

**MODÉLISATION DE LA
QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE
D'UN SITE POTENTIEL DE BAINADE
À LA BAIE DE BEAUPORT, QUÉBEC**

ÉTÉ 2004

(Version écourtée)

par :

Jean Lacoursière
Accès St-Laurent Beauport

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	3
QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DE L'EAU	4
DISCUSSION	6
SCENARIOS DE RÈGLES DE FERMETURE	8
RISQUE DE CONTRACTER UNE GASTROENTÉRITE LORS DE LA BAINADE	11
RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	13

INTRODUCTION

Entre 1992 et 2001, les mesures effectuées par temps sec à la plage de la baie de Beauport par la Division de l'assainissement des eaux de l'ancienne Communauté urbaine de Québec ont montré une diminution de la concentration moyenne de coliformes fécaux dans l'eau de baignade. En effet, celle-ci est passée de 491 UFC/100 ml en 1992 à 59 UFC/100 ml en 2001. Le but de ces mesures était de caractériser l'efficacité de la station d'épuration est. Afin de vraiment mesurer l'efficacité de l'usine sans l'influence des débordements des réseaux d'égouts survenant en temps de pluie, ces mesures ont donc été faites par temps sec, c'est-à-dire après au moins trois jours sans précipitations. A chaque été, environ une douzaine de visites étaient effectuées à la plage de Beauport. Ces mesures montrent clairement qu'au fil des ans, l'efficacité de la station d'épuration est s'est améliorée grandement.

Afin de dresser un portrait plus complet de la qualité de l'eau de baignade tant par temps sec que par temps de pluie, Accès St-Laurent Beauport (ASLB) pilote depuis l'été 2002 une campagne d'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau couplée à une analyse statistique des mesures. Cette analyse statistique vise à identifier les paramètres environnementaux corrélés à la concentration de coliformes fécaux, afin de pouvoir prédire fiablement la qualité de l'eau de baignade sans devoir attendre le résultat d'une culture microbienne pendant vingt-quatre heures. La campagne 2004 faisant l'objet du présent rapport confirme que la turbidité de l'eau est l'indicateur le plus important de la qualité bactériologique de l'eau, suivi des précipitations la veille de l'échantillonnage. Ceci avait été découvert en 2003 et avait soulevé des inquiétudes par rapport à l'impact qu'aurait la présence de baigneurs sur la qualité de l'eau. L'hypothèse était qu'un brassage des sédiments par des baigneurs fasse augmenter la turbidité et par conséquent, la concentration en coliformes fécaux. Des essais de remise en suspension de sédiments de fond réalisés au cours l'été 2004 n'indiquent cependant aucune différence significative dans les concentrations de coliformes fécaux avant et après brassage. Une turbidité engendrée par un brassage local résultant de la présence de baigneurs ne ferait donc pas augmenter la contamination bactériologique.

A l'été 2004, 76% des 82 visites effectuées à la plage de Beauport ont montré une concentration de coliformes fécaux inférieure au critère de qualité lié à la baignade (200 UFC/100 ml).

QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DE L'EAU

Les concentrations de coliformes fécaux mesurées à la plage de la baie de Beauport varient d'une journée à l'autre et à l'intérieur d'une même journée (figure 1). La moyenne géométrique saisonnière, calculée sur l'ensemble des visites (N = 82), est de 127 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 (tableau 2). En avant-midi (N = 41; moyenne géométrique de 118 UFC/100 ml), la qualité bactériologique semble meilleure qu'en après-midi (N = 41; moyenne géométrique de 137 UFC/100 ml) mais ces différences ne sont toutefois pas statistiquement significatives.

