

Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets



Analyse de la contamination des eaux souterraines du lieu d'enfouissement sanitaire de Sainte-Geneviève-de-Berthier / Saint-Thomas-de-Joliette



RAPPORT PRINCIPAL

Juin 2004

FCQGED
4200, rue Adam, Montréal
(Québec) H1V 1S9

www.cam.org/~fcqged

tél.: (514) 396-2686
fax.: (514) 396-7883
fcqged@cam.org

Analyse et rédaction
Mathieu Markarian, M.Sc.

sous la direction de **Karel Ménard**

TABLE DES MATIERES

1 INTRODUCTION	5
2 LE SITE DE SAINTE-GENEVIÈVE-DE-BERTHIER / SAINT-THOMAS-DE-JOLIETTE	7
2.1 LES CELLULES D'ENFOUISSEMENT	7
2.2 LES EAUX SOUTERRAINES.....	7
3 ANALYSES	9
3.1 DOCUMENTS DE TRAVAIL.....	9
3.2 NORMES ET CRITÈRES	9
3.3 PARAMÈTRES ANALYSÉS.....	9
3.4 LES ZONES D'ÉCHANTILLONNAGE	10
3.5 LES CONSULTANTS.....	10
3.6 RECOMMANDATIONS PRÉLIMINAIRES.....	11
4 CONTAMINATIONS OBSERVÉES	12
4.1 LES CATIONS MÉTALLIQUES.....	12
4.2 LES CATIONS NON MÉTALLIQUES	12
4.3 LES ANIONS	12
4.4 LES COMPOSÉS AZOTÉS	13
4.5 LES COMPOSÉS SOUFRÉS.....	13
4.6 LES COMPOSÉS ORGANIQUES.....	14
4.7 LES PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES.....	14
4.8 LES MATIÈRES EN SUSPENSION.....	14
4.9 LES PARAMÈTRES PHYSIQUES.....	14
5 SUIVI DE LA CONTAMINATION	15
5.1 DÉLIMITATION DES ZONES D'ANALYSE.....	15
5.2 ÉTUDE DE LA ZONE C (PUITS P-18).....	17
5.2.1 Contexte	17
5.2.2 Contaminations	17
5.2.3 Paramètres non problématiques.....	19
5.2.4 Paramètres non mesurés.....	19
5.2.5 Suivi insuffisant	19
5.2.6 Bilan de la zone C.....	19
5.3 ÉTUDE DE LA ZONE D (PUITS P-39 ET P-50R).....	21
5.3.1 Contexte	21
5.3.2 Contaminations	21
5.3.3 Paramètres non problématiques.....	23
5.3.4 Paramètres non mesurés.....	23
5.3.5 Bilan de la zone D.....	24
5.4 ÉTUDE DE LA ZONE E (PUITS P-12 ET P-33A,B,C).....	25
5.4.1 Contexte	25
5.4.2 Contaminations	25
5.4.3 Paramètres non problématiques.....	27
5.4.4 Paramètres non mesurés.....	27
5.4.5 Suivi insuffisant	27
5.4.6 Bilan de la zone E.....	28
5.5 ÉTUDE DE LA ZONE F (PUITS P-6, P-8R ET P-34A,B,C).....	29
5.5.1 Contexte	29
5.5.2 Contaminations	29
5.5.3 Paramètres non problématiques.....	33
5.5.4 Paramètres non mesurés.....	33
5.5.5 Suivi insuffisant	33
5.5.6 Bilan de la zone F	33
5.6 ÉTUDE DE LA ZONE G (PUITS P-15 ET P-35A,B,C)	35
5.6.1 Contexte	35
5.6.2 Contaminations	35

TABLE DES MATIERES (suite)

5.6.3 Paramètres non problématiques.....	38
5.6.4 Paramètres non mesurés.....	38
5.6.5 Suivi insuffisant.....	39
5.6.6 Bilan de la zone G.....	39
6 CONCLUSION.....	42
7 RECOMMANDATIONS.....	43

LISTE DES CARTES ET FIGURES

CARTE 1.....	45
FIGURE 1.....	47

1 Introduction

Les municipalités de Sainte-Geneviève-de-Berthier et de Saint-Thomas-de-Joliette accueillent depuis plusieurs années un lieu d'enfouissement sanitaire (LES) sur leur territoire. Ce LES s'est retrouvé à cet emplacement sans qu'aucune étude d'impact ou de localisation n'ait été réalisée.

A l'emplacement de ce site, le contexte hydrogéologique offre une épaisse couche sableuse variant de 25 à 40 mètres, reposant sur une couche d'argile, dont l'épaisseur varie entre 35 et 45 mètres. Dans le sable, circule un aquifère en nappe libre. Les eaux qui constituent cet aquifère sont directement en contact avec les cellules d'enfouissement et coulent lentement en direction de la rivière Saint-Joseph, au Sud-Est.

Les cellules d'enfouissement remplies successivement ont été exploitées selon le principe « d'atténuation naturelle » qui se caractérise par une absence de système de confinement. Cette méthode consiste à enfouir les matières résiduelles directement dans le sol, sans mesure de confinement, en partant du principe que les contaminations seront atténuées et diluées. Les lixiviats qui se forment, riches de beaucoup de composés organiques, métalliques et micro-biologiques, coulent donc dans le sable, sans obstacle, et par conséquent dans la nappe libre qu'il contient.

Depuis plusieurs années, de nombreux contaminants issus des lixiviats se sont donc retrouvés dans la nappe libre, dans une zone comprenant toutes les surfaces en aval des cellules d'enfouissement des matières résiduelles et ont migré vers la rivière Saint-Joseph (Carte 1). En fait, toute la zone est désormais atteinte et contaminée.

Dans ce contexte, des firmes d'analyses ou de consultants ont procédé au suivi de la qualité des eaux de la nappe libre afin de surveiller l'état de contamination du site, ainsi que les atteintes de la rivière Saint-Joseph, en prélevant des échantillons d'eaux dans plusieurs piézomètres disséminés dans toute la zone. Ainsi, en 2000, un suivi environnemental était réalisé pour le site, et en 2002, une étude hydrogéologique annexée à une demande d'exclusion à la Commission de protection du territoire agricole du Québec (CPTAQ) était également déposée.

Pour approfondir les connaissances sur ce site, et dans le but de clarifier les résultats des différentes campagnes de suivi, nous avons analysé les tableaux de mesures donnés pour les puits échantillonnés. Ainsi de nombreux paramètres ont été suivis dans toute la zone, et notamment en aval des cellules d'enfouissement. Il est clairement ressorti que la zone est totalement contaminée, et qu'elle a subi par le passé de nombreuses atteintes graves. En effet, la plupart des composés polluants, et notamment les ions métalliques, ne s'atténuent pas naturellement dans les sols, car ils ne sont pas dégradés. De plus, le sens d'écoulement ne laisse aucun doute quand au fait que la

rivière Saint-Joseph a servi de drain à tous les contaminants et que par conséquent elle a été fortement polluée durant les dernières années. Enfin, il nous est apparu qu'il était envisageable qu'une partie de la pollution passe sous la rivière et qu'elle puisse atteindre la rive Sud de la rivière Saint-Joseph.

2 Le site de Sainte-Geneviève-de-Berthier / Saint-Thomas-de-Joliette

2.1 Les cellules d'enfouissement

Le lieu d'enfouissement sanitaire de Sainte-Geneviève-de-Berthier / Saint-Thomas-de-Joliette est exploité depuis plus de trente ans. Il est actuellement divisé en cinq (5) cellules non imperméables bien distinctes qui ont été exploitées successivement (carte 1) :

La cellule d'enfouissement 1 (C-1), située sur le territoire de la municipalité de Sainte-Geneviève-de-Berthier, dans la MRC de d'Autray (lots 158, 159 et 160)

La cellule d'enfouissement 2a (C-2A), située sur le territoire de la municipalité de Saint-Thomas-de-Joliette, dans la MRC de Joliette (lots 395 et 396)

La cellule d'enfouissement 2b (C-2B), située sur le territoire de la municipalité de Saint-Thomas-de-Joliette, dans la MRC de Joliette (lots 390, 391, 393 et 394)

La cellule d'enfouissement 2c (C-2C) sur le territoire de la municipalité de Saint-Thomas-de-Joliette, dans la MRC de Joliette (lots 390, 391 et 393)

La cellule d'enfouissement 3 (C-3) exploité sur le territoire de la municipalité de Saint-Thomas-de-Joliette, dans la MRC de Joliette (lots 390, 391 et 393) à partir de 2000.

2.2 Les eaux souterraines

La zone d'étude comporte deux aquifères distincts. Le premier aquifère, en surface, constitue une nappe libre. Son sens d'écoulement se fait principalement de l'Ouest/Nord-Ouest vers l'Est/Sud-Est. Le deuxième aquifère est situé en profondeur, sous le premier aquifère, et il est recouvert d'une épaisse couche d'argile qui sépare les deux nappes. Il constitue donc une nappe captive ou semi-captive. Son sens d'écoulement se fait vers l'Est.

Les auteurs des documents analysés considèrent que la nappe captive est complètement isolée et de ce fait, ils n'ont pas procédé à aucune analyse d'eau de cet aquifère. Tous les puits analysés présentés dans ce document portent sur l'aquifère de surface, soit les puits P-6, P-8r, P-12, P-15, P-18, P-30, P-33abc, P-34abc, P-35abc, P-39, P-50r, P-51 et P-71 (carte 1).

Étant donné les directions d'écoulements des eaux souterraines de la nappe libre (carte 1), il est possible d'affirmer que les puits P-30 et P-71, situés au Nord des cellules d'enfouissement, ne pouvaient pas être contaminés par les lixiviats avant 2000, bien qu'ils puissent toutefois avoir été atteints par des résurgences du centre de compostage situé en amont. Il est néanmoins possible de se servir des analyses d'eau de ces puits pour établir un *bruit de fond*, ou *teneur de fond*¹ ou tout au moins pour servir de référence.

¹ Teneur de fond ou bruit de fond : concentration initiale de référence d'un élément ou d'un composé dans le milieu avant qu'il ne soit influencé par le projet.

3 Analyses

3.1 Documents de travail

Notre travail d'analyse des aquifères situés sur le LES de Sainte-Geneviève-de-Berthier / Saint-Thomas-de-Joliette a porté sur les documents suivants :

« Eaux souterraines, suivi 2000, rapport HGE-01-903 » de la firme HGE qui établit un bilan environnemental de l'aquifère passant au travers des cellules d'enfouissement de Sainte-Geneviève-de-Berthier / Saint-Thomas-de-Joliette. Ce rapport sera par la suite appelé *Suivi 2000* dans le présent document.

« Demande d'exclusion à la CPTAQ - Étude hydrogéologique, rapport HGE-02-2057 », qui réalise une étude sur les aquifères présents sur le site et qui dresse un compte rendu hydrogéologique. Ce document sera par la suite appelé *Demande d'exclusion* dans le présent rapport.

3.2 Normes et critères

Pour évaluer la qualité d'un aquifère et déterminer son niveau de contamination, il convient d'établir un référentiel adéquat. Ainsi, actuellement, l'article 49 du *Projet de règlement sur l'élimination des matières résiduelles* (PREMR) est utilisé pour les nouveaux sites d'enfouissement (Annexe 1). En effet, il spécifie quels sont les critères à respecter en tout temps dans les eaux souterraines à proximité des cellules d'enfouissement. Aussi, à moins que la zone soit polluée en amont hydraulique (dans ce cas c'est le niveau de pollution qui fait office de bruit de fond) ce sont les normes établis dans le PREMR qui seront les seuils maximums autorisés avant de constater une contamination des eaux. Cependant, rappelons qu'officiellement, dans le cas de ce LES, c'est le *Règlement sur les déchets solides* (RDS) qui a force de Loi, bien qu'il soit désuet et qu'il ne recommande pas de faire un suivi des eaux souterraines. Toutefois, un éventuel agrandissement de ce LES sera assujéti au PREMR.

