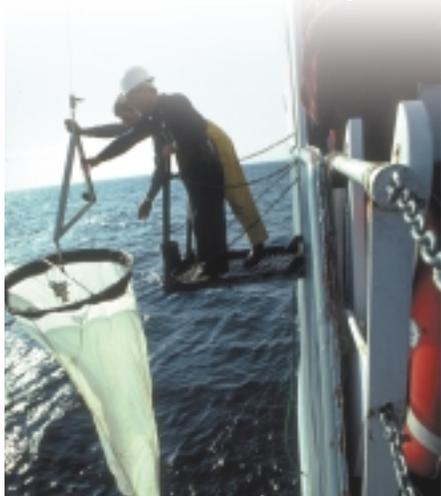


LES PROCESSUS OCÉANOGRAPHIQUES DANS L'ESTUAIRE ET LE GOLFE

Problématique

Afin de mieux connaître et suivre l'évolution des variables océanographiques dans l'estuaire et dans le golfe du Saint-Laurent, et pour soutenir la gestion durable de cet écosystème et de ses ressources, le ministère des Pêches et des Océans (MPO) a récemment implanté le



Déploiement d'un filet pour l'échantillonnage du plancton à bord du Martha L. Black

Photo : Pierre Joly, pêches et Océans Canada

Programme de monitoring de la zone atlantique (PMZA). Ce programme vise à récolter en continu un ensemble minimal de données physiques, chimiques et biologiques sur l'océanographie de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. L'objectif est de constituer les banques de données nécessaires pour décrire, comprendre et prévoir les phénomènes saisonniers, interannuels et décennaux qui régissent cet écosystème. Les informations recueillies permettent de quantifier l'impact des changements qui surviennent à court et à long termes dans cet environnement marin. Elles permettent aussi de répondre à des questions spécifiques des chercheurs et de divers autres clients du MPO et de créer des bases de données historiques sur les fluctuations des variables océanographiques. De telles bases de données sont essentielles pour étudier les variations climatiques et leurs



Photo : Rémy Sénéchal, Pêches et Océans Canada

impacts sur l'environnement marin, ou pour tout autre usage des générations futures.

Description du programme

Bien que le PMZA n'ait été implanté qu'en 1999, des données biologiques, chimiques et physiques récoltées bien avant y ont été intégrées. Le programme effectue des mesures en trois dimensions (région, profondeur et temps) sur des variables biologiques (chlorophylle, zooplancton, larves de poissons et d'invertébrés), chimiques (oxygène dissous, éléments nutritifs) et physiques (température, salinité, couvert de glace, niveau d'eau, débit d'eau douce et conditions atmosphériques associées) dans l'ensemble de l'estuaire et du golfe du

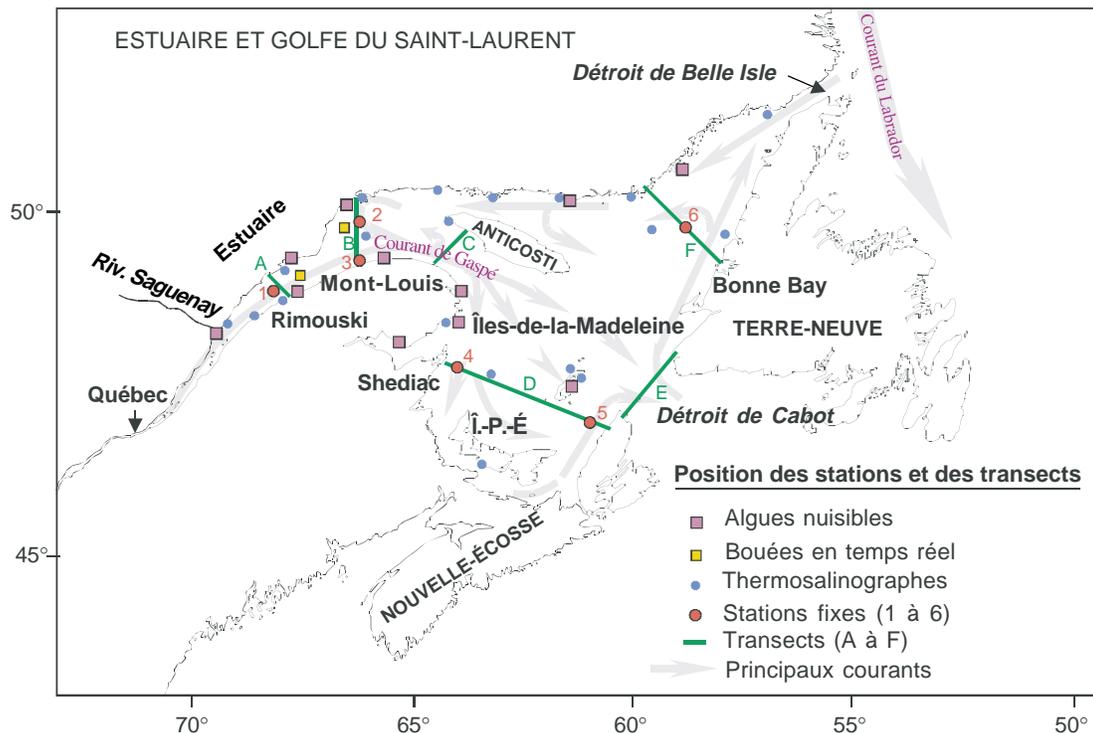
Saint-Laurent. De telles mesures sont considérées comme des indicateurs de base permettant d'évaluer l'état océanographique de l'écosystème du Saint-Laurent marin. La collecte des données et des échantillons nécessaires pour mesurer ces variables est réalisée de plusieurs façons : par des missions en mer, principalement à bord de navires de la Garde côtière; par échantillonnages en continu à partir de bouées ancrées ou de navires en transit; par échantillonnages opportunistes sur des navires de recherche sur les pêches; et par des mesures provenant de capteurs d'images satellites.

