

**Campagne de caractérisation des sols et des eaux
souterraines**

Campagne de caractérisation des sols et des eaux souterraines

Centrale de cogénération
Bécancour, Québec

TransCanada Energy Ltd.

Notre dossier : 603215

Août 2003



SNC•LAVALIN
Environnement

Membre du Groupe SNC•LAVALIN

Campagne de caractérisation des sols et des eaux souterraines

Centrale de cogénération
Bécancour, Québec

TransCanada Energy Ltd.

Notre dossier : 603215
Août 2003

Préparé par:

Adrienne Dénes, ing., M.Ing.

Date:

Vérifié par :

Robert Auger, ing.

Date:



SNC•LAVALIN
Environnement

Membre du Groupe SNC•LAVALIN

TABLE DES MATIÈRES

| | Page |
|---|-------------|
| 1 INTRODUCTION..... | 1 |
| 1.1 Mise en contexte | 1 |
| 1.2 Description du site | 1 |
| 2 TRAVAUX RÉALISÉS | 2 |
| 2.1 Forages et installation des puits d'observation | 2 |
| 2.2 Tranchées d'exploration | 4 |
| 2.3 Arpentage et relevés de niveaux d'eau | 4 |
| 2.4 Échantillonnage de l'eau souterraine | 4 |
| 2.5 Programme analytique | 5 |
| 3 RÉSULTATS..... | 7 |
| 3.1 Contexte stratigraphique | 7 |
| 3.1.1 Socle rocheux..... | 7 |
| 3.1.2 Dépôts meubles | 7 |
| 3.1.3 Unités hydrostratigraphiques et piézométrie..... | 8 |
| 3.1.4 Conductivité hydraulique de l'aquifère | 10 |
| 3.1.5 Puits d'alimentation | 10 |
| 3.2 Résultats des analyses chimiques : Sols | 10 |
| 3.2.1 Critères d'évaluation | 10 |
| 3.2.2 Résultats | 11 |
| 3.3 Résultats des analyses chimiques : Eau souterraine..... | 15 |
| 3.3.1 Critères d'évaluation | 15 |
| 3.3.2 Résultats | 15 |
| 4 CONCLUSIONS..... | 21 |
| 5 ÉQUIPE DE TRAVAIL | 22 |

ANNEXES

ANNEXE 1 : Rapports de sondages

ANNEXE 2 : Puits d'alimentation

ANNEXE 3 : Certificats d'analyses chimiques

ANNEXE 4 : Extraits des recommandations pour la qualité des eaux au Canada pour le manganèse, CCME, 1987

LISTE DES TABLEAUX

| | Page |
|-------------|---|
| Tableau 2-1 | Résumé du programme analytique6 |
| Tableau 3-1 | Relevé des niveaux d'eau effectué le 15 mai 20038 |
| Tableau 3-2 | Résultats des analyses des échantillons de sols12 |
| Tableau 3-3 | Résultats des analyses des échantillons d'eau souterraine17 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|----------|---|
| Figure 1 | Localisation des sondages- Campagne de caractérisation des sols et des eaux souterraines3 |
| Figure 2 | Carte piézométrique - Campagne de caractérisation des sols et des eaux souterraines9 |

1 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre du projet de construction d'une centrale de cogénération à Bécancour, Québec, les services de SNC♦LAVALIN Environnement inc., ont été retenus par la TransCanada Energy Ltd. (TransCanada) pour la réalisation d'une étude sur les impacts environnementaux associés à la construction et l'opération de la centrale projetée.

Dans le cadre de cette étude, une caractérisation de la qualité des sols et de l'eau souterraine a été réalisée au printemps 2003. Cette caractérisation a comporté le forage et l'aménagement de 4 puits d'observation, la réalisation de 11 tranchées d'exploration et les analyses chimiques des échantillons de sol et d'eau souterraine recueillis dans les nouveaux puits et deux puits existants. Suite à l'obtention des résultats d'analyse des eaux souterraines, la teneur en métaux a été revérifiée dans les puits d'observation par une nouvelle campagne d'échantillonnage effectuée en juillet 2003.

Ce rapport constitue une synthèse des travaux réalisés ainsi que l'interprétation des résultats obtenus.

1.2 Description du site

Le site retenu pour la construction de la centrale de cogénération est situé sur la rive droite du fleuve Saint-Laurent, dans le Parc Industriel et Portuaire (SPIPB) de la ville de Bécancour, sur le boulevard Raoul-Duchesne, bordé à l'est par le boulevard Arthur-Sicard et à l'ouest par l'avenue Georges E. Ling. Ce site possède une superficie approximative de 10 hectares : 600 m de largeur (le long du boulevard Raoul-Duchesne) sur 170 m de profondeur (le long de l'avenue Georges E. Ling). Par rapport au Fleuve St-Laurent, le site de la centrale se trouve une distance approximative de 1500 m du rivage.

La topographie du terrain sur la partie est du terrain prévue pour la construction est plane, variant entre les niveaux géodésiques 7,2 m et 7,9 m. La majeure partie du terrain est en friche et devient boisée en se rapprochant vers la limite est du site de la centrale. La campagne de caractérisation des sols et de l'eau souterraine concerne la partie destinée à la construction de la centrale d'une largeur d'environ 300 m.

2 TRAVAUX RÉALISÉS

Les travaux de terrain déroulés du 13 au 15 mai 2003, ont essentiellement consisté à obtenir des données sur la qualité des sols et de l'eau souterraine du site à partir de forages, de puits d'observation aménagés et de fosses d'exploration creusées sur le futur emplacement de la centrale. Le rééchantillonnage des eaux souterraines a eu lieu le 22 juillet 2003.

Les travaux réalisés sont décrits plus en détails dans les sections qui suivent. Pour la localisation des ouvrages, le lecteur se référera à la figure 1.

Les travaux de terrain ont essentiellement compris :

- le forage et l'installation de quatre puits d'observation;
- l'exécution de onze tranchées d'exploration et le prélèvement d'échantillons de sol;
- la purge et l'échantillonnage de l'eau souterraine des quatre puits d'observation installés et de deux puits existants le 15 mai et le rééchantillonnage de cinq des six puits le 22 juillet 2003;
- le relevé des niveaux d'eau et le nivellement;
- l'analyse des échantillons de sols et d'eau souterraine.

Ces activités sont décrites plus en détails dans les sections suivantes.

2.1 Forages et installation des puits d'observation

Les forages ont été réalisés à l'aide d'une foreuse à tarière évidée d'environ 200 mm de diamètre extérieur dans les dépôts meubles et avec un carottier diamanté de calibre HQ dans le roc. Les sols ont été échantillonnés de façon continue à l'aide d'un carottier fendu, pour l'identification de la stratigraphie, la description des indices de contamination et l'analyse chimique.

Dans chaque forage, des puits d'observation ont été installés. Les puits de 51 mm de diamètre ont été constitués d'une crépine de PVC de 3,05 m de longueur ceinturée d'un sable filtrant et rattachée à un tubage de PVC plein de 3 m de longueur et protégé par un tubage protecteur. Un bouchon de bentonite était installé autour du tubage de PVC, au-dessus du sable filtrant puis prolongé jusqu'en surface. Étant donné la faible épaisseur des dépôts meubles rencontrés, la zone crépinée des puits a été installée uniquement dans le roc.

Une tubulure et une valve Waterra dédiées ont été installées dans les puits d'observation pour permettre la purge des puits et l'échantillonnage de l'eau souterraine

La stratigraphie rencontrée dans les forages (discutée à la section 3) et les détails d'installation des puits d'observation sont indiqués sur les rapports de forage joints en annexe.

2.2 Tranchées d'exploration

Onze tranchées d'exploration ont été exécutés sur le futur emplacement de la centrale. En tout, quinze sites d'échantillonnage des sols ont été répartis sur l'ensemble du site incluant les quatre forages. La localisation des tranchées d'exploration est montrée à la figure 1. La profondeur des tranchées a été limitée par la faible profondeur du roc se situant à un maximum de 1.4 m.

Les tranchées ont été réalisées en partie à l'aide d'une pelle hydraulique, dû aux difficultés de déplacements rencontrés par la rétrocaveuse sur le terrain submergé d'eau. Dans les tranchées, des échantillons de sol ont été prélevés manuellement avec une truelle, à une fréquence d'un échantillon à chaque unité stratigraphique différente à un maximum de 1 m d'épaisseur, représentant généralement deux échantillons par site d'échantillonnage.

Les échantillons ainsi prélevés étaient mis dans des contenants appropriés, fournis par le laboratoire, et mis au frais jusqu'à leur livraison à ce dernier. Suite au prélèvement, les déblais provenant des excavations ont été remis en place.

2.3 Arpentage et relevés de niveaux d'eau

Tous les puits d'observation, incluant les deux existants, et tranchées d'exploration ont été localisés et nivelés par une équipe d'arpentage à l'aide d'une station-totale en utilisant un repère géodésique.

Les niveaux d'eau stabilisés ont été mesurés dans tous les puits afin d'établir la piézométrie de la nappe d'eau souterraine.

2.4 Échantillonnage de l'eau souterraine

Les quatre puits SLEI (PO-1 à PO-4) et les deux puits existants F1 et F2 (dont les rapports de forage et d'installation de puits sont joints à l'annexe 1) ont été échantillonnés le 15 mai 2003. Le 22 juillet les quatre puits SLEI et le puits existant F1 ont été rééchantillonnés, le

F2 n'ayant pas été trouvé dans la végétation dense. Les cinq puits ont été échantillonnés en double pour pouvoir être analysés dans deux laboratoires.

Les puits ont tous été purgés d'un volume équivalent à trois fois leur contenu en eau ou, le cas échéant, asséchés.

L'eau souterraine a été prélevée à l'aide de pompes à déplacement inertiel de type Waterra dédiées à chacun des puits. Pour l'échantillonnage des composés organiques volatils, une deuxième tubulure a été utilisée, dont le faible diamètre a permis le prélèvement de l'eau sans turbulence. Tous les échantillons ont été mis dans des contenants appropriés fournis par le laboratoire et munis, le cas échéant, des préservatifs appropriés. Ils ont ensuite été conservés au frais dans des glacières jusqu'à leur livraison au laboratoire. Les échantillons destinés à l'analyse pour les métaux ont été filtrés en laboratoire en respectant le délai de 24h à partir de leur prélèvement.

2.5 Programme analytique

Le programme analytique est montré au tableau 2-1 ci-après et présenté dans les paragraphes qui suivent.

Les échantillons de **sols** ont été analysés pour les paramètres suivants :

- Hydrocarbures pétroliers C₁₀ à C₅₀;
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP);
- Métaux : argent, arsenic, baryum, cobalt, cuivre, cadmium, chrome, étain, manganèse, mercure, molybdène, nickel, plomb, sélénium, zinc;
- Autres paramètres inorganiques : soufre total, cyanures disponibles et totaux, bromures disponibles et fluorures;
- BPCs par congénères.

Les échantillons **d'eau souterraine** prélevés en mai 2003 ont été analysés pour les paramètres suivants :

- Hydrocarbures pétroliers C₁₀ à C₅₀;
- HAP;
- Composés organiques volatils (COV : HAM et HHT);
- Métaux : aluminium, argent, arsenic, baryum, cadmium, cuivre, chrome, cobalt, étain, manganèse, mercure, molybdène, nickel, plomb, sélénium, zinc;
- Autres paramètres inorganiques: nitrites, nitrates, dureté, pH, cyanures disponibles et totaux, bromures disponibles fluorures, sulfates;

- Composés phénoliques.

Toutes ces analyses ont été réalisées au laboratoire *Maxxam Analytique* de Lachine.

L'objectif de la deuxième campagne d'échantillonnage était de vérifier la teneur en aluminium et manganèse de l'eau souterraine, étant donné que ces éléments ont été mesurés en concentrations plus élevées que les critères d'usage applicables. Ces paramètres ont été analysés en juillet 2003 en duplicata dans deux laboratoires différents, soit *Maxxam Analytique* de Lachine et *Essais de Matériaux Bodycote* de Pointe Claire.

Tableau 2-1 Résumé du programme analytique

| Paramètres | Nombre d'échantillons analysés | | |
|--|--------------------------------|-----|-------|
| | Sol | Eau | Total |
| Mai 2003 | | | |
| Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ à C ₅₀ | 15 | 6 | 21 |
| HAP | 6 | 6 | 12 |
| Composés organiques volatils (HAM et HHT) | 0 | 6 | 6 |
| Biphényles polychlorés (BPC) | 6 | 0 | 6 |
| Métaux (liste complète à la page 4) | 15 | 6 | 21 |
| Autres paramètres inorganiques | 15 | 6 | 21 |
| Composés phénoliques | 0 | 3 | 3 |
| Juillet 2003 | | | |
| Métaux (aluminium et manganèse)-laboratoire Maxxam | 0 | 5 | 5 |
| Métaux (aluminium et manganèse)- laboratoire Bodycote | 0 | 5 | 5 |

3 RÉSULTATS

3.1 Contexte stratigraphique

La stratigraphie détaillée est montrée sur les rapports des forages et des tranchées d'exploration joints en annexe. La description sommaire de la stratigraphie est présentée ci-après.

3.1.1 Socle rocheux

À l'endroit des sondages, le socle rocheux se situe entre 0,6 et 1,4 m de profondeur sous la surface du terrain, soit entre les élévations 6,85 m au TP-6 et 6,31 m au TP-3. La description détaillée du roc est tirée de l'*Étude géotechnique de l'agrandissement de l'aluminerie de Bécancour* (CNFS, Lavalin, 1988). Le roc consiste en un schiste argileux à stratification sub-horizontale, contenant des minces interlits de grès. Le roc est très fracturé dans sa partie supérieure, soit sur une épaisseur pouvant varier de 2 à 3 m. Dans cette zone très fissurée, existent de nombreux joints d'altération remplis d'argile dont l'épaisseur peut atteindre de 20 à 50 mm.

3.1.2 Dépôts meubles

D'après les sondages, les dépôts meubles, d'une épaisseur maximale de 1,4 m sur le terrain de la centrale projetée, sont essentiellement constitués d'une couche de remblai suivie d'une couche composée soit de silt argileux, soit de sable.

- Un remblai composé de sable, silt et argile en proportions variables a été rencontré dans la plupart des sondages, sous une mince couche de sol végétal. Ce remblai contient parfois des fragments de roc ou de gravier et de la matière organique.
- Le remblai est suivi généralement par une couche de silt argileux avec des traces ou un peu de sable, gris-brunâtre (marbré), d'épaisseur maximale de 60 cm.
- Dans cinq des quinze sondages (TP-3, TP7, TP-8, TP-9 et TP-11), le remblai est suivi d'une couche de sable, pouvant contenir un peu de silt, des traces de gravier ou d'argile. Dans l'un des quinze sondages (la tranchée TP-3), le sable n'est pas recouvert de remblai.

Aucun indice de contamination n'a été observé dans les quinze sondages effectués.

3.1.3 Unités hydrostratigraphiques et piézométrie

Une nappe perchée discontinue a été observée dans le remblai et dans les couches de sable sous-jacents (lorsque présentes) à l'endroit de quelques tranchées d'exploration. Étant donné la faible épaisseur de ces horizons, dont uniquement la partie inférieure était saturée, ces couches de sol ne constituent pas des unités hydrostratigraphiques importantes.

De la même façon, l'horizon observé de silt argileux peu perméable et de faible épaisseur (maximum 60 cm) ne constitue pas une unité hydrostratigraphique majeure.

La principale unité hydrostratigraphique est le roc, dont les 2 à 3 premiers mètres sont très fracturés. Les fractures de la partie supérieure du roc sont remplies de silt et argile.

