

Zoonoses entériques : quels enjeux pour la baignade?

Caroline Huot, médecin spécialiste, INSPQ

Vicky Huppé, conseillère scientifique INSPQ

8 décembre 2020

www.inspq.qc.ca

Déclaration de conflits d'intérêts

En relation ou non avec le contenu de cette activité, j'ai eu au cours des deux dernières années, une affiliation ou des intérêts financiers ou de tout ordre avec une société à but lucratif **ou** j'estime que je dois divulguer à l'auditoire un intérêt ou une orientation particulière, non pécuniaire.

Caroline Huot	Non <input checked="" type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>
Vicky Huppé	Non <input checked="" type="checkbox"/>	Oui <input type="checkbox"/>

Plan de la présentation

www.inspq.qc.ca

3

Plan de la présentation

- Mise en contexte
- Objectifs pédagogiques
- Contaminants impliqués lors d'éclotions de zoonoses liées aux eaux récréatives
- Sources des contaminants
- Principales stratégies de prévention et de gestion des risques à la santé: contexte actuel au Québec, enjeux et pistes de solution
- Conclusions
- Questions

Institut national
de santé publique
Québec

4

Mise en contexte

www.inspq.qc.ca

5

Institut national
de santé publique
Québec

Bienfaits activités récréatives aquatiques

- Activités physiques populaires chez les québécois de 15 ans et plus
 - Natation : pratiquée annuellement par 44 %
 - Sports nautiques à rame pratiqués annuellement par 27 %
- Rafrachissement lors de période de chaleur
- Loisirs et détente



6

Institut national
de santé publique
Québec

Types d'eaux récréatives

Milieus naturels



Milieus artificiels



Institut national
de santé publique
Québec

Types de contacts avec l'eau

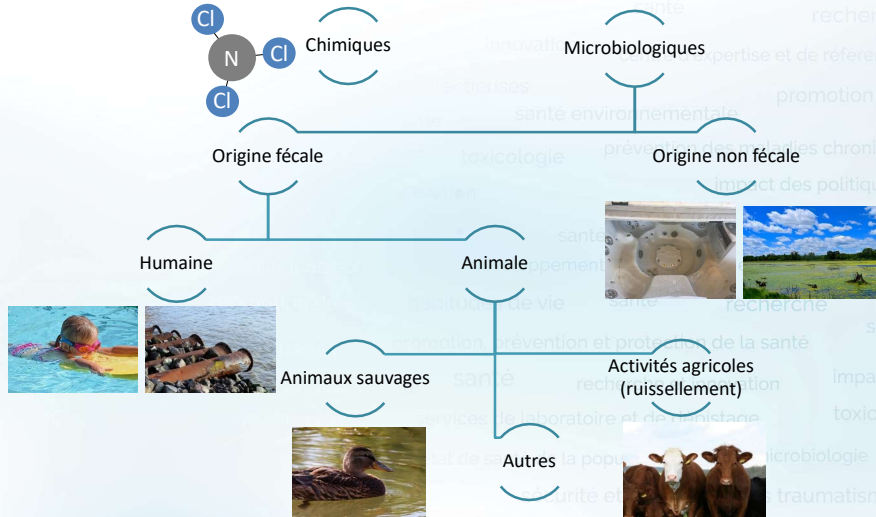
Plages et autres milieux naturels

- **Contact primaire:** tout le corps ou le visage et le tronc fréquemment immergés ou le visage fréquemment éclaboussé, avec possibilité d'ingestion d'eau
- **Contact secondaire:** seuls les membres régulièrement mouillés et le contact d'une plus grande partie du corps avec l'eau inhabituel



Institut national
de santé publique
Québec

Types de contaminants



Institut national de santé publique Québec

Voies d'expositions impliquées

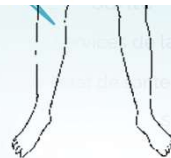


Inhalation ou aspiration
Legionella
trichloramines

Table 4 | Geometric means and associated 95% confidence intervals for amount of water ingested, time spent in the pool, and implied ingestion rates by swimmer group

Age group	Gender	Geometric means and 95% confidence intervals		
		Amount ingested (mL)	Time in the pool (mL per min)	Ingestion rate (mL per h)
Children	All	38.2 (28–52)	95.9 (88–104)	23.9 (17–33)
Teens	All	22.1 (17–28)	55.8 (52–59)	23.7 (19–30)
Adults	All	10.4 (9–12)	50.3 (49–52)	12.4 (11–14)
	Female	8 (7–10)	51.1 (49–54)	9.4 (8–11)
	Male	13.7 (11–17)	49.5 (47–52)	16.4 (13–20)

Differences between italic values are not significant. All other differences among age groups and gender are statistically significant at $p < 0.01$.

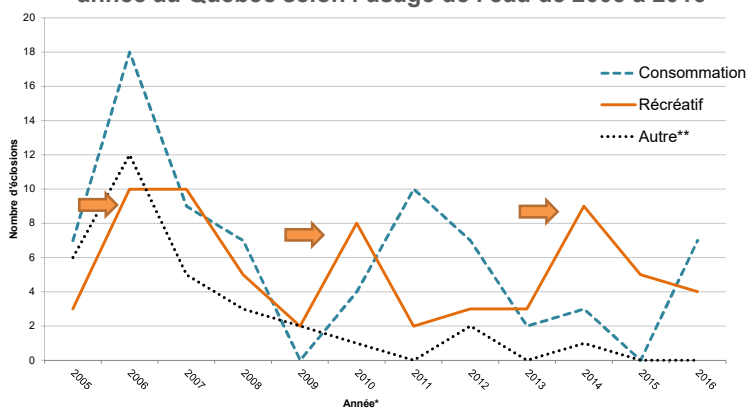


Ingestion
Norovirus
E. coli
Cryptosporidium spp.