Le PMZA repose sur plusieurs stratégies de récolte des données, dont les deux principales sont l'échantillonnage de transects et l'échantillonnage de stations fixes (figure 1). Dans le premier cas, un échantillonnage est effectué d'une



Appareil appelé « rosette », servant à prélever des échantillons d'eau de mer à différentes profondeurs

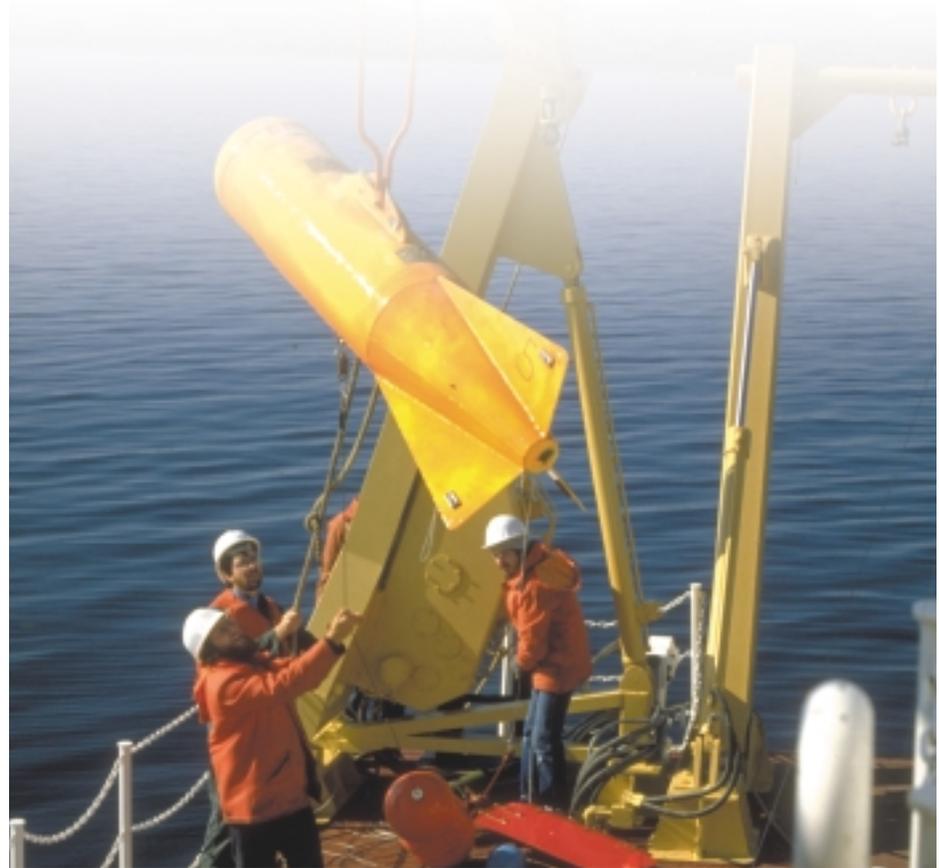
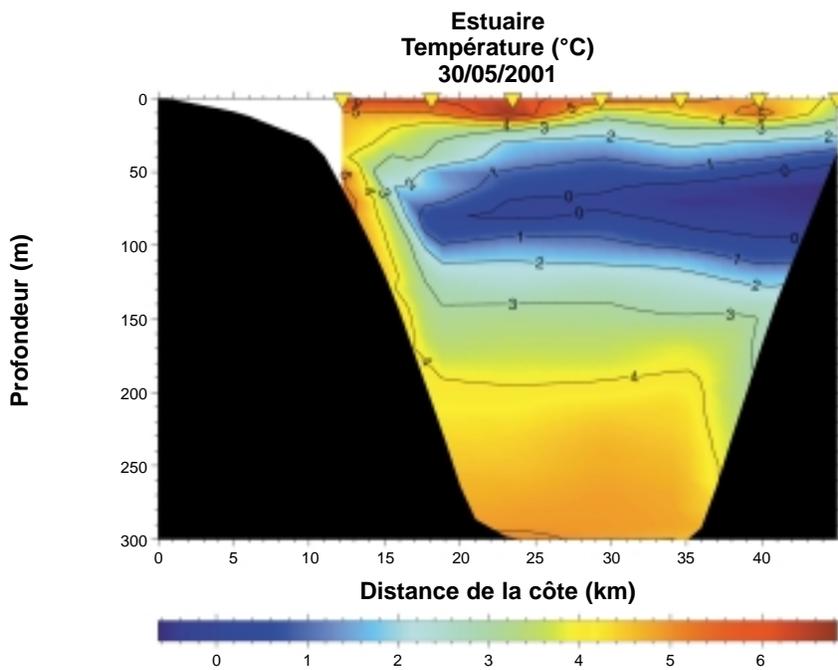
Figure 1. Position des transects, des stations fixes, des bouées en temps réel, des thermosalinographes côtiers et des stations d'échantillonnage des algues nuisibles dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, dans le cadre du PMZA