3.3 Paramètres analysés

De prime abord, il est apparu que les deux études réalisées sur le même site n'avaient pas pris en compte les mêmes paramètres, ce qui dès le départ pose un problème d'hétérogénéité dans les interprétations. De plus, le *Suivi 2000* servant en partie à évaluer les contaminations observées au Sud-Est du site, c'est à dire en amont hydraulique de la rivière Saint-Joseph, ne prend pas

en compte l'ensemble des paramètres exigés par le PREMR. De la même façon, les mesures de la *Demande d'exclusion* ne concernent pas non plus toutes les valeurs exigées dans le PREMR. Dans une optique d'évaluation environnementale complète et précise, il serait donc indispensable d'intégrer tous les paramètres qui y sont exigés dans les prochaines études.

D'autre part, il est apparu que dans le *Suivi 2000*, beaucoup de paramètres n'étaient que partiellement évalués. Ainsi, le chrome, le plomb ou l'arsenic ne sont pas toujours mesurés. En fait, il en va ainsi pour presque tous les paramètres. Enfin, certaines mesures mettent en évidence des dépassements importants des limites acceptables pour certains paramètres, mais l'année d'après, ces-derniers ne sont plus mesurés.

3.4 Les zones d'échantillonnage

La zone d'échantillonnage était celle confinée au Nord de la rivière Saint-Joseph. Il est à noter qu'aucun des résultats d'analyses des points d'échantillonnage du dossier *Suivi 2000* ou de la *Demande d'exclusion* n'est donné pour la rivière elle-même et les zones situées au Sud de celle-ci. Seule une discussion sur les apports de chlorures « observés » (valeurs non disponibles) dans la Rivière Saint-Joseph concerne cette rivière (p.25, rapport HGE-02-2057). Autrement dit, il ne nous a pas été permis d'évaluer l'évolution de la qualité des eaux de surface dans ces zones. Pourtant, au regard des contaminations observées sur les puits P-15 et P-39, situés à quelques dizaines de mètres en amont hydraulique de la rivière depuis 1990, il est raisonnable de penser que celle-ci, ainsi que sa rive Sud, ont été atteintes par plusieurs contaminants.

3.5 Les consultants

Par ailleurs, il apparaît également que plusieurs firmes d'analyses ont été engagées pour réaliser le suivi des paramètres. Cela pose parfois un problème d'hétérogénéité dans l'établissement d'un bilan final, chaque firme ayant ses propres calibrages, et réalisant ses propres analyses. Ainsi, des variations assez importantes entre deux campagnes d'échantillonnage successives réalisées par différentes firmes pourraient provenir du changement de méthode d'analyse.

3.6 Recommandations préliminaires

Dans un souci de protection de l'environnement et de santé publique, il nous paraît indispensable de procéder à un bilan complet de tous les paramètres dans les puits de la zone d'étude sur une période d'un an, à raison d'une campagne de mesures tous les 3 mois. Ce suivi devrait aussi être fait sur les quatre points d'échantillonnage situés sur la rivière Saint-Joseph, ainsi que sur des puits situés sur la rive Sud de la rivière. En effet, il nous semble que les niveaux de contamination observés, notamment pour des composés aussi dangereux que le mercure, le plomb ou le zinc justifient d'entreprendre un suivi complet.

4 Contaminations observées

En premier lieu, il convient de rappeler que ce sont à la fois des rejets sous forme liquide, *les lixiviats*, et gazeuse, *les biogaz*, qui s'échappent des cellules d'enfouissement non imperméables. Ainsi, à proximité des sites d'enfouissement, plusieurs types de contamination sont souvent détectés dans les eaux souterraines. Il est en fait possible de classer les composés retrouvés dans les aquifères souterrains, et en particulier dans celui qui concerne notre étude.

4.1 Les cations métalliques

Il s'agit de l'aluminium (Al^{3+}), du cadmium (Cd^{2+}), du chrome (Cr^{2+} , Cr^{3+} ...), du cuivre (Cu^{2+}), du fer (Fe^{2+} , Fe^{3+}), du manganèse (Mn^{2+}), du mercure (Hg^{2+}), du nickel (Ni^{2+}), du plomb (Pb^{2+}), du sélénium (Se^{2+}) et du zinc (Zn^{2+}). Ils sont assez peu fréquemment retrouvés naturellement dans les eaux souterraines, mis à part le fer et le manganèse. Aussi, les lieux d'enfouissement qui contiennent des quantités non négligeables de métaux ou de composés riches en alliages (notamment les produits électroniques ou électriques), voient leurs lixiviats s'enrichir sensiblement en différents ions métalliques tout au long de leur vie. Étant donné que la plupart d'entre eux ne sont pas, ou peu, utilisés par les organismes vivants, et qu'en plus, ils sont tous relativement solubles, ces composés circulent facilement et s'accumulent dans l'environnement. Enfin, il est important de rappeler l'extrême toxicité du plomb et du mercure.

4.2 Les cations non métalliques

Cette famille de composés comprend l'arsenic (As^{3+} et As^{5+}), le bore (B^{3+}), le magnésium (Mg^{2+}) et le sodium (Na^+). Ils sont rarement retrouvés naturellement dans les eaux souterraines, bien que le magnésium et le sodium soient bien plus fréquents. La toxicité de l'arsenic est très forte et sa présence est un facteur de risque très important. Certains déchets peuvent en contenir et en relâcher dans l'environnement.

4.3 Les anions

Il s'agit des chlorures (Cl^-) et des cyanures (CN^-). Les chlorures sont les principaux anions rencontrés dans les eaux souterraines. Aussi, ils sont très souvent naturellement assez concentrés, et leur présence peut s'expliquer de

nombreuses façons. Les chlorures ne sont pas dangereux pour la santé mais ils confèrent à l'eau un goût salé qu'il convient d'éliminer en cas d'utilisation de l'eau comme ressource alimentaire. Les lixiviats sont toujours riches en ions chlorures, qui proviennent de la matière organique ou des nombreux matériaux enfouis. Les cyanures sont très rarement rencontrés dans les eaux souterraines. Ils proviennent en grande partie des industries minières d'extraction, des industries chimiques et des effluents industriels. Ils sont extrêmement toxiques et leur présence dans les eaux souterraines peut révéler la présence de lixiviats.

4.4 Les composés azotés

Les composés azotés comprennent l'ammoniaque ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), les nitrates (NO_3^-) et les nitrites (NO_2^-). Ils font tous partie du cycle naturel de l'azote. Dans les eaux souterraines, l'ammoniaque provient principalement de l'activité des organismes vivants ou de fuites industrielles. L'ammoniaque n'a pas de réelle toxicité pour les humains. Les nitrates et nitrites proviennent également de l'activité biologique. Ils sont plus rarement trouvés dans les eaux souterraines car les conditions souterraines, principalement anaérobies, les transforment en ammoniaque. Les nitrites auraient par contre une toxicité gastrique, voire un potentiel cancérigène. Les composés azotés retrouvés dans les lixiviats peuvent provenir de l'activité bactériologique de dégradation des matières organiques. Les engrais agricoles, très riches en nitrates, sont une des principales sources d'introduction de composés azotés dans l'environnement, ainsi que la présence de déjections animales. Mais il est possible de suspecter l'intrusion de lixiviats dans un aquifère si la concentration en composés azotés, et notamment en ammoniaque, augmente sensiblement. A noter que dans le *Suivi 2000*, une méthode d'analyse, dite « N (Kdjl) » d'après le nom du test utilisé (Kedjal), a été utilisée afin de mesurer la quantité totale d'azote dans les eaux contaminées, sans distinguer leur origine.

4.5 Les composés soufrés

Il s'agit des contaminations par les sulfates (SO_4^{2-}) et les sulfures ($\text{S}_2^-/\text{H}_2\text{S}$). Ces deux composés constituent le cycle naturel du soufre. Les ions sulfates sont très communément rencontrés, notamment dans les eaux souterraines. Ils peuvent provenir de la dissolution de sels rencontrés dans les minerais souterrains, mais aussi de rejets industriels. Ils n'ont pas d'effet connus toxiques sur l'organisme mais donnent un goût désagréable à l'eau. Naturellement, on retrouve une certaine quantité de sulfures, dans les combustibles fossiles. L'activité de certains micro-organismes va également produire des sulfures et est à l'origine de la présence de composés soufrés dans les lixiviats. Ces composés peuvent en fait être utilisés pour caractériser la contamination des eaux souterraines par des lixiviats.

4.6 Les composés organiques

Cette famille de polluants comprend le benzène, les composés phénoliques, l'éthylbenzène, le toluène, le xylène. Ils sont souvent gazeux à température ambiante mais également facilement solubilisés dans les eaux souterraines. Ils sont issus de diverses activités industrielles, en particulier les secteurs de la chimie, des solvants, des peintures, ou des composés pétroliers en général. La plupart d'entre eux sont très toxiques, certains sont cancérigènes, comme le benzène, ou suspectés de l'être. Leur présence dans des eaux souterraines est caractéristique d'une contamination par des biogaz ou des lixiviats.

4.7 Les paramètres microbiologiques

Les tests de contamination bactérienne mettent en évidence la présence des coliformes fécaux et des coliformes totaux. Ces deux mesures permettent de déterminer la présence de certaines souches bactériennes. Les coliformes fécaux qui se retrouvent dans les déjections animales constituent une fraction de tous les coliformes. La présence des coliformes dans les eaux constitue une contamination microbiologique qui peut être très grave, au regard de la dangerosité de certaines souches (*Escherichia coli*). Les lixiviats contiennent assez souvent une quantité non négligeable de coliformes.

4.8 Les matières en suspension

La turbidité de l'eau, est évaluée par les tests de matières en suspension (MES), les tests de demande biologique en oxygène (DBO₅) et les tests de demande chimique en oxygène (DCO). Ceux-ci mesurent la quantité de matières retrouvées dans les eaux, sans préciser leur nature. Ainsi, il est possible d'évaluer la charge organique des eaux, et de calculer le volume d'oxygène consommé par les composés dissous, c'est à dire la turbidité et la viabilité biologique de ces eaux. La DBO₅ et la DCO s'expriment en mgO₂/L.

4.9 Les paramètres physiques

Plusieurs mesures évaluent les dégradations physiques des eaux, soit la conductivité et le pH. Le premier paramètre n'est plus vraiment utilisé et ne représente que des estimations de contamination. Le pH n'est qu'un indicateur général de qualité hydrique, qui peut varier grandement selon les composés présents et selon la nature des roches souterraines ou des conditions géologiques.

5 Suivi de la contamination

5.1 Délimitation des zones d'analyse

Dans cette partie, nous avons cherché à établir une évaluation globale et complète de la contamination de l'aquifère passant sous le LES, dans le temps et selon les zones étudiées. Ainsi, nous avons tout d'abord répartis les puits selon plusieurs zones. Chaque zone a pu être suivie et l'évolution dans le temps du panache de contamination a ainsi pu être caractérisée.

