

CRYPTOSPORIDIUM

DÉFINITION

La cryptosporidiose est une parasitose responsable de nombreuses épidémies d'origine hydrique depuis les années 80. Bien que le parasite soit connu depuis le début du 20^e siècle, ce n'est qu'en 1976 que les premiers cas humains ont été diagnostiqués. Par la suite, ce parasite a été reconnu comme responsable d'infections graves et persistantes chez les sidatiques, devenant ainsi une préoccupation majeure de santé publique (US EPA, 2001a; Sterling et Marshall, 1999).

L'espèce qui est presque exclusivement responsable de l'infection chez les humains est *Cryptosporidium parvum*. Le cycle vital du *Cryptosporidium* comprend six étapes. Le cycle commence avec l'ingestion, par l'hôte, d'oocystes (4 à 6 µm de diamètre) qui subissent alors un dékystement, libérant ainsi des sporozoïtes qui parasitent les cellules épithéliales gastro-intestinales. Les sporozoïtes mûrissent en trophozoïtes, puis en mérozoïtes qui infectent d'autres cellules épithéliales (cette étape, qualifiée de mérogonie, correspond à la reproduction asexuée). Les mérozoïtes initient la reproduction sexuée en donnant naissance à des gamètes qui se développent finalement en oocystes. Environ 20 % des oocystes ont une paroi mince et servent à maintenir l'infection chez l'hôte; la majorité des oocystes (environ 80 %) développent cependant une double paroi épaisse et sont évacués avec les selles, contaminant ainsi l'environnement (Chen *et al.*, 2002; Current, 1998; Sterling et Marshall, 1999; Percival *et al.*, 2000).

MÉTHODES D'ANALYSE

Contrairement aux bactéries, les parasites ne peuvent pas se multiplier dans des milieux de culture permettant de les identifier. Des procédures ont cependant été développées pour permettre de collecter puis d'identifier le *Cryptosporidium* sp. De manière générale, les méthodes de détection, d'énumération et d'identification sont toutes basées sur le même principe : les parasites contenus dans un volume d'eau de 1 à 1 000 litres sont concentrés dans une goutte d'eau qui est ensuite observée au microscope.

Au moment d'écrire cette fiche, la méthode la plus actualisée pour effectuer la recherche et l'énumération des parasites est celle de l'Environmental Protection Agency des États-Unis, soit la méthode EPA 1623 (US EPA, 2001b). Cette méthode nécessite la filtration d'un grand volume d'eau (de 10 à 1 000 litres) dans une cartouche ayant des pores d'un diamètre de 1 µm. La matière particulaire retenue par le filtre est récupérée dans un tampon d'élution. Les oocystes de *Cryptosporidium* sp. sont à nouveau concentrés, par séparation immunomagnétique à l'aide de billes magnétiques de 5 µm de diamètre, auxquelles sont fixés des anticorps anti-*Cryptosporidium*. Finalement, le concentré est coloré avec des anticorps monoclonaux fluorescents anti-*Cryptosporidium*, et observé en microscopie à fluorescence. La recherche de structures internes (comme les noyaux), typiques des oocystes, peut également être effectuée avec l'utilisation d'un colorant fluorescent (comme le DAPI) spécifique aux acides nucléiques ainsi que par l'observation au microscope à fluorescence (Grimason *et al.*, 1994). Cette méthode a toutefois des limites parce qu'elle ne permet pas de déterminer si les oocystes sont viables ou infectieux. Des techniques utilisant des colorants pour déterminer la viabilité, l'emploi de certains types d'anticorps (méthodes ELISA) ou des techniques de biologie moléculaire sont actuellement mises à l'essai.

La recherche des oocystes s'avère longue et coûteuse tout en exigeant un personnel expérimenté. En outre, la détection par immunofluorescence nécessite un équipement spécialisé et des connaissances techniques spécifiques. Des interférences, entraînant une sous-évaluation du nombre d'oocystes,

peuvent se produire, résultant surtout de la présence de matières dissoutes ou en suspension qui sont concentrées avec les oocystes, ainsi que de la perte d'un certain nombre d'oocystes à chacune des étapes du processus méthodologique. Au début des années 90, des contrôles de qualité de plusieurs laboratoires ont mis en évidence un pourcentage de récupération très faible, avec une moyenne de l'ordre de 5 à 10 % (Clancy *et al.*, 1994; LeChevallier *et al.*, 1995). Bien que des méthodes plus récentes (comme celle de l'US EPA décrite plus haut) permettent une meilleure récolte des oocystes, le pourcentage de récupération est encore très variable, de l'ordre de 36 à 75 % (DiGiorgio *et al.*, 2002).