Aux emplacements des 4 forages SLEI, l'aquifère du roc est maintenu sous pression par un aquitard¹ constitué de l'horizon de silt qui le recouvre. La profondeur du niveau d'eau de cette nappe variait le 15 mai entre 0,28 m et 1,13 m par rapport au niveau du sol. Cet aquifère est utilisé pour l'alimentation en eau potable dans la région de Bécancour (la section 3.1.5 présente les puits d'alimentation à proximité du site).

L'écoulement de la nappe est illustré à la carte piézométrique de la figure 2. La nappe se dirige de l'est vers l'ouest, en direction de la rivière Bécancour et parallèlement au fleuve St-Laurent, avec un gradient hydraulique horizontal moyen de 0,005 m/m. Le relevé des niveaux d'eau est présenté au tableau 3-1.

Il faut mentionner que la direction d'écoulement ainsi que les gradients hydrauliques peuvent varier avec les saisons et les précipitations.

Tableau 3-1 Relevé des niveaux d'eau effectué le 15 mai 2003

| Puits d'observation | Coordonnées (m) | | Élévations géodésiques (m) | | Profondeur de l'eau p/r PVC 15.05.2003 (m) | Niveau piézométrique 15.05.2003 (m) |
|---------------------|-----------------|----------|----------------------------|------------|--|-------------------------------------|
| | Est (X) | Nord (Y) | Sol | Tubage PVC | | |
| PO-1 | 388975 | 5136972 | 7.53 | 8.31 | 1.92 | 6.40 |
| PO-2 | 389254 | 5136985 | 7.47 | 8.29 | 1.10 | 7.19 |
| PO-3 | 389175 | 5137105 | 7.93 | 8.89 | 1.51 | 7.38 |
| PO-4 | 389051 | 5136857 | 7.35 | 8.26 | 1.41 | 6.85 |
| F-1 | 389105 | 5137012 | 7.80 | 8.28 | 1.25 | 7.03 |
| F-2 | 389200 | 5136982 | 7.57 | 7.75 | 0.48 | 7.27 |

¹ Aquitard : Formation géologique peu perméable qui permet une circulation très lente d'eau.

3.1.4 Conductivité hydraulique de l'aquifère

La conductivité hydraulique du roc a été déterminée par des essais d'injection d'eau sous pression réalisés à plusieurs profondeurs lors du projet d'agrandissement de l'aluminerie de Bécancour (voir l'étude géotechnique mentionnée plus haut).

Les coefficients de perméabilité du roc calculés à partir de ces essais variaient entre 1.3×10^{-5} m/s et $1,3 \times 10^{-7}$ m/s, les valeurs plus élevées ayant été obtenues à faible profondeur.

3.1.5 Puits d'alimentation

Une recherche effectuée dans l'Annuaire des puits et forages du Ministère de l'Environnement (mise à jour du 18 mars 2003) montre l'existence de sept puits d'alimentation dans un rayon de deux kilomètres du site. Les résultats de cette recherche sont présentés au tableau 1 et la figure 1 de l'annexe 2. En examinant cette figure, on peut constater que ces puits sont situés du côté est, sud-est et sud-ouest du site, en direction opposée et latéralement par rapport à la direction de l'écoulement de l'eau souterraine déterminée en mai 2003.

3.2 Résultats des analyses chimiques : Sols

3.2.1 Critères d'évaluation

La production d'électricité à partir de gaz naturel n'étant pas listée dans l'annexe III du Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains, la loi no. 72 n'est pas applicable à ce type d'industrie. Par conséquent, c'est la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains (la Politique) qui s'applique. Pour les sols, l'annexe 2 de la Politique comprend une grille de critères génériques qui impose trois seuils (A, B, C) applicables en fonction de la vocation du terrain à l'étude. Le critère C représente le degré de contamination maximal acceptable pour un terrain à vocation industrielle ou commerciale. Le seuil B représente le degré de contamination maximal d'un terrain à vocation résidentielle, récréative ou institutionnelle et le seuil A, celui d'un terrain à vocation résidentielle.

Compte tenu de la vocation industrielle du site, le niveau C a été retenu pour évaluer les résultats obtenus. Toutefois, pour fins de comparaison, le tableau de résultats comprend également les niveaux A et B.

3.2.2 Résultats

Les résultats d'analyse sont présentés au tableau 3-2 et les certificats de laboratoire à l'Annexe 3. Ces résultats montrent que parmi les 15 échantillons de sols analysés, il n'y a aucun dépassement du critère C pour les paramètres analysés. Par ailleurs, il n'y a que deux échantillons qui se situent dans l'intervalle B-C des critères du MENV, l'un pour la concentration en soufre à la tranchée TP-1 et l'autre pour la teneur en manganèse au forage PO-3. Les autres concentrations mesurées sont toutes inférieures au niveau B ou même, dans la plupart des cas, au niveau A.

Tableau 3-2: Résultats d'analyse des échantillons de sol prélevés entre le 13 et le 15 mai 2003

| Paramètre | Critère du MENV | | | Échantillon | | | | | | | | |
|----------------|-----------------|------|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| | A | B | C | PO-1-1 0.0-0.6m | PO-2-1 0.0-0.6m | PO-3-1 0.0-0.6m | PO-4-1 0.0-0.6m | TP-1-1 0.0-0.55m | TP-2-1 0.0-0.6m | TP-3-1 0.0-0.5m | TP-3-1dup 0.0-0.5m | TP-4-1 0.0-0.7m |
| Argent (Ag) | 2 | 20 | 40 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| Arsenic (As) | 6 | 30 | 50 | <6 | <6 | 23 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 |
| Baryum (Ba) | 200 | 500 | 2000 | 190 | 74 | 110 | 140 | 70 | 110 | 70 | 73 | 61 |
| Cadmium (Cd) | 1,5 | 5 | 20 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Chrome (Cr) | 85 | 250 | 800 | 25 | 24 | 26 | 16 | 22 | 28 | 12 | 12 | 13 |
| Cobalt (Co) | 15 | 50 | 300 | 14 | 8 | 14 | 6,5 | 7,5 | 16 | 4,7 | 5,1 | 5,5 |
| Cuivre (Cu) | 40 | 100 | 500 | 31 | 5 | 21 | 13 | 9,8 | 26 | 6 | 6,5 | 7,1 |
| Etain (Sn) | 5 | 50 | 300 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Manganèse (Mn) | 770 | 1000 | 2200 | 550 | 230 | 1200 | 220 | 170 | 750 | 130 | 140 | 320 |
| Mercure (Hg) | 0,2 | 2 | 10 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | | <0,02 |
| Molybdène (Mo) | 2 | 10 | 40 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| Nickel (Ni) | 50 | 100 | 500 | 32 | 21 | 32 | 16 | 19 | 35 | 12 | 12 | 14 |
| Plomb (Pb) | 50 | 500 | 1000 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 |
| Sélénium (Se) | 1 | 3 | 10 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | 0 | <1 | | <1 |
| Zinc (Zn) | 110 | 500 | 1500 | 79 | 59 | 72 | 47 | 60 | 74 | 32 | 34 | 33 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Hydrocarbures Pétroliers C₁₀-C₅₀ | 300 | 700 | 3500 | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 |
|---|------------|------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

| Paramètre | Critère du MENV | | | Échantillon | | | | | | | | |
|----------------|-----------------|------|------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | A | B | C | TP-5-1 0.0-0.4m | TP-6-1 0.0-0.3m | TP-7-1 0.0-0.4m | TP-7-1 dup 0.0-0.4m | TP-8-1 0.0-0.25m | TP-8-1 dup 0.0-0.25m | TP-9-1 0.0-0.6m | TP-10-1 0.0-0.6m | TP-11-1 0.0-0.4m |
| Argent (Ag) | 2 | 20 | 40 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | - | <2 | <2 | <2 |
| Arsenic (As) | 6 | 30 | 50 | <6 | <6 | <6 | <6 | <6 | - | <6 | <6 | <6 |
| Baryum (Ba) | 200 | 500 | 2000 | 82 | 81 | 61 | 64 | 64 | - | 65 | 39 | 59 |
| Cadmium (Cd) | 1,5 | 5 | 20 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | - | <1 | <1 | <1 |
| Chrome (Cr) | 85 | 250 | 800 | 28 | 21 | 20 | 22 | 21 | - | 17 | 13 | 11 |
| Cobalt (Co) | 15 | 50 | 300 | 9,2 | 9,8 | 8,2 | 8,7 | 6,1 | - | 7 | 6,5 | 5,1 |
| Cuivre (Cu) | 40 | 100 | 500 | 8,8 | 7,9 | 6,5 | 6,7 | 4 | - | 5,3 | 7,6 | 5,7 |
| Etain (Sn) | 5 | 50 | 300 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | - | <5 | <5 | <5 |
| Manganèse (Mn) | 770 | 1000 | 2200 | 260 | 480 | 440 | 450 | 130 | - | 260 | 220 | 160 |
| Mercure (Hg) | 0,2 | 2 | 10 | 0,03 | <0,02 | <0,02 | | 0,02 | - | <0,02 | <0,02 | <0,02 |
| Molybdène (Mo) | 2 | 10 | 40 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | - | <2 | <2 | <2 |
| Nickel (Ni) | 50 | 100 | 500 | 24 | 20 | 19 | 20 | 16 | - | 16 | 14 | 11 |
| Plomb (Pb) | 50 | 500 | 1000 | <5 | <5 | <5 | <5 | <5 | - | <5 | <5 | <5 |
| Sélénium (Se) | 1 | 3 | 10 | <1 | <1 | <1 | | <1 | - | <1 | <1 | <1 |
| Zinc (Zn) | 110 | 500 | 1500 | 69 | 48 | 46 | 50 | 45 | - | 45 | 36 | 25 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Hydrocarbures Pétroliers C₁₀-C₅₀ | 300 | 700 | 3500 | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 | <100 |
|---|------------|------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

Tableau 3-2: Résultats d'analyse des échantillons de sol prélevés entre le 13 et le 15 mai 2003

| Paramètre | Unité | Critère du MENV | | | Échantillon | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-----------------|-----|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| | | A | B | C | PO-1-1 0.0-0.6m | PO-2-1 0.0-0.6m | PO-3-1 0.0-0.6m | PO-4-1 0.0-0.6m | TP-1-1 0.0-0.55m | TP-2-1 0.0-0.6m | TP-3-1 0.0-0.5m | TP-3-1dup 0.0-0.5m |
| Bromures (disponible) | mg/kg | 6 | 50 | 300 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| Cyanures disponibles | mg/kg | 2 | 10 | 100 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| Cyanures totaux | mg/kg | 2 | 50 | 500 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| Fluorures | mg/kg | 200 | 400 | 2000 | 1,4 | 1 | 0,8 | 1,2 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Soufre | % | 0,04 | 0,1 | 0,2 | 0,09 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,14 | 0,03 | <0.01 | 0,01 |

| Paramètre | Unité | Critère du MENV | | | Échantillon | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-----------------|-----|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | | A | B | C | TP-4-1 0.0-0.7m | TP-5-1 0.0-0.4m | TP-6-1 0.0-0.3m | TP-7-1 0.0-0.4m | TP-8-1 0.0-0.25m | TP-9-1 0.0-0.6m | TP-10-1 0.0-0.6m | TP-11-1 0.0-0.4m |
| Bromures (disponible) | mg/kg | 6 | 50 | 300 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| Cyanures disponibles | mg/kg | 2 | 10 | 100 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| Cyanures totaux | mg/kg | 2 | 50 | 500 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| Fluorures | mg/kg | 200 | 400 | 2000 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,7 | 0,8 |
| Soufre | % | 0,04 | 0,1 | 0,2 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | <0.01 | 0,03 | <0.01 |

Tableau 3-2 : Résultats d'analyse des échantillons de sol prélevés entre le 13 et le 15 mai 2003

| Hydrocarbures aromatiques polycycliques | Critère du MENV | | | Échantillon | | | | | | |
|---|-----------------|----------|-----------|---------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | A | B | C | TP-1-1 0.0-0.55m | TP-2-1 0.0-0.6m | TP-3-1 0.0-0.5m | TP-3-1:DUP 0.0-0.5m | TP-5-1 0.0-0.4m | TP-8-1 0.0-0.25m | TP-10-1 0.0-0.6m |
| Acénaphène | 0,1 | 10 | 100 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Acénaphylène | 0,1 | 10 | 100 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Anthracène | 0,1 | 10 | 100 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Benzo(a)anthracène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Benzo(a)pyrène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Benzo(b+j+k)fluoranthène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | 0,1 |
| Benzo(c)phénanthrène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Benzo(ghi)pérylène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Chrysène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | 0,1 |
| Dibenzo(a,h)anthracène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Dibenzo(a,h)pyrène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Dibenzo(a,i)pyrène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Dibenzo(a,l)pyrène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Fluoranthène | 0,1 | 10 | 100 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | 0,2 |
| Fluorène | 0,1 | 10 | 100 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Indéno(1,2,3-cd)pyrène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Naphtalène | 0,1 | 5 | 50 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Phénanthrène | 0,1 | 5 | 50 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | 0,2 |
| Pyrène | 0,1 | 10 | 100 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | 0,2 |
| 1,3-Diméthylnaphtalène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 1-Méthylnaphtalène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 2,3,5-Triméthylnaphtalène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 2-Méthylnaphtalène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 3-Méthylcholanthrène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 7,12-Diméthylbenzanthracène | 0,1 | 1 | 10 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| BPC (Somme) | 0,05 | 1 | 10 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 |

3.3 Résultats des analyses chimiques : Eau souterraine

3.3.1 Critères d'évaluation

De la même façon que pour les sols, l'activité prévue sur le site n'étant pas listée à l'annexe IV du Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains, les exigences de la loi no. 72 ne s'appliquent pas pour évaluer la qualité et ou appliquer un programme de suivi de l'eau souterraine. Par conséquent, les concentrations obtenues sont comparées aux critères de l'annexe 2 de la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés. Cette grille présente des critères pour plusieurs paramètres selon deux catégories² :

- 1) Pour fins de consommation : ces critères sont applicables lorsque l'eau souterraine migre vers un point de captage destiné à l'approvisionnement en eau potable.
- 2) Résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts : lorsque l'eau souterraine fait éventuellement résurgence dans un cours d'eau de surface ou s'infiltré dans un réseau d'égouts.

Dans le présent cas, compte tenu de la proximité du fleuve St-Laurent (située à une distance d'environ 1500 m) et de canaux de drainage longeant l'emplacement proposé ainsi que de la présence de puits d'alimentation en eau dans un rayon de deux kilomètres du site de la centrale, les deux critères du MENV été retenus pour l'interprétation.

3.3.2 Résultats

Les résultats d'analyse des échantillons prélevés le 15 mai et 22 juillet 2003 sont présentés au tableau 3-3 et 3-3a respectivement. Les certificats des deux laboratoires sont joints à l'Annexe 3.

² Titres des colonnes 3 et 4 de la Grille des critères applicables de contamination des eaux souterraines de l'annexe 2 de la Politique.

Les résultats d'analyse des six échantillons d'eau souterraine prélevés le 15 mai 2003 ont montré :

- un dépassement du critère d'eau souterraine faisant résurgence dans un cours d'eau au puits PO-2 pour l'aluminium (4,3 mg/l), et
- deux dépassements du critère pour le manganèse pour l'eau de consommation au PO-1 et au PO-3. Il faut cependant mentionner que le critère pour le manganèse est un critère d'ordre esthétique.
- Les concentrations de tous les autres paramètres analysés sont inférieures à la limite de détection ou largement inférieures aux deux critères applicables.

