

A

Errata

- Étude d'impact sur l'environnement
- Analyse des risques radiologiques d'International Safety Research (document n° TN-1115-2)

A.1 Étude d'impact sur l'environnement

Voici la liste d'inexactitudes et de coquilles qui se sont glissées dans l'étude d'impact relative au projet de modification des installations de stockage des déchets radioactifs et de réfection de la centrale nucléaire de Gentilly-2.

Volume 1

- *Glossaire.* À la dernière page du glossaire (page xxxvi), la définition de la « zone d'étude rapprochée » est en fait celle de la « zone d'étude restreinte ».
- *Section 3.6.5.1.* Dans le titre précédant le dernier paragraphe de la section 3.6.5.1 (page 3-50), le mot « liés » devrait être au féminin.
- *Section 3.7.4.2.* Au dernier point énuméré au début de la section 3.7.4.2 (page 3-65), le mot « inspectées » devrait être au masculin.
- *Section 3.2.2.2.* Le premier nombre de la colonne « Masse estimée (kg) » du tableau 3-3 (page 3-77) est « 24 600 ».
- *Section 3.3.2.2.* En plus de l'ajout de la rubrique « Commentaires », les corrections suivantes sont apportées au tableau 3-4 (dont la version corrigée est reproduite au tableau A-1 du présent document) :
 - On doit supprimer le « a » surélevé placé à la fin du titre « Référence » de la dernière colonne du tableau 3-4 (pages 3-78 à 3-80).
 - Dans la colonne « Références » du tableau 3-4 (page 3-79), aux première et troisième lignes, on devrait lire « EACL, nov. 2002 » et non « EACL, nov. 2002a ».
 - Dans la colonne « Exploitant » du tableau 3-4 (page 3-80), à la première ligne, la mention aurait dû être « Aucun ».
 - Dans la colonne « Élément d'entreposage » du tableau 3-4 (page 3-80), à la deuxième ligne, on devrait lire « Conteneur de 3 m³ en acier inoxydable ».
- *Section 3.3.2.2.* L'annotation « Pente 1 % » aurait dû apparaître dans les vues en coupe et en plan de la figure 3-12 de même que la mention « Canalisation » dans la vue en plan et l'illustration de cette canalisation dans la vue en coupe. La figure A-1 du présent document montre la figure 3-12 corrigée.

**Tableau A-1 : Particularités des unités de stockage étudiées pour l'IGDRS
(version révisée du tableau 3-4 de l'étude d'impact)**

Unité de stockage	Description	Catégorie de déchets	Type de déchets	Élément d'entreposage	Dimensions	Capacité d'entreposage	Blindage radiologique	Drainage	Exploitant	Références	Commentaire
Enceinte de stockage des déchets compactables et non compactables (type 1A) (figure 3-11)	Enceinte rectangulaire hors terre avec murs et couvercle en béton armé	Déchets de faible et de moyenne activité compactables et non compactables	Types 1 et 2 ^c	Ballot de déchets compactables Entreposage direct ou dans des boîtes métalliques des déchets non compactables	Enceinte : larg. : 4,6 m long. : 14,3 m haut. : 4,2 m épais. murs : 0,61 m	142 m ³	Béton	Pente de 1 % au niveau du plancher, drain et canal de collecte	Énergie Nouveau-Brunswick	EACL, septembre 2003, p. 36, 37 et 39	Option rejetée. Structure semblable à l'EDFMA, sauf qu'elle a une moins grande capacité d'entreposage.
Fosse à déchets de faible et de moyenne activité (type B) (figure 3-12)	Structure rectangulaire partiellement enfouie avec murs et couvercle en béton armé Divisée en 4 compartiments	Déchets de faible et de moyenne activité compactables et non compactables	Types 1 et 2 ^{a,b}	Ballot de déchets compactables Entreposage direct des déchets non compactables	Enceinte : larg. : 3,4 m long. : 13,3 m haut. : 3,3 m épais. murs : 0,6 m	100 m ³	Béton	Pente de 1 % au niveau du plancher, drain et canal de collecte	Hydro-Québec Production	Hydro-Québec, février 1981	Option rejetée. Structure semblable à l'EDFMA, sauf qu'elle a une moins grande capacité d'entreposage et qu'elle est partiellement enfouie.
Fosse à déchets de faible et de moyenne activité (type C) (figure 3-13)	Structure rectangulaire partiellement enfouie avec murs et couvercle en béton armé Divisée en 2 compartiments	Déchets de faible et de moyenne activité compactables et non compactables	Types 1 et 2 ^{a,b}	Ballot de déchets compactables Entreposage direct des déchets non compactables	Enceinte : larg. : 3,9 m long. : 11,8 m haut. : 3,3 m épais. murs : 0,6 m	115 m ³	Béton	Pente de 1 % au niveau du plancher, drain et canal de collecte	Hydro-Québec Production	Hydro-Québec, février 1981	Option rejetée. Structure semblable à l'EDFMA, sauf qu'elle a une moins grande capacité d'entreposage et qu'elle est partiellement enfouie.
Bâtiment de stockage des déchets faiblement radioactifs (figure 3-14)	Bâtiment avec murs de béton préfabriqués renforcés, plancher en béton et géomembrane, éclairé mais non chauffé	Déchets de faible et de moyenne activité compactables et non compactables (résines de faible activité)	Types 1 et 2 ^d	Ballot, baril et conteneurs variés	Bâtiment : larg. : 30,7 m long. : 47,1 m haut. : 7,9 m épais. murs : 0,38 m (augmenté au besoin) épais. plancher : 0,05 m	8 000 m ³	Mur de béton du bâtiment avec ajout de plaques de béton	Drain et fosse de drainage	Ontario Power Generation	OPG, sept. 2000, p. 2-14 à 2-18	Option rejetée. Bâtiment avec des systèmes actifs et qui s'écarte de façon importante des pratiques en vigueur à Gentilly.