Bien que la performance des laboratoires puisse parfois être en cause, il a aussi été démontré que la détection, même pratiquée dans des conditions optimales, ne permettait pas une visualisation ou une énumération de tous les oocystes (Wallis *et al.*, 2001). L'évaluation de la viabilité des oocystes est très difficile à réaliser, nécessitant notamment des échantillons frais; l'utilisation d'un colorant spécifique peut permettre, s'il est nécessaire d'avoir des résultats rapidement, d'obtenir une quantification approximative du nombre d'oocystes viables.

Les résultats d'énumération ne permettent habituellement pas de connaître la viabilité et encore moins l'infectiosité des oocystes, cette dernière information nécessitant l'utilisation d'animaux de laboratoire (Bukhari *et al.*, 2000). Ce qu'il faut aussi savoir, c'est que la non-détection d'oocystes n'implique pas leur absence; dans une telle situation, il faut alors recourir à d'autres méthodes ou à un raffinement du processus de recherche. Par ailleurs, dans toute situation mettant potentiellement en cause la présence des oocystes de *Cryptosporidium* sp. dans l'eau potable, il faut tenir compte du fait que, au moment de la rédaction de cette fiche, il n'existait pas, au Québec, de laboratoire accrédité ou totalement fiable permettant d'en faire la détection, l'énumération et l'identification.

PRÉSENCE DU PROTOZOAIRE DANS L'EAU

Présence et survie dans l'eau brute

Rose *et al.* (1991) ont rapporté que 55 % de 257 échantillons d'eau de surface prélevés aux États-Unis étaient contaminés, avec une moyenne de 43 oocystes/100 L. Dans une étude similaire, LeChevallier *et al.* (1991a) ont analysé 66 échantillons d'eau de surface servant à approvisionner des usines de production d'eau potable dans le Nord-Est étasunien. Leurs résultats ont démontré que 87 % des échantillons d'eau brute étaient contaminés, avec une moyenne géométrique de 270 oocystes/100 L. Au Canada, Wallis *et al.* (1996) rapportent un taux de contamination assez faible, soit 5 % des 1 760 échantillons prélevés dans le territoire de 72 municipalités (nombre d'oocystes non précisé). Dans la région de Montréal, Payment et Franco (1993) ont révélé une concentration d'oocystes pouvant aller jusqu'à 2 000/100 L (13 % des échantillons analysés étaient positifs).

L'eau souterraine peut aussi être contaminée par le *Cryptosporidium*, notamment si elle est sous l'influence directe des eaux de surface. C'est ce qu'ont démontré Moulton-Hancock *et al.* (2000) aux États-Unis en analysant 166 échantillons d'eau potable d'origine souterraine. Ils ont relevé une contamination moyenne de 11 % et mis en lumière que les puits artésiens étaient plus sécuritaires alors que les drains horizontaux et les sources affleurantes étaient plus contaminés. Par contre, au Québec, Barthe et Brassard (1996) n'ont relevé que très peu (3 %) de sources souterraines et de puits contaminés (la nature des sources n'a pas été précisée).

Dans la gamme de températures de 0 à 30 °C, la survie des oocystes est assurée pendant une très longue période, soit au moins six mois (Fayer *et al.*, 1998). Robertson *et al.* (1992) ont démontré que la majorité des oocystes congelés à -22 °C étaient encore viables après 21 heures, quelques-uns conservant leur pouvoir infectieux jusqu'à 31 jours. Fayer *et al.* (1996) ont mis en évidence qu'une température de l'ordre de 73 °C était nécessaire pour détruire les oocystes en une minute alors qu'à

65 °C, le temps requis était de 5 minutes. Ces essais démontrent que l'eau portée à ébullition peut détruire le *Cryptosporidium* en moins d'une minute.

Présence et survie dans l'eau traitée

Dans une étude portant sur l'efficacité d'enlèvement des procédés de coagulation, décantation et filtration, Payment et Franco (1993) ont mis en évidence un enlèvement de 4,6 log (99,998 %)¹ des oocystes. Une étude sur l'évaluation de la performance de 45 usines de traitement de l'eau potable de la région de Montréal et le long du Saint-Laurent, entre Montréal et Québec (utilisant une combinaison de ces procédés ainsi que la chloration) a révélé un enlèvement moyen de l'ordre de 2,0 à 2,5 log (Payment *et al.*, 2000). Barthe et Brassard (1996), en étudiant pendant un an la contamination de l'eau traitée de trois usines de traitement, ont montré qu'un traitement conventionnel (décantation, filtration et chloration) permettait de réduire le nombre moyen d'oocystes de 37/100 L (eau brute) à 0,05 (eau traitée), soit près de 3 log.