Institut national de santé publique Québec

Épidémiologie des écloisions liées aux eaux récréatives au Québec

Nombre d'écloisions d'origine hydrique rapportées chaque année au Québec selon l'usage de l'eau de 2005 à 2016



** La catégorie « Autre » inclut notamment les tours de refroidissement et les données non disponibles.

Institut national
de santé publique
Québec

Épidémiologie des écloisions liées aux eaux récréatives au Québec

Nombre d'écloisions d'origine hydrique rapportées pour chaque type d'installations récréatives au Québec de 2005 à 2016

Types d'installations	Nombre d'écloisions	Nombre total de personnes impliquées
Inconnu	1	31
Piscines, pataugeoires, parcs récréatifs*	29	171
Plages	➔ 20	➔ 203
Spas	14	106
Total	64	511

Institut national
de santé publique
Québec

Zoonoses entériques

« Une zoonose entérique est définie comme une maladie ou une infection causée par l'**ingestion** de virus, de bactéries ou de parasites qui se transmettent naturellement entre les animaux et les humains. La transmission de l'agent infectieux peut survenir suite à une exposition aux aliments, **à l'eau**, aux animaux ou à un environnement contaminé. »
(Groupe d'experts sur les zoonoses entériques, 2020)

Risques pour la santé

- Maladies gastrointestinales aiguës
- Maladies respiratoires aiguës
- Dermate du baigneur
- Complication rénales et hépatiques
 - Ex. leptospirose, *E. coli* producteur de vérocytotoxines

Zoonoses entériques et eaux récréatives

Méthodologie générale

- 2 rapports synthèse de l'INSPQ
- Survol de la littérature scientifique et grise

Inclusions

- Plages et autres milieux naturels
- Installations extérieures

Exclusions

- Piscines, spas, jeux d'eau et pataugeoires
 - Risque possible mais peu documenté
- Installations intérieures

Objectifs pédagogiques

Objectifs pédagogiques

Au regard des zoonoses entériques transmises par les eaux récréatives:

- Identifier les contaminants impliqués dans des éclosions
- Décrire les sources possibles de ces contaminants
- Résumer les principales stratégies de prévention et de gestion des risques à la santé

Contaminants impliqués lors d'éclosions

Contaminants-Question quiz

Quel est le contaminant microbiologique d'origine zoonotique qui cause le plus de cas dans les éclosons de maladies entériques liées aux eaux récréatives documentées aux États-Unis?

1. *Shigella*
2. *Campylobacter*
3. *Cryptosporidium*
4. *E. coli*

Quels contaminants documentés?

Zoonoses et eaux récréatives

Agent soupçonné	INSPQ, 2017 Transmission par l'eau	Santé Canada, 2012 Eaux récréatives	OMS, 2003 Eaux récréatives
Hépatite E	Potable et récréative		Risque plausible
<i>E. coli</i> producteur vérocytotoxine	Potable	Éclosons USA et Canada	Éclosons USA
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Potable	-	-
<i>Campylobacter</i>	Potable et récréative	Souvent détecté dans eaux de surface	Risque plausible sable réservoir
<i>Leptospira</i>	Eau contaminée	Éclosons USA	Éclosons USA
<i>Salmonella</i>	Potable	Souvent détecté dans eaux de surface	Plausible
<i>Cryptosporidium</i>	Récréative	Éclosons USA	Éclosons USA
<i>Giardia</i>	Potable et récréative	Éclosons USA	Éclosons USA

Contaminants-Éclosions au Québec

Portrait des éclosions d'origine hydrique liées à la qualité de l'eau des plages et autres plans d'eau en milieu naturel de 2005 à 2016 pour l'ensemble du Québec

Agent soupçonné	Nombre d'éclosions	Nombre total de personnes impliquées
Agent infectieux indéterminé	6	31
→ Cercaire	11	159
Cyanobactéries	3	13
Total	20	203

* Une des éclosions, dont l'origine suspectée de la contamination indiquait « Système de traitement inadéquat ou défectueux et mauvais fonctionnement ou entretien de la piscine », a été inclut dans la catégorie « Inconnue ». Cette éclosion est survenue dans un terrain de camping, qui inclut une plage ainsi que des installations artificielles telles qu'une piscine et des jeux d'eau. Il n'était pas possible de déterminer si l'éclosion était associée à l'eau du lac, des bassins artificiels ou des deux.

