



## Examen des lignes directrices relatives à la chloration concentrée des puits

Angela J. Eykelbosh<sup>†</sup>

# examen des données probantes

### Résumé

- La contamination microbienne des eaux issues des puits privés peut poser un risque sanitaire important pour les Canadiens vivant en milieu rural. Pour atténuer ce risque, Santé Canada recommande actuellement une chloration concentrée accompagnée d'une analyse microbiologique des puits. Ces mesures volontaires sont le plus souvent exécutées par le propriétaire du puits.
- Cependant, la nature épisodique des analyses et le manque de recherches sur l'efficacité des méthodes de chloration concentrée appliquées par les propriétaires de puits privés peuvent laisser ces derniers à la merci d'une contamination persistante ou périodique des eaux souterraines.
- Bien que la chloration concentrée soit importante tant pour la protection sanitaire que pour l'entretien des puits, elle ne suffit pas à garantir la salubrité de l'eau potable. La chloration concentrée doit plutôt s'intégrer dans une approche de la gestion des puits intégrant leur protection, leur entretien, un programme de surveillance de l'eau, et la responsabilité de demander leur mise hors service lorsqu'ils sont abandonnés.



### Introduction

Les puits privés assurent l'alimentation en eau de 5 millions de personnes dans l'ensemble du Canada<sup>1</sup>. Bien que l'eau des aquifères soit habituellement de très haute qualité, des études réalisées en Alberta<sup>2,3</sup>, en Saskatchewan<sup>4</sup>, en Ontario<sup>5</sup> et en Nouvelle-Écosse<sup>6</sup> ont constaté que l'eau de 9 à 34 % des puits analysés dépassait les concentrations maximales admissibles (CMA) pour les coliformes totaux ou fécaux, entre autres contaminants.

Pour atténuer le risque microbiologique, l'AWWA (American Water Works Association) recommande que les propriétaires de puits privés procèdent périodiquement à une chloration concentrée de leurs puits en suivant des versions simplifiées des normes professionnelles de désinfection des puits<sup>7</sup>. Ces opérations simplifiées sont peu coûteuses et peuvent être exécutées par le propriétaire du puits. Cependant, les méthodes varient et leur efficacité n'est guère établie.

Cet examen des données probantes est destiné à informer les inspecteurs de santé publique et les agents des eaux potables des recommandations objectives quant à la chloration concentrée effectuée par les propriétaires de puits.

<sup>†</sup> University of British Columbia, Institute for Resources, Environment and Sustainability

## Méthodes

On a passé en revue les recommandations pertinentes des organismes provinciaux et fédéraux du Canada, des associations professionnelles et des travaux de recherche universitaires. La méthode de recherche est présentée en détail à l'annexe A.

## Cadre général

### **Communautés microbiennes communément présentes dans les puits**

Dans la population microbienne d'un puits, on distingue les sources de nuisances, qui altèrent la qualité de l'eau, et les agents pathogènes. Les *sources de nuisances* sont surtout les ferrobactéries, qui produisent un biofilm visqueux rougeâtre capable de boucher la crépine du puits<sup>8</sup>, et des bactéries sulfatoréductrices (BSR). Les BSR produisent du sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), bien connu pour son odeur d'œuf pourri, et accélèrent la corrosion du cuvelage et de l'équipement du puits. Même si ces bactéries ne sont pas directement nocives, elles posent un problème sanitaire par leur capacité à former des biofilms (qui protègent les agents pathogènes) et à faire obstacle à l'analyse de la teneur de l'eau en coliformes fécaux<sup>9</sup>.

Les *micro-organismes nocifs* comprennent les bactéries, protozoaires et virus pathogènes. On a recensé un large éventail de pathogènes dans les eaux souterraines des États-Unis<sup>10</sup>. Au Canada, les recherches donnent à penser que les personnes vivant en milieu rural pourraient courir un risque accru à cause de l'utilisation d'eau de puits non traitée : les travaux antérieurs font ressortir non seulement une certaine prévalence des indicateurs bactériens (coliformes totaux et *Escherichia coli*) dans les puits analysés, mais aussi une corrélation significative entre leur présence et les troubles gastro-intestinaux dans les foyers ruraux<sup>11,12</sup>. En Colombie-Britannique, une étude réalisée au moyen d'un système d'information géographique (SIG) qui mettait en corrélation l'incidence de cinq maladies d'origine hydrique avec les sources d'approvisionnement en eau potable a montré que les personnes alimentées par des puits privés non traités couraient un risque global 5,25 fois plus élevé que celles alimentées par un réseau municipal d'eau souterraine traitée<sup>13</sup>. Ces maladies étaient, par ordre de prévalence décroissante, la campylobactériose, la salmonellose, la lambliaose, la cryptosporidiose et l'infection à *E. coli* producteur de vérotoxines.

### **Modes de contamination**

Même si l'eau des aquifères peut être de très haute qualité, elle peut aussi être contaminée à la tête du puits<sup>10</sup> lorsqu'une mauvaise étanchéité ou des dommages la laissent redescendre à l'intérieur ou à l'extérieur du cuvelage. Les autres causes courantes sont le non-respect des règles d'hygiène lors de l'installation ou de la réparation de l'équipement du puits, l'entrée d'eau de crue, voire la pénétration ou l'activité environnante de la faune sauvage<sup>14</sup>.

La contamination microbienne peut aussi se faire sous la surface, lorsque des pathogènes sont introduits dans les aquifères par les eaux d'infiltration. Cette pénétration peut être continue (fosse septique qui fuit) ou occasionnelle (épandage de fumier). Les sources ponctuelles courantes sont les lits filtrants surchargés, les fosses septiques qui fuient et les puits abandonnés. Les sources non ponctuelles courantes sont la présence d'animaux et l'épandage de fumier, de purin ou de boues d'épuration. Ces sources peuvent aussi introduire dans les puits des contaminants chimiques tels que nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), sels, pesticides et métaux lourds, en particulier dans les zones agricoles<sup>4,5</sup>.

