

Direction du suivi de l'état de l'environnement

**MODÉLISATION DE LA  
QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE  
D'UN SITE POTENTIEL DE BAINADE À  
L'ÎLE SAINT-QUENTIN, TROIS-RIVIÈRES**

Par

Serge Hébert

Ministère de l'Environnement  
Gouvernement du Québec  
Octobre 2001

Cette étude, réalisée dans le cadre de la phase III du Plan d'action Saint-Laurent, a été rendue possible grâce à la collaboration de la Ville de Trois-Rivières.

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2002  
ISBN 2-550-39260-4  
Envirodoq : ENV/2002/0104  
QE 00126

## ÉQUIPE DE TRAVAIL

---

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Chargé de projet et rédaction: | Serge Hébert <sup>1</sup>  |
| Collaboration :                | Serge Desjardins <sup>2</sup><br>Patrick Simard <sup>3</sup>                           |
| Révision scientifique :        | Jean Painchaud <sup>1</sup><br>Marc Simoneau <sup>1</sup><br>Annie Simard <sup>1</sup> |
| Analyses en laboratoire :      | Ginette Dessureault <sup>4</sup>   |
| Soutien technique :            | Sylvie Legendre <sup>1</sup><br>Karine Dauphin <sup>3</sup>                            |
| Graphisme :                    | Francine Matte-Savard <sup>1</sup>   |
| Traitement de texte :          | Nathalie Milhomme <sup>1</sup>   |
| Révision linguistique :        | Ève Renaud <sup>5</sup>  |

---

<sup>1</sup> Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, édifice Marie-Guyart, 675, boulevard René-Lévesque Est, 7<sup>e</sup> étage, Québec (Québec) G1R 5V7

<sup>2</sup> Service Usine de traitement de l'eau, Ville de Trois-Rivières, C.P. 368, Trois-Rivières (Québec) G9A 5H3

<sup>3</sup> Corporation du parc de l'île Saint-Quentin, C.P. 956, Trois-Rivières (Québec) G9A 5K2

<sup>4</sup> BIOLAB, Division Cap-de-la-Madeleine, 315, rue Vachon, Cap-de-la-Madeleine (Québec) G8T 8P6

<sup>5</sup> Ève Renaud inc., 116, rue Jean-Bruchési, Saint-Augustin-de-Desmaures (Québec) G3A 2N2



## MODÉLISATION DE LA QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE D'UN SITE POTENTIEL DE BAINNAGE À L'ÎLE SAINT-QUENTIN, TROIS-RIVIÈRES

Référence : HÉBERT, S., 2001. *Modélisation de la qualité bactériologique d'un site potentiel de baignade à l'île Saint-Quentin, Trois-Rivières*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Québec, envirodoq n° ENV/2002/0104, rapport n° QE 00126, 8 p. et 1 annexe.

### RÉSUMÉ

**A**fin d'évaluer la possibilité de rouvrir au public un ancien site de baignade et de développer un modèle prédictif de la qualité bactériologique de l'eau pour la gestion en temps réel de ce site, nous avons mesuré quotidiennement (du lundi au vendredi), au cours de l'été 2000, les teneurs en coliformes fécaux à la plage du parc de l'île Saint-Quentin, à Trois-Rivières. Compte tenu de la qualité bactériologique observée, le site de l'île Saint-Quentin présente un bon potentiel pour la baignade. Par temps sec, les concentrations en coliformes fécaux étaient de l'ordre de 50 UFC/100 ml (plage de variation entre 20 UFC/100 ml et 100 UFC/100 ml), ce qui correspond à une cote B selon le système de classification du programme Environnement-Plage. Le critère de qualité lié à la baignade (200 UFC/100 ml) n'a été dépassé qu'à cinq reprises, ce qui aurait permis l'ouverture de la plage pendant 35 des 40 jours retenus pour analyse.

