



Bains flottants : Considérations pour la santé publique environnementale

Angela Eykelbosh^a et Shelley Beaudet^b

Messages clés

- La flottaison est une activité de méditation lors de laquelle les usagers flottent dans une solution de sel d'Epsom très dense, dans un environnement sombre et silencieux.
- Les bains flottants ne sont pas comme les piscines et autres sources d'eau utilisées à des fins récréatives; c'est pourquoi des questions ont été soulevées quant à la nécessité et à l'efficacité de diverses méthodes de désinfection.
- Malgré un manque de données probantes directes, les épreuves et études de terrain sur l'élimination des pathogènes dans l'eau utilisée à des fins récréatives semblent appeler à la vigilance en ce qui concerne l'utilisation du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) et des rayons ultraviolets (UV) comme méthode de désinfection.
- Les bains flottants ne semblent pas comporter de risque en soi, mais il faudra effectuer d'autres études dans des conditions normales d'exploitation et dans les pires conditions possibles afin de déterminer les pratiques exemplaires.

Informations générales

L'utilisation de bains flottants, ou « flottaison », est une technique de détente et de méditation popularisée dans les années 1970 par le neuroscientifique John C. Lilly. La pratique consiste à flotter dans un bassin chaud et peu profond rempli d'une solution saturée en sulfate de magnésium (MgSO₄, aussi appelé sel d'Epsom) assez dense pour soutenir le corps (flottabilité extrême). Méthode bien à part, la flottaison est inspirée d'expériences antérieures sur la privation sensorielle, portant notamment sur l'immersion du corps entier¹. Les bains flottants modernes, qu'on appelle parfois bains de flottaison, caissons d'isolation sensorielle ou traitement par stimulation environnementale réduite (REST), sont souvent commercialisés dans le domaine de la médecine sportive et dans l'industrie de la santé et du bien-être non conventionnels. La flottaison connaît actuellement un regain de popularité; on compte au moins 220 bains flottants dans 88 centres du monde, la plupart en Amérique du Nord².

Bien que la flottaison ait pour but d'améliorer la santé physique et mentale, des professionnels de la santé publique s'interrogent sur les risques que pourrait poser une mauvaise exploitation des bains flottants. Le coût de remplacement du sel étant élevé, la solution des bains n'est généralement changée que quelques fois par année, et les méthodes de désinfection varient. Au contraire des piscines et des spas, dont la réglementation et la gestion sont établies depuis longtemps, les bains flottants ne sont actuellement pas régis dans la plupart des administrations, et il existe peu de lignes directrices quant à leur gestion. Le présent document vise donc à faire l'examen de la littérature universitaire et de la littérature grise portant sur les risques potentiels pour la santé publique liés aux bains flottants (voir la stratégie de recherche détaillée à l'annexe A). Les lignes directrices et les règlements existants sur les bains flottants sont également examinés dans le document d'accompagnement, intitulé *Bains flottants : Examen des*

^aSpécialiste en application des connaissances scientifiques et en santé environnementale (Ph. D.), Centre de collaboration nationale en santé environnementale (Vancouver, C.-B.). Pour obtenir d'autres documents, écrire à l'adresse Angela.Eykelbosh@bccdc.ca.

^bPrincipale agente de santé environnementale (BSc, CPHI(C)), Vancouver Coastal Health (Vancouver, C.-B.).

*lignes directrices et des considérations actuelles pour les inspecteurs en santé publique*³.

Conception et utilisation standards des bains flottants

L'un des facteurs qui compliquent l'inspection des bains flottants est la grande diversité de modèles et de systèmes. La croissance rapide du marché devrait d'ailleurs entraîner d'autres changements technologiques. Les modèles individuels comprennent les caissons ou bains complètement fermés (image 1), les cuves complètement fermées dans laquelle l'utilisateur peut se tenir debout et les bassins peu profonds dans une salle normale. Les modèles pour deux personnes, quant à eux, comprennent les cuves complètement fermées dans lesquelles les utilisateurs peuvent se tenir debout et les bassins peu profonds dans une salle normale. Les appareils peuvent être préfabriqués ou assemblés à partir de pièces de série. À l'heure actuelle, un seul appareil de flottaison commercial a été soumis à NSF International et a obtenu son approbation⁴. Par ailleurs, les appareils sont soit raccordés directement à la plomberie, soit remplis et vidés manuellement. Dans la plupart des systèmes commerciaux, la solution est filtrée au moyen de filtres à cartouches jetables ou réutilisables, ou encore de filtres en tissu en forme de sac avec une capacité de filtration de 1 à 10 micromètres^{5,6}.



Image 1. Un bain ou caisson complètement fermé, dans lequel l'utilisateur ne peut se tenir debout. Il s'agit du modèle le plus courant dans les installations de flottaison. Image provenant du site de Wikimedia Commons⁷.

La solution des bains flottants est maintenue à une température de 34 à 35 °C, à une profondeur de 7 à

12 po et à une densité relative de 1,2 à 1,3 g/cm³. Pour les raisons mentionnées plus haut, la solution de sulfate de magnésium est remplacée aux 3 à 12 mois, selon l'utilisation qui en est faite. Pour limiter l'exposition des clients aux sons, à la lumière et aux vibrations, le système de filtration et de circulation est généralement éteint lorsque la machine est utilisée. En revanche, des sons précis, comme des battements binauraux ou des chants de baleine, ainsi que certaines fréquences lumineuses, comme le bleu, sont parfois utilisés pour favoriser la méditation. Lorsque l'appareil n'est pas utilisé, le système de filtration et de circulation peut fonctionner en continu pour limiter la propagation de microbes ou la formation de biofilms et augmenter les chances de contacts avec les rayons UV⁶.

Bains flottants et risques pour la santé

De par leur nature et le profil typique des personnes qui les utilisent, les bains flottants pourraient poser moins de risques de maladies transmissibles que les piscines et les spas. En effet, en raison du taux élevé de salinité de la solution et de son goût amer, les clients évitent l'ingestion ou le contact avec les yeux. De plus, il y a peu de chance que l'eau entre dans les oreilles, car la plupart des installations fournissent des bouchons, quoique certains clients préfèrent ne pas en porter. On conseille généralement aux clients qui ont de petites coupures de les protéger avec une couche de gelée de pétrole pour éviter toute sensation de brûlure, et ceux qui ont des plaies ouvertes n'ont pas tendance à utiliser l'appareil. Par ailleurs, la clientèle est généralement adulte; on observe donc moins de problèmes d'hygiène et de salubrité que dans d'autres types d'installations récréatives fréquentées par des enfants qui maîtrisent parfois mal leurs fonctions biologiques (selles, miction). Il est toutefois à noter que les installations de flottaison canadiennes n'interdisent pas toutes les enfants (certaines tentent même de les attirer). Qui plus est, le nombre de clients qui fréquentent un bain flottant est faible (de 8 à 12 personnes par jour) et constant (de 1 à 2 personnes à la fois), ce qui évite aux exploitants d'avoir à adapter les taux de désinfectant en fonction des changements dans l'usage. Les clients flottent généralement nus dans l'appareil, mais il n'existe aucune donnée faisant état de l'influence du port de maillot de bain sur la quantité de bactéries ou sur l'incidence des infections urinaires. On recommande ou on demande aux clients de prendre une douche avant d'utiliser le bain afin de limiter les pathogènes et les contaminants organiques qui contribuent à la formation de sous-produit de désinfection (SPD) et réduisent

l'efficacité du processus de traitement. Les utilisateurs prennent aussi une douche après leur séance, ce qui aide probablement à réduire le risque d'infection.

Bref, ces facteurs diminuent le risque de transmission de maladies par l'ingestion ou le contact avec les yeux comparativement aux autres sources d'eau utilisée à des fins récréatives. Cela dit, les utilisateurs de bains flottants demeurent potentiellement vulnérables aux infections cutanées, génito-urinaires et de l'oreille externe. L'inhalation pourrait être une autre voie de transmission dans les modèles qui agitent vigoureusement l'eau entre chaque client. On ne sait cependant pas assurément si cette pratique entraîne la formation de bioaérosols lorsqu'il y a des pathogènes dans l'eau. Enfin, les caractéristiques hydrodynamiques d'un bain flottant, surtout pour ce qui est de l'immobilité de la solution et du client, pourraient avoir une incidence positive ou négative sur la capacité des pathogènes à toucher la peau, à y adhérer et à s'y proliférer⁸. Ainsi, malgré des circonstances atténuantes, un certain nombre de questions reste en suspens quant au risque de transmission de maladies entre les clients des installations de flottaison.