Les conditions météorologiques jouent également un rôle dans la contamination des puits. Les travaux précédents sur les flambées de maladies hydriques liées aux petits réseaux d'eau potable au Canada ont montré que les cas imputables à la contamination des puits apparaissaient plus souvent à la suite de fortes pluies ou du dégel printanier<sup>15,16</sup>.

### **Définition et limites de la chloration concentrée**

La chloration concentrée consiste à introduire de l'hypochlorite de sodium ou de calcium à la tête du puits et à faire circuler les eaux ainsi traitées dans le réseau de distribution d'eau courante de l'habitation pour éliminer tous les réservoirs de bactéries potentiels (volumes morts, chasses d'eau, tuyaux de machines à laver).

La chloration concentrée est rapide et peu coûteuse et s'utilise en fonction des besoins (après une inondation, en cas de troubles gastro-intestinaux suspects ou de détection d'*E. coli*). On recommande aussi en général de procéder à une chloration concentrée au moins une fois par an, au printemps ou à l'automne, dans le cadre d'un programme d'entretien des puits destiné à prévenir les nuisances bactériennes. La chloration concentrée a cependant ses limites :

- Son effet est temporaire si l'on n'élimine pas la source de contamination avant le traitement. Une

étude des puits ruraux réalisée en Pennsylvanie a constaté qu'une chloration concentrée conjuguée à une limitation des entrées par étanchéisation et fermeture de la tête de puits n'a supprimé *E. coli* que pendant 1 à 2 mois dans les puits précédemment contaminés<sup>17</sup>. De même, à Bragg Creek (Alberta), les puits alimentés par un aquifère fortement contaminé ne sont restés exempts d'*E. coli* que pour une à quelques semaines après la chloration concentrée, et les micro-organismes ont fait des réapparitions sporadiques tout au long de l'année<sup>2</sup>. Dans de tels cas, l'effet de courte durée de la chloration pourrait donner aux propriétaires une fausse impression de sécurité alors que l'eau de leur puits nécessite en fait un système de traitement continu. Cela pourrait expliquer pourquoi les habitations en milieu rural sont de plus en plus souvent équipées de systèmes de filtration portables au point d'entrée et au point d'utilisation<sup>18</sup>.

La faible durée de l'effet de la chloration concentrée met en évidence la nécessité d'analyser plus souvent l'eau des puits privés. Une étude a montré que les propriétaires qui testaient leur puits plus d'une fois par an comptaient pour moins de 10 % en Alberta et pour moins de 17 % en Ontario<sup>18,19</sup>, si bien qu'une contamination avait peu de chances d'être détectée rapidement.

- La chloration concentrée n'élimine pas toutes les populations microbiennes de manière fiable. Par exemple, les oocystes de cryptosporidies présentent une forte résistance au chlore libre, en particulier à faible température. Dans une étude antérieure, un traitement utilisant 968 mg/l de chlore libre pendant 24 heures à 10 °C n'a inactivé que 85 % des oocystes<sup>20</sup>, ce qui est bien en deçà du taux de 99,9 % recommandé pour l'eau potable<sup>21</sup>. Par ailleurs, les biofilms peuvent aussi faire obstacle à la désinfection<sup>9</sup> et favoriser une résurgence rapide de la contamination<sup>22</sup>.
- Enfin, la chloration concentrée n'élimine pas les contaminants non microbiologiques, tels que nitrates, métaux lourds ou pesticides, qui peuvent pénétrer l'eau des puits et des aquifères par des voies similaires<sup>10,23</sup>.

## Aperçu de la chloration concentrée

Cette partie présente chaque étape de la méthode de chloration concentrée « standard » selon les

recommandations publiées (annexe B, tableau 1). Elle souligne les différences dans les pratiques et leurs risques sanitaires potentiels respectifs (annexe B, tableau 2). Enfin, elle utilise autant que possible les travaux scientifiques publiés pour déterminer la meilleure approche et les lacunes à combler.

### Préparation et identification des dangers

Il est indispensable de traiter les causes sous-jacentes des problèmes de qualité de l'eau avant de procéder à la chloration. Cela passe par une inspection de la tête de puits et des alentours immédiats et par les réparations nécessaires (couvercle de puits fissuré, interstices entre le cuvelage du puits et le sol, etc.). Les risques de contamination non ponctuelle peuvent être difficiles à évaluer. Selon les facteurs hydrogéologiques, notamment la qualité du sol (texture, épaisseur), la profondeur de l'aquifère et le contexte géologique, les contaminants peuvent être transportés jusqu'à une certaine distance (et à une certaine profondeur) depuis le point de contamination initial<sup>14</sup>.

Les propriétaires doivent aussi connaître les risques de la chloration concentrée.

- Les *risques sanitaires* sont ceux posés par la corrosivité (brûlures) et par les vapeurs (en particulier dans les fosses de puits), ainsi que par les câblages de pompe mal isolés (électrocution). Le port d'un équipement de protection individuelle est requis dès le commencement de l'opération.
- À cela s'ajoutent des *risques environnementaux* (pour les pelouses et l'habitat aquatique) et des *risques pour l'équipement* potentiellement coûteux (tableau 2). Les risques pour l'équipement sont les suivants : dommages aux adoucisseurs d'eau et aux filtres; perte d'efficacité des fosses septiques par destruction des bactéries bénéfiques; corrosion de la pompe et du cuvelage du puits; surpompage des puits et aggravation de la sédimentation; risque d'effondrement des puits anciens et corrodés sous l'effet de contraintes mécaniques<sup>24</sup>.