Tableau A-1 : Particularités des unités de stockage étudiées pour l'IGDRS (suite)
 (version révisée du tableau 3-4 de l'étude d'impact)

Unité de stockage	Description	Catégorie de déchets	Type de déchets	Élément d'entreposage	Dimensions	Capacité d'entreposage	Blindage radiologique	Drainage	Exploitant	Références	Commentaire
Enceinte de stockage des filtres usagés (type A) (figure 3-15)	Enceinte rectangulaire avec murs et couvercles en béton armé	Filtres d'activité moyenne et élevée	Types 2 et 3 ^{ab}	Entreposage direct des filtres radioactifs dans des cylindres verticaux coulés dans le béton	Enceinte : larg. : 5,1 m long. : 12,3 m haut. : 4,4 m épais. murs : 0,6 m 36 cylindres de 51 cm de diamètre et 72 cylindres de 41 cm de diamètre	200 m ³	Béton	Aucun	Hydro-Québec Production	EACL, nov. 2002, p. 4-2 Hydro-Québec, févr. 1981, p. 6	Option retenue. Structure semblable à la fosse A-13 de l'ASDR, sauf qu'elle est hors sol.
Fosse souterraine IC-18 (figure 3-16)	Cylindre souterrain en acier au carbone entouré d'une gaine en béton avec couvercle en béton	Déchets d'activité moyenne et élevée	Types 2 et 3 ^d	Conteneurs variés	Structure cylindrique : diam. : 1,73 m haut. : 11,75 m	18 m ³	Acier, béton et sol	Drainage par conduites au fond du cylindre et au niveau du sol	Ontario Power Generation	OPG, sept. 2000 EACL, août 2003a	Option rejetée. Type de structure inadéquate en raison de la proximité du roc et de la nappe phréatique.
Bunker à déchets solides métalliques	Structure rectangulaire hors terre en béton armé	Déchets de haute activité	Type 3 ^b		larg. : 7 m long. : 14 m haut. : 6 m	Variable	Béton	Tubulure de drainage de fond	Aucun	EACL, avril 2002, dessin non publié	Option rejetée. Type de structure posant des problèmes d'évacuation de la chaleur.
Silo à déchets de retubage (figure 3-17)	Structure cylindrique hors terre en béton armé contenant 7 cylindres en acier	Déchets de haute activité	Type 3 ^b	Contenants cylindriques métalliques de 0,19 m ³ ou de 0,30 m ³	Structure cylindrique : diam. : 9,4 m haut. : 6,8 m épais. murs : 1,2 m 7 cylindres de 1,4 m de diamètre	Peut contenir 168 petits contenants de 0,19 m ³ ou 105 grands contenants de 0,30 m ³	Béton	Tubulure de drainage de fond	Aucun	EACL, nov. 2002, p. 4.1 EACL, déc. 2001, p. 3.7 EACL, septembre 2002, p. 45	Option retenue. Concept semblable à celui qui a été proposé au site nucléaire de Point Lepreau pour le même type de déchets.

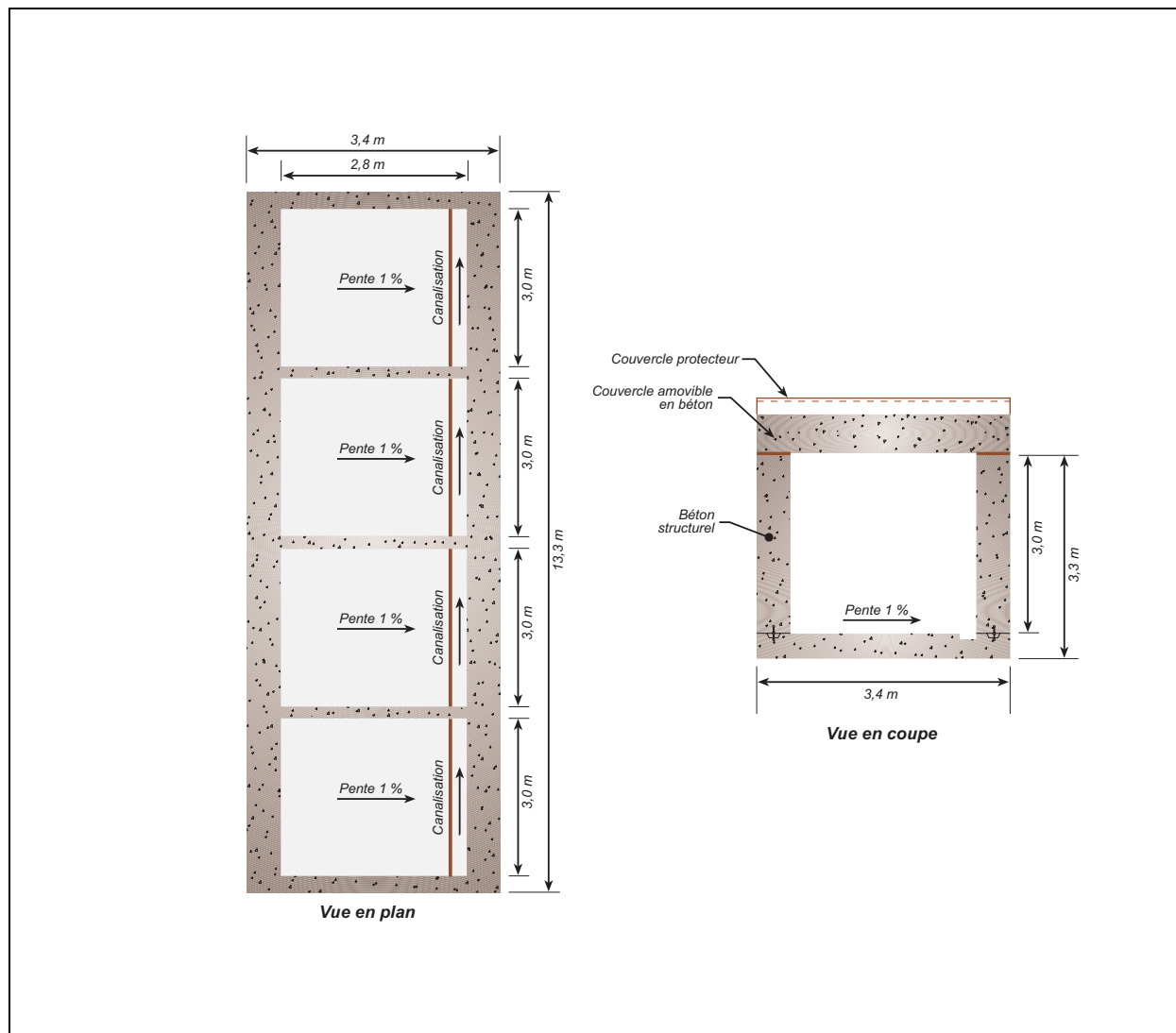
Tableau A-1 : Particularités des unités de stockage étudiées pour l'IGDRS (suite)
(version révisée du tableau 3-4 de l'étude d'impact)

