



Méthodes de traitement de l'eau

Décembre 1997

INTRODUCTION

L'Initiative pour l'amélioration de la qualité de l'eau de surface (IAQES) a été financée par l'Entente Canada-Saskatchewan sur le plan vert en agriculture dans le but de rechercher des solutions abordables et fiables aux problèmes de qualité de l'eau des exploitations agricoles des Prairies. L'une des manières d'obtenir de l'eau de bonne qualité et sans danger pour la consommation domestique (boisson et cuisine) consiste à utiliser un système domestique de traitement de l'eau.

La recherche s'est penchée sur le traitement des approvisionnements en eau de surface, notamment les petits étangs-réservoirs agricoles, qui présentent souvent des problèmes très importants au plan de la qualité de l'eau. Certains travaux de recherche ont également porté sur les approvisionnements en eau souterraine, qui requièrent souvent des techniques de traitement particulières, adaptées aux problèmes spécifiques des eaux souterraines.

Aucun processus de traitement de l'eau ne peut s'appliquer de façon universelle. Chaque procédé comporte des limites et est généralement combiné à plusieurs autres systèmes pour fournir une eau d'une qualité appropriée compte tenu de l'approvisionnement disponible.

Le présent document décrit le contexte des autres fiches de la série **La qualité de l'eau, ça compte!** :

- les caractéristiques générales de quelques systèmes domestiques de traitement de l'eau;
- la nécessité d'appliquer un traitement suivant le principe des « barrières multiples » afin de garantir l'innocuité de l'eau;

- l'importance d'analyser la qualité de l'eau;
- les exigences générales de fonctionnement et d'entretien.

Les systèmes domestiques de traitement étudiés dans le cadre de l'IAQES sont décrits en détail dans d'autres fiches de la série **La qualité de l'eau, ça compte!**

LES SYSTÈMES DOMESTIQUES DE TRAITEMENT DE L'EAU

Le traitement de l'eau consiste à appliquer des procédés de traitement physiques, chimiques et biologiques, ces trois types de procédés étant nécessaires pour produire une eau de haute qualité et sans danger à partir de certaines sources. Nous examinerons d'abord les systèmes primaires utilisés pour traiter un volume d'eau suffisant pour tous les usages domestiques, puis les dispositifs complémentaires, qui améliorent la qualité et l'innocuité de l'eau de boisson et de cuisine. Nous décrirons brièvement les systèmes domestiques de traitement pour les eaux de surface et souterraines. Nous évoquerons également la nécessité de pratiquer la stérilisation comme phase ultime de traitement.

Les systèmes primaires

Traitement physique

Le procédé de traitement de l'eau le plus répandu est le procédé physique de filtration. Par exemple, les filtres au sable permettent d'enlever les grosses particules présentes dans l'eau. Les filtres au charbon actif granulaire (CAG) filtrent les particules de l'eau et absorbent les matières organiques dissoutes et autres contaminants. La capacité

d'absorption d'un filtre au CAG est limitée; celui-ci est « usé » ou « épuisé » lorsque le charbon ne peut plus absorber les contaminants. Le charbon favorise également la croissance des bactéries et insectes, ce qui risque de compromettre le fonctionnement du filtre et la qualité de l'eau. Pour ces raisons, il est recommandé de remplacer le charbon dès que sa capacité d'absorption est épuisée. Ces techniques de filtration sont communément utilisées pour les sources d'eau de surface, et elles doivent être suivies d'une stérilisation afin de fournir une eau potable sans danger.

Traitement chimique

On recourt fréquemment à un procédé chimique de traitement de l'eau, la coagulation, pour éliminer les particules en suspension ou dissoutes dans l'eau. Actuellement, la coagulation n'est pas pratiquée dans les exploitations agricoles en raison de la complexité de la détermination et du réglage des dosages chimiques. Les travaux réalisés dans le cadre de l'IAQES ont examiné les moyens de simplifier les procédés de coagulation des approvisionnements en eau agricoles (voir la fiche de la série **La qualité de l'eau, ça compte!** intitulée « La coagulation des étangs-réservoirs »).

