

**MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT**

**ET DE LA LUTTE CONTRE**

**LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

## **Guide pour l'évaluation du risque associé aux rejets d'eaux chlorées dans le milieu aquatique**

**Coordination et rédaction**

Cette publication a été réalisée sous la coordination de la Direction générale du suivi de l'état de l'environnement du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). Direction de la qualité des milieux aquatiques.

**Renseignements**

Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information.

Téléphone : 418 521-3830  
1 800 561-1616 (sans frais)

Télécopieur : 418 646-5974

Formulaire : [www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp](http://www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp)

Ou

Visitez notre site Web : [www.environnement.gouv.qc.ca](http://www.environnement.gouv.qc.ca)

**Référence à citer**

Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2022. *Guide pour l'évaluation du risque associé aux rejets d'eaux chlorées dans le milieu aquatique*. 14 p. [En ligne].

Dépôt légal – 2022  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
Format : PDF  
ISBN : 978-2-550-90931-6

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec – 2022

# ÉQUIPE DE RÉALISATION

## Rédaction

Lise Boudreau<sup>1</sup>

Isabelle Guay<sup>1</sup>

Guillaume Tétrault<sup>1</sup>

## Collaboration

Abigaëlle Dalpé-Castilloux<sup>1</sup>

Wilson Ochoa<sup>2</sup>

## Révision

Andréanne Bienvenue<sup>3</sup>

Philippe Cantin<sup>3</sup>

Sylvain Chouinard<sup>2</sup>

Donald Ellis<sup>3</sup>

Marianne Métivier<sup>1</sup>

## Mise en page

Manon Laplante<sup>1</sup>

Le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec a également été consulté lors de la rédaction du document.

Mots clés : chlore, brome, effluent, évaluation de risque, toxicité, vie aquatique

---

<sup>1</sup> Direction de la qualité des milieux aquatiques, Direction générale du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques

<sup>2</sup> Direction des eaux usées, Direction générale des politiques de l'eau, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques

<sup>3</sup> Direction de l'eau potable et des eaux souterraines, Direction générale des politiques de l'eau, Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques

## SOMMAIRE

Le chlore est un biocide couramment utilisé pour le contrôle des microorganismes dans diverses installations. Les eaux usées qui en résultent peuvent contenir du chlore résiduel, ou des sous-produits du chlore, à des concentrations dommageables pour l'environnement. C'est pourquoi il est nécessaire de limiter la concentration de chlore résiduel dans les effluents avant que ceux-ci soient rejetés dans l'environnement.

Le présent guide réunit les recommandations du Ministère en matière d'évaluation des rejets d'eaux chlorées. D'une part, ces recommandations portent sur les bonnes pratiques relatives à l'utilisation du chlore :

- Il faut utiliser des doses minimales de chlore (chapitre 1);
- Si un effluent d'eaux chlorées doit être mélangé avec d'autres effluents de différentes natures avant son rejet, la déchloration devrait être effectuée en amont de ce mélange pour éviter la formation de sous-produits (chapitre 2);
- Si d'autres substances que le chlore (ou le brome) sont présentes dans les eaux usées, des essais de toxicité peuvent être réalisés pour prendre en compte ces substances (chapitre 4);
- La déchloration passive est préférable à la déchloration chimique lorsqu'elle permet l'atteinte des valeurs limites de chlore résiduel total recommandées (chapitre 5).

D'autre part, ce guide présente les recommandations relatives à la concentration de chlore qui peut être rejetée dans l'environnement sans engendrer d'impact important, celle-ci étant désignée par le terme de « concentration environnementale » applicable à l'effluent. Ces recommandations sont inspirées de celles adoptées par la Colombie-Britannique (B.C. ENV, 2021) :

- La **concentration environnementale** de chlore applicable à l'effluent ne constitue pas une norme ou une exigence réglementaire. Il s'agit de la concentration visée à l'effluent afin d'assurer la protection du milieu récepteur. La concentration environnementale ne tient pas compte des limites technologiques, analytiques ou économiques. Ainsi, dans le cadre d'une autorisation, les exigences de rejet ou les normes à respecter peuvent différer de la concentration environnementale (chapitre 3).
- Pour un **rejet de courte durée en eaux douces**, la concentration environnementale de chlore résiduel total (CRT) peut varier de 0,031 à 0,1 mg/l selon la durée du rejet (section 3.1);
- Pour un **rejet continu en eaux douces**, la concentration environnementale de CRT peut varier de 0,002 à 0,031 mg/l selon les conditions de dilution du milieu (section 3.1);
- La concentration de CRT qui peut être rejetée en eaux douces ne devrait jamais être supérieure à 0,1 mg/l, et ce, indépendamment de la durée du rejet (section 3.1);
- Pour un **rejet de courte durée en eaux saumâtres ou salées**, la concentration environnementale d'oxydants induits par la présence de chlore (OIC) peut varier de 0,003 à 0,04 mg/l selon la durée du rejet (section 3.2);
- Pour un **rejet continu en eaux saumâtres ou salées**, la concentration environnementale d'OIC est de 0,003 mg/l, peu importe les conditions de dilution du milieu (section 3.2);

- La concentration d'OIC qui peut être rejetée en eaux saumâtres ou salées ne devrait jamais être supérieure à 0,04 mg/l, et ce, indépendamment de la durée du rejet (section 3.2);
- La **déchloration** peut être nécessaire pour atteindre la concentration environnementale au moment du rejet (chapitre 5);
- La concentration de CRT est vérifiée avant le rejet, à l'aide d'une méthode d'analyse permettant d'atteindre la limite de détection la plus basse possible ( $\leq 0,035$  mg/l) en fonction de l'effluent et des installations (section 3.3);
- Si la concentration environnementale applicable à l'effluent est plus faible que la limite de détection ( $\leq 0,035$  mg/l) :
  - L'absence de détection permet de considérer que la concentration environnementale est respectée (section 3.3);
  - La déchloration de l'effluent avant son rejet est nécessaire s'il y a détection de CRT (chapitre 5).

