des renseignements fondamentaux sur la variabilité naturelle des propriétés physiques, chimiques et biologiques du plateau continental de l'Atlantique Nord-Ouest. Les relevés écosystémiques au chalut (sur le poisson de fond) et l'échantillonnage sur des transects du plateau continental donnent des renseignements géographiques régionaux détaillés, mais qui sont d'une portée saisonnière limitée. Des stations fixes placées dans des points stratégiques, comme la station 2, le long du transect d'Halifax, sur le plateau néo-écossais, et la station Prince 5, dans la baie de Fundy, servent à compléter l'échantillonnage de nature géographique, en donnant des renseignements plus détaillés sur les changements saisonniers dans les propriétés de l'écosystème. Par ailleurs, la

téledétection par satellite de la biomasse de phytoplancton à la surface de la mer (chlorophylle) nous offre une large perspective, à l'échelle de la zone, de l'importante variabilité de l'environnement et de l'écosystème. Enfin, les enregistreurs de plancton en continu (CPR) nous procurent des renseignements sur la variabilité à grande échelle, interrégionale et à long terme (de plusieurs années à plusieurs décennies) de l'abondance du plancton et de la structure de sa communauté.

ÉVALUATION/ANALYSE

Nutrients

Stations fixes : La répartition des principaux nutriments inorganiques dissous (nitrates, silicates, phosphates) observés dans le cadre du PMZA varie grandement dans l'espace et dans le temps (Petite et al. 1999). Pour cette raison et à cause du fait que la disponibilité de l'azote limitera très probablement la croissance du phytoplancton dans nos eaux côtières (MPO, 2000), l'accent sera mis dans le présent document sur la variabilité des concentrations de nitrates.

On a observé au printemps et au début de l'été 2007 une diminution rapide des concentrations de nitrates près de la surface dans les deux stations fixes de la Région des Maritimes (fig. 2). Les basses valeurs des concentrations superficielles ont persisté durant tout l'été et l'automne à Halifax-2 et elles n'ont augmenté qu'à la fin de l'automne. La zone de raréfaction des nitrates (définie comme étant les profondeurs auxquelles les concentrations étaient $\leq 1 \text{ mmol/m}^{-3}$) à Halifax-2 en été 2007 (38 m) était plus profonde que la normale à long terme (34 m) et proche d'atteindre les profondeurs records observées en 2004 et 2005 ($> 40 \text{ m}$). L'évolution saisonnière de la structure verticale des nitrates à Halifax-2 en 2007 était similaire à ce qui avait été observé les années précédentes. Toutefois, la représentation des anomalies de nitrates révélait que les concentrations de nitrates dans les eaux de surface en 2007 étaient proches de la normale et quelque peu inférieures (de -2 à -4 mmol/m^{-3}) dans les eaux profondes ($> 50 \text{ m}$) à la moyenne à long terme. Les concentrations de nitrates près de la surface à Prince-5 en 2007 ne sont jamais descendues sous 2 mmol/m^{-3} . La représentation des anomalies à cette station révélait que les concentrations de nitrates étaient plus élevées ($> 2 \text{ mmol/m}^{-3}$) que d'habitude en hiver et qu'elles étaient variables ($\pm 2 \text{ mmol/m}^{-3}$) en surface et dans les eaux profondes le reste de l'année.

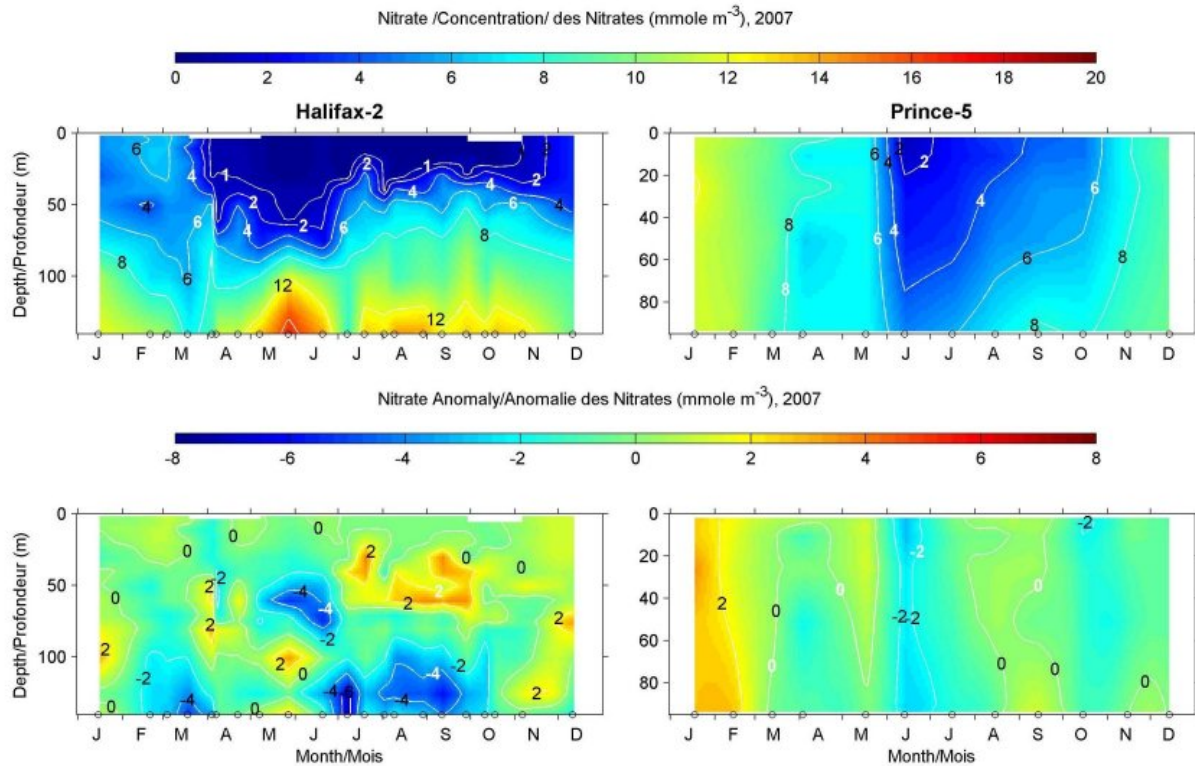


Figure 2. Structure verticale et anomalie des concentrations de nitrates (concentrations de 2007 moins la moyenne à long terme) aux stations fixes du PMZA dans la Région des Maritimes en 2007.

Les concentrations de nitrates dans les 50 m supérieurs (zone de profondeur au-dessus de laquelle la dynamique des nutriments est fortement influencée par les phénomènes biologiques) présentent une forte variabilité saisonnière aux deux stations fixes de la Région des Maritimes (fig. 3). Quoique la tendance saisonnière dans la variabilité des nitrates au large d'Halifax-2 en 2007 était semblable à ce qui avait été observé les années précédentes, les concentrations de nitrates immédiatement après l'efflorescence printanière étaient plus basses ($\sim 20 \text{ mmol/m}^2$) que celles des années précédentes. Les concentrations maximales de nitrates dans les 50 m supérieurs à Prince-5 ($\sim 470 \text{ mmol/m}^2$) en hiver 2007 étaient sensiblement plus élevées que la moyenne à long terme ($\sim 470 \text{ mmol/m}^2$), mais, comme à Halifax-2, les concentrations estivales en 2007 ($\sim 100 \text{ mmol/m}^2$) étaient inférieures à la normale ($\sim 210 \text{ mmol/m}^2$). Dans les eaux profondes ($> 50 \text{ m}$; données non représentées) à Halifax-2, ces concentrations étaient en général comparables à leur moyenne à long terme ($\sim 700\text{-}900 \text{ mmol/m}^2$). À Prince-5, toutefois, les concentrations de nitrates en eau profonde en 2007 étaient supérieures en hiver ($\sim 500 \text{ mmol/m}^2$) et inférieures en été ($\sim 180 \text{ mmol/m}^2$) à la moyenne à long terme ($\sim 420 \text{ mmol/m}^2$ en hiver et $\sim 270 \text{ mmol/m}^2$ en été).

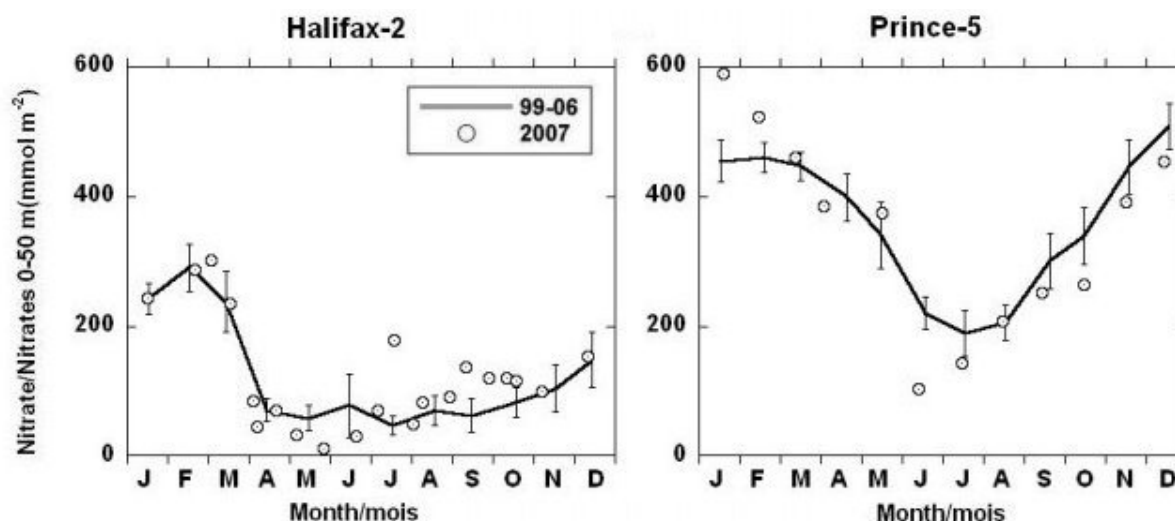


Figure 3. Concentrations de nitrates (depuis la surface jusqu'à 50 m) aux stations fixes du PMZA dans la Région des Maritimes en 2007.