Traitement biologique

Les procédés biologiques de traitement de l'eau sont fréquemment utilisés dans les petites et grandes stations municipales de traitement d'eau en Europe et deviennent de plus en plus intéressants pour les stations de traitement nord-américaines. Les procédés biologiques reposent sur la vie biologique existante dans l'eau. Ils consistent à optimiser dans l'eau les conditions propices au développement de l'activité biologique souhaitable dans le groupe de filtration. Ce procédé est conçu pour éliminer par biodégradation les éléments indésirables, comme les matières organiques dissoutes, le fer ou l'arsenic. De plus, certains procédés biologiques sont censés « régénérer » la capacité d'absorption du charbon épuisé. Ces procédés sont prometteurs pour le traitement de l'eau de surface des Prairies, riche en matières organiques, ainsi que de certains

paramètres de l'eau souterraine. L'IAQES a étudié les procédés biologiques de traitement interne des approvisionnements en eau de surface et souterraine (voir les fiches de la série **La qualité de l'eau, ça compte!** intitulées « Le traitement biologique des eaux de surface » et « Le traitement biologique des eaux souterraines »).

Les dispositifs complémentaires

Après les procédés de traitement primaires, on ajoute souvent un dispositif complémentaire comme un système de filtration sur membrane et de distillation ou un filtre de céramique. Ces dispositifs sont généralement très élaborés et leur efficacité est souvent limitée par la qualité de l'approvisionnement d'eau. On s'en sert pour produire en petite quantité de l'eau de très haute qualité pour la boisson et la cuisine.

Les membranes

Les membranes sont des matériaux synthétiques qui servent de tamis très fin pour produire une petite quantité d'eau traitée en rejetant un grand volume d'eau de mauvaise qualité. Le procédé utilisant la membrane la plus dense est l'osmose inverse, dont le seuil de rétention des molécules (SRM) va de 50 à 200; ce processus est capable de rejeter même les plus petits ions inorganiques comme l'aluminium, ainsi que les bactéries, les virus, les parasites et les protozoaires. Vient ensuite la nanofiltration, légèrement moins dense, dont le SRM s'échelonne de 200 à 1 000. Une membrane de nanofiltration est également capable d'éliminer les bactéries, virus, parasites et protozoaires; si son SRM est inférieur ou égal à 300, elle peut également écarter une grande quantité de matières organiques. L'ultrafiltration recourt à des membranes encore moins denses; son SRM permet de rejeter des particules de 1 000 à 0,1 microns de diamètre. Enfin, la microfiltration filtre quant à elle des particules de 0,1 à 2 microns. Ces intervalles sont approximatifs et on peut noter plusieurs chevauchements entre les types de membrane, selon le classement fourni par le fabricant. En général, la membrane d'une unité simple rejette environ 10 litres d'eau pour chaque litre

produit. Cette proportion peut augmenter avec plusieurs facteurs : baisse de température, inadéquation du traitement préalable, salissure de la membrane. Pour que le procédé fonctionne efficacement, il faut une pression adéquate pour contraindre l'eau à traverser la membrane; cela nécessite parfois l'ajout d'une pompe de surpression.

Les filtres de céramique

Les filtres de céramique donnent une eau d'excellente qualité, exempte de bactéries et de parasites, en la faisant passer à travers une cartouche de céramique poreuse. Dans la mesure où seul un faible volume d'eau peut être traité, l'emploi de ces filtres est limité aux unités d'évier de cuisine produisant de l'eau de boisson et de cuisine. Ces filtres ne sont pas toujours capables d'enlever certains virus parfois présents dans l'eau. Par ailleurs, ils ont tendance à se boucher rapidement si l'eau contient des particules ou si elle est trouble.

Les distillateurs

Les distillateurs purifient l'eau en condensant la vapeur produite par le chauffage de l'eau à l'électricité. L'entretien du distillateur est un aspect essentiel : il faut le nettoyer régulièrement pour enlever les accumulations de tartre. Les distillateurs fonctionnent à l'électricité; c'est donc un coût dont il faut tenir compte.

Les systèmes de traitement des eaux souterraines

Les procédés de traitement des eaux souterraines sont conçus pour résoudre les problèmes propres à ce type de source d'eau. Par exemple, le fer et le manganèse sont souvent traités par strippage à l'air, par oxydation ou par un filtre au sable vert. On traite souvent le calcium et le magnésium (dureté) par un dispositif filtrant d'adoucissement par échange d'ions. Les problèmes d'arsenic, de sodium et de sulfate peuvent être atténués avec des procédés plus élaborés, comme la distillation ou la filtration sur membrane par osmose inverse.

