

Note Technique NT-111

**Numérisation des relevés
hydrographiques du fleuve Saint-
Laurent (1898-1905)**

Jean-Philippe Côté, Alexandre Morin et Jean
Morin

Juillet 2004

Pour fin de citation :

CÔTÉ, J-P., MORIN, A., et J. MORIN (2004). Numérisation des relevés hydrographiques du fleuve Saint-Laurent (1898-1905). Note technique SMC Québec – Section Hydrologie NT-111, Environnement Canada, Sainte-Foy, 23 pages.

ÉQUIPE DE RECHERCHE

Environnement Canada – Service météorologique du Canada – Section Hydrologie

Gestion du projet

Jean Morin

Coordination des travaux

Jean Morin
Jean-Philippe Côté

Rédaction

Jean-Philippe Côté
Alexandre Morin

Collaboration à la rédaction

Jean Morin

Cartographes ayant numérisé les relevés hydrographiques

Pascal Bergeron
Guillaume Boutet
Thomas Duchaine

Validation des données

Alexandre Morin

Assemblage des modèles d'élévation anciens

Alexandre Morin
Olivier Champoux
Jean-Philippe Côté

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
1.1	Contexte	1
1.2	Objectifs.....	2
2	HISTORIQUE ET CARACTERISTIQUES DES CARTES A SONDAGES OU LEVES HYDROGRAPHIQUES	3
2.1	Travaux publics.....	3
2.2	Le Service hydrographique du Canada (SHC)	4
2.3	Le tronçon Montréal - Québec	6
2.3.1	La production des cartes	8
3	METHODOLOGIE ET TRAITEMENT CARTOGRAPHIQUE	10
3.1	Matériel utilisé pour la numérisation	10
3.2	Étapes préalables à la numérisation.....	10
3.2.1	Ajustement du cadre géographique et du système de référence géodésique.....	10
3.3	La numérisation	11
3.3.1	Éléments linéaires	11
3.3.2	Éléments ponctuels	12
3.3.3	Quantification des levés.....	12
3.4	Erreurs potentielles et niveau de précision.....	13
3.4.1	Validation et correction des erreurs	14
4	ASSEMBLAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE D'ÉLÉVATION ANCIEN DU FLEUVE SAINT-LAURENT	17
	CONCLUSION	22
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	23

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : PUBLIC WORKS OF CANADA. <i>SHIP CHANNEL RIVER ST. LAWRENCE BETWEEN MONTREAL AND QUEBEC. SHEET 20 : ST. ANTOINE TO SAINT-AUGUSTIN</i> (1894) ARCHIVES NATIONALS DU CANADA. NMC : 0010951.....	4
FIGURE 2 : DÉCOUPAGE DES 16 CARTES DE LEVÉS HYDROGRAPHIQUES DE LA SÉRIE <i>RIVER ST. LAWRENCE (1898-1904)</i> . (SERVICE HYDROGRAPHIQUE DU CANADA).....	7
FIGURE 3 : EXTRAIT D'UNE CARTE DE LEVÉS HYDROGRAPHIQUES : <i>RIVER ST. LAWRENCE. SHEET NO 2: CAP ST. MICHEL TO FOOT OF ÎLE BOUCHARD</i> (1898). (SERVICE HYDROGRAPHIQUE DU CANADA).	7
FIGURE 4 : EXTRAIT DE LA CARTE DE LEVÉS HYDROGRAPHIQUES <i>RIVER ST. LAWRENCE. SHEET NO 2: CAP ST. MICHEL TO FOOT OF ÎLE BOUCHARD</i> (1898). (SERVICE HYDROGRAPHIQUE DU CANADA). LA ZONE REPRÉSENTÉE COUVRE LE SECTEUR DU CHENAL DE CAP SAINT-MICHEL.	8
FIGURE 5 : EXEMPLE D'ERREUR REPERÉE ET CORRIGÉE LORS DE LA VALIDATION DES DONNÉES.	16
FIGURE 6 : TRONÇON MONTRÉAL – SOREL.	18
FIGURE 7 : TRONÇON SOREL – POINTE-DU-LAC.....	19
FIGURE 8 : TRONÇON POINTE-DU-LAC – LOTBINIÈRE.....	20
FIGURE 9 : TRONÇON LOTBINIÈRE – QUÉBEC.	21

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : NOMBRE DE POINTS DE BATHYMÉTRIE NUMÉRISÉS PAR FEUILLET.....	12
---	----

1 Introduction

On trouvera dans le document suivant une description des travaux de numérisation de relevés hydrographiques datant de 1898-1905 accomplis par le Service météorologique du Canada, Région du Québec, Section Hydrologie (SMC Québec – Hydrologie). Ces travaux se sont échelonnés sur une période d'un peu plus d'un an. Le point central de ce document constitue la description de la méthodologie liée aux travaux de numérisation des relevés hydrographiques. On trouvera aussi une brève section relatant l'historique des cartes à sondages. Finalement, une version préliminaire du modèle numérique d'élévation ancien est aussi présentée.

1.1 Contexte

Actuellement, des chercheurs du SMC Québec – Hydrologie se penchent sur la conception et la validation de modèles qui permettent de décrire la dynamique fluviale du Saint-Laurent et de simuler une large gamme de débits, de niveaux d'eau et de courants. Intégrant les connaissances biologiques et physiques sur le Saint-Laurent, ces travaux permettront d'améliorer les processus de gestion du fleuve, grâce à une meilleure compréhension des conséquences des fluctuations du niveau d'eau sur l'écosystème. À ce jour, plusieurs travaux de modélisation hydrodynamique et de modélisation des habitats du Saint-Laurent ont été effectués.

La création d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) du Saint-Laurent actuel est une étape indispensable aux travaux de modélisation fluviale. Ce dernier sert de fondation aux simulations hydrodynamiques. Le MNT actuel du Saint-Laurent est déjà opérationnel et reproduit fidèlement les caractéristiques physiques du fleuve à partir de la combinaison d'éléments géoréférencés et mesurés de trois types : la topométrie, le substrat et les plantes aquatiques.

La série de relevés hydrographiques du début des années 1900 présente un grand intérêt. Ces relevés permettront de créer un modèle numérique d'élévation représentant l'état du fleuve Saint-Laurent vers 1900. Ces données constitueront aussi la base de l'information nécessaire à de futurs travaux de modélisation hydrodynamique du fleuve Saint-Laurent à son état naturel. La description détaillée de la topographie ancienne permettra de quantifier l'impact cumulatif des interventions humaines sur l'écosystème fluvial.

La création de modèles numériques anciens et des travaux de modélisation fluviale ayant comme objectif de déterminer l'impact des interventions humaines sur l'écosystème fluvial ont été effectués pour le tronçon fluvial du lac Saint-François (Morin et Leclerc, 1998) (Morin *et al.*, 2000).

1.2 Objectifs

L'objectif principal des travaux accomplis par le SMC Québec – Hydrologie à partir de la série de relevés hydrographiques est la numérisation des données anciennes. Une fois numérisées, les données ont été assemblées dans un Modèle numérique d'élévation (MNE) ancien, lequel servira à d'éventuels travaux de modélisation.

2 Historique et caractéristiques des cartes à sondages ou levés hydrographiques

Ce chapitre relate l’historique de la production de cartes à sondages hydrographiques au Canada. Il s’attarde principalement sur la série réalisée entre 1898 et 1905 par le Service hydrographique du Canada (SHC). Cette série constitue la base des travaux de numérisations réalisés au cours de la dernière année par le SMC Québec – Hydrologie.

2.1 Travaux publics

Au début des années 1890, le ministère des Travaux publics, celui-ci abritait alors une unité de service hydrographique, effectua une première campagne de levés hydrographiques complet du Saint-Laurent entre Montréal et Québec. Le contexte de production de cette série de cartes est très peu documenté.