### Agents de chloration et calcul des doses

Les agents de chloration utilisables sont l'hypochlorite de sodium (eau de Javel) et l'hypochlorite de calcium (granulés), quoiqu'on préfère généralement le premier, car il est moins dangereux et plus facile à mélanger dans la colonne d'eau. Avec l'hypochlorite de sodium, il est important d'utiliser une solution sans détergent, non parfumée et achetée récemment. Les biofilms épais qui se forment dans les puits anciens ou rarement chlorés peuvent nécessiter d'autres traitements chimiques, un

débouillage ou un pistonnage, auquel cas il est fortement recommandé de faire appel à un professionnel<sup>25,26</sup>.

Les recommandations ne permettent pas de déterminer une dose standardisée pour un puits donné. Santé Canada recommande actuellement de maintenir pendant 24 heures une concentration en chlore libre d'au moins 50 mg/l pour les puits établis et d'au moins 250 mg/l pour les nouveaux puits<sup>27</sup>. D'autres recommandations proposent des concentrations allant jusqu'à 1 530 mg/l (tableau 2). Cependant, le plus est parfois l'ennemi du bien : une étude de Schnieders<sup>28</sup> a montré en laboratoire qu'une concentration de chlore libre de 50 à 200 mg/l réduisait plus efficacement les coliformes totaux que des doses plus élevées. L'auteur a postulé que les très fortes doses altéraient les caractéristiques de surface des biofilms d'une manière qui réduisait le potentiel de pénétration du chlore. Bien qu'il s'agisse là des résultats d'une seule étude, ils soulignent la nécessité de mieux comprendre le dosage du chlore libre, l'efficacité de la désinfection et l'effet des biofilms dans les puits à eau. Outre les risques de dommages par corrosion que posent les concentrations supérieures à 500 mg/l pour l'équipement des puits<sup>29</sup>, l'emploi de très fortes doses peut en fait réduire le pouvoir désinfectant. Cela est dû au fait que l'équilibre entre les espèces chimiques de la solution chlorée est déterminé par le pH et que le pouvoir biocide maximum s'obtient dans un milieu légèrement acide<sup>30</sup>. Ainsi, l'ajout de grandes quantités d'hypochlorite de sodium sans acidification concomitante peut faire obstacle à la désinfection. Enfin, les fortes doses de chlore peuvent faire augmenter le danger pour l'opérateur et intensifier la libération d'autres espèces chimiques dans le puits (voir « Élimination du chlore et des autres contaminants potentiellement libérés »).

Il n'y a pas de méthode simple et directe pour calculer la dose de chlore qui convient à un puits particulier et cela peut faire obstacle à l'emploi de la chloration concentrée. La plupart des recommandations donnent des tableaux (de complexité variable) indiquant le poids ou le volume de réactif à utiliser en fonction du diamètre du cuvelage et de la hauteur de la colonne d'eau. Certaines donnent des options pour différentes tailles de cuvelage et différents réactifs (hypochlorite de sodium ou de calcium), ainsi que des instructions pour les puits anciens ou de grand diamètre, qui peuvent faciliter (ou compliquer) la tâche aux propriétaires. D'autres recommandations utilisent quant à elles de grands incréments de profondeur d'eau pour calculer la dose<sup>25</sup>, ce qui pourrait se traduire en fin de compte par de

grands écarts de dose entre les puits de différentes profondeurs.

Comme les informations sur le calcul de la dose sont insuffisantes ou déroutantes, et comme les propriétaires vont probablement les chercher sur Internet<sup>19</sup>, il serait utile de mettre à leur disposition un calculateur en ligne, comme le fait déjà le gouvernement provincial du Québec<sup>31</sup>, de manière à prévenir les erreurs de calcul et à mettre les propriétaires en confiance.

### ***Introduction et mélange***

Une fois la dose calculée, il faut l'introduire dans les puits, la mélanger et la faire circuler dans tout le réseau de distribution. Il est déconseillé de verser de l'hypochlorite concentré ou en granulés dans les puits, car cette méthode ne peut pas assurer un bon mélange et expose l'équipement du puits (pompe, adaptateur et câblage) à de fortes concentrations de chlore qui pourront être difficiles à éliminer même par un pompage prolongé<sup>32</sup>. Le ministère de l'Agriculture et du Développement rural de l'Alberta<sup>24</sup> (Alberta Agriculture and Rural Development) recommande comme solution de rechange de mélanger le chlore dans un réservoir hors-sol contenant un volume d'eau propre égal à deux fois celui du puits, puis d'utiliser un tuyau propre pour siphonner la solution aussi profondément que possible dans le puits. L'utilisateur doit ensuite raccorder le tuyau à un robinet extérieur et faire circuler l'eau du puits vers le réseau de distribution de l'habitation, puis de nouveau vers le puits, de manière à assurer un bon mélange.

Il est essentiel de bien faire circuler l'eau chlorée dans tout le réseau de distribution de l'habitation. Bien que la plupart des recommandations conseillent à l'utilisateur d'ouvrir tous les robinets, la plomberie (en particulier les conduites en cul-de-sac et les jonctions fautes) et les appareils associés (réservoirs d'eau sous pression, chauffe-eau, déshumidificateurs, extincteurs automatiques, toilettes, machines à laver, etc.) sont tous des réservoirs potentiels de prolifération microbienne susceptibles de recontaminer un réseau par retour d'eau.