La stérilisation

Tout procédé de traitement de l'eau – de surface ou souterraine – doit comporter comme dernière étape la

stérilisation, qui permet de garantir que l'eau ne présente aucun danger microbiologique (qu'elle est exempte de bactéries, de virus et de protozoaires parasites). L'objectif est de veiller à ce que le procédé de stérilisation ait une concentration et un temps de contact suffisants pour tuer la contamination microbienne avant que l'eau ne soit distribuée. Même après le traitement, l'eau peut être recontaminée dans les canalisations (p. ex., par une couche de dépôts organiques accumulée sur la paroi des tuyaux). Il est donc important que l'eau traitée contienne encore suffisamment de stérilisant chimique (résidu) pour éviter toute revivification microbienne ou recontamination lorsque l'eau circulera dans les canalisations.

Le procédé de stérilisation le plus répandu, le plus économique et le plus fiable est la chloration, qui a l'avantage de maintenir et de mesurer le taux de chlore résiduel dans le système de canalisations et les robinets afin d'assurer la poursuite du processus de stérilisation pendant la distribution de l'eau. Plus récemment sont apparues l'ozonation et la désinfection par rayonnement ultraviolet, mais l'efficacité de ces procédés est plus difficile à mesurer.

Quel que soit le procédé utilisé, l'eau doit être convenablement traitée au préalable pour que la stérilisation se produise et que l'eau demeure libre de toute contamination microbienne.

Les séquences de traitement

Une séquence de traitement de l'eau est un système regroupant plusieurs procédés ou dispositifs particuliers nécessaires au traitement d'un approvisionnement d'eau qui présente plusieurs problèmes de qualité. La séquence domestique de traitement la plus courante actuellement dans les exploitations agricoles canadiennes des Prairies pour les approvisionnements en eau de surface comprend un filtre à pression sur sable, un filtre au charbon, un adoucisseur et un injecteur de chlore. La séquence générale de traitement d'un approvisionnement d'eau typique comprend les étapes suivantes. La coagulation chimique fait décanter les particules et matières dissoutes dans la source d'eau. L'eau décantée, plus propre, passe ensuite dans un

filtre sur sable et, au besoin, d'autres procédés de traitement s'ajoutent au système. On utilise souvent la filtration au CAG lorsque l'eau de la source présente un taux élevé de matières organiques, comme dans le cas des étangs-réservoirs. Si l'eau est dure (ce qui arrive fréquemment dans les nappes d'eau souterraines), on peut incorporer un procédé d'adoucissement à la séquence. Souvent, il faut corriger le pH de l'eau afin d'optimiser le traitement et de fournir une eau qui ne soit ni acide ni alcaline. La stérilisation est généralement la dernière étape du traitement de l'eau.

- une pompe de surpression pour augmenter la pression,
- un préfiltre cartouche profondeur,
- un préfiltre au charbon,
- la membrane d'osmose inverse,
- un postfiltre au charbon.

LE PRINCIPE DES « BARRIÈRES MULTIPLES »

Le principe des « barrières multiples » est fondamental dans la production d'une eau de grande qualité et sans danger; il est appliqué dans toutes les stations collectives de traitement d'eau potable conçues et exploitées convenablement. On incorpore une « barrière » à chaque étape de l'approvisionnement et de la fourniture d'eau. Ces barrières sont destinées à protéger l'eau et à en améliorer la qualité; les petits agriculteurs peuvent aussi adopter le principe des barrières multiples. Le tableau 1 ci-dessous résume une généralisation du principe des barrières multiples.