Grâce à la régression multiple par étape, nous avons développé un modèle prédictif expliquant 55 % de la variance des teneurs en coliformes fécaux mesurées. Le modèle élaboré utilise les données de précipitations enregistrées à la station météorologique de Shawinigan. Il est basé sur la quantité de précipitations tombées l'avant-veille de chaque journée d'échantillonnage. À partir de ce modèle, nous avons déterminé la quantité de précipitations nécessaire pour qu'il y ait dépassement du critère de qualité lié à la baignade. Afin de diminuer l'exposition de la population à des eaux présentant une mauvaise qualité bactériologique, la plage doit être fermée au public pour une période de 24 heures, le surlendemain d'une pluie importante : ainsi, si les précipitations mesurées de 8 h le jour 0 à 8 h le jour 1 sont supérieures à 10,5 mm, la plage doit être fermée le jour 2. Il y a en effet un délai de 30 à 40 heures entre les débordements d'eaux usées non traitées survenant lors de fortes pluies et la contamination bactériologique observée sur le site. Ce délai résulte du temps de parcours de la masse d'eau contaminée entre les structures de surverse localisées beaucoup plus en amont sur le Saint-Maurice et l'île Saint-Quentin elle-même. Les structures de surverse situées immédiatement en amont du site affectent la qualité bactériologique de l'eau près des rives, mais ne semblent pas influencer la qualité de la masse d'eau occupant le centre du Saint-Maurice et baignant l'île Saint-Quentin. Selon les statistiques de précipitations compilées à la station météorologique de Shawinigan pour la période 1902-1990, la fréquence des hauteurs de pluie journalières supérieures à 10 mm est de 10,1 % entre la fin juin et le début septembre; en moyenne, la plage serait donc fermée sept jours par été.

## TABLE DES MATIÈRES

|   |     |
|---|-----|
| <b>Équipe de travail</b> .....                | iii |
| <b>Résumé</b> .....                           | v   |
| <b>Table des matières</b> .....               | vi  |
| <b>Liste des tableaux</b> .....               | vi  |
| <b>Liste des figures</b> .....                | vi  |
| <br>  |     |
| <b>INTRODUCTION</b> .....                     | 1   |
| <b>MÉTHODE</b> .....                          | 1   |
| <b>QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DE L'EAU</b> ..... | 3   |
| <b>RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION</b> .....     | 4   |
| <b>DISCUSSION</b> .....                       | 6   |
| <b>CONCLUSION</b> .....                       | 6   |
| <b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....      | 7   |

## LISTE DES TABLEAUX

|           |   |   |
|-----------|---|---|
| Tableau 1 | Liste des variables considérées pour la modélisation..... | 2 |
|-----------|---|---|

## LISTE DES FIGURES

|          |   |   |
|----------|---|---|
| Figure 1 | Moyennes géométriques journalières des concentrations en coliformes fécaux mesurées à l'île Saint-Quentin et hauteurs des précipitations enregistrées, été 2000 ..... | 3 |
| Figure 2 | Droite de régression entre les concentrations prédites (modèle Shawinigan) et les concentrations mesurées à l'île Saint-Quentin, été 2000 .....                       | 4 |
| Figure 3 | Droite de régression entre les concentrations prédites (modèle Trois-Rivières) et les concentrations mesurées à l'île Saint-Quentin, été 2000 .....                   | 5 |

## LISTE DES ANNEXES

|          |  |  |
|----------|--|--|
| Annexe 1 | Localisation des structures de surverse et des émissaires industriels à proximité du site de l'île Saint-Quentin |  |
|----------|--|--|

## INTRODUCTION

Plusieurs sites potentiels de baignade ont été recensés le long du fleuve Saint-Laurent (LaRue *et al.*, 1996; Gauvin *et al.*, 1998; GIRAM, 1998; Robillard et Bonin, 1999; 2000; Hébert, 2000). Plusieurs de ces sites présentent un potentiel intéressant pour la baignade (Hébert, 2000), mais les délais entre la prise d'échantillons d'eau et la disponibilité des résultats analytiques exposent les usagers à une eau potentiellement contaminée. Les modèles prédictifs sont aujourd'hui considérés comme des outils essentiels permettant de réduire l'exposition de la population à des eaux présentant une contamination microbiologique (USEPA, 1999). Plusieurs de ces modèles utilisent les données météorologiques et climatiques de même que l'intensité et la persistance de la contamination bactériologique pour déterminer les conditions critiques devant entraîner la fermeture d'une plage.

Au cours de l'été 2000, la Direction du suivi de l'état de l'environnement du ministère de l'Environnement du Québec a procédé, dans le cadre de la phase III du Plan d'action Saint-Laurent et en collaboration avec la Ville de Trois-Rivières, à un échantillonnage quotidien de la plage de l'île Saint-Quentin, à Trois-Rivières. Le but de cette étude était de documenter la qualité bactériologique du site, d'en évaluer le potentiel et de développer un modèle prédictif pouvant conduire à une gestion en temps réel du risque relatif à la baignade.