Le tableau qui suit présente des exemples d'application de ces recommandations en fonction de la durée du rejet et des conditions de dilution du milieu récepteur, pour des rejets en eaux douces et pour des rejets en eaux saumâtres ou salées.

*Tableau synthèse Application des recommandations : valeurs des divers paramètres limitant la concentration de chlore dans l'effluent (mg/l), selon la durée du rejet et les conditions de dilution, pour de rejets en eaux douces et pour de rejets en eaux saumâtres ou salées*

Paramètres limitant la concentration de chlore dans l'effluent (mg/l)	Rejets continus			Rejets de courte durée			
	Dilution			Durée du rejet*			
	1 dans 100	1 dans 10	1 dans 1	0,2 minute	20 minutes	60 minutes	120 minutes
<b>Rejets en eaux douces</b>							
CVAC	0,002	0,002	0,002	—	—	—	—
VAF <sub>e</sub>	0,031	0,031	0,031	0,1	0,1	0,052	0,031
OER	0,2	0,02	0,002	—	—	—	—
<b>Concentration environnementale</b>	<b>0,031</b>	<b>0,02</b>	<b>0,002</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,052</b>	<b>0,031</b>
Limite de détection	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
Concentrations nécessitant la déchloration	>0,035	>0,035	>0,035	>0,1	>0,1	>0,052	>0,035
<b>Rejets en eaux saumâtres ou salées</b>							
CVAC	0,003	0,003	0,003	—	—	—	—
VAF <sub>e</sub>	0,003	0,003	0,003	0,04	0,006	0,004	0,003
OER	0,3	0,03	0,003	—	—	—	—
<b>Concentration environnementale</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,04</b>	<b>0,006</b>	<b>0,004</b>	<b>0,003</b>
Limite de détection	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
Concentrations nécessitant la déchloration	>0,035	>0,035	>0,035	>0,04	>0,035	>0,035	>0,035

— : Ne s'applique pas

\* La concentration de chlore résiduel total, peu importe la durée du rejet, ne devrait jamais être supérieure à 0,1 mg/l pour un rejet en eaux douces et à 0,04 mg/l pour un rejet en eaux saumâtres ou salées.

## TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux _____	vii
Liste des abréviations _____	viii
Introduction _____	1
1. Utilisations du chlore et dosages généralement prescrits _____	2
2. Effets potentiels des rejets d'eaux chlorées dans le milieu aquatique _____	3
3. Concentration environnementale de chlore applicable à l'effluent _____	4
3.1 Eaux douces _____	4
3.2 Eaux saumâtres ou salées _____	6
3.3 Contraintes analytiques _____	8
4. Toxicité globale de l'effluent _____	9
5. Déchloration _____	9
5.1 Déchloration passive _____	10
5.2 Déchloration chimique _____	10
6. Synthèse des recommandations _____	11
7. Références _____	13

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Espèces chimiques mesurées à l'effluent .....	2
Tableau 2	Concentrations typiques de chlore pour certaines utilisations .....	2
Tableau 3	Valeurs aiguës finales à l'effluent (VAFe) et critère de vie aquatique - effets chroniques (CVAC) pour le chlore résiduel total (CRT) selon la durée du rejet, pour un rejet en eaux douces (MELCCc).....	5
Tableau 4	Exemples d'application des recommandations pour des rejets en eau douce : valeurs des divers paramètres limitant la concentration de chlore dans l'effluent (mg/l), selon la durée du rejet et les conditions de dilution .	6
Tableau 5	Valeurs aiguës finales à l'effluent (VAFe) et critère de vie aquatique - effets chroniques (CVAC) pour les oxydants induits par la présence de chlore (OIC) selon la durée du rejet, pour un rejet en eaux saumâtres ou salées (MELCCc) .....	7
Tableau 6	Exemples d'application des recommandations pour des rejets en eaux saumâtres ou salées : valeurs des divers paramètres limitant la concentration de chlore dans l'effluent (mg/l), selon la durée du rejet et les conditions de dilution .....	8

## LISTE DES ABREVIATIONS

CRT	Chlore résiduel total
CVAC	Critère de protection de vie aquatique pour les effets chroniques
OER	Objectif environnemental de rejet
OIC	Oxydants induits par la présence de chlore
VAF <sub>e</sub>	Valeur aiguë finale à l'effluent

## INTRODUCTION

Le chlore<sup>1</sup> est utilisé pour ses propriétés oxydantes qui lui confèrent un fort pouvoir biocide. Ainsi, son utilisation est autorisée dans différents secteurs qui l'emploient pour le contrôle des microorganismes<sup>2</sup>. Le chlore est ajouté à l'eau des installations des tours de refroidissement pour éviter le développement de la bactérie *Legionella* et pour ralentir la formation de biofilm. Les opérateurs d'installations de production d'eau potable peuvent utiliser la chloration pour assurer la potabilité de l'eau qui sera distribuée dans leur réseau. La qualité des eaux des piscines et des bassins artificiels est généralement assurée en utilisant des composés chlorés. La forte réactivité du chlore en fait également une substance de choix pour l'industrie chimique.

Les conditions d'opération des diverses installations nécessitent parfois de disposer, périodiquement ou en continu, d'eaux chlorées et peuvent entraîner un rejet dans le milieu naturel. Or, ces eaux usées peuvent contenir du chlore résiduel à des concentrations dommageables pour l'environnement. Le chlore étant toxique et pouvant former des sous-produits – eux aussi toxiques –, il est donc nécessaire d'en limiter la concentration dans les effluents.

Certaines eaux usées non industrielles peuvent également contenir du chlore à des concentrations néfastes pour la vie aquatique. C'est le cas notamment des eaux de vidange des piscines, dont les rejets font couramment l'objet de demandes d'information. À cet égard, le [Guide d'exploitation des piscines et autres bassins artificiels](#) (MDDEP, 2005) précise que, s'il est nécessaire d'effectuer une vidange dans le milieu naturel, il faut neutraliser le désinfectant présent dans l'eau. Aussi, les recommandations du présent guide, complémentaires à celles du guide d'exploitation, peuvent être appliquées à la vidange des piscines.

