



Santé
Canada Health
Canada

*Votre santé et votre
sécurité... notre priorité.*

*Your health and
safety... our priority.*

Conseils sur l'utilisation de la numération des bactéries hétérotrophes dans les approvisionnementnements d'eau potable au Canada



Canada

Santé Canada est le ministère fédéral qui aide les Canadiennes et les Canadiens à maintenir et à améliorer leur état de santé. Nous évaluons l'innocuité des médicaments et de nombreux produits de consommation, aidons à améliorer la salubrité des aliments et offrons de l'information aux Canadiennes et aux Canadiens afin de les aider à prendre de saines décisions. Nous offrons des services de santé aux peuples des Premières nations et aux communautés inuites. Nous travaillons de pair avec les provinces pour nous assurer que notre système de santé répond aux besoins de la population canadienne.

Publication autorisée par la ministre de la Santé.

Conseils sur l'utilisation de la numération des bactéries hétérotrophes dans les approvisionnements d'eau potable au Canada

est disponible sur Internet à l'adresse suivante :

www.santecanada.gc.ca

Also available in English under the title:

Guidance on the Use of Heterotrophic Plate Counts in Canadian Drinking Water Supplies

La présente publication est disponible sur demande sous d'autres formes.

Pour obtenir plus de renseignements ou des copies supplémentaires, veuillez communiquer avec :

Publications

Santé Canada

Ottawa (Ontario) K1A 0K9

Tél. : 613-954-5995

Télec. : 613-941-5366

Courriel : info@hc-sc.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada,
représentée par la ministre de la Santé, 2013

La présente publication peut être reproduite sans autorisation dans la mesure où la source est indiquée en entier.

Cat. : H144-6/2013F-PDF

ISBN : 978-0-662-77823-3

Conseils sur l'utilisation de la numération des bactéries hétérotrophes dans les approvisionnementnements d'eau potable au Canada

**Préparé par le
Comité fédéral-provincial-territorial sur
l'eau potable
du
Comité fédéral-provincial-territorial sur
la santé et l'environnement**

**Santé Canada
Ottawa (Ontario)**

Janvier 2012

Le présent document peut être cité de la façon suivante :

Santé Canada (2012). Conseils sur l'utilisation de la numération des bactéries hétérotrophes dans les approvisionnements d'eau potable au Canada. Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). (N° de catalogue H144-6/2013F-PDF)

Ce document a été rédigé par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable du Comité fédéral-provincial-territorial sur la santé et l'environnement.

Vous pouvez faire parvenir vos questions ou vos commentaires à l'adresse suivante :

Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques
Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs
Santé Canada
269, av. Laurier Ouest, indice de l'adresse 4903D
Ottawa (Ontario)
Canada K1A 0K9

Tél. : 613-948-2566

Télec. : 613-952-2574

Courriel : water_eau@hc-sc.gc.ca

Pour consulter d'autres documents sur la qualité de l'eau potable au Canada, visitez :
www.santecanada.gc.ca/eauqualite

Table des matières

Renseignements généraux sur les documents de conseils	1
<u>Partie A. Conseils sur l'utilisation de la numération des bactéries hétérotrophes dans les approvisionnements d'eau potable au Canada</u>	2
<u>Partie B. Informations à l'appui</u>	4
B.1 Description, sources et exposition	4
B.1.1 Description et sources	4
B.1.2 Exposition.....	5
B.2 Effets sur la santé	5
B.2.1 Évaluation du risque.....	6
B.3 Méthodes d'analyse	7
B.3.1 Méthodes classiques	7
B.3.1.1 Méthode du milieu coulé en boîte de Pétri	7
B.3.1.2 Méthode de l'étalement sur plaque	8
B.3.1.3 Méthode de filtration sur membrane.....	8
B.3.2 Autres méthodes.....	8
B.3.2.1 Méthodes enzymatiques.....	8
B.3.2.2 Méthode du dosage de l'ATP	9
B.4 Techniques de traitement	9
B.5 Considérations internationales	11
<u>Partie C. Bibliographie et sigles</u>	12
C.1 Bibliographie	12
C.2 Liste des sigles	17

Conseils sur l'utilisation de la numération des bactéries hétérotrophes dans les approvisionnements d'eau potable au Canada

Renseignements généraux sur les documents de conseils

Le rôle principal du Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable est de formuler les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Ce rôle a évolué au fil des ans, et grâce à de nouvelles méthodologies et approches, le Comité a pu mettre au point un nouveau type de document, soit des documents de conseils, pour fournir des conseils et des avis sur des questions liées à la qualité de l'eau potable pour des paramètres qui ne requièrent pas de recommandations officielles pour la qualité de l'eau potable au Canada.

Le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable peut décider de rédiger des documents de conseils dans les deux situations qui suivent. Premièrement, lorsqu'il s'agit de fournir des conseils sur les opérations et la gestion portant sur certaines questions liées à l'eau potable (comme les avis d'ébullition de l'eau). Dans ce cas, les documents ne présentent que des renseignements scientifiques ou une évaluation des risques pour la santé qui sont limités.

Deuxièmement, lorsqu'il s'agit de rendre accessibles des renseignements sur l'évaluation des risques lorsqu'une recommandation n'est pas nécessaire. Le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable établit les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada dans le cas de contaminants qui répondent à tous les critères suivants :

1. l'exposition au contaminant pourrait entraîner des effets néfastes sur la santé;
2. le contaminant est souvent détecté, ou l'on pourrait s'attendre à le trouver, dans un grand nombre de systèmes d'approvisionnement en eau potable du Canada;
3. la concentration à laquelle il est détecté ou à laquelle on pourrait s'attendre à le détecter est susceptible d'avoir des effets sur la santé.

Si un contaminant d'intérêt ne satisfait pas à ces critères, le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable peut décider de ne pas établir de recommandation numérique ou de document technique. Dans ce cas, un document de conseils peut être élaboré.

Le processus d'élaboration des documents de conseils est sensiblement le même que pour les documents techniques et comprend également des consultations publiques au moyen du site Web de Santé Canada. Ces documents permettent de fournir des renseignements aux autorités en matière d'eau potable et, dans certains cas, peuvent aider à orienter les interventions en cas de déversement ou d'autres situations d'urgence.

Partie A. Conseils sur l'utilisation de la numération des bactéries hétérotrophes dans les approvisionnements d'eau potable au Canada

La numération des bactéries hétérotrophes (NBH) est une méthode d'analyse qui est un outil fonctionnel utile pour la surveillance de la qualité bactériologique générale de l'eau potable tout au long du processus de traitement et dans le réseau de distribution. Les résultats de NBH ne sont pas un indicateur de l'innocuité de l'eau potable et ne devraient donc pas être utilisés comme indicateur d'effets néfastes possibles sur la santé humaine. Chaque système d'eau potable a une plage de valeurs de base des concentrations de bactéries hétérotrophes qui lui est propre, selon les caractéristiques du site. Des augmentations inattendues de cette plage de base pourraient signaler un changement dans le procédé de traitement, une perturbation ou une contamination du réseau de distribution, ou un changement dans la qualité bactériologique générale de l'eau. L'épreuve de NBH peut être utilisée en même temps que la surveillance des bactéries *Escherichia coli*, des coliformes totaux, de la turbidité et des concentrations résiduelles de désinfectant dans le cadre d'une approche à barrières multiples pour la production d'une eau potable salubre. Pour les systèmes d'eau qui font la surveillance des niveaux de NBH, il est souhaitable d'utiliser la méthode de numération la plus sensible afin d'obtenir des résultats pertinents pour les opérations. L'utilité d'inclure la surveillance de la NBH dans le cadre d'une approche à barrières multiples dans un système d'approvisionnement en eau potable doit être déterminée par l'autorité responsable.