## MÉTHODE

Des visites quotidiennes ont été effectuées du lundi au vendredi, entre 11 h et 12 h, du 3 juillet au 7 septembre 2000. À chaque visite, six échantillons d'eau ont été prélevés selon le protocole d'Environnement-Plage, à l'aide de bouteilles de polypropylène stériles de 250 ml. L'échantillonnage du site a été effectué sur une longueur de 300 m, les points d'échantillonnage étant distants d'environ 50 m. Trois échantillons étaient obtenus à 0,3 m de profondeur et trois autres à 1,2 m de profondeur selon la méthode du « W », c'est-à-dire en alternance selon la profondeur (MEF, 1998). Le premier échantillon était toujours prélevé dans la section en aval du site, à une profondeur de 0,3 m. Les échantillons étaient immédiatement transportés à un laboratoire accrédité par le Ministère pour analyse. Les coliformes fécaux ont été dénombrés par filtration sur membrane, selon les méthodes recommandées par l'American Public Health Association (APHA, 1995). La limite de quantification pour les coliformes fécaux est de 6 000 unités formatrices de colonies (UFC/100 ml).

La température de l'air et de l'eau, la vitesse et la direction du vent, la couverture nuageuse ainsi que la force du courant et la hauteur des vagues ont été notées. Les données de précipitations proviennent de la station météorologique automatisée d'Environnement Canada située sur l'île Saint-Quentin (données horaires), ainsi que des stations météorologiques du ministère québécois de l'Environnement, localisées à Trois-Rivières et à Shawinigan (données journalières). Des données concernant l'achalandage et l'utilisation du site ont aussi été recueillies : nombre de promeneurs, de baigneurs, d'embarcations, d'animaux domestiques et de goélands présents.

Certains résultats analytiques n'ont pas été retenus pour la modélisation, soit les données du 31 juillet au 7 août (influence des eaux du Saint-Laurent combinée à une vidange possible des bassins d'assainissement de la papetière Tripap qui a fermé définitivement ses installations le 31 juillet) et du 29 et 30 août (influence des eaux du Saint-Laurent combinée à un arrêt du poste de pompage Lasnier à Trois-Rivières les 29 et 30 août pour réparation, ce qui a entraîné un déversement d'eaux usées non traitées au fleuve).

Les variables qui ont été considérées pour la modélisation sont quantitatives ou catégoriques (tableau 1). Les variables catégoriques ont été recodées à l'aide de variables dichotomiques (présence/absence) ; ainsi une variable catégorique à k modalités a été recodée à l'aide de k-1 variables dichotomiques (Neter et Wasserman, 1974). L'intensité journalière (total des précipitations/durée) ainsi que l'intensité horaire maximale journalière des précipitations enregistrées à l'île Saint-Quentin ont également été considérées.

Tableau 1 Liste des variables considérées pour la modélisation

Variables dichotomiques

|    |                    |
|----|--------------------|
| NE | Vent du nord-est   |
| NO | Vent du nord-ouest |
| SE | Vent du sud-est    |
| SO | Vent du sud-ouest  |
| VE | Vent de l'est      |
| VO | Vent de l'ouest    |
| VS | Vent du sud        |

Variables quantitatives

|       |  |
|-------|--|
| COLI  | Coliformes fécaux (UFC/100 ml)   |
| GOEL  | Nombre de goélands   |
| DEBIT | Débit du Saint-Maurice (m <sup>3</sup> /s)   |
| VENT  | Vitesse des vents (km/h)   |
| SQ1   | Précipitations (mm) à l'île Saint-Quentin le jour précédant l'échantillonnage                                |
| SQ2   | Précipitations (mm) à l'île Saint-Quentin le 2 <sup>e</sup> jour précédant l'échantillonnage                 |
| SQ3   | Précipitations (mm) à l'île Saint-Quentin le 3 <sup>e</sup> jour précédant l'échantillonnage                 |
| INT1  | Intensité des précipitations (mm/h) à l'île Saint-Quentin le jour précédant l'échantillonnage                |
| INT2  | Intensité des précipitations (mm/h) à l'île Saint-Quentin le 2 <sup>e</sup> jour précédant l'échantillonnage |
| INT3  | Intensité des précipitations (mm/h) à l'île Saint-Quentin le 3 <sup>e</sup> jour précédant l'échantillonnage |
| MAX1  | Intensité horaire maximale (mm/h) à l'île Saint-Quentin le jour précédant l'échantillonnage                  |
| MAX2  | Intensité horaire maximale (mm/h) à l'île Saint-Quentin le 2 <sup>e</sup> jour précédant l'échantillonnage   |
| MAX3  | Intensité horaire maximale (mm/h) à l'île Saint-Quentin le 3 <sup>e</sup> jour précédant l'échantillonnage   |
| TR1   | Précipitations (mm) à Trois-Rivières le jour précédant l'échantillonnage                                     |
| TR2   | Précipitations (mm) à Trois-Rivières le 2 <sup>e</sup> jour précédant l'échantillonnage                      |
| TR3   | Précipitations (mm) à Trois-Rivières le 3 <sup>e</sup> jour précédant l'échantillonnage                      |
| SHA1  | Précipitations (mm) à Shawinigan au cours des 24 heures précédant l'échantillonnage                          |
| SHA2  | Précipitations (mm) à Shawinigan le 2 <sup>e</sup> jour précédant l'échantillonnage                          |
| SHA3  | Précipitations (mm) à Shawinigan le 3 <sup>e</sup> jour précédant l'échantillonnage                          |