Voici comment nous avons zoné le site :

Zone A : puits P-30

Zone B : puits P-71

Ces deux zones ne sont pas en aval hydraulique de cellules d'enfouissement. Ainsi, leurs teneurs en différents composants devraient être très faibles car elles ne devraient pas être contaminées, au regard du sens de l'écoulement des eaux de la nappe libre et du fait que la cellule d'enfouissement C-3 n'a pas été utilisée avant 2000 (carte 1).

Zone C : puits P-18

Zone D : puits P-39 et P-50-R

Zone E : puits P-12, P-33-a, P-33-b et P-33-c

Zone F : puits P-6, P-8-R, P-34-a, P-34-b et P-34-c

Zone G : puits P-15, P35-a, P-35-b et P-35-c

La zone C est en aval hydraulique de la cellule d'enfouissement C-2B ; la zone D, en aval hydraulique de la cellule d'enfouissement C-2C ; la zone E, en aval hydraulique de la cellule d'enfouissement C-2A ; la zone F, en aval hydraulique de la cellule d'enfouissement C-1 et la zone G, en aval hydraulique de la zone F (carte 1).

Aussi, étant donné que le sens d'écoulement des eaux de la nappe libre se fait du Nord-Ouest vers le Sud-Est (carte 1) sur l'ensemble du territoire d'analyse, il est possible de dire que la zone A n'est atteinte par aucune contamination provenant des cellules d'enfouissement de déchets. Par ailleurs, la zone B ne devrait pas non plus être atteinte par aucune contamination étant donné son emplacement et peut également servir de référence pour les paramètres étudiés. La possibilité d'un écoulement plus latéral (orienté Ouest-Nord Ouest/Est-Sud Est) entraîne la probabilité d'avoir des eaux circulant de la zone C vers la zone E, puis vers la zone G. Enfin, la zone F est elle-même en amont hydraulique de la zone G, donc il est possible d'observer l'écoulement de la contamination au travers de ces deux zones.

Nous avons donc procédé à l'analyse environnementale des zones C, D, E, F et G en les comparant à des zones non affectées par le site, soit les zones A et B.

5.2 Étude de la Zone C (puits P-18)

5.2.1 Contexte

La zone C comprend le puits P-18 dont les échantillons d'eaux ont été prélevés à une élévation (par rapport au niveau de la mer) située entre 7.89 et 6.37 m. Cette zone est située à près de 900 m au Sud de la zone A, et donc du puits P-30, qui peut servir de référence pour des eaux non contaminées. La zone C est placée directement sous la cellule d'enfouissement C-2B.

5.2.2 Contaminations

Le fer

Les mesures de la concentration en fer montrent deux pics entre 1990 et 1991, et entre 1992 et 1993, respectivement à 23 et 57 mg/L. Ce sont des variations peu importantes, bien qu'assez élevées par rapport au PREMR (0.3 mg/L). Aussi, le puits servant de référence, P-30, montre en 1992 une valeur de 27.8 mg/L. De telles variations sont fréquentes dans les eaux souterraines, bien que de telles concentrations puissent également révéler la présence de lixiviats. A partir de 1993, les valeurs dépassent parfois le critère du PREMR, bien qu'elles ne soient pas supérieures à 1.3 mg/L. Rappelons toutefois que le fer peut se trouver naturellement à des concentrations élevées dans le sol.

Le nickel

Le nickel est mesuré à 0.08 mg/L en 1992, tandis que le PREMR indique un critère de 0.02 mg/L. Par ailleurs, il apparaît que la même année, une valeur de 0.06 mg/L a été détectée au puits de référence P-30. Donc le dépassement pourrait provenir d'une augmentation dans la qualité initiale de l'eau, en amont de la zone étudiée. Ce composé n'est par ailleurs jamais mesuré précisément puisque l'ensemble des autres mesures indique des concentrations inférieures à 0.1 mg/L, sans plus de précision.

Le chrome, le cadmium et le plomb

Il est impossible d'analyser les valeurs observées pour le chrome, le cadmium et le plomb. En effet les valeurs mesurées sont indiquées, pour le premier paramètre, inférieures à 0.1 mg/L et pour les deux autres, inférieures à 0.05 mg/L, sans plus de précision, quand les normes du PREMR sont de 0.05 mg/L pour le chrome, 0.005 mg/L pour le cadmium et 0.01 mg/L pour le plomb. Il conviendrait de réaliser un programme de suivi précis et complet de ces paramètres, en indiquant clairement les concentrations mesurées.

Les chlorures

En 1994, une concentration de chlorure assez élevée (295 mg/L) a été relevée au puits P-18. Le PREMR limite cette valeur à 250 mg/L. Même si ce composé peut provenir de plusieurs sources de contamination, il est possible que cette augmentation soit due à une intrusion de lixiviats dans les eaux. Depuis, aucune valeur n'a dépassé cette limite, et de faibles variations ont été observées.

Les sulfures

Certaines valeurs de sulfures relevées sont indiquées inférieures à 0.1 mg/L alors que le PREMR indique une valeur limite de 0.05 mg/L. Étant donné le manque de précision de ces analyses, nous ne pouvons pas interpréter correctement l'évolution de ce paramètre. Ce genre de composé provient de l'activité de bactéries sulfato-réductrices, micro-organismes qui dégradent les déchets en milieu anaérobie, c'est à dire en absence d'oxygène, dans les sites d'enfouissement.

Les composés phénoliques

Les composés phénoliques montrent deux périodes de dépassement des valeurs limites, en 1993 et en 1995, dans des concentrations proches de 0.005 mg/L, tandis que le PREMR limite ces composés à 0.002 mg/L. Cependant, il faut préciser qu'en 1993, le puits de référence P-30 présente des concentrations de composés phénoliques semblables (0.005mg/L). Donc il est possible que la contamination ait lieu en amont de la zone étudiée. Depuis 1996, les mesures de ce paramètre ne sont plus reportées dans les tableaux du Suivi 2000.

Les coliformes

Au niveau des contaminations bactériennes, à plusieurs reprises un grand nombre de coliformes se sont retrouvés dans les eaux (67 UFC). De plus, il est possible que des coliformes fécaux aient également contaminé les eaux. En effet les analyses n'indiquent pas une absence de ces bactéries, mais une possibilité de présence (<10). De telles contaminations sont assez fréquentes dans les eaux souterraines, mais elles peuvent aussi résulter d'une intrusion de lixiviats. Par contre, les analyses s'arrêtent en 1996.

La DBO₅ et la DCO

Plusieurs mesures de DCO et une mesure de DBO₅ sont au-dessus des normes du PREMR, notamment en 1990, de 1992 à 1994, en 1998 et en 1999 pour la DCO et en 1990 pour la DBO₅. Cependant, la DCO est aussi constamment au-dessus des normes dans le puits P-30. Les fortes teneurs en matières organiques dans ces eaux souterraines pourraient donc provenir soit d'une infiltration de lixiviat, soit d'une contamination par le centre de compostage en amont, ou autres. Ces valeurs sont normales à partir de 1998.

Le pH

Enfin, le pH est plusieurs fois au-dessus des normes du PREMR, aux alentours de 9 en 1992, et autour de 8 de 1995 à 1996. D'autre part, les valeurs relevées au puits de référence P-30 en 1992 et 1993 indiquaient également une faible basicité (pH entre 8 et 9). Le pH n'a plus été mesuré à partir de 1996.

5.2.3 Paramètres non problématiques

Pour les composés suivants, aucune contamination n'a été observée : Zn, SO_4^{2-} , $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$, $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$, Hg, Cu et CN^- . Habituellement, de hautes concentrations en ammoniacque sont souvent révélatrices d'intrusion de lixiviats dans les eaux souterraines car elles sont le résultat d'une activité de dégradation bactérienne en milieu anaérobie.

5.2.4 Paramètres non mesurés

Pour la zone C, il manque les mesures de Al, As, B, Mg, Mn et Se bien qu'ils soient des critères reconnus problématiques par plusieurs instances environnementales (Ministère de l'Environnement (MENV), Santé Canada et Organisation Mondiale de la Santé (OMS)). En effet l'aluminium, l'arsenic, le bore, le manganèse et le sélénium sont tous des composés nocifs ou toxiques qu'il convient de surveiller sérieusement.

5.2.5 Suivi insuffisant

Plusieurs paramètres ne sont plus mesurés à partir de 1991 dans la zone C. Ce sont le cuivre, le chrome et le cyanure. D'autres composés ne sont plus mesurés depuis 1996 : les sulfures, les composés phénoliques, les coliformes et le pH. Tous ces paramètres sont très utiles pour déterminer une contamination par les lixiviats, mais les mesures réalisées sont insuffisantes pour établir un suivi.

5.2.6 Bilan de la zone C

Dans la zone C, il semble qu'entre 1992 et 1994, une contamination globale ait atteint les eaux du puits P-18. Ainsi, des dépassements pour le fer, les chlorures, les composés phénoliques, la DCO, le nickel et le pH sont relevés. Cela représente sans aucun doute une contamination par des lixiviats provenant de la cellule d'enfouissement C-2B.

Par la suite, trop peu de paramètres ont été mesurés dans cette zone, bien qu'un suivi complet aurait été intéressant. Ainsi, dès 1991, deux composés très toxiques (Cr et CN⁻) ne sont plus mesurés. C'est ensuite en 1996 que quatre (4) composés très utiles pour caractériser des infiltrations de lixiviats (sulfures, composés phénoliques, coliformes et le pH) ne sont plus, eux non plus, relevés, sans qu'aucune raison ne soit avancée. Enfin, certains paramètres n'ont quant à eux jamais été présentés dans les études à notre disposition, malgré leur relative toxicité.

Il conviendrait de réaliser une étude minutieuse de la zone C pour caractériser tous les paramètres encore problématiques pour l'environnement, que ce soit ceux préconisés par le PREMR (Annexe 1) ou au minimum tous ceux qui ont été observés dans des concentrations élevées dans la zone C entre 1992 et 1996, soit le fer, les chlorures, les composés phénoliques, la DCO, le nickel et le pH ainsi que tous ceux qui n'y ont jamais été mesurés, ou qui l'ont été pendant trop peu de temps.

5.3 Étude de la zone D (Puits P-39 et P-50r)

5.3.1 Contexte

La zone D comprend les puits P-39 et P-50r. Mais, étant donné le peu de données disponibles pour le puits P-50r, ce sont surtout les mesures du puits P-39 qui nous ont servi à faire le suivi de la contamination de cette zone. Les eaux du puits P-39 ont été échantillonnées entre 13.91 et 12.39 m d'élévation. Les eaux du puits P-50r ont été prélevées à une élévation située entre 6.59 et 5.07 m. Cette zone est située approximativement à 1200 mètres au Sud du puits de référence P-30. L'amont hydraulique réel de cette zone se situe au Sud-Ouest du puits P-30, à l'Ouest de la cellule d'enfouissement C-3, dans la sablière. Comme nous n'avons pas de données provenant de cette zone, nous avons utilisé comme référence les mesures du puits P-30.

5.3.2 Contaminations

Le fer

Une grande quantité de fer est retrouvée en 1992, en 1993, en 1994 puis en 1995 dans cette zone (respectivement 27, 2, 3 et 10 mg/L). Ce genre d'augmentation est naturellement fréquent dans les eaux souterraines, mais cela pourrait également indiquer une infiltration de lixiviats, car les valeurs sont supérieures à celles du bruit de fond du puits P-30. À partir de 1995, aucune variation notable n'a été mise en évidence pour les concentrations de fer, qui sont restées en dessous des normes.

