

Suivi de l'état du SAINT-LAURENT

EAU

SÉDIMENTS

RIVES

RESSOURCES
BIOLOGIQUES

USAGES

Les processus océanographiques dans l'estuaire et le golfe

3^e édition

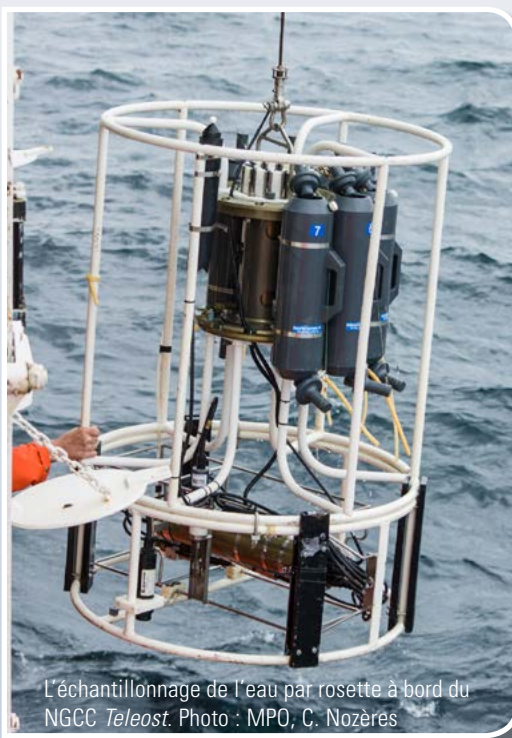
Problématique

Les activités humaines, telles que la pêche, l'introduction d'espèces non indigènes, les modifications d'habitats, peuvent entraîner des changements importants dans le fonctionnement des écosystèmes, alors que la variabilité et le changement climatique (ex. réchauffement des eaux, augmentation de la stratification, acidification des eaux) constituent également des sources de perturbations potentielles pour l'environnement marin. Afin de mieux connaître et de suivre l'évolution des variables océanographiques et pour soutenir la gestion durable des activités et des ressources, Pêches et Océans Canada (MPO) a implanté en 1999 le Programme de monitoring de la zone atlantique (PMZA). Ce programme vise à récolter régulièrement un ensemble de données sur



NGCC *Teleost*
Photo : MPO, C. Nozères

des variables biologiques (ex. chlorophylle, zooplancton), chimiques (ex. oxygène dissous, éléments nutritifs, pH) et physiques (ex. température, salinité, couvert de glace, débit d'eau douce) dans les régions maritimes de l'Est canadien. L'objectif est de constituer les bases de données nécessaires pour décrire, comprendre et éventuellement prévoir les phénomènes saisonniers, interannuels et décennaux qui régissent ces écosystèmes.



L'échantillonnage de l'eau par rosette à bord du NGCC *Teleost*. Photo : MPO, C. Nozères

Pour la région du Québec, l'aire couverte par le PMZA comprend l'estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent (figure 1). Le PMZA a innové au chapitre de l'accessibilité à certaines régions durant l'année (ex. présence de glace en hiver) et dans l'espace (ex. les régions peu fréquentées au nord et nord-

est du golfe). Par exemple, une mission hélicoptérée couvrant l'ensemble de l'estuaire maritime et du golfe est réalisée en mars de chaque année depuis 1996. Les mesures de télédétection par satellites accroissent également la capacité d'acquisition de données (ex. température de la surface de la mer, biomasse de phytoplancton) sur l'ensemble des régions. Le PMZA utilise aussi des données connexes, telles que des données météorologiques, les débits d'eau douce, les niveaux d'eau, etc.

L'échantillonnage hebdomadaire soutenu depuis 1992 à la station permanente au large de Rimouski est la principale source de données pour suivre l'état biologique de l'estuaire maritime. Des analyses ont démontré que les données récoltées à cette station sont généralement représentatives des conditions des régions nord-ouest du golfe du Saint-Laurent.

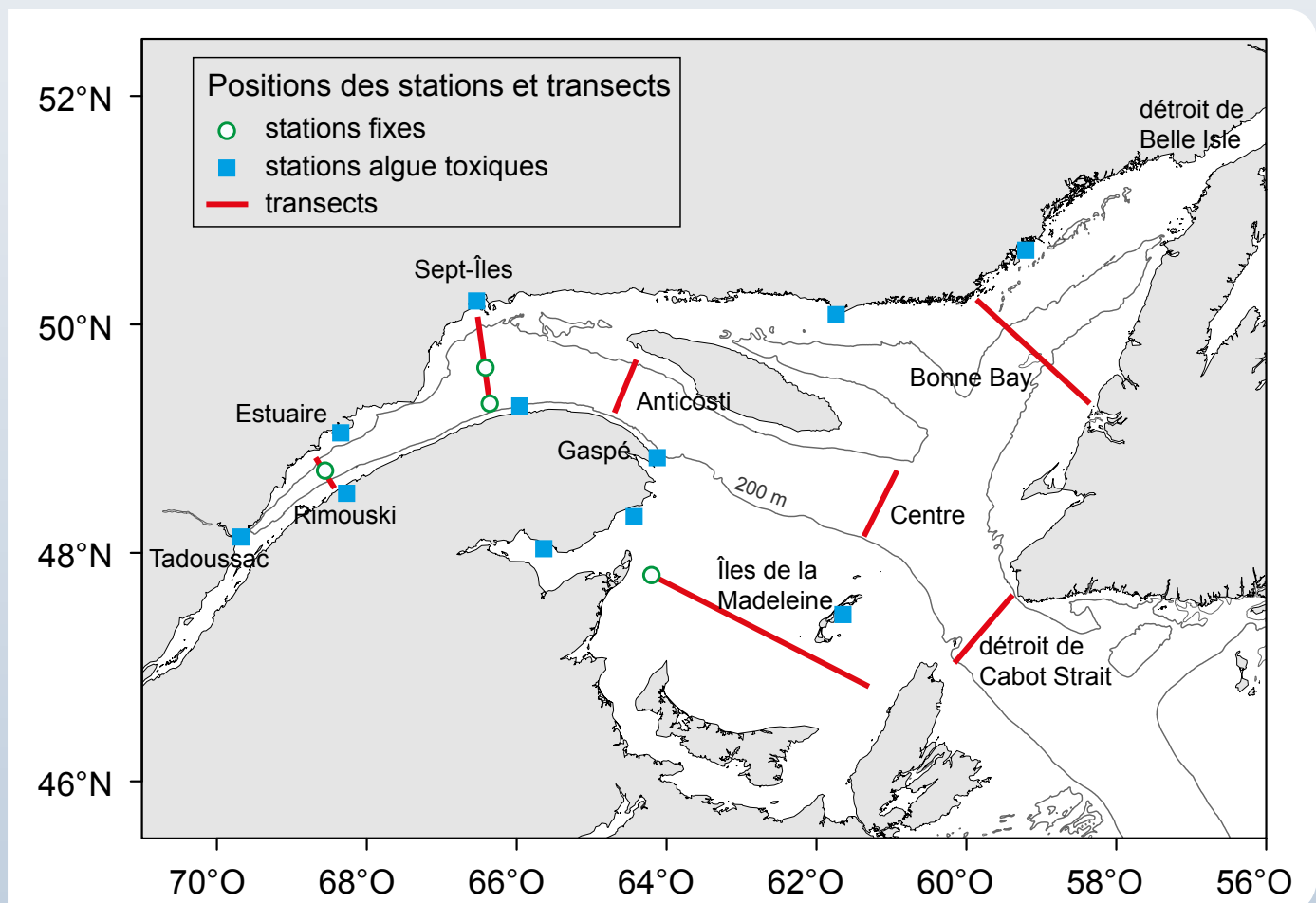
L'acquisition des données par le PMZA repose sur un échantillonnage à des stations le long de transects deux fois par année, juin et novembre, et un échantillonnage régulier, aux deux semaines d'avril à novembre, à des stations fixes localisées dans les régions les plus accessibles. Le programme est également complété par un réseau de stations côtières où un échantillonnage saisonnier est effectué pour le suivi de l'abondance des algues toxiques dans l'estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent.

