



Désinfection au chlore des approvisionnements en eau privés à usage domestique ou agricole

Février 2006

Description

L'eau potable est soumise à des procédés de désinfection destinés à réduire le risque de maladies causées par des microorganismes comme les bactéries, les virus et les parasites. Des procédés de traitement et de désinfection de l'eau bien conçus réduisent l'exposition aux microorganismes pathogènes (responsables de maladies) ou modifient la structure de l'ADN des organismes en vue d'empêcher leur multiplication ou leur reproduction dans l'appareil digestif d'un animal. L'efficacité du *procédé de désinfection* varie selon la nature de l'organisme, les propriétés chimiques et la pureté de l'eau, la dose de désinfectant et le temps de contact avec l'eau. La désinfection donne les meilleurs résultats lorsque le procédé est appliqué adéquatement sur de l'eau propre qui a déjà subi un prétraitement efficace par filtration. La chloration est l'un des types de désinfection utilisés pour l'eau potable. On utilise aussi couramment d'autres procédés qui font appel au dioxyde de chlore, aux chloramines, à l'ozone et aux rayons ultraviolets (UV). Toutefois, la chloration est l'un des meilleurs procédés de désinfection, car il est possible de maintenir et de mesurer une concentration résiduelle de chlore dans l'eau distribuée. On peut ainsi contrôler continuellement le procédé et réduire les risques d'une reprise de la croissance

d'organismes pathogènes dans les canalisations de distribution. La présente fiche de renseignements donne un aperçu de la désinfection au chlore appliquée aux approvisionnements d'eau privés. La désinfection s'impose dans le cas de l'eau potable pour assurer sa salubrité; elle est également utile dans de nombreuses autres applications agricoles, comme l'abreuvement des animaux de ferme.

Types de chlore utilisés pour la désinfection

On utilise le chlore gazeux comme désinfectant dans certains approvisionnements en eau communautaires et publics, mais cette méthode est trop coûteuse et dangereuse dans le cas des systèmes domestiques ou des petits systèmes agricoles. Les systèmes domestiques qui permettent de traiter l'eau provenant d'approvisionnements privés utilisent de préférence du chlore liquide (hypochlorite de sodium) ou du chlore sec (hypochlorite de calcium).

Chlore liquide :

- Eau de Javel domestique (la solution la plus courante et la mieux adaptée au traitement de l'eau potable)

- Gamme de concentrations de chlore
5 % (pour la lessive domestique)
12 % (dans les blanchisseries),
hypochlorite de sodium
- Plus stable que le chlore sec
- Doit être protégé de la chaleur et du soleil

Chlore sec

- Concentration de chlore disponible : 4 %
- Solution active pendant une semaine
- Soluble dans l'eau
- Poudre stable si bien conservée
- Doit être protégé de la chaleur et du soleil
- Inflammable
- Produit un sédiment qui encrasse le matériel

Sécurité

Le chlore réagit fortement avec d'autres produits chimiques, comme les acides ou l'ammoniac, et il est extrêmement corrosif pour certains matériaux. C'est pourquoi les petits systèmes de chloration ne devraient pas utiliser les produits à base de chlore très concentré que l'on trouve plus couramment dans les stations de traitement de l'eau. Il faut prendre les précautions appropriées dans l'entreposage et la manipulation du chlore (utiliser des lunettes protectrices et des gants en caoutchouc). Tout le matériel utilisé dans les systèmes d'injection de chlore doit pouvoir supporter les concentrations élevées de chlore qui y circulent. L'équipement, les robinets et la canalisation devront être entretenus périodiquement pour assurer la sécurité et l'efficacité des opérations.

Processus intervenant dans la chloration

Le principal objectif de la désinfection est d'éliminer ou d'inactiver les bactéries pathogènes, les virus et les parasites. Les principaux facteurs qui influencent la désinfection sont le pH et la température de l'eau, la concentration de chlore

et le temps de contact avec l'eau. D'autres facteurs comme l'alcalinité de l'eau et la présence d'ammoniac ont un effet sur le procédé de désinfection.