Les concentrations de bactéries hétérotrophes peuvent augmenter de façon soudaine ou graduelle. Bien que certaines variations soient normales et puissent survenir de façon saisonnière, de telles augmentations peuvent indiquer un changement de la qualité de l'eau brute, des problèmes de traitement de l'eau potable ou des problèmes dans le réseau de distribution ou la tuyauterie, et doivent faire l'objet d'un examen. Dans les eaux souterraines, les concentrations de bactéries hétérotrophes sont généralement faibles et stables dans le temps. Dans les eaux de surface et les eaux souterraines sous l'influence directe des eaux de surface, les concentrations de bactéries hétérotrophes peuvent varier grandement, mais sont réduites au minimum par un traitement et une désinfection efficaces. Une concentration résiduelle de désinfectant et la production d'eau potable stable d'un point de vue biologique (c.-à-d. de l'eau contenant de faibles concentrations de carbone organique assimilable, soit la fraction de matière organique biodégradable principalement utilisée par les bactéries pour assurer leur croissance) peuvent contribuer à contrôler la recroissance bactérienne dans le réseau de distribution. La mise en œuvre d'un programme d'entretien pour nettoyer et purger les canalisations du réseau de distribution à intervalles réguliers contribue également à prévenir l'accumulation excessive de sédiments et de débris, qui peuvent constituer un habitat favorisant la recroissance bactérienne.

Le maintien de faibles concentrations de bactéries hétérotrophes dans l'eau potable traitée est un indicateur du bon fonctionnement du système de traitement. Dans le réseau de distribution, les résultats de la NBH qui ne se situent pas dans la plage normale de valeurs peuvent donner une certaine indication de stagnation, de tuberculisation, d'absence ou de concentration de désinfectant résiduel faible ou inexistant et de la disponibilité de nutriments pouvant favoriser la recroissance bactérienne. Afin d'obtenir des résultats de NBH significatifs, il est important d'entreposer et de transporter les échantillons d'eau à une température de 5°C (plus ou moins 3°C). Il faudrait idéalement analyser les échantillons dans les huit heures suivant le prélèvement des échantillons; si cela n'est pas possible, le délai entre le prélèvement et l'analyse d'un échantillon ne doit pas dépasser 24 heures.

En cas de hausse inhabituelle, rapide ou inattendue des concentrations de bactéries hétérotrophes, le réseau doit être inspecté et la cause déterminée. Il ne faut pas émettre d'avis d'ébullition de l'eau en s'appuyant uniquement sur les résultats de la NBH. Le cas échéant, des mesures correctives qui devraient être prises peuvent comprendre :

- Vérifier l'intégrité du processus de traitement et du réseau de distribution.
- Vérifier la présence de concentrations résiduelles de désinfectant appropriées à l'échelle du réseau de distribution.
- Augmenter la dose de chlore. Dans le cas d'un puits, faire un traitement choc de chlore au puits et à la plomberie, puis purger le système.
- Nettoyer les réservoirs de stockage d'eau traitée et les citernes domestiques, s'il y a lieu, et vérifier s'il y a des jonctions fautives ou des pertes de pression.
- Nettoyer et purger les canalisations du réseau de distribution pour retirer les sédiments et les débris accumulés.
- Rechercher les zones mortes (eau stagnante) dans les conduites principales d'eau et les réservoirs de stockage.
- Enquêter pour identifier la cause du problème et prévenir sa récurrence. Cette mesure peut comprendre l'évaluation de la qualité de l'eau brute (p. ex., profil bactériologique, turbidité, couleur, conductivité) et sa variabilité.
- Continuer l'échantillonnage sélectif et les analyses à tous les endroits identifiés pendant l'enquête afin de confirmer l'étendue du problème et de vérifier l'efficacité des mesures correctives.

Les autorités responsables peuvent recommander ou exiger l'utilisation de laboratoires accrédités pour l'analyse de la NBH. Dans certaines situations, on peut recourir à des laboratoires non accrédités ou à des trousse d'essai dans le cadre de programmes de contrôle de la qualité.

Partie B. Informations à l'appui

B.1 Description, sources et exposition

B.1.1 Description et sources

Les bactéries, moisissures et levures qui ont besoin de carbone organique pour croître sont dites hétérotrophes. La majorité des bactéries, dont un bon nombre des bactéries associées aux systèmes d'eau potable, sont hétérotrophes. Les concentrations de bactéries hétérotrophes sont déterminées à l'aide de diverses méthodes courantes reconnues internationalement (Reasoner, 2004). Les méthodes de NBH utilisent la formation de colonies dans des milieux de culture pour calculer approximativement les concentrations d'organismes hétérotrophes dans des échantillons d'eau potable, où les bactéries sont plus courantes que les moisissures et les levures. Les méthodes de NBH ne fournissent pas d'indication sur les bactéries hétérotrophes spécifiques présentes ou sur leurs sources.

Le genre et les concentrations de bactéries récupérées à l'aide des méthodes de NBH varient en fonction de nombreux facteurs, dont les conditions de culture, le type de milieu, la température d'incubation, la durée d'incubation, le type d'échantillon (p. ex., réservoir d'eau de surface, eau potable traitée et désinfectée), la saison et le délai entre le prélèvement et l'analyse de l'échantillon d'eau (Payment, 1999; Allen et coll., 2004). Il peut aussi y avoir une variation de la concentration et des types de bactéries récupérées au même point d'échantillonnage au fil du temps. Certaines des espèces de bactéries hétérotrophes qui ont été récupérées comprennent celles qui se trouvent naturellement dans l'environnement hydrique et d'autres provenant de diverses sources de pollution. Ces espèces comprennent les espèces des genres *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Acinetobacter*, *Chryseobacterium* (*Flavobacterium*), *Klebsiella*, *Xanthomonas* et plusieurs autres (Allen et coll., 2004; Edberg et Allen, 2004).

Les bactéries hétérotrophes sont présentes dans tous les types d'eau. Dans les eaux souterraines, le carbone organique biologiquement disponible et conséquemment le métabolisme hétérotrophique sont souvent limités (Griebler et Lueders, 2009; Foulquier et coll., 2011). Les concentrations de bactéries hétérotrophes dans les eaux souterraines sont donc généralement faibles et stables dans le temps. Dans les eaux de surface et les eaux souterraines sous l'influence directe des eaux de surface, leurs concentrations varient et peuvent être réduites au minimum au moyen d'un traitement efficace. Le traitement de l'eau potable ne permet pas de supprimer ou d'inactiver tous les organismes hétérotrophes. Certains organismes hétérotrophes sont résistants à la désinfection parce qu'ils sont (1) sous forme de spores, (2) dans un état végétatif et dotés d'une membrane imperméable ou (3) protégés de la désinfection car ils sont intégrés à un agrégat. Par conséquent, ces organismes passent à travers le système de traitement vers les réseaux de distribution ou de plomberie. Les bactéries hétérotrophes peuvent aussi entrer dans le réseau de distribution par les réservoirs d'eau traitée ouverts, pendant la réparation de conduites, ou en raison de refoulements des projets de canalisation ou de l'ajout de nouveaux réseaux de tuyauterie (Geldreich, 1996).