Portrait de la situation

Évolution des conditions physico-chimiques

L'estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent présentent une stratification verticale importante selon la température et la salinité suivant un cycle saisonnier. Le débit

Figure 1 Positions des transects et des stations fixes à la base du PMZA et localisation des stations d'échantillonnage des algues toxiques dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent.



d'eau douce qui s'écoule dans l'estuaire a une grande influence sur la stratification et sur l'intensité de la circulation estuarienne. Depuis 1974, le débit d'eau douce moyen annuel est à la baisse de 10 %. Bien que le débit annuel ait été variable de part et d'autre de la moyenne climatologique durant les cinq dernières années, la crue printanière s'est produite tôt en saison durant les hivers doux de 2010 et 2012, en mars plutôt qu'en avril (figure 2). Par contre, la crue printanière la plus élevée depuis 1976 s'est produite en 2011 et tardivement, en mai.

En été, la colonne d'eau comporte trois couches distinctes : la couche de surface, la couche intermédiaire froide (CIF) et la couche d'eau profonde (encadré 1). Les températures à la surface atteignent des valeurs maximales entre la mi-juillet et la mi-août avec une moyenne climatologique (1985-2010) passant d'environ 7 °C à la tête de l'estuaire maritime (région de Tadoussac – figure 1) jusqu'au-dessus de 17 °C sur le plateau madelinien. L'analyse des données historiques montre que les eaux de surface estivales se réchauffent, suivant l'augmentation de la température de l'air qui a progressé à un taux de 0,9 °C par

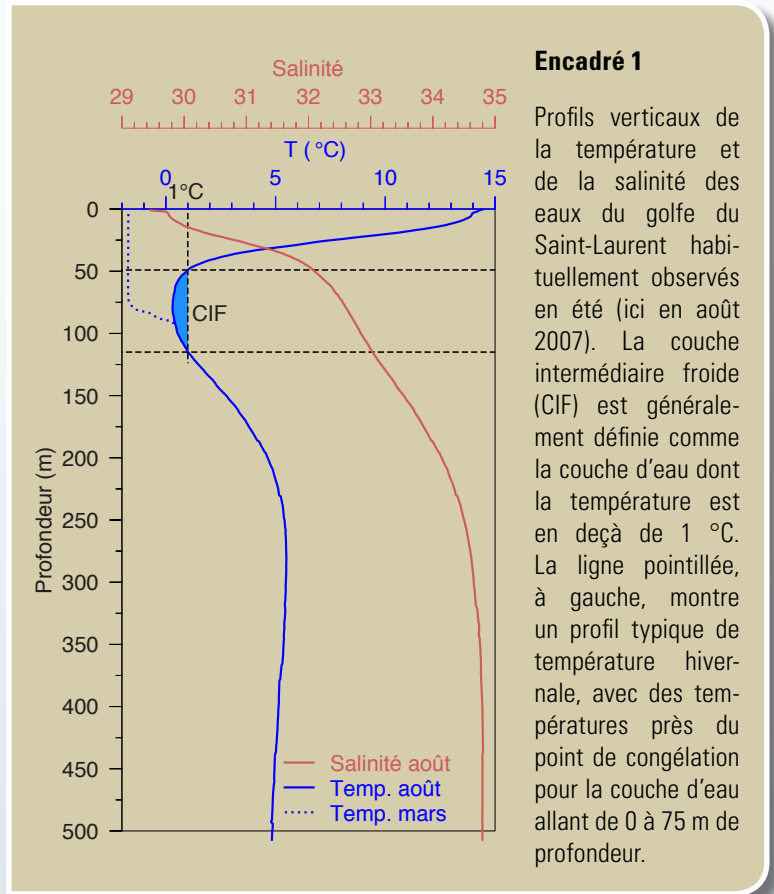


Figure 2 Débit mensuel moyen du Saint-Laurent mesuré à Québec (en noire). L'aire en bleu représente la climatologie mensuelle (1981-2010) plus et moins un demi écart-type de la variabilité mensuelle.

