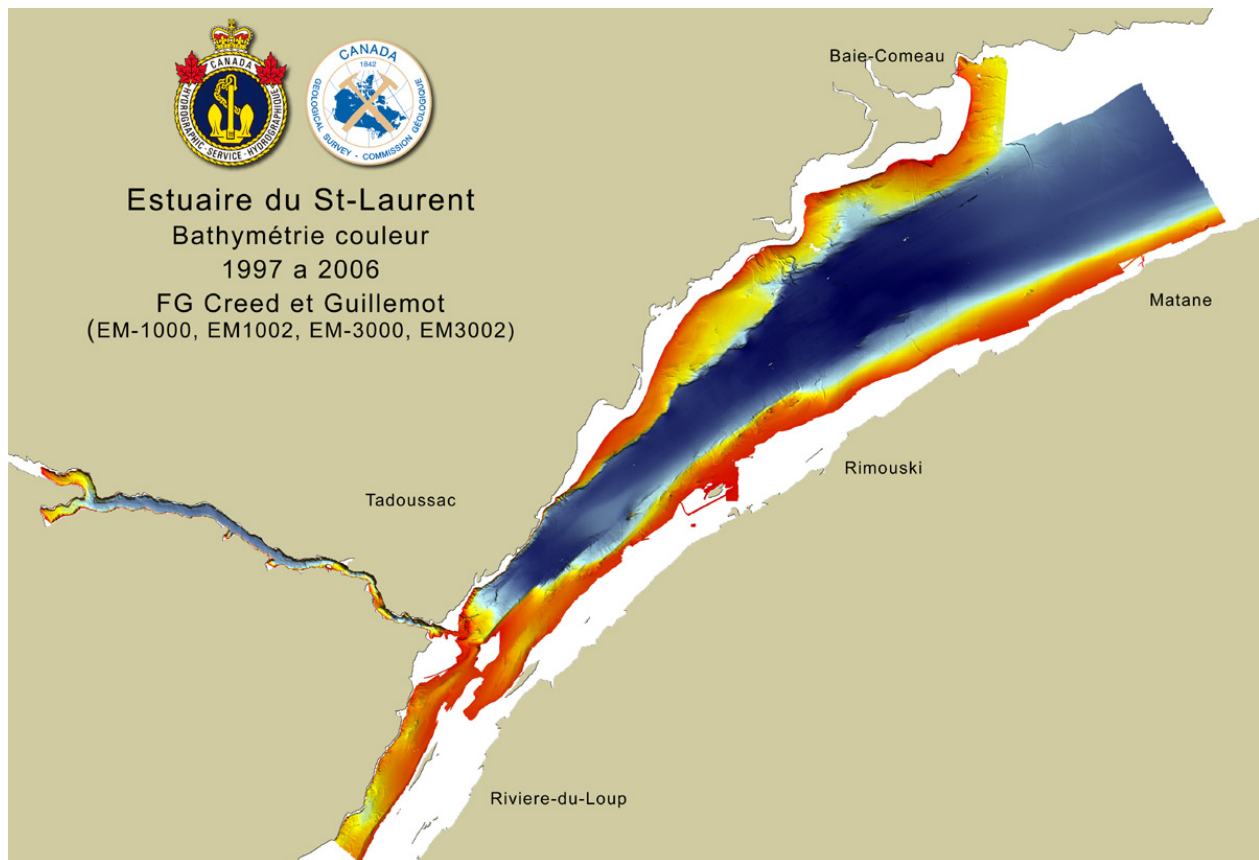


Cartographie géoscientifique dans l'estuaire du Saint-Laurent Bilan de l'an I



Commission géologique du Canada Dossier public 5686

*Rapport de l'atelier de travail du projet tenu à Québec les 19 et 20 février 2007
Compilé par Andrée Bolduc*

COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

DOSSIER PUBLIC 5686

Cartographie géoscientifique dans l'estuaire du Saint-Laurent : Bilan de l'an I

Andrée Bolduc

2007

©Sa Majesté la Reine du chef du Canada 2007

En vente à l'endroit suivant :

Commission géologique du Canada

601, rue Booth

Ottawa (Ontario) K1A 0E8

Bolduc, A. (ed.)

2007: Cartographie géoscientifique dans l'estuaire du Saint-Laurent : Bilan de l'an I. Commission géologique du Canada, dossier public 5686, 1 CD-ROM.

Les dossiers publics sont des produits qui n'ont pas été soumis au processus officiel de publication de la CGC.

Table des matières

1.	Introduction.....	3
2.	Déroulement de l'atelier.....	3
2.1.	Les aspects cartographiques du projet.....	4
2.1.1.	Cartographie géoscientifique dans l'estuaire du Saint-Laurent : Année 1 (Andrée Bolduc, CGC-Q).....	4
2.1.2.	Projet Estuaire: Les travaux hydrographiques, leurs résultats, et la prochaine étape (Richard Sanfaçon, SHC)	5
2.1.3.	Overview of the marine A-series maps in GOM and update on map production within the Estuary Project (Calvin Campbell, CGC-A)	6
2.1.4.	Les habitats benthiques de la ZPM Manicouagan (Jean Munro, Cindy Grant, Lizou Provencher, François Roy, IML)	6
2.1.5.	Outil de classification des fonds marins (Thierry Schmitt, CIDCO, Richard Larocque, IML)	8
2.1.6.	Présentation de l'OGSL, ses objectifs et ses moyens (Anne Fontaine, OGSL) 12	
2.1.7.	Table ronde : les aspects cartographiques du projet.....	13
2.2.	Les risques naturels dans l'estuaire	15
2.2.1.	Preliminary geohazard evaluation of the St. Lawrence Estuary (Calvin Campbell, CGC-A)	15
2.2.2.	Morpho-sédimentologie et mouvements de masse au large de la rivière Betsiamites, estuaire du Saint-Laurent (Geneviève Cauchon-Voyer, U. Laval)	15
2.2.3.	Identification, extraction and analysis of pockmarks in the St. Lawrence Estuary using GISciences approaches (Jennifer Fowler, MUN).....	16
2.2.4.	Recherche de ruptures co-sismiques dans l'estuaire du Saint-Laurent : les pièges à éviter et les pistes d'interprétation (Nicolas Pinet, CGC-Q)	17
2.2.5.	Table ronde : les risques naturels dans l'estuaire	18
2.3.	Le Quaternaire de l'estuaire	20
2.3.1.	Géométrie des unités quaternaires dans l'estuaire du Saint-Laurent (Mathieu Duchesne, CGC-Q)	20
2.3.2.	Chronostratigraphie quaternaire de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (Guillaume St-Onge, ISMER)	21
2.3.3.	St-Laurent/Saguenay : Connaître, Comprendre et Prévenir. (Jacques Locat, UL).....	22
2.3.4.	Géomorphologie et géologie marine du Quaternaire du secteur Forestville-Trois-Pistoles, estuaire du Saint-Laurent (Hubert Gagné, UL)	23
2.3.5.	Géomorphologie marine du Quaternaire, estuaire et golfe du Saint-Laurent (Patrick Lajeunesse, UL)	24
2.3.6.	Table ronde : le Quaternaire de l'estuaire	25
3.	Conclusion.....	26
4.	Remerciements	26
5.	Références	26
6.	Liste des participants.....	28

1. Introduction

L'étude exploratoire d'un an (2005-06) sur la cartographie des fonds marins de l'estuaire du Saint-Laurent a mené au développement d'un projet de 3 ans (« Cartographie géoscientifique de l'estuaire du Saint-Laurent » du programme « Les géosciences pour la gestion des océans » (GGO)) dans une des cinq régions prioritaires du Plan d'action du Canada pour les océans phase I (Pêches et Océans Canada, 2005), soit le golfe du Saint-Laurent. L'estuaire, la porte d'entrée au golfe, avait déjà été identifié pour servir de point de départ à une cartographie systématique du fond marin (CIDCO, 2004).

Les usages traditionnels de la mer, pêche, transport maritime, usages industriels (incluant l'exploration pour les hydrocarbures et la délimitation de corridors pour l'installation de câbles et/ou pipelines) y sont en conflit potentiel avec la conservation (zones de protection marine, parc marin) et l'industrie récréo-touristique. Le démarrage en projet exploratoire a ainsi permis de démontrer non seulement la capacité de l'équipe à mener des levés de bathymétrie multifaisceaux dans un secteur à usages multiples, l'estuaire du Saint-Laurent, mais également à générer l'intérêt des intervenants locaux et partenaires de recherche à l'acquisition de connaissances géoscientifiques nécessaires au développement de plans de gestion intégrée de l'espace océanique. Le projet contribue directement aux objectifs de la Stratégie sur les Océans du Canada par l'acquisition des données géoscientifiques de base qui mèneront à la production de cartes et rapports géologiques à la fine pointe du potentiel technologique.

Suite au projet exploratoire, le projet a été développé en projet détaillé et soumis à la phase II du programme GGO. Les levés de validation géologique et les partenariats de recherche font maintenant partie intégrante des activités. Plusieurs groupes sont impliqués dans certains aspects du projet, et tous ont avantage à être tenu au courant des activités des autres membres de l'équipe. L'atelier mené les 19 et 20 février 2007 se voulait donc un forum non seulement de présentation des travaux en cours, mais également une occasion de planifier la prochaine année et de favoriser l'émergence de nouveaux partenariats de recherche. Outre les présentateurs ([Liste des participants](#)) qui représentent les membres actifs du projet, une quinzaine d'autres intervenants étaient présents. Les participants à l'atelier proviennent des milieux gouvernementaux (provincial et fédéral, ministères québécois du Développement durable, de l'environnement et des parcs, Ressources naturelles et Faune, des Transports, l'Agence Parc Canada, Pêches et Océans Canada, le Service hydrographique du Canada) et universitaires (Université Laval, Université du Québec à Rimouski, Memorial University of Newfoundland).

2. Déroulement de l'atelier

L'atelier s'est déroulé en 3 volets, chacun touchant un aspect particulier de la recherche géoscientifique dans l'estuaire du Saint-Laurent. Pour chacun des volets, quatre à six présentations ont permis de faire l'état des travaux récents, et une table ronde, soutenue par des questions de base pertinentes à chaque volet ([présentation 1](#)), a servi à faire le point sur les connaissances, à identifier les lacunes à combler, à établir des

priorités d'action et à suggérer des avenues de recherche pour la prochaine année. Les sections suivantes donnent un résumé de chaque présentation. Les fichiers de présentation peuvent être lus avec le logiciel MS PowerPoint®. La présentation d'ouverture (2.1.1) fait référence aux suivantes par un numéro en renvoi vers la section pertinente.

