

Pierre Larouche

Institut Maurice-Lamontagne, P. O. Box 1000, Mont-Joli, QC, G5H 3Z4
LaroucheP@dfo-mpo.gc.ca

Abstract

This article describes research projects and operational activities of the remote sensing laboratory at the Maurice Lamontagne Institute (DFO-Québec Region) since its beginning in 1988.

A Brief Historical Summary

The remote sensing laboratory of the Maurice Lamontagne Institute (IML), Department of Fisheries and Oceans, began its activities in 1988 by conducting various research projects using (1) satellite radar images to measure coastal currents (Larouche 1996) and detect ice ridges (Hudier and Larouche 2005), and (2) Landsat images to determine surface currents using drifting ice floes as tracers (Larouche and Dubois 1990). Starting in 1994, the activities of the IML remote sensing laboratory became operational with the installation of a receiving station on top of the Maurice Lamontagne Institute in Mont-Joli (Québec), which provided direct access to weather satellite data from NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). In 1998, a second receiving station was installed in Resolute Bay (Northwest Territories) at the Arctic Weather Centre of Environment Canada. Direct access to these data fostered important developments, and IML's remote sensing laboratory has since engaged in several activities supporting DFO's operational needs as well as those of other departments (e.g., Natural Resources Canada, Environment Canada). The IML remote sensing laboratory also supports several research projects from DFO and university scientists. Today, one of its main clients is the Atlantic Zone Monitoring Program.

Operational Activities

The main operational activities of the laboratory are the reception, archiving and processing of the NOAA data to generate a set of products available through the St. Lawrence Observatory web portal (www.osl.gc.ca). Besides managing two receiving stations, the remote sensing laboratory also receives and processes the data acquired by an antenna located at the Institute of Ocean Sciences, on the Pacific coast. These three receiving stations allow a complete coverage of the Canadian territory, including Atlantic, Pacific and Arctic waters under

Sommaire

Cet article décrit les projets de recherche et les activités opérationnelles du laboratoire de télédétection de l'Institut Maurice-Lamontagne (MPO-région du Québec) depuis ses débuts en 1988.

Un bref historique

Le laboratoire de télédétection de l'Institut Maurice-Lamontagne (IML), Pêches et Océans Canada, a débuté ses activités en 1988 en menant divers projets de recherche qui utilisaient (1) les images satellitaires radar pour la mesure des courants côtiers (Larouche 1996) et pour détecter les crêtes de pression dans les champs de glace (Hudier et Larouche 2005), et (2) les images Landsat pour déterminer la vitesse des courants en utilisant la dérive des glaces comme traceur (Larouche et Dubois 1990). À partir de 1994, les activités du laboratoire de télédétection sont devenues opérationnelles avec l'installation d'une station de réception sur le toit de l'IML, à Mont-Joli (Québec), permettant l'accès direct aux données des satellites météorologiques NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). En 1998, une seconde station a été installée à Resolute Bay (Territoires du Nord-Ouest) au Centre Météorologique Arctique d'Environnement Canada. L'accès direct à ces données a permis des développements importants et le laboratoire de télédétection de l'IML est depuis engagé dans diverses activités qui supportent les besoins opérationnels du MPO et de d'autres ministères (ex., Ressources Naturelles Canada, Environnement Canada). Le laboratoire de télédétection de l'IML supporte également plusieurs projets de recherche de scientifiques du MPO et du milieu universitaire. Aujourd'hui, l'un des principaux clients est le Programme de Monitoring de la Zone Atlantique.

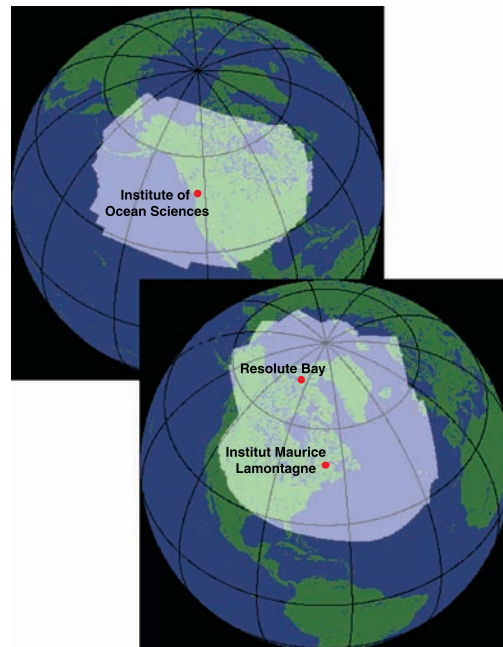


Fig. 1 Couverture géographique des images acquises par les trois stations de réceptions.