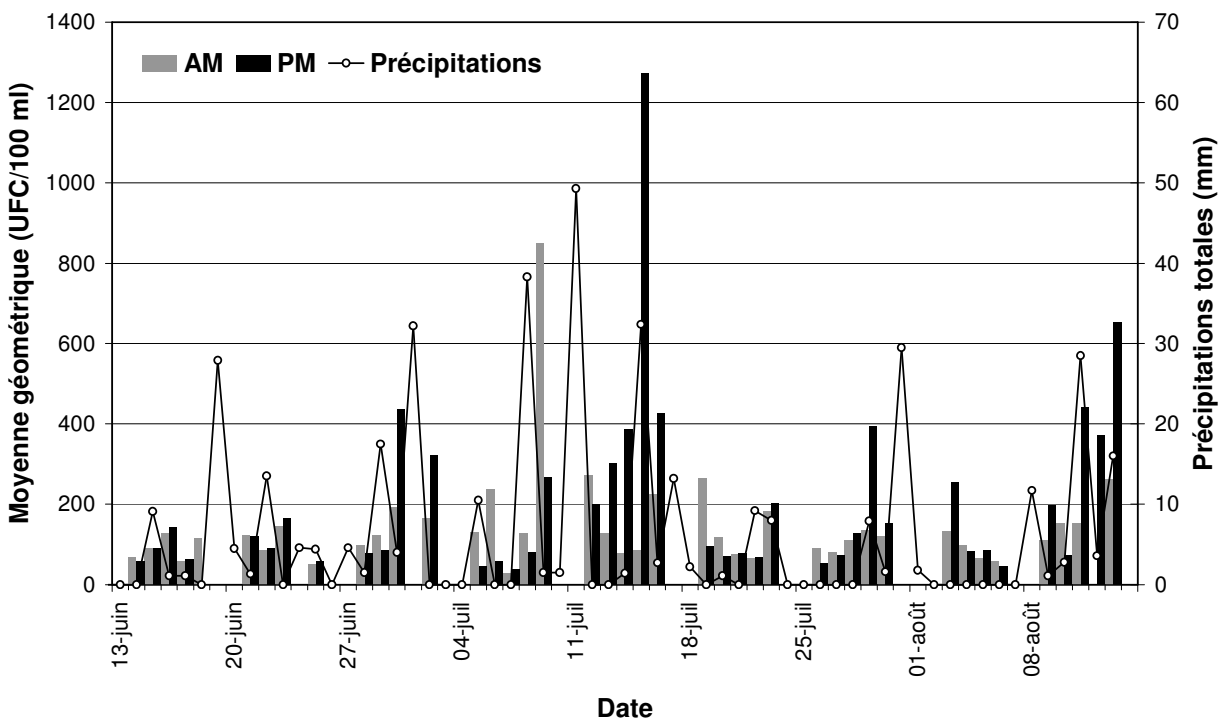


Figure 1. Précipitations journalières à Beauport et concentrations moyennes en coliformes fécaux mesurées le matin et l'après-midi à la baie de Beauport, été 2004.

En avant-midi, le critère de qualité lié à la baignade (200 UFC/100 ml) a été respecté 85 % du temps, alors qu'en après-midi il a été respecté 68 % du temps. La fréquence des journées où le critère a été respecté à la fois le matin et l'après-midi a été de 62 % (26 jours sur 42). Le potentiel pour la baignade du site de la baie de Beauport a été évalué selon le système de classification du programme Environnement-Plage et la fréquence à laquelle le critère de qualité relatif à la baignade a été respecté.

Tableau 1. Système de classification du programme Environnement-Plage

Moyenne géométrique des concentrations en coliformes fécaux	Qualité de la plage
0 à 20 UFC/100 ml	A- excellente
21 à 100 UFC/100 ml	B- bonne
101 à 200 UFC/100 ml	C- passable
plus de 200 UFC/100 ml	D- polluée

Le potentiel d'un site pour la baignade est défini comme suit :

- **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);
- **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);
- **faible**, si la baignade y est possible à une fréquence se situant entre 50 et 70 %;
- **très faible**, si la baignade y est possible à une fréquence inférieure à 50 %.

Sur cette base, le potentiel du site de la baie de Beauport a été évalué comme étant bon pour l'été 2004. Le site pourrait être exploité pour la baignade, mais devrait être géré de façon préventive afin d'éviter d'exposer les baigneurs à la mauvaise qualité bactériologique résultant des débordements des réseaux d'égouts en temps de pluie.

DISCUSSION

Plusieurs études ont démontré l'existence d'une corrélation statistiquement significative entre les concentrations en coliformes fécaux mesurées dans la colonne d'eau et dans les sédiments de fond. Ces études ont également mis en évidence le fait que le sable d'une plage joue un rôle majeur en ce qui concerne la qualité bactériologique de l'eau, qu'il peut être une source importante de coliformes fécaux et qu'il peut soutenir une population autochtone de coliformes fécaux pour une certaine période sans aucun apport extérieur.