L'aluminium

On observe une contamination à l'aluminium depuis 1999 dans les 2 puits de la zone D, autour de 0.3mg/L, valeur forte pour des pH neutres ou basiques (entre 7 et 8.3). Ce genre d'augmentation est difficile à expliquer hormis par l'intrusion de lixiviats contaminés, car les eaux ne semblent pas être naturellement riches en aluminium et les pH mesurés limitent la solubilité des ions aluminium. Les valeurs retrouvées sont peu élevées mais au-dessus de plusieurs des normes existantes (OMS et PREMR). Cette pollution est récente et pourrait s'accroître.

Le plomb

Une contamination au plomb est visible en 1998, avec une valeur très élevée de 0.2 mg/L (20 fois supérieur à la norme). Par la suite, l'ensemble des mesures est trop imprécis car un seuil de 0.01 mg/L est communément admis pour préserver la santé humaine (PREMR, Santé Canada, OMS), mais de très nombreuses mesures indiquent des concentrations inférieures à 0.1 mg/L, sans préciser la valeur exacte. La présence du plomb est très rare dans les

eaux souterraines, et presque impossible naturellement à de telles concentrations. Par comparaison, les valeurs mesurées au puits P-30 ne dépassent jamais 0.05 mg/L. Aussi, la thèse de la contamination par des lixiviats est la seule réellement envisageable. En 2000, il est possible que cette contamination était toujours en cours. Enfin, il est à noter qu'une corrélation pourrait exister entre l'augmentation du plomb et celle observée pour l'aluminium dans les eaux souterraines de la zone D.

Le nickel et le cadmium

Il est difficile d'analyser les valeurs de nickel et de cadmium, car elles sont indiquées, pour les deux paramètres, inférieures à 0.1 mg/L, sans plus de précision, quand les recommandations sont de 0.005 mg/L pour le cadmium (PREMR) et de 0.02 mg/L pour le nickel (PREMR). Toutefois, il apparaît qu'en 1992, une valeur de 0.06 mg/L a été détectée au puits de référence P-30. Même si cela ne s'est pas reproduit par la suite, il est possible que naturellement les teneurs en nickel augmentent légèrement. Il conviendrait de réaliser un programme de suivi précis et complet de ces paramètres, en indiquant clairement les concentrations mesurées.

Les sulfures

Pour les sulfures, une contamination est visible depuis 1997. Les valeurs dépassent les normes du PREMR (0.05mg/L) et montent jusqu'à 0.09 mg/L en 1999. Ces composés sont caractéristiques d'une présence de bactéries sulfato-réductrices en amont, micro-organismes qui dégradent les déchets en milieu anaérobie dans les sites d'enfouissement. Les eaux sont donc vraisemblablement contaminées par des lixiviats. Cette contamination semble perdurer depuis 1997.

Les composés phénoliques

De manière récurrente, les concentrations en composés phénoliques augmentent légèrement et dépassent les normes du PREMR (0.002 mg/L). Ainsi, des valeurs de 0.003 à 0.005 mg/L sont observées entre 1990 et 2000. Étant donné la dangerosité de certains de ces composés, il nous paraît nécessaire de noter ces dépassements. De plus, en 1995, une extrême contamination par ces composés a été observée, à près de 1.3 mg/L dans la zone (soit 650 fois supérieur à la norme). Ce genre de valeur témoigne d'une intrusion de lixiviats très contaminés ou d'un liquide chargé en composés chimiques dans la zone. A noter qu'en 1993, le puits de référence P-30 présente une concentration proche de 0.005 mg/L de composés phénoliques, ce qui laisse supposer également une contamination en amont. Les mesures récentes n'indiquent pas la présence d'une contamination continue.

Les coliformes

La présence de coliformes totaux à plusieurs reprises, soit en 1995, 1997 et 2000, indique un contact des eaux souterraines avec des souches bactériologiques, ce qui est naturellement très fréquent. Par contre, les

mesures de coliformes fécaux n'ont pas été réalisées de façon assez précise pour conclure à l'intrusion de lixiviat ou de déjections animales.

La DBO₅ et la DCO

Les mesures de DBO₅ et de DCO sont assez souvent au-dessus des normes, et notamment la DCO. Des pics de valeurs apparaissent pour les deux tests en 1995, et pour la DCO uniquement de 1993 à 1995 et de 1998 à 2000, valeurs situées entre 6 et 10 mgO₂/L pour la DBO₅ et entre 30 et 60 mgO₂/L pour la DCO. Les dernières mesures de ces paramètres sont encore très hautes. Il est indispensable de comparer ces valeurs avec les mesures faites dans le puits P-30. Dans ce dernier également, des pics de valeurs apparaissent régulièrement, à des valeurs similaires (40 mgO₂/L). Aussi l'origine de ces matières organiques pourrait être la présence de lixiviats mais elle pourrait également s'expliquer par une perturbation de la qualité des eaux par le centre de compostage en amont.

Le pH

Les valeurs de pH sont toujours situées entre 7 et 9, la plupart du temps au-dessus des normes de 7.5. En fait, les pH sont faiblement basique en moyenne, sur des valeurs oscillant autour de 7.5 à 8. En fait, les pH du puits P-39 sont sensiblement moins basiques que ceux relevés au puits P-50r. D'autre part, les valeurs relevées au puits P-30 en 1992 et 1993 indiquaient également une faible basicité (pH entre 8 et 9). En tout cas, à de nombreuses reprises, ce paramètre excède la norme du PREMR et, en 2000, le puits P-50r montrait toujours des valeurs supérieures à 8.

5.3.3 Paramètres non problématiques

Dans la zone D, l'ensemble des paramètres suivants ne présente pas de valeurs fortes ou excédant les normes et critères : As, Cl⁻, Cu, Hg, NH₃/NH₄⁺, NO₂⁻/NO₃⁻, Se, SO₄²⁻ et Zn. Il n'y a donc pas de contamination établie pour ces paramètres. Bien que de hautes concentrations en ammoniacque ou en chlorures soient souvent révélatrices d'intrusion de lixiviat dans les eaux souterraines, il est toutefois possible que des contaminations aient atteint l'aquifère sans que les concentrations de ces paramètres n'aient augmenté.

5.3.4 Paramètres non mesurés

Pour la zone D, il manque les mesures de Cr, Mn, B, Na, Mg, et CN⁻ bien qu'ils soient des critères reconnus problématiques pour plusieurs instances environnementales (MENV, Santé Canada et OMS). En effet le chrome, le manganèse, le bore et le cyanure sont tous des composés nocifs ou toxiques qu'il convient de surveiller sérieusement.

5.3.5 Bilan de la zone D

La zone D est située directement en dessous de la zone d'enfouissement C-2C. Aussi les contaminations observées représentent vraisemblablement l'impact de cette cellule sur l'aquifère de la nappe libre.

De façon globale, depuis 1990, les atteintes de la nappe libre ont été importantes et ont concerné plusieurs critères. En 1995, une contamination générale semble être apparue, au regard des pics observés dans les concentrations en fer, composés phénoliques, sulfures, DBO₅, DCO et dans le pH. Les composés phénoliques et les sulfures indiquent clairement la présence de lixiviats concentrés. Des contaminations ponctuelles au nickel et au plomb ainsi qu'une contamination persistante à l'aluminium dans cette zone appuient également l'idée d'une telle contamination.

En 2000, la zone D est toujours contaminée par les sulfures et l'aluminium, mais les autres paramètres ont fortement diminué.

La proximité de la rivière Saint-Joseph au Sud de la zone D (à près de 100 m du puits P-39) nous laisse supposer que l'ensemble des contaminants retrouvés dans les puits analysés sont rejetés dans la rivière après avoir suivi l'écoulement souterrain dans la direction Sud-Est, et ce depuis déjà quelques années. En effet, les analyses d'eau du puits P-39 provenant d'échantillons prélevés à faible profondeur, soit entre 13.91 et 12.39 m d'élévation, il paraît peu probable que les contaminations qui y ont été observées aient été entraînées sous la rivière Saint-Joseph. Aussi, la rivière a sans doute servi de « drain » pour les polluants qui s'y sont déversés constamment depuis 1990, en les diluant et en les entraînant plus loin en aval. Par ailleurs, il est possible que l'aquifère de surface soit atteint plus en profondeur, et qu'une partie des contaminants s'infilte sous la rivière.

5.4 Étude de la zone E (Puits P-12 et P-33a,b,c)

5.4.1 Contexte

La zone E comprend les puits P-12, P-33a, P-33b et P-33c. Ces trois derniers sont situés au même endroit mais le prélèvement de l'échantillon ont été fait à différentes élévations : entre 15.10 et 13.58 m pour P-33a, entre 11.12 et 9.60 m pour P-33b et entre 7.94 et 6.42 m pour P-33c. Les eaux du puits P-12 ont été prélevées entre (- 11.49) m et (- 13.01) m d'élévation, soit entre 29 et 27 m de profondeur. Le puits P-30 de la zone A sert là aussi de référence car aucune valeur n'est fournie pour l'amont hydraulique de la zone E, situé dans la sablière. Au regard des écoulements souterrain, il est possible que les eaux de la zone E soient partiellement contaminées par la cellule C-2B en plus d'être touchées par les rejets de la cellule d'enfouissement C-2A.

5.4.2 Contaminations

Le fer

Entre 1992 et 1993, une très forte concentration de fer est indiquée dans le puits P-12 (340 mg/L). Dans la zone A, une augmentation est également visible, mais dans une moindre mesure (27.8 mg/L). Pendant cette période, les puits P-33 indiquent aussi un dépassement du PREMR (0.3mg/L). Même si les eaux souterraines présentent fréquemment des variations importantes de qualité chimique, notamment pour le fer, une valeur de plus de 300 mg/L nous fait penser que le puits P-12 pourrait avoir été contaminé par une intrusion de lixiviats provenant de la cellule d'enfouissement C-2A. Après 1993, des variations de concentration de fer sont visibles dans la zone E dans tous les puits, avec de fréquents dépassements du PREMR, et même des valeurs différentes peuvent être mesurées selon la profondeur de l'échantillon mais cela reste dans des valeurs normales. Les mesures s'arrêtent en 1998.

Le nickel

En 1992, une très forte concentration en nickel est observée (1.15 mg/L), soit 88 fois la norme maximale permise par le PREMR (0.013 mg/L). Cette même année une faible augmentation apparaît dans le puits P-30 (0.06 mg/L). La différence est tout de même très grande et naturellement, il est très difficile d'expliquer une telle concentration. Aussi, nous estimons qu'il pourrait s'agir d'une conséquence d'une intrusion de lixiviat dans l'aquifère. Par la suite, les valeurs diminuent, mais elles ne sont plus mesurées à partir de fin 1993. De manière générale, les concentrations de nickel semblent être corrélées avec celles du fer.

Le plomb

Fin 1992, une forte concentration en plomb est détectée dans le puits P-12 (0.55 mg/L), soit 55 fois la norme maximale permise par le PREMR (0.01 mg/L). Par contre, les puits P-33 ne sont pas touchés par cette contamination. Il s'agit donc d'une intrusion ponctuelle, en profondeur, de ce composé. Il n'est pas possible d'expliquer une telle concentration autrement que par une contamination par les lixiviats provenant sans-doute de la partie Est de la cellule d'enfouissement C-2A. Ces concentrations diminuent par la suite mais ce paramètre n'est plus analysé depuis juin 1994. Il est probable qu'une corrélation existe avec les concentrations de fer et de nickel.