Geographical coverage of images acquired by the three receiving stations.

toire de télédétection reçoit et traite des images captées par une antenne localisée à l'Institut des Sciences de la Mer sur la

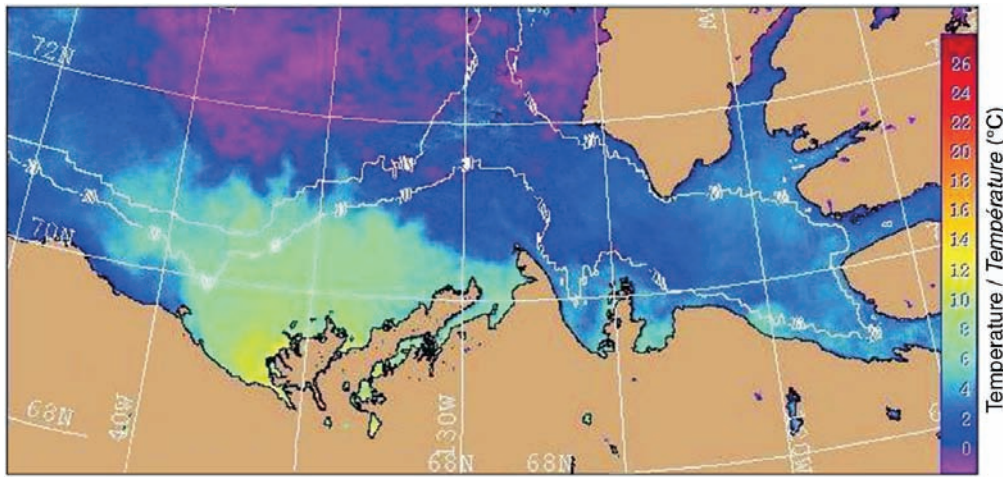


Fig. 2 Carte des températures de surface moyennes dans la mer de Beaufort pour la période du 16 au 31 août 2004 (192 passes incluses). L'extension du panache du fleuve Mackenzie est clairement visible en milieu côtier.

Composite sea-surface temperature map of the Beaufort Sea between August 16 and 31, 2004 (192 passes). The Mackenzie River plume extension is clearly visible in the coastal region.

Canadian jurisdiction (Fig. 1) and large freshwater lakes such as Lake Winnipeg and the Great Lakes (images available in 2006). Image processing is done automatically using a production system based on the TeraScan software. The laboratory has recently improved the system by developing a new acquisition interface totally based on Linux and allowing greater operational flexibility, particularly for the Resolute Bay station.

Maps of sea-surface temperature (SST), generated for each pass of a NOAA satellite, are the main products of the image processing system. The data are then processed into smaller regional maps to allow greater accessibility for local users. As clouds often obscure the sea surface, composite maps of

côte du Pacifique. Ces trois stations de réception permettent une couverture complète du territoire canadien, incluant les eaux Atlantiques, Pacifiques et Arctiques sous juridiction canadienne (Fig. 1) et les grandes surfaces d'eau douce tels que le lac Winnipeg et les Grands Lacs (images disponibles en 2006). Actuellement, le traitement des images s'effectue de façon automatique à l'aide d'un système de production basé sur le logiciel TeraScan. Le laboratoire a récemment amélioré ce système en développant une interface d'acquisition entièrement basée sur Linux qui permet une plus grande flexibilité opérationnelle, particulièrement pour la station de Resolute Bay.