Les résultats de la deuxième campagne d'échantillonnage (22 juillet 2003) montrent que :

- tous les puits respectent le critère d'eau souterraine faisant résurgence dans un cours d'eau pour l'aluminium. Ce résultat est confirmé par deux séries d'analyses effectués dans deux laboratoires différents.
- Quatre des cinq puits ont des teneurs dépassant le critère pour le manganèse pour l'eau souterraine utilisée pour la consommation.

Étant donné que

- la concentration en aluminium n'a été mesurée que dans un seul échantillon des six prélevés le 15 mai 2003, et que
- la réanalyse de l'eau souterraine a montrée des concentrations inférieures d'un ou deux ordres de grandeurs dans tous les puits (allant de non détectable de 30 ug/l à 120 ug/L),

le premier résultat est considéré anomalique, par conséquent il est considéré que l'eau souterraine respecte le critère pour l'aluminium.

La présence de manganèse a été confirmée par la deuxième campagne d'échantillonnage à des concentrations variant de 40 à 270 µg/l, qui se trouvent selon les recommandations du CCME³ joints à l'annexe 4, dans la gamme des teneurs habituellement mesurées dans les eaux souterraines au Canada.

³ Recommandations pour la qualité des eaux au Canada. Conseil canadien des ministres de l'environnement. Mars et Novembre 1987.

Tableau 3-3: Résultats d'analyse des échantillons d'eau souterraine prélevés le 15 mai 2003

| Métaux | Critère du MENV | | Résultats d'analyse (ug/l) / Puits | | | | | |
|----------------|-----------------|------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|
| | Consommation | Résurgence | PO-1 | PO-2 | PO-3 | PO-4 | F-1 | F-2 |
| Aluminium (Al) | - | 750 | <30 | 4300 | <30 | 210 | <30 | <30 |
| Argent (Ag) | 100 | 0,62 | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 |
| Arsenic (As) | 25 | 340 | <2 | <2 | <2 | 3 | 2 | <2 |
| Baryum | 1000 | 5300 | 110 | 140 | 80 | 140 | 120 | 110 |
| Cadmium (Cd) | 5 | 2,1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Chrome (Cr) | 50 | - | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 |
| Cobalt (Co) | - | 500 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 |
| Cuivre (Cu) | 1000 | 7,3 | 5 | 5 | <3 | <3 | <3 | <3 |
| Etain (Sn) | - | - | <50 | <50 | <50 | <50 | <50 | <50 |
| Manganèse (Mn) | 50 | - | 150 | 37 | 75 | 8 | <3 | <3 |
| Mercure (Hg) | 1 | 0,13 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 | <0,2 |
| Molybdène (Mo) | 70 | 2000 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 |
| Nickel (Ni) | 20 | 260 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Plomb (Pb) | 10 | 34 | 2 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| Zinc (Zn) | 5000 | 67 | 10 | 50 | <3 | 27 | <3 | <3 |

Autres composés inorganiques

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| Bromures (disponible) | - | - | <500 | <500 | <500 | <300 | <300 | <300 |
| Cyanures disponibles | - | 22 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Cyanures Totaux | 200 | - | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Fluorures | 1500 | 4000 | 300 | 500 | <200 | 500 | 300 | 300 |
| Nitrates et Nitrites | 10000 | - | 300 | 200 | 100 | 100 | 50 | 50 |
| pH | - | - | 7,1 | 8,8 | 7,5 | 9 | 7,6 | 7,6 |
| Sulfates | - | - | 41000 | 47000 | 40000 | 30000 | 72000 | 110000 |
| Magnésium (Mg) | - | - | 41000 | 2700 | 25000 | 3600 | 20000 | 27000 |
| Calcium (Ca) | - | - | 66000 | 6600 | 65000 | 13000 | 33000 | 66000 |
| Dureté (CaCO3) | - | - | 340000 | 28000 | 270000 | 48000 | 160000 | 270000 |

| | | | | | | | | |
|---|---|------|------|-----|------|------|------|-----|
| Hydrocarbures Pétroliers C₁₀-C₅₀ | - | 3500 | <100 | 360 | <100 | <100 | <100 | 120 |
|---|---|------|------|-----|------|------|------|-----|

Tableau 3-3a: Résultats d'analyse des échantillons d'eau souterraine prélevés le 22 juillet 2003

| Métaux | Critère du MENV | | Résultats d'analyse (ug/l) / Puits | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------|------------|------------------------------------|------|------|------|-----|------------|
| | Consommation | Résurgence | PO-1 | PO-2 | PO-3 | PO-4 | F-1 | F-2 |
| Laboratoire Maxxam | | | | | | | | |
| Aluminium (Al) | - | 750 | <30 | 40 | <30 | <30 | <30 | pas trouvé |
| Manganèse (Mn) | 50 | - | 270 | 47 | 270 | 260 | 270 | |
| Essais de Matériaux Bodycote | | | | | | | | |
| Aluminium (Al) | - | 750 | 110 | 60 | 120 | 120 | 110 | |
| Manganèse (Mn) | 50 | - | 210 | 36 | 200 | 210 | 200 | |

Tableau 3-3: Résultats d'analyse des échantillons d'eau souterraine prélevés le 15 mai 2003 (suite)

| Hydrocarbures aromatiques polycycliques | Critère du MENV | | Résultats d'analyse (ug/l) / Puits | | | | | |
|---|-----------------|------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Consommation | Résurgence | PO-1 | PO-2 | PO-3 | PO-4 | F-1 | F-2 |
| Acénaphène | - | 67 | <0.1 | <0.1 | <0.05 | <0.05 | <0.1 | <0.05 |
| Anthracène | - | 1100000 | <0.06 | <0.06 | <0.03 | <0.03 | <0.06 | <0.03 |
| Benzo(a)anthracène | - | 4,9 | <0.04 | <0.04 | <0.02 | <0.02 | <0.04 | <0.02 |
| Benzo(a)pyrène | 0,01 | 4,9 | <0.02 | <0.02 | <0.01 | <0.01 | <0.02 | <0.01 |
| Benzo(b+j+k)fluoranthène | - | | <0.08 | <0.08 | <0.04 | <0.04 | <0.08 | <0.04 |
| Chrysène | - | 4,9 | <0.06 | <0.06 | <0.03 | <0.03 | <0.06 | <0.03 |
| Dibenzo(a,h)anthracène | - | 4,9 | <0.04 | <0.04 | <0.02 | <0.02 | <0.04 | <0.02 |
| Fluoranthène | - | 2,3 | <0.02 | <0.02 | <0.01 | <0.01 | <0.02 | <0.01 |
| Fluorène | - | 1400000 | <0.02 | <0.02 | <0.01 | <0.01 | <0.02 | <0.01 |
| Indéno(1,2,3-cd)pyrène | - | 4,9 | <0.02 | <0.02 | <0.01 | <0.01 | <0.02 | <0.01 |
| Naphtalène | - | 340 | 0,08 | <0.06 | <0.03 | <0.03 | <0.06 | <0.03 |
| Phénanthrène | - | 30 | 0,03 | <0.02 | <0.01 | <0.01 | <0.02 | 0,01 |
| Pyrène | - | 1100000 | <0.02 | <0.02 | <0.01 | <0.01 | <0.02 | <0.01 |

Tableau 3-3: Résultats d'analyse des échantillons d'eau souterraine prélevés le 15 mai 2003 (suite)

| Composés organiques volatils | Critère du MENV | | Résultats d'analyse (ug/l) / Puits | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|
| | Consommation | Résurgence | PO-1 | PO-2 | PO-3 | PO-4 | F-1 | F-2 |
| Benzène | 5 | 590 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| Chlorobenzène | 30 | 130 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| Chloroforme | 200 | 1800 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| Chlorure de vinyle | 2 | 53000 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| Dichlorométhane | 50 | 13000 | <0.9 | <0.9 | <0.9 | <0.9 | <0.9 | <0.9 |
| Ethylbenzène | 2.4 | 420 | 0,1 | <0.1 | <0.1 | 0,1 | <0.1 | 0,1 |
| Hexachloroéthane | | 89 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| Pentachloroéthane | | 330 | <0.4 | <0.4 | <0.4 | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| Styrène | 20 | 190 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Tétrachloroéthylène | 30 | 540 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| Tétrachlorure de Carbone | 5 | 440 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| Toluène | 24 | 580 | <0.1 | 0,1 | <0.1 | 0,1 | <0.1 | 0,4 |
| Trichloroéthylène | 50 | 590 | <0.1 | 0,3 | 0,5 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| Trihalométhanés totaux | | | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| Xylènes Totaux | 300 | 820 | <0.4 | <0.4 | <0.4 | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 1,1,1-Trichloroéthane | 200 | 2000 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| 1,1,2,2-Tétrachloroéthane | | 470 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 1,1,2-Trichloroéthane | 5 | 2400 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 1,1-Dichloroéthylène | 14 | 320 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 | <1 |
| 1,2-Dichlorobenzène | 3 | 70 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| 1,2-Dichloroéthane | 5 | 9900 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 1,2-Dichloroéthylène (cis+trans) | 50 | | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| trans-1,2-Dichloroéthylène | | 30000 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |
| 1,2-Dichloropropane | 5 | 2600 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 1,3-Dichlorobenzène | | 15000 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 1,3-Dichloropropane | | 5900 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 1,3-Dichloropropène | 2 | 300 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |
| 1,4-Dichlorobenzène | 1 | 110 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 | <0.2 |

Tableau 3-3: Résultats d'analyse des échantillons d'eau souterraine prélevés le 15 mai 2003 (suite)

| Composés phénoliques | Critère du MENV | | Résultats d'analyse (ug/l) / Puits | | |
|----------------------------|-----------------|------------|------------------------------------|------|------|
| | Consommation | Résurgence | F-1 | PO-1 | PO-2 |
| 2,3,4,5-Tétrachlorophénol | - | - | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 2,3,4,6-Tétrachlorophénol | 1 | 7 | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 2,3,4-Trichlorophénol | - | - | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 2,3,5,6-Tétrachlorophénol | - | 8,5 | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 2,3,5-Trichlorophénol | - | - | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 2,3,6-Trichlorophénol | - | - | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 2,3-Dichlorophénol | - | 100 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| 2,4 + 2,5-Dichlorophénol | 0,3 | 100 | <0.6 | <0.6 | <0.6 |
| 2,4,5-Trichlorophénol | - | 46 | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 2,4,6-Trichlorophénol | 2 | 36 | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 2,4+2,5-Dichlorophénol | 0,3 | 100 | <0.6 | <0.6 | <0.6 |
| 2,4-Diméthylphénol | - | 110 | <0.6 | <0.6 | <0.6 |
| 2,4-Dinitrophénol | - | 39 | <10 | <10 | <10 |
| 2,6-Dichlorophénol | - | 100 | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 2-Chlorophénol | - | 100 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| 2-Méthyl-4,6-dinitrophénol | - | 6,6 | <10 | <10 | <10 |
| 3,4,5-Trichlorophénol | - | - | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 3,4-Dichlorophénol | - | 100 | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 3,5-Dichlorophénol | - | 100 | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 3-Chlorophénol | - | 100 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| 4-Chlorophénol | - | 100 | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| 4-Nitrophénol | - | 570 | <1 | <1 | <1 |
| o-Crésol | - | 3800 | <1 | <1 | <1 |
| p-Crésol | - | 620 | <1 | <1 | <1 |
| Pentachlorophénol | 30 | 8,7 | <0.4 | <0.4 | <0.4 |
| Phénol | - | 490 | <0.6 | <0.6 | <0.6 |

4 **CONCLUSIONS**

Les travaux de caractérisation des sols et de l'eau souterraine réalisés ont permis d'établir les conclusions suivantes :

- D'après les sondages, les dépôts meubles sur le terrain de la centrale projetée ont une épaisseur maximale de 1,4 m et semblent essentiellement constitués de deux couches. Un remblai composé de sable, silt et argile en proportions variables est suivi par une couche de silt argileux ou par une couche de sable dans le tiers des quinze sondages.
- L'unité hydrostratigraphique principale présente sur le terrain de la centrale projetée est l'aquifère du roc, en majeure partie confiné par un aquitard (unité secondaire) constitué par l'horizon de silt argileux. La troisième unité hydrostratigraphique est un aquifère superficiel discontinu dans la portion inférieure de l'horizon de remblai ou dans le sable.
- Tous les échantillons de sols ont montré, pour les paramètres analysés, des concentrations inférieures au niveau C des critères du ministère de l'Environnement du Québec applicables pour ce site à vocation industrielle. Deux échantillons se situent dans l'intervalle B-C des critères du MENV (pour le soufre et le manganèse) et les autres étant tous inférieures au niveau B ou même, dans la plupart des cas, au niveau A.
- Des six échantillons d'eau souterraine analysés en mai 2003, il y avait un dépassement pour l'aluminium, pour le critère d'eau souterraine faisant résurgence dans un cours d'eau, et deux dépassements pour le manganèse, par rapport au critère esthétique pour l'eau de consommation. L'eau souterraine respectait les critères applicables pour tous les autres paramètres analysés.
- La réanalyse de l'eau souterraine pour ces deux paramètres (aluminium et manganèse) en juillet 2003 a infirmé la présence excédentaire en aluminium, par conséquent, la concentration en aluminium obtenue en mai 2003 est considérée une anomalie. La présence de manganèse a été confirmée par la deuxième campagne d'échantillonnage mais les concentrations mesurées se situent dans la gamme des teneurs habituellement mesurées dans les eaux souterraines au Canada.

5 ÉQUIPE DE TRAVAIL

Les travaux de terrain ont été effectués par monsieur Luc Boisseau, technicien senior sous la supervision de madame Adrienne Dénes, ing., M. Ing., hydrogéologue.

Ce rapport a été préparé par Mme. Adrienne Dénes et révisé par M. Robert Auger, ing., M.Sc.A., et est assujetti aux conditions et limitations ci-jointes.

SNC♦LAVALIN Environnement inc.