Pathogènes dans les bains flottants à salinité élevée

Dans leur marketing Web, certaines installations de flottaison affirment que la concentration élevée de sulfate de magnésium agit comme désinfectant naturel et crée un environnement hostile, voire non vivable pour les pathogènes. Or, cette affirmation exagère la capacité de la solution de sulfate de magnésium à contrôler les pathogènes, comme l'indiquent les données probantes liées directement et indirectement aux bains flottants.

Les études en laboratoire et sur le terrain ont montré que les organismes pathogènes peuvent survivre (mais pas se propager) dans la solution des bains flottants pour des périodes courtes ou moyennes. Aux fins du présent document, l'accent a été mis sur la survie des pathogènes pendant une période de 30 minutes (lorsque les données le permettaient), ce qui correspond en gros au délai entre chaque client. Aux États-Unis, NSF International a mené deux épreuves sur la durée de vie des pathogènes dans l'eau des bains flottants. Dans la première, on a inoculé un échantillon ponctuel d'un bain flottant en usage de cinq microorganismes pathogènes témoins (*Pseudomonas aeruginosa*, le coliphage MS2, *Enterococcus faecium*, *Aspergillus niger* et *Candida albicans*), puis on l'a incubé (sans le remuer). Après une heure, on constatait une légère réduction logarithmique

de 0,61 du *P. aeruginosa*, mais peu ou pas de changement dans les taux des autres microorganismes⁹.

Dans la deuxième épreuve, on a inoculé une solution de sulfate de magnésium préparée en laboratoire des microorganismes *P. aeruginosa* et *E. faecium*, puis on l'a incubée et remuée pour simuler le cycle de circulation dans un bain flottant. Encore une fois, le plus sensible des organismes était *P. aeruginosa*, avec une réduction logarithmique de 2 en une heure. Pour sa part, *E. faecium* a affiché une réduction de 0,01 seulement¹⁰. Dans les deux épreuves, la réduction était plus grande à long terme. Après 24 heures, on a noté une réduction logarithmique de plus de 5 pour *P. aeruginosa* dans l'échantillon remué, et de 2,6 dans l'échantillon non remué. Aucun changement n'a cependant été observé pour les microorganismes les plus résistants^{9,10}. Par ailleurs, la solution de bain flottant (sel seulement) était beaucoup moins efficace à éliminer ou à réduire les microbes que la même solution à laquelle on avait ajouté 1 ppm de brome. L'analyse a été effectuée avec un mélange de microbes pathogènes et non pathogènes prélevés directement de la peau humaine (staphylocoques, *Micrococcus* spp., diphthéroïdes totaux, *Bacillus* spp., *Moraxella osloensis*, *Rhodotorula rubra* et *Penicillium* spp.)¹¹.

Ces épreuves démontrent que la solution à salinité élevée des bains flottants prévient la croissance exponentielle des pathogènes, certes, mais qu'elle n'est pas suffisante pour entraîner une réduction logarithmique de 3^c dans un intervalle constant entre deux clients. Ceux qui veulent en savoir plus à ce sujet peuvent consulter le résumé de preuves pertinentes publié récemment par Santé publique Ontario qui examine d'autres études sur le risque microbien et la survie des agents pathogènes connus chez l'humain dans les bains flottants¹².

Sur le terrain, les inspecteurs de Santé publique Ontario ont détecté dans un bain flottant en usage la présence de *P. aeruginosa* (> 100 UFC/100 ml) ainsi que de staphylocoques présumés, contamination qu'ils attribuent à une désinfection inadéquate par ozone (O₃) et peroxyde d'hydrogène (H₂O₂)¹³. En Australie, une étude de 17 bains flottants dans neuf installations a également mis en lumière des problèmes liés à *P. aeruginosa*, aux staphylocoques présumés et à des taux élevés d'organismes hétérotrophes attribuables à une désinfection insuffisante⁵. Ces rapports, s'ils ne

^cLa norme d'efficacité en matière de désinfection pour l'eau utilisée à des fins récréatives est une réduction logarithmique de 3, soit une réduction de 99,9 % du nombre de pathogènes viables durant le traitement.

proviennent pas d'articles évalués par des pairs, soulignent la découverte de microbes dans des solutions à salinité élevée d'installations gérées de façon sous-optimale. La durée de vie de ces organismes dans les solutions et leur dynamique de population sont inconnues.

La présence de pathogènes dans des bains flottants mal gérés et la capacité de ces pathogènes à survivre à court terme soulignent la nécessité d'établir des pratiques efficaces de gestion, notamment en ce qui a trait aux recommandations fournies aux clients, au nettoyage général et à la désinfection. Les auteures de la présente étude n'ont trouvé aucun cas prouvé d'éclosion ou de maladie liées aux bains flottants. Il se pourrait toutefois que des maladies soient survenues sans être détectées ou signalées. On s'intéresse particulièrement à *P. aeruginosa*, vu sa préférence pour les milieux aquatiques chauds et son lien bien établi avec des problèmes comme la folliculite et les otites externes¹⁴. Cela dit, *P. aeruginosa* est l'un des organismes les plus sensibles parmi ceux analysés jusqu'ici. D'autres études devront être menées pour mieux comprendre les risques liés aux pathogènes qui se sont avérés plus résistants dans les solutions de bains flottants (champignons, levures et virus). On pourrait également se pencher sur les pathogènes qui existent dans l'eau utilisée à des fins récréatives^{15, 16, 17}, surtout ceux qui infectent la peau (p. ex., *Mycobacterium marinum*) et ceux qui sont adaptés aux milieux salins (p. ex., *Vibrio* spp. et *Staphylococcus aureus*)¹⁸.

Méthodes de désinfection pour les bains flottants

Il existe très peu de données probantes sur l'efficacité de la désinfection des bains flottants. Étant donné le manque de preuves directes (c.-à-d. d'études menées sur les bains flottants), on a comparé les pratiques de désinfection les plus courantes pour ces dispositifs à celles de la littérature sur l'eau utilisée à d'autres fins (p. ex., récréatives). Les pratiques les plus communes pour les bains flottants sont les suivantes : 1) agent halogéné (chlore ou brome), généralement avec rayons UV et/ou ozone; 2) ozone avec rayons UV ou peroxyde d'hydrogène; et 3) peroxyde d'hydrogène avec rayons UV. Malgré le manque de données portant directement sur les bains flottants, les avantages ou les inconvénients potentiels de ces stratégies pour les bains flottants sont examinés.

Certaines administrations exigent l'utilisation d'un **désinfectant halogéné** dans les bains flottants, et dans

de nombreuses installations, cet agent est combiné aux rayons UV et/ou à l'ozone. Comme pour le traitement de l'eau potable, l'utilisation d'une approche à barrières multiples réduit la probabilité d'une désinfection non efficace. Par exemple, pour les systèmes de flottaison désinfectés au moyen d'un agent halogéné et de rayons UV, l'utilisation d'un désinfectant résiduel pourrait aider à maîtriser les microbes libres et associés à des biofilms dans le bain et le système de circulation ou de filtration, tandis que les rayons UV pourraient aider à éliminer les organismes résistants aux agents halogénés, comme ceux des genres *Cryptosporidium* et *Giardia*^{19, 20}. La combinaison du chlore et d'un procédé d'oxydation avancé, comme le traitement aux rayons UV ou à l'ozone, pourrait également aider à réduire les SPD liés aux halogènes^{21, 22, 23} – soit en les détruisant, soit en détruisant les contaminants organiques qui entraînent leur formation –, tout en diminuant (en théorie) la quantité d'agent halogéné requise^d. Cependant, l'efficacité et la fiabilité des procédés d'oxydation avancés font actuellement l'objet de recherches, et il n'existe encore aucune donnée probante sur l'application de cette combinaison de méthodes aux bains flottants.

