

Qualité de l'eau 101

Introduction aux microsystemes
d'approvisionnement en eau potable



Version 1.1



Qualité de l'eau 101

Introduction aux microsystemes
d'approvisionnement en eau potable

MANUEL

Version 1.1

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2011

Document préparé par le
Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau

Catalogue : A22-542/2011-PDF

ISBN : 978-1-100-53413-8

No AAC : 11490M

L'INFORMATION CONTENUE DANS LE PRÉSENT MANUEL ET LE SITE WEB CONNEXE D'APPRENTISSAGE EN LIGNE EST FOURNIE À DES FINS ÉDUCATIVES.

L'information présentée porte sur les pratiques exemplaires employées au moment de la publication. Puisque les pratiques et les normes changent au fil du temps, consultez votre fournisseur ou un spécialiste de la qualité de l'eau pour vous assurer que l'information est exacte et à jour.

Le gouvernement du Canada ne peut être tenu responsable d'une interprétation ou d'une application incorrecte, inappropriée ou négligente de l'information contenue dans ses documents protégés par le droit d'auteur.

Le gouvernement du Canada n'appuie aucun produit, processus ou service présenté dans le présent document ou le vidéo qui y est associé.

© SA MAJESTÉ LA REINE DU CHEF DU CANADA, 2011

La documentation ne peut être reproduite sans autorisation.

Le présent document de formation a été préparé par le Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau.

Ministères et organismes participants

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Agence des services frontaliers du Canada

Garde côtière canadienne

Agence canadienne d'inspection des aliments

Service correctionnel du Canada

Affaires étrangères et Commerce international Canada

Santé Canada

Santé Canada – Direction générale de la santé des Premières nations et des Inuits

Affaires autochtones et Développement du Nord Canada

Défense nationale et Forces canadiennes

Agence Parcs Canada

Travaux publics et Services gouvernementaux Canada

Gendarmerie royale du Canada

Transports Canada

1	Qualité de l'eau – survol	1
1.1	Introduction	1
1.2	Réglementation et diligence raisonnable	1
1.3	Sources d'approvisionnement naturelles	2
1.4	Contaminants présents dans l'eau	2
1.5	Approche à barrières multiples	3
1.6	Procédés de traitement	4
1.7	Cibles à atteindre pour une eau potable salubre	5
1.8	Systèmes de distribution	6
1.9	Notes sur le chapitre 1	7
2	Sources d'eau douce	8
2.1	Introduction	8
2.2	Distribution de l'eau sur la planète	8
2.3	Le cycle de l'eau dans l'environnement	9
2.4	Eaux de surface	10
2.5	Eaux souterraines	12
2.6	Eaux municipales	14
2.7	Eau embouteillée	15
2.8	Comprendre la source d'approvisionnement en eau	16
2.9	Notes sur le chapitre 2	17
3	Aue contient l'eau?	18
3.1	Introduction	18
3.2	Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada	19
3.3	Contaminants microbiologiques	19
3.3.1	Bactéries	22
3.3.2	Virus	28
3.3.3	Protozoaires	30
3.4	Contamination chimique	31
3.4.1	Contaminants chimiques inorganiques	32
3.4.2	Contaminants chimiques organiques	33
3.5	Autres caractéristiques de l'eau	35
3.5.1	pH	35
3.5.2	Alcalinité	36
3.5.3	MDT	36
3.5.4	Conductivité	36
3.5.5	Dureté	37
3.5.6	Couleur	37
3.6	Autres contaminants dont il faut tenir compte	37
3.7	Notes sur le chapitre 3	40

4	Chimie et calculs de base	41
4.1	Introduction.....	41
4.2	Composition chimique.....	41
4.3	pH et alcalinité.....	42
4.4	Concentration.....	43
4.5	Dilution.....	44
4.6	Volume.....	45
4.7	Débit.....	47
4.8	Calculs de conversion	49
4.9	Notes sur le chapitre 4.....	50
5	Technologies de traitement	51
5.1	Introduction.....	51
5.2	Clarification	52
5.3	Filtration	53
5.4	Filtres à sable et multicouches.....	54
5.5	Filtres à charbon actif en grains.....	56
5.6	Filtres à cartouche.....	57
5.7	Filtres à membrane.....	58
5.8	Oxydation.....	60
5.9	Échange d'ions.....	60
5.10	Désinfection.....	62
5.11	Types de chlore.....	64
5.12	Rayonnement ultraviolet	65
5.13	Conception des systèmes de traitement	66
5.14	Exploitation et entretien des systèmes de traitement	69
5.15	Notes sur le chapitre 5.....	71
6	Systèmes de distribution	72
6.1	Introduction.....	72
6.2	Résidu de chlore	72
6.3	Réservoirs de stockage d'eau potable	75
6.4	Vannes et conduites	77
6.5	Prévention des jonctions fautives et du refoulement	78
6.6	Eau livrée par camion.....	80
6.7	Eau embouteillée et fontaines réfrigérantes.....	82
6.8	Notes sur le chapitre 6.....	84
7.0	Connaître son système, de la source au robinet	85
7.1	Introduction.....	85
7.2	Évaluation des vulnérabilités et gestion des risques	85

7.2.1	Connaître la source.	85
7.2.2	Déterminer les dangers	86
7.2.3	Déterminer la vulnérabilité aux dangers.	86
7.3	Enquête sanitaire.	87
7.4	Analyse chimique de base.	87
7.5	Protection de la source	89
7.6	Utilisation des eaux municipales.	91
7.7	Notes sur le chapitre 7.	92
8	Surveillance et analyse	93
8.1	Introduction.	93
8.2	Quand doit-on prélever des échantillons?	93
8.3	Que doit-on analyser?	94
8.4	Où doit-on prélever les échantillons?	95
8.5	Comment doit-on prélever les échantillons?	96
8.6	Où doit-on envoyer les échantillons?	97
8.7	Notes sur le chapitre 8.	98
9	Analyse et production de rapports	99
9.1	Introduction.	99
9.2	Lecture du rapport de laboratoire	99
9.3	Résultats d'analyse	100
9.4	Responsabilités et tenue des dossiers	101
9.5	Notes sur le chapitre 9.	103
10	Chercher de l'aide	104
10.1	Introduction.	104
10.2	Équipement	104
10.3	Systèmes de distribution.	105
10.4	Surveillance	106
10.5	Procédures normalisées d'exploitation	107
10.6	Formation continue	107
10.7	Notes sur le chapitre 10.	109
	Annexe A: Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada	110
	Annexe B: Unités, conversions et exemples de calculs	115
	Annexe C : Nettoyage des fontaines réfrigérantes	122
	Annexe D : Foire aux questions	124

AVANT-PROPOS

Le gouvernement fédéral assume ou partage la responsabilité d'assurer la salubrité de l'eau potable dans les installations fédérales au Canada et à l'étranger, les navires de la Garde côtière canadienne et les collectivités des Premières nations. Ses obligations juridiques à l'égard de ses employés en tant que fournisseur d'eau potable sont décrites dans le Code canadien du travail et les règlements afférents, lesquels exigent que les employeurs du gouvernement fédéral fournissent de l'eau potable aux employés conformément aux normes établies. Le Règlement canadien sur la santé et la sécurité au travail prescrit à ce titre une version précise des Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada.

L'exécution de ces responsabilités comporte plusieurs difficultés, notamment en raison du fait que bon nombre des systèmes appartenant au gouvernement fédéral sont petits et situés en régions éloignées. À cela s'ajoute le manque de formation sur la qualité de l'eau portant spécialement sur ce type de système. Le fait de veiller à ce que les compétences appropriées soient appuyées par une formation adéquate n'est pas seulement un élément essentiel de diligence raisonnable; il s'agit également de l'une des barrières de l'approche à barrières multiples visant à fournir de l'eau potable salubre.

Ayant déterminé qu'il fallait élaborer un programme fédéral sur l'eau potable qui comprendrait une stratégie de qualité de l'eau « de la prise d'eau au robinet » dans tous les secteurs de compétence fédérale, les ministères fédéraux ont décidé, en 2002, de mettre sur pied le Groupe de travail interministériel sur l'eau potable. L'objectif principal de ce groupe consistait à préparer le document d'orientation *Conseils pour un approvisionnement en eau potable salubre* dans les secteurs de compétence fédérale, dans lequel on décrit les démarches à employer dans les activités telles que l'inspection et la surveillance des systèmes d'approvisionnement en eau potable et la formation et certification des opérateurs. Ce document porte principalement sur les petits et très petits systèmes d'eau potable et fournit une feuille de route visant à aider les ministères à se conformer aux Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada.

Si des formations sont offertes sur les systèmes municipaux, celles qui portent sur les microsystèmes (systèmes très petits qui fournissent de l'eau potable à 25 personnes ou moins) sont plus rares et de moins bonne qualité. Les ministères sont conscients qu'ils ont l'occasion de travailler de concert pour établir et fournir des formations associées à l'application du document d'orientation et à l'exercice des obligations réglementaires et d'une diligence raisonnable en ce qui concerne l'approvisionnement en eau potable dans les secteurs alimentés par des microsystèmes. On est conscient que même si les ministères peuvent chacun avoir des besoins particuliers en matière de formation, plusieurs partagent les mêmes besoins fondamentaux.

Voilà pourquoi on a mis sur pied le Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau en tant que sous-comité et organisme complémentaire du Groupe de travail interministériel sur l'eau potable. Ce conseil est composé de représentants de divers ministères et organismes fédéraux ayant chacun des responsabilités entourant l'approvisionnement en eau potable salubre aux employés et aux autres personnes qui utilisent leurs installations. Les membres du Conseil travaillent de concert pour élaborer une stratégie commune visant à répondre aux besoins en matière de formation sur les microsystèmes des fournisseurs d'eau potable du gouvernement fédéral.

Il en est résulté la création du présent cours, intitulé « Qualité de l'eau 101 – Introduction aux microsystèmes d'approvisionnement en eau potable » (QE101), et de plusieurs modules de formation autonomes. Le cours QE101 représente une introduction détaillée à la qualité de l'eau en général et en ce qui a trait aux microsystèmes d'approvisionnement en eau potable. Même si le cours peut constituer une bonne introduction pour les opérateurs de systèmes municipaux de traitement de l'eau, il ne s'agit pas du public visé ici. En effet, le cours présente

les notions de base sur la qualité de l'eau en mettant l'accent sur les microsystemes. Il comprend six thèmes, soit : diligence raisonnable et le Code canadien du travail, principes de base de la qualité de l'eau, échantillonnage et tenue de dossiers, gestion et communication des données, exploitation et entretien, protection de l'eau d'approvisionnement.

Le cours QE101 est divisé en deux volets, soit le cours en ligne et le présent manuel. Le cours en ligne constitue le principal outil d'apprentissage et comprend plusieurs modules permettant une adaptation en fonction des besoins de l'apprenant. Il fournit de l'information sur des sujets précis et les points importants à retenir au niveau d'initiation. Le présent manuel traite plus en détail des sujets dont il est question dans le module en ligne et permet ainsi à l'apprenant d'obtenir facilement de l'information complémentaire sur chacun de ces sujets.

1 Qualité de l'eau - survol

1.1 Introduction

Les systèmes de traitement de l'eau varient en grosseur selon le nombre de personnes qu'ils desservent. Dans chaque province, diverses organisations offrent des formations certifiées par la province concernant l'exploitation et l'entretien des gros systèmes. Le présent cours peut offrir de l'information de base sur ces systèmes, mais il vise avant tout à accroître la compréhension et à fournir des conseils concernant l'exploitation et l'entretien des microsystèmes. Par définition, les microsystèmes servent à fournir de l'eau à 25 personnes ou moins. Il peut également s'agir de systèmes utilisés dans une maison là où des dispositifs de traitement offerts sur le marché sont employés pour traiter l'eau. Le présent manuel comporte trois niveaux de formation :

- 1 Connaissances de base : compréhension des concepts fondamentaux liés à l'approvisionnement en eau potable salubre par les microsystèmes.
- 2 Compréhension confirmée : bonne compréhension des divers sujets traités dans le cadre du cours en ce qui concerne l'approvisionnement en eau potable salubre par les microsystèmes.
- 3 Compétence éprouvée : compréhension confirmée (voir l'explication ci-dessus) et la réussite d'un ensemble de questions qui vérifient et démontrent la compréhension de l'apprenant.

La formation comprend plusieurs modules et peut être adaptée à divers groupes, qu'il s'agisse de cadres supérieurs, d'autorités responsables, d'opérateurs de systèmes de traitement de l'eau ou de personnes qui s'occupent de la surveillance de la qualité de l'eau. La formation englobe les principes fondamentaux de la qualité de l'eau, ainsi que des conseils tirés du document fédéral *Conseils pour un approvisionnement en eau potable salubre* dans les secteurs de compétence fédérale et des éléments des *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada (RQEPC)* publiées par Santé Canada.

1.2 Réglementation et diligence raisonnable

L'eau est tout simplement essentielle à la vie. La partie II du Code canadien du travail stipule que l'employeur (dans ce cas-ci, le gouvernement du Canada) doit fournir à ses employés de l'eau potable qui peut être consommée ou utilisée pour préparer des aliments ou se laver. Autrement dit, les ministères fédéraux ont l'obligation juridique de veiller à ce que leurs employés aient toujours accès à de l'eau potable salubre.

L'employeur doit prendre les mesures appropriées pour assurer la santé et la sécurité des employés qui utilisent l'eau fournie dans les installations fédérales. Dans certains cas, notamment dans les installations utilisées par le public, veiller à la salubrité de l'eau potable est davantage une question de diligence raisonnable qu'une obligation juridique. Faire preuve de diligence raisonnable signifie prendre toutes les précautions nécessaires dans une situation donnée pour s'assurer que personne ne subit de torts.

Le Groupe de travail interministériel sur l'eau potable a préparé un document d'orientation afin d'aider les ministères à remplir leurs obligations en vertu du Code canadien du travail et à faire preuve de diligence raisonnable dans l'approvisionnement en eau potable. Ce document, intitulé *Conseils pour un approvisionnement en eau*

Le saviez vous?

On estime que les problèmes de santé associés à la pollution de l'eau coûtent chaque année 300 millions de dollars aux Canadiens.



potable salubre dans les secteurs de compétence fédérale, est fourni sur le site Web de Santé Canada.

Santé Canada publie également les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, que le ministère met à jour régulièrement et qui comprennent les concentrations maximales acceptables, des objectifs de qualité esthétique et des recommandations d'ordre opérationnel concernant divers contaminants et d'autres paramètres mesurés dans l'eau potable. Ces recommandations s'appuient sur l'information scientifique actuelle et sont élaborées et approuvées en collaboration avec des partenaires provinciaux et territoriaux.

1.3 Sources d'approvisionnement naturelles

L'eau (H_2O), dans sa forme pure, est un composé simple. Elle se présente naturellement dans l'un de trois états de base, soit sous forme solide (glace), liquide ou gazeuse (brouillard, nuages, etc.). L'eau se transforme continuellement, passant d'un état à un autre lorsqu'elle se déplace de l'atmosphère au sol, puis sous le sol, et qu'elle retourne finalement dans l'atmosphère. C'est ce que l'on appelle le cycle hydrologique.

À mesure qu'elle suit ce cycle, l'eau entre en contact avec de multiples contaminants. Étant un des solvants les plus universels, l'eau contient presque toujours des substances dissoutes, en plus de substances en suspension. Ces substances peuvent être naturelles ou d'origine humaine. Certaines posent un danger pour la santé humaine (p. ex., arsenic, nitrates), alors que d'autres nuisent au traitement de l'eau (p. ex., fer, calcium). Les matières organiques (p. ex., matériel végétal en décomposition, petites particules de sol en suspension) peuvent entraîner des problèmes pour le traitement de l'eau et nuire aux procédés de désinfection. L'eau provenant de la surface terrestre (eaux de surface – lacs, rivières, étangs) et de sources souterraines (eaux souterraines – sources, puits, aquifères) peut contenir des matières particulières dissoutes ou en suspension.

À l'état naturel, l'eau contient une gamme variée d'organismes, dont bon nombre sont invisibles à l'œil nu – ils sont microscopiques. Les eaux de surface contiennent presque toujours des contaminants microbiologiques, dont certains peuvent entraîner des maladies ou même la mort (agents pathogènes). C'est également le cas des eaux souterraines provenant de puits peu profonds (en général, ceux dont la profondeur est de 30 m ou moins) qui peuvent subir l'influence des eaux de surface. L'eau des puits plus profonds peut également contenir des contaminants microbiologiques, comme des bactéries et des virus. Les bactéries naturelles sont généralement inoffensives, mais les virus peuvent être nuisibles et les aquifères et puits peuvent être contaminés. Il est donc préférable de présumer que l'eau non traitée n'est pas salubre tant que des analyses n'ont pas prouvé le contraire.

1.4 Contaminants présents dans l'eau

Plusieurs types de substances peuvent nuire à la qualité de l'eau. Ces substances sont souvent regroupées selon leurs caractéristiques – microorganismes, produits chimiques inorganiques ou organiques et composés radiologiques.

Les microorganismes sont un groupe d'organismes vivants qui comprennent les protozoaires, les bactéries et les virus. Ils peuvent vivre dans l'eau, le sol et l'atmosphère et sont présents dans les plans d'eau de surface, dans les puits, sous l'écorce terrestre et même sur les roches. Bien que de nombreux microorganismes ne posent aucun danger

Le saviez vous?

La dureté de l'eau peut entartrer les conduites, l'équipement de traitement de l'eau, les chauffe eau et les fournaies. Une couche de tartre d'un seizième de pouce d'épaisseur peut réduire de 15 % l'efficacité d'un chauffe eau. La dureté peut également augmenter de 50 % à 90 % la consommation de savon en rendant la formation de mousse plus difficile.

pour l'humain, d'autres peuvent provoquer des maladies et, dans certains cas, la mort. L'identification du type de microorganismes présents dans l'eau et la mesure du nombre de ceux-ci doivent être réalisées par un laboratoire accrédité.

Les produits chimiques inorganiques sont souvent d'origine naturelle. Ceux qui s'inscrivent dans cette catégorie sont le résultat de processus naturels abiotiques. On considère que la Terre est en grande partie inorganique. Les composés inorganiques sont créés par les éléments que l'on trouve sur la planète. Certains sont toxiques pour l'humain, tandis que d'autres sont considérés comme nuisibles. Parmi les substances chimiques inorganiques présentes dans l'eau, citons l'arsenic, le calcium, le fer et les sulfates. Bien que la majorité des composés inorganiques soient naturels, certains peuvent être d'origine humaine. Deux formes inorganiques communes, le nitrate de potassium et le nitrate d'ammonium, sont couramment utilisés comme engrais.

Il n'existe pas de définition unique du terme « composé organique ». Toutefois, les composés appartenant à cette catégorie sont habituellement définis comme des composés dont la structure comporte du carbone. Les substances chimiques organiques peuvent être naturelles et provenir de certains végétaux et sucres, mais un grand nombre d'entre elles sont d'origine humaine et résultent de procédés de fabrication, tels que les produits pétroliers, les plastiques, les pesticides agricoles et le caoutchouc artificiel. Règle générale, les composés organiques sont d'origine artificielle. Par exemple l'atrazine (herbicide), le benzène (solvant extrait du pétrole brut) et le polychlorure de vinyle (PVC – un plastique).

Les radionucléides sont présents dans l'environnement (y compris dans l'eau) sous forme d'éléments naturels, et peuvent aussi être des sous-produits de technologies nucléaires. Le radium, le radon et l'uranium ne sont que quelques-uns des composés radiologiques naturels les plus courants. Les radionucléides que l'on trouve couramment dans l'eau comprennent ceux qui sont liés au radium et au plomb.

1.5 Approche à barrières multiples

Il est difficile de garantir que l'eau demeure salubre et potable sans effectuer une surveillance et des analyses continues de la qualité de l'eau. En posant plusieurs barrières aux contaminants, on assure une plus grande salubrité que si l'on n'applique qu'une seule barrière. Un système qui comprend un filtre et un procédé de désinfection, par exemple, fournirait deux barrières qui bloqueraient la majorité des contaminants microbiologiques, alors qu'un système qui comprend seulement un filtre ne fournirait qu'une seule barrière.

Le saviez-vous?

Les Canadiens utilisent en moyenne 343 litres d'eau par jour à des fins domestiques. La majeure partie de cette eau est utilisée dans la salle de bain.

Figure 1.1 Approche à barrières multiples

Les barrières englobent non seulement les dispositifs ou procédés physiques, mais également les mesures visant à influencer indirectement ou directement sur les contaminants dans l'eau ou à effectuer la surveillance de ces contaminants – p. ex., protection de la source d'approvisionnement, programme périodique d'échantillonnage, d'analyse, d'évaluation et de production de rapports concernant la qualité de l'eau.

Une connaissance approfondie du système d'approvisionnement en eau, de la source au robinet, constitue un élément clé de l'approche à barrières multiples. Cette connaissance s'acquiert à l'aide de divers outils, comme indiqué dans le document d'orientation. Dans l'évaluation des vulnérabilités, on se penche sur la source, on dresse la liste des dangers associés à l'environnement et on détermine les conséquences éventuelles sur l'eau. On peut ainsi déterminer quelles sont les mesures que l'on doit prendre pour réduire au minimum les risques de détérioration de la qualité de la source d'approvisionnement. L'enquête sanitaire, un autre outil, constitue une enquête détaillée qui porte sur le système d'approvisionnement en eau et sur les procédures d'exploitation et de surveillance du système. Cette enquête permet de dresser la liste des problèmes potentiels associés aux composantes physiques du système d'approvisionnement en eau et aux activités d'exploitation, d'entretien et de surveillance. Le troisième outil est ce que l'on appelle l'analyse chimique de base, qui consiste en une analyse exhaustive de l'eau d'approvisionnement brute. Cette analyse permet de déterminer quels sont les contaminants qui sont présents dans l'eau et le traitement nécessaire, et fournit de l'information qui sert à la surveillance.

Les autres barrières comprennent la protection des sources d'approvisionnement (sources d'eau de surface et souterraine, y compris l'aménagement et la désaffectation des puits), les dispositifs et procédés de traitement, l'échantillonnage et la surveillance, les procédures régulières d'exploitation et d'entretien, la production de rapports et la formation continue.

1.6 Procédés de traitement

Il existe de nombreux procédés de traitement classiques ou innovateurs. On ne cesse d'améliorer les systèmes de traitement de l'eau et de les combiner à de nouvelles

technologies et à de nouveaux procédés. Voici quelques exemples de procédés de traitement de l'eau :

Coagulation : procédé qui consiste à ajouter un produit chimique qui attire les particules en suspension pour former des agrégats de matières en suspension plus gros, plus denses et assez lourds pour se déposer plus rapidement que les particules individuelles.

Floculation : procédé de mélange lent qui consiste à ajouter un coagulant à l'eau et à mélanger pour que les particules forment des flocons; on augmente ainsi le poids et les flocons se déposent sous l'effet de la gravité dans le bac de floculation.

Filtration : procédé qui consiste à retirer les particules en suspension en faisant passer l'eau à travers plusieurs types de milieux filtrants, comme le sable, le gravier, le charbon en grains et divers filtres à tissu, à fibres et à céramique. La majorité des filtres reposent sur un procédé physique de tamisage, mais certains fonctionnent également grâce à des mécanismes chimiques. À titre d'exemple, les filtres à charbon actif en grains piègent les matières organiques dissoutes dans le milieu filtrant de charbon grâce à un processus appelé adsorption, mais seulement jusqu'à ce que le milieu atteigne sa capacité maximale d'adsorption. Certains filtres reposent également sur des processus biologiques (p. ex., filtration lente sur sable, filtres à charbon actif biologiques).

Nanofiltration et filtration par osmose inverse : procédés à membranes filtrantes capables d'extraire de très petites particules, comme les minéraux dissous dans l'eau.

Échange d'ions : consiste à extraire des constituants chimiques précis de l'eau à l'aide d'une résine conçue spécialement pour remplacer un composé chimique par un autre. Les adoucisseurs d'eau font partie des appareils d'échange d'ions les plus courants et consistent à remplacer les ions sodium de la résine par des ions calcium et magnésium. Cela réduit la dureté de l'eau, mais accroît en revanche la concentration de sodium dans l'eau traitée.

Désinfection : les procédés de désinfection consistent soit à détruire les microorganismes pathogènes à l'échelle cellulaire (généralement par oxydation, à l'aide de composés tels que le chlore, l'ozone et, dans certains cas, comme les situations d'urgence, l'iode), soit à réduire la capacité génétique de reproduction des cellules (à l'aide de rayons UV). La chloration est le procédé de désinfection le plus répandu. Afin d'assurer la salubrité de l'eau traitée dans l'ensemble du réseau de distribution, il est important qu'une petite quantité de chlore résiduel soit présente après la désinfection.

Bien qu'il existe d'autres types de traitement, les procédés décrits ci-dessus sont parmi ceux qui sont employés le plus couramment dans les systèmes de traitement dans les villages et les villes. Tous ces procédés peuvent être utilisés pour les systèmes à plus petite échelle ou les dispositifs servant aux microsystèmes.

1.7 Cibles à atteindre pour une eau potable salubre

Les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada (RQEPC) sont publiées par Santé Canada au nom du Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable et comprennent des limites sanitaires, appelées concentrations maximales acceptables (CMA), pour bon nombre de contaminants. Ces CMA s'appuient sur des recherches scientifiques publiées récemment dans le cadre desquelles on a déterminé l'effet d'un contaminant en particulier sur la santé humaine et un niveau d'exposition acceptable. Il est important de connaître la concentration des contaminants dans l'eau

d'approvisionnement afin de déterminer la manière dont celle-ci doit être traitée pour en retirer les contaminants et la rendre potable. Il est aussi important de connaître les CMA s'appliquant à ces contaminants pour que l'on puisse vérifier que le traitement a réduit adéquatement leur concentration. Les eaux de surface et souterraines peuvent contenir certains ou tous les groupes de contaminants. Les eaux souterraines provenant de puits d'une profondeur de plus de 30 m ne devraient pas contenir de contaminants organiques ou bactériologiques; toutefois, une analyse chimique de base devrait être réalisée pour s'en assurer. Les RQEPC comprennent également des objectifs d'ordre esthétique (OE) et des valeurs opérationnelles recommandées (VOR). Bien que ces valeurs ne soient pas fondées sur la santé, elles ont une importance en ce qui concerne l'usage domestique de l'eau et l'efficacité des systèmes de traitement.

1.8 Systèmes de distribution

Une fois traitée, l'eau est acheminée au point d'utilisation par un système de distribution. Ce système comprend souvent un réservoir de stockage de l'eau, comme un réservoir sous pression ou une citerne. Il peut également y avoir une pompe qui sert à maintenir la pression, et il y aura de la tuyauterie et des vannes. Selon le modèle, le système peut aussi comprendre des dispositifs qui libèrent l'air au besoin ou d'autres dispositifs qui empêchent le refoulement et le siphonnement. Soulignons qu'un microsystème peut avoir un système de distribution très limité, ou ne pas en avoir du tout.

Afin de garantir que l'eau demeure potable dans le système de distribution, la quantité de résidu de chlore doit être suffisante partout dans le système de canalisation afin d'empêcher une nouvelle croissance des contaminants microbiologiques. Cela est particulièrement important à l'extrémité des tuyaux de distribution, où l'eau n'est pas utilisée bien souvent – le résidu de chlore aide à protéger la qualité de l'eau dans ces « impasses » du système de distribution.

Pour les microsystèmes utilisant de l'eau potable traitée qui est transportée par camion dans des réservoirs plutôt que de l'eau traitée locale, il faut prendre des précautions supplémentaires pour que l'eau ne soit pas contaminée pendant le transport ou la livraison jusqu'au réservoir de stockage.

L'eau embouteillée peut également servir d'eau potable et demande une attention particulière pour qu'elle demeure potable jusqu'à ce qu'elle soit utilisée.

[illegible]

2 Sources d'eau douce

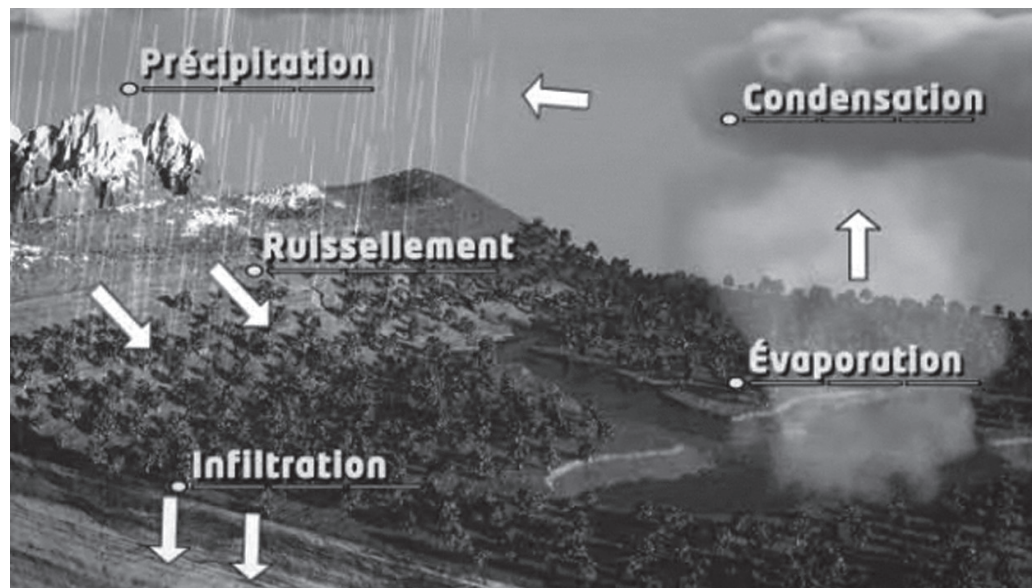
2.1 Introduction

L'eau est mobile – elle se déplace dans l'atmosphère, sur la terre et dans le sol, et avec les courants océaniques. Ce mouvement entre l'air, la terre et la mer est ce que l'on appelle le cycle hydrologique. En ayant une bonne compréhension de ce cycle, on peut mieux déterminer quelles sont les exigences relatives à la salubrité et au traitement qui s'appliquent à l'eau brute provenant de ces sources.

Le saviez vous?

Le Canada a de la chance. Sa population ne représente que 0,5 % de la population mondiale, mais son territoire contient environ 7 % des ressources renouvelables en eau de la planète.

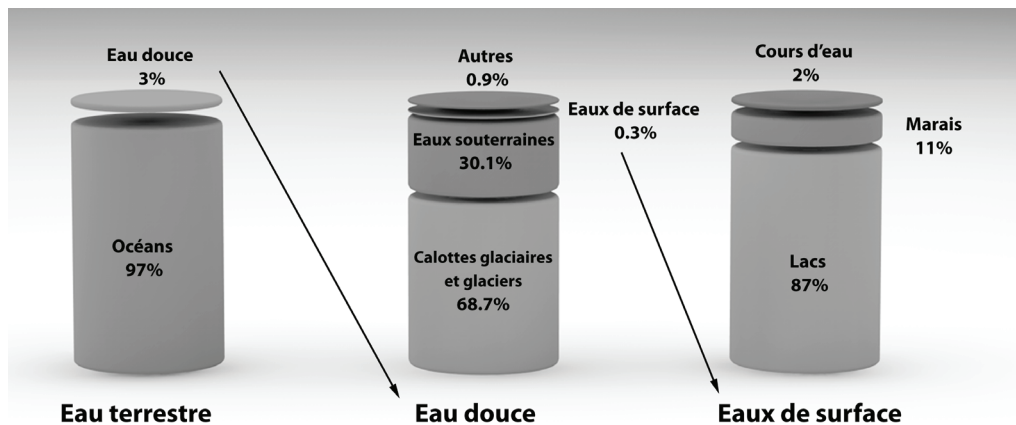
Figure 2.1 Cycle hydrologique



2.2 Distribution de l'eau sur la planète

De toute l'eau de la Terre, seulement 3 % est de l'eau douce, le reste (97 %) étant de l'eau salée. L'eau douce est répartie comme suit : 69 % dans les calottes glaciaires et les glaciers, 30 % en eaux souterraines et environ 0,3 % en eaux de surface. De ce 0,3 %, 2 % se trouve dans les cours d'eau, 11 % dans les marécages et 87 % dans les lacs. Le bassin des Grands Lacs de l'Amérique du Nord est le plus grand système de lacs d'eau douce au monde.

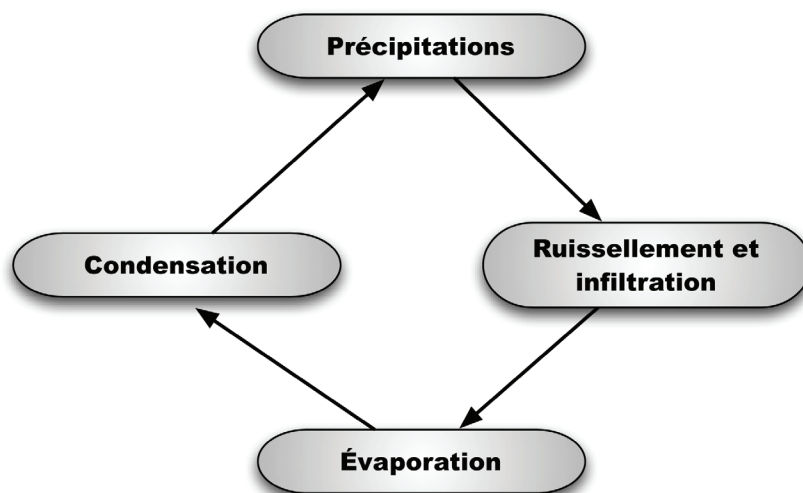
Au Canada, environ 60 % de l'eau douce s'écoule vers le nord, alors que 85 % des habitants vivent dans le sud, à moins de quelques centaines de kilomètres de la frontière canado-américaine. Même si les citoyens ont la chance de miser sur des ressources en eau importantes et d'avoir une eau de bonne qualité, on ne doit pas tenir la disponibilité de cette eau pour acquise. Dans certaines régions, on éprouve des problèmes à cet égard et des restrictions d'utilisation de l'eau sont souvent en vigueur. L'eau douce doit être gérée avec soin et de façon durable pour ne pas épuiser les ressources en surface et sous terre et pour ne pas nuire à la qualité de l'eau d'approvisionnement.

Figure 2.2 Distribution de l'eau sur la planète

2.3 Le cycle de l'eau dans l'environnement

Nous voyons l'eau émerger apparemment de nulle part, en tombant du ciel sous forme de précipitations (pluie ou neige). Lorsque tombe la pluie, plusieurs choses peuvent se produire. Une fois qu'elle a atteint le sol, l'eau peut se déplacer par ruissellement sur les surfaces imperméables (p. ex., roches, sols durs, chaussées) et aboutir dans les cours d'eau, les lacs et les océans. Une partie de l'eau s'introduit dans le sol (processus que l'on appelle infiltration) et réalimente les ressources en eaux souterraines ou est absorbée par les plantes par leurs racines. L'eau qui ne s'infiltré pas dans le sol finit par retourner dans l'atmosphère sous l'effet de l'évaporation et de la transpiration végétale (évaporation de l'eau à partir des surfaces exposées des végétaux). La combinaison de ces deux processus est ce que l'on appelle l'évapotranspiration.

Voici un schéma simplifié du cycle hydrologique :



Le saviez vous?

En mai 2000, les résidents de Walkerton (Ontario) ont commencé à présenter des symptômes de maladie. Pendant plusieurs jours, la commission des services publics de Walkerton a insisté pour dire que l'eau de la municipalité était salubre, même si les résultats d'analyse indiquaient qu'il y avait contamination.

Le 21 mai 2000, le médecin hygiéniste de la région a émis un avis d'ébullition de l'eau pour l'ensemble de la région. On compte au moins sept décès des suites d'une consommation d'eau contaminée par *E. coli*, sans compter les nombreux malades.

Termes propres au cycle hydrologique :

Par **précipitations**, on entend la chute de la vapeur d'eau condensée sur la surface de la Terre. La majorité des précipitations se présentent sous forme de pluie, mais peuvent également tomber sous forme de neige, de grêle, de ruissellement du brouillard, de verglas et de grésil.

La **fonte des neiges** désigne le ruissellement produit par la neige qui fond.

Le **ruissellement** englobe toutes les façons dont l'eau se déplace sur la surface terrestre. Cela comprend le ruissellement en surface et, lorsque celui-ci commence à se concentrer, le ruissellement en cours d'eau.

L'**infiltration** désigne l'écoulement de l'eau de la surface jusque dans le sol. Une fois qu'elle s'est infiltrée, cette eau devient l'humidité du sol ou de l'eau souterraine.

L'**évaporation** correspond à la transformation de l'eau liquide en eau gazeuse lorsqu'elle passe du sol ou des plans d'eau à l'atmosphère. L'énergie solaire est la principale énergie qui entraîne l'évaporation.

Par **condensation**, on entend la transformation de la vapeur d'eau en gouttelettes d'eau liquide dans l'air, ce qui entraîne la formation de nuages et de brouillard.

La **majorité du temps**, l'eau de pluie (précipitations) est loin d'être pure. Les gouttelettes de pluie se forment autour de particules de poussière, ce qui fait que l'eau de pluie contient les particules en question et tout contaminant qui y est fixé. Si les nuages et la pluie se forment au-dessus de sources de contaminants industriels ou agricoles, il est possible que ces contaminants se retrouvent dans l'eau pluie.

2.4 Eaux de surface

Le saviez vous?

Les eaux souterraines peuvent demeurer dans un aquifère quelques jours seulement comme elles peuvent y rester pendant des dizaines de millénaires.

Puisque l'eau des microsystemes peut provenir de cours d'eau et de lacs, il est important de comprendre la façon dont l'eau aboutit dans ces sources d'eau de surface et de savoir quels types de contaminants sont présents. Comme on l'a mentionné précédemment, le ruissellement correspond à l'eau qui se déplace sur la surface. Les eaux de ruissellement qui ne s'évaporent pas ou qui ne sont pas stockées sous forme d'eaux souterraines s'écoulent dans un réseau appelé « bassin versant ». Les bassins versants sont formés par des terres qui sont inclinées vers un cours d'eau, un lac ou un marécage. Il s'agit de bassins dans lesquels l'eau s'écoule d'une élévation donnée à un niveau plus bas. Les plans d'eau à basse élévation peuvent ainsi servir de sources d'approvisionnement pour les microsystemes.

Les précipitations entraînent l'accumulation d'eau dans le bassin versant, et cette eau finit par s'écouler dans un plan d'eau de surface. L'importance de cet écoulement et le moment où il survient varient selon l'ampleur et la durée des précipitations et les effets saisonniers. Lorsqu'il y a de fortes chutes de pluie, le volume des eaux de ruissellement est important et l'eau peut se déplacer sur de très longues distances. Les chutes de pluie plus longues et moins intenses peuvent donner lieu à un ruissellement moins important, mais peuvent accroître l'infiltration. Au printemps, la hausse des températures transforme la neige accumulée en eau liquide, laquelle s'écoule habituellement sur les terres gelées. Ce phénomène, appelé ruissellement printanier, entraîne des débits de pointe dans les cours d'eau et modifie les caractéristiques des eaux de surface. Dans bon nombre de régions canadiennes, le ruissellement printanier constitue l'événement hydrologique annuel le plus important et influe sur la qualité et la quantité d'eau.

Toutes ces variations dans l'écoulement influent sur les caractéristiques des plans d'eau de surface pouvant servir de sources d'approvisionnement. La nature et l'emplacement de l'écoulement ont un effet sur la température, la turbidité et les caractéristiques chimiques, physiques et biologiques globales de la source d'approvisionnement, ce qui influe sur les besoins en matière de traitement.

Bien souvent, les cours d'eau et les lacs sont considérés comme des sources vierges, mais en réalité ce n'est pas le cas. À mesure que les eaux de ruissellement s'écoulent sur les diverses surfaces pour aboutir dans la source d'approvisionnement, les risques de contamination se multiplient. Certains risques sont associés à des agents naturels (déchets animaux, microbes pathogènes, produits chimiques naturels dans les sédiments et les formations géologiques de la Terre), tandis que d'autres sont liés à des agents artificiels (polluants chimiques, déchets humains, activités industrielles et récréatives).

Les animaux, morts ou vivants, représentent une source importante de contamination. En effet, les animaux laissent leurs excréments sur les terres et dans l'eau. De plus, les carcasses en décomposition des animaux peuvent détériorer la qualité de l'eau ou favoriser la croissance de microorganismes pathogènes. Ce risque de contamination ne s'applique pas seulement aux animaux sauvages, mais également aux animaux domestiques, surtout le bétail et, dans les villes et les villages, les animaux de compagnie.

Figure 2.3 Contamination des eaux de surface



Les végétaux et le matériel végétal représentent une autre source naturelle de contamination. Les végétaux vivants et le matériel végétal en décomposition peuvent entraîner l'ajout de contaminants à l'eau. Cela ne s'applique pas seulement aux végétaux qui poussent à la surface, mais également à ceux qui poussent dans l'eau. En été, les eaux de surface se réchauffent, ce qui peut favoriser la croissance des algues, la libération de toxines nuisibles des cyanobactéries et l'augmentation d'autres bactéries et microorganismes naturels.

Dans certains cas, des eaux souterraines peuvent s'écouler dans les eaux de surface (p. ex., eau provenant d'une source). Les eaux souterraines contiennent habituellement plus de minéraux que les eaux de surface et peuvent augmenter les concentrations de substances naturelles indésirables telles que le fer, le manganèse, les sulfates et bien d'autres minéraux.

Compte tenu de tous les contaminants auxquels les eaux de surface sont exposées depuis le moment où elles tombent sous forme de précipitations jusqu'au moment où l'on s'en sert comme source d'approvisionnement d'un microsysteme, il est important de bien comprendre les caractéristiques de la source d'eau de surface pour être en mesure de fournir un approvisionnement continu en eau potable salubre. La quantité d'eau disponible et la qualité de l'eau varient selon les saisons. Les événements météorologiques extrêmes, comme les fortes chutes de pluie et les sécheresses prolongées, influent également sur la quantité et la qualité des sources d'eau. La compréhension de ces variations et de leur incidence sur le système de traitement est l'un des principaux facteurs pour un approvisionnement continu en eau potable salubre.