2.1. Les aspects cartographiques du projet

2.1.1. Cartographie géoscientifique dans l'estuaire du Saint-Laurent : Année 1 (Andrée Bolduc, CGC-Q)

Des levés bathymétriques multifaisceaux (2.1.2), ont été menés dans l'estuaire du Saint-Laurent en 2005 (3 missions : Campbell *et al*, 2005, 2006; Bolduc *et al*, 2007) et 2006 (2 missions, Campbell *et al*, 2007; Hayward *et al*, 2007) et se sont rattachés aux levés déjà existants à l'embouchure du Saguenay, dans la zone de protection marine (ZPM) de Manicouagan et autour de l'île Bicquette. Ces missions ont été suivies par un levé géologique et géophysique (Campbell, 2007) qui a permis de récolter 63 échantillons de benne, 44 carottes courtes et 60 stations caméra (909 photographies sous-marines) ainsi que 1260 km linéaires de levés géophysiques, d'échosondeur à balayage latéral et de géophysique à très haute résolution (Huntec). L'acquisition des données de base sert de tremplin à plusieurs activités en géologie marine dont le cœur est la production de 13 feuillets au 1 :50 000 couvrant l'estuaire maritime du Saint-Laurent (2.1.3) et 2 feuillets couvrant le Saguenay (2.3.3). En plus des cartes de topographie ombragée, d'indice de rétrodiffusion et de géologie de surface, les habitats benthiques (2.1.4), particulièrement de la ZPM Manicouagan, seront étudiés en prévision d'une modélisation plus globale pour l'estuaire maritime et le golfe. La classification des fonds marins (2.1.5) est un outil en développement pour aider à la cartographie. Les données générées par le projet seront disponible en ligne par le portail de l'[Entrepôt de données géoscientifiques](#) de la Commission géologique du Canada et seront une contribution à l'[Observatoire global du Saint-Laurent](#) (2.1.6).

Un volet important est consacré aux risques naturels qui peuvent entraîner des conséquences importantes aux activités humaines (2.2.1) et plus spécifiquement les mouvements de terrain (2.2.2) et les tremblements de terre (2.2.4). La présence de gaz naturel dans les sédiments peut également présenter un risque géologique, mais c'est surtout leur manifestation sous forme d'événements gazeux (2.2.3) qui est l'objet des recherches dans ce projet. Des aspects de géologie fondamentale sont également abordés par le biais d'étude des dépôts non-consolidés (2.3.1) et de chronostratigraphie (2.3.2). La fusion des données physiques et des modèles conceptuels permet de proposer une histoire géologique récente pour des secteurs spécifiques (0) et pour l'ensemble de l'estuaire et du golfe (2.3.5).

Le projet de cartographie géoscientifique de l'estuaire du Saint-Laurent rassemble de nombreux partenaires et intervenants qui ont tous à cœur l'acquisition, la diffusion et

l'utilisation des géoconnaissances afin de comprendre et gérer cet environnement exceptionnel. Grâce au dynamisme de l'équipe de recherche, le milieu disposera rapidement de données, modèles et interprétations géologiques qui faisaient défaut jusqu'à présent. Nous souhaitons maintenant poursuivre et mener à bien nos travaux avec les ressources nécessaires à l'atteinte des objectifs.

2.1.2. Projet Estuaire: Les travaux hydrographiques, leurs résultats, et la prochaine étape (Richard Sanfaçon, SHC)

Le Service hydrographique du Canada (SHC) utilise principalement deux embarcations équipées d'échosondeurs multifaisceaux pour effectuer ses relevés bathymétriques dans le cadre du projet ESTUAIRE du programme des Géosciences pour la Gestion des Océans (GGO).

Ces embarcations sont le catamaran de type SWATH (Small Waterplane Area Twin Hulls) Frederick G. Creed (20.4 m de long) et la vedette hydrographique "Guillemot" (9.1m de long). Le F.G. Creed est équipé d'un Kongsberg EM-1002 et le Guillemot d'un EM-3002 du même manufacturier.

Le secteur complété à l'automne 2006 s'étend approximativement de Saint-Siméon sur la rive nord du fleuve jusqu'à Sainte-Félicité à l'est de Matane sur la rive sud, pour une distance d'environ 230 km.

Les relevés couvrent la zone profonde comprise entre les isobathes de 30 m de la rive nord et de la rive sud. Cependant, le territoire de la ZPM Manicouagan et un autre secteur à Les Escoumins bénéficient d'une couverture supplémentaire s'étendant de l'isobathe de 30 m à celle de 5 m.

Dans la période de 1997 à 2004, nous avons déjà couvert 2000 km². Avec le début du projet en 2005, nous avons ajouté 6224 km² à cette surface et en 2006, 5577 km². La couverture totale à date est de 13,801 km².

Lors de ces relevés, au moins 6 épaves ont été localisées. De ce nombre, deux ont été positivement identifiées. Il s'agit premièrement du SS Carolus. Ce navire a été coulé par le sous-marin allemand U-69 le 9 octobre 1942. Il s'agit du navire coulé le plus profondément à l'intérieur du continent lors de la « Bataille du Saint-Laurent ». Ce naufrage a déclenché des pressions considérables à la mise sur pied rapide de l'école de pilotes d'avion à Mont-Joli.

L'autre épave confirmée est le « BF » pour Bernier et Frères. Le BF, navire caboteur de 160 pieds, sombra le 13 mai 1952 emportant avec lui la vie de 10 marins. Sa localisation précise a enlevé le voile qui persistait quant au destin final de ce navire et a soulevé beaucoup d'intérêt et d'émotion dans la population locale.

La bathymétrie détaillée et la rétrodiffusion sont l'infrastructure de base servant à de nombreuses sciences pour l'étude et la compréhension du territoire marin et le Service hydrographique du Canada est fier de collaborer à l'avancement de la connaissance qui en découle.

2.1.3. Overview of the marine A-series maps in GOM and update on map production within the Estuary Project (Calvin Campbell, CGC-A)

The Geoscience for Oceans Management Program will produce several "Marine A-Series Maps" for project areas within the program. The A-Series maps are essentially land management maps, and for the first time provide a means to deliver detailed marine geological information in a systematic and consistent manner. Each map area may have several map sheets. These map sheets are sun-illuminated seafloor topography, backscatter intensity, and surficial geology, but may also include other maps such as benthic habitat, geohazards, seafloor gradient, etc.

For the St. Lawrence Estuary project, 13 map areas are planned; 11 in the Estuary and 2 covering the Saguenay River. This will result in the publication of 39 to 52 maps depending on the number of sheets per area. These maps will be completed in collaboration with partners from academia and various government agencies. To date, the focus has been primarily on data collection, with approximately 100 sea-days spent collecting multibeam bathymetry and 24 sea-days collecting other groundtruth data (high resolution geophysics, seafloor photography, and grab/gravity cores). For 2007, it is expected that 12 map sheets from 6 map areas will be completed.

2.1.4. Les habitats benthiques de la ZPM Manicouagan (Jean Munro, Cindy Grant, Lizon Provencher, François Roy, IML)

La Zone de protection marine de Manicouagan, récemment annoncée par Pêches et Océans Canada dans la Gazette officielle, comprend les fonds de 0 à 300m de la péninsule de Manicouagan entre les rivières Manicouagan et Betsiamites. Les objectifs de la ZPM sont de préserver la productivité et la diversité marines et d'assurer une utilisation durable. Dans ce contexte la Direction des Sciences du MPO a entrepris une évaluation environnementale dont une composante importante est la cartographie de l'habitat benthique. Compte tenu de la dimension de la ZPM (environ 500 km²) nous avons appliqué une technologie peu compliquée permettant un échantillonnage étendu dans un laps de temps relativement court. L'inventaire principal fut réalisé par photographie du fond à partir d'une caméra numérique assistée par deux flashes, montée sur un traîneau benthique. Caméra et flashes sont alimentés par 40 piles D; le système est mis en fonction au moment de la mise à l'eau, à la station d'échantillonnage. Une fois sur le fond, le traîneau est remorqué à une vitesse de 2 noeuds, ce qui correspond à 1 m/s, et les photos sont déclenchées à intervalles de 20 s. Ceci permet de parcourir en 10 minutes une distance de 600 m et de prendre quelque 30 photos, pour une couverture totale par station d'environ 3.5 m². Au retour sur le pont,

les photos sont transférées à l'ordinateur. L'utilisation d'une longueur focale normale et d'une courte distance de prise de vue (90 cm) a permis de réaliser des photos à haute définition couvrant chacune environ 42 x 28 cm sur le fond. La qualité des photos permet l'identification, l'énumération et les mesures de taille de l'épibenthos (organismes sur le fond) de l'ordre du cm et moins. Dans le but de constituer une collection de référence, un échantillon de benthos était récolté à chaque station avec une benne Smith-McIntyre. Pour collectionner les plus gros organismes, trois traits de chalut ont été faits à des profondeurs respectives de 100 m, 200 m et 300 m. L'échantillonnage du sédiment était réalisé de trois façons: photos du fond, échantillon de surface dans la benne et carotte de 15 cm dans la benne. Différents types de sédiment peuvent être distingués sur les photos : fonds de sable, sable avec particules de calcaire (érosion des coquilles de mollusques), sable et silt, silt, et silt avec taches d'argile remontée par bioturbation.

Un ensemble de 48 stations ont été échantillonnées (environ 1000 photos), réparties uniformément sur une grille avec espacement de 3,5 km. L'examen des photos nous a permis d'identifier 59 taxons, 22 indices d'espèces (e.g. trous doubles de siphons de mollusques) et cinq types de sédiment. L'analyse des taxons par groupement hiérarchique a révélé des assemblages benthiques (taxons associés par leur taux élevé de co-occurrence aux stations) dont la distribution concorde généralement avec la stratification des couches d'eau selon la température et la concentration en oxygène. Les fonds et les assemblages présentent aussi des différences est-ouest. Dans la partie NE qui s'avance dans l'estuaire on trouve plus de fonds sableux, tandis que dans la partie SO une baie sous-marine est caractérisée par des fonds de vase. La zone profonde hypoxique est uniformément couverte de silt. Les bivalves filtreurs dominent dans l'infra-littoral, notamment la clovisse arctique le long de la bande de 0-5 m. Les ophiures sont abondantes dans la zone intermédiaire froide (ophiure pâquerette), la zone profonde (ophiure sarsi) et la zone profonde hypoxique (ophiure *Amphiura sp.*). La crevette striée est concentrée autour de 50-150 m, alors que la crevette nordique (pêchée commercialement) est plus abondante aux profondeurs de 100-300m.