Unité de stockage	Description	Catégorie de déchets	Type de déchets	Élément d'entreposage	Dimensions	Capacité d'entreposage	Blindage radiologique	Drainage	Exploitant	Références	Commentaire
Enceinte de stockage des déchets de faible et de moyenne activité (EDFMA) (figure 3-18)	Structure rectangulaire hors terre en béton armé	Déchets de faible et de moyenne activité	Types 1 et 2 ^a	Boîte métallique rectangulaire de 1,24 m ³ ou ballot	Enceinte : larg. : 4,6 m long. : 14,2 m haut. : 4,5 m	Peut contenir 64 boîtes métalliques de 1,24 m ³ ou 156 m ³ de ballots	Béton	Pente de 1 % au niveau du plancher, drain et canal de collecte	Aucun	EACL, août 2003b	Option retenue. Structure semblable aux fosses de type B et C de l'ASDR pour ce type de déchets, sauf qu'elle a une plus grande capacité de stockage et qu'elle est hors sol.
Quadricellule (figure 3-20)	Structure carrée hors terre avec murs et couvercle en béton armé contenant 4 cavités cylindriques	Résines de décontamination du circuit caloporteur primaire et résines de purification du caloporteur et du modérateur	Types 2 et 3 ^{ab}	Conteneur en acier	Structure carrée : base : 36 m ² haut. : 3,8 m	16 m ³	Béton	Par pompage au besoin. Drainage de fond si une quadricellule optimisée avait été sélectionnée	Hydro-Québec Production Ontario Power Generation	EACL, août 2003a	Option rejetée. Structure utilisée à l'ASDR et par Ontario Power Generation, semblable à l'option retenue (ESRU), sauf qu'elle a une moins grande capacité d'entreposage. Structures partiellement enfouies à l'ASDR.
Décacellule (figure 3-21)	Structure rectangulaire hors terre avec murs et couvercle en béton armé contenant 10 cavités cylindriques	Résines de décontamination du circuit caloporteur primaire et résines de purification du caloporteur et du modérateur	Types 2 et 3 ^a	Conteneur de 3 m ³ en acier	Structure rectangulaire : larg. : 6,6 m long. : 15,5 m haut. : 6,2 m	50 m ³ effectif	Béton	Tuyau à la base	Aucun	EACL, août 2003a	Option rejetée. Concept semblable à l'option retenue (ESRU), sauf qu'elle a une moins grande capacité d'entreposage.

Tableau A-1 : Particularités des unités de stockage étudiées pour l'IGDRS (suite)
 (version révisée du tableau 3-4 de l'étude d'impact)

Unité de stockage	Description	Catégorie de déchets	Type de déchets	Élément d'entreposage	Dimensions	Capacité d'entreposage	Blindage radiologique	Drainage	Exploitant	Références	Commentaire
Enceinte de stockage des résines usées (ESRU) (figure 3-22)	Structure rectangulaire hors terre avec murs et couvercle en béton armé contenant 12 cavités cylindriques	Résines de décontamination du circuit caloporteur primaire et résines de purification du caloporteur et du modérateur	Types 2 et 3 ^a	Conteneur de 3 m ³ en acier inoxydable	Structure rectangulaire : larg. : 6,6 m long. : 18,5 m haut. : 6,25 m	60 m ³ effectif	Béton	Tuyau à la base	Aucun	EACL, août 2003a	Option retenue. Structure semblable à la quadricellule et de concept comparable à celui de la décacellule, sauf qu'elle a une plus grande capacité d'entreposage et qu'elle est hors sol.
^a Catégories de débit de dose au complexe nucléaire de Gentilly (voir l'annexe F de l'étude d'impact). ^b Catégories de débit de dose selon EACL (voir l'annexe F de l'étude d'impact). ^c Catégories de débit de dose au complexe nucléaire de Point Lepreau (voir l'annexe F de l'étude d'impact). ^d Catégories de débit de dose au complexe nucléaire de Bruce (voir l'annexe F de l'étude d'impact).											

Figure A-1 : Fosse à déchets de faible et de moyenne activité
(version corrigée de la figure 3-12 de l'étude d'impact)



Volume 2

- *Glossaire.* À la dernière page du glossaire (page xli), la définition de la « zone d'étude rapprochée » est en fait celle de la « zone d'étude restreinte ».
- *Section 6.1.7.1.* Les légendes des parties « Automne 1990 » et « Printemps 1991 » de la figure 6-5 (page 6-169) sont inexactes. Dans la légende de la partie « Automne 1990 », on aurait dû lire : « Température de l'eau de surface en amont de la centrale : $\approx 2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ». Dans la légende de la partie « Printemps 1991 », on aurait dû lire : « Température de l'eau de surface en amont de la centrale : $\approx 3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ».

- *Section 6.4.3.4.* Au premier paragraphe de la section 6.4.3.4 (page 6-95), à la deuxième ligne, le mot « distribuées » devrait être au masculin.
- *Section 7.3.1.3.2.* Dans le dernier paragraphe de la section 7.3.1.3.2 (page 7-20), il manque le mot « de » entre les mots « qualité » et « l'air ».
- *Section 7.4.2.2.1.* Dans la note [a] au bas de la page 7-29, on aurait dû lire « 2,5 µSv/h correspond à $2,5 \times 10^{-6}$ Sv/h ».
- *Section 7.4.2.2.3.* Dans la première phrase du premier paragraphe de la section « Dépenses directes : salaires versés dans la région » (page 7-32), on aurait dû lire : « La construction des installations de stockage entraînera une demande accrue de main-d'œuvre pendant la durée de la construction, soit entre 2004 et 2045. »
- *Section 7.5.* Dans la note [a] au bas de la page 7-36, on aurait dû lire « 25 µSv/h correspond à 0,000 025 Sv/h ou $2,5 \times 10^{-5}$ Sv/h ».
- *Section 7.5.1.1.* Dans le premier paragraphe de la section 7.5.1.1 (page 7-36), à la deuxième ligne, on aurait dû lire « section 7.5.1.2 ».
- *Section 7.5.2.1.1.* Dans la note [a] au bas de la page 7-44, on aurait dû lire « 25 µSv/h correspond à 0,000 025 Sv/h ou $2,5 \times 10^{-5}$ Sv/h ».
- *Section 8.2.4.3.* Le tableau 8-4 de l'étude d'impact devrait être corrigé comme dans le tableau A-2 du présent document.

