

FC
2759
.E2
V47
1990

CSL:02:10

SC 4001
V47 d.

3606838 I

**DÉLIMITATION DES PRINCIPALES MASSES
D'EAU DU SAINT-LAURENT**

(BEAUHARNOIS à QUÉBEC)

Dr Jean-Louis Verrette
Les Consultants Hydriques Inc.

Rédigé pour
la Direction de la connaissance de l'état de l'environnement
Centre Saint-Laurent
Conservation et Protection - région du Québec
Environnement Canada

Délégué scientifique : Alain Lamarche



Octobre 1990

Table des matières

Table des matières

Liste des figures

- 1 Introduction
- 2 Comportement des eaux du fleuve
- 3 Méthodologie utilisée
- 4 Présentation des résultats
- 5 Conclusion

Figures

Références

Liste des figures

- 1 - Comportement des affluents à leur arrivée dans le Saint-Laurent.
- 2 - Distribution transversale des chlorures à la hauteur de Lanoraie.
- 3 - Distribution transversale de la conductivité à la hauteur de Sorel.
- 4 - Distribution transversale de la dureté totale à la hauteur de Gentilly.
- 5 - Distribution transversale de la conductivité à la hauteur de Gentilly.
- 6 - Délimitation des différentes masses d'eau. Beauharnois-Repentigny. Échelle approximative 1 cm = 9.1 km.
- 7 - Délimitation des différentes masses d'eau. Repentigny-Québec. Échelle approximative 1 cm = 8.7 km.
- 8 - Délimitation des différentes masses d'eau. Beauharnois-Repentigny. Échelle 1/20,000 (présenté hors rapport).
- 9 - Délimitation des différentes masses d'eau. Repentigny-Québec. Échelle 1/36,000 (présenté hors rapport).

I - Introduction

Il est maintenant reconnu que les eaux du fleuve Saint-Laurent sont constituées de plusieurs masses d'eau de qualité différentes qui se côtoient sur de longues distances avant d'atteindre un degré important de mélange. Le phénomène est principalement causé par la présence d'affluents importants qui rejoignent le fleuve le long de son parcours. Ces affluents ont généralement des caractéristiques et des eaux de qualité distinctes qui conservent longtemps leurs identités en descendant le Saint-Laurent.

Sur un tronçon important du fleuve, particulièrement entre Beauharnois et Québec, il est courant d'observer le long d'une section transversale un changement important de la qualité de l'eau et des sédiments de fond causé par la présence de masses d'eau contiguës de qualité et d'origine différentes.

La connaissance de ce phénomène est essentielle dans l'étude de plusieurs problèmes reliés à l'hydraulique et à la qualité des eaux du fleuve comme par exemple, dans l'interprétation d'analyses d'échantillons d'eau ou de sédiments de fond dont le nombre est souvent très limité par rapport à la dimension du fleuve. La tentation est souvent grande de généraliser les résultats obtenus sur toute l'étendue des eaux du fleuve comme si les caractéristiques étaient uniformes sur l'ensemble de la masse d'eau ou sur toute la largeur du fleuve, ce qui n'est évidemment pas le cas. Plusieurs autres problèmes doivent également être étudiés en tenant compte de la position respective des différentes masses d'eau. Citons notamment:

- l'interprétation des résultats
- l'implantation de prises d'eau
- les rejets d'eaux usées
- l'utilisation de plage
- la protection des frayères
- etc.

Étant donné le rôle important que cette connaissance de base encore peu et mal connue joue sur l'aménagement et la gestion des eaux du fleuve, le Centre Saint-Laurent nous a mandaté pour définir la position de ces différentes masses d'eau en préparant notamment:

- l'inventaire des données ou études disponibles pouvant aider à définir ces masses d'eau.
- un plan donnant la position des principales masses d'eau qui composent les eaux du fleuve.

La région couverte par l'étude s'étend de Beauharnois jusqu'à l'amont de Québec. La région de Montréal est couverte par un plan à l'échelle 1/20,000 alors que l'autre partie est représentée à l'échelle 1/36,000.

En aval de la rivière Jacques-Cartier, les données disponibles ne sont pas assez nombreuses pour qu'on puisse porter un jugement valable sur les différentes zones de mélange. Mentionnons également que cette région coïncide avec celle où la marée provoque un renversement important des courants, ce qui a pour conséquence de nécessiter plus de données pour faire une meilleure interprétation des résultats.

II- Comportement des eaux du fleuve

Rappelons que le fleuve est un immense cours d'eau qui présentent plusieurs régimes hydrauliques le long de son parcours entre Beauharnois et Québec. On observe particulièrement des secteurs de type rapide, fluvial ou semi-lacustre et des régions soumises à l'influence de la marée avec ou sans renversement de courant.

Le Saint-Laurent fait partie des plus grands fleuves au monde. Son débit moyen est de l'ordre de $8 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ aux Rapides de Lachine avec des extrêmes variant de 6 à $11 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$. A la hauteur de Québec, le débit instantané peut atteindre $75 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ à marée baissante.