Transects du plateau néo-écossais : Au printemps 2007, la répartition verticale des nitrates était en général la même le long de tous les transects du plateau néo-écossais, c'est-à-dire que les concentrations étaient basses ($<1 \text{ mmol/m}^3$) dans les eaux proches de la surface ($< 50 \text{ m}$), en raison de la consommation du phytoplancton, et qu'elles augmentaient avec la profondeur. Faisait exception à la règle le transect du détroit de Cabot, le long duquel les concentrations de surface étaient en général supérieures à 2 mmol/m^3 . Dans les eaux profondes, les concentrations étaient à leur plus fort dans les bassins ($>20 \text{ mmol/m}^3$) et les eaux du talus situées au large du plateau. Comme on l'avait observé les années précédentes, les concentrations de nitrates à la surface étaient déjà considérablement appauvries lors du relevé de printemps, réalisé du 4 au 22 avril (valeurs approchant de 1 mmol/m^3 , horizon de profondeurs : 20-50 m). De la même manière, les concentrations de nitrates à la surface étaient encore basses lors du relevé d'automne, réalisé en octobre (1 mmol/m^3 , horizon de profondeurs : 20-50 m) et elles ne reflétaient pas de brassage saisonnier des nutriments depuis les eaux profondes vers les eaux de surface. En 2007, les concentrations de nitrates dans les 50 m supérieurs étaient comparables à celles des années précédentes en automne, toutefois, au printemps, des concentrations records (moy. : $\sim 140 \text{ mmol/m}^2$) ont été observées le long du transect du détroit de Cabot et de bas niveaux records (moy. : $\sim 50 \text{ mmol/m}^2$) ont été observés sur le transect du banc de Brown. Le long des transects de Louisbourg et d'Halifax, on constate que les concentrations ont tendance à augmenter tant au printemps qu'en automne, tandis qu'elles tendent à diminuer sur le transect du banc de Brown. Les concentrations de nitrates en eaux profondes (50-150 m) étaient inférieures ($480\text{-}600 \text{ mmol/m}^3$) à la normale ($570\text{-}740 \text{ mmol/m}^3$) au printemps, mais comparables à celles des années précédentes en automne 2007; un déclin, de faible importance mais généralisé, semble se dessiner dans les concentrations au fil du temps, particulièrement au printemps.

Relevés au chalut (sur le poisson de fond) : Les concentrations de nitrates dans les eaux de fond en juillet 2007 (moy. : $9,6 \text{ mmol/m}^3$) étaient les plus basses enregistrées à ce jour (moyenne à long terme : $11,6 \text{ mmol/m}^3$). Elles augmentaient avec la profondeur et atteignaient leurs plus hauts niveaux dans les bassins profonds du plateau (p. ex. le bassin Émeraude) et dans les eaux du talus au large du plateau. En été 2007, les taux de saturation en oxygène dans les eaux de fond du plateau néo-écossais (moy. : 77 % de saturation) étaient, eux aussi, proches de la moyenne à long terme (79 % de saturation). La superficie des zones du fond qui étaient recouvertes d'eaux dont le taux de saturation se situait en dessous de 60 % correspondait à la moyenne à long terme ($16\,600 \text{ km}^2$ ou $\sim 11 \%$ de la

superficie du plateau). Les taux de saturation les plus bas étaient enregistrés dans les bassins profonds (comme le bassin Émeraude) et dans les eaux profondes du large du plateau, où les nutriments abondent le plus.

Phytoplancton

Stations fixes : Les cycles de croissance saisonnière du phytoplancton sont manifestement bien différents dans les deux stations fixes de la Région des Maritimes (fig. 4 et 5). En 2007, on a enregistré à Halifax-2 la plus forte (de par son étendue) efflorescence printanière (976 mg/m^2) à ce jour (fig. 5); elle se situait bien au-dessus de la moyenne à long terme (436 mg/m^2) et se démarquait nettement du seuil record observé en 2006 ($\sim 256 \text{ mg/m}^2$). La représentation des anomalies donne à penser que la période d'apparition de l'efflorescence printanière de 2007 correspondait à la moyenne à long terme (pic au 97^e jour), mais, en intensité, l'efflorescence était supérieure de 5 mg/m^3 à la normale (fig. 4). L'évolution de la composition de la communauté de phytoplancton à Halifax-2 en 2007 était conforme aux observations des années antérieures, c'est-à-dire que les diatomées dominaient en hiver et au printemps, représentant $> 75 \%$ du total, et que les flagellés et les dinoflagellés dominaient ($> 60 \%$ du total) le reste de l'année. Toutefois, la contribution des diatomées à la communauté de microplancton immédiatement après l'efflorescence printanière était plus basse ($\sim 10 \%$) et la contribution des flagellés plus haute ($\sim 80 \%$) que ce qu'on observe habituellement. Dans l'ensemble, les diatomées, les flagellés et les dinoflagellés représentent respectivement $\sim 45 \%$, $\sim 40 \%$ et $\sim 10 \%$ de la communauté totale.

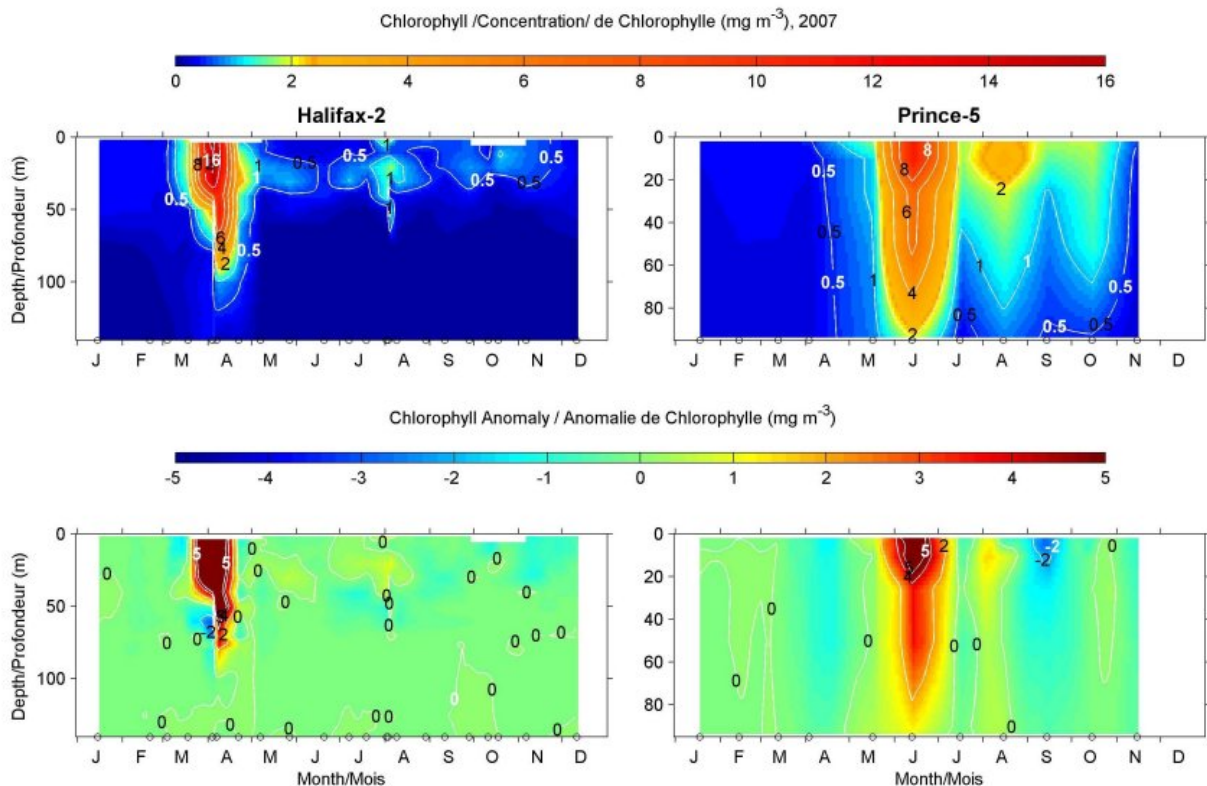


Figure 4. Structure verticale et anomalie des concentrations de chlorophylle (concentrations de 2007 moins la moyenne à long terme) aux stations fixes du PMZA dans la Région des Maritimes en 2007.