En plus d'agir comme désinfectant, le chlore est également un oxydant puissant qui sert parfois à précipiter les minéraux dissous (p. ex. le fer) dans le cadre d'un procédé de prétraitement. La présente fiche de renseignements ne traite pas de l'utilisation du chlore comme oxydant dans le cadre d'un prétraitement destiné à précipiter les minéraux.

Les procédés de chloration doivent tenir compte des problèmes liés aux multiples réactions en jeu. Le chlore réagit avec les substances organiques présentes dans l'eau (p. ex. le carbone organique dissous, les tanins, les lignines, etc.) et oxyde un certain nombre de substances inorganiques (p. ex. le fer dissous, le manganèse dissous, l'arsenic dissous, l'hydrogène sulfuré, les nitrites, etc.). Ces réactions interfèrent avec la dose de chlore nécessaire pour éliminer les organismes pathogènes. La dose de chlore de départ doit donc être suffisante pour tenir compte de toutes les réactions possibles dans l'eau et assurer un taux de *chlore résiduel* (chlore n'ayant pas réagi) déterminé dans les bassins ou citernes d'entreposage. Le taux de chlore résiduel doit être maintenu dans tout le système de distribution d'eau. Ce taux de chlore résiduel doit être de 1,0 mg/L de chlore total et de 0,2 mg/L de chlore libre au point d'utilisation de l'eau (c.à.d. les robinets d'où l'eau est tirée). [Santé Canada, 2006]

Il existe des trouses d'essai peu coûteuses pour vérifier les concentrations de chlore total et de chlore résiduel. La concentration de chlore ne doit pas être trop élevée, car une trop grande quantité de chlore peut se traduire par un goût et une odeur désagréables. Le taux de chlore résiduel ne doit pas dépasser 4,0 mg/L. [USEPA, 2003]

Une concentration de chlore résiduel n'assure pas nécessairement que l'eau est exempte d'organismes pathogènes, car des impuretés

peuvent protéger les microorganismes de l'effet du produit chimique. Par conséquent, il est important que le procédé de désinfection s'insère dans le cadre d'une approche à barrières multiples. Cette approche consiste à traiter l'eau brute en la soumettant à divers procédés destinés à améliorer sa qualité avant de la soumettre à une désinfection finale. Le traitement de l'eau à barrières multiples s'impose pour toutes les sources d'eau de surface et les eaux souterraines soumises à l'influence des eaux de surface (p. ex. puits peu profonds).

Une approche à barrières multiples pour le traitement d'une eau de surface sur une petite échelle devrait comprendre un système de coagulation et un système de filtration classique ou un système de filtration biologique. Une approche à barrières multiples dans le cas d'un système de traitement d'eau souterraine sur une petite échelle exige une bonne gestion du puits (p. ex. des mesures préventives telles un traitement choc au chlore pour assurer une désinfection adéquate) associée à des procédés de traitement visant les problèmes particuliers liés à l'approvisionnement en eau souterraine (p. ex. l'élimination du fer, de l'arsenic, de la dureté, etc.). Bien qu'un traitement choc au chlore soit une pratique acceptée et recommandée dans les puits, il n'est pas recommandé d'injecter continuellement du chlore ou d'utiliser des chlorateurs à pastilles dans les puits à cause du risque de colmatage des puits et de perturbation grave de l'écosystème biologique des puits. En outre, le chlore peut corroder le tubage et l'adaptateur de branchement du puits.

Le procédé de désinfection au chlore dans le cas d'un approvisionnement en eau de surface ou souterraine est utilisé **à la sortie** des dispositifs de traitement primaire de façon à ce que la désinfection s'exerce sur l'eau la plus pure et la plus propre possible. On a ainsi les meilleures chances de maintenir la concentration de chlore résiduel voulue dans l'eau entreposée et dans le système de distribution d'eau. La figure 1 donne un exemple de procédé de désinfection d'eau de surface..