La largeur du fleuve est également très importante. Elle est de l'ordre de 3 à 4 km en moyenne mais elle atteint près de 14 km à la hauteur du lac Saint-Pierre. D'autre part, considérée en valeur absolue, la profondeur de l'eau est également très importante. Elle peut atteindre environ 70 m comme à la hauteur de Québec. Par contre, exprimée en valeur relative par rapport à la largeur, la

profondeur est très faible. Par exemple, à la hauteur du Lac Saint-Pierre, le rapport largeur-profondeur (inverse à la profondeur relative) peut atteindre 2500.

Lorsque les affluents atteignent le fleuve, bien que la vitesse de ces derniers peut être grande, la force d'impact des affluents est très faible par rapport à l'inertie du fleuve. Ainsi, dès leur arrivée dans le Saint-Laurent, les affluents sont rabattus sur la rive en direction aval. Immédiatement en aval de la rencontre, on observe alors (figure.1) deux masses d'eau contiguës de qualité généralement très différente et qui présentent une ligne de démarcation très marquée.

Les deux masses coulent par la suite côte à côte sur de longues distances avant que toutes les eaux de l'affluent soient mélangées, au moins de façon partielle, aux eaux du fleuve.

Même si les capacités de mélange et de diffusion des eaux du fleuve sont très élevées, le mélange des affluents nécessite de très longues distances étant donné en particulier, la valeur très élevée du rapport largeur-profondeur (B/H) tel que souligné précédemment.

Les positions occupées par les différentes masses d'eau sont évidemment influencées par plusieurs facteurs, particulièrement le débit du fleuve, celui des affluents, la bathymétrie et la turbulence du Saint-Laurent. Étant donné que ces derniers facteurs varient en fonction du temps et de l'espace, il en va de même de la position des différentes masses d'eau. Les démarcations entre les différentes masses sont donc très dynamiques et varient elles aussi par rapport au temps et à l'espace en fonction des principaux paramètres énumérés précédemment.

III- Méthodologie utilisée

Les dimensions du fleuve, son débit et celui de ses principaux affluents sont très importants et il serait très coûteux d'utiliser des traceurs artificiels pour localiser les différentes masses d'eau. Jusqu'à maintenant, ils ont été très rarement utilisés dans le fleuve sauf sur des distances relativement petites et pour l'étude de rejets ponctuels. Il est évidemment plus pratique et économique de

rechercher la présence d'un traceur naturel dans les différents cours d'eau impliqués.

Un traceur naturel doit répondre à certains critères dont les principaux sont les suivants:

- chimiquement stable
- valeur constante en fonction du temps
- "conservatif"
- écart important entre les masses d'eau en présence
- facile et économique à mesurer
- mesurable en continu directement sur le terrain

Il est évidemment difficile de trouver un traceur parfait, mais plusieurs se sont avérés très efficaces dans le cas du fleuve. Les traceurs utilisés sont généralement des paramètres physico-chimiques ou chimiques faciles à mesurer, propres au cours d'eau en présence et qui répondent aux critères énumérés précédemment.

Les principaux paramètres qui ont été utilisés dans cette étude ont été choisis en fonction des données disponibles obtenues dans les références consultées. Ce sont principalement la conductivité électrique de l'eau, la dureté totale et la fluorescence naturelle.

Pour certain cas où ces trois paramètres ont été simultanément utilisés, les trois paramètres ont conduit à des résultats identiques.

La conductivité de l'eau semble le facteur le plus facile à mesurer et le plus couramment mesuré lors des campagnes de mesures sur le terrain. Rappelons que tout autre paramètre pourrait être utilisé comme traceur si les principaux critères pour le choix des traceurs étaient respectés.

IV - Présentation des résultats

Parmi les études inventoriées, peu avaient spécifiquement pour objectif la délimitation des différentes masses d'eau du fleuve. Par contre, les résultats de plusieurs études avec des objectifs très variés ont pu être utilisés lorsque les paramètres mesurés étaient assez

nombreux, qu'ils répondaient aux critères de base et couvraient une région importante.

Règle générale, les mesures correspondent à des cas particuliers et couvrent un territoire très restreint. On a cependant trouvé suffisamment de données pour couvrir l'ensemble de la partie fluviale du fleuve. La liste des références utilisées apparaît en annexe.

Comme il a été mentionné plus tôt dans le texte, la position des masses d'eau est dynamique et varie en fonction d'un certain nombre de paramètres.

Évidemment les références utilisées pour compiler la carte de base ne correspondent pas toutes à des mesures prises dans les mêmes conditions hydrodynamiques. Cependant, pour des raisons évidentes, très peu de mesures ont été effectuées pendant la période de crue et les références consultées réfèrent dans la plupart des cas à des conditions hydrodynamiques moyennes. Pour deux secteurs de faible étendue, à la hauteur de Gentilly et à l'aval de l'Ile Perrot, il existe des données pour des écarts de débit importants pour lesquels les masses d'eau occupent des positions différentes. Dans ces deux cas, la position médiane des masses d'eau en fonction des débits a été retenue afin de présenter des résultats cohérents avec l'ensemble des autres données qui reflètent un comportement pour un débit du Saint-Laurent que l'on peut qualifier de moyen.