Le succès obtenu dans la cueillette des données ainsi que la bonne couverture spatiale réalisée nous a permis d'envisager une étape supplémentaire dans l'évaluation environnementale de la ZPM Manicouagan, soit la classification de l'habitat selon le modèle Southwood-Kostylev. Selon ce modèle, les variables physiques du milieu peuvent être regroupées en deux axes qui permettent de discriminer les différentes stratégies vitales des espèces : variables associées aux possibilités de croissance et variables indiquant la fréquence et l'intensité de dérangement du milieu. La position d'un biotope dans ces deux axes indique sa sensibilité au dérangement. Par exemple, un habitat instable mais productif est moins sensible au dérangement parce que les organismes possèdent des adaptations pour recoloniser rapidement le milieu et ont une croissance rapide. Au contraire, un habitat stable mais physiquement sévère est sensible parce qu'il ne présente pas les conditions requises pour une récupération rapide. Les données nécessaires au modèle proviennent de différentes sources : SHC (bathymétrie et réflectivité multifaisceaux), ISMER (courants, température, salinité, oxygène, apport organique sur le fond), MPO-Sciences (sédiments). Les données sont assemblées dans une base par le CIDCO et le modèle sera réalisé par le MPO et

l'ISMER, en collaboration avec RNCAN (V. Kostylev). Une fois le modèle terminé et les analyses du benthos complétées, nous aurons une cartographie selon le modèle et une autre selon les assemblages taxonomiques. Nous pourrions ainsi tester la validité du modèle de classification et éventuellement l'améliorer. L'application du modèle Southwood-Kostylev de classification dans la ZPM Manicouagan représente une première dans le milieu littoral.

2.1.5. Outil de classification des fonds marins (Thierry Schmitt, CIDCO, Richard Larocque, IML)

Les sonars multifaisceaux qui sont parmi les outils de base des travaux de cartographie du Saint-Laurent mené par Ressources naturelles Canada, sont particulièrement efficaces du fait de la forte densité de données, de leur précision et de leur résolution. Cependant, avec un tel volume de donnée l'interprétation visuelle de la morphologie ne peut extraire tout le potentiel de ces données. Il est donc souhaitable de définir un moyen de classification semi-automatisée relativement simple de l'information bathymétrique. La présente contribution propose un tel outil de classification. Des données collectées dans la baie de Gaspé, près de la ville de Gaspé sont présentées en exemple. On considère que cet outil pourrait fournir une aide substantielle aux géologues dans leur interprétation des figures morphologiques présentes dans la région d'étude (entre autres exemples : événements, dunes, bourrelet de glissement, ...).

Méthode de classification

L'outil de classification développé au cours de ce projet a pour objectif de quantifier la relation qu'un point a avec son entourage (Figure 1). Cet entourage est défini par le concept de moyenne focale. Cette dernière se résume au calcul de la valeur moyenne de la profondeur (au sens bathymétrique) à l'intérieur d'une surface ayant la forme d'une couronne définie par son rayon interne et son rayon externe. La valeur de la moyenne focale ainsi calculée est comparée à la valeur de la profondeur bathymétrique au point d'intérêt (centre de la couronne). Dans un formalisme mathématique, le concept se traduit par l'équation suivante :

$$IB = z(x, y) - MF((x, y), r_{int}, r_{ext})$$

Avec IB : la valeur de l'index bathymétrique au point d'intérêt (x,y)
 z(x,y) : la valeur de la profondeur bathymétrique au point d'intérêt (x,y)
 MF((x,y), r_int, r_ext) : moyenne focale calculée au point x,y à l'intérieur de la couronne définie par un rayon interne (r_int) et un rayon externe (r_ext) (cf. zone grise des schémas de la Figure 1).

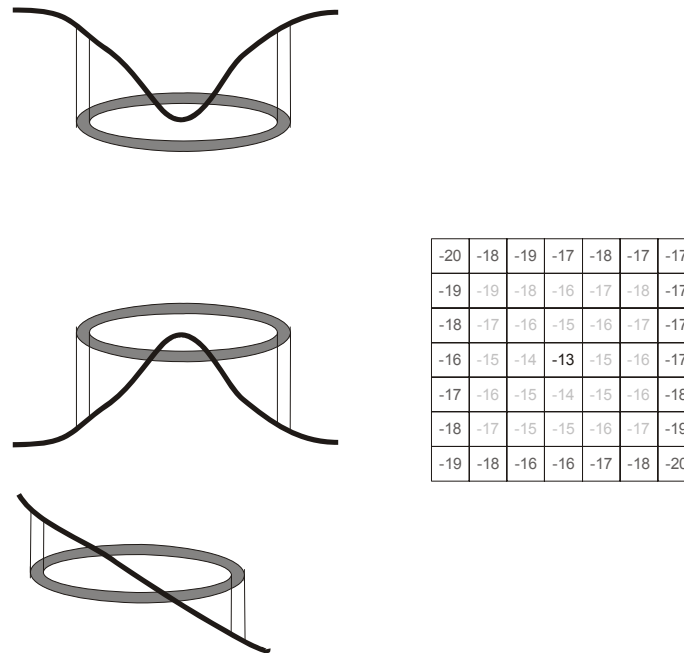


Figure 1 Méthode de calcul de l'index bathymétrique. Zone circulaire (en gris foncé) sur laquelle est calculée la moyenne focale comparée au point central d'intérêt. Différentes géométries possibles (gauche). Représentation de la grille du modèle bathymétrique correspondante (droite)

La figure 1 montre différents types de géométrie pouvant être présents. D'une manière générale, un index bathymétrique tendant vers une valeur nulle, correspondra à un fond plat ou à pente constante. Une valeur négative de l'index bathymétrique suggèrera la présence d'une dépression dont l'intensité sera qualifiée par sa valeur absolue. De manière similaire, une valeur positive soulignera l'existence d'une crête. Le choix du rayon interne, mais surtout du rayon externe permettra à l'utilisateur d'analyser les tendances locales (de l'ordre de quelques mètres) ou régionales (de l'ordre de quelques dizaines à centaines de mètres). Ainsi, la figure 2 montre le type de valeurs de l'index bathymétrique pour une échelle grossière (Figure 2, haut) et pour une échelle fine (Figure 2, milieu) pour la même morphologie. Ce type d'exemple motive le calcul de l'index à deux types d'échelles (une grossière, l'autre fine) déterminées par l'utilisateur suivant sa connaissance a priori du modèle bathymétrique.

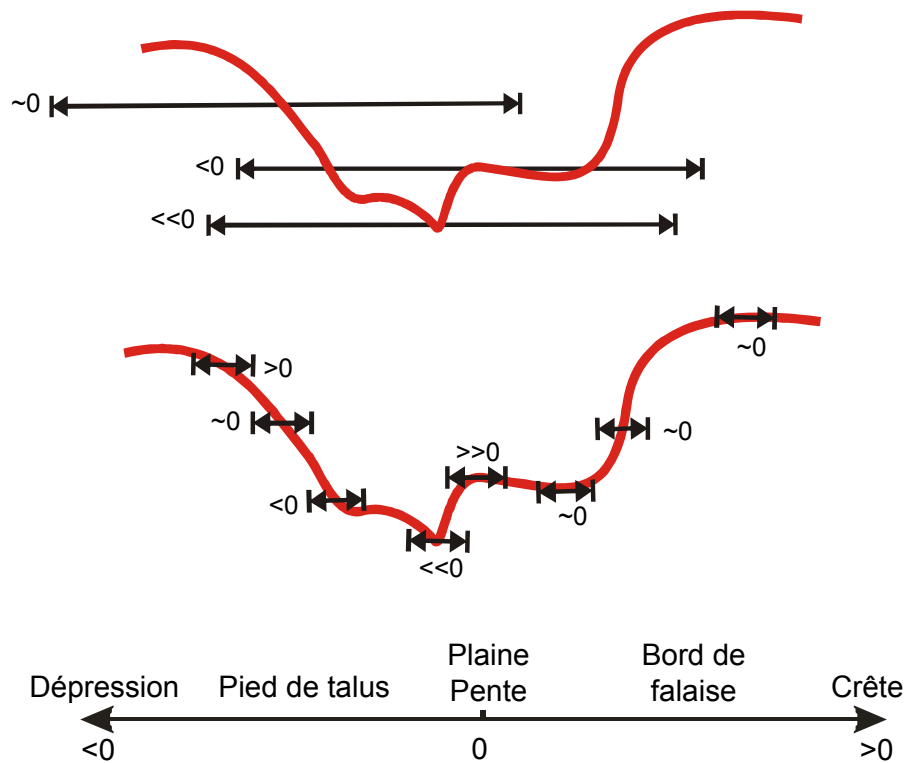


Figure 2 Interprétation de la morphologie à l'aide de l'index bathymétrique
 (haut) échelle grossière. (milieu) échelle fine.
 (bas) type de morphologie en fonction de la mesure de l'index bathymétrique

A l'aide de ces deux indices calculés à des échelles différentes et le calcul de la pente, le processus de classification peut se résumer à un arbre de décision matérialisé par la figure 3. Le choix des critères de décisions reste l'entière responsabilité de l'utilisateur, lui permettant ainsi de focaliser à son souhait sur les objets morphologiques de son intérêt.