Le fait que les concentrations en coliformes fécaux mesurées à la baie de Beauport soient fortement corrélées avec la turbidité peut laisser supposer que le sable et les sédiments agissent comme réservoirs de coliformes fécaux et que ceux-ci peuvent être remis en suspension dans la colonne d'eau lors de forts vents d'est. Cependant, des essais de remise en suspension de sédiment de fond réalisés au cours l'été 2004 (figure 3) n'indiquent aucune différence significative dans les concentrations de coliformes fécaux avant et après brassage. Une turbidité engendrée par un brassage local résultant de la présence de baigneurs ne ferait donc pas augmenter la contamination bactériologique.

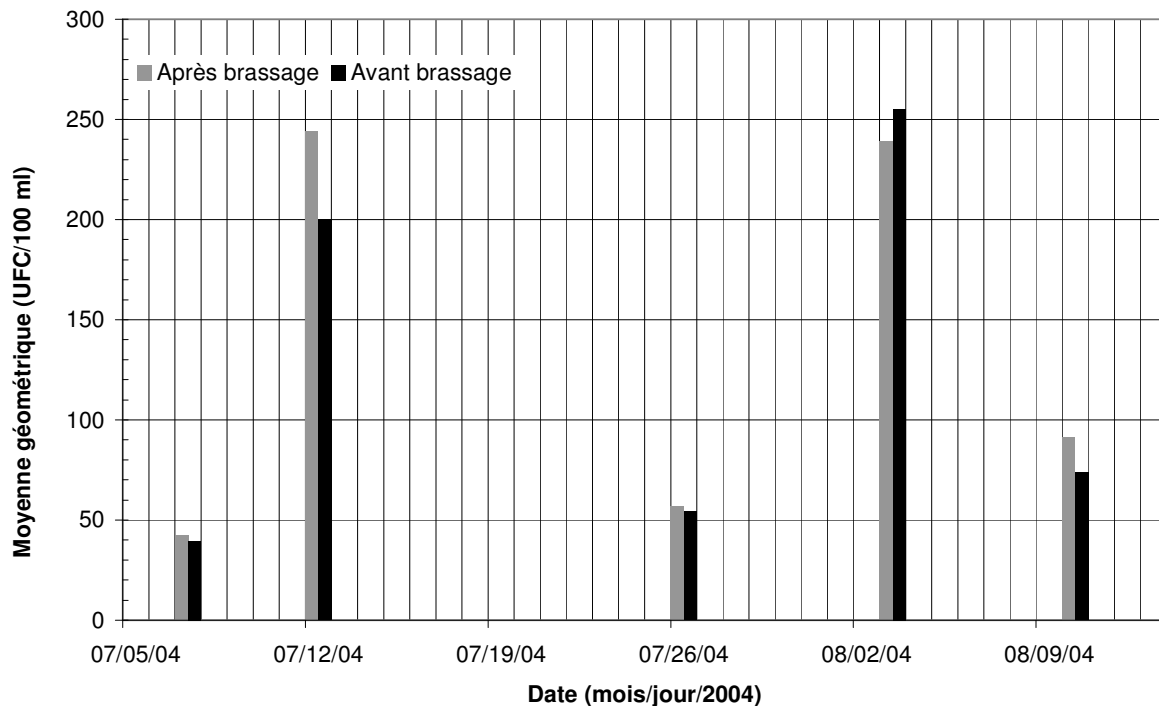


Figure 3. Concentrations géométriques moyennes en coliformes fécaux avant et après la mise en suspension (brassage) des sédiments de fond (expériences effectuées à 13h00).

Derrière la turbidité de l'eau, les précipitations enregistrées à Beauport la veille, et dans une moindre mesure l'avant-veille de l'échantillonnage, ont également un impact important sur la qualité bactériologique de l'eau. Dans le secteur de la baie de Beauport, il y a en effet 18 structures de surverse où peuvent se produire des débordements d'eaux usées non traitées lors de précipitations importantes.

SCENARIOS DE RÈGLES DE FERMETURE

Les études entreprises depuis 2002 démontrent l'existence d'une forte corrélation entre la turbidité, les précipitations la veille et l'avant-veille et la concentration en coliformes fécaux de l'eau de la plage de Beauport. Forts de cette connaissance et de la rapidité avec laquelle ces variables peuvent être mesurées, il est raisonnable de se demander s'il est possible de lever partiellement l'interdiction permanente de baignade actuellement en vigueur tout en minimisant les risques sanitaires associés à cette activité. La seule manière d'approcher cette question consiste à établir différentes règles de fermeture et de mesurer le taux d'erreur associé au suivi de ces règles, afin de déterminer le meilleur scénario possible. C'est ce que nous avons fait rétrospectivement à l'aide des données de 2003 et 2004 seulement, la turbidité de l'eau n'ayant pas été mesurée en 2002.

