

La qualité des eaux récréatives au Québec et les risques à la santé

RAPPORT D'ANALYSE

La qualité des eaux récréatives au Québec et les risques à la santé

RAPPORT

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Février 2019

AUTEURS ET ÉQUIPE DE PROJET

Vicky Huppé, M. Sc., conseillère scientifique
Denis Gauvin, M. Sc., conseiller scientifique
Benoît Lévesque, M.D., M. Sc., FRCPC, médecin spécialiste
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

RÉVISEURS

Sonia Boivin, M. Env.
Direction de santé publique
Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de l'Estrie

Josée Chartrand, Inf., M. Sc. Env., D.E.S.S. en PCI
Direction de santé publique et responsabilité populationnelle
Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec

Albert Daveluy, Ph. D.
Direction de la santé environnementale
Ministère de la Santé et des Services sociaux

Germain Lebel, M. Sc., conseiller scientifique
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie,
Institut national de santé publique du Québec

Patrick Levallois, M.D., FRCPC, médecin spécialiste
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie,
Institut national de santé publique du Québec

MISE EN PAGE ET RÉVISION LINGUISTIQUE

Julie Douville, agente administrative
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Marc Fiset de la direction de la vigie sanitaire au ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) pour nous avoir fourni des données sur les éclosions relatives à certains pathogènes survenues entre 2005 et 2016, en particulier les protozoaires *Cryptosporidium* et *Giardia*. Un merci spécial à Marjolaine Dubé, statisticienne à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), qui a fourni les données sur les éclosions au Québec. Enfin, nous tenons à remercier chaleureusement les membres du comité consultatif pour leurs précieux conseils tout au long du projet, soit : Sonia Boivin de la direction de santé publique du Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux (CIUSSS) de l'Estrie, Julie Brodeur de la direction régionale de santé publique du CIUSSS du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal, Josée Chartrand de la direction de santé publique et responsabilité populationnelle du CIUSSS de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec et Albert Daveluy de la direction de la santé environnementale du MSSS. Ce projet a été réalisé grâce au soutien financier du MSSS.

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

Dépôt légal – 1^{er} trimestre 2019
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-83343-7 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2019)

Avant-propos

Le mandat et le financement de ce projet représentent la contribution du ministère de la Santé et des Services sociaux au [Plan d'action 2018-2023 de la Stratégie québécoise de l'eau 2018-2030](#), en particulier à l'égard de la mesure 1.2.2 « Améliorer la qualité des eaux récréatives au Québec par la sensibilisation des acteurs concernés ». L'inscription de la qualité des eaux récréatives dans cette Stratégie est d'autant plus pertinente qu'elle est reliée aux grands enjeux de la qualité de l'eau et de l'environnement global.

Table des matières

Liste des tableaux.....	V
Glossaire et abréviations	VII
Liste des sigles et acronymes	xi
Faits saillants.....	1
Sommaire.....	3
1 Introduction	7
1.1 Mise en contexte	7
1.2 Objectifs et sommaire de la démarche.....	7
2 Risques à la santé associés à la qualité de l'eau et de l'air intérieur lors d'activités récréatives aquatiques	9
2.1 Sources et types de contaminants	9
2.1.1 Sources potentielles de contamination	9
2.1.2 Contaminants microbiologiques.....	9
2.1.3 Contaminants chimiques	12
2.1.4 Cyanobactéries.....	14
2.1.5 Schistosomes responsables de la dermatite du baigneur	15
2.2 Voies et degré d'exposition	15
2.2.1 Ingestion.....	15
2.2.2 Contact cutané et des muqueuses.....	16
2.2.3 Inhalation ou aspiration.....	17
2.3 Problèmes de santé associés.....	17
2.3.1 Gastro-intestinaux.....	17
2.3.2 Respiratoires	18
2.3.3 Oto-rhino-laryngologiques (ORL).....	19
2.3.4 Cutanés et muqueuses	19
2.3.5 Autres problèmes de santé.....	20
2.4 Personnes vulnérables.....	20
2.4.1 Jeunes enfants.....	20
2.4.2 Personnes âgées	21
2.4.3 Personnes dont le système immunitaire est affaibli	21
2.4.4 Autres personnes présentant un risque accru.....	21
3 Description des éclosions d'origine hydrique associées à la qualité des eaux récréatives au Québec.....	23
3.1 Portrait général des éclosions	23
3.2 Plages et autres plans d'eau en milieu naturel.....	28
3.3 Piscines, pataugeoires et jeux d'eau.....	29
3.4 Spas	30
4 Discussion.....	33
4.1 Données sur l'exposition et les effets sur la santé associés à la qualité des eaux récréatives.....	33
4.2 Risques associés aux plages et autres milieux naturels	35
4.3 Risques associés aux piscines, pataugeoires et jeux d'eau	37

4.4	Risques associés aux spas.....	39
4.5	Problématiques à surveiller.....	40
5	Conclusion	43
6	Références	45
Annexe 1	Stratégie de recherche documentaire	53
Annexe 2	Stratégie de collecte de données sur les éclosions associées à la qualité des eaux récréatives	59
Annexe 3	Résumé des particularités propres aux différents types de bassins en milieux naturel et artificiel qui les rendent vulnérables à la contamination	65
Annexe 4	Principaux contaminants susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives	69
Annexe 5	Description des éclosions d'origine hydrique associées à la qualité des eaux récréatives aux États-Unis	79
Annexe 6	Résumé des facteurs qui influencent les concentrations de sous-produits de désinfection dans les installations récréatives aquatiques.....	93
Annexe 7	Risques à la santé associés aux principaux contaminants susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives	99

Liste des tableaux

Tableau 1	Principales sources potentielles de contamination des installations récréatives aquatiques en milieu naturel et artificiel.....	9
Tableau 2	Volumes d'eau ingérés lors de la baignade.....	16
Tableau 3	Nombre d'éclosions et de personnes impliquées dans les éclosions d'origine hydrique au cours des douze dernières années (2005-2016) selon le type d'eau.....	24
Tableau 4	Détail des éclosions associées à la qualité des eaux récréatives rapportées de 2005 à 2016 pour l'ensemble du Québec selon le type d'installation, la nature de l'éclosion et la voie d'exposition.....	25
Tableau 5	Symptômes rapportés par les personnes impliquées dans les éclosions associées à la qualité des eaux récréatives de 2005 à 2016.....	26
Tableau 6	Interventions réalisées lors d'éclosions associées à la qualité des eaux récréatives recensées entre 2005 et 2016.....	27
Tableau 7	Nombre d'éclosions associées à la qualité des eaux récréatives recensées entre 2005 et 2016 par région sociosanitaire.....	28
Tableau 8	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 selon le type d'agent soupçonné et l'origine suspectée de la contamination.....	29
Tableau 9	Portrait des éclosions d'origine hydrique liées à la qualité de l'eau des piscines, des pataugeoires et des jeux d'eau de 2005 à 2016 pour l'ensemble du Québec selon le type d'agent soupçonné et l'origine suspectée de la contamination.....	30
Tableau 10	Portrait des éclosions d'origine hydrique liées à la qualité de l'eau des spas de 2005 à 2016 pour l'ensemble du Québec selon le type d'agent soupçonné et l'origine suspectée de la contamination.....	31

Glossaire et abréviations

Activité de contact primaire : activité au cours de laquelle tout le corps ou le visage et le tronc sont fréquemment immergés ou au cours de laquelle le visage est fréquemment éclaboussé telle que la baignade, la nage, la plongée sous-marine, la planche à voile, le surf, le ski nautique ou encore, le canotage, le rafting et le kayak en eau vive (Santé Canada, 2012). La probabilité d'ingestion d'eau est plus importante pour les activités de contact primaire par rapport aux activités de contact secondaire (voir définition ci-dessous).

Activité de contact secondaire : activité où seuls les membres (bras, jambes) sont régulièrement mouillés et dont le contact avec une grande partie du corps est inhabituel, par exemple le canotage, le kayak, la voile et la pêche (Santé Canada, 2012).

Algues bleu-vert : autre dénomination des cyanobactéries. Cette expression est celle qui est officiellement utilisée par le ministère de l'Environnement et de la Lutte aux Changements climatiques (MELCC).

Amibe : protozoaire qui se déplace avec l'aide de pseudopodes (mouvement amiboïde).

Aspiration : absorption non intentionnelle de matières liquides ou solides par les voies respiratoires. Dans le contexte des activités récréatives aquatiques, cela peut consister en l'absorption d'eau ou de microgouttelettes par les voies respiratoires lors de la baignade.

Bactérie : microorganisme procaryote unicellulaire dont le noyau est dépourvu de membrane et sans organites cellulaires, comme les mitochondries.

Biofilm : système organisé de couches de microorganismes qui adhèrent à une surface et leur confèrent une protection contre les stress environnementaux.

Cercaire : petite larve parasitaire responsable de la dermatite du baigneur.

Chloramines : composés chimiques issus de la réaction entre le chlore et les matières organiques et inorganiques apportées par les baigneurs dans les piscines et autres bassins artificiels. Ce groupe de composés inclut les monochloramines, les dichloramines et les trichloramines.

Cryptosporidiose : infection à *Cryptosporidium* sp.

Cytotoxique : relatif à des agents (p. ex. chimiques ou biologiques) qui endommagent ou tuent les cellules.

Dermatite du baigneur (ou dermatite cercarienne) : affection cutanée causée par des cercaires qui se présente par de petites plaques rouges sur la peau ressemblant à des piqûres d'insectes et provoquant des démangeaisons.

Écllosion : incident où deux personnes ou plus ont des symptômes ou des manifestations cliniques similaires, ou sont infectées par le même microorganisme, ou sont exposées à un même produit chimique. De plus, les individus malades doivent être reliés par une association de lieu, de temps ou de personnes (Lebel et Dubé, 2016).

Fleur d'eau de cyanobactéries : croissance excessive de cyanobactéries qui est visible de la surface du milieu aquatique affecté, généralement de couleur verte ou turquoise. Équivalent à l'expression « proliférations de cyanobactéries ».

Kératite : infection de la cornée, c'est-à-dire la membrane externe qui recouvre l'œil.

Lipopolysaccharides (LPS) : composantes de la paroi des bactéries à Gram négatives.

Matière organique : substance dont l'un des éléments est le carbone.

Méningo-encéphalite amibienne primitive : maladie du système nerveux central, presque toujours mortelle, causée par *Naegleria fowleri*.

Mutagène : agent capable de provoquer des mutations (modifications génétiques).

Mycobactéries non tuberculeuses (MNT) : bactéries appartenant au genre *Mycobacterium*, qui n'appartiennent pas aux espèces *M. tuberculosis* et *M. leprae*. Contrairement à ces deux dernières, les mycobactéries non tuberculeuses peuvent être présentes naturellement dans l'environnement.

Maladie d'origine hydrique : toute maladie de nature infectieuse ou d'origine physicochimique causée, ou présumément causée, par l'ingestion d'eau, le contact avec l'eau ou l'inhalation de vapeurs ou de gouttelettes d'eau (Lebel et Dubé, 2016).

Personne immunodéprimée : personne dont les mécanismes immunitaires ont perdu une partie de leur efficacité (source : Le grand dictionnaire terminologique).

Problèmes oto-rhino-laryngologiques (ORL) : qui touchent les oreilles, le nez, les sinus, la bouche, la gorge ou le cou.

Parasite : organisme vivant au détriment d'un autre organisme hôte qui inclut les protozoaires (microorganisme d'intérêt dans le présent document) et les helminthes (vers).

Piscines et autres bassins artificiels : bassins utilisés pour les activités récréatives dont l'eau fait habituellement l'objet d'un traitement (p. ex. filtration, désinfection). Dans ce rapport, les bassins visés incluent les piscines, les pataugeoires, les jeux d'eau ainsi que les spas destinés au public en général ou à un groupe restreint du public (p. ex. installation de baignade dans un hôtel, un camping).

Plages et autres milieux naturels : étendue d'eau utilisée pour les activités récréatives dont l'eau ne fait habituellement pas l'objet d'un traitement. Elles incluent les sites en eau douce (p. ex. les lacs) et en eau marine (correspond aux secteurs du fleuve Saint-Laurent situés en aval de la limite de Saint-Jean-Port-Joli sur la rive sud et de la Petite-Rivière-Saint-François sur la rive nord). Dans ce rapport sont inclus les sites destinés au public en général ou à un groupe restreint du public.

Protozoaire : microorganisme unicellulaire eucaryote habituellement mobile, dont certains sont des parasites responsables de maladies chez l'humain.

s.d. : sans date

Sous-produits de désinfection (SPD) : produits issus de la réaction des désinfectants (p. ex. chlore, brome) avec des précurseurs présents dans l'eau tels que la matière organique et inorganique.

Spas : bassin d'eau intérieur ou extérieur incluant des jets, conçu pour se baigner en position assise, et dont l'eau est chauffée à plus de 32 °C. Les termes « bain à remous » ou « bain tourbillon » sont aussi communément utilisés pour désigner les spas.

Syndrome hémolytique et urémique (SHU) : surnommée parfois « maladie du hamburger », cette affection se caractérise par une destruction massive des globules rouges, ainsi qu'une atteinte aux reins et à d'autres organes. Elle touche particulièrement les enfants, les personnes âgées et les personnes immunodéprimées.

sp. : abréviation désignant une espèce. Par exemple, *Cryptosporidium* sp. réfère à une espèce donnée appartenant au genre *Cryptosporidium*.

spp. : abréviation désignant plusieurs espèces. Par exemple, *Cryptosporidium* spp. réfère à plusieurs espèces appartenant au genre *Cryptosporidium*.

Temps (ou période) d'incubation : délai entre l'exposition au microorganisme pathogène et l'apparition des premiers symptômes.

Trichloramines (ou NCl₃) : composés chimiques hautement volatils qui se retrouvent majoritairement dans l'air. Ils sont des sous-produits de la réaction entre le chlore et les matières organiques et inorganiques apportées par les baigneurs dans les piscines et autres bassins artificiels.

Ubiquitaire : omniprésent dans l'environnement.

Virus : agent infectieux dépourvu de métabolisme indépendant et nécessitant une cellule hôte vivante pour se multiplier.

Liste des sigles et acronymes

AHA	Acides haloacétiques
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (France)
CCNSE	Centre de collaboration nationale en santé environnementale (Canada)
CDC	Centers for Disease Control and Prevention (États-Unis)
CIRC	Centre international de Recherche sur le Cancer (agence de l'Organisation mondiale de la Santé [OMS]) (France)
DSPublique	Direction de santé publique
EHEC	<i>Escherichia coli</i> entérohémorragiques (aussi appelé <i>E. coli</i> producteurs de vérotoxines [VTEC] ou <i>E. coli</i> producteurs de shiga-toxines [STEC])
IC	Intervalle de confiance
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
LPS	Lipopolysaccharide
MELCC	Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (Québec)
NDMA	N-nitrosodiméthylamine
NHMRC	National Health and Medical Research Council (Australie)
MMWR	Morbidity and Mortality Weekly Report (États-Unis)
MNT	Mycobactéries non tuberculeuses
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux (Québec)
OMS	Organisation mondiale de la Santé
RC	Rapport de cotes
SARM	<i>Staphylococcus aureus</i> résistant à la méthicilline
SPD	Sous-produits de désinfection
THM	Trihalométhanés
UV	Ultraviolet

Faits saillants

Le Gouvernement du Québec a mis en place certaines activités au cours des dernières années afin d'encadrer la surveillance de la qualité des eaux récréatives, tant en milieu naturel qu'artificiel, et ainsi mieux prévenir les risques à la santé pour les usagers. Malgré ces mesures de contrôle, les risques de maladies d'origine hydrique en lien avec ces activités demeurent réels, mais sont mal documentés au Québec.

Dans ce contexte, l'Institut national de santé publique (INSPQ) a reçu le mandat, d'une part, de faire état de la situation au Québec sur les risques à la santé associés à la pratique d'activités récréatives aquatiques en milieu naturel et artificiel et, d'autre part, de proposer des recommandations pour la prévention de ces risques. Pour ce faire, deux rapports s'adressant tout particulièrement aux personnes et aux organisations œuvrant dans le domaine des installations récréatives aquatiques ont été produits.

Le présent document porte sur le premier volet du mandat et présente une synthèse des risques à la santé associés à la qualité des eaux récréatives rapportés dans la littérature et recensés au Québec. Les principaux constats qui se dégagent sont les suivants :

- Le **nombre d'éclosions** associées à la qualité des eaux récréatives au Québec est demeuré constant annuellement depuis le début des années 90 et a même excédé, pour certaines années, celui associé à l'eau de consommation. **Ce nombre est fort probablement sous-estimé**, ce qui signifie que les risques associés à la qualité des eaux récréatives sont vraisemblablement plus importants que ce qui est rapporté.
- Bien que les symptômes associés soient généralement bénins, **certaines personnes peuvent être affectées plus sévèrement** par les contaminants présents dans les aires récréatives aquatiques. Ces personnes incluent tout particulièrement les jeunes enfants, les personnes âgées ainsi que les personnes immunodéprimées.
- Il existe des données sur le nombre d'installations récréatives aquatiques, leur fréquentation ainsi que l'exposition des usagers à certains contaminants pouvant se retrouver dans l'eau et l'air intérieur. Cependant, **certaines de ces données sont fragmentaires ou remontent à plus de 20 ans** et il est difficile d'établir si ces résultats sont toujours représentatifs de la réalité actuelle.
- **Dans les plages et autres milieux naturels, la dermatite cercarienne est le problème de santé le plus fréquemment rapporté** en lien avec la qualité des eaux récréatives au Québec. Elle est d'ailleurs très répandue dans la province. Bien qu'aucune éclosion n'ait été rapportée en lien avec ce type de microorganismes dans les plages du Québec, **la contamination d'origine fécale demeure une préoccupation importante dans les sites naturels de la province**, en raison de la présence de certaines sources (p. ex. animaux sauvages, ouvrages de surverse, etc.).
- **Dans les piscines et autres bassins artificiels, ce sont les contaminants d'origine chimique qui ont été le plus fréquemment associés à des éclosions au Québec.** Ces contaminants, en particulier ceux à caractère volatil, représentent une problématique particulière dans les **bassins couverts**, où ils sont plus longtemps confinés.
- **Les pataugeoires et les jeux d'eau, parce qu'ils sont fréquentés par de jeunes enfants, peuvent présenter un risque accru de transmission de contaminants d'origine fécale.** À l'instar des piscines, *Cryptosporidium* spp. serait un agent important d'éclosions dans les jeux d'eau.

- **Dans les spas, les risques sont principalement liés à la présence des microorganismes *Pseudomonas aeruginosa* ainsi que *Legionella* spp.** Le manque d'entretien et d'hygiène sont les causes les plus fréquemment rapportées lors des enquêtes d'éclosion au Québec.
- Parmi les **problématiques à surveiller**, *Cryptosporidium* spp. pourrait représenter un contaminant préoccupant en raison notamment de sa présence marquée dans les bassins traités ailleurs dans le monde. **Certains autres contaminants pourraient être favorisés par les changements climatiques**, tels que les cyanobactéries et les schistosomes. Par ailleurs, il convient d'être à l'affût des **nouvelles données portant sur les sous-produits de désinfection** dans la littérature afin de mieux documenter les risques associés, en particulier dans les spas et les piscines intérieures.

Sommaire

Mise en contexte et objectifs

Les activités récréatives aquatiques sont populaires et contribuent aux saines habitudes de vie. Cependant, certains contaminants microbiologiques ou chimiques peuvent altérer la qualité de l'eau ainsi que la qualité de l'air intérieur des bassins couverts, et causer des effets sur la santé des usagers. Dans ce contexte, le ministère de la Santé et des Services sociaux a confié à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) le mandat de 1) Faire état de la situation au Québec sur les risques à la santé associés à la pratique d'activités récréatives aquatiques de contact primaire et secondaire avec l'eau, en milieu naturel et artificiel; 2) Proposer des recommandations adaptées pour le Québec, pour la prévention des risques à la santé et la surveillance des éclosions associées à l'exposition aux eaux récréatives.

Deux rapports ont été produits afin de répondre au mandat confié à l'INSPQ. Ils s'adressent tout particulièrement aux personnes et aux organisations œuvrant dans le domaine des eaux récréatives et peuvent ainsi inclure, sans s'y limiter, les exploitants, les organisations gouvernementales (p. ex. municipalités, ministères) ainsi que les associations. Les installations visées dans le cadre de ce projet incluaient toutes celles exploitées par un propriétaire public ou privé pour la baignade du public en général ou un groupe restreint du public (p. ex. installation de baignade dans un hôtel, un camping). Tant celles en milieu naturel (p. ex. plages) qu'en milieu artificiel, intérieur et extérieur (p. ex. piscines, pataugeoires, jeux d'eau, spas) ont été considérées.

Ce premier rapport porte sur le premier volet du mandat. Il présente une synthèse des risques à la santé associés à la qualité des eaux récréatives qui ont été documentés par les principales organisations nationales et internationales reconnues, ainsi que dans les principaux articles pertinents publiés dans les journaux scientifiques. Il expose aussi les éclosions recensées au Québec entre 2005 et 2016 qui ont été liées à la qualité des eaux récréatives. Les principaux constats sont présentés ci-dessous.

Données sur l'exposition et les effets sur la santé

Le nombre d'éclosions associées aux eaux récréatives est fort probablement sous-estimé.

Nonobstant leurs bienfaits, les activités récréatives aquatiques sont associées à une augmentation du risque à la santé chez les usagers. Au Québec, depuis le début des années 90, plus d'une centaine d'éclosions ont été associées à la qualité des eaux récréatives. Malgré une reconnaissance accrue de cette problématique avec les années, le nombre annuel d'éclosions est demeuré constant et a même excédé, pour certaines années, celui associé à l'eau de consommation. De plus, le nombre d'éclosions, ainsi que le nombre d'individus impliqués qui ont été rapportés aux autorités de santé publique, sont probablement inférieurs aux nombres réellement survenus.

La surveillance des éclosions associées à la qualité des eaux récréatives au Québec est limitée par rapport aux États-Unis. Alors que la confirmation de l'agent étiologique par des analyses environnementales ou biologiques est réalisée pour les trois quarts des éclosions aux États-Unis, une faible proportion des éclosions recensées au Québec (36 %) ont fait l'objet d'une telle confirmation.

Malgré la présentation généralement bénigne des symptômes associés à la qualité des eaux récréatives, certaines personnes plus vulnérables peuvent être sévèrement affectées. Ces personnes incluent tout particulièrement les jeunes enfants, les personnes âgées ainsi que les personnes immunodéprimées. Par ailleurs, parce qu'ils passent davantage de temps dans les

installations de piscines, les nageurs de haut niveau présentent un risque accru de souffrir de problèmes respiratoires et irritatifs, vraisemblablement liés à la présence de trichloramines dans l'air. Aucun décès n'a été répertorié comme étant associé à la qualité des eaux récréatives au Québec. Néanmoins, une éclosion sur huit a mené à l'hospitalisation d'une ou de plusieurs personnes impliquées, illustrant la présentation parfois sévère des symptômes associés chez certains individus.

Les données sur l'exposition aux contaminants dans l'eau et dans l'air intérieur des installations récréatives aquatiques au Québec sont fragmentaires. Afin de bien estimer l'ampleur des risques à la santé pour la population, il importe de disposer de données sur l'exposition des usagers aux divers contaminants présents. Quelques études ont été menées au Québec sur l'exposition des usagers aux divers contaminants présents dans l'air intérieur et dans l'eau des installations récréatives aquatiques. Certaines de ces études ont toutefois plus de 20 ans et il est difficile d'établir si ces résultats sont toujours représentatifs de la réalité actuelle.

Risques associés aux plages et autres milieux naturels

La dermatite cercarienne est une problématique fréquente et ubiquitaire au Québec. Elle représente la maladie la plus fréquemment rapportée comme étant associée à la qualité des eaux récréatives au Québec. Bien que ses symptômes soient généralement relativement bénins, cette maladie peut potentiellement affecter un grand nombre de personnes en raison de son omniprésence dans la province. Des études réalisées au Québec ont permis d'illustrer que cette maladie affecte particulièrement les enfants ainsi que les personnes qui se baignent près du rivage.

Les contaminants microbiologiques d'origine fécale dans les eaux naturelles représentent une préoccupation importante à considérer. Aux États-Unis, les contaminants d'origine fécale sont les plus souvent responsables d'éclosions associées à la qualité de l'eau des plages. La majorité de ces éclosions a impliqué des bactéries (*Escherichia coli*, *Shigella* spp., *Campylobacter jejuni*), alors que les virus entériques ont causé au moins 12 % des éclosions (la plupart étant associées au norovirus). Les facteurs tels les accidents fécaux provenant des baigneurs et la contamination par les eaux usées sont souvent identifiés comme étant la cause dans la survenue d'éclosions en milieu naturel. Au Québec, aucune éclosion n'a été associée aux microorganismes d'origine fécale dans les milieux naturels. Ce constat pourrait notamment s'expliquer par le faible nombre d'analyses réalisées pour confirmer l'étiologie des éclosions, comme mentionné précédemment.

Les effets sur la santé causés par les cyanobactéries sont possiblement sous-rapportés. Quelques cas d'éclosions associées aux cyanobactéries et à leurs toxines ont été répertoriés aux États-Unis, ainsi qu'au Québec. Cependant, certaines études indiquent que les problèmes de santé associés pourraient être plus importants que ce qui est rapporté. Notamment, une étude réalisée au Québec a révélé la présence d'une association significative entre le contact récréatif secondaire dans des lacs affectés par des cyanobactéries et la survenue de symptômes gastro-intestinaux.

Risques associés aux piscines, pataugeoires et jeux d'eau

La gestion des désinfectants dans les bassins artificiels est complexe au regard de la santé. Les concentrations de désinfectants doivent être suffisamment élevées pour réduire ou éliminer la contamination microbiologique et assez faibles afin de limiter la formation de sous-produits de désinfection, en particulier dans les **bassins couverts**. Au Québec, ce sont les contaminants d'origine chimique qui ont été le plus fréquemment à l'origine d'éclosions dans les milieux artificiels. La plupart de ces éclosions étaient liées à un mauvais fonctionnement ou à un entretien déficient de l'installation. Aux États-Unis, *Cryptosporidium* spp. est nettement le contaminant le plus

fréquemment associé aux éclosions survenues dans les piscines et autres bassins artificiels. En effet, il est à lui seul responsable de 46 % de ces éclosions. Une des principales raisons expliquant sa forte prévalence est sa grande tolérance au chlore, qui lui permet de persister longtemps dans les eaux récréatives mêmes si elles sont traitées adéquatement. Au Québec, seulement deux cas d'éclosions associés à cet agent, survenus récemment (2014 et 2015), ont été documentés dans les piscines et autres bassins artificiels.

Les pataugeoires et les jeux d'eau fréquentés par les jeunes enfants peuvent présenter un risque accru de transmission de contaminants d'origine fécale. Les jeunes enfants présentent des caractéristiques qui augmentent le risque de transmission de contaminants d'origine fécale, notamment le port de couches et une plus grande ingestion d'eau. Selon une revue récente réalisée par le Centre de collaboration nationale en santé environnementale, *Cryptosporidium* spp. serait, à l'instar des piscines, le principal agent responsable d'éclosions dans les jeux d'eau. Les problèmes de conception des installations sont un autre facteur qui influence le risque de transmission des contaminants.

Risques associés aux spas

***Pseudomonas aeruginosa* et *Legionella* spp. sont les microorganismes les plus souvent impliqués dans les éclosions associées aux spas.** En effet, la température chaude des spas en fait un milieu propice à la croissance de ces bactéries. Le manque d'entretien des installations et l'hygiène des baigneurs sont les causes les plus fréquemment rapportées, ce qui concorde avec les résultats d'une étude réalisée en 2009 sur les spas au Québec et qui soulevait le besoin d'assurer une meilleure formation des responsables à cet égard. L'utilisation de traitement inapproprié ainsi que le manque de suivi des concentrations de désinfectants sont également des raisons mentionnées dans les rapports des Centers for Disease Control and Prevention comme causes des éclosions survenues dans les spas aux États-Unis.

Problématiques à surveiller

***Cryptosporidium* spp. est une problématique majeure dans les installations récréatives artificielles aux États-Unis et pourrait être à surveiller dans celles du Québec.** Considérant l'augmentation des cas de cryptosporidioses liés aux eaux récréatives traitées aux États-Unis, ainsi qu'ailleurs dans le monde, ce pathogène pourrait devenir préoccupant dans les piscines ainsi que les pataugeoires et les jeux d'eau du Québec.

Les changements climatiques et l'eutrophisation des cours d'eau pourraient conduire à une exposition accrue à certains contaminants potentiellement présents dans les eaux récréatives. L'augmentation des concentrations d'azote et de phosphore peut favoriser la croissance des cyanobactéries et fournir des conditions favorables à la prolifération des escargots, ce qui pourrait amener une présence accrue de schistosomes dans l'eau. Cette considération est d'autant plus importante puisqu'il est fort probable que le réchauffement du climat amène la population à faire davantage usage des lieux de baignade. Certains pathogènes retrouvés uniquement dans les climats plus chauds actuellement pourraient également devenir préoccupant dans un contexte de réchauffement climatique.

Les sous-produits de désinfection sont des contaminants à surveiller, en particulier dans les bassins couverts. En plus des effets irritatifs et respiratoires documentés chez les nageurs de haut niveau et les travailleurs en lien avec l'exposition aux trichloramines dans les piscines, d'autres effets sur la santé pourraient être associés à l'exposition aux sous-produits de désinfection et devront faire l'objet davantage d'études. Plusieurs revues ont été réalisées à ce sujet au cours des dernières années, illustrant leur importance dans les eaux récréatives et le besoin de rester à l'affût des nouvelles données issues de la littérature.

Conclusion

Considérant les effets sur la santé associés à la qualité de l'eau et de l'air intérieur des installations récréatives aquatiques, il apparaît impératif de se pencher sur les stratégies de prévention possibles afin que la population puisse pratiquer ce type d'activité bénéfique pour la santé tout en minimisant le plus possible son exposition aux contaminants. Ces mesures devront prendre en considération les particularités propres à chaque type de milieu (plages et autres milieux naturels, piscines intérieures, pataugeoires et jeux d'eau, spas) qui les rendent plus vulnérables à la contamination. Des recommandations à cet égard sont proposées dans le rapport *La qualité des eaux récréatives au Québec et les stratégies de prévention des risques à la santé*.

1 Introduction

1.1 Mise en contexte

Les activités récréatives aquatiques présentent de nombreux bienfaits pour la santé de la population. Dans un contexte de changements climatiques, par exemple, la baignade représente une mesure personnelle de rafraîchissement facilement accessible permettant de mieux s'adapter aux vagues de chaleur extrême (Gouvernement du Canada, 2011; INSPQ, 2010). Elle représente également une activité physique de loisir populaire chez les Québécois de 15 ans et plus (Institut de la statistique du Québec, 2006; Nolin *et al.*, 2002), contribuant ainsi à l'adoption et au maintien de saines habitudes de vie. De plus, la pratique de la nage est une activité physique recommandée chez certaines personnes vulnérables telles que celles souffrant d'asthme (Bougault et Boulet, 2013).

Pour profiter pleinement de ses nombreux bienfaits, il est impératif que la population puisse pratiquer ces activités de façon sécuritaire et de manière à minimiser les risques potentiels pour la santé. En effet, elles peuvent présenter des risques associés à la sécurité (p. ex. noyades, blessures) et à l'exposition à certains paramètres physiques (p. ex. rayonnement ultraviolet [UV], chaleur, froid). Par ailleurs, la présence de contaminants microbiologiques et chimiques dans l'eau, ainsi que dans l'air intérieur des bassins couverts, peut conduire à des problèmes de santé chez les usagers. Ce dernier aspect est l'objet du présent rapport.

1.2 Objectifs et sommaire de la démarche

L'objectif du présent document est de faire un état de la situation au Québec sur les risques à la santé associés à la pratique d'activités récréatives aquatiques de contact primaire (tout le corps ou le visage et le tronc sont fréquemment immergés ou éclaboussés) et secondaire (seuls les bras et les jambes sont fréquemment mouillés).

Plus spécifiquement, ce rapport présente les résultats de la revue des documents publiés par les principales organisations nationales et internationales reconnues, ainsi que des principaux articles pertinents publiés dans les journaux scientifiques quant aux risques à la santé liés à l'exposition aux contaminants lors d'activités récréatives aquatiques dans trois types d'installations : les plages et les autres plans d'eau en milieu naturel, les piscines, les pataugeoires et les jeux d'eau, ainsi que les spas. La stratégie de recherche utilisée est décrite à l'annexe 1.

Ce rapport expose également le portrait québécois des éclosons d'origine hydrique associées aux activités récréatives aquatiques auprès des sources disponibles. Lorsque possible, ces données ont été comparées avec celles provenant des États-Unis, afin d'identifier les problématiques potentiellement à surveiller. Ces dernières ont été choisies comme données de comparaison en raison de leur disponibilité et de la proximité par rapport au Québec, qui augmente la susceptibilité que les problématiques rencontrées se produisent dans la province. La stratégie de collecte de données sur les éclosons associées à la qualité des eaux récréatives est présentée à l'annexe 2.

Afin de conseiller l'équipe de projet sur la méthodologie employée (p. ex. choix des informateurs clés, révision des questionnaires adressés à ces derniers, révision de la stratégie de recherche de la littérature) ainsi que sur le contenu des rapports produits, un comité consultatif a été mis sur pied.