L'évaluation du risque associé aux rejets d'eaux chlorées est réalisée à l'aide des critères de qualité de l'eau de surface et de l'approche des objectifs environnementaux de rejet du Ministère. Cette approche, qui prend en compte la toxicité individuelle des contaminants ainsi que la toxicité globale des effluents, est ici adaptée pour tenir compte du caractère volatil du chlore qui rend difficile la réalisation d'essais de toxicité. Le lecteur qui souhaite se renseigner sur [les critères de qualité de l'eau de surface](#) et sur [l'approche des objectifs environnementaux de rejet](#) du Ministère est invité à consulter l'information accessible en ligne ([www.environnement.gouv.qc.ca/eau/](http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/)).

Le présent guide réunit les recommandations du Ministère en matière d'évaluation des rejets d'eaux chlorées et remplace la *Position technique sur le rejet d'eaux chlorées dans le milieu aquatique* publiée en 2009.

- 
1. La chimie du brome est très semblable à celle du chlore et ces deux éléments sont couramment utilisés de façon combinée. Par souci de concision et de clarté, les recommandations émises pour le chlore dans le présent document s'appliquent également pour le brome à moins d'indication contraire.
  2. L'utilisation de chlore pour la désinfection d'eaux usées traitées, qu'elles soient municipales, industrielles, commerciales, institutionnelles, agricoles ou résidentielles, est proscrite au Québec en raison de la formation de sous-produits ayant des effets indésirables sur l'environnement et la santé publique, comme l'indique la [position ministérielle sur la désinfection des eaux usées](#) (MENV, 1999).

# 1. UTILISATIONS DU CHLORE ET DOSAGES GÉNÉRALEMENT PRESCRITS

Les composés les plus couramment utilisés pour la chloration comprennent notamment le chlore gazeux ( $\text{Cl}_2$ ), l'hypochlorite de sodium ( $\text{NaOCl}$ ) solide ou en solution (eau de Javel), l'hypochlorite de calcium ( $\text{Ca(OCl)}_2$ ) et le dioxyde de chlore ( $\text{ClO}_2$ ). Une fois ajouté à l'eau, le chlore sera présent sous forme d'acide hypochloreux ( $\text{HOCl}$ ) et de son anion hypochlorite ( $\text{OCl}^-$ ). Ces deux espèces composent le chlore libre. À un pH entre 2 et 7,5, la forme  $\text{HOCl}$  prédomine tandis que la forme anionique est plus importante à pH basique. Les chloramines ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ,  $\text{NHCl}_2$  et  $\text{NCl}_3$ ), qui sont produites lorsque le chlore réagit avec des substances azotées, forment le chlore combiné. Le chlore résiduel est le chlore qui demeure dans l'eau après la demande en oxydant. Le chlore résiduel total est la somme du chlore résiduel libre et du chlore résiduel combiné. Il regroupe les formes du chlore pouvant agir comme oxydant (B.C. ENV, 2021).

Tableau 1 Espèces chimiques mesurées à l'effluent

Chlore résiduel total	
Chlore résiduel libre	Chlore résiduel combiné
$\text{HOCl/OCl}^-$	$\text{NH}_2\text{Cl}$ $\text{NHCl}_2$ $\text{NCl}_3$

Les quantités de chlore nécessaires au contrôle des microorganismes ainsi que la fréquence et la durée des applications requises varient selon le type d'utilisation et les conditions du milieu. Le tableau 2 présente des exemples de teneur en chlore recommandée ou exigée pour quelques utilisations parmi les plus fréquentes.

Tableau 2 Concentrations typiques de chlore pour certaines utilisations

Utilisation	Concentration prescrite ou recommandée	Source
Eau potable (réseau)	Chlore résiduel libre : $>0,3$ mg/l	<i>Règlement sur la qualité de l'eau potable (MELCCA)</i>
Eau potable (véhicule-citerne)	Chlore résiduel libre : $>0,2$ mg/l	
Piscine intérieure	Chlore libre : de 0,8 à 2 mg/l; Chloramines : $<0,5$ mg/l	<i>Règlement sur la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels (MELCCb)</i>
Piscine extérieure	Chlore libre : de 0,8 à 3 mg/l; Chloramines : $<1$ mg/l	
Installation de tour de refroidissement à l'eau	<i>Dosage en continu</i> Chlore libre : de 0,5 à 1,0 mg/l	Recommandations du Cooling Technology Institute, 2006 ( <i>Guideline : best practices for control of legionella</i> ) (WTP-148)
	<i>Dosage intermittent</i> Chlore libre : de 1,0 à 2,0 mg/l	
	<i>Hyperhalogénéation</i> Chlore libre : $>5$ mg/l	
	<i>Décontamination</i> Chlore libre : $>10$ mg/l	

Ces concentrations nécessaires à la désinfection seraient, par ailleurs, nocives pour tout organisme aquatique qui y serait exposé. Des mesures sont donc nécessaires pour éviter que de telles concentrations se retrouvent en milieu naturel.

L'utilisation minimale du chlore est la façon la plus simple de réduire la charge de chlore rejetée dans l'environnement. Les quantités de chlore, ainsi que la fréquence et la durée des traitements, doivent être réduites au minimum de façon à limiter les quantités de chlore résiduel rejetées dans les eaux de surface.

#### **Utilisation du brome en combinaison avec le chlore**

Le brome peut être utilisé en combinaison avec le chlore pour accroître le pouvoir oxydant du traitement. La présence d'ions bromures ( $\text{Br}^-$ ) dans l'eau entraîne le remplacement partiel ou complet du chlore par le brome et la formation d'acide hypobromeux ( $\text{HOBr}$ ), d'ions hypobromites ( $\text{OBr}^-$ ), de bromamines et de bromochloramines (CCME, 1999). Ces composés sont plus toxiques que leurs équivalents chlorés.