Les données analysées indiquent que dans le lac Saint-François en amont de Beauharnois, la qualité des eaux du fleuve est sensiblement uniforme sur toute la largeur et la profondeur de l'écoulement.

Les données ont également mis en évidence le fait que chaque affluent présente une qualité d'eau sensiblement uniforme en amont de son embouchure avec le fleuve. Heureusement plusieurs caractéristiques présentent des écarts importants entre les différents cours d'eau, ce qui nous a permis d'établir la position des différentes masses d'eau.

Les résultats ont permis de mettre en évidence les régions occupées par les eaux intactes du fleuve en provenance des Grands Lacs, les

régions occupées par les eaux des principaux affluents et les zones de mélange entre les eaux des Grands Lacs et celles des affluents. Dans ces dernières zones, le degré (ou pourcentage) de mélange n'est évidemment pas uniforme dans ces régions. Il est au voisinage de zéro près des lignes de démarcation avec une valeur maximale aux environs de la partie centrale de la zone de mélange.

La précision des résultats obtenus est fonction de plusieurs paramètres dont notamment la précision des données, la position et le nombre de points de mesure. Aussi, comme dans la plupart des études sur la diffusion, nous avons assumé que les eaux étaient intactes lorsque le mélange était inférieur à environ 5%.

L'interpolation entre les différents points de mesure a été faite en prenant en considération différents aspects telles la bathymétrie, les lignes de courant, des photographies aériennes, etc.

A titre d'exemple, les figures 2 à 5 rapportent des données brutes extraites de références consultées et qui ont servi à définir les principales masses d'eau du fleuve. Dans les deux premiers cas, les figures 2 et 3 représentent des enregistrements pris en continu dans 2 sections différentes du fleuve (dates différentes). La figure 2 représente la distribution transversale des chlorures à la hauteur de Lanoraie alors que la figure 3 représente la distribution transversale de la conductivité dans une section située en aval de Sorel. Dans les 2 cas, on observe une variation importante du paramètre correspondant au changement entre les eaux de l'Outaouais et celles du fleuve.

On peut également noter que près de la rive gauche, le mélange est beaucoup plus graduel à la hauteur de Sorel que celui observé à la hauteur de Lanoraie situé plus en amont.

Les figures 4 et 5 rapportent des mesures ponctuelles prises dans une section transversale à la hauteur de Gentilly à différentes profondeurs. La figure 4 correspond à la distribution des carbonates alors que la figure 5 correspond à celle de la conductivité. Dans les deux cas, on observe une zone centrale où les eaux en provenance des Grands Lacs ne sont pas encore affectées par le mélange des affluents.

Les figures 8 et 9 (présentées hors rapport) présentent à grande échelle la synthèse des résultats. L'échelle 1/20,000 a été utilisée pour la région de Beauharnois à Repentigny et l'échelle 1/36,000 pour la région de Repentigny à Québec. Les figures 6 et 7 donnent les mêmes informations à une échelle beaucoup plus petite d'environ 1 cm = 80 km.

V - Conclusion

Les résultats présentés proviennent du regroupement et de la synthèse de mesures prises dans le fleuve depuis plus de 20 ans. A l'aval de la confluence de chaque affluent, le régime d'écoulement se rétablit très rapidement et l'influence de chaque affluent est vite dissipée vue sous l'aspect hydrodynamique. Il n'en est pas ainsi de la qualité de l'eau. En effet, le Saint-Laurent ne présente pas une masse d'eau de qualité homogène mais, il est formé de masses d'eau contiguës ayant des caractéristiques bien distinctes en provenance des affluents qui ne se mélangent que très lentement entre eux.

Nous avons délimité des zones où les eaux en provenance des Grands Lacs et des affluents n'ont pas encore été affectées (mélangées) par les masses d'eau contiguës de même que les zones où il y a mélange entre ces différentes masses d'eau.

Ces régions peuvent servir d'indicateurs très précieux pour délimiter les zones d'influence des affluents et les eaux usées qu'ils contiennent. C'est un instrument de travail et d'interprétation qui pourra être avantageusement utilisé d'une façon particulière pour le suivi de l'effort de dépollution des eaux par exemple et pour l'utilisation et la gestion de l'eau en général.

Liste de références

Aspects quantitatifs, dynamiques et qualitatifs des sédiments du Saint-Laurent.

Verrette J.-Ls. Frenette M., Barbeau C., (Hydrotech 1989).

Étude de la qualité de l'eau par analyse continue.

Fleuve Saint-Laurent, Cornwall-Montmagny.

Environmental Research. Division of Korab Marine Ltd 1974.

Suivi environnemental. Déversement des eaux usées prétraitées à l'émissaire de l'Ile-aux-Vaches.

Commission de surveillance de l'émissaire de l'Ile-aux-Vaches.

Aquatech 1986.

Aspects physiques et sédimentologiques du fleuve Saint-Laurent entre Cornwall et Varennes.

Centreau 1973.

Aspects physiques et sédimentologiques du fleuve Saint-Laurent entre Varennes et Montmagny.

Centreau 1974.