Préparé par :

Adrienne Dénes, ing., M.Ing.
Hydrogéologue

Vérifié par :

Robert Auger, ing., M.Sc.A.
Chargé de projets

ADjh

ANNEXE 1

Rapports de sondages

| Projet: TCE Bécancour | | No. de projet (SLEI): 603215 | | Technicien: L. Boisseau | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--|--|-------------------------|-------|----------|----------------|-----------|----------------------|------------------------|---|---|-----------------------|---|---|--|
| Localisation: Bécancour (Québec) | | Date: 13-05-2003 | | Approuvé par: A. Dénès | | | | | | | | | | | | |
| Méthode de forage: Tarière évidée / Carottier diamanté HQ | | | Foreuse: Sur chenille | | | | | | | | | | | | | |
| Méthode d'échantillonnage: <input checked="" type="checkbox"/> CF <input checked="" type="checkbox"/> TS <input type="checkbox"/> CD <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> Macro Core Liner <input type="checkbox"/> | | | Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures AG: Analyses granulométriques | | | | | | | | | | | | | |
| Dimension: Longueur: 61 cm Diamètre: 51 mm | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Profondeur totale: 5,05 m | | Coordonnées: Est (x): 388974,94 m Nord (y): 5136972,08 m | | Détails supplémentaires | | | | | | | | | | | | |
| Élévation du sol: 7,53 m | | Élév. géodésique: <input checked="" type="checkbox"/> Arbitraire: <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | |
| Élévation du tubage PVC: 8,31 m | | | | Tubage | | | | | | | | | | | | |
| Élévation du tubage protecteur: -- | | | | Crépine | | | | | | | | | | | | |
| Niveau d'eau: | | | Type | Diamètre | Sch. | Long. | Diamètre | Ouverture | | | | | | | | |
| Prof.: 1,13 m | Élév.: 6,40 m | Date: 15-05-2003 | PVC | 51 mm | 40 | 3,07 m | 51 mm | 0,25 mm | | | | | | | | |
| Prof. en (m) | Profils stratigraphiques | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | | |
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | |
| 0 | | Remblai: Sable fin silteux et argileux, un peu de gravier, fragments de roc et matière organique | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,66 | | Silt argileux marbré, traces de sable | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | 1,13 | | | | | | | | | | | | | |
| 1,32 | | Roc: Schiste argileux gris à litage sub-horizontale, très fracturé jusqu'à env. 3,5 m. Fractures remplies d'argile | 15-05-03 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | Fin du forage | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|--|--|-------------------------|--|
| Projet: TCE Bécancour | | No. de projet (SLEI): 603215 | | Technicien: L. Boisseau | |
| Localisation: Bécancour (Québec) | | Date: 13-05-2003 | | Approuvé par: A. Dénès | |
| Méthode de forage: Tarière évidée / Carottier diamanté HQ | | | Foreuse: Sur chenille | | |
| Méthode d'échantillonnage: CF <input checked="" type="checkbox"/> TS <input type="checkbox"/> CD <input checked="" type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> Macro Core Liner <input type="checkbox"/> | | | Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures AG: Analyses granulométriques | | |
| Dimension: Longueur: 61 cm Diamètre: 51 mm | | | | | |
| Profondeur totale: 5,41 m | | Coordonnées: Est (x): 389253,82 m Nord (y): 51369984,86 m | | Détails supplémentaires | |
| Élévation du sol: 7,47 m | | Élev. géodésique: <input checked="" type="checkbox"/> Arbitraire: <input type="checkbox"/> | | | |
| Élévation du tubage PVC: 8,29 m | | | | Tubage | |
| Élévation du tubage protecteur: -- | | | | Crépine | |
| Niveau d'eau: | | | | | |
| Prof.: 0,28 m | | Élev.: 7,19 m | | Date: 15-05-2003 | |
| | | | | Type: PVC | |
| | | | | Diamètre: 51 mm | |
| | | | | Sch.: 40 | |
| | | | | Long.: 3,42 m | |
| | | | | Diamètre: 51 mm | |
| | | | | Ouverture: 0,25 mm | |

| Prof. en (m) | Prof. stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | |
|--------------|-----------------------|---|------------------|-----------|-------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|---|-----------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | | Remblai: Silt argileux brun, un peu de gravier fin et matière organique | 0,28 | 0,28 | | | | | | | | | | | |
| 0,66 | | Silt argileux marbré, traces de sable | | 0,61 | | PO-2-1 | 38 | 2 | AC | | | | | | |
| 1 | | | | 1,14 | | PO-2-2 | 43 | 50/3" | | | | | | | |
| 1,14 | | Roc: Schiste argileux gris à litage sub-horizontale, très fracturé jusqu'à 3,9 m. Fractures remplies d'argile | | 1,22 | | PO-2-3 | 100 | 50/5" | | | | | | | |
| 1,35 | | | | 1,35 | | CD-1 | 95 | 0 | | | | | | | |
| 2 | | | | 2,05 | | CD-2 | 100 | 20 | | | | | | | |
| 3 | | | | 3,58 | | CD-3 | 100 | 43 | | | | | | | |
| 4 | | | | 5,41 | | | | | | | | | | | |
| 5 | | Fin du forage | | 5,41 | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | |

| Projet: TCE Bécancour | | No. de projet (SLEI): 603215 | | Technicien: L. Boisseau | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|--|--|---|---------|-------------------------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|--------|-----------------------|---|---------|--|--|------|----------|------|-------|----------|-----------|-----|-------|----|--------|-------|---------|
| Localisation: Bécancour (Québec) | | Date: 14-05-2003 | | Approuvé par: A. Dénès | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Méthode de forage: Tarière évidée / Carottier diamanté HQ | | | Foreuse: Sur chenille | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Méthode d'échantillonnage: CF <input checked="" type="checkbox"/> TS <input type="checkbox"/> CD <input checked="" type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> Macro Core Liner <input type="checkbox"/> | | | Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures AG: Analyses granulométriques | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dimension: Longueur: 61 cm Diamètre: 51 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Profondeur totale: 5,08 m | | Coordonnées: | | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Détails supplémentaires</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Tubage</th> <th colspan="3">Crépine</th> </tr> <tr> <th>Type</th> <th>Diamètre</th> <th>Sch.</th> <th>Long.</th> <th>Diamètre</th> <th>Ouverture</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PVC</td> <td>51 mm</td> <td>40</td> <td>3,05 m</td> <td>51 mm</td> <td>0,25 mm</td> </tr> </tbody> </table> | | Détails supplémentaires | | | | | | Tubage | | | Crépine | | | Type | Diamètre | Sch. | Long. | Diamètre | Ouverture | PVC | 51 mm | 40 | 3,05 m | 51 mm | 0,25 mm |
| Détails supplémentaires | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tubage | | | Crépine | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Type | Diamètre | Sch. | Long. | | | Diamètre | Ouverture | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PVC | 51 mm | 40 | 3,05 m | 51 mm | 0,25 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Élévation du sol: 7,93 m | | Est (x): 389175,02 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Élévation du tubage PVC: 8,89 m | | Nord (y): 5137104,98 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Élévation du tubage protecteur: -- | | Élév. géodésique: <input checked="" type="checkbox"/> Arbitraire: <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Niveau d'eau: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prof.: 0,54 m | | Élév.: 7,38 m | | Date: 15-05-2003 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prof. en (m) | Profil stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | | Remblai: Silt argileux brun, traces de sable, gravier fin et matière organique | 0,54 | 0,61 | | PO-3-1 | 42 | 14 | AC | • | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,61 | | Silt argileux brun, traces de sable | 15-05-03 | 1,22 | | PO-3-2 | 41 | 50/4" | | • | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | 1,35 | | PO-3-3 | 100 | 50/5" | | • | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,22 | | Roc: Schiste argileux gris, litage sub-horizontale, très fracturé sur les 2 premiers mètres, fractures remplies d'argile | | 1,52 | | -- | -- | -- | | • | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | 1,96 | | CD-1 | 70 | 0 | | • | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,03 | | | | 2,03 | | CD-2 | 100 | 20 | | • | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | 3,56 | | CD-3 | 100 | 27 | | • | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | 5,08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | Fin du forage | | 5,08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

22-05-2003 ENVIR01 :PROJ603215\CarroAutoCAD\Logs\PO-3.dwg

Notes:

| Projet: TCE Bécancour | | No. de projet (SLEI): 603215 | | Technicien: L. Boisseau | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|--|--|-----------|----------|-----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|------|----------|-----------------------|-------|----------|-----------|-----|-------|----|--------|-------|---------|
| Localisation: Bécancour (Québec) | | Date: 14-05-2003 | | Approuvé par: A. Dénès | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Méthode de forage: Tarière évidée / Carottier diamanté HQ | | | Foreuse: Sur chenille | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Méthode d'échantillonnage: CF <input checked="" type="checkbox"/> TS <input type="checkbox"/> CD <input checked="" type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/> Macro Core Liner <input type="checkbox"/> | | | Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures AG: Analyses granulométriques | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dimension: Longueur: 61 cm Diamètre: 51 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Profondeur totale: 4,95 m | | Coordonnées: | | Détails supplémentaires <table border="1"> <tr> <th colspan="2">Tubage</th> <th colspan="4">Crépine</th> </tr> <tr> <th>Type</th> <th>Diamètre</th> <th>Sch.</th> <th>Long.</th> <th>Diamètre</th> <th>Ouverture</th> </tr> <tr> <td>PVC</td> <td>51 mm</td> <td>40</td> <td>3,05 m</td> <td>51 mm</td> <td>0,25 mm</td> </tr> </table> | | Tubage | | Crépine | | | | Type | Diamètre | Sch. | Long. | Diamètre | Ouverture | PVC | 51 mm | 40 | 3,05 m | 51 mm | 0,25 mm |
| Tubage | | Crépine | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Type | Diamètre | Sch. | Long. | | | Diamètre | Ouverture | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PVC | 51 mm | 40 | 3,05 m | | | 51 mm | 0,25 mm | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Élévation du sol: 7,35 m | | Est (x): 389050,81 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Élévation du tubage PVC: 8,26 m | | Nord (y): 5136856,96 m | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Élévation du tubage protecteur: -- | | Élév. géodésique: <input checked="" type="checkbox"/> Arbitraire: <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Niveau d'eau: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prof.: 0,50 m | | Élév.: 6,85 m | | Date: 15-05-2003 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prof. en (m) | Profil stratigraphique | Description | | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | | | | | | | | |
| | | Profondeur | Élévation | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | | | | | | | |
| 0 | | Remblai: Sable silteux et argileux, un peu de gravier et matière organique | | 0,50 | 0,61 | | PO-4-1 | 33 | 4 | AC | • | | | | | | | | | | | | |
| 0,60 | | Sable fin à moyen, brun-jaunâtre | | 0,91 | 0,61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,94 | | Silt argileux, traces de sable | | 1,21 | 1,22 | | PO-4-2 | 41 | 13 | | • | | | | | | | | | | | | |
| 1,45 | | Roc: Schiste argileux gris à litage sub-horizontale très fracturé en surface. Fractures remplies d'argile | | 1,60 | 1,50 | | PO-4-3 | 100 | 50/5" | | • | | | | | | | | | | | | |
| 2,74 | | | | 2,74 | 2,74 | | | | | | • | | | | | | | | | | | | |
| 3,38 | | | | 3,38 | 3,38 | | CD-1 | 80 | 0 | | • | | | | | | | | | | | | |
| 4,95 | | Fin du forage | | 4,95 | 4,95 | | CD-2 | 100 | 27 | | • | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Projet: TCE Bécancour | No. de projet (SLEI): 603215 | Technicien: L. Boisseau |
| Localisation: Bécancour (Québec) | Date: 13-05-2003 | Approuvé par: A. Dénès |

 Méthode de forage: **Retrocaveuse**

 Méthode d'échantillonnage: CF TS CD T Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures
 Dimension: Longueur: -- Largeur: -- AG: Analyses granulométriques

 Profondeur totale: **1,25 m**
 Élévation du sol: **7,51 m**
 Coordonnées:
 Est (x): 389025,02 m
 Nord (y): 5137005,01 m
 Élev. géodésique: Arbitraire:
 Niveau d'eau:
 Prof.: **0,55 m** Élev.: **7,01 m** Date: **13-05-2003**

Remarque:

| Prof. en (m) | Prof. stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | |
|--------------|-----------------------|---|------------------|-----------|-------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|---|-----------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | | Remblai: Silt argileux, un peu de sable brun et matière organique | | | | | | | | | | | | | |
| 0,55 | | Silt argileux marbré, traces de sable | 0,55 13-05-03 | 0,55 | | TP-1-01 | -- | -- | AC | • | | | • | | |
| 1,00 | | Roc: Schiste argileux gris, friable | | 1,00 | | TP-1-02 | -- | -- | | • | | | • | | |
| 1,25 | | Fin de la tranchée | | | | | | | | | | | | | |

Notes:

| | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Projet: TCE Bécancour | No. de projet (SLEI): 603215 | Technicien: L. Boisseau |
| Localisation: Bécancour (Québec) | Date: 13-05-2003 | Approuvé par: A. Dénès |

Méthode de forage: **Retrocaveuse**
Méthode d'échantillonnage: CF TS CD T Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures
AG: Analyses granulométriques

Dimension: Longueur: -- Largeur: --

Profondeur totale: 1,30 m
Élévation du sol: 7,97 mCoordonnées:
Est (x): 389124,99 m
Nord (y): 5137071,98 mÉlev. géodésique: Arbitraire:

Remarque:

Niveau d'eau:

Prof.: 0,90 m

Élev.: 7,47 m

Date: 13-05-2003

| Prof. en (m) | Prof. stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | |
|--------------|-----------------------|--|------------------|-----------|-------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|---|-----------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | | Remblai: Silt argileux, un peu de sable et de fragments de roc, brun | | | | | | | | | | | | | |
| 0,60 | | Silt argileux, traces de sable, marbré à partir de 0,90 m | | | | TP-2-01 | -- | -- | AC | • | | | • | | |
| 0,90 | | | 0,90 | | | TP-2-02 | -- | -- | | • | | | • | | |
| 1,20 | | | | | | TP-2-03 | -- | -- | | • | | | • | | |
| 1,30 | | Roc: Schiste argileux gris, friable | | | | | | | | | | | | | |
| | | Fin de la tranchée | | | | | | | | | | | | | |

Notes:

| | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Projet: TCE Bécancour | No. de projet (SLEI): 603215 | Technicien: L. Boisseau |
| Localisation: Bécancour (Québec) | Date: 13-05-2003 | Approuvé par: A. Dénès |

 Méthode de forage: **Retrocaveuse**

 Méthode d'échantillonnage: CF TS CD T Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures
 Dimension: Longueur: -- Largeur: -- AG: Analyses granulométriques

 Profondeur totale: 1,60 m
 Élévation du sol: 7,71 m
 Coordonnées:
 Est (x): 389013,10 m
 Nord (y): 5136913,99 m
 Élev. géodésique: Arbitraire:
 Niveau d'eau:
 Prof.: 1,00 m Élev.: 6,71 m Date: 13-05-2003

Remarque:

| Prof. en (m) | Prof. stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | |
|--------------|-----------------------|--|------------------|-----------|-------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|---|-----------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| | | | | | | | | | | Profondeur | | | | | |
| 0 | | Sable jaune-brunâtre, traces de gravier et d'oxydation | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 0,50 | | TP-3-01 | -- | -- | AC | • | | | • | | |
| | | | | 1,00 | | TP-3-02 | -- | -- | | • | | | • | | |
| | | | | 1,40 | | TP-3-03 | -- | -- | | • | | | • | | |
| | | Roc: Schiste argielux gris, friable | | | | | | | | | | | | | |
| | | Fin de la tranchée | | | | | | | | | | | | | |

 1,00

 13-05-03

Notes:

| | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Projet: TCE Bécancour | No. de projet (SLEI): 603215 | Technicien: L. Boisseau |
| Localisation: Bécancour (Québec) | Date: 15-05-2003 | Approuvé par: A. Dénès |

Méthode de forage: Pelle hydraulique

 Méthode d'échantillonnage: CF TS CD T Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures
 Dimension: Longueur: -- Largeur: -- AG: Analyses granulométriques

 Profondeur totale: 1,25 m
 Élévation du sol: 7,40 m
 Coordonnées:
 Est (x): 389062,95 m
 Nord (y): 5136948,04 m
 Élev. géodésique: Arbitraire:
 Niveau d'eau:
 Prof.: 0,70 m Élev.: 6,70 m Date: 15-05-2003

Remarque:

| Prof. en (m) | Prof. stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | |
|--------------|-----------------------|---|------------------|-----------|-------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|---|-----------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | | Remblai: Sable silteux, un peu d'argile et de matière organique | | | | | | | | | | | | | |
| 0,70 | | Silt argileux marbré brun-gris | 0,70 | 0,70 | | TP-4-01 | -- | -- | AC | • | | | • | | |
| 1 | | Roc: Schiste argileux gris friable | | | | TP-4-02 | -- | -- | | • | | | • | | |
| 1,25 | | Fin de la tranchée | | | | | | | | | | | | | |

Notes:

| | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Projet: TCE Bécancour | No. de projet (SLEI): 603215 | Technicien: L. Boisseau |
| Localisation: Bécancour (Québec) | Date: 13-05-2003 | Approuvé par: A. Dénès |