Les chlorures

Presque tous les puits de la zone E sont constamment contaminés par les chlorures depuis 1991. Des valeurs de 6140 mg/L ont été mesurées en 1991 dans le puits P-12 et depuis, les concentrations ont toujours été au-dessus de 500 mg/L avec deux pics, le premier entre 1992 et 1993 autour de 1000 mg/L, et le second en 1998 autour de 1500 mg/L. La profondeur des eaux analysées au puits P-12 (près de 30 m) laisse supposer une origine de contamination très éloignée en amont, soit dans les cellules d'enfouissement C-2A ou même C-2B. Des valeurs fortes sont aussi mesurées dans les puits P-33, presque toujours au-dessus du PREMR (250 mg/L). La zone E est sans conteste très contaminée par les chlorures, à toutes les profondeurs. Même si le salage de l'hiver peut expliquer en partie de fortes concentrations, nous pensons qu'une contamination par les lixiviats serait plus à même d'expliquer ces valeurs. De 1991 à 2000, les valeurs restent constamment, dans toute la zone, largement au-dessus de la norme.

L'ammoniaque

Entre 1998 et 2000, une contamination par l'ammoniaque est aussi mise en évidence dans tous les puits de la zone E, avec des valeurs oscillant entre 0.5 et 2 mg/L. Ce sont de faibles valeurs par rapport à ce qu'il est possible de retrouver dans des aquifères très touchés par des lixiviats, mais ces mesures pourraient être dues à une intrusion de lixiviat en profondeur dans la nappe libre. En 2000, ce paramètre était encore au-dessus du PREMR dans le puits P-12.

Les composés phénoliques

En 1993 et en 1994, une contamination par les composés phénoliques est révélée dans tous les puits de la zone, le puits P-12 étant particulièrement atteint (0.02 mg/L, soit 10 fois la norme) notamment par rapport aux puits P-30 (0.002 mg/L) tandis que le PREMR limite ce paramètre à 0.002mg/L. Pour les prélèvements dans le puits P-33, les valeurs les plus hautes sont observées en profondeur. Ce genre de dépassement peut s'expliquer par une contamination en profondeur par la cellule d'enfouissement C-2A ou par une origine de contamination éloignée, comme la cellule d'enfouissement C-2B. Les mesures de composés phénoliques ne sont plus reportées après 1994.

Les coliformes

Pour les composés bactériologiques, il apparaît qu'en 1991, la zone E est contaminée par des coliformes, et notamment des coliformes fécaux. Ce genre de contamination est assez fréquent dans les eaux souterraines mais les bactéries observées pourraient provenir de la cellule d'enfouissement C-2A. Par la suite, aucune valeur ne dépasse les normes du PREMR, mais les mesures ne sont plus réalisées depuis 1994.

Les matières en suspension

Les matières en suspension se retrouvent en grandes quantités dans les eaux souterraines de la zone E, notamment en 1991, entre 1992 et 1993, et en 1998. Les normes de DBO₅ et de DCO du PREMR sont presque toujours dépassées dans tous les puits de la zone. Les valeurs dans la zone A, montrent également quelques valeurs au-dessus du PREMR, mais dans des proportions bien moindres. Autrement dit, il ressort que les eaux souterraines s'enrichissent en matières en passant à proximité de la cellule d'enfouissement C-2A. Cela pourrait être dû à une intrusion de lixiviat en profondeur. A noter que la DBO₅ n'est plus mesurée dans la zone depuis 1994.

5.4.3 Paramètres non problématiques

Dans la zone E, il ressort que les valeurs de nitrites/nitrates et de sulfates ne sont jamais mesurées au-dessus des normes du PREMR. Il ne semble donc pas y avoir de problèmes liés à ces composés.

5.4.4 Paramètres non mesurés

Pour la zone E, il manque les mesures de Al, As, B, Mg, Mn et Se bien qu'ils soient pour certains des critères reconnus problématiques par plusieurs instances environnementales (MENV, Santé Canada et OMS). En effet l'aluminium, l'arsenic, le bore, le manganèse et le sélénium sont tous des composés nocifs ou toxiques qu'il convient de surveiller sérieusement.

5.4.5 Suivi insuffisant

Certains composés ne sont plus mesurés dans la zone E depuis 1991, comme le Cd ou le Cu qui sont pourtant reconnus comme toxiques. D'autres paramètres ne sont plus suivis depuis 1993, à savoir le CN⁻, le Cr, le Ni, le Pb et les S²⁻. Pourtant les cyanures, le chrome, le nickel et le plomb sont des composés potentiellement toxiques qu'il faut surveiller constamment dans les eaux souterraines. D'autre part, les sulfures sont des composés pouvant servir

à suivre les contaminations par les lixiviats. En 1994, les composés phénoliques, le Hg, le pH et le Zn ne sont eux non plus, plus mesurés, malgré la toxicité des mercures et du zinc, les composés phénoliques caractérisant pour leur part les contaminations des eaux souterraines. Enfin, en 1998, le fer n'est, à son tour, plus mesuré. A noter que les ions $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ n'ont pas été mesurés avant 1994.

5.4.6 Bilan de la zone E

De façon générale, une contamination a atteint la zone E entre 1991 et 1992 : le Fe, le Ni, le Pb, les Cl^- , la DBO_5 et la DCO sont tous au-dessus des normes du PREMR. La plupart de ces composés tendent à prouver l'intrusion de lixiviats, notamment en profondeur, à partir de la zone d'enfouissement C-2A ou plus en amont, la zone d'enfouissement C-2B. Entre 1993 et 1994, une deuxième vague de pollution par les chlorures, les composés phénoliques et la DCO semble avoir touché les eaux souterraines dans la zone E. Enfin, en 1998, une troisième vague caractérisée par les chlorures et l'ammoniaque est venue dégrader l'aquifère. Ainsi, à plusieurs reprises, des pics de pollution sont apparus dans la zone E, certainement en raison d'intrusion de lixiviats.

Un bilan complet devrait être réalisé dans la zone E car de trop nombreux paramètres n'ont pas été analysés ou ont disparu des analyses après quelques années. Pourtant il est clair que l'aquifère est ici atteint en profondeur, à près de 30 m sous la surface (les puits P-12 et P-33c sont effectivement plus touchés), et des composés dangereux (nickel et plomb) ont été mesurés dans des concentrations très élevées, notamment en 1992.

5.5 Étude de la zone F (Puits P-6, P-8r et P-34a,b,c)

5.5.1 Contexte

La zone F comprend les puits P-6, P-8r, P-34a, P-34b et P-34c. Ces trois derniers sont situés au même endroit mais le prélèvement de l'échantillon a été fait à différentes élévations : entre 14.24 et 12.72 m pour P-34a, entre 13.14 et 11.62 m pour P-34b et entre 9.69 et 8.17 m pour P-34c. Les eaux du puits P-6 ont été prélevées entre 15.48 et 14.98 m d'élévation soit presque en surface et les eaux du puits P-8r, entre 12.76 et 11.24 m d'élévation. Le puits P-71 de la zone B peut servir de référence en amont hydraulique, mais les données ne sont pas disponibles avant 1998. Aussi, il conviendra d'utiliser les mesures du puits P-30 comme référence pour les premières années. La zone F est située en aval direct de la cellule d'enfouissement C-1. Donc, toutes les contaminations qui y sont observées peuvent être directement attribuables à la présence de lixiviats provenant des déchets de la cellule C-1.

5.5.2 Contaminations

Le fer

Au niveau du fer, plusieurs pics de concentrations apparaissent dans tous les puits en 1990-1991 (2 à 3 mg/L), en 1992-1993 (5 à 115 mg/L), en 1995-1996 (80 à 100 mg/L) et en 1997-1998 (80 à 100 mg/L). Les deux premières vagues sont dans l'ensemble assez faibles (bien que le puits P-34c monte très haut, à 115 mg/L) mais les deux dernières sont très fortes et se rencontrent dans tous les puits. En comparaison des valeurs retrouvées dans des puits non affectés par des cellules d'enfouissement comme le puits P-71 de la zone B ou le puits P-30 de la zone A, ce sont des valeurs très élevées. Il est probable que les concentrations supérieures à 50 mg/L soient dues à une intrusion de lixiviats dans l'aquifère. Depuis 1998, aucune mesure de la concentration du fer dans les puits n'a été réalisée.

L'aluminium

Dans toute la zone F, un seul puits a été analysé, à une seule reprise (en 1998), pour les ions aluminium, le P-34c. Or, cette seule mesure a montré une concentration très élevée, soit 4.8 mg/L. C'est bien au-delà de la norme du PREMR qui est à 0.2 mg/L. Ce genre de valeur n'est par ailleurs presque jamais rencontré naturellement dans les eaux souterraines et au regard des mesures effectuées dans les zones non affectées (A et B), nous estimons que cette valeur pourrait caractériser une intrusion de lixiviat dans les eaux souterraines.

Le chrome et le cadmium

Il est difficile d'analyser les concentrations en chrome et cadmium, les valeurs mesurées étant indiquées, pour le premier paramètre, inférieures à 0.1mg/L, sans plus de précision, et pour l'autre, inférieures à 0.05 mg/L quand les normes du PREMR sont de 0.05 mg /L pour le chrome, 0.005 mg/L pour le cadmium. Depuis 1997, ces composés ne sont plus mesurés. Il conviendrait de réaliser un programme de suivi précis et complet de ces paramètres, en indiquant clairement les concentrations mesurées.

Le plomb

Les mesures de plomb dans la zone F sont parfois au-dessus des normes du PREMR (0.01 mg/L) et atteignent 0.8 mg/L en 1990 (P-6) et autour de 0.1 mg/L dans le puits P-34. Certaines mesures établies dans les puits des zones non contaminées (P-30 et P-71) ne sont pas précises mais il ressort clairement que la zone F était bien concentrée en plomb en 1990 et en 1997. Naturellement, ce genre de valeur est difficile à expliquer hormis par une intrusion de liquides contaminés dans les eaux souterraines. Depuis 1997, ce composé n'est plus analysé dans les puits de la zone F.

Le mercure

Un pic de concentration très élevée (entre 1.4 et 2 mg/L) de mercure est mesuré dans tous les puits P-34 en 1995. C'est une valeur extrêmement forte (2000 fois supérieur à la limite permise par le PREMR), au-delà de ce qu'il est communément admis comme seuil de solubilité des mercures dans l'eau, à tel point que si la valeur était isolée, nous penserions qu'il s'agit d'une erreur d'analyse. En effet, il est très rare de rencontrer des concentrations aussi élevées, même en cas de pollution intense (à 0.01 mg/L, on parle déjà de contamination), et pour Santé Canada, une valeur de 0.6 mg/L mesurée dans un échantillon pourrait représenter une anomalie, seulement explicable par une erreur. Il convient de préciser que le mercure peut se rencontrer sous diverses formes, et qu'une concentration importante de chlorures ou de sulfures dans les eaux peut expliquer en partie une augmentation de la solubilité des mercures dans l'eau, ainsi qu'un pH faiblement acide. Le mercure existe aussi sous une forme méthylée, qui peut s'accumuler dans les organismes vivants, et notamment l'avifaune. En tout cas, une telle contamination est extrêmement préoccupante et dangereuse. Il nous est impossible de comprendre une telle valeur, d'autant plus qu'il n'y a aucune corrélation avec un autre élément, si ce n'est par un déversement direct de mercure dans l'aquifère, en très forte quantité. Ce paramètre n'était plus détecté en 1997, année après laquelle les analyses ont cessé d'être reportées.