En utilisant probablement des sondages hydrographiques, le ministère produisit une série de 22 cartes couvrant le tronçon allant de Montréal à Québec (Figure 1). Ces cartes ont une échelle de 1000 pieds au pouce (1 :12000). Les sondages hydrographiques sont réduits au niveau de référence des basses eaux de 1889, le niveau d’eau le plus bas que le fleuve Saint-Laurent avait connu jusque là.

Pour la production de ces cartes, les levés hydrographiques avaient été conduits par Louis Coste, l’ingénieur en chef du ministère des Travaux publics. Les cartes furent conçues par F.W. Cowie, ingénieur hydrographe du ministère des Travaux publics.

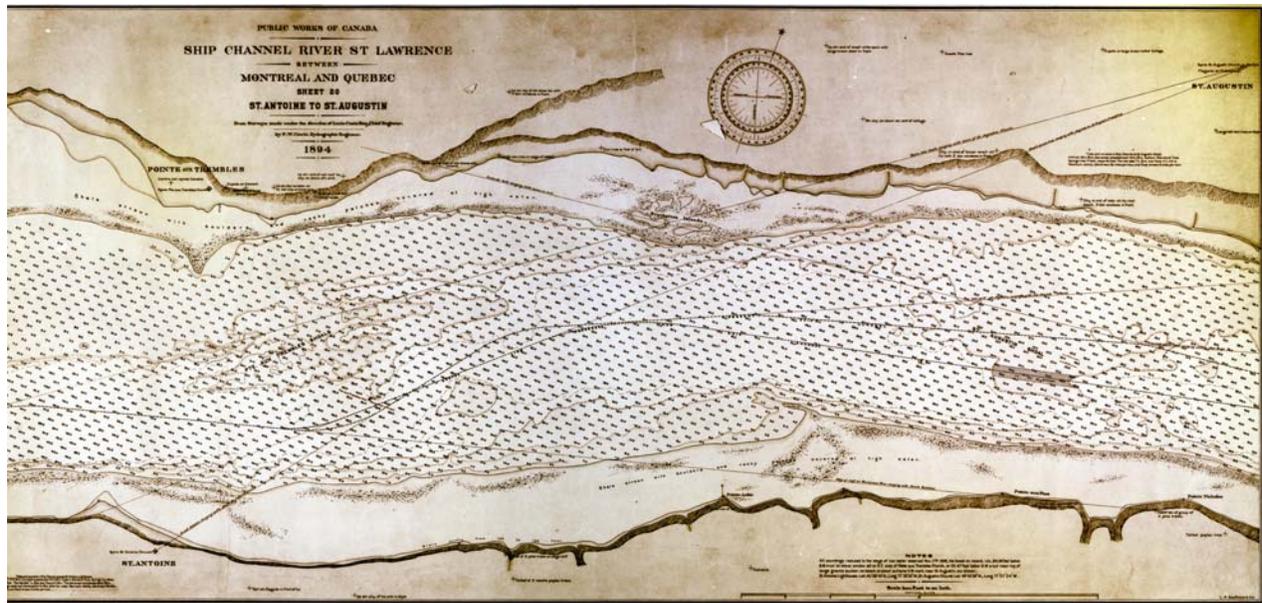


Figure 1 : Public Works of Canada. *Ship Channel River St. Lawrence between Montreal and Quebec. Sheet 20 : St. Antoine to Saint-Augustin* (1894) Archives nationales du Canada. NMC : 0010951.

La densité des points de sondage apparaissant sur ces cartes est très grande. Aucune carte marine antérieure n'avait offert une telle quantité d'informations sur la bathymétrie du Saint-Laurent. Sur ces cartes, l'espacement des points de bathymétrie va en général de 100 à 150 m. Il aurait été possible de choisir cette série de cartes pour les fins de cette étude mais cette option fut écartée pour deux raisons principales : la difficulté à obtenir 17 des 22 cartes produites à cette époque et surtout l'existence d'une autre série de relevés hydrographiques plus complets produits entre 1898 et 1905.

2.2 Le Service hydrographique du Canada (SHC)

Avant 1883, les relevés hydrographiques des eaux canadiennes étaient exclusivement effectués par l'Amirauté britannique. Celle-ci produisit par exemple, au 19^e siècle, trois séries de cartes du Saint-Laurent (entre Montréal et Québec : 1830, 1860 et 1899). L'hydrographe H. W. Bayfield fut le principal artisan des deux premières séries de cartes marines du Saint-Laurent.

Le SHC fut créé en 1883 et porta d'abord le nom de *Georgian Bay Survey*. À l'époque, on effectua en premier lieu le relevé hydrographique de la Baie Georgienne et du chenal Nord. Cette campagne hydrographique fut terminée en 1894 (Fillmore, 1983). L'appellation de *Georgian Bay*

Survey devint progressivement « *Canadian Hydrographic Survey* » et le nom Service hydrographique du Canada devint officiel en 1928.

Après avoir effectué plusieurs campagnes de levés hydrographiques à divers endroits au Canada, surtout dans les Grands Lacs, le service hydrographique fit une grande campagne dans le fleuve Saint-Laurent entre Montréal et Québec. Cette campagne faisait suite à une autre durant laquelle avait été cartographier le tronçon allant de Kingston à Montréal.

Très peu d'informations sont disponibles en ce qui concerne le contexte de production des relevés de 1898-1905 du Saint-Laurent entre Montréal et Québec. Le gouvernement canadien, par l'entremise de son unité hydrographique, fit probablement effectuer ces relevés en prévision des travaux de dragage qui devaient être faits dans le chenal maritime du Saint-Laurent. On voulait approfondir le chenal à 9.1 m et l'élargir à un minimum de 137 m. Ces travaux furent complétés en 1907.

En 1904, l'unité hydrographique du ministère des Travaux publics, Chemins de fer et des Canaux fut transférée au ministère de la Marine et des Pêcheries, et plus tard amalgamée avec le « *Hydrographic Survey of Canada* ». La même année, l'Amirauté britannique demanda au Canada d'assurer la responsabilité des relevés hydrographiques de leurs eaux territoriales.

Les travaux de chaque grande campagne de sondage se déroulèrent sur des périodes relativement longues. Pour une série entière de cartes, les sondages étaient réduits à un datum (niveau d'eau de référence) précis qui permettait de connaître uniformément la profondeur de l'eau sur tout le tronçon entre Montréal et Québec.

Le document que constitue une minute hydrographique comprend toutes les données rassemblées lors d'un sondage hydrographique. Ces informations sont principalement utilisées pour la production de cartes marines utilisées pour la navigation. Ces sources cartographiques contiennent beaucoup plus d'informations bathymétriques que les cartes marines et seront donc préférées à ces dernières dans le cadre de ce projet.

2.3 Le tronçon Montréal - Québec

Le tronçon entre Montréal et Québec est représenté par 16 feuillets (échelle 1 :6000) (échelle de 1 :12000 pour la feuille no7 couvrant le lac Saint-Pierre). La Figure 1 présente le découpage des 16 feuillets. Le Tableau 1 comprend les années de production de chaque planche cartographique. Les cartes originales de levés bathymétriques avaient été faites sur de grands rouleaux de carton. Elles furent par la suite reproduites sur des feuilles plastifiées et divisées en 52 sous-feuillets afin de réduire la taille de ceux-ci. L'ensemble des cette série de cartes (de même que les microfiches) fut prêté par le Service hydrographique du Canada (Institut Maurice-Lamontagne).

Nous n'avons pu mettre la main sur la carte du fleuve pour ce qui est des environs de Québec. Pour ce qui est du secteur allant de Cap-Rouge à Québec, nous avons utilisé un relevé hydrographique produit par l'Amirauté britannique en 1887. Cette carte de sondage comprend moins d'information bathymétrique que celles du SHC mais la densité des points de sondage (environ 1 point au 200 m) est jugée acceptable.