 Méthode de forage: **Retrocaveuse**

 Méthode d'échantillonnage: CF TS CD T Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures
 Dimension: Longueur: -- Largeur: -- AG: Analyses granulométriques

 Profondeur totale: 1,00 m
 Élévation du sol: 7,44 m
 Coordonnées:
 Est (x): 389113,00 m
 Nord (y): 5136981,12 m
 Élev. géodésique: Arbitraire:
 Niveau d'eau:
 Prof.: 0,40 m Élev.: 7,04 m Date: 13-05-2003

Remarque:

| Prof. en (m) | Prof. stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | |
|--------------|-----------------------|--|------------------|-----------|-------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|---|-----------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | | Remblai: Argile, un peu de sable silteux et de matière organique | | | | | | | | | | | | | |
| 0,40 | | Silt argileux marbré, traces de sable | 0,40 | 0,40 | | TP-5-01 | -- | -- | AC | • | | | • | | |
| 0,75 | | Roc: Schiste argileux gris, friable | | 0,75 | | TP-5-02 | -- | -- | | • | | | • | | |
| 1 | | Fin de la tranchée | | | | | | | | | | | | | |

Notes:

| | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Projet: TCE Bécancour | No. de projet (SLEI): 603215 | Technicien: L. Boisseau |
| Localisation: Bécancour (Québec) | Date: 15-05-2003 | Approuvé par: A. Dénès |

Méthode de forage: Pelle hydraulique

 Méthode d'échantillonnage: CF TS CD T Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures
 Dimension: Longueur: -- Largeur: -- AG: Analyses granulométriques

 Profondeur totale: 0,75 m
 Élévation du sol: 7,50 m
 Coordonnées: Est (x): 389163,06 m Nord (y): 5137014,08 m
 Élev. géodésique: Arbitraire:

Remarque:

Niveau d'eau:

Prof.: 0,35 m Élev.: 7,15 m Date: 15-05-2003

| Prof. en (m) | Prof. stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | |
|--------------|-----------------------|--|------------------|-----------|-------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|---|-----------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| | | | | | | | | | | Profondeur | | | | | |
| 0 | | Remblai: Sable silteux et argileux brun, matière organique | | | | | | | | | | | | | |
| 0,30 | | Silt argileux, traces de sable, marbré brun et gris | 0,35 | 0,30 | | TP-6-01 | -- | -- | AC | • | | | • | | |
| 0,65 | | Roc: Schiste argileux gris | 15-05-03 | 0,65 | | TP-6-02 | -- | -- | | • | | | • | | |
| 0,75 | | Fin de la tranchée | | | | | | | | | | | | | |

Notes:

| | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Projet: TCE Bécancour | No. de projet (SLEI): 603215 | Technicien: L. Boisseau |
| Localisation: Bécancour (Québec) | Date: 15-05-2003 | Approuvé par: A. Dénès |

 Méthode de forage: **Pelle hydraulique**

 Méthode d'échantillonnage: CF TS CD T Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures
 Dimension: Longueur: -- Largeur: -- AG: Analyses granulométriques

 Profondeur totale: 1,00 m
 Élévation du sol: 7,86 m
 Coordonnées:
 Est (x): 389200,00 m
 Nord (y): 5137039,00 m
 Élev. géodésique: Arbitraire:
 Niveau d'eau:
 Prof.: 0,80 m Élev.: 7,06 m Date: 15-05-2003

Remarque:

| Prof. en (m) | Prof. stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | |
|--------------|-----------------------|--|------------------|-----------|-------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|---|-----------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | | Remblai: Sable silteux et argileux brun, matière organique | | | | | | | | | | | | | |
| 0,40 | | Sable fin, un peu de silt, traces d'argile | | 0,40 | | TP-7-01 | -- | -- | AC | • | | | | • | |
| 0,80 | | Roc: Shiste argileux gris, friable | 0,80 | 0,80 | | TP-7-02 | -- | -- | | • | | | | • | |
| 1,00 | | Fin de la tranchée | | | | | | | | | | | | | |

Notes:

| | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Projet: TCE Bécancour | No. de projet (SLEI): 603215 | Technicien: L. Boisseau |
| Localisation: Bécancour (Québec) | Date: 15-05-2003 | Approuvé par: A. Dénès |

Méthode de forage: Pelle hydraulique

Méthode d'échantillonnage: CF TS CD T Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures
 Dimension: Longueur: -- Largeur: -- AG: Analyses granulométriques

Profondeur totale: 1,10 m Coordonnées: Est (x): 389101,02 m Nord (y): 5136889,85 m
 Élévation du sol: 7,26 m Élev. géodésique: Arbitraire:
 Niveau d'eau:
 Prof.: 0,50 m Élev.: 6,76 m Date: 15-05-2003

Remarque:

| Prof. en (m) | Prof. stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | |
|--------------|-----------------------|--|------------------|-----------|-------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|---|-----------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | | Remblai: Argile, silt et sable | | | | | | | | | | | | | |
| 0,25 | | Sable brun fin à moyen | | 0,25 | | TP-8-01 | -- | -- | AC | • | | | • | | |
| 0,50 | | Sable, un peu de silt (lentilles) marbré gris-brun | 0,50 15-05-03 | 0,50 | | TP-8-02 | -- | -- | | • | | | • | | |
| 0,75 | | Sable brun fin à grossier, un peu de gravier fin | | 0,75 | | TP-8-03 | -- | -- | | • | | | • | | |
| 1,00 | | Roc: Schiste argileux gris | | 1,00 | | TP-8-04 | -- | -- | | • | | | • | | |
| 1,10 | | Fin de la tranchée | | | | | | | | | | | | | |

Notes:

| | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Projet: TCE Bécancour | No. de projet (SLEI): 603215 | Technicien: L. Boisseau |
| Localisation: Bécancour (Québec) | Date: 15-05-2003 | Approuvé par: A. Dénès |

Méthode de forage: Pelle hydraulique

 Méthode d'échantillonnage: CF TS CD T Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures
 Dimension: Longueur: -- Largeur: -- AG: Analyses granulométriques

 Profondeur totale: 1,20 m
 Élévation du sol: 7,73 m
 Coordonnées:
 Est (x): 389201,01 m
 Nord (y): 5136956,89 m
 Élev. géodésique: Arbitraire:
 Niveau d'eau:
 Prof.: 1,00 m Élev.: 6,73 m Date: 15-05-2003

Remarque:

| Prof. en (m) | Prof. stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | |
|--------------|-----------------------|---|------------------|-----------|-------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|---|-----------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | | Remblai: Sable silteux et argileux, matière organique | | | | | | | | | | | | | |
| 0,60 | | Sable, un peu de silt (lentilles) marbré gris-brun | | 0,60 | | TP-9-01 | -- | -- | AC | • | | | • | | |
| 1 | | Roc: Schiste argileux gris, friable | | 1,00 | | TP-9-02 | -- | -- | | • | | | • | | |
| 1,20 | | Fin de la tranchée | | 1,20 | | | | | | | | | | | |

Notes:

| | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Projet: TCE Bécancour | No. de projet (SLEI): 603215 | Technicien: L. Boisseau |
| Localisation: Bécancour (Québec) | Date: 13-05-2003 | Approuvé par: A. Dénès |
| Méthode de forage: Retrocaveuse | | |

| | | |
|--|--|---|
| Méthode d'échantillonnage: CF <input type="checkbox"/> TS <input type="checkbox"/> CD <input type="checkbox"/> T <input checked="" type="checkbox"/> | Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques AG: Analyses granulométriques | IPH: Indice de présence d'hydrocarbures |
| Dimension: Longueur: -- Largeur: -- | | |

| | | |
|---------------------------|--|------------------|
| Profondeur totale: 1,40 m | Coordonnées: Est (x): 389074,99 m Nord (y): 5137038,00 m | Remarque: |
| Élévation du sol: 7,94 m | Élev. géodésique: <input checked="" type="checkbox"/> Arbitraire: <input type="checkbox"/> | |
| Niveau d'eau: | | |
| Prof.: 0,60 m | Élev.: 7,34 m | Date: 13-05-2003 |

| Prof. en (m) | Prof. stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | |
|--------------|-----------------------|---|------------------|-----------|--------------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|-----------|-----------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| | | | | | | | | | | Profondeur | | Élévation | | | |
| 0 | | Remblai: Argile, silt et sable, un peu de matière organique | | | | TP-10-01 | -- | -- | AC | • | | | • | | |
| 0,60 | | Silt argileux marbré, traces de sable | 0,60 13-05-03 | 0,60 | | TP-10-02 | -- | -- | | • | | | ■ | | |
| 1 | | Roc: Schiste argileux gris, friable | | | | | | | | | | | | | |
| 1,20 | | Roc: Schiste argileux gris, friable | | | | | | | | | | | | | |
| 1,40 | | Fin de la tranchée | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | |

Notes:

| | | |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Projet: TCE Bécancour | No. de projet (SLEI): 603215 | Technicien: L. Boisseau |
| Localisation: Bécancour (Québec) | Date: 15-05-2003 | Approuvé par: A. Dénès |

Méthode de forage: Pelle hydraulique

 Méthode d'échantillonnage: CF TS CD T Types d'essais en laboratoire: AC: Analyses chimiques IPH: Indice de présence d'hydrocarbures
 Dimension: Longueur: -- Largeur: -- AG: Analyses granulométriques

 Profondeur totale: 1,05 m Coordonnées: Est (x): 389151,19 m Nord (y): 5136924,13 m
 Élévation du sol: 7,19 m Élev. géodésique: Arbitraire:

Remarque: Eau à la surface du sol

Niveau d'eau:

Prof.: -- Élev.: -- Date: 15-05-2003

| Prof. en (m) | Prof. stratigraphique | Description | Niveau d'eau (m) | Prof. (m) | États | No. lab. | % Récupération | N/RQD | Essai en laboratoire | IPH Observ. olfactives | | | IPH Observ. visuelles | | |
|--------------|-----------------------|--|------------------|-----------|-------|----------|----------------|-------|----------------------|------------------------|---|---|-----------------------|---|---|
| | | | | | | | | | | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 0 | | Remblai: Sable, un peu de silt, traces d'argile et matière organique | | | | | | | | | | | | | |
| 0,40 | | Sable, un peu de silt (lentilles) marbré gris-brun | | 0,40 | | TP-11-01 | -- | -- | AC | • | | | • | | |
| 0,90 | | Roc: Schiste argileux gris, friable | | 0,90 | | TP-11-02 | -- | -- | | • | | | • | | |
| 1 | | Fin de la tranchée | | | | | | | | | | | | | |

Notes:

ANNEXE 2

Puits d'alimentation

LOCALISATION DES PUIS D'ALIMENTATION DANS UN RAYON DE 2 km DU SITE

Figure 1



Tableau 1: Liste des puits d'eau potable situés dans un rayon de 2 kilomètres du site de la centrale thermique

| # | COORDONNE E x (m) | COORDONNE E y (m) | ZONE MTM | ANNEE SAISIE | NO PROJET | NO DOSSIER | NIVEAU STATIQUE (m) | NIVEAU DYNAMIQUE (m) | DEBIT (litres/minute) | DIAMETRE (cm) | PROFONDEU R (m) |
|----|----------------------|----------------------|----------|-----------------|--------------|---------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------|--------------------|
| P1 | 387604 | 5135600 | 8 | 1978 | 300 | 42812 | null | null | null | 0 | 12,2 |
| P2 | 390181 | 5136450 | 8 | 1986 | 300 | 295 | -3,51 | null | null | 0 | 12,5 |
| P3 | 390368 | 5135800 | 8 | 1978 | 100 | 11553 | -16,76 | -16,76 | 22,7 | 15,2 | 18,3 |
| P4 | 390402 | 5135450 | 8 | 1978 | 100 | 11562 | -3,66 | -20,73 | 3,6 | 15,2 | 21,3 |
| P5 | 390478 | 5136850 | 8 | 1978 | 100 | 11503 | -1,22 | -3,05 | 37,7 | 10,2 | 16,8 |
| P6 | 390797 | 5137840 | 8 | 1985 | 100 | 385 | null | null | null | 15,2 | 12,2 |
| P7 | 390797 | 5137840 | 8 | 1985 | 100 | 386 | null | null | null | 15,2 | 16,2 |

ANNEXE 3

Certificats d'analyses chimiques

ANNEXE 4

Extraits des recommandations pour la qualité des eaux au Canada pour le manganèse

CCME, 1987

RECOMMANDATIONS POUR LA QUALITE DES EAUX AU CANADA

**Document préparé par le
Groupe de travail sur les recommandations
pour la qualité des eaux
du
Conseil canadien des ministres des ressources et de
l'environnement**

Mars 1967

La chimie du magnésium dans l'eau est semblable à celle du calcium, c'est-à-dire qu'il y a formation de carbonate et d'oxyde. Les composés du magnésium sont en général plus solubles que leurs analogues calciques. Il est donc rare que de grandes quantités de magnésium soient précipitées. Les carbonates et l'hydroxyde de magnésium précipitent à un pH élevé (>10). Dans certains lacs salins fermés, les concentrations de magnésium peuvent être très élevées (Wetzel 1975).

Le magnésium est considéré comme étant un élément essentiel pour tous les organismes. Il peut s'accumuler dans les tissus calcaires et on le rencontre dans les légumes comestibles ($700\text{-}5600\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), les algues marines ($6400\text{-}20\,000\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) et les poissons d'eau salée ($1200\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), ainsi que dans les muscles ($900\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) et les os ($700\text{-}1800\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) des mammifères (Bowen 1979). Le magnésium est l'un des principaux cations dans les tissus mous (Santé et Bien-être social Canada 1975).

6.2.26.5 Bibliographie

- Beck, A.V. (ed.). 1966. The Technology of Magnesium and Its Alloys. Dans McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology. 3rd edition. McGraw-Hill, Toronto, Ontario.
- Bokovay, G. 1985. Magnésium. Dans l'Annuaire des minéraux du Canada 1983-1984. Aperçu et perspectives. Direction des ressources minérales, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa. pp. 36.1-36.8.
- Bowen, H.J.M. 1979. Environmental Chemistry of the Elements. Academic Press, London. 333 pp.
- CMI. 1976. The Waters of Lake Huron and Lake Superior. Vol. 1. Summary and Recommendations. Rapport du Upper Lakes Reference Group à la Commission mixte internationale, Windsor (Ontario). pp. 45-59.
- Cotton, F.A. et G. Wilkinson. 1980. Advanced Inorganic Chemistry. A Comprehensive Text. 4th edition. John Wiley & Sons, New York. 1396 pp.
- Durfor, C.J. et E. Becker. 1972. Constituents and properties of water. Dans Water Quality in a Stressed Environment. W.A. Pettyjohn (ed.). Burgess Publ. Co., Minneapolis, Minnesota. pp. 24-41. (Mentionnée dans Santé et Bien-être social Canada 1982.)
- NAQUADAT. 1985. Base de données nationale sur la qualité de l'eau. Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.
- Santé et Bien-être social Canada. 1975. Standards de nutrition au Canada. Direction générale de la protection de la santé, Ottawa.
- Santé et Bien-être social Canada. 1982. Magnésium. Dans Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada 1978. Pièce à l'appui. Approvisionnement et Services Canada, Ottawa. pp. 377-386.
- Wetzel, R.G. 1975. Limnology. W.B. Saunders Co., Philadelphia, Pennsylvania. 743 pp.