L'efficacité du chlore seul envers le *Cryptosporidium* est presque nulle. Le CT requis (produit de la concentration résiduelle de désinfectant [C], en mg/l, par le temps de contact du désinfectant [T], en minutes, à une température spécifique) pour détruire les oocystes est largement supérieur à ce qui est habituellement observé dans la majorité des usines de traitement aux États-Unis (Gradus, 1989), pouvant atteindre 7 000 mg-min/l (US EPA, 2001a). Dans des conditions similaires, l'inactivation de *E. coli* requiert un CT de moins de 1 mg-min/l (Payment, 1998).

L'ozonisation est plus efficace, avec un CT de l'ordre de 2 à 10 mg-min/l pour l'enlèvement de 2 log et de 3 à 16 mg-min/l pour 3 log, selon la température (US EPA, 2001a). Il a en effet été démontré que l'efficacité de l'ozone dépend de la température, le CT requis pour une réduction de 2 log augmentant en moyenne de 4,2 mg-min/l pour chaque diminution de 10 °C (Hirata *et al.*, 2001). Des recherches récentes suggèrent que l'utilisation du rayonnement ultraviolet constituerait la meilleure technique, capable d'éliminer de 2 à 5 log avec l'emploi de lampes dites à basse pression (Craik *et al.*, 2001; Drescher *et al.*, 2001; Linden *et al.*, 2001).

Conséquence de leur résistance, la présence d'oocystes a été détectée dans l'eau potable traitée de plusieurs municipalités. Rose *et al.* (1991) ont détecté ces formes enkystées dans 17 % de 36 échantillons, la plus grande prévalence ayant été notée dans les systèmes où il n'y avait pas de filtration. Subséquemment, Rose *et al.* (1997) ont rapporté une contamination de 4 à 33 % des échantillons d'eau traitée prélevés dans diverses municipalités, avec 0,1 à 48 oocystes/100 L (moyenne géométrique de 0,015). Finalement, un relevé effectué à la sortie de plusieurs réservoirs d'eau potable de la ville de New York a montré une contamination variant entre 2 et 10 oocystes/100 L (Balter et Layton, 2002).

Relations avec la turbidité de l'eau

Il existe une relation étroite entre la turbidité d'une eau, brute ou traitée, et la probabilité d'y retrouver des oocystes. Lors de l'épidémie de Milwaukee (voir la sous-section *Épidémiologie*), une corrélation a été démontrée entre l'augmentation de la turbidité dans les deux usines de traitement de l'eau potable et le déclenchement de l'épidémie, alors que les paramètres servant à évaluer la qualité microbienne de l'eau, comme les bactéries coliformes, étaient dans les valeurs normales (Fox et Lytle, 1996). Une relation similaire a été mise en évidence lors de l'épidémie survenue à North Battleford (Saskatchewan) en 2001, où la turbidité de l'eau traitée est passée d'une moyenne de 0,16-0,2 unité néphélométrique de turbidité (UNT) (voir la fiche *Turbidité*), avant le début de l'épidémie, à 0,6-0,9 UNT, précédant la période d'incidence maximale des cas de maladie entérique. L'auteur

¹ Un enlèvement de 99 % correspond à une diminution (enlèvement) de 2 log; un enlèvement de 99,9 % à 3 log, etc.

rappelle qu'une valeur de 0,3 UNT ne devrait pas être dépassée, sinon le risque associé à la présence d'oocystes est accru (Laing, 2002). Une relation similaire a été mise en évidence par LeChevallier *et al.* (1991a) de même qu'entre la diminution de la turbidité et celle du nombre de formes enkystées (LeChevallier *et al.*, 1991b), lors de l'analyse d'échantillons provenant de 66 usines de traitement de l'eau.

Puisqu'une augmentation de la turbidité se traduit habituellement par un accroissement des particules d'une dimension de 3 à 5 µm, soit le diamètre des oocystes (Fox et Lytle, 1996), le dénombrement de telles particules avant et après le traitement de l'eau s'avère être un outil utile; il est toutefois onéreux et techniquement difficile d'effectuer une telle mesure actuellement (Payment, 1998).

Il importe par ailleurs de préciser que la corrélation entre le nombre d'oocystes et des indicateurs microbiens, tels les coliformes totaux et les coliformes fécaux, est relativement faible ou inexistante, tel que démontré par Rose *et al.* (1988), Fox et Lytle (1996) et Payment *et al.* (2000). Dans ce contexte, les divers indicateurs microbiens ne pourraient donc pas être utilisés comme une source d'information utile pour détecter une concentration accrue de parasites dans l'eau, ce qui explique que le maintien d'une turbidité faible et constante constitue la meilleure indication que la présence de *Cryptosporidium* est peu probable, sinon en faible quantité.