Le zinc

De 1992 à 1994, une forte concentration en zinc est observée, avec un pic à 201 mg/L, dans la zone F, mais seulement dans le puits P-6. Les puits P-34, pourtant très proches, ne montrent pas de valeurs élevées de ce composé. Cela peut éventuellement s'expliquer par la différence d'élévation des

échantillonnages, mais de telles différences sont tout de même difficilement interprétables. Une telle teneur en zinc nous paraît potentiellement due à une intrusion de lixiviat en surface de l'aquifère, bien que la différence avec les puits P-34 nous oblige à penser à une intrusion locale de liquides riches en zinc. Depuis 1997, aucune mesure de ce composé n'est disponible pour la zone F.

Les chlorures

En 1995, et de 1998 à 2000, les concentrations en chlorures ont augmenté de façon importante dans la plupart des puits de la zone F, bien au-dessus des valeurs retrouvées dans les puits P-30 et P-71 des zones A et B. Ce paramètre monte ainsi à des concentrations entre 250 et 600 mg/L dans les eaux souterraines. Mais, en fait, seul le puits P-34a montre une valeur de 625 mg/L, les autres étant bien plus basses. Généralement, les chlorures sont de bons indicateurs de la présence de lixiviats dans les aquifères. Cependant, il est possible que le salage des routes puisse aussi expliquer de telles augmentations, bien que dans le cas de cette zone, le sens des écoulements d'eau nous pousse à croire que ce n'est pas la cause de ces augmentations mais qu'il s'agit plus vraisemblablement d'une intrusion de lixiviats provenant de la cellule d'enfouissement de déchets C-1. En 2000, ces valeurs étaient encore élevées.

L'ammoniaque

Depuis 1998, tous les puits de la zone F, hormis P-6, montrent une contamination élevée par l'ammoniaque, dont la présence peut être caractéristique d'une intrusion de lixiviats, notamment parce qu'elle provient d'activités bactériennes en milieu anaérobie. Selon les puits, les valeurs oscillent entre 5 et 135 mg/L, le PREMR limitant ces composés à 0.5 mg/L. Dans les zones A et B, les puits P-30 et P-71 ne dépassant jamais cette valeur, il nous est permis de penser qu'une contamination par les lixiviats est mise en évidence par cette mesure. Dans tous les puits contaminés de la zone F, les analyses de ces composés ne sont reportées qu'à partir de 1998. Aussi il est possible que des contaminations aient eu lieu avant cette date. L'exception du puits P-6 dans la zone nous pousse à penser à une mauvaise évaluation de ce puits.

Les sulfures

Les sulfures présentent des concentrations très élevées à deux reprises dans tous les puits de la zone F, soit en 1994 et en 1995, respectivement autour de 0.2 mg/L et entre 1 et 6mg/L (entre 20 et 120 fois supérieures au PREMR). Ces valeurs sont très supérieures à celles rencontrées dans les puits des zones A et B. De telles teneurs peuvent être caractéristiques d'intrusion de lixiviats dans les eaux souterraines car elles sont dues à l'activité de bactéries sulfato-réductrices que l'on retrouve dans les cellules d'enfouissement. Il existe une certaine corrélation entre les concentrations des sulfures et celles des chlorures. Depuis 1997, les mesures de sulfures ne sont pas reportées pour la zone F.

Les composés phénoliques

Pour les composés phénoliques, deux vagues de contaminations semblent avoir touché la zone F, à savoir une première en 1992, avec des valeurs 0.02 mg/L, et une seconde de 1993 à 1994, avec de fortes valeurs, entre 0.1 et 0.8 mg/L (entre 50 et 400 fois la valeur maximale permise par le PREMR). Ces valeurs sont très importantes, notamment par rapport au PREMR qui limite ces composés à 0.002 mg/L. Les composés phénoliques ne sont pas présents naturellement dans les eaux souterraines et proviennent toujours d'activités humaines polluantes. De plus, il ressort que les concentrations sont plus fortes en surface, ce qui découle d'une contamination dont l'origine est proche de la zone F. Ce sont donc très probablement les déchets enfouis dans la cellule C-1 qui en sont à l'origine. Depuis 1997, aucune valeur n'a été reportée pour ces composés dans la zone F.

Les coliformes

En 1991 et en 1994, des dépassements des normes sont observés pour les analyses microbiologiques. Ainsi, le puits P-6 comportait près de 2400 UFC de coliformes en 1991 (PREMR : 10 UFC) , et le puits P-34a, 47 UFC de coliformes fécaux (PREMR : 0 UFC). Ces valeurs sont isolées et ne se retrouvent pas dans les autres puits. Toutefois, les mesures étant mal reportées pour les coliformes fécaux (<10 UFC), il est possible de penser que d'autres contaminations aient eu lieu dans cette zone. De telles contaminations sont assez fréquentes dans les eaux souterraines, mais elles peuvent aussi résulter d'une intrusion de lixiviats. A partir de 1997, aucune mesure de coliformes n'est reportée dans la zone F.

La DBO₅ et la DCO

Dans tous les puits de la zone F, des valeurs élevées de DBO₅ et de DCO sont mesurées depuis 1990, presque toujours au-dessus des normes du PREMR (respectivement 10 et 3 mgO₂/L). Régulièrement, des pics de DCO sont visibles, notamment en 1993/1994, entre 150 et 515 mgO₂/L, en 1995, entre 50 et 70 mgO₂/L, en 1998, entre 66 et 130 mgO₂/L et depuis 1999, entre 90 et 220 mgO₂/L. En amont, les mesures de DCO sont entre 20 et 40 mgO₂/L. Pour la DBO₅, deux pics de valeurs apparaissent en 1993 et en 1995. Il semble donc qu'à plusieurs reprises les eaux souterraines s'enrichissent en matières organiques en passant à proximité de la cellule d'enfouissement C-1.

Le pH

Le pH est toujours mesuré dans des valeurs assez acides, situées entre 5.7 et 6.7, dans tous les puits de la zone F. Depuis 1994, les valeurs de pH ne sont pas disponibles. Il est possible que des pH aussi acides expliquent la forte solubilité des mercures dans la zone. Ces valeurs contrastent fortement avec les valeurs faiblement basiques observées dans les puits P-30 ou P-71. Aussi, cela nous pousse une fois de plus à suspecter une intrusion massive de lixiviats dans l'aquifère pour modifier à ce point l'acidité du milieu.

5.5.3 Paramètres non problématiques

Les valeurs de Cu, Ni, CN^- , $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$, SO_4^{2-} ne dépassent jamais les normes du PREMR ou ne varient pas de façon importante dans la zone F. Il ne semble donc pas y avoir de problèmes liés à ces composés.

5.5.4 Paramètres non mesurés

Pour la zone F, il manque les mesures de As, B, Mg, Mn et Se bien qu'ils soient pour certains des critères reconnus problématiques par plusieurs instances environnementales (MENV, Santé Canada et OMS). En effet, l'arsenic, le bore, le manganèse et le sélénium sont tous des composés nocifs ou toxiques qu'il convient de surveiller sérieusement.

5.5.5 Suivi insuffisant

Beaucoup de paramètres n'ont pas été suivis jusqu'en 2000 dans la zone F. Ainsi, en 1997, ce sont les analyses de Cd, CN^- , Cr, Cu, Hg, Ni, $\text{S}^{2-}/\text{H}_2\text{S}$, Zn qui sont abandonnées. Pourtant, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni et Zn sont tous des ions métalliques, certains étant très toxiques. Les cyanures sont aussi des composés problématiques qu'il convient de suivre. Les sulfures servent souvent à caractériser les intrusions de lixiviats. En 1998, l'aluminium et le fer ont à leur tour disparu des suivis. Enfin, les mesures de nitrates et nitrites ne commencent pas avant 1998.

5.5.6 Bilan de la zone F

Il est difficile de repérer des périodes de contaminations globales dans la zone F. En effet ce sont plutôt des vagues de composés différents qui se sont succédées dans de fortes concentrations. Nous avons cependant remarqué qu'en 1995, des pics de contamination en fer, mercure, chlorures, sulfures, DCO et DBO_5 étaient corrélés. En 1998, ce sont des pics de teneurs en fer, aluminium, chlorures, ammoniacque et DCO qui étaient visibles. Pour les paramètres caractéristiques d'intrusions de lixiviats ou de la présence d'un site d'enfouissement en amont, comme les chlorures, les sulfures et l'ammoniacque, les années 1995 et 1998 sont aussi révélatrices. De fortes teneurs en composés phénoliques sont observées en 1992 et entre 1993 et 1994. Dans l'ensemble, les concentrations étaient plus élevées dans les puits en profondeur.

Pour les contaminations ponctuelles graves, l'année 1990 est marquée par une intrusion de plomb dans les eaux souterraines de la zone F mais c'est surtout l'années 1995 qui a attiré notre attention, avec une teneur extrêmement

élevée en mercure, à des taux anormaux, bien supérieures à toutes les valeurs connues, même dans des sites pollués. A ce sujet, il conviendrait de procéder à une analyse poussée de la présence du mercure dans toute la zone d'étude et dans son environnement proche, notamment sous sa forme méthylée, qui s'accumule dans organismes vivants, et en particulier, dans les poissons.

Finalement, il ressort que la cellule C-1 semble avoir contaminé gravement les eaux souterraines qui circulent dans la zone directement en aval hydraulique. En tout temps, depuis 1990, plusieurs contaminations ont pu être révélées, avec certains paramètres très inquiétants. En 2000, la zone F était encore contaminée par les lixiviats, comme en témoigne les concentrations de chlorures et d'ammoniaque qui y sont reportées.

L'analyse de la zone G, en aval hydraulique de la zone F devrait donner des indications quand au déplacement du front de contamination de cette zone par le biais des écoulements des eaux souterraines.

5.6 Étude de la zone G (Puits P-15 et P-35a,b,c)

5.6.1 Contexte

La zone G comprend les puits P-15, P-35a, P-35b et P-35c. Ces trois derniers puits sont situés au même endroit mais les prélèvements d'échantillon sont réalisés à différentes élévations, à savoir entre 13.58 et 12.06 m pour P-35a, entre 8.67 et 7.15 m pour P-35b et entre 6.73 et 5.21 m pour P-35c. Les échantillons d'eau du puits P-15 ont été prélevés entre 7.04 et 5.52 m d'élévation. Le puits P-71 de la zone B peut servir de référence pour les paramètres, mais les données ne sont pas disponibles avant 1998. Aussi, il conviendra d'utiliser les mesures du puits P-30 comme référence pour les premières années. Tous les puits de la zone G sont en aval hydraulique de la zone F qui est elle-même située sous la cellule d'enfouissement C-1. Il est donc possible, à travers l'étude de cette zone, d'évaluer l'avancée du panache de contamination observé dans la zone F.

5.6.2 Contaminations

Le fer

Pour le fer, plusieurs pics de concentration ressortent clairement dans toute la zone G, soit en 1990 avec 55 mg/L, entre 1991 et 1992 avec 75 mg/L, en 1995 avec 50 mg/L, et en 1997 avec 30 mg/L. Les zones A et B, utilisées comme références, montrent des valeurs bien inférieures. De telles variations, même si elles sont habituelles pour des eaux souterraines, pourraient être dues à des intrusions de lixiviats. Si l'on regarde la présence de la zone F en amont hydraulique, les périodes de contamination par le fer pourraient être liées. Les analyses ne sont plus reportées dans la zone depuis 1998. Les concentrations de fer semblent reliées à celles du nickel et du mercure.

Le chrome

Il est difficile d'analyser les concentrations en chrome. En effet les valeurs mesurées sont indiquées à 0.1 mg/L quand les normes du PREMR sont de 0.05 mg/L. Il conviendrait de réaliser un programme de suivi précis et complet de ce paramètre, en indiquant clairement les concentrations mesurées. Depuis 1997, ce composé n'est plus mesuré.