Le logiciel de statistique SAS (version 8.0) a été utilisé pour la modélisation et toutes les autres analyses statistiques. La variable réponse (coliformes fécaux) a été normalisée par transformation logarithmique ( $\log_{10}$ ). La modélisation a été effectuée à l'aide de la régression multiple par étape avec un niveau de probabilité de 5 % pour l'entrée et la sortie des variables du modèle. La normalité des résidus a été évaluée à l'aide du test de Wilk-Shapiro, alors que l'autocorrélation entre les résidus a été évaluée à l'aide du test de Durbin-Watson. Tous les tests ont été réalisés à un niveau de probabilité de 5 %. Les résidus présentant une autocorrélation, les paramètres de la droite de régression ont été estimés à l'aide de la méthode de Yule-Walker plutôt que par la méthode des moindres carrés (Berenson *et al.*, 1983).

## QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DE L'EAU

Les concentrations en coliformes fécaux mesurées à la plage de l'île Saint-Quentin varient d'une journée à l'autre selon la quantité de précipitations et selon certains événements déjà mentionnés dans la section précédente (figure 1). La moyenne géométrique saisonnière, calculée sur l'ensemble des données retenues pour analyse (N = 240), est de 69 UFC/100 ml, ce qui correspond à une cote B (plage présentant une bonne qualité bactériologique) selon le système de classification du programme Environnement-Plage. Par temps sec, les teneurs en coliformes fécaux sont de l'ordre de 50 UFC/100 ml (plage de variation entre 20 UFC/100 ml et 100 UFC/100 ml). Le critère de qualité lié à la baignade (200 UFC/100 ml) y a été respecté 87,5 % du temps, ce qui aurait permis d'ouvrir la plage pendant 35 des 40 jours retenus pour analyse.

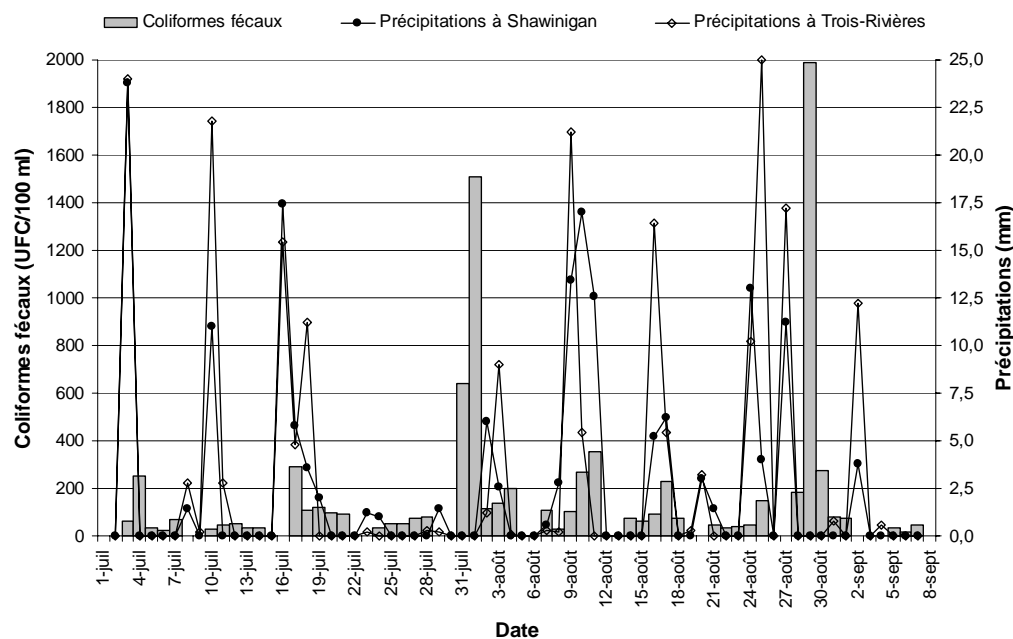


Figure 1 Moyennes géométriques journalières des concentrations en coliformes fécaux mesurées à l'île Saint-Quentin et hauteurs des précipitations enregistrées, été 2000

## RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION

Nous avons pu développer un modèle prédictif expliquant un peu plus de 55 % de la variance des concentrations en coliformes fécaux mesurées (transformation logarithmique). Il est basé sur la quantité de précipitations mesurées à Shawinigan pendant une période de 24 heures l'avant-veille de chaque journée d'échantillonnage (SHA2) :

$$\text{Log}_{10}(\text{COLI}) = 1,709 + 0,037 (\text{SHA2}) \quad r^2 = 0,55$$

écart type de l'ordonnée à l'origine : 0,052  
écart type de la pente : 0,005

Les autres variables n'ont pas été retenues dans le modèle parce qu'elles ne contribuaient pas, à un niveau de probabilité de 5 %, à expliquer une portion supplémentaire de la variance des teneurs en coliformes fécaux mesurées. La figure 2 présente la relation entre les concentrations prédites et les concentrations mesurées. Le coefficient de corrélation est de 0,74 et la relation est hautement significative ( $P < 0,01$ ).

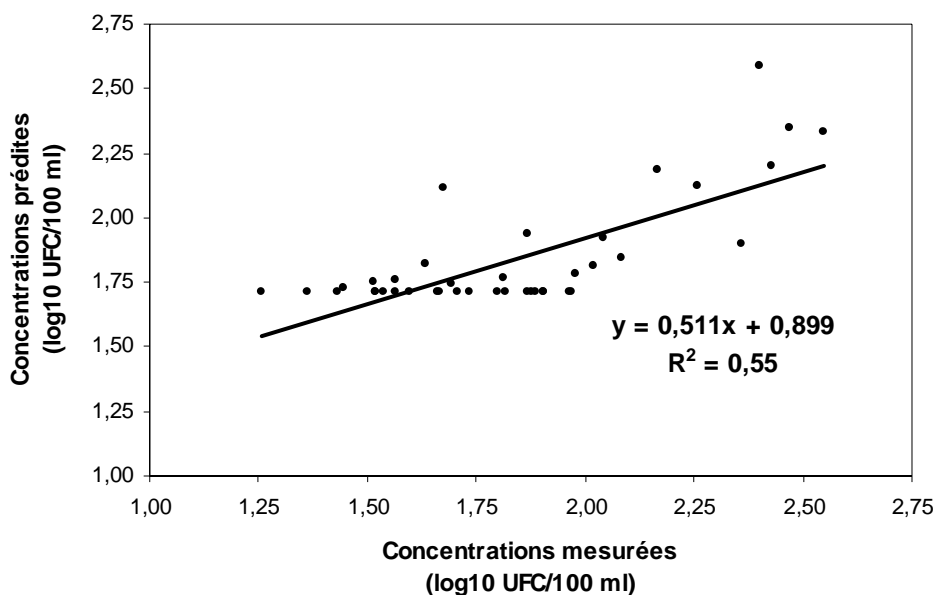


Figure 2 Droite de régression entre les concentrations prédites (modèle Shawinigan) et les concentrations mesurées à l'île Saint-Quentin, été 2000

À partir de ce modèle, nous avons déterminé la quantité de précipitations nécessaire pour qu'il y ait dépassement du critère de qualité lié à la baignade (200 UFC/100 ml). Nous avons utilisé la limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95 % autour de la valeur prédite plutôt que la valeur prédite elle-même afin de protéger le public au maximum. Ainsi, la plage devrait être fermée le surlendemain d'une pluie de plus de 10,5 mm, et ce, pour une période de 24 heures (si les précipitations mesurées de 8 h le jour 0 à 8 h le jour 1 sont supérieures à 10,5 mm, la plage doit être fermée le jour 2).

Nous avons développé un autre modèle en ne considérant, pour les précipitations, que les données enregistrées à l'île Saint-Quentin et à Trois-Rivières. Ce second modèle explique un peu plus de 42 % de la variance des concentrations en coliformes fécaux mesurées (transformation logarithmique). Il est basé sur la quantité de précipitations mesurées à Trois-Rivières pendant une période de 24 heures l'avant-veille de chaque journée d'échantillonnage (TR2) :

$$\text{Log}_{10}(\text{COLI}) = 1,733 + 0,026 (\text{TR2}) \quad r^2 = 0,42$$

écart type de l'ordonnée à l'origine : 0,057  
écart type de la pente : 0,005

Les autres variables n'ont pas été retenues dans le modèle parce qu'elles ne contribuaient pas, à un niveau de probabilité de 5 %, à expliquer une portion supplémentaire de la variance des teneurs en coliformes fécaux mesurées. La figure 3 présente la relation entre les concentrations prédites et les concentrations mesurées. Le coefficient de corrélation est de 0,65 et la relation est hautement significative ( $P < 0,01$ ).