Ce comité était composé de sept personnes provenant du réseau de la santé, soit : trois professionnels provenant de trois directions de santé publique (DSPublique)¹, deux professionnels et un médecin de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) et un professionnel du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS).

Pour les besoins du présent rapport, les contaminants ont été classés selon quatre catégories, soit ceux de nature microbiologique (d'origine fécale et non fécale), ceux de nature chimique (en particulier les sous-produits de désinfection [SPD]), les schistosomes et les cyanobactéries. En effet, comme ces dernières sont des microorganismes, mais que leurs toxines sont considérées comme des contaminants chimiques, il a été choisi de les présenter dans une catégorie distincte. Seuls les contaminants les plus susceptibles de se trouver dans les eaux récréatives du Québec et de causer des problèmes de santé aux usagers sont abordés dans ce rapport. Ceux dont la présence est considérée comme moins préoccupante dans les eaux récréatives de la province ou encore, pour lesquels aucune éclosion n'a été associée selon la documentation consultée, ne sont pas traités.

¹ À noter qu'un des participants a dû se retirer pour la révision des rapports.

2 Risques à la santé associés à la qualité de l'eau et de l'air intérieur lors d'activités récréatives aquatiques

2.1 Sources et types de contaminants

2.1.1 SOURCES POTENTIELLES DE CONTAMINATION

Les eaux récréatives se distinguent principalement selon deux types, soit celles en milieu naturel (p. ex. les plages) et celles en milieu artificiel (intérieur et extérieur), où l'eau fait habituellement l'objet d'un traitement (p. ex. la filtration et la désinfection). Ces dernières incluent les piscines, les patageoires et les jeux d'eau ainsi que les spas. L'annexe 3 résume les particularités propres à ces différents types de bassins qui les rendent vulnérables à la contamination. Divers types de contaminants microbiologiques ou chimiques peuvent ainsi se retrouver dans l'eau et dans l'air intérieur des installations récréatives aquatiques, dont les principales sources sont résumées au tableau 1.

Tableau 1 Principales sources potentielles de contamination des installations récréatives aquatiques en milieux naturel et artificiel

Sources potentielles en milieu naturel	Sources potentielles en milieu artificiel
<ul style="list-style-type: none"> ■ Usagers et leurs comportements (p. ex. hygiène, incidents fécaux, squames) (Fewtrell et Kay, 2015; NHMRC, 2008; OMS, 2003; Santé Canada, 2012) ■ Présence d'animaux domestiques (p. ex. chiens), de bétail ou d'animaux sauvages (p. ex. oiseaux) (Fewtrell et Kay, 2015; NHMRC, 2008; OMS, 2003; Santé Canada, 2012) ■ Effluents d'eaux usées (Fewtrell et Kay, 2015; NHMRC, 2008; OMS, 2003) ■ Ruissellement de surface (Fewtrell et Kay, 2015; OMS, 2003), trop-plein d'égout unitaire (Santé Canada, 2012) ■ Présence naturelle de certains microorganismes (Fewtrell et Kay, 2015; OMS, 2003; Santé Canada, 2012) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Usagers et leurs comportements (p. ex. hygiène, incidents fécaux, vomissements, affections cutanées, savon, crème solaire) (ANSES, 2012; OMS, 2006) ■ Présence de biofilms (ANSES, 2014; OMS, 2006) ■ Présence d'animaux tels que les oiseaux pour les piscines extérieures (OMS, 2006) ■ Manipulation des produits de désinfection (OMS, 2006) ■ Réaction des produits de désinfection avec les matières organiques et inorganiques ■ Microorganismes libres naturellement présents qui peuvent se retrouver dans l'eau des piscines (ANSES, 2012) et des spas, ainsi que dans les systèmes de chauffage, de ventilation et de climatisation, de même que sur les surfaces mouillées (OMS, 2006)

2.1.2 CONTAMINANTS MICROBIOLOGIQUES

Les eaux récréatives peuvent contenir une variété de microorganismes, certains étant pathogènes pour l'humain, d'autres non (OMS, 2003). Les contaminants microbiologiques incluent en particulier les virus, les bactéries et les protozoaires, qui peuvent être présents naturellement dans les eaux récréatives ou encore, y être introduits.

Contaminants microbiologiques dont l'origine est à prédominance fécale

Les contaminants microbiologiques d'origine fécale retrouvés dans les eaux récréatives naturelles et artificielles proviennent principalement des selles des humains ou des animaux. De façon générale, ils sont excrétés en très grande quantité, en particulier les virus², ce qui signifie qu'ils sont susceptibles de se retrouver en nombre important dans l'eau lors d'une contamination fécale majeure (p. ex. incident fécal ou introduction d'eaux usées). Les virus entériques pathogènes pour l'humain retrouvés dans les eaux récréatives proviennent d'ailleurs, pour la plupart, des humains exclusivement puisqu'ils possèdent une spécificité d'hôte³ (ANSES, 2012; Santé Canada, 2012). Le tableau A1 de l'annexe 4 résume les principaux contaminants microbiologiques d'origine fécale susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives.

+ Les contaminants microbiologiques les plus susceptibles de causer des infections chez les usagers sont ceux d'**origine fécale**, et ce, autant en milieu naturel qu'artificiel (Fewtrell et Kay, 2015; OMS, 2003, 2006). En particulier, la contamination fécale d'origine humaine est plus préoccupante puisque le risque à la santé qui y est associé est vraisemblablement plus important (NHMRC, 2008; OMS, 2009).

Les microorganismes d'origine fécale sont les principaux contaminants pouvant se retrouver dans les eaux récréatives **en milieu naturel**. Ils proviennent notamment des eaux usées et des baigneurs (Fewtrell et Kay, 2015; NHMRC, 2008; OMS, 2003). Parmi les microorganismes pathogènes d'intérêt, *Escherichia coli* entérohémorragique (EHEC), *Shigella* spp., ainsi que les norovirus ont été associés à de nombreuses éclosions aux États-Unis (voir tableau A1 de l'annexe 5). *Giardia* spp. et *Cryptosporidium* spp. sont définitivement les protozoaires entériques les plus importants dans les eaux récréatives naturelles (OMS, 2006; Santé Canada, 2012), mais leur présence demeure moins préoccupante que dans les milieux artificiels. Au Canada, mis à part la bactérie EHEC, peu d'éclosions ont été rapportées en lien avec ce type de pathogènes. En effet, la surveillance est limitée et il est vraisemblable que des cas aient eu lieu sans avoir été détectés (Santé Canada, 2012). Le sable pourrait aussi représenter un risque d'exposition aux microorganismes d'origine fécale dans les milieux naturels (voir encadré ci-dessous).

Risque d'infection des usagers par le sable

Selon une revue réalisée par Halliday et Gast (2011), les concentrations de bactéries fécales indicatrices seraient plus importantes dans le sable lorsque comparées à celles présentes dans l'eau. Le sable est un réservoir important de contamination fécale provenant des oiseaux, en particulier les oies, qui excrètent en majorité leurs fèces près de l'eau (Gorham et Lee, 2016). Selon ces mêmes auteurs, les activités pratiquées dans le sable (p. ex. les enfants qui jouent dans le sable, les pique-niques) pourraient ainsi représenter un risque d'exposition aux contaminants fécaux disséminés par ces oiseaux. Par ailleurs, les enfants pourraient s'exposer davantage à ces contaminants puisqu'ils passent davantage de temps dans le sable par rapport aux adultes (DeFlorio-Barker *et al.*, 2017). Concernant les risques à la santé, les résultats d'une étude de Heaney *et al.* (2012), cités dans la mise à jour de l'OMS (Fewtrell et Kay, 2015), indiquent que les concentrations d'entérocoques dans le sable étaient associées au contact avec le sable (*sand digging*) ainsi qu'à la présence de symptômes gastro-intestinaux.

² Selon les données recueillies par l'ANSES (2012), les virus entériques répertoriés sont excrétés, selon le genre et l'espèce, en quantité de l'ordre de 10^7 à 10^{11} /g de selles, les bactéries entériques entre 10^6 et 10^9 /g de selles et les parasites entériques entre 10^6 et 10^7 /g de selles.

³ Cette spécificité est notamment dépendante de la présence de sites récepteurs spécifiques sur la cellule hôte, qui permet au virus de s'y fixer.

Dans les **milieux artificiels**, les contaminants microbiologiques d'origine fécale représentent également le risque d'infection principal dans les piscines et autres bassins similaires (OMS, 2003), et les usagers sont considérés comme la principale source de contamination microbiologique (ANSES, 2012; Barna et Kadar, 2012). Le tableau A2 de l'annexe 5 illustre par ailleurs que les microorganismes d'origine fécale sont les principaux contaminants impliqués dans les éclosions associées aux eaux récréatives traitées aux États-Unis. De façon générale, les virus et les bactéries entériques sont sensibles au chlore et les traitements appliqués à l'eau comme prescrit par la réglementation permettent de les éliminer (ANSES, 2012). Cependant, en présence d'une contamination importante (p. ex. incident fécal), les traitements et l'entretien réalisés, même dans les conditions idéales de désinfection, peuvent alors difficilement les éliminer (OMS, 2006). Par ailleurs, la résistance au chlore des protozoaires entériques, en particulier les oocystes de *Cryptosporidium* spp., facilite leur survie et leur transmission dans les eaux récréatives traitées (Chalmers, 2012). Les oocystes de *Cryptosporidium* spp., tout particulièrement, résistent près de 11 jours à des concentrations de chlore libre de 1 mg/l (Shields *et al.*, 2008 dans [ANSES, 2012; Lu *et al.*, 2013; Ryan *et al.*, 2017]).

Contaminants microbiologiques dont l'origine est à prédominance non fécale

Les microorganismes dont l'origine est généralement non fécale se retrouvent habituellement de manière naturelle dans l'environnement, à l'exception de *Leptospira* spp., dont l'espèce pathogène se retrouve dans les reins et l'urine des animaux infectés (OMS, 2003, 2006; Santé Canada, 2012), et de *Staphylococcus aureus*, qui provient de la flore des muqueuses du nez et de la peau des humains (ANSES, 2012; OMS, 2006; Santé Canada, 2012).

Dans les **milieux naturels**, les bactéries appartenant aux genres *Aeromonas* spp., *Legionella* spp. et les mycobactéries non tuberculeuses (MNT) sont parmi les microorganismes d'origine généralement non fécale qui peuvent s'y retrouver et potentiellement causer des problèmes de santé chez les personnes exposées. Cependant, aucune éclosion associée à ces bactéries dans les eaux récréatives naturelles n'a été recensée au Canada ni aux États-Unis selon Santé Canada (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Des cas de leptospirose sont recensés chaque année aux États-Unis principalement dans les régions où le climat est tropical ou tempéré (Perkins et Trimmier, 2017). Aucun cas n'a toutefois été documenté en rapport avec les eaux récréatives au Canada (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).

Certaines bactéries à prédominance non fécale sont particulièrement problématiques pour les eaux récréatives en **milieu artificiel**. C'est le cas de *Legionella* spp. et de *Pseudomonas aeruginosa*, dont la présence peut être particulièrement problématique dans les spas. En effet, la plupart des éclosions associées à des microorganismes dont l'origine est généralement non fécale dans les eaux récréatives ont été associées à ces deux bactéries aux États-Unis (voir tableau A2 de l'annexe 5). Certains de ces microorganismes utilisent par ailleurs des mécanismes afin de se protéger des traitements communément appliqués dans les bassins artificiels. Par exemple, certaines espèces de MNT et *Legionella pneumophila* peuvent être hébergées par des amibes (p. ex. *Acanthamoeba* spp.), à l'intérieur desquelles elles se nourrissent et prolifèrent (ANSES, 2012, 2014; Santé Canada, 2012). D'autres bactéries sont capables de s'accumuler dans des biofilms sur les surfaces (p. ex. les planchers et les bancs), telles que *S. aureus*, *P. aeruginosa* (ANSES, 2012; OMS, 2006) et *Legionella* spp. (ANSES, 2014), leur conférant ainsi une certaine protection contre la désinfection (ANSES, 2012). Les surfaces des installations récréatives aquatiques peuvent également héberger des microorganismes et causer des infections chez les usagers (voir encadré ci-dessous).

Risque d'infection des usagers par les surfaces

Certains contaminants microbiologiques d'origine non fécale peuvent se retrouver sur les surfaces des installations aquatiques (p. ex. planchers, serviettes, bancs, jeux de piscines, etc.) et, potentiellement, être transmis aux usagers. Ceux-ci incluent les molluscipoxvirus, qui se manifestent chez les personnes infectées par des papules nombreuses et contagieuses (ANSES, 2012) et qui persistent longtemps, soit de deux à quatre mois (OMS, 2006). Les papillomavirus sont responsables des verrues plantaires souvent observées chez les utilisateurs de piscines. La période d'incubation est généralement d'un à six mois et ces virus, qui sont très contagieux, peuvent survivre longtemps sur les surfaces (Barna et Kadar, 2012). Les enfants sont les plus affectés par ces deux virus (OMS, 2006). Des champignons peuvent également être transmis par les surfaces des installations de piscine et causer une mycose du pied (pied d'athlète) (ANSES, 2012; Barna et Kadar, 2012; OMS, 2006). Ces microorganismes proviennent tous de baigneurs infectés. Ces infections sont généralement bénignes et peu rapportées, entraînant une absence de données sur le nombre de cas réels (OMS, 2006).

2.1.3 CONTAMINANTS CHIMIQUES

En **milieu naturel**, les contaminants chimiques peuvent provenir de diverses sources telles que les rejets industriels, les eaux de ruissellement agricoles, etc. (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Il existe cependant peu de données sur ces derniers et les risques à la santé qui leur sont associés varient en fonction des sites, selon les conditions présentes (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Autant pour Santé Canada (2012) que pour l'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 2003), le danger associé aux contaminants chimiques en milieu naturel pour les usagers est considéré comme faible, les concentrations se trouvant généralement en dessous des valeurs guides pour l'eau potable. Certaines préoccupations peuvent néanmoins survenir à l'occasion pour certains paramètres, notamment au regard du pH⁴.

Dans les **milieux artificiels**, des désinfectants tels que le chlore ou le brome sont ajoutés dans l'eau des bassins afin d'assurer une qualité microbiologique adéquate des installations aquatiques et prévenir l'éclosion de maladies infectieuses (Villanueva et Font-Ribera, 2012). Dans les piscines, le chlore⁵ est le désinfectant le plus communément appliqué (Chowdhury *et al.*, 2014; Florentin *et al.*, 2011; OMS, 2006).

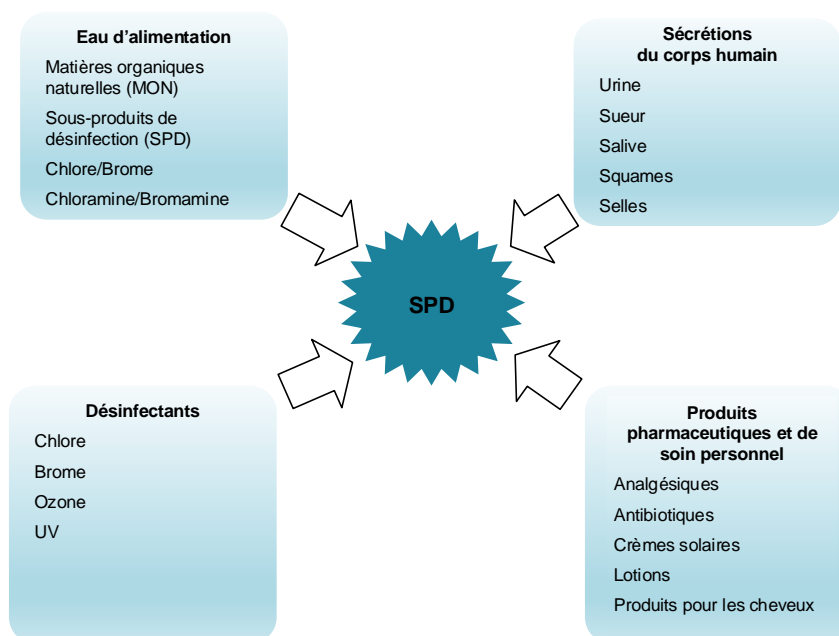
Les désinfectants réagissent rapidement avec des précurseurs présents dans l'eau tels que les matières organiques et inorganiques pour former des sous-produits de désinfection (SPD). Bien que ces précurseurs puissent provenir de la matière organique naturelle présente dans l'eau d'alimentation des bassins (principalement de l'eau potable), ils proviennent surtout des baigneurs (Daiber *et al.*, 2016; Florentin *et al.*, 2011; Teo *et al.*, 2015). Ce sont d'ailleurs ces derniers qui contribuent le plus à la formation de SPD dans les piscines (contrairement à l'eau potable, où ce sont les matières organiques naturelles) (Chowdhury *et al.*, 2014). Les précurseurs apportés par les baigneurs peuvent se retrouver dans les sécrétions humaines (p. ex. la sueur, l'urine, les selles, les poils, les cheveux, les squames), ainsi que dans les produits de soins personnels (p. ex.

⁴ Selon Santé Canada, le pH de l'eau en milieu naturel devrait se situer entre 5,0 et 9,0. Cette recommandation vise à limiter les irritations des yeux (Santé Canada, 2012). L'OMS (2003) mentionne également que des irritations de la peau pourraient aussi survenir lorsque le pH se situe à des valeurs extrêmes.

⁵ Le chlore peut notamment se présenter sous forme de gaz (Cl₂), de solution d'hypochlorite de sodium (NaOCl) ou d'hypochlorite de calcium solide (Ca[OC]l₂) (Florentin *et al.*, 2011; Manasfi *et al.*, 2017). Il se lie à la matière organique présente (chlore combiné) et la quantité restante (non liée) est appelée « chlore libre » ou « chlore résiduel » (ANSES, 2012; OMS, 2006). C'est la présence de chlore libre qui permet d'assurer une désinfection en continu de l'eau des installations (OMS, 2006).

antisudorifique, crème solaire) (ANSES, 2012; Carter et Joll, 2017; Florentin *et al.*, 2011; Manasfi *et al.*, 2017). La figure 1 illustre un aperçu des divers précurseurs et désinfectants qui peuvent avoir une influence sur la formation de SPD dans les eaux récréatives.

Figure 1 Aperçu des précurseurs et des désinfectants contribuant à la formation des sous-produits de désinfection (SPD) dans les eaux récréatives traitées



Source : figure adaptée de Carter *et al.* (2017).

Les SPD sont les contaminants chimiques les plus préoccupants dans les installations récréatives aquatiques. Plus d'une centaine de SPD ont été identifiés dans les piscines selon une étude de Richardson *et al.* (2010) rapportée dans plusieurs des revues consultées (Carter et Joll, 2017; Chowdhury *et al.*, 2014; Manasfi *et al.*, 2017; Teo *et al.*, 2015) et confirmé par (Daiber *et al.*, 2016). Les principaux SPD se regroupent en trois grandes classes, soit les chloramines, les trihalométhanes (THM) ainsi que les acides haloacétiques (AHA) (Tardif *et al.*, 2015), ces deux derniers faisant partie des SPD présents en plus grandes concentrations dans l'environnement des piscines (Florentin *et al.*, 2011; Villanueva et Font-Ribera, 2012). À cela s'ajoutent certains composés dits « émergents » tels que les haloacétonitriles (HAN) et les N-nitrosodiméthylamine (NDMA) (Tardif *et al.*, 2015). Le tableau A3 présenté à l'annexe 4 présente de manière plus détaillée les principaux SPD susceptibles de se retrouver dans l'eau.

De façon générale, les concentrations de SPD dans l'**air intérieur** des bassins couverts sont corrélées à celles retrouvées dans l'eau (Carter et Joll, 2017). Néanmoins, elles sont très variables d'une installation récréative aquatique à l'autre (Tardif *et al.*, 2015). En effet, les concentrations de SPD varient en fonction de nombreux facteurs qui influencent notamment les vitesses de formation, la volatilisation et la dispersion. Ces facteurs sont détaillés à l'annexe 6.

+ Considérant les facteurs présentés à l'annexe 6, certains types de bassins nécessitent une attention particulière au regard des concentrations de SPD. Dans les **bassins couverts**, il est généralement attendu que les concentrations de contaminants chimiques dans l'air soient plus élevées par rapport à celles situées à l'extérieur, et ce, pour plusieurs raisons. Notamment, les SPD peuvent se disperser dans l'atmosphère dans le cas des piscines extérieures alors que pour les piscines intérieures, les contaminants volatils peuvent plus difficilement s'y échapper (Carter et Joll, 2017).

Dans les **spas**, les conditions de températures élevées, l'agitation de l'eau ainsi que la fréquentation importante par rapport au volume d'eau entraînent des concentrations plus élevées de SPD, tels que les AHA et les THM, par rapport aux piscines (ANSES, 2014). Dans une étude récente, tous les SPD mesurés dans l'eau étaient plus élevés dans les spas, lorsque comparés aux piscines, et ce, peu importe le type de désinfectant utilisé (chlore ou brome) (Daiber *et al.*, 2016). Ajouté à cela, le contexte de détente des spas peut amener les usagers à avoir sur leur peau des gels et des huiles qui peuvent contribuer à la formation des SPD (Chowdhury *et al.*, 2014). Enfin, la surface de l'eau, située dans la zone respirable des usagers de spas, est l'endroit où les concentrations de SPD tels que les trichloramines et le chloroforme sont les plus élevées (Kohlhammer et Heinrich, 2007).

2.1.4 CYANOBACTÉRIES

Les cyanobactéries sont des bactéries photosynthétiques contenant des pigments bleu-vert ou verts, naturellement présentes dans les eaux douces et marines (Belleville *et al.*, 2010; OMS, 2003). Lorsqu'elles prolifèrent de manière importante, les cyanobactéries peuvent alors former des amas appelés communément « fleurs d'eau » (Belleville *et al.*, 2010; Miller et Russell, 2017). Parmi les divers facteurs contribuant à la formation de fleurs d'eau, l'eutrophisation des plans d'eau, causée par l'activité humaine (p. ex. ruissellement des routes, effluent des eaux usées, pratiques agricoles), a pour conséquence de favoriser la multiplication des cyanobactéries dans les eaux récréatives (Miller et Russell, 2017; OMS, 2003).

Certaines cyanobactéries produisent des toxines (appelées « cyanotoxines »), qui seraient, selon l'OMS, à l'origine de la plupart des problèmes de santé chez l'humain associés aux cyanobactéries (OMS, 2003). La présence de fleurs d'eau ne signifie cependant pas toujours que des toxines seront détectées, même si des espèces reconnues comme produisant des toxines sont présentes. Par ailleurs, l'absence de détection de toxines dans une fleur d'eau ne veut pas dire qu'il n'y en aura pas dans le prélèvement suivant et vice versa (Belleville *et al.*, 2010; OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Ainsi, la confirmation de la présence de toxines ne peut être réalisée que par une analyse de laboratoire (Santé Canada, 2012). L'empoisonnement ou la mort d'animaux ayant fréquenté le plan d'eau peut néanmoins être un premier indice de leur présence (Backer *et al.*, 2015).

Selon les données de surveillance disponibles, la microcystine est la cyanotoxine la plus répandue en Amérique du Nord (Backer *et al.*, 2015; Santé Canada, 2012). Le tableau A4 de l'annexe 4 présente quelques-unes des principales cyanotoxines susceptibles de se trouver dans les eaux récréatives.

2.1.5 SCHISTOSOMES RESPONSABLES DE LA DERMATITE DU BAIGNEUR

La dermatite du baigneur est causée par des schistosomes (OMS, 2003) ou cercaires, qui sont de petits vers plats parasitaires. Ils sont retrouvés en eaux douces et dans les eaux des plages côtières du Canada et du nord des États-Unis (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).

Le cycle de vie des schistosomes implique l'infection d'un oiseau aquatique (hôte principal). Les œufs, excrétés par les selles, éclosent ensuite dans l'eau. Les larves ainsi libérées infectent par la suite un escargot (hôte secondaire) afin de poursuivre leur cycle biologique et devenir des larves cercaires, qui sont à nouveau libérées dans l'eau. Ils se mettent alors à la recherche d'un nouvel hôte. L'être humain est un hôte accidentel : les cercaires qui pénètrent la peau meurent alors rapidement, leur cycle biologique étant interrompu (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Les facteurs favorisant la présence des schistosomes aviaires incluent ainsi la présence d'escargots en nombre important, en eau peu profonde, et en présence de plantes aquatiques (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).

2.2 Voies et degré d'exposition

Il existe trois voies d'exposition aux divers contaminants microbiologiques et chimiques présents dans l'eau et l'air intérieur des installations récréatives aquatiques, soit l'ingestion, l'inhalation et l'aspiration ainsi que l'absorption par voie cutanée et des muqueuses. Alors que l'ingestion et l'absorption cutanée surviennent généralement lors d'activités récréatives pratiquées dans l'eau, l'inhalation peut aussi avoir lieu hors de l'eau. Certains contaminants peuvent par ailleurs être transmis aux usagers par plus d'une voie d'exposition. C'est le cas des cyanobactéries et de leurs toxines, qui peuvent être transmises à l'humain par inhalation (p. ex. lors de ski nautique), par ingestion ou par contact cutané (NHMRC, 2008; OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Les SPD sont un autre exemple, la transmission associée aux eaux récréatives se faisant principalement par inhalation ou absorption cutanées (Villanueva et Font-Ribera, 2012).

2.2.1 INGESTION

Cette voie d'exposition est généralement considérée comme accidentelle lors d'activités récréatives aquatiques (voire négligeable pour les spas), à l'exception des enfants qui peuvent ingérer volontairement de l'eau (ANSES, 2012, 2014). Les volumes d'eau ingérés varient selon l'âge et la fréquentation. Le tableau 2 présente les estimations de volume d'eau ingéré selon différents auteurs. En résumé, les enfants ingèrent davantage d'eau que les adultes, mais ce sont nettement les nageurs sportifs qui en ingèrent le plus.

Tableau 2 Volumes d'eau ingérés lors de la baignade

Enfants	Adultes	Nageurs sportifs	Notes	Références
37 ml/baignade	16 ml/baignade	—	Estimé lors de la baignade en piscine sur la base de traceurs urinaires.	Evans <i>et al.</i> , 2001 cité dans (OMS, 2006)
37 ml/45 min	16 ml/45 min	128 ml/45 min	Estimé lors de la baignade en piscine sur la base de traceurs urinaires.	Dufour <i>et al.</i> , 2006 cité dans (ANSES, 2012; Florentin <i>et al.</i> , 2011)
1 à 2 ans : 100 ml/baignade 2 à 17 ans : 250 ml/baignade	25 ml/baignade	—	Estimé lors de la baignade prolongée en milieu naturel.	Afssa, Afsset, 2006 cités dans (ANSES, 2012)
6 à 12 ans : quantité médiane = 36 ml/baignade 90 ^e percentile = 150 ml	35 ans et plus : quantité médiane = 9 ml/baignade 90 ^e percentile = 64 ml	—	Estimé pour la baignade en milieu naturel en combinant notamment les données de Dufour <i>et al.</i> (2006) ainsi que des données issues de douze études de cohorte.	(DeFlorio-Barker <i>et al.</i> , 2017)

L'ingestion d'eau contaminée est la voie d'exposition presque essentiellement impliquée dans la transmission des **microorganismes d'origine fécale** (ANSES, 2012; OMS, 2003, 2006) à l'exception de certains virus entériques qui peuvent emprunter d'autres voies d'exposition. À titre d'exemple, les adénovirus sont aussi transmis par inhalation ou contact avec les muqueuses de l'œil (OMS, 2006; Santé Canada, 2012). Dans le contexte des eaux récréatives, les **contaminants chimiques** empruntent pour la plupart l'inhalation ou le contact cutané comme voies d'exposition. Néanmoins, certains composés peu volatils sont surtout transmis par ingestion, tels que les AHA (Zwiener *et al.*, 2007).

2.2.2 CONTACT CUTANÉ ET DES MUQUEUSES

Le contact cutané et des muqueuses (yeux, nez, oreilles) représentent la voie d'exposition empruntée par les **schistosomes**, qui pénètrent par la peau (Santé Canada, 2012). Plusieurs **microorganismes** tels que *Leptospira* spp. seraient aussi transmis par contact cutané (Santé Canada, 2012), notamment par des lésions (Barna et Kadar, 2012), bien que cette bactérie pourrait aussi être transmise par ingestion (Barna et Kadar, 2012; Perkins et Trimmier, 2017). La **présence de plaies ou d'écorchures** favorise aussi la transmission de certains microorganismes potentiellement présents dans les eaux récréatives. C'est le cas de *Mycobacterium marinum* (ANSES, 2012; OMS, 2006), de *Vibrio* spp. (OMS, 2003), d'*Aeromonas* spp. (ANSES, 2012; OMS, 2003), de *S. aureus* (Barna et Kadar, 2012) et de *P. aeruginosa* (OMS, 2006).

Pour les **contaminants chimiques**, la concentration absorbée par la peau dépend notamment de la durée d'immersion dans l'eau, de la température de l'eau et de la concentration de contaminants présents (OMS, 2006). Les composés tels que les halocétones, par exemple, seraient davantage absorbés par la peau lorsque la température augmente (Carter et Joll, 2017).

2.2.3 INHALATION OU ASPIRATION

Le système respiratoire représente la voie d'exposition principale des contaminants présents dans les spas, notamment en raison de la position assise, qui confère une exposition plus importante aux contaminants situés en surface de l'eau (ANSES, 2014). Parmi les **contaminants microbiologiques**, *Legionella* spp. est un microorganisme pathogène susceptible d'être transmis par cette voie lors de la pratique d'activités récréatives aquatiques (Barna et Kadar, 2012; OMS, 2006), en particulier dans les spas (Barna et Kadar, 2012). En effet, des éclosions à *L. pneumophila* sérotype 1 ont été associées au simple fait de circuler à proximité des spas (ANSES, 2014). Cette bactérie pourrait aussi être contractée dans les installations de piscines bien que, selon l'ANSES, ce risque semble plutôt lié à l'utilisation des douches situées dans les établissements (ANSES, 2012). Les MNT sont d'autres bactéries qui peuvent être transmises par le biais d'aérosols dans l'air au-dessus des spas (ANSES, 2014).

Pour les **contaminants chimiques**, ce sont les composés volatils qui sont transmis par inhalation. C'est le cas notamment des THM, qui sont principalement absorbés par voie respiratoire (OMS, 2006). Les trichloramines, composés hautement volatils, sont également transmis de cette manière. Les quantités de contaminants chimiques inhalés dépendent notamment de la concentration de contaminants dans l'air (particulièrement à la surface de l'eau), de la durée d'exposition et de l'effort (ANSES, 2012; OMS, 2006).

Enfin, en milieu naturel, l'inhalation pourrait également être une voie d'exposition d'importance des microcystines, produites par les **cyanobactéries** (p. ex. par la pratique de ski nautique) (NHMRC, 2008).

2.3 Problèmes de santé associés

L'exposition aux eaux récréatives est associée à une augmentation du risque à la santé (Fewtrell et Kay, 2015). Les problèmes gastro-entériques sont les plus fréquemment associés à l'exposition aux eaux récréatives **naturelles** (Fewtrell et Kay, 2015; OMS, 2003). Pour les **piscines**, les problèmes de santé les plus souvent rapportés sont d'abord de type cutané tels que les mycoses, les dermatoses et les verrues plantaires (ANSES, 2012). Les autres problèmes courants recensés sont des otites, des pharyngites, des rhinites, des conjonctivites, des gastro-entérites et des pneumopathies (ANSES, 2012). La gravité des symptômes associés dépend de divers facteurs tels que l'agent en cause (voire même le sérotype pour certains microorganismes), l'âge et l'état de santé de la personne exposée ainsi que la durée de l'exposition. L'annexe 7 présente les divers problèmes de santé associés aux principaux contaminants microbiologiques et cyanotoxines susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives.

2.3.1 GASTRO-INTESTINAUX

Les symptômes gastro-intestinaux sont les problèmes de santé les plus souvent liés à la présence de contaminants **microbiologiques d'origine fécale** dans les eaux récréatives (NHMRC, 2008; OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Ils comprennent généralement des diarrhées, des nausées et parfois même de la fièvre (OMS, 2006). La maladie peut également perdurer longtemps; les symptômes associés à *Cryptosporidium* spp., par exemple, peuvent s'échelonner sur une période allant d'une semaine à un mois (ANSES, 2012). Par ailleurs, certaines infections peuvent conduire à des manifestations cliniques graves. C'est le cas par exemple des infections à EHEC, qui peuvent conduire à un syndrome hémolytique et urémique (SHU) chez certaines personnes plus vulnérables telles que les jeunes enfants et les personnes âgées. En contrepartie, d'autres infections peuvent

parfois être asymptomatiques, par exemple celles à *Giardia* spp., ou encore au virus de l'hépatite A, lorsque contracté en bas âge (ANSES, 2012). Les endotoxines lipopolysaccharides (LPS), contenues dans la paroi cellulaire des **cyanobactéries**, pourraient également causer des symptômes gastro-intestinaux (Belleville *et al.*, 2010). Lévesque *et al.* (2016) ont d'ailleurs observé une association entre la présence d'endotoxines dans les eaux de trois lacs du Québec et ce type d'effets sur la santé.

2.3.2 RESPIRATOIRES

Des problèmes de santé respiratoire tels que les maladies respiratoires fébriles aiguës ont été associés à l'exposition aux **contaminants microbiologiques d'origine fécale** dans les eaux récréatives (NHMRC, 2008; OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Selon une méta-analyse récente combinant des études réalisées dans des eaux naturelles (principalement marines) et en majorité contaminées, les baigneurs présentaient un risque accru de souffrir de symptômes respiratoires par rapport aux non-baigneurs (RC = 1,63; 95 % IC : 1,34-1,98) (Mannocci *et al.*, 2016).