Le cycle de croissance du phytoplancton à Prince-5, contrairement à ce qu'on observe à Halifax-2, se caractérise par une poussée de croissance primaire en été (juin), suivie de pics

secondaires à la fin de l'été ou en automne (août-septembre) (figures 4 et 5). En 2007, le pic de concentration (600 mg/m^2), qui est survenu le 164^e jour, était notablement plus important que la moyenne à long terme (400 mg/m^2), mais il s'est produit à une période normale par rapport à la moyenne à long terme (fig. 5). Toutefois, l'efflorescence primaire a duré plus longtemps (96 jours) que la moyenne (73 jours). La représentation des anomalies confirme que la période à laquelle est survenue le pic primaire était normale et que l'ampleur de celui-ci était supérieure de $> 5 \text{ mg/m}^3$ à la moyenne (fig. 4). Une anomalie négative (-2 mg/m^2) en septembre dénotait une diminution du pic secondaire en automne. Tel qu'indiqué précédemment, la communauté de phytoplancton à Prince-5 se compose presque exclusivement de diatomées ($> 95 \%$) à longueur d'année. Les quantités totales de microplancton dénombrées pendant les efflorescences aux deux stations fixes n'ont pas augmenté au point où les concentrations de chlorophylle pouvaient le laisser croire. Sur une échelle annuelle, c'est la station Prince-5 qui connaît les plus fortes concentrations de chlorophylle des deux stations fixes de la Région des Maritimes (P-5 : $> 100 \text{ mg/m}^2$, Halifax-2 : 75 mg/m^2) et un cycle de reproduction notablement plus long.

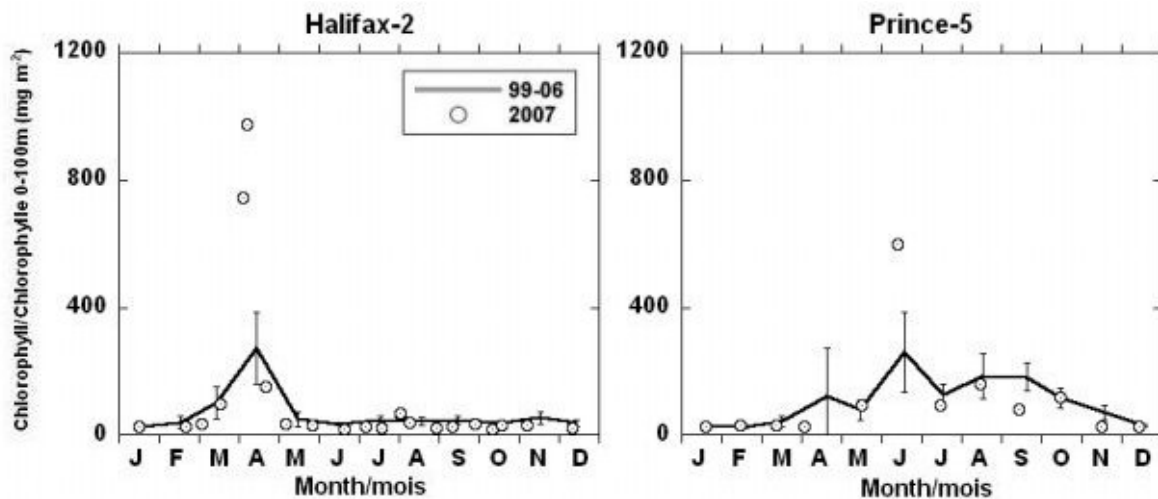


Figure 5. Concentrations de chlorophylle (depuis la surface jusqu'à 100 m) aux stations fixes du PMZA dans la Région des Maritimes en 2007.

Une analyse plus détaillée des périodes auxquelles a commencé et s'est terminée l'efflorescence à Halifax-2 révélait qu'en 2007 l'efflorescence est apparue plus tôt (77^e jour) qu'en 2006 (90^e jour) et qu'elle était plus proche de la moyenne à long terme (71^e jour) (fig. 6). L'efflorescence a duré plus longtemps (35 jours) que les deux années précédentes, mais moins longtemps que la moyenne à long terme (46 jours). En plus des changements dans la dynamique de l'efflorescence, la concentration « de fond » en chlorophylle (hors de la période d'efflorescence) diminue depuis les neuf dernières années, étant passée de $\sim 40 \text{ mg/m}^2$ en 1999 à $\sim 30 \text{ mg/m}^2$ en 2007. À Prince-5, le pic de concentration (600 mg/m^2) s'est produit le 164^e jour et il était sensiblement plus haut que la moyenne à long terme (400 mg/m^2), mais sa période d'apparition était normale par rapport à la moyenne à long terme. Toutefois, l'efflorescence primaire a duré plus longtemps (96 jours) que la moyenne (73 jours).

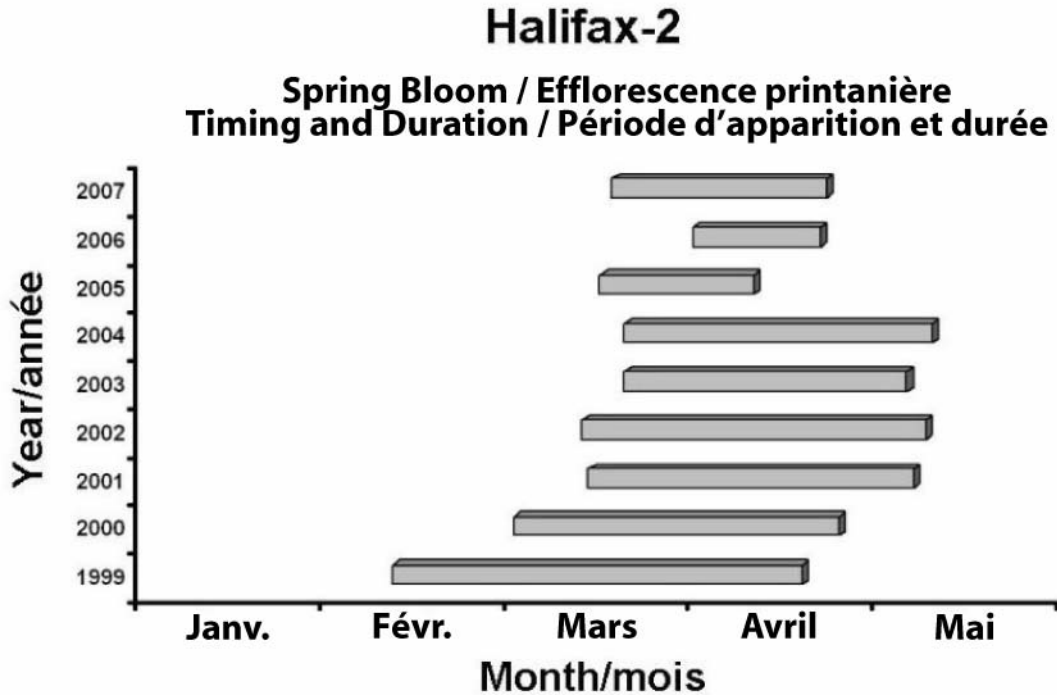


Figure 6. Durée (barres horizontales) et période d'apparition de l'efflorescence printanière de phytoplancton à la station fixe Halifax-2 de 1999 à 2007.

Transects du plateau néo-écossais : Les concentrations de chlorophylle le long des transects du plateau néo-écossais sont toujours beaucoup plus élevées au printemps qu'en automne. Dans le relevé du printemps 2007, elles ne faisaient pas exception à la règle et étaient même les plus élevées observées depuis le début du PMZA, en 1999 (fig. 7), en particulier le long des transects de Louisbourg, d'Halifax et du banc de Brown. On observait des concentrations supérieures à 8 mg/m^3 jusqu'à des profondeurs de 100 m. En fait, les concentrations de chlorophylle ont atteint des niveaux records soit $\sim 600\text{-}700 \text{ mg/m}^2$ au printemps 2007, par rapport à la moyenne à long terme ($\sim 150\text{-}300 \text{ mg/m}^2$). En revanche, au cours des relevés d'automne, les concentrations de chlorophylle, qui étaient de $\sim 30\text{-}40 \text{ mg/m}^2$, se situaient en dessous des niveaux moyens ($\sim 30\text{-}50 \text{ mg/m}^2$).

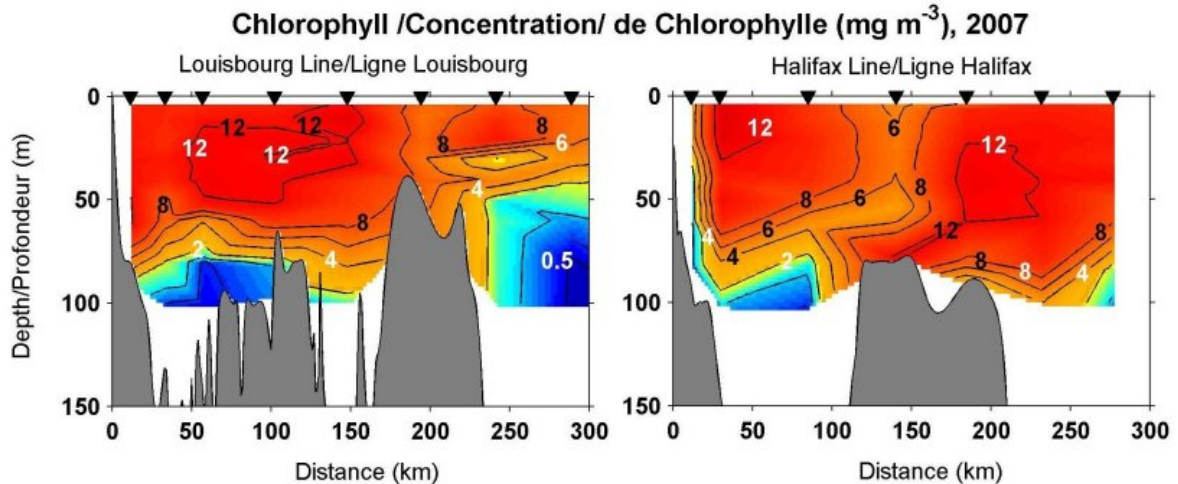


Figure 7. Structure verticale des concentrations de chlorophylle le long des transects de Louisbourg et d'Halifax au printemps 2007.