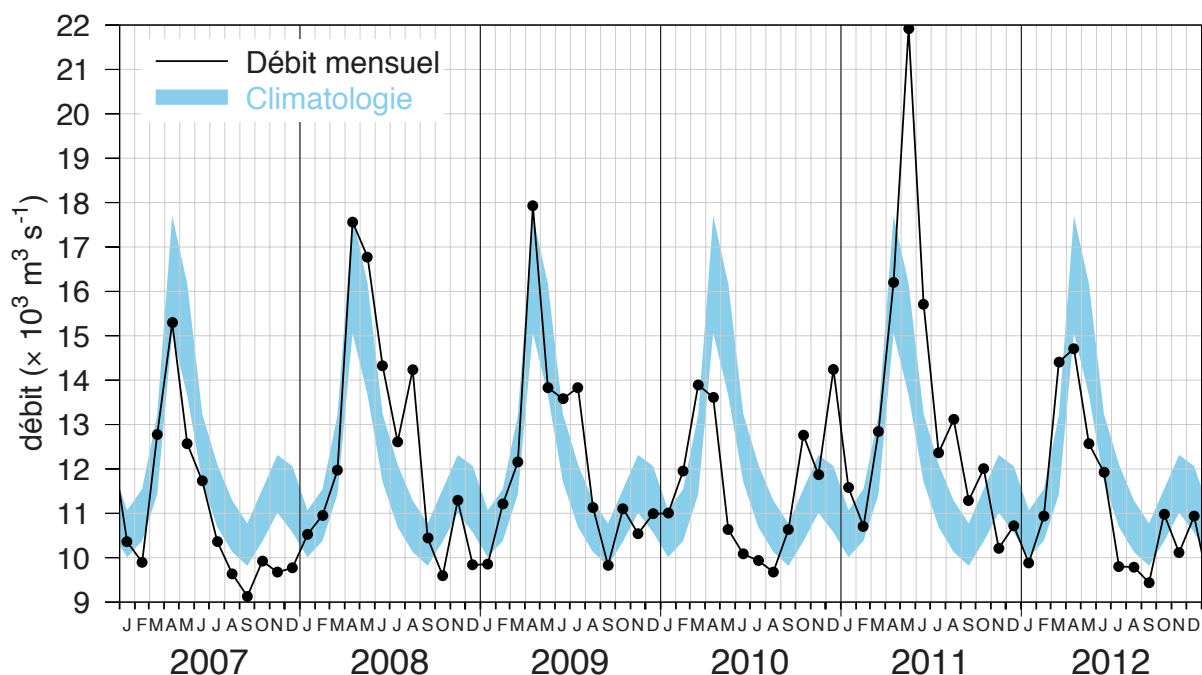
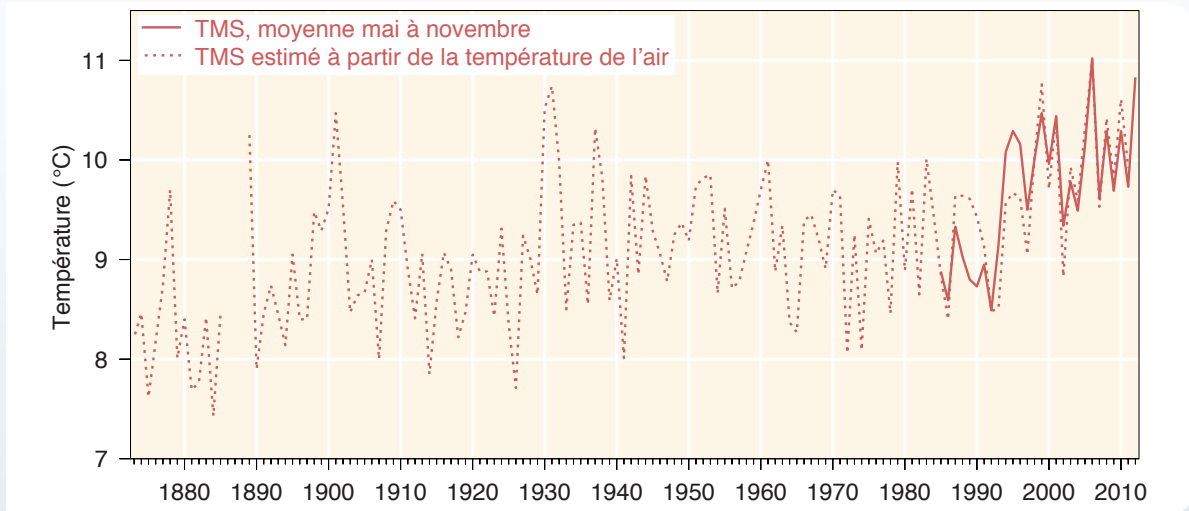


Figure 3 Évolution de la température moyenne de surface (TMS) du golfe du Saint-Laurent, de mai à novembre (1985-2012 : ligne à trait plein) ainsi qu'un estimé des températures historiques basé sur la température de l'air depuis 1873 (ligne pointillée).



100 ans depuis 1873, mais plus rapidement depuis les 20 dernières années (figure 3).

À l'automne, le refroidissement des eaux de surface et le mélange occasionné par les vents entraînent l'apparition d'une couche mélangée qui devient progressivement plus froide et plus profonde. Ainsi, à la fin du mois de mars, la couche de surface du golfe affiche des températures proches du point de congélation ($-1,8$ à 0 °C) et s'étend sur une profondeur moyenne de 75 m. L'étendue et le volume de glace de mer maximal atteint durant l'hiver, ainsi que la durée de la saison de glace, sont en décroissance dans le golfe depuis 1990. Depuis 1969, trois hivers ont vu une quasi totale absence de glace (1969, 2010 et 2011); or, ce sont les trois seuls hivers qui ont eu des températures de l'air dépassant la normale de 2 à 3 °C, nous donnant peut-être un avant-goût des conditions à venir d'ici une cinquantaine d'années, selon les scénarios de changement climatique.

Au printemps, le réchauffement des eaux de surface, la fonte des glaces de mer et le ruissellement provenant du continent entraînent une réduction de la salinité et une augmentation de la température de la couche de surface sous laquelle les eaux froides deviennent en partie isolées de l'atmosphère pour former la CIF d'été. Cette couche représente une grande proportion des eaux estivales du golfe et influence les processus physico-chimiques et biologiques. La température moyenne en été de la CIF a subi de grandes variations interannuelles, avec une longue période de froid

intense entre 1986 et 1998 (figure 4). Depuis, il y a eu une élévation des températures, mais la moyenne en 2003 a été aussi basse que celles observées durant la période froide; 2003 a été également l'année avec le volume maximal de glace observé dans le golfe depuis 1969. À l'été 2012, la température moyenne de la CIF a été la plus élevée depuis 1980.

La couche d'eau profonde de l'estuaire maritime, située sous la CIF (> 150 m), origine du plateau continental. Les eaux qui entrent dans le détroit de Cabot circulent vers l'amont avec peu d'échange avec les eaux moins profondes.

