

**MODÉLISATION DE LA
QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE
DE LA PLAGE DE LA BAIE DE BEAUPORT**

ÉTÉ 2002

Préparé par :

**Serge Hébert
Direction du suivi de l'état de l'environnement
Ministère de l'Environnement du Québec**

**Jean Lacoursière
Association pour la sauvegarde de la baie de Beauport**

2003-01-31

TABLE DES MATIÈRES	Page
Remerciements	3
Sommaire	4
Introduction	5
Méthode	6
Qualité bactériologique de l'eau	7
Résultats de la modélisation	9
Discussion	10
Conclusion	11
Références bibliographiques	12

REMERCIEMENTS

Ce rapport est le fruit d'un travail d'équipe.

En premier lieu, nous tenons à remercier MM. François Proulx et Frédéric Aubin de la Division des laboratoires du Service de l'environnement de la Ville de Québec. Pendant neuf semaines, leur laboratoire a analysé la teneur en coliformes fécaux de 522 échantillons d'eau de la plage de la baie de Beauport. Cette étude n'aurait pu voir le jour sans leur aide. Nous tenons aussi à remercier MM. Michel Lagacé et René Gélinas, du Service de l'environnement de la Ville de Québec, d'avoir les premiers ouvert la porte à cette collaboration.

Avant d'être analysés, les échantillons d'eau ont évidemment été prélevés, et ce deux fois par jour. Or cette tâche est pratiquement impossible à accomplir pour quelqu'un qui travaille à temps plein. C'est pourquoi nous remercions Michel Guimond, député fédéral de Beauport-Montmorency-Côte-de-Beaupré-Île d'Orléans et Développement des ressources humaines Canada pour l'aide financière octroyée pour le travail d'une étudiante d'été dont la tâche principale a été le prélèvement des échantillons d'eau et des données environnementales nécessaires à cette étude. Nous remercions chaleureusement cette étudiante, Janie Poudrier, pour son dévouement dans des conditions météorologiques parfois difficiles. Son sens du devoir remarquable a grandement simplifié la gestion de cette entreprise. Nous remercions aussi M. Jean Robert de l'Association nautique de la baie de Beauport (ANBB) pour nous avoir soutenu et avoir permis à Janie d'utiliser ses locaux pour l'entreposage de l'équipement.

Le transport des échantillons d'eau et des bouteilles vides entre la baie de Beauport et le Centre analytique de la Ville de Québec constitue un coût important dans un tel projet. Ce coût aurait été impossible à assumer sans l'aide du député provincial de Montmorency et ministre délégué de l'Environnement et de l'Eau, M. Jean-François Simard. Nous le remercions ici de son implication dans cette étude.

Enfin, nous sommes extrêmement reconnaissants envers M. Jacques Dupont, chef du Service de l'information sur les milieux aquatiques au ministère de l'Environnement du Québec, d'avoir permis à M. Serge Hébert, biologiste spécialiste du milieu aquatique, d'analyser les données brutes pour tenter d'établir des corrélations entre la qualité bactériologique de l'eau et certains facteurs environnementaux ou météorologiques. Ce type de travail apporte un éclairage essentiel afin de mettre en lumière les facteurs influençant la qualité de l'eau.

SOMMAIRE

Ce rapport présente les résultats de l'étude de la qualité bactériologique de l'eau de la plage de la baie de Beauport entre le 17 juin et le 16 août 2002. Deux visites ont été effectuées quotidiennement du lundi au vendredi, la première à 8h et la seconde à 13h, pour un total de 87 visites. À chaque visite, six échantillons d'eau ont été prélevés selon le protocole d'Environnement-Plage du ministère de l'Environnement du Québec. L'échantillonnage du site a été effectué sur une longueur de 200 m, les points d'échantillonnage étant distants d'environ 40 m.

Les concentrations en coliformes fécaux mesurées varient d'une journée à l'autre et varient même à l'intérieur d'une journée. La moyenne géométrique saisonnière, calculée sur l'ensemble des visites (87), est de 150 UFC/100 ml, ce qui correspond à une cote C (plage présentant une qualité bactériologique passable) selon le système de classification du programme Environnement-Plage. En avant-midi (45 visites; moyenne géométrique de 196 UFC/100 ml), la qualité bactériologique est moins bonne qu'en après-midi (42 visites; moyenne géométrique de 113 UFC/100 ml). En avant-midi, le critère de qualité lié à la baignade (200 UFC/100 ml) a été respecté 55,6 % du temps, alors qu'en après-midi, il a été respecté 71,4 % du temps. La fréquence des journées où le critère a été respecté à la fois le matin et l'après-midi a été de 44,4 % (20 jours sur 45).