RISQUE SANITAIRE

Infections chez les humains

Une étude menée avec des volontaires a mis en évidence une DI₅₀ (dose infectant 50 % des sujets exposés par voie orale) de 132 oocystes (DuPont *et al.*, 1995). Il n'y a cependant pas de consensus sur la dose infectante minimale, qui est estimée entre 10 (Percival *et al.*, 2000; Meinhardt *et al.*, 1996), 30 (Sterling et Marshall, 1999) ou 100 oocystes (Meinhardt *et al.*, 1996).

Après une période d'incubation variant de 1 à 12 jours (moyenne de 7 jours), le symptôme le plus généralement associé à l'infection est une diarrhée caractérisée par d'abondantes selles aqueuses qui peuvent être accompagnées de crampes abdominales, de nausées, de céphalées, de vomissements, de fièvre et de douleurs musculaires (Sterling et Marshall, 1999). La durée et la sévérité de l'infection peuvent aussi être liées à l'état du système immunitaire. Chez les personnes immunocompétentes, la maladie s'estompe sans intervention médicale (Current, 1998; Faubert *et al.*, 1997) alors que chez les personnes immunodéprimées, notamment les sidatiques et les personnes recevant des traitements immunosuppresseurs, le portrait clinique est différent. Les selles aqueuses sont plus abondantes et l'infection peut persister indéfiniment (Hunter et Nichols, 2002; Ortega, 2001; Petersen, 1992), atteindre les voies respiratoires et s'avérer fatale (Current, 1998). Aucune prophylaxie n'est efficace, mais certaines données portent à croire que la rifabutine et la clarithromycine diminueraient l'incidence de la cryptosporidiose (jusqu'à 75 % de réduction chez les personnes immunodéprimées) (MSSS, 2002). À noter qu'à la fin de l'année 2002, un nouveau médicament, le nitazoxanide (Alinia), a été approuvé aux États-Unis pour le traitement de la cryptosporidiose chez les enfants de 1 à 11 ans (FDA, 2002).

Dans un autre contexte, il appert que la trithérapie utilisée depuis plusieurs années chez les sidatiques limite considérablement la susceptibilité de ces personnes à l'infection par le *Cryptosporidium* (voir la fiche *Personnes vulnérables*). Ives *et al.* (2001) ont ainsi démontré une réduction de 60 % des cas de cryptosporidiose chez une cohorte de sidatiques ayant reçu la trithérapie. Miao *et al.* (2000) ont démontré une diminution de la diarrhée chez des sidatiques atteints de cryptosporidiose 1 mois après le début d'un traitement antirétroviral et une disparition des oocystes dans les selles 5 mois plus tard; cette dernière observation est similaire à celle de Foudraine *et al.* (1998) qui ont démontré la disparition des oocystes dans les selles de personnes sidatiques 24 semaines après le début d'un traitement.

Épidémiologie

La cryptosporidiose a été rapportée sur tous les continents, avec une incidence et une prévalence cependant très variables. En Amérique du Nord et en Europe, la cryptosporidiose est responsable de 2,2 % (7 % chez les enfants) des cas de diarrhée chez les personnes immunocompétentes, mais de 14 % (plage de 6 à 70 %) chez les individus immunodéprimés (Chen *et al.*, 2002). La cryptosporidiose peut se transmettre de personne à personne (voie fécale-orale), notamment en milieu hospitalier alors qu'une transmission zoonotique est aussi possible; le bœuf et le mouton seraient les deux animaux les plus souvent mis en cause (Meinhardt *et al.*, 1996). L'infection peut aussi découler de la pratique d'activités aquatiques à contact primaire comme la baignade (US EPA, 2001a; Rose *et al.*, 1997; Sorvillo *et al.*, 1992).

En ce qui concerne l'ingestion d'eau, la première épidémie connue de cryptosporidiose d'origine hydrique s'est produite en 1984 aux États-Unis. De 1984 à 1995, 11 épidémies ont été recensées dans ce pays (US EPA, 2001a), 4 au Canada et 12 au Royaume-Uni (Craun *et al.*, 1998). Le nombre de cas symptomatiques a varié de quelques-uns à plusieurs centaines de milliers (Craun *et al.*, 1998; US EPA, 2001a). Les épidémies étaient, dans la moitié des cas, liées à une eau potable d'origine souterraine, le reste découlant de l'ingestion d'eau de surface traitée. Le point commun de ces épidémies était cependant une défaillance du traitement de l'eau potable (US EPA, 2001a; Rose *et al.*, 1997). L'épidémie de Milwaukee, survenue en 1993, est celle ayant touché le plus grand nombre de personnes, soit un peu plus de 400 000, à la suite d'une contamination d'origine inconnue d'un secteur du lac Michigan (Eisenberg *et al.*, 1998; Mac Kenzie *et al.*, 1994). Au Canada, une importante épidémie de cryptosporidiose, ayant affecté entre 6 000 et 7 000 personnes, a été mise en évidence dans une municipalité de 15 000 personnes en Saskatchewan (municipalité de North Battleford) durant l'été 2001 (Laing, 2002).