Figure 4 Température minimum en été de la couche intermédiaire froide (moyenne sur l'ensemble du golfe du Saint-Laurent) au 15 juillet de chaque année.

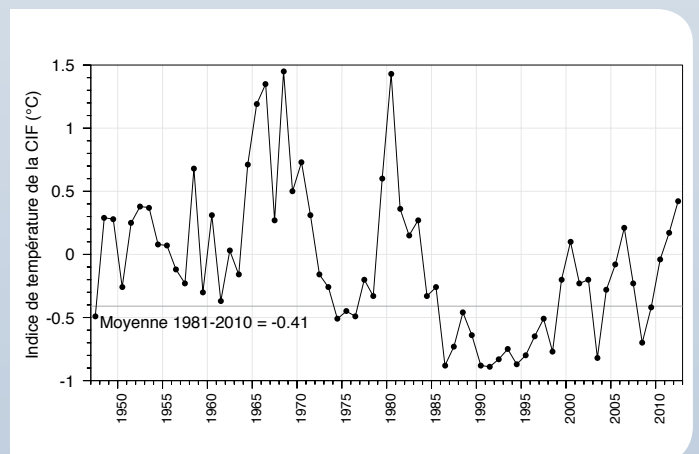
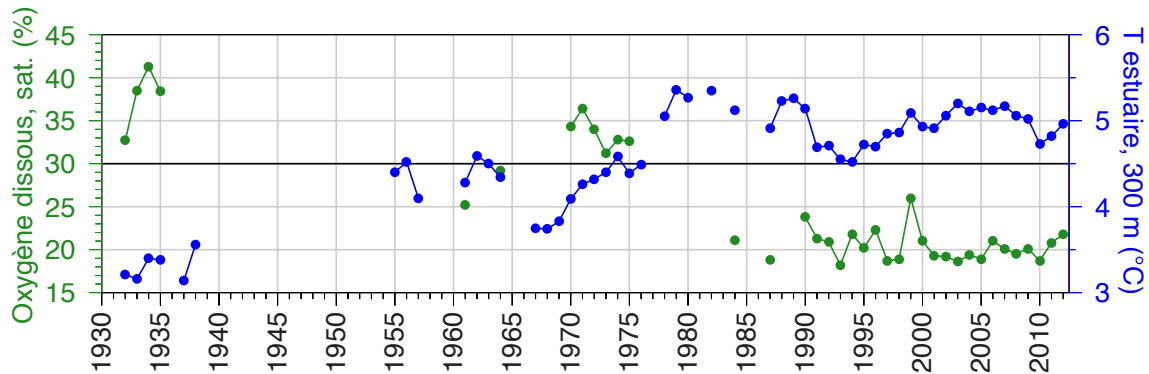
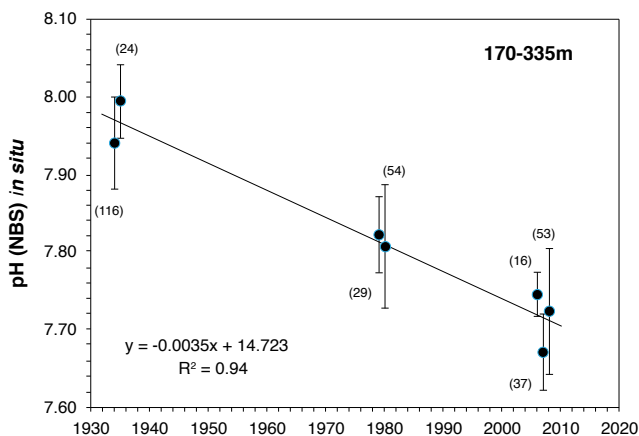


Figure 5 Température (bleu) et concentration en oxygène dissous (vert) à 300 m de profondeur dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent.



Ces eaux prennent environ trois à quatre ans pour atteindre la tête de l'estuaire maritime. Ce faisant, leur concentration en oxygène dissous diminue en raison de la respiration des organismes présents dans la colonne d'eau et sur le fond. Les plus faibles concentrations d'oxygène dissous sont observées dans les eaux profondes de l'estuaire maritime, lesquelles ont été brièvement hypoxiques au début des années 1960, puis le sont de façon constante, à environ 19 à 22 % de saturation, depuis 1984 (figure 5).

Figure 6 Évolution du pH des eaux profondes (> 170 m) de l'estuaire maritime du Saint-Laurent de 1934 à 2010*.

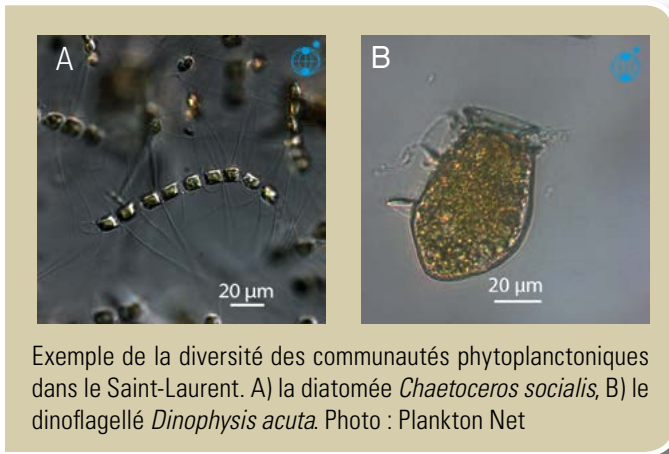


* Les points représentent la moyenne annuelle des mesures historiques effectuées entre mai et septembre avec les intervalles de confiance à 95 %. Les nombres entre parenthèses correspondent au nombre de mesures effectuées pour chaque année.

Parallèlement à la réduction de l'oxygène, le pH des eaux profondes (> 170 m) a diminué de 0,2 à 0,3 unité entre 1934 et 2010 (figure 6), soit une augmentation de l'acidité d'environ 100 %. Cette acidification entraîne une réduction de carbonate de calcium, lequel est nécessaire à la construction des coquilles et squelettes de plusieurs organismes, incluant les mollusques, les crustacés et les coraux. L'accumulation de CO₂ anthropique provenant de l'atmosphère, l'origine des masses d'eaux et la décomposition de matière organique dans les eaux profondes seraient responsables de l'acidification du Saint-Laurent.