Dans l'une des rares études menées sur les bains flottants, les chercheurs ont examiné l'incidence de la composition de la solution (sulfate de magnésium à 48 % M/V avec ou sans 1 ppm de brome) sur la survie de la flore microbienne de la peau humaine¹¹. Ils ont conclu que la baignade dans une solution contenant 1 ppm de brome n'avait aucune incidence sur l'échantillon de microbiotes prélevé de l'aisselle, de la cheville ou de l'avant-bras. Cependant, lorsque la même flore microbienne était mise en suspension, la solution de bain flottant contenant 1 ppm de brome était aussi efficace que l'eau pure contenant 1 ppm de brome pour tuer immédiatement les organismes isolés, sauf les endospores du genre *Bacillus*, qui sont hyperrésistantes, et une espèce de *Penicillium*. En revanche, la solution de bain flottant sans brome (sel seulement) a mis de 1 à 48 heures à tuer tous les organismes, sauf encore une fois les endospores de *Bacillus*, qui ont résisté au traitement. Ces données soulignent la vitesse relative à laquelle le brome élimine certaines espèces d'organismes comparativement à la solution saline et laissent supposer que même si le brome ne tue pas le microbiote sur la peau, il devrait éliminer la plupart des organismes qui se retrouvent dans la solution. En théorie, le brome devrait donc réduire le risque de transmission de maladies; il est toutefois à noter que l'étude représente l'utilisation en contexte normal et non le pire des scénarios liés aux

^dLes risques pour la santé liés aux SPD sont présentés à la section *Risques respiratoires*.

pathogènes (utilisateur malade ou incident fécal). L'inefficacité du brome à tuer le microbiote sur la peau a été attribuée à la microstructure de l'épiderme, qui, selon d'autres études sur l'infectiosité de *Pseudomonas*, protège bien les microbes, même lorsqu'on frotte la peau vigoureusement avec une serviette⁸.

Il existe également des bains flottants qui combinent **l'ozone aux rayons UV ou au peroxyde d'hydrogène**. Or, bien que l'ozone soit un puissant oxydant, il est également un irritant respiratoire. Lorsqu'il est utilisé dans les piscines publiques, l'eau est retirée, traitée, puis dégazée avant d'être remise dans la piscine, ce qui prévient ou limite l'exposition du public à cette substance. Étant donné que l'eau traitée doit être exempte, ou presque, d'ozone, elle est remise dans la piscine sans désinfectant; c'est pourquoi ce gaz n'est pas utilisé comme désinfectant principal²³. Au contraire, dans un bain flottant, l'eau ozonisée peut circuler dans la cuve vide lors du processus de filtration sans risque d'exposition humaine (à condition que la salle soit bien ventilée afin d'éliminer les irritants de l'air avant l'arrivée du client). Fait intéressant, la demi-vie de l'ozone dans une eau à 35 °C est d'environ huit minutes²⁴, ce qui est suffisamment long pour permettre au gaz de circuler dans le système et de le désinfecter en entier, mais assez court pour qu'il puisse se dissiper, moyennant un intervalle raisonnable entre les clients.

Il existe des données sur l'utilisation d'ozone dans les bains flottants. Actuellement, le seul dispositif accrédité par NSF utilise une combinaison d'ozone et de rayons UV, laquelle a entraîné une réduction logarithmique de plus de 5 d'*E. faecium* et de *P. aeruginosa* en 7,5 minutes lors de l'analyse initiale²⁵. De plus, la quantité d'ozone dans la solution n'a pas dépassé 0,01 ppm (maximum permis = 0,1 ppm) durant le cycle de filtration et de circulation²⁵. Après 3 000 heures d'utilisation, il fallait toutefois 20 minutes pour atteindre la réduction logarithmique minimale de 3, ce qui met en évidence l'importance de bien comprendre l'usure et l'entretien du système²⁶. Pour ce qui est du bain flottant problématique en Ontario dont il a été question plus haut¹³, l'introduction d'un processus de désinfection par ozone et peroxyde d'hydrogène suivant les recommandations du fabricant a réglé tous les problèmes bactériologiques, et des analyses de suivi ont indiqué que le bain reste sans problème plusieurs années plus tard²⁷. Il faudra recueillir d'autres données pour savoir si cette stratégie est efficace pour différents modèles de bains et divers pathogènes. Par exemple, si l'ozone (2,5 mg/l) et le peroxyde d'hydrogène (1,5 mg/l) ont entraîné une réduction logarithmique de 5 à 6 des virus témoins et de la bactérie *E. coli* après 10 minutes (et ce sont dissipés

rapidement de la solution), la combinaison s'est montrée bien moins efficace avec les spores *Bacillus subtilis* hyperrésistants (réduction de 1,4)²⁸.

Il y a dans l'industrie des bains flottants une forte tendance à privilégier l'utilisation du *peroxyde d'hydrogène, avec ou sans rayons UV*. Cette tendance semble liée à la qualité apparente de l'air (on souhaite éviter l'odeur de chlore) ainsi qu'à la vague de préoccupations récentes du public concernant les SPD liés aux halogènes²⁹, qui seront abordés plus en détail dans la section *Risques respiratoires*. La Float Tank Association, formée de membres de l'industrie américaine, a établi une norme qui recommande l'utilisation de 20 à 100 ppm (de 0,002 à 0,010 %) de peroxyde d'hydrogène (avec ou sans rayons UV)³⁰. Or, sans catalyseur pour stimuler la production de radicaux libres hydroxyles (HO*), le peroxyde d'hydrogène est, au mieux, un oxydant modéré de matières organiques avec une courte durée résiduelle. Il n'est d'ailleurs pas considéré comme un désinfectant acceptable pour l'eau utilisée à des fins récréatives selon le Model Aquatic Health Code (MAHC)²³. Au Canada, les appareils et les produits utilisés dans l'assainissement des piscines et des spas sont régis par la *Loi sur les produits antiparasitaires*, et doivent être évalués et enregistrés avant d'être vendus, distribués ou utilisés. À l'heure actuelle, le peroxyde d'hydrogène (avec ou sans rayons UV) n'est pas approuvé comme désinfectant. En raison de ce conflit apparent et du fait que, souvent, les données probantes détaillées derrière les recommandations ne peuvent figurer dans les documents d'orientation comme le MAHC, les inspecteurs de la santé publique pourraient trouver utile d'avoir accès aux principales données probantes fournies ci-après sur le peroxyde d'hydrogène avec ou sans rayons UV.

La littérature sur le peroxyde d'hydrogène et la désinfection de l'eau comprend des épreuves sur l'élimination des pathogènes ainsi que des études menées dans des piscines, des spas et des installations d'hydrothérapie. Les études en laboratoire comprenant des épreuves de suspension cellulaire ont démontré que les concentrations de peroxyde d'hydrogène semblables à celles utilisées dans les bains flottants (de 20 à 100 ppm, ou de 0,002 à 0,010 %) réduisent peu ou ne réduisent pas du tout la quantité de pathogènes viables pendant une période de temps correspondant à l'intervalle entre les clients d'un bain flottant (tableau 1). D'ailleurs, même à des concentrations bien plus élevée (jusqu'à 30 000 ppm), le peroxyde d'hydrogène n'a aucun effet sur les organismes comme *Cryptosporidium parvum* et *Enterococcus faecalis*. Dans une autre étude

menée sur l'eau d'une piscine contenant des matières organiques (0,3 ou 1,5 mg/l), l'hypochlorite de sodium (1 ppm de chlore libre) a entraîné une réduction logarithmique de 3 ou de 4 en 30 minutes pour tous les pathogènes à l'étude (*Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Legionella pneumophila* et *Candida albicans*). En revanche, dans

de l'eau contenant peu de matière organique (0,3 mg/l), le peroxyde d'hydrogène à 150 ppm avec ou sans ions d'argent a affiché une réduction logarithmique de 0 à 0,63 en 30 minutes. Voir le site des Centers for Disease Control and Prevention pour un tableau de comparaison de l'inactivation des bactéries en réponse au chlore³¹.

Tableau 1. Épreuves en laboratoire portant sur l'efficacité du peroxyde d'hydrogène contre des pathogènes courants dans l'eau utilisée à des fins récréatives. Les résultats présentés sont pour de courtes durées (de 10 à 30 minutes), qui reflètent le mieux l'intervalle entre les clients d'un bain flottant.