Les contaminants **microbiologiques d'origine non fécale** peuvent également être responsables de problèmes de santé respiratoire chez les usagers. C'est le cas de *Legionella* spp., dont la présentation clinique peut prendre deux formes, soit la fièvre de Pontiac (syndrome pseudo-grippal bénin), et la maladie du légionnaire (affection pulmonaire plus grave) (ANSES, 2014). Les MNT peuvent aussi causer des symptômes respiratoires (ANSES, 2012, 2014; Santé Canada, 2012), en particulier chez les personnes immunodéprimées (ANSES, 2012).

Des effets sur la santé respiratoire ont aussi été associés à l'exposition aux **contaminants chimiques** retrouvés dans les installations récréatives aquatiques artificielles. Par exemple, lorsque manipulé incorrectement, le chlore peut représenter un contaminant pour lequel des risques à la santé ont été associés. L'exposition aiguë au chlore gazeux a ainsi été liée à divers symptômes tels que des essoufflements, des serremments à la poitrine, de la suffocation, des maux de tête, des nausées, et des vomissements (Schnebelen, 2000; Schnebelen et Bolduc, 2002).

Ce sont toutefois les trichloramines qui sont les plus souvent identifiés comme agents responsables de problèmes de santé respiratoire dans les bassins chlorés (Bougault et Boulet, 2013; Florentin *et al.*, 2011), notamment chez les nageurs de haut niveau, qui fréquentent régulièrement les installations de piscines. Dans une étude réalisée au Québec, des concentrations élevées de chloramines dans l'air des piscines ($\geq 0,37$ mg/m³) étaient associées à des symptômes respiratoires (symptômes respiratoires des voies inférieures) chez les nageurs (Lévesque *et al.*, 2004, 2006). Plusieurs études rapportées dans la revue réalisée par Teo *et al.* (2015) viennent confirmer ces données (Teo *et al.*, 2015).

Les effets sur la santé associés aux SPD chez les enfants et les adultes utilisant les piscines traitées pour les loisirs sont toutefois moins clairs. Pour les enfants, les études rapportées dans les revues descriptives consultées portant sur le lien entre les problèmes de santé respiratoire et la fréquentation des piscines arrivent à des résultats contradictoires. Alors que certaines rapportent un plus grand risque d'asthme, d'autres semblent plutôt indiquer qu'il n'existe pas d'association significative ou encore, que la baignade est plutôt associée à une réduction des symptômes d'asthme chez les enfants présentant une condition respiratoire préexistante (Bougault et Boulet, 2013; Manasfi *et al.*, 2017; Villanueva et Font-Ribera, 2012). De manière générale, les revues consultées ne permettent pas de conclure à la présence d'un risque accru d'asthme chez les enfants qui fréquentent les piscines (Uyan *et al.*, 2009; Villanueva et Font-Ribera, 2012).

2.3.3 OTO-RHINO-LARYNGOLOGIQUES (ORL)

Les **otites externes** sont une autre affection courante associée aux activités récréatives aquatiques. En particulier, 70 % des otites externes contractées dans les piscines seraient liés à *P. aeruginosa* (ANSES, 2014). La présence d'association entre l'exposition aux contaminants microbiologiques d'origine fécale et les infections de l'oreille a aussi été rapportée. Cependant, lorsque comparée aux problèmes gastro-intestinaux et respiratoires, la probabilité de contracter ce type d'infection à la suite d'une exposition aux contaminants d'origine fécale est toutefois plus faible (NHMRC, 2008; OMS, 2003). Enfin, l'exposition répétée à l'eau enlèverait la cire protectrice du conduit auditif externe, rendant ainsi les nageurs plus susceptibles aux infections (OMS, 2006).

2.3.4 CUTANÉS ET MUQUEUSES

La **dermatite du baigneur** est un des problèmes cutanés le plus fréquemment associé aux eaux récréatives. Des infections répétées peuvent conduire à une réaction inflammatoire de la peau causée par la réponse immunitaire à la présence du parasite (Soldanova *et al.*, 2013). Les manifestations cliniques se caractérisent d'abord par une sensation de démangeaisons et de brûlure, qui se fait sentir rapidement (parfois après quelques minutes seulement) en sortant de l'eau. Par la suite, des éruptions cutanées apparaissent dans les 12 heures suivant l'infection (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Certaines personnes peuvent être asymptomatiques alors que d'autres peuvent réagir plus fortement à l'infection (Santé Canada, 2012).

En ce qui concerne les **contaminants d'origine fécale**, les documents publiés par l'OMS et le *National Health and Medical Research Council* (NHMRC) en Australie stipulent que le lien entre leur présence dans les eaux récréatives en milieu naturel et les problèmes d'ordre cutané n'est pas clairement démontré (NHMRC, 2008; OMS, 2003). Cependant, les auteurs d'une méta-analyse réalisée en 2009 ont trouvé une association entre l'exposition aux eaux récréatives contaminées (c'est-à-dire, dont les concentrations de microorganismes indicateurs dépassent les valeurs limites proposées, notamment par l'EPA) en milieu marin et la présence de problèmes cutanés (Yau *et al.*, 2009). Aucune association significative n'a toutefois été obtenue entre ce type de problème de santé et l'exposition aux eaux douces contaminées.

L'exposition aux **cyanobactéries** en eaux récréatives serait par ailleurs associée à des symptômes de type cutané (p. ex. démangeaisons, éruptions), selon une revue récente d'événements de fleurs d'eau survenus aux États-Unis entre 2007 et 2011 (Backer *et al.*, 2015). Il est présumé que les LPS, composantes de la paroi cellulaire des cyanobactéries, pourraient causer certains effets irritatifs (Santé Canada, 2012).

Des **infections de plaies** sont aussi associées à l'exposition à certaines bactéries dans les eaux récréatives telles que *P. aeruginosa* (OMS, 2006), *Aeromonas* spp. (ANSES, 2012; OMS, 2003; Santé Canada, 2012) et les MNT (ANSES, 2012, 2014; Santé Canada, 2012). En particulier, *M. marinum* peut causer le granulome des piscines, qui se caractérise par des lésions aux coudes et aux genoux (ANSES, 2012; OMS, 2006).

Concernant les **problèmes oculaires**, il n'existerait pas de données probantes permettant d'établir un lien avec la présence de contamination d'origine fécale selon l'étude de Prüss (1998) rapportée dans les lignes directrices de l'OMS et du NHMRC (NHMRC, 2008; OMS, 2003). Il est supposé que la fréquence plus importante de ce type de problème chez les nageurs serait due à une altération du système de défense de l'œil causé par l'exposition à l'eau de baignade (OMS, 2003). Enfin, les trichloramines sont souvent identifiées comme agents responsables d'irritations des yeux (Florentin

et al., 2011), comme rapporté dans l'étude de (Lévesque *et al.*, 2004, 2006) chez les nageurs de haut niveau, ainsi que dans d'autres études rapportées dans la revue de (Teo *et al.*, 2015).

2.3.5 AUTRES PROBLÈMES DE SANTÉ

Parmi les autres problèmes de santé associés à l'exposition aux contaminants des installations récréatives aquatiques, des **atteintes aux reins et au foie** ont été documentées, par exemple, en lien avec l'exposition à *Leptospira* spp. (OMS, 2003, 2006; Perkins et Trimmier, 2017). Les infections à EHEC peuvent aussi dégénérer en SHU chez les jeunes enfants et les personnes âgées (Barna et Kadar, 2012; OMS, 2006), qui se caractérise par une destruction massive des globules rouges ainsi qu'une atteinte aux reins et à d'autres organes.

Plusieurs contaminants chimiques pouvant se retrouver dans les eaux récréatives auraient également un **potentiel cancérigène**. Par exemple, les microcystines-LR, produites par certaines espèces de cyanobactéries, ont été classées dans le groupe 2B par le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC), c'est-à-dire qu'elles sont peut-être cancérigènes pour l'humain (CIRC, 2010). Plusieurs SPD retrouvés dans les eaux récréatives ont aussi été classés dans le groupe 2B par le CIRC. C'est le cas notamment de l'acide dichloroacétique (faisant partie des AHA), des ions bromates ainsi que du chloroforme et du bromodichlorométhane (ces deux derniers faisant partie des THM) (ANSES, 2012). Par ailleurs, le NDMA, considéré comme un SPD émergent (Tardif *et al.*, 2015), est classé dans le groupe 2A par le CIRC (probablement cancérigène pour l'humain) (CIRC, 2017). Il semblerait enfin que certains SPD émergents, bien que présents en faibles concentrations, présenteraient un potentiel toxique important pour l'humain (Chowdhury *et al.*, 2014). De nombreuses revues consultées citent par ailleurs l'étude de Villanueva *et al.* (2007), qui a observé une relation significative entre le risque de cancer de la vessie et l'exposition aux THM par inhalation et absorption cutanée lors de la baignade en piscine (Carter et Joll, 2017; Chowdhury *et al.*, 2014; Florentin *et al.*, 2011; Manasfi *et al.*, 2017; Teo *et al.*, 2015). D'autres recherches devront toutefois être menées afin de confirmer ces résultats (Villanueva et Font-Ribera, 2012).

2.4 Personnes vulnérables

Certains groupes de personnes, en raison de leur âge, de leur état de santé ou de leur fréquence d'exposition, sont considérés comme plus à risque lorsqu'exposés aux contaminants présents dans les eaux récréatives. Les trois principaux groupes à risque les plus souvent mentionnés sont les jeunes enfants, les personnes âgées et les personnes immunodéprimées.

2.4.1 JEUNES ENFANTS

Les jeunes enfants sont considérés comme vulnérables, en raison notamment de leur système immunitaire qui n'est pas entièrement développé (ANSES, 2012; OMS, 2009). Ils peuvent ainsi manifester des symptômes plus sévères et sont plus sensibles à la déshydratation (Sinclair *et al.*, 2009). Par exemple, les infections à *Giardia* spp. sont généralement bénignes chez les individus en santé, alors qu'elles peuvent être sévères chez les enfants (ANSES, 2012). Similairement, les jeunes enfants peuvent aussi présenter des signes cliniques plus graves lorsqu'ils contractent des microorganismes tels que le rotavirus (OMS, 2003; Santé Canada, 2012) et *E. coli* O157:H7. Pour ce dernier, les symptômes sont plus susceptibles de progresser en diarrhées hémorragiques et en SHU (OMS, 2006). Les jeunes enfants sont par ailleurs les plus souvent touchés par les éclosions d'origine virale (Sinclair *et al.*, 2009).

Les enfants présentent aussi des comportements de baignade qui les rendent plus vulnérables aux infections (OMS, 2009). Ils se baignent plus souvent et plus longtemps, immergent davantage la tête

ou le visage dans l'eau et avalent plus d'eau, comparativement aux adultes âgés de 35 ans et plus (DeFlorio-Barker *et al.*, 2017). Enfin, en raison de leur système respiratoire qui n'est pas complètement mature, les jeunes enfants pourraient représenter un groupe plus vulnérable, lorsqu'exposés aux SPD dans les lieux de baignade (ANSES, 2012; Florentin *et al.*, 2011). Cependant, il n'existe pas de données claires à ce sujet et d'autres études devront être menées afin de vérifier cette hypothèse.

2.4.2 PERSONNES ÂGÉES

Les personnes âgées sont, comme les jeunes enfants, plus à risque de complications lors d'une infection à *E. coli* O157:H7 (ANSES, 2012) et de souffrir du SHU (OMS, 2006). L'âge est aussi un facteur de risque d'infection à *Legionella* spp., les personnes de 50 ans et plus étant plus à risque (OMS, 2006). Certaines infections virales peuvent aussi être plus graves chez les personnes âgées, notamment celles causées par le rotavirus (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).

2.4.3 PERSONNES DONT LE SYSTÈME IMMUNITAIRE EST AFFAIBLI

Les personnes immunodéprimées, en particulier celles atteintes du SIDA, sont plus vulnérables aux infections à *Cryptosporidium* spp. En effet, l'infection est habituellement plus sévère chez ces personnes et les symptômes persistent plus longtemps (OMS, 2006). Les infections aux MNT sont également plus susceptibles d'engendrer des symptômes respiratoires chez les personnes immunodéprimées (ANSES, 2012). Certaines infections virales peuvent aussi être plus sévères chez ce groupe de personnes, dont celles causées par les adénovirus (ANSES, 2012) et le rotavirus (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).

2.4.4 AUTRES PERSONNES PRÉSENTANT UN RISQUE ACCRU

Les nageurs de compétition de haut niveau passent beaucoup de temps dans les installations de piscines et sont davantage exposés à certains contaminants. Comme mentionné précédemment, ils présentent un risque accru de souffrir de problèmes de santé respiratoires et irritatifs, attribués à la présence de trichloramines dans l'air. La prévalence d'asthme serait d'ailleurs plus importante chez les nageurs de compétition par rapport aux autres sportifs (Fisk *et al.*, 2010; Lévesque *et al.*, 2004, 2006; Villanueva et Font-Ribera, 2012). Il n'est toujours pas clair toutefois si cette différence s'explique par l'exposition aux contaminants chimiques présents dans l'environnement des piscines (Fisk *et al.*, 2010; Villanueva et Font-Ribera, 2012).

Les habitudes de vie et l'état de santé général sont d'autres facteurs de risque notables. Par exemple, les personnes avec des problèmes de santé respiratoire, les fumeurs et les grands buveurs d'alcool sont plus à risque d'être infectés par *Legionella* spp. (OMS, 2006; Santé Canada, 2012). Enfin, le port de lentilles lors de la baignade peut augmenter le risque de contracter une kératite causée par *P. aeruginosa* (ANSES, 2014). Finalement, bien que les travailleurs ne soient pas l'objet du présent rapport, il importe de noter que les trichloramines, substances volatiles très irritantes pour les voies respiratoires et les yeux, sont considérées comme responsables de plaintes de la part du personnel de piscines (ANSES, 2012; Gérardin, 2016). Une étude réalisée récemment au Québec chez des sauveteurs et des moniteurs révèle que l'exposition de ces derniers à l'environnement des piscines intérieures est associée à des symptômes respiratoires tels que la toux, des irritations de la gorge et des yeux (Bureau *et al.*, 2017). Par ailleurs, depuis 2003 en France, certains symptômes associés « aux dérivés aminés des produits chlorés tels que les chloramines dans les piscines » ont d'ailleurs été reconnus comme maladie professionnelle, soient la rhinite récidivante, l'asthme et l'insuffisance respiratoire chronique consécutive à l'asthme (ANSES, 2012).

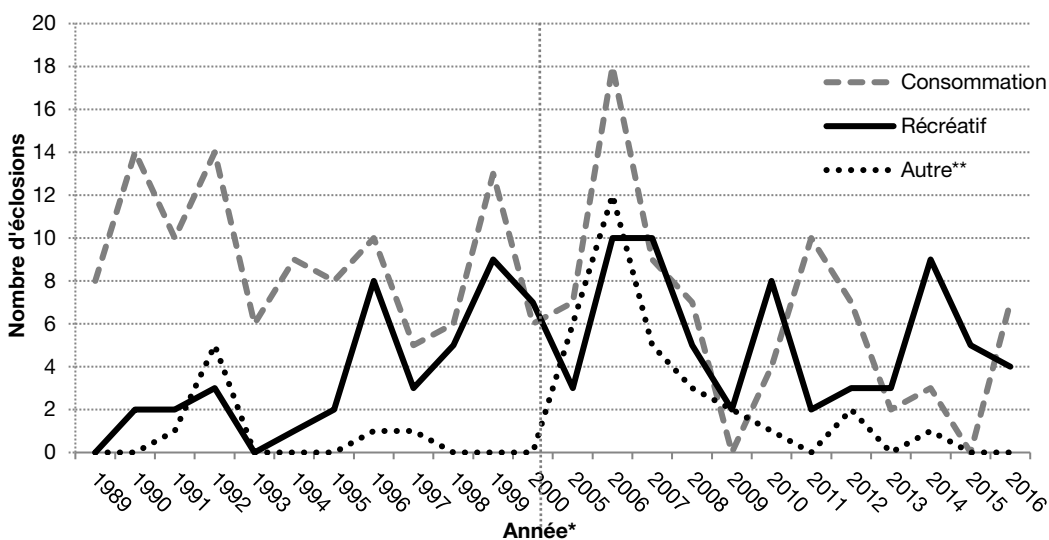
3 Description des éclosions d'origine hydrique associées à la qualité des eaux récréatives au Québec

Les éclosions d'origine hydrique font l'objet de surveillance depuis 1989 au Québec. Mis à part les années 2001 à 2004, où les données de surveillance n'ont pas été comptabilisées (voir annexe 2), ces éclosions ont périodiquement fait l'objet de divers bilans (Bolduc, 1994, 1998; Canuel et Lebel, 2009a, 2010, 2013; Chagnon et Bolduc, 2000, 2001; Chagnon, Bolduc et Chaussé, 2003; Dubé et Lebel, 2013; Lainesse, 1991; Lebel et Dubé, 2016). Au fil du temps, certains changements ont été apportés aux questionnaires utilisés dans la collecte de données afin de bonifier les informations recueillies. Ces changements apportent cependant certaines contraintes dans la présentation des données; ils ne permettent pas d'assurer une comparaison adéquate des données plus récentes (2005 à 2016) avec celles des années comprises entre 1989 et 2000. Pour cette raison, les informations sont présentées en majorité pour les années 2005 à 2016 dans les sections suivantes.

3.1 Portrait général des éclosions

La figure 2 présente le nombre d'éclosions d'origine hydrique rapportées par année au Québec depuis 1989 selon l'usage de l'eau. Pour la période comprise entre 1989 et 2016 (en excluant les années 2001 à 2004 inclusivement), 106 éclosions associées à la qualité des eaux récréatives ont été rapportées dans la province, représentant près du tiers (32 %) du nombre d'éclosion d'origine hydrique au Québec. Depuis 2005, le nombre d'éclosions associées aux eaux récréatives excède le nombre d'éclosions associées à l'eau de consommation une année sur deux. En 2013-2014 plus particulièrement, 12 éclosions d'origine hydrique sur 18 (impliquant 127 personnes sur un total de 144) étaient associées à la qualité des eaux récréatives, la plupart ayant eu lieu dans des spas (n = 5) (Lebel et Dubé, 2016). Globalement, le nombre d'éclosions liées à la qualité des eaux récréatives n'a pas diminué au cours des années au Québec.

Figure 2 Nombre d'éclosions d'origine hydrique rapportées chaque année au Québec selon l'usage de l'eau de 1989 à 2016



* Données sur le nombre d'éclosions non disponibles pour les années 2001, 2002, 2003 et 2004.

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

Au cours des douze dernières années, bien que le nombre d'éclosions associées aux eaux récréatives (n = 64) fût légèrement inférieur à l'eau de consommation (n = 74), ce sont celles qui ont impliqué le plus grand nombre de personnes, soit un total de 511 individus (voir tableau 3).

Tableau 3 Nombre d'éclosions et de personnes impliquées dans les éclosions d'origine hydrique au cours des douze dernières années (2005-2016) selon le type d'eau

	Nombre d'éclosions	Nombre total de personnes impliquées
Eaux récréatives	64	511
Eau de consommation	74	486
Autre*	32	439

* La catégorie « Autre » inclut notamment les tours de refroidissement et les données non disponibles. En particulier, une éclosion en 2012 associée à une tour de refroidissement a impliqué 181 personnes.

Comme présenté au tableau 4, le plus grand nombre d'éclosions rapportées sont liées aux piscines (n = 26, 41 %), suivi des plages (n = 20, 31 %). Les spas ont été associés à un peu moins du quart des éclosions rapportées (n = 14, 22 %). Ce sont toutefois les éclosions liées à la qualité de l'eau des plages qui ont impliqué le plus grand nombre de personnes au cours des dernières années. En effet, entre 2005 et 2016, 203 personnes ont été impliquées dans des éclosions associées aux plages, 158 personnes dans les piscines, 106 personnes dans les spas, 7 personnes dans les parcs récréatifs et 6 personnes dans les pataugeoires. Par ailleurs, l'éclosion où le plus grand nombre de personnes ont été impliquées (n = 74) a eu lieu dans une plage et impliquait un agent de nature biologique, soit le schistosome (données non présentées). Pour l'éclosion dont le type d'installation est inconnu, l'agent soupçonné comme étant en cause était *Shigella* sp.

Environ deux fois plus d'éclosions ont été rapportées dans les piscines et autres installations artificielles publiques (n = 29) par rapport à celles en milieu privé (n = 14), avec un nombre de personnes impliquées de 171 et 106 respectivement. Le nombre d'éclosions rapportées pour les plages non surveillées (n = 11) est approximativement le même que celui rapporté pour les plages surveillées (n = 9). Toutefois, les éclosions survenues dans les plages surveillées ont impliqué un nombre beaucoup plus important de personnes, soit 161 personnes pour les plages surveillées et 42 personnes pour les plages non surveillées.

Pour l'ensemble de la période analysée, les agents de nature infectieuse ont été davantage responsables d'éclosions associées à la qualité des eaux récréatives (n = 40) et ont impliqué un plus grand nombre de personnes, soit 367 personnes au total. En comparaison, les agents de nature chimique ont été responsables de 24 éclosions et ont impliqué 144 personnes.

Enfin, selon les informations recueillies, c'est le contact avec l'eau qui est la voie d'exposition la plus souvent rapportée (n = 47), suivi de l'inhalation (n = 14), alors que seulement deux éclosions ont été associées à l'ingestion de l'eau (n = 2). Cependant, il est possible qu'il y ait eu des erreurs de classification du type d'exposition, conduisant à une sous-estimation du nombre d'éclosions associées à l'ingestion d'eau lors de la baignade (voir note sous le tableau 4). Cette donnée doit donc être interprétée avec prudence.

Tableau 4 **Détail des éclosions associées à la qualité des eaux récréatives rapportées de 2005 à 2016 pour l'ensemble du Québec selon le type d'installation, la nature de l'éclosion et la voie d'exposition**

	Nombre d'éclosions	Nombre total de personnes impliquées
Type d'installation		
Inconnu	1	31
Parc récréatif aquatique*	2	7
Pataugeoires	1	6
Piscines	26	158
Plages	20	203
Spas	14	106
Installation publique ou privée, surveillée ou non surveillée		
Piscine ou autre bassin artificiel public	29	171
Piscine ou autre bassin artificiel privé	14	106
Plage ou autre milieu naturel surveillé	9	161
Plage ou autre milieu naturel non surveillé	11	42
Inconnu	1	31
Nature de l'éclosion		
Infectieuse	40	367
Chimique	24	144
Voie d'exposition**		
Contact	47	441
Contact avec l'eau/inhalation***	1	2
Ingestion	2	11
Inhalation	14	57
Total	64	511

* La catégorie « Parc récréatif aquatique » a été ajoutée dans le questionnaire pour les années 2015 et 2016. Il est possible que d'autres éclosions associées à ce type d'installation aient été rapportées pour les années précédentes, mais qu'elles aient été catégorisées différemment (p. ex. dans « Piscines »).

** Le faible nombre d'éclosions associées à l'ingestion d'eau pourrait s'expliquer par des erreurs de classification du type d'exposition dans le questionnaire de surveillance des éclosions de maladies d'origine hydrique.

*** Les questionnaires des années 2015 et 2016 ont été modifiés afin que plus d'une réponse soit possible à cette question. Il est donc possible que d'autres éclosions recensées par le passé (2014 et avant) impliquent plus d'une exposition, mais l'information n'a pas été saisie.

Le tableau 5 présente les types de symptômes rapportés par les personnes impliquées dans les éclosions recensées au Québec entre 2005 et 2016. D'emblée, on constate que les symptômes les plus fréquemment rapportés sont de type cutané ou ophtalmologique⁶. Dans 44 éclosions, ces symptômes, combinés ou non à d'autres types de symptômes (p. ex. digestifs, respiratoires), ont été identifiés. Dans 17 des éclosions recensées, des symptômes de type digestif étaient rapportés.

Des symptômes respiratoires ont aussi été observés pour 17 éclosions au total. Huit (8) éclosions (13 %) ont conduit à l'hospitalisation de 13 personnes au total, dont cinq étaient causées par un agent chimique (chlore) et sept par un agent microbiologique (*Cryptosporidium* sp., *Legionella*

⁶ Le questionnaire de surveillance des éclosions des maladies d'origine hydrique ne permettait pas, avant 2015, de distinguer les symptômes de type cutané de ceux de type ophtalmologique.

pneumophila et *Shigella* sp.). Aucun décès n'a été rapporté pendant la période de 2005 à 2016 (données non présentées).

Tableau 5 Symptômes rapportés par les personnes impliquées dans les éclosions associées à la qualité des eaux récréatives de 2005 à 2016

Symptômes rapportés*	Nombre d'éclosions
Symptômes cutanés ou ophtalmologiques (p. ex. dermatite, irritations des yeux) SEULEMENT	30
Symptômes cutanés ou des oreilles SEULEMENT**	1
Symptômes digestifs (p. ex. nausées, vomissements, crampes abdominales, diarrhées) SEULEMENT	8
Symptômes respiratoires (p. ex. toux, asthme) SEULEMENT	6
Symptômes cutanés ou ophtalmologiques ET généraux	2
Symptômes cutanés ou ophtalmologiques ET respiratoires	6
Symptômes cutanés ou ophtalmologiques ET digestifs	4
Symptômes digestifs ET généraux	1
Au moins 3 trois types de symptômes (parmi les suivants : cutanés ou ophtalmologiques, respiratoires, digestifs, généraux)	6
Total	64

* Les symptômes cutanés ou ophtalmologiques incluent dermatites, irritations des yeux, irritations des muqueuses, démangeaisons, pustules/boutons, rougeurs, enflures, folliculites, impétigo, coloration des cheveux, perte de poils, etc. Les symptômes respiratoires incluent les symptômes respiratoires inférieurs (bronchospasmes/asthme, toux, dyspnée, expectorations, etc.) et les symptômes respiratoires supérieurs (maux de gorge, pharyngite/laryngite, etc.). Les symptômes digestifs incluent nausées, vomissements, crampes abdominales, diarrhées, etc. Les symptômes généraux incluent céphalées, étourdissements, pertes de conscience, myalgie, douleurs à la poitrine, etc.

** Le questionnaire a été modifié en 2015, de manière à différencier les cas d'irritation ou d'infection des yeux, des oreilles ou cutanée. Avant cette date (2005-2014), les symptômes étaient catégorisés de la manière suivante : dermatite, conjonctivite, otite, irritation des muqueuses (ex. : peau, yeux). Il est donc possible qu'avant 2015, des symptômes d'irritation des oreilles aient été catégorisés dans « irritation des muqueuses ».

Le questionnaire de déclaration volontaire des éclosions des maladies d'origine hydrique inclut certaines questions portant sur les interventions réalisées par les DSPublique avant et après les éclosions (voir tableau 6). Ainsi, dans 8 % des éclosions (n = 5), les DSPublique ont affirmé qu'il y avait présence d'un avis à la population concernant l'eau. À propos du type d'intervention, ce sont 75 % (n = 48) des éclosions qui ont conduit à la réalisation d'une enquête de santé publique et 27 % (n = 17) à la rédaction d'un rapport écrit. Parmi celles-ci, 13 éclosions ont fait l'objet de ces deux types d'intervention. Pour 11 éclosions, aucune de ces deux interventions n'a été réalisée.

Seulement la moitié des éclosions associées à la qualité des eaux récréatives ont fait l'objet d'analyses environnementales (n = 33, 52 %), et encore moins ont fait l'objet d'analyses biologiques (n = 10, 16 %). Par ailleurs, l'agent soupçonné a été confirmé par des analyses environnementales pour 18 éclosions (28 %) et par des analyses biologiques chez les personnes atteintes dans sept éclosions (11 %). Globalement, l'agent étiologique a été confirmé par une analyse environnementale ou biologique dans 36 % des éclosions (n = 23).

Tableau 6 Interventions réalisées lors d'éclotions associées à la qualité des eaux récréatives recensées entre 2005 et 2016

	Nombre d'éclotions
Présence d'un avis à la population concernant l'eau	
Oui	5
Non	58
Ne sais pas	1
Type d'intervention réalisée	
Enquête de santé publique	35
Rapport écrit	4
Enquête de santé publique ET rapport écrit	13
Pas d'enquête de santé publique NI de rapport écrit	11
Inconnu	1
Analyses environnementales réalisées*	
Oui, avec confirmation de l'agent	18
Oui, sans confirmation de l'agent	15
Non	27
Ne sais pas/Inconnu	4
Analyses biologiques réalisées	
Oui, avec confirmation de l'agent	7
Oui, sans confirmation de l'agent	3
Non	54
Confirmation de l'agent par une analyse environnementale OU biologique	
Oui	23
Non	41
Total	64

* Pour les années 2005 à 2014, la question portait uniquement sur les analyses de l'eau. Pour les années 2015 et 2016, cette question incluait les analyses de l'air en plus des analyses de l'eau. Il est à noter également qu'il n'y a pas d'information sur le type d'analyse environnementale réalisée, à savoir si celles-ci visaient la détection d'indicateurs de qualité de l'eau (p. ex. *E. coli*) ou ciblaient plutôt un ou des pathogènes soupçonnés comme étant à l'origine de l'éclotion.

Comme présenté au tableau 7, environ la moitié (52 %) des éclotions associées aux eaux récréatives de 2005 à 2016 sont survenues dans trois régions sociosanitaires, soit : l'Estrie (n = 15), la Capitale-Nationale (n = 9), et la Montérégie (n = 9). Ces éclotions ont impliqué 290 personnes.

Tableau 7 Nombre d'éclosions associées à la qualité des eaux récréatives recensées entre 2005 et 2016 par région sociosanitaire*

Région sociosanitaire	Nombre d'éclosions	Nombre total de personnes impliquées
01 Bas-Saint-Laurent	0	0
02 Saguenay–Lac-Saint-Jean	0	0
03 Capitale-Nationale	9	53
04 Mauricie et Centre-du-Québec	5	54
05 Estrie	15	171
06 Montréal	5	39
07 Outaouais	1	2
08 Abitibi-Témiscamingue	2	8
09 Côte-Nord	0	0
10 Nord-du-Québec	0	0
11 Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	0	0
12 Chaudière-Appalaches	3	30
13 Laval	1	2
14 Lanaudière	6	15
15 Laurentides	6	59
16 Montérégie	9	66
17 Nunavik	1	9
18 Terres-Cries-de-la-Baie-James	1	3
Total	64	511

* La présentation des données par région sociosanitaire tient compte de la modification du découpage territorial effectué en 2014-2015. Ce changement amène un agrandissement du territoire de l'Estrie, au détriment de la Montérégie (MSSS, 2016).

3.2 Plages et autres plans d'eau en milieu naturel

Comme présenté au tableau 8, parmi toutes les éclosions associées à la qualité de l'eau des plages, le schistosome est l'agent le plus fréquemment soupçonné comme étant responsable des éclosions rapportées ($n = 11$, 55 %) et celui ayant touché le plus grand nombre de personnes, soit 159. C'est par ailleurs l'agent le plus souvent présumé responsable d'éclosions associées à la qualité de l'eau récréative pour tous les types d'installations récréatives aquatiques confondus. Au Québec, le risque serait davantage présent entre la fin du mois de juin et la fin du mois d'août, correspondant à la période où les larves de cercaires émergent des escargots (Giovenazzo, s.d.). D'autres agents de nature infectieuse ont été impliqués dans les éclosions survenues dans les plages, mais ceux-ci n'ont pas été identifiés précisément. Sur l'ensemble de la période analysée, trois éclosions ont été associées à la présence de cyanobactéries.

Tableau 8 **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 selon le type d'agent soupçonné et l'origine suspectée de la contamination**

Agent soupçonné	Origine suspectée de la contamination	Nombre d'éclosions	Nombre total de personnes impliquées
Agent infectieux indéterminé	Plage polluée	1	6
	Inconnue*	5	25
Cercaire ou schistosomes	Goélands ou autres oiseaux	11	159
Cyanobactéries	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 incluse 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.

3.3 Piscines, pataugeoires et jeux d'eau

Comme présenté au tableau 9, 29 éclosions ont été associées à la qualité de l'eau des piscines, des pataugeoires et des jeux d'eau au cours des dernières années au Québec. Parmi ces éclosions, une seule serait survenue dans une pataugeoire et deux dans des parcs récréatifs⁷, les autres étant toutes survenues dans des piscines.

La majorité des éclosions rapportées en lien avec la qualité de l'eau des piscines, des pataugeoires et des jeux d'eau ont été associées à un contaminant de nature chimique (n = 22, 76 %), principalement le chlore et les chloramines (n = 21, 72 %). En effet, seulement six éclosions ont impliqué un contaminant de nature infectieuse. Les microorganismes soupçonnés étaient notamment *Cryptosporidium* sp., *P. aeruginosa*, *Staphylococcus* sp. et *Streptococcus* sp.

Les raisons les plus fréquemment mentionnées comme étant à l'origine de la contamination sont principalement le mauvais fonctionnement ou le manque d'entretien de la piscine ou de la pataugeoire (n = 20). D'autres causes ont également été évoquées, notamment des lacunes dans les mesures d'hygiène (n = 4), un système de traitement défectueux ou inadéquat (n = 1) et un déversement accidentel (n = 1).