à trois fois par année à plusieurs stations, le long de sections standard (transects) dans des régions distinctes de l'estuaire et du golfe. Cet échantillonnage vise à procurer de l'information de base sur les caractéristiques océanographiques des masses d'eaux dans ces régions. L'analyse des données récoltées permet d'étudier la circulation des diverses masses d'eau dans le système du Saint-Laurent et d'évaluer les échanges entre le golfe et l'océan Atlantique via les détroits de Belle Isle et de Cabot. Dans le deuxième cas, un échantillonnage périodique et fréquent (environ toutes les deux semaines) est effectué à six stations fixes situées dans différentes régions accessibles et représentatives de l'estuaire et du golfe. Ce suivi permet d'étudier les variations saisonnières des variables océanographiques dans des masses d'eau caractéristiques du Saint-Laurent, comme celles du courant de Gaspé, de la gyre d'Anticosti (nord-ouest du golfe), du sud du golfe ou, encore, celle du chenal d'Esquiman.

Le PMZA comprend également un programme d'acquisition d'images satellites en provenance des capteurs NOAA et SeaWiFS. Le recours à de telles images est essentiel pour obtenir une couverture spatiale élargie ou synoptique pour certaines variables océanographiques comme la température, la chlorophylle (indicateur de la biomasse phytoplanktonique) ou les conditions de glace. Les mesures obtenues par télédétection peuvent être validées sur le terrain à l'aide d'instruments montés sur des bouées ancrées dans diverses régions du golfe, ou installés sur des navires commerciaux ou de la Garde côtière qui naviguent régulièrement dans le golfe. Les mesures de télédétection accroissent considérablement notre capacité d'interprétation des données océaniques.

Figure 2. Profils verticaux de température mesurés au printemps 2001 dans l'estuaire du Saint-Laurent



Déploiement d'appareils de mesure des courants à bord d'un navire de recherche du MPO

Photo : pêches et Océans Canada

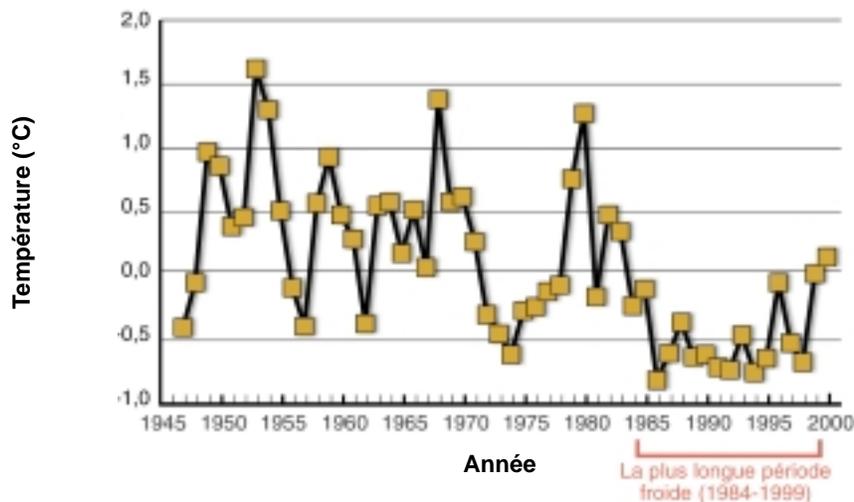
Une quantité importante des données de base intégrées au PMZA proviennent d'autres programmes tels que le programme de thermosalinographes, les missions d'estimation de la biomasse du zooplancton et le suivi des algues nuisibles/toxiques. Dans ce dernier cas, un échantillonnage hebdomadaire est effectué entre les mois de mai et d'octobre, depuis 1989, à 11 stations côtières dans l'estuaire et le golfe (figure 1). L'objectif est de surveiller l'apparition d'algues nuisibles/toxiques et de déterminer leur répartition ainsi que les conditions environnementales favorisant leur apparition. Ce programme permet, entre autres, d'alerter les autorités chargées de protéger la santé humaine pour qu'elles puissent autoriser ou interdire la récolte des différentes espèces de mollusques en fonction de la présence ou de l'absence d'algues nuisibles/toxiques dans les eaux côtières.