Un modèle prédictif expliquant 42 % de la variance des concentrations en coliformes fécaux mesurées a été développé. Il est basé sur la longueur de l'estran au moment de l'échantillonnage, la quantité de précipitations mesurées à l'aéroport de Québec pendant les 24 heures précédant l'échantillonnage, le moment de l'échantillonnage (8h00 ou 13h00) et la hauteur des vagues au moment de l'échantillonnage. Le modèle permet de reproduire les concentrations de coliformes fécaux mesurées avec un coefficient de corrélation de 0,65.

Selon le système de classement du programme Environnement-Plage et la fréquence à laquelle le critère de qualité relatif à la baignade a été respecté, le potentiel actuel du site pour la baignade est évalué comme étant respectivement faible, bon ou très faible selon que l'on considère les résultats du matin, de l'après-midi ou de l'ensemble de la journée. La mauvaise qualité bactériologique observée le matin est probablement liée à la présence de goélands sur le site au cours de la nuit et très tôt le matin.

Afin d'améliorer la qualité bactériologique des eaux de la baie de Beauport, il faudrait dans un premier temps éloigner les goélands du secteur et, dans un deuxième temps, réaliser des interventions visant à diminuer les débordements d'eaux usées non traitées survenant par temps de pluie. Au cours de l'été 2002, la qualité bactériologique du site n'aurait permis la baignade qu'une journée sur deux et ce malgré le fait que l'été 2002 ait été très sec.

INTRODUCTION

La seule vraie plage de sable à Québec est celle de la baie de Beauport, située à l'est du port de Québec. Longue de plus d'un kilomètre, cette plage fait partie d'un site magnifique que l'Association pour la sauvegarde de la baie de Beauport (ASBB) tente, avec l'appui de la population de la région et de divers organismes, de protéger des visions d'agrandissement de l'Administration portuaire de Québec. À chaque année, plusieurs milliers de personnes jouissent de ce site de la mi-mai à la mi-octobre et nous croyons que sa vocation récréo-touristique devrait être consacrée de manière définitive par le gouvernement fédéral.

La plage de la baie de Beauport constitue un site idéal pour la baignade grâce à son sable fin, sa longueur et sa situation géographique à l'abri des courants. Il faut voir les milliers de personnes occuper la plage lors d'une journée de canicule, et surtout avoir vu leur déception face à notre incapacité à leur répondre si "l'eau était propre" lorsqu'interpellé en plein échantillonnage, pour saisir pleinement le potentiel qu'elle recèle pour la baignade.

Depuis 1992, les mesures de la qualité de ses eaux effectuées par la Division de l'assainissement des eaux de l'ancienne communauté urbaine de Québec (CUQ, Service de l'environnement) ont montré une constante décroissance du nombre de coliformes fécaux. Ce nombre est passé de 491 UFC/100 ml en 1992 à 125 UFC/100 ml en 1999, année durant laquelle 11 des 14 jours échantillonnés (79%) à la baie de Beauport offraient une qualité d'eau acceptable pour la baignade (Robillard et Bonin, 2000). Les buts de ces mesures étaient de suivre l'évolution de la qualité des eaux riveraines de Québec sans l'influence des débordements des réseaux en temps de pluie et de rechercher les sources de contamination riveraine. Les mesures étaient faites au moins 36 heures après la dernière précipitation et ont permis au fil des ans de suivre l'augmentation de l'efficacité de l'usine d'épuration (station Est). Au-delà des chiffres, quiconque ayant navigué les eaux de la baie de Beauport au milieu des années '80 peut aujourd'hui constater de visu l'amélioration de la qualité de l'eau.