⁷ Il est possible que d'autres éclosions soient survenues dans des parcs récréatifs, mais le questionnaire avant 2015 ne permettait pas de l'identifier précisément puisque ce choix de réponse n'était pas offert.

Tableau 9 **Portrait des éclosions d'origine hydrique liées à la qualité de l'eau des piscines, des pataugeoires et des jeux d'eau de 2005 à 2016 pour l'ensemble du Québec selon le type d'agent soupçonné et l'origine suspectée de la contamination**

Agent soupçonné	Origine suspectée de la contamination	Nombre d'éclosions	Nombre total de personnes impliquées
Agent infectieux indéterminé	Mauvais fonctionnement ou entretien; lacune dans les mesures d'hygiène	1	6
	Inconnue	1	5
<i>Cryptosporidium</i> sp.	Lacune dans les mesures d'hygiène	2	14
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus</i> sp.	Inconnue	1	3
Streptocoques, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Mauvais fonctionnement ou entretien	1	2
Chloramines	Mauvais fonctionnement ou entretien; lacune dans les mesures d'hygiène; système de traitement inadéquat ou défectueux	8	26
	Inconnue	1	2
Chlore	Mauvais fonctionnement ou entretien; déversement accidentel, fuite	9	93
	Inconnue	1	3
Chlore, chloramines	Mauvais fonctionnement ou entretien	1	11
Chlore, hypochlorite de lithium	Mauvais fonctionnement ou entretien	1	2
Cuivre	Inconnue	1	2
Autre	Inconnue	1	2
Total		29	171

3.4 Spas

Illustrées par le tableau 10, les éclosions associées à la qualité de l'eau des spas étaient principalement d'origine microbiologique (n = 13, 93 %). En effet, une seule éclosion dont l'agent soupçonné était le chlore a été rapportée. Parmi l'ensemble des éclosions associées aux spas, la bactérie *P. aeruginosa* a été le microorganisme le plus fréquemment rapporté comme agent soupçonné (n = 8, 57 %) et aurait impliqué le plus grand nombre de personnes, soit 88 sur la période de 2005 à 2016. *Legionella* spp. a été soupçonné dans environ une éclosion sur cinq (n = 3, 21 %). Un autre constat qui se dégage de ces données est que pour la majorité des éclosions, les causes les plus souvent évoquées comme étant à l'origine de la contamination sont le mauvais fonctionnement ou le manque d'entretien des spas (n = 8), ainsi que la présence de lacunes dans les mesures d'hygiène (n = 4). Pour deux éclosions, le trop grand nombre de baigneurs a également été mentionné comme une cause suspectée de la contamination.

Tableau 10 Portrait des éclosions d'origine hydrique liées à la qualité de l'eau des spas de 2005 à 2016 pour l'ensemble du Québec selon le type d'agent soupçonné et l'origine suspectée de la contamination

Agent soupçonné	Origine suspectée de la contamination	Nombre d'éclosions	Nombre total de personnes impliquées
Agent infectieux indéterminé	Mauvais fonctionnement ou entretien	1	6
	Inconnue	1	3
<i>Legionella pneumophila</i>	Mauvais fonctionnement ou entretien; lacune dans les mesures d'hygiène	1	2
	Inconnue	2	4
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Lacune dans les mesures d'hygiène	2	6
	Mauvais fonctionnement ou entretien; lacune dans les mesures d'hygiène; trop grand nombre de baigneurs	5	37
	Inconnue	1	45
Chlore	Mauvais fonctionnement ou entretien	1	3
Total		14	106

4 Discussion

4.1 Données sur l'exposition et les effets sur la santé associés à la qualité des eaux récréatives

Le nombre d'éclosions associées à la qualité des eaux récréatives est fort probablement sous-estimé.

Comme mentionné dans les bilans précédents concernant les maladies d'origine hydrique, le nombre d'éclosions, ainsi que le nombre d'individus impliqués rapportés par les autorités de santé publique au Québec, sont fort probablement inférieurs à la réalité (Bolduc, 1994; Canuel et Lebel, 2009a, 2009b, Chagnon et Bolduc, 2000, 2001; Lebel et Dubé, 2016). En effet, les cas sont difficilement détectés par les systèmes de surveillance et le lien avec les eaux récréatives n'est pas toujours facile à établir (ANSES, 2012; OMS, 2003, 2006). Les raisons qui expliquent ces situations sont :

- La présentation parfois bénigne des symptômes, pour lesquels les personnes affectées ne vont pas nécessairement consulter un médecin (ANSES, 2012; Hlavsa *et al.*, 2011, 2014, 2015; OMS, 2003, 2006; Perkins et Trimmier, 2017);
- La confirmation de l'agent étiologique en cause peut être complexe puisque des spécimens biologiques sont rarement prélevés et les méthodes de détection dans l'eau manquent de spécificité et de sensibilité, en plus d'être longues (Ryan *et al.*, 2017);
- Certains microorganismes ont une longue période d'incubation, ce qui complique l'établissement d'un lien épidémiologique entre l'éclosion et la qualité de l'eau récréative (Hlavsa *et al.*, 2011, 2014, 2015);
- Les éclosions impliquant moins de personnes (p. ex. en milieu résidentiel) peuvent être plus difficiles à déceler (Yoder *et al.*, 2008);
- Plusieurs contaminants présents dans les eaux récréatives peuvent être transmis par d'autres vecteurs (p. ex. eau de consommation, alimentation, etc.) (OMS, 2003);
- Plusieurs infections se manifestent par des signes cliniques non spécifiques (p. ex. gastro-entérites, symptômes s'apparentant à ceux de la grippe), qui peuvent être aussi associés à de nombreux agents étiologiques.

La surveillance des éclosions associées à la qualité des eaux récréatives au Québec est limitée par rapport aux États-Unis.

Alors que la confirmation de l'agent étiologique par des analyses environnementales ou biologiques a été réalisée pour 75 % des éclosions associées aux eaux récréatives aux États-Unis entre 2003 et 2012 (voir annexe 5), seulement 36 % des éclosions recensées au Québec ont fait l'objet d'une telle confirmation entre 2005 et 2016. Ces proportions sont d'ailleurs bien inférieures à celles obtenues pour l'eau de consommation pour la même période, où des analyses environnementales et biologiques ont été réalisées pour 67 % et 49 % des éclosions respectivement (avec confirmation de l'agent dans 43 % et 33 % des éclosions, respectivement) (données non présentées)⁸. Comme mentionné précédemment (Canuel et Lebel, 2009a, 2009b), ces résultats soulignent que l'identification de l'agent étiologique soupçonné dans les éclosions rapportées doit être interprétée avec prudence. Néanmoins, les données analysées indiquent que près des trois quarts des éclosions

⁸ Il importe de noter que ces données sont issues des signalements des DSPublique seulement puisqu'elles ne sont pas disponibles dans le registre ÉCLOSION du fichier MADDO et le registre des toxi-infections alimentaires du MAPAQ. Ceci conduit à 13 éclosions associées à l'eau de consommation pour lesquelles ces données sont manquantes et les proportions présentées ont été calculées sur un total de 61 plutôt que 74.

survenues au Québec ont fait l'objet d'une enquête de santé publique. Il n'a pas été possible toutefois dans le cadre de ce mandat de connaître l'ampleur des enquêtes réalisées (p. ex. téléphone à l'exploitant ou réalisation d'une enquête épidémiologique).

Malgré la présentation généralement bénigne des symptômes associés à la qualité des eaux récréatives, certaines personnes plus vulnérables peuvent être sévèrement affectées.

Les symptômes associés à la qualité des eaux récréatives sont généralement bénins. Néanmoins, certains contaminants peuvent causer des problèmes de santé sévères, en particulier chez les personnes plus vulnérables. Comme présenté dans les sections précédentes, les jeunes enfants, les personnes âgées ainsi que les personnes dont le système immunitaire est affaibli représentent des groupes particulièrement à risque lorsqu'ils contractent certains microorganismes dans les eaux récréatives. Les nageurs de compétition de haut niveau, du fait qu'ils passent beaucoup de temps dans l'environnement des piscines, présentent également un risque accru de ressentir des problèmes respiratoires et irritatifs, vraisemblablement liés à la présence de trichloramines dans l'air (Lévesque *et al.*, 2004, 2006).

Bien qu'aucun décès n'ait été rapporté dans les éclosions associées à l'eau récréative recensées au Québec, c'est une éclosion sur huit qui a conduit à l'hospitalisation d'une ou de plusieurs personnes impliquées pour la période de 2005 à 2016, illustrant l'importance de certains problèmes de santé associés aux eaux récréatives. Aux États-Unis, plus de 300 hospitalisations ont été comptabilisées et sept décès, dont quatre associés à *Legionella* spp., ont été rapportés sur la période analysée (Dziuban *et al.*, 2006; Hlavsa *et al.*, 2015; Yoder *et al.*, 2008). En outre, le fardeau économique associé à la qualité des eaux récréatives peut être important. Une étude récente chiffrait entre 2,2 et 3,7 milliards \$US les coûts associés aux problèmes de santé causés par les eaux récréatives aux États-Unis chaque année, en milieu naturel seulement (DeFlorio-Barker *et al.*, 2018). Ces coûts incluaient notamment les médicaments utilisés, les visites chez le médecin, les hospitalisations ainsi que les pertes de productivité associées.

Les données sur l'exposition aux contaminants dans l'eau et dans l'air intérieur des installations récréatives aquatiques au Québec sont fragmentaires.

Afin de bien estimer l'ampleur des risques à la santé pour la population, il importe de disposer de données sur l'exposition des usagers aux divers contaminants présents. D'abord, il existe certaines données concernant le nombre d'installations récréatives aquatiques disponibles au Québec. Selon des estimations sommaires réalisées par le MELCC, il y aurait 600 plages publiques dans la province⁹. Pour ce qui est des piscines et autres bassins artificiels, il existerait, selon des estimations réalisées par le MELCC (MDDEFP, 2013), plus de 10 000 installations de baignade¹⁰ visées par le *Règlement sur la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels*¹¹ (ci-après, Règlement) au Québec, dont la majorité sont des spas.

⁹ Communication personnelle d'un des informateurs clés sondés dans le cadre du rapport *La qualité des eaux récréatives au Québec – Stratégies de prévention des risques à la santé et de surveillance des éclosions*.

¹⁰ Ce nombre est basé sur les données suivantes : 1) Tourisme Québec dénombrait, en 2012, 8 887 bassins situés dans des établissements d'hébergement touristique, sans qu'il soit possible toutefois de savoir si ces installations sont assujetties au Règlement; 2) Les dix principales municipalités au Québec compteraient près de 400 piscines extérieures et pataugeoires, plus de 200 jeux d'eau ainsi qu'environ 100 piscines intérieures; 3) Il est estimé que les immeubles privés tels que les copropriétés et les maisons de retraite recenseraient plus de 500 installations artificielles de baignade.

¹¹ Repéré à <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2.%20r.%2039/>

Par ailleurs, quelques études ont été réalisées au Québec et apportent des éclairages sur l'exposition potentielle des usagers aux contaminants dans l'eau et dans l'air intérieur des installations récréatives aquatiques dans la province (Brousseau *et al.*, 2009; Kosatsky *et al.*, 1988; Lévesque *et al.*, 1990, 2000, 2004, 2016; Tardif *et al.*, 2015). Certaines de ces études ont toutefois plus de 20 ans et il est difficile d'établir dans certains cas si ces résultats sont applicables au contexte actuel.

Enfin, certaines estimations sur la fréquentation des installations récréatives aquatiques au Québec ont été publiées par le passé. Pour les **milieux naturels**, il était estimé en 2002 que 9 % de la population riveraine profitait de la baignade et des autres types d'activités nautiques (p. ex. ski nautique, planche à voile, etc.) sur le fleuve Saint-Laurent, correspondant à 268 000 personnes (Leclerc et Belles-Isles, 2003). À ces chiffres, il faut ajouter le nombre de personnes fréquentant d'autres sites où de telles activités sont pratiquées, notamment les lacs, dont les données sont inconnues. En ce qui concerne la fréquentation des **piscines**, selon des estimations réalisées pour la région de Montréal, le nombre d'entrées par année pour une piscine intérieure municipale ouverte à l'année a été estimé à plus de 300 000 par an, alors que la fréquentation de trois plages sur l'Île de Montréal était estimée à 73 000 au total (Christin, 2000). Bien que ces informations aient plus de 15 ans, elles indiquent néanmoins que les Québécois sont nombreux à participer à des activités récréatives aquatiques. Ceci est une bonne nouvelle considérant les bienfaits de cette activité sur les saines habitudes de vie. En contrepartie, ces données illustrent aussi qu'un nombre important de personnes s'exposent potentiellement à des contaminants présents dans l'eau ou dans l'air des installations pour lesquelles il existe peu d'information actuellement.

Pour ces raisons, les prochaines sections font état des risques potentiels pour la santé des diverses installations (plages et autres milieux naturels, piscines, pataugeoires et jeux d'eau, spas), en s'appuyant sur les études menées au Québec sur les eaux récréatives, les données issues du registre québécois des éclosions d'origine hydrique ainsi que les données américaines sur les éclosions survenues au cours des dernières années dans les eaux récréatives (voir annexe 5).

4.2 Risques associés aux plages et autres milieux naturels

La dermatite cercarienne est une problématique fréquente et ubiquitaire au Québec.

Au Québec, les éclosions associées à la présence de dermatite cercarienne sont celles les plus fréquemment rapportées et qui ont impliqué le plus grand nombre de personnes parmi l'ensemble des éclosions liées à la qualité des eaux récréatives entre 2005 et 2016. Aux États-Unis, c'est aussi l'agent ayant affecté le plus de personnes dans les plages et autres lieux naturels pendant la période de 2003 à 2012 (sans être toutefois l'agent le plus fréquemment responsable d'éclosions). Des études réalisées au Québec ont permis d'illustrer que cette problématique, ubiquitaire dans la province, affecte particulièrement les enfants ainsi que les personnes qui se baignent près du rivage. Des cas de dermatite du baigneur ont notamment été recensés à Rimouski, Rouyn-Noranda et Portneuf (Boulianne *et al.*, 1989; Lévesque *et al.*, 1990). La majorité des personnes affectées s'étaient baignées aux abords du plan d'eau naturel (85 %) et près de la moitié des cas étaient des enfants de moins de 10 ans (47 %). Des résultats similaires ont été obtenus d'une autre étude réalisée au Lac-Beauport en 1999 : 53 % des cas recensés étaient des enfants de moins de 10 ans et 75 % des personnes affectées s'étaient baignés au bord de l'eau (Lévesque *et al.*, 2000). Bien que les cas soient fort probablement sous-rapportés en raison de la présentation peu sévère des symptômes, la fréquence des cas rapportés serait en augmentation au Canada comme aux États-Unis (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). La rapidité dans la survenue des symptômes associés à cet agent peut expliquer en partie une déclaration plus élevée d'éclosions associées à cet agent.

Les contaminants microbiologiques d'origine fécale dans les eaux naturelles : une préoccupation importante à considérer.

La présence d'oiseaux aux abords des plages ne contribue pas seulement au développement du schistosome; elle représente également une source de contamination microbiologique fécale des sites de baignade en milieu naturel, comme illustré par (Lévesque, 1992). En effet, dans cette étude, la quantité de goélands fréquentant une plage publique de la région de Québec était étroitement liée aux concentrations de coliformes fécaux dans l'eau. Les oies sont également de possibles vecteurs de certains pathogènes tels que *Campylobacter jejuni* et pourraient aussi être des contributeurs aux éclosions d'origine fécale (Gorham et Lee, 2016). C'est néanmoins la contamination fécale d'origine humaine qui est la plus préoccupante, le risque sanitaire associé étant vraisemblablement plus grand (NHMRC, 2008; OMS, 2009). Conséquemment, d'autres facteurs tels que les accidents fécaux provenant des baigneurs et la contamination par les eaux usées sont particulièrement importants à considérer dans la survenue d'éclosions en milieu naturel, comme évoqué par Santé Canada et les Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (Dziuban *et al.*, 2006; Santé Canada, 2012; Yoder *et al.*, 2008).

Bien que les dangers présents puissent varier grandement d'un site à l'autre, selon notamment leurs caractéristiques (OMS, 2003), les risques les plus importants dans la majorité des sites naturels sont associés aux contaminants d'origine fécale (Santé Canada, 2012). En effet, les contaminants d'origine fécale, en particulier les bactéries, sont la cause la plus importante d'éclosions dans les milieux naturels aux États-Unis (voir annexe 5). Parmi les virus entériques, le norovirus est celui qui est presque essentiellement impliqué dans les éclosions associées aux eaux récréatives. Ceci corrobore les constats de Barna et Kadar (2012), qui stipulent que le norovirus est le seul agent viral entérique qui semble avoir une implication notable dans les éclosions associées aux eaux récréatives (Barna et Kadar, 2012). Néanmoins, aucune éclosion associée à des microorganismes d'origine fécale n'a été recensée dans les plages du Québec. Pourtant, à l'été 2017, plusieurs plages d'eau douce participantes au programme Environnement-Plages affichaient des cotes de C, correspondant à une concentration d'*E. coli* somme toute élevée, soit de 101 à 200/100 ml. Par ailleurs, une étude réalisée en 1984 à l'occasion d'une compétition de planche à voile ayant eu lieu dans le fleuve Saint-Laurent, où l'eau était polluée par des rejets d'eaux usées, concluait à un risque cinq fois plus élevé d'éprouver des symptômes gastro-intestinaux chez les véliplanchistes par rapport aux employés du site (Dewailly *et al.*, 1986). Conséquemment, l'absence d'éclosions associées à des microorganismes d'origine fécale dans les plages du Québec pourrait notamment s'expliquer par le faible nombre d'analyses réalisées au Québec pour confirmer l'étiologie des éclosions, comme mentionné précédemment, ou encore, par la difficulté des personnes ressentant des symptômes à associer ces problèmes de santé à la baignade.

Les effets sur la santé causés par les cyanobactéries sont possiblement sous-rapportés.

Sur l'ensemble de la période analysée (2005-2016), trois éclosions associées aux eaux récréatives impliquant 13 personnes ont été rapportées au Québec comme étant potentiellement liées à la présence de cyanobactéries. Dans le cadre du *Mémoire déposé à la Commission des transports et de l'environnement concernant les effets potentiels sur la santé liés à la présence d'algues bleu-vert* (Belleville *et al.*, 2010), deux de ces éclosions (celles signalées en 2007) ont fait l'objet d'analyses plus poussées. En effet, les DSPublique concernées ont été interpellées en 2009 afin de mieux connaître les circonstances à l'origine de ces éclosions.

Après analyse des informations rapportées, il est apparu que l'une des éclosions n'était probablement pas associée aux cyanobactéries, alors que pour l'autre, le lien demeurait hypothétique¹². Aux États-Unis, peu de cas ont été rapportés dans le *Morbidity and Mortality Weekly Report* (MMWR) des CDC, soit 14 éclosions associées aux cyanotoxines entre 2003 et 2012 (voir tableau A1 de l'annexe 5). Plus récemment, les données d'une étude portant sur la surveillance routinière des plans d'eau et de cas individuels rapportés aux autorités de 15 états américains entre 2007 et 2011 révélaient que parmi les cas d'origine hydrique, 90 % ont été associés aux eaux récréatives (Backer *et al.*, 2015).

Par ailleurs, même les activités impliquant un contact limité avec l'eau pourraient représenter des risques à la santé. Dans une étude québécoise portant sur l'exposition aux cyanobactéries, le contact récréatif secondaire (p. ex. le kayak ou la pêche) était associé à un risque accru de symptômes gastro-intestinaux alors que les activités impliquant davantage de contact avec l'eau (p. ex. baignade, ski nautique) ne montraient pas d'association (Lévesque *et al.*, 2014). Les auteurs expliquent ces résultats par le fait que les usagers faisant des activités de contact direct évitent probablement ce genre d'activités lors d'épisodes de fleurs d'eau apparents, alors que ceux qui pratiquent des activités de contact plus limité continuent à fréquenter le plan d'eau.

4.3 Risques associés aux piscines, pataugeoires et jeux d'eau

La gestion des concentrations de désinfectants dans les bassins artificiels est complexe au regard de la santé.

D'une part, les concentrations de désinfectants doivent être suffisamment élevées pour réduire ou éliminer la contamination microbologique et, d'autre part, être assez faibles afin de limiter la formation de SPD (Kohlhammer et Heinrich, 2007). Dans les installations récréatives aquatiques, l'apport en matières organiques et inorganiques par les baigneurs est constant, ce qui nécessite l'ajout continu de désinfectants dans l'eau afin de maintenir la qualité microbologique (Carter et Joll, 2017). Les concentrations de SPD retrouvées dans les piscines et les spas sont conséquemment beaucoup plus élevées que dans l'eau potable avec laquelle ils sont alimentés (Daiber *et al.*, 2016). La réglementation exige par ailleurs davantage de chlore libre pour les piscines et autres bassins artificiels par rapport à l'eau potable¹³.

Les contaminants d'origine chimique ont ainsi été responsables de 14 % (n = 48/343, incluant celles d'étiologie suspectée) des éclosions rapportées aux États-Unis dans les piscines et autres bassins artificiels (y compris les spas), alors qu'ils comptaient pour la moitié des éclosions recensées au Québec dans les installations artificielles (53 %, n = 23/43). Ces résultats pourraient notamment indiquer une plus grande déclaration des éclosions associées aux contaminants chimiques au Québec. Ils pourraient aussi être attribués à des lacunes dans la qualité des équipements de traitement de l'eau et de l'air intérieur (p. ex. ventilation, filtration, désinfection, etc.), dans la gestion des installations, ou encore, dans la formation du personnel responsable de l'entretien des piscines et autres bassins artificiels dans la province. En effet, la plupart des éclosions d'origine chimique

¹² Pour une des éclosions, les plaisanciers affectés étaient atteints de dermatites et se sont baignés à 12 km du site où une prolifération de cyanobactéries a été observée. Il n'y a pas eu confirmation de présence de cyanobactéries au lieu de baignade. Pour l'autre éclosion, les symptômes rapportés étaient divers (céphalées, diarrhées, crampes abdominales, vomissements). Une prolifération de cyanobactéries a été observée au site de baignade environ 10 jours avant son usage par les personnes atteintes, mais aucune cyanotoxine n'a été détectée à la suite des analyses réalisées par le MELCC ce même jour.

¹³ Dans les piscines, le chlore libre doit être compris entre 0,8 à 2,0 mg/l pour les bassins intérieurs et entre 0,8 à 3,0 mg/l pour les bassins extérieurs (Gouvernement du Québec, 2017a).

survenues au Québec et associées aux eaux récréatives étaient liées à un mauvais fonctionnement ou entretien déficient de l'installation. Par ailleurs, une étude portant sur les intoxications au chlore dans les piscines publiques du Québec (Schnebelen, 2000; Schnebelen et Bolduc, 2002) est arrivée à la conclusion que la majorité des cas étaient attribuables au manque de connaissance du personnel responsable de l'entretien, entraînant des erreurs de manipulation des produits de désinfection. De plus, selon des données recueillies sur le territoire de l'Île-de-Montréal, 73 % des installations de piscines, pataugeoires et autres bassins artificiels ne respectaient pas les normes de désinfection au chlore (Christin, 2000). Similairement, les raisons évoquées dans les rapports des CDC pour expliquer les éclosions de nature chimique sont notamment des problèmes d'opération des systèmes automatisés de traitement de l'eau, le traitement inadéquat de l'eau et le manque de formation du personnel (Dziuban *et al.*, 2006; Hlavsa *et al.*, 2011; Yoder *et al.*, 2008).

Aux États-Unis, ce sont davantage les agents microbiologiques qui ont été responsables des éclosions survenues entre 2003 et 2012 dans les piscines. À l'instar des plages, ce sont ceux d'origine fécale qui ont été le plus souvent impliqués, en particulier les protozoaires. En effet, la majorité des éclosions rapportées comme étant associées aux eaux récréatives aux États-Unis ont été causées par *Cryptosporidium* spp. Les causes évoquées par les CDC pour expliquer certaines des éclosions survenues entre 2003 et 2008 sont notamment : la résistance de certains microorganismes aux traitements traditionnels, même si l'entretien est adéquat (p. ex. résistance de *Cryptosporidium* spp. au chlore), le manque de communication entre les membres du personnel responsable de l'opération des piscines, les comportements des baigneurs (p. ex. utilisation de la piscine, lorsque malade, avaler de l'eau, etc.) et le manque d'application des politiques visant à empêcher la baignade des personnes qui présentent des symptômes de gastro-entérites (Dziuban *et al.*, 2006; Hlavsa *et al.*, 2011; Yoder *et al.*, 2008).

En comparaison, seulement deux éclosions associées à *Cryptosporidium* spp. ont été rapportées dans des piscines au cours des dernières années au Québec. Des analyses biologiques ont permis de confirmer la présence de ce parasite chez les patients, mais aucune analyse de l'eau n'a été réalisée. La cryptosporidiose et la giardiase, qui sont des maladies à déclaration obligatoire, sont actuellement en augmentation dans la province. Seulement en 2016, 112 cas de cryptosporidiose ont été déclarés toute cause confondue pour l'ensemble de la province, ce qui est environ deux fois plus élevé que le nombre moyen de cas identifiés pour la période 2011-2015 (78 cas). Cependant, aucune information concernant l'exposition potentielle (p. ex. alimentation, eau potable, eaux récréatives) n'est disponible pour ces deux maladies (Gouvernement du Québec, 2017b) et il est possible que l'augmentation des cas soit attribuable à une recrudescence des analyses réalisées. Néanmoins, la différence observée entre le Québec et les États-Unis pourrait s'expliquer par une prévalence plus élevée de *Cryptosporidium* spp. dans les eaux récréatives aux États-Unis, mais également en partie par le faible nombre d'analyses environnementales et biologiques réalisées au Québec, comme mentionné précédemment.

Les pataugeoires et les jeux d'eau fréquentés par les jeunes enfants peuvent présenter un risque accru de transmission de contaminants d'origine fécale.

Les jeunes enfants présentent des caractéristiques qui augmentent le risque de transmission de contaminants d'origine fécale, notamment le port de couches et l'ingestion d'eau accrue. Selon une revue récente réalisée par le Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE), *Cryptosporidium* spp. était, à l'instar des piscines, le principal agent responsable d'éclosions dans les jeux d'eau (Russell et Eykelbosh, 2017). Les autres causes évoquées par le CCNSE ainsi que les CDC afin d'expliquer les éclosions survenues dans les pataugeoires et les jeux d'eau sont notamment l'utilisation par des baigneurs infectés (p. ex. avec la diarrhée) et les problèmes de conception des installations (Dziuban *et al.*, 2006; Hlavsa *et al.*, 2011; Russell et Eykelbosh, 2017;

Yoder *et al.*, 2008). Bien qu'elle remonte à près de 30 ans, une étude réalisée sur l'Île de Montréal dans des pataugeoires publiques, en majorité de type « empli-vide », est arrivée à la conclusion que, même si les concentrations de chlore faisaient l'objet de suivis réguliers, près des trois quarts (71 %) ne respectaient pas les normes en vigueur, présentant des problèmes de sous chloration (46 %) ou de sur chloration (25 %) (Kosatsky *et al.*, 1988).

En effet, les installations de type « empli-vide » présentent plusieurs contraintes qui compliquent le maintien d'une qualité de l'eau adéquate (Côté, 2005). En raison de la connaissance des risques associés à ce type de bassin, leur nombre tend désormais à diminuer, du moins pour le territoire de l'Île-de-Montréal¹⁴.

4.4 Risques associés aux spas

***P. aeruginosa* et *Legionella* spp. sont les microorganismes les plus souvent impliqués dans les éclosions associées aux spas.**

Dans l'étude de (Brousseau *et al.*, 2009) réalisée dans 95 spas publics du Québec, *P. aeruginosa* était la bactérie la plus fréquemment détectée (41 % des spas), ce qui pourrait expliquer qu'elle a été à l'origine de la majorité des éclosions rapportées dans les spas depuis 2005. En effet, certaines caractéristiques des spas (p. ex. eau chauffée à plus de 32 °C, difficulté à maintenir des concentrations adéquates de désinfectant en raison du petit volume d'eau par rapport au nombre de baigneurs) en font un milieu propice à la croissance de *P. aeruginosa* et de *Legionella* spp.¹⁵ (Brousseau *et al.*, 2009). Dans cette même étude, la surveillance microbiologique de l'eau était déficiente, avec seulement 14 % des spas où la présence de l'indicateur *E. coli* était vérifiée régulièrement¹⁶.

Parmi les éclosions rapportées par les DSPublique dans les spas au Québec, plus des deux tiers sont survenus entre 2010 et 2016 (n = 10, données non présentées), soit après la publication de l'*Étude de la contamination microbiologique de spas publics au Québec* (Brousseau *et al.*, 2009). Bien que la popularité croissante de ce type d'installation soit à considérer dans le nombre d'éclosions recensées, il est également possible que la publication des résultats de cette étude ainsi que la vaste campagne de sensibilisation menée conjointement par le MSSS et le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) auprès des gestionnaires de ce type d'installations (MSSS, 2011) ont contribué à une sensibilisation accrue à l'égard de la qualité de l'eau des spas, ainsi qu'à une augmentation des déclarations d'éclosions.

Le manque d'entretien et d'hygiène sont les causes les plus fréquemment rapportées dans les éclosions recensées dans les spas du Québec. Cette donnée est peu surprenante considérant les résultats obtenus par Brousseau *et al.* (2009) sur l'entretien des installations de spas : seulement 4 % des responsables avaient reçu une formation sur l'entretien adéquat de leur installation et 36 % connaissaient le Règlement. Ainsi, la majorité des spas de cette étude ne respectaient pas le Règlement concernant les concentrations de désinfectants résiduels (les concentrations mesurées étaient trop élevées ou trop faibles par rapport à la norme). L'utilisation de traitement inapproprié ainsi que le manque de suivi des concentrations de désinfectants sont également des raisons

¹⁴ La Ville de Montréal (à l'exception des villes liées) travaille depuis 2014 à éliminer ce type de bassin sur son territoire repéré à http://ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/PAGE/SECT_SPORTS_FR/MEDIA/DOCUMENTS/PLAN_AQUA_2013-2025_WEB.PDF. À l'heure actuelle, il n'en resterait plus qu'une vingtaine sur l'Île-de-Montréal (communication personnelle, Julie Brodeur, CIUSSS du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal, 10 janvier 2018),

¹⁵ Ces deux microorganismes sont résistants aux désinfectants et leur croissance est favorisée à des températures élevées (p. ex. entre 25 et 42 °C pour *Legionella* spp.) (Brousseau *et al.*, 2009).

¹⁶ L'indicateur *E. coli* est un des paramètres à mesurer prescrit par le Règlement.

mentionnées dans les rapports des CDC comme causes des éclosions survenues dans les spas aux États-Unis (Dziuban *et al.*, 2006; Hlavsa *et al.*, 2011; Yoder *et al.*, 2008). Ajoutée à cela, la surutilisation des bassins (p. ex. lors d'événements sportifs) était aussi mentionnée comme une cause d'éclosion.

4.5 Problématiques à surveiller

***Cryptosporidium* spp. est une problématique majeure dans les installations récréatives artificielles aux États-Unis et sa présence pourrait être à surveiller dans celles du Québec.**

Les éclosions à *Cryptosporidium* spp. dans les eaux récréatives ont augmenté de façon marquée aux États-Unis (Hlavsa *et al.*, 2011), ainsi qu'ailleurs dans le monde, notamment au Royaume-Uni (Chalmers, 2012). Il est fort possible que cette recrudescence soit en grande partie attribuable à une meilleure investigation, ainsi qu'à une meilleure compréhension du risque (Chalmers, 2012). Le nombre important d'éclosions associées à ce parasite est attribué, en partie, à divers facteurs tels que : 1) sa tolérance au chlore, qui contribue à sa persistance dans l'eau, et ce, même dans les piscines bien entretenues; 2) sa longue période d'incubation (environ 7 jours), faisant en sorte que l'éclosion peut prendre du temps à être décelée depuis le début de l'infection, retardant ainsi la mise en place de mesures visant à réduire le risque; 3) le comportement de certaines personnes infectées qui continuent de se baigner même si elles sont malades, contribuant à la propagation de l'infection (Hlavsa *et al.*, 2011). Considérant les particularités de ce parasite et l'augmentation de sa prévalence observée ailleurs dans le monde, sa présence pourrait être à surveiller dans les piscines ainsi que les pataugeoires et les jeux d'eau du Québec.

Les changements climatiques et l'eutrophisation des cours d'eau pourraient conduire à une exposition accrue aux contaminants potentiellement présents dans les eaux récréatives.

Les changements climatiques amèneront vraisemblablement les personnes à faire davantage usage des installations récréatives aquatiques telles que les plages, les piscines, les pataugeoires et les jeux d'eau, comme moyen d'adaptation à la chaleur. En effet, pour plusieurs régions du Québec, le nombre de jours dont la température maximale est supérieure à 30°C augmentera considérablement au cours des prochaines années. En considérant un scénario d'émissions élevées¹⁷, ce nombre passera de 1 (1981-2010) à 9 (2041-2070) dans la région de la Capitale-Nationale, de 2 (1981-2010) à 9 (2041-2070) au Saguenay, de 2 (1981-2010) à 16 (2041-2070) en Chaudière-Appalaches et de 9 (1981-2010) à 37 (2041-2070) en Montérégie (Ouranos, 2018). Cependant, comme mentionné dans la synthèse 2020 d'Ouranos dont la publication est à venir, les comportements préventifs adoptés par les usagers au regard de la qualité des eaux récréatives ont été peu étudiés jusqu'à présent (Demers-Bouffard, Gosselin et Campagna, 2020).