D'autres informations utiles au PMZA sont également obtenues de façon opportuniste par des missions d'échantillonnage effectuées dans le cadre de différents programmes scientifiques du MPO, comme les missions d'évaluation des stocks d'invertébrés et de poissons, les missions d'échantillonnage hélicoptérées en hiver-début du printemps ou, encore, la mission annuelle de prévision des glaces. Le PMZA utilise aussi d'autres sources de données connexes, par exemple, les conditions météorologiques, les débits d'eau douce et les niveaux d'eau.

Portrait de la situation

La multitude de données recueillies depuis la mise en place du Programme de monitoring de la zone atlantique, combinées aux données historiques existantes, ont permis de suivre l'évolution

Figure 3. Évolution de la température minimale mesurée dans la couche intermédiaire froide du golfe du Saint-Laurent, de 1948 à 2000



Source: Adapté de Plourde et Gilbert, Bulletin n° 1 du PMZA, novembre 2001, p. 18-19.

Figure 4. Température des eaux de surface dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, mesurée par imagerie satellite le 29 août 2000

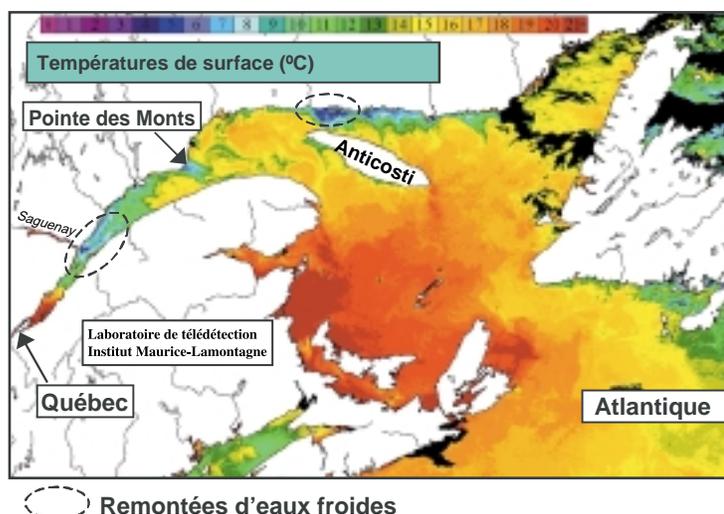
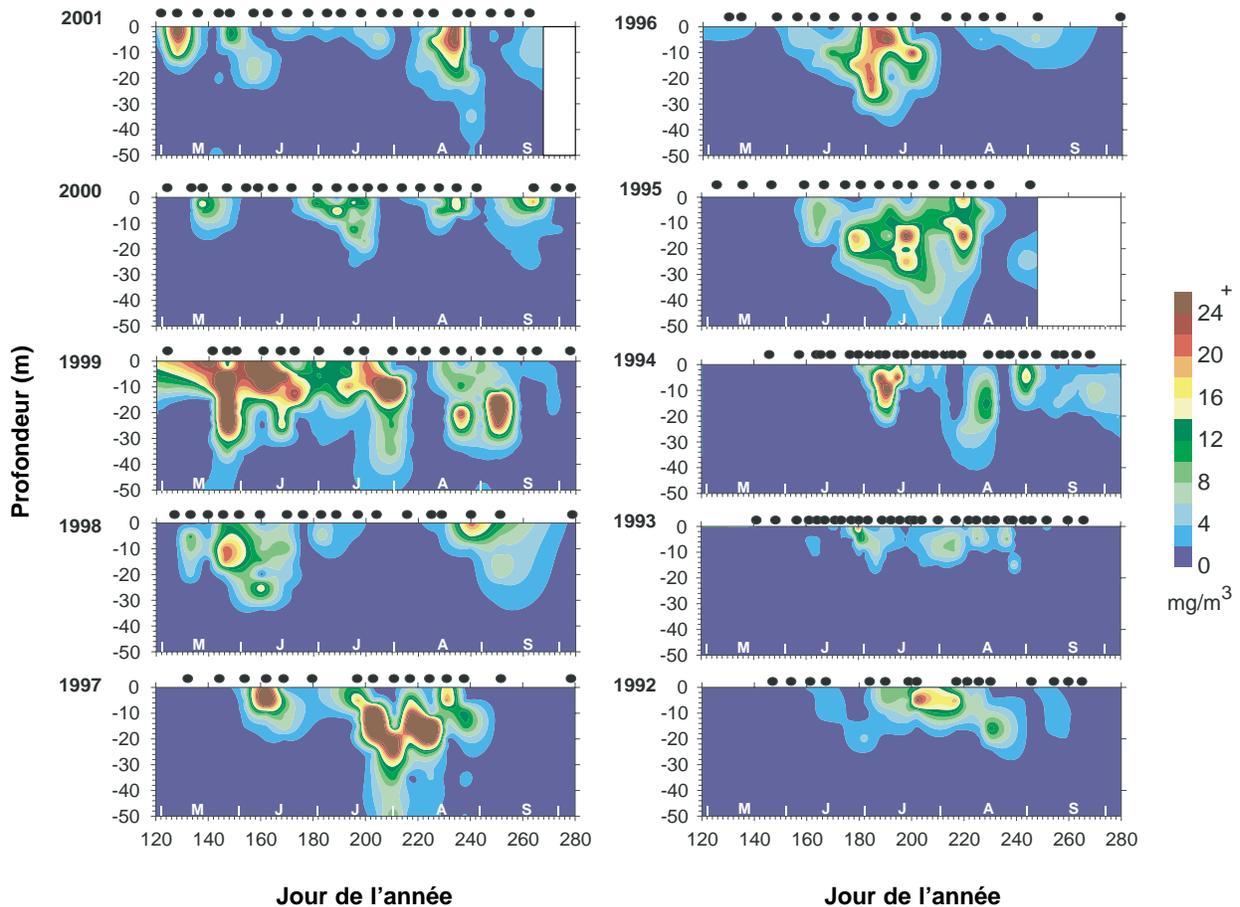