**Tableau A-2 : Limite de conception sismique des unités de stockage
 (version révisée du tableau 8-4 de l'étude d'impact)**

Unité de stockage	Accélération horizontale (g)	Probabilité annuelle
Modules CANSTOR (ASSCI)	0,3	$< 5 \times 10^{-5}$
Silos de stockage du combustible irradié (ASSCI)	0,25	$< 5 \times 10^{-5}$
Silos à déchets de retubage (IGDRS)	0,25	$< 5 \times 10^{-5}$
Enceintes de stockage des résines épuisées (IGDRS)	0,25	$< 5 \times 10^{-5}$
Enceintes de stockage des filtres usagés (IGDRS)	0,11	1×10^{-3}
Enceintes de stockage des déchets compactables et non compactables (EDFMA) (IGDRS)	0,11	1×10^{-3}
Fosses (ASDR)	0,11	1×10^{-3}

- *Section 9.2.1.1.* Dans le deuxième paragraphe de la section 9.2.1.1 (page 9-3), la référence bibliographique est « (Aménatech, 1993) » au lieu de « (ISR, octobre 2003) ».
- *Section 9.3.3.* Dans la note [a] au bas de la page 9-11, on aurait dû lire « 1 TBq correspond à 1×10^{12} Bq ».
- *Section 9.3.3.* Dans la note [b] au bas de la page 9-11, on aurait dû lire « 25 TBq correspond à $2,5 \times 10^{13}$ Bq ».
- *Section 9.3.4.* Dans le deuxième paragraphe de la section 9.3.4 (page 9-12), aux quatrième et cinquième lignes, la référence bibliographique est « (Aménatech, 1993) » au lieu de « (ISR, octobre 2003) ».
- *Références.* Le document correspondant à l'entrée bibliographique « Entre les lignes. 1993 » (page 7) est le suivant : « Entre les lignes. 1993. *Projet de stockage du combustible irradié de la centrale nucléaire Gentilly 2. Résultats d'enquêtes auprès des populations locales.* Montréal, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement. 60 p. et ann. ».

Volume 3

- *Annexe G.* Dans le paragraphe précédant la figure 3 (page G-116) du document *Compilation et analyse des résultats du questionnaire de consultation* reproduit à l'annexe G, le renvoi à la figure 2 devrait plutôt être un renvoi à la figure 3.
- *Annexe G.* On a corrigé les dernières lignes du tableau 5 (page G-119), du tableau 6 (page G-120) et du tableau 7 (page G-124) du document *Compilation et analyse des résultats du questionnaire de consultation* reproduit à l'annexe G (voir les tableaux A-3, A-4 et A-5 du présent document).
- *Annexe G.* Dans le paragraphe précédant la figure 5 (page G-121) du document *Compilation et analyse des résultats du questionnaire de consultation* reproduit à l'annexe G, le renvoi à la figure 4 devrait plutôt être un renvoi à la figure 5.

**Tableau A-3 : Thèmes des questions ou commentaires concernant le projet
 (version corrigée du tableau 5 de la page G-119 de l'étude d'impact)**

Thèmes	Nombre de mentions
Sûreté des installations	11
Économie et retombées	2
Choix énergétique	7
Environnement	5
Santé	5
Présentation de qualité, informations claires et précises	2
Confiance en Hydro-Québec	1
Justification du projet	2
Déchets	5
Patrimoine et héritage	4
Coûts et rentabilité	2
Impacts immobiliers	1
Fonctionnement de Gentilly-2	2
Bonne réponse à la présentation	1
Importance des rencontres d'information et de consultation pour rassurer les gens	1
Manque d'information	1
Avant-projet	2
Nombre de répondants à la question 5	43

**Tableau A-4 : Commentaires relatifs à l'information fournie par Hydro-Québec
(version corrigée du tableau 6 de la page G-120 de l'étude d'impact)**

Commentaires	Nombre de mentions
Préoccupation face à la sûreté des installations	1
Préoccupation face à l'environnement et à la santé	2
Bonne présentation de qualité	4
Patrimoine et héritage	1
Coûts et rentabilité	1
Désinformation	2
Information subjective	4
Fermeture de la centrale	1
Informations difficilement vérifiables par le grand public	1
Alternatives sans déchets	1
Demande plus d'information	1
Croit que la décision est déjà prise	2
Pas de réponse satisfaisante aux questions	3
Réponses à mes questions données lors de la séance	1
Prise de conscience faite sur les mesures de sécurité présente	1
Sans commentaire	54
Nombre total de mentions	80
Nombre de répondants : 76	

**Tableau A-5 : Fréquence des commentaires inscrits par les répondants sur les questionnaires
 (version corrigée du tableau 7 de la page G-124 de l'étude d'impact)**

Thème	Commentaires	Nombre de mentions
Avant-projet	Préoccupations sur l'avant-projet, sur l'étude d'impact et sur les informations objectives requises	4
	Préoccupations relatives à la prise de décision et à l'information donnée à la rencontre	7
	Demande un vote ou un référendum	3
	Manque d'information pour avoir une idée claire	5
	Bonne présentation en général	11
	Confiance en Hydro-Québec en général	4
Déchets radioactifs	Préoccupations relatives aux déchets radioactifs	18
Environnement et santé	Préoccupations relatives à l'environnement	20
	Préoccupations relatives à la santé	6
	Préoccupations face aux impacts à long terme et pour les générations futures	18
	Préoccupations relatives aux impacts sur le paysage	2
Sûreté des installations et plan des mesures d'urgence	Préoccupations relatives à la sûreté des installations et à leur gestion	22
	Préoccupations relatives aux conséquences d'accidents éventuels	14
	Préoccupations relatives aux risques de terrorisme	6
Exploitation de Gentilly-2	Demande la fermeture de la centrale nucléaire de Gentilly-2	4
Choix énergétiques	Favorable à l'utilisation d'autres filières que le nucléaire au Québec	4
Aspect économique	Préoccupations relatives aux coûts et aux retombées du projet	7
	Préoccupations relatives aux impacts sur la valeur des propriétés immobilières	2
Nombre total de mentions		157
Nombre de personnes n'ayant pas écrit de commentaire		22
Nombre de répondants : 76		

A.2 Analyse des risques radiologiques d'International Safety Research (document n° TN-1115-2)

Voici la liste d'inexactitudes et de coquilles qui se sont glissées dans l'étude d'International Safety Research relative à l'analyse des risques radiologiques (document n° TN-1115-2)

Section 9.5.1. Dans le dernier paragraphe de la section 9.5.1 (page 9-9), on aurait dû lire « 2,5 µSv/h » au lieu de « 25 µSv/h ». Le débit de dose de conception à la clôture du périmètre ne doit pas dépasser 2,5 µSv/h.