Afin de dresser un portrait de la qualité de l'eau par temps sec comme par temps de pluie, l'Association pour la sauvegarde de la baie de Beauport (ASBB) a mis en oeuvre à l'été 2002 une campagne d'analyse de la qualité bactériologique de l'eau. Six échantillons d'eau ont été prélevés deux fois par jour pendant 45 jours, pour un total presque trois fois plus élevé que le nombre d'échantillons prélevés par les campagnes annuelles de la CUQ. Cette campagne de mesures des coliformes fécaux a été accompagnée par des mesures météorologiques comme la température (air et eau), les précipitations, le vent, la marée, la hauteur des vagues et la longueur de l'estran au moment de l'échantillonnage. Le nombre de goélands présents lors de l'échantillonnage a aussi été mesuré, les oiseaux pouvant être une source de contamination bactériologique (Lévesque *et al.*, 1993). Ce rapport présente l'analyse des mesures effectuées durant l'été. Le but de l'étude est de mesurer la corrélation entre certaines variables et la concentration de coliformes fécaux afin d'établir un premier modèle prédictif de la qualité bactériologique de l'eau. Ce genre d'étude, qui sera nous l'espérons répétée à l'été 2003, est essentielle à une éventuelle ouverture de la plage de la baie de Beauport pour la baignade.

MÉTHODE

Deux visites ont été effectuées quotidiennement du lundi au vendredi, la première à 8h et la seconde à 13h, entre le 17 juin et le 16 août 2002. 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 200 m, les points d'échantillonnage étant distants d'environ 40 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). Les échantillons étaient immédiatement transportés au laboratoire de la ville de Québec pour analyse. Les coliformes fécaux ont été dénombrés par filtration sur membrane, selon la méthode recommandée 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) par 100 ml.

La température de l'air et de l'eau, la vitesse et la direction du vent, la couverture nuageuse ainsi que la phase et l'amplitude de marée, la largeur de l'estran et la hauteur des vagues au moment de l'échantillonnage ont été notées. Les données de précipitations (données horaires) ainsi que la vitesse quotidienne moyenne des vents et leur direction dominante proviennent de la station météorologique automatisée d'Environnement Canada située à l'aéroport de Québec. 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.

Les résultats des dénombrements bactériens sont exprimés en UFC/100 ml (unités formatrices de colonies), ce qui correspond, dans le langage courant, à la quantité de coliformes fécaux par 100 ml. Les résultats sont présentés à l'aide de la moyenne géométrique calculée sur les six échantillons prélevés lors d'une même visite. La moyenne géométrique saisonnière a été calculée à partir de l'ensemble des résultats analytiques obtenus pour la totalité de la période d'étude. Pour le calcul de ces moyennes, les dénombrements supérieurs à la limite de quantification ont été considérés comme égaux à celle-ci.

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 (1 ou 0 i.e. présence ou 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 ont également été considérées.

Le logiciel de statistique SigmaStat (version 1.0) 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 ne présentant pas d'autocorrélation, les paramètres de la droite de régression ont été estimés à l'aide de la méthode des moindres carrés (Berenson *et al.*, 1983).

Tableau 1 Liste des variables considérées pour la modélisation

<u>Variables dichotomiques</u>			
AM	Échantillonnage à 8h	MB	Échantillonnage à marée basse
VNE	Vent du nord-est (à 8h ou 13h)	DOMNE	Vent dominant du nord-est
VNO	Vent du nord-ouest (à 8h ou 13h)	DOMNO	Vent dominant du nord-ouest
VSE	Vent du sud-est (à 8h ou 13h)	DOMSE	Vent dominant du sud-est
VSO	Vent du sud-ouest (à 8h ou 13h)	DOMSO	Vent dominant du sud-ouest
VE	Vent de l'est (à 8h ou 13h)	DOME	Vent dominant de l'est
VO	Vent de l'ouest (à 8h ou 13h)	DOMO	Vent dominant de l'ouest
VS	Vent du sud (à 8h ou 13h)	DOMS	Vent dominant du sud