Figure 5. Concentrations de chlorophylle à la station fixe de Rimouski au cours de la période de mai à septembre, entre 1992 et 2001



Note. - Les points noirs au-dessus de chaque graphique représentent une date d'échantillonnage.

Source: Tiré de Starr *et al.*, Bulletin n° 1 du PMZA, novembre 2001, p. 21-23.

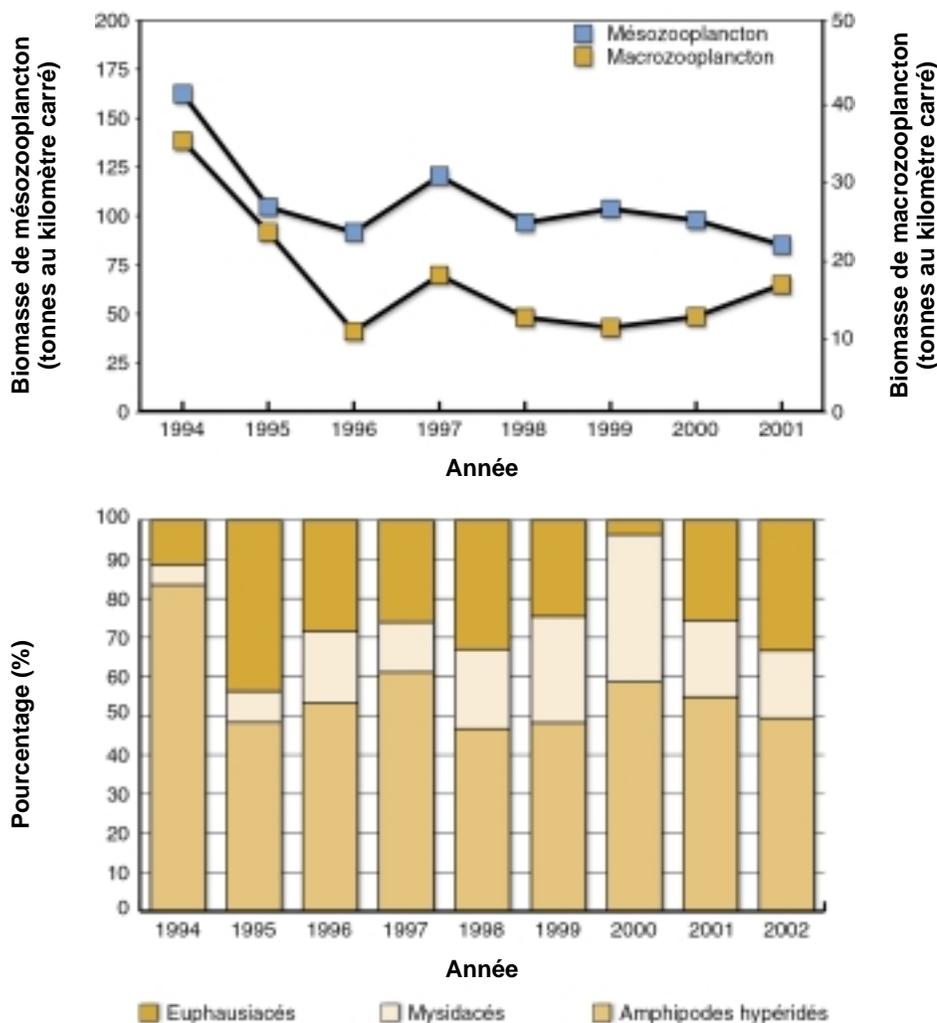
temporelle des variables océanographiques dans le système du Saint-Laurent et, ainsi, d'établir des profils annuels de l'état océanographique du Saint-Laurent marin.