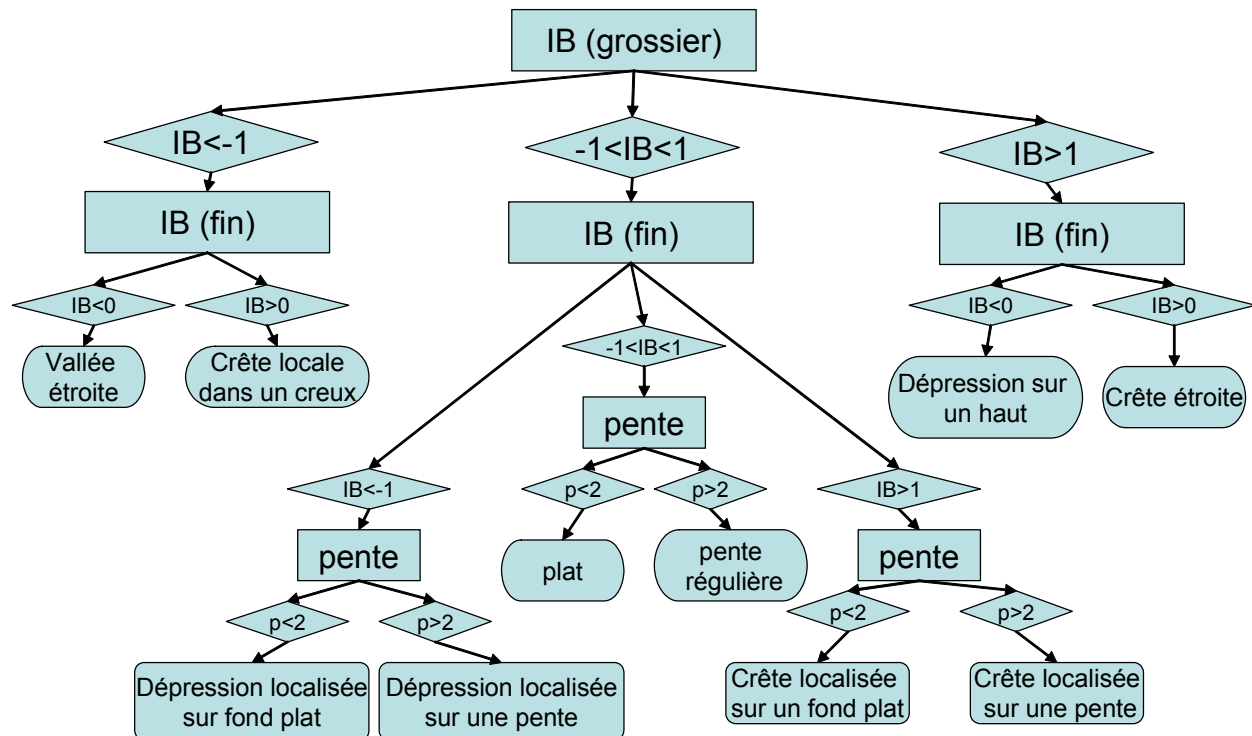
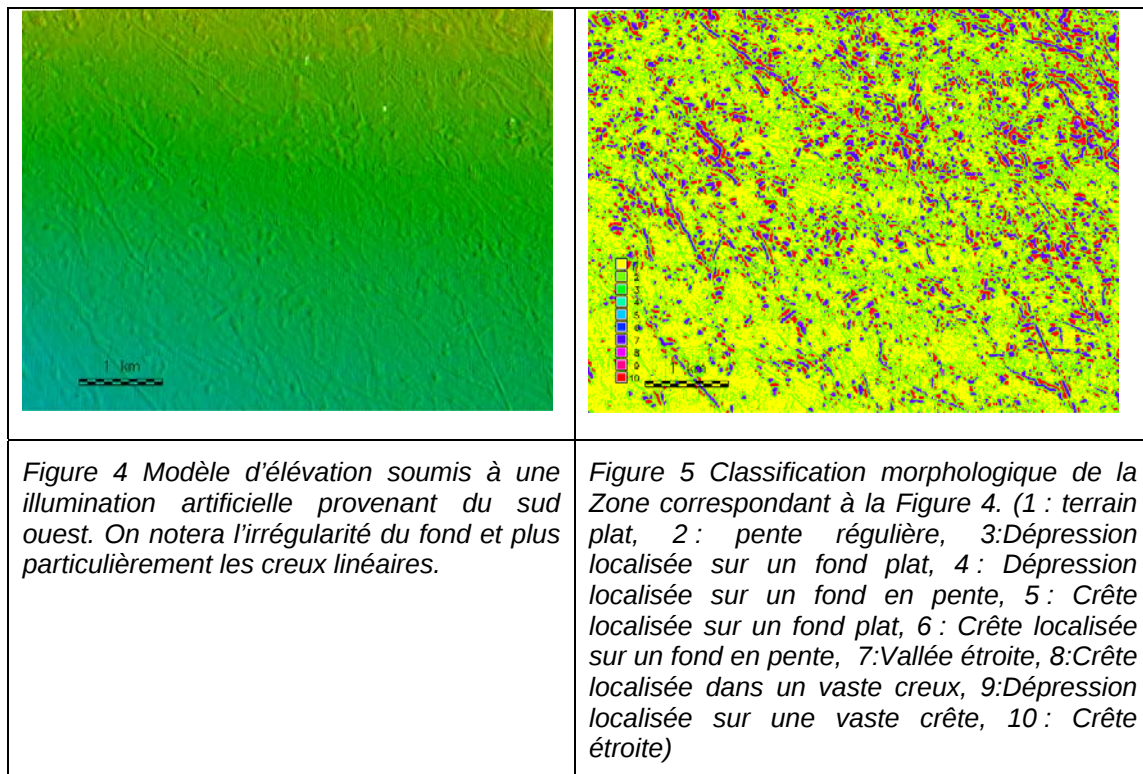


Figure 3 Arbre de décision menant à la classification de la morphologie grâce aux calculs d'index bathymétriques pour une échelle grossière et pour une échelle fine ainsi que le calcul de la pente

Résultats

Les figures 4 et 5 illustrent les résultats de la démarche de classification présentée ici. La figure 4 représente une zone du modèle d'élévation d'un levé bathymétrique acquis par le Service hydrographique du Canada à l'aide d'un sonar multifaisceaux EM1002 (à bord du Frederick G. Creed) au large de Gaspé pour le compte du Ministère des Pêches et Océans.

La figure 4 correspond à la représentation du modèle hydrographique auquel a été appliquée une illumination artificielle provenant du sud-ouest. Cet exemple a été choisi pour sa morphologie irrégulière du fond marin, et ce du fait de la présence de marques linéaires dont la nature reste encore énigmatique. La figure 5 correspond à la classification déterminée par le calcul des indices bathymétriques par la procédure mentionnée plus haut et en utilisant respectivement pour l'échelle grossière un rayon externe de 100 m, un rayon interne de 60 m et pour l'échelle fine un rayon externe de 20 m et un rayon interne de 12 m. Les caractéristiques de l'arbre de décision sont celles représentées à la figure 3. On constatera que la méthode est relativement efficace pour déterminer la présence des creux et des crêtes (voir légende des classes à la figure 4). On notera toutefois que la méthodologie de classification manque à détecter des formes morphologiques. Ceci est mis sur le compte, justement, du choix par l'utilisateur des dimensions de zones de calcul des moyennes focales.



Conclusion

Un outil de classification semi-automatisée de la morphologie du fond marin a été présenté. Sans vouloir se substituer aux méthodes d'interprétation des géologues, il se veut être un outil complémentaire, permettant de tirer le meilleur parti de la résolution et du large volume de données issues des sonars multifaisceaux. Dans le cadre de projets régionaux tel que celui mené dans l'estuaire du Saint-Laurent par Ressources naturelles Canada et ses partenaires, cet outil pourrait être largement mis à profit. Cette présentation, prouve, si besoin en était, que le projet de cartographie du Saint-Laurent, en plus de fournir matière à une compréhension plus approfondie des systèmes et processus géoscientifiques permet de poursuivre l'effort d'amélioration des méthodes et des techniques de traitement et d'interprétation des données scientifiques.

2.1.6. Présentation de l'OGSL, ses objectifs et ses moyens (Anne Fontaine, OGSL)

L'Observatoire global du Saint-Laurent (OGSL) est un organisme sans but lucratif dont la mission est de favoriser et faciliter l'accessibilité, la diffusion et l'échange de données et d'informations électroniques sur le système global du Saint-Laurent grâce au regroupement et à la mise en réseau des divers organismes producteurs et détenteurs afin de répondre à leurs besoins et à ceux des utilisateurs, d'améliorer les connaissances et d'aider les prises de décisions.

La mise en œuvre de l'OGSL permettra d'améliorer l'accès à l'ensemble du patrimoine informationnel permettant une identification plus efficace, une visibilité accrue et une valorisation des sources d'information valides et/ou officielles. L'OGSL contribuera à la création d'un pôle d'excellence au niveau national et international.

La synergie engendrée par la mise en commun des moyens et de l'expertise de l'OGSL et de ses membres aura comme résultat l'optimisation de la diffusion et des échanges d'information. Les bénéfices attendus pour les membres incluent une réduction des duplications d'efforts et une diminution des coûts collectifs de diffusion de l'information, une augmentation de la capacité de chacun à remplir ses mandats respectifs et à en faire profiter la communauté de ses clients, ainsi que l'accès à divers mécanismes de financement additionnel pour assurer le financement de l'OGSL.

La clientèle visée est très large, et comprend à la fois les producteurs et détenteurs d'informations eux-mêmes, le grand public, des tables de concertation du milieu, des clientèles spécialisées comme la recherche universitaire, les bureaux d'études ou encore diverses communautés de pratique (ex : en transport maritime, en évaluation environnementale, etc.).

Pour plus d'informations concernant le projet (plan d'affaires, plaquette, présentation, contacts...), consulter le site : ogsl.ca (français) ou slgo.ca (anglais).

2.1.7. Table ronde : les aspects cartographiques du projet

Compte-rendu des discussions du lundi 19 février 2007

Levé et découpage cartographique

- Richard Sanfaçon estime qu'il faudra environ deux semaines pour compléter le levé prévu (partie nord).
- Le découpage des feuillets pourrait être modifié afin d'intégrer éventuellement des zones peu profondes, même si celles-ci ne sont pas couvertes actuellement.

Zones côtières

- Paul Bellemare souligne le fait que le milieu côtier (0-30 m) est une lacune importante dans la connaissance de l'estuaire. Il indique également qu'un levé systématique des zones peu profondes n'est pas envisageable à court terme. Par contre, il serait intéressant d'identifier quelques zones (cinq ?) d'extension relativement réduite où des travaux pourraient être proposés. Ces zones permettraient d'extrapoler les résultats et devraient donc être représentatives. D'autres critères pourraient également être envisagés lors du choix de ces zones tels que leur intérêt pour des questions environnementales, d'habitat, de risques....