Relevés au chalut (sur le poisson de fond) : Les concentrations de chlorophylle près de la surface lors du relevé du printemps 2007 (5-24 mars) dans l'est du plateau néo-écossais reflétaient un régime de répartition quelque peu différent de celui des années précédentes, à savoir que les fortes concentrations observées au large du plateau (habituellement $> 8 \text{ mg/m}^{-3}$) et réparties le long du secteur est étaient cette fois présentes davantage dans le secteur ouest et en abondance moindre, de l'ordre de $2 \text{ à } 6 \text{ mg/m}^{-3}$. Par ailleurs, les concentrations de chlorophylle en surface au cours du relevé d'été sur le plateau néo-écossais (2 juillet-2 août) étaient uniformément basses ($< 1 \text{ mg/m}^{-3}$) dans le centre et dans l'est du plateau néo-écossais. De fortes concentrations ($> 1 \text{ mg/m}^{-3}$) ont été observées uniquement près de la côte sud-ouest de la Nouvelle-Écosse et dans les approches de la baie de Fundy, comme les années précédentes. Ces régions se caractérisent généralement par un fort brassage vertical. Dans l'ensemble, les concentrations superficielles estivales de chlorophylle sur le plateau néo-écossais en été 2007 correspondaient à la moyenne à long terme ($0,68 \text{ mg/m}^{-3}$).

Téledétection par satellite : Les données sur la couleur de l'océan (SeaWiFS et MODIS) nous donnent un bon moyen supplémentaire d'évaluer la biomasse de phytoplancton (chlorophylle) en surface aux stations fixes du PMZA, le long des transects saisonniers et à plus grande échelle (comme celle de tout l'Atlantique Nord-Ouest), et elles peuvent nous donner une information temporelle et une perspective spatiale synoptique qu'il n'est pas possible d'obtenir dans l'échantillonnage classique. Des images composites de la Région des Maritimes portant sur les principales périodes des relevés par transect sur le plateau néo-écossais et des relevés aux chalut ont permis de placer ces données dans un contexte géographique plus large et d'en dégager des éléments qui viennent compléter ou corroborer les observations effectuées à partir de navires ou d'obtenir des renseignements qui ne seraient pas disponibles autrement. Par exemple, les concentrations maximales de chlorophylle à la surface au large du plateau observées durant le relevé au chalut effectué en mars dans l'est du plateau néo-écossais n'étaient pas présentes durant la majeure partie de 2007, si on se fonde sur les images MODIS. Ces images reflétaient aussi nettement la vaste, intense et persistante efflorescence printanière, (de plus longue durée dans l'est du plateau) survenue en avril 2007 sur le plateau néo-écossais (fig. 8). Enfin, les images composites montraient également les basses concentrations générales de chlorophylle en surface observées sur l'ensemble du plateau au cours du relevé au chalut de juillet et les fortes

concentrations de chlorophylle observées en surface dans l'est du plateau néo-écossais lors du relevé d'octobre par transect.

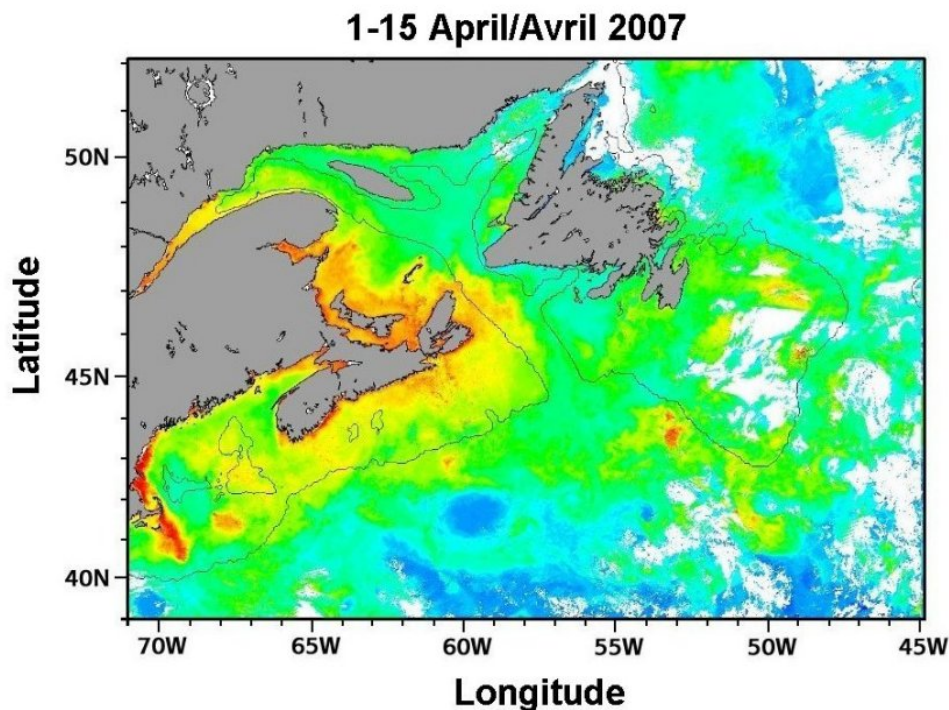


Figure 8. Concentrations de chlorophylle à la surface dans la Région des Maritimes mesurées durant l'efflorescence printanière en avril 2007 par le capteur de données sur la couleur de l'océan MODIS.

Autre application utile des champs de chlorophylle détectés par satellite, ils permettent de produire des représentations graphiques de la dynamique saisonnière de la chlorophylle sur les divers transects du plateau. Il est évident d'après ces données que, par exemple, les concentrations de chlorophylle à la surface sont généralement plus élevées dans l'est du plateau néo-écossais que dans le centre et l'ouest de celui-ci; les concentrations printanières le long de tous les transects étaient particulièrement élevées en 2007. La dynamique de l'amorce, de la durée et de la fin des efflorescences de printemps et d'automne est aussi reflétée dans ce type de représentation graphique, ainsi que les relations spatiales (sur l'ensemble du plateau). Ainsi, il apparaît que l'efflorescence printanière en 2007 a duré plus longtemps dans l'est du plateau néo-écossais et dans le détroit de Cabot que précédemment (fig. 9). L'efflorescence avait aussi été plus longue en 2006 dans l'est, mais elle était loin d'avoir l'ampleur observée cette année. De façon générale, les efflorescences printanières sur le plateau néo-écossais peuvent être vues comme des phénomènes séparés, intenses et de courte durée, tandis que les efflorescences d'automne semblent de moindre envergure, plus diffuses et de durée variée.

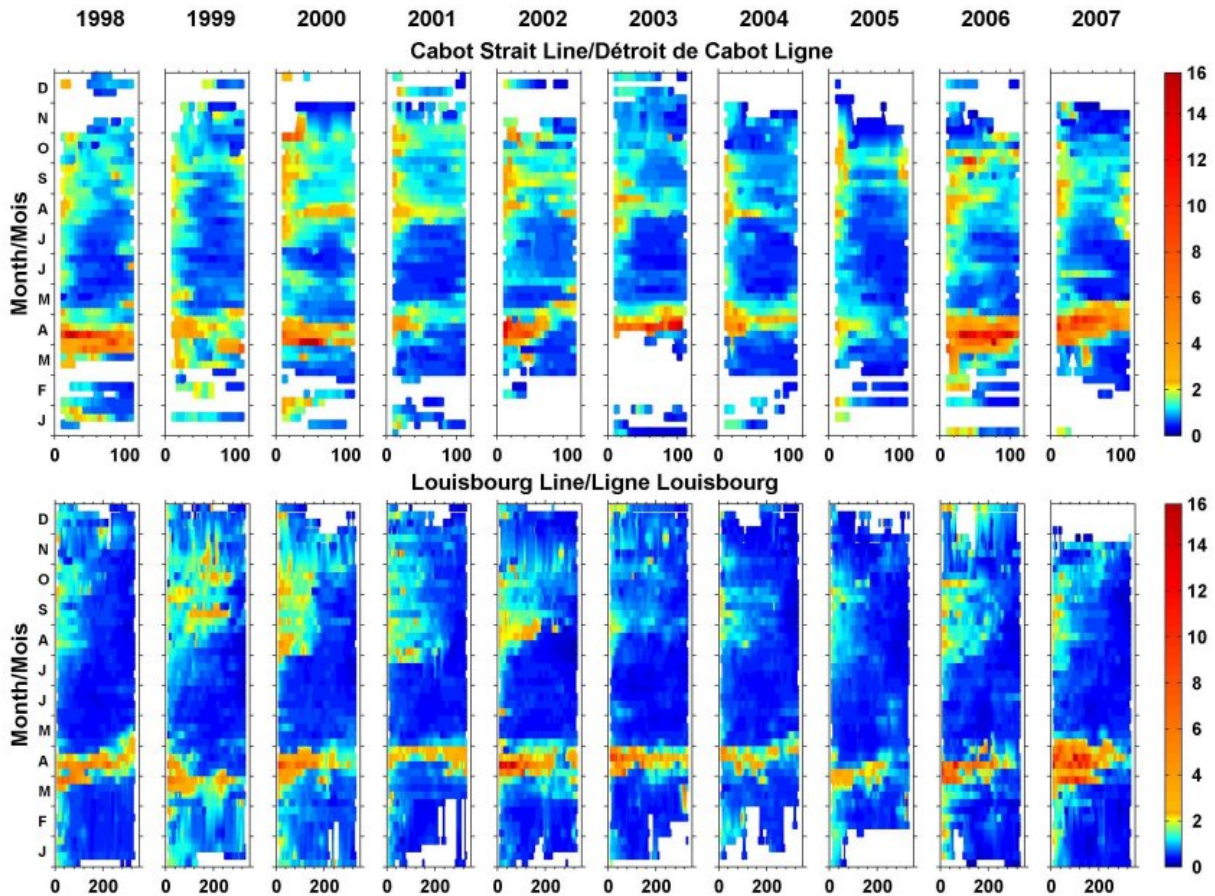


Figure 9. Concentrations de chlorophylle à la surface (1998-2007) le long des transects du détroit de Cabot et de Louisbourg mesurées par le capteur de données sur la couleur de l'océan SeaWiFS.