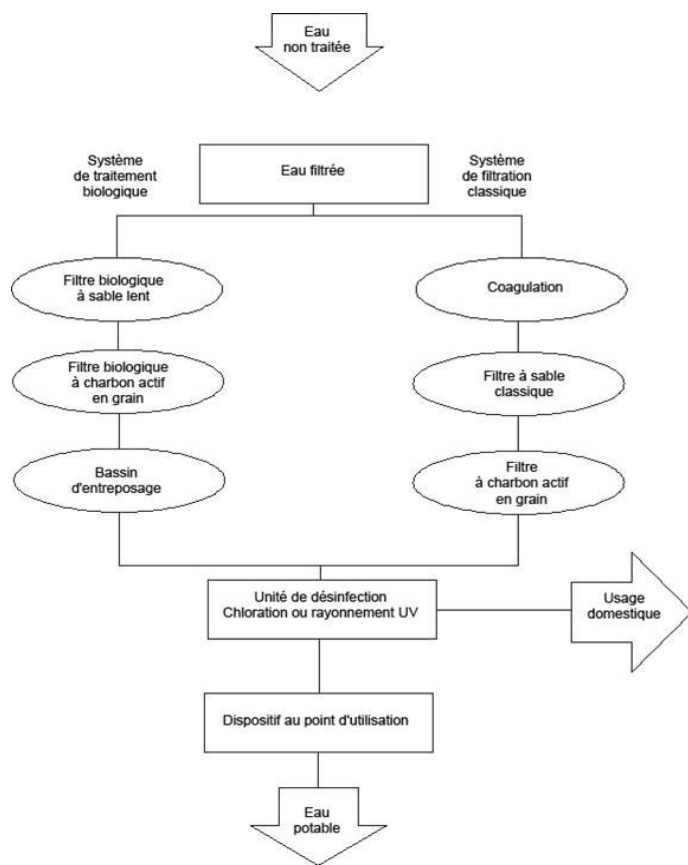


Figure 1: Désinfection après traitement primaire

Préoccupations liées à la désinfection au chlore

Le chlore a un inconvénient : il donne des sous-produits de désinfection en réagissant avec l'eau contenant des quantités excessives de matière organique telle que le *carbone organique dissous* (COD) ou les *tanins*. Certains de ces sous-produits comme les *trihalométhanes* (THM) et les *acides haloacétiques* peuvent causer le cancer. Les sous-produits de désinfection dans l'eau potable ne doivent pas dépasser les quantités prescrites dans les *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada*. En règle générale, plus la concentration de matière organique est élevée, plus la concentration de sous-produits risque d'être élevée. Face à ce

problème, le système de traitement de l'eau doit être conçu de façon à réduire la concentration de COD avant la désinfection au chlore (idéalement, réduire le COD à environ 4 ou 5 mg/L ou moins). On peut efficacement réduire le COD au moyen d'un filtre à charbon actif en grain (CAG) bien conçu et entretenu adéquatement ou encore de filtres à charbon actif biologiques (CAB). Les filtres à charbon en grain utilisés pour éliminer le COD doivent être remplacés fréquemment. Dans le cas des filtres à charbon actif biologiques, il faut assurer un débit continu et une concentration d'oxygène adéquate pour que la réduction du COD soit efficace. On peut aussi utiliser des procédés de coagulation avancés (doses élevées bien gérées) destinés à réduire les concentrations de COD.