Des cartes de température de surface de la mer (TSM), générées pour chaque passe d'un satellite NOAA, sont le principal produit du système de traitement d'images. Les données sont subdivisées en cartes régionales afin de faciliter l'accessibilité pour les utilisateurs locaux. Comme les nuages préviennent souvent l'observation de la surface de la mer, des images composites de moyennes hebdomadaires et semi-mensuelles sont aussi générées pour chaque zone (Fig. 2). Tous les produits numériques conservent la pleine résolution du capteur, i.e., environ 1 km. Des images JPG à résolution réduite sont aussi produites pour faciliter l'accès via le réseau internet. Les images à pleine résolution sont disponibles via un site FTP dans un format HDF.

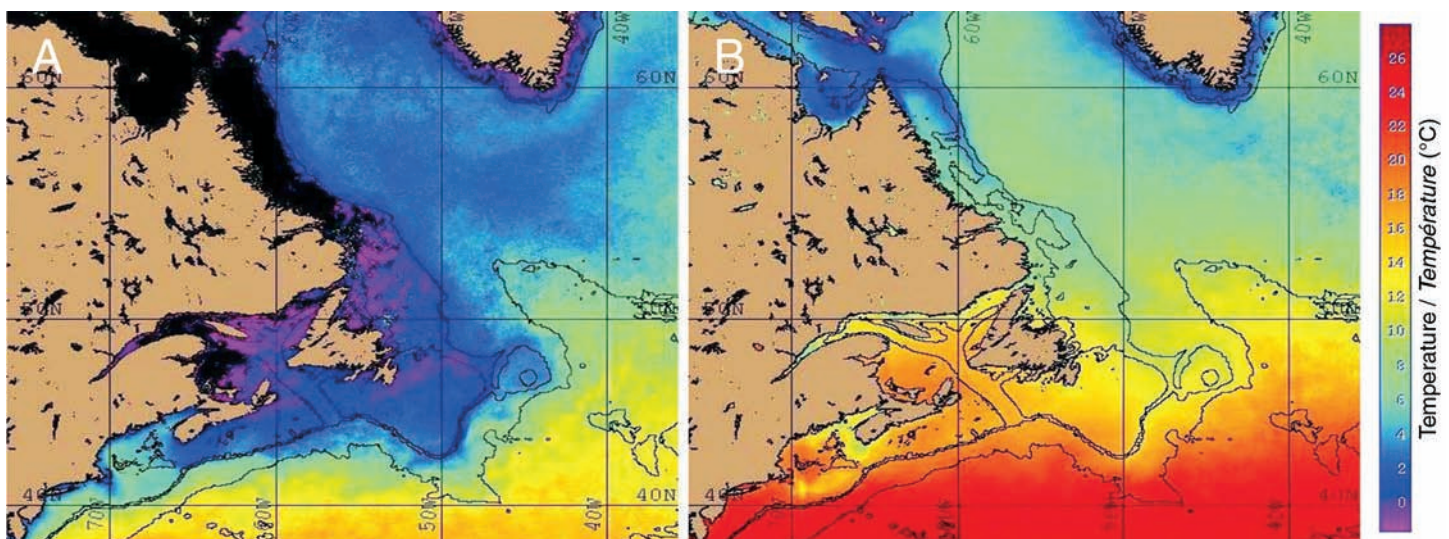


Fig. 3 Moyenne climatologique (1995-2004) de la température de surface pour la côte Atlantique montrant les deux extrêmes dans le cycle saisonnier annuel : A) 1 au 15 février et B) 1 au 15 août. Les pixels noirs représentent de la glace ou des nuages.

Climatological (1995-2004) mean sea-surface temperature for the Atlantic coast showing the two extremes in the yearly seasonal cycle: A) 1 to 15 February and B) 1 to 15 August. Black pixels represent either ice or clouds.

weekly and twice-monthly images are also generated for each zone (Fig. 2). All data products are available at the full sensor resolution, i.e., approximately 1 km. Lower resolution JPG images are also produced to allow easier access through the internet. The full resolution images are available through an FTP site in the HDF format.

Another important operational activity of the remote sensing laboratory was the participation in the international network of SeaWiFS data reception stations from September 1997 until December 2004, when free access to the high resolution data was terminated. The Resolute Bay station contributed significantly to the complete coverage of the Arctic Ocean by that satellite, providing more than 4000 images to the SeaWiFS project.