Institut national
de santé publique
Québec

Contaminants-Éclosions aux États-Unis

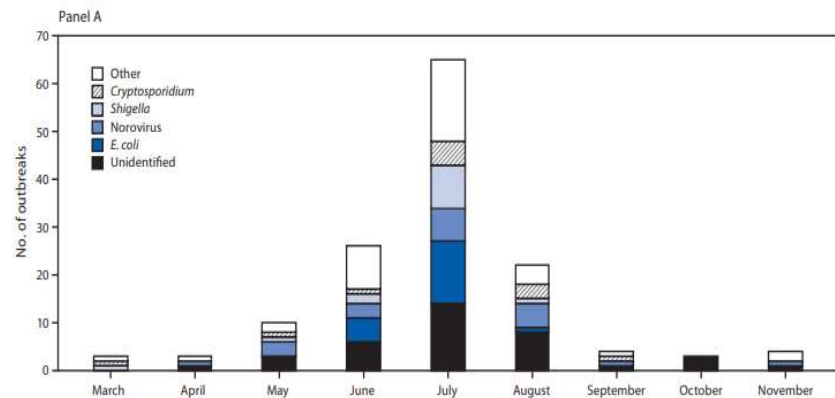
TABLE. Number of untreated recreational water-associated outbreaks, cases, and median number of cases, by etiology—United States, 2000–2014

Etiology	Outbreaks no. (%)	Cases no. (%)	Cases per outbreak median no. (range)
Total	140 (100)*	4,958 (100)	9 (2–1,341)
Bacterium	43 (31)	604 (12)	5 (2–141)
<i>Campylobacter</i>	1 (1)	6 (0)	6 (—) [†]
<i>Escherichia coli</i>	19 (14)	155 (3)	5 (3–45)
<i>Leptospira</i>	6 (4)	74 (2)	3 (2–43)
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	3 (2)	7 (0)	2 (2–3)
<i>Shigella</i>	14 (10)	362 (7)	14 (2–141)
Parasite	25 (18)	685 (14)	7 (2–220)
Avian schistosomes	8 (6)	345 (7)	17.5 (4–200)
<i>Cryptosporidium</i>	12 (9)	314 (6)	6.5 (3–220)
<i>Giardia</i>	4 (3)	24 (0)	6 (2–10)
<i>Naegleria fowleri</i>	1 (1)	2 (0)	2 (—) [†]
Virus	22 (16)	1,491 (30)	27.5 (8–597)
Adenovirus	1 (1)	32 (1)	32 (—) [†]
Norovirus	21 (15)	1,459 (29)	26 (8–597)
Multiple[§]	5 (4)	345 (7)	56 (45–125)
Chemical/Toxin	8 (6)	78 (2)	8.5 (2–20)
Algal toxin	7 (5)	75 (2)	9 (2–20)
Copper sulfate	1 (1)	3 (0)	3 (—) [†]
Unidentified[¶]	37 (26)	1,755 (35)**	8 (2–1,341)

Institut national
de santé publique
Québec

Contaminants-Éclosions aux États-Unis

FIGURE. Number* of untreated recreational water-associated outbreaks by etiology and month (panel A) and year (panel B) — United States, 2000–2014†



Institut national
de santé publique
Québec

Contaminants-Autres exemples d'éclosions d'importance rapportées dans la littérature récente

Norovirus

- Finlande, publié en 2018, 244 cas (Polkowska *et al.*)
 - Norovirus isolé chez 19 cas, non retrouvé dans la source environnementale

Pathogènes multiples

- UK, publié en 2017, 338 cas (Hall *et al.*)
 - Giardia chez 4 cas et Crypto chez 1 cas

Institut national
de santé publique
Québec

Personnes vulnérables



Jeunes enfants

- Immaturité système immunitaire, sensibilité à certaines infections (ex. *Giardia*)
- Plus à risque de complications pour certaines infections (*E. coli* O157:H7)
- Exposition accrue



Personnes âgées

- Plus à risque de complications pour certaines infections (*E. coli* O157:H7)



Personnes immunodéprimées

- Certaines personnes plus vulnérables aux infections à *Cryptosporidium*

Sources des contaminants

Sources des contaminants-Question quiz

Quels sont les sources possibles pour ces contaminants?

1. Oiseaux
2. Activités agricoles d'élevage, d'épandage, etc.
3. Chiens
4. Toutes ces réponses

D'où proviennent les contaminants?

Oiseaux

- Québec
 - 1993, étude impact des goélands sur qualité de l'eau des plages : ↑marquée coliformes fécaux (Lévesque *et al.*)
 - 2000, goélands excrètent quantités élevées de coliformes fécaux, peut affecter qualité des eaux récréatives (Lévesque *et al.*)
- Canada
 - 2016 (Gorham *et al.*), revue de littérature
 - Bernaches source de divers contaminants (*Campylobacter*, *Salmonelle*, *E. coli*, *Giardia*, *Cryptosporidium*) dans eaux récréatives naturelles et sable des plages



D'où proviennent les contaminants?

Oiseaux

- États-Unis
 - Grands Lacs (Rivière Rouge), publié en 2018 (Staley *et al.*)
 - Microbial source tracking (dPCR et qPCR), sources prédominantes sont eaux usées (contamination humaine) et mouettes (surtout à plage, par temps sec)
 - Californie, plages 2 bassins versants, publié en 2018 (Steele *et al.*)
 - PCR, étude eaux pluviales qui se déversent sur plages, concentrations plus élevées de marqueurs de contamination aviaire que sur plages en amont
 - En lien avec présence d'un sanctuaire à oiseaux

Institut national
de santé publique
Québec

29

D'où proviennent les contaminants?