Le suivi de variables physiques comme la température et la salinité a permis, entre autres, de caractériser les différentes masses d'eau de l'estuaire et du golfe et de suivre leur évolution temporelle, depuis la fin des années 1960 dans certains cas. La caractéristique la plus importante mise en évidence par ces analyses est sans doute la présence d'une couche intermédiaire froide

(CIF) dans l'ensemble de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent. La figure 2 illustre bien la présence et l'importance de cette couche dans l'estuaire. Les variations interannuelles de la CIF permettent de détecter et de suivre la variabilité climatique dans cet écosystème. Ainsi, les données historiques de l'évolution de la température minimale mesurée dans la CIF (figure 3) montrent que des périodes chaudes et des périodes froides se sont succédées dans le golfe depuis le milieu du siècle dernier, surtout à partir de la fin des années 1960. On constate également que

l'année 2000 a mis fin à la plus longue période froide de l'histoire climatique récente du golfe. D'un point de vue géographique, l'imagerie satellite a révélé qu'en été, les eaux de surface dans l'estuaire maritime sont en général beaucoup plus froides que dans le reste du golfe (figure 4). On note également, à l'embouchure du Saguenay et au nord de la pointe ouest de l'île d'Anticosti, la présence de régions de remontée d'eaux froides provenant de la CIF. Globalement, on a observé en 2000, et cela pour une troisième année consécutive, des températures moyennes plus chaudes dans

Figure 6. Biomasse moyenne du macrozooplancton (krill) et du mésozooplancton (copépodes) dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent et le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent, de 1994 à 2001, et importance relative de la biomasse des trois plus importants groupes taxonomiques trouvés dans le macrozooplancton au cours de la même période



Source: Tiré de Harvey *et al.*, DFO RES DOC 2002/046, 29 p.

les eaux de surface du Saint-Laurent marin. Il en est résulté une diminution significative de la durée du couvert de glace dans le golfe, lequel est caractérisé par un début plus tardif et une couverture géographique plus restreinte que par les années passées.

Sur le plan biologique, le suivi du phytoplancton et du zooplancton a permis d'étudier plusieurs aspects de

la productivité planctonique dans l'estuaire et dans le golfe, notamment en ce qui concerne les cycles saisonniers et annuels de croissance et de reproduction du plancton, de même que les variations géographiques et temporelles dans la répartition de la biomasse planctonique.

Dans le cas du phytoplancton (végétaux unicellulaires), le cycle annuel de

croissance est caractérisé par plusieurs pics de production et d'abondance, dont le plus intense se produit en général au printemps, lorsque les concentrations d'éléments nutritifs sont élevées et que les conditions d'éclairement dans l'environnement sont favorables à la photosynthèse. Le suivi qui a été effectué au large de Rimouski, dans l'estuaire, (figure 5) montre que l'intensité et la durée de la période de production de chlorophylle (indicateur de la biomasse phytoplanctonique) ont augmenté de façon significative entre 1992 et 1999, avant de reculer temporairement en 2000. Des tendances similaires ont été observées dans la plupart des régions de l'estuaire maritime et du nord-ouest du golfe. Les images satellites couvrant l'ensemble de la région ont également confirmé ces observations. De telles variations interannuelles peuvent être attribuables à des facteurs qui agissent à grande échelle, comme la hausse des températures de l'air observée au cours des trois dernières années dans l'est canadien. Ce phénomène a probablement occasionné une fonte de plus en plus hâtive des glaces.