Operational projects of the remote sensing laboratory are not only limited to image processing. Over the years, the laboratory has also developed a system to validate the SST products for the Atlantic Zone. This system is based on a network of thermographs installed on navigational buoys and on fully instrumented oceanographic buoys that measure several atmospheric and oceanic variables, including radiance measurements (Larouche and Pettigrew 2003). The laboratory also produced a 10-year climatology (1995-2004) for the entire Atlantic Zone, resolving the annual cycle of sea-surface temperature at 7-day and twice-monthly intervals (Fig. 3). One specific project aims at using this climatology routinely to filter outliers from the remotely sensed data and at generating anomaly maps that will be made available through the St. Lawrence Observatory website. Another project aims at developing a 20-year database of full-resolution (1 km) satellite images using the data archives of the Canadian Centre for Remote Sensing (NRCan).

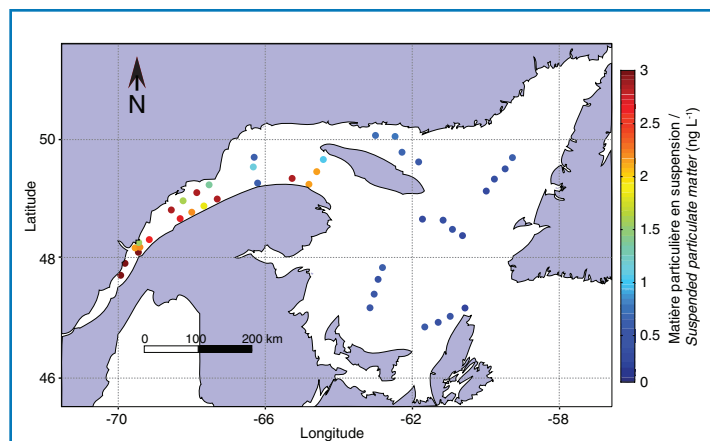


Fig. 4 Matière particulaire en suspension dans la couche de surface du golfe du Saint-Laurent en mai 2000.

Suspended particulate matter in the surface layer of the Gulf of St. Lawrence in May 2000.

Scientific Activities

The remote sensing laboratory has also been involved in several research programs and projects throughout the years. The most important program is certainly the study of the optical properties of the surface waters in the Gulf of St. Lawrence, with the objective of improving the algorithms that are used

Une autre activité opérationnelle importante du laboratoire de télédétection a été la participation au réseau international de stations de réception d'images du satellite SeaWiFS entre septembre 1997 et décembre 2004, date à laquelle l'accès gratuit aux données haute résolution de ce satellite s'est terminé. La station de Resolute Bay a ainsi contribué significativement à la couverture complète de l'océan Arctique par ce satellite en fournissant plus de 4000 images pour le projet SeaWiFS.

Les projets opérationnels du laboratoire de télédétection ne se limitent pas qu'au traitement d'images. Au fil des ans, le laboratoire a aussi développé un système permettant de valider les données de TSM pour la zone Atlantique. Ce système est basé sur un réseau de thermographes installés sur des bouées de navigation et sur des bouées océanographiques qui mesurent plusieurs variables océaniques et atmosphériques, incluant des mesures de luminances (Larouche et Pettigrew 2003). Le laboratoire a également calculé une climatologie portant sur une période de 10 années (1995-2004) pour l'ensemble de la zone atlantique qui permet de visualiser le cycle annuel de la température de surface aux échelles hebdomadaires et semi-mensuelles (Fig. 3). Un projet spécifique vise l'utilisation routinière de cette climatologie afin d'éliminer les données aberrantes parfois observées sur les images satellitaires et de générer des cartes d'anomalies qui seront aussi rendues disponibles via l'Observatoire du Saint-Laurent. Un autre projet vise l'extension à 20 ans de la base de données d'images à pleine résolution (1 km) en utilisant les données archivées du Centre Canadien de Télédétection (NRCan).