Cet aspect apparaît important à mieux connaître dans un contexte où le réchauffement du climat (prolongement de la saison estivale) ainsi que les précipitations accrues sont susceptibles d'altérer la qualité des eaux récréatives (Sanborn et Takaro, 2013). En effet, les changements climatiques peuvent, de diverses façons, avoir des impacts sur les maladies d'origine hydrique associées aux eaux récréatives, notamment par l'augmentation des concentrations de microorganismes dans les eaux de surface (Demers-Bouffard, Gosselin et Campagna, 2020). Par ailleurs, l'eutrophisation des plans d'eau, par l'augmentation des concentrations d'azote et de phosphore, favorise la croissance des cyanobactéries. D'autre part, ces mêmes éléments nutritifs fournissent des conditions favorables à la prolifération des escargots (Soldanova *et al.*, 2013), ce qui pourrait amener une présence accrue de schistosomes dans l'eau.

¹⁷ Le scénario d'émissions élevées est basé sur l'augmentation constante des concentrations de CO₂ (Charron, 2016).

Certains pathogènes retrouvés uniquement dans les climats plus chauds pourraient aussi faire éventuellement leur apparition au Québec. Par exemple, *Naegleria fowleri* est une amibe qui cause une méningo-encéphalite amibienne primitive (MEAP), une maladie du système nerveux central presque toujours mortelle (ANSES, 2012; OMS, 2003, 2006; Santé Canada, 2012), dont les cas sont en majorité liés aux eaux naturelles (Barna et Kadar, 2012). Quelques cas ont été recensés dans le sud des États-Unis (Dziuban *et al.*, 2006; Yoder *et al.*, 2008). En effet, cette amibe se développe lorsque la température de l'eau est au-dessus de 25 °C (ANSES, 2012), mais peut néanmoins survivre 12 mois à 4 °C (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Bien qu'aucun cas n'ait été déclaré au Canada jusqu'à maintenant, ce microorganisme pourrait devenir préoccupant en territoire canadien dans un contexte de changements climatiques selon Santé Canada (Santé Canada, 2012). Certaines cyanotoxines, bien qu'elles ne soient pas préoccupantes actuellement, pourraient aussi représenter des contaminants à surveiller selon cette même organisation. C'est le cas des cylindrospermopsines¹⁸ et des saxitoxines, qui ont notamment été détectées dans des eaux douces tempérées dans le nord des États-Unis (Santé Canada, 2012).

Les SPD sont des contaminants à surveiller, en particulier dans les bassins couverts.

En plus des effets irritatifs et respiratoires documentés chez les nageurs de haut niveau et les travailleurs en lien avec l'exposition aux trichloramines, certaines études suggèrent que d'autres effets sur la santé pourraient être associés aux SPD (p. ex. potentiel cancérigène). Plusieurs revues recensées au cours des dernières années portent d'ailleurs sur les SPD, illustrant leur importance dans les eaux récréatives traitées. Il sera donc important de surveiller la littérature au cours des prochaines années afin d'être à l'affût des nouvelles données à ce sujet.

Bien qu'une seule éclosion a été associée aux contaminants chimiques dans les spas au Québec, il importe de souligner que ce type de bassin représente un milieu particulièrement propice à la formation de SPD et à leur volatilisation dans l'air, notamment en raison de la température élevée et de l'agitation de l'eau ainsi que de la fréquentation importante par rapport au volume d'eau (ANSES, 2014). Ces contaminants, en particulier ceux qui sont volatils, représentent également une problématique importante dans les bassins couverts, où ils peuvent plus difficilement s'échapper.

Autres problématiques potentielles associées aux eaux récréatives à surveiller.

Il existe enfin d'autres risques à la santé qui n'ont pas été abordés dans le cadre de ce document. Par exemple, les conditions d'humidité et de température élevée des installations de piscines et de spas représentent un milieu favorable à la formation de moisissures sur les surfaces (ANSES, 2014). Des spores peuvent alors être libérées dans l'air et avoir des effets sur la santé des occupants, en particulier les sportifs et les travailleurs, qui passent beaucoup de temps dans ces installations (ANSES, 2012). Cependant, selon le rapport publié par l'ANSES en 2012, il n'existerait actuellement aucune donnée sur les risques sanitaires associés aux moisissures en piscines (ANSES, 2012).

¹⁸ Des cylindrospermopsines ont également été retrouvées dans la Baie Missisquoi (Zamyadi *et al.*, 2012).

5 Conclusion

Les activités récréatives aquatiques sont populaires au Québec et présentent de nombreux bienfaits pour la santé de la population. Néanmoins, la présence de contaminants dans l'eau et pour les bassins couverts, dans l'air intérieur, est associée à des risques à la santé. Bien que les symptômes liés à ces maladies soient généralement bénins, certains contaminants peuvent conduire à des présentations cliniques plus graves et affecter plus sévèrement certaines personnes telles que les jeunes enfants ou les personnes immunodéprimées. Il est donc impératif que la population puisse pratiquer ce type d'activité tout en minimisant le plus possible son exposition aux contaminants.

Bien que possiblement sous-déclarées, les éclosions associées à la qualité des eaux récréatives sont relativement fréquentes et n'ont pas diminué au Québec ces dernières années. Pour certaines périodes, elles sont même plus importantes en nombre que celles associées à l'eau de consommation. Par ailleurs, il existe des lacunes dans les analyses réalisées lors d'investigations d'éclosions au Québec, et les données portant sur l'exposition dans les eaux récréatives sont fragmentaires. Chaque type de milieu (plages et autres milieux naturels, piscines intérieures, pataugeoires et jeux d'eau, spas) présente des particularités qui leur sont propres et qui les rendent vulnérables à certains types de contaminants. Les actions de prévention à mettre en place devront ainsi tenir compte de ces particularités ainsi que des clientèles plus sensibles qui sont appelées à les utiliser.

Au regard des impacts possibles des changements climatiques, ainsi que les données de surveillance aux États-Unis et d'autres juridictions dans le monde, certaines problématiques en lien avec les eaux récréatives sont appelées à s'accroître dans les prochaines années au Québec. Pour ces raisons, des efforts devront être mis de l'avant afin de mieux surveiller et prévenir ces risques potentiels qui sont associés. Des recommandations à cet égard sont proposées dans le rapport *La qualité des eaux récréatives au Québec et les stratégies de prévention des risques à la santé* (Huppé et al., 2018).

6 Références

- Afssa et Afsset. (2006). *Risques sanitaires liés à la présence de cyanobactéries dans l'eau*. Agence française de sécurité sanitaire des aliments et Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2004et0008Ra.pdf>
- ANSES. (2012). *Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines - Partie 1: piscines réglementées*. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra.pdf>
- ANSES. (2014). *Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines - Partie 2: bains à remous*. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra-2.pdf>
- Backer, L. C., Manassaram-Baptiste, D., LePrell, R. et Bolton, B. (2015). Cyanobacteria and algae blooms: Review of health and environmental data from the Harmful Algal Bloom-Related Illness Surveillance System (HABISS) 2007-2011. *Toxins*, 7(4), 1048-1064.
- Barna, Z. et Kadar, M. (2012). The risk of contracting infectious diseases in public swimming pools. A review. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 48(4), 374-86.
- Belleville, D., Dubé, K., Phaneuf, D., Gauvin, D., Gervais, M.-C., Brisson, G., ... Chevalier, P. (dir.). (2010). *Mémoire déposé à la Commission des transports et de l'environnement concernant les effets potentiels sur la santé liés à la présence des algues bleu-vert (cyanobactéries)*. Montréal : Institut national de santé publique du Québec.
- Bolduc, D. (1994). *Bilan des maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de la santé publique du Québec en 1991 et 1992*. Sainte-Foy : Comité de santé environnementale du Québec. Repéré à <http://catalogue.santecom.qc.ca/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2412>
- Bolduc, D. G. (1998). *Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de la santé publique du Québec en 1993, 1994 et 1995*. Comité de santé environnementale du Québec.
- Bougault, V. et Boulet, L. (2013). Airways Disorders and the Swimming Pool. *Immunology and Allergy Clinics of North America*, 33(3), 395-408.
- Boulianne, N., Dewailly, É., Lévesque, B. et Université Laval (dir.). (1989). *Étude descriptive de la dermatite cercarienne*. Sainte-Foy, Québec : Le Dép.
- Brousseau, N., Lévesque, B., Guillemet, T., Gauvin, D., Giroux, J.-P., Cantin, P., Gingras, S., Laverdière, D. (2009). *Étude de la contamination microbiologique de spas publics au Québec*. Montréal : Institut national de santé publique du Québec.
- Bureau, G., Lévesque, B., Dubé, M., Gauvin, D., Lépine, F. et Laliberté, D. (2017). Indoor swimming pool environments and self-reported irritative and respiratory symptoms among lifeguards. *International Journal of Environmental Health Research*, 27(4), 306-322.
- Canuel, M. et Lebel, G. (2009a). *Surveillance des éclosions de maladies d'origine hydrique au Québec: bilan du 1er janvier 2005 au 31 décembre 2007*. Montréal : Institut national de santé publique du Québec.

- Canuel, M. et Lebel, G. (2009b). Surveillance des éclosions des maladies d'origine hydrique, Québec, 2005-2007. *Bulletin d'information en santé environnementale (BISE)*. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/bise/surveillance-des-eclosions-des-maladies-d-origine-hydrique-quebec-2005-2007>
- Canuel, M. et Lebel, G. (2010). Bilan des éclosions des maladies d'origine hydrique, Québec, 2008-2009. *Bulletin d'information en santé environnementale (BISE)*. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/bise/bilan-des-eclosions-des-maladies-d-origine-hydrique-quebec-2008-2009>
- Canuel, M. et Lebel, G. (2013). Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique au Québec de 2010 à 2011. *Bulletin d'information en santé environnementale (BISE)*. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/article-en-surveillance-bilan-des-eclosions-de-maladies-d-origine-hydrique-au-quebec-de-2010-2011>
- Carter, R. A. A. et Joll, C. A. (2017). Occurrence and formation of disinfection by-products in the swimming pool environment: A critical review. *Journal of environmental sciences (China)*, 58(100967627, dvr), 19-50.
- Chagnon, M. et Bolduc, D. G. (2000). *Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de la santé publique du Québec en 1996 et en 1997*. Québec : Institut national de santé publique du Québec. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/003_BilanEclosions_96_97.pdf
- Chagnon, M. et Bolduc, D. G. (2001). *Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de la santé publique du Québec en 1998 et en 1999*. Québec : Institut national de santé publique du Québec. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/034_Eclosions1998_1999.pdf
- Chagnon, M., Bolduc, D. G. et Chaussé, K. (2003). *Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de santé publique du Québec en 2000*. Québec : Institut national de santé publique du Québec. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/311-BilanMaladiesOrigineHydrique_DSP2000.pdf
- Chalmers, R. M. (2012). Waterborne outbreaks of cryptosporidiosis. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 48(4), 429-46.
- [Charron, J. \(2016\). Guide sur les scénarios climatiques : Utilisation de l'information climatique pour guider la recherche et la prise de décision en matière d'adaptation, Édition 2016. Ouranos, 94 p.](#)
- Chowdhury, S., Alhooshani, K. et Karanfil, T. (2014). Disinfection byproducts in swimming pool: occurrences, implications and future needs. *Water research*, 53(dv7, 0105072), 68-109.
- Christin, C. (2000). Les infections reliées aux piscines : un problème de santé publique. *Bulletin d'information en santé environnementale (BISE)*. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/bise/les-infections-reliees-aux-piscines-un-probleme-de-sante-publique>
- CIRC. (2010). *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans - Volume 94 - Ingested nitrate and nitrite, and cyanobacterial peptide toxins*. Lyon, France : Centre international de recherche sur le cancer. Repéré à <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol94/mono94.pdf>

- CIRC. (2017). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans - List of classifications, volumes 1-120. *International Agency for Research on Cancer*. Repéré à http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php
- Côté, P.-A. (2005). *Guide d'exploitation des piscines et autres bassins artificiels*. Direction des politiques de l'eau, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/piscine/guide-exploitation.pdf>
- Daiber, E. J., DeMarini, D. M., Ravuri, S. A., Liberatore, H. K., Cuthbertson, A. A., Thompson-Klemish, A., ... Richardson, S. D. (2016). Progressive Increase in Disinfection Byproducts and Mutagenicity from Source to Tap to Swimming Pool and Spa Water: Impact of Human Inputs. *Environmental Science and Technology*, 50(13), 6652-6662.
- DeFlorio-Barker, S., Arnold, B. F., Sams, E. A., Dufour, A. P., Colford, J. M., Weisberg, S. B., ... Wade, T. J. (2017). Child environmental exposures to water and sand at the beach: Findings from studies of over 68,000 subjects at 12 beaches. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*.
- DeFlorio-Barker, S., Wing, C., Jones, R. M. et Dorevitch, S. (2018). Estimate of incidence and cost of recreational waterborne illness on United States surface waters. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 17(1), 3.
- Demers-Bouffard, D., Gosselin, P., Campagna, C. (2020). Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec, Édition 2020 – Chapitre La santé des individus et des communautés. Publications à venir.
- Dewailly, E., Poirier, C. et Meyer, F. M. (1986). Health hazards associated with windsurfing on polluted water. *American Journal of Public Health*, 76(6), 690-691.
- Dubé, M. et Lebel, G. (2013). RÉSUMÉ - Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique au Québec en 2012. *Bulletin d'information en santé environnementale (BISE)*. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/bise/resume-bilan-des-eclosions-de-maladies-d-origine-hydrique-au-quebec-en-2012>
- Dziuban, E. J., Liang, J. L., Craun, G. F., Hill, V., Yu, P. A., Painter, J., ... Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2006). Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with recreational water--United States, 2003-2004. *Morbidity and Mortality Weekly Report. Surveillance Summaries (Washington, D.C.: 2002)*, 55(12), 1-30.
- Fewtrell, L. et Kay, D. (2015). Recreational Water and Infection: A Review of Recent Findings. *Current environmental health reports*, 2(1), 85-94.
- Fisk, M. Z., Steigerwald, M. D., Smoliga, J. M. et Rundell, K. W. (2010). Asthma in swimmers: a review of the current literature. *The Physician and sportsmedicine*, 38(4), 28-34.
- Florentin, A., Hautemaniere, A. et Hartemann, P. (2011). Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools. *International journal of hygiene and environmental health*, 214(6), 461-9.
- Gérardin, F. (2016). Trichloramine: de l'émergence d'un risque aux solutions de prévention - Substances chimiques et agents biologiques. *Hygiène et sécurité du travail*, 245, 58-65.

- Giovenazzo, P. (s.d.). *Étude parasitologique des escargots du Lac Nairn de Saint-Aimé-des-Lacs* (Rapport de consultation). Rapport de consultation présenté à la municipalité de Saint-Aimé-des-Lacs.
- Gorham, T. J. et Lee, J. (2016). Pathogen Loading From Canada Geese Faeces in Freshwater: Potential Risks to Human Health Through Recreational Water Exposure. *Zoonoses And Public Health*, 63(3), 177-190.
- Gouvernement du Canada. (2011). *Chaleur accablante - vagues de chaleur*. Repéré à <http://canadiensensante.gc.ca/healthy-living-vie-saine/environnement-environnement/sun-soleil/heat-extreme-chaleur-fra.php>
- Gouvernement du Québec. (2017a). *Règlement sur la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels : RLRQ c Q-2, r. 39*. Repéré à <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2.%20r.%2039>
- Gouvernement du Québec. (2017b). *Vigie et surveillance des maladies à déclaration obligatoire d'origine infectieuse - Rapport annuel 2016*. Québec : Bureau de surveillance et de vigie, Direction de la protection de la santé publique, Ministère de la Santé et des Services sociaux. Repéré à <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2017/17-268-05W.pdf>
- Halliday, E. et Gast, R. J. (2011). Bacteria in beach sands: an emerging challenge in protecting coastal water quality and bather health. *Environmental science & technology*, 45(2), 370-9.
- Hlavsa, M. C., Roberts, V. A., Anderson, A. R., Hill, V. R., Kahler, A. M., Orr, M., ... CDC. (2011). Surveillance for waterborne disease outbreaks and other health events associated with recreational water - United States, 2007-2008. *Morbidity and Mortality Weekly Report. Surveillance Summaries (Washington, D.C.: 2002)*, 60(12), 1-32.
- Hlavsa, M. C., Roberts, V. A., Kahler, A. M., Hilborn, E. D., Mecher, T. R., Beach, M. J., ... Yoder, J. S. (2015). Outbreaks of Illness Associated with Recreational Water — United States, 2011–2012. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 64(24), 668-672.
- Hlavsa, M. C., Roberts, V. A., Kahler, A. M., Hilborn, E. D., Wade, T. J., Backer, L. C., ... Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2014). Recreational water-associated disease outbreaks-United States, 2009-2010. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 63(1), 6-10.
- Huppé, V., Gauvin, D. et Lévesque, B. (2018). *La qualité des eaux récréatives au Québec et les stratégies de prévention des risques à la santé*. Institut national de santé publique du Québec.
- INSPQ. (2010). *Adaptation aux vagues de chaleur. Mon climat, ma santé - Institut national de santé publique du Québec*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <http://www.monclimatmasante.qc.ca/adaptation-vagues-de-chaleur.aspx>
- 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.
- Kohlhammer Y. et Heinrich J. (2007). Chlorine, chlorination by-products and their allergic and respiratory health effects. *Current Respiratory Medicine Reviews*, 3(1), 39-47.
- Kosatsky, T., André, D., Gélinas, J., Melnychuk, D., Rousseau, R., Gosselin, F., ... Laurence, R. A. (1988). *Qualité de l'eau dans les patageoires publiques*. Montréal : Le regroupement des départements de santé communautaire du Montréal métropolitain.

- Lainesse, P. (1991). *Bilan des épisodes de maladies d'origine hydrique rapportés par les DSC du Québec en 1989 et 1990*. Québec : DSC - Hôtel-Dieu de Lévis. Repéré à <http://catalogue.santecom.qc.ca/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=28989>
- Lebel, G. et Dubé, M. (2016). *Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique au Québec: 2013-2014: rapport*. Montréal : Institut national de santé publique du Québec.
- Leclerc, J.-M. et Belles-Isles, J.-C. (2003). *Le Saint-Laurent et la santé humaine: l'état de la question II*. Santé Canada et Ministère de la santé et des services sociaux du Québec.
- Lévesque, B. (1992). *L'Impact du goéland à bec cerclé (Larus delawarensis) sur la qualité microbiologique d'une plage publique: une étude expérimentale* (édité par Centre hospitalier de l'Université Laval). Ste-Foy : Département de santé communautaire du Centre Hospitalier de l'Université Laval.
- Lévesque, B., Dewailly, E. et Boulianne, N. (1990). Étude descriptive de la dermatite cercarienne au Québec. *Canadian Journal of Public Health = Revue Canadienne De Santé Publique*, 81(4), 329-330.
- Lévesque, B., Duchesne, J.-F., Gingras, S., Lavoie, R., Prud'Homme, D., Bernard, E., ... Ernst, P. (2004). *Effets respiratoires de la natation en bassin intérieur pour les nageurs de compétition*. Québec : Institut national de santé publique.
- Lévesque, B., Duchesne, J.-F., Gingras, S., Lavoie, R., Prud'Homme, D., Bernard, E., ... Ernst, P. (2006). The determinants of prevalence of health complaints among young competitive swimmers. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 80(1), 32-39.
- Lévesque, B., Gervais, M.-C., Chevalier, P., Gauvin, D., Anassour-Laouan-Sidi, E., Gingras, S., ... Bird, D. (2014). Prospective study of acute health effects in relation to exposure to cyanobacteria. *The Science of the Total Environment*, 466-467, 397-403.
- Lévesque, B., Gervais, M.-C., Chevalier, P., Gauvin, D., Anassour-Laouan-Sidi, E., Gingras, S., ... Bird, D. (2016). Exposure to cyanobacteria: acute health effects associated with endotoxins.
- Lévesque, B., Prud'Homme, H., Laverdière, D. et Guerrier, P. (2000). *Éclosion de dermatites à Lac Beauport durant l'été 1999*. Direction de la santé publique de Québec.
- Lu, P., Yuan, T., Feng, Q., Xu, A. et Li, J. (2013). Review of swimming-associated cryptosporidiosis and *Cryptosporidium* oocysts removals from swimming pools. *Water Quality Research Journal of Canada (IWA Publishing)*, 48(1), 30-39.
- Manasfi, T., Coulomb, B. et Boudenne, J.-L. (2017). Occurrence, origin, and toxicity of disinfection byproducts in chlorinated swimming pools: An overview. *International Journal Of Hygiene And Environmental Health*, 220(3), 591-603.
- Mannocci, A., La Torre, G., Spagnoli, A., Solimini, A. G., Palazzo, C. et De Giusti, M. (2016). Is swimming in recreational water associated with the occurrence of respiratory illness? A systematic review and meta-analysis. *Journal of water and health*, 14(4), 590-599.
- MDDEFP. (2013). *Rapport sur l'opportunité de modifier le Règlement sur la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/piscine/Rapport-opportunite-mettreajour-reglement.pdf>

- Miller, A. et Russell, C. (2017). *Les cyanobactéries en eau douce*. Vancouver, CB : Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE). Repéré à http://www.ccnse.ca/sites/default/files/Cyanobacteries_en_eau_douce-mai_2017.pdf
- MSSS. (2011). Pour une baignade saine dans un bain à remous public. *Ministère de la Santé et des Services sociaux*. Repéré à <http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/document-000629/>
- MSSS. (2016). *Revue des événements affectant les découpages territoriaux du MSSS (2010-2019)*. Ministère de la Santé et des Services sociaux. Repéré à http://publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/statistiques/decoupage-territorial/Doc7_Revue_evenements_territoriaux_MSSS_-2010-2019-_oct2016.pdf
- NHMRC. (2008). *Guidelines for Managing Risks in Recreational Water*. National Health and Medical Research Council. Repéré à <https://www.nhmrc.gov.au/files/nhmrc/publications/attachments/eh38.pdf>
- Nolin, B., Institut de la statistique du Québec, Kino-Québec et Institut national de santé publique du Québec (dir.). (2002). *Enquête québécoise sur l'activité physique et la santé 1998*. Sainte-Foy : Les publications du Québec.
- OMS. (2003). *Guidelines for safe recreational water environments - Volume 1 - Coastal and fresh waters*. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la Santé. Repéré à http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwg1.pdf
- OMS. (2006). *Guidelines for safe recreational water environments - Volume 2 - Swimming pools and similar environments*. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la Santé. Repéré à http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43336/1/9241546808_eng.pdf
- OMS. (2009). *Addendum to the WHO Guidelines for safe recreational water environments - Volume 1 - Coastal and fresh waters. List of agreed updates*. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la Santé. Repéré à http://www.who.int/water_sanitation_health/resources/addendum_coastal.pdf
- Perkins, A. et Trimmier, M. (2017). Recreational Waterborne Illnesses: Recognition, Treatment, and Prevention. *American Family Physician*, 95(9), 554-560.
- Ouranos. (2018). Portraits climatiques. Repéré à <https://www.ouranos.ca/portraitsclimatiques/#/>
- Russell, C. et Eykelbosh, A. (2017). *Reconnaître et gérer les risques pour la santé publique des aires de jeux d'eau*. Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE). Repéré à http://www.ccnse.ca/sites/default/files/Reconnaître_gérer_risques_sante_publique_aires_jeux_eau_aout_2017.pdf
- Ryan, U., Lawler, S. et Reid, S. (2017). Limiting swimming pool outbreaks of cryptosporidiosis - the roles of regulations, staff, patrons and research. *Journal of water and health*, 15(1), 1-16.
- Sanborn, M. et Takaro, T. (2013). Recreational water-related illness: office management and prevention. *Canadian family physician Medecin de famille canadien*, 59(5), 491-5.
- Santé Canada. (2012). *Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada - 3e édition*. Ottawa (Ontario) : Gouvernement du Canada. Repéré à http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/water-eau/guide_water-2012-guide_eau/guide_water-2012-guide_eau-fra.pdf

- Schnebelen, M. (2000). Les intoxications au chlore dans les piscines publiques du Québec. *Bulletin d'information en santé environnementale (BISE)*, 11(4), 4-7.
- Schnebelen, M. et Bolduc, D. (2002). *Les intoxications aiguës au chlore dans les piscines publiques du Québec*. Montréal : Institut national de santé publique du Québec.
- Sinclair, R. G., Jones, E. L. et Gerba, C. P. (2009). Viruses in recreational water-borne disease outbreaks: a review. *Journal of Applied Microbiology*, 107(6), 1769-1780.
- Soldanova, M., Selbach, C., Kalbe, M., Kostadinova, A. et Sures, B. (2013). Swimmer's itch: etiology, impact, and risk factors in Europe. *Trends in parasitology*, 29(2), 65-74.
- Tardif, R., Catto, C., Haddad, S. et Rodriguez, M. (2015). *Évaluation de l'exposition des travailleurs aux sous-produits de désinfection en piscine intérieure au Québec*. Repéré à <http://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/publication/i/100799/n/exposition-sous-produits-desinfection-piscine-r-860>
- Teo, T. L. L., Coleman, H. M. et Khan, S. J. (2015). Chemical contaminants in swimming pools: Occurrence, implications and control. *Environment International*, 76, 16-31.
- Uyan Z.S., Carraro S., Piacentini G. et Baraldi E. (2009). Swimming pool, respiratory health, and childhood asthma: should we change our beliefs? *Pediatric Pulmonology*, 44(1), 31-37.
- Villanueva, C. M. et Font-Ribera, L. (2012). Health impact of disinfection by-products in swimming pools. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 48(4), 387-96.
- WHO, UNESCO et UNEP. (1999). *Toxic cyanobacteria in water - A guide to their public health consequences, monitoring and management*. Repéré à http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/toxiccyanobact/en/
- Yau, V., Wade, T. J., Wilde, C. K. de et Colford, J. M. (2009). Skin-related symptoms following exposure to recreational water: a systematic review and meta-analysis. *Water Quality, Exposure and Health*, 1(2), 79-103.
- Yoder, J. S., Hlavsa, M. C., Craun, G. F., Hill, V., Roberts, V., Yu, P. A., ... Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2008). Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with recreational water use and other aquatic facility-associated health events-United States, 2005-2006. *Morbidity and Mortality Weekly Report. Surveillance Summaries (Washington, D.C.: 2002)*, 57(9), 1-29.
- Zamyadi, A., MacLeod, S. L., Fan, Y., McQuaid, N., Dorner, S., Sauvé, S. et Prévost, M. (2012). Toxic cyanobacterial breakthrough and accumulation in a drinking water plant: a monitoring and treatment challenge. *Water Research*, 46(5), 1511-1523.
- Zwiener, C., Richardson, S. D., DeMarini, D. M., Grummt, T., Glauner, T. et Frimmel, F. H. (2007). Drowning in disinfection byproducts? Assessing swimming pool water. *Environmental science & technology*, 41(2), 363-72.

Annexe 1

Stratégie de recherche documentaire

Critères d'inclusion

Types d'installations

Les installations visées par la recherche incluent toutes celles exploitées par un propriétaire public ou privé pour la baignade du public en général ou un groupe restreint du public (p. ex. installation de baignade dans un hôtel, un camping), que ce soit en milieu naturel (p. ex. plages) ou en milieu artificiel (p. ex. piscines, pataugeoires, jeux d'eau, spas). Les bassins privés de résidences unifamiliales, les bains flottants et les bains thérapeutiques (utilisés par exemple en milieu hospitalier ou en centre d'hébergement et de soins de longue durée) n'ont donc pas été considérés dans la recherche. Par ailleurs, seuls les spas alimentés avec de l'eau destinée à la consommation humaine ont été considérés. Ceux alimentés par d'autres types d'eau comme l'eau de mer et l'eau minérale ont été exclus.

Contaminants

La recherche portait sur les risques à la santé liés à l'exposition aux principaux agents chimiques ou microbiologiques présents dans l'eau (exposition par contact cutané et par ingestion) et dans l'air (exposition par inhalation) des bassins en milieu naturel et artificiel. Les contaminants émergents tels que les drogues et les médicaments n'ont donc pas été considérés.

La problématique des cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux récréatives a également été incluse dans la recherche. Cependant, seules les publications des organisations nationales et internationales reconnues ont été consultées sur ce sujet (p. ex. l'Organisation mondiale de la Santé [OMS], Santé Canada). Les travaux réalisés au Québec au cours des dernières années ont aussi été intégrés.

Risques à la santé

La recherche portait spécifiquement sur les risques à la santé associés à l'exposition aux contaminants chimiques et microbiologiques dans les eaux récréatives. Les risques liés à la sécurité (p. ex. : blessures, noyades) ou à d'autres paramètres physiques environnementaux (p. ex. : rayons ultraviolets, chaleur, etc.) ont été exclus de la recherche. Bien que les travailleurs (p. ex. responsables de l'entretien, sauveteurs) représentent, en raison du temps important passé dans les installations récréatives aquatiques, une population importante au regard de la prévention des risques à la santé, la santé au travail n'a pas été abordée dans ce projet. Enfin, les ressources (humaines, techniques, monétaires) nécessaires à la mise en place de ces mesures, qui peuvent limiter leur adoption, n'ont pas été évaluées.

Stratégie de recherche

Revue pertinentes publiées dans des journaux scientifiques

Vu la portée importante du sujet, il a été décidé de concentrer la recherche sur les principales revues pertinentes publiées dans des journaux scientifiques ainsi que les publications des principales organisations nationales et internationales reconnues. La recherche a été réalisée de manière à retenir les publications dont le terme « review » était présent dans le titre (TI) ou dans le type de publication (PT). Par ailleurs, les mots clés suivants devaient se retrouver dans le titre (TI) ou le résumé (AB) :

▪ "recreational water"	▪ "water park**"	▪ beach* AND water
▪ "bathing water"	▪ "interactive fountain**"	▪ (spa OR spas) AND water
▪ "swimming pool"	▪ "wading pool"	

Note : * correspond à des troncatures. Par exemple, « water park* » inclut également « water parks ».

Une recherche dans les bases de données MEDLINE (OVID), EMBASE (OVID) et Global Health (OVID) a été réalisée le 6 septembre 2017. Les requêtes effectuées et les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

#	Requête	Résultats
1	("recreational water" OR "bathing water" OR "swimming pool" OR (beach* AND water) OR ((spa OR spas) AND water) OR "water park*" OR "interactive fountain*" OR "wading pool").ti,ab.	9 655
2	Review.ti. OR review.pt.	4 894 858
3	1 AND 2	519

Une recherche dans la base de données Environment Complete (EBSCOhost) a également été réalisée le 6 septembre 2017. Les requêtes effectuées et les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

#	Requête	Résultats
S1	TI("recreational water" OR "bathing water" OR "swimming pool" OR (beach* AND water) OR ((spa OR spas) AND water) OR "water park*" OR "interactive fountain*" OR "wading pool") OR AB("recreational water" OR "bathing water" OR "swimming pool" OR (beach* AND water) OR ((spa OR spas) AND water) OR "water park*" OR "interactive fountain*" OR "wading pool")	8 680
S2	TI(review) OR PT(review)	3 807 290
S3	S1 AND S2	255

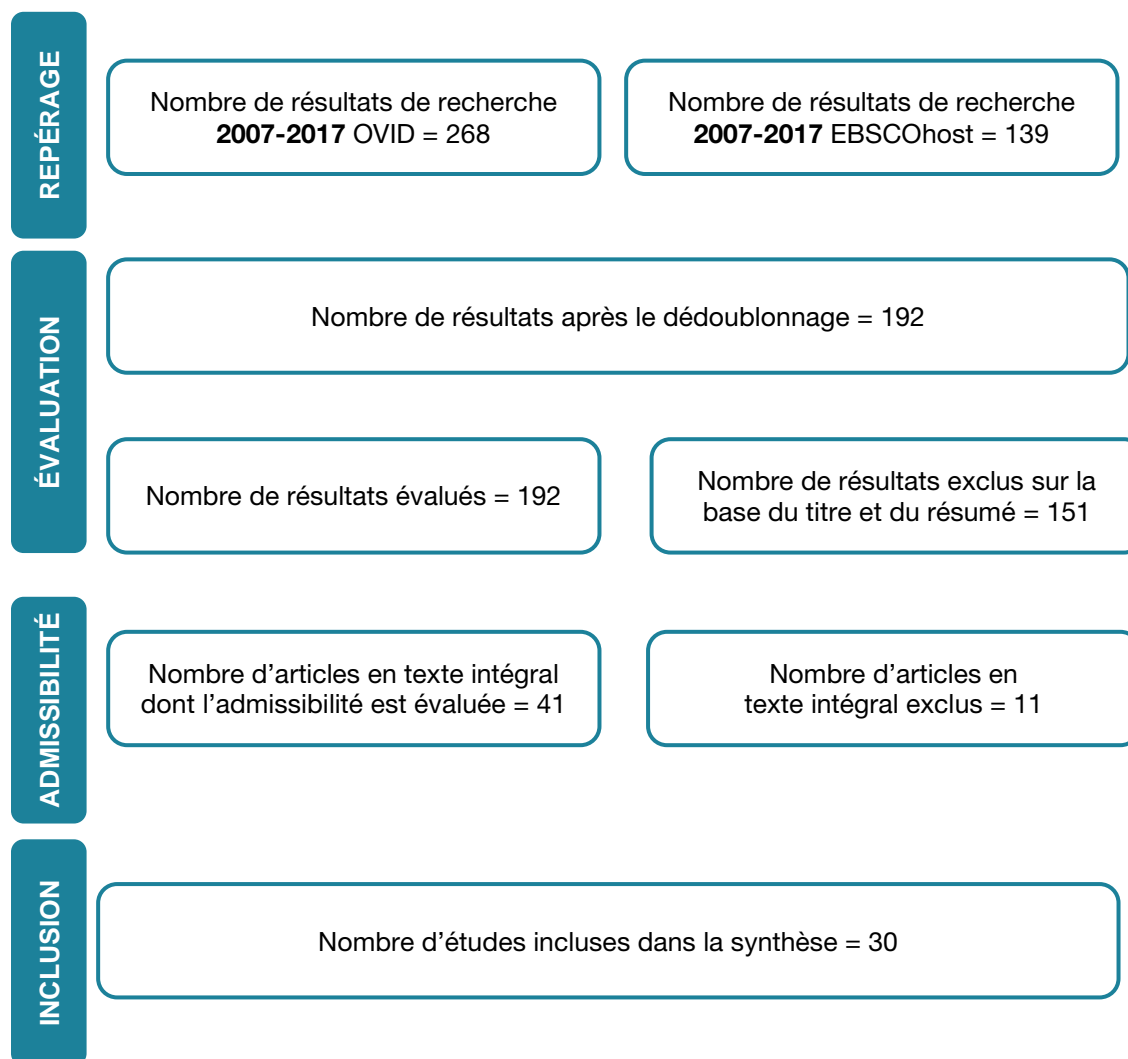
Seules les publications récentes (entre 2007 et 2017) ont été conservées dans la recherche. Les doublons, de même que les résultats ne faisant pas partie de la stratégie de recherche (p. ex. contaminants émergents, balnéothérapie, etc.) ont été supprimés. Similairement, les publications dont la langue n'était pas le français ou l'anglais, de même que les études réalisées dans un pays dont le contexte est très différent du Québec (en particulier à l'égard du climat ou des conditions sanitaires), ont aussi été supprimées. Les publications autres que des articles scientifiques (p. ex. résumés de congrès, présentations PowerPoint) ont été exclues. Enfin, toutes les publications dont le sujet était trop spécifique (p. ex. dose infectieuse de *P. aeruginosa*) de même que toutes les revues portant sur les cyanobactéries¹⁹ (à l'exception d'une publication récente jugée importante) ont été exclues. La pertinence des publications pour lesquelles il subsistait un doute a été validée avec un professionnel de l'INSPQ. Finalement, 30 articles scientifiques ont été conservés pour les besoins de ce projet.