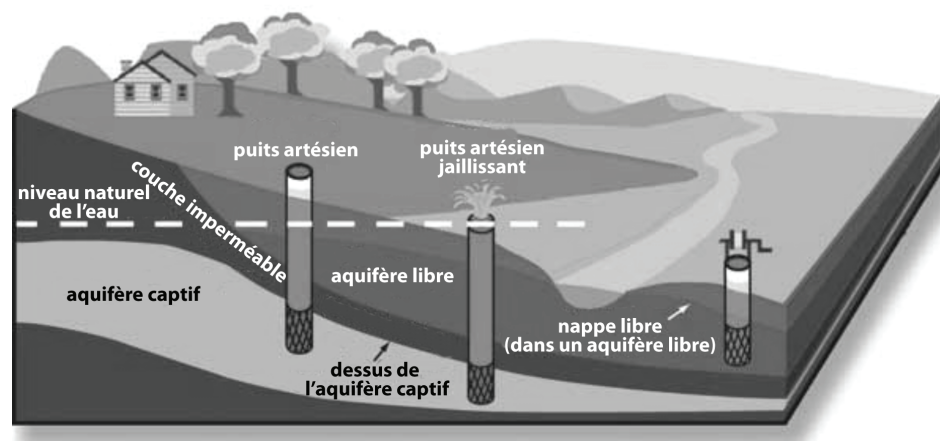
2.5 Eaux souterraines

Le saviez vous?

Dans les pays en développement, 80 % des maladies sont associées à l'eau.

Les eaux souterraines, comme les eaux de surface, font partie du cycle hydrologique. Lorsque l'eau s'infiltre dans le sol, une partie demeure piégée et stockée dans les aquifères. Lorsqu'elle percole à travers les formations géologiques et qu'elle est emmagasinée dans l'aquifère, l'eau dissout les constituants chimiques des sols et des roches, ce qui influe sur la qualité de l'eau et ajoute à celle-ci une certaine quantité de composés (comme le carbonate de calcium) et d'éléments (comme le fer, le manganèse, l'arsenic et le radium) dissous. Bien entendu, la concentration de matières dissoutes varie en fonction du temps, de l'exposition aux formations géologiques, des processus biologiques, chimiques et physiques dans l'aquifère et du mouvement de l'eau dans celui-ci.

Figure 2.4 Aquifers



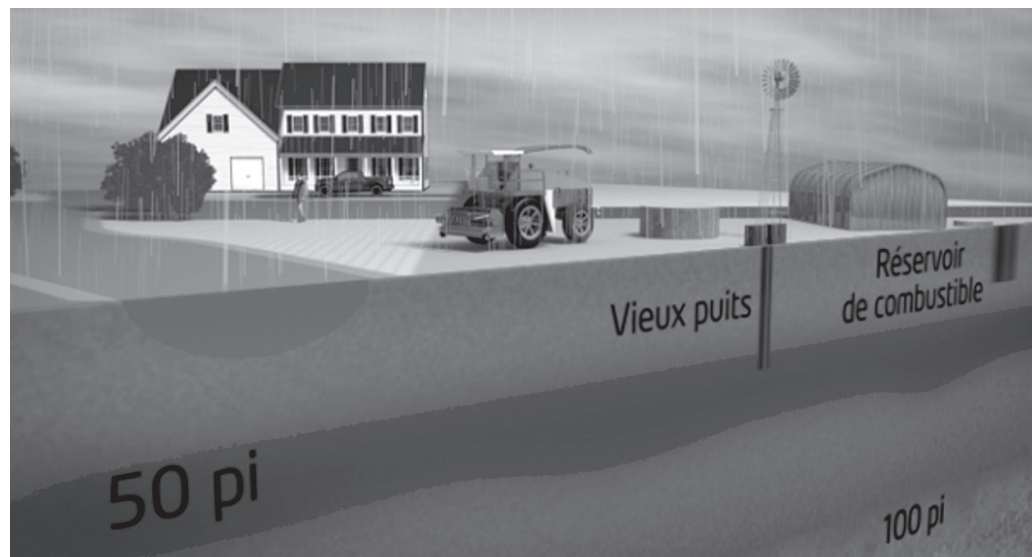
L'eau peut demeurer longtemps dans un aquifère avant qu'elle soit pompée jusqu'en surface ou vidangée naturellement. Le temps de séjour (durée moyenne pendant laquelle l'eau demeure dans l'aquifère) peut se mesurer en heures, en mois, en années, et même en milliers d'années. Cela laisse amplement le temps à l'eau de dissoudre les éléments environnants et d'acquérir différentes caractéristiques. Dans un secteur non développé (secteur qui n'a subi aucun impact de l'activité humaine), ces composés et éléments peuvent être la seule source de difficultés relatives au traitement de l'eau pour un microsysteme qui a comme source des eaux souterraines. Certaines de ces substances, bien que naturelles, peuvent nuire à la santé humaine (p. ex., arsenic, nitrates), gêner le traitement des eaux ou entraîner la formation de sous-produits dangereux (p. ex., ammoniac, matières organiques).

Les aquifères qui sont suffisamment à l'abri des influences humaines et animales sont généralement protégés des contaminants microbiologiques pathogènes et peuvent nécessiter un traitement pour quelques caractéristiques seulement. La protection des aquifères peut être assurée par des couches imperméables (couches de roche ou d'argile) ou simplement par leur profondeur et la filtration naturelle dans le sol, une grande quantité de contaminants étant retirés par filtration lorsque l'eau percole à travers les couches de terre et de roche. En général, puisque l'écoulement des eaux souterraines varie bien moins que celui des eaux de surface, les caractéristiques des eaux souterraines sont également plus constantes que celles des eaux de surface.

Les aquifères peu profonds (ceux dont la profondeur est de moins de 30 m) posent un risque de contamination beaucoup plus important, notamment en ce qui concerne les bactéries dangereuses (voir à ce sujet la section 3.3 – Contaminants microbiologiques). Il s'agit souvent d'aquifères libres, parfois appelés aquifères à nappe libre. Ces aquifères sont fortement influencés par l'environnement au-dessus du sol et les contaminants peuvent provenir de la nature, comme de l'utilisation des terres par l'humain. Les changements dans la fonte des neiges ou les précipitations peuvent provoquer d'importantes variations de la quantité d'eau séjournant dans ces aquifères. L'alimentation (apport d'eau dans l'aquifère) survient si rapidement que la quantité de contaminants filtrés sous l'action de l'infiltration et de la percolation est très limitée, voire nulle. Les eaux qui s'introduisent dans l'aquifère diffèrent très peu des eaux de ruissellement qui pénètrent dans les sources d'eau de surface. Voilà pourquoi les aquifères peu profonds sont parfois considérés comme des sources d'eau souterraine sous influence directe d'eaux de surface (ESIDES). Ces sources sont considérées comme des plans d'eau de surface en ce qui a trait au traitement et à la santé, étant donné leur vulnérabilité aux contaminants microbiologiques et d'autres types de contaminants dangereux. Les autres types de contaminants comprennent les matières organiques pouvant former des sous-produits de désinfection dangereux si elles ne sont pas éliminées avant que l'on procède à la désinfection. (Nota : certains aquifères peu profonds isolés par des couches imperméables de roche ou d'argile peuvent être considérés comme peu sujets à la contamination.)

Le saviez vous?

Au Canada, l'eau préemballée (embouteillée) est considérée comme un aliment et est réglementée en vertu du titre 12 du Règlement sur les aliments et drogues.

Figure 2.5 Aquifère peu profond

2.6 Eaux municipales

Dans certains cas, l'eau des microsystemes peut provenir d'un réseau d'approvisionnement municipal. Bien que cette source fournisse de l'eau potable à la station de traitement, il faut tout de même vérifier la salubrité de l'eau une fois que celle-ci est passée par le réseau de distribution et a atteint les installations fédérales. Un traitement additionnel peut parfois être nécessaire. Si c'est le cas, un professionnel de la qualité de l'eau déterminera la configuration du système, de même que le type et la fréquence des analyses de la qualité de l'eau qui sont nécessaires.

Même lorsque l'on utilise un réseau municipal comme source d'approvisionnement, il est important de savoir d'où provient l'eau. Le fait de savoir s'il s'agit d'une source d'eau de surface ou d'eau souterraine (ou d'une combinaison des deux) aide à comprendre les risques de contamination de l'eau d'approvisionnement et le moment où une telle contamination peut survenir. Il est tout aussi important de savoir qui est le fournisseur municipal, quel traitement est en place, à quelle fréquence les analyses de l'eau traitée sont réalisées et où l'on peut consulter les résultats d'analyse. Assurez-vous que le fournisseur communique avec le responsable de l'installation fédérale s'il y a un problème concernant la qualité de l'eau.

Figure 2.6 Système municipal d'approvisionnement en eau

Les opérateurs de microsystemes qui traitent l'eau et qui la distribuent à des installations fédérales doivent veiller à la salubrité de l'eau potable, même si celle-ci provient d'un réseau municipal d'approvisionnement où l'eau est traitée. Même si l'eau est traitée par la municipalité, ceci n'exclut pas le besoin d'effectuer des analyses de la qualité de l'eau. Il est important de suivre le programme de surveillance de la qualité de l'eau afin de garantir la salubrité de celle-ci.

2.7 Eau embouteillée

Au Canada, l'eau préemballée (embouteillée) est réglementée en tant qu'aliment en vertu du titre 12 du Règlement sur les aliments et drogues, lequel indique la façon dont l'eau embouteillée doit être étiquetée et ce qu'elle peut contenir.

L'eau embouteillée dite eau minérale ou eau de source est une eau potable (pouvant être consommée par l'humain) qui provient d'une source souterraine. Elle ne peut provenir d'un système public d'approvisionnement. L'eau minérale est une eau de source qui comprend une plus grande quantité de sels minéraux dissous, habituellement au-dessus de 500 milligrammes de matières dissoutes totales par litre. La composition de l'eau minérale et de l'eau de source ne doit pas être modifiée à l'aide de produits chimiques; on permet seulement l'ajout de dioxyde de carbone et d'ozone durant le processus de mise en bouteille pour conserver la fraîcheur, et l'ajout de fluorure pour favoriser la santé dentaire.

L'eau embouteillée qui n'est pas étiquetée comme de l'eau minérale ou de l'eau de source est de l'eau qui peut provenir de n'importe quelle source (eaux municipales, eau de puits, etc.) et qui peut être traitée afin qu'elle puisse être consommée par l'humain ou pour en modifier la composition. Les traitements visant à éliminer les bactéries ou contaminants dangereux comprennent la carbonatation, l'ozonisation, l'irradiation par les ultraviolets et la filtration. Ce type d'eau embouteillée peut être distillée ou soumise à plusieurs procédés de déionisation afin d'en retirer les minéraux, ou peut simplement être de l'eau de robinet municipale mise en bouteille à des fins de vente. L'étiquette doit indiquer la façon dont l'eau a été traitée (mentions « carbonatée », « déminéralisée », « distillée », etc.)

Le saviez vous?

Les règlements provinciaux et territoriaux exigent que toute source d'eau potable municipale soit analysée fréquemment afin de mesurer divers paramètres. Les sources d'approvisionnement privées (puits, mares, réservoirs, étangs) ne sont pas assujetties à ces règlements. Dans le cas des sources d'approvisionnement privées, il revient aux propriétaires et aux utilisateurs de faire analyser leur eau.

Toute eau embouteillée que l'on vend doit pouvoir être consommée sans danger. À la source, l'eau minérale ou de source ne doit contenir aucune bactérie coliforme ou de substances dans une quantité dangereuse. Les autres types d'eau embouteillée peuvent être soumis à divers traitements et devraient satisfaire aux exigences réglementaires applicables aux bactéries coliformes et aérobies. La glace préemballée doit également être conforme à la réglementation. Puisqu'il s'agit d'aliments, l'eau (embouteillée) et la glace préemballées doivent également être conformes aux dispositions de la Loi sur les aliments et drogues, lesquelles s'appuient généralement sur les RQEPC. Pour de plus amples renseignements au sujet de l'eau embouteillée, consultez la page intitulée « Foire aux questions sur l'eau embouteillée » du site Web de Santé Canada (Santé Canada, 2009).

2.8 Comprendre la source d'approvisionnement en eau

Connaître la source de l'eau et les caractéristiques qui ont un effet sur elle (le bassin versant dans le cas des eaux de surface, l'aquifère dans le cas des eaux souterraines) constitue la première étape pour comprendre l'approvisionnement et le système de traitement qu'il faut pour assurer la salubrité de l'eau potable. Afin de prendre des décisions éclairées au sujet du traitement, il est important de comprendre les vulnérabilités de l'eau d'approvisionnement aux effets environnementaux et les caractéristiques biologiques, chimiques et physiques de l'eau.

Il est très rare que la qualité de la source d'approvisionnement demeure la même au fil du temps. C'est pourquoi il est important de surveiller les changements non seulement dans l'eau mais aussi dans tout facteur pouvant avoir un impact sur la source d'approvisionnement en eau. Les systèmes de traitement sont conçus pour traiter l'eau en fonction de caractéristiques ciblées, habituellement dans un intervalle restreint de concentrations. Si la qualité de l'eau d'approvisionnement varie considérablement, il se peut que le traitement ne suffise pas à produire une eau potable salubre (p. ex., des inondations importantes ou un épisode majeur de pollution peuvent nuire au traitement). Une surveillance régulière de la qualité de l'eau et des analyses fréquentes de l'eau d'approvisionnement et de l'eau traitée sont nécessaires à l'exploitation des microsystèmes et aident à garantir que la qualité de l'eau d'approvisionnement s'inscrit dans un intervalle acceptable, compte tenu des limites du microsystème.

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

3 Que contient l'eau?

3.1 Introduction

Le saviez vous?

C'est en 1854, à Londres, que l'on a établi pour la première fois un lien entre une maladie et l'eau. Alors que les médecins croyaient auparavant que le choléra était une maladie aéroportée, le Dr John Snow a constaté que la propagation du choléra était associée à l'utilisation de l'eau provenant de la pompe de Broad Street.

L'eau que l'on trouve naturellement dans l'environnement contient bien plus que de simples molécules d'eau. À l'hydrogène et à l'oxygène qui forment ces molécules (H_2O) s'ajoutent de nombreux contaminants. Certains sont visibles et peuvent rendre l'eau trouble. Ces contaminants qui ne sont pas dissous dans l'eau, sont plutôt en suspension. Toutefois, même si elle est transparente, l'eau peut contenir divers contaminants microscopiques ou dissous.

Les contaminants de l'eau sont généralement classés selon leurs caractéristiques : microorganismes, produits chimiques organiques ou inorganiques, composés radiologiques. On décrit généralement l'eau en fonction de ses caractéristiques chimiques, biologiques, physiques et radiologiques, et on trouve rarement plusieurs sources d'approvisionnement identiques; toutes les sources d'approvisionnement en eau ont leurs propres caractéristiques.

Les microorganismes présents dans l'eau appartiennent à l'un des trois groupes suivants : bactéries, virus, protozoaires. On traite de ces groupes plus en détail dans des sections à venir. Les microorganismes peuvent être d'origine naturelle ou être le résultat de l'activité humaine ou animale. Quoique certains de ses microorganismes soient inoffensifs, d'autres peuvent provoquer de graves maladies chez l'humain.

Les produits chimiques organiques sont en général ceux dont la structure atomique contient du carbone, comme les matières organiques dissoutes naturelles et les produits organiques artificiels comme les pesticides, l'essence et les plastiques (p. ex., chlorure de vinyle). Bon nombre de produits chimiques organiques sont d'origine humaine (anthropiques). Habituellement, les produits chimiques inorganiques ne contiennent pas de carbone et sont naturels. Ils comprennent des composés tels que les nitrates et les sulfates et des éléments comme le fer, le manganèse, le cuivre et l'arsenic. Les contaminants radiologiques, quant à eux, sont généralement produits sous l'effet de la météorisation, de l'érosion et de l'extraction des matériaux rocheux qui contiennent ces éléments, ou peuvent découler de procédés nucléaires (p. ex., tritium). L'exposition aux radionucléides est un danger connu pour la santé humaine.

Bien d'autres paramètres clés sont indicateurs de l'état de l'eau. Cela comprend le pH, mesure de l'acidité de l'eau, l'alcalinité, mesure de la capacité de l'eau de neutraliser les acides, et la dureté, mesure de minéraux dissous précis, principalement le calcium et le magnésium.

En plus de mesurer les concentrations individuelles des contaminants décrits ici, la mesure de groupes de contaminants permet de mieux analyser la qualité de l'eau. Les mesures des matières dissoutes totales (MDT) et du total des solides en suspension (TSS), par exemple, constituent des paramètres importants qui aident à connaître la qualité de l'eau d'approvisionnement et à déterminer le type de traitement requis et le degré de traitement nécessaire.

N'oubliez pas! Les contaminants dangereux présents dans l'eau sont rarement visibles à l'œil nu. Dans bien des cas, les contaminants les plus dangereux sont ceux que l'on ne peut pas voir. Voilà pourquoi il est extrêmement important d'avoir une bonne compréhension de base du traitement de l'eau.

3.2 Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada

L'eau contient bien des substances autres que des molécules d'eau. Certaines n'ont aucune incidence sur la santé humaine, tandis que d'autres peuvent avoir des effets lorsque l'humain y est exposé à long terme (exposition chronique) ou de façon isolée (exposition aiguë). On établit, dans les *Recommandations pour la qualité de l'eau potable* au Canada publiées par Santé Canada, des limites acceptables, que l'on appelle « concentrations maximales acceptables » (CMA) pour les contaminants qui ont une incidence sur la santé humaine. Une eau potable qui contient constamment une substance dans une concentration supérieure à la CMA peut contribuer fortement à l'exposition des consommateurs et peut, dans certains cas, entraîner des effets néfastes sur la santé. Les CMA sont fondées sur des publications scientifiques actuelles et sont examinées régulièrement. Après examen, Santé Canada confirme la validité des CMA ou en fixe de nouvelles. Le Code canadien du travail et le document *Conseils pour un approvisionnement en eau potable salubre dans les secteurs de compétence fédérale* font tous deux référence aux RQEPC pour ce qui est des concentrations acceptables pour les contaminants. Le présent chapitre porte sur certains des paramètres traités dans les RQEPC. Il est important de connaître tous les contaminants présents dans l'eau d'approvisionnement et les CMA qui y sont liées de sorte que l'on puisse vérifier si le traitement produit les réductions souhaitées.

Outre les CMA des contaminants qui ont un impact sur la santé, les RQEPC contiennent des recommandations opérationnelles et des objectifs de qualité esthétique concernant l'eau potable. Ces recommandations correspondent aux concentrations maximales que l'on devrait pouvoir atteindre sans qu'il y ait d'effet négatif sur le fonctionnement d'un système de traitement ou sur la qualité esthétique de l'eau.

Les recommandations opérationnelles et les documents techniques qui y sont rattachés visent à maintenir la concentration d'un contaminant à un niveau sécuritaire tout en permettant l'exploitation efficiente et efficace du microsysteme.

Les objectifs de qualité esthétique aident à produire une eau qui est agréable à boire. Si l'eau a une mauvaise apparence ou sent les œufs pourris, personne n'en voudra. On peut même alors être tenté d'obtenir de l'eau d'une autre source qui a meilleure odeur ou meilleur goût, mais qui contient peut-être des contaminants chimiques ou biologiques. Une fois que l'on a appliqué divers traitements et fait le nécessaire pour s'assurer que l'eau est SALUBRE, il est important de veiller à ce qu'elle soit de goût agréable pour que les gens AIENT ENVIE de la boire.

Dans le présent chapitre, on examine en détail certains contaminants de l'eau; l'information fournie peut d'ailleurs être utilisée ultérieurement comme outil de référence. Les contaminants dont il est question comprennent ceux que l'on trouve fréquemment dans les eaux de surface ou dans les eaux souterraines. L'annexe A comprend un tableau dans lequel figurent les valeurs des RQEPC s'appliquant à ces paramètres. Puisque les recommandations sont mises à jour régulièrement, on recommande de consulter le site Web de Santé Canada pour connaître les valeurs les plus récentes.

3.3 Contaminants microbiologiques

Les microorganismes sont les contaminants de l'eau potable qui présentent le plus grand risque pour la santé. Bien entendu, cela donne lieu à bien des questions.

Qu'est-ce qu'un microorganisme? En existe-t-il plusieurs sortes? Sont-ils tous dangereux? En fait, le terme « microorganisme » est un terme très vaste que l'on utilise pour décrire une multitude d'organismes minuscules. Lorsqu'il est question d'eau potable, les trois principaux groupes de microorganismes dont on se préoccupe sont les bactéries, les protozoaires et les virus.

Figure 3.1 Les microorganismes sont les contaminants qui présentent le plus grand risque pour la santé



Le saviez vous?

E.Coli est une bactérie naturelle qui réside dans l'intestin de tous les animaux, y compris l'humain. Sa présence dans l'eau signifie habituellement qu'il y a contamination fécale provenant d'une source humaine, agricole ou animale.

Effectuer des analyses individuelles pour vérifier la présence de tous les microorganismes dangereux connus serait extrêmement difficile et demanderait beaucoup de temps. C'est pourquoi les spécialistes de l'eau potable emploient une démarche fondée sur des indicateurs pour simplifier le processus. Les microbiologistes (scientifiques qui étudient les bactéries et autres microorganismes) ont constaté que les microorganismes présents dans l'eau sont souvent liés à une contamination fécale. Les organismes coliformes forment un groupe de bactéries naturelles que l'on trouve sur les végétaux, dans les sols, dans l'eau et dans l'intestin de l'humain et des animaux à sang chaud. Les microbiologistes et les spécialistes de l'eau potable ont également constaté que les bactéries coliformes sont faciles à faire croître et à détecter en laboratoire. Puisque les organismes coliformes sont assez répandus dans l'environnement, on peut s'en servir comme l'un des nombreux outils opérationnels afin de déterminer l'efficacité d'un système de traitement de l'eau potable.

Alors, pourquoi les bactéries coliformes sont-elles si importantes? Les bactéries coliformes ne sont pas toutes dangereuses. De fait, la majorité d'entre elles sont inoffensives. Par contre, si un échantillon d'eau traitée d'un microsystème présente des résultats positifs pour ce qui est des bactéries coliformes, cela signifie qu'il PEUT contenir certaines des bactéries dangereuses dont il sera question plus loin dans le présent chapitre, puisque la présence de bactéries coliformes dans l'eau traitée révèle une défaillance dans le cycle de traitement. Autrement dit, si le cycle de traitement n'a pas tué ou inactivé (fait en sorte que les bactéries ne puissent pas se reproduire dans le corps humain et ainsi causer des maladies) ces bactéries indicatrices, il est très peu probable que l'on soit parvenu à tuer ou à inactiver les bactéries dangereuses présentes dans l'eau. Il est essentiel d'être en mesure de détecter une contamination fécale dans

l'eau potable, puisque les microorganismes pathogènes présents dans l'eau potable et provenant de matières fécales humaines et animales présentent le plus grand risque pour la santé publique.

Escherichia coli (*E. coli*) fait partie des bactéries coliformes naturelles que l'on trouve dans l'intestin des humains et des animaux à sang chaud. Puisque cette bactérie n'est généralement pas présente dans d'autres milieux (p. ex., sur les végétaux, dans les sols, dans l'eau), sa présence dans un échantillon d'eau constitue un bon indice qu'une contamination fécale est récemment survenue.

Si un échantillon d'eau présente des résultats positifs pour ce qui est des coliformes totaux, il peut ou non contenir des bactéries dangereuses, et des mesures additionnelles, incluant des analyses supplémentaires, sont nécessaires avant que l'eau puisse être considérée comme salubre. La présence de coliformes totaux dans les échantillons du système de distribution ou du réseau de plomberie indique un problème en ce qui a trait à l'intégrité ou au fonctionnement de ces systèmes. Si l'on obtient un résultat positif pour *E. coli*, il est certain que l'échantillon d'eau en question est entré en contact avec des matières fécales et que l'eau est donc insalubre. Si une analyse des coliformes totaux peut montrer qu'un échantillon contient potentiellement des microorganismes dangereux, une épreuve de détection d'*E. coli* peut en donner la confirmation. Pour un microsystème (une seule source d'approvisionnement et un petit système de distribution), un résultat positif pour *E. coli* indique que des mesures doivent être prises immédiatement (p. ex., publication d'un avis d'ébullition de l'eau). On recommande de consulter un spécialiste de la qualité de l'eau ou le site Web de Santé Canada pour savoir comment procéder, ou d'en appeler aux procédures normalisées d'exploitation. Le site Web de Santé Canada comprend un arbre de décision aidant à choisir le plan d'action approprié lorsque l'on obtient des résultats positifs à des épreuves visant des contaminants microbiologiques indicateurs.

Pour que l'eau soit traitée contre les microorganismes, elle doit d'abord être soumise à divers procédés visant à éliminer d'autres contaminants, ceci afin de garantir que la désinfection qui vise à tuer ou à inactiver les microorganismes sera efficace. La turbidité constitue une mesure des matières en suspension dans l'eau – moins la turbidité est forte, moins la concentration de particules en suspension est élevée. Les matières en suspension peuvent comprendre des substances telles que l'argile et le limon inorganiques, des composés et particules organiques, du plancton et des organismes microscopiques (dont certains peuvent être des microorganismes pathogènes, comme des bactéries, des virus et des protozoaires). Soulignons que les eaux de surface et souterraines présentent toujours un certain degré de turbidité.

La turbidité est un indicateur clé, puisqu'elle permet de déterminer dans quelle mesure le traitement a permis d'éliminer toutes les matières en suspension dans l'eau d'approvisionnement avant que le procédé de désinfection soit appliqué. Les stations de traitement de l'eau sont conçues pour fournir une eau qui présente le moins de turbidité possible. Si le degré de turbidité varie, cela indique que la qualité de l'eau d'approvisionnement s'est détériorée, que les procédés de traitement sont compromis ou ne sont pas optimaux ou que les conduites du système de traitement laissent de la saleté ou des microorganismes dans l'eau.

Figure 3.2 Flacon contenant des solides en suspension, responsables de la turbidité

Une eau trouble peut contenir et dissimuler des microorganismes pathogènes, réduire l'efficacité de la désinfection ou d'autres procédés de traitement et fournir des nutriments favorisant une nouvelle croissance des microorganismes dans les conduites de distribution.

3.3.1 Bactéries

Le saviez vous?

Faire bouillir l'eau pendant plusieurs minutes tue les bactéries mais ne réduit pas la quantité de minéraux (p. ex., nitrates) ou de métaux (p. ex., plomb).

Les bactéries sont sans doute le plus connu des trois groupes de microorganismes dont il est question ici. La majorité des gens ont entendu parler des bactéries et, peut-être, de différents types de bactéries. Les bactéries sont des organismes unicellulaires dont la grosseur varie d'environ 0,5 micromètre à plusieurs micromètres. Pour illustrer à quel point elles sont petites, rappelons qu'un micromètre équivaut à un millième de millimètre. Autrement dit, si l'on parle de bactéries dont la longueur se situe entre 1 et 2 micromètres, il faudrait en joindre entre 500 et 1 000 de bout en bout pour obtenir une longueur d'un seul millimètre.

Les scientifiques classent souvent les bactéries selon leur morphologie ou, en d'autres termes, selon leur forme. On distingue à cet égard trois types de bactéries : bactéries de forme allongée (bacilles), bactéries de forme sphérique (coques) et bactéries en forme de spirale (spirilles). Cette classification permet aux scientifiques de distinguer les bactéries au microscope plus facilement et de déterminer plus rapidement à quel groupe elles appartiennent.

On trouve des bactéries partout sur la planète, et cela signifie vraiment PARTOUT. Elles vivent dans le corps des animaux et aident à la digestion. Il y en a sur les racines des végétaux qui aident à l'absorption des nutriments. Les bactéries sont présentes sur toutes les surfaces et à l'intérieur de chaque objet et chaque organisme imaginable. Il

n'existe aucun endroit sur Terre qui soit exempt de bactéries, sous une forme ou une autre. Bien sûr, cela englobe les sources d'approvisionnement des microsystemes, comme les cours d'eau, les étangs, les lacs et même les aquifères. Les bactéries ont besoin de nutriments (aliments) précis pour se reproduire; c'est pourquoi elles se présentent habituellement dans les eaux de surface en plus grande quantité que dans les eaux souterraines, puisque les nutriments sont plus faciles à se procurer dans les eaux de surface. Lorsque les cours d'eau et les lacs sont utilisés comme sources d'eau des microsystemes, le traitement contre les bactéries est incontournable.

La grande majorité des bactéries ne présentent aucun danger pour l'humain, mais malheureusement, ces bactéries inoffensives partagent leur habitat avec des bactéries très dangereuses. L'exposition à ces bactéries dangereuses par l'entremise de l'eau potable peut entraîner des maladies graves et, dans certains cas, la mort. Des problèmes liés principalement à l'estomac et à l'intestin (problèmes gastro-intestinaux) dus à une seule exposition à des bactéries peuvent apparaître en quelques jours seulement, voire en quelques heures. Voilà pourquoi il est extrêmement important de veiller à ce que l'eau fournie par un microsysteme soit analysée et de s'assurer qu'elle est exempte de contaminants bactériologiques.

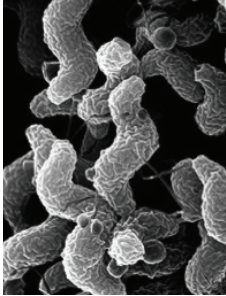
Organismes indicateurs (*E. coli* et coliformes totaux)s

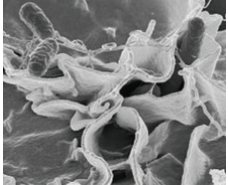
Bien que les techniques microbiologiques modernes aient rendu possible la détection des bactéries, virus et protozoaires pathogènes, tenter de les isoler de façon régulière dans l'eau potable n'est pas vraiment possible à l'heure actuelle. Il est préférable d'utiliser des indicateurs dont la surveillance est moins difficile et moins coûteuse en temps et en argent. Cette stratégie permet d'analyser un plus grand nombre d'échantillons et fournit un portrait global de la qualité de l'eau, ce qui assure une meilleure protection de la santé publique. Parmi les contaminants que l'on peut trouver couramment dans les sources d'eau de surface et souterraine, les microorganismes pathogènes provenant des matières fécales humaines et animales posent le plus grand danger pour la santé publique; c'est pourquoi la capacité de détection d'une contamination fécale de l'eau potable est essentielle à la protection de la population.

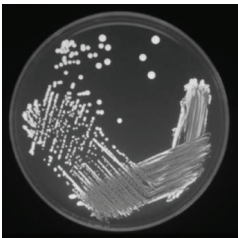
Coliformes totaux

Les coliformes sont un groupe de bactéries étroitement apparentées qui sont généralement libres dans l'environnement; leur présence dans l'eau peut être signe de contamination du système d'approvisionnement en eau. En effet, la présence de coliformes dans un échantillon d'eau traitée peut révéler une croissance biologique dans le système de distribution ou à un autre point de contamination. Les épreuves de détection des coliformes totaux font partie des pratiques exemplaires à employer, et la présence de ces organismes peut signifier que d'autres bactéries pathogènes sont présentes.

Tableau 3.1 Bactéries d'intérêt pour les exploitants de microréseaux

Nom de la bactérie	Description
<i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) 	Les bactéries <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) sont des microorganismes courants que l'on trouve dans l'intestin des humains et des animaux, où elles aident à la décomposition et à la fermentation des aliments. On compte des centaines de souches d'<i>E. coli</i>, dont la plupart sont inoffensives pour la santé humaine. Parmi les organismes coliformes, les bactéries <i>E. coli</i> sont considérées comme le meilleur indicateur de contamination fécale, et on a élaboré des épreuves qui permettent d'en faire la détection rapidement et facilement dans l'eau. En plus d'être propre aux matières fécales, <i>E. coli</i> se multiplie rarement dans l'environnement, est excrétée dans les matières fécales en grande quantité (environ 10⁹ cellules par gramme) – ce qui rend la détection possible même lorsque les bactéries sont fortement diluées – et a une durée de vie comparable à celle d'autres bactéries pathogènes entériques (de l'intestin, associées à l'intestin ou ayant un impact sur l'intestin). Ces facteurs font d'<i>E. coli</i> le meilleur indicateur dont on dispose pour ce qui est de la contamination fécale. <i>E. coli</i> provient de matières fécales pouvant s'introduire dans l'eau sous l'effet de la pluie, de la fonte des neiges et d'autres formes de précipitations. À ce titre, il s'agit d'un coliforme fécal, et sa présence dans l'eau révèle une contamination par les eaux usées ou les déchets d'origine animale. Ce type de contamination peut également résulter d'une contamination naturelle de l'eau d'approvisionnement associée aux animaux, au ruissellement agricole ou aux eaux usées, ou être causée par le mélange accidentel des eaux usées et de l'eau potable dans le système de distribution résultant d'une jonction fautive ou d'un problème lié à l'intégrité du système de distribution (p. ex., bris d'une conduite). Règle générale, les eaux souterraines présentent des concentrations plus faibles d'<i>E. coli</i> que les eaux de surface, ce qui s'explique par l'action filtrante des sols et des roches.
<i>Campylobacter</i> spp. 	Les bactéries du genre <i>Campylobacter</i> sont des bactéries pathogènes que l'on trouve principalement dans le tractus intestinal des animaux domestiques et sauvages, notamment les oiseaux. Les eaux usées sanitaires contiennent également une grande quantité de ces organismes. Les <i>Campylobacter</i> se transmettent par la voie fécale-orale, surtout dans les aliments contaminés, et parfois dans l'eau. Des épidémies de gastroentérite d'origine hydrique associées à <i>Campylobacter jejuni</i> ont été signalées à plusieurs occasions, les causes les plus fréquentes étant un traitement inadéquat, une contamination post-traitement et une consommation d'eau non traitée. L'entérite à <i>Campylobacter</i> entraîne habituellement des symptômes pseudogrippaux ou des douleurs abdominales, suivis d'une abondante diarrhée aqueuse. Les technologies de traitement efficaces pour l'élimination et l'inactivation d'<i>E. coli</i> sont également efficaces contre la <i>Campylobacter</i>.

Nom de la bactérie	Description
<i>Helicobacter</i> spp. 	Le genre <i>Helicobacter</i> comprend au moins 25 espèces, dont <i>Helicobacter pylori</i>, l'espèce qui a un impact sur l'industrie de l'eau. Le <i>H. pylori</i> est un agent pathogène connu pour l'humain, et on croit qu'il existe plusieurs voies de transmission, y compris l'eau potable. Les maladies associées sont bénignes chez la majorité des gens infectés, mais des troubles plus sérieux comme les ulcères gastroduodénaux et le cancer de l'estomac peuvent se développer dans de rares cas. La majorité des infections par Le <i>H. pylori</i> ne sont accompagnées d'aucun signe évident de maladie. Ces infections sont considérées comme permanentes à moins d'être traitées. Comme les autres bactéries, une certaine proportion des bactéries <i>H. pylori</i> présentes dans l'eau d'approvisionnement sont éliminées lorsque l'on applique des méthodes physiques, comme la coagulation, la sédimentation et la filtration. Ces bactéries sont également vulnérables aux désinfectants que l'on emploie couramment pour traiter l'eau potable (p. ex., chlore, rayons UV, ozone, monochloramine). Les recherches actuelles indiquent que la concentration et le temps de contact utilisés pour la désinfection dans une station de traitement typique sont suffisants pour inactiver <i>H. pylori</i> dans l'eau prête au débit. Cependant, si le <i>H. pylori</i> s'introduit dans le système de distribution en raison d'un problème concernant le traitement ou d'une infiltration, les résidus désinfectants maintenus dans le système de distribution seront probablement insuffisants pour l'inactiver. Dans l'ensemble, la principale voie de transmission de l'<i>H. pylori</i> semble dépendre de la situation, et la transmission entre personnes joue un rôle clé dans de nombreuses circonstances. L'eau et les aliments semblent avoir une importance directe moindre.
<i>Salmonella</i> spp. 	Le genre <i>Salmonella</i> (genre taxonomique) est un groupe complexe qui comprend plus de 2 000 variétés et types de bactéries pouvant causer des maladies chez les animaux et l'humain. La <i>Salmonella enterica</i> est l'espèce la plus importante en ce qui concerne les infections chez l'humain. Puisque la <i>Salmonella</i> est un agent pathogène généralement présent chez les animaux, mais qui peut infecter l'humain (agent pathogène zoonotique), le ruissellement des terres agricoles peut entraîner l'introduction de matières fécales animales dans l'eau d'approvisionnement. Les humains infectés et, par voie de conséquence, les eaux usées sanitaires représentent aussi des sources de <i>Salmonella</i>. Ces bactéries se transmettent par la voie fécale-orale, surtout par l'entremise des aliments. L'eau potable, quant à elle, est rarement source d'infection par la <i>Salmonella</i>. Les caractéristiques de survie de ces bactéries dans l'eau et leur vulnérabilité aux désinfectants sont semblables à celles des bactéries coliformes, y compris l'<i>E. coli</i>. On considère généralement qu'une désinfection bien effectuée suffit à lutter contre la <i>Salmonella</i> dans l'eau potable.

Nom de la bactérie	Description
	La plupart des personnes infectées ont la diarrhée, une poussée de fièvre et des crampes abdominales, de 6 à 72 heures suivant l'infection. Cela dure généralement de quatre à sept jours et, la plupart du temps, le malade se rétablit sans traitement. Comme pour toute maladie causant la diarrhée ou des vomissements, le malade doit boire beaucoup de liquides pour remplacer les liquides organiques perdus. Cela est très important dans le cas d'un enfant en bas âge ou d'un aîné. Si le cas est grave, il se peut qu'il faille administrer des liquides par voie intraveineuse, ce qui se fait généralement à l'hôpital. (Source : http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/food-aliment/salmonella-fra.php)
<i>Shigella</i> spp. 	Tout comme la <i>Salmonella</i>, la <i>Shigella</i> appartient à la même famille microbiologique qu'<i>E. coli</i>. Il s'agit d'un agent pathogène qui ne touche que l'humain, que l'on ne trouve pas dans l'environnement. Les personnes infectées représentent le seul réservoir important. La transmission s'effectue par la voie fécale-orale et est associée à l'eau potable et aux aliments contaminés par des matières fécales humaines. La transmission entre personnes constitue aussi une voie d'exposition importante pour la <i>Shigella</i>, notamment chez les enfants. Les maladies qui en découlent entraînent une diarrhée aqueuse et la présence de sang et de mucus dans les selles. Les personnes en rétablissement peuvent continuer d'excréter des bactéries <i>Shigella</i> dans leurs selles, et ce pendant plusieurs jours, semaines ou mois. Les caractéristiques de survie de ces bactéries dans l'eau et leur vulnérabilité aux désinfectants sont semblables à celles des bactéries coliformes, y compris l'<i>E. coli</i>. On considère généralement qu'une désinfection bien effectuée suffit à lutter contre la <i>Shigella</i> dans l'eau potable.
<i>Legionella</i> 	Les bactéries <i>Legionella</i> sont des agents pathogènes connus pour l'humain et provoquent des maladies respiratoires pouvant être graves chez ceux dont le système immunitaire est affaibli (immunodéficient). Il s'agit de bactéries libres que l'on trouve abondamment en milieu aquatique. La présence de la <i>Legionella</i> est plus préoccupante dans les systèmes qui ne font pas partie des systèmes de traitement municipaux, comme les tours de refroidissement et les réseaux de plomberie des hôpitaux et des maisons. Cependant, ces organismes peuvent aussi être présents dans les biofilms des systèmes de distribution d'eau potable. Les espèces de <i>Legionella</i> présentent plusieurs caractéristiques de survie qui les rendent très résistantes au chlore et aux températures élevées de l'eau. Les réseaux de plomberie extérieurs aux réseaux d'approvisionnement eau publics (p. ex., dans les édifices résidentiels, les hôtels, les établissements institutionnels) sont le plus souvent en cause dans les infections par <i>Legionella pneumophila</i>. Puisque les bactéries <i>Legionella</i> sont des agents pathogènes qui causent des problèmes respiratoires, les systèmes qui génèrent des aérosols, comme les tours de refroidissement, les bains hydromasseurs et les pommes de douche sont les sources d'infection les plus courantes.

Nom de la bactérie	Description
	Bien que les systèmes d'approvisionnement en eau chaude soient des sources fréquentes de contamination, les systèmes d'approvisionnement en eau froide dont la température se situe dans l'intervalle qui permet aux bactéries <i>Legionella</i> de se multiplier (autour de 25 °C) peuvent aussi être des sources de contamination. Soulignons que la <i>Legionella</i> ne se transmet pas d'une personne à une autre. Les bactéries <i>Legionella</i> entraînent deux maladies : la maladie du légionnaire et la fièvre de Pontiac. Ensemble, ces maladies constituent ce que l'on appelle la légionellose. Les recommandations générales concernant la lutte contre <i>Legionella</i> dans les réseaux de plomberie domestiques comprennent le maintien de températures adéquates de l'eau. Le Code national de la plomberie - Canada exige une température minimale de 60 °C dans les réservoirs de stockage d'eau chaude, ceci afin d'empêcher la croissance de <i>Legionella</i>. Là où la température élevée de l'eau entraîne un risque accru d'ébouillantage chez les groupes vulnérables (p. ex., enfants, personnes âgées), il faut appliquer des mesures de sécurité adéquates pour que l'on puisse limiter la température à 49 °C. Des mélangeurs thermostatiques ou à pression autorégulée peuvent être installés pour contrôler la température de l'eau au robinet et ainsi réduire le risque d'ébouillantage. En conclusion, il est intéressant de constater que la majorité des souches de bactéries dangereuses dont il était question ici vivent dans le tube digestif des animaux. La contamination par les matières fécales de bovins, de chevreuils, de wapitis, d'oiseaux chanteurs, de sauvagines, d'humains et d'animaux de compagnie (p. ex., chats et chiens) a dans chacun de ces cas mené à des épidémies d'origine hydrique en Amérique du Nord, et ce même au cours des dernières décennies. Empêcher l'introduction de matières fécales des animaux dans les bassins versants, et donc l'introduction de bactéries dans une source d'approvisionnement en eau potable, est presque impossible. Il est donc extrêmement important de surveiller la source d'approvisionnement afin de vérifier la présence de bactéries. Pour ce faire, il faut rechercher les organismes <i>INDICATEURS</i>, soit <i>E. coli</i> et les coliformes totaux. Ensuite, on peut traiter l'eau de façon appropriée. Des explications détaillées sur l'analyse de l'eau (y compris les épreuves de détection des bactéries) sont fournies dans un chapitre ultérieur du présent manuel.