Organisme	Milieu	Concentration de H ₂ O ₂ (ppm)	Réduction logarithmique	Durée du test (minutes)
<i>Candida albicans</i>	Eau de piscine ³²	150	0	30
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Eau distillée ³³	30 000	2,0	20
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Eau distillée ³³	60 000	> 3	20
<i>Enterococcus faecium</i> *	Eau du robinet stérilisée ³⁴	30 000	0,9	10
<i>Enterococcus faecalis</i>	Eau peptonée ³⁵	150	0,11	10
<i>Escherichia coli</i>	Eau de piscine ³²	150	0,13	30
<i>Legionella pneumophila</i>	Eau de piscine ³²	150	0,41	30
<i>Legionella pneumophila</i>	Solution tampon ³⁶	1 000	< 3	30
<i>Coliphage MS2</i>	Eau peptonée ³⁵	150	0,06	10
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Eau de piscine ³²	150	0,16	30
<i>Staphylococcus aureus</i>	Eau de piscine ³²	150	0,33	30

*On a utilisé une souche d'*E. faecium* résistante à la vancomycine dans cette étude.

La combinaison du peroxyde d'hydrogène et des rayons UV est souvent considérée comme un moyen d'optimiser la désinfection, étant donné que la photolyse du peroxyde produit deux radicaux HO[•] très oxydants³⁷. En effet, le peroxyde d'hydrogène et les rayons UV sont bien plus efficaces ensemble que le peroxyde seul; cette combinaison peut entraîner une réduction logarithmique de 3 pour l'*E. coli*, même avec une faible concentration de peroxyde (< 20 ppm)^{38,39}. Il y a toutefois plusieurs problèmes à souligner. D'abord, dans les essais sur des échantillons, il fallait exposer le volume entier d'eau aux rayons UV pendant une période relativement longue^{38,39}, ce qui n'est pas possible dans un bain flottant muni d'un système de circulation. Ensuite, le peroxyde d'hydrogène avec rayons UV, même à une concentration élevée de peroxyde (150 ppm), demeure inefficace contre certains organismes, comme *E. faecalis* et le coliphage MS2³⁵. Enfin, et surtout, les puissants oxydants produits par ce système, soit les radicaux libres hydroxyles, sont extrêmement éphémères et existent dans la solution moins d'une microseconde⁴⁰. Ainsi, bien que l'eau dans la cellule UV où le radical est généré en continu

soit très bien désinfectée⁴⁰, la cuve et la plomberie ne sont pour leur part exposées qu'au peroxyde d'hydrogène.

L'absence d'oxydant efficace dans le système de flottaison a une incidence sur la qualité de l'eau, car une oxydation insuffisante risque d'entraîner à la longue l'accumulation d'urée ou d'autres matières organiques. Lors d'une expérience de simulation de baigneur, on a observé que la combinaison de peroxyde d'hydrogène et de rayons UV était efficace pour réduire les acides aminés (et dans une moins grande mesure, la créatinine), mais que l'urée montrait très peu de signes d'oxydation après 107 heures d'usage⁴⁰. Le peroxyde d'hydrogène est utilisé pour contrôler les biofilms dans certains systèmes d'eau, mais il n'est efficace qu'à une concentration de plus de 500 ppm^{41,42}. Finalement, sans désinfectant résiduel efficace, les utilisateurs peuvent être mal protégés contre les organismes plus résistants aux rayons UV, comme les virus⁴³. En Australie, sept membres d'un club de soccer junior ont contracté le virus de l'hépatite A (VHA) après s'être submergés et avoir aspiré et recraché de l'eau

dans un spa extérieur traité au peroxyde d'hydrogène avec rayons UV⁴⁴. Le contact oral était un facteur déterminant dans ce cas, et le nombre de baigneurs était très différent de celui d'un bain flottant. Cet exemple illustre la vulnérabilité des systèmes désinfectés par peroxyde d'hydrogène et rayons UV, mais ne doit pas être interprété comme une preuve que les bains flottants peuvent transmettre le VHA.

Par ailleurs, bien que les rayons UV soient une technologie établie et éprouvée pour le traitement de l'eau potable et de l'eau utilisée à des fins récréatives, cette méthode présente d'importantes limites. Son efficacité dépend de la capacité du système à distribuer une dose, ou fluence (mJ/cm^2), suffisante de rayons UV, laquelle est fonction de l'intensité de la lampe et à la durée d'exposition (par rapport au débit du flux) dans la cellule UV. La littérature à ce sujet indique que la fluence requise pour atteindre une réduction logarithmique de 3 varie largement selon les pathogènes et doit être supérieure à $20 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ pour la majorité des virus testés⁴³. L'efficacité de la désinfection est également influencée par les changements dans la qualité de l'eau qui nuisent à la capacité des rayons UV de pénétrer l'eau (réduction de la transmittance) ainsi que par l'usure de la lampe et l'encrassement du tube quartz. La salinité joue aussi un rôle dans l'efficacité du traitement. En effet, la durée de contact requise pour générer une réduction logarithmique de 3 pour *E. coli* dans un système de désinfection par peroxyde d'hydrogène et rayons UV est beaucoup plus grande dans l'eau de mer artificielle (environ 210 minutes) que dans l'eau pure (environ 120 minutes)³⁹. Si la lampe UV utilisée dans un bain flottant n'est pas assez puissante ou ne produit pas une fluence adéquate pour une raison quelconque, le système perd son désinfectant auxiliaire et pourrait avoir une capacité très limitée de désinfection entre les clients.

À titre d'exemple, prenons l'une des rares études menées sur les bains flottants. Utilisés seuls, les rayons UV, à une fluence de $20 \text{ mJ}/\text{cm}^2$, ont réduit de 88 % les bactéries coliformes inoculées dans un bain flottant en usage, ce qui ne correspond pas à la réduction logarithmique souhaitée de 3 (99,9 %)⁴⁵. Aucun virus témoin n'était compris dans cette étude. En revanche, dans des conditions normales d'utilisation (utilisation quotidienne à long terme par des personnes en santé), le traitement par rayons UV était aussi efficace que celui par rayons UV avec brome pour contrôler les coliformes totaux et fécaux. Cependant, vu le grand manque de détails sur la

méthodologie dans ce rapport, il est difficile d'évaluer la validité des résultats.

Des études sur le terrain aident également à déterminer l'efficacité des systèmes de désinfection par peroxyde d'hydrogène et rayons UV par rapport à d'autres méthodes. Dans leur étude, Glazer et coll.⁴⁶ ont prélevé des échantillons d'eau et d'air de 18 spas et piscines thérapeutiques à eau chaude traités par halogène, peroxyde d'hydrogène avec rayons UV ou ozone avec rayons UV. Les installations désinfectées par halogène ont affiché des données médianes considérablement moins élevées de mycobactéries non tuberculeuses dans l'eau et dans l'air que les installations désinfectées par d'autres moyens. Schafer et coll.⁴⁷, quant à eux, ont détecté des mycobactéries non tuberculeuses dans l'air, dans l'eau et dans les vestiaires associés à trois bains tourbillon traités par peroxyde d'hydrogène et rayons UV d'un grand centre aquatique aux États-Unis, tandis que les piscines chlorées du même centre (dont l'eau était plus froide) n'en contenaient pas. Ces résultats semblent indiquer que la désinfection par halogène offre une meilleure protection dans les piscines que les méthodes sans agent résiduel, quoiqu'on sache très bien que la désinfection des piscines par halogène n'est pas à l'abri des problèmes pouvant entraîner des éclosions. Ces études mettent aussi en lumière le rôle potentiel des bioaérosols comme voie de transmission. Aux États-Unis, une éclosion de pneumopathie d'hypersensibilité liée à *Mycobacterium avium* a été signalée chez des employés exposés à des aérosols dans une installation thérapeutique à eau chaude dotée d'un système de traitement de pointe par peroxyde d'hydrogène (100 ppm) et rayons UV⁴⁸.

Il est important de noter que l'efficacité du peroxyde d'hydrogène (avec ou sans UV) n'a pas été examinée dans les bains flottants; les données ci-dessus indiquent toutefois la nécessité de se pencher davantage sur le sujet. Selon ces données, un exploitant pourrait se trouver aux prises avec des problèmes liés à la protection des consommateurs s'il affirme utiliser du peroxyde d'hydrogène comme « désinfectant », ce terme pouvant raisonnablement laisser entendre au consommateur qu'il s'agit d'une méthode hautement efficace pour éliminer les pathogènes. Or, des études devront être menées sur les bains flottants dans des conditions normales d'utilisation et selon différentes méthodes de désinfection (salinité élevée, filtration, UV, ozone, etc.). Des suggestions d'études supplémentaires sont

présentées à la section *Lacunes dans les connaissances et conclusions*.