## **2. EFFETS POTENTIELS DES REJETS D'EAUX CHLORÉES DANS LE MILIEU AQUATIQUE**

Le chlore pose des problèmes environnementaux, d'une part, parce qu'il est très toxique pour les organismes aquatiques et, d'autre part, parce qu'il réagit avec d'autres composés pour former des sous-produits, également nuisibles aux organismes ou aux humains.

Le chlore, en agissant sur les protéines des organismes, peut inhiber leur croissance, voire causer leur destruction (par exemple, l'éclatement de bactéries). Ce phénomène est facilité par la capacité de l'acide hypochloreux de pénétrer les membranes cellulaires (TUE, 2011).

En présence de substances azotées, provenant par exemple de la matière organique, le chlore libre formera rapidement des chloramines ( $\text{NH}_2\text{Cl}$ ,  $\text{NHCl}_2$  et, dans une moindre mesure,  $\text{NCl}_3$ ). Les chloramines ne sont pas considérées comme cancérogènes (IARC), mais elles sont toxiques pour les organismes aquatiques. Le pouvoir biocide des chloramines est moins important que celui du chlore libre, mais celles-ci résistent mieux à la dégradation (EC, 1993).

En présence de matière organique, le chlore peut réagir pour former des organochlorés, tels que les trihalométhanes (THM) et les acides haloacétiques (AHA). Ces composés, en plus d'être eux aussi toxiques pour les organismes vivants, ont une durée de vie plus longue que celle du chlore libre. Ils peuvent également avoir des effets sur la santé humaine, car plusieurs sont identifiés comme cancérogènes possibles ou cancérogènes probables (IARC).

La formation de sous-produits toxiques peut survenir au contact de la matière organique dans le cours d'eau, mais aussi lors du mélange d'eaux chlorées avec des eaux usées ayant une charge organique. Pour réduire ce risque, il est nécessaire que la déchloration des eaux usées chlorées soit effectuée avant de combiner celles-ci avec d'autres eaux.

### 3. CONCENTRATION ENVIRONNEMENTALE DE CHLORE APPLICABLE À L'EFFLUENT

La concentration de chlore qui peut être rejetée dans l'environnement sans engendrer d'impact important, désignée par le terme de « concentration environnementale », est établie à partir de la toxicité du chlore et du brome (critères de qualité pour les milieux d'eau douce ou pour le milieu marin), de la capacité d'assimilation du milieu (principalement liée aux conditions de dilution), de la charge rejetée et de la durée du rejet.

Un rejet d'eaux chlorées est considéré comme de courte durée si l'effluent est déversé durant une période ne dépassant pas 120 minutes par période de 24 heures. Au-delà de ce laps de temps, le rejet est évalué comme un rejet continu.

Comme la chloration de l'eau peut être effectuée de façon continue ou intermittente (par exemple, durant 10 minutes quelques fois par jour), des critères de qualité pour la protection de la vie aquatique ont été adoptés pour des rejets de courte durée et pour des rejets continus (MELCCc). La valeur de ces critères de qualité, établis par la Colombie-Britannique (B.C. ENV, 2021), varie en fonction de la durée du rejet et selon que celui-ci soit effectué en eau douce ou en eau saumâtre ou salée<sup>3</sup>. L'utilisation de ces critères de qualité pour déterminer la valeur de la concentration environnementale de chlore est décrite aux sections 3.1 et 3.2.

Lorsque la concentration mesurée dans l'effluent est supérieure à la concentration environnementale définie aux sections 3.1 et 3.2, ou à la limite de détection (section 3.3) si celle-ci est supérieure à la concentration environnementale, il faut procéder à la déchloration de l'effluent avant son rejet dans l'environnement (chapitre 5).

La concentration environnementale de chlore applicable à l'effluent ne constitue pas une norme ou une exigence réglementaire. Il s'agit de la concentration visée à l'effluent afin d'assurer la protection du milieu récepteur. La concentration environnementale ne tient pas compte des limites technologiques, analytiques ou économiques. Ainsi, dans le cadre d'une autorisation, les exigences de rejet ou les normes à respecter peuvent différer de la concentration environnementale.

#### 3.1 Eaux douces

Pour un rejet de courte durée en eau douce, la concentration environnementale de chlore résiduel total (CRT) applicable à l'effluent est la valeur aiguë finale à l'effluent (VAFe) qui correspond à

---

<sup>3</sup> Les eaux douces sont définies par une concentration égale ou inférieure à 1 000 ppm de sels dissous totaux (1 ‰), et les eaux salées, y compris les eaux saumâtres, sont définies par une concentration supérieure à 5 000 ppm de sels dissous totaux (5 ‰). Lorsque la concentration de sels dissous totaux est comprise entre 1 et 5 ‰, le choix de l'approche est fait au cas par cas selon les espèces aquatiques répertoriées (MELCCd).

la concentration de chlore pouvant tuer 50 % des organismes sensibles qui y sont exposés. La VAFe peut varier de 0,031 à 0,1 mg/l selon la durée du rejet (tableau 3).

Tableau 3 Valeurs aiguës finales à l'effluent (VAFe) et critère de vie aquatique - effets chroniques (CVAC) pour le chlore résiduel total (CRT) selon la durée du rejet, pour un rejet en eaux douces (MELCCc)

Durée du rejet (minutes/jour)*	0,2	20	30	60	120	> 120
VAFe (mg CRT/l)**	0,1	0,1	0,087	0,052	0,031	
CVAC (mg CRT/l)**						0,002

\* La concentration de chlore résiduel total de l'effluent ne devrait jamais dépasser 0,1 mg/l, indépendamment de la durée d'exposition.

\*\* La valeur aiguë finale à l'effluent (VAFe) s'applique à l'effluent tandis que le critère de vie aquatique pour les effets chroniques (CVAC) s'applique au milieu récepteur.