Analyse du risque

Il n'est pas facile d'estimer les mesures à prendre découlant de la présence d'oocystes dans l'eau potable. Certaines études, comme celle effectuée par Sorvillo *et al.* (1994) à Los Angeles, ont révélé l'absence de risque de cryptosporidiose découlant de la consommation d'eau potable chez les personnes immunocompétentes. Cette assertion serait confortée par le fait que LeChevallier *et al.* (1991b) ont montré que la presque totalité des oocystes retrouvés dans l'eau potable étaient non viables. Par ailleurs, certains modèles d'estimation du risque évaluent que le nombre moyen d'oocystes dans l'eau traitée varierait de 60 à 130/100 L lors d'une épidémie (US EPA, 2001a). Cette situation doit être évaluée en tenant compte de la nature du problème potentiellement responsable de la présence d'oocystes : qualité de l'eau brute, performance des équipements, filière de traitement et certains événements climatologiques particuliers (inondations, par exemple).

Prévention de l'exposition chez les personnes immunodéprimées

Depuis plusieurs années, des lignes directrices pour la prévention de la cryptosporidiose chez les personnes immunodéprimées, plus particulièrement pour les sidatiques, ont été élaborées. Ces derniers devraient être informés du décompte de leurs cellules lymphocytaires de type CD4. Il est adéquat de considérer les sidatiques ayant un décompte cellulaire de CD4 supérieur à 200/mm³ ainsi que ceux recevant une trithérapie depuis plusieurs mois comme n'étant probablement pas plus à risque envers le *Cryptosporidium* que l'ensemble de la population (Hunter et Nichols, 2002).

Sur la base des travaux faits aux États-Unis, un groupe de travail du gouvernement du Québec a émis des lignes directrices visant les professionnels de la santé (MSSS, 2002). En ce qui concerne la cryptosporidiose, les recommandations spécifiques à l'eau sont :

- ne pas boire l'eau d'un lac ou d'une source non traitée;
- ne pas se baigner dans les piscines municipales ou les lacs;
- ne pas boire l'eau du robinet sauf si elle provient d'un réseau de distribution accrédité et opérationnel;
- envisager de consommer de l'eau bouillie ou embouteillée, spécialement pour les personnes ayant une numération lymphocytaire de CD4 inférieure à 200/mm³ (Hunter et Nichols, 2002); voir aussi la fiche *Personnes vulnérables* pour plus d'information sur ce sujet, notamment sur les types d'eau embouteillée;
- si l'eau est filtrée avant consommation, s'assurer que les filtres peuvent retirer des particules de 1 µm (voir la fiche *Personnes vulnérables* pour plus d'information sur ce sujet);
- faire bouillir l'eau pendant au moins une minute si les autorités responsables d'un réseau de distribution de l'eau signalent un problème quant à sa qualité microbienne ou en présence d'une épidémie de maladies entériques possiblement liées à l'eau de consommation;
- éviter de consommer des boissons contenant de la glace provenant d'appareils industriels ou de lieux publics (restaurants, cinémas, etc.) si l'eau du robinet approvisionnant ces lieux est jugée à risque.

NORMES ET RECOMMANDATIONS

Au Québec, le *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (Gouvernement du Québec, 2001) stipule que l'eau destinée à la consommation humaine doit être exempte d'organismes pathogènes (incluant les parasites) mais ne prévoit pas un nombre maximal admissible d'oocystes de *Cryptosporidium* dans l'eau traitée. La norme québécoise est inspirée des objectifs de l'US EPA. Dans ce pays, la législation prévoit que toute usine de traitement de l'eau potable dont l'approvisionnement est sous l'influence directe de l'eau de surface doit pouvoir éliminer au moins 99 % des oocystes (US EPA, 2001a; US EPA, 2002). L'article 5 du règlement québécois prévoit que le traitement des eaux délivrées par un système de distribution doit permettre l'élimination d'au moins 99 % des oocystes (2 log) si elles proviennent en totalité ou en partie d'eaux de surface ou d'eaux souterraines sous l'influence directe d'eaux de surface. Cet objectif peut être respecté par la mise en place d'étapes de traitement efficaces mettant en œuvre une combinaison de technologies de traitement de l'eau (consulter le chapitre 10 de la référence MENV, 2002). Il importe cependant de noter que la réduction de 2 log (99 %) des oocystes par les procédés de traitement serait efficace avec une concentration maximale à l'eau brute de 7,5 oocystes/100 L. Avec une concentration à l'eau brute de 7,5 à 100 oocystes/100 L, la réduction devrait plutôt être de l'ordre de 3 log (99,9 %). Dans ce contexte, sur la base du nombre moyen d'oocystes/100L relevé dans l'eau brute de 45 usines québécoises de traitement de l'eau potable, la majorité d'entre elles auraient besoin d'une capacité d'enlèvement d'au moins 3 log (Payment *et al.*, 2000). Dans les années 90, une proposition canadienne pour la qualité de l'eau potable recommandait une absence totale d'oocystes viables dans l'eau potable à titre de concentration maximale acceptable (CMA) (Santé Canada, 1997). Reconnaissant que la surveillance permettant l'application d'un tel objectif était difficile, il a été finalement décidé de ne plus recommander de seuil (Santé Canada, 2001).