### ***Temps de désinfection et vérification de la concentration***

Une fois la dose confirmée, le temps de désinfection recommandé varie entre 8 et 48 heures, avec un minimum de 12 heures en moyenne. Cependant, comme la chloration concentrée s'effectue souvent avec peu de renseignements sur les caractéristiques du puits



(en particulier sur la présence de substances pouvant modifier la teneur en chlore libre résiduel et le pouvoir désinfectant), il est important de vérifier que la concentration en désinfectant obtenue est suffisante<sup>33</sup>. Bien que les recommandations des organismes canadiens le mentionnent rarement, il suffit d'utiliser des bandelettes réactives au chlore, en vente à faible coût dans le commerce, pour déterminer la teneur en chlore libre au robinet. La teneur en chlore libre résiduel doit être vérifiée au début de la période de désinfection et ajustée si nécessaire : elle doit être d'au moins 50 mg/l au départ, puis elle ne doit pas descendre en dessous de 10 mg/l pendant les 12 heures qui suivent<sup>29</sup>.

### **Élimination du chlore et des autres contaminants potentiellement libérés**

Une fois la désinfection terminée, la plupart des recommandations conseillent de purger lentement le puits pendant plusieurs heures, ou jusqu'à disparition de la « forte » odeur de chlore.

En règle générale, la consommation d'eau très chlorée n'est guère à craindre en raison du goût désagréable de celle-ci. Et quand bien même, des études antérieures ont observé des cas de consommation humaine d'eau chlorée jusqu'à 50 mg/l pendant des semaines ou des mois sans effets indésirables, quoiqu'une irritation par contact dermique soit possible<sup>34</sup>. Cependant, il est nécessaire de surveiller le risque de libération de métaux et de formation de sous-produits de désinfection (SPD) lors de la chloration concentrée.

Plusieurs études américaines ont mis en évidence des hausses transitoires des concentrations en arsenic, plomb, cuivre, fer et zinc dans l'eau des puits<sup>32,35,36</sup> après une chloration concentrée. Cependant, cette libération de métaux n'a pas pu être corrélée à la dose de désinfectant (qui variait de 200 à 800 mg/l) et le volume d'eau extrait pour éliminer ces contaminants variait fortement d'un métal à l'autre (de 10 à 90 fois le volume du puits environ). En revanche, d'autres études<sup>22</sup> n'ont constaté aucune hausse de la concentration en arsenic après une chloration concentrée à 1200 mg/l, ce qui illustre bien l'importance des caractéristiques propres à chaque site. En plus des métaux, l'étude de Walker et Newman<sup>35</sup> a observé la production transitoire de faibles quantités de SPD (trihalométhanes et acides haloacétiques), qui sont des cancérigènes présumés en cas d'exposition continue à long terme. Cependant, les concentrations en métaux et en SPD se sont vite réduites, en même temps que la teneur en chlore libre<sup>35</sup>.

Ces résultats soulignent l'importance de bien rincer le puits et de mesurer sa teneur en chlore libre, tant pour vérifier la dose de désinfectant que pour la purge, plutôt que de se fier seulement à l'odeur de chlore.

La crainte des métaux et des SPD ne doit pas être une raison d'éviter la chloration concentrée : ces études étaient d'envergure limitée (neuf puits au total) et dans l'ensemble la présence de pathogènes dans l'eau potable faisait planer un risque sanitaire beaucoup plus grave et plus immédiat que celle des SPD<sup>37</sup>, en particulier quand l'exposition à ces derniers est très occasionnelle et de courte durée. Le risque de libération de métaux et de SPD est plutôt à aborder de manière préventive. Par exemple, dans les régions qui ont des problèmes connus (traces de métaux ou forte teneur en matière organique dissoute favorisant la formation de SPD), l'ajout des paramètres pertinents aux analyses de qualité microbiologique de l'eau effectuées à l'issue de la chloration concentrée peut constituer un moyen d'apaiser les craintes.

### **Analyses de suivi de la qualité de l'eau**

Toutes les recommandations conseillent au moins une ou deux analyses microbiologiques de suivi pour vérifier les coliformes totaux ou fécaux après la chloration concentrée. Le premier échantillon est prélevé entre 48 heures et cinq jours après la chloration, puis le second de quelques semaines à un mois plus tard. La détection d'indicateurs microbiens après la chloration peut indiquer qu'elle a été mal faite, qu'il y a un défaut dans le protocole d'échantillonnage de l'eau ou qu'il y a un grave problème de contamination des eaux souterraines nécessitant une étude plus approfondie.

En plus des analyses consécutives à la chloration, il faut vérifier les indicateurs microbiens de l'eau du puits plusieurs fois par an, car la qualité des eaux souterraines peut changer rapidement et reste à la merci d'une contamination sporadique tout au long de l'année<sup>2</sup>. Les recommandations du Québec proposent aussi de surveiller certains paramètres non microbiens, notamment la teneur en nitrates (chaque semestre), en métaux lourds (au moins une fois dans la vie d'un puits) et en toute autre substance posant un problème dans la région<sup>31</sup>.

## **Lacunes dans la recherche**

- On manque d'études sur la façon dont les propriétaires de puits appliquent les recommandations et sur la relation entre leur pratique effective et la qualité microbiologique de

l'eau. Une telle étude servirait à examiner les problèmes recensés (variation de la dose et fortes concentrations, calcul de la dose, utilité de vérifier la concentration en désinfectant), ainsi qu'à répondre au besoin pressant de promouvoir une gestion efficace et responsable des puits en milieu rural et d'étoffer les données disponibles sur leur qualité microbiologique.

- On dispose de peu de données comparatives sur les pratiques des propriétaires et des professionnels. Cette distinction est importante, car la chloration concentrée « version propriétaire » exclut les tâches considérées comme trop difficiles pour un non-professionnel, en particulier l'agitation mécanique ou le nettoyage destiné à éliminer les biofilms et leurs incrustations<sup>32</sup>, ainsi que l'acidification du puits assurant le maintien du pH optimal pour l'activité biocide du chlore<sup>14</sup>. Si ces mesures font une différence importante dans l'efficacité de la chloration concentrée, il pourrait être nécessaire de les intégrer aux recommandations existantes, comme la Colombie-Britannique a déjà essayé de le faire<sup>26</sup>.