Concernant le zooplancton, les données montrent que la biomasse de cette composante animale du plancton marin n'est pas uniformément distribuée dans l'estuaire et le golfe, et qu'il existe une très forte variabilité interannuelle entre les différentes régions du golfe. Par exemple, en 1999, la biomasse totale du zooplancton était plus élevée dans la gyre d'Anticosti que dans le courant de Gaspé, et les copépodes (mésozooplancton) représentaient le groupe dominant. Sur le plan temporel, la biomasse de mésozooplancton (copépodes) et de macrozooplancton (krill) dans l'estuaire et dans le nord-ouest

Figure 7. Prolifération d'une algue toxique (*Alexandrium tamarense*), appelée « marée rouge », dans l'estuaire du Saint-Laurent, au large de Sainte-Flavie, le 8 juillet 1998

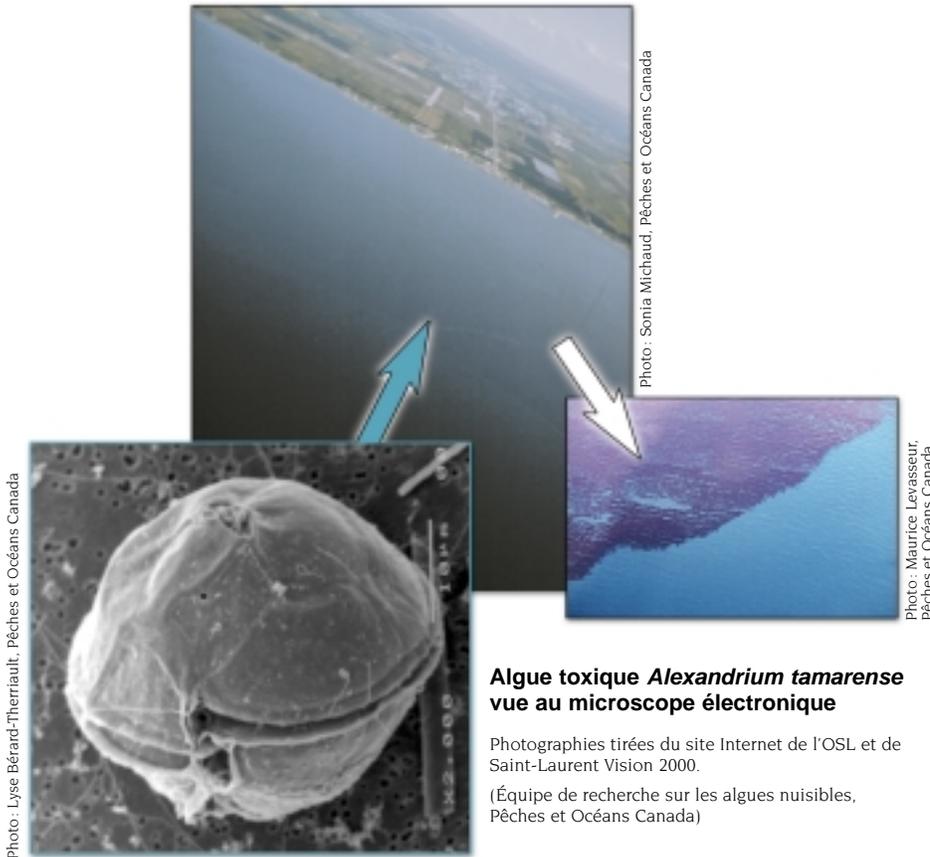


Photo: Lyse Bérard-Therriault, Pêches et Océans Canada

Photo: Sonia Michaud, Pêches et Océans Canada

Photo: Maurice Levasseur, Pêches et Océans Canada

Algue toxique *Alexandrium tamarense* vue au microscope électronique

Photographies tirées du site Internet de l'OSL et de Saint-Laurent Vision 2000.

(Équipe de recherche sur les algues nuisibles, Pêches et Océans Canada)

du golfe n'a pas présenté de variations notables de 1995 à 2001 (figure 6), et ce, malgré un accroissement de la production primaire jusqu'en 1999. Par contre, des variations interannuelles significatives ont été observées dans l'abondance relative des espèces principales du macrozooplancton ou de krill (euphausiacés, mysidacés et amphipodes hypéridés). Ces variations suggèrent des changements importants de communauté qui pourraient être liés en bonne partie à l'origine des masses d'eau. Par exemple, l'abondance de *Themisto libellula*, un amphipode pélagique de l'Arctique, serait directement liée à l'intrusion d'eaux froides provenant du courant du Labrador dans le golfe via le détroit de Belle Isle.

En ce qui concerne les algues toxiques, le suivi a montré que l'algue *Alexandrium tamarense* (figure 7) est présente dans toutes les régions du Saint-Laurent. Son abondance, qui varie cependant d'une région à l'autre, serait liée aux apports d'eau douce. La rive sud de l'estuaire maritime et la côte nord de la péninsule gaspésienne sont les régions les plus affectées. Le courant de Gaspé, qui longe la côte nord de la péninsule gaspésienne, transporterait ces algues vers le golfe et serait responsable des fortes toxicités observées entre Sainte-Flavie et Cap-Gaspé. Une floraison importante a lieu chaque année dans cette zone. Aucune variation interannuelle significative n'y a été décelée entre 1989 et 1994.