Le mercure

Comme dans la zone F, un pic de concentration très élevée (1.6 mg/L) de mercure est mesuré dans le puits P-15 le 24/01/1995. C'est une valeur extrêmement forte (1600 fois la valeur limite du PREMR), au-delà de ce qu'il est communément admis comme seuil de solubilité des mercures dans l'eau, à tel point que si la valeur était isolée, nous penserions qu'il s'agit d'une erreur

d'analyse. En effet, il est très rare de rencontrer des concentrations aussi élevées, même en cas de pollution intense (à 0.01 mg/L, on parle déjà de contamination), et pour Santé Canada, une valeur de 0.6 mg/L mesurée dans un échantillon pourrait représenter une anomalie, seulement explicable par une erreur. Il convient de préciser que le mercure peut se rencontrer sous diverses formes, et qu'une concentration importante de chlorures ou de sulfures dans les eaux peut expliquer en partie une augmentation de la solubilité des mercures dans l'eau, ainsi qu'un pH faiblement acide. Le mercure existe aussi sous une forme méthylée, qui peut s'accumuler dans les organismes vivants, et notamment l'avifaune. En tout cas, une telle contamination est extrêmement préoccupante et dangereuse. Il est difficile d'interpréter une telle valeur, si ce n'est par un déversement direct de mercure dans l'aquifère en très forte quantité. Ce paramètre n'était plus détecté en 1997, année après laquelle ses analyses ont cessé d'être reportées. Une certaine corrélation pourrait être mise en avant avec le fer et le nickel.

Le nickel

Depuis 1990 et jusqu'en 1997, plusieurs mesures de concentration en nickel sont au-dessus des normes du PREMR (0.02 mg/L). En fait, des pics de contamination semblent ressortir en 1992 (0.11 mg/L), 1993 (0.11 mg/L) et 1995 (0.22 mg/L). Les valeurs relevées dans les zones de référence A et B, révèlent des teneurs légèrement supérieures à la norme (0.06mg/L) mais sont loin d'être aussi hautes. La zone G a donc été probablement contaminée par des lixiviats provenant de la cellule d'enfouissement C-1. En 1997, ce paramètre n'était plus mesuré dans la zone G. Une corrélation semble ressortir avec les concentrations de fer et de mercure.

Le plomb

En 1990 et en 1992, deux pics de pollution par le plomb sont visibles dans la zone G, respectivement à 0.32 mg/L et à 0.21 mg/L. Les valeurs retrouvées dans les zones A et B n'indiquent pas de telles concentrations, même si elles ne sont pas très précises. Naturellement, ce genre de valeur est difficile à expliquer hormis par une intrusion de liquides contaminés dans les eaux souterraines. Depuis 1997, ce composé n'est plus analysé dans les puits de la zone G. Il y aurait une corrélation avec les concentrations de zinc.

Le zinc

En 1992, une forte concentration de zinc est observée dans le puits P-15 de la zone G, à 155 mg/L. Les valeurs mesurées dans les zones A et B ne montrent pas une telle augmentation, et le PREMR limite ce paramètre à 5 mg/L. Les eaux souterraines de la zone G ont donc vraisemblablement été contaminées par une source riche en zinc. Bien que ce paramètre ne présente pas de risque majeur pour l'environnement ou la santé, ce genre de concentration est à surveiller car il caractérise sans doute une forte perturbation en amont. Depuis 1997, les analyses de zinc ne sont plus reportées. Une certaine corrélation pourrait être mise en avant avec le plomb.

Les chlorures

En 1993, en 1995, et de 1997 à 1998, et de 1999 à 2000 de fortes augmentations dans les teneurs en chlorures sont indiquées dans la zone G, mais seulement en profondeur, dans le puits P-15. Les concentrations y atteignent respectivement 320, 270, 360 et 240 mg/L, ce qui est bien au-dessus des valeurs relevées en amont dans les zones A et B. Il pourrait s'agir de composés provenant du salage des routes, mais leur présence seulement en profondeur nous pousse plutôt à penser qu'ils proviennent d'une contamination assez éloignée, en amont hydraulique. En 2000, cette valeur avait fortement diminué, largement en dessous des normes du PREMR (250 mg/L).

L'ammoniaque

Au niveau de l'ammoniaque, de fortes valeurs sont révélées dans le puits P-15, mais n'apparaissent pas dans les puits P-35. Ainsi, en 1998, on y trouve des teneurs de 12 mg/L et en 1999, des teneurs de 4 mg/L. En comparaison, les puits des zones de référence, P-30 et P-71, montrent des concentrations d'ammoniaque inférieures à 0.5 mg/L pendant cette période. Le PREMR limite la concentration de ces composés à 0.5 mg/L. Cette contamination, seulement en profondeur, est probablement due à une atteinte de la qualité des eaux souterraines en amont hydraulique, par des lixiviats. Dès fin 1999, les teneurs en ammoniaque ont beaucoup baissé et sont restées en-dessous des normes du PREMR.

Les composés phénoliques

Une contamination globale a été relevée dans toute la zone G, pour les composés phénoliques, à plusieurs reprises. Tous les puits P-15 et P-35 ont ainsi montré des concentrations entre 0.002 mg/L et 0.036 mg/L de 1990 à 2000, avec des pics en 1990 (0.02 mg/L), en 1992 (0.014 mg/L), de 1993 à 1995 (entre 0.008 et 0.036 mg/L), en 1996 (0.01 mg/L) et en 1997 (0.014 mg/L). Toutes ces valeurs traduisent clairement une atteinte de l'aquifère par des lixiviats ou des biogaz. En 1999, cette contamination était encore présente dans la zone G. Il est possible que les valeurs relevées au puits P-35a soient reliées à celles du puits P-34b.

Les coliformes

En 1993, 1994 et 1995, des contaminations bactériologiques aux coliformes sont observées dans les puits de la zone G. En 1993, on retrouve ainsi jusqu'à 450 UFC de coliformes fécaux dans le puits P-35a, 110 UFC de ces coliformes en 1994 dans le puits P-35b et entre 45 et 100 UFC de coliformes totaux dans le puits P-15 en 1995. Les valeurs limites fournies par le PREMR sont de 0 UFC pour les coliformes fécaux et de 10 UFC pour les coliformes totaux. Ce genre de valeur peut apparaître dans les eaux souterraines pour plusieurs raisons, mais il peut s'agir d'une intrusion de lixiviats. Depuis 1997, aucune mesure pour ces paramètres n'est présentée.

La DBO₅ et la DCO

Dans toute la zone G, les mesures de DBO₅ montrent des pics de concentration en 1990, 1993, 1994, 1996 et 1997. Celles de 1990 et 1994 étant les plus importantes (respectivement à 22 et 14 mgO₂/L). Les mesures de ce paramètre cessent en 1997. D'autre part, les mesures de DCO indiquent les mêmes tendances, avec des pics de concentration en 1990, entre 1992 et 1994, puis en 1995, 1997, 1998, 1999 et 2000. Les plus importantes valeurs sont retrouvées en 1990 (140 mgO₂/L), de 1992 à 1994 (entre 40 et 180 mgO₂/L), en 1995 (130 mgO₂/L) et en 1998 (140 mgO₂/L). De telles teneurs en matières sont supérieures à celles mesurées en amont dans les zones A et B, autour de 40 mgO₂/L. Il semble donc que la zone G soit contaminée par des charges organiques, probablement par des fuites de lixiviats en amont.

Le pH

Pour les pH, une différence importante est apparue dans les mesures à savoir que la zone G est plutôt acide côté Ouest (puits P-15) et plutôt basique dans les puits P-35 à l'est de la zone G. En fait, entre 1990 et 1994, à plusieurs reprises le pH baisse en dessous de 6.5 dans les eaux du puits P-15, jusqu'à 5.9. A l'opposé, entre 1990 et 1994, les pH oscillent entre 6.9 et 7.9 à l'ouest de la zone G (Puits P-35). Il est important de rappeler que les eaux contaminées du puits P-15 ont été analysées en profondeur, ce qui pourrait expliquer la différence de valeurs avec les puits P-35. Ces différentes valeurs contrastent cependant avec les pH relevés dans les zones A et B en amont, plutôt basiques. Finalement, les eaux souterraines de toute la zone G semblent s'être acidifiées, notamment à l'Est, par rapport aux eaux retrouvées en amont. Depuis 1994, aucune mesure de pH n'est disponible pour la zone G.

5.6.3 Paramètres non problématiques

Les valeurs de Cd, Cu, CN⁻, NO₂⁻/NO₃⁻ et SO₄²⁻ ne dépassent jamais les normes du PREMR ou ne varient pas de façon importante dans la zone G. Il ne semble donc pas y avoir de problèmes liés à ces composés.

5.6.4 Paramètres non mesurés

Pour la zone G, les mesures des éléments suivants, Al, As, B, Mg, Mn et Se n'ont pas été présentées bien qu'ils soient pour certains des critères reconnus problématiques par plusieurs instances environnementales (MENV, Santé Canada et OMS). En effet, l'arsenic, le bore, le manganèse et le sélénium sont tous des composés nocifs ou toxiques qu'il convient de surveiller sérieusement.

5.6.5 Suivi insuffisant

Beaucoup de paramètres n'ont pas été suivis jusqu'en 2000. Ainsi, dès 1993, le cuivre, les cyanures et les sulfures ne sont plus mesurés dans la zone G. Pourtant les deux premiers paramètres sont potentiellement toxiques et leur suivi est primordial. Les sulfures sont également des composés très importants à suivre car ils peuvent être caractéristiques d'une intrusion de lixiviats dans les eaux souterraines. En 1997, ce sont les analyses de Cd, Cr, Hg, Ni, Pb et Zn qui sont abandonnées. Pourtant, ce sont tous des ions métalliques, pour la plupart très toxiques. En 1998, le fer a, à son tour, disparu des suivis.

5.6.6 Bilan de la zone G

De manière globale, il est clair que les valeurs relevées au puits P-15 ne correspondent pas à celles mesurées dans les puits P-35, en raison des différences de profondeur des échantillonnages d'eaux réalisés. Aussi, nous considérons qu'il y a une atteinte en profondeur lorsque les contaminants sont décelés dans le puits P-15, et que l'origine des composés est située loin en amont hydraulique, probablement à l'extrême Sud de la cellule d'enfouissement C-1. A l'inverse les atteintes des puits P-35 seraient dues à des contaminations plus proches ou plus récentes.

Dans la zone G, depuis 1990, plusieurs périodes de contamination semblent ressortir, bien que plusieurs vagues de pollution apparaissent chaque année. Ainsi, en 1990, de 1992 à 1993, en 1995 et de 1997 à 1999, des pics de contamination sont visibles dans toute la zone G. Plus précisément, en 1990, on retrouve de fortes concentrations en fer, plomb, composés phénoliques, et de fortes valeurs de DBO₅ et de DCO. Cela correspond à une contamination générale par des composés métalliques, ainsi que des biogaz et des matières organiques. Seule une intrusion de lixiviats provenant de déchets pourrait expliquer de telles valeurs.

Entre 1992 et 1993, ce sont les valeurs de fer, de nickel, de zinc, les composés phénoliques et de DCO qui dépassent fortement les teneurs en amont. Là aussi, un tel mélange de contaminants métalliques, de composés phénoliques et de matières organiques ne peut vraisemblablement provenir que de la présence de lixiviats ou de liquides très contaminés.