<u>Variables quantitatives</u>	
COLI	Moyenne géométrique en coliformes fécaux (UFC/100 ml) des 6 échantillons
GOEL	Nombre de goélands présents sur le site au moment de l'échantillonnage
HVAGUE	Hauteur des vagues (po) au moment de l'échantillonnage
AMPLI	Amplitude de la marée (pi) le jour de l'échantillonnage
ESTRAN	Longueur de l'estran (m) au moment de l'échantillonnage
FVENT	Force des vents (km/h) au moment de l'échantillonnage
VENTMOY	Force quotidienne moyenne du vent (km/h)
TEMPE	Température de l'eau (°C)
TEMPA	Température de l'air (°C)
PR12	Précipitations (mm) au cours des 12 heures précédant l'échantillonnage
PR1	Précipitations (mm) le jour précédant l'échantillonnage
PR2	Précipitations (mm) le 2 ^e jour précédant l'échantillonnage
PR3	Précipitations (mm) le 3 ^e jour précédant l'échantillonnage
INT12	Intensité des précipitations (mm/h) au cours des 12 heures précédant l'échantillonnage
INT1	Intensité des précipitations (mm/h) le jour précédant l'échantillonnage
INT2	Intensité des précipitations (mm/h) le 2 ^e jour précédant l'échantillonnage
INT3	Intensité des précipitations (mm/h) le 3 ^e jour précédant l'échantillonnage
MAX12	Intensité horaire maximale (mm/h) au cours des 12 heures précédant l'échantillonnage
MAX1	Intensité horaire maximale (mm/h) le jour précédant l'échantillonnage
MAX2	Intensité horaire maximale (mm/h) le 2 ^e jour précédant l'échantillonnage
MAX3	Intensité horaire maximale (mm/h) le 3 ^e jour précédant l'échantillonnage
STAT9	Concentration des coliformes fécaux à la sortie de la station d'épuration à 9h (UFC/100 ml)
STAT13	Concentration des coliformes fécaux à la sortie de la station d'épuration à 13h (UFC/100 ml)

QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DE L'EAU

Les concentrations en coliformes fécaux mesurées au site de la baie de Beauport varient d'une journée à l'autre et varient même à l'intérieur d'une même journée (figure 1). La moyenne géométrique saisonnière, calculée sur l'ensemble des visites (N = 87), est de 150 UFC/100 ml, ce qui correspond à une cote C (plage présentant une qualité bactériologique passable) selon le système de classification du programme Environnement-Plage. En avant-midi (N = 45; moyenne géométrique de 196 UFC/100 ml), la qualité bactériologique est moins bonne qu'en après-midi (N = 42; moyenne géométrique de 113 UFC/100 ml). En avant-midi, le critère de qualité lié à la

baignade (200 UFC/100 ml) a été respecté 55,6 % du temps, alors qu'en après-midi, il a été respecté 71,4 % du temps. La fréquence des journées où le critère a été respecté à la fois le matin et l'après-midi a été de 44,4 % (20 jours sur 45).

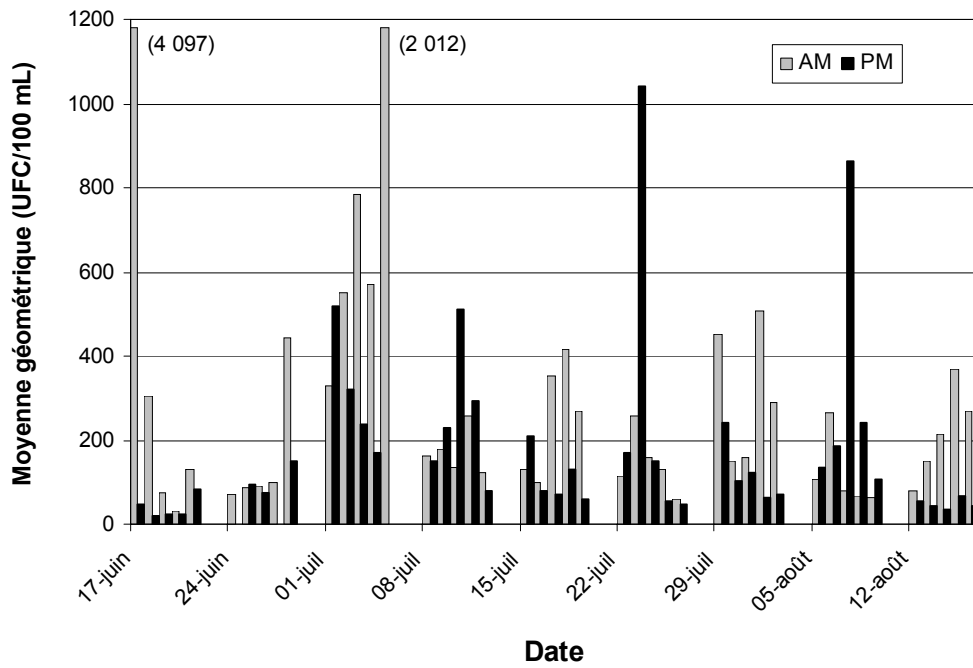


Figure 1. Teneurs moyennes en coliformes fécaux mesurées le matin et l'après-midi à la baie de Beauport, été 2002

Le potentiel du site de la baie de Beauport pour la baignade a été évalué selon le système de classification du programme Environnement-Plage (tableau 2) et la fréquence à laquelle le critère de qualité relatif à la baignade a été respecté.