Centrale nucléaire de Gentilly. Localisation de la prise d'eau. Étude des aspects hydro-sédimentologiques du Saint-Laurent.

Présenté à Hydro-Québec.

Verrette J.-Ls, et Frenette M., (Hydrotech, Avril 1980).

Projet Archipel. Etudes des aspects hydro-sédimentologiques. Rapport d'étape.

Verrette J.-Ls, Frenette M. (Hydrotech, Janvier 1982).

Gentilly, Campagne de mesures. Photographie.

Hydro-Québec. Avril 1979.

Projet Archipel de Montréal. Mélange des eaux Outaouais-Saint-Laurent.

Laboratoire d'Hydraulique Lasalle, Juillet 1982.

Etude du fleuve Saint-Laurent. Qualité des eaux.
Envirolab Inc. et les Services de Protection de l'Environnement du Québec.
Mars 1974.

Qualité des eaux du Fleuve Saint-Laurent entre Varennes et Montmagny.
Répertoire des résultats d'analyses.
Les Services de Protection de l'Environnement. Mars 1974.

Diffusion des eaux usées de Trois-Rivières et de Sorel. Étude du fleuve Saint-Laurent.
Verrette J.-Ls (Piette et Ass.) Mars 1974.

Diffusion des affluents dans le fleuve Saint-Laurent.
Les Cahiers de Centreau, Sept. 1972.
Verrette J.-Ls, Aubert Fr.

Etude de la diffusion des eaux usées sur le fleuve Saint-Laurent.
Roche & Ass., Avril 1983.

Projet Archipel. Simulation des conditions abiotiques actuelles et futures du lac Saint-Louis, du bief d'aménée et du bassin la Prairie.
TAO Simulation, Juin 1985.

Projet Archipel de Montréal. Rapport synthèse des études de mélange des eaux en conditions actuelles.
Hydro-Québec. Janvier 1983.

Projet Archipel. Modélisation numérique du mélange des eaux dans le lac Saint-Laurent.
Hydro-Québec. Janvier 1983.

Impacts potentiels sur le poulamon atlantique à la traversée du fleuve Saint-Laurent de la ligne Radisson-Nicolet - Des Cantons.
Modélisation du milieu physique.
TAO Simulation, Décembre 1986.

Archipel de Montréal. Mélange des eaux. Photographies aériennes.
Hydro-Québec. Mars 1983.

Environnement physique et dynamique du fleuve Saint-Laurent.
Revue l'Ingénieur. Mars-avril 1976.
Verrette J.-Ls, Frenette M.

Etude des aspects hydro-sédimentologiques reliés au choix de
l'emplacement de la prise d'eau de la Centrale de Gentilly 3.
Revue l'Ingénieur, juillet-août 1981.
Verrette J.-Ls, Frenette M., Quach T.

Etude du mélange et de la diffusion des eaux du Saint-Maurice et du
Saint-Laurent.
Congrès ACFAS, 1974.
Verrette J.-Ls, Robitaille S.