6.2.27 Manganèse

6.2.27.1 Utilisations et production

Le manganèse et ses alliages et composés sont communément utilisés dans l'industrie de l'acier pour la fabrication d'alliages métalliques et de piles sèches et dans l'industrie chimique pour la fabrication de peintures, de vernis, d'encre, de colorants, du verre, de céramiques, d'allumettes, de pièces pyrotechniques et d'engrais (McNeely et coll. 1980).

On ne produit pas de manganèse au Canada. En 1982, les usines sidérurgiques canadiennes ont importé 25 088 t de ferromanganèse, 2877 t de silicomanganèse, 71 655 t de minerai de manganèse et 781 t de manganèse métallique.

La consommation canadienne pour 1982 était de 130 826 t de minerai de manganèse et de 69 166 t de ferromanganèse et de silicomanganèse réunis. Cette même année, la production mondiale de minerai de manganèse était de 23 081 000 t (Phillips 1985).

6.2.27.2 Sources et voies de pénétration dans l'environnement aquatique

Les sols, les sédiments et les roches métamorphiques et sédimentaires sont des sources naturelles importantes de manganèse. Cet élément est très répandu et constitue environ 0,085 % de la croûte terrestre. On le trouve dans un certain nombre de minerais dont le plus important est la pyrolusite (MnO_2); les autres minerais sont principalement des oxydes, des oxydes hydratés et le carbonate (MnCO_3) (NAS 1973). Les minéraux ferromagnésiens comme la biotite [$\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$] et l'amphibole [$(\text{Mg},\text{Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$] contiennent de grandes quantités de manganèse. L'altération des dépôts superficiels de manganèse sont à l'origine de petites quantités de cet élément dans les eaux naturelles (NAS 1973; McNeely et coll. 1980).

Les rejets industriels peuvent expliquer les concentrations élevées de manganèse dans les eaux réceptives. Les eaux industrielles usées échantillonnées à une station de la base de données NAQUADAT en Colombie-Britannique avaient des concentrations maximales de manganèse de $24\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (total), $6,4\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (en solution) et $31\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (extractible) pendant la période 1981-1983 (NAQUADAT 1985). Les eaux usées des usines sidérurgiques et les eaux de drainage acides des mines, en particulier, sont responsables d'une bonne proportion du manganèse présent dans l'environnement. Les usines sidérurgiques rejettent aussi du manganèse dans l'atmosphère d'où il est redistribué par dépôt à partir de l'atmosphère (McNeely et coll. 1980).

Les données les plus récentes sur les émissions de manganèse dans l'environnement canadien datent de 1972. Cette année-là, les émissions totales de manganèse dans l'atmosphère avaient été évaluées à 6010 t. L'industrie du ferromanganèse et du silicomanganèse était responsable de 62 % de l'ensemble des émissions, soit 3695 t, et l'industrie de l'acier et du fer de première fusion, de 37 %, soit 2199 t. L'Ontario est à l'origine de 65 % de l'ensemble des émissions de manganèse au Canada, suivie par le Québec avec 23 % (Environnement Canada 1976).

6.2.27.3 Concentrations dans l'environnement

Il est rare que les concentrations de manganèse dans les eaux de surface naturelles atteignent $1,0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$; elles sont habituellement inférieures ou égales à $0,2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Le tableau 6-32 donne les concentrations de manganèse dans les eaux de surface au Canada. Il est possible de trouver des concentrations plus élevées que $0,2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ dans les eaux souterraines et les lacs profonds stratifiés, ainsi que dans les réservoirs, en conditions réductrices. D'après les résultats obtenus pour deux échantillons prélevés en 1981, on a signalé que, à Terre-Neuve, un puits alimenté par la nappe phréatique renfermait une concentration de manganèse extractible allant de $7,9$ à $9,5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (NAQUADAT 1985). Les eaux de surface

Tableau 6-32. Concentrations de manganèse dans les eaux de surface au Canada

| Région | Concentration ¹ (mg·L ⁻¹) | Nombre d'échantillons | Année(s) d'échantillonnage |
|------------|---|--------------------------|-------------------------------|
| Pacifique | 0,01-1,70 | 155 | 1980-1985 |
| | 0,01 ² | 2 | 1982 |
| | 0,01-0,43 ³ | 183 | 1980-1985 |
| Ouest | 0,01-4,0 ² | 2129 | 1980-1985 |
| | 0,01-4,8 ³ | 648 | 1980-1985 |
| Centre | 0,001-0,26 | 1292 | 1980-1985 |
| | 0,01-0,06 ² | 145 | 1980-1985 |
| | 0,01-0,4 ³ | 235 | 1980-1985 |
| Atlantique | 0,002-0,737 | 464 | 1980-1985 |
| | 0,01-0,24 ² | 8 | 1980-1981 |
| | 0,01-3,80 ³ | 7504 | 1980-1985 |

¹ Limite de détection = 0,001 mg·L⁻¹.

² Manganèse dissous.

³ Manganèse extractible.

Source: NAQUADAT 1985.

et les eaux acides de mine peuvent en renfermer 10 mg·L⁻¹, et la concentration dans certains réservoirs peut être de 150 mg·L⁻¹ (McNeely et coll. 1980). En Nouvelle-Ecosse, on a signalé des concentrations de manganèse atteignant 4,6 mg·L⁻¹ dans un système d'approvisionnement en eau (Santé et Bien-être social Canada 1982).

6.2.27.4 Espèces et devenir dans l'environnement aquatique

Le degré d'oxydation du manganèse peut varier de -3 à +7; les espèces bivalentes et tétravalentes sont de première importance dans les systèmes aqueux. La chimie du manganèse est semblable à celle du fer, et ces deux éléments sont souvent associés. Le manganèse existe à l'état manganoux (Mn²⁺), mais il s'oxyde rapidement à l'état manganique (Mn⁴⁺) (McNeely et coll. 1980). Cependant, en l'absence d'oxygène dissous, les espèces bivalentes prédominent (U.S. EPA 1973). Les permanganates (Mn⁷⁺) ne sont pas persistants, car ils oxydent rapidement les matières organiques et sont donc réduits (McKee et Wolf 1963). Les nitrates, les sulfates et les chlorures de manganèse sont passablement solubles dans l'eau, alors que les oxydes, les carbonates, les phosphates, les sulfures et les hydroxydes le sont à peine (Cotton et Wilkinson 1980).

Les variations du potentiel d'oxydoréduction, de la teneur en oxygène dissous, du pH et de la matière organique présentes peuvent entraîner des modifications importantes des concentrations de manganèse en solution (Delfino et Lee 1968; Slack et Feltz 1968; Spencer et Brewer 1971; Howard et Chisholm 1975; Wetzel 1975). Dans les eaux naturelles, une proportion importante du manganèse existe en suspension. Dans les eaux de surface, le manganèse bivalent s'oxyde rapidement en dioxyde de manganèse qui, par la suite, a tendance à sédimenter. En présence de composés organiques et inorganiques complexants, la stabilité des oxydes de manganèse sous forme colloïdale augmente. Par contre, dans les zones où la teneur en oxyde dissous est faible ou dans les zones de faible pH et pauvres en oxygène, les espèces solubles peuvent persister (Stumm et Morgan 1970). La présence de matières organiques dans les eaux stabilise les solutions

de manganèse, peut-être en raison de la formation d'ions complexes avec les composés organiques (NAS 1973).

Le manganèse est un oligo-élément essentiel pour les microorganismes, les plantes et les animaux; presque tous les organismes en contiennent donc une certaine quantité. Les organismes marins sont capables de concentrer le manganèse jusqu'à des concentrations plusieurs fois supérieures à celles présentes dans l'eau de mer. Par exemple, les facteurs de bioconcentration du manganèse varient de 10³ à 10⁴ chez les mollusques et les crustacés, et ils sont de 10⁴, 10⁵ et 10² chez les algues marines, les plantes et les poissons respectivement (NAS 1973). La demi-vie biologique du manganèse est d'environ 46 j chez le crapet arlequin (*Lepomis macrochirus*) (Miller et coll. 1980).

6.2.27.5 Bibliographie

- Cotton, F.A. et G. Wilkinson. 1980. *Advanced Inorganic Chemistry*. 4th edition. John Wiley & Sons, New York. 1396 pp.
- Delfino, J.J. et G.F. Lee. 1968. *Chemistry of manganese in Lake Mendota, Wisconsin*. Environ. Sci. Technol. 2: 1094-1100.
- Environnement Canada. 1976. *Inventaire national des sources et des émissions de manganèse en 1972*. Direction générale de l'assainissement de l'air, Service de la protection de l'environnement, Ottawa. Rapport interne APCD 75-6F.
- Howard, H.H. et S.W. Chisholm. 1975. *Seasonal variation of manganese in a eutrophic lake*. Am. Midl. Nat. 93: 188-197. (Mentionnée dans Thurston et coll. 1979.)
- McKee, J.E. et H.W. Wolf. 1963. *Water Quality Criteria*. 2nd edition. Publ. No. 3-A. State Water Quality Control Board, Sacramento, California. 548 pp.
- McNeely, R.N., V.P. Neimanis et L. Dwyer. 1980. *Manganèse*. Dans *Références sur la qualité des eaux*. Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa. pp. 34-35.
- Miller, D.W., R.J. Vetter et G.J. Atchinson. 1980. *Effect of temperature and dissolved oxygen on uptake and retention of ⁵⁴Mn in fish*. Health Phys. 33: 221-225.
- NAQUADAT. 1985. *Base de données nationale sur la qualité des eaux*. Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa.
- NAS. 1973. *Manganese. Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants*. Division of Medical Sciences, National Academy of Sciences, U.S. National Research Council, Washington, D.C. 191 pp.
- Phillips, D.R. 1985. *Manganèse*. Dans *l'Annuaire des minéraux du Canada 1983-1984*. Aperçu et perspectives. Direction des ressources minérales, Énergie, Mines et Ressources Canada, Ottawa. pp. 37.1-37.2.
- Santé et Bien-être social Canada. 1982. *Manganèse*. Dans *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada 1978*. Pièces à l'appui. Approvisionnements et Services Canada, Ottawa. pp. 387-399.
- Slack, K.V. et H.R. Feltz. 1968. *Tree leaf control on low-flow water quality in a small Virginia stream*. Environ. Sci. Technol. 2: 126-131.
- Spencer, D.W. et P.G. Brewer. 1971. *Vertical advection diffusion and redox potentials as controls on the distribution of manganese and other trace metals dissolved in waters of the Black Sea*. J. Geophys. Res. 76: 5877-5892.
- Stumm, W. et J.J. Morgan. 1970. *Aquatic Chemistry*. Wiley-Interscience, New York. 583 pp.
- Thurston, R.V., R.C. Russo, C.M. Fetteroff, T.A. Edsall et Y.M. Barber (eds.). 1979. *A Review of the EPA Red Book: Quality Criteria for Water*. Water Quality Section, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- U.S. EPA. 1973. *Water Quality Criteria 1972*. Committee on Water Quality Criteria, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. EPA-R3-73-033.

Le manganèse

Pour des raisons d'ordre organoleptique, l'objectif pour le manganèse dans l'eau potable a été fixé à $\leq 0,05 \text{ mg/L}$ ($\leq 50 \text{ } \mu\text{g/L}$). La présence de cet élément dans les approvisionnements d'eau est indésirable pour plusieurs raisons. À des concentrations supérieures à $0,15 \text{ mg/L}$, le manganèse tache les éléments de plomberie et les tissus; de plus, en fortes concentrations, il donne mauvais goût aux boissons. Comme le fer, il peut causer des problèmes dans les réseaux de distribution en y favorisant la croissance de microorganismes. Même à des concentrations inférieures à $0,05 \text{ mg/L}$, le manganèse peut former dans la tuyauterie des dépôts qui peuvent se présenter sous la forme de précipités noirs.

Généralités

Le manganèse est présent dans plus d'une centaine de composés de sels et de minéraux communs que l'on retrouve dans les roches, les sols et au fond des lacs et des océans. Le plus souvent, on trouve le manganèse sous forme de dioxyde, de carbonate ou de silicate de manganèse. On peut le trouver à l'état d'oxyde à des valences allant de -3 à $+7$; les états d'oxydation dits manganeux (Mn^{2+}) et manganique (Mn^{4+}) sont ceux qui touchent particulièrement les systèmes d'aqueduc.⁽¹⁾

Au Canada, on utilise le manganèse surtout dans l'industrie de l'acier, où l'on s'en sert pour contrebalancer les effets du soufre, comme agent désoxydant et dans la composition d'alliages spéciaux. Il sert aussi à la fabrication de piles électriques sèches et comme oxydant dans l'industrie chimique. En 1985, le Canada a importé environ 25 398 tonnes de ferromanganèse, 6 979 tonnes de silicomanganèse, 102 048 tonnes de minerais de manganèse ainsi que 3 240 tonnes de manganèse sous forme métallique; la même année, le pays exportait 22 408 tonnes de ferromanganèse.⁽²⁾

Présence dans l'environnement

Le manganèse est le constituant principal des nodules de manganèse et des concrétions d'oxyde de ferromanganèse que l'on trouve dans les Grands Lacs et dans plusieurs lacs de l'Est de l'Ontario.⁽³⁻⁵⁾ Les produits du lessivage des dépôts de manganèse à la surface du sol comptent pour très peu dans le manganèse qui se trouve dans les cours d'eau et les océans. De façon générale, le manganèse est présent dans les eaux

de surface naturelles, soit en solution, soit en suspension, à des concentrations inférieures à $0,05 \text{ mg/L}$. Une étude sur les eaux de surface canadiennes effectuée en 1980-1981 a montré que le manganèse était ordinairement présent dans les cours d'eau à des concentrations allant de $0,01$ à $0,40 \text{ mg/L}$. On a relevé les concentrations les plus élevées dans la Carrot River, en Saskatchewan : le manganèse dissous y atteignait $1,7 \text{ mg/L}$ et le manganèse extractible, $4,0 \text{ mg/L}$.⁽⁶⁾ En raison des conditions réductrices qui prévalent dans le sous-sol, le manganèse est plus abondant dans les approvisionnements d'eau constitués à partir d'eaux souterraines que dans ceux qui font appel aux eaux de surface. Par suite de la pollution acide, on trouve également de fortes concentrations de manganèse dans certains lacs et certains réservoirs; en 1972-1973, on a relevé dans un petit lac acide des environs de Sudbury, en Ontario, une concentration moyenne de manganèse de $0,26 \text{ mg/L}$.⁽⁷⁾

En 1974-1976, 67 % des 84 sites retenus pour un échantillonnage de l'eau potable à l'échelle du pays présentaient des concentrations de manganèse inférieures à $0,02 \text{ mg/L}$; dans 25 % de ces 84 sites, la concentration dépassait $0,05 \text{ mg/L}$.⁽⁸⁾ Une étude menée en Ontario en 1985-1986 auprès de 20 usines de traitement de l'eau de boisson a révélé des concentrations moyennes de manganèse de $0,014$ et $0,008 \text{ mg/L}$ dans l'eau non traitée et dans l'eau traitée, respectivement. Les concentrations de manganèse étaient constamment plus élevées dans les réseaux de distribution que dans l'eau traitée. Par exemple, à Hearst, en Ontario, les concentrations de manganèse dans les eaux non traitées, dans les eaux traitées et dans le réseau d'aqueduc (échantillons recueillis après cinq minutes de plein débit) étaient de $0,023$, $0,009$ et $0,011 \text{ mg/L}$, respectivement.⁽⁹⁾

Le manganèse présent dans l'atmosphère provient principalement des émissions industrielles qui contiennent des oxydes de manganèse. On a estimé qu'au Canada, en 1984, les émissions de manganèse attribuables à des activités humaines totalisaient 1 225 tonnes; 78,5 % de ces émissions étaient d'origine industrielle, liées principalement à des processus de fabrication d'alliages métalliques. Les émissions dues aux véhicules à moteur à essence comptaient pour

17,2 % du total, les 4,3 % restant s'expliquant par la combustion de charbon pour la production d'électricité, l'incinération des déchets solides et l'application de pesticides.⁽¹⁰⁾

L'étude de la composition chimique de la matière particulaire dans le ciel d'Edmonton, en Alberta, conduite en 1978-1979, a mis en évidence une concentration moyenne de manganèse dans l'air de 0,071 µg/m³. Cette concentration fluctuait considérablement suivant les saisons : en novembre 1978, la concentration moyenne était de 0,050 µg/m³; en mars-avril et en juillet-août 1979, les concentrations moyennes étaient de 0,065 µg/m³ et de 0,098 µg/m³, respectivement. Au dessus d'un site non urbain assez éloigné (la station météorologique de Stony Plain), la concentration moyenne était, au cours de la même période d'échantillonnage, inférieure à 0,03 µg/m³. On croit qu'aux deux endroits le manganèse provient principalement de la croûte terrestre.⁽¹¹⁾

Au cours d'une étude faite en 1982 et qui s'étendait à l'ensemble de l'Ontario, on a relevé dans les précipitations et dans l'air la distribution des concentrations de certains métaux — dont le manganèse — à l'état de traces.⁽¹²⁾ On a constaté, du Sud au Nord de la province, une tendance vers la diminution des concentrations de manganèse. La concentration moyenne du manganèse dans l'air s'étendait de 0,007 µg/m³ dans le Sud à 0,0029 µg/m³ dans le Nord. De même, les dépôts annuels à sec de manganèse allaient de 1,53 µg/m² dans le Sud à 0,62 µg/m² dans le Nord. La concentration annuelle moyenne de manganèse dans les précipitations allait de 0,0047 mg/L dans le Sud à 0,0031 mg/L dans le Nord.