Tableau 2 Système de classification du programme Environnement-Plage

Moyenne géométrique des coliformes fécaux	Qualité de la plage
0 à 20 UFC/100ml	A- excellente
21 à 100 UFC/100 ml	B- bonne
101 à 200 UFC/100 ml	C- passable
201 et plus UFC/100 ml ou plus de 10% des échantillons supérieurs à 400 UFC/100 ml	D- polluée

Le potentiel d'un site pour la baignade est évalué ainsi :

- le potentiel d'un site est **très bon** si la baignade y est possible à une fréquence supérieure ou égale à 70 % et si la moyenne géométrique saisonnière correspond à une qualité bactériologique excellente ou bonne (classes A ou B);
- le potentiel d'un site est **bon** si la baignade y est possible à une fréquence supérieure ou égale à 70 % et si la moyenne géométrique saisonnière correspond à une qualité bactériologique passable (classe C);
- le potentiel d'un site est **faible** si la baignade y est possible à une fréquence se situant entre 50 % et 70 %;
- le potentiel d'un site est **très faible** si la baignade y est possible à une fréquence inférieure à 50 %.

Sur cette base, le potentiel actuel du site de la baie de Beauport est évalué comme étant respectivement faible, bon ou très faible selon que l'on considère les résultats du matin, de l'après-midi ou de l'ensemble de la journée. La mauvaise qualité bactériologique observée le matin est probablement liée à la présence de goélands sur le site très tôt le matin. Si cette source de contamination était éliminée, on pourrait s'attendre à une qualité comparable le matin et l'après-midi et le potentiel du site pour la baignade serait alors jugé bon.

RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION

Nous avons développé un modèle prédictif expliquant 42 % de la variance des concentrations en coliformes fécaux mesurées (transformation logarithmique). Il est basé sur la longueur de l'estran au moment de l'échantillonnage (ESTRAN en mètres), la quantité de précipitations mesurées à l'aéroport de Québec pendant les 24 heures précédant l'échantillonnage (PR1 en mm), le moment de l'échantillonnage (AM: matin=1 ou après-midi=0) et sur la hauteur des vagues au moment de l'échantillonnage (HVAGUE en pouces):

$$\text{Log}_{10}(\text{COLI}) = 1,520 + 0,006(\text{ESTRAN}) + 0,028(\text{PR1}) + 0,292(\text{AM}) + 0,017(\text{HVAGUE})$$

$$R^2 = 0,42$$

$$R^2 \text{ partiels : } \begin{array}{l} \text{ESTRAN} = 0,15 \\ \text{PR1} = 0,12 \\ \text{AM} = 0,11 \\ \text{HVAGUE} = 0,03 \end{array}$$

Les R^2 partiels correspondent au pourcentage supplémentaire de la variance des teneurs en coliformes fécaux expliqué par l'ajout de chacune des variables dans le modèle. 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 0,65 et la relation est hautement significative ($P < 0,001$).

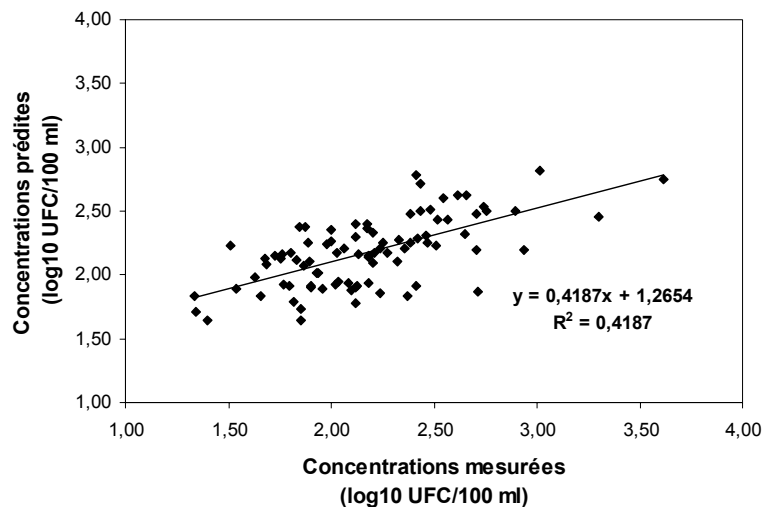


Figure 2. Droite de régression entre les concentrations prédites et les concentrations mesurées à la baie de Beauport, été 2002