Activités agricoles



- Québec
 - 2011, 146 plages (Turgeon *et al.*)
 - 96% plages + (eau) pour *E. coli* et 12% pour *E. coli* résistant aux antimicrobiens
 - Plages localisées dans une zone où % ↑ du territoire utilisé pour étendre du lisier = 27 fois plus de risque présence (OR = 27,73) de *E. coli* résistant aux antimicrobiens
 - 2011, déterminants associés aux niveaux coliformes fécaux des lacs utilisés pour baignade (Turgeon *et al.*)
 - Présence de production de ruminants à l'intérieur de 2 km (OR = 2,78) et aire urbaine vs rurale (OR=3,69)

Institut national
de santé publique
Québec

30

D'où proviennent les contaminants?

Activités agricoles

- États-Unis
 - Lac Michigan, 2010, 3 plages (Carvin *et al.*)
 - qPCR, présence de virus bovins dans 13 à 35% des échantillons
- Nouvelle-Zélande
 - Entre 2005 et 2009, 6 sites de baignades très fréquentés (Shrestha *et al.*)
 - *Campylobacter jejuni* isolé dans 20% des 509 échantillons
 - Souches associées aux poulets et aux ruminants

D'où proviennent les contaminants?

Sources multiples



- États-Unis
 - Chicago, 2016, 9 plages, 195 échantillons (Shrestha *et al.*)
 - Microbial source tracking, marqueurs de contamination par chiens (6 et 2%) et oiseaux (23%)
 - L'environnement influence source de contamination
 - Grands-Lacs, 2010, 273 plages et 22 tributaires (Haack *et al.*)
 - Microbial source tracking, multiples marqueurs de contamination humaine, par ruminants et mouettes à chaque plage

D'où proviennent les contaminants?

Méthodes

- Variété de méthodes utilisées pour identifier sources potentielles de contamination
 - Identification spécifique pathogènes par PCR, SBT
 - Microbial source tracking, avec marqueurs moléculaires spécifique à une source
 - Lien entre marqueurs, bactéries et virus indicateurs de contamination fécale et pathogènes
 - Caractéristiques du territoire à proximité avec bases données (connaissance réseau hydrologique, données MAPAQ, etc.) (Turgeon 2011)

Conditions qui influencent la contamination

En résumé

- Aucun traitement appliqué à l'eau
- Proximité de sources de contamination telles que pâturage, épandage de lisiers, présence d'oiseaux et animaux sauvages, etc.
 - Sources sont multiples et diffèrent selon le site
- Effet des aléas naturels: pluies abondantes, etc.
- Sable: pourrait agir comme réservoir de microorganismes

Stratégies de prévention et de gestion des risques à la santé

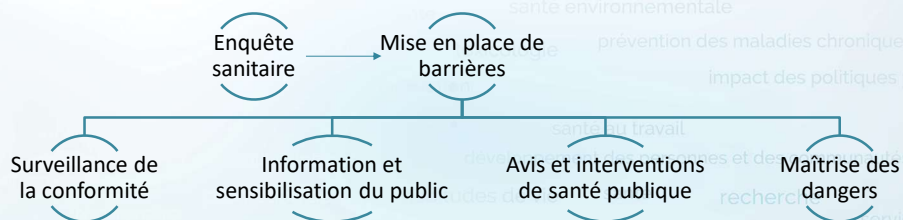
www.inspq.qc.ca

35

Institut national
de santé publique
Québec

Approche barrières multiples

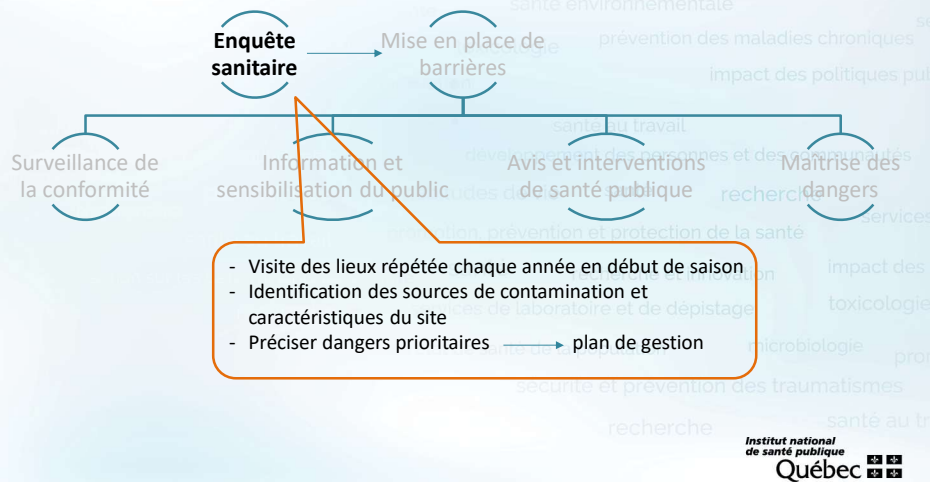
Santé Canada 2012 (inspiré OMS 1999)



Institut national
de santé publique
Québec

Approche barrières multiples

Santé Canada 2012 (inspiré OMS 1999)



Enquête sanitaire

Stratégies actuelles au Québec

- Recommandé dans le guide d'application du programme Environnement-Plage pour évaluer les sources de contamination
- Certaines plages ne faisant pas partie du programme le font