## Recommandations

- Les puits à eau et leur équipement représentent un gros investissement pour les ménages en milieu rural. Dans la récente étude sur les puits en Alberta, une partie des propriétaires interrogés (28 %) ne pratiquaient pas la chloration concentrée parce qu'ils pensaient que cela endommagerait leur puits<sup>19</sup>. C'est compréhensible au vu de certaines recommandations, en particulier celles formulées par des organismes non sanitaires<sup>24,38</sup>, qui mettent surtout l'accent sur les risques pour l'équipement du puits, voire sur les dégâts irréparables que pourraient occasionner la corrosion et les perturbations physiques (voir « Préparation et identification des dangers »). Les recommandations doivent mieux répondre à ce souci et proposer des moyens d'éliminer ou de réduire au strict minimum le risque de dommages à l'équipement du puits.
- On a besoin de recherches plus approfondies pour établir un protocole de chloration concentrée fiable et cohérent.
- Le point le plus important à retenir de cette analyse documentaire est que la chloration concentrée à elle

seule ne suffit pas à assurer la qualité de l'eau. La salubrité de l'eau passe plutôt par une approche fondée sur la bonne gestion des puits<sup>39</sup>, qui intègre une série de mesures volontaires destinées d'abord à assurer que les puits sont rendus moins vulnérables par un choix de site et une construction adéquats, puis à encourager leur entretien régulier, leur surveillance et, enfin, leur mise hors service responsable. Une telle approche pourrait prévenir une partie des grands problèmes de contamination et de sécurité des puits recensés dans la partie « Méthodes ».

- Au-delà de la bonne gestion des puits, le personnel de santé publique doit mettre en avant l'importance de la chloration concentrée préventive (annuelle ou semestrielle) et des analyses fréquentes (2 à 3 fois par an ou, si quelque chose semble suspect, selon les recommandations de Santé Canada)<sup>27</sup>. Les résultats positifs doivent donner lieu à une chloration concentrée suivant une méthode standard à recirculation avec vérification de la teneur en chlore libre et, plus important, utilisation d'une autre source d'eau potable jusqu'à ce que l'élimination des pathogènes soit confirmée par 2 ou 3 analyses microbiologiques donnant un résultat négatif. Ces propositions sont en accord avec les recommandations les plus complètes présentées au tableau 2.

## Conclusion

La chloration concentrée est importante tant pour la protection sanitaire que pour l'entretien des puits. Cependant, il est essentiel que les propriétaires comprennent ses limites, à savoir quels contaminants elle peut réduire ou éliminer, ainsi que la nécessité d'analyser et chlorer l'eau de manière fréquente. De plus, la chloration concentrée n'est efficace que lorsqu'elle est convenablement exécutée. Alors qu'elle est largement présentée comme une tâche « à accomplir soi-même » (et en effet la plupart des propriétaires s'en chargent eux-mêmes), on a besoin de données plus approfondies pour déterminer dans quelle mesure cette pratique est efficace et de quelle manière le protocole standard peut être rendu plus cohérent et plus fiable pour protéger les Canadiens vivant en milieu rural.

## Remerciements

L'auteure tient à remercier le programme Bridge de l'Université de la Colombie-Britannique et le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada pour son financement d'études de cycle supérieur. L'auteure souhaite également remercier Rob Eykelbosh, Sophie Verhille, Helen Ward, Daniel Fong, Nelson Fok, et Ryan Hewitt pour leur précieuse contribution et leur révision attentive de ce document.