Risques de blessure ou de décès accidentel

Plusieurs dangers physiques doivent être considérés dans l'inspection des bains flottants. Le premier est le **risque de chutes** lié à la nature extrêmement glissante de la solution. Ce risque peut être prévenu par une conception appropriée et par des instructions sur la façon sécuritaire d'entrer dans le bain et d'en sortir. Il y a également un danger associé à **la succion ou au piégeage**, comme pour d'autres installations d'eau utilisée à des fins récréatives⁴⁹; ce risque est toutefois moins grand dans les bains flottants, car le système de circulation est éteint pendant l'utilisation. Il pourrait par ailleurs y avoir un **risque d'électrocution** si le bain flottant n'est pas bien mis à la terre. La United States Consumer Product Safety Commission a d'ailleurs rappelé une gamme de bains flottants en 2008 pour cette raison⁵⁰. En général, toute eau très saline qui vient en contact avec de l'équipement électrique pose un risque d'incendie, de par la nature conductive de la solution ainsi que sa capacité à endommager le matériel par infiltration et cristallisation⁵¹. L'équipement des bains flottants doit donc être gardé propre, et le câblage ou les composants électriques ne doivent jamais toucher à la solution saline.

Par ailleurs, l'utilisation de drogues a déjà entraîné des **décès accidentels** dans des bains flottants. John C. Lilly, qui a popularisé la flottaison dans les années 1980, combinait souvent l'activité à la consommation de drogues psychoactives afin d'explorer les états dissociatifs⁵². Cet intérêt pour l'utilisation de drogues pendant la flottaison est encore bien évident dans les forums en ligne et dans les écrits des amateurs réputés de bains flottants⁵³. Pour ces raisons, parmi d'autres, certains utilisateurs de bains flottants commerciaux consomment des substances afin de rehausser leur expérience de flottaison. Les auteurs du présent examen ont recensé deux décès accidentels liés aux bains flottants et à l'abus de substances. Dans le premier cas, un homme de 30 ans en santé a consommé de la kétamine avant sa séance dans une installation de flottaison commerciale et s'est noyé⁵⁴. Dans le deuxième, une femme de 50 ans en santé est morte à la suite d'une hypothermie environnementale compliquée par la consommation de drogues et d'alcool pendant l'utilisation d'un bain flottant privé⁵⁵.

Des décès et des blessures peuvent aussi survenir en cas de situation d'urgence, si les clients ne peuvent être alertés du danger. En Angleterre, une femme âgée n'a pas entendu le gérant crier l'ordre d'évacuer lorsque l'immeuble a pris feu et n'a donc pas essayé de sortir avant que la fumée n'infiltrât le bain flottant. Elle a été secourue et traitée pour inhalation de fumée; l'installation a fermé ses portes et le propriétaire a reçu une lourde amende⁵⁶. Selon l'enquête menée à la suite de cet incident, il semblerait qu'aucun autre mécanisme n'ait été en place pour alerter les clients en cas d'urgence. Ces cas, bien que très rares, sont des exemples de situations pouvant mener à une blessure ou à un décès accidentel dans une installation de flottaison.

Risques respiratoires

Plusieurs mises en garde ont été émises concernant la qualité de l'air dans les bains flottants fermés. On évoque entre autres comme possibilité la présence de moisissures ou d'autres bioaérosols, l'exposition à des résidus d'ozone et l'exposition à des sous-produits de désinfection (SPD) dans les appareils nettoyés à l'aide d'un agent halogéné. Or, une analyse documentaire n'a permis de recenser aucune donnée à ce sujet; les paragraphes qui suivent décrivent les risques principaux et proposent des solutions pour remédier, par la recherche, à ce manque d'information.

Pour commencer, les conditions très humides pourraient favoriser la croissance de *moisissure* sur les parois des bains flottants. L'intérieur du bain, au-dessus de la ligne de flottaison, peut être nettoyé régulièrement à la main, mais les désinfectants pour surfaces dures ne conviennent pas tous à cette tâche^e. Aucune information n'est disponible sur la croissance de biofilms ailleurs dans le bain. La présence de **bioaérosols** est aussi un facteur intéressant à considérer, puisque le haut taux de salinité, de chaleur et d'humidité ainsi que l'espace confiné du bain sont tous des facteurs qui influencent la formation de bioaérosols et la durée de l'exposition^{59, 60}. Cela dit, le degré d'agitation de l'eau au cours du cycle de filtration et de circulation diffère d'un bain à l'autre; on ignore si l'agitation d'un modèle quelconque suffit pour expulser les bioaérosols et, le cas échéant, combien de temps ceux-ci subsistent. Il sera nécessaire de prélever des échantillons d'air à l'étape de filtration et de circulation ainsi qu'à différents

^ePour en savoir plus sur les désinfectants pour surface dure et l'efficacité d'autres agents antimicrobiens, consulter la page Web du CCNSE^{57, 58}.

moments par la suite, pour déterminer l'effet de cette solution chaude et très saline sur la formation d'aérosols et la possibilité de transmission.

Quant à l'*ozone*, des préoccupations ont été soulevées concernant les effets respiratoires néfastes de l'évacuation incomplète des gaz et de leur accumulation dans les bains fermés. La dose minimale avec effet nocif observé d'une exposition à l'ozone à court terme (quatre heures) est de 0,120 ppm dans l'air; elle entraîne une diminution de la fonction pulmonaire⁶¹. Aux États-Unis, le seul appareil de flottaison actuellement accrédité par NSF a été soumis à des tests approfondis visant à détecter tout résidu d'ozone. La concentration maximale trouvée dans les échantillons d'eau était de 0,01 ppm²⁵. On peut s'attendre à ce que la concentration maximale dans l'air soit encore plus faible, en raison de la ventilation continue de la cuve pendant l'évacuation des gaz. Cependant, toute accumulation d'ozone dépendra d'un certain nombre de facteurs conceptuels, notamment le type d'ozoneur, le taux de circulation, les autres traitements et la ventilation du bain. C'est donc dire que tous les bains ne sont pas égaux.

Enfin, les réserves concernant les *SPD* découlent du risque d'accumulation de ces composés dans les bains fermés, qui pourrait être aggravé par le fait que l'utilisateur respire l'air le plus près de la surface de l'eau. À l'heure actuelle, il n'existe aucun document scientifique sur les bains flottants abordant la formation de SPD ou les risques qu'ils présentent pour la santé. D'autres ouvrages ont établi un lien ténu (mais non causal) entre les SPD dans l'eau potable chlorée et le cancer de la vessie⁶², de même qu'un lien entre les SPD dans l'eau de piscine chlorée et des problèmes respiratoires chez les travailleurs et les nageurs d'élite, qui y sont exposés à long terme^{63, 64}. La durée et l'intensité de l'exposition y sont pour beaucoup et dépendent de plusieurs facteurs : 1) le temps passé dans le bain; 2) le taux de ventilation; 3) la capacité de l'exploitant à maintenir un taux optimal d'halogène et de matières organiques dissoutes dans le bain; et 4) l'utilisation d'autres traitements, par exemple à l'ozone et aux rayons UV, qui détruisent les matières organiques (y compris les SPD) respectivement par oxydation et photolyse^{22, 37}.

L'échantillonnage des SPD dans l'air ou l'eau après une série d'utilisations et pour différents types de traitements pourrait nous en dire plus sur la formation de ces substances dans les bains flottants traités au

moyen d'agents halogénés. Quoi qu'il en soit, même avec des données de cet ordre, il reste extrêmement difficile de déterminer le risque global pour la santé que présente une exposition aux SPD dans un bain flottant, étant donné le grand nombre de façons par lesquelles l'être humain peut entrer en contact avec ces composés, entre autres par ingestion, inhalation et contact cutané avec l'eau chlorée du robinet, en plus de la formation à l'intérieur de l'organisme⁶⁵. Ainsi, même s'il s'avère que les clients des bains flottants sont exposés à des SPD, il reste à savoir si cette exposition est considérable par rapport à leur exposition dans la vie quotidienne et comment les taux diffèrent d'une personne à l'autre et au fil du temps.

En résumé, il est impossible d'évaluer les risques respiratoires des bains flottants étant donné le manque de données sur la qualité de l'air dans des conditions d'utilisation normale. Par contre, les aspects sanitaire et esthétique pourraient être améliorés par l'installation et l'entretien adéquat d'un système de chauffage, de ventilation et de climatisation et l'optimisation de la ventilation.