Les concentrations élevées de bactéries hétérotrophes dans un réseau de distribution ou de plomberie sont habituellement dues à une recroissance bactérienne. La recroissance bactérienne correspond à l'augmentation de la concentration des bactéries viables présentes après le traitement de l'eau potable, y compris la récupération et la croissance des organismes ayant subi des lésions pendant le processus de traitement de l'eau (Robertson et Brooks, 2003). La concentration des bactéries hétérotrophes dans le réseau de distribution peut être influencée par la

qualité bactériologique de l'eau traitée entrant dans le réseau, ainsi que par la température, le temps de séjour, les concentrations résiduelles de désinfectant, les matériaux des canalisations, le rapport surface-volume, les conditions de débit et la disponibilité des nutriments nécessaires à la croissance (Reasoner, 1990; Prévost et coll., 1997; Payment, 1999; Carter et coll., 2000; Clement et coll., 2004). La recroissance bactérienne peut favoriser ou entraîner la corrosion des tuyaux, donner un mauvais goût à l'eau ou causer sa décoloration et favoriser la formation d'une pellicule biologique. La NBH peut être utilisée comme marqueur des causes sous-jacentes de certains problèmes d'ordre esthétique de l'eau potable (OMS, 2002).

La croissance de bactéries hétérotrophes favorisera une décomposition plus rapide de la chloramine dans le réseau de distribution. Par conséquent, une augmentation du nombre de bactéries hétérotrophes est un des signes indiquant un épisode de nitrification dans les systèmes dans lesquels on pratique la chloramination ou dont l'eau contient des concentrations naturelles (Noguera et coll., 2008).

Les pellicules biologiques qui proviennent de la recroissance bactérienne peuvent aussi abriter des pathogènes opportunistes comme les espèces de *Legionella* ou les espèces de mycobactéries non tuberculeuses, ainsi qu'accroître la demande de désinfectant. Un pathogène opportuniste est un organisme qui est considéré comme non pathogène pour les personnes immunocompétentes, mais peut causer des maladies chez les personnes ayant une déficience immunologique attribuable à une maladie existante ou qui sont immunodéprimées en raison d'un traitement médical, de leur grand âge ou de leur très jeune âge (Symons et coll., 2000). Un plan d'échantillonnage bactériologique bien conçu peut aider à identifier la contamination bactérienne et (ou) la recroissance dans le réseau de distribution et fournir de l'information pour aider à corriger le problème (Narasimhan et Brereton, 2004). Par exemple, la surveillance de la NBH et d'autres indicateurs (p.ex. nitrate, nitrite) au point d'entrée dans le réseau de distribution et tout au long du réseau dans lequel on utilise la chloramine (ou lorsqu'il y a de l'ammoniac naturellement présent) aiderait à identifier un épisode de nitrification. Cette information peut ensuite être utilisée pour choisir les mesures correctives les plus appropriées (Kirmeyer et coll., 1995, 2004; Odell et coll., 1996; Wilczak et coll., 1996).

B.1.2 Exposition

Les bactéries, moisissures et levures hétérotrophes sont naturellement présentes dans l'environnement; l'exposition peut survenir de diverses façons, y compris par l'eau potable, les activités récréatives, les objets (p. ex., les poignées de porte), les aliments et l'air. Le nombre d'organismes hétérotrophes détectés dans des échantillons d'eau potable varie de moins de 1 à plus de 10 000 UFC/mL (Payment, 1999; Pepper et coll., 2004; Stine et coll., 2005). Une étude effectuée aux États-Unis a montré que seulement 0,048 à 4,5 % des bactéries totales ingérées par une personne proviennent de l'eau potable domestique (Stine et coll., 2005). L'exposition aux organismes hétérotrophes est beaucoup plus élevée par voie alimentaire (OMS, 2002; Wadhwa et coll., 2002; Stine et coll., 2005).

B.2 Effets sur la santé

La population de microorganismes hétérotrophes présente dans l'eau potable appartient à un vaste éventail de genres. Bien que la majorité de ces microorganismes ne présentent pas de risque pour la santé chez les personnes immunocompétentes, certaines des bactéries présentes peuvent être des pathogènes opportunistes.

Les bactéries hétérotrophes appartenant aux genres suivants ont été associées à des infections opportunistes : *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Chryseobacterium* (*Flavobacterium*), *Klebsiella*, *Legionella*, *Moraxella*, *Mycobacterium*, *Serratia*, *Pseudomonas* et *Xanthomonas* (Rusin et coll., 1997; Pavlov et coll., 2004). Ces microorganismes ont principalement été associés à des infections nosocomiales (contractées en milieu hospitalier), notamment des infections de plaies, des infections urinaires, des infections post-opératoires, des infections respiratoires et des infections chez les patients brûlés (Hunter et Ensign, 1947; Wilson et coll., 1961; Herman et Himelsback, 1965; Lowbury et coll., 1970; Rusin et coll., 1997; Hoque et coll., 2001; Glasmacher et coll., 2003; Allen et coll., 2004; Tan et coll., 2004). Il a été établi que *Pseudomonas aeruginosa* est un des principaux agents étiologiques responsables d'infections de la peau et de l'oreille liées à la baignade et à l'utilisation de bain tourbillon et de cuves thermales, ainsi qu'à des infections de l'œil liées à des solutions pour lentilles cornéennes contaminées (Rusin et coll., 1997; OMS, 2006). Les espèces du genre *Aeromonas* ont aussi été associées à des maladies acquises dans la communauté, qui peuvent provoquer de la diarrhée principalement chez les enfants et les personnes âgées (Deodar et coll., 1991; Chopra et coll., 2009), mais on a noté que les souches d'*Aeromonas* identifiées dans les cas cliniques présentaient souvent un profil génétique différent de celui des souches observées dans l'eau potable (Havalaar et coll., 1992). D'autres bactéries hétérotrophes opportunistes ont retenu l'attention en raison de leur capacité de se multiplier dans les réseaux de distribution d'eau potable, notamment *Legionella* spp. et *Mycobacterium* spp. (van der Kooij, 2003). Les aérosols générés par les douches ou les cuves thermales peuvent constituer une voie de transmission des espèces du genre *Legionella* et *Mycobacterium*, en particulier en milieu hospitalier ou chez les sujets immunodéprimés (Payment et Robertson, 2004). Toutefois, rien ne permet de conclure qu'il existe une relation directe entre les concentrations de bactéries hétérotrophes dans l'eau traitée et la présence de ces microorganismes (OMS, 2002). Bien que ces bactéries puissent être présentes dans l'eau potable et qu'elles aient été associées à des infections opportunistes, on n'a jamais signalé que la consommation d'eau potable traitée pouvait constituer une voie d'exposition conduisant à l'infection. Santé Canada (2006) fournit de plus amples renseignements sur *Aeromonas*, *Legionella* et les mycobactéries non tuberculeuses.