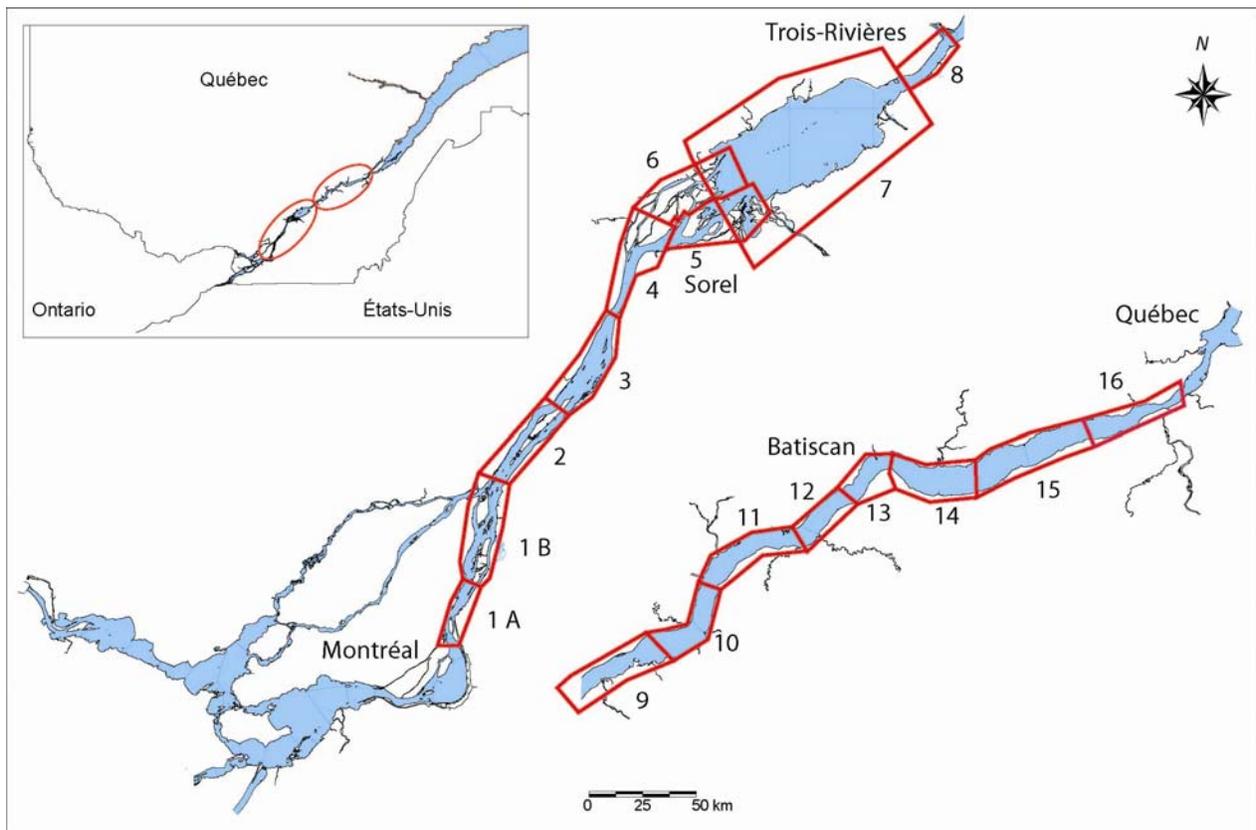


Figure 2 : Découpage des 16 cartes de levés hydrographiques de la série *River St. Lawrence* (1898-1904). (Service hydrographique du Canada).

Ces documents cartographiques sont hors normes au niveau de leur dimension. Chacune des 16 cartes fait 282 cm x 128 cm. Les cartes comportent un niveau de détail impressionnant. La densité des points de sondage apparaissant sur ces cartes est beaucoup plus grande que celle des cartes antérieures (environ 1 point au 10 m et transept à tous les 50 m). Les hydrographes de l'époque utilisaient une ligne lestée de plomb afin de sonder le fleuve. Les figures 3 et 4 donnent un aperçu de la densité d'information disponible sur ces cartes.

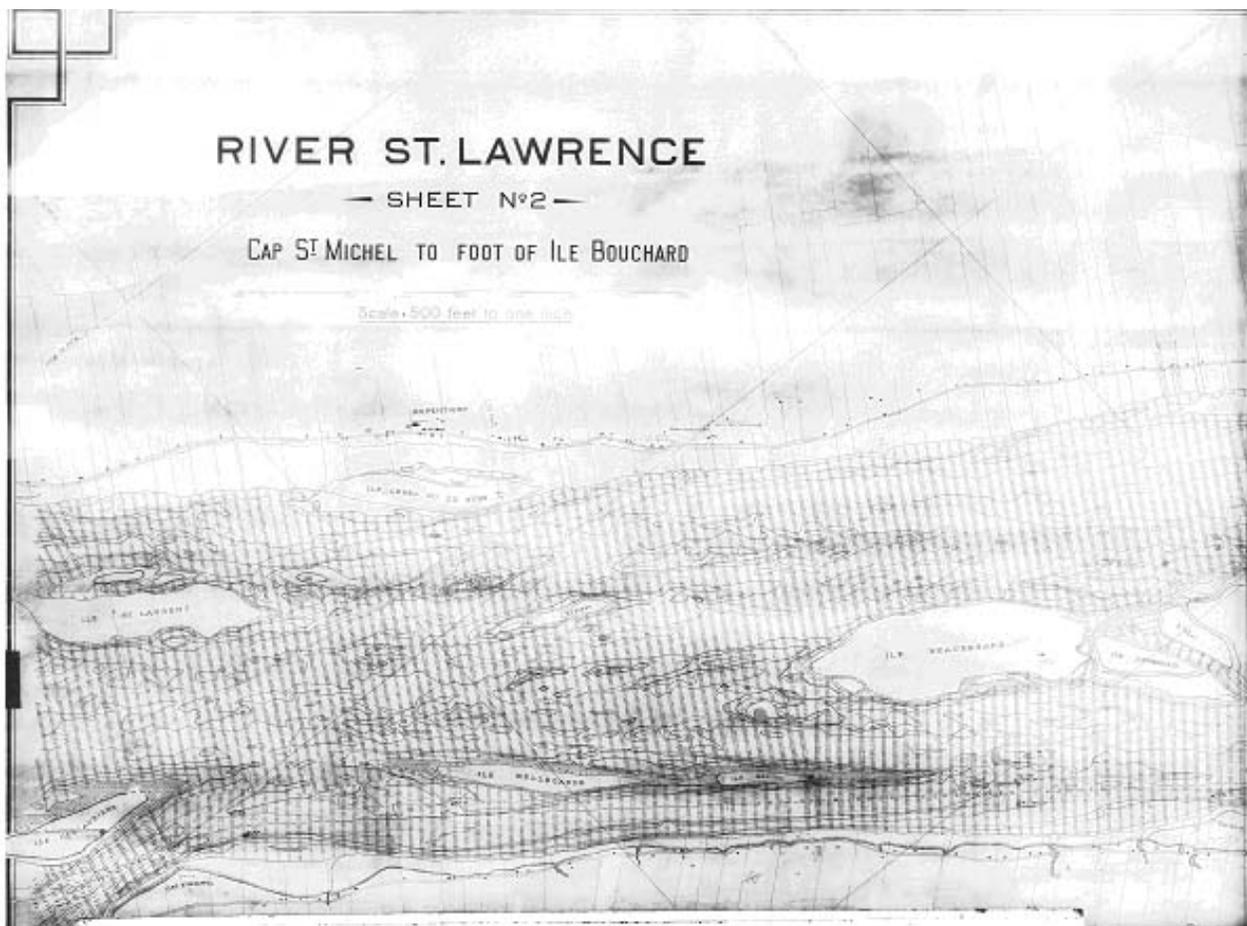


Figure 3 : Extrait d'une carte de levés hydrographiques : *River St. Lawrence*. *Sheet no 2: Cap St. Michel to foot of île Bouchard* (1898). (Service hydrographique du Canada).