En conclusion, il est intéressant de constater que la majorité des souches de bactéries dangereuses dont il était question ici vivent dans le tube digestif des animaux. La contamination par les matières fécales de bovins, de chevreuils, de wapitis, d'oiseaux chanteurs, de sauvagines, d'humains et d'animaux de compagnie (p. ex., chats et chiens) a dans chacun de ces cas mené à des épidémies d'origine hydrique en Amérique du Nord, et ce même au cours des dernières décennies. Empêcher l'introduction de matières fécales des animaux dans les bassins versants, et donc l'introduction de bactéries dans une source d'approvisionnement en eau potable, est presque impossible. Il est donc extrêmement important de surveiller la source d'approvisionnement afin de vérifier la

présence de bactéries. Pour ce faire, il faut rechercher les organismes INDICATEURS, soit *E. coli* et les coliformes totaux. Ensuite, on peut traiter l'eau de façon appropriée. Des explications détaillées sur l'analyse de l'eau (y compris les épreuves de détection des bactéries) sont fournies dans un chapitre ultérieur du présent manuel.

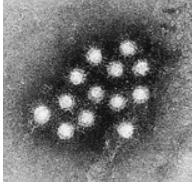
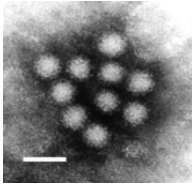
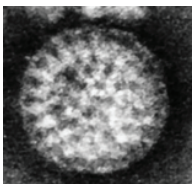
3.3.2 Virus

Les virus sont les contaminants les plus petits dont on traite dans le présent document. En fait, les virus sont les organismes vivants les plus petits que l'on connaît. Il faudrait disposer environ 100 particules virales de bout en bout pour obtenir la longueur d'une seule cellule bactérienne. Les scientifiques ne peuvent même pas voir les virus avec un microscope ordinaire (optique); ils ont besoin de microscopes à balayage qui coûtent plusieurs millions de dollars. C'est seulement au cours des dernières décennies que l'on a commencé à comprendre les virus. Fait extrêmement important au sujet des virus est qu'ils ne peuvent se reproduire eux-mêmes, comme le font les bactéries. Les virus pénètrent dans un hôte (p. ex., un humain) et prennent le contrôle de la machinerie cellulaire de ce dernier pour se répliquer. Cela peut sembler peu important au premier abord, mais cela signifie que la majorité des virus sont à la recherche d'un hôte précis. Autrement dit, il est très peu probable qu'un virus qui touche le chevreuil ou le wapiti provoque la maladie chez l'humain. De façon générale, l'humain n'est touché que par les virus provenant d'un autre humain. Bien sûr, il y a quelques exceptions, mais la plupart des virus s'en tiennent à un groupe d'hôtes très précis.

Afin de déterminer si une source d'approvisionnement est contaminée par un virus dangereux, il faut se demander si des sources de contamination humaine sont présentes. Bien entendu, il y a certaines sources de contamination humaine qu'il est impossible d'isoler. Les hydrogéologues (spécialistes des eaux souterraines) ont récemment découvert que les virus peuvent non seulement vivre dans les aquifères, mais qu'ils peuvent s'y déplacer grâce au mouvement des eaux souterraines. Il est donc possible qu'une contamination humaine provenant d'ailleurs atteigne la source employée, même si l'on utilise des eaux souterraines. Encore une fois, il s'agit d'un concept relativement nouveau. Il fut un temps où l'on croyait que les virus ne représentaient un problème que pour les systèmes d'eau de surface et que les eaux souterraines profondes constituaient une source d'eau « sûre ».

De nombreuses épidémies d'origine hydrique ont été attribuées aux virus, quoiqu'il soit parfois difficile de déterminer de façon exacte la source de contamination ou le virus en cause. Ce qui suit est une description de certains virus pouvant contaminer l'eau.

Tableau 3.2 Virus d'intérêt pour les exploitants de microréseaux

Nom du virus	Description
Hépatite 	À ce jour, on a isolé six types de virus de l'hépatite, mais seuls les virus de l'hépatite A (VHA) et de l'hépatite E (VHE) semblent se transmettre par la voie fécale-orale et, par conséquent, sont associés à l'eau. Les infections par le VHA, que l'on appelle également hépatite infectieuse, entraînent plusieurs symptômes, comme la fièvre, des malaises (fatigue), l'anorexie, des nausées et des troubles abdominaux, suivis d'une jaunisse qui dure quelques jours. Ces infections peuvent également causer des dommages au foie résultant de la réaction immunitaire des hépatocytes de l'hôte. Dans certains cas, les dommages causés au foie entraînent la mort. La période d'incubation de l'infection par le VHA varie de 10 à 50 jours, la moyenne étant de 28 à 30 jours. Plus la dose est élevée, plus cette période est courte.
Norovirus 	Les norovirus sont excrétés dans les matières fécales et les vomissements de gens infectés et peuvent être transmis par l'eau contaminée. Ils se transmettent facilement d'une personne à une autre. Les infections par les norovirus surviennent chez les nourrissons, les enfants et les adultes. La période d'incubation est courte (de 24 à 48 heures) et les effets sur la santé sont autolimitatifs et durent habituellement entre 24 et 48 heures. Parmi les symptômes, citons les nausées, les vomissements, la diarrhée, les douleurs abdominales et la fièvre. Chez les personnes en santé, les symptômes sont généralement très déplaisants, mais ne constituent pas un danger de mort. Chez les groupes vulnérables, comme les personnes âgées, les maladies associées aux norovirus sont plus graves.
Rotavirus 	En général, les rotavirus entraînent la gastroentérite, ce qui provoque des vomissements et la diarrhée. Les vomissements peuvent survenir jusqu'à 48 heures avant l'apparition de la diarrhée. La gastroentérite peut être légère et durer moins de 24 heures ou être plus grave. La période d'incubation varie de quatre à sept jours et la maladie persiste généralement entre cinq et huit jours. Les rotavirus sont la principale cause de la diarrhée sévère chez les nourrissons et les enfants et sont associés à environ la moitié des cas requérant hospitalisation, lesquels sont généralement dus à la déshydratation.

En résumé, les virus peuvent être présents dans les eaux souterraines comme dans les eaux de surface. Ils s'attaquent généralement à un groupe d'hôtes en particulier (comme l'humain) et sont de très petite taille. Tous ces facteurs font que la vérification de la contamination virale est aussi difficile que de chercher une aiguille dans une botte de foin. Plutôt que de vérifier la présence des virus, on prend normalement des mesures qui garantissent que, si le système est contaminé par des virus, des techniques de traitement appropriées sont appliquées pour résoudre le problème. Si l'on soupçonne un cas de contamination virale dans un système, la première étape consiste à TRAITER l'eau, et non à l'ANALYSER. Il sera question des techniques de traitement contre les virus plus loin dans le présent document.

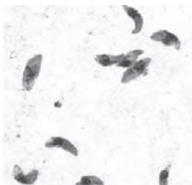
3.3.3 Protozoaires

Les protozoaires forment un groupe de microorganismes très difficile à définir. Pour ce qui est de l'eau potable, les scientifiques s'entendent pour dire que les protozoaires sont des organismes unicellulaires et hétérotrophes qui se divisent (se reproduisent) dans un autre organisme hôte. Cela signifie que les protozoaires comportent tous une seule cellule (organismes unicellulaires) et qu'ils ne réalisent pas la synthèse de leurs propres aliments (organismes hétérotrophes), contrairement aux organismes phototrophes comme les végétaux, qui réalisent la synthèse de leurs propres aliments à partir de la lumière solaire. C'est la dernière partie de la définition qui constitue un problème pour l'humain. Lorsqu'ils se reproduisent chez l'hôte, qu'il s'agisse d'un humain ou d'un animal, les protozoaires entraînent souvent des problèmes gastro-intestinaux ou des troubles plus sérieux. La majorité protozoaires sont plus gros que les bactéries et les virus. La taille d'une cellule de protozoaire typique varie d'environ 2 à 50 micromètres. Ainsi, il est relativement facile d'observer les protozoaires au microscope, même s'il peut être difficile de déterminer avec exactitude ce que l'on voit – il est préférable d'en laisser le soin aux spécialistes.

Habituellement, on trouve ces organismes seulement dans les eaux de surface et dans les eaux souterraines assujetties directement à l'influence des eaux de surface (ESIDES). Bien qu'ils ne soient pas aussi répandus que les bactéries, les protozoaires demeurent très préoccupants. Les protozoaires entériques les plus souvent associés aux maladies d'origine hydrique au Canada sont le *Cryptosporidium* et le *Giardia*. Ces protozoaires sont souvent présents dans l'eau d'approvisionnement et certaines souches sont fortement pathogènes, peuvent survivre longtemps dans l'environnement et résistent très bien à la désinfection chimique.

Tableau 3.3 Protozoaires d'intérêt pour les exploitants de microréseaux

Nom du protozoaire	Description
<i>Giardia lamblia</i> 	Le <i>Giardia lamblia</i> est un protozoaire parasite que l'on trouve partout dans le monde et qui vit et se reproduit dans l'intestin des mammifères. Habituellement, les protozoaires <i>Giardia</i> sont non envahissants (ils n'envahissent pas les cellules en santé) et provoquent des infections asymptomatiques (sans symptôme, sans signe de maladie). La giardiose symptomatique peut entraîner des nausées, une anorexie, des douleurs dans l'intestin supérieur, des malaises (sensation générale d'inconfort) et, parfois, de la fièvre ou des frissons de faible intensité. L'apparition de la diarrhée est souvent soudaine et explosive et est caractérisée par des selles aqueuses et fétides. La phase aiguë de l'infection se termine souvent de façon spontanée et les organismes disparaissent généralement des matières fécales. Les matières fécales de l'humain et des animaux, notamment celles des bovins, constituent une source majeure de <i>Giardia</i> . On a constaté que la giardiose était endémique (présente ou généralement prévalente) chez l'humain et plus de 40 espèces animales. La transmission entre les personnes est de loin la voie de transmission la plus courante. Les gens peuvent être infectés par la voie fécale-orale, soit directement (contact avec des matières fécales d'une personne contaminée, comme des enfants dans une garderie), soit indirectement (ingestion d'eau potable ou utilisée pour des activités récréatives contaminée et, dans une moindre mesure, d'aliments contaminés). Le <i>Giardia</i> est le protozoaire intestinal le plus souvent signalé en Amérique du Nord et ailleurs dans le monde.

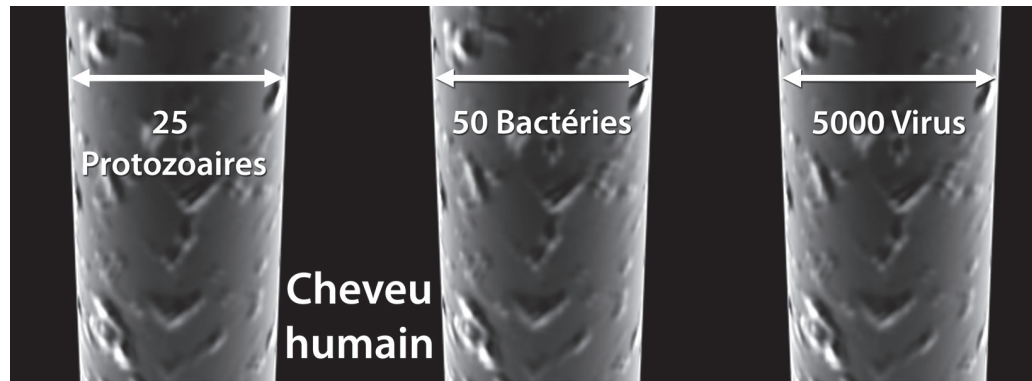
Nom du protozoaire	Description
<i>Cryptosporidium</i> spp. – espèces les plus courantes en ce qui concerne les infections chez l'humain : <i>C. parvum</i> et <i>C. hominus</i> 	Les humains et les animaux, notamment les bovins, représentent des réservoirs importants de <i>Cryptosporidium</i>. Les personnes infectées par des protozoaires <i>Cryptosporidium</i> risquent davantage de contracter une maladie symptomatique que ceux qui sont infectés par une espèce de <i>Giardia</i>. La diarrhée est le symptôme le plus courant associé à la cryptosporidiose et est caractérisée par des selles très aqueuses qui ne contiennent pas de sang. La diarrhée peut être importante, des volumes de 3 L/jour étant courants chez les hôtes immunocompétents et des volumes allant jusqu'à 17 L/jour ayant été signalés chez certains patients immunodéficients. Ce symptôme peut être accompagné de crampes, de nausées, de vomissements (surtout chez les enfants), d'une fièvre de faible intensité (inférieure à 39 °C), d'anorexie et de déshydratation. Des cas de cryptosporidiose chez l'humain ont été signalés dans plus de 90 pays, sur six continents. Les ookystes de <i>Cryptosporidium</i> (structures à parois épaisses qui permettent aux protozoaires de passer d'un hôte à un autre) se propagent facilement dans l'environnement et sont transmis par la voie fécale-orale. Les mécanismes de transmission comprennent la transmission entre personnes, le contact avec les animaux (surtout les animaux d'élevage), l'ingestion d'eau potable ou utilisée pour des activités récréatives contaminée et la consommation d'aliments contaminés. Les ookystes de <i>Cryptosporidium</i> sont courants dans les eaux usées et les eaux de surface et, parfois, dans les eaux traitées. Les espèces de <i>Cryptosporidium</i> sont parmi les protozoaires entériques les plus souvent signalés en Amérique du Nord et ailleurs dans le monde.
<i>Toxoplasma gondii</i> 	<i>Toxoplasma gondii</i> est un parasite pouvant infecter les animaux à sang chaud, y compris les humains, quoique le chat soit l'hôte principal. Ce protozoaire se transmet par ingestion de kystes tissulaires lorsque de la viande crue ou mal cuite infectée est consommée, par ingestion d'ookystes lorsque de l'eau ou des aliments contaminés sont consommés ou par la manipulation de sols contaminés ou de matières fécales de chats infectés. De façon analogue aux autres protozoaires énumérés précédemment, les symptômes comprennent des troubles gastro-intestinaux, les personnes qui sont le plus vulnérables étant plus susceptibles de présenter de sérieuses complications. Bien que cet organisme entraîne souvent des symptômes pseudogrippaux légers, il peut constituer un danger de mort pour les personnes immunodéficientes et les femmes enceintes. On en connaît très peu sur la distribution de ce protozoaire dans les sources d'approvisionnement; toutefois, on a constaté que les ookystes pouvaient survivre jusqu'à 17 mois dans l'eau de robinet. En 1995, on a connu une éclosion en Colombie-Britannique, apparemment associée à la contamination d'un réservoir d'eau par des matières fécales de chats domestiques et sauvages. Les traitements visant à éliminer ou à inactiver le <i>Giardia</i> et le <i>Cryptosporidium</i> devraient être efficaces contre <i>Toxoplasma gondii</i>.

3.4 Contamination chimique

Les sources d'approvisionnement peuvent être contaminées par des produits chimiques inorganiques ou organiques. Bien que ces deux groupes de produits puissent être artificiels ou naturels, les produits chimiques inorganiques se trouvent plus souvent naturellement

dans l'environnement, alors que les produits chimiques organiques sont plus souvent artificiels. Les sections qui suivent visent à décrire en détail les produits chimiques inorganiques et organiques.

Figure 3.3 Taille relative des microorganismes



3.4.1 Contaminants chimiques inorganiques

Tout d'abord, soulignons que le mot « inorganique » décrit tout composé chimique dont la structure ne comporte pas de carbone. Par contre, il existe de nombreuses exceptions à la règle « aucun carbone », même lorsqu'il est question d'eau potable. Ainsi, il est peut-être préférable de délaissier la définition de « contaminant inorganique » et de se concentrer sur des exemples.

Les produits chimiques inorganiques sont souvent des contaminants naturels qui peuvent être dangereux pour la santé, nuire aux procédés de traitement d'un microsystème ou entraîner des problèmes de qualité esthétique tel que des taches sur les appareils de salle de bain et la lessive. À faible dose, certains contaminants inorganiques sont bénéfiques pour la santé. Habituellement, ces contaminants sont lessivés à travers les formations géologiques, comme les sols et les roches qui sont en contact avec l'eau. Voilà pourquoi la concentration de composés inorganiques est généralement plus forte dans les eaux souterraines que dans les eaux de surface. Les eaux souterraines peuvent être en contact avec des roches et le sol pendant quelques années, des décennies ou des millénaires avant qu'elles soient pompées vers la surface et servent de source d'approvisionnement en eau potable. Cela laisse amplement de temps à l'eau pour travailler les roches environnantes et dissoudre les composés inorganiques. Cependant, ces composés peuvent aussi entrer dans l'eau à partir de l'atmosphère ou par l'intermédiaire des processus biologiques des bactéries et des végétaux. Bien entendu, certains contaminants inorganiques peuvent se concentrer dans un secteur ou une source d'approvisionnement en particulier en raison de l'activité humaine. Certains peuvent être beaucoup plus courants que d'autres, selon l'emplacement du microsystème. Les systèmes à proximité de secteurs agricoles, comme les fermes et les parcs d'engraissement, peuvent présenter une eau d'approvisionnement qui contient de fortes concentrations de nitrates et de nitrites. Les systèmes à proximité de secteurs où l'on mène des activités industrielles, comme la fusion de métaux ou l'exploitation minière, peuvent quant à eux présenter des taux élevés d'arsenic, de plomb ou de cuivre. Bien souvent au Canada, les eaux souterraines contiennent du fer et/ou du manganèse, du calcium et du magnésium. Il est important de comprendre que pour la majorité des contaminants, l'eau potable qui contient de faibles concentrations (valeurs égales ou inférieures aux Concentrations maximums acceptables) ne présente aucun risque pour la santé humaine.

Il existe de nombreuses substances inorganiques que l'on trouve couramment dans les eaux de surface et souterraines. Les résultats d'une analyse d'un échantillon d'eau indiquent quels contaminants inorganiques sont présents dans l'eau d'approvisionnement. De l'information additionnelle sur chaque substance est fournie sur le site Web de Santé Canada. Lorsque l'on cherche de l'information sur les contaminants, il est important de tenir compte de plusieurs facteurs. D'abord, il faut utiliser des sources crédibles. Ensuite, on doit s'assurer que l'information porte sur le contaminant dans l'eau, et non seulement sur la substance en soi. Comme on l'a indiqué précédemment, les concentrations inférieures aux CMA ne présentent pas de risque pour la santé humaine et, dans certains cas, peuvent avoir des bienfaits sur la santé. Certains composés inorganiques peuvent être accompagnés de recommandations opérationnelles; celles-ci peuvent améliorer non seulement le fonctionnement général du système mais aussi le traitement de l'eau, puisque les concentrations inférieures à ces recommandations peuvent améliorer certains procédés de traitement, comme la filtration sur membrane ou la désinfection.

3.4.2 Contaminants chimiques organiques

Les contaminants chimiques organiques sont généralement ceux dont la structure atomique comprend du carbone. Ces contaminants peuvent être naturels – pétrole, gaz naturel et matières organiques dissoutes, pour n'en nommer que quelques-uns. Cependant, il existe de nombreux contaminants chimiques organiques artificiels, comme les pesticides, l'essence (pétrole raffiné) et le chlorure de vinyle. Certains présentent un risque important pour la santé des gens qui y sont exposés, surtout si l'exposition est de longue durée. Les contaminants chimiques organiques sont associés à de nombreux problèmes, y compris le cancer, les troubles gastro-intestinaux et les troubles neurologiques. Lorsque l'on vérifie la présence de contaminants chimiques organiques dans un échantillon d'eau potable, on réalise des épreuves de détection de deux groupes majeurs de contaminants : les **contaminants organiques volatils (COV)** et les **contaminants organiques synthétiques**. Les contaminants chimiques organiques sont généralement ceux dont la structure atomique comprend du carbone. Ces contaminants peuvent être naturels – pétrole, gaz naturel et matières organiques dissoutes, pour n'en nommer que quelques-uns. Cependant, il existe de nombreux contaminants chimiques organiques artificiels, comme les pesticides, l'essence (pétrole raffiné) et le chlorure de vinyle. Certains présentent un risque important pour la santé des gens qui y sont exposés, surtout si l'exposition est de longue durée. Les contaminants chimiques organiques sont associés à de nombreux problèmes, y compris le cancer, les troubles gastro-intestinaux et les troubles neurologiques. Lorsque l'on vérifie la présence de contaminants chimiques organiques dans un échantillon d'eau potable, on réalise des épreuves de détection de deux groupes majeurs de contaminants : les contaminants organiques volatils (COV) et les contaminants organiques synthétiques (COS). Les COV sont des composés chimiques qui se volatilisent facilement dans l'air, ce qui signifie qu'ils se transforment en gaz que l'on peut habituellement sentir dans un verre d'eau. Les COS comprennent quant à eux des composés chimiques comme des pesticides, des produits de nettoyage à sec et des combustibles. Il s'agit de produits chimiques artificiels créés pour simplifier la vie (du moins jusqu'à ce qu'ils atteignent le système d'approvisionnement en eau). Bon nombre de ces contaminants chimiques ne se mélangent pas complètement à l'eau et demeurent disposés en poches de contamination hautement concentrées (appelées panaches) pouvant être présentes dans les eaux de surface comme dans les eaux souterraines. Si un microsysteme laisse entrer un panache dans le système de traitement, les mesures qui permettraient de rendre l'eau contaminée salubre à coût raisonnable sont malheureusement très limitées. Bien qu'il existe des appareils de

traitement, ceux-ci sont difficiles à installer et à exploiter dans les microsystèmes.

Il est important de surveiller la contamination organique et de corriger le problème avant que les contaminants s'introduisent dans le système d'approvisionnement en eau dans une forme aussi concentrée. Les contaminants organiques peuvent être présents dans les eaux de surface et les eaux souterraines. S'ils atteignent une source d'eau souterraine, l'assainissement (élimination des contaminants) devient très difficile et peut prendre plusieurs années. Parmi les sources les plus courantes de contaminants organiques qui atteignent les eaux souterraines, mentionnons les réservoirs souterrains de stockage de combustibles qui se fissurent ou se corrodent, ce qui donne lieu à des fuites dans le sol. L'eau de pluie finit par traverser le sol, entraînant avec elle ces contaminants jusqu'aux aquifères.

Ce qui suit est une liste de certains contaminants organiques. Bien entendu, certains aboutissent dans l'eau en raison d'une manutention imprudente et de déversements accidentels. Cependant, des pesticides sont souvent présents à l'état de traces dans les eaux de surface et, dans une moindre mesure, dans les eaux souterraines. Soulignons que les produits pharmaceutiques sont également de plus en plus courants à l'état de traces dans les sources d'eau de surface.

Tableau 3.4 Contaminants chimiques organiques d'intérêt

Contaminant	Description
Organochlorés	Les composés organochlorés forment un groupe de composés chimiques que l'on trouve couramment dans de nombreux solvants utilisés de façon quotidienne. Les solutions de nettoyage à sec, par exemple, représentent une source courante de deux composés organochlorés pouvant avoir un impact important sur les sources d'eau souterraine dans toute l'Amérique du Nord. Ces composés peuvent donner lieu à des panaches de contaminants (nuages de produits chimiques qui ne se mélangent pas à l'eau) qui sont difficiles à éliminer ou à réduire.
Combustibles	Les combustibles constituent une source importante de contaminants de l'eau potable, surtout en ce qui concerne les sources d'eau souterraine. Ces combustibles sont des sources de contamination anthropiques et ne peuvent être éliminés qu'en faisant un effort pour qu'ils n'atteignent pas les sources d'eau de surface et d'eau souterraine. Les réservoirs de stockage souterrains des postes d'essence, tout comme les petits réservoirs utilisés dans les exploitations agricoles, se détériorent au fil du temps. Ces réservoirs souterrains ont été fabriqués avec des matériaux vulnérables à l'usure, à une époque où l'on ne comprenait pas parfaitement les dangers de la contamination par les combustibles. Peu à peu, Santé Canada et d'autres organismes gouvernementaux se sont mis à travailler avec les propriétaires pour surveiller, enlever et remplacer au besoin les réservoirs de stockage souterrains non étanches.
Benzène	Le benzène est un contaminant chimique incolore et inodore que l'on emploie dans la production de bien d'autres produits et composés chimiques, comme les plastiques, le caoutchouc, les pesticides et certains médicaments. C'est un sous-produit naturel des produits pétroliers et un agent cancérigène connu. On ne devrait le trouver dans l'eau que lorsqu'il y a un déversement accidentel.

Contaminant	Description
Pesticides	La problématique des pesticides est complexe. Bien que bon nombre des pesticides d'aujourd'hui soient moins dangereux pour l'environnement que ceux du passé, certains demeurent problématiques en ce qui a trait à l'eau potable. La solution n'est pas simple, puisque divers pesticides sont utilisés dans les activités agricoles pour s'assurer que l'on produit des aliments en quantité suffisante. Ayant collaboré avec les agriculteurs, les scientifiques et les représentants gouvernementaux croient que la solution consiste à employer de meilleurs composés chimiques et de meilleures techniques d'épandage. Par le passé, on considérait qu'il était inutile de se pencher sur les techniques d'épandage; aujourd'hui, on voit de plus en plus que la réduction de la pulvérisation excédentaire et le fait d'utiliser la quantité de produits chimiques qu'il faut, pas plus, entraînent une diminution importante de la quantité de pesticides perdus qui atteignent les sources d'approvisionnement en eau.
Pharmaceutiques	Les produits pharmaceutiques sont récemment devenus source de contaminants organiques dans les sources d'approvisionnement en eau potable. On en trouve dans des concentrations extrêmement faibles, mais le simple fait qu'ils soient présents dans l'eau potable est très important. On croit que bon nombre de ces produits atteignent les sources d'approvisionnement en eau par l'intermédiaire des eaux usées. En effet, les produits pharmaceutiques que l'on prend ne sont pas complètement absorbés par notre organisme; une certaine quantité est excrétée dans l'urine et les matières fécales. Bien que les eaux usées municipales soient soumises à des traitements exhaustifs, ces procédés n'ont pas été conçus pour éliminer les produits pharmaceutiques; c'est pourquoi certains de ces produits demeurent intacts. Soulignons également que de nombreuses fosses septiques sont en place et que le traitement associé contre les produits pharmaceutiques est très limité, voire inexistant. Les produits pharmaceutiques qui atteignent une fosse septique rejoignent presque tous les sols et les eaux souterraines qui l'entourent. Si l'on connaît les effets des produits pharmaceutiques lorsqu'ils sont employés comme médicaments, on en connaît très peu sur leurs effets sur la santé lorsqu'ils sont absorbés aux très faibles concentrations présentes dans l'eau d'approvisionnement (exposition environnementale) sur une certaine période.

3.5 Autres caractéristiques de l'eau

There are many water characteristics that affect drinking water quality, a few of which may be of interest to micro-systems. These include pH, alkalinity, Total Dissolved Solids (TDS), conductivity, and hardness.

3.5.1 pH

Le pH est une mesure qui permet de déterminer à quel point l'eau est acide ou basique. Cela est lié directement à la quantité d'ions hydrogène (H^+) dans l'eau en solution. Plus il y a d'ions H^+ , plus l'eau est acide et plus le pH est bas. Le pH est habituellement donné sur une échelle de 0 à 14, 0 étant extrêmement acide et 14 extrêmement basique. Un pH de 7 correspond à une solution neutre. Chaque niveau de l'échelle de pH représente une variation d'un facteur de 10 par rapport au niveau précédent. Autrement dit, une eau qui présente un pH de 6 contient une concentration 10 fois plus forte d'ions H^+ en solution

qu'une eau qui présente un pH de 7. Une différence de 1 sur l'échelle de pH peut donc sembler négligeable, mais il s'agit en fait d'une variation importante. La majorité des eaux naturelles présentent un pH de 6,5 à 8,0, ce qui signifie qu'elles sont pratiquement neutres. Pour chaque procédé de traitement, il y a un intervalle de pH où l'on obtient de meilleurs résultats. Il peut cependant être difficile de maintenir le pH dans cet intervalle tout au long du traitement. C'est là où l'alcalinité entre en jeu. Certaines personnes ont parfois beaucoup de mal à faire la distinction entre le pH et l'alcalinité.

3.5.2 Alcalinité

L'alcalinité correspond à la capacité de l'eau de limiter ou, en termes plus techniques, de tamponner les variations du pH. L'alcalinité, contrairement à ce que l'on peut penser, ne représente pas le degré de basicité (contraire d'acidité) de l'eau. On s'y méprend en raison du mot « alcalin », qui devrait être écarté lorsqu'il est question d'alcalinité. L'alcalinité représente essentiellement la capacité de l'eau de neutraliser tout acide qu'on y ajoute. Si l'alcalinité de l'eau est trop faible, tout ajout de produit chimique servant au traitement provoque une forte variation du pH. Il est très important que le pH demeure stable pour que les traitements soient efficaces et pour assurer la qualité et la salubrité de l'eau. L'opérateur du microsysteme peut être obligé de consacrer une partie de son temps à corriger ces variations du pH pour que les procédés soient efficaces. L'augmentation de l'alcalinité peut donc réduire les variations du pH suffisamment pour que celui-ci demeure stable et ne s'éloigne pas de l'intervalle qu'il faut respecter pour le traitement.

3.5.3 MDT

« Matières dissoutes totales » (MDT) est un terme polyvalent qui peut englober n'importe quel nombre de contaminants inorganiques dissous et de petites quantités de matières organiques dans l'eau. En général, une matière solide est considérée comme dissoute, plutôt qu'en suspension, si elle parvient à traverser un filtre très fin. La taille des pores de ce filtre se situe entre 0,45 et 2 micromètres, selon la méthode d'analyse utilisée. Si la matière traverse le filtre, elle est incluse dans le calcul des MDT; si elle ne traverse pas, elle est comprise dans le total des solides en suspension (TSS). Habituellement, les MDT comprennent le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, les carbonates, les bicarbonates, le chlore, les sulfates et les nitrates. Elles sont facilement mesurables sur le terrain grâce à la conductivité, la valeur obtenue étant convertie en concentration (mg/L) à l'aide d'un facteur de conversion propre au type d'eau en question. De façon générale, ces matières dissoutes ne sont pas considérées comme un problème pour la santé.

3.5.4 Conductivité

La conductivité est une mesure de la quantité d'électricité qui peut traverser un échantillon d'eau. La majorité des gens croient que l'eau constitue un très bon conducteur d'électricité, ce qui n'est pas du tout le cas. D'ailleurs, l'eau pure est un excellent isolant – elle n'est pas conductrice d'électricité et empêche même l'électricité de traverser. Toutefois, l'eau qui contient des ions (provenant, par exemple, de molécules de sel dissoutes) EST conductrice d'électricité. Ce sont ces ions qui augmentent la conductivité de l'eau. Autrement dit, plus l'eau contient d'ions dissous, plus la conductivité est élevée. Bon nombre d'opérateurs de systèmes de traitement de l'eau mesurent la conductivité en tant qu'indicateur des MDT. La mesure de la conductivité peut servir à estimer la quantité de MDT dans l'eau; il suffit de convertir la valeur en concentration (mg/L) à l'aide d'un facteur de conversion propre au type d'eau en question. Bien qu'il n'existe aucune relation exacte entre la conductivité et les MDT, la mesure de la conductivité suffit à faire une bonne estimation de la concentration de MDT dans l'eau.

3.5.5 Dureté

La dureté est principalement causée par les ions calcium et magnésium présents dans l'eau. Ces ions proviennent de dépôts géologiques naturels comme le calcaire et la dolomie qui sont dissous lorsqu'ils sont en contact avec l'eau, notamment dans l'eau légèrement acide. L'eau dure entraîne l'entartrage, accumulation de matières solides blanches pouvant ressembler beaucoup à du sel mais qui sont formées de calcium et de magnésium. L'entartrage peut apparaître autour des éléments chauffants des fournaies et des chauffe-eau, obstruer les conduites et les robinets et même nuire à divers traitements de l'eau potable. L'eau dure représente sans doute le problème le plus important et le plus courant en ce qui concerne les microsystemes qui ont comme source des eaux souterraines. Il est plus rare de voir de l'eau dure dans les systèmes d'eau de surface, principalement en raison du fait que les eaux souterraines sont en contact beaucoup plus longtemps avec des formations géologiques et qu'elles peuvent dissoudre plus de minéraux. Toutefois, les sources d'eau de surface peuvent contenir de l'eau dure.

3.5.6 Couleur

La coloration de l'eau indique la présence de matières dissoutes, puisque celles-ci influent sur la transmission de la lumière. La coloration peut résulter de la présence de matières organiques dissoutes dans l'eau, comme des acides humiques et fulviques provenant des sols et de la tourbe et des tannins et lignines provenant des végétaux en décomposition. La couleur orange de l'eau de rivière peut être associée à la présence de tannins. Les lignines proviennent également de la décomposition de matières organiques, principalement le bois. Bien qu'ils ne présentent aucun risque pour la santé dans l'eau potable, les tannins et les lignines posent des problèmes d'ordre opérationnel. Les tannins, par exemple, sont des acides qui réagissent fortement avec les métaux et qui provoquent ainsi l'oxydation (la rouille consiste en du fer oxydé) et des taches.

Le fer et le manganèse inorganiques présents dans les eaux souterraines peuvent donner une couleur rougeâtre ou noirâtre à l'eau. Certains microorganismes, comme les ferrobactéries et les myxobactéries, peuvent aussi donner une couleur à l'eau. Bien que la couleur soit un paramètre de qualité esthétique, la réduction de la coloration aide à éliminer d'autres éléments indésirables (matières organiques, fer, manganèse, etc.). La couleur est mesurée en unités de couleur vraie (uCV) et ne s'inscrit pas dans un objectif axé sur la santé, mais bien dans un objectif de qualité esthétique.

3.6 Autres contaminants dont il faut tenir compte

Le **total des solides en suspension (TSS)** est la mesure de la quantité de contaminants en suspension dans l'eau. Les solides en suspension comprennent une vaste gamme de matières naturelles, comme le limon, les particules de sol, les matières végétales et animales en décomposition et même les déchets industriels. Les bactéries, les nutriments, les pesticides et les métaux peuvent se fixer aux solides en suspension et ainsi entraîner des problèmes importants de qualité de l'eau.

On peut comprendre ce que représente le total des solides en suspension en réalisant une expérience assez simple. Prenez un verre d'eau ordinaire et ajoutez-y une cuillerée de particules de sol, puis agitez. Au bout de quelques minutes, une partie des particules de sol se seront déposées au fond du verre. Ces particules sont considérées comme des matières décantables, c'est-à-dire, des matières qui ne demeurent pas en suspension dans l'eau parce qu'elles sont trop lourdes. Ces solides ne sont pas inclus dans la mesure du TSS. Même si l'on voit que certains solides se sont déposés, l'eau demeure trouble. Cette apparence est

causée par les particules de sol qui ne sont pas assez denses pour se déposer au fond du verre. Ce sont les particules qui sont incluses dans le calcul du TSS; elles sont habituellement mesurées en retirant les particules par filtration, puis en mesurant le poids total des particules ainsi recueillies. Le TSS constitue une mesure importante des contaminants physiques (et non chimiques ou biologiques) présents dans une source d'approvisionnement. Une eau qui contient des particules solides visibles en suspension devrait toujours être traitée. Pour tous les systèmes, y compris les micro-systèmes, l'élimination des particules du TSS constitue une étape extrêmement importante du traitement de l'eau.

Toutefois, le TSS n'est pas la seule mesure de la non-transparence de l'eau. La turbidité constitue une mesure importante mais différente qui s'applique à l'eau potable.

La **turbidité** est causée par de très petites particules en suspension dans l'eau. Ces particules sont si petites qu'elles ne pèsent presque rien et ne sont pas toujours visibles. Voilà pourquoi il s'agit d'un paramètre distinct du TSS, même si les particules sont similaires. Si le TSS est une mesure de poids, la turbidité est une mesure de la quantité de lumière diffusée par l'eau. Les particules de turbidité rendent l'eau trouble, pas en empêchant de voir à travers, mais bien en diffusant la lumière qui atteint la surface de ces minuscules particules. C'est comme lorsque l'on conduit la nuit dans le brouillard. Lorsque les feux de route sont allumés, chacune des particules d'humidité dans l'air diffuse et reflète la lumière, ce qui nuit à la vision, même à quelques mètres seulement du véhicule. Plus il y a de particules microscopiques d'humidité dans l'air, moins la lumière éclaire la route et plus elle est diffuse et réfléchi. Mesurer la turbidité équivaut à mesurer le degré de difficulté que l'on éprouverait à voir dans le brouillard lorsque les feux de route sont allumés. Les particules de turbidité sont si petites qu'elles demeurent en suspension et sont susceptibles de ne jamais se déposer par elles-mêmes. La turbidité peut également servir d'indicateur de la qualité de l'eau potable. On y a souvent recours pour surveiller l'efficacité de la filtration en ce qui concerne l'élimination des particules, y compris les contaminants microbiologiques. Même l'eau qui semble parfaitement transparente à l'œil nu peut contenir des particules de turbidité. Ces particules doivent être éliminées par les micro-systèmes parce que des bactéries dangereuses peuvent y être associées, entraînant une réduction de l'efficacité du procédé de désinfection. Il existe diverses technologies de filtration qui permettent d'éliminer les particules avant d'effectuer la désinfection.

Les **contaminants radiologiques** peuvent être naturels ou artificiels (créés par l'homme). La présence de radionucléides naturels dans l'eau potable est souvent observée dans les eaux souterraines. Ces radionucléides sont en faibles concentrations dans toutes les roches et tous les sols. Dans les cas où les eaux souterraines ont été en contact avec des roches pendant des centaines ou des milliers d'années, les radionucléides naturels peuvent s'accumuler dans l'eau et présenter de fortes concentrations. Ces concentrations varient beaucoup et dépendent de la composition du substratum rocheux, de même que des conditions physiques et chimiques qui règnent dans l'aquifère. Bien que cela soit rare, on a déjà constaté la présence de radionucléides naturels dans les puits peu profonds.

Uranium

Dans la majorité des cas, la contamination par l'uranium est naturelle et résulte du contact entre les eaux souterraines et l'uranium présent dans le sol, bien qu'il soit possible de trouver des sources de contamination qui découlent de l'activité humaine. L'uranium est utilisé dans le domaine de l'énergie nucléaire, le secteur militaire et d'autres industries similaires. Celui que l'on trouve dans les eaux souterraines n'est pas très radioactif. L'uranium peut causer des maladies du rein, qui sont le résultat de la nature chimique du contaminant et non de sa radioactivité.

Radium

Le radium, autre matière radioactive, est souvent trouvé en association avec l'uranium. Habituellement, il aboutit dans l'eau potable naturellement, bien qu'il soit possible de trouver des sources de contamination qui découlent de l'activité humaine. Le radium a déjà été utilisé de façon intensive dans la production de peintures phosphorescentes, comme celles que l'on utilise sur les cadrans de montres.

Bien que l'élaboration de recommandations concernant un contaminant dans l'eau potable tient généralement compte de la capacité de mesurer la substance en question et de l'éliminer, les CMA applicables aux radionucléides sont fondées uniquement sur les effets sur la santé. Quelle que soit la source, l'exposition au rayonnement peut provoquer des modifications des structures biologiques sensibles, soit directement par le transfert d'énergie aux atomes dans les tissus ou indirectement par la formation de radicaux libres. Puisque la structure la plus sensible dans la cellule est la molécule d'acide désoxyribonucléique (ADN), l'exposition au rayonnement peut endommager l'ADN et ainsi tuer les cellules ou les empêcher de se reproduire. Cela peut mener à la perte de tissus ou de fonctions des organes, ou encore à un cancer. La probabilité de ces effets augmente plus le rayonnement auquel on est exposé est élevé. Les cancers les plus souvent associés à l'exposition au rayonnement comprennent la leucémie et le cancer du poumon, du sein, de la glande thyroïde, des os, des organes digestifs et de la peau. Ces cancers peuvent apparaître entre cinq ans et plusieurs décennies suivant l'exposition.

La majorité des radionucléides peuvent être mesurés avec fiabilité à des niveaux en deçà des CMA établies. Les échantillons d'eau peuvent d'abord être analysés pour vérifier la présence de radioactivité au moyen de techniques qui permettent de mesurer l'activité alpha et bêta globale, plutôt que les radionucléides individuels. Cette analyse convient généralement à titre de procédure préliminaire pour déterminer si une analyse supplémentaire ciblant des isotopes spécifiques est nécessaire, ou, si des analyses des radionucléides ont déjà été réalisées, pour détecter les changements dans les caractéristiques radiologiques de la source d'approvisionnement.

[illegible]

4 Chimie et calculs de base

4.1 Introduction

Le présent chapitre constitue une introduction à la chimie de l'eau et aux calculs à effectuer pour un microsysteme. Le module en ligne qui accompagne le présent manuel comprend des animations détaillées qui illustrent étape par étape les calculs; on recommande de les visionner en accompagnement avec le présent chapitre.

Ces calculs sont assez simples, il n'y aucune raison d'être intimidé. Les sections suivantes fournissent des explications de chaque calcul, une étape à la fois.

L'annexe B contient plusieurs tableaux de référence dans lesquels figurent des facteurs de conversion. Vous apprendrez à vous servir de ces tableaux dans le présent chapitre.

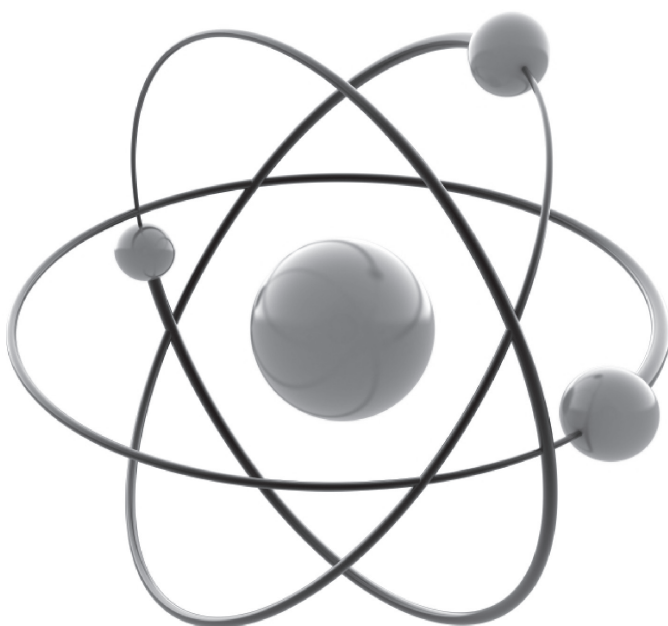
Avant de vous lancer dans les calculs, vous devez comprendre la chimie de l'eau.