DISCUSSION

Le modèle développé explique 42 % de la variance observée des teneurs en coliformes fécaux mesurées (transformation logarithmique). Une partie de la contamination dépend de la longueur de l'estran : plus l'estran est long (i.e. plus la marée est basse), plus la contamination est importante. La longueur de l'estran explique ainsi 15 % de la variance observée dans les teneurs en coliformes fécaux. Ce phénomène est probablement lié à la présence d'une source de contamination (possiblement les goélands) qui affecte beaucoup plus la qualité de l'eau lorsque la marée est basse. Les précipitations enregistrées dans les 24 heures précédant l'échantillonnage explique un 12 % supplémentaire de la variance; en effet, plus les précipitations sont importantes, plus il y a de débordements des réseaux d'égout. La troisième variable du modèle est le moment de l'échantillonnage (AM ou PM); son introduction dans le modèle contribue à expliquer un 11 % supplémentaire de la variance. La contamination est plus importante le matin probablement à cause de la présence de goélands sur le site au cours de la nuit et à l'aube (Denis Robillard, Ville de Québec, communication personnelle). Lors de l'échantillonnage, une bonne partie des goélands avait déjà quitté le site, ce qui fait que la variable GOEL (nombre de goélands sur le site au moment de l'échantillonnage) n'a pas été retenue dans le modèle. Au cours de l'après-midi, la contamination engendrée par la présence des goélands sur le site au cours de la nuit et tôt le matin n'est plus perceptible à cause du changement des masses d'eau engendré par les courants de marée. Finalement, la hauteur des vagues explique un 3 % supplémentaire de la variance; plus il y a de vagues, plus il y a de brassage et de remise en suspension des sédiments de fond auxquels peuvent être adsorbés les coliformes fécaux. La phase de la marée (montant ou baissant) et les rejets de la station d'épuration de Québec ne semblent pas influencer la variabilité des teneurs en coliformes fécaux observée sur le site.

CONCLUSION

A l'été 2002, la qualité bactériologique de l'eau de la plage de la baie de Beauport aurait permis la baignade approximativement une journée sur deux. En effet, le critère de qualité lié à la baignade (200 UFC/100 ml) a été respecté 56 % du temps à 8h00 le matin et 71 % du temps à 13h00, alors que la fréquence des journées où le critère a été respecté à la fois à 8h00 et 13h00 a été de 44 % (20 jours sur 45).

Afin d'améliorer la qualité bactériologique des eaux de la baie de Beauport, il faudrait dans un premier temps éloigner les goélands du secteur et, dans un deuxième temps, réaliser des interventions (bassins de rétention) visant à diminuer les débordements d'eaux usées non traitées survenant par temps de pluie.

Avant que ces interventions ne soient réalisées, la prudence est encore de mise pour la baignade à la baie de Beauport, et ce malgré le fait que les risques pour la santé soient de beaucoup inférieurs à ceux qui existaient avant la mise en service de la station d'épuration (Station Est).

Nous espérons répéter cette étude durant l'été 2003, qui sera peut-être moins sec que l'été 2002. Cela permettra de vérifier et raffiner le modèle prédictif développé à l'été 2002, et ainsi de se rapprocher encore plus d'une plage ouverte à la baignade, à tout le moins par temps sec.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), 1995. *Standard methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19^e 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.

LÉVESQUE, B., P. BROUSSEAU, P. SIMARD, E. DEWAILLY, M. MEISELS, D. RAMSAY et J. JOLY, 1993. Impact of the Ring-Billed Gull (*Larus delawarensis*) on the Microbiological Quality of Recreational Water, *Applied and Environmental Microbiology*, 59 : 1228-1230.

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, 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, Division de l'assainissement des eaux, 16 p. et 6 annexes.