Le manganèse est toujours présent dans le sol arable.⁽¹³⁾ Les sols canadiens contiennent en moyenne 0,008 mg/g de manganèse.⁽¹⁴⁾ Les concentrations vont de non détectable à 7 mg/g.⁽¹⁵⁾

Qu'il s'agisse des plantes ou des animaux, tous les tissus contiennent du manganèse à l'état de traces.⁽¹³⁾ La quantité de manganèse contenue dans les aliments peut varier considérablement. En général, on trouve des concentrations assez basses dans les produits laitiers (moyenne de 0,12 mg/kg) et les viandes (moyenne de 0,33 mg/kg).⁽¹⁶⁾ Le manganèse se trouve distribué relativement également parmi tous les groupes alimentaires provenant de sources végétales (moyenne de 2,66 mg/kg).⁽¹⁶⁾ Dans des vins californiens analysés au Canada, on a trouvé du manganèse à des concentrations allant de 0,18 à 1,64 mg/kg,⁽¹⁷⁾ alors que, dans les boissons carbonatées et les jus de fruits, les concentrations de manganèse s'étendaient de moins de 0,01 à 0,03 mg/L et de 0,18 à 1,3 mg/L, respectivement.⁽¹⁸⁾

Exposition au Canada

Des études effectuées au Canada ont permis d'estimer que l'apport alimentaire quotidien de manganèse se situe entre 4,1 mg⁽¹⁹⁾ et 3,3 mg.⁽¹⁶⁾ Une estimation récente de l'apport quotidien moyen, établie à partir de données concernant la consommation alimentaire canadienne per capita en 1981 et 1982⁽²⁰⁾ et les valeurs déjà connues et publiées concernant le contenu en manganèse de divers aliments^(16,19,21-26) a donné le chiffre moyen de 4,7 mg (femmes : 3,9 mg; hommes : 5,6 mg).⁽²⁷⁾

Dans l'hypothèse où, pour une personne, la consommation quotidienne d'eau potable est de 1,5 litre et où la concentration de manganèse dans l'eau potable est de 0,02 mg/L, l'apport quotidien de manganèse en provenance de l'eau de boisson serait au Canada d'environ 0,03 mg. La consommation quotidienne réelle de manganèse dans l'eau potable varie considérablement suivant le lieu d'échantillonnage au Canada.

Dans l'hypothèse où la concentration moyenne de manganèse dans l'air est de 0,0001 mg/m³ et où le volume respiratoire quotidien est de 20 m³, l'apport quotidien de manganèse par les voies respiratoires serait de 0,002 mg.

D'après ces chiffres, l'exposition quotidienne totale d'un Canadien au manganèse en provenance de toutes les sources environnementales dépasserait tout juste 4,7 mg. L'alimentation serait la source principale de cette exposition. L'apport de l'alimentation est considérablement plus élevé que l'apport provenant de l'eau de boisson, même dans les régions où l'eau présente un contenu élevé de manganèse. Dans une étude réalisée en 1975, l'Environmental Protection Agency des États-Unis a estimé que l'apport quotidien total de manganèse est d'environ 3 mg.⁽²⁸⁾

Méthodes d'analyse et techniques de traitement

Il est possible de déterminer la quantité de manganèse présente dans l'eau par spectrométrie par absorption avec aspiration directe par une flamme air-acétylène (limite de détection : 0,01 mg/L). Par ailleurs, on peut également mesurer de faibles concentrations par chélation avec du dithiocarbamate de pyrrolidine d'ammonium, par extraction dans du méthylisobutylcétone et aspiration par une flamme air-acétylène.⁽²⁹⁾

Au cours du traitement général des approvisionnements d'eau, on procède souvent au traitement visant le manganèse en même temps qu'on élimine une partie du fer. On peut éliminer une partie du manganèse de l'eau par les procédés classiques de chloration-filtration, à un pH égal ou supérieur à 8,4.⁽³⁰⁾ Il s'avère difficile, dans le cas du manganèse, d'atteindre des concentrations inférieures à 0,05 mg/L.

Considérations sur la santé

Caractère essentiel

Le manganèse est un élément essentiel à la vie des humains et des animaux; il joue un rôle de premier plan dans la constitution d'enzymes et de métalloenzymes. On a souligné son rôle dans le métabolisme des carbohydrates, des lipides et des stéroïdes et dans la phosphorylation oxydative. De plus, des études expérimentales sur des animaux souffrant de déficience de manganèse laissent croire que celui-ci joue un rôle dans la prévention de l'endommagement des tissus par suite de la peroxydation des lipides et dans le fonctionnement normal du système nerveux central.⁽³¹⁾

On n'a jamais relevé de déficiences graves de manganèse dans la population en général, mais une étude récente de caractère expérimental sur des humains dont le régime alimentaire comportait une déficience en manganèse (0,11 mg/j) a provoqué des dermatites et de l'hypocholestérolémie; on a également constaté des concentrations élevées de calcium et de phosphore dans le sérum.⁽³²⁾

On n'a pas encore fixé d'apport quotidien recommandé (AQR) de manganèse pour les Canadiens. Une récente synthèse qui s'est intéressée à toutes les études consacrées au métabolisme du manganèse chez l'être humain a permis de conclure que les estimations déjà faites concernant les doses quotidiennes de manganèse qui semblaient à la fois sûres et adéquates (2,5 à 5,0 mg/j) étaient trop basses; on recommandait pour les adultes une dose quotidienne qui pouvait varier de 3,5 à 7,0 mg.⁽³¹⁾ L'analyse statistique des études consacrées au métabolisme a permis de constater qu'un apport quotidien en manganèse d'environ 5 mg est nécessaire pour assurer l'équilibre positif de cet élément.

Absorption, répartition et excrétion

Les principales voies d'absorption du manganèse sont les voies respiratoire et gastro-intestinale; l'absorption du manganèse par voie cutanée est négligeable.⁽¹³⁾ Le manganèse organiquement lié peut être absorbé à travers la peau.⁽³³⁾

Le manganèse est absorbé dans l'intestin grêle grâce à un mécanisme actif de transport de haute affinité et de faible capacité.⁽³⁴⁾ Chez le nourrisson, le taux d'absorption du manganèse est extrêmement élevé: à la naissance, il approche les 99 %.⁽³⁵⁾ Ce taux diminue peu à peu avec l'âge pour se stabiliser chez l'adulte autour de 5,5 %.^(36,37) Un grand nombre de facteurs alimentaires affectent l'absorption du manganèse chez les humains. À de faibles niveaux d'apport de manganèse, la biodisponibilité de cet élément se trouve favorisée par la présence d'acide ascorbique et par un régime alimentaire carné, alors qu'elle est inhibée par certaines sources de fibres alimentaires.⁽³¹⁾ On sait que plusieurs ions métalliques — en particulier ceux du fer,

du magnésium et du calcium — réduisent l'absorption et la rétention du manganèse.⁽³¹⁾ Il semble bien qu'une eau de boisson douce procure un apport de manganèse plus élevé qu'une eau de boisson dure.⁽³⁸⁾

Chez l'être humain adulte, la charge totale de manganèse se situe entre 10 et 20 mg.⁽³⁹⁾ Ce sont les os qui en retiennent le plus, soit environ 25 % du total corporel;⁽⁴⁰⁾ la plus grande partie de cette charge semble déposée dans la partie inorganique des os, où elle joue un rôle de tampon. Le manganèse s'accumule également dans les tissus riches en mitochondries et en réticule endoplasmique; à part le squelette, les principaux sites d'accumulation du manganèse sont le foie, les muscles du squelette, le tissu conjonctif et l'intestin. Pour ce qui est de la concentration ($\mu\text{g Mn/g}$ de tissu), le manganèse s'accumule surtout dans les testicules, le foie, le pancréas et les reins.⁽²⁵⁾

La régulation de l'excrétion du manganèse semble être le principal mécanisme homéostatique du manganèse,⁽⁴¹⁾ même s'il semble parfois exister une certaine régulation de l'absorption.^(42,43) Le manganèse endogène est excrété dans la bile⁽⁴⁴⁾ par l'intermédiaire du foie pour être éliminé dans les fèces; lorsque le système biliaire est surchargé, les sécrétions pancréatiques et les autres sécrétions intestinales prennent le relais.⁽⁴⁵⁾ Il est difficile de quantifier la répartition de l'excrétion de la bile entre les diverses voies en raison de la réabsorption qui peut survenir. Mais celle-ci semble peu importante;⁽⁴⁶⁾ il est possible qu'elle dépende du contenu des fèces en calcium.⁽⁴⁷⁾ Les fluctuations de la quantité de manganèse dans le régime alimentaire ont peu d'effet sur la faible quantité de manganèse excrétée dans l'urine.⁽⁴⁸⁾

Il existe assez peu de données sur le taux d'élimination du manganèse chez les humains. Une étude récente mettant en cause 14 sujets montrait que le manganèse administré par voie orale était éliminé par deux processus séquentiels, les demi-vies biologiques étant respectivement de 13 jours (plage: 6-30) et 34 jours (plage: 26-54).⁽⁴⁹⁾ Le taux d'excrétion et la quantité de manganèse éliminée dépendent de plusieurs facteurs, dont l'apport en manganèse, la situation du fer dans l'organisme, l'influence d'autres éléments du régime alimentaire et les particularités de la constitution génétique du sujet.

Toxicité

Le manganèse est considéré comme l'un des éléments les moins toxiques. Des expériences d'ingestion chronique effectuées sur des lapins, des porcs et du bétail, utilisant des doses de 1 à 2 mg/g, n'ont entraîné aucun effet autre qu'une modification de l'appétit et un ralentissement dans le métabolisme du fer pour la formation de l'hémoglobine.⁽³³⁾ Mais des études expérimentales et épidémiologiques ont montré récemment que l'exposition au manganèse peut, en réalité,

entraîner des modifications dangereuses; certaines de ces modifications sont abordées plus bas.

De façon générale, les cations sont plus toxiques que les anions; l'ion Mn^{2+} s'avère plus toxique que l'ion Mn^{3+} .⁽⁵⁰⁾ L'anion associé peut affecter la toxicité du manganèse; l'ion citrate, par exemple, est plus toxique que l'ion chlorure. La toxicité varie non seulement suivant la valence, mais encore suivant la voie d'administration et, dans le cas de l'inhalation, suivant la grosseur des particules.

À part la pneumoconiose aiguë provoquée par la vapeur métallique par suite de l'inhalation ou de l'ingestion de dioxyde de manganèse, la toxicité chez l'humain résulte habituellement de l'inhalation répétée de fortes concentrations de manganèse dans les poussières provenant de sources industrielles.⁽⁵¹⁻⁵⁶⁾ Les principaux effets de l'exposition prolongée à des composés inorganiques de manganèse dans le cadre du travail se présentent sous la forme de la «pneumonie manganique» ou pneumonite⁽¹³⁾ ou, plus communément, sous celle du manganisme. Donaldson et Barbeau ont décrit en détail les manifestations neurologiques et les modifications biochimiques dues au manganisme.⁽⁵⁷⁾

Sauf pour un seul cas isolé, on ne rapporte pas de cas d'intoxication par le manganèse attribuable à l'utilisation d'eau de boisson. Une maladie ressemblant à l'encéphalite, signalée au Japon en 1941, a été attribuée à une eau de puits contaminée contenant 14 mg de manganèse par litre. Mais on trouvait aussi des concentrations excessivement élevées d'autres métaux (particulièrement de zinc) et on n'a jamais déterminé de façon concluante si la forte concentration de manganèse était à elle seule responsable ou non de la maladie.⁽⁵⁸⁾ La présence de 0,75 mg/L de manganèse dans l'approvisionnement en eau de boisson dans une autre partie du Japon n'a semblé produire aucun effet nocif sur la santé des personnes qui en ont consommé.⁽⁵²⁾

Plusieurs études expérimentales ont montré que l'exposition au manganèse pouvait provoquer des effets nocifs sur le système reproductif mâle. Chez le lapin, l'administration chronique de manganèse par voie parentérale a entraîné des modifications dégénératives des tubules séminifères, conduisant parfois à l'infécondité.⁽⁵⁹⁾ L'administration de Mn_3O_4 (hausmannite) à une concentration de 1 050 ppm dans l'alimentation donnée à des souris a ralenti la croissance et la prise de poids des testicules, des vésicules séminales et des glandes prépucciales.⁽⁶⁰⁾

Dans une récente étude épidémiologique sur la fertilité de travailleurs belges exposés à la poussière de manganèse dans une usine produisant de l'oxyde, du sulfate et du carbonate de manganèse, on a constaté que le nombre d'enfants nés des travailleurs exposés (âgés de 16 à 35 ans) était inférieur de moitié par rapport à un groupe de contrôle.⁽⁶¹⁾

Dans la littérature sur le manganèse, on relève certaines questions concernant un lien possible entre le manganèse et certaines déficiences humaines à la naissance.^(41,62,63) D'après certains travaux, la poussière de manganèse affecterait le comportement de souris nées de mères qui ont été exposées au cours de la gestation.⁽⁶⁴⁾

Le manganèse s'est avéré mutagène au cours de plusieurs études microbiennes^(65,66) ainsi que dans des études consacrées à la lignée de la cellule humaine.^(67,68)

Le manganèse provoque chez la souris des lymphosarcomes⁽⁶⁹⁾ et des adénomes.⁽⁷⁰⁾ Mais il n'existe aucune preuve à l'effet que le manganèse serait cancérigène chez les humains,⁽⁷¹⁾ malgré des expositions parfois considérables en milieu de travail.