B.2.1 Évaluation du risque

Bien que certaines bactéries hétérotrophes présentes dans l'eau potable soient des pathogènes opportunistes, de nombreuses études indiquent que les bactéries hétérotrophes isolées dans l'eau au moyen des méthodes de NBH ont très peu de facteurs de virulence (Lye et Dufour, 1991; Payment et coll., 1994; Edberg et coll., 1996, 1997; Stelma et coll., 2004). En outre, deux vastes études épidémiologiques n'ont fait ressortir aucune association entre l'ingestion d'eau potable contenant des bactéries hétérotrophes et la survenue de gastro-entérite chez les participants (Calderon et coll., 1988; Calderon et Mood, 1991). D'autres études épidémiologiques n'ont révélé aucune différence significative dans le taux de gastro-entérite entre les personnes buvant de l'eau potable municipale ayant subi ou n'ayant pas subi un traitement additionnel (Hellard et coll., 2001; Colford et coll., 2002). S'il est vrai que les bactéries hétérotrophes sont universellement présentes dans le sol, les aliments, l'air et tous les types d'eau, y compris l'eau potable traitée, les données cliniques et épidémiologiques sont insuffisantes pour permettre de conclure que les bactéries hétérotrophes présentes dans l'eau potable peuvent entraîner des risques accrus pour la santé.

B.3 Méthodes d'analyse

Les épreuves courantes de NBH sont des méthodes de culture simples visant à estimer le nombre de bactéries hétérotrophes viables dans l'eau potable (Lillis et Bissonette, 2001; Reasoner, 2004; APHA et coll., 2005). Ces épreuves ne renseignent pas sur le genre ou l'espèce des organismes détectés. La population de bactéries viables isolées différera en fonction de la méthode utilisée, de la compétition interspécifique et de la température d'incubation (Allen et coll., 2004). Les différences pourraient notamment s'expliquer par la présence de certaines bactéries se trouvant dans un état viable non cultivable et par le fait que les milieux utilisés pour la NBH ne fournissent pas les éléments nutritifs complexes nécessaires à la croissance de tous les hétérotrophes. Les méthodes de NBH ne permettent de dénombrer qu'un faible pourcentage, environ 1 %, des bactéries totales visualisées à l'examen direct au microscope (Wagner et coll., 1993).

Bien qu'il n'y ait pas un seul milieu de culture, une seule température ou une seule durée d'incubation qui puisse garantir la récupération de tous les organismes présents dans l'eau, la 21^e édition du *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et coll., 2005) fait état des conditions qui permettent une estimation valable d'espèces sélectionnées de la population cultivable. Il existe trois méthodes utilisées couramment pour la NBH : la méthode du milieu coulé en boîte de Pétri, la méthode de l'étalement sur plaque et la méthode de filtration sur membrane (APHA et coll., 2005). Outre ces méthodes, des méthodes enzymatiques ont été mises au point et sont maintenant commercialisées (Jackson et coll., 2000; Allen et coll., 2004). Quelle que soit la méthode utilisée pour la NBH, il est important qu'un programme de contrôle de la qualité soit mis en place pour démontrer la fiabilité des résultats. Une autre méthode a été étudiée pour la détermination de la concentration bactérienne dans les échantillons d'eau potable, il s'agit du dosage de l'ATP (adénosine triphosphate) (Deininger et Lee, 2001); cette méthode n'est toutefois pas utilisée couramment. Il convient de mentionner que pour faire des comparaisons valables entre les résultats de la NMH, il faut utiliser la même méthode et le même milieu de culture, et suivre les mêmes procédures d'incubation. Les échantillons recueillis en vue de la NBH doivent être analysés dans les 8 heures suivant le prélèvement, si possible. Cependant, lorsque le transport au laboratoire nécessite un délai d'entreposage plus long, l'échantillon devrait être maintenu à une température de 5°C (plus ou moins 3°C), afin de contrôler la recroissance bactérienne. Les échantillons ne devraient pas être congelés, et devraient être analysés dans les 24 heures (Narasimhan et Brereton, 2004; APHA et coll., 2005; ISO, 2006).

B.3.1 Méthodes classiques

B.3.1.1 Méthode du milieu coulé en boîte de Pétri

La méthode du milieu coulé en boîte de Pétri consiste en l'ajout d'un petit volume d'échantillon (0,1-2,0 mL) à de la gélose liquéfiée (44-46 °C); on verse ensuite le mélange dans des boîtes de Pétri et on le laisse se solidifier. Puis on inverse les boîtes pour prévenir la condensation dans les couvercles et on les incube le temps requis. Comme il est décrit en détail dans le *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et coll., 2005), deux procédures d'incubation sont habituellement utilisées : une incubation de 48 heures à 35 °C ou de 5 à 7 jours à 20-28 °C. La méthode du milieu coulé en boîte de Pétri produit généralement des colonies petites et denses, donc plus faciles à compter, mais qui présentent peu de caractéristiques morphologiques pouvant être utiles à leur identification. Comme les colonies sont incorporées au milieu gélosé ou immergées dans celui-ci, elles ont souvent une croissance plus lente et sont plus difficiles à transférer. Les bactéries incorporées à la gélose sont soumises à

des conditions de microaérobiose qui pourraient ne pas être optimales pour leur croissance. Finalement, comme l'échantillon bactérien est ajouté à de la gélose dont la température se situe entre 43 et 46 °C, les bactéries pourraient subir un stress secondaire attribuable au choc thermique, ce qui pourrait réduire leur viabilité. En conséquence, la méthode du milieu coulé en boîte de Pétri est la moins souhaitable des trois méthodes de NBH dans l'eau (Reasoner, 2004; APHA et coll., 2005).

B.3.1.2 Méthode de l'étalement sur plaque

La méthode de l'étalement sur plaque offre l'avantage de se faire sur une gélose solidifiée, ce qui élimine la possibilité de choc thermique. L'échantillon est étalé sur la surface de la gélose avec une tige propre et stérile, et les géloses sont incubées conformément aux procédures décrites pour la méthode du milieu coulé en boîte de Pétri. Les colonies ainsi obtenues sont sur la surface et donc faciles à transférer, et il est possible de distinguer leur morphologie. Comme l'échantillon doit être absorbé dans la surface de la gélose, il ne faut utiliser qu'un petit volume d'échantillon (0,1-0,5 mL). La méthode de l'étalement sur plaque permet généralement d'obtenir des numérations plus importantes de bactéries que la méthode du milieu coulé en boîte, même si le volume utilisé est plus faible (Allen et coll., 2004; Reasoner, 2004; APHA et coll., 2005).