Un total de 162 visites ont été effectuées à la plage de Beauport en 2003 et 2004. Le tableau 3 montre deux scénarios de règles de fermeture, le premier plus sévère que le deuxième, qui sont représentatifs de ce qu'il serait possible d'accomplir grâce à la connaissance acquise au cours des trois dernières années.

Tableau 3. Taux de succès de deux scénarios de règles de fermeture basés sur les données des étés 2003 et 2004 (162 visites).

Règle de fermeture	Taux d'ouverture non sécuritaire de la plage	Taux de fermeture inutile de la plage	Taux d'ouverture de la plage
Turbidité > 8 UNT ou Précipitations la veille à Beauport > 2 mm	0 % (0/162)	26 % (42/162)	46 % (75/162)
			Moyenne géométrique = 75 UFC/100ml Plage classée B (bonne)
Turbidité > 12 UNT ou Précipitations la veille à Beauport > 15 mm ou Précipitations la veille + l'avant-veille à Beauport > 25 mm	5 % (8/162) *	10 % (16/162)	67 % (109/162)
			Moyenne géométrique = 89 UFC/100ml Plage classée B (bonne)

* Pour les 8 visites où la plage aurait été ouverte alors qu'elle aurait dû être fermée, la moyenne géométrique de la concentration de coliformes fécaux est 258 UFC/100 ml et la concentration maximale est 442 UFC/100 ml.

Le tableau 3 montre que malgré la sévérité des règles de fermeture du premier scénario, qui aurait permis d'obtenir un taux d'ouverture non sécuritaire de 0 %, la plage aurait néanmoins pu être ouverte 46 % du temps, soit environ la moitié du temps. Si le deuxième scénario de fermeture avait été utilisé, le taux d'ouverture non sécuritaire aurait été 5 % et le taux global d'ouverture 67 %. Ce deuxième scénario en est un qui cherche à minimiser la somme des deux taux d'erreurs (ouverture non-sécuritaire et fermeture inutile), en privilégiant la combinaison donnant le plus petit taux d'ouverture non sécuritaire si plus d'un scénario donnent la même somme minimale de taux d'erreurs. Une analyse statistique plus systématique permettrait d'obtenir le scénario optimal, bien que le deuxième scénario du tableau 3 en soit probablement très proche.

Un point intéressant à noter est la dernière colonne du tableau 3. On peut voir que grâce à l'application des règles de fermeture, la moyenne géométrique de la concentration de coliformes fécaux devient inférieure à 100 UFC/100 ml, ce qui représente une plage de qualité B (bonne) pour la combinaison des années 2003 et 2004, selon le système de classement du Programme Environnement-Plage. Or, en tenant compte de l'ensemble des journées, l'eau de baignade de la plage de Beauport était de qualité C (passable) pour les années 2003 (135 UFC/100 ml) et 2004 (127 UFC/100 ml). Par contre, en appliquant des règles de fermeture préventives, les baigneurs auraient été exposés à une eau beaucoup moins contaminée. Ceci démontre l'effet bénéfique d'une gestion préventive de la plage à l'aide de règles de fermeture.

La figure 4 montre graphiquement l'effet de l'application du deuxième scénario de règles de fermeture du tableau 3. La figure montre un histogramme répartissant les 162 visites selon la concentration de coliformes fécaux mesurée. Deux choses sautent aux yeux sur ce graphique. Premièrement, on note sur l'histogramme foncé que la grande majorité des visites présentaient une concentration de coliformes fécaux inférieure au critère de qualité (200 UFC/100 ml). Deuxièmement, on remarque le nombre significatif de visites où la contamination était supérieure au critère de qualité (45 sur 162), et ce parfois largement, une situation où la plage ne doit pas être ouverte. Or, l'histogramme pâle montre à quel point l'application du deuxième scénario de règles de fermeture (tableau 3) permet d'éviter d'exposer la population à ces épisodes de forte contamination bactériologique. Evidemment, des règles de fermeture basées sur des données statistiques ne peuvent pas être infaillibles, tel qu'observable par les 8 visites supérieures à 200 UFC/100 ml restante même après l'application des règles de fermeture. Il est par contre clair qu'il est possible de prédire avec une grande efficacité les épisodes de forte contamination.