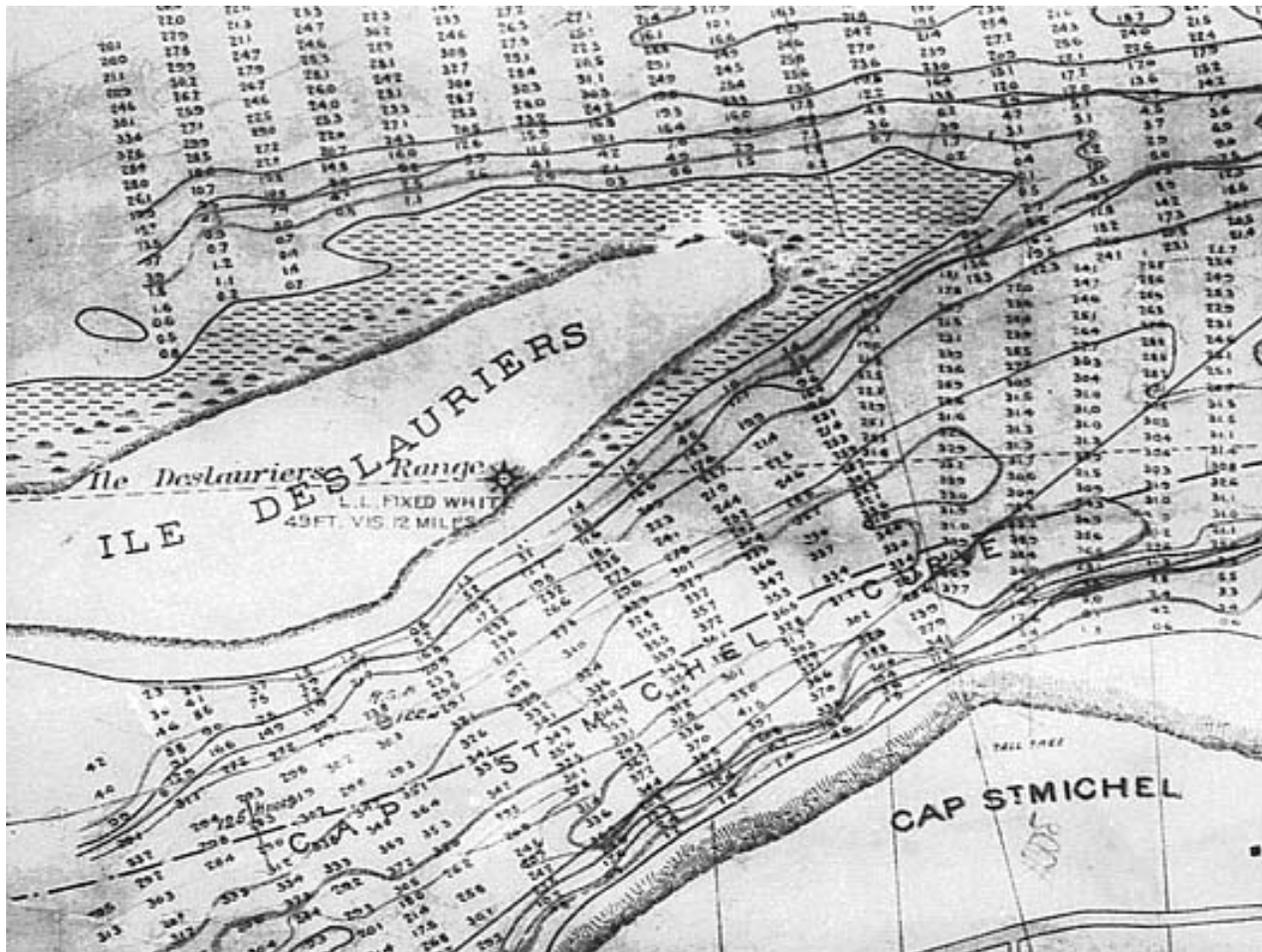


Figure 4 : Extrait de la carte de levés hydrographiques *River St. Lawrence. Sheet no 2: Cap St. Michel to foot of île Bouchard* (1898). (Service hydrographique du Canada). La zone représentée couvre le secteur du chenal de Cap Saint-Michel.

2.3.1 La production des cartes

La production de cartes aussi précises demanda assurément un énorme travail. Les levés hydrographiques étaient effectués été comme hiver par plusieurs équipes qui étaient sous la charge d'un hydrographe en chef. Les points de sondage étaient ensuite localisés par triangulation par rapport à des points de référence sur la rive. Insatisfait des données topographiques existantes sur les cartes de l'Amirauté britannique, on refit donc la cartographie des rives nord et sud du Saint-Laurent entre Montréal et Québec.

Les sondages bathymétriques présents sur ces relevés ont la particularité de couvrir l'ensemble du fleuve Saint-Laurent. Les secteurs d'eaux peu profondes furent sondés avec autant de soins que les secteurs navigables. Les campagnes de sondages ultérieures qui se déroulèrent au 20^e siècle ne couvrèrent pas tous les secteurs d'eaux peu profondes et s'attardèrent aux secteurs vitaux à la navigation : le chenal maritime, les ports et les marinas. La précision des cartes de la campagne hydrographique de 1898-1905 fait en sorte qu'il sera possible de créer un modèle numérique d'élévation très précis représentant le fleuve Saint-Laurent au début du 20^e siècle.

3 Méthodologie et traitement cartographique

Ce chapitre présente la méthodologie développée par le SMC Québec – Hydrologie afin de numériser les relevés hydrographiques anciens du SHC. On s’attarde notamment à la numérisation elle-même et au traitement cartographique, point central du présent rapport. Ce chapitre résume de plus les étapes de validation et de contrôle de qualité qui ont été effectuées à partir des données numérisées.

3.1 Matériel utilisé pour la numérisation

L’ensemble du travail de numérisation et d’interprétation des relevés hydrographiques a été réalisé à l’aide du Système d’Information Géographique (SIG) *MapInfo* 6.5 couplé à une table numérique de marque *ALTEK* dont les dimensions sont de 120 cm x 90 cm. Une enregistreuse portative a aussi été utilisée afin de faciliter le travail du cartographe. Ce dernier enregistrait la valeur des points de sondages bathymétriques au fur et à mesure qu’il les numérisait avant de l’entrer manuellement dans *MapInfo*.

3.2 Étapes préalables à la numérisation

Avant d’entreprendre la numérisation des cartes, le cadre géographique ainsi que le système de référence géodésique ont dû être ajustés avec précision. Ces étapes sont d’une importance cruciale et ont dû être réalisées avec minutie étant donné que la précision du positionnement des données en est dépendante.

3.2.1 Ajustement du cadre géographique et du système de référence géodésique

Au début des années 1900, le positionnement horizontal s’effectuait en utilisant la méthode de triangulation basée sur des points fixes sur la rive. Le système de référence géodésique des relevés hydrographiques (1898-1905) s’apparente au système de référence géodésique du Nad 1927. Ce réseau de repères géodésiques distribués sur la surface de la Terre et dont les positions sont précises (longitude, latitude) fut établi vers la fin du 19^e siècle, normalisé en 1927 et nommé *North American Datum* (1927).

L'ajustement du cadre géographique de chacune des cartes a été réalisé en positionnant plusieurs points de contrôle - 8 à 10 en moyenne par carte - sur divers éléments cartographiques qui étaient à la fois présents sur les relevés hydrographiques et sur les cartes topographiques numériques actuelles. Ces éléments sont résistants à l'érosion : églises, routes, intersections, ponts, bâtiments municipaux, lumières utilisées pour la navigation, phares, *etc.*

Les coordonnées de ces éléments cartographiques connus ont été notées sur les cartes topographiques puis attribuées aux points de contrôle des cartes anciennes. Ainsi, le SIG procède par aérotriangulation afin de positionner les cartes. Cette technique consiste à corriger linéairement la déformation entre les points de contrôle. Afin que les données soient compatibles avec le modèle numérique de terrain (MNT) actuel du SMC Québec – Hydrologie, le système de référence géodésique qui a été retenue est le Nad 83 et la projection géographique retenue est Mercator Transverse Modifiée (MTM).