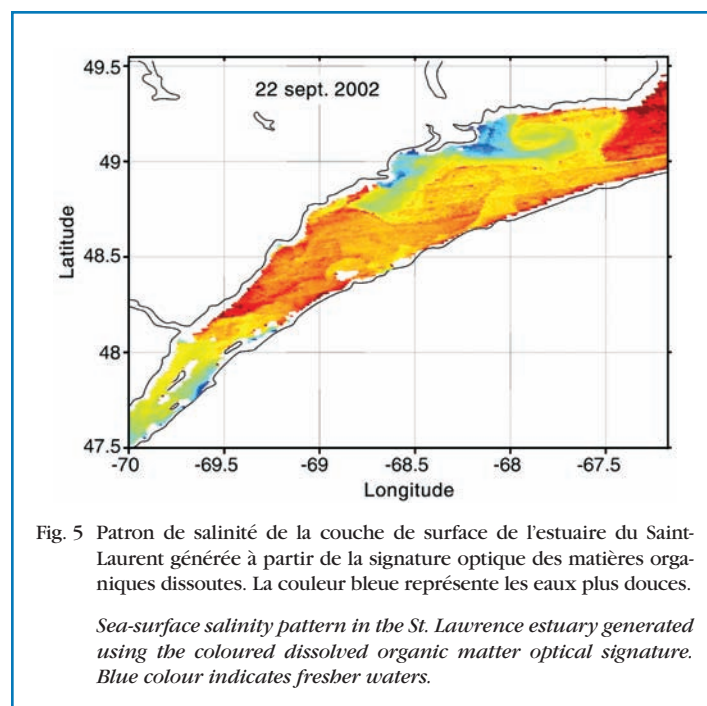


Fig. 5 Patron de salinité de la couche de surface de l'estuaire du Saint-Laurent générée à partir de la signature optique des matières organiques dissoutes. La couleur bleue représente les eaux plus douces.

Sea-surface salinity pattern in the St. Lawrence estuary generated using the coloured dissolved organic matter optical signature. Blue colour indicates fresher waters.

Activités scientifiques

Le laboratoire de télédétection a aussi été impliqué dans plusieurs programmes et projets de recherche au fil des ans. Le plus important est certainement l'étude des propriétés optiques des eaux de surface du golfe du Saint-Laurent, dans le but d'améliorer les algorithmes qui sont utilisés pour interpréter les images satellites de couleur de la mer dans les eaux côtières fortement influencées par les débits d'eau douce.

to interpret satellite ocean colour images in coastal waters strongly influenced by freshwater runoffs. These improved algorithms are needed to reveal the influence of various environmental factors on the reflectance signal seen by the satellite sensors and, therefore, to generate better estimations of phytoplankton biomass or production in coastal ecosystems. This research program was carried out jointly with three Canadian universities (UQAR, Sherbrooke and York) and has provided, for example, a better description of the distribution of suspended particulate matter in the Gulf of St. Lawrence (Fig. 4) and has allowed the mapping of the surface salinity of estuarine waters using the spectral signature of dissolved matter (Fig. 5).

IML's remote sensing laboratory was also involved in national research projects aimed at studying the optical properties of Canadian Arctic waters. Supported by DFO and the Canadian Space Agency, the remote sensing laboratory participated in the North Water Polynya Study (Bélanger 2000) and the Canadian Arctic Shelf Exchange Study (CASES) in the Beaufort Sea. IML's remote sensing laboratory is a partner of the ArcticNet program and is committed to participating in the International Polar Year program in the Hudson Bay complex. The first modern optical measurements of inherent and apparent optical properties in the surface waters of the Hudson Bay region were obtained during the last ArcticNet cruise in October 2005.

In future years, the IML remote sensing laboratory intends to put more emphasis on the study of hyperspectral properties of Canadian coastal waters (Silió-Calzada 2002) in preparation for data from the new satellite sensors (HERO, Canada; EnMap, Germany) that will soon become available. The laboratory is presently participating in the HYMEX National Defence program to determine the hyperspectral signatures of inorganic suspended matter. It also participates in international exchange projects with Chile (Barbieri et al. 2004) and the Ivory Coast (Djagoua 2004).

Over its 17 years of existence, IML's remote sensing laboratory has acquired the capacity and maturity that is needed to significantly increase the accessibility to better quality remote sensing data and data products for a continuously growing community of users.