Références bibliographiques. La référence n° 25 (page 9-26), où « juin » est remplacé par « mai », doit se lire comme suit : Énergie atomique du Canada Ltée (EACL). Mai 2003. *Spent Resin Storage Structures for IGDRS. Gentilly-2.* Document technique n° 66RF-26300-DCD-001. Révision D1. P. A-4, tableau 1. 21 p.

Annexe A. À la page A-7, dans le tableau A-6, on devrait lire « $4,4 \times 10^4 \text{ Bq/m}^3$ » au lieu de « 4 400 Bq/m³ » pour le seuil de concentration de tritium (³H) dans l'air sans effet observé pour les biotes terrestres.

B

Annexes et références bibliographiques du document de questions et de commentaires du ministère de l'Environnement du Québec concernant l'étude d'impact

- Annexe I – Limites préconisées par le ministère de l'Environnement relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction
- Annexe II – Position technique pour les rejets d'eaux chlorées au milieu aquatique
- Références

Annexe I

Limites préconisées par le ministère de l'Environnement relativement aux niveaux sonores provenant d'un chantier de construction

Pour la période du jour comprise entre 7 h et 19 h, le MENV a pour politique que toutes les mesures raisonnables et faisables doivent être prises par le maître d'œuvre pour que le niveau de bruit équivalent ($L_{Aeq, 12h}$) provenant du chantier de construction soit égal ou inférieur au plus élevé des niveaux sonores suivants, soit 55 dB ou le niveau de bruit ambiant initial s'il est supérieur à 55 dB. Cette limite s'applique en tout point de réception dont l'occupation est résidentielle ou l'équivalent (hôpital, institution, école). On convient cependant qu'il existe des situations où les contraintes sont telles que le maître d'œuvre ne peut exécuter les travaux tout en respectant ces limites. Le cas échéant, le maître d'œuvre est requis de :

- a) prévoir le plus en avance possible ces situations, les identifier et les circonscrire;
- b) préciser la nature des travaux et les sources de bruit mises en cause;
- c) justifier les méthodes de construction utilisées par rapport aux alternatives possibles;
- d) démontrer que toutes les mesures raisonnables et faisables sont prises pour réduire au minimum l'ampleur et la durée des dépassements;
- e) estimer l'ampleur et la durée des dépassements prévus;
- f) planifier des mesures de suivi afin d'évaluer l'impact réel de ces situations et de prendre les mesures correctrices nécessaires.

Pour les périodes de soirée (19 h à 22 h) et de nuit (22 h à 7 h), tout niveau de bruit équivalent sur une heure ($L_{Aeq, 1h}$) provenant d'un chantier de construction doit être égal ou inférieur au plus élevé des niveaux sonores suivants, soit 45 dB ($L_{Aeq, 1h}$) ou le niveau de bruit ambiant initial s'il est supérieur à 45 dB. Cette limite s'applique en tout point de réception dont l'occupation est résidentielle ou l'équivalent (hôpital, institution, école). La nuit, afin de protéger le sommeil, aucune dérogation à ces limites ne peut être acceptable (sauf en cas de nécessité absolue). En soirée toutefois, lorsque la situation le justifie, le niveau sonore moyen ($L_{Aeq, 3h}$) peut atteindre 55 dB peu importe le niveau ambiant à la condition de justifier ces dépassements conformément aux exigences « a » à « f » telles qu'elles sont décrites au paragraphe précédent.

Annexe II

Position technique pour les rejets d'eaux chlorées au milieu aquatique

Service des avis et des expertises (SAVEX)
Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSÉE)
Ministère de l'Environnement
Québec

17 mars 2004

Équipe de travail

RÉDACTION : Lise Boudreau

RÉVISION ET COLLABORATION : Denis Brouillette
Sylvie Cloutier
Martine Gélneau
Isabelle Guay
Lucie Wilson

Position technique pour les rejets d'eaux chlorées au milieu aquatique

Contexte

Pour protéger leurs installations contre l'invasion de microorganismes et de macro-organismes, les industries utilisent un certain nombre de méthodes permettant de déloger ou de tuer les organismes indésirables.

Dans le cas de macro-organismes comme la moule zébrée, des méthodes de lutte non chimique ont été développées ou sont à l'état de développement (MENV, 2004). Le dégrillage mécanique, l'utilisation de filtres à sable ou de jets d'eau à forte pression ainsi que le traitement thermique sont quelques-unes de ces méthodes qui peuvent, dans certains cas, être adéquates pour maintenir l'invasion en deçà d'un niveau acceptable. Dans certaines situations, le recours à la lutte chimique semble actuellement inévitable.

Pour lutter contre les microorganismes, un certain nombre de méthodes non chimiques, comme le lagunage et les filtrations, sont également disponibles. Toutefois, plusieurs industries ont recours aux produits oxydants, dont le chlore, pour protéger leurs infrastructures contre la prolifération de bactéries et de divers microorganismes.

Les industries qui utilisent ainsi le chlore génèrent des effluents chlorés. Ces derniers doivent être déchlorés avant leur rejet dans le milieu récepteur.

Certains usages non-industriels sont également susceptibles de générer des rejets d'eaux chlorées. Dans ces cas, un traitement alternatif permettant l'élimination de la majeure partie du chlore résiduel doit être envisagé avant le rejet dans l'environnement des eaux chlorées. Par exemple, l'eau des piscines doit reposer quelques jours après l'addition du chlore avant d'être vidangée et l'eau de lavage des filtres des usines de traitement de l'eau potable peut être traitée par décantation ou par lagunage.

Quant aux eaux usées traitées, le ministère de l'Environnement proscrit la désinfection par chloration ou par chloration-déchloration (MENV, 1999). Seuls les moyens de désinfection qui ne causent pas d'effets nocifs sur la vie aquatique et qui ne génèrent pas de sous-produits indésirables pour la santé publique sont admis pour les eaux usées traitées. L'ozonation, le rayonnement ultraviolet, le lagunage et les systèmes de filtration font partie des moyens de désinfection admis pour les eaux usées.

L'usage du chlore comme biocide étant assez répandu, cette note a pour but d'encadrer tout rejet d'eaux chlorées industrielles dans le milieu récepteur. Pour les rejets liés au contrôle de la moule zébrée, cet avis remplace les recommandations de la section 14.2 du document *La moule zébrée - Lignes directrices pour les directions régionales du MENVIQ* (MENVIQ, 1993).