Tableau 1 : Les barrières multiples

ÉTAPE	BARRIÈRE	EXEMPLES, DÉTAILS
1	Plan de protection du bassin versant	bonnes pratiques de gestion (BPG) dans l'utilisation des terres; p. ex., éloigner les déchets d'origine animale de la source d'eau
2	BPG de la source d'eau	p. ex., mise en place de prises d'eau de surface, utilisation d'algicides, chloration concentrée des puits
3	Décantation (eau de surface)	permet aux grosses particules de décanter hors de l'eau
4	Séquence de traitement	coagulation chimique (eau de surface) filtration (sable, charbon ou autres au besoin) adoucissement (généralement utilisé pour les approvisionnements en eau souterraine)
5	Stérilisation	après le traitement et en permanence dans le système de distribution
6	Mise en œuvre et entretien sécuritaires	indispensables pour les systèmes de traitement et de distribution
7	Contrôle de la qualité finale de l'eau	analyses périodiques de l'eau au point de consommation

Aucun procédé de traitement de l'eau ne peut à lui seul traiter réellement et efficacement tous les problèmes d'un approvisionnement donné. Dans une séquence de traitement, chaque barrière est conçue pour protéger la qualité de l'eau, pour régler des problèmes de qualité particuliers ou à ces deux fins à la fois. Un système de



Le système de traitement des eaux souterraines comporte plusieurs barrières :

- un filtre sur sable biologique,
- un filtre au charbon biologique,
- une cuve de stockage,
- un adoucisseur, le tout servant à fournir l'eau à usage domestique général,
- un dispositif complémentaire à osmose inverse pour l'évier de la cuisine.



Le dispositif complémentaire à osmose inverse comprend :

traitement comportant plusieurs barrières règle plusieurs problèmes de qualité de l'eau, ce qui améliore le niveau de protection à chaque étape de traitement. La conception du système de traitement intègre des barrières capables de régler les problèmes propres à la source concernée. Dans tout système de traitement, la dernière étape est la stérilisation, qui garantit la protection contre la contamination microbienne. Cette phase est essentielle pour garantir que l'eau est sans danger au moment du traitement et qu'elle le demeurera après la distribution dans les tuyaux.

Il faut toujours traiter l'eau potable provenant d'un approvisionnement de surface (comme un cours d'eau, un lac ou un réservoir), quelle qu'en soit la source ou l'apparence. Même si l'eau n'est pas utilisée pour la boisson, la filtration et la stérilisation contribueront à en améliorer l'innocuité et la qualité. Pour l'eau de surface des Prairies, qui présente souvent une teneur élevée en matières organiques, la meilleure méthode consiste à réduire la concentration de carbone organique dissous (COD) dans l'eau avant de la stériliser. Le système de traitement d'une eau de surface pourrait comprendre une filtration au sable suivie d'une filtration au charbon et d'une chloration. Un tel procédé permettrait de fournir de l'eau à usage domestique général. Pour obtenir une eau de boisson et de cuisine qui soit sans danger, la barrière finale pourrait être constituée d'un dispositif pour robinet de cuisine comprenant un système d'osmose inverse tolérant au chlore, une membrane de nanofiltration, un distillateur ou un filtre de céramique.

En cas de doute sur la capacité d'un système domestique de traitement de produire une eau potable sans danger, une option consisterait à utiliser ce système pour l'eau à usage domestique général pour le bain et le lavage, tout en tirant de l'eau potable sans danger d'un approvisionnement fiable en eau traitée. Il faut cependant éviter que les procédures d'acheminement et de stockage ne compromettent l'innocuité de l'eau. L'eau potable doit être stockée dans des conteneurs propres et réfrigérée. Si l'on ne prend pas ces précautions, des organismes microbiologiques risquent de se développer et de contaminer l'eau.

CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Toute eau traitée doit faire l'objet d'analyses à plusieurs fins :

- vérifier que les systèmes fournissent une eau sans danger et d'aspect très satisfaisant;
- évaluer l'efficacité du traitement;
- sélectionner les procédés de traitement adaptés aux problèmes spécifiques de qualité de l'eau.

L'eau potable utilisée dans une exploitation agricole doit être analysée périodiquement, quatre fois par an, pour garantir qu'elle est sans danger et qu'elle ne contient aucun micro-organisme. L'eau traitée est prélevée dans des conteneurs adéquats fournis par un laboratoire de santé publique ou privé, et on y recherche la présence de coliformes. Une eau potable de bonne qualité ne doit contenir aucun coliforme détectable; la présence de coliformes indique en effet un risque de contamination.

C'est une bonne idée d'analyser les sources d'eau de surface en février et en août de chaque année afin d'en contrôler le COD, le phosphore, la coloration, la turbidité et l'oxygène et d'y apporter les correctifs nécessaires. Si la concentration de ces paramètres n'est pas conforme aux objectifs souhaités, il peut s'avérer nécessaire d'améliorer les BPG du bassin versant ou de la source d'eau, ou encore de modifier ou de moderniser le système domestique de traitement, par exemple en remplaçant le charbon épuisé.