4.2 Composition chimique

L'eau, comme toute autre matière, est composée d'atomes. Ceux-ci s'apparentent à des systèmes solaires miniatures, avec des planètes en orbite autour d'un soleil. Dans cette représentation, le soleil correspond au noyau. Le noyau est fait de particules, dont certains lui donnent une charge électrique positive. Le nombre de petites particules de charge positive dans le noyau détermine s'il s'agit d'un atome d'hydrogène, de calcium ou de manganèse, ou d'un atome d'un autre élément.

De minuscules particules décrivent une orbite autour du noyau. Ces particules, qui ont une charge électrique négative, sont ce que l'on appelle les électrons. Lorsque le nombre d'électrons est égal au nombre de charges positives dans le noyau, l'atome a une charge neutre. Un atome neutre est ce que l'on appelle un élément.

Figure 4.1 Atome



On définit parfois les éléments comme des substances chimiques pures de charge neutre. À ce jour, les scientifiques ont découvert 118 éléments, lesquels sont compris dans le tableau périodique. Les éléments diffèrent les uns des autres en fonction du nombre de protons (particules de charge positive) dans leur noyau. C'est ce que l'on appelle le numéro atomique, chiffre qui est bien en vue sur le tableau périodique. Puisque les éléments ont une charge neutre, s'ils comportent des particules de charge positive (protons), ils doivent également comporter des particules de charge négative pour « neutraliser » les charges. Ces particules négatives sont des électrons. Les éléments ont continuellement tendance à gagner et à perdre des électrons. Lorsque cela se produit, ils deviennent des ions positifs lorsqu'ils perdent des électrons, et des ions négatifs lorsqu'ils gagnent des électrons.

Ainsi, un élément consiste en une substance chimique de charge neutre, et un ion est un élément qui comporte quelques électrons de plus ou de moins, ce qui lui donne une charge négative ou positive.

Toute matière chimique est composée d'un ou de plusieurs des 118 éléments connus, sous une forme ou une autre. Un groupe d'éléments associés par liaison chimique forme ce que l'on appelle une molécule. L'eau, par exemple, est une molécule composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène, d'où la formule chimique H_2O .

4.3 pH et alcalinité

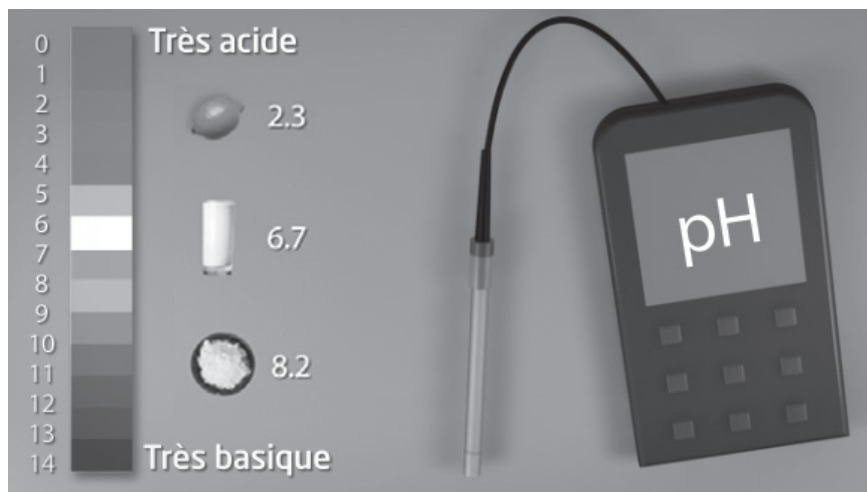
Il a déjà été question, au chapitre 3, du pH et de l'alcalinité, deux paramètres fort importants de la chimie de l'eau. Pratiquement toutes les réactions chimiques, de la désinfection à la corrosion, sont fortement touchées par le pH et l'alcalinité. En apprenant d'abord à surveiller et à contrôler ces deux paramètres, on facilite l'application et la compréhension de l'ajout de produits chimiques et des modifications pour d'autres traitements.

Le pH est une mesure qui permet de déterminer à quel point l'eau est acide ou basique. Pour ce qui est de l'eau potable, il est important, aux fins du traitement et de la potabilité, de veiller à ce que le pH cible soit maintenu. Dans les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, le pH constitue un objectif de qualité esthétique et l'intervalle acceptable est 6,5-8,5. Cependant, pour certains désinfectants et procédés, un pH supérieur à 8,5 est acceptable. Le pH peut différer selon chaque étape ou procédé de traitement, dépendamment du procédé (p. ex., coagulation). Il se peut que l'on ait à modifier le pH avant et après le procédé. Un pH inférieur à 6,5 peut provoquer la corrosion des conduites et des appareils de plomberie. En soit, une telle valeur ne représente pas un danger pour la santé, mais peut entraîner la dissolution des métaux que peuvent contenir les conduites, comme le plomb, le cadmium, le zinc et le cuivre. Cela augmente la concentration de ces métaux dans l'eau potable et peut ainsi causer des problèmes de santé. Par ailleurs, une eau qui présente un pH élevé ne pose pas forcément de risques pour la santé, mais elle peut avoir un goût amer. Rappelons qu'un pH de 7,0 est neutre – une eau qui présente cette valeur n'est ni acide, ni basique.

On utilise aussi le terme « alcaline » pour décrire l'eau dont le pH est supérieur à 7,0. Cela peut porter à confusion lorsque l'on parle d'alcalinité. En effet, il s'agit de deux choses différentes. L'eau alcaline (basique) est une eau dont le pH est supérieur à 7,0. L'alcalinité, quant à elle, est une mesure de la capacité de l'eau de tamponner (neutraliser) un acide ajouté de façon que le pH ne baisse pas. L'alcalinité est une propriété importante

de l'eau dont il faut tenir compte lorsque l'on ajoute des substances chimiques destinées au traitement, puisqu'une eau qui présente une faible alcalinité peut donner lieu à des variations inacceptables du pH lorsque l'on ajoute une substance chimique.

Figure 4.2 Échelle des pH



4.4 Concentration

La concentration correspond tout simplement à la quantité d'une substance dans une autre – comme la crème dans le café. Lorsque l'on parle de l'eau, la substance dissoute est le soluté, et l'eau, le solvant.

La concentration d'un soluté dans l'eau peut s'exprimer selon un rapport poids sur volume – milligrammes par litre, parties par million, pourcentage, etc. – ou encore selon un rapport volume sur volume – p. ex., millilitres par litre. La dureté, ou plus exactement la quantité de minéraux qui produisent la dureté dans l'eau, se mesure souvent en grains par gallon américain.

En tant qu'opérateur de microsystème, il faut bien connaître toutes ces unités de mesure et être capable d'en faire la conversion.

À titre d'exemple, si l'on a 1 gramme (mesure de poids) de fer dans 1 litre (mesure de volume) d'eau, la concentration de fer dans cette eau est de 1 g/L. Puisqu'il y a 1 000 milligrammes dans 1 gramme, cela correspond à une concentration de 1 000 mg/L. Il s'agit ici d'une concentration exprimée selon un rapport poids sur volume, ce que l'on indique parfois sur l'étiquette des contenants à l'aide de l'abréviation p/v. On peut aussi donner la concentration en parties par million (ppm). Pour les solutions où l'eau est le solvant, la concentration donnée en mg/L est équivalente aux ppm; ainsi, 1 mg/L équivaut à 1 ppm. Cela s'explique par le fait que 1 L d'eau pèse 1 000 000 mg. Soulignons que cette équivalence ne s'applique pas forcément aux autres solvants (composés chimiques).

Les concentrations sont aussi exprimées selon le volume d'un liquide dans un autre – on parle donc de concentrations volume sur volume (v/v). Habituellement, on mesure la quantité la plus petite de liquide dans la quantité la plus grande – p. ex., millilitres par litre (mL/L). Si l'on ajoute, par exemple, 5 millilitres (une cuillerée à thé) de colorant à 1 litre d'eau, la concentration obtenue sera de 5 mL/L.

On utilise aussi une autre forme de concentration dans le domaine de la qualité de l'eau - le pourcentage (%). Il n'existe aucune règle générale à savoir si le pourcentage doit se rapporter à une concentration p/v ou v/v, mais le calcul est fort simple. En effet, le pourcentage équivaut toujours à des parties par centaine - 1 g/100 mL = 1 % (p/v) et 1 mL/100 mL = 1 % (v/v).

Dans le premier exemple présenté plus haut, on a une concentration de fer de 1 g/L, ce qui équivaut à 1 g/1 000 mL. Puisqu'il faut baisser à 100 mL, on doit diviser les deux valeurs par 10, ce qui donne 0,1 g/100 mL, donc une concentration de 0,1 % (p/v).

Dans le deuxième exemple, on a une concentration de colorant de 5 mL/L, ce qui équivaut à 5 mL/1 000 mL. Encore une fois, il suffit de diviser par 10 les deux valeurs, ce qui donne une concentration de 0,5 mL/100 mL = 0,5 % (v/v).

Parmi les concentrations souvent exprimées en pourcentage, on peut penser à la quantité d'hypochlorite de sodium dans l'eau de Javel. L'hypochlorite de sodium est l'agent désinfectant présent dans l'eau de Javel, et sa concentration dans l'eau de Javel à usage domestique est habituellement de 5 % (p/v). Cela signifie que chaque 100 mL de solution d'eau de Javel contient 5 g d'hypochlorite de sodium - 5 g/100 mL. Cette concentration (5 %) équivaut à 50 g/L.

Un nombre fort pratique

Puisqu'il y a 1 000 mg dans un 1 g, une concentration de 5 % ou de 50 g/L équivaut à 50 000 mg/L.

En tant qu'opérateur de microsystème, il faut bien connaître toutes les unités de mesure et être capable d'en faire la conversion. Des exemples de calculs et de conversions additionnels sont fournis à l'annexe B.

4.5 Dilution

La dilution consiste à prendre une solution concentrée et à réduire la concentration en ajoutant un solvant (dans le cas du traitement de l'eau, c'est l'eau que l'on emploie comme solvant). On effectue des dilutions tous les jours sans même y penser, par exemple, lorsque l'on ajoute de la crème au café (ce qui dilue la concentration initiale de la crème) et lorsque l'on fait du jus d'orange à partir de concentré congelé (le jus concentré est dilué au moyen de l'eau ajoutée). Dans ces cas, on sait par expérience ou en suivant les directives comment procéder pour diluer et obtenir le produit souhaité. Par contre, en ce qui concerne le traitement de l'eau, on doit calculer la quantité exacte de solution qu'il faut au départ et la quantité de solvant (eau) qu'il faut ajouter pour obtenir le produit souhaité. Ce n'est pas bien difficile; il ne faut qu'appliquer la formule suivante :

$V1 \times C1 = V2 \times C2$, où :

$V1$ = volume de la solution initiale (concentrée)

$C1$ = concentration de la solution initiale

$V2$ = volume de la solution finale (diluée)

$C2$ = concentration de la solution finale

Les volumes et concentrations doivent être exprimés avec les mêmes unités. Si, par exemple, $V1$ est donné en mL (millilitres) et $C1$ est donné en mg/L, $V2$ doit être exprimé en mL et $C2$ en mg/L.

Allons-y d'un exemple.

La chloration concentrée d'un puits est un procédé que l'on emploie pour traiter un puits qui a donné des résultats positifs pour la présence de coliformes. Il s'agit également d'un bon procédé à utiliser dans le cadre d'un programme d'entretien régulier visant à prolonger la durée de vie du puits. Le procédé consiste à ajouter une forte dose de chlore au puits, c'est-à-dire, à ajouter du chlore de façon à créer une forte solution de chlore.

Diamètre et tubage du puits : tubage en acier de 5 pouces (le diamètre intérieur est de 5 pouces).

Profondeur total du puits : 135 pieds.

Distance entre le dessus de l'eau et la surface : 87 pieds.

Volume d'eau : $6,546 \pi^3$ (voir le calcul à la section 4.6 - Volume).

Le chlore utilisé proviendra d'eau de Javel à usage domestique, qui présente une concentration de chlore de 5 %, ou 5 g/100 mL. Quelle quantité d'eau de Javel concentrée doit-on ajouter à l'eau de puits si l'on veut une concentration finale de 200 mg/L?

$V1$ = inconnu

$C1 = 5 \text{ g}/100 \text{ mL} = 50 \text{ g/L} = 50\,000 \text{ mg/L}$

$V2 = 6,546 \pi^3 \times 28,317 \text{ L}/\pi^3 = 185,36 \text{ L}$

Nota : le facteur de 28,317 permet de convertir les pieds cubes en litres et est fourni à l'annexe B.

$C2 = 200 \text{ mg/L}$

$V1 \times C1 = V2 \times C2$

La formule peut être remaniée comme suit pour calculer la valeur de $V1$:

$V1 = V2 \times C2/C1$

Ainsi, $V1 = 185,36 \text{ L} \times 200 \text{ mg/L} / 50\,000 \text{ mg/L} = 0,741 \text{ L} = 741 \text{ mL}$

En ajoutant 741 mL de solution d'eau de Javel à 5 % au puits, on diluera la solution concentrée et obtiendra une concentration finale de 200 mg/L (200 ppm) dans le puits.

4.6 Volume

Le volume correspond à l'espace qu'occupe un objet. Les opérateurs de microsystèmes doivent parfois calculer le volume de deux formes de base : les contenants rectangulaires et les contenants cylindriques. La quantité d'eau dans un contenant rectangulaire se calcule en multipliant la longueur du contenant par sa largeur, puis par sa hauteur. Autrement dit, le volume égale : longueur x largeur x hauteur.

Pour calculer la quantité d'eau dans les puits et autres contenants cylindriques, cependant, il faut une autre équation. Le volume d'un cylindre égale π (π) – constante mathématique équivalant à 3,1416 – multiplié par le rayon de la base du contenant, puis une autre fois par le rayon de la base du contenant, et enfin, par la hauteur du cylindre. Autrement dit, le volume égale : $\pi \times \text{rayon de la base du cylindre au carré} \times \text{hauteur du cylindre}$.

Lorsque l'on effectue ces calculs, il faut se rappeler que le volume peut s'exprimer à l'aide de plusieurs unités différentes – millilitres, litres, pieds cubes, mètres cubes, onces

liquides, chopines, pintes, gallons américains, pour n'en nommer que quelques-unes. On doit donc s'assurer que les unités de mesure employées pour indiquer la longueur, la largeur et la hauteur d'un contenant rectangulaire ou le rayon et la hauteur d'un contenant cylindrique sont les mêmes.

Les formules appliquées sont les suivantes :

$V = Lo \times La \times H$ (prisme rectangulaire), où :

V = volume

Lo = longueur

La = largeur

H = hauteur

Les valeurs Lo , La et H doivent être données dans les mêmes unités; par exemple, si les valeurs sont exprimées en pouces, le volume sera donné en pouces cubes; si elles sont exprimées en millimètres, le volume sera donné en millimètres cubes.

$V = \pi \times R^2 \times H$ ou $V = \pi \times D^2/4 \times H$ (forme cylindrique), où :

V = volume

R = rayon de la base

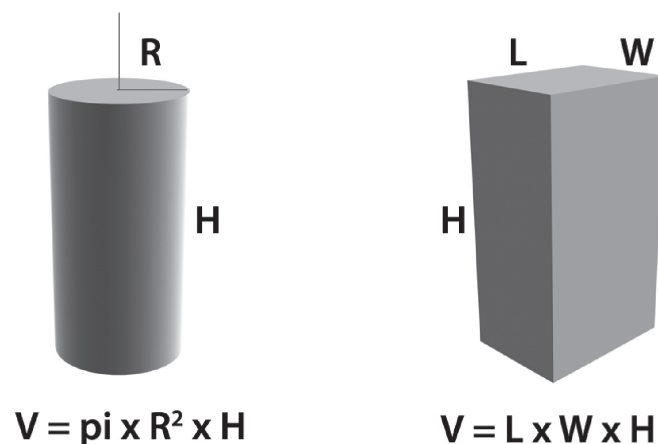
D = diamètre de la base

H = hauteur du cylindre

$\pi = \text{pi} = 3,1416$

Comme c'est le cas pour les contenants rectangulaires, les valeurs R (ou D) et H doivent être exprimées dans les mêmes unités; on obtiendra ainsi un volume dans ces mêmes unités.

Figure 4.3 Volume d'un cylindre et d'un prisme rectangulaire



Voici un exemple de calcul du volume.

On utilise ici l'exemple de chloration concentrée d'un puits pour lequel on avait obtenu des résultats positifs pour ce qui est de la présence de coliformes (voir la section 4.5 - Dilution). Le volume d'eau dans le puits avait été donné dans l'exemple, et le calcul est présenté ci-dessous.

Diamètre et tubage du puits : tubage en acier de 5 pouces (diamètre intérieur de 5 pouces).

Profondeur totale du puits : 135 pieds.

Distance entre le dessus de l'eau et la surface : 87 pieds.

Quel est le volume d'eau dans le puits?

$H = \text{profondeur de l'eau dans le puits} = 135 \text{ pieds} - 87 \text{ pieds} = 48 \text{ pieds.}$

$D = \text{diamètre intérieur du puits} = 5 \text{ pouces} \times 1 \text{ pied}/12 \text{ pouces} = 0,4167 \text{ pied}$

$R = \text{rayon du puits} = \text{diamètre}/2 = 0,4167/2 = 0,20835 \text{ pied}$

$V = \pi \times R^2 \times H = 3,1416 \times 0,20835 \times 0,20835 \times 48 = 6,546 \text{ pi}^3$

4.7 Débit

En termes simples, le débit correspond au volume qui s'écoule en un endroit donné par unité de temps. Il s'agit d'une mesure utilisée fréquemment dans le domaine du traitement de l'eau, la taille physique des dispositifs de traitement limitant la quantité d'eau qui peut être traitée dans une période donnée. En termes mathématiques, le débit (Q) équivaut au volume divisé par le temps.

Bon nombre de dispositifs de traitement sont classés selon cette capacité de traitement – gallons américains par minute, pieds cubes par seconde, gallons par minute, gallons par jour, etc.

Voici quelques conversions courantes du débit en gallons américains :

$1 \text{ pi}^3/\text{s} = 0,0283 \text{ m}^3/\text{s} = 28,317 \text{ L/s} = 448,8 \text{ gal US/min} = 646 \text{ 317 gal US/jour.}$

En gallons impériaux :

$1 \text{ pi}^3/\text{s} = 0,0283 \text{ m}^3/\text{s} = 28,317 \text{ L/s} = 373,7 \text{ gal Imp/min} = 538 \text{ 171 gal Imp/jour.}$

Il est également utile de comprendre ce que représente le débit lorsqu'il faut calculer le temps nécessaire pour certains processus. En voici un exemple :

Exemple de calcul du débit

Un camion comprend un réservoir de 300 gallons américains. Combien de temps faudra-t-il pour remplir le réservoir avec un tuyau d'arrosage si le débit est de 1,5 gallon américain par minute?

On doit d'abord se rappeler que le débit est une mesure du volume par unité de temps exprimée comme suit :

$Q = V/T$, où :

Q = débit

V = volume

T = temps

Cette formule peut être remaniée pour que l'on obtienne le temps ou le volume :

$T = V/Q$ ou $V = Q \times T$

Dans l'exemple, comme c'est le temps que l'on cherche, la solution est :

$T = V/Q = 300 \text{ gal US} / 1,5 \text{ gal US/min} = 200 \text{ minutes} = 3 \text{ heures et } 20 \text{ minutes!!}$

Évitez les pièges!

Lorsque l'on effectue les calculs, il faut se rappeler que plusieurs unités de mesure peuvent être utilisées pour indiquer le volume – millilitres, litres, pieds cubes, mètres cubes, onces liquides, chopines, pintes, gallons américains, pour n'en nommer que quelques-unes. On doit s'assurer que les unités utilisées pour exprimer la longueur, la largeur et la hauteur d'un contenant rectangulaire ou le rayon et la hauteur d'un contenant cylindrique sont les mêmes.

De plus, lorsque l'on calcule le volume d'un cylindre, il faut s'assurer d'utiliser le RAYON de la base du cylindre, et non le DIAMÈTRE. Le rayon est égal à la moitié du diamètre.

4.8 Calculs de conversion

La pression et la température sont deux caractéristiques importantes de l'eau. Les deux peuvent être exprimées à l'aide de plusieurs unités de mesure différentes.

On peut penser, entre autres, aux livres par pouce carré (lb/po²) et aux kilopascals (kPa), deux unités de pression. Tentons de convertir 50 lb/po² en kPa.

Encore une fois, la clé pour résoudre ce problème se trouve dans le tableau des unités et des conversions fourni à l'annexe B. Regardez sous la rubrique « Pression ». Le tableau indique que 1 kPa = 0,145 lb/po². Cependant, dans notre problème, nous voulons convertir dans le sens inverse, de lb/po² en kPa. En pareil cas, il faut diviser par le facteur de conversion plutôt que multiplier.

$$50 \text{ lb/po}^2 \times 1 \text{ kPa} / 0,145 \text{ lb/po}^2 = 344,8 \text{ kPa.}$$

Parlons maintenant de température : tentons de convertir 25 degrés Celsius en degrés Fahrenheit. Si l'on consulte l'annexe B, on constate qu'il faut multiplier le nombre de degrés Celsius par 1,8 et ensuite additionner 32 afin d'obtenir le nombre de degrés Fahrenheit.

$$25 \text{ }^{\circ}\text{C} \times 1,8 = 45; 45 + 32 = 77 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Pour convertir les degrés Fahrenheit en degrés Celsius, on ne fait qu'inverser la conversion : on soustrait 32 au nombre de degrés Fahrenheit et on divise par 1,8, ce qui donne le nombre de degrés Celsius.

$$77 \text{ }^{\circ}\text{F} - 32 = 45; 45 / 1,8 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Comme on l'a mentionné précédemment, le module d'apprentissage en ligne fournit des exemples de calculs effectués couramment dans le domaine de la qualité de l'eau pour les microsystèmes.

Pour vérifier votre compréhension de l'information fournie jusqu'ici, répondez aux questions figurant à la fin de l'annexe B.

4.9 Notes sur le chapitre 4

[illegible]

5 Technologies de traitement

5.1 Introduction

Il existe de nombreuses technologies pour les systèmes de traitement de l'eau potable, mais, de façon générale, quelques-unes seulement sont employées de façon régulière dans les microsystèmes. Un système de traitement peut comprendre une ou plusieurs étapes de traitement – ensemble, ces étapes constituent ce que l'on appelle la chaîne de traitement. Chaque système comporte une chaîne de traitement légèrement différente selon les caractéristiques et les paramètres individuels de la source d'approvisionnement.

Toutes les technologies qui interviennent dans la chaîne de traitement ont pour but principal de faire en sorte que l'eau puisse être consommée sans danger. Certaines, comme la désinfection, visent à assurer la salubrité de l'eau en tuant ou en inactivant les microorganismes pathogènes. En ce qui concerne les autres technologies, il peut être plus difficile de voir l'objectif ultime, mais chacune des étapes est importante. À titre d'exemple, l'eau qui entre dans un système de filtration peut sembler aussi propre que celle qui en sort. Toutefois, rappelons-le, ce ne sont pas toujours les contaminants visibles qui posent des problèmes opérationnels ou pour la santé.

La chaîne de traitement est conçue pour résoudre des problèmes précis et les étapes ou composantes sont incorporées dans une séquence qui assure un fonctionnement optimal. Tous les systèmes doivent également faire l'objet d'une surveillance et de procédures régulières d'exploitation et d'entretien, qu'il s'agisse de l'ajout de produits chimiques, du lavage à contre-courant ou même du remplacement de composantes essentielles. Le présent chapitre comprend une brève description des techniques de traitement courantes, dont bon nombre peuvent être intégrées aux étapes de la chaîne de traitement des microsystèmes. Soulignons que pour chaque technique, de multiples technologies peuvent être employées pour le traitement de l'eau. Pour en connaître davantage sur la fonction de composantes précises des systèmes, consultez l'information fournie par le fabricant ou parlez à un spécialiste de la qualité de l'eau qui sera en mesure de fournir des explications sur le système et ses limites.

Figure 5.1 Chaîne de traitement



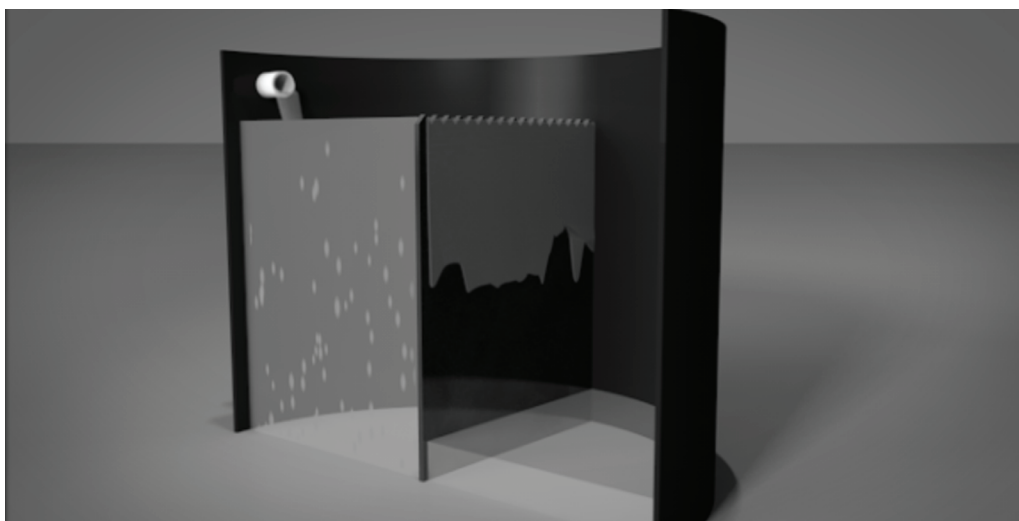
Le saviez vous?

L'aluminium peut être utilisé pour traiter l'eau potable, et il peut y être présent de façon naturelle. On a avancé que ce métal pourrait causer la maladie d'Alzheimer, la sclérose latérale amyotrophique (maladie de Lou Gehrig) et d'autres formes de démence sénile. On a toutefois du mal à déterminer si l'aluminium est bel et bien une cause de ces maladies, ou si ce ne serait pas plutôt celles-ci qui entraîneraient secondairement une rétention de l'aluminium dans les tissus cérébraux.

5.2 Clarification

En termes simples, la clarification désigne tout procédé qui élimine des solides de l'eau. Les divers types de solides que l'on peut trouver dans l'eau brute ont été décrits au chapitre 3. Certains solides se déposent facilement au fond, les particules plus denses se déposant plus rapidement. Toutefois, bon nombre de particules demeurent en suspension dans l'eau. Des particules en suspension sont presque toujours présentes dans les eaux de surface, et la clarification constitue une étape courante et souvent essentielle du traitement de toute eau de surface. La clarification comprend normalement l'un des deux processus suivants : attendre suffisamment pour que les particules solides se déposent, ou modifier les propriétés chimiques de l'eau pour accélérer légèrement la décantation. Ces types de clarification assez simples, qui font principalement appel à la décantation, sont considérés comme passifs, c'est-à-dire qu'ils ne requièrent pas beaucoup d'énergie. La clarification représente une bonne étape primaire de la chaîne de traitement, puisqu'il est essentiel de réduire le plus possible la quantité de solides en suspension dans l'eau. L'efficacité de plusieurs autres procédés, comme la filtration et la désinfection, dépend de celle du procédé initial de clarification.

Des déversoirs et autres dispositifs similaires sont souvent employés à la prise d'eau. Ces dispositifs permettent de prélever de l'eau des couches supérieures plus propres de l'eau stockée, où la concentration de solides en suspension est à son plus faible. Il s'agit de dispositifs fort simples, mais efficaces pour la réduction de la concentration des gros sédiments et solides en suspension dans l'eau. Toutefois, ils ne permettent pas de retirer les très petites particules en suspension (matières colloïdales). L'utilisation d'un bassin de décantation est également courante. Avant d'entrer dans la phase de traitement du microsysteme, l'eau passe normalement par un bassin qui permet aux particules de se déposer. Ces dispositifs sont surtout utilisés dans les microsystemes pour lesquels on emploie des sources mobiles d'eau de surface (cours d'eau), puisque ces sources contiennent de grandes quantités de solides en suspension, qui sont soulevés du fond (couche de sédiments) sous l'action de l'écoulement de l'eau. Les bassins de décantation donnent le temps nécessaire pour que les solides en suspension plus gros et plus lourds se déposent au fond. L'eau est prélevée de la couche supérieure du bassin, soit directement dans une conduite, soit en utilisant un déversoir, comme on l'a mentionné précédemment.

Figure 5.2 Déversoir

Avec une surveillance et un entretien réguliers, un simple bassin de décantation ou déversoir peut réduire grandement le niveau de traitement requis dans les étapes subséquentes de la chaîne de traitement, surtout si celle-ci comprend une étape de filtration – toute élimination de solides en suspension à l'aide de la clarification améliore l'efficacité et le fonctionnement des filtres.

Afin de retirer encore plus de particules en suspension, on peut modifier les propriétés chimiques de l'eau en ajoutant des substances appelées coagulants (produits chimiques à base d'aluminium ou de fer). Les coagulants servent à agglomérer les solides en suspension (formation de flocons, dont l'ensemble s'appelle le floc) et à accélérer la décantation. Il s'agit d'une pratique courante pour les systèmes qui emploient des sources d'eau de surface présentant de fortes concentrations de particules de sol (comme du limon) et d'autres solides en suspension.

Comme le recours aux coagulants exige un dosage adéquat, des analyses et une surveillance, le processus peut s'avérer trop compliqué pour les microsystèmes. Cependant, certaines méthodes de coagulation chimique ont été adaptées aux microsystèmes et sont maintenant offertes sur le marché. En général, elles exigent que l'on ait une compréhension de base de la dose requise et un système d'approvisionnement en eau pour lequel les doses nécessaires sont peu variables. La démarche consiste à introduire la substance chimique dans l'eau et à laisser le floc se déposer dans un bassin conçu spécialement à cet effet, avant de procéder à la filtration de l'eau. Ces systèmes de coagulation et de clarification fonctionnent très bien pour les opérateurs de microsystèmes et sont même utilisés dans de petites collectivités rurales.

5.3 Filtration

La filtration est un procédé qui consiste à retirer les particules de l'eau. La plupart du temps, on y parvient en faisant passer ces particules dans un milieu filtrant poreux, comme du sable, ce qui empêche les particules de passer lorsque l'espace (vide ou pore) entre les particules du milieu filtrant est suffisamment petit. L'objectif principal d'un filtre consiste à éliminer les solides en suspension, comme les particules qui produisent de la turbidité. Lorsqu'il faut choisir le filtre et le milieu filtrant, on doit tenir compte du type et de la grosseur des particules à extraire de l'eau. La granulométrie, la profondeur, le volume et la surface du milieu filtrant, ainsi que le débit de l'eau à travers ce dernier sont tous des éléments importants de la conception des filtres. On utilise parfois une série de filtres, placés l'un à la suite de l'autre; les premiers filtres, dont les pores sont plus gros, retiennent les grosses particules, et les filtres suivants, dont les pores sont plus petits, retiennent les petites particules. La vitesse de filtration constitue également une caractéristique importante. En effet, lorsque la filtration est plus lente, on retient davantage de particules. Soulignons également que les filtres sont limités par la quantité de matières que l'on extrait – il vient un temps où l'on doit les nettoyer (lavage à contre-courant) de façon régulière.

Il existe des filtres de toutes les formes, de toutes les grosseurs et de tous les types. Les filtres les plus simples comprennent un seul milieu filtrant, comme du sable. Les filtres plus complexes comportent de multiples couches de sable, de gravier et d'autres milieux filtrants d'une granulométrie précise. Certains filtres possèdent des couches de charbon actif en grains (CAG – matière semblable au charbon de bois). D'autres filtres, comme les boîtes filtrantes, les cartouches et les tamis en acier reposent sur la filtration physique. Les cartouches peuvent être munies de matières synthétiques composées de papier ou

de tissu bien compact; certaines cartouches comportant des matières compressées s'apparentant à de la roche sont conçues pour retirer les petites particules de façon encore plus efficace.

Dans un microsysteme, la première étape de filtration consiste normalement à utiliser un filtre de dégrossissage ou à installer une grille à la prise d'eau. Si des eaux de surface servent de source au microsysteme, la prise d'eau devrait être entourée d'une grille. Même si elle n'en a pas l'air, cette grille constitue bel et bien un filtre. L'eau passe à travers la grille, laquelle est conçue pour empêcher les gros débris, comme les bâtons, les roches et les animaux de s'introduire dans le système. Après cette première filtration, les composantes d'un système de filtration traditionnel peuvent comprendre un bassin de décantation, des filtres de sable et de gravier et des éléments de traitement subséquents. Ces filtres peuvent être continuellement réutilisés, pourvu que l'on prenne les mesures appropriées, ce qui comprend des cycles réguliers de lavage à contre-courant.

Certains systèmes comprennent uniquement des filtres à cartouche, tandis que d'autres sont équipés d'une combinaison de filtres classiques et de filtres à cartouche. Les systèmes de filtres à cartouche comprennent habituellement une série de filtres, la taille des pores allant de grosse à petite. Le premier filtre sert généralement de préfiltre. Souvent, il retient les particules d'une grosseur de 5 à 50 micromètres. Cela peut sembler petit, mais dans l'univers microbien de l'eau, même une particule de 5 micromètres est considérée comme grosse. La majorité des microorganismes et tous les solides dissous passent à travers le premier filtre. Les sédiments et les solides en suspension dont la taille est supérieure à 5 micromètres sont quant à eux extraits de l'eau. Après le préfiltre, les systèmes peuvent comprendre un ou plusieurs filtres supplémentaires, selon les caractéristiques de l'eau d'approvisionnement. Tous fonctionnent essentiellement de la même façon; ils permettent à l'eau de passer tout en retenant les particules d'une certaine grosseur. Dans la majorité des cas, les cartouches doivent être remplacées de façon régulière.

5.4 Filtres à sable et multicouches

La filtration sur sable est une technologie employée depuis des siècles. Avec ce type de filtre, l'eau est apportée sur le dessus de la couche de sable et s'écoule sous l'effet de la gravité à travers le sable, où elle est recueillie par un système que l'on appelle « drain de sortie », lequel consiste en une série de conduites perforées. Les grains de sable entremêlés forment le filtre et permettent aux particules très fines seulement de passer. Outre les restrictions physiques que ce milieu impose aux contaminants, les filtres à sable éliminent les particules grâce à un processus appelé « adsorption électrostatique ». Les forces électrostatiques sont associées à la charge électrique légèrement positive que présentent naturellement les grains de sable sur leur surface. Les petits sédiments en suspension et les particules colloïdales dans l'eau présentent une charge négative naturelle. Lorsque l'eau traverse les grains de sable, les contaminants s'adsorbent aux grains (adhèrent à leur surface) sous l'effet des forces électrostatiques. Ce type de processus « chimique » s'apparente quelque peu à la coagulation chimique, mais est d'une intensité beaucoup moins élevée. Ces filtres couramment employés sont souvent appelés « filtres à sable rapides ».

Figure 5.3 Filtre à sable lent

Lorsque le filtre à sable est rempli des particules qu'il est censé retirer, on doit le nettoyer par lavage à contre-courant. Cette technique consiste à entraîner de l'eau propre dans le sens inverse à un débit élevé afin de déloger les particules piégées dans le sable. L'eau de lavage doit ensuite être éliminée de façon appropriée, selon les directives fournies par un spécialiste de la qualité de l'eau. Si l'on effectue un entretien adéquat, le filtre à sable rapide peut avoir une très longue durée de vie.

Les filtres à sable sont efficaces pour extraire les matières en suspension, et, au fil du temps, on a apporté des améliorations à cette technique de filtration en employant des grains de sable de grosseurs différentes et d'autres matières. C'est ce que l'on appelle les filtres multicouches. Comme le nom l'indique, ces filtres comportent plusieurs milieux filtrants de densités et de grosseurs différentes, comme du sable, du grenat, de l'antracite (type de charbon dur) et du gravier. Ils sont conçus pour être aussi efficaces que les filtres à sable, mais peuvent traiter une plus grande quantité d'eau à la même grosseur. Les couches de milieux filtrants sont conçues pour revenir en place après le lavage à contre-courant, ce qui est possible grâce aux différences de densité : lorsque le cycle de lavage à contre-courant se termine, les matières plus lourdes se déposent au fond en premier et les matières les plus légères demeurent sur le dessus.

Comme on l'a mentionné précédemment, le débit de l'eau qui traverse le filtre est extrêmement important. Pour ce qui est des filtres à sable ou multicouches, règle

générale, plus le débit est faible, plus le filtre est efficace. La filtration par gravité est la technique la plus courante et la plus pratique pour trouver un équilibre entre l'élimination des particules et la fréquence appropriée du lavage à contre-courant. Toutefois, les filtres à gravité requièrent de grandes surfaces, et les surfaces disponibles sont souvent limitées lorsqu'il est question de microsystemes. Dans bon nombre de microsystemes, on emploie des filtres sous pression, lesquels sont beaucoup plus petits que les filtres à gravité, mais souvent moins efficaces que ces derniers. Les filtres sous pression bien conçus et la fréquence du lavage à contre-courant doivent toujours être adaptés aux caractéristiques de la source d'approvisionnement, et les méthodes opérationnelles doivent permettre de composer avec les changements dans la qualité de l'eau, notamment en cas d'augmentation de la charge sédimentaire ou de la quantité d'algues.

Les filtres à sable lents, qui consistent à faire passer l'eau à un débit très faible à travers des couches de sable allant de fin à grossier, puis par des couches de gravier, sont parmi les filtres les plus efficaces. Ils reposent sur la formation d'une couche bioactive sur le dessus du sable. Ce film biologique est appelé *schmutzdecke*, terme allemand qui signifie « peau sale ». En plus de la filtration physique fournie par le sable, les organismes naturels présents dans le *schmutzdecke* consomment ou transforment divers contaminants, ce qui en favorise l'élimination dans l'eau. Certains organismes, par exemple, enlèvent le fer et l'arsenic, tandis que d'autres éliminent des organismes microscopiques d'autres types. Soulignons que l'écoulement de l'eau à travers un filtre à sable lent peut s'arrêter complètement si le *schmutzdecke* devient trop dense. Lorsque le débit diminue, on recommande d'enlever le *schmutzdecke* et les quelques centimètres supérieurs de la couche de sable en grattant.

Les filtres à sable lents ont été adaptés aux microsystemes destinés aux ménages et s'avèrent assez efficaces pour les sources d'eau souterraine. Leur application peut être limitée en ce qui concerne les eaux de surface, lesquelles présentent habituellement des quantités plus importantes de matières particulaires et d'algues, ce qui obstrue les filtres trop rapidement. Comme c'est le cas pour tous les types de traitement primaire, lorsque les filtres à sable lents font partie de la chaîne de traitement, il est essentiel qu'une désinfection soit effectuée avant d'utiliser l'eau.

Il est important de suivre les recommandations du fabricant concernant l'utilisation et l'entretien des filtres à sable rapides et lents, des filtres multicouches et des filtres sous pression.

5.5 Filtres à charbon actif en grains

Les filtres à charbon actif en grains (CAG) sont également employés couramment dans les microsystemes, et servent à enlever les matières organiques et à éliminer les problèmes de coloration, de goût et d'odeur. Le mot « actif » est associé au fait que pendant la fabrication, des grains de charbon sont introduits dans un four à une température précise. La chaleur fait gonfler les grains, un peu comme des grains de riz. Le procédé donne lieu à la formation de plusieurs creux et crêtes sur les grains de charbon, ce qui crée une très grande surface pour l'adsorption. L'adsorption est un processus chimique qui élimine les matières organiques dissoutes et les composés qui entraînent la coloration et les problèmes de goût et d'odeur. Les filtres CAG utilisent de gros volumes (ou lits) de charbon et requièrent un temps de contact suffisant entre l'eau et le charbon. Les matières organiques dissoutes s'adsorbent, ou adhèrent à la grande surface du charbon actif en grains. Les filtres finissent par atteindre leur pleine

Le saviez vous?

Les fontaines à boire doivent être désinfectées au moins une fois tous les deux mois, et plus souvent si l'on s'en sert beaucoup.

capacité d'adsorption des contaminants; à ce moment, le milieu est dit « épuisé » et doit être remplacé.

Figure 5.4 Filtre à charbon actif en grains



Les améliorations apportées récemment aux filtres CAG ont donné lieu à la création de filtres CAG biologiques. Ces filtres ont été adaptés avec succès aux microsystemes et permettent d'éliminer les matières organiques dissoutes dans les microsystemes. Ce type de système combine l'élimination biologique des matières organiques et, potentiellement, la régénération biologique de la capacité du charbon d'adsorber les matières organiques. Le système a été adapté aux microsystemes en plaçant un filtre à sable gravitaire devant le filtre CAG biologique. Il est offert sur le marché pour les systèmes individuels et les petites collectivités.

Soulignons que les filtres CAG ordinaires et biologiques doivent tôt ou tard être remplacés ou réactivés. Une fois le filtre épuisé, il faut remplacer le milieu filtrant ou le renvoyer au fabricant pour qu'il soit réactivé.