B.3.1.3 Méthode de filtration sur membrane

Cette méthode de NBH est plus flexible que la méthode du milieu coulé en boîte de Pétri ou la méthode de l'étalement sur plaque, car elle permet l'analyse de volumes d'échantillon allant de moins de 1,0 mL jusqu'à 10 L selon la qualité de l'eau testée. La méthode de filtration sur membrane consiste à faire passer un échantillon d'eau par un filtre de 0,45 µm, lequel garde à sa surface les microorganismes hétérotrophes. On dépose ensuite le filtre sur un milieu de culture que l'on incube selon les procédures décrites pour la méthode du milieu coulé en boîte de Pétri. La méthode de filtration sur membrane élimine la possibilité de choc thermique. Toutefois, comme les colonies ne se forment que dans les limites du filtre utilisé, la taille de la surface d'observation est limitée. Il pourrait donc être nécessaire d'analyser plusieurs volumes d'échantillon si la concentration de bactéries hétérotrophes prévue est inconnue car, dans certains échantillons, les colonies pourraient être trop nombreuses pour être comptées. L'utilisation de colorant de contraste est utile pour pouvoir déceler les colonies qui n'ont pas de couleur. D'autres facteurs à considérer dans l'utilisation de cette méthode comprennent les dommages possibles aux cellules en raison de pressions de filtration excessives et la qualité variable de la membrane filtrante. Cette méthode permet toutefois de filtrer des grandes quantités d'eau à faible turbidité, ce qui la rend idéale pour les eaux dans lesquelles on s'attend à retrouver des faibles niveaux de bactéries (NBH est de moins de 10 UFC/mL) (Allen et coll., 2004; Reasoner, 2004; APHA et coll., 2005).

B.3.2 Autres méthodes

Il existe d'autres méthodes que les méthodes classiques de surveillance de la NBH dans l'eau potable. Ces méthodes ont été appliquées dans le cadre de recherches, mais ne sont pas utilisées actuellement pour la surveillance régulière.

B.3.2.1 Méthodes enzymatiques

Les méthodes enzymatiques font intervenir des milieux pour la NBH dont les substrats, une fois hydrolysés par les enzymes microbiennes, forment des produits détectables visuellement,

par exemple, par la libération d'une substance émettant une fluorescence. Cette technique a été utilisée pour la mise au point d'une méthode de détection des bactéries hétérotrophes commercialisée. La performance de la méthode enzymatique commercialisée a été comparée à celle de la méthode courante du milieu coulé en boîte de Pétri. Une forte corrélation positive a été dégagée entre les deux méthodes, ce qui permet de penser que la méthode enzymatique pourrait constituer une méthode de remplacement pour la NBH dans l'eau potable. La méthode enzymatique commercialisée a l'avantage d'être facile à utiliser et de ne pas nécessiter de préparation de milieux ou de stérilisation. Aussi, la numération des puits fluorescents positifs est facile et prend moins de temps que la numération des colonies sur les plaques de NBH standard (Jackson et coll., 2000).

B.3.2.2 Méthode du dosage de l'ATP

Le dosage de l'ATP par bioluminescence est décrit dans l'ouvrage *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA et coll., 2005). Cette méthode sépare l'ATP des cellules somatiques de l'ATP des cellules bactériennes. Un agent de libération des cellules somatiques lyse toutes les cellules non bactériennes et libère leur ATP. L'ATP bactérienne restante est mélangée avec le complexe luciférine-luciférase pour la production de lumière; la lumière émise est mesurée au moyen d'un luminomètre. L'activité de la luciférine-luciférase est vérifiée avec un étalon d'ATP. Le nombre d'unités relatives de lumière (RLU) émises est proportionnel à la quantité d'ATP présente, et la quantité d'ATP est proportionnelle au nombre de bactéries viables.

Avec cette méthode, on peut déterminer la qualité bactérienne de l'eau dans un délai beaucoup plus court, soit en moins de 5 minutes par comparaison à un minimum de 48 heures pour les autres méthodes de numération (Deininger et Lee, 2001). Il existe aussi un petit appareil portatif permettant d'effectuer l'analyse sur le terrain et ne nécessitant qu'une petite quantité d'échantillon.

B.4 Techniques de traitement

Le but du traitement de l'eau potable est de fournir un produit qui est sûr pour la consommation, tant d'un point de vue microbiologique que chimique. Contrairement à *E. coli* et aux coliformes totaux, il n'est ni possible ni nécessaire de réduire à zéro la concentration d'organismes hétérotrophes dans l'eau potable. Toutefois, les services de distribution d'eau devraient chercher à réduire au minimum les concentrations d'organismes hétérotrophes en mettant en œuvre des traitements appropriés et efficaces.

Les concentrations de bactéries hétérotrophes dans les sources d'eau varient grandement, de moins de 1 à 10 UFC/mL dans les eaux souterraines à plus de 1×10^7 UFC/mL dans les eaux de surface très polluées. Globalement, les méthodes d'élimination physique (y compris la coagulation, la floculation, la sédimentation, la filtration sur sable lente ou rapide et la filtration directe avec ou sans aide) peuvent supprimer 1 à 3 log de bactéries hétérotrophes. La désinfection peut permettre une élimination supplémentaire de 2 à 4 log, pour une élimination totale de 5 à 7 log. À ce niveau d'élimination, il est possible d'obtenir des concentrations de bactéries hétérotrophes de 10 UFC/mL ou moins dans l'eau prête au débit (Fox et Reasoner, 2006).

Les concentrations de bactéries hétérotrophes peuvent être réduites au minimum dans un réseau de distribution en assurant un approvisionnement en eau contenant de faibles quantités de carbone organique assimilable et une concentration résiduelle de désinfectant et en exerçant des pratiques exemplaires pour assurer l'entretien adéquat du réseau de distribution. Le carbone

organique assimilable peut être supprimé par divers procédés de traitement, notamment par le traitement conventionnel (coagulation, floculation, sédimentation et filtration), l'osmose inverse et la filtration biologique (Van der Kooj, 2003).

Une concentration résiduelle de désinfectant limite la croissance des microorganismes dans le réseau de distribution et peut offrir une certaine protection contre la contamination par intrusion. La disparition de la concentration résiduelle peut fournir une indication immédiate de l'apport de matière oxydable dans le réseau ou d'une déficience du procédé de traitement. Le type de désinfectant peut aussi être un facteur contribuant à limiter la croissance des bactéries. Les chloramines peuvent s'avérer plus efficaces que le chlore libre pour le contrôle de la recroissance bactérienne dans le réseau de distribution (LeChevallier, 2003). De plus, des concentrations élevées de bactéries hétérotrophes dans les réseaux chloraminés peuvent indiquer un rapport chlore-ammoniac inapproprié, entraînant un problème de nitrification dans le réseau de distribution (Noguera et coll., 2008). La nitrification dans le réseau de distribution peut avoir un effet néfaste sur la qualité de l'eau, notamment une augmentation des niveaux de nitrate et de nitrite, une diminution des concentrations résiduelles de chloramines et une augmentation de recroissance bactérienne (Kirmeyer et coll., 1995, 2004; Odell et coll., 1996; Wilczak et coll., 1996; Bremer et coll., 2001; U.S. EPA, 2002; Lytle et coll., 2007; Muylwyk, 2009; Zhang et coll., 2009).