Lacunes dans les connaissances et conclusions

L'utilisation d'un bain flottant ne semble pas « risquée » en soi, mais tout comme une piscine ou un établissement de soins personnels, le bain flottant peut poser un risque pour la santé s'il n'est pas bien utilisé. Le présent rapport ne vise pas à réclamer un règlement, mais plutôt à informer les agents de santé environnementale pour faciliter leur travail d'inspection et d'examen, et à orienter les décideurs dans l'élaboration de politiques.

L'élaboration de normes et de lignes directrices, dont il est question dans le document d'accompagnement³, est un volet important du dialogue sur l'utilisation sécuritaire des bains flottants. La nouveauté de cette pratique, cependant, se traduit par un manque flagrant d'information. L'étude présentée ici n'a trouvé aucune preuve d'éclosion en lien avec les bains flottants, mais elle a décelé des risques liés à la présence de pathogènes dans l'eau, des problèmes de qualité de l'air ou de l'eau dans des eaux utilisées à des fins récréatives semblables en raison de certaines méthodes de désinfection ainsi qu'un risque minime, mais jusqu'ici inconnu, de décès accidentel. Des données indirectes tirées d'études en laboratoires et d'ouvrages sur les eaux utilisées à des fins

récréatives soulignent l'importance de poursuivre la recherche pour déterminer si la combinaison peroxyde d'hydrogène et rayons UV est un désinfectant efficace dans les conditions actuelles recommandées par l'industrie des bains flottants³⁰. La conception du bain pourrait aussi être un facteur à considérer. L'industrie offrant une vaste gamme de modèles, il se peut que les résultats obtenus pour un modèle en particulier ne s'appliquent pas aux autres.

Pour combler les lacunes dans les connaissances et orienter l'élaboration de pratiques exemplaires en matière de conception, d'exploitation et d'inspection des bains flottants, il faut des données directes ou des études à ce sujet. Les bains flottants devraient être évalués dans leur ensemble, lorsque tous les éléments fonctionnent normalement, y compris les mécanismes de nettoyage, de filtration, de ventilation et de désinfection. Les études devraient se pencher sur le taux de pathogènes, l'air à l'intérieur du bain (bioaérosols, ozone et SPD) et la croissance de biofilms dans le cadre d'une exploitation normale, selon différentes méthodes de désinfection. Ces

paramètres devraient être étudiés au fil du temps (avant l'utilisation, après 100 utilisations, après 1 000 utilisations, etc.) ainsi qu'avant et après l'introduction d'espèces pathogènes en quantité connue dans des conditions bien définies, sur une période appropriée (p. ex., de 15 à 30 minutes). Les études qui utilisent le dosage ou l'inoculation de pathogènes sont essentielles pour comprendre l'efficacité de la désinfection dans le pire des scénarios (p. ex., un incident fécal non signalé et non détecté). Il faudrait faire ces tests en utilisant aussi bien des organismes à faible résistance que des organismes à résistance élevée. Vu la nature des procédures requises, les agences de santé publique, les chercheurs et les concepteurs de normes devront collaborer pour produire des données fiables. Grâce à ces renseignements détaillés sur les bains flottants, les autorités de réglementation et les inspecteurs en santé publique seront mieux placés pour évaluer les risques pour la santé publique et déterminer quelles mesures de protection associées à cette nouvelle activité doivent être privilégiées.

Remerciements

Les auteurs souhaitent souligner la contribution de Michele Wiens (CCNSE), de Sean Jeon et Claudia Tien (Fraser Health), d'Amy Pavletic et Anne-Maria Quin (Middlesex London Health Unit) et des D^{rs} Eleni Galanis, Jason Wong et Troy Grennon (BC Centre for Disease Control). Ils sont aussi reconnaissants au Float Lab (Venice Beach, Californie) de leur avoir gracieusement fourni des renseignements sur son accréditation NSF. Pour terminer, ils remercient leurs réviseurs Nelson Fok (Université Concordia d'Edmonton), Esther Parker (BC Ministry of Health), Jason MacDonald (Alberta Health), Lynne Navratil (Alberta Health Services), Rich Martin (NSF International), Bob Vincent (Florida Department of Health), ainsi que Helen Ward et Lydia Ma (CCNSE).

Références

1. Lilly JC. Mental effects of reduction of ordinary levels of physical stimuli on intact, healthy persons. *Psychiatr Res Rep Am Psychiatr Assoc.* 1956.
2. Float Tank Solutions. 2015 State of the float industry. Portland, OR: Float Tank Solutions. Available from: <http://www.floattanksolutions.com/product/2015-state-of-the-float-industry-report/>.
3. Beaudet S, Eykelbosh A. Bains flottants : Examen des lignes directrices et des considérations actuelles pour les inspecteurs en santé publique. Vancouver, C.-B. : Centre de collaboration nationale en santé environnementale; 2016 Jul. Available from: <http://www.ccns.ca/documents/evidence-review/bains-flottants-examen-des-lignes-directrices-et-des-considerations>.
4. NSF International. NSF/ANSI 50 Equipment for swimming pools, spas, hot tubs and other recreational water facilities: floatation or sensory deprivation systems and related equipment (float lab). Ann Arbor, MI: NSF International. 2016 Jul. Available from: <http://info.nsf.org/Certified/Pool/Lists.asp?Company=C0110845&Standard=050>.
5. Lawrence K, Emanuel R, Knowles K. What is in your floatation tank? Environmental Health Australia (New South Wales) 2015 Meeting. Available from: <http://www.ehansw.org.au/documents/item/776>.
6. Alberta Health Services. Guidance document: inspection approach to floatation tanks (GD-SB(P)-16-03-006). Edmonton, AB: Alberta Health Services, Environmental Public Health; 2016.
7. Floatguru. i-sopod floatation tank in a spa setting. As created by Floatworks: Wikimedia Commons; 2012. Available from: https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AI-sopod_Flotation_Tank.jpg
8. Roser DJ, Van Den Akker RB, Boase S, Haas CN, Ashbolt NJ, Rice SA. *Pseudomonas aeruginosa* dose response and bathing water infection. *Epidemiol Infect.* 2014;142(03):449-62.
9. NSF International. Organism time kill in float lab water (J-00114729). Ann Arbor, MI: NSF International; 2012 Nov. Available from: <http://floatlab.com/wp-content/uploads/2012/01/Organism-Time-Kill-in-Float-Lab-Water5.pdf>.
10. NSF International. Organism viability testing in Epsom salt and control solution: NSF International; 2015 Oct. Available from: https://s3-us-west-2.amazonaws.com/floattanksolutions/NSF-Salt-Only-Tests_2015.pdf.
11. Malowitz R, Tortora GT, Lehmann CA. Effects of floating in a saturated Epsom-salt solution on the aerobic microbial flora of the skin. *Clin Lab Sci.* 1988;1(6):358-61.
12. Public Health Ontario, Nadolny E, MacDougall C. Evidence brief: risk of infection in the use of floatation tanks. Toronto, ON: Ontario Agency for Health Protection and Promotion; 2016 Jun. Available from: http://www.publichealthontario.ca/en/eRepository/EB_Floatation_Tanks_Infection_Risk.pdf.
13. Quin A-M, Pavletic A. Floatation tank investigation: Middlesex-London Health Unit [presentation slides]. CIPHI Ontario 2013 conference; Sep 17; London, ON: CIPHI; 2013. Available from: http://www.ciphi.on.ca/images/stories/pdf/resources/2013_Annual_Conference_Presentations/4_investigation_of_a_floatation_tank.pdf.
14. Public Health Agency of Canada. *Pseudomonas* spp. Ottawa, ON: PHAC; 2012 [updated 2012 Apr 30; cited 2016 Apr 15]; Available from: <http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/pseudomonas-spp-eng.php>.
15. Barna Z, Kadar M. The risk of contracting infectious diseases in public swimming pools. A review. *Ann Ist Super Sanita.* 2012;48(4):374-86.
16. Jones F, Bartlett CLR. Infections associated with whirlpools and spas. *J Appl Bacteriol.* 1985;59:61S-6S.
17. La Rosa G, Della Libera S, Petricca S, Iaconelli M, Briancesco R, Paradiso R, et al. First detection of papillomaviruses and polyomaviruses in swimming pool waters: unrecognized recreational water-related pathogens? *J Appl Microbiol.* 2015;119(6):1683-91.
18. Tlougan BE, Podjasek JO, Adams BB. Review: aquatic sports dermatoses. Part 2 – in the water: saltwater dermatoses. *Int J Dermatol.* 2010;49(9):994-1002.
19. Public Health Agency of Canada. *Cryptosporidium parvum*. Ottawa, ON: PHAC; 2014 [updated 2014 Sep 11; cited 2016 Apr 15]; Available from: <http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/msds48e-eng.php>.
20. Public Health Agency of Canada. *Giardia lamblia*. Ottawa, ON: PHAC; 2012 [updated 2012 Apr 30; cited 2016 Apr 15]; Available from: <http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/giardia-lambli-eng.php>.
21. Lee J, Jun M-J, Lee M-H, Lee M-H, Eom S-W, Zoh K-D. Production of various disinfection byproducts in indoor swimming pool waters treated with different disinfection methods. *Int J Hyg Environ Health.* 2010;213(6):465-74.
22. Glauner T, Kunz F, Zwiener C, Frimmel FH. Elimination of swimming pool water disinfection by-products with Advanced Oxidation Processes (AOPs). *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica.* 2005;33(6):585-94.
23. U.S. Centers for Disease Control and Prevention. The Model Aquatic Health Code (MAHC): an all-inclusive model public swimming pool and spa code. Atlanta, GA: CDC; 2014 Aug. Available from: <http://www.cdc.gov/mahc/currentedition/index.html>.