- Jean Munro fait remarquer que l'atelier qui se tiendra la semaine prochaine à Montréal (Développement d'objectifs écosystémiques de conservation pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent) abordera peut-être cette problématique.
- Susan Dionne fait remarquer que les milieux insulaires sont également importants.
- Michel Michaud s'interroge pour savoir si Ouranos pourrait être consulté et souligne le fait que l'érosion côtière est un enjeu important dans la région de Rivière-du-Loup.
- Jacques Locat indique que la relation terre-mer est également importante pour l'évaluation des risques naturels comme dans les régions de Betsiamites et de Saint-Siméon.
- Paul Bellemare souligne que l'étude des zones côtières nécessitera un programme spécial, mais qu'il faut se préparer dès à présent.
- Il est convenu qu'Andrée Bolduc et Richard Sanfaçon recevront les suggestions concernant les zones côtières.

Habitat benthique

- Andrée Bolduc souligne que l'étude des habitats benthiques se concentrera sur la région de Manicouagan.
- Jean Munro fait remarquer que cela démontrera la faisabilité d'une telle étude et facilitera une éventuelle analyse à l'échelle de l'estuaire (lors d'une phase postérieure)

Utilisation du temps bateau

- Roger Côté demande où devraient se faire des levés si du temps bateau était disponible.
- Jean Munro privilégie la zone amont.
- Mathieu Duchesne fait remarquer qu'il faudrait plutôt se concentrer sur des zones proches du levé prévu afin d'éviter de perdre du temps.
- Geneviève Cauchon-Voyer suggère qu'il serait bon de combler les trous présents dans les anciens levés. Mathieu Duchesne est d'accord et Roger Côté estime que cela pourrait prendre 5 à 6 jours.

OGSL

- Anne Fontaine fait remarquer que l'OGSL est entré dans une phase de recherche de partenaires.

Diffusion

- Andrée Bolduc fait part de ses efforts pour faire connaître le projet à la population (deux conférences publiques à Rivière du Loup et Tadoussac et un petit article grand public expliquant les buts de l'étude).
- Paul Bellemare indique que la découverte d'épaves a été très médiatisée.
- Il souligne également que le Géocongrès international organisé par l'association canadienne des sciences géomatiques (2 au 5 octobre 2007) et le congrès Ocean 2008 (15 au 18 septembre 2008) qui se tiendront à Québec pourraient être des 'vitrines' intéressantes pour le projet.

2.2. Les risques naturels dans l'estuaire

2.2.1. Preliminary geohazard evaluation of the St. Lawrence Estuary (Calvin Campbell, CGC-A)

Geohazards are any geological or hydrological process that poses a threat to people and/or their property. Types of geohazards include earthquakes, seafloor instability features such as mass movements of all varieties (gravity), pockmarks, sediment transport (currents), and geological anomalies (e.g. ice-rafted boulders). The general steps in geohazard evaluation are: 1) identify features that might be considered a geohazard, 2) determine spatial distribution of features, 3) determine temporal distribution of features, 4) study spatial and temporal distribution to determine causes and evaluate risk.

Within the St. Lawrence Estuary and bordering landmass, several potential geohazards have been identified. These include earthquakes, submarine landslides, shallow gas, and sediment migration. The St. Lawrence Estuary lies within the most seismically active area of Eastern Canada, the Charlevoix seismic zone. Historically, the largest earthquakes were the 1663 Charlevoix earthquake (magnitude 7.0), the 1925 Charlevoix-Kamouraska earthquake (magnitude 6.2), and the 1988 Saguenay earthquake (magnitude 5.9). Landslides are common in the study area, with approximately 20% of the modern seabed modified by landslides. Evidence of shallow gas is also widespread, with abundant pockmarks on the seafloor, and extensive zones of sub-surface gas imaged on sub-bottom profiles. In the southwest part of the study area, within the Saguenay Marine Park, there is evidence of sediment migration in the form of sediment waves and complex bedforms. The purpose of the geohazard evaluation within the estuary is to provide a regional understanding of the issues and to deliver the necessary information to other departments and regulators as required.

2.2.2. Morpho-sédimentologie et mouvements de masse au large de la rivière Betsiamites, estuaire du Saint-Laurent (Geneviève Cauchon-Voyer, U. Laval)

Une géomorphologie complexe avec d'importantes expressions de mouvements de masse sous-marins a été mise en évidence à l'aide de levés bathymétriques aux multifaisceaux et de sismique réflexion à haute définition entre 2001 et 2006 dans l'estuaire du St-Laurent entre Betsiamites et Rimouski, Québec. L'intérêt pour le secteur Betsiamites porte principalement sur les risques naturels. Des levés multifaisceaux relèvent d'importantes signatures de mouvements de masse sous-marins et des observations sur la côte indique la présence d'un important amphithéâtre de glissement de terrain subaérien.

Cette étude propose une description détaillée de la morpho-sédimentologie sous-marine d'un secteur d'environ 500 km² en mettant l'accent sur les structures associées aux mouvements de masse. Une analyse spatio-temporelle des mouvements de masse et une chronologie présentant des données temporelles précises pour certaines des ruptures de pente répertoriées sont aussi présentées. Quatre groupes d'éléments géomorphologiques ont été cartographiés à l'intérieur des trois provinces physiographiques du secteur: des linéaments du substratum rocheux, des morphologies associées aux mouvements de masse, des paléo-chenaux et des événements de gaz. Quatre dépôts associés à des mouvements de masse ont été datés au ¹⁴C. Un premier événement paraglaciale daterait de 9 ka BP. Le second événement a laissé une cicatrice majeure qui est caractérisée par deux larges couloirs de glissement sur le plateau et un large cône de sédiments dans le Chenal laurentien. Ces deux structures sont directement reliées l'une avec l'autre. L'événement des couloirs de glissement daterait de 7.25 ka cal BP. Des observations morphologiques et des analyses sédimentologiques ont permis d'identifier les traces d'au moins deux mouvements de masse récents (i.e. moins de 1 ka BP) sur le plateau et dans le Chenal laurentien. Les débris de ces mouvements de masse ont été datés à l'aide du ²¹⁰Pb. Cette analyse indique que les débris seraient reliés à deux séismes différents : (1) 1663 AD (M~7) et (2) 1860 AD (M~6) ou 1870 AD (M~6.5). Les débris de 1663 seraient associés au glissement subaérien observé sur la côte. En plus de la géomorphologie influencée par les mouvements de masse, nous avons identifié plusieurs régions sur le plateau et dans le Chenal laurentien ayant des événements de gaz, ce qui pourrait potentiellement influencer la stabilité des pentes sous-marines.

2.2.3. Identification, extraction and analysis of pockmarks in the St. Lawrence Estuary using GISciences approaches (Jennifer Fowler, MUN)

Pockmarks are sea floor sedimentary features created through the seepage of fluids upward through the seabed. Their formation may be due to, or triggered by, a variety of structural, stratigraphic or man-made mechanisms; as examples of seepage mechanisms, faulting, differences in grain size between strata, or pressure changes in surficial sediments as a result of drag fishing, have all been proposed. In any event, the features created are crater-like depressions that vary in size, ranging from 10 to greater than 300 meters in diameter, and reaching depths of 80 meters, although these deeper features are not known in the St. Lawrence Estuary. Pockmarks have been widely recognized on seabeds around the world. However, a method to accurately, efficiently and automatically classify the morphology of these features has not yet been established.

During this study, several methods of identification/extraction using GIS software will be explored. Including, but not limited to, fractal dimensions, curvature, shape indices, fuzzy sets and Maximum Likelihood Classifiers. Functions such as these will define the basis of the characterisation of the pockmarks in the St. Lawrence Estuary. The second step is to incorporate a morphological classification scheme defining these features.

Several morphological classifications for seabed pockmarks have been defined by Hovland and Judd (1988). Many of these forms are known to occur in the St. Lawrence Estuary and, therefore, the classification scheme devised in this study will be an extension of the morphological classification scheme for pockmarks defined by Hovland and Judd (1988) and Judd and Hovland (2007). This classification is based on seismic and sidescan surveying completed in the 1970s and 1980s in the Witch Ground Basin and the Norwegian Trench located in the North Sea off the Norwegian Coast.

The extraction and classification method will be tested on many areas of the Estuary using multibeam data collected in 2005 and 2006. These areas will differ in depth, substrate and scale to ensure the validity of the method.

2.2.4. Recherche de ruptures co-sismiques dans l'estuaire du Saint-Laurent : les pièges à éviter et les pistes d'interprétation (Nicolas Pinet, CGC-Q)

Une activité sismique significative existe dans l'est du Canada, en particulier dans la vallée du Saint-Laurent où au moins 5 séismes historiques de magnitude (M) 6-7 ont été enregistrés. En prenant en compte la relation entre le temps de récurrence et la magnitude, ainsi que les données récentes sur les taux de déformation actuels, il semble probable que cette région ait été ébranlée par des séismes de forte magnitude ($M \geq 7$) durant le Quaternaire. Des ruptures co-sismiques sont généralement associées à de tels séismes et leur étude peut contribuer à une meilleure compréhension du risque sismique (paléo-sismologie). Toutefois, les recherches menées à terre se sont révélées décevantes.

Les levés bathymétriques multifaisceaux et les données récentes de sismique haute-résolution permettent d'envisager pour la première fois la recherche de rupture co-sismique au sein de l'estuaire du Saint-Laurent. Comparativement au domaine terrestre, le domaine marin est caractérisé par une couverture sédimentaire quaternaire continue, ce qui rend plus aisé la distinction entre les failles héritées de l'histoire Protérozoïque et Paléozoïque et celles caractérisées par de mouvement 'récents'.

La recherche de rupture co-sismique comporte toutefois de nombreux pièges. En particulier : 1) des escarpements pouvant atteindre plus d'une centaine de mètre de hauteur correspondent très probablement à des failles, mais la géométrie en 'on lap' de la succession quaternaire indique que ces structures n'ont pas été réactivées depuis le dernier épisode glaciaire; 2) des alignements d'événements ('pockmarks') visibles sur le fond marin ne semblent pas associés à des structures recoupant la succession quaternaire; 3) certaines cicatrices de glissement ont une géométrie très linéaire, mais le plan de rupture ne s'enracine pas dans le substratum; 4) la succession quaternaire montre localement des ondulations qui miment des plis, mais qui correspondent en fait à l'ennoisement de la morphologie dans le substratum.