La corrosion de tuyaux de fer peut avoir une incidence sur l'efficacité de la concentration résiduelle chlorée en matière d'inactivation de la pellicule biologique. Dans des études à grande échelle, les réseaux qui utilisent un inhibiteur de corrosion à base de phosphate présentaient des concentrations inférieures de coliformes par rapport aux réseaux ne pratiquant pas le contrôle de la corrosion (LeChevallier, 2003). Toutefois, l'ajout de phosphate dans les eaux où le phosphate est restreint peut favoriser de manière significative la croissance des bactéries, plus particulièrement lorsque la concentration de carbone organique biodégradable est élevée (Park et coll., 2008).

Il est possible de maintenir de faibles concentrations de bactéries hétérotrophes dans un réseau de distribution en l'absence de concentration résiduelle de désinfectant, si l'eau distribuée et les matériaux utilisés sont biologiquement stables, et que le réseau de distribution est optimisé de façon à prévenir la stagnation, l'accumulation de sédiments et les fluctuations de pression (Smeets et coll., 2009). Le nettoyage et la vidange des sédiments et des débris accumulés dans les canalisations de distribution peuvent contribuer à réduire les habitats propices à la croissance des bactéries. Toutefois, ces opérations doivent être effectuées régulièrement, puisqu'elles ne visent pas les causes sous-jacentes de la croissance des bactéries (LeChevallier, 2003). Des concentrations élevées de bactéries hétérotrophes peuvent également être observées lors d'un événement de contamination. Pour cette raison, les opérations de réparation et d'entretien doivent respecter des procédures rigoureuses pour éviter la contamination de l'eau.

À l'échelle résidentielle, les concentrations de bactéries hétérotrophes peuvent également augmenter dans l'eau qui a été traitée à l'aide de dispositifs au point d'utilisation ou au point d'entrée, comme des filtres au charbon ou des adoucisseurs d'eau, et dans les dispositifs de distribution d'eau. Un dispositif de traitement entretenu et utilisé correctement ne devrait pas poser de problème de qualité de l'eau associé à une recroissance bactérienne (Robertson et Brooks, 2003).

B.5 Considérations internationales

Une rencontre internationale d'experts, à Genève, en Suisse, a abouti à la conclusion que les bactéries hétérotrophes dans l'eau potable ne constituaient pas un problème de santé pour la population générale (OMS, 2002; Bartram et coll., 2004). Toutefois, certaines personnes dont le système immunitaire est affaibli pourraient être affectées (Rusin et coll., 1997; Pavlov et coll., 2004). Les conclusions tirées de cette rencontre d'experts appuient les recommandations sur l'eau potable de divers pays. Par exemple, les recommandations australiennes (Australian Drinking Water Guidelines) ne fixent pas de limite quantitative pour ce qui est de la concentration des bactéries hétérotrophes. Celle-ci est plutôt utilisée comme un indicateur de rendement fonctionnel pour l'évaluation de l'efficacité du traitement de l'eau potable. Elle peut aussi servir à évaluer la propreté et l'intégrité des réseaux de distribution : une augmentation significative des concentrations de bactéries hétérotrophes peut être un signe précurseur de contamination (NHMRC, 2004).

Le règlement *National Primary Drinking Water Regulations* établi par l'Environmental Protection Agency des États-Unis (U.S. EPA) précise que la concentration des bactéries hétérotrophes n'est pas nécessairement un indicateur des effets sur la santé, mais qu'une faible concentration de bactéries hétérotrophes dans l'eau potable est associée à un bon entretien du système de traitement et du réseau de distribution. Ce règlement établit que, pour les eaux de surface et les eaux souterraines assujetties à l'influence des eaux de surface, des techniques de traitement devraient être utilisées pour limiter la concentration des bactéries hétérotrophes dans l'eau potable à moins de 500 UFC/mL, mesurée à l'aide de la méthode standard sur gélose incubée à 35 °C pendant 48 heures (U.S. EPA, 2009). Cette norme n'est pas fondée sur des considérations de santé, mais tient compte du fait qu'à des concentrations supérieures à 500 UFC/mL, les bactéries hétérotrophes peuvent interférer avec certaines méthodes de récupération des coliformes totaux et d'*E. coli* (Geldreich et coll., 1972, Allen et coll., 2004).

Le Drinking Water Inspectorate of England and Wales, se fondant sur la Directive du Conseil de l'Union européenne relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Conseil de l'Union européenne, 1998), n'a pas établi de limite quantitative quant aux concentrations de bactéries hétérotrophes dans l'eau potable, mais a précisé qu'aucun changement anormal de ces concentrations ne devrait être observé dans l'eau du robinet, dans les usines de traitement ou dans les réservoirs de service (DWI, 2000).

Partie C. Bibliographie et sigles

C.1 Bibliographie

Allen, M.J., Edberg, S.C. et Reasoner, D.J. (2004). Heterotrophic plate count bacteria – What is their significance in drinking water? *Int. J. Food Microbiol.*, 92 : 265-274.

APHA/AWWA/WEF (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21^e éd. American Public Health Association, American Water Works Association et Water Environment Federation. Government Printing Office, Washington, DC.

Bartram, J., Fricker, C., Exner, M., Cotruvo, J. et Glasmacher, A. (2004). Heterotrophic plate count measurement in drinking water safety management: Report of an Expert Meeting, Geneva, 24-25 April 2002. *Int. J. Food Microbiol.*, 92 : 241-247.

Bremer, P., Webster, B. et Wells, B. (2001). Biocorrosion of copper in potable water. *J. Am. Water Works Assoc.*, 93(8): 82-91.

Calderon, R.L. (1988). Bacteria colonizing point-of-entry granular activated carbon filters and their relationship to human health. U.S. Environmental Protection Agency CR-813978-01-0, Cincinnati, Ohio.

Calderon, R.L. et Mood, E.W. (1991). Bacteria colonizing point-of use, granular activated carbon filters and their relationship to human health. U.S. Environmental Protection Agency CR-811904-01-0, Washington, DC.

Carter, J.T., Rice, E.W., Buchberger, S.G. et Lee, Y. (2000). Relationship between levels of heterotrophic bacteria and water quality parameters in a drinking water distribution system. *Water Res.*, 34(5) : 1495-1502.

Chopra, A.K., Graf, J., Horneman, A.J. et Johnson, J.A. (2009). Virulence factor-activity relationships (VFAR) with specific emphasis on *Aeromonas* species (spp.). *J. Water Health*, 7(S1) : S29-S54.

Clement, J., Spencer, C., Capuzzi A.J., Camper, A. Van Andel, K. et Sandvig, A. (2003). Influence of distribution system infrastructure on bacterial regrowth. American Water Works Association Research Foundation. Denver, Colorado. 122 p.

Colford, J.M., Rees, J.R., Wade, T.J., Khalakdina, A., Hilton, J.F., Ergas, I.J., Burns, S., Benker, A., Ma, C., Bowen, C., Mills, D.C., Vugia, D.J., Juranek, D.D. et Levy, D.A. (2002). Participant blinding and gastrointestinal illness in a randomized controlled trial of an in-home drinking water intervention. *Emerg. Infect. Dis.*, 8 : 29-36.