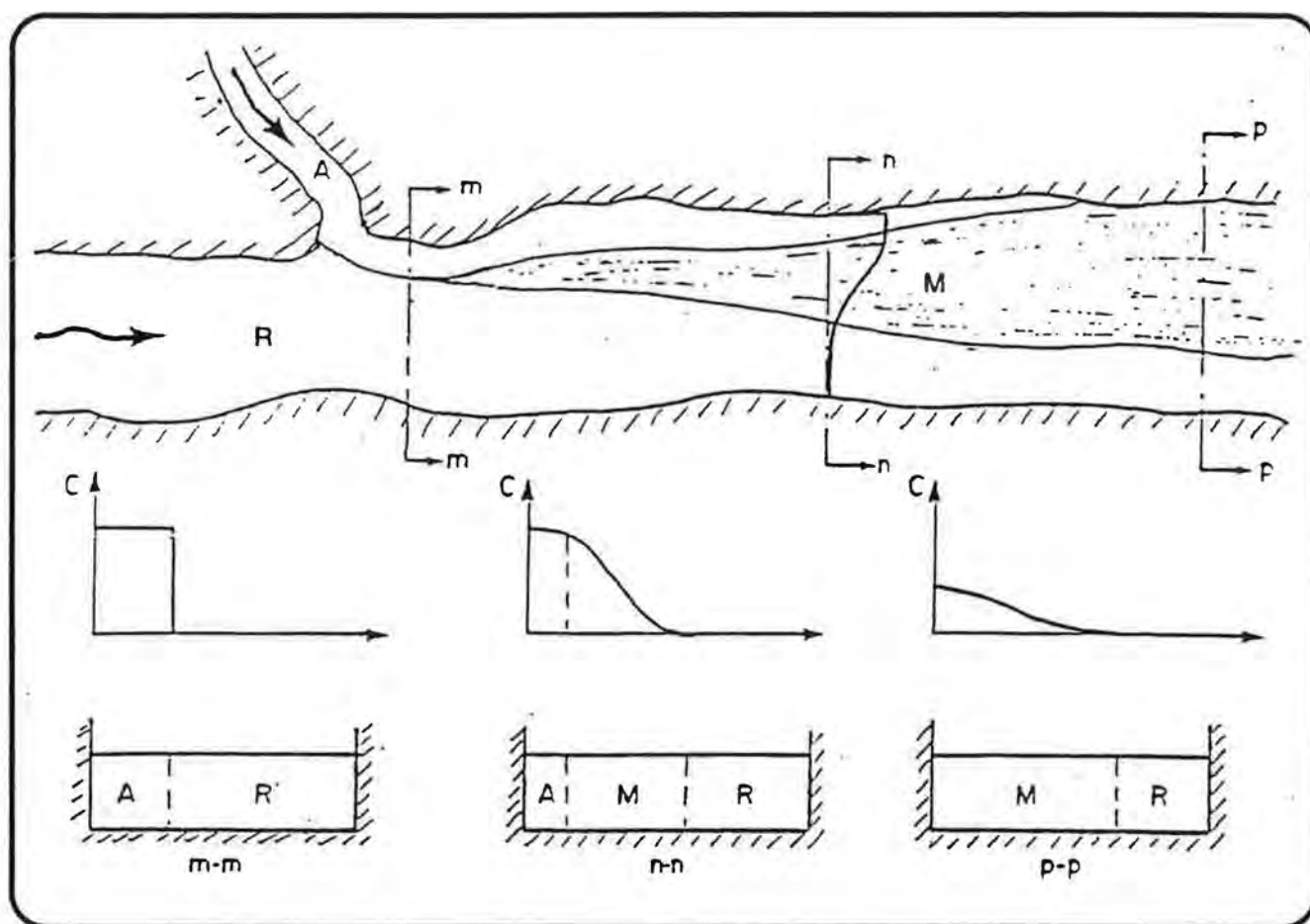
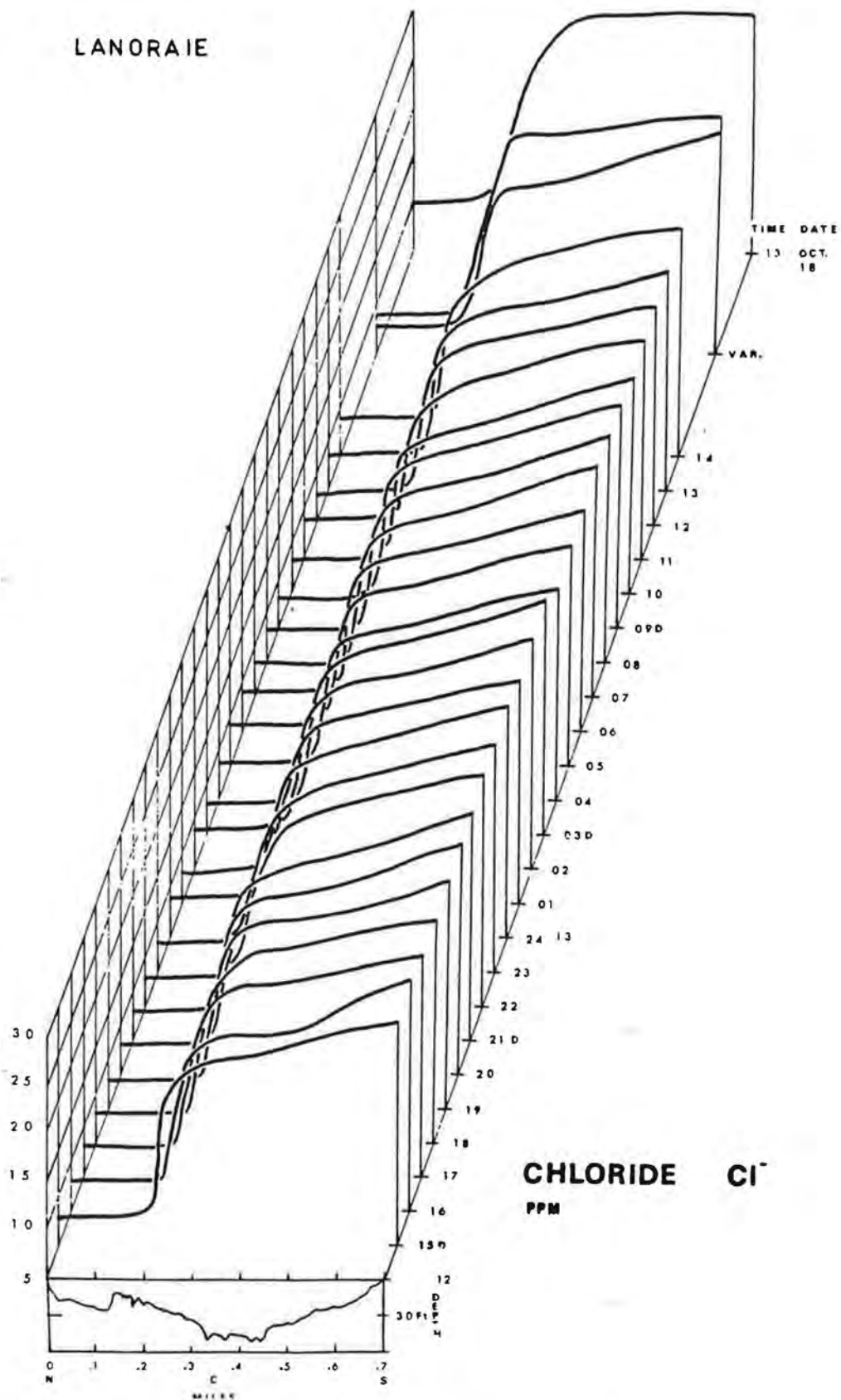