5.6 Filtres à cartouche

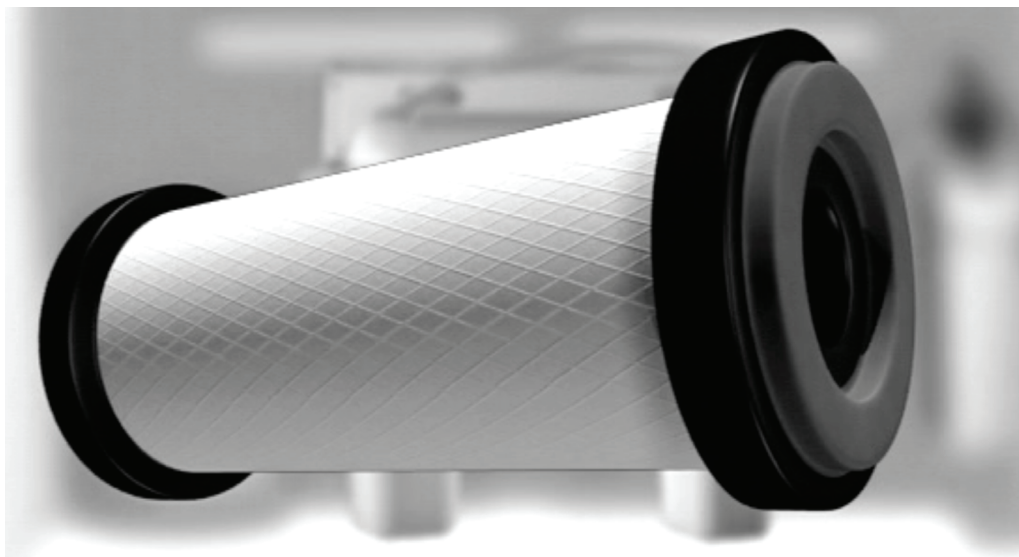
Les filtres à cartouche constituent un autre type de filtres utilisés dans les microsystemes. Leur avantage : ils sont faciles à remplacer et peuvent être disposés dans un nombre illimité de combinaisons de grosseurs pour les adapter à presque n'importe quelle source d'approvisionnement. Il existe deux types de base de filtres à cartouche – les filtres en surface (ou plissés) et les filtres en profondeur. Les deux sont nommés selon l'endroit où les particules sont piégées – sur la surface extérieure dans le cas des filtres plissés ou dans la profondeur entière de la cartouche dans le cas des filtres en profondeur. Les filtres plissés peuvent être nettoyés par lavage à contre-courant, et sont donc réutilisables jusqu'à un certain point. Dans le cas des filtres en profondeur, les cartouches finissent par être obstruées et doivent être remplacées de façon régulière. Les cartouches sont comprises dans un boîtier de plastique ou de métal d'une longueur de 0,5 mètre à plusieurs mètres. Certaines cartouches peuvent contenir du charbon et leur fonctionnement s'apparente beaucoup à celui des filtres CAG. Bon nombre de cartouches limitent la contamination uniquement en fonction de la grosseur, à l'aide de corde, de papier ou de tissu enroulés de façon très compacte ou de poudres compressées,

Le saviez vous?

Les dispositifs d'osmose inverse pour évier de cuisine produisent un rejet représentant de sept à vingt fois le volume d'eau traitée; ainsi, pour chaque litre d'eau potable produit, le dispositif d'osmose inverse rejette de sept à vingt litres d'eaux usées.

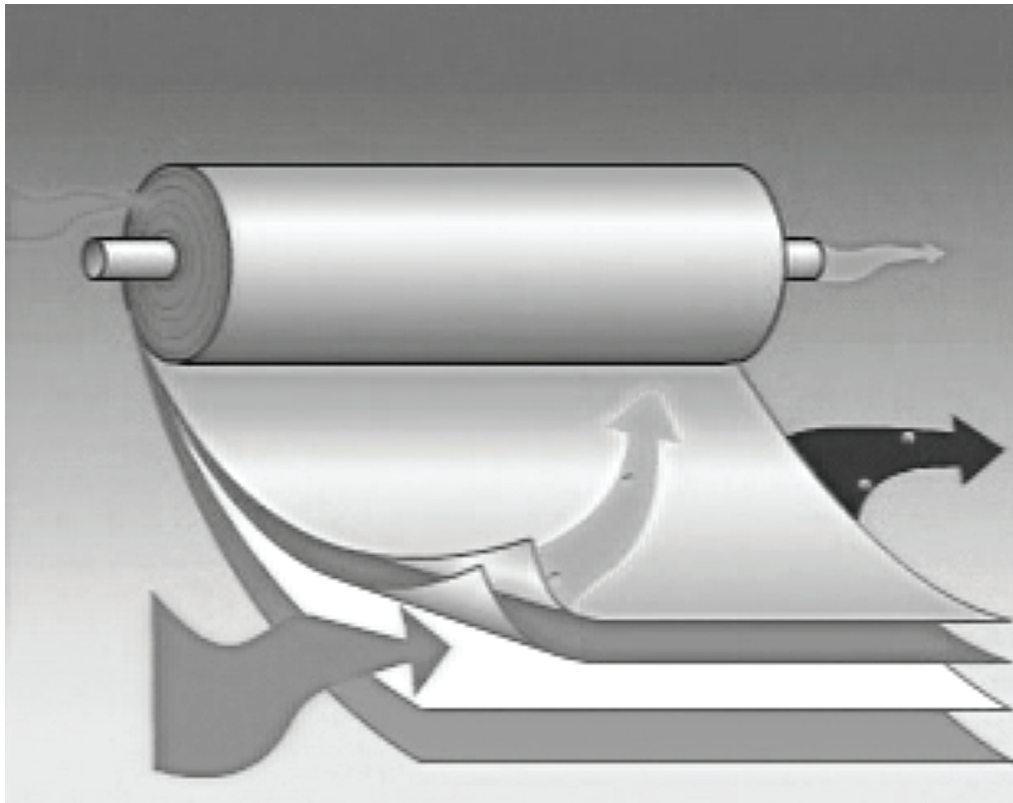
de manière à former un bloc solide qui permet seulement à l'eau et à quelques contaminants de très petite taille de passer. Ces systèmes sont seulement utiles pour l'eau relativement propre et peuvent être très dispendieux, compte tenu des coûts associés au remplacement continu des cartouches.

Figure 5.5 Filtre à cartouche



5.7 Filtres à membrane

Le filtre à membrane est le filtre le plus fin. Les lits de filtration (sable, charbon, etc.) et les filtres à cartouche reposent sur un processus physique où les particules solides sont séparées de l'eau liquide. Les filtres à membrane fonctionnent en grande partie selon ce même principe; cependant, ils sont conçus pour extraire les particules de très petite taille et certains peuvent même retirer des particules dissoutes dans l'eau. Ce type de filtre comprend, en ordre décroissant de grosseur des pores, les membranes de microfiltration, d'ultrafiltration, de nanofiltration et d'osmose inverse. Les filtres à membrane sont souvent employés dans les microsystèmes. Les membranes de nanofiltration et d'osmose inverse peuvent normalement filtrer des particules qui sont dix fois plus petites qu'un virus de taille moyenne. En général, les filtres à membrane ont besoin d'une pression élevée pour que l'eau les traverse et que tous les contaminants plus gros que les ouvertures de la membrane soient retirés. Seule une partie de l'eau qui atteint la membrane est filtrée; entre 50 % et 85 % de l'eau est rejetée, et c'est cette eau de rejet qui contient les contaminants retirés de l'eau traitée. Ainsi, cette eau de rejet présente des taux élevés de contaminants. L'élimination de ce rejet concentré peut entraîner des coûts importants et il est important de tenir compte de l'impact sur l'environnement. Généralement, un prétraitement approprié doit être effectué avant que l'eau atteigne le filtre à membrane pour s'assurer que celui-ci ne soit pas engorgé par de grosses particules ou encrassé par d'autres substances (p. ex., les composés qui produisent de la dureté, le fer et les nombreux contaminants chimiques et biologiques que l'on trouve dans toutes les eaux souterraines). En outre, compte tenu de la taille très petite des pores des membranes, le traitement de l'eau à l'aide de ce type de filtre se fait beaucoup plus lentement qu'avec tous les autres procédés de filtration.

Figure 5.6 Filtre à membrane

Il est important de surveiller régulièrement l'efficacité des filtres à membrane. Il faut porter une attention particulière aux changements dans la qualité ou la quantité de l'eau traitée. Une mauvaise efficacité du filtre peut signifier que l'eau n'a pas été prétraitée adéquatement, ou que les composantes en amont dans la chaîne de traitement ne fonctionnent pas correctement. Cela peut également signifier que le filtre à membrane est sale.

Parfois, les filtres se détériorent à un point tel qu'ils laissent passer l'eau non traitée. Si c'est le cas, il est important de relever le problème et de réparer ou remplacer le filtre. Bon nombre de fabricants font des recommandations quant au remplacement des dispositifs de filtration. Consultez la brochure d'information sur le produit ou le manuel fourni avec le dispositif en question, et surveillez bien la qualité de l'eau traitée afin d'être en mesure de relever rapidement les signes de détérioration des filtres.

Comme tous les autres filtres, les filtres à membrane finissent par devenir trop engorgés par les contaminants pour laisser passer l'eau. On peut les nettoyer à l'aide de procédés de lavage chimique, ou bien les envoyer au fournisseur pour que lui les nettoie. Suivez les directives du fabricant concernant la réinstallation, l'utilisation et l'entretien des filtres à membrane.

**Pour en connaître davantage sur les systèmes de filtration
et d'osmose inverse, nous vous invitons à visionner les modules
de formation sur DVD intitulés**

« Filtration des eaux et échange d'ions pour les micro systèmes » et
« Ultraviolet et osmose inverse pour les micro systèmes ».

5.8 Oxydation

Bien qu'il ne s'agisse pas forcément d'une technologie de traitement en soi, l'oxydation constitue un procédé chimique qui peut améliorer la filtration en transformant une partie des particules dissoutes en particules insolubles en suspension. Ce procédé est couramment employé pour transformer sous forme particulaire les contaminants dissous tels que le fer et le manganèse.

L'oxydation consiste à ajouter à l'eau un oxydant – comme de l'air ou un composé oxydant plus fort, tel que le permanganate de potassium, le chlore ou l'ozone – afin de transformer une partie des particules dissoutes en particules insolubles en suspension, lesquelles peuvent ensuite être enlevées en appliquant un procédé de filtration physique.

L'oxydation et l'oxydation chimique sont souvent employées pour transformer le fer ou le manganèse en particules en suspension que l'on peut ensuite retirer par filtration. À faible concentration, le fer est habituellement facile à extraire par oxydation en ajoutant de l'air. Le manganèse, en revanche, ne s'oxyde pas aussi facilement. Le manganèse qui n'est pas enlevé de l'eau produit des taches noires sur les appareils électroménagers et les accessoires de cuisine et de salle de bain, et entraîne des problèmes pour la lessive. De plus, il donne un mauvais goût aux boissons préparées et aux aliments cuits. Les filtres au sable vert reposent sur l'oxydation et la filtration physique pour extraire le manganèse. Le permanganate de potassium, un oxydant, est ajouté avant que l'eau atteigne le filtre au sable vert, ce qui provoque l'oxydation du manganèse. Par la suite, le sable filtre physiquement le manganèse oxydé. Soulignons que le sable du filtre subit également un traitement spécial pour attirer et adsorber le manganèse. Les filtres au sable vert pour manganèse sont également capables d'extraire de fortes concentrations de fer et de traiter le sulfure d'hydrogène – un composé qui donne à l'eau une odeur d'œufs pourris.

Les systèmes d'oxydation requièrent un ajustement précis de la quantité d'oxydant que l'on ajoute selon les propriétés chimiques de l'eau, un temps de contact suffisant et un entretien approprié des filtres. L'ozone, un oxydant très puissant, peut aussi être utilisé pour oxyder et décomposer les matières organiques, lesquelles peuvent ensuite être retirées plus facilement à l'aide de filtres à charbon actif en grains (CAG). Comme l'utilisation de l'ozone comporte toutefois certains risques pour la sécurité, cette pratique est rarement employée pour les microsystemes.

5.9 Échange d'ions

Comme on l'a mentionné au chapitre 4, les atomes ou molécules qui portent une charge électrique sont ce que l'on appelle des ions. L'échange d'ions est un procédé chimique qui consiste à permuter des ions dans l'eau. Habituellement, on a recours à ce procédé dans les microsystemes pour échanger des ions calcium et magnésium contre des ions sodium ou potassium. Une eau qui contient de fortes concentrations de calcium et de magnésium est souvent considérée comme une eau dure. Bien qu'elle ne pose aucun risque pour la santé, la dureté de l'eau peut nuire aux systèmes de distribution, perturber les procédés de traitement, endommager les chauffe-eau, les lave-vaisselle et les machines à laver et empêcher de produire de la mousse avec du savon. Voilà pourquoi un grand nombre de chaînes de traitement comprennent un appareil d'échange d'ions, ce que l'on appelle un adoucisseur, afin de remplacer le calcium et le magnésium par du sodium ou du potassium.

L'eau est introduite dans une cuve qui contient une résine filtrante (grains plastiques synthétiques conçus spécialement pour ce procédé). Les résines de charge négative (anioniques) utilisées pour l'adoucissement sont attirées vers les ions calcium et magnésium, de charge positive (cationiques). Lorsque l'eau traverse la résine, les ions calcium et magnésium qui produisent la dureté sont attirés en dehors de la solution et se lient à la résine, effectuant du coup à la surface de la résine une permutation avec les cations plus faibles, lesquels sont libérés dans l'eau (il s'agit souvent de sodium ou de potassium, selon le système employé). Les ions calcium et magnésium qui se fixent à la résine finissent par être trop nombreux; lorsque c'est le cas, le lit de résine est dit « épuisé » et ne peut servir à retirer d'autres ions. Autrement dit, le lit de résine a atteint sa capacité maximale pour le calcium et le magnésium et doit être régénéré. La régénération se fait en inondant (saturant) le lit de résine avec une solution salée de chlorure de sodium (ou de chlorure de potassium) qui présente une énergie chimique suffisante pour briser les liens avec le calcium et le magnésium. Ainsi, la solution salée « régénère » le milieu filtrant pour que l'échange d'ions sodium/potassium contre les ions calcium/magnésium se poursuive. Après la régénération, la solution de lavage à contre-courant doit être éliminée dans les eaux usées avant que la composante soit remise en fonction. Les adoucisseurs d'eau sont programmés pour que la régénération s'effectue automatiquement. Afin d'économiser l'eau, le processus de régénération devrait s'amorcer en fonction de la quantité totale d'eau traitée, et non en fonction du temps.

Les adoucisseurs comprennent une cuve contenant la solution salée utilisée pour la régénération. Il faut vérifier régulièrement le niveau de sel dans la cuve et en ajouter au besoin. Il est également important de surveiller la dureté de l'eau traitée de façon périodique. Pour ce faire, on peut utiliser une trousse d'analyse sur place pour déterminer la dureté, ou envoyer un échantillon d'eau traitée à un laboratoire accrédité.

Figure 5.7 Adoucisseur d'eau



Le saviez vous?

Dans un adoucisseur d'eau, un pied cube de résine à haute capacité typique peut extraire 30 000 grains, ce qui représente environ 500 000 mg de particules produisant de la dureté. Cela signifie que si l'eau présente une dureté de 500 mg/L, un pied cube de résine permettrait d'adoucir 1 000 L d'eau avant qu'une régénération soit nécessaire.

Bien que les avantages de l'adoucissement soient une raison suffisamment bonne pour y avoir recours, on doit surveiller son impact sur l'eau. En effet, l'échange d'ions entraîne l'ajout à l'eau soit de sodium soit de potassium, et chacune de ces substances peut poser des problèmes si leur concentration est trop forte. Le sodium, par exemple, peut causer des problèmes à ceux qui suivent un régime hyposodé. Une forte teneur en sel dans l'eau de lavage à contre-courant peut aussi avoir des répercussions sur certains champs d'épuration de fosses septiques : dans les sols argileux, le sodium mélangé à l'eau peut entraîner l'expansion de l'argile, rendant celle-ci imperméable à l'eau et inutile en tant que milieu d'épuration. Ces effets varient bien entendu selon le degré d'adoucissement requis, et selon la quantité de solution salée qui est rejetée.

Les appareils d'adoucissement par échange d'ions représentent une composante assez courante des chaînes de traitement, et le principe de l'échange d'ions peut être appliqué pour concevoir une composante qui élimine d'autres contaminants de l'eau, comme le fer, le manganèse, le fluorure, les sulfates, les nitrates et le magnésium, ou pratiquement tout autre cation ou anion qui n'encrasse pas le lit de résine. Lorsque l'on a recours à l'échange d'ions à d'autres fins que l'adoucissement, il est possible que l'on rende l'eau agressive. En effet, les ions qui contribuent à l'alcalinité (capacité de l'eau de tamponner les acides sans que le pH varie) peuvent également être extraits à l'aide de certains types de résines. Lorsque cela se produit, le pH diminue et l'eau devient agressive, ce qui provoque l'oxydation des composantes et conduites métalliques du système.

Pour en connaître davantage sur la filtration et l'échange d'ions, nous vous invitons à visionner le module de formation sur DVD intitulé

« Filtration des eaux et échange d'ions pour les micro-systèmes »

5.10 Désinfection

La désinfection consiste à tuer ou à inactiver les microorganismes pathogènes afin que l'eau puisse être consommée sans danger. La désinfection n'équivaut pas à la stérilisation, laquelle n'est ni réalisable ni nécessaire pour l'eau potable.

Une fois à l'intérieur du corps humain, les microorganismes peuvent trouver des conditions idéales pour se répliquer. Il y a alors augmentation du nombre de microorganismes et, notamment dans le cas des agents pathogènes présents dans l'eau, des problèmes de santé peuvent apparaître. La majorité des méthodes de désinfection classiques consistent à tuer les agents pathogènes dans l'eau, ce qui ne s'avère pas toujours facile. D'autres procédés de désinfection visent à inactiver les agents pathogènes, ce qui revient non pas à tuer le microorganisme en question, mais plutôt à l'empêcher de se reproduire et ainsi à réduire les risques de maladies associées aux agents pathogènes. Il existe de nombreux procédés de désinfection, mais la chloration et le rayonnement UV sont les deux procédés les plus courants dans les micro-systèmes.

Le type de désinfection auquel on a recours dans un micro-système dépend des microorganismes que l'on trouve dans l'eau. À titre d'exemple, certains microorganismes, comme les protozoaires *Cryptosporidium*, résistent au chlore. On recommande de consulter un spécialiste de la qualité de l'eau pour savoir quel procédé de désinfection convient le mieux à la source d'approvisionnement.

La chloration est employée depuis près d'un siècle afin de produire de l'eau potable salubre. Le chlore a servi pour la première fois de désinfectant pour le traitement de l'eau au début du 20^e siècle. Il s'agit d'un élément facile à appliquer, à mesurer et à contrôler et qui est relativement peu coûteux.

La chloration consiste à ajouter à l'eau une dose suffisante de composés chlorés afin de tuer les microorganismes. La concentration de chlore doit être suffisante pour qu'il y ait réaction avec les substances qui consomment du chlore dans l'eau et doit se maintenir à un niveau suffisant pour tuer les organismes pathogènes visés. La dose de chlore et le temps de contact sont deux éléments extrêmement importants pour la désinfection.

Il est important de déterminer la quantité appropriée de chlore qu'il faut ajouter. Si l'on n'en ajoute pas assez, ou si le temps de contact entre le chlore et l'eau n'est pas suffisant, les microorganismes pathogènes sensibles au chlore ne seront peut-être pas tous tués. Si l'on en ajoute trop, l'eau aura une odeur et un goût de chlore intenses. Un spécialiste de la qualité de l'eau peut aider à déterminer la quantité appropriée de chlore à ajouter au système de traitement à des fins de désinfection primaire.

Si elle est appliquée de façon adéquate, la chloration (désinfection primaire) tue les organismes visés. Si l'on utilise également le chlore pour la désinfection secondaire, il devrait y avoir une faible concentration résiduelle de chlore dans l'eau qui est fournie au consommateur. Ce chlore résiduel, que l'on appelle le chlore libre, aide à empêcher une nouvelle croissance microbienne dans l'eau distribuée. Il s'agit là d'un avantage opérationnel, puisque cela aide à protéger l'eau distribuée et permet aux opérateurs d'analyser le résidu de chlore libre au robinet pour s'assurer que l'eau est salubre.

On utilise parfois les chloramines (chlore et ammoniac) comme désinfectants secondaires plutôt que le chlore. Si c'est le cas, on mesurera le résidu de chlore total, et non le résidu de chlore libre.

Bien que la chloration de l'eau puisse s'effectuer de plusieurs façons, la méthode la plus courante consiste à ajouter une dose précise de chlore dans l'eau, avec un temps de contact suffisant. L'eau traitée est ensuite analysée pour vérifier la concentration du résidu de chlore libre immédiatement après le point de chloration. Si l'on emploie du chlore ou des chloramines pour la désinfection secondaire, on mesure également les concentrations du résidu de chlore libre ou de chlore total aux points du réseau de plomberie (système de distribution) où les consommateurs ont accès à l'eau, comme les robinets et les fontaines à boire. La concentration devrait être d'au moins 0,2 mg de résidu de chlore libre par litre d'eau (lorsque l'on utilise du chlore) ou d'au moins 1,0 mg de résidu de chlore total par litre d'eau (lorsque l'on utilise des chloramines). Bien que les deux mesures soient importantes pour assurer le bon fonctionnement du système, la concentration du résidu de chlore libre est la valeur la plus importante indiquant que l'eau a été désinfectée initialement.

Si de l'ammoniac d'origine naturelle est présent dans l'eau (il s'en trouve parfois dans les eaux souterraines), il faut une dose de chlore suffisante pour consommer tout l'ammoniac et ainsi obtenir la concentration visée pour le résidu de chlore libre, faute de quoi la désinfection peut être inadéquate.

Le chlore réagit avec les matières organiques naturelles présentes dans l'eau, comme celles qui proviennent des feuilles en décomposition. Cette réaction chimique entraîne la formation d'un groupe de substances chimiques que l'on appelle les sous-produits de la

désinfection par le chlore (SPC). Parmi les SPC les plus courants, citons les trihalométhanes (THM) et les acides haloacétiques (AHA). Ensemble, les concentrations de THM et d'AHA peuvent servir d'indicateurs de la charge totale de SPC dans l'eau potable. Dans plusieurs études, on a constaté un lien entre l'exposition à long terme à de fortes doses de SPC et un risque accru de cancer. En général, les cours d'eau et autres sources d'eau de surface contiennent plus de matières organiques que les puits.

En prétraitant l'eau avant de procéder à la chloration, on réduit la quantité de matières organiques qui réagissent avec le chlore et on aide à diminuer le taux de SPC dans l'eau potable. Les procédés de traitement qui sont appliqués avant la chloration, comme la clarification et la filtration, aident à limiter la formation de SPC. Si des SPC tels que les THM et les AHA sont sources de préoccupations en ce qui concerne le réseau d'eau potable, consultez un spécialiste de la qualité de l'eau et faites analyser l'eau afin de mesurer la concentration de SPC.

5.11 Types de chlore

Le saviez vous?

Un adoucisseur d'eau automatique à cinq cycles peut facilement extraire jusqu'à 3 milligrammes de fer par litre d'eau.

Il existe trois formes de chlore : gazeuse, liquide, solide. Le chlore que l'on emploie dans les microsystemes est habituellement liquide. Quelle que soit la forme utilisée, seul le chlore qui répond à la norme ANSI/NSF 60 devrait être utilisé comme désinfectant dans l'eau potable.

Bien qu'il s'agisse de la forme la moins coûteuse, le chlore gazeux n'est pas souvent utilisé dans les microsystemes en raison des dangers qui y sont associés. En effet, le chlore gazeux peut être extrêmement dangereux si on l'utilise incorrectement ou si un accident provoque des fuites. Étant plus lourd que l'air, il descend vers le sol, et quelques inspirations suffisent à causer la mort. Si l'on emploie du chlore sous forme gazeuse dans le système d'approvisionnement en eau à des fins de désinfection, il faut disposer d'une pièce réservée au chlore équipée d'un système d'aération adéquat, de bouteilles de chlore sécuritaires et de matériel d'urgence en cas de fuite.

Sous forme liquide ou solide, le chlore est beaucoup moins dangereux que sous forme gazeuse, quoique des mesures de précaution doivent tout de même être prises. Le chlore liquide est habituellement fourni dans des concentrations de 5 % à 15 % (volume). Dans les produits offerts par les fournisseurs de composés chimiques pour microsystemes, la concentration de chlore est habituellement de 5 % à 12 %. Le chlore liquide comporte certains désavantages. En effet, il s'agit principalement d'eau, ce qui signifie que le produit peut geler durant l'hiver s'il n'est pas entreposé correctement. De plus, l'efficacité du chlore liquide diminue si le produit demeure inutilisé pendant longtemps, et peut former des sous-produits indésirables. Afin d'éviter ces problèmes, il est important de suivre les recommandations du fabricant concernant l'entreposage. L'eau de Javel à usage domestique est une forme de chlore liquide que vous connaissez sans doute, mais la plupart de ces produits présentent une concentration de chlore de 5 % ou 6 % seulement. L'emploi de certaines formes de ce composé à usage domestique dans l'eau potable est approuvé (pourvu qu'on utilise le produit de façon appropriée); ainsi, on peut s'en servir lorsqu'on ne dispose d'aucun autre désinfectant. Il faut toutefois s'assurer que le produit est inodore et qu'il n'est pas expiré.

Le chlore solide est souvent employé dans les piscines, mais on l'utilise parfois dans les microsystemes, pourvu que l'emballage et l'étiquetage en permettent l'usage dans l'eau potable. Sous cette forme, le chlore est disponible dans des concentrations de 50 % à 70

% (poids) et doit être mélangé à l'eau avant d'être utilisé comme désinfectant. Parce qu'il doit d'abord être mélangé à l'eau, de l'équipement supplémentaire est nécessaire. L'utilisation de cette forme de chlore est souvent associée à des problèmes d'obstruction des tubes et des conduites à l'étape initiale de dissolution.

Le chlore liquide ou solide est introduit dans le système d'approvisionnement en eau (dans le cas du chlore solide, on le dissout d'abord dans l'eau, bien entendu) à l'aide d'une pompe de dosage. Cette pompe doit être étalonnée selon un débit précis afin de fournir la quantité exacte de chlore que l'on doit ajouter pour la désinfection. Dans certains cas, l'étalonnage peut être automatisé. Pour déterminer la bonne quantité de chlore qu'il faut ajouter, on doit en savoir quelque peu sur la façon dont le chlore désinfecte l'eau et surveiller la quantité de résidu de chlore libre dans le système après le cycle de traitement. Dans tout système pour lequel on utilise une désinfection par le chlore, il faut qu'il y ait des procédures d'analyse en place pour surveiller ce paramètre. Pour en connaître davantage sur le résidu de chlore, consultez la section 6.2.

5.12 Rayonnement ultraviolet

Bon nombre de systèmes, surtout ceux qui ont comme source les eaux souterraines, reposent sur une désinfection sans produits chimiques. L'usage des rayons ultraviolets (UV) est devenu une méthode de désinfection primaire extrêmement populaire au cours des dernières années, surtout pour les microsystèmes. Le rayonnement UV est suffisamment puissant pour inactiver les bactéries, les virus et les protozoaires dans l'eau et agit en influant sur le matériel génétique de ceux-ci, ce qui les empêche de se reproduire à l'intérieur du corps humain. Comme c'est le cas pour la chloration, la concentration (force du rayonnement UV) et le temps de contact sont des facteurs importants – la désinfection par rayonnement UV consiste à générer la dose adéquate de rayons UV et à la maintenir en contact avec l'organisme pathogène visé pendant une durée suffisante. Un petit système de rayonnement UV a besoin de très peu d'énergie pour fonctionner et peut s'avérer fort efficace et efficient pour le traitement de l'eau, pourvu que celle-ci soit suffisamment propre – un traitement approprié doit être effectué avant que l'eau atteigne le système de désinfection par rayonnement UV. L'eau doit présenter une faible concentration de solides en suspension, de particules produisant de la turbidité, de calcium, de magnésium, de fer, de manganèse et de matières organiques, et une coloration faible. Les rayons doivent atteindre le microorganisme afin de l'inactiver – si l'eau contient des particules qui bloquent leur passage, l'efficacité du système est réduite. La mesure de la transmittance du rayonnement ultraviolet, c'est à dire de la capacité des rayons UV de traverser l'eau, aidera à déterminer si un prétraitement additionnel est nécessaire avant que l'eau atteigne le dispositif de désinfection par rayonnement UV.

Tout système de désinfection par rayonnement UV devrait répondre à la norme ANSI/NSF 55 applicable aux systèmes de classe A et être équipé de lumières ou d'alarmes qui s'actionnent lorsque les doses de rayons UV sont trop faibles. Si la lumière ou l'alarme intégrée s'actionne, sachez que cela signifie que la salubrité de l'eau potable ne peut plus être garantie jusqu'à ce qu'un entretien approprié soit effectué.

Figure 5.8 Système typique de désinfection par rayonnement UV

Comme c'est le cas pour toute composante d'un système de traitement, des activités d'entretien sont requises pour la désinfection par rayonnement UV. Dans un tel système, l'eau passe à travers une cuve qui comporte un manchon de quartz protégeant l'ampoule UV dans le centre du dispositif. Ce manchon doit être nettoyé régulièrement et il se peut que l'on ait à le remplacer à un moment ou un autre. Comme la puissance de l'ampoule UV diminue au fil du temps, il faut la remplacer de façon régulière. Des systèmes d'avertissement (lumière ou alarme) devraient être intégrés au système afin que l'on sache quand la dose de rayons UV est trop faible, ce qui signifierait qu'un entretien est nécessaire pour que l'on continue de produire de l'eau potable salubre. Les systèmes de désinfection par rayonnement UV comportent toutefois un désavantage : ils ne permettent pas de mesurer le résidu de traitement comme avec un système de chloration. La seule façon de savoir si le système fonctionne est de mesurer la concentration de contaminants microbiologiques dans l'eau potable traitée.

Pour en connaître davantage sur la désinfection et les systèmes de désinfection par rayonnement UV, nous vous invitons à visionner les modules de formation sur DVD intitulés

« Désinfection des micro-systèmes » et

« Ultraviolet et osmose inverse pour les micro-systèmes ».

5.13 Conception des systèmes de traitement

Ce cours vise à fournir de l'information de base sur la qualité de l'eau en ce qui concerne les micro-systèmes, et non de l'information scientifique détaillée permettant de concevoir des chaînes de traitement. Cependant, tout au long du présent chapitre, on a fourni de l'information sur plusieurs procédés de traitement et sur les contaminants qu'ils permettent d'éliminer. La présente section reprend cette information en se concentrant sur les contaminants présents dans l'eau et sur les procédés qui peuvent être appliqués pour les éliminer.

Toute chaîne de traitement est conçue en fonction des besoins précis associés à l'eau d'approvisionnement. Normalement, on tente de retirer d'abord les grosses particules en suspension, puis les particules plus fines en suspension à l'étape suivante. Toute particule en suspension qui demeure dans l'eau et tout contaminant dissous sont ensuite éliminés. La dernière étape de la chaîne de traitement consiste à désinfecter l'eau.

Dans la chaîne de traitement, on peut commencer avec un procédé de clarification, ce qui combinerait d'une façon ou d'une autre l'usage d'un bassin de décantation, l'ajout d'un coagulant et le mélange afin d'enlever les grosses particules en suspension. L'eau peut ensuite passer par un filtre à sable ou multicouches, puis par un filtre à cartouche dont les pores sont plus petits. Dépendamment des contaminants dissous, la chaîne de traitement peut comprendre un appareil d'échange d'ions ou un filtre à membrane, par exemple un filtre à osmose inverse. On peut avoir recours à l'oxydation à un certain point du procédé de filtration afin d'extraire de l'eau les particules dissoutes, pour que l'on puisse les filtrer et les éliminer. De plus, un filtre CAG peut être employé pour éliminer les matières organiques dissoutes et les problèmes de coloration, de goût et d'odeur. Une fois qu'elle est suffisamment filtrée, l'eau est désinfectée, habituellement par chloration (surtout s'il y a un système de distribution) ou par rayonnement UV.

Il s'agit là d'une chaîne de traitement classique. Par contre, les chaînes de traitement ne comportent pas toujours toutes ces composantes, et celles-ci ne suivent pas toujours l'ordre décrit ci-dessus. Chaque chaîne de traitement est conçue en fonction des caractéristiques de l'eau d'approvisionnement.

Le saviez vous?

Aucun effet bénéfique ou nuisible sur la santé n'est associé à l'ingestion d'eau déminéralisée ou distillée.

Tableau 5.1 Technologies de traitement pour les contaminants typiques

Technologie de traitement	Contaminants visés	Exigences et conditions particulières
Clarification	Solides en suspension	- Exige l'installation d'un bassin de décantation - On peut ajouter des coagulants pour favoriser la décantation
Filtres à sable et multicouches	Particules de diverses grosseurs (selon le prétraitement), métaux oxydés	- Des filtres à sable rapides et lents sont disponibles - Les filtres à sable lents requièrent un grand espace - Divers milieux sont disponibles pour différents contaminants
Filtres à charbon actif - filtres à charbon actif en grains	Éliminent le goût, l'odeur, bon nombre de contaminants organiques volatils (COV) et le plomb	- Les particules de charbon ont une grande surface pour adsorber les contaminants - Le charbon doit tôt ou tard être remplacé ou régénéré

Technologie de traitement	Contaminants visés	Exigences et conditions particulières
Filtres à cartouche	Particules de diverses grosseurs	- Des filtres en profondeur ou plissés sont disponibles - Doivent être remplacés de façon périodique
Échange d'ions (adoucisseur d'eau)	Calcium, magnésium, faibles concentrations de fer (< 2 mg/L)	- Requiert l'ajout de sodium ou de potassium pour régénérer les grains de résine
Filtration sur membrane - osmose inverse	Vaste gamme de substances inorganiques (MDT, particules produisant de la dureté, arsenic, sulfates, manganèse, fer, etc.), microorganismes (protozoaires)	- Nécessite un prétraitement poussé - Produit de grandes quantités d'eaux de rejet ou d'eaux usées (environ 50 % de l'eau traitée) - Pourcentage élevé d'élimination pour bon nombre de contaminants dans l'eau
Désinfection par rayonnement ultraviolet (UV)	Microorganismes (bactéries, virus, protozoaires)	- Méthode de désinfection sans produits chimiques - Nécessite un prétraitement - Désinfection primaire seulement (pas de désinfection secondaire)
Chloration	Microorganismes (bactéries, virus), métaux oxydés	- Nécessite un prétraitement adéquat - Requiert une surveillance continue du résidu de chlore libre - Peut servir à la désinfection primaire et secondaire

La source de l'eau brute a une incidence sur la conception de la chaîne de traitement. L'eau qui provient de puits profonds bien construits qui sont exploités selon les débits prescrits a déjà été filtrée par l'aquifère; le degré de filtration requis n'est généralement pas aussi important que celui qu'il faut pour les eaux de surface. Ainsi, les systèmes de traitement des eaux souterraines peuvent comporter une filtration moins importante que les systèmes de traitement des eaux de surface.

Comme les eaux souterraines demeurent longtemps en contact avec les minéraux naturels, elles peuvent présenter une dureté importante et contenir des minéraux dissous, comme le fer, le manganèse et même l'arsenic. Ces éléments sont moins abondants dans les eaux de surface; par conséquent, les systèmes utilisant des eaux souterraines peuvent nécessiter l'ajout d'oxydants et un appareil de filtration et d'échange d'ions, tandis que c'est rarement le cas dans les systèmes utilisant des eaux de surface.

L'eau doit toujours être désinfectée, quelle que soit la source. Les microorganismes sont présents dans les eaux de surface comme dans les eaux souterraines, et doivent être tués ou inactivés pour que l'eau puisse être consommée sans danger.

Il est important de surveiller non seulement l'efficacité du procédé de désinfection, mais également la qualité de l'eau d'approvisionnement de façon régulière. Un spécialiste devrait évaluer les résultats des analyses pour déterminer si des modifications doivent être apportées à la conception et à l'application de la chaîne de traitement.

5.14 Exploitation et entretien des systèmes de traitement

Votre système peut avoir été conçu par un spécialiste du traitement de l'eau, mais il revient sans doute à vous de l'utiliser et d'en assurer l'entretien. Première étape : il faut vous familiariser avec tout l'équipement et tous les procédés de la chaîne de traitement. Prenez le temps de lire les recommandations du fabricant concernant l'exploitation, l'entretien et la capacité de chacune des composantes du système. À l'aide d'un débitmètre, vérifiez de façon périodique le débit afin de vous assurer que le système ne traite pas une quantité d'eau qui dépasse celle pour laquelle il a été conçu.

Si vous avez des questions, communiquez avec un spécialiste de la qualité de l'eau. N'hésitez pas à appeler un professionnel si vous avez du mal à comprendre une étape de l'exploitation ou de l'entretien du système.

Un bon opérateur doit être capable de demander de l'aide. Vous êtes peut-être responsable de la santé d'autres personnes; par conséquent, l'exploitation et l'entretien des systèmes de traitement ne doivent pas être pris à la légère.

Le saviez-vous?

Pour les systèmes de traitement dont l'eau provient de sources souterraines, on doit minimalement effectuer une désinfection garantissant une réduction de plus de 99,99 % (4 log) des virus au point où l'eau atteint le premier consommateur, ou avant.

Les grilles installées à la prise d'eau pour les systèmes d'eau de surface doivent être nettoyées de façon périodique. Il s'agit d'une tâche simple, mais qui peut demander beaucoup de temps. En hiver, il est possible que l'eau gèle autour de la prise d'eau. Ainsi, il se peut qu'il faille empêcher manuellement la glace de se former à cet endroit pour que la prise d'eau ne soit pas bloquée.

Pour ce qui est des systèmes d'ajout de produits chimiques, il est important d'utiliser la dose appropriée. Si la qualité de l'eau varie, la dose doit être modifiée. Le temps de contact dans les chambres de mélange ou les bassins de contact doit également être adéquat, et on peut être forcé de modifier le débit si la dose change.

Les filtres à sable et multicouches requièrent un lavage à contre-courant (et, parfois, un lavage par l'air) régulier. Une fois que le filtre a suffisamment retenu de particules, le lavage à contre-courant doit être effectué afin de rétablir la capacité du filtre. L'eau de lavage est ensuite évacuée dans les eaux usées. Il est important d'effectuer le lavage à contre-courant bien avant que le filtre soit bloqué ou qu'un canal interne se forme et permette à l'eau contaminée de se frayer un chemin dans la suite de la chaîne de traitement. On doit effectuer le lavage à contre-courant de façon que le milieu filtrant ne soit pas endommagé lorsqu'il est soulevé et nettoyé par l'eau de lavage.

Le charbon actif en grains doit être remplacé lorsqu'il ne peut plus enlever les composés organiques visés. Il n'y a qu'une seule exception : les filtres à charbon actif biologiques, qui sont régénérés continuellement par l'activité biologique dans le charbon; toutefois, même ces filtres exigent un lavage à contre-courant régulier et peuvent nécessiter un nettoyage intermittent ou, dans certains cas, un remplacement.

Les filtres à cartouche doivent être entretenus. En prenant soin de bien suivre les recommandations du fabricant, on devrait pouvoir laver à contre-courant et remettre en service les cartouches des filtres plissés et en surface. Par contre, les cartouches des filtres en profondeur doivent être remplacées à la fin de leur durée de vie utile. On recommande de consulter le manuel d'utilisation fourni avec le filtre ou de communiquer avec un spécialiste de la qualité de l'eau pour en savoir davantage.

Les filtres à membrane peuvent parfois être nettoyés en appliquant des procédures de nettoyage sur place (habituellement, à l'aide de produits chimiques contenant des acides et des bases) afin de gérer ou de réduire le colmatage de la membrane par les agents salissants inorganiques et organiques et les organismes biologiques sécrétant des substances qui encrassent les membranes. Dans bien des cas, on peut envoyer les membranes au fournisseur afin qu'elles soient nettoyées.

Tôt ou tard, les filtres atteignent un point où ils sont trop obstrués par les contaminants pour que l'eau puisse passer, ou ils se détériorent suffisamment pour laisser passer l'eau et les contaminants. À ce moment, il est important de relever le problème et de réparer le filtre, ou de le remplacer. Les fabricants ont souvent des recommandations concernant le remplacement des dispositifs de filtration.

Les filtres à échange d'ions nécessitent une régénération adéquate, rendue possible grâce aux solutions salées, et ce aux bons moments. Habituellement, le cycle de régénération est déterminé automatiquement en fonction du temps ou d'une caractéristique physique du procédé de traitement, comme le débit. Le niveau de saumure dans le réservoir doit être surveillé et des agents de régénération, comme le sodium ou le potassium (généralement sous forme solide – sel) doivent être ajoutés suivant les besoins.

Les systèmes de chloration requièrent l'ajout régulier de chlore, des ajustements appropriés de la dose et une surveillance du résidu de chlore libre. Ils nécessitent également un nettoyage périodique, puisque le chlore est un oxydant qui entraîne des accumulations sur certaines composantes métalliques.

Les systèmes de désinfection par rayonnement UV nécessitent un nettoyage régulier du manchon de quartz et un remplacement périodique de la lampe UV. Un échantillonnage et des épreuves à intervalles fixes visant à mesurer la quantité de contaminants microbiologiques sont également nécessaires pour ce type de procédé de désinfection.

On doit consigner toute activité d'entretien pour toutes les composantes du système de traitement. Suivez le calendrier d'entretien recommandé par le fabricant, et modifiez le au besoin selon les caractéristiques de l'eau traitée.

Pour en connaître davantage sur l'exploitation et l'entretien des composantes de traitement, nous vous invitons à visionner les modules de formation sur DVD intitulés

« Ultraviolet et osmose inverse pour les micro-systèmes »,
« Filtration des eaux et échange d'ions pour les micro-systèmes » et
« Désinfection des micro-systèmes »

[illegible]

6 Systèmes de distribution

6.1 Introduction

Une fois que l'eau est passée par la chaîne de traitement, que les contaminants ont été éliminés ou réduits à des taux acceptables et que l'on a effectué la désinfection, l'eau est considérée comme salubre et peut être consommée et utilisée à d'autres fins, notamment pour se laver et préparer des aliments. L'eau doit maintenant être acheminée du système de traitement à l'endroit où elle sera utilisée. Les conduites et les vannes qui contrôlent l'écoulement et qui permettent d'acheminer l'eau au point d'utilisation forment ce que l'on appelle le système de distribution. Il peut s'agir du réseau de plomberie dans le bâtiment ou, si le système de traitement se trouve à un autre endroit, cela peut également inclure les conduites souterraines reliant le système de traitement au bâtiment. Il est important de suivre les procédures appropriées d'exploitation et d'entretien afin de prévenir toute contamination de l'eau potable lorsque celle-ci se déplace dans le système de distribution, du système de traitement jusqu'au point d'utilisation. Bien que chacun des microsystèmes ait ses propres caractéristiques, il existe certains éléments communs dont il faut tenir compte dans l'exploitation et l'entretien des systèmes de distribution et dont il sera question dans le présent chapitre.