Apport quotidien acceptable

On n'a noté aucun effet nocif sur la santé des humains dans le cas d'apports quotidiens de manganèse comme suit :

| | Moyenne (en mg) | Étendue (en mg) |
|----------------|--------------------|--------------------|
| Aliments | 3,0 | 2,0-7,0 |
| Eau de boisson | 0,005 | 0,0-1,0 |
| Air | 0,002 | 0,0-0,029 |

Autres considérations

La présence de manganèse dans les alimentations en eau potable est indésirable pour plusieurs raisons non liées à la santé. À des concentrations dépassant 0,15 mg/L, cet élément tache les appareils sanitaires et la lessive et donne un goût déplaisant aux boissons.⁽⁷²⁾ L'oxydation des ions de manganèse dissous entraîne la précipitation des oxydes de manganèse et provoque des problèmes d'entartrage. Même à des concentrations de l'ordre de 0,02 mg/L, le manganèse peut former à l'intérieur des canalisations d'aqueduc des dépôts qui peuvent se détacher sous forme de précipités noirs.⁽⁷³⁾ Le manganèse favorise également la croissance de certains organismes indésirables.^(72,74) La présence de «bactéries manganiques», qui ont pour effet de provoquer la concentration du manganèse, peut entraîner des problèmes de goût, d'odeur et de turbidité dans l'eau du réseau.

Justification

1. Le manganèse fait partie des éléments les moins toxiques pour les mammifères. Seule l'exposition à des concentrations extrêmes résultant d'activités humaines produit des effets nocifs pour la santé.

2. À des concentrations dépassant 0,15 mg/L, le manganèse tache les appareils sanitaires et la lessive; de plus, il donne un goût déplaisant aux boissons. Même à des concentrations aussi faibles que 0,02 mg/L, il peut causer des problèmes; il est cependant difficile de

réduire la concentration de manganèse à moins de 0,05 mg/L.

3. On a donc fixé l'objectif organoleptique du manganèse dans l'eau potable à $\leq 0,05$ mg/L. À ce niveau, on considère que le manganèse ne présente pas de risque pour la santé; il s'est déjà consommé sans danger de l'eau de boisson contenant du manganèse à des concentrations beaucoup plus élevées. On n'a donc pas fixé de concentration maximale acceptable.

Références bibliographiques

1. Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement (CCMRE). Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Préparé par le groupe de travail sur les recommandations pour la qualité de l'eau, mars (1987).
2. Énergie, Mines et Ressources Canada. Manganese. Dans : Canadian minerals yearbook 1985. Mineral Report No. 34. Direction des ressources minérales, Ottawa (1986).
3. Rossman, R. et Callendar, E. Manganese nodules in Lake Michigan. *Science*, 162 : 1123 (1968).
4. Cronan, D.S. et Thomas, R.L. Ferromanganese concretions in Lake Ontario. *Can. J. Earth Sci.*, 7 : 1346 (1970).
5. Harriss, R.C. et Troup, A.G. Freshwater ferromanganese concretions: chemistry and internal structure. *Science*, 166 : 604 (1969).
6. Environnement Canada. Detailed surface water quality data, Northwest Territories 1980-1981, Alberta 1980-1981, Saskatchewan 1980-1981, Manitoba 1980-1981. Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux (1984).
7. Beamish, R.J. et Van Loon, J.L. Precipitation loading of acid and heavy metals to a small acid lake near Sudbury, Ontario. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34 : 649 (1977).
8. Banque nationale de données sur la qualité de l'eau (NAQUADAT). Direction de la qualité de l'eau, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada (1976).
9. Ministère de l'Environnement de l'Ontario. Drinking water monitoring data (inédit) (1987).
10. Jaques, A.P. National inventory of sources and emissions of manganese (1984). EPS 5/MM/1, Environnement Canada (1987).
11. Klemm, R.F. et Gray, J.M.L. A study of the chemical composition of particulate matter and aerosols over Edmonton. Report RMD 82/9, prepared for the Research Management Division by the Alberta Research Council. 125 pp. (1982).
12. Chan, W.H., Tang, A.J.A., Chung, D.H.S. et Lusic, M.A. Concentration and deposition of trace metals in Ontario 1982. *Water Air Soil Pollut.*, 29 : 373 (1986).
13. Rodier, J. Manganese poisoning in Moroccan miners. *Br. J. Ind. Med.*, 12 : 21 (1955).
14. Warren, H.C. Some trace element concentrations in various environments. Dans : Environmental medicine. G.M. Howe et J.A. Lorraine (dir. de publ.). William Heinemann Medical Books, Londres, R.-U., p. 9 (1973).
15. Moran, J.B. The environmental implications of manganese as an alternate antiknock. Research Triangle Park, NC (1975).
16. Kirkpatrick, D.C. et Coffin, D.E. The trace metal content of representative Canadian diets in 1970 and 1971. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 7 : 56 (1974).
17. Noble, A.C., Orr, B.H., Cook, W.G. et Campbell, J.L. Trace element analysis of wine by proton induced X-ray fluorescence spectrometry. *J. Agric. Food Chem.*, 24 : 532 (1976).
18. Méranger, J.C. The heavy metal content of fruit juices and carbonated beverages by atomic absorption. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 5 : 271 (1970).
19. Méranger, J.C. et Smith, D.C. The heavy metal content of a typical Canadian diet. *Can. J. Public Health*, 63 : 53 (1972).
20. Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social. Apports nutritionnels recommandés pour les Canadiens. Ottawa (1983).
21. Guthrie, B.E. et Robinson, M.F. Daily intakes of manganese, copper, zinc and cadmium by New Zealand women. *Br. J. Nutr.*, 38 : 55 (1977).
22. Hamilton, E.I. et Minski, M.J. Abundances of the chemical elements in man's diet and possible relations with environmental factors. *Sci. Total Environ.*, 1 : 375 (1973).
23. Schlage, C. et Wortberg, B. Manganese in the diet of healthy preschool and school children. *Acta Paediatr. Scand.*, 27 : 648 (1972).
24. Shiraishi, K., Kawamura, H. et Tanaka, G.I. Daily intake of elements as estimated from analysis of total diet samples in relation to reference Japanese man. *J. Radiat. Res.*, 27 : 121 (1986).
25. Commission internationale de protection radiologique. Report No. 23 : Report of the Task Group on Reference Man. Pergamon Press, Oxford, UK. 411 pp. (1984).
26. Soman, S.D., Panday, V.K., Joseph, K.T. et Raut, S.R. Daily intake of some major and trace elements. *Health Phys.*, 17 : 35 (1969).
27. Hill, R.J. Review of information on manganese and the oxidation products of MMT combustion (inédit). Rédigé pour le Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, Ottawa (1988).
28. U.S. Environmental Protection Agency. Scientific and technical assessment report on manganese. National Environmental Research Centre, Research Triangle Park, NC (1975).
29. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16^e édition. American Public Health Association, Washington, DC (1985).
30. Wong, J.M. Chlorination filtration for iron and manganese removal. *J. Am. Water Works Assoc.*, 76(1) : 76 (1984).
31. Zidenberg-Cherr, S. et Keen, C.L. Enhanced tissue lipid peroxidation: mechanism underlying pathologies associated with dietary manganese deficiency. Dans : Nutritional bioavailability of manganese. C. Kies (dir. de publ.). American Chemical Society, Washington, DC. p. 56 (1987).
32. Friedman, B.J., Freeland-Graves, J.H., Bales, C.W., Behmardi, F., Shorey-Kutschke, R.L., Willis, R.A., Crosby, J.B., Trickett, P.C. et Houston, S.D. Manganese balance and clinical observations in young men fed a manganese-deficient diet. *J. Nutr.*, 117 : 133 (1987).
33. National Research Council, Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants. Manganese. National Academy of Sciences, Washington, DC (1973).

34. Garcia-Aranda, J.A., Wapnir, R.A. et Lifshitz, F. *In vivo* intestinal absorption of manganese in the rat. *J. Nutr.*, 113 : 2601 (1983).
35. Zlotkin, S.H. et Buchanan, B.E. Manganese intakes in intravenously fed infants. *Biol. Trace Element Res.*, 9 : 271 (1986).
36. Crouse, R.G., Pories, W.J., Bray, J.T. et Manger, R.L. Geochemistry and man: health and disease. I. Essential elements. Dans : *Applied environmental geochemistry. I.* Thornton (dir. de publ.). Academic Press, New York, NY. p. 267 (1983).
37. Sandström, B., Davidsson, L., Cederblad, A. et Lönnnerdal, B. A method for studying manganese absorption in humans. *Fed. Proc.*, 46 : 570 (1987).
38. Ingols, R.S. et Craft, T.F. Analytical notes: hard- vs soft-water effects on the transfer of metallic ions from intestine. *J. Am. Water Works Assoc.*, 68 : 209 (1976).
39. Schroeder, H.A., Balassa, J.J. et Tipton, I.H. Essential trace metals in man : manganese. A study in homeostasis. *J. Chronic Dis.*, 19 : 545 (1966).
40. Hurley, L.S. et Keen, C.L. Manganese. Dans : *Trace elements in human and animal nutrition. 5^e édition.* W. Mertz (dir. de publ.). Academic Press, San Diego, CA (1987).
41. Saner, G., Dagoglu, T. et Ozden, T. Hair manganese concentrations in newborns and their mothers. *Am. J. Clin. Nutr.*, 41 : 1042 (1985).
42. Organisation mondiale de la santé. Environmental health criteria for manganese. Avril, Genève (1975).
43. Abrams, E., Lassiter, J.W., Miller, W.J., Neathery, M.W., Gentry, R.P. et Blackmon, D.N. Effect of normal and high manganese diets on the role of bile in manganese metabolism in calves. *J. Anim. Sci.*, 45 : 1108 (1977).
44. Greenberg, D.M., Copp, D.H. et Cuthbertson, E.M. The distribution and excretion, particularly by way of the bile, of iron, cobalt, and manganese. *J. Biol. Chem.*, 147 : 749 (1943).
45. Bertinchamps, A.J., Millar, S.T. et Cotzias, G.C. Interdependence of routes excreting manganese. *Am. J. Physiol.*, 211 : 217 (1966).
46. Solomons, N.W. The other trace minerals; manganese, molybdenum, vanadium, nickel, silicon, and arsenic. Dans : *Absorption and malabsorption of mineral nutrients.* N.W. Solomons et I.H. Rosenberg (dir. de publ.). Alan R. Liss, New York, NY (1984).
47. Van Barneveld, A.A. et Van den Hamers, C.J.A. The influence of calcium and magnesium on manganese transport and utilization in mice. *Biol. Trace Element Res.*, 6 : 489 (1984).
48. Hine, C.H. et Pasi, A. Manganese intoxication. *West. J. Med.*, 123 : 101 (1975).
49. Sandström, B., Davidsson, L., Cederblad, A., Eriksson, R. et Lönnnerdal, B. Manganese absorption and metabolism in man. *Acta Pharmacol. Toxicol.*, 59(7) : 60 (1986).
50. Smith, R.G. Dans : *Metallic contaminants and human health.* D.H.K. Lee (dir. de publ.). Academic Press, New York, NY (1972).
51. Schuler, P., Oyanguren, H., Maturana, V., Valenzuela, A., Cruz, R., Plaza, V., Schmidt, E. et Haddad, R. Manganese poisoning. *Ind. Med. Surg.*, 26 : 167 (1957).
52. Suzuki, T. Manganese pollution of the environment. *Ind. Med. (Sangyo Igaku-Japan)*, 12 : 529 (1970).
53. Cotzias, G.C., Papavasiliou, P.S., Ginos, J.P., Steck, A. et Duby, S. Metabolic modification of Parkinson's disease and of chronic manganese poisoning. *Annu. Rev. Med.*, 22 : 305 (1971).
54. Emara, A.M., El-Ghawabi, S.H., Madkour, O.I. et El-Samna, G.H. Chronic manganese poisoning in the dry battery industry. *Br. J. Ind. Med.*, 28 : 78 (1971).
55. Jonderko, G., Kujawska, A. et Langauer-Lewowicka, H. Problems of chronic manganese poisoning on the basis of investigations of workers at a manganese alloy foundry. *Int. Arch. Arbeitsmed.*, 28 : 250 (1971).
56. Rosenstock, H.A., Simons, D.G. et Meyer, J.S. Chronic manganism. Neurologic and laboratory studies during treatment with levodopa. *J. Am. Med. Assoc.*, 217 : 1354 (1971).
57. Donaldson, J. et Barbeau, A. Manganese neurotoxicity: possible clues to the etiology of human brain disorders. *Met. Ions Neurol. Psychiatry*, 15 : 259 (1985).
58. Organisation mondiale de la santé. Environmental health criteria programme for manganese and its compounds. Rapport japonais (1974).
59. Chandra, S. et Tandon, S.K. Enhanced manganese toxicity in iron-deficient rats. *Environ. Physiol. Biochem.*, 4 : 16 (1974).
60. Gray, L.E. et Laskey, J.W. Multivariate analysis of the effects of manganese on the reproductive physiology and behaviour of the male house mouse. *J. Toxicol. Environ. Health*, 6 : 861 (1980).
61. Lauwerys, R., Roels, H., Genet, P., Toussaint, G., Bouckaert, A. et De Cooman, S. Fertility of male workers exposed to mercury vapor or to manganese dust: a questionnaire study. *Am. J. Ind. Med.*, 7 : 171 (1985).
62. Marienfeld, C.L. et Collins, M. The ebb and flow of manganese. A possible pathogenic factor in birth defects, cancer and heart disease. *Trace Substances Environ. Health*, 15 : 3 (1981).
63. Gol'dina, I.R., Nadeenko, V.G., Salchenko, S.P., D'yachenko, O.Z., Senchenko, V.G. et Vasalygina, V.V. Toxicological evaluation of manganese during intake in drinking water. *Gig. Sanit.*, 11 : 80 (1984) [Nutr. Abstr. Rev., 55 : 6416 (1985)].
64. Massaro, E.J., D'Agostino, R.B., Stineman, C.H., Morganti, J.B. et Lown, B.A. Alterations in behaviour of adult offspring of female mice exposed to MnO₂ dust during gestation. *Fed. Proc.*, 39 : 623 (1980).
65. Demeric, M. et Hanson, J. Mutagenic action of manganous chloride. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*, 16 : 215 (1951).
66. Putrament, K.A., Baranowska, H. et Prazmo, W. Induction by manganese of mitochondrial antibiotic resistance mutations in yeast. *Mol. Gen. Genet.*, 126 : 357 (1973).
67. Linn, S., Kairis, M. et Holliday, R. Decreased fidelity of DNA polymerase activity isolated from aging human fibroblast. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 73 : 2818 (1976).
68. Seal, G., Shearman, C. W. et Loel, L. Studies with human placenta DNA polymerases. *J. Biol. Chem.*, 254 : 5229 (1979).
69. DiPaslo, J.A. The potentiation of lymphosarcomas in the mouse by manganous chloride. *Fed. Proc.*, 23 : 393 (1964).
70. Stoner, G.D., Shimkin, M.B., Troxell, M.C., Thompson, T.L. et Terry, L. Test for carcinogenicity of metallic compounds by the pulmonary tumor response in strain A mice. *Cancer Res.*, 36 : 1744 (1976).
71. Costa, M., Kraker, A.J. et Paterns, R. Toxicity and carcinogenicity of essential and non-essential metals. Dans : *Progress in clinical biochemistry and medicine.* Springer-Verlag, Berlin (1984).

72. Griffin, A.E. Significance and removal of manganese in water supplies. *J. Am. Water Works Assoc.*, 52 : 1326 (1960).
73. Bean, E.L. Potable water-quality goals. *J. Am. Water Works Assoc.*, 66 : 221 (1974).
74. Wolfe, R.S. Microbial concentration of iron and manganese in water with low concentrations of these elements. *J. Am. Water Works Assoc.*, 52 : 1335 (1960).