Il est possible d'éliminer complètement les périodes de contamination supérieures à 200 UFC/100 ml en appliquant des règles de fermeture plus sévères, comme celles du premier scénario du tableau 3. Toutefois, le prix à payer pour une plus grande discrimination des périodes supérieures à 200 UFC/100 ml est une augmentation du nombre de fermetures de la plage alors que l'eau y est pourtant baignable.

Plage de Beauport Etés 2003 et 2004 (162 visites)

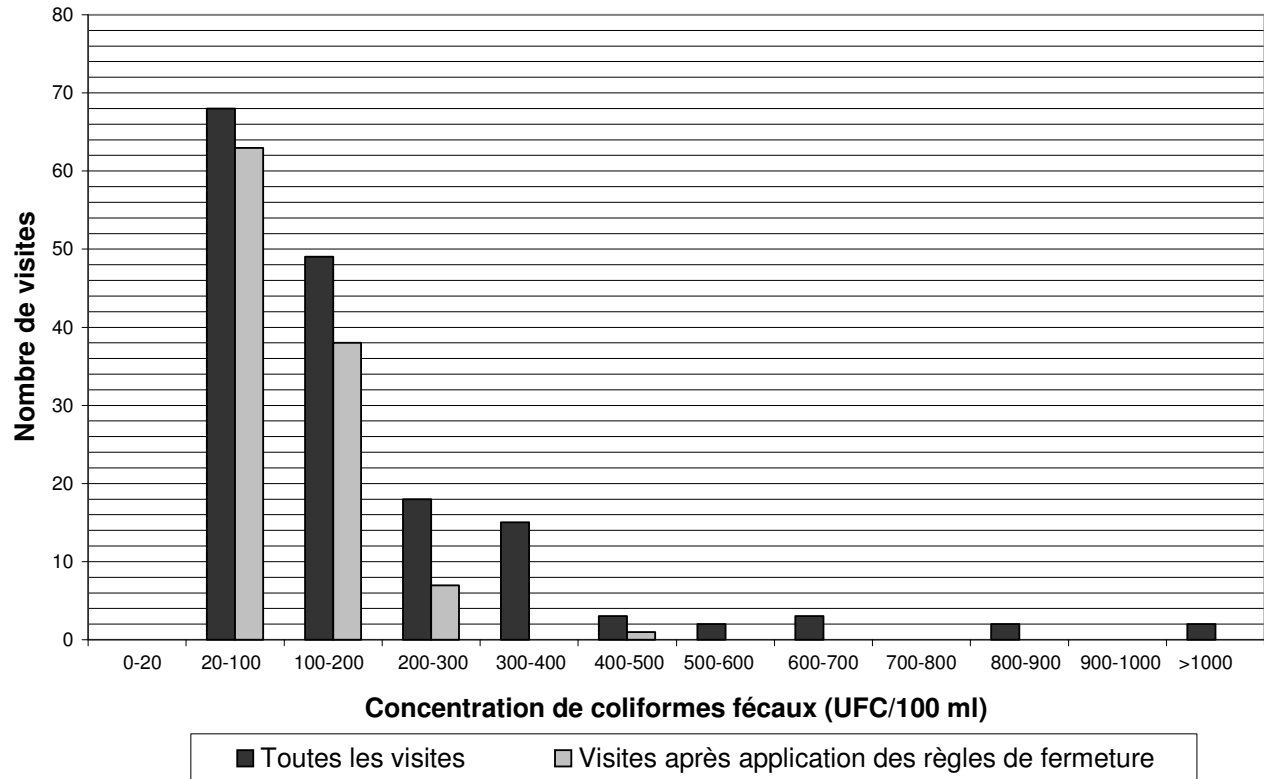


Figure 4. Histogramme des visites à la plage de la baie de Beauport en fonction de la concentration de coliformes fécaux mesurée, avant et après application d'un scénario de règles de fermeture. Le scénario utilisé force la fermeture de la plage lorsque l'une des condition suivante est rencontrée: turbidité de l'eau > 12 UNT; précipitations la veille à Beauport > 15 mm; précipitations la veille + l'avant-veille à Beauport > 25 mm.