! Enjeux

- Pas d'obligation de faire une enquête sanitaire même si dans le programme

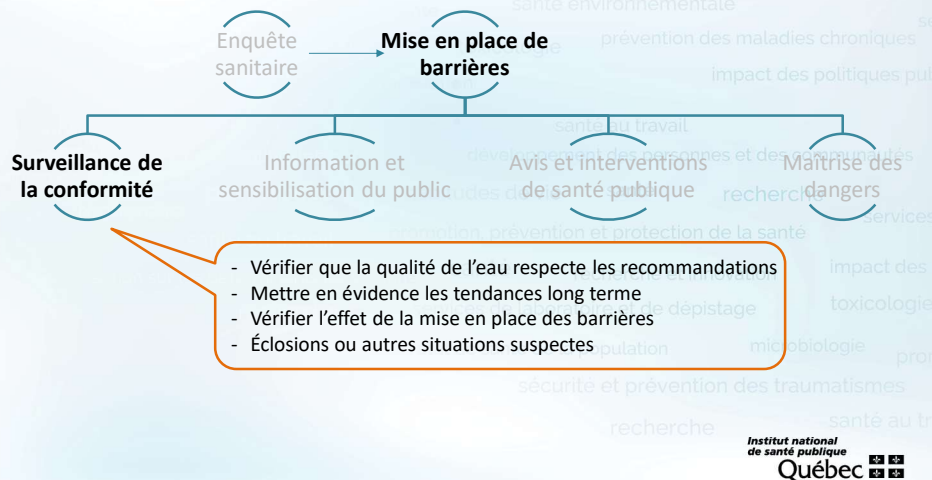
💡 Pistes de solution potentielles

- Faire plus d'enquêtes sanitaires

Institut national
de santé publique
Québec

Approche barrières multiples

Santé Canada 2012 (inspiré OMS 1999)



Stratégies-Question quiz

Quel(s) est(sont) le(s) indicateur(s) microbiologique(s) recommandé(s) pour la surveillance de la qualité de l'eau des plages?

1. *E. coli*
2. Entérocoques
3. *Bactéroides*
4. *Clostridium perfringens*

Surveillance environnementale

Recommandations Santé Canada 2012

Tableau 1. Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada : tableau sommaire

Recommandations		
Paramètre	Considérations	Recommandation
<i>Escherichia coli</i> (Activités récréatives de contact primaire)*	Moyenne géométrique (d'au moins 5 échantillons)	≤ 200 <i>E. coli</i> /100 mL
	Concentration maximale dans un seul échantillon Eaux douces	≤ 400 <i>E. coli</i> /100 mL
Entérocoques (Activités récréatives de contact primaire)*	Moyenne géométrique (d'au moins 5 échantillons)	≤ 35 entérocoques/100 mL
	Concentration maximale dans un seul échantillon Eaux marines	≤ 70 entérocoques/100 mL

Santé Canada (2012)
incidence saisonnière de maladies GI de 10 à 20 cas/1000 baigneurs (données de l'US EPA: Dufour, 1984; Cabelli, 1983)

Surveillance environnementale

Recommandations US EPA 2012

CRITERIA ELEMENTS	Recommendation 1 Estimated Illness Rate 36/1,000		Recommendation 2 Estimated Illness Rate 32/1,000	
	GM (cfu/100 mL)	STV (cfu/100 mL)	GM (cfu/100 mL)	STV (cfu/100 mL)
Enterococci (marine & fresh)	35	130	30	110
<i>E. coli</i> (fresh)	126	410	100	320

Données US EPA étude NEEAR, 2010

Table 5. Beach Action Values (BAVs).

Indicator	Estimated Illness Rate (NGI): 36 per 1,000 primary contact recreators	OR	Estimated Illness Rate (NGI): 32 per 1,000 primary contact recreators
	BAV (Units per 100 mL)		BAV (Units per 100 mL)
Enterococci – culturable (fresh and marine) ^a	70 cfu		60 cfu
<i>E. coli</i> – culturable (fresh) ^b	235 cfu		190 cfu
<i>Enterococcus</i> spp. – qPCR (fresh and marine) ^c	1,000 cce		640 cce

^a Enterococci measured using EPA Method 1600 (U.S. EPA, 2002a), or another equivalent method that measures culturable enterococci.

^b *E. coli* measured using EPA Method 1603 (U.S. EPA, 2002b), or any other equivalent method that measures culturable *E. coli*.

^c EPA *Enterococcus* spp. Method 1611 for qPCR (U.S. EPA, 2012b). See section 5.2.

Surveillance environnementale

Stratégies actuelles au Québec

Environnement-Plage, MELCC

Été 2019
207 plages
échantillonnées
13 fermées

Classification et qualité des eaux de baignade		Moyenne arithmétique en UFC/100 ml	
Cote	Qualité	Plages en milieu d'eau douce <i>Escherichia coli</i>	Plage en milieu marin Entérocoques
73%	A Excellente	≤ à 20	≤ à 5
25%	B Bonne	de 21 à 100	de 6 à 20
1%	C Passable	de 101 à 200	de 21 à 35
2%	D Polluée	≥ à 201	≥ à 36

Institut national
de santé publique
Québec

43

Surveillance environnementale

! Enjeux

- 200 *E. coli*/100 mL ➡ besoin de mise à jour?
- Qualité microbiologique peut varier (temps, espace) en fonction de plusieurs facteurs (ex. pluies abondantes ➡ débordement eaux usées, ruissellement)
- Délais à obtenir les résultats d'analyse (24-48h) dans un contexte où la qualité de l'eau change rapidement
- Indicateurs basés sur un type de contamination, les eaux usées. Corrélation avec autres contaminations? (ex. animales)
- Pas d'obligation - sur une base volontaire