Méthodes de chloration

On ajoute habituellement le chlore liquide après les premières étapes de traitement (sédimentation, coagulation, filtration, etc.). On mélange une solution de chlore prédéterminée dans un réservoir de stockage. Une *pompe d'injection* (figure 2) pompe continuellement la solution de chlore dans l'eau au moyen d'un diffuseur à venturi intégré qui mélange le chlore dans l'eau prétraitée. Il faut un temps de contact suffisant pour permettre au chlore de réagir et pour assurer la désinfection. Les petits systèmes sont souvent dotés d'un bassin de contact ou de serpentins destinés à maintenir le temps de contact voulu (souvent environ 20 à 30 minutes selon le système).



Figure 2: Pompes d'injection

Problèmes liés au fonctionnement et à l'entretien

Lorsque la qualité de l'eau varie, il faut vérifier et rectifier le taux de chlore résiduel. Il est donc courant de procéder souvent à des rectifications dans le cas de sources d'eau de surface. La qualité de l'eau d'un puits reste à peu près constante, à moins d'être directement influencée par de l'eau de surface (ce qui arrive habituellement dans le cas des puits d'une profondeur inférieure à 30 mètres dans un sol perméable).

La technique de mélange par aspiration à venturi fait appel à une vanne d'injection qui introduit le chlore dans l'eau. Il faut un débit constant d'eau dans la vanne du venturi pour que le système soit efficace; cette technique n'est donc pas idéale dans les modes de fonctionnement en discontinu. Il n'est possible d'obtenir un débit constant qu'à certains endroits dans un système de distribution d'eau. En mode discontinu, l'injection de chlore devant une cloison non métallique ou une citerne cloisonnée sera plus efficace.

Pour obtenir une bonne désinfection, il faut la bonne dose de chlore et que les pompes d'alimentation en produits chimiques et le système d'aspiration par venturi fonctionnent bien et soient bien entretenus. Des solutions de chlore trop ou pas assez concentrées peuvent nuire à l'efficacité de la chloration ou entraîner un taux de chlore résiduel trop élevé. Les pompes peuvent perdre leur amorçage et ne pas injecter adéquatement la solution de chlore, même si elles semblent fonctionner normalement. Des venturis colmatés risquent de ne pas injecter une dose efficace de chlore. Un système d'aspiration par venturi doit être entretenu régulièrement pour être efficace. Si possible, la solution d'hypochlorite de sodium ne doit pas être diluée avec de l'eau brute, laquelle peut contenir des impuretés, des minéraux oxydés, des organismes, etc. et ainsi colmater ou encrasser la pompe d'alimentation ou le système

venturi. Les venturis sont sensibles à l'incrustation d'hypochlorite de sodium qui peut modifier considérablement leurs propriétés de fonctionnement. Les solutions de chlore préparées à partir de chlore granulé sont rarement exemptes de particules et peuvent souvent entraîner un colmatage ou un encrassement des systèmes d'alimentation.

Pour une désinfection efficace, les petits systèmes de chloration doivent être adaptés à l'eau à traiter. Le système doit être utilisé et entretenu adéquatement, et le matériel doit être inspecté chaque jour. Il faut vérifier le taux de chlore résiduel plusieurs fois par semaine au moyen d'essais et d'un système d'enregistrement et de surveillance permettant de mesurer ce taux continuellement. Dans le cas contraire, il est impossible d'obtenir une désinfection efficace.

Dose de désinfection et temps de contact

Pour obtenir une désinfection efficace, il faut laisser au chlore le temps de réagir avec l'eau et les organismes pathogènes visés. La dose de chlore doit être supérieure à la demande en chlore (les réactions causées par la matière organique et inorganique), et il doit rester un taux de chlore résiduel. La désinfection se produit durant le *temps de contact* entre le chlore et les organismes visés. Plus le temps de contact est long (dans des limites raisonnables), plus efficace est la désinfection. Comme on l'a fait remarquer à la rubrique « Préoccupations liées à la désinfection au chlore », la formation des sous-produits de la désinfection au chlore doit être bien gérée et bien contrôlée. On applique une concentration de chlore prédéterminée (C) à l'eau pendant un certain temps de contact (T). Le produit de ces deux valeurs est la valeur CT. La concentration de chlore (C) est le taux de chlore résiduel le plus bas maintenu continuellement dans le procédé de traitement, alors que le temps (T) est le temps d'exposition à ce taux de chlore résiduel.