Fiche rédigée par :

Pierre Chevalier

et les membres du Groupe scientifique sur l'eau de l'Institut national de santé publique du Québec

Citation suggérée pour la présente fiche :

Groupe scientifique sur l'eau (2003), *Cryptosporidium*, Dans *Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine*, Institut national de santé publique du Québec, 9 p.

RÉFÉRENCES

Balter, S. et M. Layton (2002), Low Levels of *Giardia* and *Cryptosporidium* found in the New York City reservoirs: advising immunocompromised patients about potential risk due to public drinking water. New York City Department of Health, 5 pages. à : <http://www.nyc.gov/html/doh> [retrouver le document par mot-clés avec la fonction "research"].

Barthe, C. et N. Brassard (1996), *Giardia* and *Cryptosporidium* in river water, ground water and tap water in Québec. Dans: Robertson, W., T. Kauri et S. Irwin (éditeurs). *Planning for Tomorrow, Proceedings of the sixth national conference on drinking water*, pp.: 207-215.

Bukhari, Z., M.M. Marshall, D.G. Korich, C.R. Fricker, H.V. Smith, J. Rosen et J.L. Clancy (2000), Comparison of *Cryptosporidium parvum* viability and infectivity assays following ozone treatment of oocysts. *Applied and Environmental Microbiology*, 66: 2972-2980.

Chen, X.-M., J.S. Keithly, C.V. Pava et N. F. LaRusso (2002), Cryptosporidiosis. *New England Journal of Medicine*, 346(22): 1723-1731.

Clancy, J.L., W.D. Gollnitz et Z. Tabib (1994), Commercial labs: how accurate are they? *Journal of American Water Works Association*, 86(5): 89-97.

Craik, S.A., D. Weldon, G.R. Finch, J.R. Bolton et M. Belosevic (2001), Inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts using medium- and low-pressure ultraviolet radiation. *Water Research*, 35: 1387-1398.

Craun, G.F., S.A. Hubbs, F. Frost, R.L. Calderon et S.H. Via (1998), Waterborne outbreaks of cryptosporidiosis. *Journal of American Water Works Association*, 90(9): 81-91.

Current, W.L. (1998), Cryptosporidiosis. Dans: Cox, F.E.G., J.P. Kreier, D. Wakelin (éditeurs), *Topley & Wilson's microbiology and microbial infections*, Volume 5 (*Parasitology*): 329-347.

DiGiorgio, C.L., D.A. Gonzalez et C.C. Huitt (2002), *Cryptosporidium* and *Giardia* recoveries in natural waters by using Environmental Protection Agency Method 1623. *Applied and Environmental Microbiology*, 68: 5952-5955.

Drescher, A.C., D.M. Greene et A.J. Gadgil (2001), *Cryptosporidium* inactivation by low-pressure UV in a water disinfection device. *Journal of Environmental Health*, 64: 31-35

DuPont, H.L., C.L. Chappell, C.R. Sterling, P.C. Okhuysen, J.B. Rose et W. Jakubowski (1995), The infectivity of *Cryptosporidium parvum* in healthy volunteers. *New England Journal of Medicine*, 332: 855-859.

Eisenberg, J.N.S., E.Y.W. Seto, J.M. Colford, A. Olivieri et R.C. Spear (1998), An analysis of the Milwaukee Cryptosporidiosis outbreak based on a dynamic model of the infection process. *Epidemiology*, 9: 255-263.

Faubert, G., N. Ruest, Y. Couture et Y. Litvinski (1997), *Cryptosporidium* et cryptosporidiose. *Vecteur Environnement*, 30(1): 69-74.

Fayer, R., J.M. Trout et T. Nerad (1996), Effects of a wide range of temperatures on infectivity of *Cryptosporidium parvum* oocysts. *Journal of Eukaryot Microbiology*, 43: 64S.