3.3 La numérisation

La numérisation consiste à transformer des éléments analogiques – des relevés hydrographiques dans ce cas-ci – en éléments numériques. Les éléments numérisés peuvent être ponctuels ou linéaires.

3.3.1 Éléments linéaires

Différents éléments linéaires ont été numérisés à partir des relevés hydrographiques anciens. En premier lieu, le zéro des cartes indique la limite des plus basses eaux de 1897. Cette limite continue est présente sur toutes les cartes. Le zéro des cartes constitue l'élévation locale du Niveau Moyen des Mers (NMM) auquel les sondages se réfèrent. En plus d'indiquer approximativement la position de la rive, le zéro des cartes sert aussi de référence aux points de bathymétrie tel que décrits ci bas. Deux autres types d'éléments linéaires ont été numérisés soit les hauts talus et les bas talus. Contrairement au zéro des cartes, les hauts et bas talus ne sont pas continus, ils ne sont présents qu'aux endroits où la topographie est accidentée i.e. aux endroits escarpés. Nous ne connaissons pas la précision du positionnement ni celle de l'échelle de ces talus car on ne retrouve aucune allusion à ces éléments sur les cartes elles-mêmes.

3.3.2 Éléments ponctuels

L'objectif principal de ce travail était de numériser les points de bathymétrie. Chaque point indique une profondeur exprimée en pieds sous le zéro des cartes. Sur les cartes originales, on retrouve un point à chaque 10 m du nord au sud et un transect au 50 m d'ouest en est (2000 points au km²). Afin d'accélérer la travail, nous avons convenu de numériser en moyenne un point sur quatre sauf pour ce qui est du secteur du chenal maritime où tous les points ont été numérisés. Cette information permettra d'améliorer nos connaissances du chenal maritime de l'époque et permettra de situer très précisément les sections qui furent draguées. En plus des points de bathymétrie, quelques centaines de points de topographie ont aussi été numérisés. Ces points sont exprimés en pieds au dessus du zéro des cartes. Ces points se retrouvaient principalement entre Cap-de-la-Madelaine et Batiscan, région où la limite du zéro des cartes de 1897 est très éloigné de la rive et où l'on retrouve quelques bancs de sable exondés lors des conditions d'eau basse. Enfin, le dernier élément ponctuel qui a été numérisé correspond aux zones de marais, celles-ci étant principalement situées dans le secteur des îles de Sorel et au lac Saint-Pierre.

3.3.3 Quantification des levés

Au total, plus de 178 000 points ont été numérisés à partir des 17 cartes de relevés hydrographiques. Le Tableau 1 présente le nombre de points numérisés selon chaque carte, le titre, le numéro de feuillet ainsi que l'année d'édition de chaque carte.

Tableau 1 : Nombre de points de bathymétrie numérisés par feuillet.

Titre	Feuillets	Années	Nombre de points numérisés
Montréal to Longue Pointe	1A	1898	4122
Longue Pointe to Cap St Michel	1B	1898	15 198
Cap St Michel to Foot of Île Bouchard	2	1898	9632
Foot of Île Bouchard to Lanoraie	3	1898	12 970
Lanoraie to Sorel	4	1899	7239
Sainte Anne de Sorel To Lake St. Peter	5	1899	11 661
Berthier Islands	6	1899	15 991
Lake St Peter	7	1899-1900	37 552
Pointe du Lac to Three-Rivers	8	1901	4501
Three-Rivers to Gentilly River	9	1902	9723

Gentilly River to St. Pierre les Becquets	10	1902	11 268
St. Pierre les Becquets to Grondine	11	1902	9592
Cap Charles to Lotbinière	12	1903	6474
Lotbinière to Pointe Platon	13	1903	3241
Pointe Platon to Les Écureuils	14	1903-1904	3619
Les Écureuils to St. Augustin	15	1903-1904	7757
St. Augustin to Québec	16	1904-1905	5342
Québec Harbour		1887	2746
		Total	178 628

3.4 Erreurs potentielles et niveau de précision

Les erreurs pouvant se retrouver sur les relevés hydrographiques anciens sont principalement liées au positionnement horizontal ou aux mesures de profondeur.

Les erreurs associées aux mesures de profondeur peuvent être de plusieurs natures. Ces erreurs s'expliquent surtout par les méthodes utilisées lorsque ont été faits les relevés hydrographiques du fleuve au 19^e siècle. Afin de sonder la bathymétrie du Saint-Laurent, les premiers hydrographes, H. W. Bayfield par exemple, utilisaient une ligne lestée de plomb. La précision d'un tel type d'instrument pouvait sans aucun doute être modifiée par divers facteurs : le type de fond, l'effet des courants ou encore par une mauvaise lecture provoquée par les vagues. Les données de sondage des cartes anciennes ont été corrigées et reportées sur les cartes avec une précision d'un pied (0.3 m). Généralement, la précision des notes de terrain correspond à la précision des méthodes de sondage (Morin *et al.*, 2000).

Lors de la numérisation des données de bathymétrie, certaines erreurs ont pu s'ajouter. La mauvaise qualité d'impression des cartes anciennes rend parfois le travail du cartographe fastidieux et des erreurs de lecture peuvent donc se produire. L'utilisation d'une enregistreuse portative lors de la numérisation des données de bathymétrie requiert une concentration de tous les instants de la part du cartographe. Des erreurs d'inattention peuvent créer certains décalages dans une série de données. Finalement, des erreurs de frapes sont aussi possibles.

Les erreurs de positionnement horizontal peuvent être attribuées à deux facteurs, soit à la méthode de positionnement utilisée au début des années 1900 ou aux déformations créées par le logiciel utilisé lors de la numérisation. Au début des années 1900, le positionnement horizontal s'effectuait en utilisant la méthode de triangulation basée sur des points fixes sur la rive. La

précision du positionnement varie avec la distance et l'angle par rapport à ces points fixes (Morin *et al.*, 2000).

Avant d'effectuer la numérisation, les cartes anciennes ont été positionnées dans l'espace en utilisant l'aérotriangulation tel que décrit à la section 3.2.1 du présent rapport. L'aérotriangulation sert à créer des déformations entre les points de contrôle. Généralement, l'erreur de positionnement horizontal ne dépasse pas 20 m.

3.4.1 Validation et correction des erreurs

Lorsque l'étape de la numérisation fut complétée, une validation systématique du positionnement ainsi que des données de bathymétrie a été effectuée pour chaque feuillet afin d'éliminer les erreurs possibles et apparentes.

La validation du positionnement s'est effectuée de deux façons. En premier lieu, nous avons mesuré le décalage entre les feuillets en comparant la ligne du zéro des cartes au début et à la fin de chaque feuillet successif. Généralement, l'erreur notée était de moins de 20 m. De plus, les données anciennes ont été superposées au MNT actuel afin de déceler les décalages. Cette technique s'est avérée plutôt fastidieuse car plusieurs changements sont survenus dans le lit du fleuve durant les 100 dernières années. Donc, lorsqu'une différence était notée entre les deux modèles, il était difficile d'affirmer si celle-ci était due à une erreur de positionnement ou simplement aux modifications dans la topographie. Plusieurs vérifications ont néanmoins été effectuées à des endroits réputés pour ne pas avoir subi de changement d'origine naturelle ou anthropique au cours du dernier siècle. Le décalage observé lors de ces vérifications était généralement inférieur à 20 m, ce que nous avons jugé acceptable.

Le feuillet *BerthierIslands* présentait un décalage de positionnement largement supérieur à 20 m, soit environ 160 m. Le décalage observé pour ce feuillet était probablement dû au fait que cette région, principalement composée d'îles, ne présentait que très peu de points de contrôle fiables. Une déformation a donc été appliquée à la ligne du zéro des cartes ainsi qu'aux données de bathymétrie afin de les repositionner correctement. Cette déformation a été effectuée à l'aide du logiciel *Adobe Illustrator*. En effet, les données à corriger ont été exportées sous forme de vecteurs (fichier *EPS*) vers *Adobe Illustrator* où une déformation a été appliquée en utilisant la ligne de rive actuelle comme référence au positionnement. Le fichier *EPS* a ensuite été importé

dans le logiciel *Excel* afin de convertir les coordonnées de page en coordonnées cartographiques (MTM Nad 83). Enfin, la dernière étape consista à réintroduire les données dans le SIG. Cette technique a permis de réduire l'erreur de positionnement à moins de 20 m.