References / Références

Barbieri, M.A., Silva, C., Larouche, P., Nieto, K., and Yáñez, E. 2004. Detection of mesoscale oceanic features using Radarsat-1, AVHRR and SeaWiFS images and the possible link with jack mackerel (*Trachurus murphyi*) distribution in central Chile. *Gayana (Concepc.)*, 68 (suppl. 1): 29-39.

Bélanger, S. 2000. Analyse spatio-temporelle des patrons de chlorophylle dans la polynie NOW par télédétection du capteur SeaWiFS. Thèse de maîtrise, Université de Sherbrooke, 153 pp.

Djagoua, E.V. 2004. Apports des images NOAA/AVHRR et d'un SIG à l'étude de la variabilité spatio-temporelle des phénomènes physiques de surface du Golfe de Guinée: cas de la Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Université de Cocody, Côte d'Ivoire.

Hudier, E., and Larouche, P. 2005. A potential of polarimetric SAR data in mapping first year sea ice pressure ridges from the coherent and non-coherent components of HH and VV channels. *EARSeL eProceedings*, 4(1): 130-138.

Ces algorithmes améliorés sont nécessaires pour refléter l'influence de divers facteurs environnementaux sur le signal de réflectance capté par les satellites générant ainsi de meilleures estimations de la biomasse ou de la productivité du phytoplancton dans les écosystèmes côtiers. Ce programme réalisé avec la collaboration de trois universités canadiennes (UQAR, Sherbrooke et York) a fourni, par exemple, une meilleure description de la distribution de la matière particulaire en suspension dans le golfe du Saint-Laurent (Fig. 4) et a permis de cartographier la salinité des eaux estuariennes en utilisant la signature spectrale de la matière dissoute (Fig. 5).

Le laboratoire de télédétection de l'IML a aussi participé à des projets nationaux visant à mieux comprendre les propriétés optiques des eaux nordiques canadiennes. Supporté par le MPO et par l'Agence Spatiale Canadienne, le laboratoire a participé aux programmes d'étude de la polynie des Eaux du Nord (Northwater) (Bélanger 2000) et au programme Canadian Arctic Shelf Exchange Study (CASES) dans la mer de Beaufort. Le laboratoire de télédétection de l'IML est un partenaire actuel du programme ArcticNet et s'est engagé à participer à un programme de recherche dans la baie d'Hudson dans le cadre de l'Année Polaire Internationale. Les premières mesures modernes des propriétés optiques des eaux de surface dans la région de la baie d'Hudson ont été obtenues durant la mission ArcticNet d'octobre 2005.

Pour les années futures, le laboratoire de télédétection entend accentuer l'étude des propriétés hyperspectrales des eaux côtières canadiennes (Silió-Calzada 2002) en préparation pour les données de nouveaux senseurs (HERO, Canada; EnMap, Allemagne) qui seront bientôt disponibles. Le laboratoire participe actuellement au programme HYMEX de la défense nationale pour déterminer les signatures hyperspectrales de la matière inorganique en suspension. Il participe également à des programmes d'échange avec le Chili (Barbieri et al. 2004) et la Côte d'Ivoire (Djagoua 2004).

Pour conclure, le laboratoire de télédétection de l'IML a acquis au cours de ses 17 années d'existence la capacité et la maturité qui est nécessaire pour accroître significativement l'accessibilité à de meilleures données et produits de télédétection pour une communauté continuellement grandissante de clients.

Larouche, P. 1996. Observation of the Gaspé Current using ERS-1 SAR. *J. can. télédétection*, 22: 420-427.

Larouche, P., and Dubois, J.-M.M. 1990. Dynamical evaluation of the surface circulation using remote sensing of drifting ice floes. *J. Geophys. Res.* 95: 9755-9764.

Larouche, P., and Pettigrew, B. 2003. Oceanographic buoy network in the Gulf of St. Lawrence. *AZMP Bulletin PMZA No. 3*, pp. 42-45.

Silió-Calzada, A. 2002. Estimation of inherent optical properties of the St. Lawrence estuary using airborne hyperspectral data. Master's thesis, York University, 128 pp.