La désinfection est moins efficace à pH élevé et à basse température. Par conséquent, il faut des valeurs de CT plus élevées dans ces conditions. En d'autres mots, la désinfection au chlore est plus efficace lorsque le pH est bas (<6) et que la température est élevée (>20 °C).

Les systèmes fermés comportent des bassins de contact munis d'un reniflard (soupape qui aspire l'air lorsque la pression devient inférieure à la pression atmosphérique). Les petites bassins de contact fonctionnent bien dans le cas de systèmes ouverts. Le temps de contact varie selon le type d'organisme. La chloration n'est pas efficace contre des parasites tels *Giardia* ou *Cryptosporidium* – même en augmentant le temps de contact; ces parasites pathogènes possèdent une épaisse carapace qui les protègent de l'action du chlore. Voilà une autre raison d'utiliser des procédés de prétraitement efficaces pour éliminer ces types d'organismes avant de désinfecter l'eau au chlore.

Élimination de l'excès de chlore

En dernier lieu, lorsque des taux élevés de chlore résiduel sont présents dans l'eau traitée, on élimine souvent l'excès de chlore au moyen d'un filtre CAG (à charbon actif en grain). Toutefois, bien que l'eau ait été désinfectée et qu'elle puisse contenir du chlore résiduel, la présence de filtres CAG peut s'accompagner d'une prolifération importante de bactéries hétérotrophes et parfois d'autres bactéries dont le nombre peut dépasser les quantités prescrites dans les *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada* et rendre l'eau impropre à la consommation, à la cuisson et au brossage des dents. Les filtres CAG utilisés de cette façon doivent être contrôlés et remplacés régulièrement. Des dispositifs de désinfection aux rayons UV peuvent être ajoutés à la sortie des filtres CAG pour réduire le nombre de bactéries qu'entraîne l'utilisation de ces filtres.

On peut utiliser de petits dispositifs d'affinage de l'eau désinfectée au point d'utilisation. Même lorsque le taux de chlore résiduel est normal, il faut le réduire dans le cas de certains systèmes utilisés au point d'utilisation comme les systèmes d'osmose inverse, car le chlore peut endommager la membrane avec le temps. On réduit le taux de chlore résiduel en intégrant un petit filtre CAG qui devra être remplacé régulièrement. À la sortie du système d'osmose inverse, l'eau peut alors être désinfectée au moyen d'une petite lampe UV.

Autres types de désinfection

Il existe principalement quatre autres types courants de désinfection, qui reposent sur le dioxyde de chlore, les chloramines, l'ozone et les rayons UV. Le dioxyde de chlore et les chloramines ne conviennent pas aux usages domestiques ruraux à cause de leur prix et des dangers qu'ils comportent. L'ozone est un oxydant puissant et beaucoup plus corrosif que le chlore. Toutefois, il s'agit d'un agent stérilisant très efficace qui exige un temps de contact plus court et une dose plus faible que le chlore. L'ozone est un gaz qui doit être produit sur place à l'aide d'oxygène et d'électricité; il faut un système de détection de l'ozone gazeux à des fins de sécurité. Compte tenu de la complexité du procédé d'ozonation, on l'utilise peu souvent sur une petite échelle, encore moins à l'échelle domestique. La désinfection aux rayons UV fait appel à une lampe UV spéciale qui empêche la reproduction des agents pathogènes. Les rayons UV sont faciles à utiliser, ils exigent un temps de contact court et les ampoules sont facilement disponibles. L'un des problèmes associés aux rayons UV est la nécessité de remplacer l'ampoule lorsqu'elle est recouverte de matière organique ou de dépôts minéraux, car l'ampoule devient alors moins efficace. On recommande que la lampe ait son propre bloc d'alimentation. Certains producteurs préfèrent les systèmes UV parce qu'ils ne communiquent ni odeur ni goût à l'eau, mais le principal inconvénient de ces systèmes provient du fait qu'il n'existe aucun moyen de déterminer leur

efficacité courante, étant donné qu'aucune valeur résiduelle ne peut être mesurée dans l'eau.