La validation des données de bathymétrie s'est effectuée à l'aide du logiciel *Vertical Mapper*. Ce logiciel permet d'effectuer une interpolation linéaire entre chaque point du modèle et ainsi repérer visuellement les erreurs grossières ou les décalages dans les données. Lorsqu'une erreur était suspectée, la carte originale était consultée afin de vérifier l'exactitude de la donnée. Ainsi, plusieurs erreurs de lecture, de décalage dans les données ou de frappe ont été corrigées. La Figure 5 présente un exemple d'erreur qui a été corrigée grâce à cette technique.

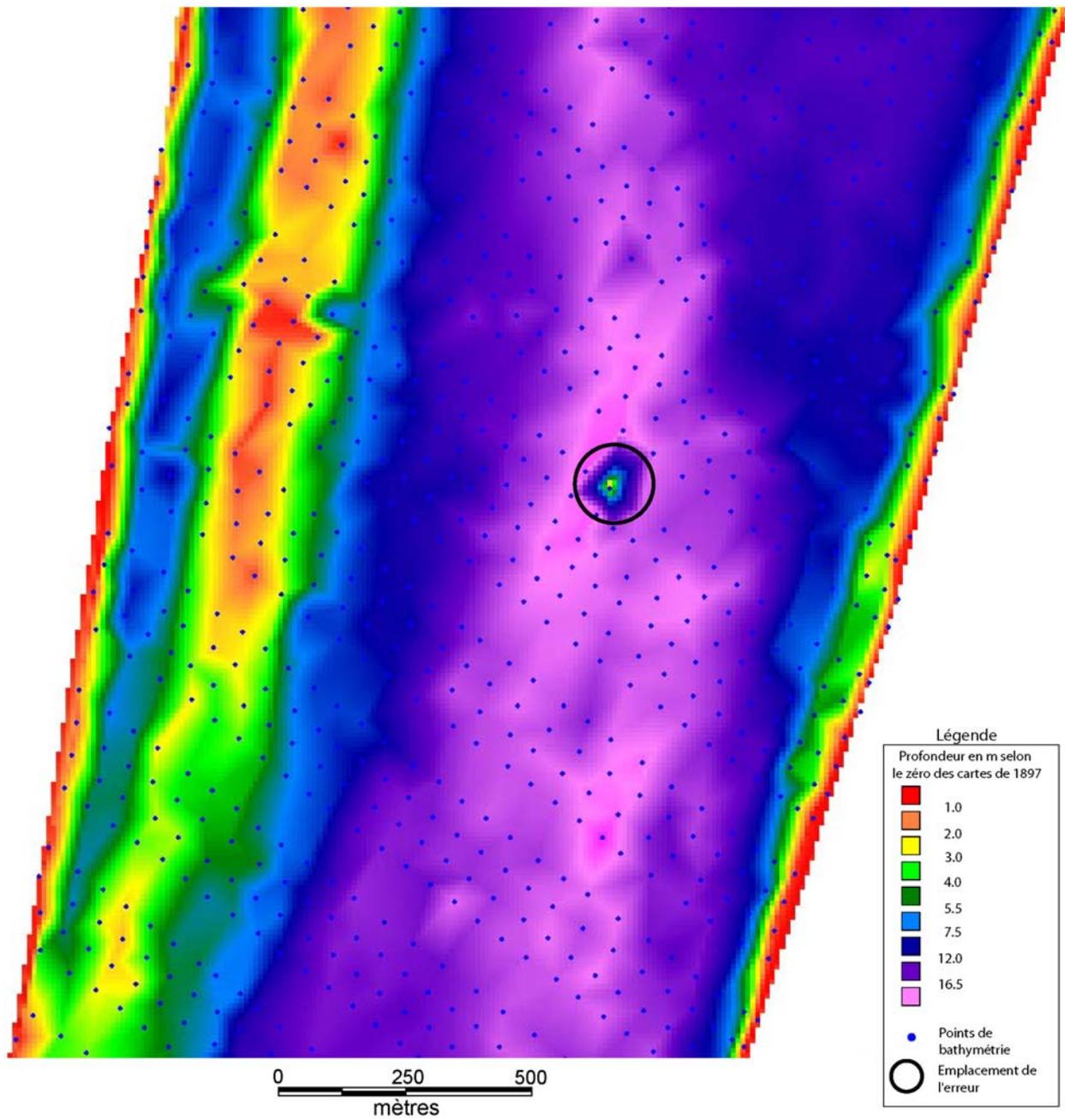


Figure 5 : Exemple d'erreur repérée et corrigée lors de la validation des données.

4 Assemblage du modèle numérique d'élévation ancien du fleuve Saint-Laurent

Ce chapitre présente une ébauche du modèle numérique d'élévation ancien réalisé suite aux travaux de numérisation des relevés hydrographiques. Les éléments numériques des 52 sous-feuillets (points de bathymétrie, zéro des cartes, haut talus et bas talus) ont été assemblés dans quatre tronçons et sont entreposés dans des fichiers numériques. Il est à noter que la valeur originale des points de bathymétrie, en pieds sur les relevés, a été transformée en mètre. Les tronçons créés suivent le découpage suivant :

- Montréal - Sorel
- Sorel - Pointe-du-Lac
- Pointe-du-Lac – Lotbinière
- Lotbinière – Québec

Les figures 6 à 9 donnent un aperçu des caractéristiques bathymétriques de chaque tronçon. Les points de bathymétrie ont été utilisés afin de produire une interpolation linéaire des données à l'aide du logiciel *Vertical Mapper* et ainsi produire ces figures en deux dimensions.