6.2 Résidu de chlore

Le chlore se classe onzième parmi les éléments les plus abondants dans la nature. La forme la plus connue est sans doute celle que contient le sel (chlorure de sodium) que l'on trouve naturellement dans l'eau de mer et les dépôts de sel dans le sol. En tant que désinfectant de l'eau potable, le chlore joue un rôle important dans la protection contre les maladies d'origine hydrique.

Aujourd'hui, les utilisations et les applications du chlore sont nombreuses. En ce qui concerne la qualité de l'eau et les microsystèmes, on l'utilise pour désinfecter l'eau et s'assurer qu'elle demeure potable. L'emploi du chlore en tant qu'agent de désinfection de l'eau remonte à plus de 150 ans. Aujourd'hui, la chloration joue un rôle fort important dans la protection de l'eau potable contre les maladies infectieuses d'origine hydrique et continue d'être grandement utilisée dans les stations de traitement municipales et les microsystèmes à des fins de désinfection de l'eau. Il existe deux raisons pour lesquelles on a recours au chlore dans la chaîne de traitement. La première : désinfecter l'eau, ce que l'on appelle la désinfection primaire. La deuxième : laisser une petite concentration de chlore dans l'eau après la désinfection pour que l'eau demeure potable d'un bout à l'autre du système de distribution jusqu'au point d'utilisation – c'est ce que l'on appelle la désinfection secondaire.

L'ajout de chlore est un procédé chimique très complexe. Lorsqu'il est utilisé comme désinfectant primaire et qu'on l'ajoute à l'eau, le chlore est d'abord consommé par les contaminants organiques présents. C'est ce qu'on appelle la demande en chlore. Plus il y a de contaminants dans l'eau, plus la demande en chlore est importante et plus la quantité de chlore qu'il faut ajouter pour répondre à cette demande est grande. Dit autrement, plus l'eau est propre lorsqu'elle arrive à l'étape de désinfection, moins on a besoin de chlore pour la désinfection.

En ajoutant du chlore comme désinfectant secondaire après que l'on a répondu à la demande en chlore, on entraîne la formation d'un résidu de chlore libre. C'est ce résidu

qui garde l'eau propre jusqu'au robinet, même si celle-ci est préalablement conservée dans un réservoir ou une citerne durant une longue période. Toutefois, la quantité de ce résidu baisse également au fil du temps. Il est important de connaître la quantité d'eau que l'on utilise dans le système de façon quotidienne et d'ajouter des doses appropriées de chlore afin que l'eau garde un résidu de chlore libre jusqu'au robinet. Si le résidu de chlore disparaît, la salubrité microbiologique de l'eau peut être compromise, ce qui entraîne des risques si l'eau est consommée.

Après la désinfection primaire, si l'eau n'est pas utilisée immédiatement ou traverse un système de distribution, il faut utiliser un désinfectant secondaire, tel que décrit précédemment. Habituellement, cette désinfection secondaire consiste à ajouter une dose de chlore. Par contre, il arrive que l'on emploie des chloramines (chlore et ammoniac) au lieu du chlore. Dans de tels cas, on mesure le résidu de chlore total, plutôt que le résidu de chlore libre, pour s'assurer que la protection est adéquate. Les chloramines sont généralement utilisées dans les systèmes de traitement municipaux ou dans les microsystèmes qui comportent de gros systèmes de distribution.

Le chlore libre correspond à la quantité de toutes les formes de chlore présentes dans l'eau – gaz (Cl_2), acide hypochloreux (HOCl) ou hypochlorite (OCl^-) – qui ne sont pas liées à l'ammoniac ni à aucun autre composé. Le chlore combiné est le résultat de la réaction entre le chlore libre et l'ammoniac (chloramines). Le chlore total, quant à lui, représente la somme du chlore combiné et du chlore libre. Autrement dit :

Chlore total = chlore libre + chlore combiné

La concentration du résidu désinfectant devrait être d'au moins 0,2 milligramme de résidu de chlore libre par litre d'eau (lorsque l'on utilise du chlore) ou de 1,0 milligramme de résidu de chlore total par litre d'eau (lorsque l'on utilise des chloramines).

Le chlore peut être mesuré de plusieurs façons. En théorie, si la demande en chlore est de 2,0 mg/L et que l'on ajoute une dose de chlore de 5,0 mg/L, la concentration initiale du résidu de chlore libre serait de 3,0 mg/L. Toutefois, en pratique, le processus est loin d'être aussi simple et nécessite certaines analyses afin de vérifier que la concentration du résidu est appropriée.

La méthode DPD (n-diéthyl-p-phénylènediamine) de comparaison de couleurs est l'épreuve la plus couramment employée. Il s'agit de la méthode la plus rapide et la plus simple permettant d'analyser le résidu de chlore. Pour chaque trousse, on précise si c'est le chlore libre ou le chlore total que l'on mesure; il faut donc lire les instructions attentivement. Cette méthode consiste à ajouter un réactif à l'échantillon d'eau dans une petite éprouvette ou bouteille. On provoque ainsi une réaction avec le chlore qui donne une couleur rose ou rouge à l'eau de l'échantillon. L'intensité de la couleur est ensuite comparée à celle des couleurs représentées sur un nuancier, chacune d'entre elles étant associée à une concentration établie de chlore. Plus la couleur est vive, plus la concentration de chlore est élevée. Si la trousse est utilisée pour déterminer la concentration de chlore total, il faut s'assurer de bien lire les instructions pour éviter toute lecture erronée.

Figure 6.1 Trousse de comparaison de couleurs DPD**Le saviez vous?**

Il est extrêmement important de désinfecter toutes les conduites principales nouvelles ou réparées. La désinfection peut être effectuée conformément à la Standard for Disinfecting Water Mains de l'American Water Works Association (AWWA).

Dans une version modifiée de la méthode DPD, on emploie un appareil appelé « colorimètre » afin de mesurer directement l'intensité de la couleur de l'échantillon. Cet appareil fait passer une lumière à travers l'échantillon d'eau colorée et mesure la quantité et le type de lumière qui ne peut passer à travers l'eau, ce qui donne une mesure directe de la couleur de l'échantillon, sans qu'on ait besoin de comparer soi-même avec un nuancier.

L'ampérométrie, technique plus avancée, est la deuxième méthode la plus courante utilisée pour mesurer la concentration de chlore. Cette méthode consiste à utiliser un compteur électronique avec une sonde qui comporte une solution de chlorure de potassium (KCl). Lorsque l'eau entre en contact avec la sonde, le chlore réagit avec le chlorure de potassium, ce qui produit un courant électrique. La sonde mesure ce courant et, du coup, permet de déterminer la concentration de chlore dans l'eau.

Comme on l'a mentionné au chapitre 5, le chlore réagit avec les matières organiques naturelles qui sont présentes dans l'eau, comme les feuilles en décomposition, et forme un groupe de composés chimiques que l'on appelle les sous-produits de la désinfection par le chlore (SPC). Les SPC les plus courants sont les trihalométhanés (THM) et les acides haloacétiques (AHA). Dans plusieurs études, on a constaté un lien entre l'exposition à long terme à de fortes doses de SPC et un risque accru de cancer. En général, les cours d'eau et autres sources d'eau de surface contiennent plus de matières organiques que les puits.

En filtrant l'eau avant de procéder à la chloration, on réduit la quantité de matières organiques naturelles qui réagissent avec le chlore et on aide à diminuer le taux de SPC dans l'eau potable. Si des SPC tels que les THM s'avèrent préoccupants en ce qui concerne le système d'eau potable, consultez un spécialiste de la qualité de l'eau et faites analyser l'eau afin d'en mesurer la concentration.

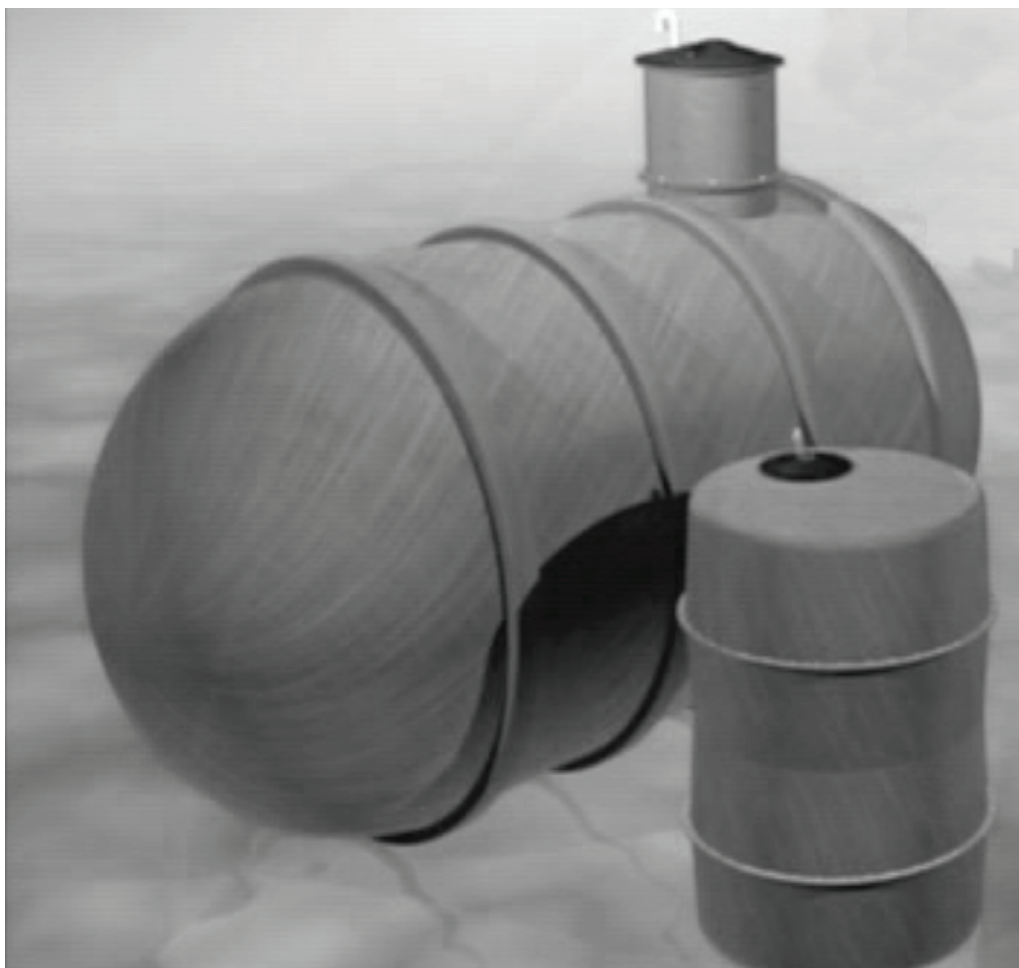
Pour en connaître davantage sur la désinfection, nous vous invitons à visionner le module de formation sur DVD intitulé

« Désinfection des micro systèmes »

6.3 Réservoirs de stockage d'eau potable

Les réservoirs de stockage d'eau potable sont souvent utilisés dans les collectivités éloignées ou rurales (p. ex., dans les petites collectivités isolées et les collectivités des Premières nations) afin de stocker l'eau traitée là où on ne dispose d'aucune source municipale ou sur place (p. ex., puits). On s'en sert pour stocker l'eau traitée qui est transportée par camion ou, dans certains cas, dans des conduites d'eau rurales à basse pression et de faible diamètre. Ils peuvent également être employés dans les microsystèmes qui traitent l'eau à une vitesse plus faible que ce qui est nécessaire pour répondre à la demande. On a également recours aux réservoirs de stockage d'eau potable sur les navires afin de fournir de l'eau potable aux passagers et aux membres de l'équipage. Sur les navires, les réservoirs permettent de stocker l'eau potable qui est soit produite à bord du navire, soit fournie en vrac au port.

Il existe des réservoirs de stockage d'eau potable de divers types et de diverses grosseurs. Le choix du type et de la grosseur dépend de plusieurs facteurs, dont le lieu (sur terre, sur un navire), les conditions climatiques (réservoirs de stockage intérieurs ou extérieurs) et les conditions topographiques (réservoirs en surface, souterrains). Tout réservoir de stockage d'eau potable doit être construit avec des matériaux conformes à la norme ANSI/NSF 61, doit être étanche et doit comporter une trappe d'accès avec une porte étanche, un tuyau de remplissage et un tuyau de ventilation. Les réservoirs de stockage doivent être installés en conformité avec les instructions du fabricant. On doit également respecter les codes, règlements et lois applicables (protection de la santé publique, construction, plomberie, environnement, etc.).

Figure 6.2 Réservoirs de stockage d'eau potable

Dans le cas des réservoirs de stockage souterrains, il est très important de s'assurer que la trappe d'accès ne peut être endommagée. On peut, entre autres, installer une barrière de protection autour pour prévenir les dommages causés par les véhicules et ainsi accroître la durée de vie de la trappe. Tout réservoir de stockage doit être verrouillé, et on doit empêcher les gens autres que les personnes autorisées, comme ceux qui font la livraison de l'eau, d'y accéder.

Toutes les conduites et tous les accessoires de plomberie qui relient le réservoir de stockage au point d'utilisation doivent être conformes au Code national de la plomberie – Canada. La conduite de distribution qui sort du réservoir devrait comporter un point ou une vanne d'échantillonnage pour que l'on puisse effectuer la surveillance de la qualité de l'eau.

Il est important d'exploiter et d'entretenir les réservoirs de stockage de façon adéquate pour assurer l'apport continu en eau potable salubre. Ces réservoirs devraient seulement servir à stocker de l'eau qui répond aux Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada et qui a été désinfectée à l'aide de chlore. Après le stockage, il faut conserver une concentration suffisante de résidu de chlore afin de garantir la salubrité microbiologique de l'eau. Si un réservoir demeure inutilisé pendant un certain temps, il peut être nécessaire de le vider et de le rincer à l'eau chlorée avant de l'utiliser.

On doit inspecter, nettoyer, désinfecter et réparer le réservoir de stockage de façon régulière afin d'éliminer les risques pour la santé et la sécurité. Les réservoirs sont des

espaces clos jugés dangereux du fait de leur caractère confiné et de leur accessibilité limitée. Cela signifie qu'il faut toujours prendre les précautions appropriées lorsque l'on entre dans un réservoir de stockage. On recommande de suivre les instructions du spécialiste de la qualité de l'eau et du fabricant concernant l'exploitation et l'entretien des réservoirs.

Dans le cas des réservoirs qui ne sont pas sous pression, l'exposition à l'air est toujours une possibilité, ce qui peut favoriser la croissance microbienne à l'intérieur. Afin de prévenir la contamination microbienne, on recommande entre autres d'effectuer un nettoyage en profondeur à l'aide d'une solution de chlore puissante (chloration de choc). Il faut également inspecter les réservoirs régulièrement et installer des grilles aux ouvertures d'aération pour empêcher les animaux nuisibles, comme les oiseaux et les rongeurs, d'entrer. Ces ouvertures d'aération doivent être propres, car si elles sont obstruées, l'utilisation normale de l'eau peut créer un vide et ainsi entraîner l'affaissement des réservoirs. Regardez à l'intérieur du réservoir et assurez-vous que rien ne flotte à la surface de l'eau. Le fond du réservoir doit être visible et doit sembler propre. Vérifiez qu'il n'y a pas de rouille, de trous ou de craques. N'oubliez pas que les fuites de réservoir peuvent provoquer la contamination de l'eau. On doit suivre toutes les procédures normalisées d'exploitation qui s'appliquent lorsque l'on travaille autour ou à l'intérieur d'un espace clos. Soulignons que la tenue de dossiers sur l'exploitation et l'état du réservoir de stockage et la surveillance régulière de la qualité de l'eau font également partie des pratiques exemplaires.

Pour en connaître davantage sur les réservoirs de stockage, nous vous invitons à visionner le module de formation sur DVD intitulé

« Réservoirs d'eau potable »

6.4 Vannes et conduites

Un microsystème peut être simple, comme il peut constituer un ensemble complexe de conduites et de vannes. Si c'est le cas, la façon dont il fonctionne peut être difficile à saisir. Il est important de prendre le temps d'apprendre ce que chacune des vannes du système fait et la façon dont ces vannes fonctionnent, et de les actionner (ouvrir et fermer) de façon régulière pour s'assurer de leur bon fonctionnement. On doit prendre acte de tout changement dans l'état des conduites et des vannes du système. Si une vanne devient corrodée ou présente une fuite, il ne faut pas attendre qu'elle cède avant de la réparer ou de la remplacer. Il peut s'agir d'une tâche que l'on peut exécuter soi-même, ou qui nécessite les services d'un plombier. La même chose s'applique aux conduites des microsystèmes. Les conduites ne durent pas indéfiniment et, en décelant la corrosion sur une conduite avant qu'il y ait rupture, on peut gagner du temps, sauver de l'argent et s'épargner bien des maux de tête. Soulignons que tout travail de plomberie doit être réalisé en conformité avec le Code national de la plomberie – Canada.

Qu'il s'agisse de conduites ou de vannes, lorsqu'une pièce est remplacée en raison d'un bris ou dans le cadre de l'entretien périodique, il faut savoir ce qu'il faut faire avant de remettre le système en marche. On ne doit pas présumer que les nouvelles composantes sont propres. Lorsque l'on remplace une pièce, notamment après un bris ou le remplacement de conduites souterraines, le système doit être nettoyé et désinfecté. Si la section de

Did You Know:

Près de 80 % de la population canadienne est classée dans la catégorie urbaine et la distribution de l'eau à ce groupe d'utilisateurs est une tâche d'envergure.

conduites qui fait l'objet des travaux est isolée par des vannes, elle seule doit être désinfectée. Si ce n'est pas le cas, l'ensemble du système doit être désinfecté. Habituellement, on doit d'abord rincer le système à l'eau jusqu'à ce qu'il ait l'air propre, puis désinfecter en utilisant un procédé appelé « chloration de choc », ou « hyperchloration ».

La chloration de choc consiste à ajouter au système une dose de chlore beaucoup plus forte que la dose normale. On ajoute souvent des doses de 20, ou même de 50 milligrammes de chlore par litre d'eau (mg/L), selon le degré de contamination. Bien qu'il soit plus sécuritaire d'ajouter une dose trop forte qu'une dose trop faible, il faut se rappeler que toute quantité de chlore introduite dans le système devra tôt ou tard être rejetée dans l'environnement. Comme le chlore peut constituer un danger pour les végétaux et les animaux à proximité, on doit utiliser la quantité nécessaire, pas plus. Dans certains cas, on devrait même déchlorer l'eau de rejet – un spécialiste de la qualité de l'eau sera en mesure de vous dire comment procéder. Avant de rejeter de grandes quantités de chlore dans le drain ou un champ d'épuration (dans les cas où l'on utilise une fosse septique), communiquez avec un spécialiste de la qualité de l'eau ou l'autorité locale responsable des eaux usées, puisque le chlore peut nuire au système ou à l'environnement.

La première étape de la chloration concentrée consiste à calculer la dose requise. Ici, disons que la concentration de chlore souhaitée est de 20 mg/L et que la section de conduites qu'il faut désinfecter contient 100 litres d'eau. Pour une concentration de 20 mg/L, on doit utiliser 20 milligrammes de chlore pour chaque litre d'eau. Par conséquent, il faut ajouter une dose de 20×100 , soit 2 000 mg, ou 2 g de chlore. Cependant, le chlore n'est pas fourni à l'état pur – il est généralement fourni dans une solution liquide (hypochlorite) pouvant présenter une concentration de seulement 5 % (0,05) ou 10 % (0,1) de chlore (par volume). Si 1 g de chlore liquide égale environ 1 mL, 2 mL (2 g) de chlore pur équivalent à $2/0,1 = 20$ mL de solution d'hypochlorite à 10 % (il peut être utile de revoir le chapitre 4 pour bien comprendre ce calcul).

Une fois la dose calculée, on doit l'ajouter au système et laisser reposer l'eau. Il faut attendre assez longtemps pour que la chloration soit efficace. En effet, il peut être nécessaire de laisser reposer le mélange d'eau et de chlore entre 2 et 24 heures, selon la dose – plus la dose est forte, moins le temps d'attente est long. Au bout de deux heures environ, prélevez un échantillon pour voir la quantité de résidu de chlore qu'il reste dans le système. Si la concentration est en deçà de 10 mg/L, il faut rincer le système et recommencer la chloration – la section réparée était trop sale et la demande en chlore, trop élevée. Si, au bout de deux heures, la concentration du résidu de chlore est de 10 mg/L ou plus, laissez reposer encore deux heures puis rincez jusqu'à ce que l'odeur de chlore disparaisse. Avant de remettre le système en marche, prélevez un échantillon d'eau et analysez-le pour vérifier la présence de bactéries coliformes – consultez le chapitre 8 (Surveillance et analyse) pour en connaître davantage sur l'échantillonnage, et le chapitre 9 (Analyse et production de rapports) pour de l'information sur l'interprétation des résultats. On ne peut remettre le système en marche que lorsque l'on obtient des résultats négatifs.

6.5 Prévention des jonctions fautives et du refoulement

L'eau traitée dans un microsystème doit demeurer potable. Même dans les microsystèmes les plus petits, le risque de jonctions fautives et de refoulement est toujours présent.

Par jonction fautive, on entend toute jonction directe entre l'eau traitée et une source de pollution ou de contamination. Cela peut comprendre les raccordements directs

aux systèmes d'irrigation, aux égouts pluviaux, aux fosses septiques ou même à un tuyau d'arrosage qu'on laisse dans un seau d'eau, un étang ou une flaque. Remarquez que le qualificatif « directs » se rapporte à chacun de ces types de raccordements. Bien entendu, les systèmes d'irrigation et les tuyaux d'arrosage doivent être reliés au système d'approvisionnement en eau, mais il faut mettre en place des mesures visant à empêcher l'eau contaminée de ces systèmes de s'introduire dans le système d'approvisionnement en eau potable. Cet apport d'eau contaminée dans le système d'eau potable correspond à ce que l'on appelle le refoulement. Les refoulements peuvent être classés dans deux catégories : contre-pression et siphonnement à rebours.

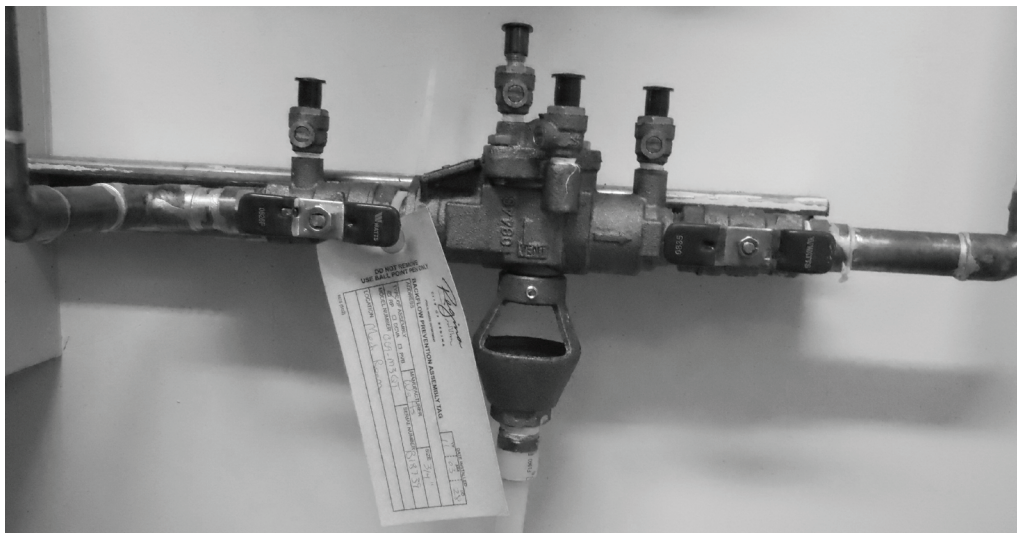
La contre-pression survient lorsque la pression dans un dispositif relié au système d'approvisionnement en eau dépasse celle du système, ce qui repousse l'eau des conduites dans le sens inverse. On peut penser, entre autres, à un chauffe-eau qui, comportant des défauts dans la plomberie, accumule trop de pression et contamine le système avec l'eau du réservoir.

Le siphonnement à rebours survient lorsque le système subit une baisse de pression soudaine et que de l'eau d'une source de contamination est aspirée dans le sens inverse sous l'effet du vide ainsi créé. On peut penser à un tuyau d'arrosage qu'on laisse dans un bassin contenant de l'eau et du savon ou dans une flaque d'eau. Une baisse soudaine de la pression dans le système pourrait faire en sorte que l'eau soit aspirée par le tuyau et s'introduise dans le système d'eau potable.

La prévention du refoulement comprend toute mesure visant à empêcher ce genre d'événement. Ces mesures consistent soit à prévenir les jonctions fautives, soit à installer des dispositifs de protection là où les jonctions fautives sont possibles.

Pour éviter toute jonction fautive, on n'a généralement qu'à veiller à ce que les travaux de plomberie soient effectués par un professionnel autorisé. Une telle personne est formée pour repérer les jonctions fautives et peut aider à évaluer les dangers que comporte le système. Il est également important de veiller à ce que l'extrémité de toute conduite (y compris les tuyaux d'arrosage) reliée au système ne soit immergée dans AUCUNE source d'eau. Comme on l'a mentionné précédemment, une conduite ou un tuyau dont l'extrémité est immergée présente un risque de refoulement.

Figure 6.3 Dispositif de prévention du refoulement



Il existe plusieurs façons d'empêcher le reflux. La coupure antireflux (ou anti-retour) est de loin la plus efficace. En termes simples, une coupure antireflux consiste à créer une séparation entre la terminaison d'un réseau de conduites d'eau potable et l'appareil qui reçoit l'eau (p. ex., évier). Le robinet de cuisine en est un bon exemple. En effet, celui-ci est placé loin du bac de l'évier. Même en remplissant complètement l'évier, l'eau serait loin d'atteindre la conduite d'eau potable. Maintenant, imaginons que l'on joint un tuyau au robinet et qu'on le laisse baigner dans l'eau. À ce moment, il n'y a plus de « coupure », et toutes les conditions qui peuvent entraîner un reflux sont réunies.

Il n'est pas toujours possible d'utiliser des coupures antireflux pour prévenir les jonctions fautes. Si c'est le cas, on doit recourir à des dispositifs mécaniques pour s'assurer qu'il n'y ait aucune jonction fautive. Ces dispositifs doivent être conçus et installés conformément au Code national de la plomberie – Canada. Certains peuvent être mis à l'essai, d'autres non. Ceux qui le peuvent sont facilement reconnaissables par la présence de prises d'essai et doivent être mis à l'essai chaque année par un spécialiste des jonctions fautes. Les dispositifs qui ne peuvent être mis à l'essai doivent être installés par un plombier autorisé et être entretenus comme une composante du système de distribution. Un spécialiste de la qualité de l'eau ou des jonctions fautes peut fournir plus de renseignements à cet égard.

Faire appel à un spécialiste autorisé des jonctions fautes est la meilleure façon de s'assurer que le système d'eau est protégé contre le reflux. Ces spécialistes sont formés pour repérer les jonctions fautes et peuvent évaluer le système pour déterminer quels sont les dangers présents.

6.6 Eau livrée par camion

Pour certains microsystèmes, on n'a pas accès aux eaux municipales, ni à aucune source sur place, comme un puits. Si c'est le cas, l'eau est livrée de façon régulière par un transporteur d'eau commercial. Pour ce qui est de l'eau transportée par camion, la propreté de l'équipement de transport est essentielle, puisque tout l'équipement fait essentiellement partie du système de distribution. Le contenant (ci-après appelé réservoir d'eau) utilisé pour transporter l'eau potable, y compris les pompes, les tuyaux et autre matériel, doit être entretenu et utilisé dans des conditions de propreté et de salubrité afin de réduire le risque de contamination. Le réservoir d'eau ne doit pas être utilisé pour transporter d'autres liquides ou matières qui pourraient contaminer l'eau. De plus, il ne doit jamais avoir servi à transporter une substance nocive, dangereuse ou toxique.

Le réservoir d'eau doit être construit avec des matériaux qui répondent à la norme ANSI/NSF 61 (qui s'applique aux matériaux pouvant être utilisés dans les systèmes d'eau potable) et être facilement accessible à des fins de nettoyage. Toute inspection visuelle de l'intérieur du réservoir d'eau doit être effectuée conformément aux procédures normalisées d'exploitation qui s'appliquent lorsque l'on travaille autour ou à l'intérieur d'un espace clos. Le réservoir d'eau doit être désinfecté de façon hebdomadaire et, lorsqu'on le remplit ou le vide, on doit prendre des précautions pour éviter le reflux ou le siphonnement à rebours, comme on l'a mentionné à la section 6.5 (p. ex., en créant une coupure antireflux ou en utilisant un clapet de retenue double).

Le saviez-vous?

L'eau potable peut renfermer du plomb provenant d'entrées de service (tuyaux entre la résidence et l'alimentation principale en eau) en plomb, de soudures au plomb dans les systèmes de plomberie, ou de raccords en laiton tels que ceux utilisés en robinetterie.

Les jonctions du réservoir d'eau doivent être construites et protégées de façon à empêcher les contaminants de s'introduire dans le système d'approvisionnement en eau et à éviter l'accumulation de glace sur les buses durant l'hiver. Ils doivent demeurer fermés, sauf lorsque l'on remplit ou nettoie le réservoir.

L'eau livrée doit être analysée afin de s'assurer que la concentration du résidu de chlore libre est d'au moins 0,2 mg/L.

Comme on l'a mentionné à la section 6.3 (Réservoirs de stockage d'eau potable), il est important d'entretenir et de nettoyer régulièrement le réservoir récepteur. Il ne faut jamais s'en servir à d'autres fins que le stockage d'eau potable. Il doit être nettoyé et désinfecté de façon périodique, avant la première utilisation et après toute réparation et toute activité d'entretien. Enfin, il est important de surveiller régulièrement la qualité de l'eau dans le réservoir de stockage afin de vérifier la présence d'*E. coli* et de coliformes totaux, comme l'exige Santé Canada.

Pour en connaître davantage sur l'eau transportée par camion, nous vous invitons à visionner le module de formation sur DVD intitulé

« Réservoirs d'eau potable »

6.7 Eau embouteillée et fontaines réfrigérantes

La réglementation s'appliquant à l'eau embouteillée diffère des directives concernant la production d'eau traitée dans un microsysteme. Pour un aperçu de la réglementation associée à la distribution de l'eau embouteillée comme source d'eau potable, consultez la section 2.7 du présent manuel.

Figure 6.4 Fontaine réfrigérante typique



Même si l'eau embouteillée qui est livrée aux installations n'est pas contaminée, le processus de distribution exige que l'on prenne des mesures pour garantir que l'eau est potable au moment où elle est consommée. Il faut nettoyer et désinfecter régulièrement les fontaines à l'aide d'une solution à base de chlore. Pour ce faire, on peut utiliser de l'eau de Javel à usage domestique (inodore), produit peu dispendieux, pratique et efficace. En nettoyant et en désinfectant la fontaine par chloration à une concentration de 10 mg/L, on peut assurer la propreté de la fontaine et la salubrité de l'eau. Santé Canada donne des instructions étape par étape sur la façon de nettoyer les fontaines réfrigérantes; ces instructions sont présentées à l'annexe C du présent manuel.

Pour en connaître davantage sur l'eau embouteillée et les fontaines réfrigérantes, nous vous invitons à visionner le module de formation sur DVD intitulé

« Eau embouteillée : Sélection et application dans les installations fédérales »

6.8 Notes sur le chapitre 6

[illegible]

7.0 Connaître son système, de la source au robinet

7.1 Introduction

Comme on l'a mentionné au chapitre 1, le Canada préconise une approche à barrières multiples pour assurer la salubrité de l'eau potable. Cela comprend les barrières physiques qui sont employées dans le procédé de traitement, les formations qui permettent de mieux comprendre le traitement, et l'exploitation et l'entretien de la chaîne de traitement et du système de distribution. La connaissance constitue également une barrière importante; on doit bien connaître l'ensemble du système, de la source de l'eau brute au point où l'eau traitée est utilisée – autrement dit, de la source au robinet. Le présent chapitre porte sur trois outils importants employés pour accroître les connaissances, soit l'évaluation des vulnérabilités, l'enquête sanitaire et l'analyse chimique de base. On traite également de l'importance de connaître la source et de savoir comment la protéger.

Il faut procéder à une évaluation des vulnérabilités, à une enquête sanitaire et à une analyse chimique de base tous les cinq ans, ou lorsque des changements importants sont apportés au système de traitement, à l'utilisation du territoire et à d'autres conditions qui sont préjudiciables à la qualité de l'eau. De cette manière, il sera possible de déterminer si le programme de surveillance doit être modifié.

Dans le cas de certaines installations ou situations particulières, par exemple de systèmes en régions éloignées qui desservent une très petite population, il ne sera pas toujours physiquement ou économiquement faisable de refaire une évaluation, une enquête et une analyse exhaustives tous les cinq ans. À tout le moins, il faut dans ces cas s'efforcer de procéder à une évaluation des vulnérabilités et à une enquête sanitaire tous les cinq ans afin de déterminer si se sont produits des changements qui nécessiteraient de revoir le programme de surveillance existant.

L'évaluation, l'enquête et l'analyse peuvent n'avoir lieu qu'une fois tous les cinq ans, mais les ministères doivent être constamment à l'affût de tout changement local qui pourrait influencer sur la qualité de l'eau.

7.2 Évaluation des vulnérabilités et gestion des risques

L'évaluation des vulnérabilités comprend trois étapes principales :

1. Déterminer d'où provient l'eau d'approvisionnement.
2. Identifier les dangers potentiels.
3. Déterminer la vulnérabilité de la source à chacun de ces dangers.

Les sections suivantes traitent en détail de ces trois étapes.

7.2.1. Connaître la source

Il faut délimiter et cartographier le territoire à partir duquel les eaux et les contaminants potentiels atteignent la source d'approvisionnement afin d'aider l'équipe responsable de la gestion de l'eau potable à concentrer leurs efforts sur un secteur précis et à intervenir de façon appropriée en cas d'incident ou d'urgence. Cela s'applique tant aux eaux de surface qu'aux eaux souterraines. Dans le cas des sources d'eau de surface, la zone délimitée correspond au bassin versant. Pour ce qui est des sources d'eau souterraine, la zone où l'eau entre à partir de la surface, que l'on appelle zone

d'alimentation, peut se trouver dans le bassin versant où est situé le puits, ou se trouver loin de celui-ci.

Ce volet de l'évaluation des vulnérabilités devrait inclure la caractérisation de la source d'approvisionnement en eau, de la géologie et les traits des terres environnantes afin de déterminer quelles sont les substances qui peuvent pénétrer dans l'eau et compromettre la qualité de l'eau potable traitée. Les matières organiques dissoutes dans les eaux de surface, par exemple, peuvent entraîner la formation de sous-produits de désinfection dangereux lorsque l'on procède à la chloration de l'eau.

Il existe de nombreuses méthodes pour délimiter les bassins versants et les formations aquifères, allant d'une simple cartographie du terrain jusqu'à l'établissement de modèles mathématiques complexes nécessitant une quantité importante de données de terrain. Il faut choisir la méthode appropriée en fonction des caractéristiques de l'eau d'approvisionnement et du risque relatif de contamination.

7.2.2. Déterminer les dangers

L'étape suivante consiste à déterminer les dangers potentiels pour la source d'approvisionnement en eau dans la zone délimitée. Il y a différentes façons de répertorier les dangers, telles que l'inventaire des utilisations des terres et des sources de contaminants, l'évaluation des caractéristiques du bassin versant ou de l'aquifère et les données de surveillance relatives à la qualité et à la quantité d'eau d'approvisionnement.

Pendant l'évaluation des vulnérabilités, il est essentiel de recenser les dangers afin de déterminer le type de traitement requis et les mesures d'intervention requises dans le bassin versant ou l'aquifère. À titre d'exemple, la gestion d'un bassin versant exposé principalement à des dangers liés à un effluent industriel sera très différente de celle d'un bassin où la principale menace à la qualité de l'eau tient aux apports en nutriments résultant d'activités agricoles.

7.2.3. Déterminer la vulnérabilité aux dangers

Une fois que l'on a recensé les dangers qui existent dans une zone délimitée, il faut déterminer la vulnérabilité de la source et les répercussions possibles de ces dangers sur la santé humaine. Les résultats de ces évaluations dicteront le traitement approprié à appliquer pour garantir la salubrité de l'eau et la satisfaction d'ordre esthétique du consommateur. Ils permettront aussi d'orienter les mesures de protection du bassin versant ou des zones d'alimentation en déterminant la qualité de l'eau et la quantité d'eau et sa vulnérabilité possible à la dégradation. Les résultats des évaluations peuvent être fort utiles à d'autres organismes, aux industries locales et aux utilisateurs de l'eau de la collectivité qui ont des intérêts communs.

Lorsque l'on évalue la vulnérabilité ou le risque, il faut compléter les données tirées de l'inventaire des dangers par des données de surveillance afin de pouvoir estimer la concentration des contaminants dans l'eau d'approvisionnement et de savoir si cette concentration varie au fil du temps. Les fluctuations des paramètres physiques, comme le pH et la turbidité, doivent aussi être consignées. Pour recueillir ce type de données, il faut mettre en place des programmes de surveillance à long terme. Les concentrations mesurées peuvent être modélisées, mais il est préférable d'obtenir des données de surveillance en temps réel et propres au site.

Le saviez vous?

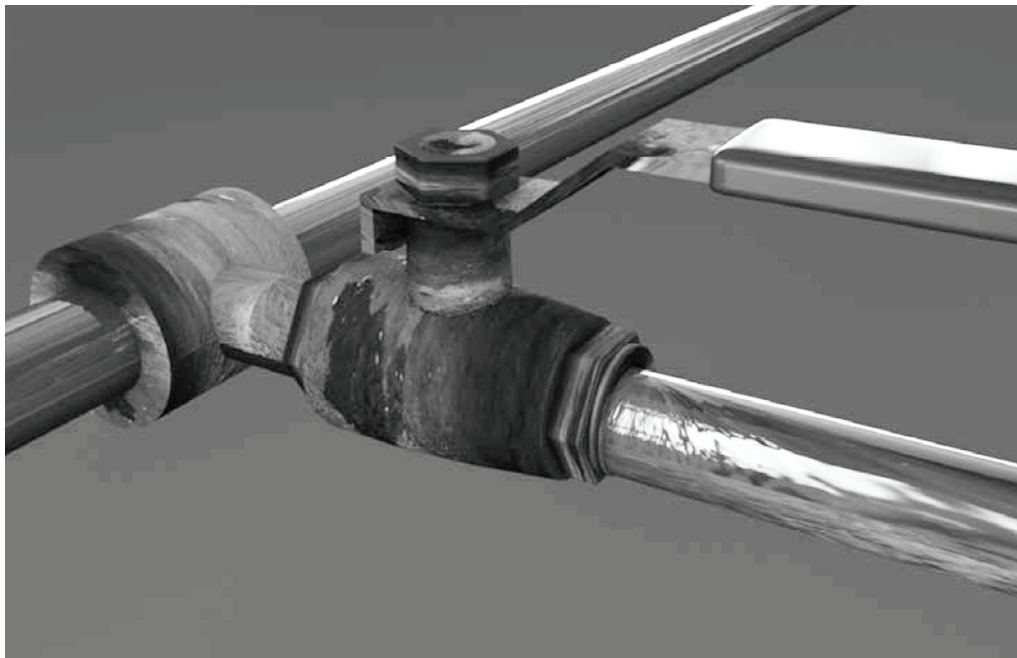
Dans les collectivités des Premières nations situées au sud du 60^e parallèle nord, les responsabilités en matière d'eau potable sont partagées entre les conseils de bande des Premières nations, Santé Canada et Affaires autochtones et Développement du Nord Canada (AADNC). Dans celles qui sont situées au nord du 60^e parallèle nord, les responsabilités en matière d'eau potable relèvent en général des gouvernements territoriaux.

7.3 Enquête sanitaire

Une enquête sanitaire est un examen sur place, de la prise d'eau au robinet, de la qualité de l'eau brute, des installations de prise d'eau, de l'équipement de traitement, du système de distribution, des procédures opérationnelles en place et des dossiers d'entretien. L'enquête sert à évaluer la capacité du système de traiter de façon adéquate l'eau d'approvisionnement de manière à produire et à fournir de l'eau potable salubre. L'enquête sanitaire varie selon le type et la complexité du système.

La surveillance de la qualité de la source d'approvisionnement permet de mesurer les fluctuations de la qualité de l'eau, lesquelles peuvent aider à détecter des problèmes de contamination et à déterminer s'ils sont apparus à la source, pendant le traitement de l'eau ou dans le système de distribution. Toutefois, il est souvent impossible de prélever plus que quelques échantillons, de sorte que les résultats d'analyse ne sont pas toujours représentatifs de l'ensemble du réseau d'approvisionnement en eau. Les enquêtes sanitaires sont un complément essentiel à la surveillance de la qualité de l'eau. Ensemble, ces deux activités permettent d'évaluer globalement les nombreux facteurs associés au réseau d'approvisionnement en eau, dont les systèmes de traitement et de distribution. Combinées à la surveillance de la qualité de l'eau, les enquêtes sanitaires fournissent un éventail d'information et permettent de déceler les problèmes éventuels. Grâce aux données recueillies, on peut repérer les défaillances, les anomalies, les erreurs humaines et les écarts par rapport à la normale qui peuvent compromettre la production et la distribution d'une eau potable salubre.

Figure 7.1 Surveillance visant à vérifier la présence de corrosion sur les conduites et les appareils



7.4 Analyse chimique de base

L'analyse chimique de base, combinée à l'évaluation des vulnérabilités et à l'enquête sanitaire, devrait permettre d'établir un programme de surveillance, c'est-à-dire, une liste des substances qui doivent faire l'objet d'un suivi périodique, liste que les ministères pourront utiliser afin d'élaborer un plan de traitement approprié.