Institut national
de santé publique
Québec

44

Surveillance environnementale

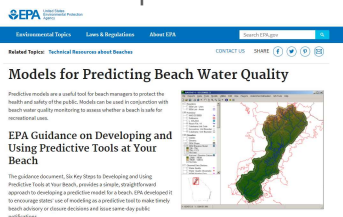
Pistes de solution potentielles

- Méthodes surveillance rapides
 - Exemples:
 - qPCR (résultats en moins de 5h) : Méthode 1611 US EPA (US EPA, 2012)
 - β -D-glucuronidase (résultats en moins de 1h) (Cazals *et al.* 2020)
 - Applicabilité pour site en particulier à évaluer
 - Avantage de rapidité mais nécessitent ressources (ex.: ++ données spécifiques au site, expertise, etc.)

Surveillance environnementale

Pistes de solutions potentielles

- Surveillance de paramètres environnementaux
 - Exemples québécois
 - Débordements eaux usées selon la quantité de pluie tombée
 - Modèle prédictif basé sur divers paramètres (ex. pluie tombée)
 - Modèles prédictifs de l'US EPA



The screenshot shows the EPA website interface. At the top, there is a navigation bar with 'EPA' logo and 'Search EPA.gov'. Below the navigation bar, the main heading is 'Models for Predicting Beach Water Quality'. Underneath, there is a sub-heading 'EPA Guidance on Developing and Using Predictive Tools at Your Beach'. The text describes predictive models as a useful tool for beach managers to protect the health and quality of the public. It also mentions that the development of predictive tools is a complex process and that the guidance document provides key steps to developing and using predictive tools at your beach. A map of the United States is visible on the right side of the screenshot.

Information et sensibilisation

! Enjeux

- Information disponible ? Pas toutes les plages dont la qualité de l'eau est surveillée
- En temps opportun? Problème des indicateurs en milieu naturel
- Sensibilisation du public? Connaissance des baigneurs des risques et de moyens de s'en prémunir

Information et sensibilisation

Différents messages



Information et sensibilisation

💡 Pistes de solution potentielles

- Éco certification telle que Pavillon bleu* inclut 33 critères à respecter dont:
 - Activités d'éducation aux baigneurs
 - Information sur la qualité de l'eau
 - Absence de source de pollution pouvant affecter la zone de baignade
 - Une seule plage au Québec avec cette certification



Information et sensibilisation

💡 Pistes de solutions potentielles

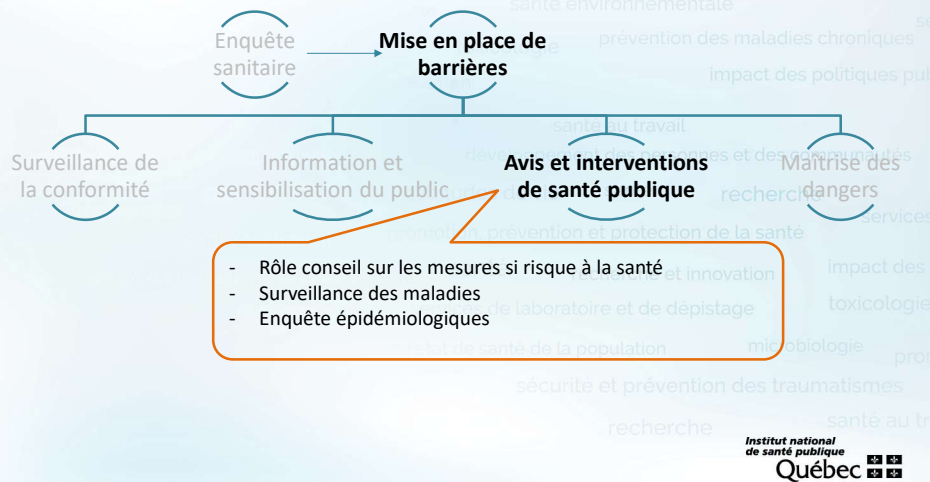
L'exemple de New South Wales en Australie



- Classification annuelle: minimum requis. Basée sur inspection sanitaire et données de qualité de l'eau des dernières années
- Star rating: basé sur les résultats des derniers prélèvements
- Conditions de la journée: basé sur la modélisation prédictive de la qualité de l'eau

Approche barrières multiples

Santé Canada 2012 (inspiré OMS 1999)



Avis et intervention santé publique

Stratégies actuelles

- Signalement aux DSPublique si maladies ou situation problématique – peut mener à une enquête
- Surveillance des éclosions d'origine hydrique
 - Questionnaire complété par les intervenants SE des DSPublique chaque année
 - Rapports MAPAQ sur toxi-infections alimentaires et hydriques
 - Registre ECLOSIONS des MADO classées « hydrique »

Avis et intervention santé publique

! Enjeux

- Déclaration
 - Maladies pas toujours portées à l'attention des DSPublique (sous diagnostiquées donc sous rapportées)
- Caractérisation
 - Peu d'analyses cliniques et environnementales effectuées (force de la preuve)
 - Pathogènes généralement en faible concentration dans l'eau et méthodes pas toujours fiables