Conseil de l'Union européenne (1998). Directive 98/83/CE du conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. *Journal officiel des Communautés européennes*, L330 : 32.

Deininger, R.A. et Lee, J. (2001). Rapid determination of bacteria in drinking water using an ATP assay. *Field Anal. Chem. Technol.*, 5(4) : 185-189.

Deodhar, L.P., Saraswathi, K. et Varudkar, S. (1991). *Aeromonas* spp. and their association with human diarrheal disease. *J. Clin. Microbiol.* 29(5) : 853-856.

DWI (2000). Water, England and Wales: The Water Supply (Water Quality) Regulations 2000 No. 3184. Drinking Water Inspectorate. Accès : www.dwi.gov.uk/regs/si3184/3184.htm#sch1pA

Edberg, S.C., Gallo, P. et Kontnick, C. (1996). Analysis of the virulence characteristics of bacteria isolated from bottled, water cooler, and tap water. *Microb. Ecol. Health Dis.*, 9 : 67-77.

- Edberg, S.C., Kopps, S., Kontnick, C. et Escarzaga, M. (1997). Analysis of cytotoxicity and invasiveness of heterotrophic plate count bacteria (HPC) isolated from drinking water on blood media. *J. Appl. Microbiol.*, 82(4) : 455-461.
- Edberg, S.C. et Allen, M.J. (2004). Virulence and risk from drinking water of heterotrophic plate count bacteria in human population groups. *Int. J. Food Microbiol.*, 92 : 255-263.
- Foulquier, A., Mermillod-Blondin, F., Malard, F. et Gilbert, J. (2011). Response of sediment biofilm to increased dissolved organic carbon supply in groundwater artificially recharged with stormwater. *J. Soils Sediments* 11:382–393.
- Fox, K.R. et Reasoner, D.J. (2006). Water quality in source water, treatment, and distribution systems. Dans : *AWWA manual of water supply practices. AWWA M48. 2^e éd. Waterborne pathogens. American Water Works Association, Denver, Colorado. p. 21- 35.*
- Geldreich, E.E., Nash, H.D., Reasoner, D.J. et Taylor, R.H. (1972). The necessity of controlling bacterial populations in potable waters: community water supply. *J. Am. Water Works Assoc.*, 64 : 596-602.
- Geldreich, E.E. (1996). *Microbial quality of water supply in distribution systems. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.*
- Glasmacher, A., Engelhart, S. et Exner, M. (2003). Infections from HPC organisms in drinking water amongst the immunocompromised. Dans : *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety. The significance of HPCs for water quality and human health. J. Bartram, J. Cotruvo, M. Exner, C. Fricker and A. Glasmacher (dir. de pub.). IWA Publishing, Londres, Royaume-Uni. p. 137-145.*
- Griebler, C. et Lueders, T. (2009). Microbial biodiversity in groundwater ecosystems. *Freshwater Biol.* 54: 649–677.
- Havelaar, A.H., Schets, F.M., van Silfhout, A., Jansen, W.H., Wieten G. et van der Kooij, D. (1992). Typing of *Aeromonas* strains from patients with diarrhoea and from drinking water. *J. Appl. Bacteriol.*, 72 : 435-444.
- Hellard, M.E., Sinclair, M.I., Forbes, A.B. et Fairley, C.K. (2001). A randomized, blinded, control trial investigating the gastrointestinal health effects of drinking water quality. *Environ. Health Perspect.*, 109(8) : 773-778.
- Herman, L.S. et Himelsback, C.K. (1965). Detection and control of hospital sources of flavobacteria. *Hospitals*, 39 : 72-76.
- Hoque, S.N., Graham, J., Kaufmann, M.E. et Tabaqchali, S. (2001). *Chryseobacterium (Flavobacterium) meningosepticum* outbreak associated with colonization of water taps in a neonatal intensive care unit. *J. Hosp. Infect.*, 47(3) : 188-192.
- Hunter, C.A. et Ensign, P.R. (1947). An epidemic of diarrhea in a newborn nursery caused by *Pseudomonas aeruginosa*. *Am. J. Public Health Nations Health*, 37(9) : 1166-1169.
- ISO (2006). *Water Quality - Sampling for microbiological analysis. International Standard ISO 19458:2006E. International Organization for Standardization. Genève, Suisse.*
- Jackson, R.W., Osborne, K., Barnes, G., Jolliff C., Zamani, D., Roll, B., Stillings, A., Herzog, D., Cannon, S. et Loveland, S. (2000). Multiregional evaluation of the SimPlate heterotrophic plate count method compared to the standard plate count. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66(1) : 453-454.
- Kirmeyer, G., Odell, L., Jacangelo, J., Wilczak, A. et Wolfe, R (1995). Nitrification occurrence and control in chloraminated water systems. American Water Works Association Research Foundation et American Water Works Association, Denver, Colorado.

Kirmeyer, G.J., LeChevallier, M., Baribeau, H., Martel, K., Thompson, G., Radder, L., Klement, W. et Flores, A. (2004). Optimizing chloramine treatment. 2^{ème} édition. Rapport de l'AwwaRF N° 90993. American Water Works Research Foundation et American Water Works Association, Denver, Colorado.

LeChevallier, M.W. (2003). Conditions favouring coliform and HPC bacterial growth in drinking-water and on water contact surfaces. Dans : Heterotrophic plate counts and drinking-water safety. The significance of HPCs for water quality and human health. J. Bartram, J. Cotruvo, M. Exner, C. Fricker et A. Glasmacher (dir. de pub.). IWA Publishing, Londres. p. 177-198.

Lillis, T.O. et Bissonnette, G.K. (2001). Detection and characterization of filterable heterotrophic bacteria from rural groundwater supplies. Lett. Appl. Microbiol., 32 : 268-272.

Lowbury, E.J., Thom, B.T., Lilly, H.A., Babb, J.R. et Whittall, K. (1970). Sources of infections with *Pseudomonas aeruginosa* in patients with tracheostomy. J. Med. Microbiol. 3(1) : 39-56.

Lye, D.J. et Dufour, A.P. (1991). A membrane filter procedure for assaying cytotoxic activity in heterotrophic bacteria isolated from drinking water. J. Appl. Bacteriol., 70 : 89-94.

Lytle, D., Sorg, T., Wang, L., Muhlen, C., Rahrig, M. and French, K. (2007). Biological nitrification in a full scale and pilot scale iron removal drinking water treatment plant. J. Water SRT – Aqua, 56(2): 125–136.

Muylywyk, Q. (2009). Chloramine 101: Introduction to planning, design, implementation, and operation with chloramine. A little bit of chloramines chemistry. American Water Works Association Annual Conference and Exposition, 14 au 18 juin, San Diego, Californie.

Narasimham, R. et Brereton, J. (2004). Developing a Bacteriological Sampling Plan – Guidance Manual. Awwa Research Foundation, Denver, Colorado. 68 p.