À plus grande échelle, en ce qui concerne sa période d'apparition et sa durée, l'efflorescence printanière était en 2007 comparable à celle des années antérieures dans la plupart des secteurs. Faisaient exception à cette règle le détroit de Cabot, où elle était en retard d'environ une semaine par rapport à sa période habituelle et les transects de Cabot et de Louisbourg, où les fortes concentrations ont subsisté plus longtemps que d'ordinaire. Le plus important, toutefois, c'est que l'ampleur de l'efflorescence de 2007 a atteint des niveaux records partout sur le plateau néo-écossais. On a observé dans les concentrations de chlorophylle en surface des pics de 2 à 6 fois supérieurs aux conditions moyennes (des 9 années précédentes). Dans l'ouest du golfe du Maine (haut-fond Lurcher et banc Georges) ainsi que dans la baie de Fundy, toutefois, les concentrations étaient comparables à la moyenne à long terme.

Enregistreur de plancton en continu : Ce sont les CPR qui nous donnent la plus longue série de données sur le plancton dans l'Atlantique Nord-Ouest. L'analyse de ces données est décalée d'un an par rapport aux résultats du PMZA; par conséquent, on ne dispose actuellement que des données allant jusqu'en 2006. Elles révèlent néanmoins que l'indice de coloration du phytoplancton et l'abondance des grands dinoflagellés et diatomées sur le plateau néo-écossais (57 °-66 °O) ont été considérablement plus élevés à partir du début des années 1990, atteignant un pic au milieu de cette décennie et restant élevés jusque dans les années 2000, comparativement à ce qu'on avait observé dans les décennies 1960 et 1970. À plus court terme, l'indice de coloration du phytoplancton sur le plateau néo-écossais diminue depuis quelques années et ses valeurs approchent de la moyenne à long terme.

L'abondance des diatomées et des dinoflagellés a diminué aussi en 2006, mais elle reste proche de la moyenne à long terme.

Zooplancton

Stations fixes : La biomasse et l'abondance de phytoplancton étaient faibles en 2007, mais on a observé des pics quasi-records de la biomasse de zooplancton et de l'abondance de *C. finmarchicus* à Halifax-2. Tout au long de l'année, la biomasse moyenne de zooplancton était proche de la normale à Halifax-2, mais le pic de biomasse d'avril et de mai était plus élevé que la normale (fig. 10). La biomasse à Halifax-2 était basse avant l'efflorescence de février et de mars et elle se situait aussi dans le bas de la gamme des valeurs normales en été et en automne. À Prince-5, la biomasse de zooplancton était inférieure à la normale en général, surtout à la fin de l'été et en automne.

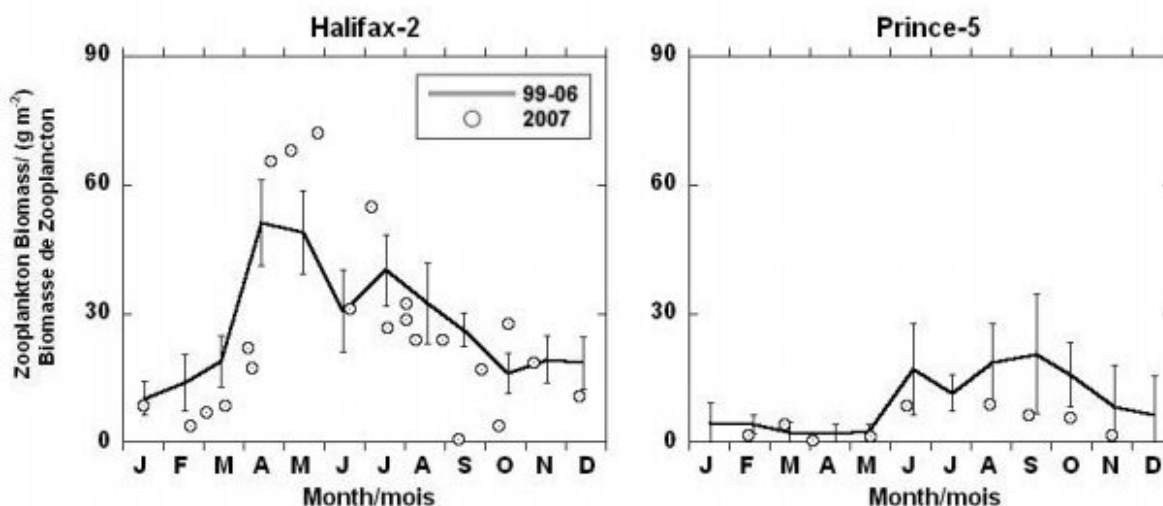


Figure 10. Biomasse de zooplancton aux stations fixes du PMZA dans la Région des Maritimes en 2007.

L'abondance de *Calanus finmarchicus* à Halifax-2 et à Prince-5 a suivi une tendance comparable à celle de l'abondance totale (fig. 11). Toutefois, la période de faible abondance précédant l'efflorescence à Halifax-2 a duré plus longtemps dans le cas de *C. finmarchicus* que dans le cas de l'abondance totale de zooplancton, persistant jusqu'en avril. Le pic d'abondance de *C. finmarchicus* s'est produit plus tardivement et a été plus court que la normale; il était le deuxième en importance depuis le début de la série chronologique, en 1999 (fig. 12). L'évolution saisonnière de la structure de population de *C. finmarchicus* était comparable à celle des dernières années. La proportion d'adultes des catégories CI à CVI a commencé à augmenter en décembre 2006 et a continué de le faire jusqu'à la fin de février, période où la proportion de copépodidés des premiers stades avait commencé à augmenter. Ces derniers ont été prédominants avant le pic d'abondance, tandis qu'après ce pic ce sont les copépodidés des stades plus avancés qui dominaient, ce qui signifie que la population avait commencé à entrer en dormance vers la fin juillet, soit environ un mois plus tard que la normale. Un deuxième pic de copépodidés des premiers stades observé en septembre montre qu'une partie de la population est restée active jusqu'en automne.

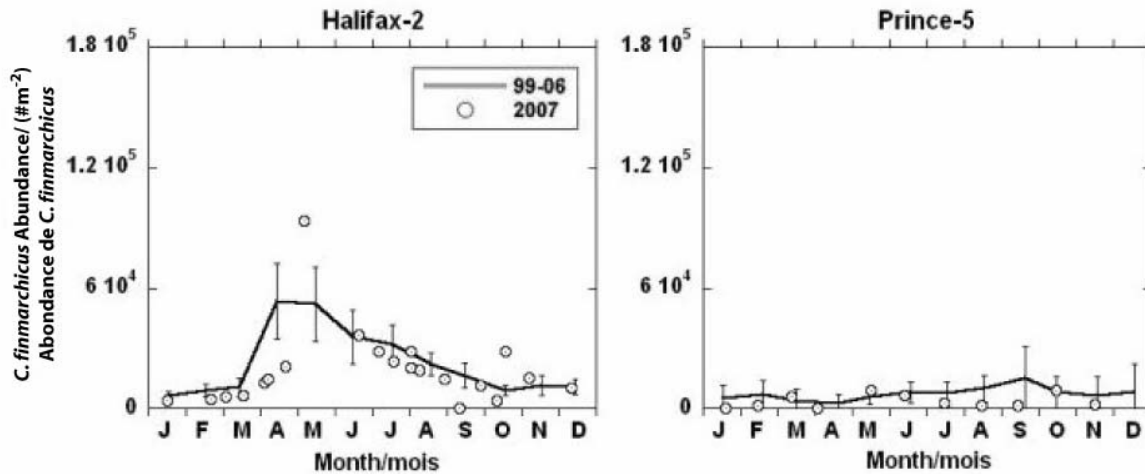


Figure 11. Abondance de *Calanus finmarchicus* aux stations fixes du PMZA dans la Région des Maritimes en 2007.