## Références

1. Environnement Canada. Les eaux souterraines. Ottawa Ont.: Environnement Canada; 2013 [cited 2013 Nov]; <http://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=300688DC-1#sub5>.
2. Oliphant JA, Ryan MC, Chu A, Lambert TW. Efficacy of annual bacteria monitoring and shock chlorination in wells finished in a floodplain aquifer. *Ground Water Monitoring & Remediation*. 2002;22(4):66-72. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-6592.2002.tb00772.x>
3. Fitzgerald D, Kiely D, Neilson D, Shaw R, Audette S, Prior R, et al. Alberta farmstead water quality survey. 1997.
4. Corkal D, Schutzman WC, Hilliard C. Rural water safety from the source to the on-farm tap. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*. 2004;67(20-22):1619-42. <http://dx.doi.org/10.1080/15287390490491918>
5. Goss MJ, Barry DAJ, Rudolph DL. Contamination in Ontario farmstead domestic wells and its association with agriculture. *Journal of Contaminant Hydrology*. 1998;32(3-4):267-93. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-7722\(98\)00054-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-7722(98)00054-0)
6. Moerman D, Briggins D. Nova Scotia farm well water quality assurance study. 1994. <http://www.gov.ns.ca/nse/groundwater/docs/NSFarmWellWaterQualityAssuranceStudy1994.pdf>.
7. American Water Works Association. ANSI/AWWA C 654-03 – “Disinfection of Wells.” Denver, CO; 2003. [http://www.ene.gov.on.ca/stdprodconsume/groups/lr/@en/@resources/documents/resource/std01\\_076337.pdf](http://www.ene.gov.on.ca/stdprodconsume/groups/lr/@en/@resources/documents/resource/std01_076337.pdf).
8. Cullimore DR, McCann AE. The identification, cultivation and control of iron bacteria in ground water. In: Skinner FA, Shewan JM, editors. London: Academic Press, Inc.; 1977. p. 219-61. <http://www.dbi.sk.ca/Books/PDFs/Water-Paper.PDF>.
9. Wingender J, Flemming H-C. Biofilms in drinking water and their role as reservoir for pathogens. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. 2011;214(6):417-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.05.009>
10. Macler BA, Merkle JC. Current knowledge on groundwater microbial pathogens and their control. *Hydrogeology Journal*. 2000;8(1):29-40. <http://www.springerlink.com/index/10.1007/PL00010972>
11. Raina PS, Pollari FL, Teare GF, Goss MJ, Barry DA, Wilson JB. The relationship between E. coli indicator bacteria in well-water and gastrointestinal illnesses in rural families. *Canadian Journal of Public Health Revue Canadienne de Sante Publique*. 90(3):172-5. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10401167>
12. Strauss B, King W, Ley A, Hoey JR. A prospective study of rural drinking water quality and acute gastrointestinal illness. *BMC Public Health*. 2001;1:8. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=57004&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
13. Uhlmann S, Galanis E, Takaro T, Mak S, Gustafson L, Embree G, et al. Where's the pump? Associating sporadic enteric disease with drinking water using a geographic information system, in British Columbia, Canada, 1996-2005. *Journal of Water and Health*. 2009;7(4):692-8. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19590137>
14. Simpson H. Promoting the management and protection of private water wells. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*. 2004;67(20-22):1679-704. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15371209>
15. Auld H, MacIver D, Klaassen J. Heavy rainfall and waterborne disease outbreaks: the Walkerton example. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*. 2004;67(20-22):1879-87. <http://dx.doi.org/10.1080/15287390490493475>
16. Moffatt H, Struck S. Water-borne disease outbreaks in Canadian small drinking water systems. Ottawa2011. [http://www.nccph.ca/docs/SDWS\\_Water-borne\\_EN.pdf](http://www.nccph.ca/docs/SDWS_Water-borne_EN.pdf).
17. Swistock BR, Sharpe WE. The influence of well construction on bacterial contamination of private water wells in Pennsylvania. *Journal of Environmental Health*. 2005;68(2):17-22, 36. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16220718>
18. Jones AQ, Dewey CE, Doré K, Majowicz SE, McEwen SA, David W-T, et al. Public perceptions of drinking water: a postal survey of residents with private water supplies. *BMC Public Health*. 2006;6:94-. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1458329&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
19. Summers RJ. Alberta water well survey: a report prepared for Alberta Environment. Edmonton, Alberta; 2010.
20. Ransome ME, Whitmore SN, Carrington EG. Effect of disinfectants on the viability of *Cryptosporidium parvum* oocysts. *Water Supply*. 1993;11(1):103-17.
21. Santé Canada. Protozoaires entériques : *Giardia* et *Cryptosporidium*. Ottawa; 2012. <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/protozoa/index-fra.php>.

22. Gotkowitz M, Ellickson K, Clary A, Bowman G, Standridge J, Sonzogni W. Effect of well disinfection on arsenic in ground water. *Ground Water Monitoring & Remediation*. 2008;28(2):60-7. <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-6592.2008.00192.x>
23. Ritter KS. Sources, pathways and relative risks of contaminants in surface water and groundwater: a perspective prepared for the Walkerton Inquiry. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*. 2002;65(1):1-142. <http://dx.doi.org/10.1080/152873902753338572>
24. Alberta Agriculture and Rural Development. Shock chlorination Edmonton, Alberta: Alberta Agriculture and Rural Development; 2001. [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/wwq404](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/wwq404).
25. Alberta Water Well Drilling Association. Shock chlorination information. Loughheed AB: AWWDA; 2010 [cited 2013 Nov]; <http://www.awwda.com/shock.html>.
26. Government of British Columbia. Water well disinfection using the simple chlorination method. Victoria: Government of British Columbia; 2008.
27. Santé Canada. Santé de l'environnement et du milieu de travail. Qu'est-ce qu'il y a dans votre puits? Un guide de traitement et d'entretien de l'eau de puits. Ottawa: Santé Canada; 2004 [cited 2013 nov 5]; <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/well-puits-fra.php>.
28. Schnieders JH. Coliforms and disinfection of water wells. *Water Well Journal*. 2001(October).
29. Advanced Water Systems. AWS technical report: sanitizing pipelines & distribution systems by shock-chlorination Santa Cruz CA; 2003. [http://www.advanced-water-systems.com/technical/guides/Tech\\_Sanitizing\\_Pipelines.pdf](http://www.advanced-water-systems.com/technical/guides/Tech_Sanitizing_Pipelines.pdf).
30. Le Chevallier MW, Au KK. Water treatment and pathogen control: process efficiency in achieving safe drinking water. London, UK: WHO. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwg/9241562552/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/9241562552/en/).
31. Québec. Développement durable E, Faune et Parcs. La qualité de l'eau de mon puits Québec City: Gouvernement du Québec; 2002 [cited 2013 Nov 5]; <http://www.mddefp.gouv.qc.ca/eau/potable/depliant/index.htm>.
32. Seiler RL. Mobilization of lead and other trace elements following shock chlorination of wells. *The Science of the Total Environment*. 2006;367(2-3):757-68. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16545430>
33. Alberta Health Services. Shock chlorination procedure for contaminated wells. Edmonton, AB: Alberta Health Services; 2011 [cited 2013 Nov 5]; <http://www.albertahealthservices.ca/4323.asp>.
34. Santé Canada. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Le chlore Document technique. Ottawa: Santé Canada; 2009 [cited 2013 Nov 5]; <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/chlorine-chlore/index-fra.php>.
35. Walker M, Newman J. Metals releases and disinfection byproduct formation in domestic wells following shock chlorination. *Drinking Water Engineering and Science*. 2011;4:1-8. <http://drink-water-eng-sci-discuss.net/3/177/2010/dwesd-3-177-2010.pdf>
36. Sonzogni WC, Clary A, Bowman G, Standridge J, Johnson D, Gotkowitz M. Importance of disinfection on arsenic release in wells Madison WI: University of Wisconsin; 2005: <http://digicoll.library.wisc.edu/cgi-bin/EcoNatRes/EcoNatRes-idx?type=header&id=EcoNatRes.SonzogniImport&isize=M&pview=hide>.
37. Ashbolt NJ. Risk analysis of drinking water microbial contamination versus disinfection by-products (DBPs). *Toxicology*. 2004;198(1-3):255-62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tox.2004.01.034>
38. Alberta Agriculture and Rural Development. Shock chlorinating your well Edmonton AB: Alberta Agriculture and Rural Development; 2009.
39. Kreutzweiser R, de Loë R, Imgrund K, Conboy MJ, Simpson H, Plummer R. Understanding stewardship behaviour: factors facilitating and constraining private water well stewardship. *Journal of Environmental Management*. 2011;92(4):1104-14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.017>
40. Government of Saskatchewan. High level chlorine well disinfection. Regina SK: Government of Saskatchewan; 2012 [cited 2013 Nov]. <http://www.health.gov.sk.ca/water-well-disinfection-chlorine-highlevel>.
41. Manitoba Health. How to reduce the risk of well water contamination. Winnipeg MB: Manitoba Health; 2013.
42. Manitoba Health. How to test well water for bacteria. Winnipeg MB: Manitoba Health; 2013.
43. Manitoba Health. How to disinfect a well full chlorination method. Winnipeg MB: Manitoba Health; 2013 [cited 2013 Nov]. <http://www.gov.mb.ca/health/publichealth/environmentalhealth/water.html>.
44. New Brunswick Department of Health. How to chlorinate your well water. St. John NB: The Department; 2013.
45. Newfoundland Labrador. Department of Environment and Conservation. Guidelines for disinfecting dug and drilled wells. St John's NL: The Department; 2013 [cited 2013 Nov]. <http://www.env.gov.nl.ca/env/waterres/cycle/groundwater/well/disinfecting.html>.
46. Nova Scotia Environment and Labour. Disinfection of water wells by chlorination. Halifax NS: Environment and Labour.