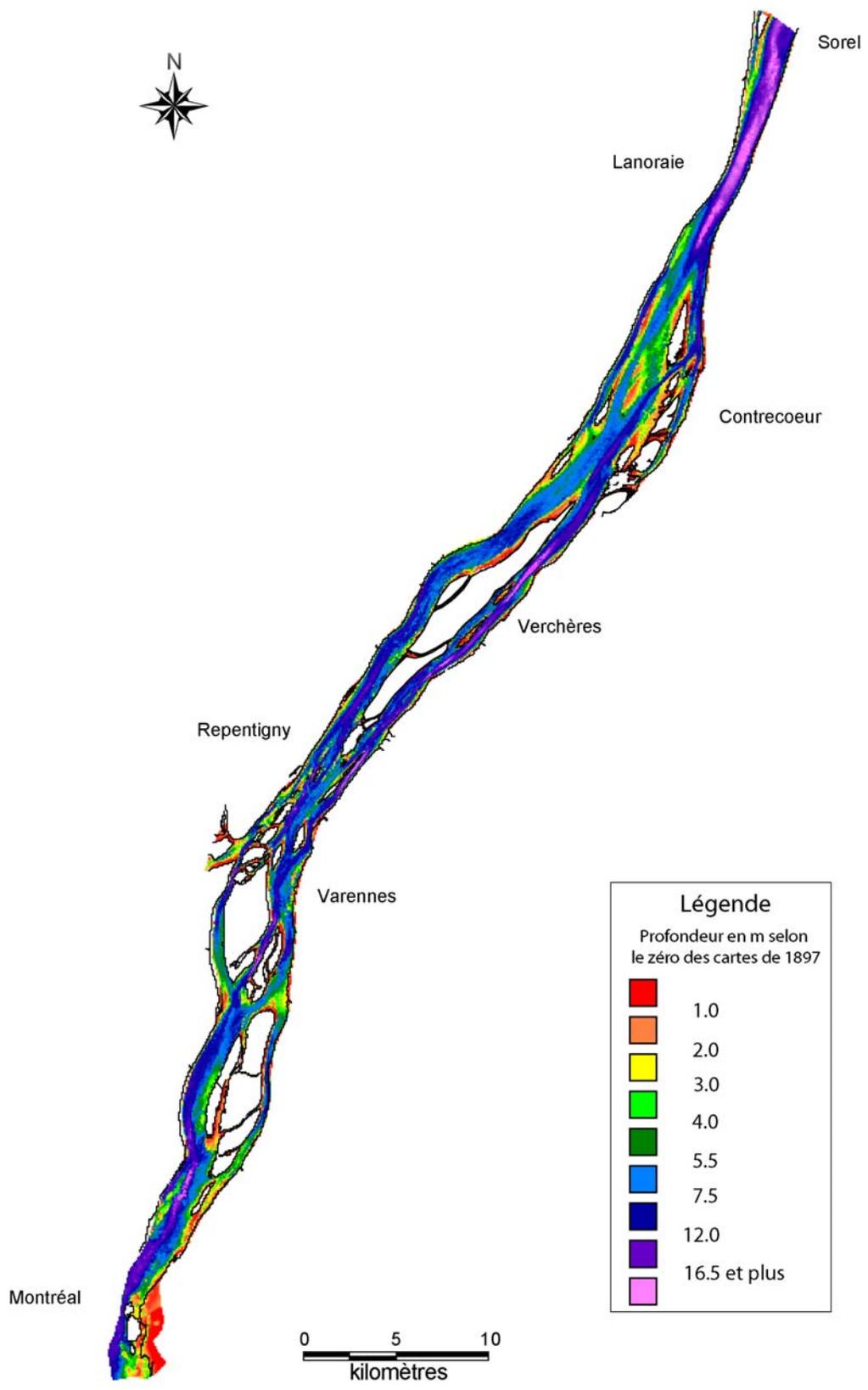


Figure 6 : Tronçon Montréal – Sorel.

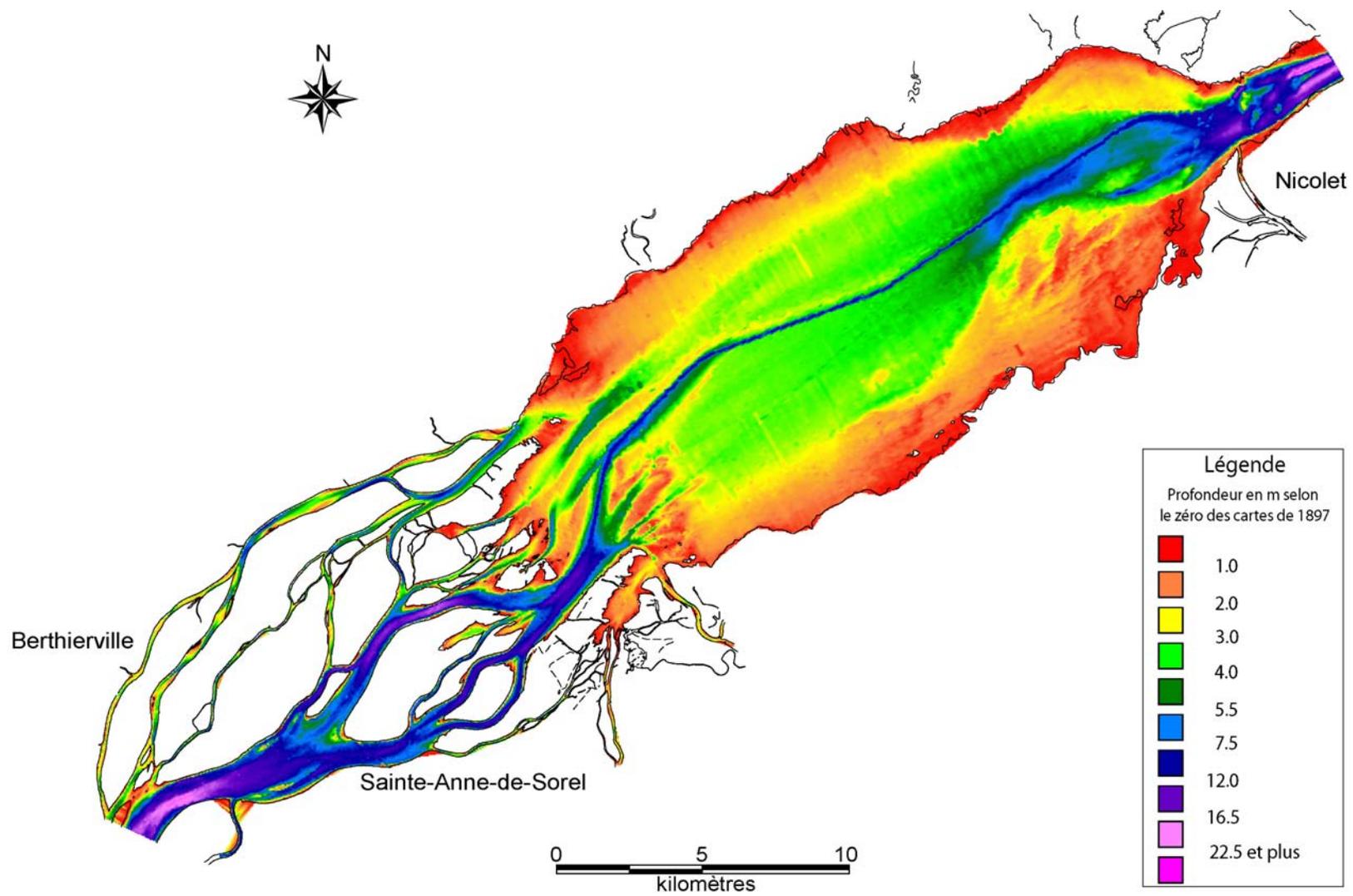


Figure 7 : Tronçon Sorel – Pointe-du-Lac.