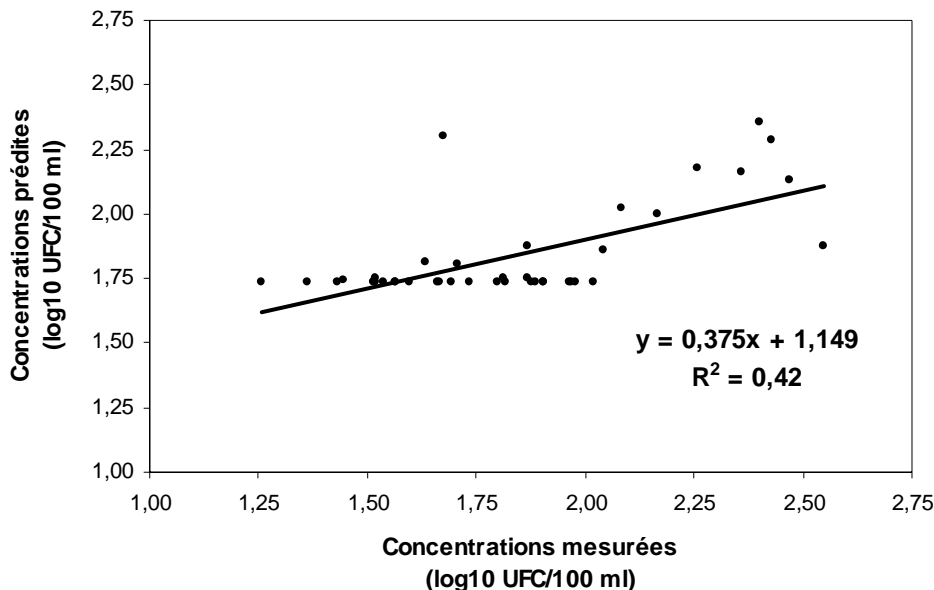


Figure 3 Droite de régression entre les concentrations prédites (modèle Trois-Rivières) et les concentrations mesurées à l'île Saint-Quentin, été 2000

Nous avons également déterminé, à partir de ce modèle, la quantité de précipitations nécessaire pour qu'il y ait dépassement du critère de qualité lié à la baignade (200 UFC/100 ml). Si on considère les précipitations enregistrées à Trois-Rivières, la plage devrait être fermée le surlendemain d'une pluie de plus de 12,5 mm, et ce, pour une période de 24 heures (si les précipitations mesurées de 8 h le jour 0 à 8 h le jour 1 sont supérieures à 12,5 mm, la plage doit être fermée le jour 2).

## DISCUSSION

Les deux modèles développés présentent un bon pouvoir prédictif, mais celui qui utilise les précipitations enregistrées à Shawinigan explique un pourcentage plus élevé de la variance ( $r^2$  de 0,55 comparativement à 0,42). Il y a également une différence entre la quantité de précipitations nécessaires pour qu'il y ait fermeture de la plage selon que l'on utilise les précipitations mesurées à Trois-Rivières ou à Shawinigan. Ainsi, la plage devrait être fermée le surlendemain d'une pluie de plus de 12,5 mm à Trois-Rivières, ou de plus de 10,5 mm à Shawinigan, et ce, pour une période de 24 heures. Il y a un délai de 30 à 40 heures entre les débordements d'eaux usées non traitées survenant lors de fortes pluies et la contamination bactériologique observée sur la plage de l'île Saint-Quentin. Ce délai résulte du temps de parcours de la masse d'eau contaminée entre les structures de surverse localisées beaucoup plus en amont sur le Saint-Maurice et l'île Saint-Quentin elle-même. Les structures de surverse situées immédiatement en amont du site affectent la qualité bactériologique de l'eau près des rives, mais ne semblent pas influencer la qualité de la masse d'eau occupant le centre du Saint-Maurice et baignant l'île Saint-Quentin. Selon les statistiques de précipitations compilées à la station météorologique de Shawinigan pour la période 1902-1990, la fréquence des hauteurs de pluie journalières supérieures à 10 mm est de 10,1 % entre la fin juin et le début septembre; en moyenne, la plage serait donc fermée sept jours par été. À la station météorologique de Trois-Rivières, la fréquence des hauteurs de pluie journalières supérieures à 12,5 mm a été de 8,5 % pour la période 1974-1990, ce qui correspond en moyenne à six jours de fermeture par été.