Trois exemples qui pourraient attester de mouvements 'récents' sont présentés. Dans le premier cas, un escarpement visible sur le fond marin semble correspondre à une faille avec un rejet à la fois dans la succession quaternaire et dans le substratum. Toutefois, l'absence de données bathymétriques ne permet pas de préciser l'orientation, la linéarité et la longueur de l'escarpement. Dans le deuxième cas, le toit du socle rocheux montre un décalage de part et d'autre d'un plan à fort pendage qui pourrait correspondre à une faille. Toutefois, la succession quaternaire possède peu de marqueurs sismiques permettant de quantifier un éventuel rejet. Dans le troisième cas, l'escarpement sous-marin, dans le prolongement de la faille du Saint-Laurent, montre une morphologie caractérisée par des facettes triangulaires. Ce type de morphologie est généralement interprété comme attestant d'un relief 'jeune'. Toutefois, la géométrie en coupe n'est pas connue et aucun rejet significatif du réseau hydrographique sur le fond marin n'est visible.

2.2.5. Table ronde : les risques naturels dans l'estuaire

Question de Thierry Schmitt (CIDCO) à Calvin Campbell (CGC-A):

- « What kind of geohazards were you thinking of when you presented the sand waves close from the Saguenay mouth? »
- Réponse : For seafloor installations. We have to see first if they are active or not. Philippe-Xavier Normandeau (École Polytechnique) will try to answer this question in his bachelor thesis.

Commentaire de Jacques Locat (UL) sur le travail de Jennifer Fowler (MUN) :

- Il suggère de regarder la distribution et l'orientation des linéaments du secteur pour voir s'il n'y a pas des relations à faire avec la distribution et l'orientation des événements.
- Rodolphe Devillers (MUN) ajoute que la maîtrise de Jennifer n'est pas en géologie mais bien en géomatique.
- Commentaire d'Alvin Simms (MUN) : Les données de forage et de carottage dans ou à proximité des événements peuvent être d'intérêt pour eux afin de comprendre la structure des événements.

Commentaire d'Andrée Bolduc (CGC-Q) :

- Les coquillages dans la carotte de Geneviève Cauchon-Voyer (UL) dans le secteur de Betsiamites prélevée dans un événement pourrait être utilisée par la CGC pour des fins de caractérisations isotopiques.

Guillaume St-Onge (ISMER) interroge Andrée Bolduc (CGC-Q) sur le mandat de la CGC dans le cadre du projet dans l'estuaire :

- Réponse : Les livrables correspondent à trois feuillets (A-series maps). Pour la carte des habitats benthiques Jean Munro (MPO) s'en charge pour la ZPM-Manicouagan.
- Calvin Campbell (CGC-A) se questionne sur la possibilité de livrer un feuillet sur les géorisques.

Thierry Schmitt (CIDCO) interroge Vladimir Kostylev (CGC-A) sur la définition du terme habitat, qui selon la spécialité peut différer.

- Vladimir Kostylev (CGC-A) donne la définition du mot habitat : « The place where an animal lives ». La caractérisation de l'habitat est fonction des propriétés biologiques, chimiques et physiques du milieu.
- Andrée Bolduc (CGC-Q) rajoute qu'il serait aussi intéressant de regarder l'habitabilité de ces milieux.
- Concernant la question des événements versus les habitats particuliers qu'ils représentent Vladimir Kostylev (CGC-A) souligne que les communautés microbiennes peuvent être différentes. Il rappelle aussi que le but de la cartographie des habitats benthiques est de faire une description au sens large du secteur à couvrir. Après que cet objectif soit atteint il pourra être possible de se concentrer sur les événements en tant qu'habitats.

Commentaire de Bruno Robert (MDDEP) sur les géorisques versus la gestion intégrée :

- Les géorisques doivent être rapportés aux autorités et dits aux bonnes personnes. Par exemple, le Comité de gestion Saint-Laurent des municipalités côtières doivent être mis au courant pour leur gestion de l'aménagement et du territoire.
- Andrée Bolduc (CGC-Q) ajoute que ce n'est pas parce qu'un risque est plus faible qu'il doit être ignoré.
- Jacques Locat (UL) discute sur l'intervention de son groupe de recherche. Pour eux cartographier n'est pas une finalité en soi. Cartographier les processus ne veut pas dire que l'on connaît la nature de ces processus. En ce sens le projet GGO de l'estuaire du Saint-Laurent aide à savoir où aller travailler pour raffiner l'aléa. C'est donc ici une complémentarité entre le travail de la CGC et le milieu universitaire.
- Jacques Locat (UL) discute du mandat des différents organismes sur la gestion des risques et souligne les besoins financiers importants pour étudier en profondeur un seul site.

Commentaires en vrac :

- Andrée Bolduc (CGC-Q) rappelle le besoin d'intégrer une chronologie des événements géologiques au projet.
- Jacques Locat (UL) mentionne l'utilité d'avoir une imagerie acoustique de la colonne afin de discriminer les fluides émanant des événements (gaz vs non-gaz).
- Calvin Campbell (CGC-A) suggère de retourner voir l'escarpement au large de Matane pour voir son évolution ou non-évolution.
- Vladimir Kostylev (CGC-A) commente sur les outils de classification du fond marin développés par le CIDCO et présentés par Thierry Schmitt (CIDCO). Pour accroître graduellement la résolution de la cartographie de la géologie de surface le besoin se trouve essentiellement dans l'acquisition d'un plus grand nombre d'échantillons. Pour ce faire, il a des bases de données disponibles. Il cite ici les travaux de Loring et Nota, de P. Archambault (IML) et R. Laroque (IML). Sur ce

sujet, Jacques Locat (UL) rajoute qu'il est facile de prendre un petit bateau pour compléter.

- Calvin Campbell (CGC-A) questionne Vladimir Kostylev (CGC-A) sur le nombre d'échantillons à prendre dans l'estuaire pour caractériser l'habitat. Vladimir Kostylev (CGC-A) lui répond que 70 stations est correct pour définir les tendances grossières et qu'évidemment plus on en a mieux c'est.

Jacques Locat (UL) demande à Vladimir Kostylev (CGC-A) dans ses projets sur quelle étendue les dB des données de rétrodiffusion.

- Ce dernier lui répond 100 dB.
- Andrée Bolduc (CGC-Q) enchaîne alors avec l'histoire des données de rétrodiffusion dans l'estuaire et l'occurrence de minerais de fer épandu sur le fond de l'estuaire. De plus elle raconte au groupe le fonctionnement de l'échantillonnage lors de la mission Matthew2006-054; i.e. basé sur les variations de l'indice de rétrodiffusion si c'était possible et sur les changements morphologiques documentés sur l'imagerie multifaisceaux si les données de rétrodiffusion n'étaient pas disponibles.
- On mentionne ici que les données du projet HYPOXIE pourraient être utilisées pour cibler des sites d'échantillonnage.

Richard Sansfaçon (SHC) rappelle que des données multifaisceaux supplémentaires vont être disponibles dans le secteur de l'île Bicquette. De plus, Roger Côté (SHC) souligne que l'agrandissement des feuillets est possible si dans le futur, il y a acquisition de données multifaisceaux supplémentaires dans les différents secteurs déjà couverts. Enfin, Andrée Bolduc (CGC-Q) propose que si il y a du temps supplémentaire de Creed, de compléter le secteur entre Saint-Siméon et l'île aux Coudres dans le 30 m et plus.

2.3. Le Quaternaire de l'estuaire

2.3.1. Géométrie des unités quaternaires dans l'estuaire du Saint-Laurent (Mathieu Duchesne, CGC-Q)

Between 2003 and 2006, the Geological Survey of Canada and its partners have collected ~6700 km of high and very-high resolution 2-D seismic data in the Lower St. Lawrence Estuary. The various datasets have permitted to image a total of 7 seismic units; units 1 to 5 are of regional extent whereas units 6 and 7 are of local extent.

Seismic unit 1 is 5 to 260 milliseconds (ms) thick, drapes the bedrock and is mostly transparent. It contains some low amplitude stratified reflectors and is delimited at the top by a high amplitude undulant reflection. This unit has been observed mostly in the middle of the Laurentian Channel and in small pond-like basins located on the northern shoulder of the channel. Seismic unit 2 is defined by a series of stratified high amplitude reflections and includes some wash-outs and contorted reflections. This unit has a wedge-shaped geometry that thins downstream and is confined to the middle of the

channel with thicknesses ranging from 10 to 90 ms. The contact of this unit with the bedrock sometimes appears in a truncated fashion or as an onlapping contact. Seismic unit 3 is predominantly transparent, comprises some low amplitude flat lying and contorted reflectors and also has a wedged-shaped geometry thinning downstream from 250 to a few ms. This unit is mainly observed in the middle of the channel and in small pond-like basins present on both shoulders. Seismic unit 4 is 5 to 35 ms thick and formed by parallel to sub-parallel low amplitude reflections. Seismic unit 5 has an average thickness of 50 ms, corresponds to the first unit beneath the seafloor and contains low to medium amplitude parallel reflections that become transparent in some areas. The regional scale of seismic units 1 through 5 implies that basin wide sedimentation processes led to the formation of these units. Seismic unit 6 is 75 to 90 ms thick and corresponds to a wedge-shaped unit which has a downlap geometry. It is internally formed by high to medium amplitude flat parallel reflectors sometimes interrupted by u-shaped features including contorted reflections and observed offshore the east end of the Manicouagan Peninsula and north-east from Trois-Pistoles. Finally, seismic unit 7 is 40 to 50 ms thick and also has wedge-shaped geometry including contorted to chaotic low to medium amplitude reflections bounded by high amplitude folded reflectors. It is mainly present along the northern flank of the Laurentian Channel. Both units 6 and 7 abruptly interrupt seismic units 3, 4 and 5. Their formation results from local sedimentation processes mostly observed along the northern flank of the Laurentian Channel.