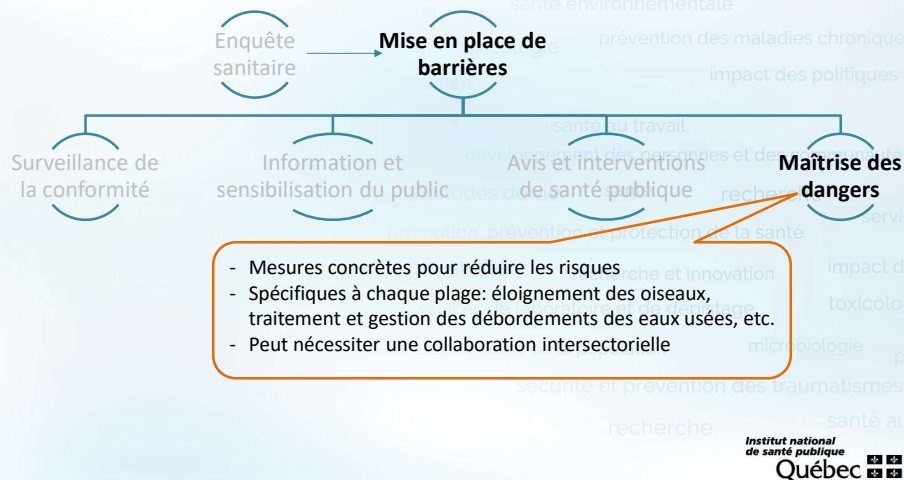
Avis et intervention santé publique

💡 Pistes de solutions potentielles

- Déclaration des éclosions
 - Sensibilisation des usagers, exploitants et cliniciens
- Caractérisation des éclosions
 - Ressources et outils pour aider à l'intervention
 - Plus de prélèvements et plus rapidement?

Approche barrières multiples

Santé Canada 2012 (inspiré OMS 1999)



Maîtrise des dangers

Stratégies actuelles au Québec

- Programme Environnement-Plage:
 - prévoit des fermetures si concentration d'indicateurs dépasse un certain seuil
 - soutien offert si cote D (recherche source)
- Guide d'application recommande de mettre en place un protocole de fermeture préventive en cas de fortes pluies si nécessaire
 - Certaines plages au Québec ont un tel protocole

Maîtrise des dangers

! Enjeux

- Pas d'obligation au regard de l'aménagement (proximité de sources de pollution?)
- Pas d'obligation d'intervention pour la maîtrise des dangers
- Pertinence des mesures spécifiques à chaque site

Maîtrise des dangers

💡 Pistes de solution potentielles: exemples

- Éloigner oiseaux (Converse *et al.* 2012)
 - 50% ↓goélands associée à 38% ↓entérocoques et 29% ↓*E. coli* ($p < 0,001 - 0,034$)
 - Pathogènes (*Campylobacter*, *E. coli* O157:H7, *Salmonella*) présents 64% jours avant intervention et absent pendant intervention ($p = 0,005$)

Conclusions

www.inspq.qc.ca

Institut national
de santé publique
Québec

61

Conclusions

Principaux constats

- Certaines zoonoses peuvent être transmises par les eaux récréatives
- Sources animales: surtout oiseaux, agriculture
Importance de ces sources varie selon les plages
- Important d'identifier les sources de contamination et d'agir sur ces sources

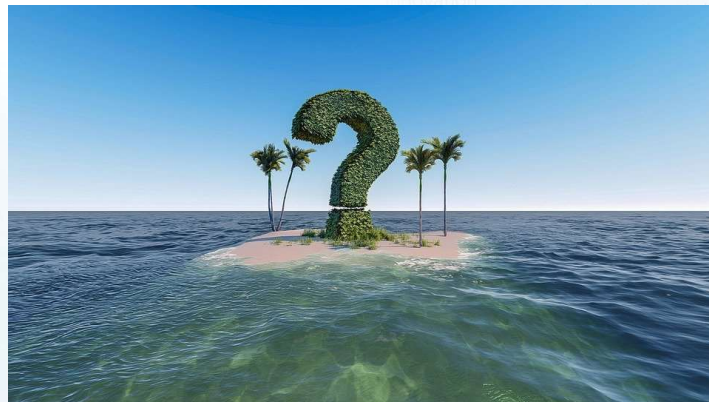
Institut national
de santé publique
Québec

62

Conclusions

Principaux constats

- Plusieurs plages ne font pas l'objet d'une surveillance: favoriser l'adhésion à un programme, obligation?
- Défis d'assurer une information disponible en temps opportun sur l'état de la qualité de l'eau
- Pertinent d'utiliser une approche de gestion des risques qui ne s'appuie pas uniquement sur les concentrations d'indicateurs microbiologiques par culture
 - des solutions existent mais exigent +++ ressources