Utilisation du chlore

Les quantités de chlore nécessaires pour le contrôle des microorganismes et des macroorganismes varient selon les conditions du milieu. Par exemple, le pouvoir oxydant du chlore étant plus élevé dans des conditions acides, les quantités nécessaires de chlore (Cl_2) diminuent lorsque le pH de l'eau diminue. Aussi, bien qu'une augmentation de la température favorise la forme la moins toxique du chlore (OCl^{\ominus}), l'efficacité biocide du chlore diminue généralement lorsque la température de l'eau diminue (Hibler *et al.*, 1986 dans Association canadienne des eaux potables et usées, 1994; Benschoten *et al.*, 1995; Claudi et Mackie, 1994).

Selon les objectifs du traitement, le nombre et la durée des applications requises varient. Dans certains cas, l'application de chlore se fait en continu durant toute l'année. Pour le contrôle de la moule zébrée, un seul traitement par année, durant deux à trois semaines, peut être suffisant lorsque l'infestation n'est pas massive. Les concentrations de Cl_2 nécessaires peuvent alors varier de 0,3 mg/L à 2 mg/L. Des traitements **périodiques**, soit 3 à 4 traitements échelonnés du printemps à l'automne, peuvent parfois être nécessaires. Appliqué durant toute la saison de croissance et de reproduction, un traitement **intermittent**, consistant par exemple en une application à toutes les 12 heures durant 30 minutes, peut être efficace pour empêcher l'établissement de nouvelles végétales (Claudi et Mackie, 1994). Hydro-Ontario a développé, en 1992, un traitement semi-continu consistant en une alternance de courtes périodes d'application de chlore (15 minutes) et de périodes d'interruption (de 15 à 45 minutes) (Evans et Sim, 1993). À raison de 0,5 mg/L de Cl_2 , ces traitements seraient aussi efficaces pour inhiber l'attachement des moules zébrées qu'un traitement continu (Claudi et Mackie, 1994; Claudi, 1999) et permettraient de réduire les quantités de chlore dans l'environnement.

Recommandations

Outre sa toxicité pour les organismes aquatiques, le chlore pose des problèmes environnementaux parce qu'il réagit avec la matière organique présente dans l'eau pour former des composés organochlorés, dont des trihalométhanes (THM) et des acides haloacétiques (AHA). Les quantités de chlore ainsi que le nombre et la durée des traitements doivent être réduits au minimum de façon à limiter le rejet de chlore résiduel dans les eaux réceptrices. Le chlore résiduel total est composé du chlore libre (Cl_2 , HOCl et OCl^{\ominus}) et du chlore combiné que représentent les chloramines produites par la combinaison du chlore avec les produits azotés présents dans l'eau. Lorsque les systèmes peuvent tolérer un certain degré de salissure, quelques traitements de courte durée sont

préférables au traitement continu. Également, lorsqu'ils permettent de réduire les quantités de chlore rejetées dans l'environnement, les traitements intermittents sont souvent préférables au traitement continu. Dans tous les cas, les quantités rejetées doivent respecter les recommandations ci-dessous.

Le brome peut également être utilisé avec le chlore pour augmenter le pouvoir oxydant du traitement, en particulier lorsque le pH de l'eau est $> 7,5$. Les deux oxydants, soit le brome et le chlore, sont mélangés dans un ratio molaire 1:1. L'augmentation de l'effet biocide par la combinaison des deux oxydants permet de réduire les quantités totales d'oxydants ainsi que la formation de sous-produits. Les concentrations d'oxydants doivent être réduites au minimum parce que la plus grande efficacité du mélange entraîne également une plus grande toxicité envers les organismes aquatiques non visés. Au Canada, trois produits à base de bromure de sodium sont homologués pour le contrôle de la moule zébrée et doivent être utilisés en combinaison avec le chlore (MENV, 2004; ARLA, 2003).

Le respect des critères de qualité pour la protection de la vie aquatique

Pour les rejets d'eaux usées, la protection de la vie aquatique est habituellement assurée par le respect d'objectifs environnementaux de rejet (OER) et par l'absence de toxicité aiguë et chronique à l'effluent mesurée à l'aide de tests de toxicité standards (MENV, 2001). Toutefois, les tests de toxicité sur les organismes aquatiques sont plus ou moins appropriés pour les rejets d'eaux chlorées. En effet, le caractère volatil et instable du chlore réduit la fiabilité des tests de toxicité si des conditions expérimentales particulières ne sont pas mises en place. Pour cette raison, l'absence de toxicité aiguë et chronique est prédite à l'aide de deux critères de qualité : un seuil d'effets aigus et un seuil d'effets chroniques. Ainsi, selon qu'il s'agisse d'un rejet continu ou de courte durée, le respect du seuil d'effets aigus et/ou d'un objectif environnemental de rejet (OER) basé sur le critère de qualité chronique est demandé.

Pour des rejets d'eaux chlorées de courte durée, la concentration de chlore résiduel total (CRT) de l'effluent ne doit pas dépasser le seuil d'effets aigus. Celui-ci correspond à la concentration pouvant tuer 50% des organismes sensibles exposés. La valeur du seuil d'effets aigus pour le chlore est fonction de la durée de l'exposition (tableau 1) (MENV, 2001; B.C. WLAP 1998, rév. 2001). Pour une exposition variant de 30 à 120 minutes durant une période de 24 heures consécutives, le seuil d'effets aigus en eau douce varie de 0,087 à 0,031 mg/L de CRT. De plus, la concentration du CRT pour les rejets en eau douce ne doit jamais dépasser 0,1 mg/L. Pour les rejets en eau salée, le seuil d'effets aigus varie de 0,005 mg/L à 0,003 mg/L pour une exposition dont la durée est respectivement de 30 à 120 minutes. La concentration du CRT pour les rejets en eau salée ne doit jamais dépasser 0,04 mg/L.

Pour des rejets d'eaux chlorées continus, un objectif environnemental de rejet (OER) chronique est calculé pour l'effluent à partir du seuil d'effets chroniques et de la dilution allouée pour le mélange dans les eaux réceptrices (MENV, 1991, rév. 2001). Le seuil

4

d'effets chroniques pour le chlore a été établi à 0,002 mg/L en eau douce et à 0,003 mg/L en eau salée (tableau 1) (MENV, 2001; B.C. WLAP, 1998 rév. 2001). Les rejets continus d'eaux chlorées doivent respecter la valeur la plus contraignante entre l'OER chronique et le seuil d'effets aigus.