Fayer, R., J.M. Trout et M.C. Jenkins (1998), Infectivity of *Cryptosporidium parvum* oocysts stored in water at environmental temperatures. *Journal of Parasitology*, 84: 1165-1169.

FDA (2002), FDA approves new treatment for parasitic infections in paediatric patients. Accessible à : <http://www.fda.gov/bbs/topics/answers/2002>

Foudraire, N.A., G.J. Weverling, T. van Gool, M.T.L. Roos, F. de Wolf, P.P. Koopmans, P.J. van den Broek, P.L. Meenhorst, R. Van Leeuwen, J.M.A. Lange et P. Reiss (1998), Improvement of chronic diarrhoea in patients with advanced HIV-1 infection during potent antiretroviral therapy. *AIDS*, 12: 35-41.

Fox, K.R. et D.A. Lytle (1996), Milwaukee's crypto outbreak investigation and recommendations. *Journal of American Water Works Association*, 88(septembre): 87-94.

Gouvernement du Québec (2001), *Règlement sur la qualité de l'eau potable*. Accessible à : <http://menv.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/index.htm>

Gradus, S.M. (1989), Water quality and waterborne protozoa. *Clinical Microbiology Newsletter*, 11(16): 121-128.

Grimason, A.M., H.V. Smith, J.F.W. Parker, Z. Bukhari, A.T. Campbell et L.J. Robertson (1994), Immunofluorescence for enhanced identification of *Cryptosporidium* spp. oocysts in water samples. *Water Research*, 28: 733-736.

Hirata, T., A. Shimura, S. Morita, M. Suzuki, N. Motoyama, H. Hoshikawa, T. Moniwa et M. Kaneko (2001), The effect of temperature on the efficacy of ozonation for inactivating *Cryptosporidium parvum* oocysts. *Water, Science and Technology*, 43: 163-166.

Hunter, P.R. et G. Nichols (2002), Epidemiology and clinical features of *Cryptosporidium* infection in immunocompromised patients. *Clinical Microbiology Reviews*, 15: 145-154.

Ives, N.J., B.G. Gazzard et P.J. Easterbrook (2001), The changing pattern of AIDS-defining illnesses with the introduction of highly active antiretroviral therapy (HAART) in a London clinic. *Journal of Infection*, 42: 134-139.

Laing, R.D. (2002), Report of the Commission of inquiry into matters relating to the safety of the public drinking water in the City of North Battleford, Saskatchewan. North Battleford Water Inquiry, 372 p. Accessible à : <http://www.northbattlefordwaterinquiry.ca/inquiry/inquiry.htm>

LeChevallier, M.W., W.D. Norton, J.E. Siegel et R.G. Lee (1991a), Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* spp in surface water supplies. *Applied and Environmental Microbiology*, 57: 2610-2616.

LeChevallier, M.W., W.D. Norton et R.G. Lee (1991b), *Giardia* and *Cryptosporidium* spp. in filtered drinking water supplies. *Applied and Environmental Microbiology*, 57: 2617-2621.

LeChevallier, M.W., W.D. Norton, J.E. Siegel et M. Abbaszadegan (1995), Evaluation of the immunofluorescence procedure for detection of *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts in water. *Applied and Environmental Microbiology*, 61: 690-697.

Linden, K.G., G. Shin et M.D. Sobsey (2001), Comparative effectiveness of UV wavelengths for the inactivation of *Cryptosporidium parvum* oocysts in water. *Water, Science and Technology*, 43: 171-174.

Mac Kenzie, W.R., N.J. Hoxie, M.E. Proctor, S.M. Gradus, K. A. Blair, D.E. Peterson, J.J. Kazmierczak, D.G. Addiss, K.R. Fox, J.B. Rose et J.P. Davis (1994), A massive outbreak in Milwaukee of *Cryptosporidium* infection transmitted through the public water supply. *New England Journal of Medicine*, 331: 161-167.

Meinhardt, P.L., D.P. Casemore et K. B. Miller (1996), Epidemiological aspects of human cryptosporidiosis and the role of waterborne transmission. *Epidemiologic Reviews*, 18: 118-136.

MENV (2002), Guide de conception des installations de production d'eau potable. Ministère de l'Environnement du Québec, 598 p. Accessible à : <http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/potable/guide/index.htm>

Miao, Y.M., F.M. Awad-El-Kariem, C. Franzen, D.S. Ellis, A. Müller, H.M. Counihan, P.J. Hayes et B.G. Gazzard (2000), Eradication of cryptosporidia and microsporidia following successful antiretroviral therapy. *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes*, 25: 124-129.