Pour un rejet continu, la concentration de chlore résiduel total dans l'effluent ne devrait pas être supérieure à la valeur déterminée par un objectif environnemental de rejet (OER), celui-ci étant basé sur le critère de protection de la vie aquatique pour les effets chroniques (CVAC) de 0,002 mg/l (tableau 3) et sur la capacité d'assimilation du milieu récepteur (principalement liée aux conditions de dilution). Habituellement, la toxicité des rejets continus est également évaluée à l'aide d'essais de toxicité (MELCCc). Toutefois, en raison de la volatilité du chlore, la toxicité des rejets d'eaux chlorés est difficilement mesurable à l'aide d'essais de toxicité standards. Pour tenir compte de la toxicité aiguë du chlore, qui peut être fulgurante, la concentration environnementale de CRT applicable à l'effluent est la valeur la plus contraignante entre l'OER (pouvant varier de 0,002 à 0,2 mg/l selon les conditions de dilution du milieu) et la VAFe calculée pour un rejet de 120 minutes (0,031 mg/l). Ainsi la concentration environnementale pour un rejet continu en eaux douces peut varier de 0,002 à 0,031 mg/l.

Le tableau 4 présente des exemples d'application de ces recommandations pour déterminer la concentration environnementale de chlore applicable à l'effluent, selon les conditions de dilution et la durée du rejet en eaux douces.

Lorsque la concentration environnementale de chlore applicable à l'effluent est plus faible que la limite de détection de la méthode analytique (section 3.3), l'absence de détection permet de considérer que la concentration environnementale est respectée.

Tableau 4 Exemples d'application des recommandations pour des rejets en eau douce : valeurs des divers paramètres limitant la concentration de chlore dans l'effluent (mg/l), selon la durée du rejet et les conditions de dilution

Paramètres limitant la concentration de chlore dans l'effluent (mg/l)	Rejets continus			Rejets de courte durée			
	Dilution			Durée du rejet*			
	1 dans 100	1 dans 10	1 dans 1	0,2 minute	20 minutes	60 minutes	120 minutes
CVAC	0,002	0,002	0,002	—	—	—	—
VAF <sub>e</sub>	0,031	0,031	0,031	0,1	0,1	0,052	0,031
OER	0,2	0,02	0,002	—	—	—	—
<b>Concentration environnementale</b>	<b>0,031</b>	<b>0,02</b>	<b>0,002</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,052</b>	<b>0,031</b>
Limite de détection	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
<b>Concentrations nécessitant la déchloration</b>	<b>&gt;0,035</b>	<b>&gt;0,035</b>	<b>&gt;0,035</b>	<b>&gt;0,1</b>	<b>&gt;0,1</b>	<b>&gt;0,052</b>	<b>&gt;0,035</b>

— : Ne s'applique pas

\* La concentration de chlore résiduel total, peu importe la durée du rejet, ne devrait jamais être supérieure à 0,1 mg/l.

### Utilisation du brome

Lorsque le brome est utilisé, seul ou en combinaison avec le chlore, la durée maximale du rejet ne doit pas dépasser 120 minutes par jour et la concentration d'oxydants totaux (brome et chlore) dans l'effluent, exprimée en chlore résiduel total ou en brome résiduel total (section 3.3), ne doit pas être supérieure à la limite de détection de la méthode analytique, celle-ci pouvant être exprimée en chlore (0,035 mg/l) ou en brome (0,08 mg/l).

## 3.2 Eaux saumâtres ou salées

L'approche diffère légèrement lorsque l'effluent se déverse dans un milieu saumâtre ou salé plutôt qu'en eau douce. La raison en est que la concentration de bromures est élevée dans ces eaux chargées en sels et que cet élément réagit avec le chlore rejeté. En effet, les composés chlorés peuvent réagir avec les bromures naturellement présents en eaux salées ou saumâtres et former des composés bromés, comme l'indique l'encadré présenté au chapitre 1.

Afin de protéger la vie aquatique, les critères de qualité établis pour le milieu marin prennent en compte l'exposition des organismes à l'ensemble des composés chlorés et bromés, regroupés sous le terme « oxydants induits par la présence de chlore ». Ainsi, les critères de qualité et les OER qui s'appliquent au chlore résiduel total dans les eaux saumâtres et salées sont exprimés en milligrammes par litre (mg/l) d'oxydants induits par la présence de chlore (OIC).

Pour évaluer les risques liés aux OIC formés dans le milieu naturel, le chlore résiduel total est mesuré dans l'effluent et la concentration obtenue (mg CRT/l) est comparée à la concentration environnementale (mg OIC/l).

Pour un rejet de courte durée en eaux saumâtres ou salées, la concentration environnementale d'OIC applicable à l'effluent est la valeur aiguë finale à l'effluent (VAF<sub>e</sub>), qui correspond à la

concentration d'OIC pouvant tuer 50 % des organismes sensibles qui y sont exposés. La VAFe peut varier de 0,003 à 0,04 mg/l selon la durée du rejet (tableau 5).

*Tableau 5 Valeurs aiguës finales à l'effluent (VAFe) et critère de vie aquatique - effets chroniques (CVAC) pour les oxydants induits par la présence de chlore (OIC) selon la durée du rejet, pour un rejet en eaux saumâtres ou salées (MELCCc)*

Durée du rejet (minutes/jour)*	0,2	20	30	60	120	> 120
VAFe (mg OIC/l)**	0,04	0,006	0,005	0,004	0,003	
CVAC (mg OIC/l)**						0,003

\* La concentration d'oxydants induits par la présence de chlore (OIC) ne doit jamais dépasser 0,04 mg/l dans l'effluent, indépendamment de la durée d'exposition.

\*\* La valeur aiguë finale à l'effluent (VAFe) s'applique à l'effluent tandis que le critère de vie aquatique pour les effets chroniques (CVAC) s'applique au milieu récepteur.