À Prince-5, la biomasse moyenne de *C. finmarchicus* tout au long de l'année a été inférieure à la normale, en particulier de la fin de l'été au début de l'automne (fig. 11). Malgré cette faible abondance, la structure de la population de *C. finmarchicus* à Prince-5 était similaire à celle des années antérieures; cela était le cas également à Halifax-2 durant la première partie de l'année. La population a commencé à émerger de sa dormance en décembre et l'apport des copépodidés des premiers stades a augmenté à la fin de mars, soit légèrement plus tard qu'à Halifax-2. Dès juillet, la population avait commencé à être dominée par les copépodidés de stade CV, mais cette tendance a été renversée en automne, quand la proportion d'organismes des stades CI à CIII a augmenté et que ceux-ci sont devenus prédominants.

L'abondance du zooplancton à Halifax-2 était inférieure à la normale tout au long de 2007, particulièrement à la fin de l'hiver, ainsi qu'en été et en automne (fig. 13). Le pic d'abondance du zooplancton à Halifax-2 en 2007 est survenu quelques semaines plus tard que la normale, tout comme le pic de biomasse. Le contraste entre le pic de biomasse plus élevé que la moyenne et le pic d'abondance plus bas que la moyenne est probablement dû à un fort pic d'abondance de *Calanus finmarchicus*, ce copépode corpulent qui domine la biomasse de zooplancton sur le plateau néo-écossais et dans le golfe du Maine. Le fait que deux copépodes numériquement dominants, *Oithona similis* et *Pseudocalanus* spp., aient connu une abondance inférieure à la normale a contribué à la faible abondance globale du zooplancton à Halifax-2 en 2007.

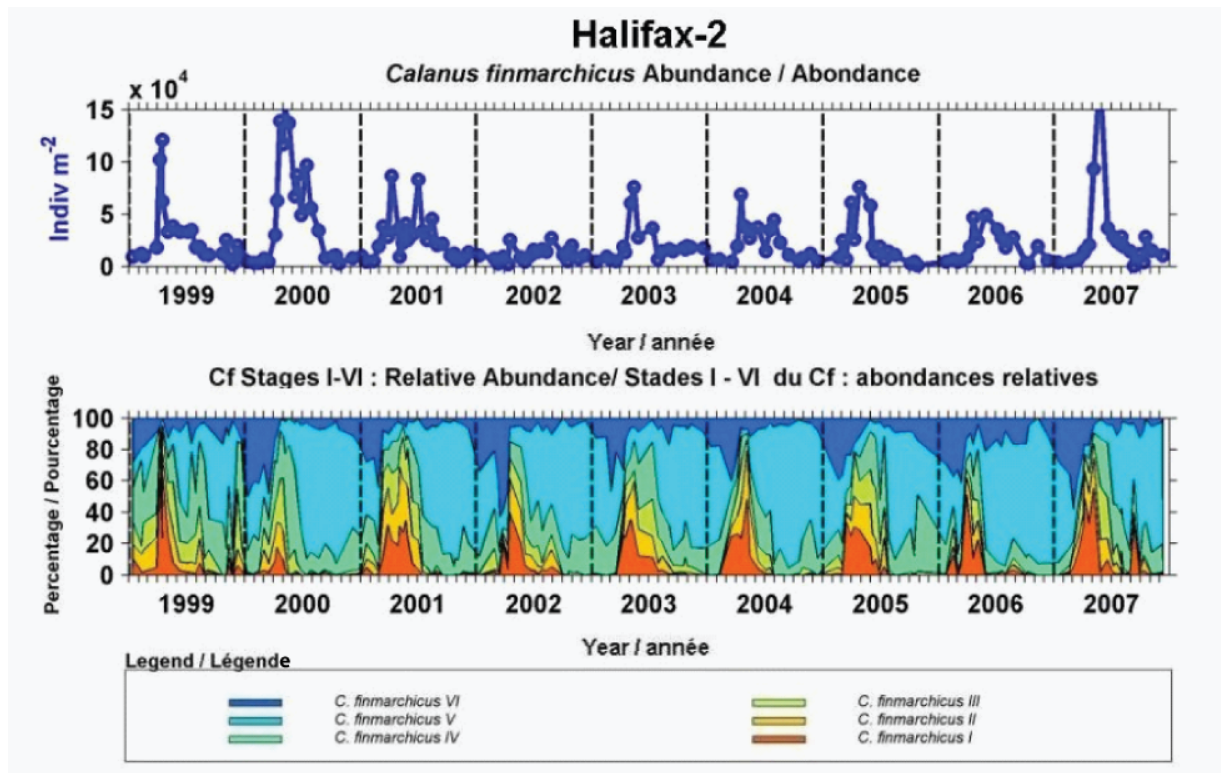


Figure 12. Série chronologique (1999-2007) de l'abondance et stades de développement de *Calanus finmarchicus* à la station fixe Halifax-2.

Plusieurs espèces vivant en eaux chaudes, normalement abondantes en été et en automne, comme *Temora longicornis*, *Paracalanus* spp. et *Centropages typicus*, était pratiquement absentes à Halifax-2 en 2007 (fig. 13). La larve bivalve *Oithona atlantica* et les euphausiacés, normalement présents au printemps et en été, étaient également rares en 2007 à Halifax-2, mais trois copépodes arctiques, *Calanus hyperboreus*, *C. glacialis* et *Microcalanus* spp., ainsi que le copépode d'eau profonde *Metridia lucens*, étaient présents à des niveaux d'abondance proches de la normale.

À Prince-5, les espèces normalement prédominantes n'étaient pas abondantes, alors que le nombre de cladocères était supérieur à ce qu'on avait observé précédemment. À Prince-5, les pics d'abondance sont survenus en 2007 plus tardivement que d'ordinaire et le second de ces pics était bien plus bas que la normale (fig. 13). Les changements observés dans la communauté à Prince 5 en 2007 étaient plus extrêmes que ceux constatés à Halifax-2. Comme dans le cas de *Calanus finmarchicus*, l'abondance des taxons normalement prédominants (*Oithona similis*, *Pseudocalanus* spp.) ainsi que des euphausiacés était faible, et les espèces *Temora longicornis*, *Paracalanus* spp et les larves bivalves étaient pratiquement absentes. L'abondance du copépode d'été et d'automne *Centropages typicus* était aussi faible, mais les *Centropages* spp., à des stades juvéniles où l'espèce n'est pas identifiée, étaient plus abondants que la normale. Malgré la faible abondance de nombreux taxons, le pic d'abondance de l'ensemble du zooplancton en 2007 était comparable à celui des années précédentes, en raison de la forte abondance des cladocères *Evadne* et *Podon*. La prédominance de ces cladocères n'avait pas été observée auparavant à Prince-5.

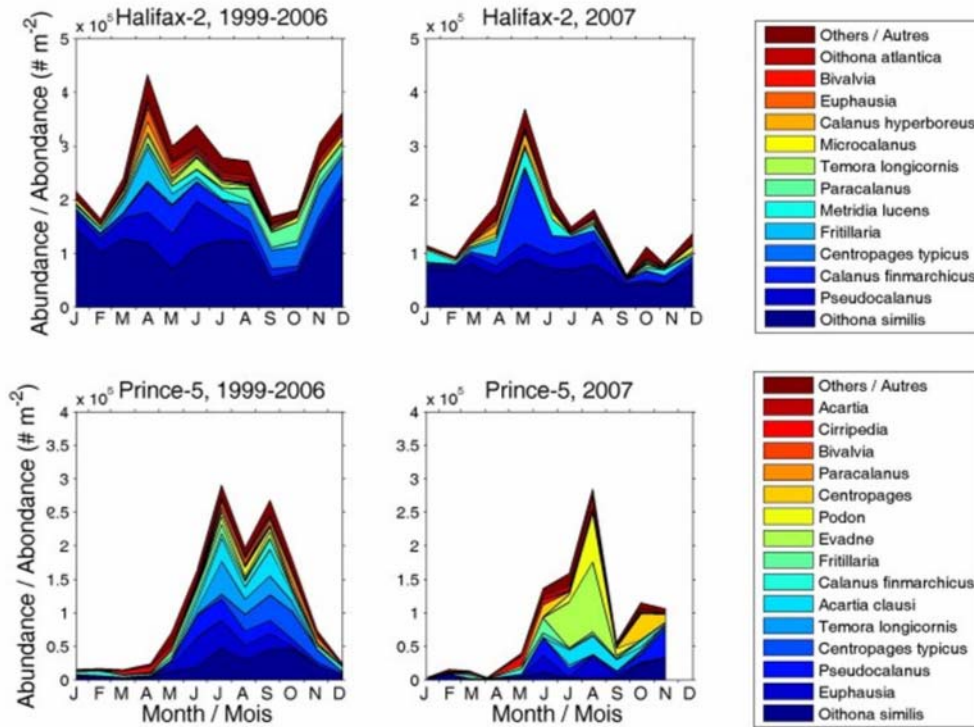


Figure 13. Variabilité saisonnière des taxons dominants à Halifax-2 et Prince-5. Les taxons qui constituent 90 % de l'abondance sont représentés individuellement; le reste est regroupé sous la désignation « autres ». Les graphiques de gauche sont fondés sur les abondances moyennes mensuelles de 1999 à 2006. Ceux de droites représentent l'abondance moyenne mensuelle en 2007.