Évolution des conditions biologiques (phytoplancton et zooplancton)

Le phytoplancton de l'estuaire maritime forme une communauté diversifiée où dominent différents groupes taxonomiques selon la saison. Le suivi de l'abondance de groupes de phytoplancton à la station Rimouski nous donne un aperçu de l'évolution récente de la communauté. Les rapports diatomées/dinoflagellés ou diatomées/flagellés sont de bons indicateurs des changements environnementaux, car ces groupes répondent distinctement à l'environnement, notamment aux apports en nutriments et à la stratification de la colonne d'eau. Ainsi, le réchauffement des eaux, le ruissellement accru et l'eutrophisation tendent à favoriser les dinoflagellés et les flagellés. Dans l'estuaire maritime, on constate le changement dans les ratios diatomées/dinoflagellés et diatomées/flagellés depuis 1997, avec un point de bascule autour de 2003 (figure 7), associé à une augmentation récente des dinoflagellés et flagellés.



La production de phytoplancton dans le golfe suit un cycle annuel caractéristique des régions tempérées avec deux floraisons typiques, une importante au printemps et la deuxième, moins importante, à l'automne. L'analyse des images de la couleur à la surface de la mer fournies par le satellite MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*, NASA), transformée en indice de la bio-

masse de phytoplancton, donnent une image globale de la productivité primaire dans l'écosystème. Pour les régions du golfe du Saint-Laurent, excluant l'estuaire maritime, les données depuis 2003 montrent pour toutes les régions des anomalies négatives très fortes (beaucoup plus hâtives que la normale) pour le début et le moment du maximum d'intensité de la floraison de phytoplancton en 2010 et 2012, deux années chaudes où la disparition de la glace est survenue tôt (figure 8).

Le mésozooplancton de l'estuaire maritime et du golfe du Saint-Laurent est dominé par les espèces de copépodes calanoïdes. D'importantes variations dans la composition du zooplancton ont été observées sur l'ensemble du golfe depuis 1999. Alors que l'abondance des petits calanoïdes présentait des anomalies négatives de 1999 à 2005, ces espèces étaient généralement plus abondantes que la normale (anomalies positives) de 2008 à 2011 (figure 9). À l'opposée, les grands calanoïdes montraient des abondances généralement plus faibles que la moyenne de 2008 à 2011.

Figure 7 Ratios diatomées/flagellés et diatomées/dinoflagellés, moyenne de mai à août, à la station Rimouski, estuaire maritime.

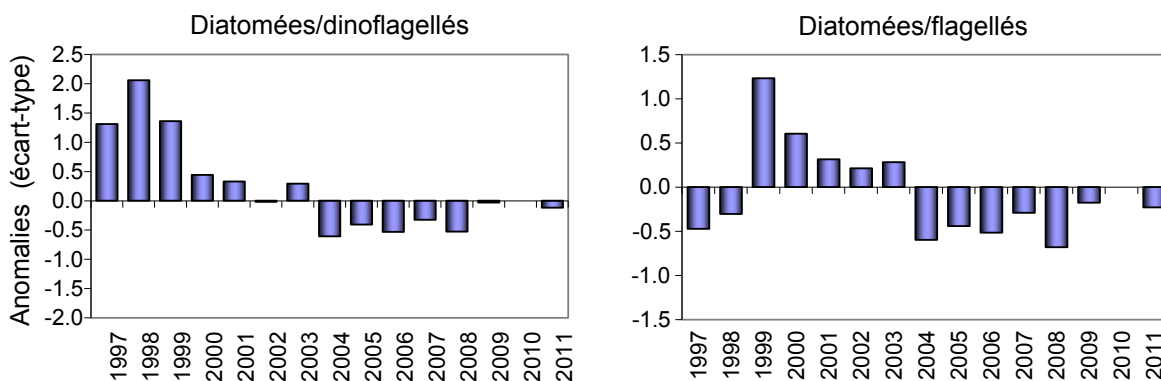
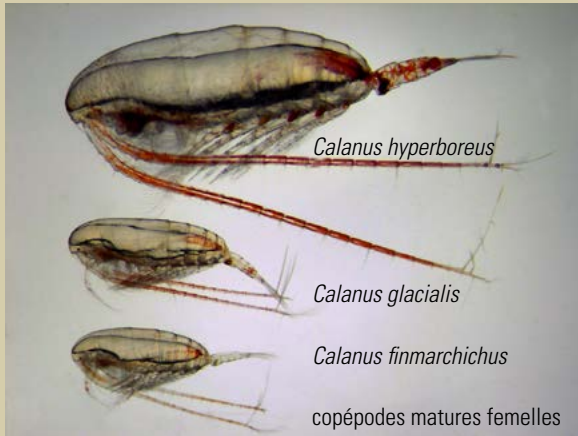


Figure 8 Anomalie du moment de la floraison de phytoplancton dans quatre régions distinctes du golfe du Saint-Laurent. Les teintes de bleu indiquent une floraison de plus en plus hâtive (du pâle vers le foncé) alors que les teintes en rouge indiquent un effet inverse.

Indicateur	Région	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Début de la floraison printanière de phytoplancton	Nord-ouest du golfe	0.76	0.76	0.00	0.00	0.00	0.76	0.00	-2.29	0.00	-0.76
	Vallée de Shédiac	0.70	0.70	-0.90	0.70	-0.90	0.70	0.70	-1.70	-0.90	-0.90
	Îles-de-la-Madeleine	0.20	-1.37	-0.59	0.98	0.20	0.98	0.98	-1.37	0.20	-0.59
	Nord-est du golfe	1.58	0.00	0.00	-1.58	0.00	0.00	-1.58	-3.16	0.00	-1.58
	Détroit de Cabot	0.98	0.20	0.20	-0.59	0.20	0.98	0.20	-2.15	-3.71	-1.37
Moment du maximum d'abondance du phytoplancton	Nord-ouest du golfe	1.21	1.21	-0.72	-0.72	0.24	0.24	0.24	-1.69	0.24	-0.72
	Vallée de Shédiac	0.78	-0.11	-1.89	-0.11	0.78	0.78	0.78	-1.00	-0.11	-1.89
	Îles-de-la-Madeleine	0.47	0.47	-2.34	0.47	0.47	0.47	0.47	-0.47	1.40	-0.47
	Nord-est du golfe	2.31	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	-0.90	-0.90	0.70	-0.10
	Détroit de Cabot	0.28	0.28	0.28	-0.85	0.28	1.41	0.28	-1.97	0.28	-1.97



Plusieurs espèces de copépodes du genre *Calanus* constituent la majorité de la biomasse de mésozooplancton dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Ces espèces diffèrent tant par leur cycle de vie que par leur taille adulte. Ainsi, les fluctuations dans l'abondance relative des différentes espèces peuvent avoir des répercussions sur la productivité et le fonctionnement même de l'écosystème.