The bedrock topography of the Lower St. Lawrence Estuary is highly variable. Major features include a series of two troughs of ~950 and ~800 ms deep bounded by steep walls separated by a 10 km long bedrock-high. The depth-to-bedrock time-thickness of the estuary generally decreases downstream but several bedrock highs are present on the southern flank of the Laurentian Channel. On the northern shoulder of the same channel between Forestville and the Manicouagan Peninsula numerous bedrock lows of ~250 to ~400 ms are observed. The total sediment time-thickness of the studied area also thins downstream. The thinning of the sedimentary columns influences the time-thickness of all seismic units of regional extent. The general decreasing trend of these units is sometimes locally interrupted by local depocenters associated with modern tributaries of the estuary. The geometry and the distribution of the Quaternary seismic units are closely linked to the bedrock topography.

2.3.2. Chronostratigraphie quaternaire de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent (Guillaume St-Onge, ISMER)

Les sédiments quaternaires de l'estuaire et du golfe du St-Laurent présentent des vitesses de sédimentation parmi les plus importantes au monde (St-Onge *et al*, 2003). Ces hautes vitesses de sédimentation permettent l'étude de séquences sédimentaires continues avec une résolution temporelle de l'ordre de la décennie. Ces hautes vitesses de sédimentation permettent de développer des traceurs de haute résolution pour aborder la problématique des variations climatiques depuis la dernière déglaciation, mais aussi pour évaluer les risques naturels dans l'est du Canada ainsi que pour

déterminer le comportement de haute fréquence du champ magnétique terrestre. Or, afin d'établir une chronostratigraphie marine robuste de haute résolution pour l'ensemble de l'estuaire et du golfe du St-Laurent, des séquences sédimentaires ont été récupérées au cours des étés 2005, 2006 et 2007 à bord du Coriolis II dans le Chenal laurentien, de l'estuaire maritime jusqu'au début du talus continental, en plus des longues séquences sédimentaires récoltées en 1995 (MD95-2033) et 1999 (MD99-2220 et -2221) à bord du navire de recherche français Marion Dufresne II. L'analyse des propriétés physiques, magnétiques et sédimentologiques de l'ensemble des carottes sont présentement en cours, de même que des analyses radiochronologiques (^{14}C et ^{210}Pb).

2.3.3. St-Laurent/Saguenay : Connaître, Comprendre et Prévenir. (Jacques Locat, UL)

L'atelier sur le Saint-Laurent offre une occasion unique de souligner l'importance des études qui y sont menées afin de bien comprendre la nature et le secteur touché par les diverses catastrophes naturelles qui ont affecté toute cette région entre le golfe du Saint-Laurent et Montréal. Depuis 1984, nous avons mené plusieurs missions scientifiques tant sur le Saint-Laurent que sur le Saguenay afin de mieux connaître les fonds marins de ces régions. De 1985 à 1996 nous avons mené 10 expéditions scientifiques pour un total de 56 jours et avec la participation de 60 scientifiques. Ces travaux, ajoutés à ceux de la Commission géologique du Canada et impliquant plusieurs de leurs navires et chercheurs (e.g. J. P. Syvitski et C. Schafer) ont permis d'établir notre base de connaissance géoscientifique de ces secteurs. Le déluge du Saguenay de 1996 a amené un tel questionnement au niveau des impacts de cet immense apport d'eau sur le fond du Saguenay que nous y avons réalisé un projet d'envergure de 5 années qui a impliqué plusieurs universités québécoise et canadiennes incluant un total de 309 jours en recherche en mer menés par plus de 100 chercheurs et étudiants! Nous pensons qu'un tel projet, au niveau du Saguenay nous a naturellement amené à mieux le connaître et surtout à mieux comprendre son environnement et son évolution. Pour le Saguenay, nous avons ainsi été en mesure d'évaluer les impacts sédimentaires du déluge du Saguenay tout en bonifiant notre inventaire d'autres événements catastrophiques tels que les séismes et les glissements sous-marin. Dans ce secteur, nos travaux permettent de contribuer à la prévention et la réduction des impacts des désastres naturels. Depuis les années 2000, nous avons élargi notre secteur d'étude au fleuve Saint-Laurent, tout d'abord vers le nord-est dans la région de Betsiamites et vers le sud-ouest tout en se rapprochant de la région de Charlevoix qui est une charnière importante pour la compréhension des risques naturels au Québec.

Il est évident que les activités de tous les chercheurs intéressés au Saint-Laurent et au Saguenay ont élargi nos connaissances et fourni des données extra-ordinaires sur le milieu. Ces données se doivent d'être partagées le plus possible. Une des propositions est de développer l'Observatoire du Saint-Laurent lequel servira de lieu de transfert des connaissances vers le public. Il est à souhaiter que cet observatoire servira aussi de

levier au soutien d'autres études ou projets qui vont permettre le développement de nos connaissances dans cette région aux divers attraits!

Finalement, il nous faut souligner le soutien financier important et essentiel du Ministère de l'éducation du Québec, du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, du Fonds québécois de recherche sur la nature et les technologies, de la Commission géologique du Canada, de l'Institut Maurice Lamontagne ainsi que de plusieurs partenaires privés dont l'Alcan.

2.3.4. Géomorphologie et géologie marine du Quaternaire du secteur Forestville-Trois-Pistoles, estuaire du Saint-Laurent (Hubert Gagné, UL)

La présente recherche se divise en deux parties. Premièrement, elle abordera divers aspects de la géologie glaciaire et postglaciaire, incluant la sédimentologie, la géomorphologie, la déglaciation et les fluctuations du niveau marin du secteur de l'estuaire du Saint-Laurent limité par Forestville, Les Escoumins, Saint-Fabien-sur-Mer et Trois-Pistoles. Cette analyse sera basée sur l'autre volet de la recherche soit la cartographie géomorphologique et sédimentaire du secteur d'étude. Cette étude est intégrée dans le projet «Estuaire» de la Commission géologique du Canada (CGC). Les résultats prévus du projet de recherche sont une carte géomorphologique, une carte des dépôts de surface, une carte des isopaques des dépôts quaternaires et les profils détaillés des propriétés physiques des carottes de sédiments. Pour ce qui est du mémoire, il se concentrera sur l'historique de l'évolution géologique glaciaire et postglaciaire du secteur.

Trois grands types de données ont été recueillies pour le projet de recherche : les sondages multifaisceaux, les relevés géophysiques (sismique-réflexion) et les carottes de sédiments. Les données multifaisceaux fournissent un modèle numérique de terrain à haute résolution de la bathymétrie du secteur d'étude. Elles proviennent en grande partie de la plate-forme Frederick G. Creed. Des sondages ont également été effectués par la vedette Guillemot du Service hydrographique du Canada dans les eaux peu profondes près de la rive nord de l'estuaire. Les relevés de sismique réflexion donnent de précieuses informations sur la colonne sédimentaire et ses variations latérales (structures, épaisseurs des unités sismostratigraphiques, discontinuités, etc.). Pour le secteur d'étude, les relevés de sismique réflexion proviennent de trois sources : 1) des campagnes de prélèvements avec étincelleur comme source, levés effectués par Mathieu Duchesne et Bernard Long en 2003-2004 sur le Coriolis II, 2) du profileur de sous-surface EdgeTech X-Star du Coriolis II lors de la mission du 25 mai au 6 juin 2006 et 3) de l'échosondeur et du Huntect du Matthew qui a lui aussi prélevé des données sismiques dans l'estuaire. Six carottes de sédiments furent recueillies lors d'une campagne du Coriolis II, deux à piston, deux à gravité et deux à boîtes. Les six carottes ont été examinées au Multi-Sensor Core Logger (MSCL) et au CAT-Scan pour l'obtention de certaines données fines sur les structures sédimentaires, ainsi que sur la densité, la porosité et la susceptibilité magnétique des sédiments. Après ouverture, les

six carottes ont également été décrites visuellement, photographiées, analysées au spectrophotomètre et échantillonnées pour faire analyse granulométrique avec le Beckman Coulter. Les deux carottes boîtes ont aussi été échantillonnées (20 échantillons sur chacune des 2 carottes à piston) pour analyses avec le traceur ^{210}Pb dans le but d'étudier les mouvements de masses sous-marins du secteur. Finalement, des analyses paléomagnétiques sur les deux carottes à piston seront réalisées par le professeur Guillaume St-Onge dans le but de corrélation entre elles et éventuellement avec la carotte de 50 m analysée par St-Onge *et al.* (2003).

Les données fournies par le Beckman Coulter ont été analysées par le logiciel Gradistat[®] pour l'obtention de plusieurs paramètres statistiques. Les données multifaisceaux seront traitées à partir de Fledermaus[®] et les relevés de sismique réflexion seront analysés avec Kingdom Suite[®]. Il est important de préciser que c'est le logiciel ARC GIS[®] qui servira à la création des cartes.

Le principal objectif de cette recherche est de comprendre la dynamique de la dernière glaciation sur le secteur à l'étude et l'évolution géologique postglaciaire de cette région (par les formes et les sédiments marins). Cette recherche, basée sur l'élaboration d'une carte géomorphologie et sédimentaire, vise plus spécifiquement à mieux connaître : 1) l'origine, la nature et la répartition des sédiments et des formes du fond marin du secteur d'étude, 2) les processus de mise en place et d'érosion de ces éléments géomorphologiques et géologiques et 3) la répartition et le contexte géomorphologique et stratigraphique des mouvements gravitaires sous-marins.

2.3.5. Géomorphologie marine du Quaternaire, estuaire et golfe du Saint-Laurent (Patrick Lajeunesse, UL)

Multibeam sonar and sub-bottom profiler surveys undertaken offshore the city of Sept-Îles (Québec-North-Shore) reveal in great detail a very diverse assemblage of submarine landforms related to either tectonic, glacial, gas venting, gravity, anthropogenic and possibly meteoritic processes. The key results from this study include:

1) the presence of a previously unreported possible crater structure of 4.5 km in diameter located 16 km SW of Sept-Îles between 43 and 100 m water depths. The crater was either formed by a meteoritic impact, or plutonism, or a yet unidentified geologic process. Although the structure resembles closely an impact crater, it can not be unequivocally identified as such since it occurs within a carbonate platform on top of the Sept-Îles Intrusive Suite. Since our data does not allow us to rule out one of the possible mechanisms, further studies involving seismic-refraction are needed;

2) the mapping of Pre-Quaternary river systems revealed by channels cut through cuestas;

3) the occurrence of an ice-stillstand offshore Sept-Îles along bathymetric highs that acted as pinning points which reduced relative water depth at the ice margin, and hence iceberg calving. This stillstand deposited thick ice-contact and ice-proximal glaciomarine sediments. Radiocarbon dating on fossil shells collected beyond the edge of morainal banks indicate that the stillstand occurred slightly after 12.5 ka BP, suggesting that it is contemporaneous to the Younger Dryas St-Narcisse moraine system. An overlap between two frontal moraines indicates localized oscillations of the ice margin during the stillstand; and

4) the importance of mass-movements and gravity flows in redistributing glacial and postglacial sediments in the sector. These processes are active today and include submarine slumps, turbidity currents (canyons, channels and fans) and traction-carpet mechanisms (submarine channel-levees). 210Pb analyses on a sediment core indicate modern sedimentation rates that reach 14 mm yr⁻¹ in a deep basin.