Références

- Cazals M, Scott R, Fleury C, Proulx F, Prévost M, *et al.* (2020). Near real-time notification of water quality impairments in recreational freshwaters using rapid online detection of β -D-glucuronidase activity as a surrogate for *Escherichia coli* monitoring. 720: 137303
- CDC. (2019). Surveillance Reports for Recreational Water-associated Disease and Outbreaks. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/healthywater/surveillance/rec-water-surveillance-reports.html>
- Converse RR, Kinzelman JL, *et al.* (2012). Dramatic improvements in beach water quality following gull removal. *Environ Sci Technol.* 46:10206-13
- Corsi SR, Borchardt MA, Carvin RB, Burch TR, Spencer SK, Lutz MA, *et al.* (2016). Human and Bovine Viruses and Bacteria at Three Great Lakes Beaches: Environmental Variable Associations and Health Risk. *Environ Sci Technol.* 50(2):987-95.
- Dufour *et al.* (2017). Ingestion of swimming pool water by recreational swimmers. *J Water Health.* 15(3):429-437
- Gorham TJ, Lee J. (2016). Pathogen Loading From Canada Geese Faeces in Freshwater: Potential Risks to Human Health Through Recreational Water Exposure. *Zoonoses Public Health.* 63(3):177-90.
- Gracia DS, Cope JR, Roberts VA, Cikes BL, Kahler AM, Vigar M, *et al.* (2018). Outbreaks Associated with Untreated Recreational Water - United States, 2000-2014. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 67(25):701-6.
- Groupe d'experts sur les zoonoses entériques. (2020). Portrait des zoonoses entériques au Québec, 2000-2017. INSPQ 127 p.

Références

- Haack SK, Fogarty LR, Stelzer EA, Fuller LM, Brennan AK, Isaacs NM, *et al.* (2013). Geographic setting influences Great Lakes beach microbiological water quality. *Environ Sci Technol.* 47(21):12054-63.
- Hall V, Taye A, Walsh B, Maguire H, Dave J, Wright A, *et al.* (2017). A large outbreak of gastrointestinal illness at an open-water swimming event in the River Thames, London. *Epidemiol Infect.* 145(6):1246-55.
- Huppé V, Gauvin D, Lévesque B. (2019). La qualité des eaux récréatives au Québec et les stratégies de prévention des risques à la santé. INSPQ 126 p.
- Huppé V, Gauvin D, Lévesque B. (2019). La qualité des eaux récréatives au Québec et les risques à la santé. INSPQ 168 p.
- Institut de la statistique du Québec (dir.). (2006). Enquête québécoise sur les activités physiques, sportives et de loisir. Québec : Institut de la statistique du Québec
- Korajkic A, McMinn BR, Harwood VJ. (2018). Relationships between Microbial Indicators and Pathogens in Recreational Water Settings. *Int J Environ Res Public Health* 15(12):2842.
- Lévesque B, Brousseau P, *et al.* (1993). Impact of the Ring-Billed Gull (*Larus delawarensis*) on the microbiological quality of recreational water. *Appl Environ Microbiol* 59:1228-30
- Lévesque B, Brousseau P, *et al.* (2000). Study of the bacterial content of ring-billed gull droppings in relation to recreational water quality. *Wat Res.* 34:1089-96

Références

- MELCC. (2020). Programme Environnement-Plage. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/programmes/env-plage/>
- Ministry of Health and Long-Term Care. (2018). Operational approaches for recreational water guidelines, 2018. Government of Ontario
- NSW Environment & Heritage. (2011). Beachwatch programs - Protocol for assessment and management of microbial risks in recreational waters. Sydney, Australia.
- NSW Environment & Heritage. (2019). Beachwatch water quality program. <https://www.environment.nsw.gov.au/topics/water/beaches/beachwatch-water-quality-program>
- OMS. (2003). Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1 Coastal and fresh waters. 253 p.
- Pavillon bleu. (n.d.). Blue Flags Stays Strong. <https://www.blueflag.global/>
- Polkowska A, Räsänen S, Al-Hello H, Bojang M, Lyytikäinen O, Nuorti JP, Jalava K. (2018) An outbreak of Norovirus infections associated with recreational lake water in Western Finland, 2014. *Epidemiol Infect.* 146(5):544-50.
- Santé Canada. (2012). Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada. 3^e édition. 177 p.

Références

- Shrestha A, Kelly CA, Sivaganesan M, Shanks OC, Dorevitch S. (2020). Fecal pollution source characterization at non-point source impacted beaches under dry and wet weather conditions. *Water Res.* 182:116014.
- Staley ZR, Boyd RJ, Shum P, Edge TA. (2018). Microbial Source Tracking Using Quantitative and Digital PCR To Identify Sources of Fecal Contamination in Stormwater, River Water, and Beach Water in a Great Lakes Area of Concern. *Appl Environ Microbiol.* 84(20).
- Steele JA, Blackwood AD, Griffith JF, Noble RT, Schiff KC. (2018). Quantification of pathogens and markers of fecal contamination during storm events along popular surfing beaches in San Diego, California. *Water Res.* 136:137-49.
- Turgeon P, Michel P, Levallois P, Chevalier P, Daignault D, Crago B, *et al.* (2011). Agroenvironmental determinants associated with the presence of antimicrobial-resistant *Escherichia coli* in beach waters in Quebec, Canada. *Zoonoses Public Health.* 58(6):432-9.
- Turgeon P, Michel P, *et al.* (2011). Fecal contamination of recreational freshwaters: the effect of time-independent agroenvironmental factors. *Water Qual Exp Health.* 3:109-18
- US EPA. (2012). 2012 Recreational Water Quality Criteria. <https://www.epa.gov/wqc/2012-recreational-water-quality-criteria>
- US EPA. (n.d.). Models for predicting beach water quality. <https://www.epa.gov/beach-tech/models-predicting-beach-water-quality>