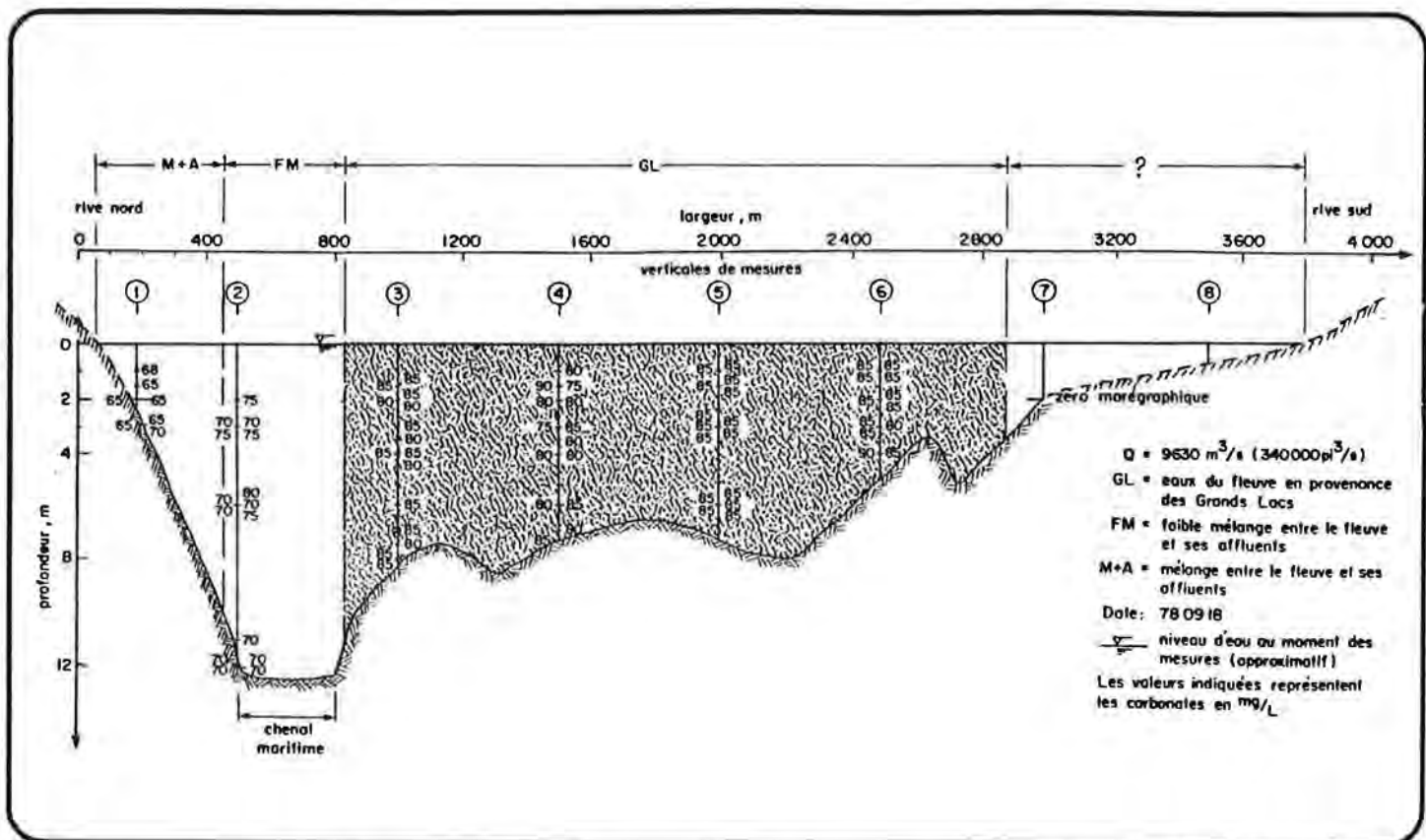