Pour un rejet continu en eaux saumâtres ou salées, la concentration environnementale d'OIC applicable à l'effluent est la valeur la plus contraignante entre l'OER (établi avec le CVAC de 0,003 mg/l et le facteur de dilution) et la VAFe calculée pour un rejet de 120 minutes. Comme la VAFe calculée pour 120 minutes (0,003 mg/l) est toujours soit égale à l'OER, soit plus contraignante que l'OER, la concentration environnementale d'OIC applicable à l'effluent est toujours 0,003 mg/l.

La concentration d'oxydants mesurée dans l'effluent est exprimée en chlore résiduel total (mg CRT/l) et est comparée à la concentration environnementale exprimée en oxydants induits par la présence de chlore (mg OIC/l).

Le tableau 6 présente des exemples d'application de ces recommandations pour déterminer la concentration environnementale de chlore applicable à l'effluent, selon les conditions de dilution et la durée du rejet en eaux saumâtres ou salées.

Lorsque la concentration environnementale d'OIC applicable à l'effluent est plus faible que la limite de détection de la méthode analytique exprimée en CRT (section 3.3), l'absence de détection permet de considérer que la concentration environnementale est respectée.

Tableau 6 Exemples d'application des recommandations pour des rejets en eaux saumâtres ou salées : valeurs des divers paramètres limitant la concentration de chlore dans l'effluent (mg/l), selon la durée du rejet et les conditions de dilution

Paramètres limitant la concentration de chlore dans l'effluent (mg/l)	Rejets continus			Rejets de courte durée			
	Dilution			Durée du rejet*			
	1 dans 100	1 dans 10	1 dans 1	0,2 minute	20 minutes	60 minutes	120 minutes
CVAC	0,003	0,003	0,003	—	—	—	—
VAFé	0,003	0,003	0,003	0,04	0,006	0,004	0,003
OER	0,3	0,03	0,003	—	—	—	—
<b>Concentration environnementale</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>	<b>0,04</b>	<b>0,006</b>	<b>0,004</b>	<b>0,003</b>
Limite de détection	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
<b>Concentrations nécessitant la déchloration</b>	<b>&gt;0,035</b>	<b>&gt;0,035</b>	<b>&gt;0,035</b>	<b>&gt;0,04</b>	<b>&gt;0,035</b>	<b>&gt;0,035</b>	<b>&gt;0,035</b>

— : Ne s'applique pas

\* La concentration d'oxydants induits par la présence de chlore (mesurée en chlore résiduel total), peu importe la durée du rejet, ne devrait jamais être supérieure à 0,04 mg/l.

### Utilisation du brome

Lorsque le brome est utilisé, seul ou en combinaison avec le chlore, la durée maximale du rejet ne doit pas dépasser 120 minutes par jour et la concentration d'oxydants totaux (brome et chlore) dans l'effluent, exprimée en chlore résiduel total ou en brome résiduel total (section 3.3), ne doit pas être supérieure à la limite de détection de la méthode analytique, celle-ci pouvant être exprimée en chlore (0,035 mg/l) ou en brome (0,08 mg/l).

## 3.3 Contraintes analytiques

Afin de permettre la comparaison de la concentration de chlore de l'effluent avec l'OER et la VAFé, il est essentiel de mesurer le chlore résiduel total, qui comprend le chlore libre et le chlore combiné.

En raison du caractère volatil du chlore, il est essentiel, pour obtenir une mesure représentative de la teneur en chlore de l'effluent, que le temps écoulé entre le prélèvement de l'échantillon et la prise de la mesure ne dépasse pas 15 minutes. L'analyse de la concentration du chlore résiduel total devrait donc être effectuée, idéalement, au site d'échantillonnage.

La méthode colorimétrique au DPD (N,N-Diéthyl-1,4-benzènediamine) est la méthode recommandée (RICE et collab., 2017). Un analyseur portatif qui utilise cette méthode peut être adéquat pour un rejet intermittent ou pour de faibles volumes. Pour des rejets en continu, un analyseur en continu est à privilégier. Il est également possible de mesurer le chlore résiduel total en continu en utilisant la méthode ampérométrique (RICE et collab., 2017).

En raison des contraintes analytiques actuelles, il est difficile de mesurer de façon fiable et reproductible de très faibles concentrations de chlore résiduel total. Dans ces circonstances, le suivi du CRT devrait être effectué à l'aide d'un appareil ayant une limite de détection de 0,035 mg/l ou moins.

Dans le cas où du brome est utilisé, les analyseurs au DPD permettent d'obtenir la concentration de brome en multipliant par 2,25 la concentration de chlore résiduel total. Aussi, la limite de détection acceptable pour le brome correspond à 2,25 fois la limite de détection du chlore (0,035 mg/l), soit 0,08 mg/l. Dans le cas où du brome est utilisé en combinaison avec du chlore, la concentration d'oxydants totaux mesurée dans l'effluent peut être exprimée en chlore résiduel total ou en brome résiduel total (en multipliant par 2,25 la concentration exprimée en chlore résiduel total).

## 4. TOXICITÉ GLOBALE DE L'EFFLUENT

Le caractère volatil et instable du chlore nuit à la réalisation d'essais de toxicité fiables en laboratoire. Malgré les mesures prises pour éviter la volatilisation du chlore, les conditions présentes lors de l'essai ne sont pas nécessairement représentatives de celles qui avaient cours au moment de l'échantillonnage. C'est pourquoi l'approche impliquant les critères de qualité chimiques, plutôt que les essais de toxicité, est privilégiée pour ce contaminant.

Par ailleurs, si un rejet d'eau chlorée contient d'autres contaminants ou des produits ajoutés (par exemple, un agent anticorrosion ou un agent biodispersant dans les installations de tours de refroidissement à l'eau), les essais de toxicité demeurent pertinents pour évaluer l'effet de ces autres produits, ou celui de leur combinaison, sur les organismes aquatiques.