47. Ontario Ministry of the Environment. Technical bulletin wells regulation - well disinfection. Toronto ON: The Ministry; 2011.

48. Prince Edward Island Department of Environment LJ. Disinfecting your well. Charlottetown PE: The Department; 2012 [cited 2013 Nov]. <http://www.gov.pe.ca/environment/index.php3?number=1015749&lang=E>.

## Annexe A – Stratégie de recherche documentaire

Les recommandations sur la chloration concentrée examinées dans ce document ont été répertoriées au moyen du moteur de recherche Google en utilisant la combinaison de mots-clés anglais suivante : (*shock chlorination/well chlorination/well disinfection*) + Canada. On a consulté, parmi les pages Web classées en tête, les cinq premières à être destinées au grand public. En même temps, on a essayé de trouver des recommandations existantes pour chaque province et territoire. Les recommandations examinées se limitaient à celles des organismes gouvernementaux et des associations professionnelles reconnues. Ces recommandations se présentaient sous des formes variées : petites brochures, fiches d'information, guides sous forme de livret, cours en ligne modulaire. Les recommandations ont été examinées et comparées selon plus de 50 paramètres liés à différents sujets : objectifs de la chloration, préparation et identification des dangers, calcul de la dose et mélange, désinfection du réseau de distribution de l'habitation, purge, place de la chloration concentrée dans le contexte d'une gestion efficace et responsable des puits. Le tableau 2 présente une version très condensée de cette évaluation.

Les travaux universitaires ont fait l'objet d'une recherche beaucoup plus large au moyen des moteurs Web of Knowledge et Google Scholar, en utilisant les termes de recherche anglais figurant dans la matrice ci-dessous :

<b>Concept 1 :</b> Source d'eau	<b>Concept 2 :</b> Traitement	<b>Concept 3 :</b> Facteurs influant sur l'efficacité
<i>Groundwater well</i>	<i>Maintenance</i>	<i>Biofilm</i>
<i>Private well</i>	<i>Shock chlorination</i>	<i>Chlorine concentration</i>
<i>Water well</i>	<i>Well chlorination</i>	<i>Dissolved organic matter</i>
<i>Well</i>	<i>Well disinfection</i>	<i>Dose</i>
		<i>Effectiveness</i>
		<i>Frequency</i>
		<i>Microbes</i>
		<i>Microbial contamination</i>
		<i>pH</i>

À la différence des recommandations, les publications portant sur l'efficacité de la chloration concentrée pouvaient provenir de n'importe quel pays tant que leur contenu était généralement compatible avec le contexte canadien en termes de conception et de construction des puits (principalement des puits forés présentant un couvercle sanitaire et une cimentation de l'espace interannulaire) et d'influences immédiates sur les puits.

## Annexe B – Tableaux

**Tableau 1.** Étapes de la chloration concentrée standard présentée dans les recommandations provinciales, fédérales et autres. À noter : Ce tableau n'est pas destiné à servir de protocole de chloration concentrée.