Il est recommandé que les programmes de surveillance des contaminants chimiques relevés dans l'analyse chimique de base comprennent, à tout le moins, la surveillance annuelle des sources d'eau de surface et la surveillance à tous les deux ans des sources d'eau souterraine, sauf indication contraire dans les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada.

Par mesure de précaution, il est aussi recommandé d'effectuer une analyse chimique de base tous les cinq ans, à moins qu'une enquête sanitaire ou une évaluation des vulnérabilités indique qu'une analyse de ce type devrait être effectuée à une fréquence plus grande ou plus faible.

Si les résultats indiquent l'absence constante de certaines substances dans le réseau d'approvisionnement en eau, la fréquence d'échantillonnage de ces substances peut être réduite. Par ailleurs, lorsque l'eau provient de sources non susceptibles d'être contaminées par l'humain (déchets industriels ou agricoles, eaux usées municipales), une analyse chimique de base ne serait nécessaire que si l'on veut choisir de nouvelles sources d'approvisionnement en eau potable, et par la suite, de façon occasionnelle seulement.

Figure 7.2 L'analyse chimique de base fournit de l'information servant au programme de surveillance



En ce qui a trait à l'eau potable fournie par une municipalité, l'analyse chimique de base devrait comprendre une analyse de l'eau d'approvisionnement en vue de déterminer la nécessité de procéder à un traitement plus poussé ou d'utiliser une autre source. Les ministères fédéraux et les collectivités des Premières nations doivent demander à la municipalité de leur communiquer les résultats des analyses de la qualité de l'eau; ainsi, ils sauront pour quelles substances des analyses ont été réalisées.

7.5 Protection de la source

L'évaluation des vulnérabilités aura permis de définir la source d'approvisionnement en eau et le bassin versant (dans le cas des sources d'eau de surface) ou la zone d'alimentation (dans le cas des sources d'eau souterraine). Les zones d'alimentation des eaux souterraines peu profondes peuvent être faciles à délimiter, tandis que celles des puits profonds peuvent être extrêmement difficiles à définir. Une fois que ces zones sont définies, il est important de les protéger afin de réduire les risques de contamination des eaux souterraines. L'évaluation des vulnérabilités aura également permis de recenser les risques de contamination de l'eau d'approvisionnement. Ainsi, un spécialiste de la qualité de l'eau peut dresser un programme de protection de la source d'approvisionnement.

La protection de la source d'approvisionnement en eau constitue un élément essentiel de l'approche à barrières multiples pour une eau potable salubre. Il s'agit d'une activité importante pour les sources d'eau de surface et les puits peu profonds. La zone d'alimentation des puits profonds, en revanche, peut être très éloignée du puits, et il peut être très difficile de déterminer son emplacement et d'en tenir compte dans la protection de la source en surface. Cependant, même les aquifères profonds peuvent être contaminés, ce qui fait qu'il demeure important de surveiller la qualité de l'eau d'approvisionnement.

La protection de l'eau d'approvisionnement comprend quatre composantes : établissement des objectifs, surveillance de la qualité de l'eau d'approvisionnement, établissement et entretien de partenariats avec d'autres utilisateurs de la source, sensibilisation du public.

- L'établissement de recommandations fournit des cibles à atteindre.
- La surveillance aide à déterminer si l'on parvient à atteindre les cibles.
- L'établissement et l'entretien de partenariats et la sensibilisation du public créent le soutien nécessaire pour gérer la protection de l'eau d'approvisionnement, tâche fort difficile.

L'une des façons les plus simples de fournir de l'eau potable est d'utiliser une source d'approvisionnement qui contient très peu de contaminants. La protection de l'eau d'approvisionnement (PEA) est une stratégie qui vise à garantir que tous ceux qui se trouvent dans le bassin versant travaillent de concert pour réduire l'introduction de contaminants dans la source d'approvisionnement. Il s'agit d'une tâche considérable qui exige la collaboration de bien des gens et d'organismes différents, et qui demande de faire des compromis en fonction de l'évaluation des risques.

Le saviez vous?

L'objectif d'un plan de gestion du bassin versant ou de l'aquifère consiste à mettre en œuvre des mesures de gestion visant à maintenir ou à améliorer la qualité de l'eau d'approvisionnement.

Figure 7.3 La protection de la source d'approvisionnement requiert la mobilisation des autres parties intéressées



En général, ce n'est pas à l'opérateur du microsysteme de dresser le plan de protection de l'eau d'approvisionnement. Un spécialiste de la qualité de l'eau, un ingénieur qui se spécialise dans la qualité de l'eau ou un agent d'hygiène de l'environnement dirige habituellement une équipe qui s'occupe de l'élaboration de ce plan. La personne qui dirige l'équipe favorise la participation de diverses parties, dont habituellement le gestionnaire des installations, des spécialistes des ministères, l'opérateur du microsysteme et des intervenants de la collectivité, selon les besoins.

La protection de l'eau d'approvisionnement repose sur la connaissance du système d'approvisionnement en eau, de la source au robinet. Le plan de PEA combine les éléments de l'évaluation des vulnérabilités, de l'enquête sanitaire et de l'analyse chimique de base. Il s'agit d'un défi de taille qui peut être intimidant, mais c'est une composante essentielle de l'approche à barrières multiples visant à fournir de l'eau potable salubre.

7.6 Utilisation des eaux municipales

Il arrive souvent que le réseau d'aqueduc municipal soit la source d'eau potable des installations détenues ou exploitées par le gouvernement fédéral. Il incombe au propriétaire du système d'eau potable, et non à la municipalité, de veiller à la qualité de l'eau.

Pour garantir que l'eau d'approvisionnement est de qualité acceptable, les gestionnaires fédéraux de la qualité de l'eau et, dans le cas des collectivités des Premières nations, les opérateurs de stations de traitement de l'eau ainsi que le personnel de soutien technique doivent demeurer en contact régulier avec la municipalité. Il est important de maintenir des liens étroits avec les principaux responsables du programme d'eau potable de la municipalité afin d'être informé de tout problème (de qualité de l'eau ou de quantité d'eau) susceptible d'avoir des répercussions sur la santé des consommateurs. Le personnel doit examiner périodiquement les rapports d'analyse de l'eau de la municipalité pour connaître les fluctuations des propriétés de l'eau et avoir une bonne idée de la qualité de l'eau potable qui entre dans le système de distribution ou la tuyauterie de l'immeuble.

Si l'eau provient de la municipalité, on peut négocier pour que l'immeuble fédéral soit inscrit sur la liste des sites de prélèvement périodique d'échantillons. Sinon, il faut prélever les échantillons d'eau au point le plus rapproché de la prise d'eau municipale afin d'établir des valeurs de référence en ce qui a trait à la qualité de l'eau.

Le saviez vous?

La planification relative au bassin versant ou à l'aquifère est un processus de gestion innovateur qui consiste à tenir compte de tous les facteurs touchant l'ensemble du bassin versant (p. ex., air, terres, ressources en eau) tout en se concentrant sur les enjeux prioritaires.

7.7 Notes sur le chapitre 7

[illegible]

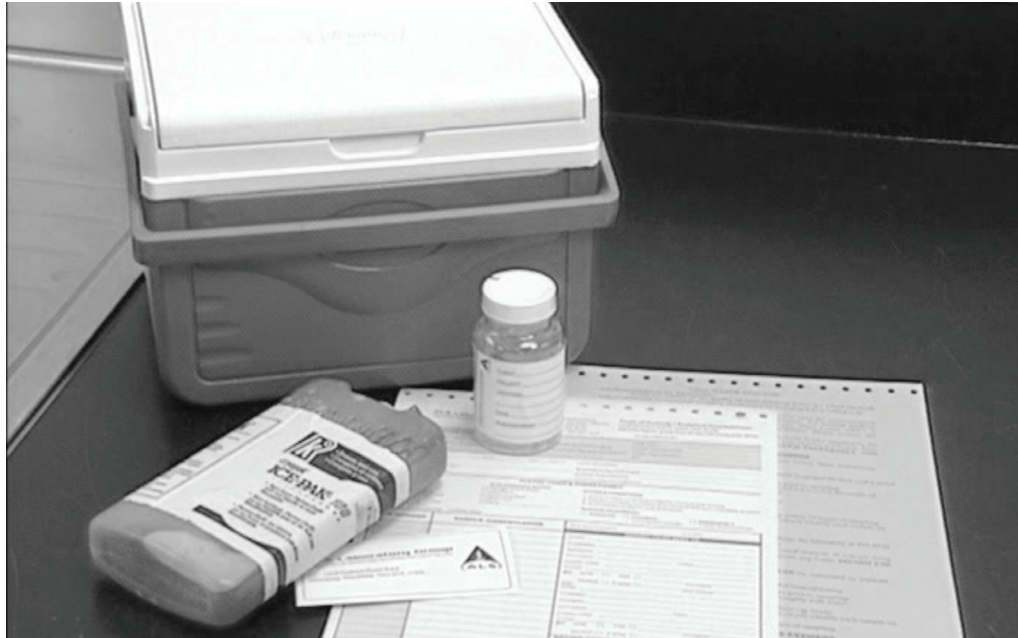
8 Surveillance et analyse

8.1 Introduction

L'approche à barrières multiples pour un approvisionnement en eau potable salubre vise à garantir que plusieurs barrières sont en place pour empêcher les contaminants d'aboutir dans l'eau consommée. Cela comprend des barrières physiques connues comme la protection de la source et les procédés de traitement. La surveillance et l'analyse de l'eau constituent également une barrière importante. Un programme régulier de surveillance fournit des résultats d'analyse qui indiquent si les procédés physiques fonctionnent et si l'eau est bel et bien potable. Sans surveillance et sans analyse, il est impossible de savoir si oui ou non le système produit de l'eau qui répond aux recommandations fédérales pour une eau potable salubre.

Le document d'orientation *Conseils pour un approvisionnement en eau potable salubre dans les secteurs de compétence fédérale* présente le cadre des responsabilités et des obligations de ceux qui doivent fournir de l'eau potable salubre. À la lumière de ces conseils, un spécialiste de la qualité de l'eau doit élaborer un programme de surveillance pour le microsysteme. Puisque ce programme constitue l'une des barrières de protection, il est important de respecter le calendrier et les procédures de surveillance de la qualité de l'eau.

Figure 8.1 Trousse d'échantillonnage



8.2 Quand doit-on prélever des échantillons?

Toutes les installations fédérales requièrent un plan de surveillance, d'une forme ou d'une autre. Le programme de surveillance pour tous les systèmes d'eau potable fédéraux, quelle qu'en soit la grosseur, doit être élaboré en fonction de l'information recueillie dans le cadre d'une évaluation des vulnérabilités, d'une enquête sanitaire et d'une analyse chimique de base. Chacune de ces étapes doit être menée par un spécialiste du domaine concerné. L'information sera utilisée, tout comme le document

Conseils pour un approvisionnement en eau potable salubre dans les secteurs de compétence fédérale, afin d'élaborer un plan de surveillance. On doit préciser, dans ce plan, le moment et l'endroit où il faudra prélever des échantillons.

Le plan de surveillance doit être revu tous les cinq ans, ou lorsque des changements importants sont apportés aux systèmes de traitement, à l'utilisation du territoire et à d'autres conditions qui peuvent avoir une incidence négative sur la qualité de l'eau. L'évaluation des vulnérabilités, l'enquête sanitaire et l'analyse chimique de base devraient être effectuées de nouveau afin de déterminer si des modifications au programme de surveillance s'imposent.

Dans le cas des très petits systèmes qui servent à fournir de l'eau à une population très limitée, et là où le système d'approvisionnement en eau produit normalement une eau de qualité microbiologique élevée, il est possible de réduire le nombre d'échantillonnages. Si c'est le cas, on doit prélever et analyser des échantillons lorsque le risque de contamination est à son maximum et qu'il existe des risques connexes pour la santé. On peut penser aux fontes printanières, aux pluies abondantes, aux sécheresses, aux modifications apportées à la plomberie et à la détérioration perceptible de la qualité de l'eau. Il est important de consulter un spécialiste de la qualité de l'eau lorsque l'on souhaite réduire la fréquence de l'échantillonnage.

8.3 Que doit-on analyser?

Les paramètres les plus importants à surveiller sont associés à la qualité microbiologique de l'eau potable. La présence d'une activité biologique peut traduire des dangers considérables pour la santé. Ainsi, s'assurer de la qualité microbiologique de l'eau potable constitue la priorité en ce qui concerne la protection de la santé publique. Les coliformes totaux et *E. coli*, des organismes indicateurs, sont les paramètres microbiologiques qu'il faut surveiller. La présence d'*E. coli* dans l'eau indique une contamination fécale. La présence de coliformes totaux indique, dans le cas des systèmes qui n'ont pas été désinfectés, qu'il y a contamination microbiologique ou, dans le cas des systèmes désinfectés, que le système de désinfection ne traite pas l'eau de façon adéquate.

Les opérateurs des microsystemes, les spécialistes de la qualité de l'eau, les agents d'hygiène de l'environnement et ceux qui doivent fournir de l'eau potable salubre peuvent aussi avoir recours à la numération sur plaque des bactéries hétérotrophes afin de mieux comprendre la qualité globale de l'eau potable. Si l'on observe une augmentation par rapport aux conditions de référence, cela indique un accroissement de l'activité microbiologique dans le système. Soulignons que contrairement aux coliformes totaux et à *E. coli*, la numération sur plaque des bactéries hétérotrophes n'est pas un bon indicateur de la salubrité microbiologique de l'eau.

Dans le cas des installations fédérales et dans les collectivités des Premières nations qui traitent et produisent leur propre eau potable, on doit surveiller la turbidité de l'eau, puisqu'il s'agit d'un excellent indicateur de la qualité de l'eau, et d'un indicateur important de l'efficacité du traitement et du rendement du filtre. On peut mesurer la turbidité à l'aide de turbidimètres en ligne ou d'une trousse d'analyse. La turbidité des échantillons doit être analysée sur place par une personne ayant la formation requise. Elle est mesurée en unités de turbidité néphélométriques (uTN), et la valeur maximale acceptable est déterminée par le spécialiste de la qualité de l'eau.

Le saviez vous?

Les essais pour la surveillance opérationnelle ne doivent pas forcément être réalisés par un laboratoire accrédité.

La turbidité de l'eau est due aux matières suspendues et colloïdales, comme l'argile, le limon, les matières fines organiques et inorganiques, le plancton et d'autres organismes microscopiques. Il est important de limiter la turbidité dans l'eau d'approvisionnement, et ce tant pour la santé et que pour la qualité esthétique. Non seulement une eau qui présente une turbidité élevée est repoussante aux yeux du consommateur; mais les particules qui produisent la turbidité peuvent nuire à la désinfection et être une source d'organismes pathogènes.

Si l'on a recours au chlore comme désinfectant primaire ou secondaire dans un microsysteme, il est important de surveiller la concentration du résidu de chlore libre. Tout comme la turbidité, le résidu de chlore dans le microsysteme constitue un bon indicateur de la salubrité de l'eau ou de problèmes éventuels concernant l'intégrité microbiologique. La concentration devrait toujours se situer dans l'intervalle défini, et ce dans l'ensemble du système.

L'analyse chimique de base initiale permet parfois de relever certains paramètres présents dans l'eau d'approvisionnement qui posent un danger pour la santé – p. ex., arsenic. On peut aussi relever des paramètres qui posent des problèmes d'ordre opérationnel ou esthétique – p. ex., fer, coloration. Ces paramètres doivent être analysés dans chaque échantillon pour s'assurer que le système de traitement fonctionne bien.

8.4 Où doit-on prélever les échantillons?

Les échantillons doivent être prélevés au point où l'eau pénètre dans le système (pour surveiller la qualité de l'eau d'approvisionnement non traitée) et à des points représentatifs dans l'ensemble du système de distribution de l'eau potable, mais pas forcément aux mêmes points à chaque occasion. Dans le cas des très petits systèmes dont le système de distribution est limité ou qui ne comportent aucun système de distribution, l'eau doit être prélevée au point de sortie du système de traitement.

Si l'eau provient de plus d'une source, on doit prélever des échantillons de façon à prélever l'eau de chaque source de façon périodique. La majorité des échantillons doivent être prélevés dans les secteurs pouvant présenter des problèmes : zones de basse pression, réservoirs, culs-de-sac, côté du système le plus éloigné de la station de traitement, zones présentant de mauvais antécédents. Dans les installations où l'eau d'approvisionnement provient de la municipalité, on doit prélever des échantillons à la conduite principale ou au point d'entrée dans le bâtiment, dans le réseau de plomberie de celui-ci et à d'autres points répertoriés dans le cadre de l'évaluation des vulnérabilités et de l'enquête sanitaire.

Les points d'échantillonnage dans le réseau de plomberie du bâtiment peuvent d'abord être sélectionnés de façon aléatoire afin de trouver les « points chauds » – points où l'eau est de moindre qualité que celle qui sort du système de traitement. Ces « points chauds » peuvent devenir des points d'échantillonnage que l'on utilise régulièrement. On doit, à l'occasion, prélever des échantillons à d'autres endroits dans le bâtiment. L'échantillonnage servant aux analyses chimiques ne se fait ni aux mêmes endroits, ni à la même fréquence et ni de la même manière que l'échantillonnage microbiologique. Il faut consulter un spécialiste de la qualité de l'eau afin de s'assurer que l'échantillonnage est effectué correctement pour chaque type d'analyse.

Le saviez vous?

Les symptômes associés à l'ingestion d'eau potable contaminée par *E. coli* peuvent apparaître quelques heures seulement après avoir ingéré l'eau comme ils peuvent se manifester au bout d'un mois.

8.5 Comment doit-on prélever les échantillons?

Lorsque l'on tente de déterminer s'il y a contamination, il est essentiel que l'échantillon soit représentatif de l'eau dans le système de distribution. La marche à suivre présentée ci-après aide à garantir que les échantillons prélevés et envoyés au laboratoire sont exempts de contaminants. Les échantillons sont habituellement prélevés à partir d'un robinet accessible.

Puisque les procédures d'échantillonnage peuvent changer au fil du temps, consultez un spécialiste de la qualité de l'eau afin de vous assurer que la marche à suivre appliquée est bien la bonne.

Échantillonnage microbiologique

1. Enlever tout aérateur, tout tuyau, toute grille ou tout dispositif de traitement fixé au robinet (ces éléments peuvent être des sources de bactéries).

Si le milieu est sale, il peut être souhaitable de tremper le robinet dans une solution d'eau de Javel inodore afin qu'aucune matière microbiologique vivante qui se trouve sur le robinet ne s'introduise accidentellement dans l'échantillon. Cette solution doit être préparée selon une concentration de deux millilitres d'eau de Javel par litre d'eau. La stérilisation du robinet n'est pas une étape obligatoire de l'échantillonnage, mais peut s'avérer utile si le robinet est très sale.

2. Se laver les mains ou utiliser des gants stériles jetables.
3. Lire et suivre à la lettre les instructions qui accompagnent la trousse d'échantillonnage fournie par le laboratoire. Choisir la bouteille de prélèvement appropriée. Dans certaines trousse, la bouteille contient une poudre. Il s'agit de thiosulfate de sodium. Il ne faut pas rincer ou vider la bouteille, car la poudre est requise pour neutraliser le chlore dans l'eau.
4. Prélever les échantillons en utilisant le robinet d'eau froide seulement. Ouvrir pleinement le robinet et laisser couler l'eau pendant deux minutes avant le prélèvement.
5. Au bout des deux minutes, réduire le débit pour que le jet ait le diamètre d'un stylo.
6. Enlever le bouchon de la bouteille, sans le déposer. Remplir la bouteille jusqu'au trait de remplissage, en prenant soin de ne pas toucher l'intérieur du bouchon ou le filetage de la bouteille, et s'assurer que la bouteille ne touche pas au robinet.
7. Remettre le bouchon en place sur la bouteille et bien le fermer afin de s'assurer de l'étanchéité de la bouteille de prélèvement.
8. Essuyer immédiatement l'extérieur de la bouteille et fournir les renseignements demandés sur l'étiquette de la bouteille. Remplir ensuite le formulaire de chaîne de possession du laboratoire, en apposant sa signature aux endroits requis. Conserver un exemplaire signé du formulaire.
9. Placer l'échantillon et le formulaire de chaîne de possession dans le sac de plastique réutilisable fourni par le laboratoire. Insérer le sac dans le contenant d'expédition (souvent, il s'agit d'une glacière), avec un bloc réfrigérant pour garder l'échantillon au froid.
10. Pour que l'échantillon soit analysé, il faut le garder au froid jusqu'à ce qu'il parvienne au laboratoire. Le délai de livraison doit être de 24 à 48 heures.

Pour en connaître davantage sur la façon de prélever un échantillon d'eau, nous vous invitons à visionner le module de formation sur DVD intitulé

« Procédures pour l'échantillonnage de l'eau dans des établissements fédéraux »

8.6 Où doit-on envoyer les échantillons?

Pour l'analyse des échantillons d'eau (à l'exception possible d'*E. coli* et des coliformes totaux dans les conditions énoncées ci-après), les ministères fédéraux et, dans le cas des collectivités des Premières nations, les gestionnaires et les opérateurs d'installations ainsi que le personnel de soutien technique doivent retenir les services d'un laboratoire accrédité par l'un des organismes suivants :

Canadian Association for Laboratory Accreditation Inc. (CALA);

Conseil canadien des normes (CCN);

Programme d'accréditation de laboratoires d'analyse environnementale (PALAE) (Québec).

Le CCN et la CALA définissent l'accréditation comme étant l'attestation formelle de la compétence d'un laboratoire à exercer des fonctions précises. L'accréditation est accordée à un laboratoire pour chaque type d'analyse, par exemple, l'analyse des pesticides dans l'eau potable.

Les missions canadiennes à l'étranger doivent recourir aux services de laboratoires dont la conformité à la norme de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) IEC 17025 1999, Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnage et d'essai, a été attestée.

Une liste des laboratoires accrédités partout dans le monde est fournie sur le site Web de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). La liste par pays est fournie dans la section « Membership ».

Dans le cas de l'échantillonnage et l'analyse relatifs à certains paramètres microbiologiques (*E. coli* et coliformes totaux), les gestionnaires ou opérateurs d'installations peuvent autoriser le personnel qualifié à utiliser des trousse d'analyse portatives plutôt que de recourir à des laboratoires accrédités. Cependant, aux fins du contrôle de la qualité, ils doivent envoyer au moins 10 % de tous les échantillons prélevés à un laboratoire accrédité pour que celui-ci fasse les analyses ou, si cela n'est pas possible, des échantillons supplémentaires devront être analysés au moyen d'une trousse.

Les trousse d'analyse portatives peuvent servir à analyser une gamme variée de paramètres, comme les paramètres microbiologiques mentionnés précédemment et d'autres, comme la turbidité, le pH et le chlore. Comme les réactifs employés avec ces trousse ont une date d'expiration, il est important de s'assurer qu'ils ne sont pas périmés. Tout instrument utilisé doit être étalonné afin d'obtenir des résultats précis et, si l'on utilise des trousse jetables, on doit vérifier l'exactitude des résultats obtenus pour chaque nouveau lot de trousse.

Les trousse doivent satisfaire aux exigences minimales en matière de précision et de détection (sensibilité) pour le contaminant considéré.

Nota : les trousse d'analyse ne sont pas aussi fiables que les analyses de laboratoire et ne devraient servir qu'à indiquer la présence d'un problème, et non à en faire le diagnostic complet. Si les résultats obtenus à l'aide d'une trousse révèlent une contamination potentielle, des analyses de laboratoire plus poussées sont requises.

Le saviez vous?

La giardiose (ou lambliaose) est causée par un parasite intestinal du genre *Giardia*, qui peut toucher l'humain et d'autres mammifères.

8.7 Notes sur le chapitre 8

[illegible]

9 Analyse et production de rapports

9.1 Introduction

Les résultats de l'analyse de laboratoire d'un échantillon d'eau révèlent ce que contient l'eau. Toutefois, il revient à l'équipe responsable de la qualité de l'eau d'interpréter ces résultats et de décider des mesures à prendre, s'il y a lieu. Ce n'est pas toujours les mêmes personnes qui interprètent les résultats et appliquent les mesures nécessaires – dans certains cas, le spécialiste de la qualité de l'eau interprète les résultats et conseille la personne qui est responsable de l'exploitation et de l'entretien du système quant aux mesures à prendre. Dans d'autres cas, l'opérateur du microsystème reçoit le rapport de laboratoire et s'appuie sur des manuels pour interpréter l'analyse et les procédures normalisées d'exploitation, afin de déterminer quelles sont les mesures qui doivent être prises.

9.2 Lecture du rapport de laboratoire

Un rapport de laboratoire contient non seulement les résultats de l'analyse de l'échantillon d'eau, mais également toute l'information qui a été consignée sur la bouteille de prélèvement et le formulaire de chaîne de possession qui l'accompagnait. Il faut bien prendre le temps de lire ces renseignements afin de s'assurer que toute l'information a été ajoutée au rapport correctement.

Au début du rapport, on donne le nom et les coordonnées du laboratoire. La liste des accréditations du laboratoire peut également être fournie. Comme on l'a mentionné au chapitre 8, les laboratoires ne sont pas accrédités en fonction de leur nom, mais bien en fonction des analyses qu'ils sont autorisés à effectuer.

Toute l'information concernant l'échantillon figure également au début du rapport. Cela comprend le nom de la personne qui a effectué l'envoi, l'endroit où l'échantillon a été prélevé, la date de prélèvement et la date où le laboratoire a reçu l'échantillon. Le nom de l'échantillon est également donné (p.ex., « évier de la cuisine »). Si un numéro d'échantillon figure sur la bouteille de prélèvement, il devrait aussi être donné dans le rapport.

Le corps du rapport comporte plusieurs colonnes qui comprennent habituellement les éléments suivants : paramètre (analyte), unités, résultat, limite de détection (LD), méthode.

La colonne « Paramètre » indique ce pour quoi l'échantillon a été analysé. Cela comprend la liste de paramètres qui ont été demandés. Les laboratoires ont parfois une série d'épreuves normalisées pour l'eau potable; si c'est le cas, la liste contient tous les paramètres compris dans la série d'épreuves si c'est ainsi que l'on a demandé d'effectuer l'analyse.

La colonne « Unités » indique les unités dans lesquelles les résultats et la limite de détection sont exprimés. On utilise souvent les milligrammes par litre (mg/L) et, parfois, les microgrammes par litre (µg/L). Comme on l'a mentionné au chapitre 4, 1 mg/L équivaut à 1 ppm (partie par million). Ainsi, on peut également utiliser les ppm. Dans le cas des épreuves de détection des microorganismes, comme les coliformes totaux et *E. coli*, le nombre d'unités formatrices de colonies par 100 mL est employé (CFU/100 mL). Si le laboratoire utilise une méthode présence/absence pour analyser un paramètre en particulier, le symbole P/A est utilisé.

La colonne « Résultat » peut comprendre un nombre exact – il s'agit du résultat de l'analyse qui indique la concentration réelle de la substance dans l'échantillon d'eau. Si l'on utilise le

symbole < suivi d'un chiffre, cela signifie que la concentration est inférieure à la limite de détection de l'équipement qu'utilise le laboratoire pour vérifier la présence de la substance en question conformément à la méthode d'analyse normalisée. La colonne « Limite de détection » indique la limite de détection de l'équipement utilisé par le laboratoire pour chacun des paramètres.

La colonne « Méthode » indique la méthode normalisée qu'emploie le laboratoire pour analyser l'échantillon, et ce pour chacun des paramètres.

9.3 Résultats d'analyse

Comme on l'a mentionné précédemment, l'interprétation des résultats d'analyse peut être effectuée par le spécialiste de la qualité de l'eau ou, dans certains cas, par l'opérateur du microsysteme. La première étape, également décrite précédemment, consiste à lire les renseignements sur l'échantillon pour s'assurer que les résultats fournis s'appliquent au microsysteme. À l'étape suivante, on doit comparer attentivement les résultats à la concentration maximale acceptable (CMA) comprise dans la version actuelle des Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. On peut obtenir cette information sur le site Web de Santé Canada ou en communiquant avec un spécialiste de la qualité de l'eau. Puisque les paramètres qui sont examinés sont toujours les mêmes, le guide d'exploitation et d'entretien préparé par le spécialiste de la qualité de l'eau pour le microsysteme doit également indiquer quels sont les paramètres qui doivent être analysés et les CMA correspondantes.

Les paramètres microbiologiques – coliformes totaux et *E. coli* – sont les premiers paramètres qu'il faut analyser. La recommandation s'appliquant à ces deux paramètres s'établit à 0 CFU/100 mL.

Dans le cas des très petits systèmes dont le système de distribution est limité ou qui ne comportent aucun système de distribution, les recommandations pourraient s'appliquer.

Aucun échantillon ne devrait contenir de bactéries *E. coli*. Comme on l'a mentionné au chapitre 8, la présence d'*E. coli* indique une contamination fécale et la présence potentielle d'agents pathogènes entériques; ainsi, une eau qui contient des bactéries de cette espèce n'est pas salubre et ne doit pas être consommée. Si l'on relève la présence d'*E. coli*, on doit émettre un avis d'ébullition de l'eau et prendre des mesures correctrices.

Aucun échantillon ne devrait contenir de coliformes totaux. La présence de ces organismes n'exige pas forcément la diffusion immédiate d'un avis d'ébullition de l'eau; cependant, on doit procéder à un nouvel échantillonnage et/ou prendre des mesures correctrices.

Dans l'eau de puits non désinfectée, la présence de coliformes totaux combinée à l'absence d'*E. coli* indique que le puits en question est vulnérable aux infiltrations d'eau de surface et, par conséquent, à la contamination fécale. Dans les systèmes d'eau potable désinfectés, la présence de coliformes totaux indique qu'il peut y avoir un défaut dans le procédé de désinfection. Dans tous les systèmes, qu'ils soient ou non désinfectés, la détection de coliformes totaux peut également indiquer la présence d'un biofilm dans le puits ou le réseau de plomberie. Un biofilm correspond à une communauté de microorganismes fixée à une surface solide, comme la paroi interne d'un puits, dans un milieu aquatique.

Même si le biofilm en soi ne présente aucun risque pour la santé, il peut nuire aux analyses, en plus de réduire le débit, ce qui peut entraîner la détérioration de la qualité esthétique de l'eau et donner à celle-ci un mauvais goût et une mauvaise odeur.

Le saviez vous?

À une altitude de plus de 2 000 m, la température d'ébullition de l'eau est légèrement plus basse. Par conséquent, on doit faire bouillir l'eau pendant deux minutes pour tuer les organismes pathogènes.

Avis d'ébullition de l'eau

Comme on l'a mentionné précédemment, lorsqu'il est question de contamination microbiologique, on doit émettre des avis d'ébullition de l'eau – ou employer une source de rechange d'eau potable salubre – dans les cas suivants :

- Lorsque l'eau d'approvisionnement n'est pas désinfectée et qu'elle est contaminée soit par des coliformes totaux, soit par *E. coli*.
- Lorsque l'eau d'approvisionnement est désinfectée et que l'eau qui sort du système de traitement ne renferme pas de résidu de chlore ou qu'elle est contaminée soit par des coliformes totaux, soit par *E. coli*.

Un avis d'ébullition de l'eau indique aux gens qu'il faut faire bouillir l'eau avant de la consommer ou de s'en servir pour préparer des aliments et des boissons, fabriquer des glaçons, nettoyer des fruits et légumes ou se brosser les dents. Les gens doivent comprendre que, jusqu'à nouvel ordre, ils ne peuvent consommer ou utiliser l'eau que s'ils la font bouillir au préalable.

Les avis d'ébullition de l'eau ne devraient être qu'une mesure temporaire que l'on applique pendant que l'on tente de cerner et résoudre les problèmes.

Si l'on relève la présence de coliformes totaux, mais qu'on ne détecte pas la présence d'*E. coli*, on doit procéder à un nouvel échantillonnage et prendre des mesures correctrices. On peut, par exemple, procéder à une chloration de choc (ajout d'une solution puissante de chlore liquide à un système d'eau potable pour réduire la concentration de contaminants microbiologiques) et rincer le puits ou le système de distribution.

Si rien ne porte à croire qu'il y a contamination fécale, un avis d'ébullition de l'eau n'est peut-être pas nécessaire.

9.4 Responsabilités et tenue des dossiers

Il est important, pour s'assurer que l'eau peut être consommée sans danger et que le plan opérationnel est suivi, de surveiller tous les éléments opérationnels et de conformité du système d'eau potable. Consigner l'ensemble de ces activités est tout aussi important. Pour ce faire, il faut entre autres mettre en place un système de gestion des dossiers qui garantit que ceux-ci sont tenus de façon adéquate et sont facilement accessibles.

La tenue des dossiers permet également de vérifier que les activités de formation sont bel et bien menées et que des mesures correctrices ont été appliquées selon les besoins. Cela aide aussi à faire le suivi des améliorations apportées aux opérations ou aux politiques. La tenue de dossiers détaillés constitue également une exigence fondamentale dans l'éventualité où un opérateur ou un gestionnaire est appelé à prouver qu'il a pris toutes les précautions nécessaires pour produire et fournir de l'eau potable.

Enfin, une bonne tenue des dossiers permet d'effectuer une vérification plus efficace et plus complète. Les vérifications qui s'appuient sur des dossiers détaillés peuvent donner lieu à des améliorations aux stratégies de gestion et opérationnelles employées pour fournir de l'eau potable salubre.

Il est important de tenir des dossiers exacts et accessibles sur la surveillance et les analyses, mais d'autres éléments doivent aussi être consignés. En effet, il doit y avoir en place des dossiers qui permettent de faire le suivi de l'emplacement et de l'état de l'équipement de traitement, du système de distribution, des agents de traitement et de nettoyage associés et des pièces de rechange. Voici quelques exemples de dossiers courants :

- Résultats des analyses de la qualité de l'eau – analyses initiales, ensemble des analyses bactériologiques et chimiques effectuées, ensemble des mesures de la concentration du résidu de chlore et du degré de turbidité.
- Sommaire des résultats d'analyse obtenus au cours de l'année, sous forme de tableau.
- Rapports de la municipalité sur la qualité de l'eau potable fournie par le réseau municipal (s'il y a lieu).
- Correspondance et rapports concernant toute opération, y compris les mesures correctrices et d'urgence, les avis d'ébullition de l'eau, les chlorations de choc, etc.; dossier des mesures correctrices prises dans le cadre des mécanismes de contrôle opérationnels ou dans l'éventualité où l'analyse d'un échantillon fournit un résultat qui dépasse l'une des CMA.
- Rapports d'évaluation – p. ex., évaluation des vulnérabilités, enquête sanitaire, enquête ou programme sur les jonctions fautives, plans de gestion de l'eau potable.
- Rapports sur les procédures opérationnelles, les épreuves et les protocoles internes (communication, entreposage de produits chimiques sur place, etc.).
- Rapports sur l'infrastructure et l'entretien, y compris :
 - Plans conformes à l'exécution.
 - Dessins de plomberie.
 - Fiches d'entretien – ces dossiers contiennent des données sur chaque pièce d'équipement utilisée dans le réseau d'approvisionnement en eau, entre autres la date et les conditions d'installation, le type de matériau, les problèmes liés au service/rendement, et les coûts d'exploitation et d'entretien.
 - Calendrier des activités d'exploitation et d'entretien régulières pour le système de distribution et l'équipement de traitement.
 - Guides concernant l'exploitation et l'entretien.
 - Information et spécifications du fabricant sur chacune des pièces d'équipement.
- Dossiers de formation, y compris les résultats des examens, la pertinence de la formation et l'accréditation du fournisseur de la formation.
- Rapports de vérification (vérifications internes et externes).

9.5 Notes sur le chapitre 9

[illegible]

10 Chercher de l'aide

10.1 Introduction

Jusqu'ici, on a traité de bien des sujets – sources d'approvisionnement en eau, contaminants pouvant être présents dans ces sources d'eau, méthodes diverses qui permettent de traiter l'eau et d'éliminer les contaminants, outils à employer pour bien comprendre le système de la source au robinet, surveillance, échantillonnage, analyse et production de rapports. On a également présenté des calculs et des notions chimiques de base pour les systèmes d'approvisionnement en eau. La quantité d'information à traiter est considérable, sans compter qu'il faut appliquer ces notions et bien les assimiler. On peut mettre ces connaissances en pratique de plusieurs façons, mais l'une des méthodes les plus efficaces consiste à examiner de près le système d'approvisionnement en eau et à s'efforcer de comprendre la manière dont l'eau passe de la source au robinet qui sert à remplir le verre. Cela aide à mettre en pratique certaines des connaissances acquises et permet, d'une part, de répertorier les endroits et les situations où il peut y avoir des risques pour la salubrité de l'eau et, d'autre part, de déterminer ce que l'on peut faire pour réduire ces risques.

Fournir de l'eau potable salubre représente une tâche complexe qui est souvent au-delà de nos compétences. Voilà pourquoi il est important de connaître ses limites. Bien que rien ne peut garantir que chaque décision que vous prenez est la bonne, l'utilisation des outils et de l'information dont vous disposez vous aidera à reconnaître les situations qui dépassent vos compétences, ce qui est extrêmement important. En étant conscient de vos limites, vous serez prêt à demander de l'aide et, ce faisant, vous serez suffisamment confiant pour déclarer que l'eau est insalubre si vous avez des doutes quant à sa potabilité.

La préparation – être prêt à composer avec la majorité des situations – est extrêmement importante. On peut se préparer simplement en examinant l'un des dispositifs de la chaîne de traitement et en se posant des questions telles que les suivantes : que dois-je faire si cette lumière s'allume ? Que signifient les chiffres sur le manomètre ? Lorsque l'on effectue la surveillance, que doit-on faire si les résultats d'analyse indiquent qu'un paramètre dépasse la concentration maximale acceptable ? Si on ignore la réponse, on ne doit pas tenter de la deviner. On peut demander de l'aide à bien des gens : le spécialiste de la qualité de l'eau, d'autres opérateurs de microsystèmes, des agents de sécurité et de soins de santé, des partenaires provinciaux du domaine de la qualité de l'eau, les représentants du fabricant, etc. On recommande non seulement de demander de l'aide et des conseils à ces personnes, mais également de leur demander si on peut leur faire appel en cas d'urgence et de tenir à jour leurs coordonnées.

Les sections suivantes fournissent des pistes quant aux endroits et aux personnes qui permettront de trouver réponse à ces questions.

10.2 Équipement

Tous les microsystèmes comportent un équipement qui comprend, au minimum, une pompe et un ensemble de conduites et de vannes. Dans bien des cas, le système comporte également de l'équipement de traitement qui permet d'extraire les contaminants de l'eau. Il a déjà été question, dans ce cours, des contaminants potentiels et des dispositifs de traitement. Il est essentiel que l'équipement soit utilisé et entretenu de façon appropriée afin de produire et fournir une eau potable salubre.

On peut miser sur plusieurs sources d'information concernant l'exploitation et l'entretien de cet équipement. Le manuel de l'opérateur fourni avec l'équipement, par exemple, aide à comprendre l'exploitation et l'entretien. Si vous avez du mal à comprendre certaines instructions, appelez le fabricant ou la personne qui a installé l'équipement afin d'obtenir des précisions. Le présent guide comprend quant à lui des explications sur les principes s'appliquant à divers équipements de traitement qui devraient aider à en comprendre l'utilisation et les limites. On peut aussi faire appel à d'autres opérateurs de microsystèmes qui connaissent l'équipement et qui peuvent fournir des conseils sur l'exploitation et l'entretien. On recommande de prendre des notes sur les procédures régulières d'exploitation et d'entretien pour tout l'équipement du microsystème. Ces notes, rédigées à l'aide de termes familiers et d'un langage clair, non seulement aideront à assimiler l'information, mais serviront de liste que l'on pourra utiliser pour l'entretien régulier.

Certains problèmes d'équipement sont faciles à résoudre. En effet, il suffit parfois d'ajouter du sel à l'adoucisseur d'eau (appareil d'échange d'ions) lorsque la quantité de solution salée est faible ou de remplacer l'ampoule du système de désinfection par rayonnement ultraviolet (UV) lorsque la lumière clignote.

D'autres problèmes sont plus complexes. À titre d'exemple, le dispositif de chloration ou les commandes de l'équipement peuvent cesser de fonctionner. La préparation d'un plan visant à gérer les problèmes courants peut s'avérer utile. Dans ce plan, on peut prévoir le recours à des spécialistes. D'ailleurs, il ne faut pas hésiter à leur faire appel. C'est leur travail d'aider les opérateurs de microsystèmes à fournir de l'eau potable.

L'usure de l'équipement du microsystème finit toujours par entraîner certains problèmes. La première étape consiste à en déterminer la cause. Le manuel de l'opérateur et d'autres sources d'information peuvent s'avérer utiles à cet égard. Par contre, il arrive que malgré toute l'information dont on dispose, on ne soit pas en mesure de cerner le problème immédiatement. Lorsque c'est le cas, on doit communiquer avec un spécialiste de la qualité de l'eau ou la personne qui a installé l'équipement afin de déterminer la cause. Une fois que l'on a mis le doigt sur celle-ci, la solution peut être évidente, ou il se peut que l'on ait besoin d'un spécialiste pour trouver une solution.

Comme on l'a indiqué dans l'introduction du présent chapitre, il peut être souhaitable de penser aux situations opérationnelles et d'urgence qui peuvent se présenter. Pour chaque éventualité, élaborez une solution et mettez-la par écrit. Ensuite, dressez la liste des personnes qui pourraient aider, vérifiez qu'elles sont disposées à offrir leur aide au besoin et écrivez leurs coordonnées. Examinez la liste des problèmes éventuels, des solutions et des personnes-ressources de façon périodique afin de la tenir à jour.

10.3 Systèmes de distribution

La majorité des microsystèmes comportent un système de distribution simple qui consiste en un ensemble de conduites et de vannes. Il peut aussi y avoir d'autres appareils, comme des fontaines à boire et des éviers de nettoyage et d'entretien. La plupart de ces appareils sont faciles à entretenir, mais des problèmes peuvent tout de même survenir.

Communiquez avec un spécialiste de la qualité de l'eau dès que vous constatez une irrégularité, comme un changement de pression ou une fuite dans le système de distribution, ou un changement dans la qualité de l'eau. On doit faire appel à un professionnel compétent pour toute réparation ou modification du système de distribution.