Résumé

La désinfection au chlore est la dernière étape dans le cadre d'une approche à barrières multiples visant à produire de l'eau salubre dans un contexte domestique rural et agricole. C'est la méthode de désinfection de l'eau la plus utilisée, et c'est l'une des plus efficaces lorsqu'elle est bien maîtrisée. Lorsque le prétraitement, la dose de chlore, le temps de contact et l'entretien sont adéquats, la chloration détruit efficacement bon nombre de bactéries pathogènes et de virus. En outre, le chlore est facile à contrôler et peu coûteux à utiliser dans le cadre d'un traitement de l'eau de surface ou souterraine en milieu rural.

Pour obtenir plus de renseignements sur la protection et l'amélioration des approvisionnements en eau en milieu rural, vous pouvez communiquer avec le bureau de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies (ARAP) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada le plus près de chez vous, ou vous rendre sur le site Web de l'ARAP au : www.agr.gc.ca.

Références:

Water Chlorination Principles and Practices
AWWA M20 Manual of Water Supply Practices, American Water Works Association, Denver, (1973), 84 pp., ISBN-0-89867-078-0

Santé Canada

Conseils pour un approvisionnement en eau potable salubre dans les secteurs de compétence fédérale – Version 1 Section 6.3 Chlore/ chloramine résiduels, 2005, ISBN: H128-1/05-440F. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/guidance-federal-conseils/framework-app-cadre-4_f.html#residuels
(Consulté le 13 février 2006)
Recommandations pour la qualité de l'eau

potable au Canada, mars 2006
http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/doc_sup-appui/sum_guide-res_recom/index_f.html
(Consulté le 21 février 2006)

United States Environmental Protection Agency
National Primary Drinking Water Regulations; List
of Drinking Water Contaminants & MCLs
<http://www.epa.gov/OGWDW/mcl.html#mcls>
EPA 816-F-03-016 June 2003
(Consulté le 21 février 2006)

Quality Farm Dugouts (2002), Alberta
Agriculture, Food and Rural Development
[http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/eng4696](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/eng4696)
(Consulté le 21 février 2006)

Water Wells that Last For Generations (1998),
Alberta Agriculture, Food and Rural Development
[http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/wwg404](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/wwg404)
(Consulté le 21 février 2006)

The Chlorination/Chloramination Handbook,
Water Disinfection Series (1996), American Water
Works Association, Denver, 171 pp.

Chlorination of Drinking Water, Private Well
Owners Guide, Wilkes University, Wilkes-Barre,
PA (2004)
http://www.water-research.net/water_treatment/chlorination.htm
(Site inactif le 21 février 2006)

Author: K. Ryde, AAC-ARAP

Approbation : Le présent document ne saurait en aucun cas être considéré comme une approbation par l'ARAP ou par Agriculture et Agroalimentaire Canada des produits et services qui y sont mentionnés.

Ces renseignements sont offerts gratuitement à la seule fin d'informer l'utilisateur, et, bien qu'on les croit être exacts, ils sont fournis « tels quels » sans garantie expresse ou implicite, notamment en ce qui concerne leur exactitude ou leur adaptation à un usage particulier. La Couronne, ses agents, ses employés ou ses fournisseurs ne pourront être tenus responsables de tout dommage direct ou indirect ou perte de profits ou de données découlant de l'utilisation de ces renseignements. Les utilisateurs ont la responsabilité de s'assurer de l'exactitude des données et de la conformité au bon usage.