Photo : Ida Beathe Øverjordet et Dag Altin, 2012, *Journal of Plankton Research*, 34 (3). Reproduit avec autorisation.

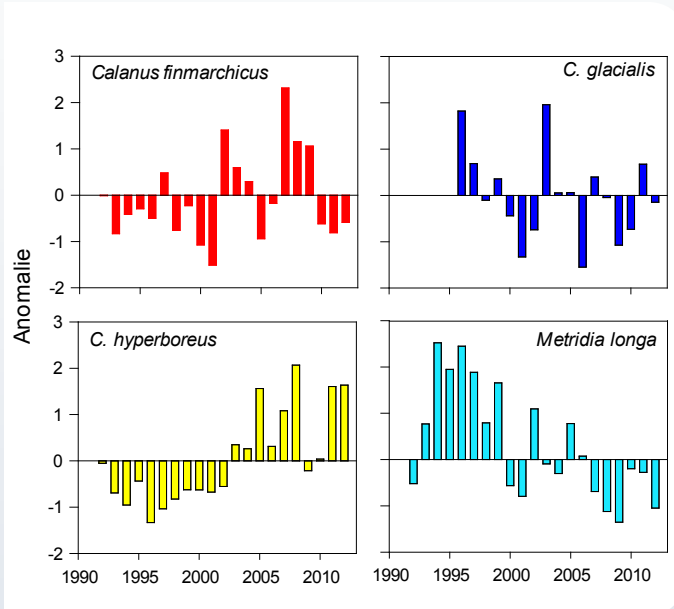
Les variations opposées de ces grandes classes de zooplancton reflètent probablement leurs différentes préférences environnementales.

Le suivi réalisé à la station Rimouski depuis 1992 a permis de décrire la composition du zooplancton durant la période froide décrite préalablement. *Calanus finmarchicus* et *C. hyperboreus*, deux espèces abondantes dans les eaux du nord-ouest de l'Atlantique, présentaient des anomalies d'abondance généralement négatives de 1992 à 2002 (figure 10). Cette période froide a été suivie par une période plus chaude de 2003 à 2012 durant laquelle l'abondance de *C. finmarchicus* oscillait entre des valeurs positives et négatives, alors que celle de *C. hyperboreus* était généralement au-dessus de la normale. Deux espèces typiques des plateaux continentaux sous l'influence d'eaux d'origine arctique, *C. glacialis* et *Metridia longa*, montraient un patron interannuel d'abondance différent avec des anomalies fortement positives de 1993 à 1999 (figure 10), années présentant des anomalies de températures généralement plus froides dans l'estuaire maritime. Durant les années subséquentes, généralement plus chaudes, ces espèces arctiques ont montré des abondances en moyenne sous la normale à partir de 2000. Il est intéressant de noter

Figure 9 Anomalies annuelles standardisées de l'abondance des petits et des grands calanoïdes (mésozooplancton) aux stations fixes et sur les transects du PMZA de 1999 à 2012. Les teintes de rouge indiquent des anomalies positives (et plus grandes abondances) alors que les teintes de bleu indiquent des anomalies négatives (et faibles abondances) par rapport à la moyenne.

	Années	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Petits calanoïdes	Courant de Gaspé	-0.91	-0.91	-0.84	-0.85	-0.84	0.16	0.38	-0.16	-0.13	0.43	1.59	2.07	4.80	8.45
	Gyre Anticosti	-0.67	-0.68	-0.96	-0.93	-0.84	-0.45	-0.45	0.33	0.11	1.93	1.21	1.38	2.21	-0.54
	Shediac	-0.76	-0.66	-0.75	-0.94	-0.80	-0.25	-0.03	-0.09	0.10	2.54	0.76	0.89	0.93	-0.16
	Estuaire		-0.56	-1.28	-1.34	-0.97	0.42	-0.57	1.14	0.97	-0.06	1.04	1.21	1.00	0.36
	Sept-Iles		-0.78	-1.08	-0.97	-1.10	-0.51	-0.50	1.03	0.34	1.22	0.96	1.40	0.65	-0.49
	Anticosti		-0.67	-1.22	-0.95	-1.06	-0.23	-0.65	1.39	0.92	1.51	0.36	0.62	1.11	-0.33
	Iles-de-la-Madeleine		-1.16	-1.42	-0.47	0.19	-0.59	-0.51	1.07	-0.61	0.88	1.22	1.40	1.84	0.68
	Bonne Bay		-1.22	-1.40	-1.14	-0.56	1.31	0.05	0.09	-0.08	1.09	1.29	0.59	1.95	0.68
	Centre					1.58	-1.05	-1.23	-0.02	-0.42	-0.25	0.11	1.28	4.30	0.97
	Détroit de Cabot		-0.68	-2.11	-0.55	0.36	0.36	0.68	0.48	-0.87	0.72	0.00	1.60	1.75	-0.40
Grands calanoïdes	Courant de Gaspé	-0.49	0.07	-0.46	-0.92	2.58	0.82	0.37	0.43	-0.14	-0.27	-1.10	-0.89	-1.47	5.46
	Gyre Anticosti	-0.29	-0.49	-1.33	-0.11	1.95	-0.08	-0.98	0.09	0.91	0.32	1.27	-1.25	-1.03	0.21
	Shediac	-0.92	-0.77	1.12	-1.53	1.78	1.37	0.31	0.21	-0.28	-0.63	-0.55	-0.11	-1.81	0.59
	Estuaire		0.26	-0.70	-0.02	-0.03	0.02	0.90	-0.21	2.28	0.09	-1.15	-1.44	-1.12	-0.73
	Sept-Iles		-0.31	0.15	-0.88	1.38	-0.34	-0.84	1.76	1.26	-0.62	-1.04	-0.51	-0.49	0.18
	Anticosti		-0.39	-0.47	-0.61	-0.18	-0.57	-0.21	2.64	1.14	-0.36	-0.50	-0.47	-0.81	0.11
	Iles-de-la-Madeleine		-1.61	0.14	0.61	0.63	0.05	-1.00	0.91	0.62	1.52	-0.49	-1.37	-1.36	1.53
	Bonne Bay		-0.92	-0.56	-0.11	-0.40	1.61	-0.23	-1.65	0.96	1.54	-0.04	-0.19	-0.49	1.12
	Centre					2.08	-0.40	-0.56	-0.51	0.55	-0.02	0.12	-1.26	-1.21	0.16
	Détroit de Cabot		1.64	-0.98	0.48	0.15	0.83	-1.05	0.35	0.79	-0.22	-0.13	-1.86	-0.84	0.07

Figure 10 Anomalies annuelles standardisées de l'abondance des copépodes calanoïdes *Calanus finmarchicus*, *C. hyperboreus*, *C. glacialis* et *Metridia longa* à la station Rimouski de 1992 à 2012.