24. Lenntech. Ozone decomposition. Delft, the Netherlands: Lenntech [cited 2016 May 12]; Available from: <http://www.lenntech.com/library/ozone/decomposition/ozone-decomposition.htm>.
25. NSF International. Qualification testing for float lab isolation floatation chamber (J-00119683). Ann Arbor, MI: NSF International; 2013 May.
26. NSF International. Qualification testing for float lab isolation floatation chamber (J-00125267). Ann Arbor, MI: NSF International; 2013 May.
27. Pavletic A (Public Health Inspector with the Middlesex-London Health Unit), Quin A-M (Public Health Inspector with the Middlesex-London Health Unit). Follow-up to MLHU's experience with an improperly operated float tank: instituting O₃ + H₂O₂ treatment reduced or eliminated heterotrophic bacteria and *Pseudomonas*. Personal communication with Eykelbosh A (Environmental Health and Knowledge Translation Scientist at National Collaborating Centre for Environmental Health and the BC Centre for Disease Control). 2016 May 13.
28. Sommer R, Pribil W, Pflieger S, Haider T, Werderitsch M, Gehringer P. Microbicidal efficacy of an advanced oxidation process using ozone/hydrogen peroxide in water treatment. *Water Sci Technol*. 2004;50(1):159-64.
29. Driedger SM, Eyles J. Different frames, different fears: communicating about chlorinated drinking water and cancer in the Canadian media. *Soc Sci Med*. 2003;56(6):1279-93.
30. Jahromi A, Leibner S, Perry G, Talley G, Wasserman D. Float tank standard: Floatation Tank Association; n.d. Available from: <http://www.floatation.org/resources/healthinfo/health-standard/>.
31. U.S. Centers for Disease Control and Prevention. Effect of chlorination on inactivating selected pathogen. Atlanta, GA: CDC; [updated 2012 Mar 21; cited 2016 Jun 23]; Available from: <http://www.cdc.gov/safewater/effectiveness-on-pathogens.html>.
32. Borgmann-Strahsen R. Comparative assessment of different biocides in swimming pool water. *Int Biodeterior Biodegrad*. 2003;51(4):291-7.
33. Barbee SL, Weber DJ, Sobsey MD, Rutala WA. Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocyst infectivity by disinfection and sterilization processes. *Gastrointest Endosc*. 1999 May;49(5):605-11.
34. Saurina G, Landman D, Quale JM. Activity of disinfectants against vancomycin-resistant *Enterococcus faecium*. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 1997 May;18(5):345-7.
35. Koivunen J, Heinonen-Tanski H. Inactivation of enteric microorganisms with chemical disinfectants, UV irradiation and combined chemical/UV treatments. *Water Res*. 2005;39(8):1519-26.
36. Domingue EL, Tyndall RL, Mayberry WR, Pancorbo OC. Effects of three oxidizing biocides on *Legionella pneumophila* serogroup 1. *Appl Environ Microbiol*. 1988;54(3):741-7.
37. Glaze WH, Kang J-W, Chapin DH. The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation. *Ozone Sci Engineer*. 1987;9(4):335-52.
38. Miranda AC, Lepretti M, Rizzo L, Caputo I, Vaiano V, Sacco O, et al. Surface water disinfection by chlorination and advanced oxidation processes: Inactivation of an antibiotic resistant *E. coli* strain and cytotoxicity evaluation. *Sci Total Environ*. 2016;554-555:1-6.
39. Rubio D, Nebot E, Casanueva JF, Pulgarin C. Comparative effect of simulated solar light, UV, UV/H₂O₂ and photo-Fenton treatment (UV-Vis/H₂O₂/Fe²⁺,³⁺) in the *Escherichia coli* inactivation in artificial seawater. *Water Res*. 2013;47(16):6367-79.
40. Wojtowicz J. Survey of swimming pool/spa sanitizers and sanitation systems. *J Swim Pool Spa Ind*. 2001;4(1):9-29.
41. Christensen BE, Trønnes HN, Vollan K, Smidsrød O, Bakke R. Biofilm removal by low concentrations of hydrogen peroxide. *Biofouling*. 1990;2(2):165-75.
42. Lin S-M, Svoboda KKH, Giletto A, Seibert J, Puttaiah R. Effects of hydrogen peroxide on dental unit biofilms and treatment water contamination. *Euro J Dent*. 2011;5(1):47-59.
43. Chevrefils G, Caron E, Wright H, Sakamoto G. UV dose required to achieve incremental log inactivation of bacteria, protozoa and viruses. *IUVA News*. 2006 Mar:38-45. Available from: http://iuva.org/sites/default/files/member/news/IUVA_news/Vol08/Issue1/CairnsArticleIUVAnewsVol8No1.pdf.
44. Tallis G, Gregory J. An outbreak of hepatitis A associated with a spa pool. *Commun Dis Intell*. 1997 Dec 25;21(23):353-4.
45. Wong G, Suedfeld P. Ultraviolet light as a sterilization method in flotation tanks. *J Clin Eng*. 1986;11(1):69-72.
46. Glazer CS, Martyny JW, Lee B, Sanchez TL, Sells TM, Newman LS, et al. Nontuberculous mycobacteria in aerosol droplets and bulk water samples from therapy pools and hot tubs. *J Occup Environ Hyg*. 2007;4(11):831-40.
47. Schafer MP, Martinez KF, Mathews ES. Rapid detection and determination of the aerodynamic size range of airborne mycobacteria associated with whirlpools. *Appl Occup Environ Hyg*. 2003 Jan;18(1):41-50.
48. Angenent LT, Kelley ST, St Amand A, Pace NR, Hernandez MT. Molecular identification of potential pathogens in water and air of a hospital therapy pool. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2005 Mar 29;102(13):4860-5.