## 5. DÉCHLORATION

En principe, il faut procéder à la déchloration lorsque la concentration de CRT dans l'effluent dépasse la concentration environnementale établie en fonction de la durée du rejet et des conditions du milieu récepteur (sections 3.1 et 3.2). Toutefois, lorsque la concentration environnementale applicable à l'effluent est inférieure à la limite de détection de 0,035 mg/l, c'est le dépassement de la limite de détection qui impose une déchloration. Les tableaux 4 et 6 précisent les concentrations au-delà desquelles la déchloration est nécessaire selon le type de milieu récepteur, la durée du rejet et les conditions de dilution.

Lorsque du brome est utilisé, seul ou en combinaison avec le chlore, il faut procéder à la déhalogénéation de l'effluent si la concentration d'oxydants totaux est supérieure à la limite de détection exprimée en chlore résiduel total (0,035 mg/l) ou en brome résiduel total (0,08 mg/l). La déhalogénéation est le même phénomène que la déchloration et les sections 5.1 et 5.2 s'appliquent autant au brome qu'au chlore.

Selon les volumes d'eau à traiter, la méthode de déchloration utilisée peut être de type passif ou chimique.

## 5.1 Déchloration passive

Étant donné que le chlore est volatil, il est souhaitable de retenir les eaux chlorées avant leur rejet de façon à ce qu'une partie du chlore résiduel puisse s'évaporer. Lorsqu'il est possible de laisser séjourner l'eau durant plusieurs jours dans un bassin ouvert, avant de la rejeter dans l'environnement, la déchloration passive est parfois suffisante pour réduire les concentrations de chlore résiduel à un niveau acceptable. Ce type de déchloration passive est recommandé, entre autres, pour la vidange d'une piscine.

Des techniques d'aération de l'eau peuvent être utilisées pour favoriser la volatilisation du chlore. L'une de ces techniques consiste à provoquer un brassage intense de l'eau avant que celle-ci soit rejetée dans l'environnement. Cette méthode est efficace surtout lorsque le chlore est sous forme libre et que sa concentration est relativement faible, par exemple lors d'un rejet d'eau potable. Une autre technique d'aération consiste à installer un diffuseur au point de rejet afin d'augmenter le contact entre l'eau chlorée et l'air.

Dans tous les cas, il est recommandé de mesurer la concentration de CRT présent dans l'eau avant le rejet de celle-ci dans l'environnement.

## 5.2 Déchloration chimique

Lorsque la déchloration passive n'est pas suffisante ou que des contraintes techniques empêchent sa réalisation (volume important de l'effluent, espace restreint, etc.), la déchloration chimique peut être utilisée afin d'amener les concentrations de CRT sous les valeurs recommandées.

Les composés de soufre sont les plus utilisés pour la déchloration. L'ajout de dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), de sulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ), de bisulfite de sodium ( $\text{NaHSO}_3$ ), de métabisulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ) ou de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) doit cependant être bien dosé, car un excès de soufre dans l'effluent peut entraîner une baisse de la concentration d'oxygène dissous dans le milieu récepteur, en plus d'abaisser le pH (OMOE, 2008). Le suivi du sulfite résiduel après la déchloration permet de vérifier l'efficacité du traitement et de s'assurer qu'il n'y a pas surdosage.

La déchloration à l'acide ascorbique est une solution de rechange qui présente peu ou pas d'effets sur l'environnement. Le coût élevé de l'acide ascorbique représente cependant un frein à une utilisation plus systématique de ce produit. La sensibilité du milieu récepteur peut justifier son utilisation (EC, 2003).

Le peroxyde d'hydrogène est un autre agent de déchloration efficace qui n'affecte pas négativement le milieu naturel. Cependant, le temps de contact nécessaire pour détruire les chloramines est relativement long, ce qui rend ce produit moins intéressant pour déchlorer les effluents contenant du chlore combiné en quantité non négligeable (Bagshi et Kelley, 1991).

Un autre procédé de déchloration consiste à utiliser un filtre au charbon actif. Cette méthode a l'avantage d'effectuer une déchloration considérée comme totale, alors que les autres produits laissent toujours un faible résiduel de chlore dans l'effluent traité. Son coût est cependant élevé (USEPA, 2000).

Si un effluent d'eaux chlorées doit être mélangé avec d'autres effluents de différentes natures avant son rejet, la déchloration devrait être effectuée en amont de ce mélange afin de réduire la possibilité de formation de sous-produits (chapitre 2).

Après la déchloration, il est nécessaire de mesurer la concentration de CRT avant le rejet de l'effluent pour vérifier qu'elle satisfait aux limites établies.

## 6. SYNTHÈSE DES RECOMMANDATIONS

Les recommandations formulées dans les diverses sections précédentes sont résumées ici.

### **Bonnes pratiques :**

- Il faut utiliser des doses minimales de chlore (chapitre 1);
- Lorsqu'un effluent d'eaux chlorées doit être mélangé avec d'autres effluents de différentes natures avant son rejet, la déchloration devrait être effectuée en amont de ce mélange pour éviter la formation de sous-produits (chapitre 2);
- Si d'autres substances que le chlore (ou le brome) sont présentes dans les eaux usées, les essais de toxicité peuvent être réalisés pour prendre en compte ces substances (chapitre 4);
- La déchloration passive est préférable à la déchloration chimique lorsqu'elle permet l'atteinte des valeurs limites de CRT recommandées (section 5.1).