2.3.6. Table ronde : le Quaternaire de l'estuaire

Le groupe constate que les discussions lors des deux tables rondes antérieures ont couvert beaucoup d'aspects. On établit donc une liste de priorités dans les actions à suivre :

- Publier en dossier public les présentations accompagnées d'un court texte (environ une page) d'explication. Responsable : Andrée Bolduc
- Une fois la bathymétrie à l'aval de l'estuaire maritime complétée, le groupe se prononce en faveur de
 - o s'assurer de couvrir les « trous » dans les données. principalement au large de Manicouagan;
 - o compléter la bathymétrie entre Saint-Siméon et l'Île-aux-Coudres, soit la partie du haut-estuaire qui peut être relevé efficacement avec le F.G. Creed
 - o poursuivre les levés à l'aval vers le golfe
- Les données recueillies par les partenaires de recherche (gouvernementaux et universitaires) seront partagées pour faire progresser les activités de chacun. On s'entend pour respecter les champs d'intérêt et s'assurer de la participation de chacun selon ses disponibilités et ses mandats.
- On s'entend pour refaire l'atelier annuellement, il s'agit d'un excellent moyen de garder contact entre les différents membres du groupe. Andrée Bolduc souligne qu'elle organise, avec Guillaume St-Onge, une session spéciale à [Québec 2008](#) sur le golfe du Saint-Laurent. Cette session spéciale sera le forum idéal pour présenter les travaux à une communauté scientifique plus large.
- Plusieurs participants soulignent l'excellente progression du projet depuis ses débuts en avril 2005, ce qui témoigne, encore une fois, du dynamisme de la recherche en géologie marine dans l'estuaire du Saint-Laurent.

3. Conclusion

L'atelier de projet « Cartographie géoscientifique dans l'estuaire du Saint-Laurent – Bilan de l'an I » a permis une mise en commun des résultats de recherche en géologie marine pour cette région. L'intérêt généré pour l'atelier souligne les grands besoins en géoconnaissance des intervenants gouvernementaux. Un effort devra être déployé pour rejoindre les intervenants régionaux.

4. Remerciements

Le projet « Cartographie géoscientifique de l'estuaire du Saint-Laurent » est financé par le programme « Les géosciences à l'appui de la gestion des océans », particulièrement grâce aux fonds du Plan d'action du Canada pour les océans I. Le déroulement de l'atelier a été grandement facilité grâce au support apporté par l'équipe de la CGC-Québec et l'INRS-Québec. Nous tenons à remercier tous les présentateurs et les participants pour les excellentes discussions qui ont permis de faire progresser le projet. Merci à Denis Lavoie (CGC-Québec) pour l'examen critique du manuscrit. Ses commentaires ont grandement contribué à améliorer le document.

5. Références

Bolduc, A., Campbell, D.C., Côté, R., Girouard, P., Duchesne, M., and Beaulieu, S. 2007

F.G. CREED EXPEDITION 2005-075: Multibeam and magnetometer survey of the St. Lawrence Estuary west of Rimouski, October 27th to November 28th 2005, Geological Survey of Canada Open File Report 5390. 28 p.

Campbell, D.C. 2007.

CCGS Matthew Expedition 2006-054: Regional groundtruth survey of the St. Lawrence Estuary, October 15 - Nov 7, 2006, GSC Open File 5530. 65 p and 2 digital appendices.

Campbell, D.C., Côté, R., Furlong, M., Fraser, P., Paquet, S., Brisson, D., Normandeau, P-X. 2007.

F.G. CREED EXPEDITION 2006-017: Multibeam, magnetometer and sub-bottom profiler survey of the St. Lawrence Estuary north of Cacouna and Matane, May 6th to June 4th 2006. Geological Survey of Canada Open File Report 5427. 32 p.

Campbell, D.C., Duchesne, M., Poliquin, L., and Côté, R. 2006.

F.G. CREED EXPEDITION 2005-066: Multibeam and magnetometer survey of the St. Lawrence Estuary north of Mont-Joli, Aug 27th to Sept 8th 2005, Geological Survey of Canada Open File Report 5078. 23 p.

- Campbell, D.C., Hayward, S., Côté, R., and Poliquin, L. 2005.
F.G. CREED EXPEDITION 2005-038: Multibeam and magnetometer survey of the St. Lawrence Estuary north of Rimouski- June 5th to 17th 2005, Geological Survey of Canada Open File Report 4966. 22 p.
- Centre Interdisciplinaire de Développement en Cartographie des Océans. 2004
Atelier de concertation sur la cartographie des océans, résumé des discussions. Rapport non-publié, 5 p.
- Hayward, S; Deblonde, C; Paquet, S; Côté, R; Campbell, C. 2007
F.G. Creed Expedition 2006-047: multibeam and sub-bottom profiler survey of the St. Lawrence Estuary, Matane-Baie Comeau, 24 August - 03 September, 2006; Geological Survey of Canada Open File Report 5471; 13 pages
- Hovland M., and Judd A.G. 1988
Seabed Pockmarks and Seepages; Impacts on Geology, Biology and the Marine Environment. Graham & Trotman, 1988.
- Judd, A.G. and Hovland, M. 2007
Seabed Fluid Flow, The Impact on Geology, Biology and the Marine Environment Cambridge University Press, 492 pages
- Pêches et Océans Canada. 2005
Plan d'action du Canada pour les océans – pour les générations d'aujourd'hui et de demain. Direction des communication, MPO 2005-348, 20 p.
- St-Onge, G. Stoner J.S., and Hillaire-Marcel C. 2003
Holocene paleomagnetic records from the St. Lawrence Estuary Eastern Canada: centennial to millennial-scale geomagnetic modulation of cosmogenic isotopes. Earth and Planetary Science Letters, 209: 113-130.

6. Liste des participants

Participants	Organismes représentés	Courriels
Paul Bellemare	Service hydrographique du Canada - IML	bellemarep@dfo-mpo.gc.ca
Olivier Bérard	Agence Parcs Canada	olivier.berard@pc.gc.ca
Ruth Boivin	Commission géologique du Canada - Québec	ruboivin@nrcan.gc.ca
*Andrée Bolduc	Commission géologique du Canada - Québec	abolduc@nrcan.gc.ca
*Calvin Campbell	Commission géologique du Canada - Atlantique	cacampbe@nrcan.gc.ca
*Geneviève Cauchon-Voyer	Université Laval – Géologie et génie géologique	genevieve.cauchon-voyer.1@ulaval.ca
Roger Côté	Service hydrographique du Canada - IML	cotero@dfo-mpo.gc.ca
Christine Deblonde	Commission géologique du Canada - Québec	chdeblon@nrcan.gc.ca
Rodolphe Devillers	Memorial University of Newfoundland - Geography	rdeville@mun.ca
Suzan Dionne	Agence Parcs Canada	suzan.dionne@pc.gc.ca
*Mathieu Duchesne	Commission géologique du Canada - Québec	mduchesn@nrcan.gc.ca
*Anne Fontaine	Observatoire global du Saint-Laurent	anne.fontaine@menv.gouv.qc.ca
*Jennifer Fowler	Memorial University of Newfoundland - Geography	jenn.fowler@gmail.com
*Hubert Gagné	Université Laval - Géographie	hubert.gagne.1@ulaval.ca
Vladimir Kostylev	Commission géologique du Canada - Atlantique	vkostyle@nrcan.gc.ca
*Patrick Lajeunesse	Université Laval - Géographie	patrick.lajeunesse@ggr.ulaval.ca
Jean-Yves Laliberté	Ressources naturelles et faune, Québec	jean-yves.laliberte@mrnf.gouv.qc.ca
Denis Lavoie	Commission géologique du Canada - Québec	delavoie@nrcan.gc.ca
*Jacques Locat	Université Laval – Géologie et génie géologique	locat@ggl.ulaval.ca
Michel Michaud	Transports Québec	michel.michaud@mtq.gouv.qc.ca
Yves Michaud	Commission géologique du Canada - Québec	ymichaud@nrcan.gc.ca
*Jean Munro	Pêches et Océans Canada, Sciences - IML	munroj@dfo-mpo.gc.ca
Marie-Eve Ouellet	Ressources naturelles et faune, Québec	marie-eve.ouellet@mrnf.gouv.qc.ca
Serge J. Paradis	Commission géologique du Canada - Québec	sparadis@nrcan.gc.ca
Dick Pickrill (absent)	Commission géologique du Canada - Atlantique	dpickril@nrcan.gc.ca
*Nicolas Pinet	Commission géologique du Canada - Québec	npinet@nrcan.gc.ca
Lizon Provencher	Pêches et Océans Canada, Sciences - IML	provencherl@dfo-mpo.gc.ca
Bruno Robert	Ministère du Développement durable, de l'environnement et des parcs, Québec	bruno.robert@mddep.gouv.qc.ca
*Richard Sanfaçon	Service hydrographique du Canada - IML	sanfaconr@dfo-mpo.gc.ca
*Thierry Schmitt	Centre Interdisciplinaire de Développement en Cartographie des Océans	schmittt@cidco.ca
Alvin Simms	Memorial University of Newfoundland - Geography	asimms@mun.ca
*Guillaume St-Onge	Université du Québec à Rimouski - ISMER	guillaume_st-onge@uqar.qc.ca
Robert Thériault	Ressources naturelles et faune, Québec	robert.theriault@mrnf.gouv.qc.ca

*présentateurs