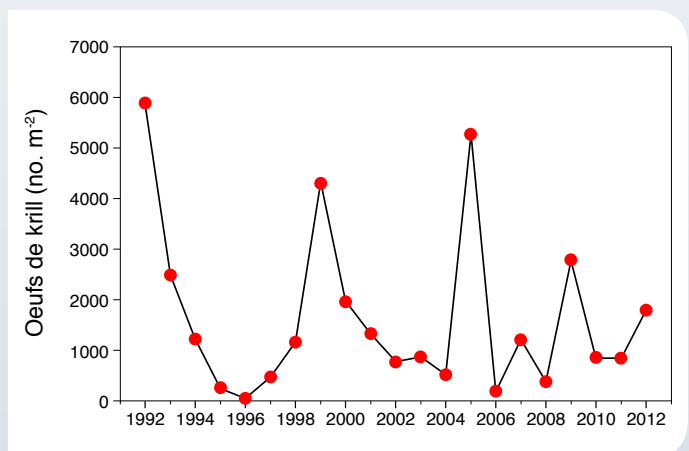
une forte anomalie positive de l'abondance de *C. glacialis* en 2003, année caractérisée par de très faibles températures dans la région.

Des changements dans la saisonnalité du zooplancton ont été observés à la station Rimouski depuis 1992. Le suivi de la reproduction pour l'espèce indicatrice *C. finmarchicus* a mis en évidence une diminution significative de la taille du corps des femelles (longueur du prosome) de 1993 à 2009, corrélée à une diminution de l'ordre de 25 % du nombre d'œufs produits par événement de ponte. Cette diminution de la fécondité des femelles est accompagnée par un changement dans la saisonnalité de la dynamique de population de *C. finmarchicus*. Alors que la principale période de recrutement était observée entre la mi-juillet et le début août de 1993 à 2003, le maximum d'abondance de jeunes stades est observé entre la mi-juin et le début juillet de 2003 à 2012, indiquant un recrutement plus hâtif dans la région. De plus, nous observons une augmentation de l'importance d'un recrutement secondaire, une seconde génération, plus tard en saison (septembre) à la station Rimouski depuis 2003.

Le krill, composé de plusieurs espèces d'euphausiacés, est une composante importante du grand zooplancton et représente une proie importante de plusieurs espèces

de poissons et de mammifères marins qui viennent s'alimenter dans l'estuaire maritime. Une évaluation fiable de l'abondance du krill est pratiquement impossible en utilisant les filets à plancton de manière conventionnelle. Cependant, un indice relatif des variations interannuelles de l'abondance basé sur l'abondance des œufs de krill à la station Rimouski entre mai et octobre a été développé. Cet indice montre de fortes variations interannuelles avec des maximums observés tous les 3 ou 5 ans (figure 11). Ces variations d'abondance de la population seraient vraisemblablement causées par des fluctuations du succès de recrutement en réponse aux conditions environnementales.

Figure 11 Indice d'abondance annuel (mai à octobre) des œufs de krill à la station Rimouski, estuaire maritime, de 1992 à 2012.