En 1995, une contamination globale intense a atteint les eaux souterraines profondes (puits P-15) : fer, mercure, nickel, chlorures, composés phénoliques, coliformes et DCO. Ici également, l'intrusion de lixiviats est encore suspectée, bien que la présence d'ions métalliques à de telles teneurs ressemble plutôt à une contamination directe des puits pollués. Il est primordial d'insister sur l'intensité extrême de la pollution par le mercure, dont la toxicité est bien connue

Entre 1997 et 1999, une pollution par les lixiviats est encore une fois suspectée par la présence de fortes concentrations de chlorures, d'ammoniaque, de composés phénoliques et une forte DCO. Les deux premiers paramètres sont souvent caractéristiques des lixiviats provenant des cellules d'enfouissement.

En comparaison de la zone F, la zone G semble subir les mêmes vagues de contamination aux mêmes moments. Ainsi, si l'on observe les composés reconnus caractéristiques des intrusions de lixiviats dans les eaux souterraines, soit l'ammoniaque, les chlorures, les sulfures et les composés phénoliques, des pics de pollution apparaissent tous en 1995 dans les deux zones F et G bien que pour la zone G, les mesures de sulfures ne soient pas disponibles. Une contamination à l'ammoniaque apparaît également dans les deux zones de 1998 à 1999, et une augmentation des chlorures est aussi visible dans les deux zones de 1998 à 1999. Il est important de préciser que les concentrations relevées en aval, c'est à dire dans la zone G, sont plus faibles pour tous ces composés mais ces derniers semblent détectés pendant plus longtemps. Il est donc probable que les contaminations observées dans la zone F soient peu à peu diluées au fur et à mesure de l'avancée des eaux souterraines vers la zone G, puis la rivière Saint-Joseph. Donc, le panache de contamination s'étire lentement et s'agrandit tout en diminuant d'intensité, en s'éloignant de la cellule d'enfouissement C-1. De plus, il s'enfonce en profondeur et atteint des zones très profondes au puits P-15, à près de 10 m sous la surface.

Pour les pollutions plus ponctuelles comme celle du mercure, extrêmement importante, en 1995, la contamination a été détectée au même moment dans les puits P-34 de la zone F et dans le puits P-15 de la zone G, soit à plus de 250 m d'éloignement, dans des concentrations similaires, alors que 6 mois auparavant, il n'était pas détecté dans ces deux zones. Une telle augmentation nous pousse à penser à une contamination à partir de la partie Sud-Ouest de la cellule d'enfouissement C-1. La profondeur de la contamination à proximité de la rivière Saint-Joseph pourrait entraîner un effet de transfert qui amènerait les contaminants sur l'autre rive (Figure 1). Ainsi, il n'est pas exclu que les aquifères présents sur la rive Sud de la rivière Saint-Joseph soient déjà atteints.

Une contamination au plomb est observée dans les deux zones en 1990, avec une concentration plus aiguë en amont (zone F), mais une pollution d'une durée plus longue en aval (zone G).

Finalement, il nous paraît évident que l'ensemble des contaminants retrouvés dans tous les puits P-35 de la zone G depuis 1990 ont fini ou vont finir de migrer vers la rivière Saint-Joseph, qui se situe à environ une cinquantaine de mètres au Sud. Par ailleurs, les valeurs relevées dans le puits P-15 sont caractéristiques de l'aquifère en profondeur. Les polluants qui y sont

rencontrés peuvent en partie migrer dans la rivière, mais ils peuvent également passer sous le lit de la rivière et se retrouver dans l'aquifère de la rive opposée. Par conséquent , nous pensons qu'il est important de procéder à l'évaluation des eaux dans la nappe libre de la rive Sud de la rivière Saint-Joseph.

6 Conclusion

Globalement, il apparaît que toutes les cellules d'enfouissement ont contaminé l'aquifère de la nappe libre, à savoir les cellules C-1, C-2A, C-2B et C-2C. En effet, les zones que nous avons situées en aval hydraulique de celles-ci ont toutes été atteintes par différents contaminants, à différentes périodes.

Il convient de rappeler que si les contaminants organiques peuvent être dégradés par les activités micro-biologiques, et si les sols peuvent adsorber en partie certains ions, il est clair que des composés très problématiques pour l'environnement, comme beaucoup d'ions métalliques, ne sont absolument pas atténués par l'environnement. Autrement dit, les composés comme le mercure, le plomb, l'arsenic et bien d'autres, ne disparaissent jamais, et ne sont jamais dégradés. Ils restent sur place ou alors sont lixiviés et drainés plus loin.

Aussi, à plus de 300 m en aval des cellules d'enfouissement, certains des puits proches de la rivière Saint-Joseph (P-15, P-35a,b,c) ont montré des contaminations très élevées. Il est donc certain que les polluants rencontrés, notamment le mercure et le plomb, ont été drainés dans celle-ci.

De fait, la rivière Saint-Joseph a probablement drainé la plupart des composés du panache de contamination et a ainsi contribué à leur dilution et à leur dispersion dans l'environnement.

En 2000, certains paramètres étaient encore mesurés à des concentrations élevées, dans plusieurs puits, notamment dans les zones D, F et G, et caractérisaient encore des contaminations marquées. Les zones C et E n'étaient plus suivies à cette date. En conclusion, le LES continuait à contaminer l'aquifère de la nappe libre à cette date.

Nous pouvons donc affirmer que le LES de Sainte-Geneviève-de-Berthier / Saint-Thomas-de-Joliette a d'ores et déjà contaminé les eaux souterraines et les eaux de surface de la région et qu'il continue de rejeter des lixiviats qui ne sont que partiellement atténués par les sols environnants

Aussi, la profondeur des atteintes de l'aquifère, avec des contaminants retrouvés à près de 10 m sous la surface, comme dans le puits P-15, pourrait entraîner une dispersion des contaminants en profondeur, sous la rivière. Autrement dit, les écoulements existants dans une nappe libre pourraient permettre aux composés polluants de se retrouver sur la rive Sud de la rivière Saint-Joseph.

7 Recommandations

La contamination actuelle

Il est important de signaler que pour le projet d'agrandissement du LES de Sainte-Sophie, la commission du BAPE a intégré dans son rapport n° 189 un chapitre complet sur la contamination provoquée par les anciennes cellules d'enfouissement. Elle a à cet effet émis plusieurs avis visant à protéger la nappe d'eau souterraine, en prenant en compte les problèmes déjà existants sur le site, sans qu'ils ne soient aucunement liés au projet d'agrandissement proposé. Aussi, pour le LES de Sainte-Geneviève-de-Berthier / Saint-Thomas-de-Joliette, il est possible que les mêmes recommandations et avis soient émis. Autrement dit, la régularisation et l'assainissement du site, avant même tout agrandissement, sont des préoccupations essentielles et l'existence d'un panache de contamination aussi étendu sous les cellules d'enfouissement du LES de Sainte-Geneviève-de-Berthier / Saint-Thomas-de-Joliette posera un problème environnemental très important :

Nous recommandons donc de procéder à une étude complète et précise de toute la zone d'étude, de la rivière Saint-Joseph et des puits situés au Sud de la rivière pendant une période d'au moins un an, tous les trois mois, pour évaluer précisément l'état actuel de l'aquifère de la nappe libre. Cela se traduirait par un suivi de tous les paramètres exigés par le PREMR, dans tous les puits.

Aussi, nous sommes d'avis que l'enfouissement dans les cellules étudiées devrait être définitivement interdit. Les atteintes de l'aquifère en nappe libre sont déjà trop importantes, et il convient de cesser toute augmentation potentielle du volume de lixiviat qui coule dans les sols environnants.

Enfin, il nous paraît essentiel de procéder à la sécurisation des anciennes cellules d'enfouissement, en les confinant selon les méthodes préconisées par le PREMR (articles 18 à 21) ou par des techniques reconnues aussi efficaces, dans le but de stopper les infiltrations de contaminants dans les eaux souterraines.

L'aquifère de la nappe captive ou semi-captive

D'autre part, il est admis dans les documents que nous avons eus à disposition, que l'aquifère en nappe captive ou semi-captive, situé sous la couche d'argile, en profondeur, est convenablement protégé de toute intrusion de lixiviat, et donc de toute contamination. Pour appuyer et confirmer de telles assertions, nous recommandons de réaliser un suivi complet de cet aquifère

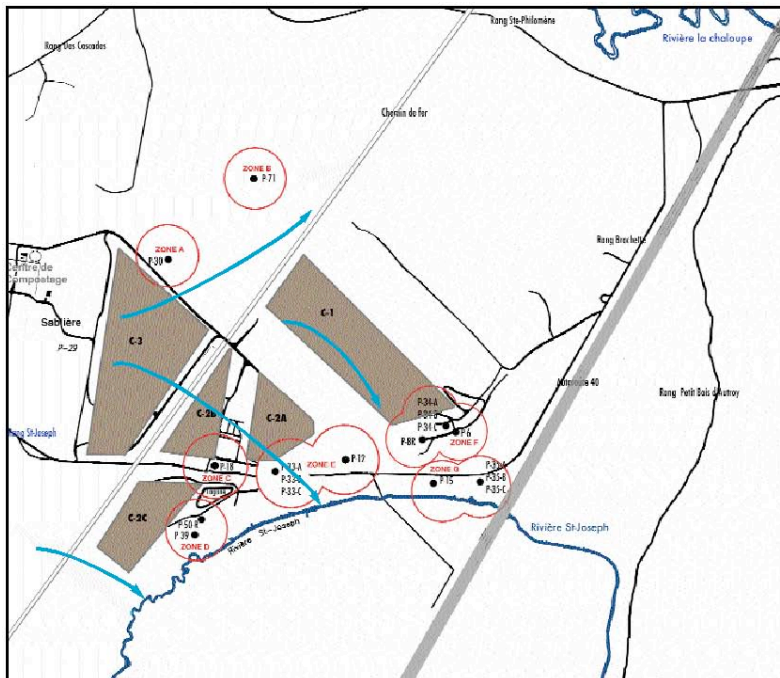
en analysant la qualité des eaux qui y circulent, en amont et en aval des cellules d'enfouissement.

Le mercure

Également, nous recommandons de procéder à une étude approfondie de la présence du mercure dans toute la zone d'étude et dans son environnement proche, ainsi que dans les organismes vivants, et en particulier l'avifaune. Il s'agit de vérifier si le mercure ne s'est pas accumulé dans les sols, ou dans les poissons, dans des concentrations trop dangereuses. Ce composé est unanimement reconnu problématique par l'ensemble de la communauté scientifique et les valeurs relevées dans certains puits nous incitent à demander une vigilance accrue pour ce composé.

Les audiences du BAPE

Finalement, il faudra s'assurer que la présente étude sur l'état de la contamination des eaux souterraines du LES de Sainte-Geneviève-de-Berthier / Saint-Thomas-de-Joliette soit rapportée et déposée au cours des audiences publiques qui seront tenues sous l'égide du BAPE cet automne, dans le cadre du projet d'agrandissement de ce site. Aussi, par une participation active au cours de ces audiences, il conviendrait de s'assurer que la contamination actuelle fasse partie intégrante du débat qui animera les audiences du BAPE et qu'elle soit prise en compte dans les recommandations du rapport de sa commission qui sera publié par la suite.



Carte 1
LES de Sainte-Geneviève-de-Berthier / Saint-Thomas-de-Joliette

Légende

- Sans d'écoulement des eaux dans la nappe libre
- Cellule d'enfouissement
- Zone d'analyse
- Piezomètre



Front commun québécois pour une gestion écologique des déchets

Figure 1
SENS D'ÉCOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES
DANS UNE NAPPE LIBRE SOUS UN COURANT D'EAU
(exemple: rivière)