Transects du plateau néo-écossais : Le long de tous les transects, les populations de *Calanus finmarchicus* sont dominées par les organismes de stades CV et dans une certaine mesure ceux de stade CIV en automne, ainsi que par les stades de copépodidés juvéniles au printemps (données non illustrées). On observait un déphasage de la variabilité saisonnière de la biomasse de *C. finmarchicus* entre le transect du détroit de Cabot dans l'est et les transects d'Halifax et du banc de Brown, dans l'ouest. Cette différence dans la variabilité saisonnière de la biomasse peut être due au fait que les habitats des deux régions conviennent chacun à des stades biologiques différents de *C. finmarchicus*, soit au stade de dormance dans un cas et au stade de développement actif dans l'autre cas. La situation sur le transect de Louisbourg, où *C. finmarchicus* ne présente pas de cycles saisonniers manifestes, pourrait être influencée à divers degrés par ces deux types d'environnement. La biomasse de *C. finmarchicus* au printemps 2007 était la plus basse observée à ce jour sur les transects aussi bien d'Halifax que du banc de Brown. Elle était basse également le long des transects de Louisbourg et du détroit de Cabot. La biomasse automnale de *C. finmarchicus* en 2007 était la plus élevée qu'on ait observée jusqu'ici sur le transect du détroit de Cabot.

L'abondance du zooplancton a été légèrement inférieure à la normale au printemps 2007 aux stations de la plupart des transects. Un noyau de trois espèces numériquement dominantes, soit *Oithona similis*, *Calanus finmarchicus* et *Pseudocalanus* spp., était présent dans à peu près toutes ces stations, comme dans les conditions normales, et le larvacé *Fritillaria* spp. se trouvait dans à peu près toutes les stations des transects du plateau néo-écossais, ce qui est conforme aussi à la normale. Les stations situées au large du plateau présentent des proportions légèrement élevées d'espèces rares et du copépode *Oithona atlantica* au printemps; cela reflète l'influence de la communauté très diverse de zooplancton extracôtier d'eau chaude à ces stations. Au printemps 2007, les proportions de *Oithona atlantica* et des

espèces rares étaient inférieures à la normale le long des deux transects du sud. Les espèces arctiques *Calanus hyperboreus* et *C. glacialis* représentaient une plus grande proportion de la communauté qu'habituellement au printemps 2007, en particulier sur les transects de Louisbourg et du détroit de Cabot. Les *Centropages* spp. étaient présents en proportion supérieure à la normale dans la communauté de zooplancton sur les transects du banc de Brown et d'Halifax au printemps 2007.

L'abondance du zooplancton en automne en 2007 était légèrement inférieure à la normale dans les stations du centre et de l'est du détroit de Cabot ainsi que dans les stations de la côte et du centre du plateau néo-écossais, en particulier le long du transect du banc de Brown. L'abondance du zooplancton était plus proche de la normale aux stations extracôtières des transects de Louisbourg, d'Halifax et du banc de Brown. En automne, *Oithona similis*, *Paracalanus*, *Centropages typicus* et *Calanus finmarchicus* sont des espèces numériquement dominantes sur le centre du plateau néo-écossais, tandis que *O. similis*, *C. finmarchicus* et *Temora longicornis* dominent dans le détroit de Cabot. En automne 2007, toutefois, la proportion de *C. typicus* était bien inférieure à la normale le long de tous les transects et *Paracalanus* spp. était présente aussi en proportion inférieure à la normale sur les transects de Louisbourg et du détroit de Cabot. Le long du transect du détroit de Cabot en automne 2007, l'abondance relative de *C. hyperboreus* et de *Metridia lucens* étaient supérieures à la normale. L'automne, les espèces extracôtières sont plus présentes qu'au printemps dans les stations du large du plateau néo-écossais, en particulier les copépodes *Mecynocera clausi*, *Clausocalanus* spp., l'ostracode *Conchoecia* spp., et les taxons rares. En automne 2007, le long du transect d'Halifax, les espèces extracôtières étaient moins présentes au centre du plateau et *Mecynocera clausi* en représentait une plus petite proportion. Sur le transect de Louisbourg, l'empiètement des espèces extracôtières sur le plateau correspondait à peu près à la normale, tandis que sur le transect du banc de Brown, il était supérieur à la normale.

Relevés au chalut (sur le poisson de fond) : En 2007, la répartition de la biomasse de zooplancton suivait en général la tendance habituelle, présentant une biomasse plus forte dans les eaux profondes, notamment dans les bassins profonds et les chenaux, ainsi que sur le bord du plateau. La biomasse moyenne dans l'ensemble du relevé réalisé en février était la plus basse observée depuis le commencement des relevés, en 1999. En mars, la biomasse de zooplancton dans l'est du plateau néo-écossais a continué de suivre la tendance à une faible abondance amorcée en 2005, quoiqu'elle n'était pas aussi basse qu'en 2006. La biomasse de zooplancton était, elle aussi, inférieure à la moyenne au cours du relevé de juillet sur le plateau néo-écossais, mais l'abondance de *Calanus finmarchicus* était proche de la normale.

Enregistreurs de plancton en continu (CPR) : Sur le plateau néo-écossais, l'abondance annuelle moyenne des premiers stades (1-4) du copépodidé *Calanus finmarchicus* en 2006 était proche de la moyenne à long terme. L'abondance des stades 5 et 6 de *C. finmarchicus* était supérieure à la moyenne, poursuivant une tendance récente. L'abondance annuelle moyenne de *Paracalanus/Pseudocalanus* spp. était inférieure à la moyenne à long terme en 2006 et en baisse également par rapport aux valeurs moyennes de 2005. Quant à l'abondance totale des euphausiacés, elle a retrouvé des valeurs supérieures à la moyenne après s'être située en dessous de la moyenne pendant deux ans.

Sommaire à l'échelle de la zone

Afin d'établir un sommaire des variables à l'échelle de toute la zone Atlantique, nous présentons les données sous formes d'écart (anomalies) par rapport aux valeurs moyennes

de 1999-2006; de plus, comme ces séries comportent des unités différentes, chaque série chronologique d'anomalies est normalisée par division de son écart type, dont le calcul est également fondé sur les données de 1999-2006 (figure 14).

Les concentrations de nutriments du printemps à l'automne sur le plateau continental de Terre-Neuve et du Labrador ainsi que des Grands Bancs étaient supérieures aux moyennes de 1999-2006, tandis que dans la majeure partie du golfe du Saint-Laurent et du plateau néo-écossais, elles étaient en général inférieures à la normale. Toutefois, les concentrations maximales de nutriments en hiver (0-50 m) étaient supérieures à la normale à toutes les stations côtières fixes ainsi que dans de nombreuses régions du golfe du Saint-Laurent (données non illustrées). Le phytoplancton présentait une variabilité spatiale considérable, les indices de son abondance étant inférieurs à la moyenne sur le plateau continental de Terre-Neuve et du Labrador et dans les stations fixes du large d'Halifax et de la baie de Fundy, et supérieurs à la moyenne dans tout l'ouest et le sud du golfe du Saint-Laurent ainsi que sur le plateau néo-écossais. Ce sont les tendances des indices d'abondance moyens du zooplancton qui présentaient la plus grande cohérence spatiale. L'abondance du zooplancton était bien supérieure à la moyenne dans le golfe du Saint-Laurent et également, mais dans une moindre mesure, sur le plateau continental de Terre-Neuve et du Labrador, alors qu'elle se situait bien en dessous de la moyenne dans le détroit de Cabot, sur tout le plateau néo-écossais et jusque dans la baie de Fundy, et qu'elle n'était que légèrement inférieure à la moyenne sur les Grands Bancs.