Il faut noter que certains événements non liés aux précipitations peuvent avoir un impact important sur la qualité bactériologique de l'eau. Un déversement d'eaux usées non traitées à la suite d'un bris, de l'entretien ou d'un mauvais fonctionnement d'ouvrages d'assainissement situés plus en amont sur le Saint-Maurice pourrait entraîner une contamination substantielle du site. De même, un faible débit du Saint-Maurice (de l'ordre de 400 m<sup>3</sup>/s ou moins), combiné à de forts vents ayant une composante sud, engendrent des conditions hydrologiques particulières à l'embouchure du Saint-Maurice: en effet, lors de tels événements, ce sont les eaux vertes du fleuve et non plus les eaux brunes du Saint-Maurice qui baignent la plage de l'île Saint-Quentin. Or, les eaux du fleuve, à la hauteur de Trois-Rivières, présentent une contamination bactériologique importante provenant des eaux usées traitées mais non désinfectées de la Communauté urbaine de Montréal (Hébert, 1999).

## CONCLUSION

Les modèles élaborés pour la plage de l'île Saint-Quentin à partir des données recueillies à l'été 2000 semblent présenter un bon pouvoir prédictif et pourraient s'avérer être des outils intéressants pour la prévision de la contamination bactériologique pouvant affecter ce site. Ils utilisent les données de précipitations enregistrées à Shawinigan ou à Trois-Rivières pour déterminer les conditions critiques devant entraîner la fermeture de la plage. Des modèles semblables pourraient être développés pour plusieurs sites potentiels de baignade du Saint-Laurent. Une gestion préventive favoriserait un retour au fleuve, tout en contribuant à diminuer l'exposition de la population à des eaux présentant une mauvaise qualité

bactériologique. Ces modèles exigent cependant un effort d'échantillonnage important et sont spécifiques à chaque site. Ils ne demeurent valides que si les conditions hydrologiques et environnementales (débits et infrastructures d'assainissement entre autres) dans lesquelles ils ont été mis au point restent relativement inchangées. L'extrême sécheresse du printemps et de l'été 2001 et les conditions hydrologiques particulières des mois de juillet et d'août ont rendu les modèles moins performants. Le potentiel de cet outil demeure néanmoins indéniable, mais les modèles élaborés pourraient exiger certains ajustements pour tenir compte d'événements plus critiques comme les étiages sévères. À cause de leur nature statistique, ces modèles ne font pas de distinction entre les sources de contamination ponctuelles ou diffuses et n'incorporent pas explicitement les processus d'advection, de transport et de décroissance bactérienne.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), 1995. *Standard methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19<sup>e</sup> éd., Washington (D.C.), American Public Health Association, American Water Works Association et Water Environment Federation.

BERENSON, M.L., D. M. LEVINE et M. GOLDSTEIN, 1983. *Intermediate Statistical Methods and Applications – A Computer Package Approach*, Englewood Cliffs (N.J.), Prentice-Hall Inc., (éds.), 579 p.

GAUVIN, D., E. DEWAILLY, G. LEBEL et G. LE ROUZÈS, 1998. *Évaluation de la qualité bactériologique des eaux du fleuve Saint-Laurent à certains sites potentiels de baignade dans la région de Québec*, Québec, Direction de la santé publique de Québec et ministère de l'Environnement et de la Faune, 18 p., 3 annexes.

GIRAM, 1998. *La baignade dans le Saint-Laurent : prudence et patience*, Saint-Laurent Vision 2000, Québec, 48 p., 1 annexe.

HÉBERT, S., 1999. *Qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent, 1990 à 1997*, Québec, ministère de l'Environnement, Direction des écosystèmes aquatiques, 38 p., 4 annexes.

HÉBERT, S., 2000. *Évaluation de la qualité bactériologique de sites potentiels de baignade dans le Saint-Laurent, été 1999*, Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, 11 p., 4 annexes.

LARUE, A., J. GRONDIN, B. LÉVESQUE, R. LARUE et D. BOUDREAU, 1996. *La baignade dans le secteur d'eau douce du Saint-Laurent : discours et pratiques à propos des risques à la santé*, Québec, Centre de santé publique de Québec et Direction régionale de santé publique - Montérégie, 109 p.