Fig. 1 - Schématisation du mélange d'un affluent au Saint-Laurent.



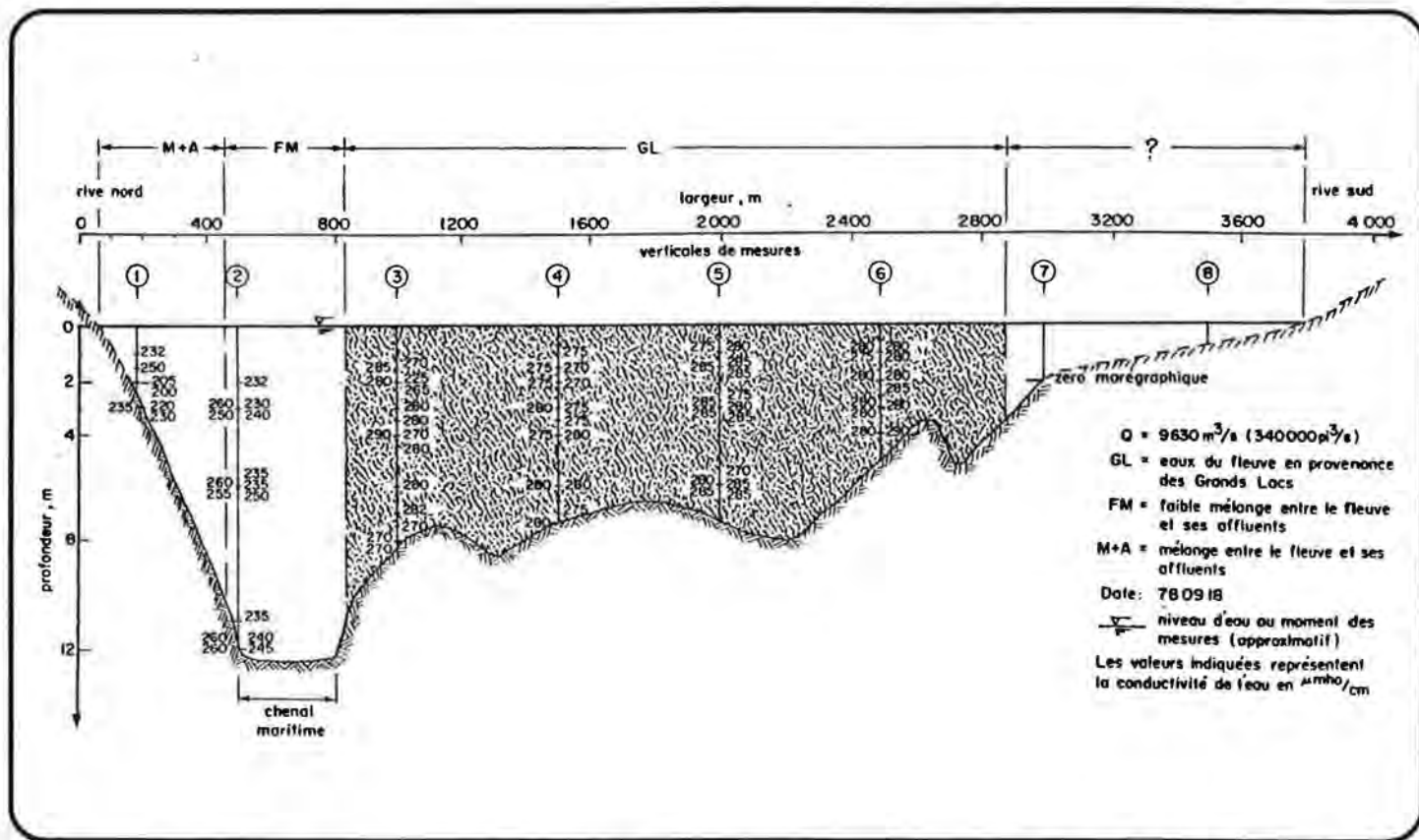
(Re: Environmental research, Korab, mars 1974)

Fig. 2 - Distribution transversale des chlorures à la hauteur de Lanoraie.



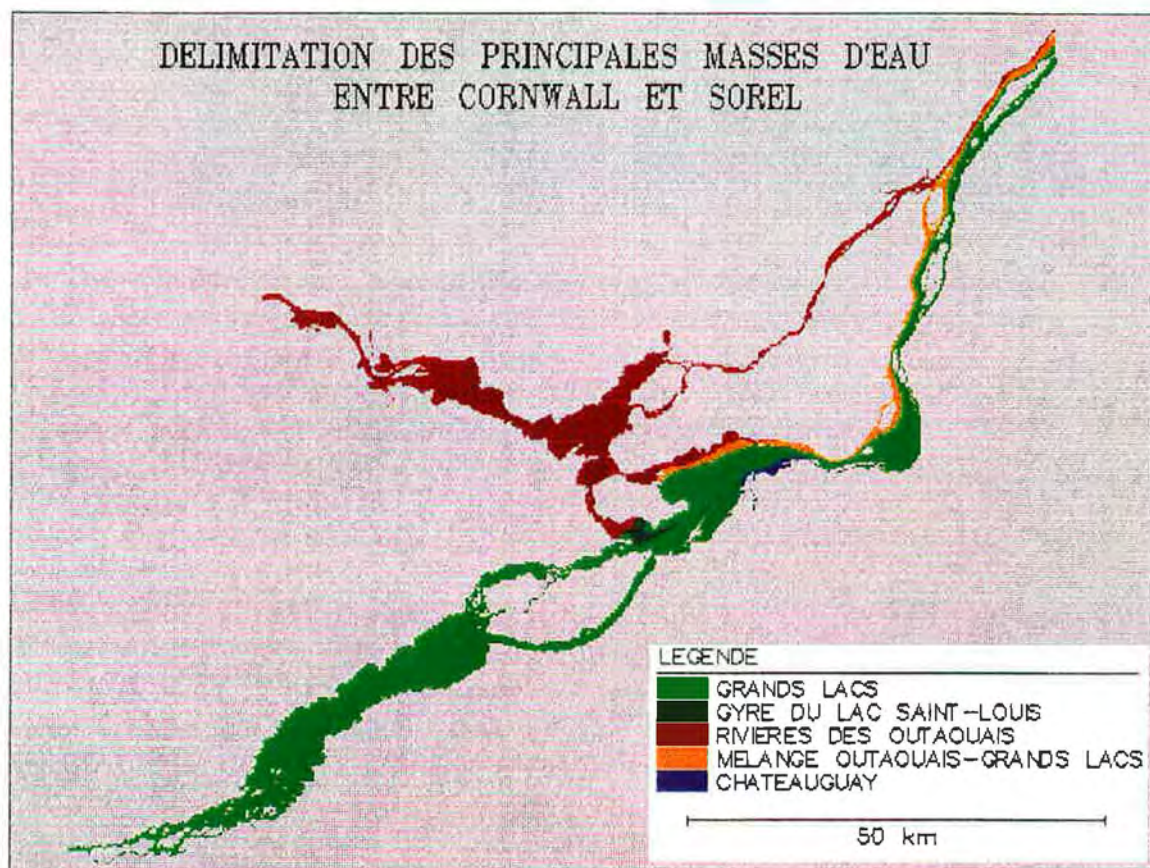
(Re: Hydrotech Inc., 1980)