Une recherche subséquente dans les bases de données MEDLINE (OVID), EMBASE (OVID), Global Health (OVID) et Environment Complete (EBSCOhost) a également été réalisée le 6 octobre 2017 en recherchant les termes « hot tub » et « water » dans le titre et le résumé des publications dont le terme « review » était présent dans le titre ou dans le type de publication. Au total, 14 publications ont été obtenues de la base de données OVID et 5 de la base de données EBSCOhost. Après avoir supprimé les doublons entre les bases de données, les doublons obtenus avec la recherche

¹⁹ Seules les publications provenant d'organisations nationales et internationales reconnues ont été conservées au sujet des cyanobactéries pour ce rapport, cette problématique ayant largement été couverte dans d'autres publications.

précédente réalisée le 6 septembre, ainsi que les publications non pertinentes, quatre articles ont été retenus. Ces quatre articles ont toutefois été supprimés, car ils ont été publiés avant 2007. Le nombre de références retenues aux diverses étapes de la recherche documentaire sont résumées à la figure A1.

Figure A1 Nombre de références retenues aux diverses étapes de la recherche documentaire réalisée pour le projet



Une étude récente (DeFlorio-Baker *et al.*, 2017), ne faisant pas partie des résultats de cette recherche, a également été ajoutée, car elle apportait des éclairages additionnels sur l'exposition (depuis l'eau et le sable) des enfants et des adultes qui fréquentent les plages. Cette étude a été repérée depuis la veille réalisée de manière hebdomadaire dans la base de données PubMed sur les eaux récréatives. Similairement, une étude réalisée au Québec sur les cyanobactéries a également été ajoutée, car elle fournissait des informations supplémentaires sur la présence de certaines cyanotoxines au Québec (Zamyadi *et al.*, 2012).

Publications produites par les organisations nationales et internationales reconnues

Les publications pertinentes produites ont été recherchées sur le site Internet des organisations consultées du 8 au 15 septembre 2017. Les mots clés suivants étaient recherchés, en français ou en anglais, selon la langue principale de l'organisation.

▪ eau récréative ou eau de baignade*	▪ plage	▪ spa ou bain à remous*
▪ piscine	▪ jeu d'eau	▪ pataugeoire

* selon le terme privilégié par l'organisation.

Les organisations qui ont été consultées incluaient :

- Les organisations québécoises et canadiennes, notamment :
 - Le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC);
 - Le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS);
 - L'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ);
 - Le Gouvernement du Canada (Santé Canada et l'Agence de santé publique du Canada);
 - Le Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE);
 - Les sites gouvernementaux des autres principales provinces canadiennes (l'Ontario, la Colombie-Britannique et l'Alberta).
- Les organisations américaines, européennes et australiennes, en particulier:
 - Les Centers for Disease Control and Prevention (CDC), dont le bulletin Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR);
 - L'United States Environmental Protection Agency (US EPA);
 - L'Organisation mondiale de la Santé (OMS);
 - L'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES);
 - Le National Health and Medical Research Council (NHMRC) et le Department of the Environment and Energy du Gouvernement de l'Australie.

Publications disponibles dans Santécom

Pour compléter les données recensées sur les éclosions survenues au Québec liées à la qualité des eaux récréatives, les résultats de diverses études québécoises ont été consultés. Pour retracer les documents, une recherche dans la base de données *Réseau Santécom* a été réalisée le 13 juillet 2016 avec les mots clés suivants : « eau récréative », « piscine », « plage », « chlore », « baignade », « dermatite », « natation », « pataugeoire », « cyanobactéries ». Considérant leur expérience dans le domaine, des membres de l'équipe de projet ont également été consultés afin de repérer certains rapports d'étude ou de recherche. Mis à part les bilans sur les éclosions, un total de 27 publications a été recensé.

Limites de la démarche

Les informations recueillies sont basées sur les principales revues réalisées dans le domaine. Il est possible que des études pertinentes portant sur la problématique, mais n'ayant pas fait l'objet d'une revue, n'aient pas été considérées dans la recherche. Les informations recueillies s'appuient sur les données disponibles, mais il demeure possible que celles-ci ne soient pas toujours le reflet de la réalité. Puisque l'objectif du rapport était de consulter les principales revues dans le domaine, les données présentées dans ce rapport s'appuient sur les conclusions de ces revues. Les articles cités dans ces dernières n'ont pas été consultés afin de valider les constats de ces revues.

Annexe 2

Stratégie de collecte de données sur les éclosions associées à la qualité des eaux récréatives

Collecte de données pour la province du Québec

Le portrait québécois des éclosions d'origine hydrique associées à la qualité de l'eau des plages et autres plans d'eau en milieu naturel, des piscines, des pataugeoires et des jeux d'eau, ainsi que des spas, a été élaboré en consultant les sources disponibles.

Pour les données de 2005 à 2016, les données proviennent essentiellement des signalements d'éclosions reçus dans les directions de santé publique (DSPublique)²⁰. Bien que les éclosions de nature chimique pour lesquelles une seule personne a été impliquée soient rapportées par les DSPublique, celles-ci ont été exclues des données de 2005 à 2016 présentées dans ce rapport²¹. Il semble toutefois, après consultation des rapports produits antérieurement, que ces cas aient été inclus dans les bilans produits pour les éclosions survenues entre 1989 et 2000²². Les différents bilans produits pour les années 2005 à 2014 ont également été consultés :

- Canuel, M. et Lebel, G. (2009). *Surveillance des éclosions de maladies d'origine hydrique au Québec : bilan du 1er janvier 2005 au 31 décembre 2007*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/959>
- Canuel, M. et Lebel, G. (2009). Surveillance des éclosions des maladies d'origine hydrique, Québec, 2005-2007. *Bulletin d'information en santé environnementale*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/bise/surveillance-des-eclosions-des-maladies-d-origine-hydrique-quebec-2005-2007>
- Canuel, M. et Lebel, G. (2010). Bilan des éclosions des maladies d'origine hydrique, Québec, 2008-2009. *Bulletin d'information en santé environnementale*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/bise/bilan-des-eclosions-des-maladies-d-origine-hydrique-quebec-2008-2009>
- Canuel, M. et Lebel, G. (2013). Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique au Québec de 2010 à 2011. *Bulletin d'information en santé environnementale*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/article-en-surveillance-bilan-des-eclosions-de-maladies-d-origine-hydrique-au-quebec-de-2010-2011>
- Dubé, M. et Lebel, G. (2013). Résumé scientifique - Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique au Québec en 2012. *Bulletin d'information en santé environnementale*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/bise/bilan-des-eclosions-de-maladies-d-origine-hydrique-au-quebec-en-2012>
- Lebel, G. et Dubé, M. (2016). *Rapport - Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique au Québec : 2013-2014*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/publications/2101>

Pour les données de 2001 à 2004 : les données sur les cas d'éclosion survenus au cours de cette période ne sont pas disponibles puisque les signalements auprès des DSPublique n'ont pas été recueillis pour ces années (Canuel et Lebel, 2009a).

²⁰ Aucune éclosion associée à la qualité des eaux récréatives n'a été répertoriée dans le registre ÉCLOSIONS du fichier MAD0 d'origine infectieuse (M. Dubé, communication personnelle, 3 octobre 2017).

²¹ Ceci correspond à l'approche utilisée pour les bilans d'éclosion d'origine hydrique réalisée pour les années 2005 à 2014.

²² Après consultation des bilans d'éclosions d'origine hydrique survenues entre 1989 et 2000 (Bolduc, 1994, 1998; Chagnon et Bolduc, 2000, 2001; Chagnon, Bolduc et Chaussé, 2003; Lainesse, 1991), une seule éclosion de nature chimique impliquant une personne a été identifiée en 1997 (Chagnon et Bolduc, 2000). La cause soupçonnée de cette éclosion, survenue par ingestion, est la présence de cuivre dans des fontaines réfrigérantes.

Pour les données avant 2001 : les rapports et autres publications réalisées par l'INSPQ à ce sujet ont été consultés, notamment :

- Bolduc, D. G. (1994). *Bilan des maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de la santé publique du Québec en 1991 et 1992 : Comité de santé environnementale du Québec*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <http://www.santecom.qc.ca/Bibliothequevirtuelle/santecom/35567000003209.pdf>
- Bolduc, D. G. (1998). *Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de la santé publique du Québec en 1993, 1994 et 1995*. Institut national de santé publique du Québec.
- Chagnon, M. et Bolduc, D. G. (2000). *Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de la santé publique du Québec en 1996 et en 1997*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/003_BilanEclosions_96_97.pdf
- Chagnon, M. et Bolduc, D. G. (2001). *Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de la santé publique du Québec en 1998 et en 1999*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/034_Eclosions1998_1999.pdf
- Chagnon, M. et Bolduc, D. G. (2003). *Bilan des éclosions de maladies d'origine hydrique signalées dans les directions régionales de santé publique du Québec en 2000*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/311-BilanMaladiesOrigineHydrique_DSP2000.pdf
- Lainesse, P. (1991). *Bilan des épisodes de maladies d'origine hydrique rapportées par les DSC du Québec en 1989 et 1990*. DSC – Hôtel-Dieu de Lévis.

Collecte de données pour le territoire nord-américain

Afin d'obtenir des données sur un bassin plus large de population et ainsi compléter les données sur les éclosions associées à la qualité des eaux récréatives recensées au Québec, il a été décidé de présenter les informations disponibles à l'échelle nord-américaine²³. La période de dix ans comprise entre 2003 et 2012 est celle qui a été choisie pour présenter les données en raison de changements apportés dans la méthodologie de cueillette et de présentation des informations à partir de 2003 (voir annexe 5). Les données ont été obtenues en grande partie à partir des rapports de surveillance publiés par les CDC dans le *Morbidity and Mortality Weekly Report* (MMWR), qui sont présentés ci-dessous²⁴ :

- Dziuban, E. J., Liang, J. L., Craun, G. F., Hill, V., Yu, P. A., Painter, J., ... Centers for Disease Control and Prevention. (2006). *Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with recreational water--United States, 2003-2004. Morbidity and Mortality Weekly Report. Surveillance Summaries, 55(12), 1-30*. Repéré à <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss5512a1.htm>

²³ Il n'existe pas de système d'information sur les données à l'échelle canadienne à notre connaissance.

²⁴ Ces rapports sont, pour la plupart, disponibles sur la page Internet dédiée à la surveillance des éclosions liées à l'eau récréative du MMWR. Repéré à <https://www.cdc.gov/healthywater/surveillance/rec-water-surveillance-reports.html>.

- Hlavsa, M. C., Roberts, V. A., Anderson, A. R., Hill, V. R., Kahler, A. M., Orr, M., ... Yoder, J. S. (2011). Surveillance for waterborne disease outbreaks and other health events associated with recreational water - United States, 2007-2008. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 60(12), 1-32. Repéré à https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss6012a1.htm?s_cid=ss6012a1_w
- Hlavsa, M. C., Roberts, V. A., Kahler, A. M., Hilborn, E. D., Mecher, T. R., Beach, M. J., Wade, T. J. et Yoder, J. S. (2015). Outbreaks of Illness Associated with Recreational Water — United States, 2011–2012. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 64(24), 668-672. Repéré à https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6424a4.htm?s_cid=mm6424a4_w
- Hlavsa, M. C., Roberts, V. A., Kahler, A. M., Hilborn, E. D., Wade, T. J., Backer, L. C., Yoder, J. S. (2014). Recreational water-associated disease outbreaks-United States, 2009-2010. *Morbidity and mortality weekly report*, 63(1), 6-10. Repéré à https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6301a2.htm?s_cid=mm6301a2_w
- Yoder, J. S., Hlavsa, M. C., Craun, G. F., Hill, V., Roberts, V., Yu, P. A., ... Beach, M. J. (2008). Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with recreational water use and other aquatic facility-associated health events-United States, 2005-2006. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 57(9), 1-29. Repéré à <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss5709a1.htm>

Les limites de la démarche

Les informations rapportées sur les éclosions associées à la qualité des eaux récréatives au Québec sont à utiliser avec prudence. Par exemple, une fréquence plus élevée d'éclosions pour certains types d'installations (p. ex. installations publiques par rapport aux installations privées) n'indique pas nécessairement que l'eau est de moins bonne qualité, et pourrait plutôt révéler que les éclosions sont davantage rapportées aux DSPublique, comme énoncé par (Bolduc, 1994).

Similairement, bien que certaines régions du Québec semblent présenter un plus grand nombre d'éclosions associées à la qualité des eaux récréatives au cours des dernières années, cela ne signifie pas que ce sont celles où la majorité s'est réellement produite. Ce constat pourrait simplement indiquer une sensibilité de détection variable ou un accès distinct aux ressources professionnelles (p. ex. réalisation d'une enquête, analyses de laboratoire) comme mentionné précédemment (Canuel et Lebel, 2009a, 2009b). La connaissance et la sensibilité de la population et des responsables d'installations de baignade à l'égard de la problématique sont un autre facteur important à la détection des éclosions.

Il convient également de noter que les éclosions d'origine hydrique survenues au Québec ainsi qu'aux États-Unis sont rapportées aux autorités de santé publique sur une base volontaire (à l'exception des éclosions associées à des maladies à déclaration obligatoire telles que la cryptosporidiose, qui doivent être rapportées au Québec). Conséquemment, il est fort probable que ce contexte contribue à la sous-estimation du nombre d'éclosions réellement survenues et dépend de plusieurs facteurs tels que les ressources humaines et l'expertise disponible.

Annexe 3

**Résumé des particularités propres aux différents types
de bassins en milieux naturel et artificiel qui
les rendent vulnérables à la contamination**

Plages et autres plans d'eau en milieu naturel

L'eau ne subit aucun traitement et est exposée aux divers aléas naturels (p. ex. pluies abondantes, chaleur) qui influencent la présence et les concentrations de contaminants. Par ailleurs, la présence d'animaux, de même que la proximité de sources de contamination telles que les rejets d'eaux usées et les pâturages, peuvent avoir un impact sur la qualité de l'eau. Le sable pourrait également agir comme réservoir de microorganismes d'origine fécale (Halliday et Gast, 2011) et les baigneurs contribueraient à la resuspension de sédiments contaminés (Fewtrell et Kay, 2015).

Piscines

Les types de traitement de l'eau (p. ex. ozonation, filtration, chloration) et leur manipulation, ou la présence de défaillance dans les mesures de contrôle appliquées (p. ex. panne du système de traitement) peuvent influencer les concentrations de contaminants microbiologiques ou chimiques dans l'eau ainsi que dans l'air intérieur des installations. La conception, l'opération et l'entretien des installations (p. ex. l'hygiène des lieux, l'opération des systèmes de ventilation) peuvent aussi influencer les contaminants présents. Des pathogènes résistants au chlore tels que les oocystes de *Cryptosporidium* spp. sont susceptibles de s'y trouver, et ce, même dans les installations bien entretenues (Hlavsa *et al.*, 2011; Yoder *et al.*, 2008).

Pataugeoires et jeux d'eau

Les pataugeoires sont des bassins d'eau peu profonds (Kosatsky *et al.*, 1988), alors que les jeux d'eau se présentent comme des installations artificielles où l'eau est aspergée ou vaporisée sur les usagers (Russell et Eykelbosh, 2017). Ils sont surtout fréquentés par de jeunes enfants, dont l'hygiène peut être limitée et dont certains portent des couches, ce qui les rend particulièrement vulnérables à la contamination d'origine humaine (Kosatsky *et al.*, 1988). Les jeux d'eau à recirculation sont plus vulnérables à la contamination, l'eau recueillie étant traitée et réutilisée (Russell et Eykelbosh, 2017). Ils ont également de plus petits volumes d'eau par rapport au nombre d'occupants, compliquant ainsi la désinfection (Sinclair *et al.*, 2009). La présence de vaporisateurs pourrait aussi représenter un risque de transmission de maladies respiratoires telles que la légionellose, bien qu'aucune éclosion associée à cet agent n'ait été documentée (Russell et Eykelbosh, 2017).

Spas

L'eau est tenue à une température élevée, favorisant ainsi, le développement de bactéries thermophiles telles que *Pseudomonas aeruginosa* et *Legionella* spp. (ANSES, 2014; Hlavsa *et al.*, 2011). La température élevée de l'eau, de même que le petit volume d'eau par rapport au nombre de baigneurs, complique le maintien d'une concentration adéquate de désinfectants (Hlavsa *et al.*, 2011; OMS, 2006), favorise la formation de biofilms et accroît la formation de sous-produits de désinfection (ANSES, 2014). Comparativement aux piscines, la tête est généralement gardée hors de l'eau, ce qui limite le risque d'infection par des microorganismes pathogènes entériques, qui sont transmis principalement par ingestion (ANSES, 2014). Les spas sont également caractérisés par une importante promiscuité des baigneurs, qui peut favoriser la transmission de certains microorganismes pathogènes (ANSES, 2014).

Références

- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. (2012). *Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines - Partie 1 : piscines réglementées*. France, Paris : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra.pdf>
- Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. (2014). *Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines - Partie 2 : bains à remous*. France, Paris : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra-2.pdf>
- Fewtrell, L., et Kay, D. (2015). Recreational Water and Infection: A Review of Recent Findings. *Current Environmental Health Reports*, 2(1), 85-94.
- Halliday, E., et Gast, R. J. (2011). Bacteria in beach sands: an emerging challenge in protecting coastal water quality and bather health. *Environmental science & technology*, 45(2), 370-9.
- Hlavsa, M. C., Roberts, V. A., Anderson, A. R., Hill, V. R., Kahler, A. M., Orr, M., ... Yoder, J. S. (2011). Surveillance for waterborne disease outbreaks and other health events associated with recreational water - United States, 2007-2008. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 60(12), 1-32.
- Kosatsky, T., André, D., Gélinas, J., Melnychuk, D., Rousseau, R., Gosselin, F., ... Laurence, R. A. (1988). *Qualité de l'eau dans les patageoires publiques*. Montréal : Le regroupement des départements de santé communautaire du Montréal métropolitain.
- Organisation mondiale de la Santé. (2006). *Guidelines for safe recreational water environments - Volume 2 - Swimming pools and similar environments*. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la Santé. Repéré à http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe2full.pdf
- Russell, C., et Eykelbosh, A. (2017). *Reconnaître et gérer les risques pour la santé publique des aires de jeux d'eau*. Centre de collaboration nationale en santé environnementale. Repéré à http://www.ccnse.ca/sites/default/files/Reconnaître_gérer_risques_santé_publique_aires_jeux_eau_aout_2017.pdf
- Santé Canada. (2012). *Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada - 3^e édition*. Ottawa, Ontario : Gouvernement du Canada. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/santé-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-sujet-qualite-eaux-utilisees-fins-recreatives-canada-troisieme-edition.html>
- Sinclair, R. G., Jones, E. L. et Gerba, C. P. (2009). Viruses in recreational water-borne disease outbreaks: a review. *Journal of Applied Microbiology*, 107(6), 1769-1780.
- Yoder, J. S., Hlavsa, M. C., Craun, G. F., Hill, V., Roberts, V., Yu, P. A., ... Beach, M. J. (2008). Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with recreational water use and other aquatic facility-associated health events-United States, 2005-2006. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 57(9), 1-29. Repéré à <https://www.cdc.gov/MMWR/preview/MMWRhtml/ss5709a1.htm>

Annexe 4

**Principaux contaminants susceptibles
de se retrouver dans les eaux récréatives**

Tableau A1 Principaux contaminants microbiologiques dont l'origine est à prédominance fécale susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives au Québec

Agents	Milieux où l'agent est susceptible de se trouver	Sources du contaminant
Virus entériques	Milieux naturels (eaux marines et eaux douces) (Santé Canada, 2012) et artificiels (piscines) (ANSES, 2012).	Plus d'une centaine de virus entériques peuvent se retrouver dans les matières fécales (Santé Canada, 2012). En milieu naturel, leur présence dans les eaux récréatives provient principalement des eaux usées (p. ex. trop plein d'égouts unitaires) et des accidents fécaux (Fewtrell et Kay, 2015; NHMRC, 2008; OMS, 2003). Les baigneurs, en particulier les jeunes enfants, sont donc aussi une source de contamination (Santé Canada, 2012).
Bactéries		
<i>Campylobacter</i> spp.	Milieux naturels (OMS, 2003; Santé Canada, 2012) et artificiels (ANSES, 2012).	Il est considéré un zoopathogène (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). L'oiseau est le principal réservoir naturel (ANSES, 2012), mais il peut aussi provenir des selles humaines ou d'autres animaux (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Les aires extérieures sont donc particulièrement susceptibles à la contamination (ANSES, 2012). Les espèces <i>C. jejuni</i> et <i>C. coli</i> sont les plus préoccupantes pour la santé humaine en milieu aquatique (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Sensible au chlore (ANSES, 2012), sa température de croissance optimale est de 42 °C (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).
<i>Escherichia coli</i> entérohémorragique (EHEC)	Milieux naturels (Santé Canada, 2012) et artificiels (OMS, 2006; ANSES, 2012).	<i>Escherichia coli</i> provient des matières fécales (OMS, 2006) et est présent dans l'intestin de tous les humains et les animaux (ANSES, 2012). Les souches EHEC se caractérisent par la production de shiga-toxines, similaires à celles produites par <i>Shigella dysenteriae</i> (Santé Canada, 2012). Elles proviennent principalement des bovins, suivi des humains (Santé Canada, 2012). Ainsi, les souches <i>E. coli</i> O157 seraient considérées comme des zoonoses (Barna et Kadar, 2012).
<i>Salmonella</i> spp.	Souvent retrouvée dans les eaux de surface à l'exception des espèces <i>S. typhi</i> et <i>S. paratyphi</i> , qui sont rarement retrouvés en milieux naturels (Santé Canada, 2012).	Cette bactérie est considérée comme un zoopathogène (Santé Canada, 2012). Les espèces non typhoïdes sont présentes chez les animaux tels que les bovins, les oiseaux, les rongeurs, les chiens et les chats. L'humain (individus infectés) est toutefois considéré comme la source principale de <i>S. typhi</i> et <i>S. paratyphi</i> , qui peuvent causer des manifestations cliniques graves (fièvre entérique) (Santé Canada, 2012).
<i>Shigella</i> spp.	Milieux naturels et artificiels	Ces bactéries proviennent des humains (ANSES, 2012). Les deux espèces d'importance sont <i>S. sonnei</i> et <i>S. flexneri</i> , qui ont été mises en cause dans la plupart des infections à <i>Shigella</i> en Amérique du Nord (Santé Canada, 2012).

Tableau A1 Principaux contaminants microbiologiques dont l'origine est à prédominance fécale susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives au Québec (suite)

Agents	Milieux où l'agent est susceptible de se trouver	Sources du contaminant
Protozoaires		
<i>Cryptosporidium</i> spp.	Milieux naturels et artificiels	Les sources principales sont les humains et les animaux, en particulier les bovins (ANSES, 2012; Santé Canada, 2012). Il est disséminé sous forme d'oocystes dans l'environnement, ce qui lui confère une très grande résistance aux stress environnementaux (OMS, 2006; Santé Canada, 2012). Ce sont surtout les espèces <i>C. parvum</i> et <i>C. hominis</i> qui ont été impliquées dans la transmission par les eaux récréatives (Chalmers, 2012).
<i>Giardia</i> spp.	Peut être retrouvé en milieux naturels et artificiels	Les sources sont les matières fécales de l'humain et des animaux (ANSES, 2012). Excrété sous forme de kystes dans l'environnement, il est très résistant aux stress environnementaux (OMS, 2006; Santé Canada, 2012).

EHEC : *Escherichia coli* entérohémorragiques.

Tableau A2 Principaux contaminants microbiologiques dont l'origine est à prédominance non fécale susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives au Québec

Agents	Milieux où l'agent est susceptible de se trouver	Sources du contaminant
Bactéries		
<i>Aeromonas</i> spp.	Milieux naturels (eaux douces et marines) (OMS, 2003; Santé Canada, 2012) et artificiels (piscines) (ANSES, 2012).	Cette bactérie est naturellement présente dans les milieux aquatiques (Santé Canada, 2012). Bien qu'il ne soit pas associé à de la pollution fécale, il peut être présent dans les eaux usées (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).
<i>Legionella</i> spp.	Milieux naturels (eaux douces) (ANSES, 2012; Santé Canada, 2012) et artificiels (piscines et bains à remous) (ANSES, 2012).	Cette bactérie est présente naturellement dans les eaux douces (ANSES, 2012; Santé Canada, 2012). <i>L. pneumophila</i> est l'espèce la plus souvent impliquée dans des infections chez l'humain (OMS, 2006; Santé Canada, 2012) et un des pathogènes les plus rapportés dans les installations artificielles (Barna et Kadar, 2012). Sa croissance est favorisée à des températures au-delà de 25 °C (ANSES, 2014) telles que retrouvées dans les bains à remous. En effet, elle peut croître dans les spas mal entretenus, de même que dans les systèmes de ventilation (ANSES, 2012). <i>L. pneumophila</i> présente par ailleurs la capacité à proliférer dans des protozoaires (ANSES, 2012, 2014; Barna et Kadar, 2012; Santé Canada, 2012) et à s'accumuler dans des biofilms (ANSES, 2014).

Tableau A2 Principaux contaminants microbiologiques dont l'origine est à prédominance non fécale susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives au Québec (suite)

Agents	Milieux où l'agent est susceptible de se trouver	Sources du contaminant
Bactéries		
<i>Leptospira</i> spp.	Milieux naturels (eaux douces) (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).	Les espèces libres sont associées aux milieux en eau douce (OMS, 2003; Santé Canada, 2012), alors que les pathogènes vivent dans les reins des animaux infectés, en particulier des petits rongeurs (OMS, 2003, 2006; Santé Canada, 2012). Ils sont ainsi considérés des zoonoses (Barna et Kadar, 2012; Santé Canada, 2012). Les cas rapportés aux États-Unis sont surtout dans les régions où le climat est tropical ou tempéré (Perkins et Trimmier, 2017).
Mycobactéries non tuberculeuse	Milieux naturels (eaux douces) et artificiels (piscines, pataugeoires (ANSES, 2012; Santé Canada, 2012) et bains à remous) (OMS, 2006).	Ces bactéries sont présentes naturellement dans l'environnement (Santé Canada, 2012), surtout dans l'eau et le sol (ANSES, 2014). <i>M. avium</i> , <i>M. intracellulare</i> (qui provoquent des troubles respiratoires) ainsi que <i>M. marinum</i> et <i>M. kansasii</i> (responsables d'infections cutanées) sont les espèces les plus souvent liées aux eaux récréatives (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Ces bactéries présentent une bonne résistance au chlore, soit de 100 à 330 fois plus grande que <i>E. coli</i> (ANSES, 2012). Les cas d'exposition ont surtout été associés aux milieux artificiels (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Milieux naturels (eaux douces et marines) (Hunter, 1997 dans [OMS, 2003; Santé Canada, 2012]) et artificiels (piscines, spas) (ANSES, 2012).	Cette bactérie est ubiquitaire dans l'eau, le sol et les végétaux (ANSES, 2012, 2014; OMS, 2006). Dans les piscines, les baigneurs seraient toutefois la principale source (Barna et Kadar, 2012; OMS, 2006). Elle peut se développer dans les endroits humides et chauds des piscines (p. ex. bancs, drains, planchers). Elle peut aussi s'accumuler dans les biofilms des filtres mal entretenus (ANSES, 2012; OMS, 2006).
<i>Staphylococcus aureus</i>	Milieux artificiels (piscines) (ANSES, 2012).	Cette bactérie fait partie de la flore de la peau et des voies nasales (ANSES, 2012; OMS, 2006; Santé Canada, 2012). Les baigneurs sont ainsi la principale source dans les eaux récréatives (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). La quantité émise dans l'eau dépendrait de l'hygiène des baigneurs (ANSES, 2012). Cette bactérie peut aussi être présente dans les selles de certaines personnes et donc, dans les eaux usées et pluviales (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Elle n'est pas considérée comme naturellement présente dans l'eau (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).

Tableau A3 Principaux sous-produits de désinfection susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives

Agents	Milieux où l'agent est susceptible de se trouver	Propriétés
AHA	Ces composés sont non volatils et présents surtout dans l'eau (ANSES, 2012; Tardif <i>et al.</i> , 2015)	Ils sont présents en concentrations plus importantes dans l'eau traitée par rapport aux THM (Carter et Joll, 2017; Manasfi <i>et al.</i> , 2017). Ceci est aussi vrai pour les piscines du Québec, où les AHA étaient les composés présents en plus grandes concentrations dans l'eau (Tardif <i>et al.</i> , 2015). Les AHA les plus abondants dans les piscines chlorées seraient les acides dichloroacétiques (DCAA) et les acides trichloroacétiques (TCAA) (Carter et Joll, 2017; Florentin <i>et al.</i> , 2011). La principale voie d'exposition est l'ingestion (Zwiener <i>et al.</i> , 2007).
Chloramines	Les monochloramines sont plus présents dans l'eau (Tardif <i>et al.</i> , 2015). Les trichloramines, très volatiles, se retrouvent majoritairement dans l'air (ANSES, 2012; Gérardin, 2016; Tardif <i>et al.</i> , 2015; Teo <i>et al.</i> , 2015).	Parmi cette classe de sous-produits de chloration, les monochloramines et les dichloramines sont plus instables et réagissent rapidement pour se transformer en trichloramines (ANSES, 2012). La trichloramine est la substance d'intérêt parmi les chloramines, car elle est retrouvée de façon majoritaire et reconnue pour ses effets irritatifs (ANSES, 2012; Carter et Joll, 2017).
HAN	Ces produits faiblement volatils sont surtout retrouvés dans l'eau (ANSES, 2012).	Ces substances sont des sous-produits des THM et des AHA (ANSES, 2012). Elles sont considérées comme des SPD émergents et sont retrouvées en concentrations importantes dans les piscines du Québec (Tardif <i>et al.</i> , 2015). Selon (Florentin <i>et al.</i> , 2011), ils feraient partie, avec les chloramines, les THM et les AHA, des SPD majeurs.
Ions bromates	Ces composés sont solubles dans l'eau (ANSES, 2012).	Les ions bromates sont issus de la réaction du chlore avec les ions bromures présents dans les solutions de sels d'hypochlorites (ANSES, 2012). Le traitement à l'ozone conduit également fort probablement à la formation d'ions bromates en présence de brome dans l'eau, bien que le pH puisse influencer cette réaction (Chowdhury <i>et al.</i> , 2014). L'ANSES suggère des seuils à ne pas dépasser très faibles (quelques µg/l) et précise que davantage de données devraient être recueillies sur ce composé afin de mieux caractériser le risque (ANSES, 2012).
NDMA	Ce produit faiblement volatil est surtout retrouvé dans l'eau. Il peut aussi se retrouver dans l'air, par les particules de poussières (ANSES, 2012).	Il est considéré comme un sous-produit de désinfection émergent (Tardif <i>et al.</i> , 2015). Dans les bassins chlorés, les NDMA seraient plus élevés dans les spas par rapport aux piscines. L'ANSES suggère des seuils à ne pas dépasser très faibles (< 1 µg/l) et précise que davantage de données devraient être recueillies sur ce composé afin de mieux caractériser le risque (ANSES, 2012).