RISQUE DE CONTRACTER UNE GASTROENTÉRITE LORS DE LA BAIGNADE

L'étude la plus sérieuse et approfondie à ce jour sur les risques de contracter une maladie gastroentérique durant une baignade a été publiée en 2004 (Wiedenmann, 2004). Effectuée en Allemagne sur des plages d'eau douce, cette étude parvient à mettre en graphique le risque de contracter une gastroentérite en fonction de la concentration de bactéries E.coli à laquelle est soumis un baigneur. Au total, les chercheurs ont suivi l'état de santé de 962 baigneurs et 1019 non-baigneurs, tous volontaires pour cette étude. Les baigneurs ont dû se soumettre à une baignade de 10 minutes comprenant au moins 3 immersions totales de la tête, pendant que la concentration locale de E.coli dans l'eau était mesurée.

Le tableau 4 montre le risque de contracter une gastroentérite en fonction du 95^e centile de la concentration de E.coli rencontrée par un baigneur. Il est important de souligner que ce risque est un risque « excédentaire », du fait qu'il existe toujours une fraction de la population de non-baigneurs atteinte de gastroentérite. En se référant au tableau 4, on voit que sur une population de 1000 individus non-baigneurs, on peut en général en dénombrier 14 souffrant d'une gastroentérite. Si ces 1000 individus sont soumis à une baignade de 10 minutes comprenant au moins 3 immersions de la tête dans une eau dont le 95^e centile de la concentration de E.coli est 100 E.coli/100 ml, le nombre de gastroentérites augmentera à 16. Ceci donne un risque excédentaire de 0,2 % (i.e. 16 moins 14, divisé par 1000).

Tableau 4. Risque excédentaire lié à la baignade de contracter une gastroentérite, selon l'étude de Wiedenmann (Wiedenmann, 2004).

95e centile de la concentration de E.coli (E.coli/100 ml)	Nbre de gastroentérites sur 1000 individus	Risque excédentaire de contracter une gastroentérite (baignade de 10 minutes avec au moins 3 immersions de la tête)
Zéro (non-baigneur)	14	0 %
100	16	0,2 %
200	18	0,4 %
300	19	0,5 %
400	21	0,7 %
500	22	0,8 %
1000	27	1,3 %

Les études effectuées à la baie de Beauport au cours des trois dernières années utilisent les coliformes fécaux comme indicateur de contamination microbienne de l'eau de baignade, comme l'exige le Programme Environnement-Plage du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Par contre, l'étude allemande utilise la bactérie E.coli comme indicateur de contamination. Or, une méthode de mesure des E.coli a été développée en 2004 au Centre d'analyse de la Ville de Québec. Cette méthode a permis de conclure que pratiquement 100 % des coliformes fécaux prélevés dans les échantillons d'eau de la baie de Beauport étaient des E.coli. Il devient alors possible, grâce au tableau 4 tiré de l'étude allemande, d'estimer le

risque excédentaire de contracter une gastroentérite à la plage de la baie de Beauport durant une baignade de 10 minutes comprenant au moins 3 immersions de la tête. Le tableau 5 montre ces estimations.

Tableau 5. Estimation du risque de contracter une gastroentérite à la baie de Beauport basée sur l'étude de Wiedenmann (Wiedenmann, 2004), en fonction de divers scénarios de règles de fermeture de la plage . Le 95^e centile de la concentration de coliformes fécaux est calculé à partir des 162 visites effectuées en 2003 et 2004 auxquelles sont rétrospectivement appliquées les règles de fermeture.

Règles de fermeture de la plage	95 ^e centile de la concentration de coliformes fécaux (UFC/100 ml)	Nbre de gastroentérites sur 1000 individus	Risque excédentaire de contracter une gastroentérite (baignade de 10 minutes avec au moins 3 immersions de la tête)
Non-baigneurs	Non-baigneurs	14	0 %
Aucune	511	22	0,8 %
Turbidité > 12 UNT ou Précipitations la veille à Beauport > 15 mm ou Précipitations la veille + l'avant-veille à Beauport > 25 mm	233	18	0,4 %
Turbidité > 8 UNT ou Précipitations la veille à Beauport > 2 mm	153	17	0,3 %

En toute rigueur, il est important de noter que les résultats de l'étude de Wiedenmann sont valables pour des conditions de baignade contrôlées. On peut présumer que les risques sont plus élevés avec une baignade plus intense (plus de 10 minutes avec des immersions fréquentes de la tête) et une population plus vulnérable (jeunes enfants, personnes âgées, personnes immunodéficientes). Il ne faut pas non plus ignorer l'existence de d'autres problèmes de santé associés à la baignade dans une eau contaminée (infection des yeux, des oreilles, de la peau, etc.).

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE

WIEDENMANN, A. et al., 2004. Epidemiological Determination of Disease Risks from Bathing.