Fig. 4 - Distribution de la dureté totale à la hauteur de Gentilly.

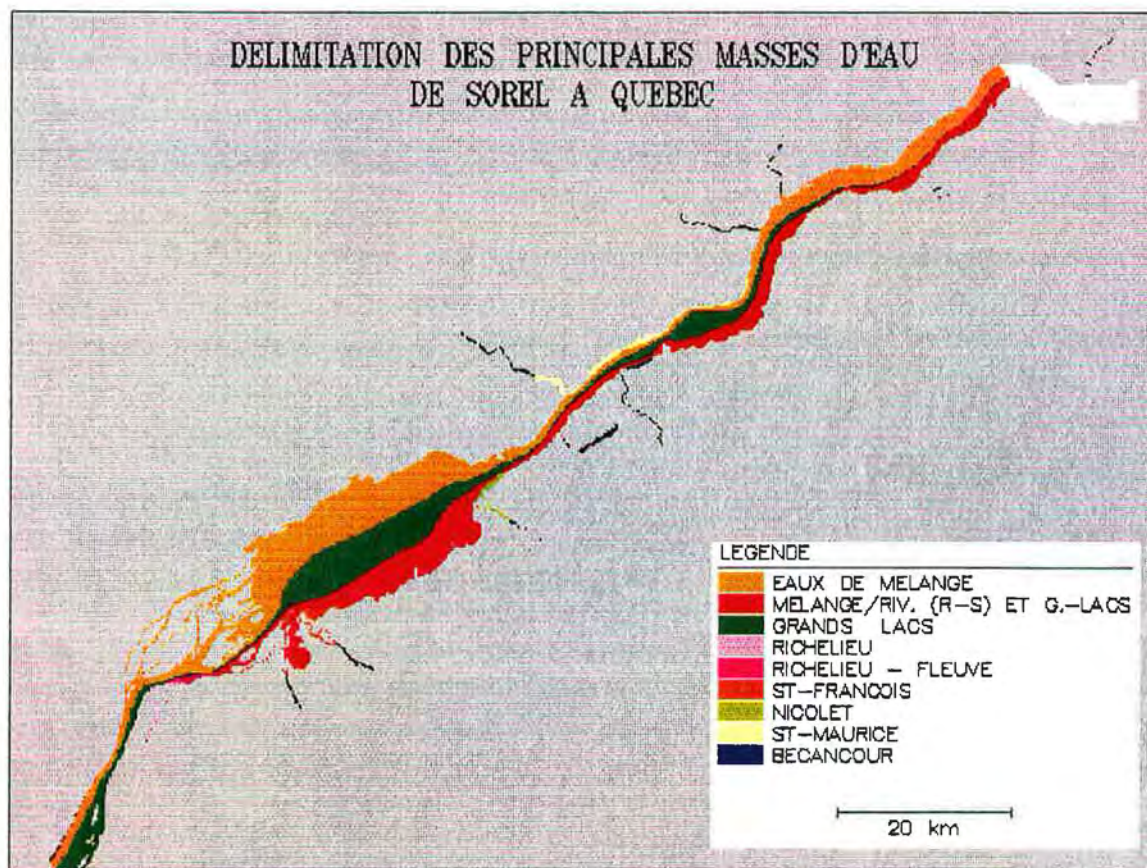


(Re: Hydrotech Inc., 1980)

Fig. 5 - Distribution transversale de la conductivité à la hauteur de Gentilly.



*Fig. 6 - Délimitation des différentes masses d'eau. Beauharnois à Repentigny
Échelle approximative: 1 cm = 9.1 km*



*Fig. 7- Délimitation des différentes masses d'eau. Repentigny à Québec
Échelle approximative: 1 cm = 8.7 km*