Tableau A3 Principaux sous-produits de désinfection susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives (suite)

Agents	Milieux où l'agent est susceptible de se trouver	Propriétés
THM	Ces composés sont très volatils (OMS, 2006; Tardif <i>et al.</i> , 2015). Ils peuvent se retrouver dans l'eau et dans l'air (ANSES, 2012).	Cette classe de sous-produits de chloration inclut notamment le chloroforme, le bromoforme et le dibromochlorométhane (ANSES, 2012; Tardif <i>et al.</i> , 2015). Parmi les THM, le chloroforme est le produit majoritaire dans les piscines chlorées (Carter et Joll, 2017). Dans l'étude de Tardif <i>et al.</i> (2015) réalisée dans 41 piscines du Québec, le chloroforme était également, en moyenne, le composé le plus abondant parmi les THM présents dans l'eau et dans l'air. Toutefois, dans certains bassins, les concentrations de THM bromés dépassaient celles du chloroforme. Selon les auteurs, ces THM bromés, dont les concentrations étaient beaucoup plus élevées que celles rapportées dans la littérature, auraient pour origine les sources d'eau alimentant les piscines investiguées.

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail, AHA : Acides haloacétiques, HAN : Haloacétonitriles, NDMA : N-nitrosodiméthylamine, SPD : Sous-produit de désinfection, THM : Trihalométhanes

Tableau A4 Principales cyanotoxines susceptibles de se trouver dans les eaux récréatives

Types de cyanotoxine	Milieux où les toxines sont susceptibles de se trouver	Bactéries productrices de toxines
Anatoxines (neurotoxines)	Elles sont moins fréquentes que les microcystines; la présence de fleurs d'eau contenant des cyanobactéries produisant des anatoxines n'a pas beaucoup été rapportée en Amérique du Nord (Santé Canada, 2012).	Elles ont été retrouvées dans les cyanobactéries appartenant aux genres <i>Anabaena</i> , <i>Oscillatoria</i> et <i>Aphanizomenon</i> (Santé Canada, 2012; WHO, UNESCO et UNEP, 1999).
Cylindrospermopsines (hépatotoxines)	Elles sont présentes surtout dans les régions tropicales et subtropicales. Leur présence a été rapportée régulièrement dans les eaux douces d'Australie, d'Amérique du Sud, d'Amérique centrale et de la Floride (Santé Canada, 2012). En Amérique du Nord, elles ont été détectées dans certains États au Nord des États-Unis (dont le Michigan), au Manitoba (Santé Canada, 2012) ainsi que dans le sud du Québec (Zamyadi <i>et al.</i> , 2012). Elles représentent donc une préoccupation émergente au Canada (Santé Canada, 2012).	Elles ont notamment été isolées de certaines espèces appartenant aux genres <i>Cylindrospermopsis</i> , <i>Anabaena</i> et <i>Aphanizomenon</i> (Falconer et Humpage, 2006) cité dans (Santé Canada, 2012).

Tableau A4 Principales cyanotoxines susceptibles de se trouver dans les eaux récréatives (suite)

Types de cyanotoxine	Milieux où les toxines sont susceptibles de se trouver	Bactéries productrices de toxines
Dermatotoxines et autres toxines irritantes	Les espèces produisant les toxines aplysiatoxines et lyngbyatoxines sont retrouvées principalement en milieu marin (Santé Canada, 2012).	Les toxines aplysiatoxines et lyngbyatoxines sont produites notamment par les genres <i>Lyngbya</i> , les <i>Oscillatoria</i> et les <i>Schizothrix</i> (Santé Canada, 2012). Les toxines irritantes incluent également, selon Santé Canada, les lipopolysaccharides (LPS), qui font partie de la membrane cellulaire des bactéries à Gram négatif dont les cyanobactéries font partie (Belleville <i>et al.</i> , 2010; NHMRC, 2008).
Microcystines (hépatotoxines)	Elles sont les cyanotoxines les plus courantes en Amérique du Nord (Backer <i>et al.</i> , 2015; Santé Canada, 2012).	Elles sont produites notamment par des espèces appartenant aux genres <i>Microcystis</i> et <i>Anabaena</i> (NHMRC, 2008; OMS, 2003; Santé Canada, 2012; WHO <i>et al.</i> , 1999).
Nodularines (hépatotoxines)	Elles ont été retrouvées dans les eaux d’Australie, de Nouvelle-Zélande et de la mer Baltique (WHO <i>et al.</i> , 1999). Elles n’ont pas été retrouvées en Amérique du Nord (Santé Canada, 2012).	Elles sont produites par <i>Nodularia spumigenia</i> (Afssa et Afsset, 2006; NHMRC, 2008; Santé Canada, 2012; WHO <i>et al.</i> , 1999).
Saxitoxines (neurotoxines)	Elles sont retrouvées surtout en Australie, au Brésil, ainsi qu’aux États-Unis (Afssa et Afsset, 2006). Elles ne sont pas préoccupantes actuellement, mais sont considérées « à surveiller » par Santé Canada (Santé Canada, 2012).	Elles ont notamment été retrouvées chez des espèces appartenant aux genres <i>Aphanizomenon</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Cylindrospermopsis</i> et <i>Lyngbya</i> (WHO <i>et al.</i> , 1999).

Références

AFSSA et AFSSET. (2006). *Rapport sur l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives*. France, Paris : Agence française de sécurité sanitaire des aliments et Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX-Ra-Cyanobacteries.pdf>

ANSES. (2012). *Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines - Partie 1 : piscines réglementées*. France, Paris : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra.pdf>

ANSES. (2014). *Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines - Partie 2 : bains à remous*. France, Paris : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra-2.pdf>

Backer, L. C., Manassaram-Baptiste, D., LePrell, R. et Bolton, B. (2015). Cyanobacteria and algae blooms: Review of health and environmental data from the Harmful Algal Bloom-Related Illness Surveillance System (HABISS) 2007-2011. *Toxins*, 7(4), 1048-64.

Barna, Z., et Kadar, M. (2012). The risk of contracting infectious diseases in public swimming pools. A review. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 48(4), 374-86.

- Belleville, D., Dubé, K., Phaneuf, D., Gauvin, D., Gervais, M.-C., Brisson, G., Lévesque, B. et Chevalier, P. (2010). *Mémoire déposé à la Commission des transports et de l'environnement concernant les effets potentiels sur la santé liés à la présence des algues bleu-vert (cyanobactéries)*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/en/node/3130>
- Carter, R. A. A., et Joll, C. A. (2017). Occurrence and formation of disinfection by-products in the swimming pool environment: A critical review. *Journal of environmental sciences (China)*, 58(100967627), 19-50.
- Chalmers, R. M. (2012). Waterborne outbreaks of cryptosporidiosis. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 48(4), 429-46.
- Chowdhury, S., Alhooshani, K. et Karanfil, T. (2014). Disinfection byproducts in swimming pool: occurrences, implications and future needs. *Water research*, 53(dv7, 0105072), 68-109.
- Florentin, A., Hautemaniere, A. et Hartemann, P. (2011). Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools. *International journal of hygiene and environmental health*, 214(6), 461-9.
- Manasfi, T., Coulomb, B. et Boudenne, J.-L. (2017). Occurrence, origin, and toxicity of disinfection byproducts in chlorinated swimming pools: An overview. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220(3), 591-603.
- NHMRC. (2008). Guidelines for Managing Risks in Recreational Water. *National Health and Medical Research Council*. Australia: Australian Government. Repéré à https://www.nhmrc.gov.au/files_nhmrc/publications/attachments/eh38.pdf%20
- OMS. (2003). *Guidelines for safe recreational water environments - Volume 1 - Coastal and fresh waters*. Genève, Suisse: Organisation mondiale de la Santé. Repéré à <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42591/9241545801.pdf;jsessionid=D42D0F54B864AE374137E2D926166A70?sequence=1>
- OMS. (2006). *Guidelines for safe recreational water environments - Volume 2 - Swimming pools and similar environments*. Genève, Suisse: Organisation mondiale de la Santé. Repéré à http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43336/9241546808_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Perkins, A., et Trimmier, M. (2017). Recreational Waterborne Illnesses: Recognition, Treatment, and Prevention. *American Family Physician*, 95(9), 554-560.
- Ryan, U., Lawler, S. et Reid, S. (2017). Limiting swimming pool outbreaks of cryptosporidiosis - the roles of regulations, staff, patrons and research. *Journal of water and health*, 15(1), 1-16.
- Santé Canada. (2012). *Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada - 3^e édition*. Ottawa, Ontario : Gouvernement du Canada. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-sujet-qualite-eaux-utilisees-fins-recreatives-canada-troisieme-edition.html>
- Tardif, R., Catto, C., Haddad, S. et Rodriguez, M. (2015). *Évaluation de l'exposition des travailleurs aux sous-produits de désinfection en piscine intérieure au Québec*. Montréal : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail. Repéré à <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-860.pdf>

Teo, T. L. L., Coleman, H. M. et Khan, S. J. (2015). Chemical contaminants in swimming pools: Occurrence, implications and control. *Environment International*, 76, 16-31.

WHO, UNESCO et UNEP (1999). *Toxic cyanobacteria in water - A guide to their public health consequences, monitoring and management*. Londres et New York. Repéré à http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/toxcyanbegin.pdf

Annexe 5

**Description des éclosions d'origine hydrique associées
à la qualité des eaux récréatives aux États-Unis**

Mise en contexte

Cette annexe présente le détail des éclosions associées à la qualité des eaux récréatives rapportées aux Centers for Disease Control and Prevention (CDC) pour la période de 2003 à 2012. Ces données, extraites des bulletins Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR) des CDC (Dziuban *et al.*, 2006; Hlavsa *et al.*, 2011, 2014, 2015; Yoder *et al.*, 2008), sont rapportées par les départements de santé publique sur une base volontaire (Yoder *et al.*, 2008).

Il a été décidé de présenter les données sur les éclosions survenues à partir de 2003 pour des raisons méthodologiques. Pour les années précédentes, les éclosions pour lesquelles les patients ont reçu un diagnostic clinique étaient classées dans les éclosions confirmées, même si l'agent étiologique n'était pas validé par des analyses d'échantillons biologiques et environnementaux. À partir de 2003, une identification par des analyses d'échantillons biologiques ou environnementaux était nécessaire pour confirmer l'étiologie de l'éclosion (Dziuban *et al.*, 2006).

Des transmissions secondaires de personnes à personnes ont parfois été incluses dans le nombre de personnes affectées pour certaines des éclosions rapportées dans les bilans moins récents, comme celui couvrant les années 2003 à 2004 (Dziuban *et al.*, 2006), alors qu'il est spécifié dans un des bilans ultérieurs (celui couvrant la période 2007-2008) que ces cas n'étaient pas considérés (Hlavsa *et al.*, 2011).

Il importe également de noter que, par souci d'uniformité avec les tableaux présentés dans les rapports de surveillance des CDC, certaines éclosions rapportées tardivement n'ont pas été intégrées dans les données présentées dans cette annexe. Par exemple, dans le rapport du MMWR de 2007-2008, cinq éclosions survenues entre 1993 et 2005, qui n'ont pas été incluses dans les rapports précédents, y sont présentées (Hlavsa *et al.*, 2011). Conséquemment, il est présumé que les données présentées dans cette annexe sous-estiment quelque peu les cas réellement rapportés.

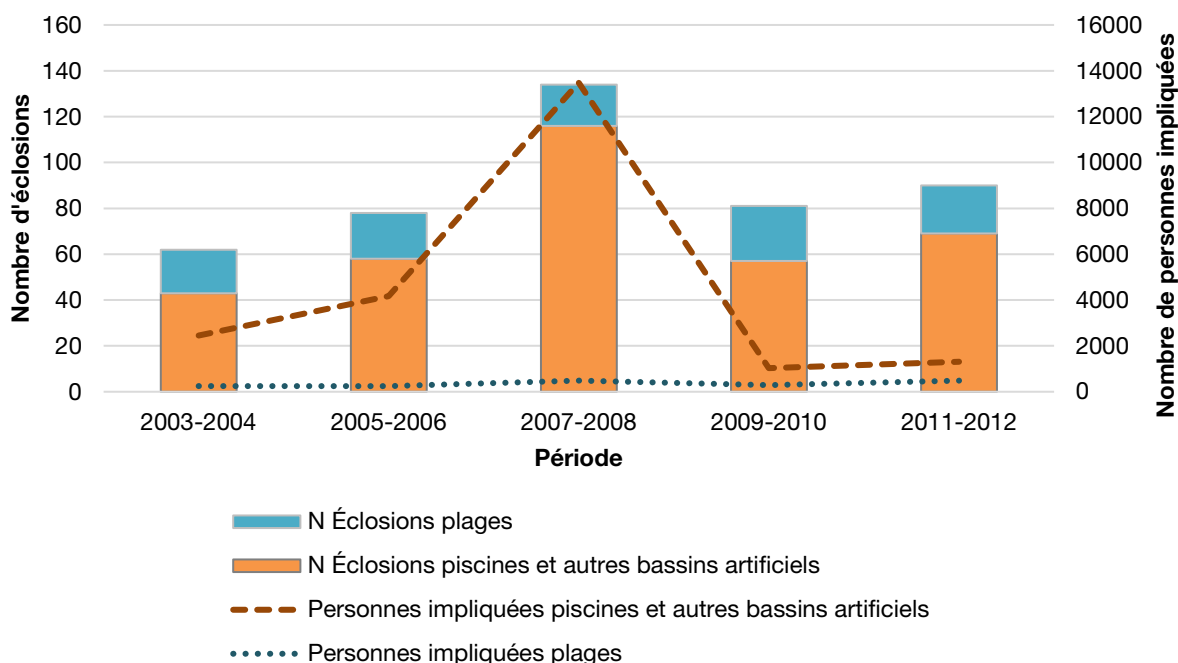
Enfin, certains changements apportés par les CDC dans la manière de présenter les informations sur les éclosions pour la période de 2003 à 2012 doivent être considérés dans l'interprétation des données. Pour la période 2003-2004, la définition d'éclosion incluait certains cas individuels : 1) des cas confirmés en laboratoire de méningoencéphalite amibienne causée par *Naegleria fowleri* et associée à la qualité des eaux récréatives, 2) des infections de plaies ou des infections à *Vibrio* spp. associées à la qualité des eaux récréatives ou 3) des cas d'empoisonnement par une toxine ou un contaminant chimique (Dziuban *et al.*, 2006). Dans les rapports de surveillance des années suivantes, la définition d'éclosion n'incluait plus les cas individuels, ceux-ci étant plutôt présentés dans des tableaux à part dans les bilans des années 2005 à 2008 et non présentés dans ceux des années 2009 à 2012 (Hlavsa *et al.*, 2011, 2014, 2015; Yoder *et al.*, 2008).

Portrait global des éclosions survenues entre 2003 et 2012

Nombre d'éclosions et personnes impliquées

La figure A1 illustre le nombre d'éclosions d'origine hydrique rapportées et de personnes impliquées aux États-Unis entre les années 2003 et 2012. Pour l'ensemble de la période, un total de 445 éclosions impliquant 24 190 personnes ont été rapportées aux CDC.

Figure A1 Nombre d'éclosions d'origine hydrique et de personnes impliquées rapportées entre 2003 et 2012 aux États-Unis selon l'usage de l'eau



Un des points à noter est que la proportion d'éclosions associées à la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels (spas, pataugeoires, jeux d'eau, etc.) est nettement plus importante (77 %, n = 343) que celle associée aux plages et autres plans d'eau en milieu naturel (23 %, n = 102). Le constat est similaire pour la proportion de personnes impliquées, qui est beaucoup plus élevée pour les piscines et autres bassins artificiels dont l'eau est traitée (22 432 personnes) que celle associée aux plans d'eau en milieu naturel, qui ne font pas l'objet de traitement (1 758 personnes). Pour chacune des périodes présentées, *Cryptosporidium* spp. est l'agent le plus fréquemment responsable des éclosions rapportées, bassins naturels et artificiels confondus.

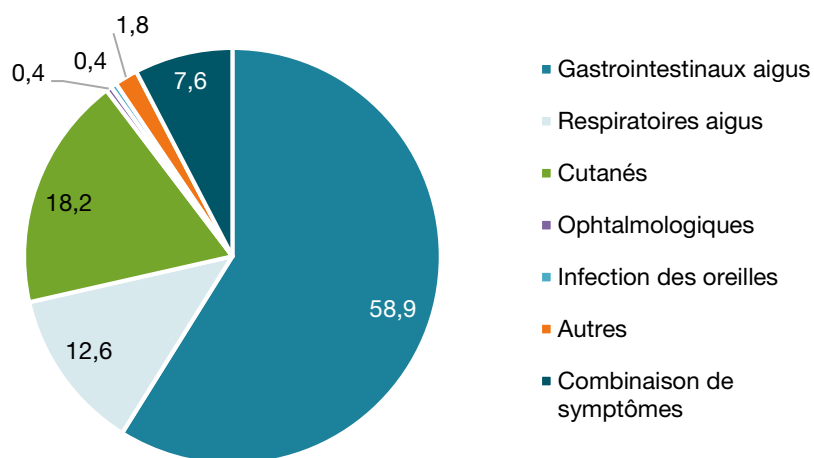
Le nombre important de personnes atteintes obtenu en 2007-2008 est causé par certaines éclosions importantes qui ont eu lieu plus particulièrement dans des installations artificielles (piscines, jeux d'eau, spa). Ces dernières ont causé en majorité des gastro-entérites et l'agent étiologique était principalement *Cryptosporidium* spp. (Hlavsa *et al.*, 2011). Certaines de ces éclosions ont été définies comme des « *communitywide outbreaks* », ²⁵ car elles sont survenues dans plusieurs communautés et auraient dû être comptabilisées comme une seule éclosion (Hlavsa *et al.*, 2011).

Problèmes de santé rapportés

Les symptômes gastro-intestinaux aigus sont nettement les problèmes de santé les plus fréquemment rapportés dans les éclosions associées à la qualité des eaux récréatives aux États-Unis entre 2003 et 2012 (voir figure A2), avec 59 % des éclosions où ce type de symptômes a été rapporté.

²⁵ Les « *communitywide outbreaks* » sont des éclosions qui débutent dans une installation de baignade et se poursuit en impliquant d'autres plans d'eau.

Figure A2 Proportion d'éclotions selon le type de symptômes rapportés entre 2003 et 2012 aux États-Unis



Les symptômes de type cutané viennent au deuxième rang, avec 18 % des éclotions où les personnes impliquées ont éprouvé ce type de symptômes. Pour les problèmes respiratoires aigus, leur incidence dépend du type d'installation où est survenue l'éclotion. En effet, ce type de problème de santé a été observé dans environ 16 % (n = 54/343) des éclotions survenues en piscines ou autres bassins artificiels par rapport à 2 % (n = 2/102) seulement des éclotions associées aux plans d'eau en milieu naturel (voir tableaux A1 et A2).

Certaines des éclotions rapportées ont conduit à l'hospitalisation de personnes impliquées. Entre 2003 et 2012, 331 hospitalisations²⁶ ont été comptabilisées dans les rapports de surveillance des CDC. Quelques décès ont également été rapportés à la suite d'éclotions associées à la qualité des eaux récréatives aux États-Unis. En effet, sept décès, causés notamment par la bactérie *Legionella* spp. dans des spas ainsi que par l'amibe *Naegleria fowleri* dans des plans d'eau en milieu naturel, ont été recensés (Dziuban *et al.*, 2006; Hlavsa *et al.*, 2015; Yoder *et al.*, 2008).

Analyses environnementales et biologiques

Selon un des rapports des CDC, la confirmation de l'étiologie des éclotions rapportées est généralement réalisée par des analyses d'échantillons biologiques et, parfois, d'échantillons environnementaux²⁷ (Dziuban *et al.*, 2006). L'analyse des éclotions survenues entre 2003 et 2012 révèle que l'étiologie était confirmée dans 75 % (n = 333/445) des éclotions rapportées aux CDC.

Les éclotions dont l'agent étiologique est une bactérie ou un virus sont plus importantes en proportion pour les plans d'eau en milieu naturel (41 %, n = 42/102) par rapport aux piscines et autres bassins artificiels (23 %, n = 79/343). Il convient de noter que les microorganismes résistants aux traitements sont davantage impliqués dans les éclotions associées aux piscines et autres bassins artificiels par rapport à celles survenues dans les milieux naturels. Par exemple, comme présenté aux tableaux A1 et A2 à la fin de cette annexe, *Cryptosporidium* spp. a été impliqué, entre 2003 et 2012, dans environ 46 % (n = 157/343) des éclotions en eau traitée par rapport à 8 % dans les eaux non traitées (n = 9/102).

²⁶ Ce nombre exclut les hospitalisations survenues entre 2007 et 2008 puisqu'elles n'ont pas été rapportées dans le rapport de surveillance couvrant cette période (Hlavsa *et al.*, 2011).

²⁷ Le bilan des éclotions survenues en 2005 et 2006 mentionne seulement que l'étiologie est confirmée par laboratoire alors que les autres rapports consultés n'apportent aucune précision sur la manière dont l'étiologie est confirmée.

Portrait des écloisions associées aux plages et autres plans d'eau en milieu naturel

Étiologie des écloisions rapportées

Les écloisions en eaux récréatives naturelles aux États-Unis sont en très grande majorité survenues en eau douce (93 %), principalement dans des lacs. Comme présenté au tableau A1, les bactéries sont le type d'agent étiologique le plus souvent impliqué aux États-Unis dans les écloisions survenues dans les plages et autres plans d'eau en milieu naturel entre 2003 et 2012 (n = 360). Parmi celles-ci, les contaminants d'origine fécale (*E. coli* et *Shigella* spp., en particulier, ainsi que *Campylobacter jejuni*), sont les plus fréquemment rapportés (77 %, n = 23/30). Par ailleurs, au moins neuf écloisions ont impliqué un sérotype d'*E. coli* produisant une shiga-toxine (sérogroupes O111 et O157:H7). Quelques écloisions impliquant *Leptosporia* spp. (n = 3) ont aussi été rapportées au cours de cette période.

Ce sont toutefois les écloisions dont l'agent étiologique (confirmé ou soupçonné) est le schistosome qui ont touché le plus grand nombre d'individus, soit 395 personnes, sur un total de 14 écloisions. Les protozoaires (*Cryptosporidium* spp., *Giardia intestinalis*, *Naegleria fowleri*) ont aussi été associés à 14 écloisions, ce qui est nettement moins élevé que le nombre survenu dans les piscines et autres bassins artificiels (n = 168). Les virus sont l'agent étiologique confirmé ou soupçonné dans près d'une écloision sur six (17 %), la plupart étant associés au norovirus (n = 16/17). Le norovirus est également l'agent viral le plus souvent impliqué (en incluant les cas soupçonnés) dans les écloisions survenues dans les piscines et autres bassins artificiels (n = 12/13).

Quelques cas d'écloisions associées à la présence de cyanobactéries ont aussi été répertoriés par les CDC. Entre 2003 et 2012, quatorze écloisions causées par des cyanotoxines (en incluant les cas soupçonnés) ont été recensées.

Enfin, des événements impliquant les eaux récréatives, mais non considérés comme des écloisions, ont été rapportés dans certains des rapports de surveillance des CDC consultés. Par exemple, 567 cas de vibrioses²⁸ ont été recensés entre 2003 et 2008, conduisant à 36 décès (Dziuban *et al.*, 2006; Hlavsa *et al.*, 2011; Yoder *et al.*, 2008). La majorité de ces décès (n = 27/36) ont été causés par *V. vulnificus* et ont eu lieu dans le sud des États-Unis. Certains cas d'infection à *Vibrio* spp. dans les eaux récréatives auraient également conduit à une amputation chez des personnes affectées (Dziuban *et al.*, 2006). Des cas individuels (n = 12) ainsi qu'une écloision impliquant deux personnes ont aussi été associés à une infection causée par l'amibe *Naegleria fowleri* (Dziuban *et al.*, 2006; Hlavsa *et al.*, 2011; Yoder *et al.*, 2008). Les écloisions associées à cette amibe résultent d'une exposition dans des bassins d'eau naturelle du sud des États-Unis pendant l'été (juin à septembre). Tous les cas recensés (n = 14) ont été fatals et plusieurs concernaient des enfants.

²⁸ Pour les années 2005-2006, certains cas de vibriose associés aux inondations causées par l'ouragan Katrina ont toutefois été inclus dans le nombre d'événements associés à la qualité des eaux récréatives (Yoder *et al.*, 2008).

Portrait des éclosions associées aux piscines, pataugeoires, jeux d'eau et spas

Étiologie des éclosions rapportées

Les informations détaillées concernant les éclosions associées à la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels rapportées aux États-Unis sont présentées au tableau A2. Parmi l'ensemble des éclosions rapportées de 2003 à 2012, les parasites sont le type d'agent pour lesquels le plus grand nombre d'éclosions ont été rapportées ($n = 168$, en incluant un cas non confirmé). En effet, ils sont responsables de près de la moitié des éclosions documentées dans les bassins artificiels (49 %).

Cryptosporidium spp. est, à lui seul, l'agent imputable d'au moins 46 % ($n = 158$) des éclosions survenues entre 2003 et 2012 et représente l'agent le plus fréquemment responsable des éclosions rapportées dans les piscines et autres bassins artificiels dans chacun des rapports de surveillance publiés par les CDC au cours de cette période. Les éclosions (confirmées ou soupçonnées) associées à *Cryptosporidium* spp. uniquement ont par ailleurs touché 18 343 personnes. En comparaison, *Giardia* spp. a été impliqué à lui seul dans seulement sept éclosions survenues dans ce type de bassin.

Les bactéries sont la deuxième catégorie d'agents les plus fréquemment associés aux éclosions survenues dans les piscines et autres bassins artificiels entre 2003 et 2012, représentant plus d'une éclosion sur quatre (27 %, $n = 94$, en incluant les cas soupçonnés). Les bactéries *Legionella* spp. et *Pseudomonas* spp. sont les plus souvent identifiées, représentant plus de 86 % ($n = 81/94$) des éclosions associées aux bactéries. Comme présenté au tableau 4, l'analyse des éclosions dont l'étiologie confirmée est *Legionella* spp. ou *P. aeruginosa* spp. a permis de déterminer que la presque totalité (96 %) des éclosions impliquant ces deux types de bactéries ont été associées à un spa : 58 % ($n = 33/57$) sont survenues dans un spa uniquement et 39 % ($n = 22/57$) dans un spa et une piscine combinés. Les spas et les piscines étant souvent présents en même temps dans certains types d'établissement (p. ex. les hôtels), il peut être difficile de bien distinguer dans quel bassin origine l'éclosion.

Bien que beaucoup moins fréquentes, des éclosions associées à des contaminants de nature chimique ont aussi été rapportées aux CDC entre 2003 et 2012. En incluant les éclosions dont l'étiologie est soupçonnée, les contaminants d'origine chimique ont été responsables de 14 % ($n = 48/343$) des éclosions rapportées dans les piscines et autres bassins artificiels.

Tableau A1 Synthèse des éclosions associées à la qualité de l'eau des plages et autres plans d'eau en milieu naturel aux États-Unis entre 2003 et 2012

	2011-2012		2009-2010		2007-2008		2005-2006		2003-2004		Total	
	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)
Agents												
Virus	3	85	1	69	3	65	3	68	2	48	12	335
Adenovirus	1	32	0	0	0	0	0	0	0	0	1	32
Norovirus	2	53	1	69	3	65	3	68	2	48	11	303
Bactéries	7	76	5	91	4	9	8	88	6	96	30	360
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	3	31	3	17	1	3	0	0	0	0	7	51
<i>E. coli</i> O111	2	11	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11
<i>E. coli</i>	0	0	0	0	0	0	3	10	0	0	3	10
<i>Shigella</i> spp.	2	34	1	68	2	4	3	32	2	23	10	161
<i>Campylobacter jejuni</i>	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	1	6
<i>Leptosporia</i> spp.	0	0	0	0	0	0	2	46	1	3	3	49
Autres*	0	0	0	0	1	2	0	0	3	70	4	72
Protozoaires	3	29	3	16	2	17	3	35	3	14	14	111
<i>Cryptosporidium</i> spp.	1	16	3	16	2	17	2	33	1	4	9	86
<i>Giardia intestinalis</i>	2	13	0	0	0	0	0	0	1	9	3	22
<i>Naegleria fowleri</i> ^{†, ††}	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	2	3
Schistosomes	1	43	0	0	4	300	0	0	0	0	5	343
Chimique	1	8	4	38	1	15	1	3	2	22	9	86
Cyanotoxines	1	8	4	38	0	0	0	0	2	22	7	68
Autres**	0	0	0	0	1	15	1	3	0	0	2	18

Tableau A1 Synthèse des écloisions associées à la qualité de l'eau des plages et autres plans d'eau en milieu naturel aux États-Unis entre 2003 et 2012 (suite)

	2011-2012		2009-2010		2007-2008		2005-2006		2003-2004		Total	
	Écloisions (N)	Personnes impliquées (N)	Écloisions (N)	Personnes impliquées (N)	Écloisions (N)	Personnes impliquées (N)	Écloisions (N)	Personnes impliquées (N)	Écloisions (N)	Personnes impliquées (N)	Écloisions (N)	Personnes impliquées (N)
Agents												
Multiple	2	181	1	45	1	54	0	0	0	0	4	280
Non identifié (agent soupçonné)	4	57	10	37	3	26	5	51	6	72	28	243
Schistosomes	3	22	2	11	0	0	2	4	2	15	9	52
Norovirus	1	35	0	0	0	0	1	13	3	48	5	96
Cuivre (algicide)	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	1	3
Cyanotoxines	0	0	7	23	0	0	0	0	0	0	7	23
Inconnu	0	0	0	0	3	26	2	34	1	9	6	69
Symptômes prédominants												
Gastro-intestinaux aigus	15	374	14	249	11	159	13	166	12	202	65	1150
Respiratoires aigus	0	0	0	0	1	15	1	3			2	18
Cutanés	4	65	7	34	4	300	2	4	2	15	19	418
Ophthalmologiques	2	40	0	0	0	0	0	0	0	0	2	40
Oreilles	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	1	9
Autres ^{*,†}	0	0	0	0	1	10	4	72	2	4	7	86
Combinaison de symptômes	0	0	3	13	1	2	0	0	2	22	6	37
Type de milieu impliqué												
Eau douce [†]	20	471	23	294	15	438	18	219	19	252	95	1674
Eau marine	1	8	1	2	3	48	1	24	0	0	6	82
Inconnu	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	1	2
Total	21	479	24	296	18	486	20	245	19	252	102	1758

* La catégorie « Autres » inclut trois écloisions associées à *Plesiomonas shigelloides* ainsi qu'une à *Shigella* et *Plesiomonas* spp.

** La catégorie « Autres » inclut les écloisions associées à *Karenia brevis* et au sulfate de cuivre.

*** La catégorie « Autres » inclut les symptômes classés par les CDC comme « autre », « neurologique » et « leptosporidiose ».

† Une des écloisions rapportées en 2003-2004 a impliqué une seule personne.

†† Les cas associés à *N. fowleri* en 2007-2008 (n = 8) ont été rapportés dans un tableau distinct dans le rapport de surveillance des CDC.