Tableau 1 Critères de qualité (exprimés en mg/L) pour la protection de la vie aquatique adoptés par le MENV (B.C. MWLAP, 1998 rév. 2001) pour le chlore résiduel total

	<i>Eau douce</i>	<i>Eau salée</i> (s'applique aux oxydants induits par la présence de chlore (OIC))
Effets chroniques	0,002	0,003
Effets aigus La durée de l'exposition est exprimée en minutes et elle ne doit jamais dépasser 120 minutes par période de 24 h consécutives.	1074 (durée) ^{-0,74} / 1000 La concentration de chlore résiduel total ne doit jamais dépasser 0,1 mg/L.	20,36 (durée) ^{-0,4} / 1000 La concentration de chlore résiduel total ne doit jamais dépasser 0,04 mg/L.

Les rejets d'eaux bromées-chlorées doivent respecter les critères de qualité retenus pour le brome car le brome est plus toxique que le chlore pour les organismes aquatiques. Seul un critère de qualité pour les effets chroniques a été adopté pour le brome (MENV, 2001). Pour le moment, le peu de données de toxicité aiguë disponibles ne permet pas de calculer un critère de qualité pour les effets aigus selon la procédure standard (MENV, 1990 rév. 1992). Toutefois, l'examen des quelques données disponibles indique que le brome est au moins deux fois plus toxique que le chlore. Pour les besoins immédiats, le seuil d'effets aigus défini pour le chlore et multiplié par un facteur de 0,5 s'applique au brome.

Pour des rejets d'eaux bromées-chlorées de courte durée, la concentration d'oxydants résiduels totaux (ORT) de l'effluent ne doit pas dépasser la moitié de la valeur du seuil d'effets aigus calculée pour le chlore (tableau 2). Pour une exposition variant de 30 à 120 minutes durant une période de 24 heures consécutives, le seuil d'effets aigus pour les rejets en eau douce varie de 0,044 à 0,016 mg/L d'ORT. De plus, la concentration des ORT ne doit jamais dépasser 0,05 mg/L à l'effluent.

Pour des rejets d'eaux bromées-chlorées continus, un objectif environnemental de rejet (OER) chronique est calculé pour l'effluent à partir du seuil d'effets chroniques et de la dilution allouée pour le mélange dans les eaux réceptrices (MENV, 1991 rév. 2001). Le seuil d'effets chroniques pour le brome a été établi à $1,7 \times 10^{-4}$ mg/L en eau douce (tableau 2) (MENV, 2001; MDEQ, 1997). Les rejets continus d'eaux bromées-chlorées doivent respecter la valeur la plus contraignante entre l'OER chronique et le seuil d'effets aigus.

Tableau 2 Valeurs seuils (exprimées en mg/L) pour la protection de la vie aquatique pour les oxydants résiduels totaux

	<i>Eau douce</i>	<i>Eau salée</i>
Effets chroniques	$1,7 \times 10^{-4}$	ND
Effets aigus <small>La durée de l'exposition est exprimée en minutes et elle ne doit jamais dépasser 120 minutes par période de 24 h consécutives.</small>	$0,5 (1074 (\text{durée})^{-0,74} / 1000)$ <small>La concentration d'oxydants résiduels totaux ne doit jamais dépasser 0,05 mg/L.</small>	ND

ND : non déterminé

Si le chlore est utilisé seul, une déchloration de l'effluent est demandée lorsque les concentrations d'oxydants à l'effluent ne respectent pas :

- le seuil d'effets aigus pour le chlore, dans le cas des rejets de courte durée et des rejets continus;
- et l'objectif environnemental de rejet (OER) chronique pour le chlore, dans le cas des rejets continus.

Si un mélange de brome et de chlore est utilisé, une déhalogénéation de l'effluent est demandée lorsque les concentrations d'oxydants à l'effluent ne respectent pas :

- le seuil d'effets aigus pour le chlore multiplié par un facteur de 0,5, dans le cas des rejets de courte durée et des rejets continus;
- et l'objectif environnemental de rejet (OER) chronique pour le brome dans le cas des rejets continus.

Dans la pratique, les limites analytiques ne permettent pas toujours de vérifier le respect de la valeur seuil (aiguë ou chronique). Les limites précisées plus loin remplacent alors la valeur seuil pour déterminer le besoin de déchloration.

Pour les effluents chlorés contenant d'autres substances toxiques que le chlore, la toxicité globale de l'effluent pourra tout de même être vérifiée si les conditions nécessaires à la bonne conduite des essais de toxicité (rapidité des opérations, volatilisation réduite, renouvellement des solutions, etc.) sont réunies. Parmi les cinq tests habituellement recommandés (MENV, 2001), les plus appropriés pour prédire la toxicité du chlore sont :

6

1. Le test de toxicité chronique : Essai de croissance et de survie des larves de tête-de-boule (*Pimephales promelas*) (Environnement Canada, 1992). Un renouvellement quotidien de la solution est recommandé.
2. Le test de toxicité aiguë : Détermination de la toxicité létale chez le microcrustacé *Daphnia magna* (CEAEQ, 2000).

Déchloration (ou déhalogénéation)

La déchloration des effluents chlorés permet d'éliminer ou de réduire les quantités de chlore résiduel total avant leur rejet dans l'environnement. Dans le cas d'eaux relativement chargées en matière organique, la déchloration ne permet pas toujours d'éliminer complètement le chlore résiduel (Helz and Nweke, 1995). La déchloration est généralement effectuée à l'aide de sulfites ou de dioxyde de soufre. En termes de poids, 0,9 partie de dioxyde de soufre (SO₂) (ou 1,46 partie de bisulfite de sodium (NaHSO₃) ou 1,34 partie de métabisulfite de sodium (Na₂S₂O₅)) est nécessaire pour déchlorer 1 partie de chlore résiduel total (U.S. EPA, 2000). D'autres moyens de déchloration peuvent également être utilisés. Ainsi, il est possible d'augmenter le temps de rétention des eaux chlorées pour que le chlore s'évapore avant le rejet dans le milieu récepteur ou d'utiliser du charbon activé. L'adsorption au charbon activé, plus dispendieuse que la sulfonation, est la méthode suggérée lorsque la déchloration totale est exigée (EPA, 2000).

Puisque le chlore se volatilise rapidement, les échantillons d'eaux chlorées doivent être contenus dans des récipients hermétiques et analysés le plus rapidement possible. Idéalement, l'analyse du CRT dans l'effluent, avant et après la déchloration, est réalisée sur place. Des analyseurs colorimétriques au DPD (N, N-diéthyl-p-phénylénédiamine), dont la limite de détection est actuellement de 0,035 mg/L, permettent de mesurer sur place, en continu, la concentration d'oxydants dans l'eau. Le détail de la méthode d'analyse au DPD est explicité dans le document *Standard Methods* (Clesceri *et al.*, 1998).