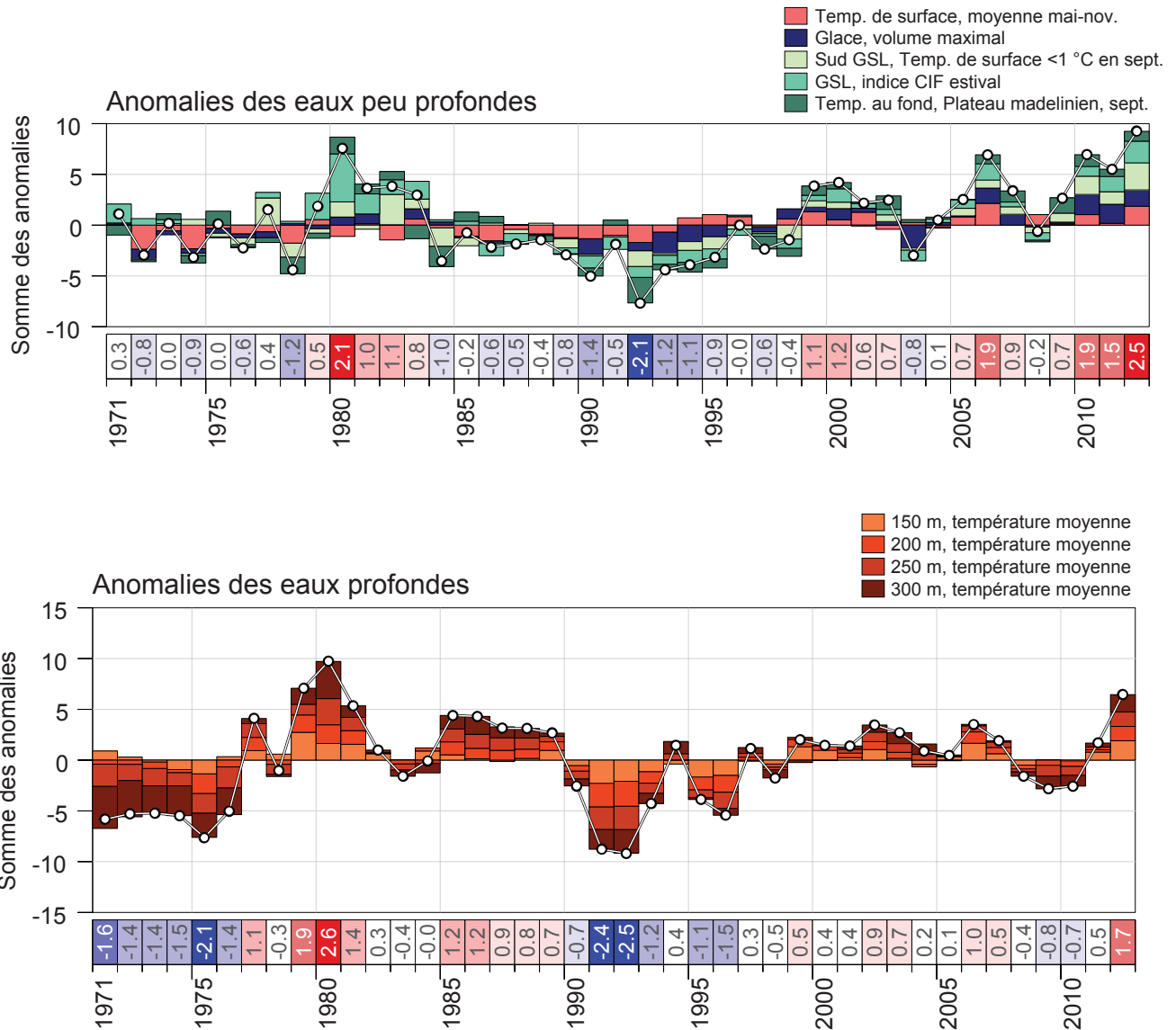


Perspectives

L'intégration de plusieurs indicateurs des températures pour les eaux peu profondes et profondes de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent indique une tendance récente à la hausse. Des conditions particulièrement chaudes près de la surface en 2010 et un record en 2012, ainsi que des températures au-dessus de la normale en profondeur pour la même année ont notamment été observées (figure 12).

Des changements sont observés dans les communautés de phytoplancton (ex. augmentation des flagellés et dinoflagellés) et de zooplancton (ex. augmentation en abondance des espèces de petits calanoïdes, modification de la saisonnalité). On constate que les conditions biologiques répondent aux variations environnementales. Ces modifications de la production planctonique peuvent avoir

Figure 12 Combinaison de différents indicateurs des conditions physiques pour l'estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent (GSL).



des conséquences sur les processus de recrutement et la productivité des niveaux trophiques supérieurs, incluant des espèces à valeurs commerciales. Ces variations de la dynamique de production s'ajoutent donc aux impacts directs de conditions comme l'hypoxie et l'acidification sur les organismes marins.

Un débit d'eau douce plus faible et plus tôt en saison a été observé suite aux hivers doux de 2010 et 2012. Les très faibles concentrations de glace de mer observées en relation avec les températures de l'air élevées auraient provoqué une

floraison printanière beaucoup plus tôt que la normale dans le golfe du Saint-Laurent en 2010 et 2012.

Les conditions exceptionnelles récemment observées dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent pourraient devenir la nouvelle norme selon les projections faites sur les scénarios du réchauffement climatique global pour les 50 prochaines années. Le programme de surveillance de l'état du Saint-Laurent demeure un outil essentiel afin de suivre la réponse de l'écosystème et de se préparer à faire face au changement anticipé.

Mesures-clés

Le Programme de monitoring de la zone atlantique est un suivi multidisciplinaire des conditions océanographiques dans l'estuaire maritime et le golfe du Saint-Laurent. L'évaluation de l'état annuel repose sur l'examen de plusieurs variables et paramètres physiques et biologiques. Les conditions de glace de mer, la température à la surface de la mer, la température moyenne dans les couches d'eau sont indicateurs des conditions pour le développement des communautés biologiques. Les conditions hypoxiques et le pH des eaux sont indicateurs de stress environnementaux pouvant affecter la productivité des communautés.

Le moment et l'intensité de la floraison de phytoplancton au printemps sont déterminants pour la production du zooplancton dans ces écosystèmes. La phénologie et l'abondance relative des espèces de zooplancton sont en réponse aux conditions physiques et sont indicateurs des conditions potentielles pour le succès des niveaux trophiques supérieurs.

Pour en savoir plus

GALBRAITH, P.S., CHASSÉ, J., LAROUCHE, P., GILBERT, D., BRICKMAN, D., PETTIGREW, B., DEVINE, L., et LAFLEUR, C., 2013. *Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2012*. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/026, v + 89 p.

GALBRAITH, P., LAROUCHE, P., CHASSÉ, J. et PETRIE, B. 2012. *Sea-surface temperature in relation to air temperature in the Gulf of St. Lawrence: Interdecadal variability and long term trends*. Deep-Sea Research II. 77-80: 10-20.

DUFOUR, R., BENOÎT, H., CASTONGUAY, M., CHASSÉ, J., DEVINE, L., GALBRAITH, P., HARVEY, M., LAROUCHE, P., LESSARD, S., PETRIE, B., SAVARD, L., SAVENKOFF, C., ST-AMAND, L. et STARR, M. 2010. *Rapport sur le statut et les tendances de l'écosystème : écozone de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. MPO. Sec. Can. Cons. Sci. Doc. Res. 2010/030. v + 187 p.

PLOURDE, S., DODSON, J.J., RUNGE, J.A. et THERRIAULT, J.-C. 2002. *Spatial and temporal variations in copepod community structure in the lower St. Lawrence Estuary, Canada*. Marine Ecology Progress Series, 230: 211-224.

http://www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/zmp/main_zmp_f.html
<http://ogsl.ca/>



Bouée océanographique équipée de systèmes de communication permettant de transmettre et de diffuser les données en temps réel. Photo : MPO



Photo : MPO, D. Chamard

Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent

Quatre partenaires gouvernementaux – Environnement Canada, Pêches et Océans Canada, Parcs Canada, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec – et Stratégies Saint-Laurent, un organisme non gouvernemental actif auprès des collectivités riveraines, 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 organisme poursuit au fil des ans. Ces activités touchent les principales composantes de l'environnement que sont l'eau, les sédiments, les ressources biologiques, les usages et les rives.

Pour obtenir plus d'information sur le programme Suivi de l'état du Saint-Laurent, veuillez consulter le site Internet suivant : <http://www.planstlaurent.qc.ca/>

Rédaction : Peter Galbraith
Stéphane Plourde
Michel Starr

Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne

Publié avec l'autorisation de la ministre de l'Environnement
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2014, 3^e édition 2014

Publié avec l'autorisation du ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec
© Gouvernement du Québec, 2014, 3^e édition 2014

Also available in English under the title:
Oceanographic Processes in the Estuary and Gulf