NHMRC (2004). Australian drinking water guidelines 6. National Health and Medical Research Council. Disponible à : www.nhmrc.gov.au/publications/synopses/eh19syn.htm

Noguera, D., Yilmaz, L., Harrington, G. et Goel, R. (2008). Identification of heterotrophic bacteria that colonize chloraminated drinking water distribution systems. AwwaRF Report 91230. American Water Works Research Foundation, Denver, Colorado.

Odell, L., Kirmeyer, G., Wilzak, A., Jacangelo, J., Marchinko, J. et Wolfe, R. (1996). Controlling nitrification in chloraminated systems. J. Am. Water Works Assoc., 88(7): 86–98.

OMS (2002). Heterotrophic plate count measurement in drinking water safety management. Report of an Expert Meeting, Genève, 24-25 avril. Protection de l'environnement humain, Eau, Assainissement et Santé, Organisation mondiale de la santé, Genève, Suisse. Disponible à : www.who.int/water_sanitation_health/dwq/wsh0210/en/

OMS (2006). Guidelines for safe recreational water environments. Volume 2. Swimming pools and similar recreational-water environments. Organisation mondiale de la santé, Genève, Suisse. Disponible à : www.who.int/water_sanitation_health/bathing/bathing2/en/

Park, S.-K., Kim, Y.-K. et Choi, S.-C. (2008). Response of microbial growth to orthophosphate and organic carbon influx in copper and plastic based plumbing water systems. Chemosphere, 72 : 1027-1034.

Pavlov, D., de Wet, C.M.E., Grabow, W.O.K. et Ehlers, M.M. (2004). Potentially pathogenic features of heterotrophic plate count bacteria isolated from treated and untreated drinking water. Int. J. Food Microbiol., 92 : 275-287.

Payment, P. (1999). Heterotrophic bacteria. Dans : AWWA manual of water supply practices. AWWA M48. Waterborne pathogens. American Water Works Association, Denver, Colorado. p. 83-87.

- Payment, P., Coffin, E. et Paquette, G. (1994). Blood agar to detect virulence factors in tap water of heterotrophic bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, 60 : 1179-1183.
- Payment, P. et Robertson, W. (2004). The microbiology of piped distribution systems and public health. Dans : *Safe piped water: managing microbial water quality in piped distribution systems*. R. Ainsworth (dir. de pub.). IWA Publishing, Londres, Royaume-Uni. p. 1-18.
- Pepper, I.L., Rusin, P., Quintanar, D.R., Haney, C., Josephson, K.L. et Gerba, C.P. (2004). Tracking the concentration of heterotrophic plate count bacteria from the source to the consumer tap. *Int. J. Food Microbiol.*, 92 : 289-295.
- Prévost, M., Rompré, A., Baribeau, H., Coallier, J. et Lafrance, P. (1997). Service lines: their effect on microbiological quality. *J. Am. Water Works Assoc.*, 89(7) : 78-91.
- Reasoner, D.J. (1990). Monitoring heterotrophic bacteria in potable water. Dans : *Drinking water microbiology – progress and recent developments*. G.A. McFeters (dir. de pub.). Springer-Verlag Inc., New York, New York. p. 452-477.
- Reasoner, D.J. (2004). Heterotrophic plate count methodology in the United States. *Int. J. Food Microbiol.*, 92 : 307-315.
- Robertson, W. et Brooks, T. (2003). The role of HPC in managing the treatment and distribution of drinking water. Dans : *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety. The significance of HPCs for water quality and human health*. J. Bartram, J. Cotruvo, M. Exner, C. Fricker et A. Glasmacher (dir. de pub.). IWA Publishing, Londres. p. 233-244.
- Rusin, P.A., Rose, J.B., Haas, C.N. et Gerba, C.P. (1997). Risk assessment of opportunistic bacterial pathogens in drinking water. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, 152 : 57-83.
- Santé Canada (2013). Document de conseils sur les bactéries pathogènes d'origine hydrique. Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). Disponible à : www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/index-fra.php
- Smeets, P.W.M.H., Medema, G.J. et van Dijk, J.C. (2009). The Dutch secret: how to provide safe drinking water without chlorine in the Netherlands. *Drinking Water Eng. Sci.*, 2 : 1-14.
- Stelma Jr, G.N., Lye, D.J., Smith, B.G., Messer, J.W. et Payment, P. (2004). Rare occurrence of heterotrophic bacteria with pathogenic potential in potable water. *Int. J. Food Microbiol.*, 92(3) : 249-254.
- Stine, S.W., Pepper, I.L. et Gerba, C.P. (2005). Contribution of drinking water to the weekly intake of heterotrophic bacteria from diet in the United States. *Water Res.*, 39 : 257-263.
- Symons, J.M., Bradley Jr., L.C. et Cleveland, T.C. (2000). *The drinking water dictionary*. American Water Works Association, Denver, Colorado.
- Tan, L., Sun, X., Zhu, X., Zhang, Z., Li, J. et Shu, Q. (2004). Epidemiology of nosocomial pneumonia in infants after cardiac surgery. *Chest* 125(2) : 410-417.
- U.S. EPA (2002). Nitrification. Document préparé pour la Standards and Risk Management Division, Office of Groundwater and Drinking Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- U.S. EPA (2009). National primary drinking water regulations. U.S. Environmental Protection Agency EPA 816-F-09-004, Washington, DC.

van der Kooij, D. (2003). Managing regrowth in drinking water distribution systems. Dans : Heterotrophic plate counts and drinking-water safety. The significance of HPCs for water quality and human health. J. Bartram, J. Cotruvo, M. Exner, C. Fricker et A. Glasmacher (dir. de pub.). IWA Publishing, Londres, Royaume-Uni. p. 199-232.

Wagner, M., Amann, R., Lemmer, H. et Schleifer, K.H. (1993). Probing activated sludge with oligonucleotide specific for Proteobacteria: inadequacy of culture-dependent methods for describing microbial community structure. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59 : 1520-1525.

Wadhwa, S.G., Khaled, G.H. et Edberg, S.C. (2002). Comparative microbial character of consumed food and drinking water. *Crit. Rev. Microbiol.*, 28(3) : 249-279.

Wilczak, A., Jacangelo, J., Marcinko, J., Odell, L., Kirmeyer, G. et Wolf, R. (1996). Occurrence of nitrification in chloraminated distribution systems. *J. Am. Water Works Assoc.*, 88(7): 74–85.

Wilson, M.G., Nelson, R.C., Phillips, L.H. et Boak, R.A. (1961). New source of *Pseudomonas aeruginosa* in a nursery. *J. Am. Med. Assoc.*, 175 : 1146-1148.

Zhang, Y., Groiffin, A., Rahman, M., Camper, A. et Edwards, M. (2009). Lead contamination of potable water due to nitrification. *Environ. Sci. Technol.*, 43(6): 1890–1895.

C.2 Liste des sigles

APHA	American Public Health Association
ATP	adénosine triphosphate
AWWA	American Water Works Association
DWI	Drinking Water Inspectorate (Royaume-Uni)
EPA	Environmental Protection Agency (États-Unis)
NBH	Numération des bactéries hétérotrophes
NHMRC	National Health and Medical Research Council (Australie)
OMS	Organisation mondiale de la Santé
RLU	Unité relative de lumière
UFC	Unité formant des colonies
WEF	Water Environment Federation