MSSS (2002), Prévention des infections opportunistes chez les adultes infectés par le VIH. Ministère de la Santé et des Services sociaux, gouvernement du Québec, 80p. Accessible à : <http://msss.gouv.qc.ca> (sous la rubrique "Sujets MTS-VIH-Sida").

Moulton-Hancock, C., J.B. Rose, G.J. Vasconcelos, S.I. Harris, P.T. Klonicki et G.D. Sturbaum (2000), *Giardia* and *Cryptosporidium* occurrence in groundwater. *Journal of American Water Works Association*, 92(9): 117-123.

Ortega, Y.R. (2001), *Cryptosporidium, Cyclospora and Isospora*. Dans: Murray, P.R. (éditeur), *Manual of Clinical Microbiology*, American Society for Microbiology: 1406-1412.

Payment, P. (1998), Élimination des oocystes de *Cryptosporidium*: indicateurs potentiels. *Gas, Wasser, Abwasser (GWA)* 78: 42-44.

Payment, P., A. Berte. M. Provost. B. Ménard et B. Barbeau (2000), Occurrence of pathogenic micro-organisms in the Saint-Lawrence River (Canada) and comparison of health risks for populations using it as their source of drinking water. *Canadian Journal of Microbiology*, 46: 565-576. Voir aussi l'erratum: *Can. J. Microbiol.*, 47: 1-3

Payment, P. et E. Franco (1993), *Clostridium perfringens* and somatic coliphages as indicators of the efficiency of drinking water treatment for viruses and protozoan cysts. *Applied and Environmental Microbiology*, 59: 2418-2424.

Percival, S.L., J.T. Walker et P.R. Hunter (2000), Microbiological aspects of biofilms and drinking water. CRC Press, 229 p.

Petersen, C. (1992), Cryptosporidiosis in patients infected with the human immunodeficiency virus. *Clinical Infectious Diseases*, 15: 903-909.

Robertson, L.J., A.T. Campbell et H.V. Smith (1992), Survival of *Cryptosporidium parvum* oocysts under various environmental pressures. *Applied and Environmental Microbiology*, 58: 3494-3500.

Rose, J.B., H. Darbin et C.P. Gerba (1988), Correlations of the protozoa *Cryptosporidium* and *Giardia* with water quality variables in a watershed. *Water, Science and Technology*, 20: 271-276.

Rose, J.B., C.P. Gerba et W. Jakubowski (1991), Survey of potable water supplies for *Cryptosporidium* and *Giardia*. *Environment, Science and Technology*, 25: 1393-1400.

Rose, J.B., J.T. Lisle et M. LeChevallier (1997), Waterborne cryptosporidiosis: incidence, outbreaks and treatment strategies. Dans: Fayer, R. (ed.), *Cryptosporidium* and cryptosporidiosis. CRC Press, pp.: 93-109.

Santé Canada (1997), Les protozoaires dans l'eau potable; documentation pour consultation publique, 56 p. Accessible à : http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/rqepdoc_appui/rqep.htm

Santé Canada (2001), Résumé des recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, 8 p. Accessible à : http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/catalogue/dpc_pubs/sommaire.pdf

Sorvillo, F.J., K. Fujioka, B. Nahlen, M.P. Tormey, R. Kebanjan et L. Mascola (1992), Swimming-associated cryptosporidiosis. *American Journal of Public Health*, 82: 742-744.

Sorvillo, F., L.E. Lieb, B. Nahlen, J. Miller, L. Mascola et L.R. Ash (1994), Municipal drinking water and cryptosporidiosis among persons with AIDS in Los Angeles County. *Epidemiology and Infection*, 113: 313-320.

Sterling, C.R. et M.M. Marshall (1999), *Cryptosporidium parvum*. Dans: American Water Works Association (éditeur), *Waterborne Pathogens* (manuel M48): 159-162.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2001a), *Cryptosporidium* human health criteria document, 141 p. Accessible à : <http://www.epa.gov/ost/humanhealth/microbial/microbial.html>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2001b), Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in water by filtration/IMS/FA. 55 p. Accessible à : <http://www.epa.gov/nerlcwww/1623ap01.pdf>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2002), Environmental primary drinking water regulations: long term 1 enhanced surface water treatment rule. *Federal Register*, 67(9):1812-1844.

Wallis, P.M., S.L. Erlandsen, J.L. Isaac-Renton, M.E. Olson, W.J. Robertson and H. van Keulen (1996), Prevalence of *Giardia* and *Cryptosporidium* oocysts and characterization of *Giardia* spp. isolated from drinking water in Canada. *Applied and Environmental Microbiology*, 62: 2789-2797.

Wallis, P.M., D. Matson, M. Jones et J. Jamieson (2001), Application of monitoring data for *Giardia* and *Cryptosporidium* to boil water advisories. *Risk Analysis*, 21: 1077-1085.