10.4 Surveillance

Il est important, pour fournir de l'eau potable salubre, de surveiller la qualité de l'eau. La surveillance peut se faire en équipe; la personne qui travaille sur place est alors responsable de l'échantillonnage et de l'application de mesures correctrices, alors qu'un spécialiste de la qualité de l'eau examine les résultats d'analyse et indique quelles sont les mesures qui doivent être prises. Dans d'autres cas, la personne qui travaille sur place peut être responsable de l'ensemble de ces étapes. Quoi qu'il en soit, c'est sur les *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada* que l'on doit s'appuyer pour évaluer la salubrité de l'eau. Comme ces recommandations sont mises à jour régulièrement en tenant compte des renseignements scientifiques les plus récents, il faut toujours consulter le site Web de Santé Canada pour avoir la version actuelle.

L'une des activités les plus importantes dans la protection de la santé publique consiste à surveiller la présence de microorganismes dans l'eau traitée, puisque ces organismes peuvent représenter un danger considérable pour la santé. Pour ce faire, on surveille la présence d'organismes indicateurs – coliformes totaux et *E. coli*.

Figure 10.1 Les microorganismes présentent le plus grand risque pour la santé



Normalement, on ne se préoccupe des paramètres chimiques que lorsqu'ils se situent au-dessus des concentrations maximales acceptables établies dans les *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada*. Certains de ces paramètres ne sont pas fondés sur la santé, mais demeurent importants afin d'assurer le bon fonctionnement du microsysteme. Pour en savoir plus, communiquez avec un spécialiste de la qualité de l'eau et consultez les documents techniques sur les différents paramètres qui figurent sur le site Web de Santé Canada.

Au chapitre 8, on a décrit la façon de procéder pour élaborer un programme de surveillance et prélever des échantillons. Au chapitre 9, on a fourni de l'information sur l'analyse et la production de rapports, sujets dont on devrait traiter avec le spécialiste de la qualité de l'eau qui est également responsable du microsysteme. Comme on l'a mentionné au chapitre 8, de l'information supplémentaire sur l'échantillonnage est fournie dans le module de formation sur DVD intitulé « Procédures pour l'échantillonnage de l'eau dans des établissements fédéraux ».

Les échantillons d'eau doivent être envoyés à un laboratoire accrédité à des fins d'analyse. Si ce n'est pas possible et que l'on utilise une trousse portative, on doit s'assurer qu'un protocole adéquat d'assurance de la qualité est en place. Si vous avez des

questions sur les résultats d'analyse d'un échantillon, communiquez immédiatement avec le spécialiste de la qualité de l'eau responsable ou le personnel de santé et de sécurité des installations. Si le microsystème est situé dans une collectivité des Premières nations, communiquez avec l'agent d'hygiène de l'environnement.

Il ne faut jamais présumer que les résultats d'analyse sont faux, ou qu'un contaminant présent dans l'eau peut être ingéré sans danger. Comme les microorganismes peuvent être très dangereux pour la santé humaine, il faut s'en occuper immédiatement. En cas d'urgence, ou lorsque l'eau est considérée comme insalubre, un avis approprié doit être diffusé sans tarder.

10.5 Procédures normalisées d'exploitation

Il se peut que des procédures normalisées d'exploitation (PNE) aient été élaborées pour orienter l'ensemble des activités associées à l'exploitation et à l'entretien du microsystème. Il s'agit essentiellement d'une liste de directives à appliquer afin de gérer une question précise. À titre d'exemple, il peut y avoir une PNE concernant la fréquence à laquelle les échantillons doivent être prélevés et l'endroit où ils doivent être envoyés, sur la façon d'émettre un avis d'ébullition de l'eau ou sur la tenue de dossiers. Le nombre et le niveau de détail des PNE dépendent de l'emplacement du microsystème et des personnes responsables de cet emplacement. Les exigences varient, puisqu'il peut être question d'un navire de la Garde côtière canadienne, d'un poste frontalier, d'une mission diplomatique à l'étranger, d'un détachement de la GRC, d'un site d'Agriculture et Agroalimentaire Canada ou d'une collectivité des Premières nations. On doit suivre les PNE propres au ministère, aux installations ou à la collectivité, s'il y a lieu.

10.6 Formation continue

Le présent cours fournit de l'information essentielle pour comprendre et exploiter un microsystème. Cependant, le fait de suivre le cours ne suffit pas à devenir expert en la matière. Les notions fournies doivent être combinées à une expérience pratique afin qu'elles soient mises en application. Cette combinaison de travail pratique et de contenu théorique constitue une composante importante de tout processus d'apprentissage. Il s'agit d'un élément particulièrement important dans le domaine de la qualité de l'eau, où de nombreux éléments interactifs doivent être pris en considération.

Plus on maîtrise le domaine des microsystèmes, plus on est porté à croire que l'on a appris tout ce qu'il y a à savoir, que l'on peut gérer n'importe quelle situation. Cependant, la formation continue fait partie d'une bonne préparation – il faut vous assurer que vos connaissances et compétences sont à jour. Voici quelques façons d'y parvenir :

- Consultez régulièrement les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada et tenez-vous au courant des procédures d'exploitation et d'entretien des systèmes de traitement de l'eau.
- Familiarisez-vous avec le site Web de Santé Canada sur la qualité de l'eau. Vous y trouverez plusieurs ressources fort utiles et une grande quantité d'information.
- Établissez des partenariats avec les responsables d'autres installations et collectivités qui utilisent des microsystèmes, et trouvez des outils qui vous aideront à mettre en œuvre de bonnes pratiques de gestion de l'eau potable.

- Déterminez qui offre des formations aux opérateurs de systèmes de traitement de l'eau provinciaux près de chez vous et vérifiez si des cours intéressants et utiles sont offerts.
- Les organismes de santé provinciaux fournissent souvent de l'information sur la qualité de l'eau et peuvent aider à en connaître davantage sur les contaminants dans l'eau.

Ne prenez aucun risque. La santé de ceux qui travaillent dans votre établissement ou qui vivent dans votre collectivité est en jeu. Posez des questions. Obtenez des réponses. Vous pourrez alors utiliser votre microsystème en toute confiance.

10.7 Notes sur le chapitre 10

[illegible]

Annexe A:

Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada

(site Web de Santé Canada mars 2011)

Les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada sont mis à jour régulièrement par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable. Veuillez consulter la plus recent version du recommendations: http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2010-sum_guide-res_recom/index-fra.php (Dernier accès: mars 2011)

Tableau 1: Recommandations nouvelles et révisées

Paramètre	Recommandation (mg/L)	Recommandation antérieure (mg/L)	Approbation du CSE
Paramètre microbiologiques^a			
Bactériologique		0 coliformes/100 mL	
E.coli	0 par 100 mL		2006
Coliformes totaux	0 par 100 mL		2006
Bactéries hétérotrophes	Pas de recommandation numérique		2006
Bactéries pathogènes émergentes	Pas de recommandation numérique		2006
Protozoaires	Pas de recommandation numérique	Aucune	2004
Virus entériques	Pas de recommandation numérique	Aucune	2004
Turbidité	0,3/1,0/0,1 NTU ^b	1,0 NTU	2004
Paramètres chimiques et physiques			
Aluminium	0,1/0,2c	Aucune	1999
Antimoine	0,006	Aucune	1997
Arsenic	0,01	0,025	2006
Benzène	0,005	0,005	2009
Bromate	0,01	Aucune	1999
Chlorate	1,0	Aucune	2008
Chlore	Pas de recommandation numérique	Aucune	2009
Chlorite	1,0	Aucune	2008
Toxines cyanobactériennes-sous forme de microcystine-LR	0,0015	Aucune	2002

Paramètre	Recommandation (mg/L)	Recommandation antérieure (mg/L)	Approbation du CSE
Fluorure	1,5	1,5	1996
Formaldéhyde	Pas de recommandation numérique	Aucune	1998
Acides haloacétiques - totaux (AHA)	0,08	Aucune	2008
2-Méthyl-4-chlorophenoxyacetic acid (MCPA)	0,1	Aucune	2010
Acide méthyl-2 chlorophénoxy-4 acétique (MCPA)	0,015	Aucune	2006
Trichloroéthylène (TCE)	0,005	0,05	2005
Trihalométhanes - totaux (THMs) ^d	0,1	0,1	2006
Uranium	0,02	0,1	2000
Paramètres radiologiques			
Césium-137 (¹³⁷ Cs)	10 Bq/L	10 Bq/L	2009
Iode-131 (¹³¹ I)	6 Bq/L	6 Bq/L	2009
Plomb-210 (²¹⁰ Pb)	0,2 Bq/L	0,1 Bq/L	2009
Radium-226 (²²⁶ Ra)	0,5 Bq/L	0,6 Bq/L	2009
Strontium-90 (⁹⁰ Sr)	5 Bq/L	5 Bq/L	2009
Tritium (³ H)	7000 Bq/L	7000 Bq/L	2009

^a Voir la section concernant les paramètres microbiologiques.

^b Traitement conventionnel/filtration lente sur sable ou la filtration à diatomées/filtration sur membrane.

^c Il s'agit d'une valeur opérationnelle recommandée, conçue pour être utilisée dans le cas des usines de traitement qui utilisent des coagulants à base d'aluminium. La valeur opérationnelle recommandée de 0,1 mg/L est applicable aux usines de traitement conventionnel, alors que la valeur de 0,2 mg/L est applicable aux autres systèmes de traitement.

^d La recommandation séparée pour le BDCM a été abolie suite à la publication de nouvelles études scientifiques. Voir l'addendum du document sur les THM.

Tableau 2: Recommandations en matière de santé et d'ordre esthétique pour les paramètres chimiques et physiques

Paramètre	MAC (mg/L)	AO [or OG] (mg/L)	Year of Approval (or reaffirmation)
Acide (4-chloro-2-méthylphénoxy) acétique	0,1		2010
Acides haloacétiques - totaux (AHA)	0,08		2008
Aldicarbe	0,009		1994
Aldrine + dieldrine	0,0007		1994
Aluminium ^a		[0,1/0,2]	1998

Paramètre	MAC (mg/L)	AO [or OG] (mg/L)	Year of Approval (or reaffirmation)
*Antimoine ^b	0,006		1997
Arsenic	0,010		2006
*Atrazine + métabolites	0,005		1993
Azinphos-méthyle	0,02		1989 (2005)
Baryum	1		1990
Bendiocarbe	0,04		1990 (2005)
Benzène	0,005		2009
Benzo[a]pyrène	0,00001		1988 (2005)
*Bore	5		1990
*Bromate	0,01		1998
*Bromoxynil	0,005		1989 (2005)
Cadmium	0,005		1986 (2005)
Carbaryl	0,09		1991 (2005)
Carbofurane	0,09		1991 (2005)
Chloramines-totales	3		1995
Chlorite	1,0		2008
Chlorate	1,0		2008
Chlorpyrifos	0,09		1986
Chlorure		≤250	1979 (2005)
Chlorure de vinyle	0,002		1992
Chrome	0,05		1986
Couleur ^c		≤15 UCV	1979 (2005)
Cuivre ^b		≤1,0	1992
*Cyanazine	0,01		1986 (2005)
Cyanure	0,2		1991
Diazinon	0,02		1986 (2005)
Dicamba	0,12		1987 (2005)
Dichloro-1,1 éthylène	0,014		1994
Dichloro-1,2 benzène ^d	0,2	≤0,003	1987
*Dichloro-1,2 éthane	0,005		1987
Dichloro-1,4 benzène ^d	0,005	≤0,001	1987
Dichloro-2,4 phénol	0,9	≤0,0003	1987 (2005)
*Dichloro-2,4 phénoxyacétique, acide (2,4-D)	0,1		1991
Dichlorométhane	0,05		1987
Diclofop-méthyle	0,009		1987 (2005)
*Diméthoate	0,02		1986 (2005)
Dinosèbe	0,01		1991
Diquat	0,07		1986 (2005)
Diuron	0,15		1987 (2005)
Éther de méthyle et de tert-butyle (MTBE)		0,015	2006

Paramètre	MAC (mg/L)	AO [or OG] (mg/L)	Year of Approval (or reaffirmation)
Éthylbenzène		≤0,0024	1986
Fer		≤0,3	1978 (2005)
Fluorure	1,5		1996
*Glyphosate	0,28		1987 (2005)
Goût		Inoffensif	1979 (2005)
Malathion	0,19		1986 (2005)
Manganèse		≤0,05	1987
Matières dissoutes totales (MDT)		≤500	1991
Mercure	0,001		1986
Méthoxychlore	0,9		1986 (2005)
*Métolachlore	0,05		1986
Métribuzine	0,08		1986 (2005)
Monochlorobenzène	0,08	≤0,03	1987
Nitrate ^e	45		1987
Nitrilotriacétique, acide (NTA)	0,4		1990
Odeur		Inoffensif	1979 (2005)
*Paraquat (sous forme de dichlorure) ^f	0,01		1986 (2005)
Parathion	0,05		1986
Pentachlorophénol	0,06	≤0,030	1987
pH ^g		6,5-8,5	1995
Phorate	0,002		1986 (2005)
*Piclorame	0,19		1988 (2005)
Plomb ^b	0,010		1992
Sélénium	0,01		1992
*Simazine	0,01		1986
Sodium ^h		≤200	1992
Sulfate ⁱ		≤500	1994
Sulfure (comme H ₂ S)		≤0,05	1992
Température		≤15 °C	1979 (2005)
*Terbufos	0,001		1987 (2005)
Tétrachloro-2,3,4,6 phénol	0,1	≤0,001	1987 (2005)
Tétrachloroéthylène	0,03		1995
Tétrachlorure de carbone	0,005		1986
Toluène		≤0,024	1986 (2005)
Toxines cyanobactériennes-microcystine-LR ⁱ	0,0015		2002
Trichloro-2,4,6 phénol	0,005	≤0,002	1987 (2005)
Trichloroéthylène	0,005		2005
*Trifluraline	0,045		1989 (2005)
Trihalométhanes-totaux (THM) ^k	0,100		2006

Paramètre	MAC (mg/L)	AO [or OG] (mg/L)	Year of Approval (or reaffirmation)
Turbidité ⁱ			2004
*Uranium	0,02		1999
Xylènes-totaux		≤0,3	1986 (2005)
Zinc ^b		≤5,0	1979 (2005)

^a Il s'agit d'une valeur opérationnelle recommandée, conçue pour être utilisée dans le cas des usines de traitement qui utilisent des coagulants à base d'aluminium. La valeur opérationnelle recommandée de 0,1 mg/L est applicable aux usines de traitement conventionnel, alors que la valeur de 0,2 mg/L est applicable aux autres systèmes de traitement.

^b On devrait laisser couler l'eau du robinet avant de la consommer ou d'en faire l'analyse.

^c UCV = unité de couleur vraie.

^d Dans le cas où la concentration mesurée des dichlorobenzènes totaux est supérieure à la valeur la plus rigoureuse (0,005 mg/L), la concentration de chaque isomère devrait être établie.

^e Équivaut à 10 mg/L d'azote sous forme de nitrate. Lorsque les nitrates et les nitrites sont dosés séparément, la concentration des nitrites ne doit pas dépasser 3,2 mg/L.

^f Équivalent à 0,007 mg/L dans le cas de l'ion paraquat.

^g Sans unités.

^h On recommande d'inclure le sodium dans les programmes de surveillance de routine car ses concentrations pourraient intéresser les médecins qui souhaitent prescrire à leurs patients des régimes à teneur limitée en sodium.

ⁱ Un effet laxatif peut apparaître chez certains lorsque les concentrations de sulfate sont supérieures à 500 mg/L.

^j On considère que cette recommandation protège la santé humaine contre l'exposition à toutes les microcystines qui pourraient aussi être présentes dans l'eau.

^k Exprimé sous forme de moyenne mobile annuelle. Cette recommandation est basée sur le risque associé au chloroforme, le trihalométhane que l'on retrouve le plus fréquemment dans l'eau potable, et aux concentrations les plus élevées.

^l Pour obtenir de l'information concernant les différents processus de traitement, voir la section des paramètres microbiologiques.

Annexe B :

Unités, conversions et exemples de calculs

Unité SI :		Multiplier par :	Pour obtenir :	
Longueur :				
mm	millimètre	0,04	pouce	po
cm	centimètre	0,394	pouce	po
m	mètre	3,28	pied	pi
m	mètre	1,1	verge	vg
km	kilomètre	0,62	mille	mi

Aire :				
cm ²	centimètre carré	0,16	pouce carré	po ²
m ²	mètre carré	1,2	verge carrée	vg ²
km ²	kilomètre carré	0,4	mille carré	mi ²
ha	hectare (10 000 m ²)	2,5	acre	

Volume :				
mL	millilitre	0,03	once liquide	oz liq.
l, L	litre	2,1	chopine	ch
l, L	litre	1,06	pinte	pte
l, L	litre	0,26	gallon	gal
m ³	mètre cube	35,0	pied cube	pi ³
m ³	mètre cube	1,3	verge cube	vg ³

Débit :				
l/s	litre/seconde	15,85	gallon/minute	gpm (US)

Poids :				
g	gramme	0,035	once	oz
kg	kilogramme	2,2	livre	lbs

Température :				
°C	Celsius	1,8 puis additionner 32	Fahrenheit	°F

Pression :				
kPa	kilopascal	0,145	lb/po ²	psi
Bar	Bar (au niveau de la mer)	14,5	lb/po ²	psi
Bar	Bar (1 000 pieds au-dessus du niveau de la mer)	14,1	lb/po ²	psi
Bar	Bar (1 000 pieds au-dessus du niveau de la mer)	13,67	lb/po ²	psi

Facteurs de conversion

1 pi ³ d'eau =	62,4 lb
1 pi ³ d'eau =	28,317 L
1 L d'eau =	1 kg **
1 vg ³ =	27 pi ³
1 acre =	43 560 pi ²
1 psi =	2,31 pi d'eau
1 mg/L =	1 ppm
1% =	10 000 mg/L ***
1 grain/gal US =	17,118 mg/L

1 HP =	550 lb-pi/s
1 HP =	0,746 kilowatt
1 kilowatt =	1,34 HP

π (Pi) =	3,1416
--------------	--------

** Donnée qui permet de convertir le volume d'eau en poids d'eau

*** p. ex., une solution d'eau de Javel à 5 % = 50 000 mg/L

Facteurs de conversion

	US Gallons	Imperial Gallons
1 pi ³ d'eau =	7,48 gal	6,23 gal
1 litre =	0,264 gal	0,22 gal
1 gal d'eau =	8,34 lb	10,0 lb
1 MGD* =	694,4 gpm	694,4 gpm
1 MGD =	1,547 pi ³ /s	1,858 pi ³ /s
1 gpm =	0,00223 pi ³ /s	0,00268 pi ³ /s
1 pi ³ /s =	448,83 gpm	373,8 gpm

*mgd = million de gallons par jour

*gpm = gallon par minute

*pi³/s = pied cube par seconde

Puissance de 10	Notation E	Équivalent décimal	Préfixe/ symbole
10^{12}	E+12	1,000,000,000,000	téra T
10^9	E+09	1,000,000,000	giga G
10^6	E+06	1,000,000	méga M
10^3	E+03	1,000	kilo k
10^2	E+02	100	hecto h
10	E+01	10	déca da
10^{-1}	E-01	0.1	déci d
10^{-2}	E-02	0.01	centi c
10^{-3}	E-03	0.001	milli m
10^{-6}	E-06	0.000,001	micro μ
10^{-9}	E-09	0.000,000,001	nano n
10^{-12}	E-12	0.000,000,000,001	pico p
10^{-15}	E-15	0.000,000,000,000,001	femto f
10^{-18}	E-18	0.000,000,000,000,000,001	atto a

Exemples de calculs

Exemples de conversions :

Voici quelques exemples de conversions courantes que l'on peut effectuer à l'aide des tableaux fournis précédemment.

Problème : Convert 4 L/s (litres per second) to USGPM (US gallons per minute)

Solution : $4 \text{ L/s} \times 0.264 \text{ US gallons / L} \times 60 \text{ seconds / minute} = 63.4 \text{ USGPM}$

Problème : Faites la conversion de 10 grains/gal US en ppm.

Solution : $10 \text{ grains/gal US} \times 17,118 \text{ mg/L} / 1 \text{ grain/gal US} = 172 \text{ mg/L} = 172 \text{ ppm}$

Problème : Faites la conversion de 0,75 ($\frac{3}{4}$) HP
(puissance nominale d'un moteur) en kilowatts.

Solution : $0,75 \text{ HP} \times 0,746 \text{ kilowatt/HP} = 0,56 \text{ kilowatt (560 watts)}$

Problème : Faites la conversion de 10 pi³ en litres et en kilogrammes.

Solution : $10 \text{ pi}^3 \times 28,317 \text{ L/pi}^3 = 283,2 \text{ L}$
 $283,2 \text{ L} \times 1 \text{ kg/1 L} = 283,2 \text{ kg}$

Dilution :

Préparation d'une solution de désinfection à des fins de nettoyage.

Si l'on considère qu'il faut une concentration de 200 mg/L pour le nettoyage des surfaces, et que l'on veut préparer 4 litres de solution dans un seau, quelle quantité d'eau de Javel à 5 % doit-on ajouter?

Encore une fois, on doit appliquer la formule de dilution :

$$V1 \times C1 = V2 \times C2$$

Cette formule peut être remaniée pour trouver la variable inconnue, soit V1 :

$$V1 = V2 \times C2 / C1$$

Ainsi, $V1 = 4 \text{ L} \times 200 \text{ mg/L} / 50\,000 \text{ mg/L} = 0,016 \text{ L} = 16 \text{ mL}$ (environ 3 cuillères à thé)

En ajoutant 16 mL d'eau de Javel à 5 % à 4 L d'eau, on diluera la solution concentrée et on obtiendra une concentration finale de 200 mg/L (200 ppm).

Débit :

Selon le fabricant, la capacité de traitement d'un filtre multicouches dans la chaîne de traitement du microsysteme devrait être de 5 000 gal US. Une fois qu'il a traité ce volume d'eau, le filtre doit être soumis à un lavage à contre-courant, procédé qui consiste à inverser l'écoulement de l'eau. Si le débit moyen de l'eau qui traverse le filtre est de 1,2 gal US/min, quel serait le réglage du chronomètre électrique qui déclenche chaque cycle de lavage à contre-courant?

Le débit est une mesure du volume par unité de temps, mathématiquement exprimé comme suit :

$$Q = V / T, \text{ où :}$$

Q = débit

V = volume

T = temps

Cette formule peut être remaniée afin de calculer le temps ou le volume :

$$T = V / Q \text{ or } V = Q \times T$$

Dans l'exemple, on cherche le temps. La solution serait donc la suivante :

$T = V/Q = 5\,000 \text{ gal US} / 1,2 \text{ gal US/min} = 4\,167 \text{ minutes} = 69 \text{ heures et } 27 \text{ minutes}$, soit environ 2 jours et 21 heures et demie.

Exemples de questions générales

Question 1

Quelle source d'approvisionnement est la plus susceptible de contenir des microorganismes potentiellement dangereux?

- a. Lacs et cours d'eau
- b. Eau de puits profonds
- c. Eau embouteillée
- d. Système de distribution municipal

Question 2

Dans le cycle hydrologique, comment appelle-t-on le processus par lequel l'eau pénètre dans le sol?

- a. Évaporation
- b. Infiltration
- c. Ruissellement
- d. Condensation

Question 3

Quelle sont les sources principales de bactéries dangereuses d'origine hydrique qui peuvent causer des problèmes de santé chez l'humain?

- a. Végétaux
- b. Tube digestif des humains et des animaux
- c. Aquifères profonds
- d. Eaux de ruissellement

Question 4

Les virus peuvent se déplacer sur de longues distances dans les aquifères

- a. Vrai
- b. Faux

Question 5

La dureté de l'eau est causée par :

- a. Les ions calcium ou magnésium
- b. Les ions manganèse ou fer
- c. Un pH bas
- d. Une turbidité élevée

Question 6

L'alcalinité est une mesure :

- a. Du nombre d'ions hydrogène dans l'eau
- b. De la capacité de l'eau de tamponner les variations du pH
- c. Du pourcentage d'ions alcalins dans l'eau
- d. De la présence de sels alcalins dissous

Question 7

Les bassins de décantation servent à la :

- a. Chloration
- b. Clarification
- c. Désinfection par rayonnement UV
- d. Surveillance

Question 8

Shock chlorination is intended to:

- a. Remove suspended solids
- b. Kill microorganisms
- c. Remove calcium ions
- d. Reduce turbidity.

Réponses aux exemples de questions générales

Réponse à la question 1

La bonne réponse est: a. Lacs et cours d'eau. Les plans d'eau de surface peuvent être contaminés par les déchets animaux, les végétaux en décomposition et les produits des activités industrielles et agricoles.

Réponse à la question 2

La bonne réponse est: b. Infiltration.

Réponse à la question 3

La bonne réponse est: b. Tube digestif des humains et des animaux.

Le tube digestif des humains et des animaux constitue la principale source de bactéries provoquant des maladies d'origine hydrique, et ces bactéries peuvent être présentes dans les selles.

Réponse à la question 4

La bonne réponse est: a. En effet, les virus peuvent être transportés loin du site de contamination initial dans les aquifères.

Réponse à la question 5

La bonne réponse est: a. Les ions calcium et magnésium des dépôts géologiques naturels, comme le calcaire et la dolomie, se dissolvent dans l'eau et en augmentent la dureté.

Réponse à la question 6

La bonne réponse est: b. L'ajout de produits chimiques à l'eau peut provoquer de grandes variations du pH. Plus l'alcalinité est élevée, plus les variations sont limitées et plus on facilite le contrôle du pH de l'eau.

Réponse à la question 7

La bonne réponse est: b. Clarification. Les bassins de décantation permettent aux solides en suspension les plus lourds de se déposer.

Réponse à la question 8

La bonne réponse est: b. Tuer ou inactiver les microorganismes. Si le temps de contact est suffisant, la chloration de choc devrait éliminer toute activité biologique dans les conduites.

Annexe C :

Nettoyage des fontaines réfrigérantes

Voici la marche à suivre pour nettoyer une fontaine réfrigérante avec un réservoir exposé ou un dispositif anti-gaspillage. Soulignons que ces étapes sont tirées du site Web de Santé Canada. On recommande de consulter régulièrement le site Web pour voir si des modifications ont été apportées.

Pour nettoyer le réservoir

Débranchez le cordon d'alimentation de la prise de courant. Enlevez la bouteille vide.

Drainez l'eau du ou des réservoirs en acier inoxydable par le ou les robinets.

S'il y a un séparateur amovible ou un dispositif anti-gaspillage, retirez-le. Vous devez être en mesure de voir à l'intérieur du réservoir.

Préparez une solution désinfectante en ajoutant une cuillerée à soupe (15 mL) d'eau de Javel domestique à un gallon impérial (4,5 L) d'eau. Utilisez de l'eau de Javel de « qualité alimentaire ». Certaines eaux de Javel à usage domestique contiennent des parfums, des épaississants ou d'autres additifs dont l'utilisation dans les aliments n'est pas approuvée. N'utilisez pas de l'eau de Javel parfumée ou sans danger pour les couleurs.

Comme l'efficacité de l'eau de Javel diminue au fil du temps, on recommande d'employer de l'eau de Javel qui a été achetée il y a moins de quatre mois. Si le produit est plus vieux, il se peut qu'il ne soit pas suffisamment puissant pour désinfecter l'eau.

Certaines entreprises suggèrent d'utiliser une solution composée d'une partie de vinaigre et de trois parties d'eau pour détartre le réservoir avant de le nettoyer à l'eau de Javel. Consultez votre manuel. D'autres solutions désinfectantes peuvent convenir. Veuillez vérifier auprès de votre fournisseur de fontaines réfrigérantes ou consultez le manuel.

Versez la solution d'eau de Javel ou désinfectante dans le réservoir.

Lavez le réservoir à fond avec la solution d'eau de Javel et laissez reposer pendant au moins deux minutes (pour qu'elle soit efficace) et au plus cinq minutes (pour éviter la corrosion). Utilisez une brosse à récurage pour vaisselle afin de nettoyer l'intérieur du réservoir. N'utilisez pas de tampons de laine d'acier ou Brillo, ni aucun autre abrasif, car cela peut égratigner la surface et favoriser ainsi la croissance bactérienne.

Drainez la solution d'eau de Javel ou désinfectante par le ou les robinets. Rincez le réservoir à fond avec de l'eau du robinet propre et drainez l'eau par les robinets pour éliminer toute trace de solution d'eau de Javel ou désinfectante. Rincez et séchez le séparateur ou le dispositif anti-gaspillage et remplacez-le. Il se peut que vous ayez besoin de rincer le réservoir plus d'une fois pour enlever le goût et l'odeur de chlore.

Pour nettoyer le bac récepteur (situé sous les robinets) :

Soulevez le bac récepteur.

Enlevez la grille et lavez à la fois le bac et la grille avec un détergent doux.

Rincez à fond avec de l'eau du robinet propre et remettez en place sur la fontaine.

Pour remplacer la bouteille :

Lavez-vous les mains avec du savon et de l'eau chaude avant de la manipuler. Si vous décidez d'utiliser des gants de protection propres (en latex, par exemple), jetez-les ou désinfectez-les après chaque utilisation et avant de les réutiliser.

Nota : Les gants de protection ne doivent jamais remplacer un bon lavage des mains et une bonne hygiène.

Essuyez le dessus et le goulot de la nouvelle bouteille avec une serviette en papier imbibée d'une solution d'eau de Javel domestique (une cuillerée à soupe [15 mL] d'eau de Javel, un gallon [4,5 L] d'eau). On peut aussi utiliser de l'alcool à friction, mais il faut le laisser évaporer complètement avant de placer la bouteille sur la fontaine.

Enlevez le bouchon de la nouvelle bouteille sans toucher la surface de l'ouverture pour éviter toute contamination.

Placez la nouvelle bouteille sur la fontaine.

Annexe D :

Foire aux questions

Un filtre peut-il désinfecter l'eau?

Non, les filtres peuvent enlever de grandes quantités d'organismes microbiens pouvant provoquer des maladies, mais ne désinfectent pas l'eau. La désinfection n'est possible qu'en utilisant des technologies comme l'ozonisation, la chloration ou le rayonnement UV. Pour en connaître davantage sur la désinfection, voir le chapitre 5 ou le DVD qui porte sur la désinfection.

À quelle fréquence doit-on prélever des échantillons afin de surveiller les paramètres microbiologiques?

On doit tenir compte de plusieurs facteurs lorsque l'on met en place un programme d'échantillonnage. Il faut notamment penser à la source d'approvisionnement, au nombre de personnes desservies par le système et au type de désinfection qui sera employé. Pour en connaître davantage sur la surveillance, consultez le document *Conseils pour un approvisionnement en eau potable salubre dans les secteurs de compétence fédérale*.

Faut-il toujours faire bouillir toute eau lorsqu'un avis ou un ordre d'ébullition de l'eau est en vigueur?

Lorsqu'un avis ou un ordre d'ébullition de l'eau est en vigueur, il faut faire bouillir toute l'eau destinée à être bue ou utilisée pour préparer des aliments, des boissons et des cubes de glace, pour laver des fruits et des légumes ou pour se brosser les dents. Les personnes gravement immunodéficientes qui utilisent l'eau à ces fins doivent, en tout temps, faire bouillir l'eau de leur robinet. Il faut toujours faire bouillir l'eau du robinet destinée à la préparation de lait maternisé. Dans l'éventualité où il n'est pas possible de faire bouillir l'eau, les services de santé publique de votre localité ou une autre autorité pourraient ordonner que vous désinfectiez l'eau à l'aide d'un agent de blanchiment domestique ou d'un autre produit reconnu sans danger.

Il n'est pas nécessaire de faire bouillir l'eau destinée à d'autres usages domestiques, tels que prendre une douche ou un bain, faire la lessive ou laver la vaisselle. Les adultes, les adolescents et les enfants qui ne sont plus tout jeune peuvent se laver et prendre un bain ou une douche, mais ils doivent éviter d'avaler l'eau. Les tout-petits et les nourrissons doivent être lavés avec une éponge.

(Santé Canada - <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/boil-ebullition-fra.php>)

La concentration de chlore est faible à certains endroits – que dois-je faire?

Si l'eau d'approvisionnement provient du système municipal, et que l'on considère que la concentration du résidu de chlore est acceptable aux autres endroits, refaites les analyses pour le site en question. Si les résultats sont faibles à l'endroit où l'eau entre dans le bâtiment, communiquez avec le fournisseur (ville/municipalité).

Si le désinfectant est ajouté sur place, vérifiez l'état de l'équipement de désinfection.

Si la concentration du résidu de désinfectant demeure faible, il peut être nécessaire de rincer les conduites et d'examiner les profils d'utilisation de l'eau (p. ex., présence d'eau stagnante en raison d'une faible utilisation).

Habituellement, l'eau dans notre établissement a bon goût. Ce matin, c'était tout le contraire. Que doit-on faire?

Si l'eau d'approvisionnement est fournie par la municipalité, vous devez communiquer immédiatement avec les services responsables de l'eau. Si vous produisez votre propre eau sur place, il se peut qu'il y ait un problème avec l'eau d'approvisionnement ou que votre système de traitement ne fonctionne pas correctement. Vous devez communiquer avec un spécialiste de la qualité de l'eau et déterminer la cause du problème. Il ne faut pas boire l'eau tant que la cause n'a pas été établie ou que l'eau n'est pas considérée comme salubre. Si le problème ne peut être corrigé rapidement, une autre source d'approvisionnement en eau potable devrait être fournie.

L'eau est trouble lorsque je remplis mon verre, puis devient limpide lorsque je la laisse reposer – puis-je la boire sans danger?

Cette eau est trouble à cause de minuscules bulles d'air présentes dans l'eau. La pression dans les conduites entraîne la dissolution de l'air dans l'eau. Lorsque l'eau sort du robinet, elle n'est plus sous pression et l'air qui était auparavant dissous est libéré, ce qui entraîne la formation de très petites bulles. Lorsque l'on remplit un verre, l'eau trouble devient de plus en plus claire du bas vers le haut – autrement dit, la limpidité s'étend doucement vers le haut.

Ce type d'opacité survient le plus souvent lorsque l'eau est froide en hiver, que le robinet est équipé d'un aérateur ou qu'une conduite a été soumise à des travaux. L'eau peut tout de même être consommée sans danger.

Le bâtiment où l'on se trouve est très vieux. Est-ce que cela signifie que l'eau potable contient du plomb?

Pas forcément. C'est en procédant à une analyse de l'eau que vous pourrez déterminer si l'eau contient du plomb. La présence de plomb dans l'eau potable dépend de plusieurs facteurs :

- Âge du système de distribution – les vieux systèmes comportent parfois des entrées de service en plomb (ce qui est rare dans les bâtiments), des soudures au plomb ou des raccords (robinets, vannes) qui contiennent du plomb.
- Propriétés chimiques de l'eau – l'agressivité de l'eau détermine si la tuyauterie libérera du plomb.
- Temps durant lequel l'eau repose dans les conduites – les taux de plomb augmentent dans l'eau lorsque celle-ci repose ou stagne dans les conduites pendant plusieurs heures, notamment durant la nuit ou les heures de travail. L'eau est moins susceptible de contenir du plomb lorsque l'on utilise les robinets fréquemment.
- Existence ou non d'un programme de réduction de la corrosion appliqué par le fournisseur d'eau.

J'ai demandé à un laboratoire d'effectuer une analyse des coliformes totaux, mais les résultats que j'ai reçus indiquent qu'il y a prolifération de bactéries atypiques, et pas d'*E. coli*. Pourquoi ne fait-on aucune mention des coliformes totaux?

Certains laboratoires utilisent la filtration sur membrane pour vérifier la présence de coliformes totaux. Lorsque l'on a recours à cette méthode, la prolifération de bactéries atypiques peut empêcher la détection des coliformes totaux. Comme un autre milieu est employé pour *E. coli*, on peut fournir des résultats sur cette bactérie. Voici ce que l'on recommande :

1. Procédez à un nouvel échantillonnage et demandez une épreuve présence/absence pour les coliformes totaux.
2. Si les résultats indiquent la présence de coliformes totaux (constituant un « dépassement »), il faut procéder à une chloration concentrée du système, effectuer un nouvel échantillonnage et demander une numération des coliformes totaux ou une épreuve présence/absence.

Qui effectue l'échantillonnage de l'eau embouteillée?

Dans le cadre de son rôle d'application de la loi, l'Agence canadienne d'inspection des aliments peut inspecter des produits d'eau embouteillée, les étiquettes et les établissements (transport, équipement, etc.) participant à la vente, à la fabrication et à la distribution de l'eau embouteillée. De plus, certains ministères et organismes des provinces et des municipalités peuvent inspecter l'eau embouteillée. Si, dans votre établissement, l'eau embouteillée représente la principale source d'eau potable, vous devez vérifier qu'elle répond aux exigences des Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada.

J'ai un nouvel appareil de traitement par rayonnement UV que j'utilise conformément aux indications du fabricant, mais l'échantillon prélevé au point situé immédiatement après le rayonnement UV contient toujours des coliformes totaux. Que dois-je faire?

1. Procédez à un nouvel échantillonnage, en vous assurant de désinfecter le robinet d'échantillonnage, comme on le décrit dans le vidéo sur le prélèvement d'échantillons d'eau.
2. Vérifiez la transmittance UV de l'eau, qui correspond à la capacité de l'eau de laisser agir les rayons UV de façon efficace. L'analyse de ce paramètre est généralement effectuée par un laboratoire.
3. Veillez à ce que l'eau passe par un préfiltre avant d'atteindre l'appareil de traitement par rayonnement UV. Le degré de prétraitement requis varie selon la qualité de l'eau.
4. Communiquez avec un spécialiste de la qualité de l'eau.

L'indicateur lumineux de l'appareil de traitement par rayonnement UV est allumé. Que dois-je faire?

Il se peut que l'ampoule de l'appareil doive être remplacée. En effet, sa capacité de

désinfection diminue au fil du temps. Si vous ne connaissez pas la marche à suivre pour remplacer l'ampoule UV, communiquez avec le fabricant ou avec un spécialiste de la qualité de l'eau.

Il faut savoir que les appareils de désinfection par rayonnement UV n'ont pas tous un indicateur lumineux ou une alarme. En pareil cas, il faut remplacer l'ampoule au moins une fois par année. Lorsqu'on la remplace, il faut également nettoyer le manchon de quartz qui l'entoure.

Combien de temps les filtres à charbon actif en grains (CAG) ou à base de charbon durent-ils?

Un filtre CAG peut demeurer efficace pendant deux mois, un an, deux ans ou plus; cela dépend de la quantité et de la qualité de l'eau qu'il traite. Habituellement, le filtre est placé vers la fin de la chaîne de traitement et permet d'extraire les pesticides et les matières organiques dissoutes, en plus d'éliminer les problèmes de goût et d'odeur. Si l'on n'effectue aucun prétraitement de l'eau de surface brute, on use le filtre à charbon rapidement, ce qui exige le remplacement du charbon.

Si la chaîne de traitement est bien conçue, le filtre à charbon devrait durer longtemps. Un échantillonnage et des analyses périodiques et les changements perceptibles dans le goût et l'odeur peuvent indiquer que le filtre à charbon doit être inspecté ou remplacé. Si le filtre est placé près du commencement de la chaîne de traitement et qu'il extrait de grandes quantités de matières organiques, il faut effectuer des inspections de façon continue pour s'assurer que le filtre n'est pas complètement usé.

Un filtre dont le charbon est usé et qui ne fonctionne pas conformément aux spécifications du fabricant ou dont la taille est inadéquate peut avoir un impact négatif sur la qualité de l'eau. En effet, des microorganismes se formeront sur le charbon et seront transmis à l'utilisateur final.

Qu'est-ce qu'une jonction fautive?

Par jonction fautive, on entend toute jonction existante ou potentielle entre un système d'eau potable et une source de pollution ou de contamination.

À quelle fréquence doit-on mettre à l'essai les dispositifs anti-refoulement?

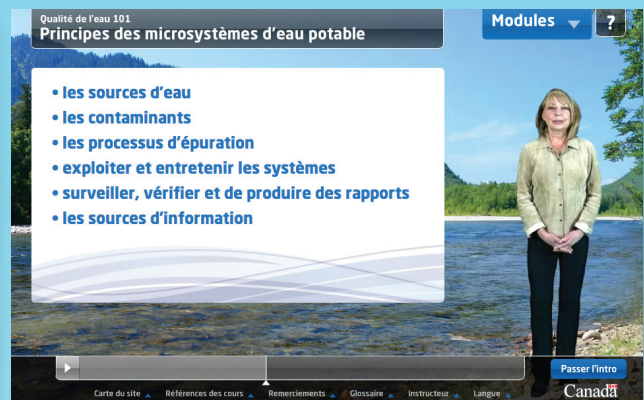
La fréquence à laquelle ces dispositifs doivent être mis à l'essai est déterminée par l'autorité de réglementation (en vertu du Code national de la plomberie – Canada). Les appareils tels que les dispositifs anti-refoulement à réduction de pression, les clapets de retenue doubles, les casse-vide à pression et les casse-vide à pression anti-déversement doivent être mis à l'essai :

- Après l'installation
- Annuellement
- Lorsqu'ils sont déplacés
- Si des travaux de plomberie sont effectués à proximité du dispositif en question
- Après les travaux d'entretien périodique

J'utilise un système de distribution très petit (microsystème) et notre établissement compte un seul étage et quelques employés seulement. Dois-je tout de même être informé au sujet du contrôle des jonctions fautives?

La majorité des municipalités exigent une certaine forme de contrôle des jonctions fautives, même pour les systèmes d'approvisionnement à faible risque (mineurs). Il est important de comprendre les mesures à prendre pour respecter les règlements locaux et les codes de plomberie applicables. Pour en savoir plus, communiquez avec un représentant de votre municipalité ou un spécialiste certifié du contrôle des jonctions fautives.

Le présent document constitue un outil de formation créé par le Conseil interministériel fédéral de formation sur la qualité de l'eau visant à fournir de l'information sur les méthodes de gestion de la qualité de l'eau pour les systèmes qui fournissent de l'eau potable à 25 personnes ou moins. Ces systèmes, appelés « microsystèmes », sont utilisés à bien des endroits, notamment dans les installations fédérales en régions éloignées, sur les navires, dans les ambassades et dans les collectivités des Premières nations.



Le présent manuel est également disponible en anglais et en espagnol.