Étapes	Description
Préparation et identification des dangers sanitaires	Commencer par repérer et écarter les sources potentielles de contamination du puits. Avertir les utilisateurs, réserver de l'eau à la consommation humaine et contourner les réseaux de traitement des eaux sensibles. Observer les dangers et obtenir l'équipement de sécurité qui convient.
Calcul de la dose de chlore et mélange	Déterminer le volume de réactif qui convient et le mélanger à un volume d'eau hors-sol, puis introduire cette solution au fond du puits (ou aussi profondément que possible) au moyen d'un tuyau d'arrosage. On peut aussi le faire recirculer du puits vers l'habitation puis dans l'autre sens par le tuyau.
Désinfection du réseau de distribution de l'habitation	Faire circuler l'eau chlorée dans la totalité des robinets, de la plomberie et des appareils qui y sont raccordés. Laisser chaque robinet ouvert jusqu'à ce que l'eau ait une forte odeur de chlore, puis le fermer. Utiliser des bandelettes réactives au chlore du commerce pour vérifier qu'on a bien la concentration minimum voulue au robinet.
Temps de désinfection	Laisser la désinfection s'opérer (minimum de 12 h en moyenne).
Purge	Purger le réseau vers une zone non sensible par un robinet extérieur (tuyau d'arrosage) jusqu'à ce que l'odeur de chlore ait diminué, ce qui peut demander des heures ou des jours de pompage lent. L'élimination du chlore doit être confirmée avec des bandelettes réactives du commerce.
Analyses de suivi	Faire analyser la teneur de l'eau en coliformes totaux ou fécaux au bout de 2 à 5 jours, puis de nouveau au bout de quelques semaines. L'eau du puits est considérée comme potable quand elle a passé avec succès 2 ou 3 analyses consécutives.
Entretien	Protéger la qualité de l'eau tout au long de l'année par une bonne gestion du puits, une chloration annuelle ou semestrielle pour éliminer les sources de nuisances bactériennes et une analyse régulière (2 ou 3 fois par an, ou quand quelque chose paraît suspect).

**Tableau 2.** Matrice condensée de l'analyse documentaire comparant les pratiques de chloration concentrée figurant dans les différentes recommandations des organismes gouvernementaux et associations professionnelles du Canada.

Organisme	Agriculture Alberta <sup>24</sup>	Environnement Alberta <sup>38</sup>	Services de santé Alberta <sup>33</sup>	Alberta Water Well Drilling Association <sup>25</sup>	Gouvernement de la C.-B. <sup>26</sup>	Gouvernement de la Saskatchewan <sup>40</sup>	Santé Canada <sup>27</sup>	Santé Manitoba <sup>41, 42, 43</sup>	Gouvernement du Québec <sup>31</sup>	Environnement Nouveau-Brunswick <sup>44</sup>	Gouvernement de Terre-Neuve-et-Labrador <sup>45</sup>	Environnement et Travail Nouvelle-Écosse <sup>46</sup>	Environnement Ontario <sup>47</sup>	Environnement, Travail et Justice Î.-P.-É. <sup>48</sup>
<b>Raisons de la chloration</b>														
Protection sanitaire	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Goût, odeur, aspect	✓		✓	✓	✓		✓			✓	✓			
Entretien du puits	✓	✓		✓	✓						✓			
<b>Calcul de la dose</b>														
Chlore liquide (NaClO)	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Granulés (Ca(ClO <sub>2</sub> ))				✓							✓			
Dose unique						✓		✓						✓
Dose calculée (tableau)	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓	✓	✓	
Calculateur en ligne									✓					
Concentration cible (mg/l)	200	200	50	200	200	n. s.	50	n. s.	50	n. s.	100	100	n. s.	n. s.
<sup>a</sup> Concentration obtenue (mg/l)	128	121	32	183	135	1530	358	605	48	1203	69,5	125	50	432
Vérification de la concentration			✓											
<b>Mélange</b>														
Ajout direct							✓		✓	✓			✓	
Mélange hors-sol	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓			✓	✓		✓
Recirculation					✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	
<b>Temps de désinfection (h)</b>	8 à 48	12 à 48	8	12 à 24	12	12	12 à 24	12 à 24	24	8 à 24	12	12 à 24	12	12
<b>Analyses de suivi</b>														
Nombre d'analyses	n. s.	n. s.	1	n. s.	2	2	2	2	2	1	2 à 3	3	1	2
Jour(s) du suivi	n. s.	n. s.	7	n. s.	7, 30	5, 7	7, 21	7, 30	7, 28	n. s.	10	5, 30, 90		2
<b>Gestion de l'eau</b>														
Choix du site et construction	n. s.	n. s.	✓	✓	✓	n. s.	✓	✓	✓	n. s.	✓	n. s.	✓	n. s.
Protection de la source	n. s.	n. s.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	n. s.	✓	✓	✓	n. s.
Nombre de chlорations par an	n. s.	1	n. s.	1	n. s.	2	n. s.	1	n. s.	>1	n. s.	n. s.	n. s.	1
Nombre d'analyses par an	n. s.	2	n. s.	n. s.	n. s.	1	2 ou 3	1	2	n. s.	1	2	n. s.	n. s.
Mise hors service	n. s.	n. s.	n. s.	✓	n. s.	n. s.	n. s.	✓	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

<sup>a</sup> Les concentrations obtenues ont été calculées selon les recommandations pour un puits hypothétique (75 pieds de profondeur, 25 pieds d'eau, cuvelage de 6 pouces de diamètre). Elles tiennent aussi compte des changements de volume résultant de l'ajout d'eau puisée précédemment pour le mélange et la dissolution du réactif.  
n. s. : non spécifié.

Le présent document a été produit en novembre 2013 par le Centre de collaboration nationale en santé environnementale, basé au Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique.

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

*La production de ce document a été rendue possible grâce à une contribution financière provenant de l'Agence de la santé publique du Canada par l'intermédiaire du Centre de collaboration nationale en santé environnementale. Les vues exprimées dans ce document ne reflètent pas nécessairement les vues de l'Agence ou du Centre.*

Photographies : KeithBinns ; sous licence de iStockphoto

ISBN: 978-1-926933-60-3

© Centre de collaboration nationale en santé environnementale, 2013.

200 – 601 West Broadway  
Vancouver, BC V5Z 3J2

tél. : 604-829-2551  
[contact@ccnse.ca](mailto:contact@ccnse.ca)



National Collaborating Centre  
for Environmental Health

Centre de collaboration nationale  
en santé environnementale

**Pour nous faire part de vos commentaires sur ce document, nous vous invitons à consulter le site internet suivant: [http://www.ccnse.ca/fr/commentaires\\_du\\_document](http://www.ccnse.ca/fr/commentaires_du_document)**