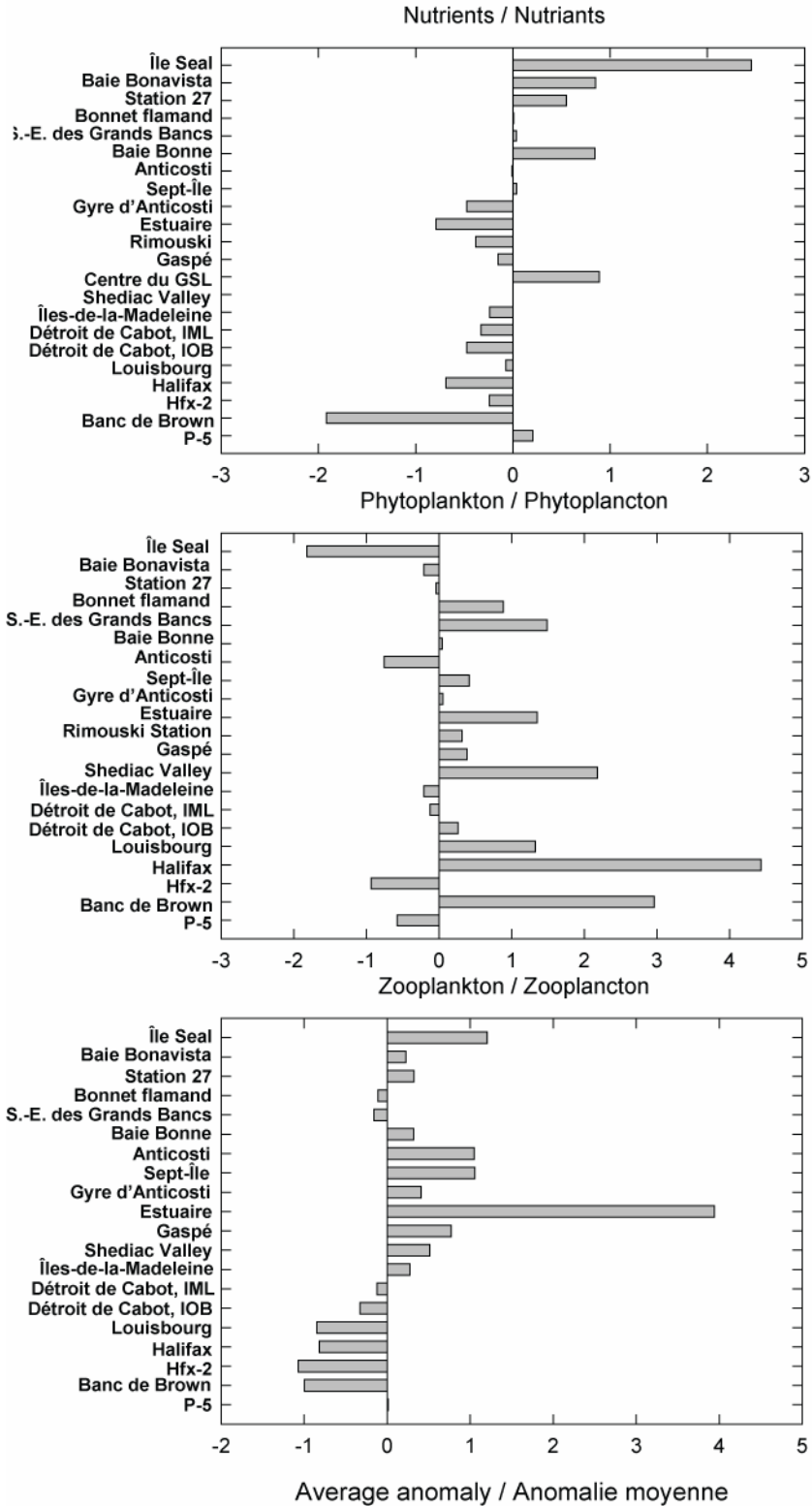


Figure 14. Sommaire, à l'échelle de la zone, de l'anomalie moyenne des indices d'abondance des nutriments, du phytoplancton et du zooplancton en 2007.

Sources d'incertitude

Les tendances générales de la répartition spatiale des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'océan dans la zone de l'Atlantique Nord-Ouest faisant l'objet d'une surveillance dans le cadre du PMZA sont restées relativement constantes de 1999 à 2005. Quoiqu'il y ait des variations saisonnières dans la répartition des masses d'eau, des plantes et des animaux, ces variations reflètent des tendances généralement prévisibles. Toutefois, les estimations de l'abondance globale du phytoplancton et du zooplancton comportent une incertitude considérable, due en partie au cycle biologique des animaux, à leur répartition spatiale éparse et à l'étendue limitée du programme de monitoring dans la région.

Les caractéristiques physiques (température et salinité) et chimiques (nutriants) sont bien échantillonnées parce qu'elles présentent des propriétés assez constantes, qui sont peu susceptibles de changer précipitamment d'année en année. De plus, la mesure de ces caractéristiques comporte un bon degré de précision. La seule exception concerne les eaux de surface, dans lesquelles des changements rapides de l'abondance du phytoplancton, en particulier durant l'efflorescence printanière, peuvent occasionner une rapide raréfaction des nutriments. Soucieux de rester prudents dans notre description des changements qui surviennent à long terme dans les variables chimiques, nous limitons nos conclusions aux concentrations de nutriments des eaux profondes.

Ce sont nos estimations de l'abondance du phytoplancton qui comportent le plus d'incertitude, en raison des difficultés qu'il y a à décrire les variations interannuelles de la période d'apparition, de l'ampleur et de la durée de l'efflorescence printanière. En effet, le phytoplancton peut connaître des changements rapides d'abondance, sur des échelles temporelles de l'ordre de plusieurs jours à plusieurs semaines. Comme notre échantillonnage est limité dans le temps et qu'il souffre de ruptures temporelles dues au manque de disponibilité des navires ou aux conditions météorologiques qui touchent souvent nos relevés aux stations fixes en hiver, il ne nous est pas possible de bien échantillonner au printemps le phytoplancton et d'autres paramètres importants. De plus, des variations dans la période à laquelle survient l'efflorescence printanière de plancton dans la région par rapport à nos relevés océanographiques de printemps peuvent limiter notre capacité à déterminer les variations interannuelles de l'abondance maximale de phytoplancton. En revanche, nous savons mieux décrire les variations interannuelles de l'abondance des espèces dominantes de phytoplancton, parce que leur cycle saisonnier se mesure en semaines et en mois, en raison de leur temps de génération plus long. Toutefois, le zooplancton présente une plus grande variabilité de sa répartition spatiale. Quoique les variations interannuelles dans l'abondance des groupes dominants, comme les copépodes, puissent être évaluées de manière satisfaisante, on ne peut estimer avec fiabilité pour le moment les variations dans l'abondance des espèces rares, dispersées ou éphémères.

Dans les Régions des Maritimes et du Golfe, l'échantillonnage saisonnier à la station fixe de Shediac Valley, dans le sud du Golfe, a souffert considérablement du manque de temps-navire; seulement 4 à 6 des ~ 15 opérations d'échantillonnage visées ont été exécutées ces 3 à 4 dernières années. Il existe aussi une grande lacune dans les données concernant la partie canadienne du golfe du Maine et du banc Georges. Cette importante composante géographique de la Région des Maritimes n'est pas systématiquement échantillonnée dans le cadre du PMZA, sauf pour ce qui est d'un échantillonnage modeste durant les relevés au chalut de février et juillet, et de la télédétection par satellite; par conséquent, on ne connaît pas les variations intersaisonnières des principales caractéristiques de l'océan dans ce secteur. En ce qui concerne les composantes

écosystémiques, le macrozooplancton, en particulier le krill, ne fait pas, lui non plus, l'objet d'un échantillonnage systématique dans les eaux de la Région des Maritimes et du Golfe, sauf au CPR. C'est pourquoi on ne dispose pas d'estimations quantitatives de sa biomasse, de son abondance et de sa variabilité interannuelle.

CONCLUSION ET AVIS

En 2007, l'efflorescence printanière de phytoplancton dans la Région des Maritimes a été la plus forte et la plus étendue qu'on ait connue depuis le début des observations systématiques, en 1999. Face à cette croissance remarquable, les concentrations hivernales de nutriments n'étaient pas suffisantes, aussi d'autres sources de nutriments, qui n'ont pas encore été identifiées (peut-être l'advection à grande échelle des eaux du talus continental du Labrador depuis le large), ont dû nourrir cette efflorescence. En dépit de concentrations records de chlorophylle durant l'efflorescence, la biomasse de phytoplancton le reste de l'année a continué à diminuer en 2007, sa baisse pouvant être liée à des concentrations estivales de nutriments en surface inférieures à la normale en raison d'une diminution du brassage.

La biomasse et l'abondance du zooplancton se sont situées sous la normale une bonne partie de 2007, mais le pic de biomasse du zooplancton a atteint une hauteur inhabituelle, grâce à la forte abondance du copépode *Calanus finmarchicus*. Ce grand pic a peut-être été dû à une forte ponte de *C. finmarchicus* pendant l'efflorescence phytoplanctonique, plus vaste que de coutume, survenue environ un mois avant le pic de zooplancton. Les taxons de zooplancton d'eau chaude qui abondent habituellement en été et en automne étaient beaucoup moins abondants que la normale sur le plateau néo-écossais, tandis que les espèces arctiques représentaient une plus grande proportion de la communauté qu'habituellement dans l'est du plateau néo-écossais. Ce changement dans la composition de la communauté de zooplancton était vraisemblablement lié aux basses températures des eaux de surface et des eaux profondes du plateau néo-écossais.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Harrison, G., C. Johnson, E. Head, J. Spry, K. Pauley, H. Maass, M. Kennedy, C. Porter, and V. Soukhovtsev. 2008. Optical, chemical, and biological oceanographic conditions in the Maritimes Region in 2007. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2008/044.

MPO, site Web SeaWiFS/MODIS : <http://www.mar.dfo-mpo.gc.ca/science/ocean/ias/remotesensing.html>

Petrie, B., P. Yeats, and P. Strain. 1999. Nitrate, silicate and phosphate atlas for the Scotian Shelf and the Gulf of Maine. Can. Tech. Report of Hydrography and Ocean Sci. 203, 96pp.

Therriault, J.C., et al. (11 co-auteurs). 1998. Proposal for a Northwest Atlantic Zonal Monitoring Program. Can. Tech. Report of Hydrography and Ocean Sci. 194, 57pp.

POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

contactez : G. Harrison (Ph.D.) et C. Johnson (Ph.D.)
Institut océanographique de Bedford
C.P. 1006
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)

Tél. : 902-426-3879 ou 902-426-0753
Télééc. : 902-426-9388
Courriel : harrisong@mar.dfo-mpo.gc.ca; johnsonc@mar.dfo-mpo.gc.ca;
Site Web : http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/zmp/main_zmp_f.html

Ce rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région des Maritimes
Pêches et Océans Canada
C.P. 1006, succursale B203
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Canada B2Y 4A2

Téléphone : 902-426-7070
Télécopieur : 902-426-5435
Courriel : XMARMRAP@mar.dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas

ISSN 1919-5109 (Imprimé)
ISSN 1919-5117 (En ligne)
© Sa majesté la reine du chef du Canada, 2009

An English version is available upon request at the above address.

**LA PRÉSENTE PUBLICATION DOIT ÊTRE CITÉE COMME SUIT :**

MPO. 2009. État de l'océan en 2007 : conditions chimiques et biologiques dans le golfe du Maine et la baie de Fundy ainsi que sur le plateau néo-écossais. Secr. can. consult. sci. du MPO, Avis sci. 2009/005.