Il faut également analyser l'eau des puits souterrains en février et en août, afin d'y contrôler les paramètres qui risquent de causer problème. On recherche alors la présence de coliformes, de COD et de nitrates dans l'eau des puits de surface. Dans les puits profonds, outre les coliformes et le COD, il faut analyser d'autres paramètres préoccupants comme la dureté de l'eau et sa teneur en arsenic, en fer, en manganèse, en sodium et en sulfates. Pour plus de renseignements sur ces thèmes, consultez la fiche de la série **La qualité de l'eau, ça compte!** intitulée « Problèmes de qualité de l'eau dans les Prairies ».

FONCTIONNEMENT ET ENTRETIEN

Chaque procédé de traitement de l'eau a ses limites et requiert des activités de fonctionnement et d'entretien spécifiques, notamment le remplacement des composants essentiels conformément aux instructions du fabricant. L'omission de ces mesures risque de compromettre l'efficacité du système de traitement. Les procédures spécifiques de fonctionnement et d'entretien sont abordées dans d'autres fiches de la présente série. Rappelons toutefois les principales mesures à prendre :

- Nettoyer régulièrement les filtres au sable et au charbon.
- Changer le charbon lorsqu'il est épuisé. Le charbon servant à traiter l'eau des étangs-réservoirs des Prairies peut s'user rapidement; il faut alors le remplacer plusieurs fois par an pour produire une eau de qualité optimale.
- Les injecteurs de chlore nécessitent des réglages; il faut vérifier la dose de chlore chaque semaine pour s'assurer que le chlore résiduel au robinet est adéquat pour la boisson. Lorsque la filtration et le temps de contact sont adéquats, la concentration totale de chlore résiduel est de 0,5 mg/L et celle du chlore libre résiduel est de 0,2 mg/L.
- Remplacer les cartouches profondeur des préfiltres à membranes (généralement de 5 µm) au moins de deux à quatre fois par an dans le cas des membranes d'osmose inverse pour évier de cuisine.
- Changer les cartouches des préfiltres à membrane au charbon des dispositifs pour éviers de cuisine plusieurs fois par an.
- Remplacer les membranes tous les deux à cinq ans.
- Nettoyer les distillateurs une fois par mois.

CONCLUSION

Le défi du traitement de l'eau est de fournir une eau de haute qualité à prix abordable, tout en gérant tous les problèmes potentiels d'un approvisionnement donné et du système de traitement. Pour garantir une eau de bonne qualité pour tous les usages domestiques, il est nécessaire d'appliquer le principe des « barrières multiples » pour traiter les problèmes propres à un approvisionnement donné. Pour qu'un système de traitement fonctionne correctement, il faut prendre les mesures de fonctionnement et d'entretien adéquates et vérifier périodiquement la qualité de l'eau.

Les principes généraux et l'aperçu du traitement de l'eau énoncés dans la présente fiche constituent des éléments de référence pour toutes les publications subséquentes de la série **La qualité de l'eau, ça compte!** consacrées aux divers systèmes domestiques de traitement étudiés dans le cadre de l'IAQES de la Saskatchewan financée par l'Entente Canada-Saskatchewan sur le plan vert en agriculture.

Pour plus de renseignements sur la qualité de l'eau et les techniques de traitement de l'eau dans les régions rurales des Prairies :

- communiquez avec votre bureau local de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies (l'ARAP est une direction générale d'Agriculture et Agroalimentaire Canada);
- lisez les autres fiches de la série **La qualité de l'eau, ça compte!** de l'ARAP;
- demandez à l'ARAP un exemplaire de *La qualité de l'eau dans les régions rurales des Prairies : à la recherche de solutions pour les utilisateurs agricoles (Rural Prairie Water Quality : Searching for Solutions for On-Farm Users)*;

AUTEUR : D. CORKAL, ARAP

FINANCEMENT : La présente publication a été financée en partie par l'Entente Canada-Saskatchewan sur le plan vert en agriculture et l'Entente Canada-Saskatchewan sur l'aide à l'innovation en agroalimentaire.

APPROBATION : Le présent document ne doit 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.