Tableau A2 Synthèse des écloisions associées à la qualité de l'eau des piscines, des pataugeoires, des jeux d'eau et des spas aux États-Unis entre 2003 et 2012

	2011-2012		2009-2010		2007-2008		2005-2006		2003-2004		Total	
	Écloisions (N)	Personnes impliquées (N)	Écloisions (N)	Personnes impliquées (N)	Écloisions (N)	Personnes impliquées (N)	Écloisions (N)	Personnes impliquées (N)	Écloisions (N)	Personnes impliquées (N)	Écloisions (N)	Personnes impliquées (N)
Agents												
Virus	2	122	0	0	2	56	1	18	4	288	9	484
Norovirus	2	122	0	0	2	56	1	18	3	252	8	448
Echovirus 9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	36	1	36
Bactéries	14	75	10	75	18	245	14	167	14	457	70	1 019
<i>Legionella</i> spp.	9	33	4	8	10	122	8	124	4	117	35	404
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	2	21	1	14	2	42	0	0	0	0	5	77
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	16	4	50	4	52	4	28	8	274	22	420
<i>Shigella</i> spp.	1	5	1	3	2	29	1	9	1	56	6	102
Autres*	0	0	0	0	0	0	1	6	1	10	2	16
Protozoaires	37	895	25	413	62	12 175	31	3 784	12	1 414	167	18 681
<i>Cryptosporidium</i> spp.	36	874	24	406	58	12 137	29	3 718	10	1 202	157	18 337
<i>Giardia</i> spp.	1	21	1	7	3	19	1	11	1	149	7	207
<i>Cryptosporidium</i> et <i>Giardia</i> spp.	0	0	0	0	1	19	1	55	1	63	3	137
Chimique	3	57	0	0	8	732	1	19	1	3	13	811
Chlore	2	46	0	0	2	22			0	0	4	68
Vapeurs de chlore	1	11	0	0	3	21	1	19	0	0	5	51
Chloramines et endotoxines	0	0	0	0	1	665	0	0	0	0	1	665
Produits chimiques**	0	0	0	0	2	24			1	3	3	27

Tableau A2 Synthèse des éclosions associées à la qualité de l'eau des piscines, des pataugeoires, des jeux d'eau et des spas aux États-Unis entre 2003 et 2012 (suite)

	2011-2012		2009-2010		2007-2008		2005-2006		2003-2004		Total	
	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)
Agents												
Non identifié (agent soupçonné)	13	160	22	542	26	272	11	179	12	284	84	1 437
Exposition chimique	1	3	8	54	7	33	1	9	1	17	18	116
Chloramine	2	13	2	311	2	79	3	53	6	157	15	613
Chlore	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12
Vapeurs de chlore	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
<i>Legionella</i> spp.	2	52	0	0	0	0	0	0	0	0	2	52
Norovirus	2	21	2	91	0	0	0	0	0	0	4	112
<i>Pseudomonas</i> spp.	4	56	5	55	6	57	5	73	2	32	22	273
<i>Cryptosporidium</i> spp.	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	1	6
Algicide	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	1	9
Inconnu	0	0	5	31	10	97	2	44	2	69	19	241
Symptômes prédominants												
Gastro-intestinaux aigus	44	1 064	30	525	70	12 318	35	3 849	18	1 743	197	19 499
Respiratoires aigus	13	97	8	40	16	168	10	152	7	141	54	598
Cutanés	8	88	14	112	20	241	9	103	11	245	62	789
Ophtalmologiques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oreilles	0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	1	6
Autres***	0	0	0	0	0	0	0	0	1	36	1	36
Combinaison	4	60	5	353	9	747	4	63	6	281	28	1504

Tableau A2 Synthèse des éclosions associées à la qualité de l'eau des piscines, des pataugeoires, des jeux d'eau et des spas aux États-Unis entre 2003 et 2012 (suite)

	2011-2012		2009-2010		2007-2008		2005-2006		2003-2004		Total	
	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)	Éclosions (N)	Personnes impliquées (N)
Type de bassin impliqué												
Spas	10	-	7	-	18	-	10	-	11	-	56	-
Piscines	31	-	34	-	63	-	30	-	18	-	176	-
Jeux d'eau†	8	-	2	-	11	-	4	-	2	-	27	-
Pataugeoires	3	-	0	-	6	-	0	-	2	-	11	-
Autres††	2	-	3	-	3	-	2	-	0	-	10	-
Plusieurs installations	14	-	11	-	15	-	12	-	10	-	62	-
Inconnu	1	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1	-
Total	69	1 309	57	1030	116	13 480	58	4 167	43	2 446	343	22 432

* La catégorie « Autres » inclut *Campylobacter jejuni* et SARM (*Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline).

** Les produits chimiques incluent l'acide hydrochloridrique, l'acide muriatique et d'autres produits non spécifiés.

*** La catégorie « Autres » inclut notamment des symptômes neurologiques et d'autres symptômes non spécifiés.

† Les jeux d'eau incluent principalement des fontaines interactives et, dans une moindre mesure, des glissades d'eau dans une école.

†† La catégorie « Autres » inclut notamment des bassins de type « empli-vide », des piscines à vague et des piscines pour enfants.

Références

- Dziuban, E. J., Liang, J. L., Craun, G. F., Hill, V., Yu, P. A., Painter, J., ... Centers for Disease Control and Prevention. (2006). Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with recreational water--United States, 2003-2004. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 55(12), 1-30. Repéré à <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss5512a1.htm>
- Hlavsa, M. C., Roberts, V. A., Anderson, A. R., Hill, V. R., Kahler, A. M., Orr, M., ... Yoder, J. S. (2011). Surveillance for waterborne disease outbreaks and other health events associated with recreational water - United States, 2007-2008. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 60(12), 1-32. Repéré à https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss6012a1.htm?s_cid=ss6012a1_w
- Hlavsa, M. C., Roberts, V. A., Kahler, A. M., Hilborn, E. D., Mecher, T. R., Beach, M. J., Wade, T. J. et Yoder, J. S. (2015). Outbreaks of Illness Associated with Recreational Water — United States, 2011–2012. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 64(24), 668-672. Repéré à https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6424a4.htm?s_cid=mm6424a4_w
- Hlavsa, M. C., Roberts, V. A., Kahler, A. M., Hilborn, E. D., Wade, T. J., Backer, L. C., Yoder, J. S. (2014). Recreational water-associated disease outbreaks-United States, 2009-2010. *Morbidity and mortality weekly report*, 63(1), 6-10. Repéré à https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm6301a2.htm?s_cid=mm6301a2_w
- Yoder, J. S., Hlavsa, M. C., Craun, G. F., Hill, V., Roberts, V., Yu, P. A., ... Beach, M. J. (2008). Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with recreational water use and other aquatic facility-associated health events-United States, 2005-2006. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 57(9), 1-29. Repéré à <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss5709a1.htm>

Annexe 6

Résumé des facteurs qui influencent les concentrations de sous-produits de désinfection dans les installations récréatives aquatiques

Eau d'alimentation

Le type d'eau contenue dans les bassins a une influence sur les concentrations de sous-produits de désinfection (SPD) (Teo *et al.*, 2015), la majorité étant alimentée par de l'eau potable (Carter et Joll, 2017). L'eau potable contient déjà de la matière organique ainsi que des traces de SPD (Carter et Joll, 2017).

Température et pH

Une élévation de la température de l'eau influence les concentrations de SPD de diverses manières. Notamment, elle aura une influence sur l'émission de précurseurs provenant des usagers, par exemple par une transpiration accrue (Keuten *et al.*, 2014 cité dans [Carter et Joll, 2017; Teo *et al.*, 2015]). Une température plus élevée influence également le taux de volatilisation des SPD ainsi que leur vitesse de formation (Carter et Joll, 2017). Conséquemment, de façon générale, une température accrue a tendance à augmenter les concentrations de SPD tels que les trichloramines (Gérardin, 2016), les acides haloacétiques (AHA) ainsi que les trihalométhanés (THM) (ANSES, 2014). Par ailleurs, les besoins en désinfectants sont accrus lorsque la température est élevée, ayant ainsi un impact sur les concentrations de SPD (Carter et Joll, 2017).

Une augmentation du pH de l'eau favoriserait la formation de THM (Florentin *et al.*, 2011). Pour d'autres SPD, le phénomène inverse se produit. Ainsi, c'est une diminution du pH de l'eau (plus acide) qui favorise la formation de trichloramines (Gérardin, 2016) alors que ce sont les monochloramines qui dominent lorsque le pH se situe entre 7,5 et 9 (Florentin *et al.*, 2011). L'augmentation du pH a tendance à diminuer la formation des AHA (ANSES, 2014; Florentin *et al.*, 2011).

Nombre de baigneurs et leurs comportements

Une fréquentation importante augmente les matières organiques et inorganiques dans l'eau et, par conséquent, les concentrations de SPD (ANSES, 2014; Carter et Joll, 2017; Daiber *et al.*, 2016); ceci aura pour résultat d'accroître la difficulté à maintenir des concentrations adéquates de désinfectants (ANSES, 2014). Dans l'étude de Daiber *et al.* (2016), la fréquentation était aussi associée à un potentiel mutagène plus élevé, illustrant l'effet de l'ajout de matière organique par les baigneurs (Daiber *et al.*, 2016). Le potentiel mutagène de l'eau augmentait en moyenne dans l'ordre suivant : eau potable, eau de piscine, eau de spa (Daiber *et al.*, 2016). Le type d'activité pratiquée par les usagers a aussi une importance. Certaines des revues consultées citent à cet effet une étude réalisée par Weng and Blatchley (2011) lors d'une compétition de nage qui a illustré que certains SPD tels que le chloroforme et les trichloramines augmentaient au fil de l'événement (Carter et Joll, 2017; Teo *et al.*, 2015). L'agitation de l'eau et les éclaboussures causées par les baigneurs peuvent être accrues dans certains bassins extérieurs tels que les parcs aquatiques, ce qui peut influencer les concentrations de SPD (Teo *et al.*, 2015). Enfin, l'utilisation de certains produits par les baigneurs (p. ex. crème solaire) pourrait aussi conduire à la formation de sous-produits dans l'eau en réaction avec le chlore (Teo *et al.*, 2015).

Type de traitement appliqué

Les désinfectants peuvent présenter certaines impuretés qui contribuent à la formation de SPD (Carter et Joll, 2017). Par exemple, en présence de bromides dans le désinfectant, des THM bromés seront principalement formés (Florentin *et al.*, 2011). Par ailleurs, les SPD bromés auraient, selon certaines études, un potentiel toxique plus important que ceux chlorés (Carter et Joll, 2017). Dans une étude de (Daiber *et al.*, 2016), les piscines et les spas bromés avaient un potentiel mutagène plus élevé que ceux chlorés et ce, même si les SPD chlorés étaient présents en concentrations plus élevées dans les piscines (Daiber *et al.*, 2016). Le suivi des concentrations de désinfectant est également important. Par exemple, la formation de trichloramines est notamment dépendante du ratio matière organique – chlore (Florentin *et al.*, 2011).

Traitement secondaire

L'ajout d'un traitement secondaire, tel que l'ozone ou le rayonnement ultraviolet (UV), a un impact sur la formation de SPD (Carter et Joll, 2017). Les traitements aux UV, par exemple, ont un effet plutôt incertain sur les concentrations de SPD dans les piscines. Certains auteurs rapportent une augmentation des SPD alors que d'autres rapportent une diminution associée aux traitements UV. De plus, la durée du traitement semble avoir un impact sur cette relation (Carter et Joll, 2017). Les piscines traitées avec de l'ozone ont tendance à présenter de moins grandes concentrations de SPD tels que les THM et les AHA (Carter et Joll, 2017). Dans une étude de Daiber *et al.* (2016), les piscines traitées au chlore uniquement présentaient davantage de SPD et présentaient un potentiel mutagène plus élevé que les piscines traitées au chlore et à l'ozone. Le traitement de l'eau par ozonation peut toutefois conduire à la formation de sous-produits tels que des aldéhydes et des composés bromés (lorsque des ions bromures sont présents dans l'eau et introduits par des solutions d'hypochlorite de sodium) (ANSES, 2012). D'autres études devront être menées afin de vérifier ces effets dans des conditions réelles (Carter et Joll, 2017).

Type de bassin, gestion et opération

L'enceinte des bassins intérieurs permet de limiter l'entrée de certains précurseurs (p. ex. excréments d'animaux), mais empêche en contrepartie les SPD de s'échapper (Teo *et al.*, 2015). À l'extérieur, les SPD sont dispersés dans l'atmosphère et certains sont dégradés par les rayons UV (Carter et Joll, 2017). Comme mentionné précédemment, l'agitation de l'eau dans les spas est susceptible d'augmenter la volatilisation de certains SPD dans l'air tel que les THM (Carter et Joll, 2017). Les précurseurs présents dans les bassins intérieurs et extérieurs sont aussi susceptibles d'être différents. Par exemple, il est attendu que dans les piscines extérieures, davantage de crème solaire sera retrouvé en été (Teo *et al.*, 2015) ou encore davantage de matières organiques provenant des feuilles (OMS, 2006). Enfin, la gestion et l'opération de l'installation de piscine ou de spa peuvent aussi influencer les concentrations de SPD, par exemple le taux de renouvellement de l'eau, les procédures de désinfection et la ventilation (Teo *et al.*, 2015).

Références

- ANSES. (2012). *Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines - Partie 1 : piscines réglementées*. France, Paris : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra.pdf>
- ANSES. (2014). *Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines - Partie 2 : bains à remous*. France, Paris : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra-2.pdf>
- Carter, R. A. A., et Joll, C. A. (2017). Occurrence and formation of disinfection by-products in the swimming pool environment: A critical review. *Journal of environmental sciences (China)*, 58(100967627), 19-50.
- Daiber, E. J., DeMarini, D. M., Ravuri, S. A., Liberatore, H. K., Cuthbertson, A. A., Thompson-Klemish A., ... Richardson, S. D. (2016). Progressive Increase in Disinfection Byproducts and Mutagenicity from Source to Tap to Swimming Pool and Spa Water: Impact of Human Inputs. *Environmental Science and Technology*, 50(13), 6652-6662.
- Florentin, A., Hautemaniere, A. et Hartemann, P. (2011). Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools. *International journal of hygiene and environmental health*, 214(6), 461-9.
- Gérardin, F. (2016). Trichloramine : de l'émergence d'un risque aux solutions de prévention - Substances chimiques et agents biologiques. *Hygiène et sécurité du travail*, 245, 58-65.
- OMS. (2006). *Guidelines for safe recreational water environments - Volume 2 - Swimming pools and similar environments*. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la Santé. Repéré à http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43336/9241546808_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Teo, T. L. L., Coleman, H. M. et Khan, S. J. (2015). Chemical contaminants in swimming pools: Occurrence, implications and control. *Environment International*, 76, 16-31.

Annexe 7

**Risques à la santé associés aux principaux contaminants
susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives**

Tableau A1 Risques à la santé associés aux principaux contaminants microbiologiques dont l'origine est à prédominance fécale susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives

Agents	Risques à la santé associés
Virus	
Adénovirus	<p>Problèmes de santé associés. À l'exception de celles acquises en bas âge, la plupart des infections sont légères ou asymptomatiques (Barna et Kadar, 2012). Les infections à adénovirus se manifestent notamment par des problèmes respiratoires (qui s'accompagnent d'une pharyngite et de toux), des conjonctivites et des problèmes gastro-intestinaux (associés aux types 40 et 41) (ANSES, 2012; OMS, 2003; Santé Canada, 2012; Sinclair <i>et al.</i>, 2009). Bien que les types 3, 4 et 7 soient associés à des symptômes aux yeux et à la gorge, ils peuvent être excrétés dans les selles (OMS, 2006).</p> <p>Temps d'incubation et excrétion. Pour les types 40 et 41, il serait entre 3 et 10 jours (Afssa, 2007 cité dans [ANSES, 2012]). L'excrétion de virus dans les selles peut durer plusieurs semaines (ANSES, 2012).</p> <p>Facteurs aggravants. La gravité des symptômes dépend du type d'adénovirus (Percival <i>et al.</i>, 2004 dans [OMS, 2003; Santé Canada, 2012]) ainsi que de l'état de santé de la personne infectée (l'infection peut être plus grave chez les personnes immunodéprimées) (ANSES, 2012).</p>
Norovirus (autrefois appelé virus de Norwalk ou SRSV)	<p>Problèmes de santé associés. Ce virus est associé à des gastro-entérites (ANSES, 2012). Les symptômes d'infection sont des diarrhées, des vomissements, des céphalées et douleurs musculaires. Les symptômes sont généralement de courte durée et l'infection est très contagieuse (Sinclair <i>et al.</i>, 2009).</p> <p>Temps d'incubation. Il serait de 24 à 48 h (ANSES, 2012; Barna et Kadar, 2012; OMS, 2006).</p> <p>Facteurs aggravants. L'infection peut être plus grave chez les personnes vulnérables telles que les personnes âgées (Barna et Kadar, 2012; OMS, 2003; Santé Canada, 2012) et les jeunes enfants (Barna et Kadar, 2012).</p>
Entérovirus	<p>Problèmes de santé associés. Les entérovirus incluent les virus Coxsackie et les échovirus. Les symptômes peuvent inclure une gastro-entérite et une conjonctivite (Sinclair <i>et al.</i>, 2009). Bien que peu fréquents, les symptômes peuvent aussi être plus graves et inclure une méningite, une encéphalite ou une myocardite (ANSES, 2012; Santé Canada, 2012).</p> <p>Temps d'incubation et excrétion. Le virus est excrété longtemps dans les selles (4-6 semaines) (ANSES, 2012), et ce, même après la disparition des symptômes (Barna et Kadar, 2012). Le temps d'incubation serait de moins d'une semaine à 15 jours (ANSES, 2012).</p>
Rotavirus	<p>Problèmes de santé associés. L'infection à rotavirus est la principale cause de gastro-entérite chez les jeunes enfants. Elle peut être grave et conduire à une déshydratation et à une hospitalisation (ANSES, 2012). Chez l'adulte sain, l'infection est souvent asymptomatique (ANSES, 2012).</p> <p>Temps d'incubation. Il serait de 3 jours environ (Afssa, 2007 cité dans [ANSES, 2012]).</p> <p>Facteurs aggravants. Les personnes à risque de présenter des symptômes plus graves sont les jeunes enfants, les personnes immunodéprimées et les personnes âgées (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).</p>

Tableau A1 Risques à la santé associés aux principaux contaminants microbiologiques dont l'origine est à prédominance fécale susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives (suite)

Agents	Risques à la santé associés
Virus	
Virus de l'hépatite A	<p>Problèmes de santé associés. Lorsque contractées en bas âge (moins de 5 ans), la plupart des infections sont asymptomatiques alors que la plupart des adultes présentent des symptômes (ANSES, 2012). Ceux-ci incluent notamment des nausées, de la fièvre, des vomissements et une jaunisse (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).</p> <p>Temps d'incubation et excrétion. Le temps d'incubation est de 2 à 6 semaines (OMS, 2006; Sinclair <i>et al.</i>, 2009) et le virus est excrété avant l'apparition des symptômes (OMS, 2006).</p>
Bactéries	
<i>Campylobacter</i> spp.	<p>Problèmes de santé associés. Les symptômes associés incluent des diarrhées (sanglantes ou non) accompagnées de fièvre (Sanborn et Takaro, 2013; Santé Canada, 2012). Les complications sont rares (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).</p> <p>Temps d'incubation. Le temps d'incubation est généralement de 3 jours environ (Sanborn et Takaro, 2013).</p> <p>Facteurs aggravants. Les décès causés par cette bactérie sont rares. Toutefois, ils peuvent survenir chez les nourrissons, les personnes âgées et les personnes souffrant d'autres maladies (Pond, 2005 cité dans Santé Canada, 2012).</p>
<i>Escherichia coli</i> entérohémorragique	<p>Problèmes de santé associés. Les symptômes associés sont des diarrhées sanglantes (ANSES, 2012; Perkins et Trimmier, 2017; Santé Canada, 2012), accompagnées notamment de crampes et souvent en absence de fièvre (Santé Canada, 2012).</p> <p>Temps d'incubation. Le temps d'incubation est de 1 à 10 jours (Perkins et Trimmier, 2017).</p> <p>Facteurs aggravants. La manifestation peut être plus grave chez les jeunes enfants et les personnes âgées (ANSES, 2012), qui sont plus à risque de développer le SHU (Barna et Kadar, 2012; OMS, 2006). Le SHU surviendrait dans 2 à 8 % des cas (Barna et Kadar, 2012).</p>
<i>Salmonella</i> spp.	<p>Problèmes de santé associés. Les symptômes se manifestent notamment par des diarrhées légères ou graves, des nausées, des douleurs abdominales et de la fièvre (ANSES, 2012; Sanborn et Takaro, 2013). <i>S. typhi</i> et <i>S. paratyphi</i> sont d'une importance particulière, car ils peuvent causer des manifestations cliniques graves (fièvre entérique) (Santé Canada, 2012).</p> <p>Temps d'incubation. Le temps d'incubation se situe habituellement entre 12 et 48 h (Percival <i>et al.</i>, 2004 cité dans Santé Canada, 2012).</p> <p>Facteurs aggravants. La gravité des symptômes dépend du sérotype, de la dose ingérée et de la sensibilité de l'hôte (chez les personnes immunodéprimées, les jeunes enfants et les personnes âgées, l'infection peut être plus grave) (ANSES, 2012).</p>

Tableau A1 Risques à la santé associés aux principaux contaminants microbiologiques dont l'origine est à prédominance fécale susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives (suite)

Agents	Risques à la santé associés
Bactéries	
<i>Shigella</i> spp.	<p>Problèmes de santé associés. Les symptômes peuvent être légers (inconfort abdominal) ou plus sévères et causer une dysenterie (Barna et Kadar, 2012). La dysenterie bacillaire ou shigellose se manifeste par des diarrhées avec du sang et du mucus (Santé Canada, 2012). En Amérique du Nord, la plupart des cas sont bénins et les complications sont rares (Santé Canada, 2012).</p> <p>Temps d'incubation. Le temps d'incubation est généralement de 1 à 3 jours (Santé Canada, 2012).</p> <p>Facteurs aggravants. L'importance des symptômes dépend de l'espèce ou de la souche (ANSES, 2012; Santé Canada, 2012). En effet, certaines peuvent produire une entérotoxine similaire à celle produite par certaines souches de <i>E. coli</i> (Barna et Kadar, 2012). Les enfants et les personnes âgées sont plus à risque (Sanborn et Takaro, 2013).</p>
Protozoaires	
<i>Cryptosporidium</i> spp.	<p>Problèmes de santé associés. L'infection se manifeste par des symptômes gastro-intestinaux qui persistent d'une semaine à un mois (ANSES, 2012), tels que des diarrhées, des crampes abdominales, des vomissements et de la fièvre (OMS, 2006; Ryan <i>et al.</i>, 2017) ainsi qu'une perte de poids, de la déshydratation et des nausées (Ryan <i>et al.</i>, 2017).</p> <p>Temps d'incubation et excrétion. Le temps d'incubation est habituellement de 5 à 7 jours (Sanborn et Takaro, 2013), mais peut aussi être d'environ 4 à 11 jours (ANSES, 2012). Chez l'humain, l'excrétion dans les matières fécales dure généralement une à deux semaines après l'infection (ANSES, 2012) et peut perdurer même lorsqu'il n'y a plus de symptôme (Chalmers, 2012).</p> <p>Facteurs aggravants. L'évolution de la maladie peut devenir grave chez les individus immunodéprimés (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Les enfants sont aussi un groupe à risque; l'incidence des cas de cryptosporidiose serait plus élevée chez les enfants de deux à quatre ans dans les pays industrialisés (Chalmers, 2012).</p>
<i>Giardia</i> spp.	<p>Problèmes de santé associés. L'infection est souvent asymptomatique (ANSES, 2012). Les symptômes associés incluent notamment des diarrhées, des crampes abdominales, une perte d'appétit, des selles odorantes, de la fatigue et des vomissements (ANSES, 2012), de même que des nausées et des diarrhées aqueuses (Santé Canada, 2012).</p> <p>Temps d'incubation et excrétion. Le temps d'incubation est entre 5 et 12 jours (ANSES, 2012). L'émission dans les matières fécales peut perdurer six mois à de faibles concentrations (ANSES, 2012).</p> <p>Facteurs aggravants. L'infection est plus sévère chez les enfants (ANSES, 2012).</p>

SHU : Syndrome hémolytique et urémique.

Tableau A2 Risques à la santé associés aux principaux contaminants microbiologiques dont l'origine est à prédominance non fécale susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives

Agents	Risques à la santé associés
Bactéries	
<i>Aeromonas</i> spp.	<p>Problèmes de santé associés. Le principal risque est l'infection d'une plaie ouverte (ANSES, 2012; OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Cette bactérie a aussi été associée à des symptômes gastro-intestinaux (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Des cas de pneumonie suivant l'aspiration d'eau contaminée ont aussi été décrits comme étant liés aux eaux récréatives (OMS, 2003).</p> <p>Facteurs aggravants. Certaines souches peuvent causer des symptômes plus graves tels que des crampes abdominales intenses, des selles sanglantes et de la fièvre (Santé Canada, 2012)</p>
<i>Legionella</i> spp.	<p>Problèmes de santé associés. Cette bactérie est responsable de problèmes respiratoires pouvant prendre deux formes : la fièvre de Pontiac (syndrome pseudo-grippal bénin), et la maladie du légionnaire (affection pulmonaire plus grave) (ANSES, 2014). En plus des problèmes respiratoires, la maladie du légionnaire inclut des symptômes tels que de la fatigue, de la fièvre et des douleurs musculaires (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).</p> <p>Temps d'incubation. Il est généralement de 1 à 2 jours pour la fièvre de Pontiac et de 2 à 10 jours pour la maladie du légionnaire (OMS, 2007).</p> <p>Facteurs aggravants. Les personnes vulnérables sont notamment les personnes âgées, les personnes avec des problèmes de santé respiratoire, les fumeurs et les grands buveurs d'alcool (OMS, 2006; Santé Canada, 2012) ainsi que les personnes diabétiques. Le risque d'infection à <i>Legionella</i> spp. dépend également de la souche et des caractéristiques d'exposition telles que la concentration de bactéries (ANSES, 2012, 2014).</p>
<i>Leptospira</i> spp.	<p>Problèmes de santé associés. <i>Leptospira interrogans</i> peut causer une leptospirose chez l'humain. Les symptômes associés sont de type grippal (fièvre, frissons, céphalées, douleurs musculaires) (OMS, 2003, 2006). L'infection peut aussi se compliquer par le syndrome de Weil, qui se caractérise notamment par une insuffisance rénale et hépatique (OMS, 2003, 2006; Perkins et Trimmier, 2017), en particulier lors d'une infection par le sérovar <i>L. icterohaemorrhagiae</i>, qui proviendrait des rats (Barna et Kadar, 2012). La maladie, qui est transmise par contact avec des plaies ou les muqueuses, est fort possiblement sous-diagnostiquée en raison de sa ressemblance avec d'autres problèmes de santé (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).</p> <p>Temps d'incubation. Il serait de deux jours à quatre semaines (Perkins et Trimmier, 2017).</p> <p>Facteurs aggravants. La sévérité des symptômes dépend du sérovar et de l'état de santé de la personne atteinte (OMS, 2003).</p>
Mycobactéries non tuberculeuses	<p>Problèmes de santé associés. Ces bactéries sont responsables de symptômes respiratoires (p. ex. pneumopathies d'hypersensibilité) et cutanés (par l'intermédiaire d'une plaie) (ANSES, 2012, 2014; Santé Canada, 2012). L'espèce <i>M. marinum</i> cause le « granulome des piscines » constitué de lésions le plus souvent situées aux coudes et aux genoux (ANSES, 2012; OMS, 2006).</p> <p>Facteurs aggravants. Les personnes immunodéprimées sont plus à risque (OMS, 2003; Santé Canada, 2012), les symptômes respiratoires se manifestant davantage chez ce groupe de personnes (ANSES, 2012).</p>

Tableau A2 Risques à la santé associés aux principaux contaminants microbiologiques dont l'origine est à prédominance non fécale susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives (suite)

Agents	Risques à la santé associés
Bactéries	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<p>Problèmes de santé associés. L'infection peut toucher la peau, les yeux et les oreilles (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Des infections de plaies par <i>P. aeruginosa</i> ont aussi été liées aux spas (OMS, 2006). Dans les bains à remous, les problèmes de santé les plus fréquemment associés à <i>P. aeruginosa</i> sont les folliculites (ANSES, 2014; Brousseau <i>et al.</i>, 2009; OMS, 2006), qui sont plus importantes aux endroits recouverts par le maillot de bain (Perkins et Trimmier, 2017). Dans les piscines, <i>P. aeruginosa</i> est surtout lié à des otites externes (OMS, 2006). Par ailleurs, 70 % des otites externes et 50 % des kératites (surtout chez les porteurs de lentilles) seraient liées à <i>P. aeruginosa</i>, et l'immersion de la tête serait particulièrement un facteur de risque (ANSES, 2014).</p> <p>Temps d'incubation. Il serait de 18 à 24 h (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). La folliculite apparaîtrait plutôt après 48 h (ANSES, 2014; Perkins et Trimmier, 2017).</p> <p>Facteurs aggravants. Les symptômes peuvent être plus graves chez les personnes immunodéprimées ou dont la santé est fragile (ANSES, 2014).</p>
<i>Staphylococcus aureus</i>	<p>Problèmes de santé associés. Sa présence dans l'eau pourrait notamment conduire à des infections de la peau, de plaies et des conjonctivites (Barna et Kadar, 2012).</p> <p>Temps d'incubation. Il serait jusqu'à 48 h (OMS, 2006).</p>

Tableau A3 Risques à la santé associés aux principales cyanotoxines susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives

Types de cyanotoxine	Risques à la santé associés
Anatoxines (neurotoxine)	Les symptômes se caractérisent par des crampes, des diarrhées, des vomissements et une mort rapide (OMS, 2003).
Cylindrospermopsines	Les symptômes incluent une insuffisance hépatique et rénale (NHMRC, 2008; OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Ils peuvent apparaître plusieurs jours après l'exposition et il peut alors être difficile de faire le lien avec les eaux récréatives (OMS, 2003; Santé Canada, 2012).
Dermatotoxines et autres toxines irritantes	Les symptômes se présentent sous forme de brûlures et de démangeaisons, quelques minutes à quelques heures après la baignade (OMS, 2003), suivi de dermatites (OMS, 2003; Santé Canada, 2012). Les toxines aplysiatoxines et lyngbyatoxines plus particulièrement peuvent engendrer des dermatites graves. Les LPS contenus dans la membrane cellulaire des cyanobactéries pourraient aussi causer des effets irritants (Belleville <i>et al.</i> , 2010; Santé Canada, 2012) ainsi que des symptômes gastro-intestinaux (Belleville <i>et al.</i> , 2010). Le risque associé aux LPS est toutefois considéré comme étant mineur (NHMRC, 2008).

Tableau A3 Risques à la santé associés aux principales cyanotoxines susceptibles de se retrouver dans les eaux récréatives (suite)

Types de cyanotoxine	Risques à la santé associés
Microcystines (hépatoxine)	Les symptômes rapportés sont notamment des céphalées, des nausées, des vomissements, des diarrhées, des douleurs abdominales et musculaires, de la fièvre, des éruptions cutanées ainsi que des irritations des oreilles et des yeux (Chorus et Bartman, 1999 dans Santé Canada, 2012). Les microcystines ont été classées comme cancérigènes possibles par le CIRC (Groupe 2B) (CIRC, 2010)
Nodularines (hépatoxine)	Leur toxicité est similaire aux microcystines (Afssa et Afsset, 2006; Santé Canada, 2012).
Saxitoxines (neurotoxine)	Les symptômes comprennent une paralysie musculaire pouvant s'avérer mortelle par insuffisance respiratoire (Santé Canada, 2012).

CIRC : Centre international de Recherche sur le Cancer.

LPS : lipopolysaccharides.

Références

- Afssa et Afsset. (2006). *Rapport sur l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autre activité récréative*. France, Paris : Agence française de sécurité sanitaire des aliments et Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX-Ra-Cyanobacteries.pdf>
- ANSES. (2012). *Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines - Partie 1 : piscines réglementées*. Paris, France : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra.pdf>
- ANSES. (2014). *Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines - Partie 2 : bains à remous*. Paris, France : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Repéré à <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2007sa0409Ra-2.pdf>
- Barna, Z. et Kadar, M. (2012). The risk of contracting infectious diseases in public swimming pools. A review. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 48(4), 374-86.
- Belleville, D., Dubé, K., Phaneuf, D., Gauvin, D., Gervais, M.-C., Brisson, G., Lévesque, B. et Chevalier, P. (2010). *Mémoire déposé à la Commission des transports et de l'environnement concernant les effets potentiels sur la santé liés à la présence des algues bleu-vert (cyanobactéries)*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/en/node/3130>
- Brousseau, N., Lévesque, B., Guillemet, T., Gauvin, D., Giroux, J.-P., Cantin, P., Gingras, S., Laverdière, D. (2009). *Étude de la contamination microbiologique de spas publics au Québec*. Institut national de santé publique du Québec. Repéré à https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/960_ContaminationMicroSpasQc.pdf
- Chalmers, R. M. (2012). Waterborne outbreaks of cryptosporidiosis. *Annali dell'Istituto superiore di sanita*, 48(4), 429-46.

- CIRC. (2010). *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans - Volume 94 - Ingested nitrate and nitrite, and cyanobacterial peptide toxins*. Lyon, France : Centre international de recherche sur le cancer. Repéré à <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol94/mono94.pdf>
- NHMRC. (2008). *Guidelines for Managing Risks in Recreational Water*. Australie: National Health and Medical Research Council. Repéré à <https://www.nhmrc.gov.au/files/nhmrc/publications/attachments/eh38.pdf>
- OMS. (2003). *Guidelines for safe recreational water environments - Volume 1 - Coastal and fresh waters*. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la Santé. Repéré à <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42591/9241545801.pdf;jsessionid=BDBFBB57A0C8DAB254EAEEE2908F1ADF?sequence=1>
- OMS. (2006). *Guidelines for safe recreational water environments - Volume 2 - Swimming pools and similar environments*. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la Santé. Repéré à http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43336/9241546808_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- OMS. (2007). *Legionella and the prevention of legionellosis*. Genève, Suisse : Organisation mondiale de la Santé. Repéré à http://www.who.int/water_sanitation_health/emerging/legionella.pdf
- Perkins, A., et Trimmier, M. (2017). Recreational Waterborne Illnesses: Recognition, Treatment, and Prevention. *American Family Physician*, 95(9), 554-560.
- Ryan, U., Lawler, S. et Reid, S. (2017). Limiting swimming pool outbreaks of cryptosporidiosis - the roles of regulations, staff, patrons and research. *Journal of water and health*, 15(1), 1-16.
- Sanborn, M., et Takaro, T. (2013). Recreational water-related illness: office management and prevention. *Canadian family physician Medecin de famille canadien*, 59(5), 491-5.
- Santé Canada. (2012). *Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada - 3^e édition*. Ottawa, Ontario : Gouvernement du Canada. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/publications/vie-saine/recommandations-sujet-qualite-eaux-utilisees-fins-recreatives-canada-troisieme-edition.html>
- Sinclair, R. G., Jones, E. L. et Gerba, C. P. (2009). Viruses in recreational water-borne disease outbreaks: a review. *Journal of Applied Microbiology*, 107(6), 1769-1780.

www.inspq.qc.ca