Perspectives

Le maintien d'un programme de suivi océanographique à long terme dans l'estuaire et dans le golfe du Saint-Laurent s'avère essentiel, d'une part, pour nous aider à mieux comprendre les processus océanographiques et les liens qui existent entre les espèces d'intérêt commercial et leur environnement et, d'autre part, pour nous permettre de mieux cerner les impacts des changements climatiques dans l'écosystème du Saint-Laurent marin. L'utilité du programme est aussi indéniable dans le contexte d'une nouvelle approche intégrée de gestion à l'échelle des écosystèmes et du développement d'outils pour permettre cette approche, incluant la modélisation numérique et la gestion informatisée des données.

Une attention particulière devrait être apportée à la zone côtière, étant donné sa grande vulnérabilité aux multiples pressions exercées par l'activité humaine, qu'il s'agisse de la pollution ou de la modification et la destruction d'habitats. Les régions côtières sont souvent essentielles pour la reproduction et l'alimentation de plusieurs espèces marines, mais elles ne font que peu ou pas l'objet de suivis particuliers. La compréhension des processus côtiers affectant les espèces marines demeure donc incomplète, et des efforts devront être investis à moyen terme afin de remédier à cette situation.

Finalement, bien que des pas importants aient déjà été franchis pour l'amélioration du rapport coûts/bénéfices lié à la collecte de données, ce sujet demeure un enjeu majeur pour le PMZA. Des travaux sont d'ailleurs en cours pour développer de nouvelles technologies qui permettront de mesurer, de façon autonome et automatique, les

variables océanographiques requises, particulièrement dans les endroits plus difficiles d'accès. D'autres développements sont aussi en cours afin d'automatiser la collecte de données à bord de navires en mouvement, comme ceux de la Garde côtière, les navires de pêche ou les traversiers.



Photo: Denis Chamard, Pêches et Océans Canada

Pour en savoir plus

THERRIAULT, J.-C., B. PETRIE, P. PEPIN, J. GAGNON, D. GREGORY, J. HELBIG, A. HERMAN, D. LEFAIVRE, M. MITCHELL, B. PELCHAT, J. RUNGE et D. SAMEOTO. 1998. *Propositions pour un programme zonal de monitoring de la région nord-ouest de l'Atlantique*. Pêches et Océans Canada. Rapport technique canadien sur l'hydrographie et les sciences océaniques, n° 194, vii + 57 p.

HARVEY, M., M. STARR et M. LEVASSEUR. 2000. « L'état du plancton dans l'estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent en 1999 ». *Le Naturaliste canadien*, vol. 125, n° 1, p. 68-70.

MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS. 2001. *Les conditions océanographiques dans le golfe du Saint-Laurent au cours de l'an 2000*. MPO – Sciences, Rapport sur l'état des stocks G4-01.

Site du PMZA :
http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/zmp/main_zmp_f.html

Site de l'observatoire du Saint-Laurent :
<http://www.osl.gc.ca>

Rédaction : Jean-Claude Therriault et Nathalie Paille
Institut Maurice-Lamontagne
Pêches et Océans Canada

Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent

Quatre partenaires gouvernementaux – les ministères de l'Environnement du Canada et du Québec, la Société de la faune et des parcs du Québec et le ministère des Pêches et des Océans du Canada – mettent en commun leur expertise et leurs efforts pour rendre compte à la population de l'état et de l'évolution à long terme du Saint-Laurent. Pour ce faire, des indicateurs environnementaux ont été élaborés à partir des données recueillies dans le

cadre des activités de suivi environnemental que chaque organisation poursuit au fil des ans. Ces activités touchent les principales composantes de l'environnement que sont l'eau (qualité et quantité), les sédiments, les ressources biologiques (diversité et condition des espèces), les usages et éventuellement les rives.

Pour obtenir d'autres exemplaires ou la collection complète des fiches,

veuillez vous adresser au Bureau de coordination de Saint-Laurent Vision 2000 :

1141, route de l'Église
C.P. 10 100
Sainte-Foy (Québec) G1V 4H5
Tél.: (418) 648-3444

Vous pouvez également obtenir les fiches et de l'information complémentaire sur le Programme en visitant le site Internet : www.slv2000.qc.ca.

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2002
Publié avec l'autorisation du ministre d'État aux Affaires municipales
et à la Métropole, à l'Environnement et à l'Eau du Québec
© Gouvernement du Québec, 2002
N° de catalogue : En4-21/2002F
ISBN 0-662-88169-9
Envirodoq : ENV/2002/0354
Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Canada, 2002
Also available in English under the title: *Oceanographic Processes in the Estuary and Gulf*