49. U.S. Consumer Product Safety Commission. 2008-2012 Reported circulation/suction entrapments associated with pools, spas, and whirlpool bathtubs, 2013 report. Bethesda, MD: CPSC; 2013. Available from: <http://www.poolsafely.gov/wp-content/uploads/2013FinalCircsuctEntrapwStamp.pdf>.
50. U.S. Consumer Product Safety Commission. Brian Smith recalls serene float tanks due to electrocution hazard. Bethesda, MD: CPSC; 2008 Jan 24. Available from: <http://www.cpsc.gov/en/Recalls/2008/Brian-Smith-Recalls-Serene-Float-Tanks-Due-to-Electrocution-Hazard/>.
51. Doehne E. Salt weathering: a selective review. Geological Society Special Publication: Natural Stone, Weathering Phenomena, Conservation Strategies and Case Studies. 2002;205:51-64.
52. Lilly JC. The center of the cyclone: an autobiography of inner space. New York: Julian Press; 1972.
53. Morris H. Tanks for the memories: an exploration of sensory deprivation tanks with Joe Rogan: VICE; 2013. Available from: http://www.vice.com/en_ca/video/tanks-for-the-memories-full-length.
54. Anonymous. Floatation tank victim took horse drug. The Reading Chronicle. 2008. Available from: http://www.readingchronicle.co.uk/news/13384212.Floatation_tank_victim_took_horse_drug/.
55. Lann MA, Martin A. An unusual death involving a sensory deprivation tank. J Forensic Sci. 2010 Nov;55(6):1638-40.
56. Dixon H. Woman left floating in isolation tank as building burned. The Telegraph. 2013 May 1. Available from: <http://www.telegraph.co.uk/news/uknews/law-and-order/10030260/Woman-left-floating-in-isolation-tank-as-building-burned.html>.
57. Gaulin C, Lê M-L, Shum M, Fong D. Disinfectants and sanitizers for use on food contact surfaces. Vancouver, BC: National Collaborating Centre for Environmental Health; 2014. Available from: http://www.nccch.ca/sites/default/files/Food_Contact_Surface_Sanitizers_Aug_2011.pdf.
58. Fong D, Gaulin C, Lê M-L, Shum M. Effectiveness of alternative antimicrobial agents for disinfection of hard surfaces. Vancouver, BC: National Collaborating Centre for Environmental Health; 2014. Available from: http://www.nccch.ca/sites/default/files/Alternative_Antimicrobial_Agents_Aug_2014.pdf.
59. Tyree CA, Hellion VM, Alexandrova OA, Allen JO. Foam droplets generated from natural and artificial seawaters. J Geophys Res Atmos. 2007;112(D12204).
60. Mårtensson EM, Nilsson ED, de Leeuw G, Cohen LH, Hansson HC. Laboratory simulations and parameterization of the primary marine aerosol production. J Geophys Res. 2003;108(D9):4297.
61. Health Canada. Residential indoor air quality guideline: ozone. Ottawa, ON: Government of Canada; 2010.
- Available from:
<http://healthycanadians.gc.ca/publications/healthy-living-vie-saine/ozone/index-eng.php>.
62. Villanueva CM, Cordier S, Font-Ribera L, Salas LA, Levallois P. Overview of disinfection by-products and associated health effects. Curr Environ Health Rep. 2015;2(1):107-15.
63. Florentin A, Hautemanière A, Hartemann P. Health effects of disinfection by-products in chlorinated swimming pools. Int J Hyg Environ Health. 2011;214(6):461-9.
64. Goodman M, Hays S. Asthma and swimming: a meta-analysis. J Asthma. 2008;45(8):639-47.
65. Hrudey SE. Epidemiological inference and evidence on DBPs and human health. In: Hrudey SE, Charrois J, editors. Disinfection by-products and human health. London, UK: IWA Publishing; 2012.

Annexe A – Méthodologie

La présente étude a été menée en réponse aux requêtes de professionnels de la santé publique souhaitant obtenir des données scientifiques sur : 1) la capacité de pathogènes à survivre ou à se multiplier dans un environnement très salin; 2) l'utilisation du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) en combinaison ou non avec les rayons ultraviolets (UV) comme moyen d'empêcher la croissance microbienne dans les bains flottants; 3) les risques de problèmes liés aux appareils d'évaluation de la qualité de l'eau dans un environnement très salin; et 4) les risques de problèmes liés à la qualité de l'air découlant de sous-produits de désinfection ou d'autres agents. Parmi les sources consultées, on compte des études universitaires évaluées par les pairs, des articles de littérature grise d'organismes réputés et les avis de divers experts du domaine de la santé publique. Les outils EBSCO, Web of Science et Google Scholar ont également été utilisés pour mener les recherches ci-dessous, qui visaient à mettre en contexte les requêtes des professionnels.

Tableau 2. Recherches exécutées dans le cadre du protocole de recherche documentaire et leurs objectifs

Objectif	Recherche [Toutes les recherches ont été effectuées en anglais.]
Risques que présentent les bains flottants pour la santé	("float tank" [bain flottant] OR "flotation tank" [bain de flottaison] OR "floatation" [flottaison] OR "isolation tank" [caisson d'isolation] OR "float room" [salle de flottaison] OR "sensory deprivation tank" [caisson d'isolation sensorielle]) AND ("health risk" [risque pour la santé] OR "death" [décès] OR "pathogens" [pathogènes])
Survie des pathogènes humains dans un environnement très salin	("water" [eau]) AND ("pathogens" [pathogènes]) AND ("halotoleran*" [halotolérant*] OR "halophilic" [halophile] OR "high-salt" [très salin] OR "high salinity" [salinité élevée] OR "salt stress" [stress salin])
Efficacité de diverses stratégies de désinfection pour le traitement de l'eau	("water disinfection" [désinfection de l'eau] OR "water treatment" [traitement de l'eau]) AND ("pathogens" [pathogènes] OR "viruses" [virus] OR "bacteria" [bactéries] OR "protozoa" [protozoaires]) AND ("hydrogen peroxide" [peroxyde d'hydrogène] OR "ultraviolet" [ultraviolet] OR "halogen" [halogène] OR "ozone" [ozone])
Pathogènes dans l'eau utilisée à des fins récréatives et lien avec diverses stratégies de désinfection	("pool" [piscine] OR "hot tub" [cuve thermale] OR "spa" [spa]) AND ("pathogens" [pathogènes] OR "viruses" [virus] OR "bacteria" [bactéries] OR "protozoa" [protozoaires]) AND ("hydrogen peroxide" [peroxyde d'hydrogène] OR "ultraviolet" [ultraviolet] OR "halogen" [halogène] OR "ozone" [ozone])
Maladies ou éclosions dans les eaux utilisées à des fins récréatives et lien avec diverses stratégies de désinfection	("pool" [piscine] OR "hot tub" [cuve thermale] OR "spa" [spa]) AND ("pathog*" [pathog*] OR "outbreak" [éclosion] OR "illness" [maladie]) AND ("hydrogen peroxide" [peroxyde d'hydrogène] OR "ultraviolet" [ultraviolet] OR "halogen" [halogène] OR "ozone" [ozone])
Problèmes de qualité de l'air en lien avec l'eau utilisée à des fins récréatives	("pool" [piscine] OR "hot tub" [cuve thermale] OR "spa" [spa]) AND ("air quality" [qualité de l'air] OR "indoor air" [air intérieur]) AND ("disinfection by-products" [sous-produits de désinfection] OR "bioaerosol" [bioaérosols] OR "ozone" [ozone] OR "mould" [moisissure] OR "mold" [moisissure])

Ces recherches ont produit de nombreux résultats, dont les titres ou les résumés ont été examinés. Seuls les documents de langue anglaise ont été inclus dans l'étude. Les recherches n'étaient pas limitées dans le temps et ont été refaites avant la publication du rapport. En ce qui concerne les résultats sur la désinfection, les études sur l'eau relativement propre (p.ex., l'eau utilisée à des fins récréatives, l'eau potable et l'eau utilisée dans le traitement des aliments) ont été retenues, mais non les études sur l'eau « sale » (p.ex., les eaux usées, le ballast et d'autres effluents). D'autres recherches ciblées ont été effectuées pour chaque objectif, au besoin. En plus des recherches dans les bases de données, des documents pertinents ont été recueillis auprès d'experts de l'industrie et de la santé publique et tirés des références des documents examinés. L'outil Google a aussi servi à consulter les sites Web de plus de 30 centres de flottaison au Canada pour déterminer comment la flottaison est commercialisée et quel est son public cible. Toutefois, aucun établissement particulier n'est nommé dans le présent document.

Le présent document a été produit en juillet 2016 par le Centre de collaboration nationale en santé environnementale, basé au Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique.

Il est permis de reproduire le présent document en entier seulement.

La production de ce document a été rendue possible grâce à une contribution financière provenant de l'Agence de la santé publique du Canada par l'intermédiaire du Centre de collaboration nationale en santé environnementale.

ISBN : 978-1-988234-08-3

© Centre de collaboration nationale en santé environnementale, 2016.

200 – 601 West Broadway
Vancouver, BC V5Z 4C2

tél. : 604-829-2551
contact@ccnse.ca



National Collaborating Centre
for Environmental Health

Centre de collaboration nationale
en santé environnementale

Pour nous faire part de vos commentaires sur ce document, nous vous invitons à consulter le site internet suivant: http://www.ccnse.ca/fr/commentaires_du_document

www.ccnse.ca