En principe, la déchloration est demandée lorsque la concentration de CRT dans l'effluent dépasse le seuil d'effets aigus (pouvant varier de 0,03 à 0,1 mg/L selon la durée de l'exposition) ou l'OER chronique (section *Le respect des critères de qualité pour la protection de la vie aquatique*). Lorsque la valeur seuil à respecter (aiguë ou chronique) est inférieure à la limite de détection de 0,035 mg/L, le dépassement de la limite de détection conduit à une exigence de déchloration. La déchloration vise l'élimination du chlore résiduel total (CRT) en évitant toutefois une utilisation excessive de sulfite ou de dioxyde de soufre puisque l'excès de soufre entraîne une baisse significative du taux d'oxygène dissous dans l'eau et peut donc nuire à la vie aquatique (U.S. EPA, 2000).

Lorsqu'un mélange brome/chlore est utilisé, la déhalogénéation se fait de la même manière que la déchloration. En principe, la déhalogénéation est demandée lorsque la concentration des oxydants résiduels totaux (ORT) dans l'effluent dépasse le seuil d'effets aigus (pouvant varier de 0,015 à 0,05 mg/L selon la durée de l'exposition) ou

l'OER chronique (section *Le respect des critères de qualité pour la protection de la vie aquatique*). Lorsque la valeur seuil à respecter (aiguë ou chronique) est inférieure à la limite de détection de 0,035 mg/L, le dépassement de la limite de détection conduit à une exigence de déhalogénéation.

La disponibilité d'analyseurs en continu plus performants pourra éventuellement permettre de vérifier de plus faibles concentrations d'oxydants totaux dans l'effluent et d'abaisser le seuil de déhalogénéation.

En pratique, **la déchloration** ou la déhalogénéation est demandée lorsqu'il y a dépassement à la fois de la limite de détection de 0,035 mg/L et de la valeur seuil à respecter (aiguë ou chronique) (section *Le respect des critères de qualité pour la protection de la vie aquatique*).

La valeur de 0,035 mg/L, qui constitue actuellement la plus faible limite de détection disponible pour les analyseurs en continu, pourrait être revue à la baisse lorsque la technologie permettra de détecter de plus faibles concentrations.

Alternatives

Les rejets d'eaux chlorées ou bromées peuvent causer des dommages importants à la vie aquatique. Le brome et le chlore doivent donc être utilisés en dernier recours seulement. Pour réduire les quantités d'oxydants dans les systèmes aquatiques, les produits à base d'ammonium quaternaire peuvent être utilisés pour lutter contre la moule zébrée (MENV, 2004). En autant que faire se peut, les méthodes de lutte non chimique doivent être préférées à la lutte chimique (MENV, 2004). Lorsqu'elles ne suffisent pas, le recours aux oxydants ou à tout autre produit chimique doit se faire avec parcimonie et être accompagné d'une détoxification avant le rejet dans l'environnement, comme la déchloration dans le cas du chlore et du brome ou un traitement à la bentonite dans le cas de l'ammonium quaternaire.

Références

AGENCE DE RÉGLEMENTATION DE LA LUTTE ANTIPARASITAIRE (ARLA), 2003. *EDDENet ELSE Label Search*, [En ligne] [<http://www.eddenet.pmr-arla.gc.ca/4.0/4.1.asp>] (septembre 2003).

ASSOCIATION CANADIENNE DES EAUX POTABLES ET USÉES, 1994. *Principes et techniques de traitement de l'eau*, Ottawa (Ontario), 411 p.

BENSCHOTEN, J. E., J. N. JENSEN, D. HARRINGTON et D. J. DEGIROLAMO, 1995. Zebra mussel mortality with chlorine, *Journal of American Water Works Association*, vol. 87, n° 5, p. 101-108.

BRITISH COLUMBIA, MINISTRY OF WATER, LAND AND AIR PROTECTION (B.C. WLAP), 1998 (rév. 2001). *British Columbia approved water quality guidelines (criteria)*, [En ligne], Water Protection Branch, Ministry of Water, Land and Air Protection, [<http://wlapwww.gov.bc.ca/wat/wq/Bcguidelines/approved.html>], (5 novembre 2003).

CEAEQ, 2000. *Détermination de la toxicité létale $Cl_{50}48h$ *Daphnia magna**, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Ministère de l'Environnement, MA 500 – D. mag.1.0.

CLAUDI, R. et G. L. MACKIE, 1994. *Practical manual for zebra mussel monitoring and control*, Lewis Publishers, ISBN 0-87371-985-9, 227 p.

CLAUDI, R., 1999. *Minimizing the use of chlorine in zebra mussel control*, *Hydro Review*, vol. 18, n° 2, p. 28-30.

CLESCERI, L.S., A.E. GREENBERG ET A.D. EATON, éditeurs, 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20^{ème} édition)*, Publié par : American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) et Water Environment Federation (WEF), 1220 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, 1992. *Méthode d'essai biologique : essai de croissance et de survie des larves de tête-de-boule*, Env. Can., Conservation et protection, Ottawa, SPE 1/RM/22; modifié novembre 1997.

EVANS, D. W. et B. F. SIM, 1993. *Semi-continuous Chlorination for Zebra Mussel Control*, Ontario Hydro Research Division, Report C93-3-K.

HELTZ, G. et A. C. NWEKE, 1995. Incompleteness of Wastewater Dechlorination, *Environ. Sci. Technol.*, 29, 1018-1022.

MICHIGAN DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY (MDEQ), 1997. *Rule 57 (2) Guideline Levels*, Great Lakes and Environmental Assessment Section, Surface Water Quality Division, Department of Water Quality, Michigan, 3 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENV), 2004. *Mise à jour des lignes directrices sur la moule zébrée*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Québec. *EN PRÉPARATION*.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENV), 2001. *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Québec, 430 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENV), 1991 (rév. 2001). *Méthode de calcul des objectifs environnementaux de rejet pour les contaminants du milieu aquatique*, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, Québec, 21 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENV), 1999. *Position du ministère de l'Environnement sur la désinfection des eaux usées traitées*, 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 (MENVIQ), 1993. *La moule zébrée – Lignes directrices pour les directions régionales du MENVIQ*, Comité moules zébrées du MENVIQ, ministère de l'Environnement, Québec, 14 p.

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENV.), 1990 (rév. 1992), *Méthodologie de calcul de critères de qualité de l'eau pour les substances toxiques*, Québec, 148 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S. EPA), 2000. *Wastewater Technology Fact Sheet – Dechlorination*, Office of Water, Washington, D.C. EPA 832-F-00-022.

2004E199