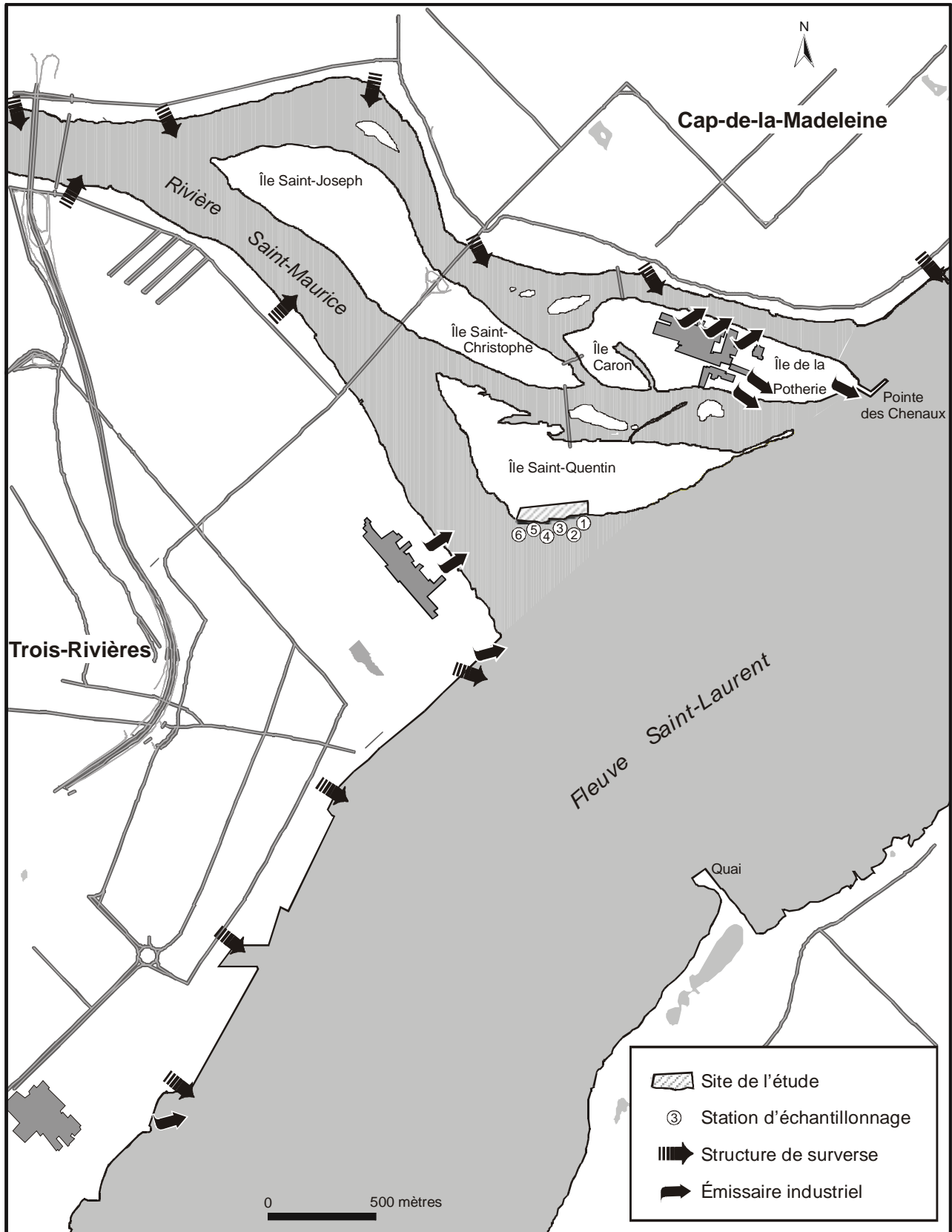
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE (MEF), 1998. *Guide d'application du programme Environnement-Plage 1998*, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la coordination opérationnelle, 8 sections, 8 annexes.

NETER, J. et W. WASSERMAN, 1974. *Applied Linear Statistical Models*, Irwin, Homewood (éds.), 842 p.

ROBILLARD, D. et R. BONIN, 1999. *Programme de surveillance de la qualité des eaux des plages, 1998*, Communauté urbaine de Québec, Service de l'environnement, 26 p., 4 annexes.

ROBILLARD, D. et R. BONIN, 2000. *Programme de surveillance de la qualité des eaux riveraines de la Communauté urbaine de Québec, Rapport annuel 1999*, Communauté urbaine de Québec, Service de l'environnement, 16 p., 2 annexes.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA), 1999. *Review of Potential Modeling Tools and Approaches to Support the BEACH Program*, Washington (D.C.), United States Environmental Protection Agency, Office of Science and Technology, Standards and Applied Science Division, 35 p., 2 annexes.



Annexe 1 Localisation des structures de surverse et des émissaires industriels à proximité du site de l'île Saint-Quentin