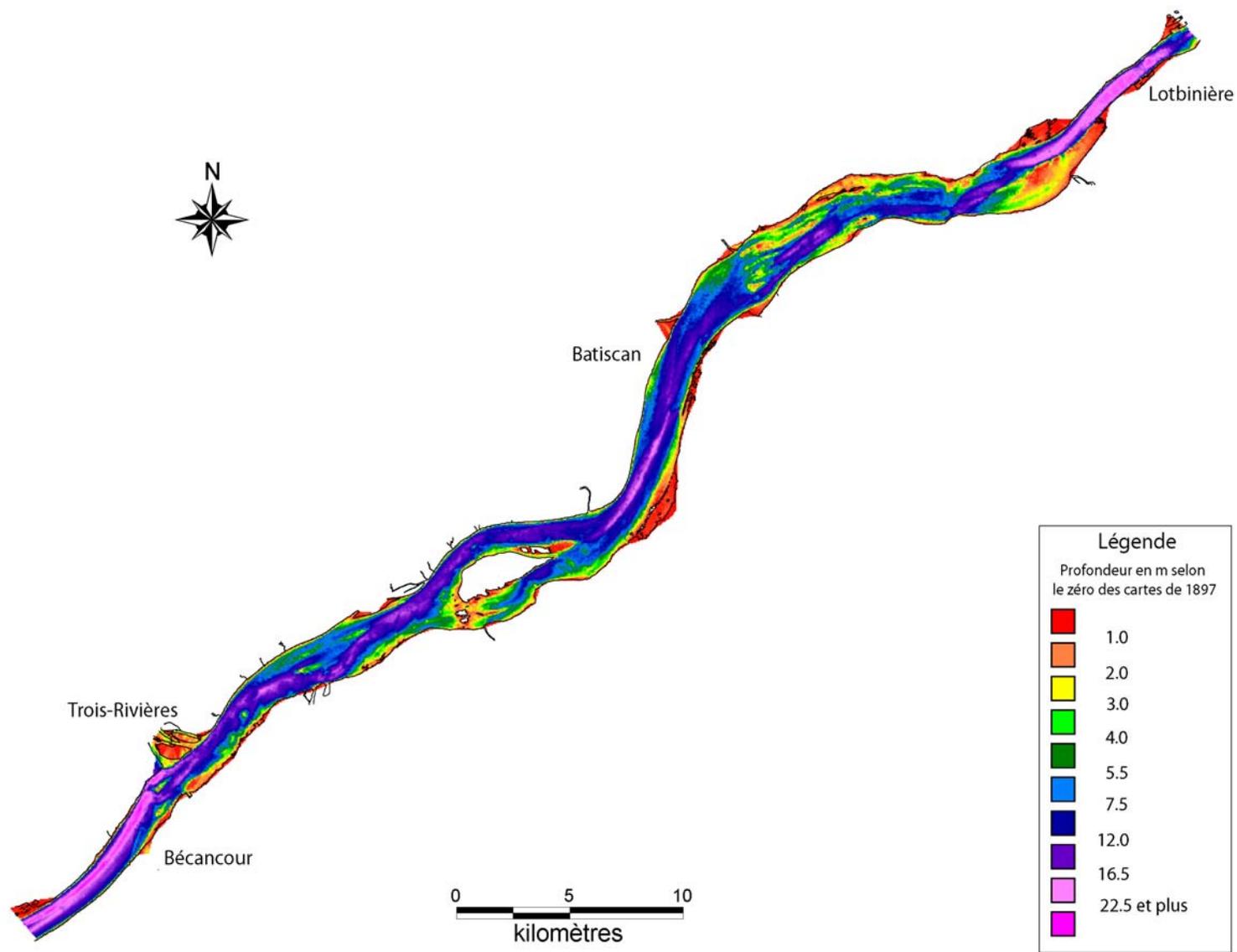


Figure 8 : Tronçon Pointe-du-Lac – Lotbinière

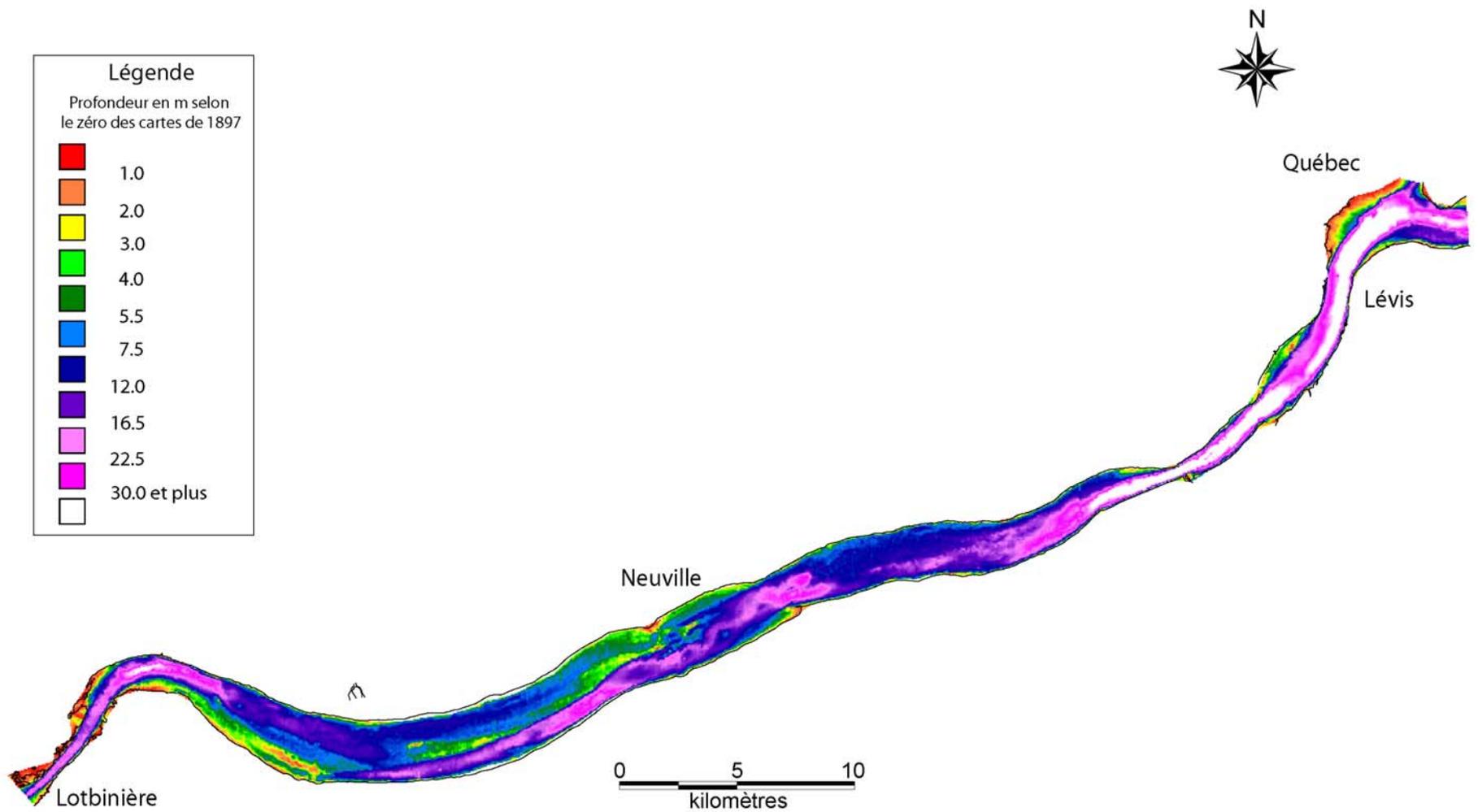


Figure 9 : Tronçon Lotbinière – Québec.

Conclusion

Ce rapport a permis de présenter un compte-rendu des travaux accomplis par le SMC Québec – Hydrologie à partir de la série de relevés hydrographiques datant du début des années 1900 prêtés par le Service hydrographique du Canada (Institut Maurice-Lamontagne). Les relevés ont été numérisés et un modèle numérique d'élévation représentant l'état du Saint-Laurent vers 1900 a été assemblé.

Le modèle numérique d'élévation ancien de 1900 permettra ultérieurement de reproduire l'état naturel du fleuve Saint-Laurent, soit avant que n'aient lieu les premiers travaux de dragage en 1844. Ce modèle sera réalisé principalement à partir des relevés hydrographiques de 1898-1905, lesquels seront modifiés de façon à effacer la trace des dragages et dépôts de dragage effectués entre 1844 et 1900.

Les modèles numériques d'élévation du Saint-Laurent (pré-1844, 1900 et actuel) seront utilisés afin de produire des simulations bidimensionnelles de l'hydrodynamique du fleuve selon diverses conditions hydrologiques. L'objectif ultime de ce projet de recherche à caractère historique est de connaître précisément l'évolution naturelle du fleuve Saint-Laurent et de produire des descripteurs quantitatifs qui permettront de connaître l'impact cumulatif des interventions humaines sur l'écosystème fluvial.

Références bibliographiques

FILLMORE, S. (1983). L'hydrographie au Canada (1883-1983) : l'histoire de l'hydrographie au Canada. Toronto, N.C. Press. 254 pages.

LAPOINTE, M. F. (1994). « L'évolution du lit du Saint-Laurent dans le secteur de Contrecoeur (Québec) depuis un siècle », *Géographie physique et Quaternaire*, 1994, vol. 48, no° 1, p. 39-50.

MORIN, J. & M. LECLERC (1998). « From Pristine to present state: hydrology evolution of Lake Saint-François, St. Lawrence River », *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 25, pp: 864-879.

MORIN, J., BOUDREAU, P., SECRETAN, Y. & M. LECLERC (2000). « Pristine Lake Saint-François, St. Lawrence River: Hydrodynamic Simulation and Cumulative Impact », *Journal of Great Lakes Research*, Vol. 26, no° 4, pp. 384-401.