### **Concentration environnementale de chlore applicable à l'effluent :**

- La concentration environnementale de chlore applicable à l'effluent ne constitue pas une norme ou une exigence réglementaire. Il s'agit de la concentration visée à l'effluent afin d'assurer la protection du milieu récepteur. La concentration environnementale ne tient pas compte des limites technologiques, analytiques ou économiques. Ainsi, dans le cadre d'une autorisation, les exigences de rejet ou les normes à respecter peuvent différer de la concentration environnementale (chapitre 3).
- Pour un rejet de courte durée en eaux douces, la concentration environnementale de chlore résiduel total (CRT) correspond à la VAFe, celle-ci pouvant varier de 0,031 à 0,1 mg/l selon la durée du rejet selon la durée du rejet (section 3.1);
- Pour un rejet continu en eaux douces, la concentration environnementale de CRT correspond à la valeur la plus contraignante entre la VAFe calculée pour un rejet de 120 minutes (0,031 mg/l) et l'objectif environnemental de rejet (OER), celui-ci pouvant varier de 0,002 à 0,2 mg/l selon les conditions de dilution du milieu. Ainsi la concentration environnementale peut varier de 0,002 à 0,031 mg/l (section 3.1);

- La concentration de CRT qui peut être rejetée en eaux douces ne devrait jamais être supérieure à 0,1 mg/l, et ce, indépendamment de la durée du rejet (section 3.1);
- Pour un rejet de courte durée en eaux saumâtres ou salées, la concentration environnementale d'oxydants induits par la présence de chlore (OIC) correspond à la VAFe, celle-ci pouvant varier de 0,003 à 0,04 mg/l (section 3.2);
- Pour un rejet continu en eaux saumâtres ou salées, la concentration environnementale d'OIC correspond toujours à la VAFe calculée pour un rejet de 120 minutes, soit 0,003 mg/l (section 3.2);
- La concentration d'OIC qui peut être rejetée en eaux saumâtres ou salées ne devrait jamais être supérieure à 0,04 mg/l, et ce, indépendamment de la durée du rejet (section 3.2);
- La déchloration peut être nécessaire pour atteindre la concentration environnementale au moment du rejet (chapitre 5);
- La concentration de chlore résiduel total est vérifiée avant le rejet, à l'aide d'une méthode d'analyse permettant d'atteindre la limite de détection la plus basse possible en fonction de l'effluent et des installations (section 3.3) :
  - Limite de détection de 0,035 mg/l ou moins;
  - Utilisation d'un analyseur portatif ou d'un analyseur en continu;
  - Prise en compte des composés pouvant causer une interférence analytique;
- Si la concentration environnementale applicable à l'effluent est plus faible que la limite de détection (0,035 mg/l ou moins) :
  - L'absence de détection permet de considérer que la concentration environnementale est respectée (section 3.3);
  - La déchloration de l'effluent avant son rejet est nécessaire s'il y a détection de chlore résiduel total (chapitre 5).

## 7. RÉFÉRENCES

BAGSHI, D., et R. T. KELLEY Jr, 1991. *Selecting a Dechlorination Chemical for a Wastewater Treatment Plant in Georgia*. Proceedings of the 1991 Georgia Water Resources Conference. Institute of Natural Resources, Athens, Georgia, p. 49-52.

BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF ENVIRONMENT AND CLIMATE CHANGE STRATEGY (B.C. ENV), 2021. *Chlorine Water Quality Guidelines, Technical appendix (Reformatted from B.C. Ministry of Environments and Parks, 1989. Water quality for chlorine)*. [En ligne], [bc env chlorine waterqualityguideline technical.pdf \(gov.bc.ca\)](http://bc.env.chlorine.waterqualityguideline.technical.pdf.gov.bc.ca).

CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (CCME), 1999. *Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique; composés réactifs chlorés*. Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, 1999, Winnipeg, le Conseil, 10 p.

COOLING TECHNOLOGY INSTITUTE, 2006. *Legionellosis. Guidelines: Best practices for control of legionella*. CTI Guidelines WTP-148 (06), 12 p.

ENVIRONNEMENT CANADA (EC), 2003. *Review of Municipal Effluent Chlorination and Dechlorination: Principles, Technologies and Practices*. Gouvernement du Canada. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/wastewater/resource-documents/municipal-effluent-chlorination-principles-technologies-practices.html>.

ENVIRONNEMENT CANADA (EC), 1993. *Liste des substances d'intérêt prioritaire. Rapport d'évaluation : eaux usées chlorées*. Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Gouvernement du Canada, Environnement Canada, Santé Canada. 41 p.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC), [En ligne], <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications> (document consulté le 22 janvier 2020).

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENV), 1999. *Position du ministère de l'Environnement sur la désinfection des eaux usées traitées*. Québec, Direction des politiques du secteur municipal, Service de l'assainissement des eaux et du traitement des eaux de consommation, 13 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCCa). *Règlement sur la qualité de l'eau potable*, chapitre Q-2, r. 40, Loi sur la qualité de l'environnement. [En ligne], <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2040>.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCCb). *Règlement sur la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels*, chapitre Q-2, r. 39, Loi sur la qualité de l'environnement. [En ligne], <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2039>.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCCc). *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*. [En ligne], [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/criteres\\_eau/index.htm](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.htm).

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCCd). *Critère de qualité de l'eau de surface : règles générales d'utilisation des critères de qualité de l'eau*. [En ligne], [http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres\\_eau/generales.htm](http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/generales.htm).

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCCe). *Calcul et interprétation des objectifs environnementaux de rejet (OER) pour les contaminants du milieu aquatique*. [En ligne], <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/oer/index.htm>.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP), 2005. *Guide d'exploitation des piscines et autres bassins artificiels*, Québec, Direction des politiques de l'eau. [En ligne], <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/piscine/guide-exploitation.pdf>.

ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT (OMOE), 2008. *Design guidelines for sewage works*. Ministry of environment, ISBN 978-1-4249-8438-1, PIBS 6879, 163 p. [En ligne], [Design Guidelines For Sewage Works | Ontario.ca](#)

RICE, E.W., R.B. BAIRD et A.D. EATON (sous la dir. de), 2017. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23<sup>e</sup> édition), American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) et Water Environment Federation (WEF).

TECHNISCHE UNIVERSITEIT EINDHOVEN (TUE), 2011. *The chlorine dilemma: Final report*. Eindhoven University of technology, Department of chemical engineering and chemistry. 83 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA), 2000. *Wastewater Technology Fact Sheet: Dechlorination*. EPA 832-F-00-022. Washington, 7 p.



*Environnement  
et Lutte contre  
les changements  
climatiques*

Québec 